

1001

naučna pitalica

Vuk Uskoković, 2001/2002

## Sadržaj:

### 1. U svetu Sunčeve svetlosti (51 pitanje, 25 strana)

**Predgovor:** Zašto Sunce sija?

Kako Sunce sija?

Koja je sudbina našeg Sunca u budućnosti?

Zašto je priroda različito obojena u proleće i u jesen?

Zašto zvezde iznad horizonta ne pocrvene kao Sunce?

Kada Sunce može biti zelene boje?

Kada Sunce ili Mesec mogu biti plave boje?

Zašto je Sunce žute boje, a ostale zvezde su bele?

Šta su to Sunčeve pege?

Zašto je Sunčeva atmosfera toplija od površine?

Zašto su najtopliji meseci jul i avgust iako nam je Sunce najbliže 22. juna?

Da li su dani i noći podjednako dugi tokom jedne godine?

Zašto se najraniji zalazak i najkasniji izlazak Sunca ne dešavaju u najkraćem danu u godini?

Da li dan traje duže kada smo na planini?

Koje su talasne dužine osnovnih boja?

Šta su to osnovne boje?

Šta je to Luks?

Da li možemo da vidimo ultraljubičastu svetlost?

Zašto je mleko bele boje?

Zašto se leti osećamo prijatnije u belo majici?

Zašto je boja neba nekada bela, nekada malo plava, a nekada tamno plava?

Zašto oblaci pre kiše potamne?

Zašto neke naočare potamne na svetlosti?

Šta je to jednosmerno ogledalo?

Kako se na fotografskom filmu snimaju slike iz prirode?

Šta su to *pinhole* foto-aparati?

Zašto na nekim fotografijama imamo crvene oči?

Zašto nam je potrebno neko vreme da se naviknemo da gledamo po mraku?

Da li je čitanje u mraku štetno za oči?

Kako senke mogu biti različitih boja?

Da li senka može da putuje brže od svetlosti?

Zašto se pomračenje Sunca pomera od zapada ka istoku?

Zašto su neke stvari providne?

Zašto je staklo providno?

Zašto prizma razlaže svetlost na boje, a staklo ne?

Ako se talasna dužina svetlosti povećava prilikom njenog prelaska iz vazduha u vodu, zašto onda crvenu svetlost pod vodom ne vidimo kao plavu?

Koji je odnos plave, crvene i bele boje u Francuskoj zastavi?

Kako svetlost greje zidove?

Kakav je svetlost talas?

Zašto je brzina svetlosti najveća u vakuumu?

Ako fotoni nemaju masu, kako mogu da deluju pritiskom?

Šta je to Kruksov radiometar?

Da li svetlosni talasi imaju gravitaciju?

Šta su to solarne ćelije?

Šta je to solarni vodonik?  
Zašto vidimo dugine boje na kapljicama benzina na putu?  
Šta je to fatamorgana?  
Zašto se kazaljka na satu okreće u smeru kazaljke na satu?  
Zašto se za Sunce kaže da je zvezda treće generacije?  
Zašto možemo da vidimo Sunčevu svetlost čak i kada Sunce zađe iza horizonta?

## 2. Zemlja (60 pitanja, 28 strana)

Od čega se sastoji Zemljina lopta?  
Zašto je Zemljino jezgro tako toplo?  
Kako se meri temperatura Zemljinog jezgra?  
Zašto se Zemljino jezgro okreće brže od njene površine?  
Kako možemo da primetimo da je Zemlja jedna lopta?  
Zašto ne možemo da osetimo Zemlju kako se okreće?  
Koliko brzo bi trebalo da se okreće Zemlja da bi neutralisala silu teže?  
Kako se može dokazati Zemljina rotacija u odnosu na Sunce?  
Kada se Zemlja oko Sunca kreće brže, a kada sporije?  
Šta je to Čendlerovo kolebanje?  
Zašto su zime hladne, a leta toplija?  
Zašto je na planinama hladnije nego na nivou mora?  
Zašto je najveća ozonska rupa na Južnom polu?  
Da li se masa Zemlje povećava ili smanjuje?  
Kako možemo da pronađemo meteorite na Zemlji?  
Kako se za neke meteorite zna da potiču sa drugih planeta?  
Šta je to *aurora borealis*?  
Kako možemo da rekonstruišemo Mesečevu površinu na Zemlji?  
Da li je lakše popeti se na Mesečevu planinu ili planinu na Zemlji?  
Da li se staklo nalazi u prirodi?  
Da li je moguće probušiti rupu kroz čitavu Zemlju?  
Šta je to podzemni transport dobara?  
Kako je nastala nafta na Zemlji?  
Kako se pronalaze izvori nafte?  
Kako nastaju zemljotresi?  
Kako nastaju erupcije vulkana?  
Kakvi tipovi granica tektonskih ploča postoje?  
Šta je to zemljotresna svetlost?  
Kako se određuje starost predmeta?  
Koliko je stara naša planeta?  
Da li plutonijum postoji u prirodi?  
Da li bi osnovni atom u živom svetu mogao umesto ugljenika biti silicijum?  
Koliko bi velika bila Zemlja kada bi se pretvorila u neutronska zvezdu?  
Da li je Zemlja uglaćanija od loptice za skvoš?  
Zašto je 2000. godina bila prestupna, a 1900. nije?  
Koja je najveća ikada izgrađena zgrada na Zemlji?  
Kako se boje meteorološke slike Zemlje snimljene iz satelita?  
Kako da znamo na kom je mestu sevnula munja?  
Zašto nam je potreban električni ispravljač ako putujemo preko okeana?  
Koliko brzo se kreće Zemlja?  
Da li teža ili lakša tela padaju brže ka Zemlji?

Kako igla kompasa uvek pokazuje sever?  
Da li je magnetno polje Zemlje promenljivo?  
Kada stignemo na severni pol, koji pravac pokazuje igla kompasa?  
Šta je to El Ninjo?  
Šta je to efekat staklene bašte?  
Da li bacanje đubreta utiče na globalno zagrevanje?  
Kako se pravi đubrivo?  
Ako Njutnov zakon akcije i reakcije uvek važi, kako onda možemo da se odbacujemo od predmeta ili da ih sami guramo?  
Zašto lišće sa drveća tone u snegu?  
Kako nastaju ledena doba?  
Šta su to stalaktiti i stalagmiti?  
Šta je to vatra?  
Šta je to indijansko leto?  
Zašto iznad pustinja ima malo oblaka?  
Koje je najviše jezero na Zemlji?  
Da li postoji mesto sa koga se mogu videti i Atlantski i Tihi Okean?  
Šta su to gejziri?  
Koliko su dugačke sve reke na Zemlji?  
Šta je to erozija?

## 2. **More** (44 pitanja, 21 strana)

Zašto čujemo šum mora kada stavimo školjku na uvo?  
Da li kitovi i delfini spavaju?  
Kako školjke prave bisere?  
Zašto su mora plave boje?  
Zašto su mora slanija od reka?  
Kako nastaju talasi na moru?  
Kako su nastala mora na Zemlji?  
Zašto nas more na trenutke zabljesne svetlošću kada stojimo na obali, a kada posmatramo more sa visine, njegova boja je tamno plava ili zelena?  
Da li vreme protiče brže na planini ili na moru?  
Kada stojimo na obali mora, koliko daleko je horizont?  
Zašto na obali mora često pirka vetrić?  
Zašto pesak na plaži dobija talasaste oblike nakon bure?  
Zašto se najravniji kamenčići nalaze na vrhu plaže?  
Kako se meri nivo mora?  
Zašto se okeani, za razliku od reka i jezera, nikada ne zalede?  
Da li otapanje lednika utiče na povećanje nivoa mora?  
Zašto pod vodom vidimo jasno samo kada nosimo masku?  
Kako živi svet nastanjuje ostrva?  
Koja je jedina biljka koja živi u morima?  
Da li sve morske zvezde imaju po pet krakova?  
Po čemu je poseban morski miš?  
Kako se ribe penju i tonu u moru?  
Kako morska bića izdržavaju visoke podvodne pritiske?  
Šta piju morski sisari?  
Da li piškenje u moru privlači ajkule?  
Kako su neka morska bića providna?

Da li se morski stanovnici iz velikih dubina druže sa stanovnicima površinskih voda?  
Kako se orijentišu noćni ronionci?  
Zašto ne smemo naglo da izranjamo iz duboke vode?  
Koliko bi bio dubok okean na Zemlji kada bi njena čvrsta površina bila savršena sfera?  
Šta su to morske pustinje?  
Zašto su talasi u Kaliforniji veći od talasa sa Atlantika?  
Zašto se plima i oseka smenjuju dva puta dnevno?  
Kako se može stvarati električna energija iz mora?  
Šta su to pokretni gradovi ?  
Šta su to fotonski jarboli?  
Zašto brodovi i podmornice za određivanje rastojanja do predmeta oko sebe koriste sonar, a ne radar?  
Kako se pravi vazduh u podmornicama?  
Čemu služi EPIRB radio na brodu?  
Zašto je brazda na vodi iza broda koji plovi uvek istog oblika?  
Kako se jedrenjaci kreću uz vetar?  
Zašto se peščane kule na plaži lakše prave od vlažnog nego od suvog peska?  
Od čega se sastoje suze?

#### **4. U carstvu biljaka i životinja (54 pitanja, 24 strane)**

Zašto su biljke sve korisne za nas?  
Kako klijuće seme zna na koju stranu treba da poraste?  
Zašto palme imaju suđerasto drvo i plitko korenje?  
Zašto se zimi ponekad pojave snežni cvetovi na stabljikama biljaka?  
Kako visoka drveća prenose vodu od korena do lišća?  
Zašto lišće na drveću menja boju u jesen?  
Zašto su zimzelena drveća zelena tokom cele godine?  
Zašto se boja šumskog cveća stalno menja?  
Zašto cveće postane čak i leti vlažno preko noći?  
Šta je to fotosinteza?  
Kako se pravi voće bez semenki?  
Šta je to pluta?  
Zašto je neki kupus ljubičaste boje?  
Šta je to pasulj koji skače?  
Da li sva drveća podjednako privlače grom?  
Koja je razlika između čvrstog i mekanog drveća?  
Zašto biljkama koristi đubrivo?  
Da li je paradajz voće ili povrće?  
Da li neke biljke posebno privlače kolibrije i leptire?  
Šta su to kišne prašume?  
Zašto sečenje šuma nije dobro?  
Kako nastaju šumski požari?  
Šta su to pečurke?  
Koja je najveća životinja na Zemlji?  
Koja je najglasnija životinja?  
Kako neke životinje koriste eho?  
Kako neke životinje predosećaju zemljotres i nevreme?  
Zašto kameleoni menjaju boju?  
Kako pčele komuniciraju?

Kako pčele prave med?  
Kako svilene bube prave svilu?  
Koliko dugo traje paukova mreža?  
Zašto mačke predu?  
Zašto mačke imaju brkove?  
Zašto je zebra crno-bela?  
Čime se hrane komarci kada nema ljudi u blizini?  
Zašto su korisni puževi?  
Kako žabe preživljavaju zimu?  
Zašto su korisne kišne gliste?  
Zašto neke ptice hodaju, a neke skakuću?  
Kako slepi miševi vide?  
Kako se orijentišu golubovi pismošoš?  
Da li je moguće klonirati dinosaurus?  
Zašto kucama ne smemo da dajemo čokoladu?  
Zašto se u neke kuće stavljaju čipovi?  
Da li kamile u grbama čuvaju vodu?  
Po čemu je posebna dlaka polarnog medveda?  
Koja je najmanja ptica?  
Zašto noćne leptire privlači svetlost?  
Zašto neke ribe žive u slatkim, a neke u slanim vodama?  
Kako hobotnice menjaju boju?  
Kako neke ribe svetle?  
Kako slonovi piju vodu?  
Gde možemo danas da idemo na safari?

## **5. Brojevi i merenja (40 pitanja, 21 strana)**

Kada bi elektron bio veličine jabuke, kolika bi bila velika ljudska bića?  
Šta je to metar?  
Šta je to nautička milja?  
Šta je to astronomska jedinica?  
Šta je to parsek?  
Zašto se brojevi koje pišemo zovu arapski?  
Kako se otkriva nepravilan start u atletskim trkama?  
Koliko bi se podiglo tlo kada bismo Zemlji dodali jedan metar u obimu?  
Kako možemo da izmerimo visinu drveta?  
Koliko puta bismo morali da prepolovimo list papira da bismo došli do jednog protona?  
Da li je zatvorena košnica u kojoj pčele sede teža od košnice u kojoj pčele lete?  
Koja je razlika između različitih skala temperatura?  
Koja je najniža poznata temperatura u prirodi?  
Kakvi sve termometri postoje?  
Šta je to Galilejev termometar?  
Kako možemo da odredimo temperaturu vazduha slušanjem cvrčaka?  
Šta je to seizmograf?  
Koliko je boja dovoljno da se oboji bilo koja mapa na svetu?  
Šta su to fraktali?  
Šta je to dendrohronologija?  
Šta je to atomski sat i kako on radi?  
Šta su to optički satovi?

Šta je to koeficijent inteligencije?  
Šta je to broj  $\pi$ ?  
Šta je to broj  $e$ ?  
Koji su najveći pravougaonik u krugu i prizma u lopti?  
Šta je to simetrija?  
Šta su to ciklični brojevi?  
Zašto je suma svih cifara brojeva deljivih sa 3 takođe deljiva sa 3?  
Šta je to steradian?  
Odakle se najbolje vidi slika na zidu?  
Šta je to zlatni presek?  
Koji su to problemi kvadrature kruga, trisekcije ugla i udvostručenja kocke?  
Šta je to Raselov paradoks?  
Šta su to Gedelove teoreme?  
Koja je to Fermaova poslednja teorema?  
Koji su to milenijumski matematički problemi?  
Šta je to Hilbertov hotel?  
Da li sve linije i figure poseduju jednak broj tačaka?  
Šta je to efekat leptira?

## 6. Voda (50 pitanja, 22 strane)

Kako nastaju oblaci?  
Kakvi sve oblaci postoje?  
Koliko je vremena potrebno kapima kiše da padnu sa oblaka na Zemlju?  
Zašto sneg retko pada kada je mnogo hladno?  
Koja je razlika između ledene kiše, susnežice i grada?  
Zašto se zimi mostovi zalede pre puteva?  
Zašto se na zaleđene puteve stavlja so?  
Ako je voda bezbojna, zašto je sneg beo?  
Da li se svetlost kreće brže kroz vodu ili kroz led?  
Zašto se topla voda ponekad zaledi brže od hladne vode?  
Zašto se led brže topi u vodi nego u vazduhu?  
Kako možemo da otopimo led bez zagrevanja?  
Da li voda može da proključa bez zagrevanja?  
Zašto kapi vode tako polako padaju sa vrha krova?  
Koliko može biti jak mlaz vode?  
Zašto dolazi do povećanja mlaza vode kada prstom delimično poklopimo otvor creva?  
Kako možemo da savijamo mlaz vode?  
Kako se voda penje do slavine?  
Zašto se mlaz vode iz slavine sužava dok pada?  
Da li smer u kome se okreće ističuća voda u lavabou zavisi od hemisfere na kojoj se nalazimo?  
Zašto se zavesa iznad kade pomera ka mlazu vode?  
Kako se prave mehurovi od sapunice?  
Zašto sa dodavanjem običnog sapuna u vodu za kupanje nestaju mehurići iz penaste kupke?  
Zašto je voda iz kupatila hladnija od vode iz kuhinje?  
Zašto je otpor vode veći kada ruku spuštamo u nju brzo, nego kada je spuštamo polako?  
Da li se brže pliva ili roni?  
Čemu služi hlor u bazenima?  
Ako se voda sastoji iz vodonika i kiseonika, zašto ne možemo da dišemo pod vodom?

Da li se menja žižna daljina sočiva kada se ono potopi u vodu?  
Da li postoje neke supstance čija se rastvorljivost u vodi smanjuje sa zagrevanjem?  
Kako voda može da provodi električnu struju?  
Koliki je pH vode?  
Šta je to reverzna osmoza?  
Koja je razlika između pare i gasa?  
Šta je to Paskalov zakon?  
Šta su to omekšivači vode?  
Zašto se pamuk više navlaži od najlona?  
Zašto se tečnosti slivaju niz zidove suda ukoliko ih presipamo polako?  
Kako se neka penušava pića zalede kada ih otvorimo?  
Zašto se promućkana soda penušava više od nepromućkane?  
Zašto voda eksplodira kada se greje u mikrotalasnoj pećnici?  
Šta je to filmsko kuvanje?  
Zašto je tonik voda plavičaste boje?  
Kako fontani *di Trevi* nije potreban motor?  
Zašto list papira pluta na vodi?  
Kako čelični brodovi plutaju na vodi?  
Zašto se papirnati brodić kreće najbrže kada putuje sredinom reke?  
Zašto se nivo vode u kanalima smanjuje prilikom prolaska čamca?  
Kako se prate pomeranja ledenih bregova?  
Zašto su glečeri ponekad plavi?

## **7. Kvantni svet (47 pitanja, 28 strana)**

Šta su to elementarne čestice?  
Zašto ne možemo da vidimo atome?  
Šta je to Hajzenbergova relacija neodređenosti?  
Koja je razlika između orbite i orbitale?  
Zašto neki elementi menjaju boju u plamenu?  
Koliko ima poznatih hemijskih elemenata?  
Šta su to kvarkovi?  
Šta je to neutrino?  
Koja je najgušća stvar na Zemlji?  
Koliko neutrona sadrže atomska jezgra?  
Koja je najjača sila u Univerzumu?  
Šta su to virtuelne čestice?  
Šta se nalazi između elektrona i jezgra atoma?  
Šta je to Higsov bozon?  
Šta je to antimaterija?  
Da li postoji anti-neutron?  
Šta su to akceleratori?  
Šta je to konstanta fine strukture?  
Šta su to Plankova konstanta, dužina, vreme i energija?  
Po čemu je posebna živa?  
Koji su to zakoni termodinamike?  
Kako se toplota prenosi sa toplijeg na hladnije telo?  
Šta je to difuzija?  
Da li se temperatura uvek povećava sa zagrevanjem?  
Da li je moguća hladna fuzija?



Šta je to superfluidnost?  
Šta je to supersimetrija?  
Šta je to Čerenkovljeva radijacija?  
Šta je to talasna funkcija?  
Da li ljudi mogu da prolaze kroz zidove?  
Šta je to Ramzauer-Taunsendov efekat?  
Da li je moguće napraviti idealan vakuum?  
Šta je to vakuumska energija?  
Šta je to Kazimirov efekat?  
Od čega se sastoje magneti?  
Da li magneti mogu da prestanu da budu magnetni?  
Kako možemo da vidimo orbitale?  
Kako se može zaustaviti svetlost?  
Šta su to levoruki materijali?  
Šta su to minijaturne crne rupe?  
Šta su to frakcionalni atomi?  
Da li jedan foton može da napravi interferencionu putanju?  
Kako jedan atom može istovremeno biti na dva mesta u prostoru?  
Da li je izvodljiva fizička teleportacija?  
Kako verovatnoća može da bude negativna?  
Šta je to teorija struna?  
Šta je to EPR eksperiment?

## **8. Kosmos (97 pitanja, 50 strana)**

Koje su najsjajnije zvezde na našem nebu?  
Koja je najudaljenija svetlost na nebu koju možemo videti golim okom?  
Zašto zvezde na nebu svetlucaju, a planete ne?  
Šta su to zvezde padalice?  
Koliko su veliki meteori?  
Od čega se sastoje meteori?  
Kako nastaju meteorske kiše?  
Šta je to Mlečni put?  
Kako se zna gde se nalazimo u Mlečnom Putu?  
Koliko je veliki Sunčev sistem?  
Da li je Jupiter nekada bio zvezda?  
Koji su to Jupiterovi sateliti?  
Na kojoj planeti Sunčevog sistema je dan duži od godine?  
Zašto su Marsovci zelene boje?  
Šta su to asteroidi?  
Kako se mere mase asteroida?  
Koliko je gužva u pojasu asteroida?  
Da li bi bilo korisno rudarstvo na asteroidima?  
Kako se određuju mase planeta?  
Kako su nastali i od čega se sastoje prstenovi planeta?  
Zašto se Pluton ne smatra pravom planetom?  
Šta su to komete?  
Zašto Ortov oblak nije diskolik?  
Kada će Halejeva kometa opet proći pored Zemlje?  
Da li Mesec putuje sa istoka na zapad ili obrnuto?

Zašto je Mesec svetliji od oblaka?  
Zašto uvek vidimo samo jednu stranu Meseca?  
Kako nastaju Mesečeve mene?  
Da li bi sa Meseca mogla da se vidi veštačka svetlost sa Zemlje?  
Da li se pomoću teleskopa mogu razaznavati predmeti na Mesecu?  
Zašto Mesec izgleda veći na horizontu nego kada je iznad nas?  
Da li postoji Mesečeva duga?  
Da li Mesečeva gravitacija utiče na našu težinu?  
Koliko je vremena potrebno svetlosti sa Meseca da stigne na Zemlju?  
Da li Mesec ima atmosferu?  
Koja je Mesečeva sudbina u budućnosti?  
Kako gledajući u Mesec možemo da saznamo sastav Zemlje?  
Šta je to projekat LSP?  
Kako se određuje sastav planeta i zvezda?  
Šta je to interferometar?  
Kakve sve vrste teleskopa postoje?  
Po čemu je poseban Hablov svemirski teleskop?  
Šta je to nebeska sfera?  
Šta su to sazvežđa?  
Zašto naša Galaksija ima spiralne ruke?  
Kako se meri rastojanje od nas do zvezda?  
Kako se određuje rastojanje od nas do drugih Galaksija?  
Koliko brzo se širi Kosmos?  
Ako se Kosmos širi, zašto se ne povećava rastojanje od Nju Jorka do San Franciska?  
Šta su to nove?  
Šta su to supernove?  
Šta su to neutronske zvezde?  
Šta su to pulsari?  
Da li postoje sjajne zvezde koje su gušće i od neutronske zvezde?  
Šta su to kvazari?  
Šta je to tamna materija?  
Kako se određuje starost zvezda?  
Zašto su sva velika nebeska tela okrugla?  
Zašto se zvezde okreću oko sebe?  
Da li rotacija zvezde utiče na njeno polje gravitacije?  
Šta je to zakrivljenost prostor-vremena?  
Šta su to gravitacioni talasi?  
Šta su to Lagranžove tačke?  
Odakle potiču kosmički maseri?  
Šta su to eksplozije gama-zraka?  
Šta su to zvezdani zemljotresi?  
Šta su to kosmički zraci?  
Zašto se ne vide zvezde na slikama iz Kosmosa?  
Ako u Kosmosu postoji toliko mnogo zvezda, zašto je onda noćno nebo tamno?  
Koliko ima zvezda i atoma u Kosmosu?  
Šta je to Veliki Prasak?  
Šta je to pozadinsko zračenje?  
Šta je kosmička inflacija?  
Šta su to magnetni monopoli?  
Kako bismo stanovniku neke druge planete preko radio-veze objasnili šta je levo, a šta desno?

Koje je boje Kosmos?  
Kako se pronalaze crne rupe u Kosmosu?  
Kako se određuju veličine crnih rupa?  
Kako crne rupe svetle?  
Ako svetlost nema masu, kako onda ne može da napusti crnu rupu?  
Šta su to bele rupe?  
Kako se otkrivaju planete van Sunčevog sistema?  
Šta je to *SETI*?  
Koja je razlika između astronomije i astrofizike?  
Šta je to astrologija?  
Ko zvezdama daje imena?  
Šta je to kosmološko načelo?  
Zašto izgleda kao da se Kosmos ubrzano širi?  
Šta je to veliki zid?  
Koja je zvezda severnjača?  
Zašto međuzvezdane magline izgledaju kao oblaci sa Zemlje?  
Da li postoje Galaksije sa plavim pomakom?  
Šta su to galaktička jata?  
Kuda se kreće naš Mlečni put?  
Gde se nalazi centar Kosmosa?  
Da li Galaksije susreću u Kosmosu?  
Kako konačan Kosmos može da bude beskrajan?

## **9. Putovanja u Kosmos (48 pitanja, 27 strana)**

Koji su to Njutnovi zakoni kretanja?  
Koja je razlika između gravitacione mase, inercijalne mase i mase mirovanja?  
Koja je razlika između mase i težine?  
Šta je to bestežinsko stanje?  
Koja je razlika između centrifugalne i centripetalne sile?  
Zašto se zarotirani badem vrti duž svoje ose rotacije?  
Šta je to kosmička brzina?  
Šta je to teorija relativnosti?  
Šta su to crvotočine?  
Šta su to Mah i Mahov princip?  
Da li postoji anti-gravitacija?  
Kako se pravi veštačka gravitacija u svemirskim brodovima?  
Kako se vrši navigacija svemirskih brodova?  
Kako gori sveća u bestežinskom stanju?  
Kako se upravlja svemirskim brodom?  
Zašto se sve svemirske letelice lansiraju u pravcu istoka?  
Zašto se *space shuttle*-ovi prevrnu na leđa neposredno nakon lansiranja sa Floride?  
Kako svemirski brodovi rasipaju toplotu?  
Šta štiti svemirske letelice od prevelikog zagrevanja prilikom ulaska u atmosferu?  
Kako sateliti ili svemirski brodovi koriste planete za povećanje svoje brzine?  
Kako svemirske letelice mogu da šalju radio poruke sa velikih kosmičkih rastojanja?  
Šta su to Sunčeve jedrilice?  
Šta su to svetlosne letelice?  
Šta su to mikrotalasne letelice?  
Kako lete letelice na jonski pogon?

Kakve su to kosmičke letelice na naduvavanje?  
Šta su to samo-lećeći svemirski brodovi?  
Da li svemirske letelice mogu da koriste antimateriju kao gorivo?  
Šta se nalazi u odelu za astronaute?  
Šta je to EMU odelo?  
Kako se postaje astronaut?  
Da li je moguće putovati unazad kroz vreme?  
Šta su to tahjoni?  
Kako se sateliti lansiraju u orbitu?  
Šta se nalazi u običnom satelitu?  
Da li se neki sateliti mogu videti golim okom?  
Kakvi su to *keyhole* sateliti?  
Zašto sateliti u orbiti oko Zemlje slede talasaste putanje na Zemljinoj karti?  
Šta su to svemirski liftovi?  
Kada bismo gurnuli čvrstu nit dugačku jednu svetlosnu godinu, da li bi ona istog trenutka odgurnula predmet sa njene suprotne strane?  
Šta je to teraformiranje?  
Kada će se pojaviti biljke na Marsu?  
Šta su to robonauti?  
Ko su to temponauti?  
Da li su moguća putovanja većom brzinom od brzine svetlosti?  
Šta se sve nalazi u Međunarodnoj svemirskoj stanici?  
Da li se Međunarodna svemirska stanica može videti golim okom?  
Šta je to KEO?

## **10. Kuća, grad dragulja (44 pitanja, 19 strana)**

Koliko bismo solarnih ćelija morali da postavimo na vrh naše kuće da bi nam one obezbedile struju u njoj?  
Kako je hleb tako elastičan i vazdušast?  
Kako se pravi hleb od kiselog testa?  
Šta je to prašak za pecivo?  
Koja je razlika između putera i margarina?  
Zašto je mleko tako zdravo?  
Zašto jaja očvrsnu kada ih kuvamo?  
Kako se prave kokice?  
Šta je to žele?  
Zašto nam suze oči kada seckamo luk?  
Zašto se ćurka mora odmrzavati na ispravan način?  
Ako se ništa ne lepi za Teflon, kako se on sam lepi na lončice i tiganje?  
Zašto pena na toplom pivu splasne brže nego na hladnom?  
Šta su to veštačke arome?  
Zašto je sos u piti od jabuka topliji od kore?  
Zašto isečeni parčići voća potamne na vazduhu?  
Kako možemo iz banane da izdvojimo molekule DNK?  
Zašto banana u frižideru potamni brže nego u sobi?  
Kako frižider hladi hranu?  
Kada bismo vrata frižidera ostavili otvorena, šta bi se desilo sa temperaturom sobe?  
Zašto se vrata frižidera teže otvaraju neposredno nakon što smo ih zatvorili?  
Koji kućni aparati troše najviše električne energije?

Zašto nam radi telefon kada nestane struja?  
Zašto se telefonski kablovi sami uvrću?  
Kako radi *Caller ID*?  
Zašto je selotejp lepljiv?  
Čemu služe električni osigurači?  
Kako tosteri greju sendviče?  
Kako radi mikrotalasna peć?  
Šta je to bebi monitor?  
Da li smo stvarno nešto viši kada se probudimo?  
Zašto se majice posle pranja isprave kada ih opeglamo?  
Zašto se novčanice za razliku od običnog papira očuvaju kada se zajedno sa pantalonama operu u mašini za veš?  
Šta su to belila?  
Zašto predmeti ostanu na stolu ako brzo pomerimo stolnjak ispod njih?  
Kako rade aparati za regulisanje vlažnosti?  
Kako *air condition* uređaji hlade sobu?  
Da li možemo da pomoću uskladištenog snega tokom zime hladimo kuću leti?  
Kako usisivač usisava prašinu?  
Zašto je korisno provetravati posteljinu i tepihe?  
Zašto je svetlost koja dolazi spolja iz sobe u kojoj je upaljen TV skoro uvek plava?  
Kako možemo da napravimo teleskop kod kuće?  
Kako rade solarne svetiljke u dvorištima?  
Šta su to oscilujuće baštenske prskalice?

## 11. Radost igranja (43 pitanja, 18 strana)

Da li bi karusel mogao da se zavrti brzinom svetlosti tako da vreme stoji za one koji se voze na njemu?  
Zašto nam se zavrti u glavi kada se vrtimo u krug?  
Kako neke koverta sa pismima svetle u plavoj boji kada se otvore?  
Zašto je bicikl tako stabilan samo kada ga vozimo?  
Zašto napumpana lopta bolje odskoče od podloge od ispumpane lopte?  
Koliko se može povećati skok uz pomoć tramboline?  
Koji od ova tri sporta bi bilo najteže, a koji najlakše igrati na Mesecu: košarku, fudbal ili ragbi?  
Na kom principu radi aparat za signaliziranje servis greške u tenisu?  
Zašto loptica za bejzbol odleti najdalje kada se udari aluminijumskom palicom?  
Od čega se sastoje palice za golf?  
Čemu služe rupice na lopticama za golf?  
Zašto se zafelširane loptice ne kreću pravolinijski?  
Zašto se bumerang vraća onome ko ga baci?  
Zašto se jo-jo vrati nazad kada ga bacimo?  
Kako bilijarski sto prepoznaje belu kuglu?  
Kako rade automatske mašine za postavljanje kegli?  
Zašto ljudi imaju brazde na prstima?  
Kako možemo da napustimo površinu savršeno ledenog jezera?  
Zašto se na kašiki ogledamo naopačke?  
Šta je to *silk screening*?  
Zašto *milk shake* ne može da se pije pomoću slamčice kada ga okrenemo naopačke?  
Zašto neispucala zrna kukuruza padaju na dno kese sa kokicama?

Zašto nam je hladno u ustima kada jedemo mentol bombone?  
Zašto žvaku ne možemo da sažvaćemo?  
Koje su to žvake koje svetle dok ih žvaćemo?  
Zašto se smejemu samo kada nas neko drugi zagolica?  
Zašto je aprilili baš 1. april?  
Šta znače inicijali RSVP na nekim pozivnicama?  
Šta je to paradoks rođendana?  
Zašto neke svećice nikako neće da se ugase?  
Šta su to prstenovi raspoloženja?  
Kako se pravi magla u diskotekama?  
Zašto neki ljudi trljaju oči kada im se spava?  
Zašto ljudi zevaju?  
Kako neke igračke svetlucaju u mraku?  
Kako neke igračke mogu da pričaju bez baterija?  
Kako neke igračke mogu da se voze pomoću daljinskog upravljača?  
Šta je to *dunking ducky*?  
Da li više pokisnemo kada trčimo ili kada hodamo po kiši?  
Šta je to *roller coaster*?  
Zašto imamo čudan osećaj u stomaku kada se ljuljamo na ljuljašci ili vozimo na *roller coaster*-u?  
Šta su to bazeni sa talasima?  
Šta su to vodena klizališta?

## 12. U vazduhu (47 pitanja, 22 strane)

Zašto je nebo plavo?  
Zašto se oblaci i ozon nalaze u atmosferi iznad vazduha?  
Zašto avion ima krila?  
Kako ptice mogu da lete?  
Zašto najbolje lete papirni aviončići sa malim krilima?  
Kako avioni mogu da se okreću naopačke u vazduhu?  
Kako neki avioni pišu po nebu?  
Zašto nam se zapuše uši kada se vozimo avionom?  
Zašto avioni lete tako visoko?  
Ako kružimo avionom iznad neke oblasti na Zemlji, zašto se kroz pola dana ne nalazi ispod nas druga strana planete?  
Koliko brzo bismo trebali da letimo oko Zemlje da bi Sunce bilo uvek pod istim uglom iznad nas?  
Kako avion meri svoju brzinu?  
Koliko goriva troše putnički avioni?  
Da li munje udaraju u avione?  
Da li vetar utiče na brzinu leta aviona?  
Zašto se avionske gume pune azotom, a ne vazduhom?  
Zašto živin termometar ne sme da se unosi u avion?  
Zašto avioni ostavljaju beli trag iza sebe?  
Šta su to glajderi?  
Zašto se zastave lepršaju na vetru?  
Kako je Džordan uspevao tako dugo da ostane u vazduhu kada je skakao da zakuca loptu u koš?  
Zašto se najviše oluja sa grmljavinom dešava tokom leta?

Čemu služe narandžaste lopte na nekim strujovodima?  
Šta su to sprajtovi?  
Šta je to terminalna brzina?  
Zašto padobranci imaju otvor na vrhu?  
Šta je to *perpetuum mobile*?  
Zašto moderne vetrovske turbine poseduju po tri krila?  
Kako nastaju vetrovi?  
Kako se putuje pomoću balona sa toplim vazduhom?  
Koliko balona napunjenih helijumom je potrebno da nas ponese u visinu?  
Šta su to teretni dirizabli?  
Kako rade mlazni motori?  
Zašto su repovi mlaznih i raketnih motora različitog oblika?  
Šta su to rakete koje dišu vazduh?  
Šta je to probijanje zvučnog zida?  
Kako nastaju mlazni vetrovi?  
Kako nastaju uragani?  
Kako frizbi može tako dugo da leti?  
Koliko je teška Zemljina atmosfera?  
Šta je apsolutna, a šta relativna vlažnost?  
Zašto ptice lete u formaciji latiničnog slova "V"?  
Kako lete paraglajderi?  
Kako se postiže nulta gravitacija u avionima?  
Kako nas ventilatori i lepeze hlade?  
Zašto vazduh lepo miriše posle kiše?  
Zašto senka aviona na Zemlji nestaje sa letom u visinu?

### **13. Svet kristala** (31 pitanje, 16 strana)

Šta su to kristali?  
Šta su to tečni kristali?  
Koliko ima atoma u zrnju soli?  
Zašto se dodaje so u sladoled?  
Koji molekuli imaju oblik fudbalske lopte?  
Šta je to aerogel?  
Šta su to pametni materijali?  
Šta su to biomaterijali?  
Šta je to holografska memorija?  
Zašto su dijamanti tako dragoceni?  
Šta je to karat?  
Kako se određuje tvrdoća kamenja?  
Šta je to princip gustog pakovanja?  
Koliko atoma je debela aluminijumska folija?  
Kako fluor iz zubne paste sprečava karijes?  
Kako izgledaju kristali leda?  
Zašto oblik kristala leda utiče na brzinu njegovog topljenja?  
Kako se pravi providan led?  
Šta je to suvi led?  
Šta je to aktivni ugljen?  
Zašto se koriste polimerni kristali u pelenama?  
Šta je to silikatni gel?

Kako možemo da prepoznamo plastike u rukama?  
Kako možemo da razlikujemo providnu plastiku od stakla?  
Šta su to elektroliti?  
Šta je to rđa?  
Zašto nerđajući čelik nikad ne zarđa?  
Koji je najkrući materijal u prirodi?  
Šta je to negativna krutost?  
Šta su to nanoklasteri?  
Da li je kofa sa vlažnim peskom teža od kofe sa suvim peskom?

#### **14. O filmovima i TV-u (26 pitanja, 13 strana)**

Koja je razlika između analogne i digitalne televizije?  
Zašto se TV antene na krovovima postavljaju horizontalno?  
Zašto se ponekad čuje "boing" kada upalimo TV?  
Kako se računa koliko je ljudi gledalo televizijsku emisiju?  
Zašto se neke filmske serije zovu sapunice?  
Zašto ruka izgleda smešno kada sa njom mašemo ispred TV ekrana?  
Kako neki video snimci ne mogu da se presnime?  
Zašto upaljeni TV ne možemo da snimamo sa video kamerom?  
Šta je to *blue screen* tehnika?  
Kako na nekim TV prenosima hokejaških utakmica, pak svetli u plavoj boji?  
Kako se tokom TV prenosa fudbalskih utakmica neke linije obeležavaju samo na ekranu?  
Kako sportske televizije prikazuju rastojanje do koga bi otišla loptica iako je udarila u prepreku?  
Da li TV ili kompjuter mogu da se snabdevaju energijom za rad pomoću bicikla?  
Zašto TV ne sme da se baci na đubrište?  
Šta je to projekciona televizija?  
Šta je to *VisionStation*?  
Šta je to tele-imerzija?  
Koji je najrezolutivniji TV ekran na našoj planeti?  
Gde je najbolje sedeti u bioskopu?  
Šta su to 3D naočare?  
Šta je to IMAX?  
Šta su to animatronici?  
Kako se boje crno-beli filmovi?  
Kako se dodaju specijalni efekti u filmskim scenama?  
Čemu služi ono "klap" kod snimanja filmova?  
Kako se snima zvuk u filmovima?

#### **15. Električna svetlost (36 pitanja, 18 strana)**

Zašto sijalice svetle?  
Zašto sijalice u kući ponekad počnu da trepere?  
Kako se neke lampe upale kada ih dodirnemo?  
Zašto se neke lampe same upale kada prođemo pored njih?  
Zašto se ulične svetiljke same upale kada padne mrak?  
Zašto se oko uličnih svetiljki pojavljuju svetlosne putanje?  
Da li ulične svetiljke utiču na globalno zagrevanje?  
Šta su to LED svetiljke?



Šta je to halogena lampa?  
Kako svetli neonska lampa?  
Kako svetli fluorescentna lampa?  
Da li se može stvoriti struja iz toplote?  
Koliko uglja je potrebno za svetljenje jedne sijalice godinu dana?  
Kako ptice mogu da sede na električnim strujovodima?  
Šta je to električni luk?  
Šta je to Teslin kalem?  
Šta je to magneto?  
Kako nastaju munje?  
Šta su to kuglaste munje?  
Kako možemo da napravimo električnu bateriju?  
Kako se neke baterije mogu ponovo puniti?  
Kako istrošene baterije ponekad prorade same od sebe?  
Šta su to gorivne ćelije?  
Kako radi električni motor?  
Šta je to statički elektricitet?  
Šta je to Van de Grafov generator?  
Šta je to piezoelektricitet?  
Šta je to Halov efekat?  
Zašto je tačno između dva jednaka ali raznoimena naelektrisanja električni potencijal jednak nuli, a električno polje nije?  
Koliko se brzo kreću elektroni kroz bakarnu žicu?  
Šta je to superprovodljivost?  
Šta su to superprovodni magneti?  
Šta su to noćne naočare?  
Šta je to laserska svetlost?  
Zašto neki kablovi na sebi poseduju ogrlice?  
Kako svetlucaju božićne lampice?

## **16. Muzika Zemlje i Kosmosa (44 pitanja, 21 strana)**

Kako pevaju zvezde?  
Kako se čuje ding-dong kada pozvonimo na vratima?  
Koje su frekvencije muzičkih nota?  
Zašto se razlikuju isti tonovi odsvirani na violini i flauti?  
Šta je to decibel?  
Koja je razlika između reverberacije i eha?  
Šta je to beli šum?  
Šta je to sonoluminiscencija?  
Šta je to rezonancija?  
Zašto metalni predmeti odzvanjaju kada se udare?  
Zašto se promućkana konzerva gaziranog pića neće preliti po nama ukoliko je kucnemo metalnim predmetom pre nego što je otvorimo?  
Da li se zvuk kreće brže kroz vodu ili kroz drvo?  
Da li se brzina zvuka u nekoj sredini može spustiti na jedan metar u sekundi?  
Kako pevaju pešćane dine?  
Da li nas drugi čuju drugačije nego mi sami?  
Zašto su ulice tako tihe kada padne sneg?  
Kako nastaju gromovi?

Zašto strujovodi često bruje?  
Zašto šumi drveće?  
Zašto ljudi hrču?  
Zašto nam se promeni boja glasa kada udahnemo helijum?  
Odakle potiče zvuk puckanja prstiju?  
Zašto se čuje bučkanje kada ističemo vodu iz flaše okrenute naopačke?  
Zašto su vodokotlići u avionima tako bučni?  
Zašto *Harley Davidson* motori imaju specifičan brundajući zvuk?  
Kako se muzika snima na kasetama?  
Kako radio prenosi muziku?  
Zašto se zvuk radija u automobilu često prekida?  
Zašto se signali FM radio stanica čuju i ispod mostova za razliku od AM signala?  
Zašto se neke radio stanice bolje čuju noću nego preko dana?  
Zašto kretanje po sobi ponekad utiče na jasnoću prijema radio signala?  
Zašto pomoću ultrazvučnog TV daljinskog upravljača možemo da stišamo vatru u kaminu?  
Da li se može napraviti telefon od jedne žice i dve konzerve?  
Kakvi sve mikrofoni postoje?  
Šta je to mikrofonija?  
Šta su to neutralizatori buke?  
Da li ploče imaju bolji zvuk od kompakt diskova?  
Šta je to *surround* zvuk?  
Šta je to MP3?  
Šta je to *MusicTeller*?  
Kakvi su to visoki i tanki zvučnici?  
Koja je razlika između električne i akustične gitare?  
Zašto vlažan pesak škripi kada hodamo po njemu?  
Kada su to i naučnici otkrili muziku Kosmosa?

## **17. O kompjuterima (67 pitanja, 39 strana)**

Šta je to čip?  
Šta su to tranzistori?  
Šta je to logička kapija?  
Šta je to Bulova logika?  
Šta su to bitovi i bajtovi?  
Kako se klasifikuju kompjuteri?  
Zašto kompjuter ne može da radi bez sata?  
Koja je razlika između statičke i dinamičke kompjuterske RA memorije?  
Koja je razlika između ROM-a, PROM-a, EPROM-a i EEPROM-a?  
Šta je to operativni sistem?  
Šta je to fleš memorija?  
Šta je to BIOS?  
Šta je to virtuelna memorija?  
Šta je to tajna memorija?  
Šta su to grafičke kartice?  
Šta su to zvučne kartice?  
Šta su to tečno-kristalni displeji?  
Kako izgleda kompjuterski LCD?  
Kako neki monitori rade na dodir?  
Zašto je kompjuteru potrebna baterija?

Šta je to UPS?  
Zašto hard disk krči dok čita podatke?  
Da li je nasnimljeni hard disk teži od praznog?  
Šta su to modemi?  
Šta je to Internet?  
Zašto se podaci šalju u paketima kroz kompjuterske mreže?  
Kako se *e-mail* poruke šalju kroz Internet?  
Šta je to ludo A (Ž)?  
Koliko je dugačak jedan paket od 1500 bajtova?  
Šta je to satelitski Internet?  
Šta je to *HALO Network*?  
Šta je to DSL?  
Šta je to *Ethernet*?  
Šta su to digitalni potpisi?  
Šta su to *firewall* programi?  
Šta je to *Carnivore*?  
Šta su to Web kamere?  
Kako se mogu špijunirati kompjuteri?  
Šta je to IP telefonija?  
Šta je to e-štampanje?  
Šta je to VIOS?  
Šta je to sveprisutna mreža kompjutera?  
Šta su to Internet kolačići?  
Šta su to Internet arome?  
Kako kompjuterski fajlovi mogu da se spakuju?  
Kako anti-virus programi uklanjaju kompjuterske viruse?  
Šta je to parazitsko kompjutersko računanje?  
Koji je to kompjuterski problem 2038. godine?  
Koji je najbrži kompjuter na Zemlji?  
Šta je to PDA?  
Šta je to *Majestic*?  
Šta je to kompjuterizovana odeća?  
Šta su to štampači kompjuteri?  
Šta su to DNK kompjuteri?  
Šta je to elektronski nos?  
Šta je to magnetski RAM?  
Šta su to dijamantski čipovi?  
Šta su to genetički algoritmi?  
Šta je to *fuzzy* logika?  
Kako kompjuteri stvaraju slučajne brojeve?  
Šta je to teksturno mapiranje?  
Kako se likovi kompjuterskih igara kreću tako fluidno?  
Kako se kreću roboti?  
Šta je to veštačka inteligencija?  
Kako kompjuteri mogu da igraju šah?  
Šta su to cvetni kompjuteri?  
Šta su to kvantni kompjuteri?

## **18. Automobili** (40 pitanja, 20 strana)

Kako motor pokreće automobil?  
Kako petnaestak kilograma vazduha u gumama može da nosi dve tone automobila?  
Koja je razlika između automobila sa ručnim i automobila sa automatskim prenosom brzina?  
Kako benzinska pumpa zna kada je rezervoar napunjen do vrha?  
Koja je razlika između benzina, kerozina i dizela?  
Ako su dizel motori efikasniji i koriste jeftinije gorivo, zašto onda svi automobili ne rade na dizel?  
Da li se kuhinjsko ulje može pretvoriti u dizel?  
Zašto je konjska snaga motora kamiona manja od konjske snage motora trkačkih automobila?  
Kako se može povećati konjska snaga motora?  
Da li postoji brzina automobila pri kojoj se postiže maksimalna efikasnost potrošnje goriva?  
Da li kola deluju većim pritiskom na Zemlju kada se kreću brže ili sporije?  
Po čemu su posebne formule?  
Zašto trkački automobili ne koriste običan vazduh za pumpanje guma?  
Kada će se pojaviti leteća kola?  
Da li automobili mogu da rade na vazduh?  
Kako se neka vozila mogu voziti i pod vodom?  
Kako rade brisači na vetrobranu?  
Kako se neki brisači sami pokrenu kada počne da pada kiša?  
Kako rade vazdušne torbe u kolima?  
Za šta se sve koristi kompjuter u kolima?  
Kako rade kola na struju?  
Šta su to katalitički konverteri?  
Čemu služi termostat u kolima?  
Zašto se zimi kola teško pale?  
Kako neki automobili imaju plava svetla?  
Zašto su levi i desni retrovizor na kolima različiti?  
Kako se na nekim ogledalima u kolima mogu eliminisati zaslepljujući bljeskovi?  
Zašto su prozori na automobilima manje lomljivi od prozora na kući?  
Zašto se helijumom napunjen balon u kolima ponaša tako neobično?  
Kako rade daljinski ključevi za kola?  
Kako neki semafori snimaju kada automobil prođe na crveno?  
Kako neki semafori menjaju svetla kada im prilazi automobil?  
Koliko brzo bi trebalo da se kreću kola da bi za posmatrača u njima crveno svetlo na semaforu izgledalo kao zeleno?  
Šta znače znaci sa procentima na putu?  
Kako policajci koriste laser za merenje brzine automobila?  
Kako policija meri brzinu automobila pomoću radara?  
Kako policajci određuju nivo alkohola u krvi vozača?  
Zašto u nekim filmovima točkovi automobila rotiraju u suprotnom smeru od smera kretanja automobila?  
Šta je to *E-ZPass*?  
Koja će se goriva koristiti u automobilima budućnosti?

## **19. Kovnica za budućnost (39 pitanja, 18 strana)**

Šta sprečava moderne vozne šine da se šire tokom leta?  
Zašto mastilo prestaje da bude tečno kada ga stavimo na papir?  
Kako pišu hemijske olovke?  
Kako gumica za brisanje briše slova ispisana olovkom?

Koliko puta se može reciklirati papir?  
Zašto novine vremenom požute?  
Koliko listova papira se može napraviti od jednog drveta?  
Kako se pravi javorov sirup?  
Kako se prave olovke?  
Šta je to iverica?  
Zašto je super lepak tako super?  
Kako se prave polimeri?  
Zašto se drške šoljica za čaj prave od plastike?  
Kako su loptice iz kugličnih ležajeva tako glatke?  
Šta je to kaljeno staklo?  
Šta je to stereolitografija?  
Kako rade laserski štampači?  
Kako se sakupljaju mirisi cveća?  
Šta je to dinamit?  
Kako funkcionišu stadioni sa pokretnim krovom?  
Kako se prave travnati tepisi?  
Kako se prave šahovska polja i štrafte na travnjaku?  
Kako se pravi veštački sneg?  
Kako se prave igloi?  
Zašto ne možemo da napravimo Sneška Belića po mnogo hladnom vremenu?  
Ko su to nobelovci?  
Šta su to pametne zgrade?  
Kako se pravi kafa bez kofeina?  
Kako se pravi pivo?  
Šta su to homogenizacija i pasterizacija mleka?  
Šta je to hidraulični čekić?  
Kako se dobijaju gvožđe i čelik?  
Zašto su dna sprej boca udubljena ka unutrašnjosti?  
Zašto se savremeni tuneli izgrađuju od keramičkih pločica?  
Zašto se mnoge građevinske konstrukcije sastoje iz trouglova?  
Kako rade nuklearni reaktori?  
Zašto je kanap jači od ukupne jačine svih pojedinačnih niti u njemu?  
Šta je to plavo štampanje?  
Zašto su mostovi različitih oblika?

## **20. Moderna vremena (93 pitanja, 49 strana)**

Šta je to veštački vid?  
Šta je to nanotehnologija?  
Kako neki foto-aparati sami fokusiraju sliku?  
Šta je to maglev voz?  
Kako se pokreću pokretne stepenice?  
Šta su to pokretne kartice?  
Šta su to pametne kartice?  
Kako bankomati prepoznaju račune i novčanice?  
Šta su to pametne etikete?  
Šta su to pametni prozori?  
Šta je to *Power Paper*?  
Šta je to elektronsko mastilo?

Šta su to elektronski ključevi?  
Šta su to elektronski kompasi?  
Šta je to elektronski mikroskop?  
Šta je to SET?  
Šta su to jednomolekulska elektronska kola?  
Šta su to magnetski frižideri?  
Šta su to isparavački hladnjaci?  
Zašto neka piva u konzervi imaju lopticu unutra?  
Kako alkohol deluje na ljude?  
Kako kafa deluje na mozak?  
Zašto se povrće pakuje?  
Zašto se čaj ne zagreje, a supa ne ohladi kada se nalaze u termos-boci?  
Šta znače brojevi i pruge na bar kodovima?  
Na kom principu rade sistemi protiv krađe u prodavnicama?  
Šta su to detektori laži?  
Kako rade detektori metala?  
Kako detektori požara prepoznaju vatru?  
Šta sadrže vatrospremi?  
Šta su to sigurnosne šibice?  
Šta je to kamena hartija?  
Šta su to mirišljave razglednice?  
Kako sprej-boce raspršuju tečnosti?  
Šta su to svetleći štapići?  
Šta su to mezonske vage?  
Kako bakterije mogu biti i baterije?  
Kako se čisti odeća na hemijskom čišćenju?  
Šta su to špijunske muve?  
Šta je to Peningova klopka?  
Šta je to Džozefsonov spoj?  
Šta je to SQUID?  
Šta su to spintronici?  
Šta su to optička vlakna?  
Kolika je energetska efikasnost optičkih vlakana?  
Koja je razlika između analogne i digitalne tehnologije?  
Kako neki diskovi mogu više puta da se presnimavaju?  
Šta je to DVD?  
Šta su to mini diskovi?  
Kako na CD može stati 800 puta više podataka?  
Kako rade kvarcni satovi?  
Kako rade samonavijajući satovi?  
Šta su to radio satovi?  
Koliko je širok radio spektar?  
Kako neki radio aparati na svom displeju pokazuju poruke sa radio stanice?  
Šta je to satelitski radio?  
Čemu služe rupice na satelitskom tanjiru?  
Kako se obavljaju telefonski razgovori na velikim razdaljinama?  
Da li je mobilni telefon ustvari radio?  
Zašto je nije preporučljivo koristiti mobilni telefon na benzinskoj pumpi?  
Koja je razlika između analognih i digitalnih mobilnih telefona?  
Šta su to pejdžeri?

Šta je to univerzalni prevodilac?  
Kako neki foto-aparati odmah izbacuju sliku?  
Kako su CCD zamenili fotografske filmove?  
Koja je razlika između CCD i CMOS senzora svetlosti u digitalnim kamerama?  
Šta je to *Segway*?  
Da li bi hologramska lupa mogla da uvećava stvari oko nas?  
Šta su to DNK i geni?  
Šta je to genetski inženjering?  
Šta je to somatska rekombinacija?  
Kako se vrši kloniranje?  
Kako se izvodi identifikacija pomoću DNK?  
Šta su to *Jetpack* letelice?  
Kako rade merači pređenog puta na biciklu?  
Šta je to GPS?  
Šta je to augmentirana stvarnost?  
Šta je to *Bluetooth* tehnologija?  
Šta je to digitalni nakit?  
Šta je to LASIK?  
Šta je to lasetron?  
Šta su to plazmeni displeji?  
Šta su to toplotni ispravljači?  
Kakvi su to sublimacioni štampači?  
Šta su to lava lampe?  
Kako neke tečnosti mogu same da se prospu iz čaše?  
Šta je to *MagnaDoodle*?  
Šta je to digitalni ram za slike?  
Kako se pravi vatromet?  
Šta su to sintetičke morske školjke?  
Šta su to polimerne perle?  
Šta su to hologrami?  
**Pogovor:** A šta je to ljubav?

# 1. U svetu Sunčeve svetlosti

## Umesto predgovora, pitanje broj 1:

### - Zašto Sunce sija?

Dragi čitaocze, knjiga u koju upravo zakoračuješ, možda i ovim putem, pokušaće da Ti pruži odgovore na pitanja koje je postavilo jedno radoznavo dete čudeći se svetu oko sebe. Prilikom priređivanja odgovora, prihvatio sam savremene naučne predstave i pretpostavke kao osnove iscertavanih objašnjenja, ne udubljujući se preterano u njihove filozofske crte, znajući da eksplicitovanje implicitnih pretpostavki predstavlja jedan potencijalno beskrajn proces. Odgovori na pitanja su, stoga, zasnovani na tipičnoj savremenoj naučnoj metodologiji kakva pripada njenim domenima fizike i hemije, a ne na filozofskim činjenicama, osim u slučajevima kada fizika počinje da se preliiva u metafiziku, što je neizbežna pojava ne samo u modernoj nauci, već i u našem svakodnevnom razmišljanju. Pitanja našeg porekla, smisla sveta i radosti njegovog doživljavanja nalaze se implicitno sadržana u svakoj našoj misli, delu, pokreti, te i u čitavoj, veličanstvenoj građevini ljudskog znanja poznatoj kao nauka. A za produblivanje upravo ovih puteva koji od striktnih fizičkih objašnjenja vode u tajne samih objašnjenja i našeg postojanja smatramo da će u budućnosti dovesti do boljeg razumevanja, te svakako i pomirenja između veoma često "slepih" i zatvorenih, naučno-racionalističkih i otvorenih, sveprihvatajućih, etičko-estetskih, duhovno-filozofskih stavova i razmišljanja. A zašto Sunce sija, pa sija jer je njegova svetlost samo materijalna refleksija Sunca koje sija u nekima od nas. A to Sunce je Sunce duše, Sunce čija je svetlost dobrota, saosećajnost, radost, mir, ljubav. Kada ne bismo negovali svetlost ovog unutrašnjeg Sunca, i ova žuta sjajna zvezda sa našeg zemaljskog neba bi ubrzo uvenula. Zemlja bi postala tamna i tužna, i život na njoj bi nestao i ne bi više bilo nikoga ko bi se divio lepoti zvezda, cveća, drveća, šuma, kuća, ljudi. Ali, dokle god postoji barem jedno biće na Zemlji koje zna za tajnu Sunca i koje se u svome srcu raduje životu koji nam ono daruje, i ova žuta zvezda koja sliva svetlost na našu planetu će sijati punim sjajem na našem plavom nebu.

### - Kako Sunce sija?

Sunce, zvezda zahvaljujući kojoj na našoj plavoj planeti postoji živi svet, predstavlja najsvetlije nebesko telo na našem nebu. Njen sjaj milionima puta prevazilazi sjaj koji dolazi sa svih drugih zvezda vidljivih na noćnom nebu Zemlje. Naime, Sunce se nalazi na samo oko 8 svetlosnih minuta od nas (a svetlost u jednoj sekundi kroz vakuum pređe put od skoro 300 000 km), dok se najbliže druge zvezde nalaze na više od 4 svetlosne godine od Zemlje. Smatra se da Sunce sija već više od 4 i po milijarde godina, kao i da ćemo još najmanje nekoliko milijardi godina moći da posmatramo svitanje i radujemo se njegovoj svetlosti, ovde, na našoj planeti. Najveći deo Sunca čine lagani atomi vodonika (sastoje se od po jednog protona i elektrona, a čine 74% Sunčeve mase) i helijuma (koji se sastoji od po dva protona, neutrona i elektrona, a čini 25% Sunčeve mase) kojih u Suncu ima toliko mnogo (masa Sunca iznosi  $1,99 \cdot 10^{30}$  kg, što je jednako 330 000 masa Zemlje, a u svakom gramu atomske materije postoji zajedno  $6,02 \times 10^{23}$  protona i neutrona) da oni svojom gravitacijom održavaju sve Sunčeve čestice na okupu, kao i mnogobrojne planete, asteroide, komete i zvezdanu prašinu u stalnoj orbiti oko Sunca. U jezgru Sunca koje se proteže duž četvrtine Sunčevog prečnika jednakog 1 392 000 km, ogromna sila gravitacije teži da što više približi atomske čestice tako da se u takvim uslovima velikog unutrašnjeg pritiska i temperature (oko 15,5



miliona stepeni) odigrava lančana reakcija termonuklearne fuzije u okviru koje se atomi vodonika pretvaraju u atome helijuma uz nastajanje energije. Najpre se dva protona jedine formirajući atom deuterijuma (izotopa vodonika koji u svom jezgru osim jednog protona poseduje i jedan neutron), pozitron (antičestica elektrona) i neutrino. Atom deuterijuma se zatim jedini sa jednim protonom pri čemu nastaju atom helijuma-3 (izotopa helijuma koji umesto dva neutrona u svom atomskom jezgru poseduje samo jedan) i foton gama talasa (najenergetskiji oblik elektromagnetnih talasa). Dva atoma helijuma-3 se zatim jedine pri čemu nastaju atom helijuma i dva protona. Atomi helijuma su manje masivni od četiri vodonikova atoma neophodna za njihov nastanak, tako da se izgubljena masa u skladu sa Ajnštajnovom jednačinom  $E = mc^2$  prevodi u energiju koja se emituje u obliku različitih vidova elektromagnetnih talasa (gama talasi, X talasi, ultraljubičasti talasi, vidljiva svetlost, infracrvena svetlost, mikrotalasi ili radio talasi) i Sunčevog vetra (energetskih čestica – protona, elektrona, neutrina). Ova energija dolazi i do naše planete, zagreva je, utiče na vremenske prilike i pruža nam energiju neophodnu za život. U reakcijama fuzije vodonika u helijum nastaje 85% Sunčeve energije, dok ostalih 15% nastaje u lančanoj fuzionoj reakciji u okviru koje se helijum-3 i helijum-4 jedine stvarajući gama foton i atom berilijuma-7 (u čijem atomskom jezgru se nalaze 4 protona i 3 neutrona), koji zatim zahvata jedan elektron i postaje litijum-7 (u čijem atomskom jezgru se nalaze 3 protona i 4 neutrona) uz oslobađanje jednog neutrina, da bi se zatim litijum-7 sjedinio sa protonom i pretvorio u dva atoma helijuma. U radijacionoj zoni Sunca koja se proteže duž 55% Sunčevog prečnika iznad jezgra, energija nastala u jezgru se u obliku fotona prenosi ka površini Sunca. Svaki foton pređe oko jedan mikrometar puta pre nego što ga apsorbuje neki atom gasa, čime jedan njegov elektron ili atomsko jezgro u slučaju apsorpcije gama fotona prelaze na pobuđeno energetska stanje, da bi povratkom na osnovno energetska stanje bio re-emitovan foton iste frekvencije. Na ovaj način se usporava kretanje fotona ka površini, a svaki foton u proseku biva  $10^{25}$  puta apsorbovan i re-emitovan pre nego što stigne do površine Sunca, za šta mu je potrebno 100 000 do 200 000 godina. Sunčeva konvektivna zona čini 30% njegovog prečnika neposredno ispod površine i u njoj se prenos energije ka površini dešava putem podizanja toplijih i tonjenja hladnijih gasova, čime se fotoni ka površini znatno brže prenose.

## **- Koja je sudbina našeg Sunca u budućnosti?**

Naše Sunce sija zahvaljujući stalnom pretvaranju vodonika u helijum. Ova reakcija koja se odigrava u Sunčevom jezgru predstavlja jedan vid termonuklearne fuzije, procesa koji se dešava uz pretvaranje mase u energiju. Naime, svake sekunde se na Suncu 600 miliona tona vodonika pretvori u 596 miliona tona helijuma, a razlika mase se saglasno čuvenoj Ajnštajnovoj jednačini  $E=mc^2$  pretvara u čistu energiju. Oslobođena energija u vidu elektromagnetnih talasa dospeva na Zemlju, a mi neke od tih talasa opisujemo kao svetlost. Ovaj proces nuklearne fuzije traje već oko 4 i po milijarde godina, a procenjuje se da će trajati još 5 milijardi godina. Nakon što kompletno vodonično gorivo bude potrošeno, doći će do gravitacionog kolapsa Sunčevog jezgra i Sunce će se pretvoriti u crvenog džina. Ovakav kolaps će dovesti do nastavka odvijanja fuzije vodonika, ali ne u Sunčevom jezgru, već u njegovim ljuskama oko unutrašnjeg jezgra. Ovaj proces će stvoriti dovoljno toplote da proširi Sunčeve spoljašnje slojeve do prečnika Merkurove orbite, a posmatrano sa Zemlje, ovakvo Sunce će prekrivati jednu trećinu neba u podne. Sa zapreminskim širenjem zvezde, njena temperatura površine će opasti sa sadašnjih 5700 na oko 4000 K. Premda emitovana svetlost po jedinici površine zvezde opada sa njenom temperaturom, crveni džinovi kompenzuju pad njihove temperature sa povećanjem površine, pa i dalje ostaju veoma svetli. Međutim, kada Sunce nakon određenog vremena provedenog u obliku crvenog džina potroši kompletno vodonično gorivo, doći će do novog i intenzivnijeg gravitacionog kolapsa koji će sabiti

zvezdanu materiju u degenerisano stanje gustog pakovanja odvojenih atomskih jezgara i elektrona. Sunce će postati beli patuljak, kod koga se sabijanje vrši sve do pojave otpora kolapsu u vidu Paulijevog principa isključenja po kome dva elektrona ne mogu zauzeti isto kvantno stanje, odnosno ne mogu posedovati jednak položaj i brzinu. Pošto beli patuljci nemaju unutrašnje izvore energije, oni se postepeno hlade, pa im i temperatura površine postepeno opada, od oko 100 000 K dok su mladi, preko 4000 K kada se ohlade do hladnijih crvenih tela, pa sve dok ne postanu tamne ugašene zvezde. Kada bude potpuno prestalo da svetli, Sunce-beli patuljak će postati crni patuljak, tj. jedna crna kristalna lopta veličine Zemlje. Sve zvezde čija je masa manja od 1,4 Sunčeve mase pretvoriće se u bele patuljke pošto potroše svoje nuklearno gorivo, dok se zvezde mase između 1,4 i 3 Sunčeve mase nakon eksplozije u vidu supernove pretvaraju u neutronske zvezde, a još teže zvezde se pretvaraju u crne rupe.

### **- Zašto ne možemo da dodirnemo dugu?**

Mudri ljudi koji su izmislili priču o zlatnom ćupu koji se nalazi na mestu gde duga dodiruje Zemlje, sigurno su znali da dugu ne možemo dotaći, bar u onom uobičajenom smislu reči, jer se ona stalno kreće sa nama. Naime, što joj se više približavamo, to će se ona više udaljavati, a ukoliko se udaljavamo od nje, to će se ona približavati ka nama, tako da se zapravo uvek kreće zajedno sa nama. Duga nastaje prilikom prelamanja Sunčeve svetlosti na kapima kiše. Zraci sunčeve svetlosti prolaze kroz jednu stranu kišne kapi, prilikom čega dolazi do njihovog refraktovanja, tj. prelamanja. Svetlost se zatim nakon putovanja kroz kap odbija od njene druge strane i uz ponovno prelamanje napušta kap na istoj onoj strani na kojoj je i ušla, ali pod različitim uglom. Ako pratimo veliki broj paralelnih zraka koji pogađaju jednu kapljicu vode u različitim tačkama, primećujemo da se koncentracija izlaznih zraka pojavljuje pod specifičnim uglom od tačno  $42^\circ$  u odnosu na pravac upadnih zraka. Mesto na nebu na kome će se pojaviti duga, odnosno Sunčeva svetlost prelomljena i odbijena od kišnih kapljica, nalaziće se u krugu od tačno  $42^\circ$  u odnosu na antisolarnu tačku, koja je određena suprotnim pravcem od Sunca. Drugim rečima, ukoliko izađete napolje tokom sunčanog dana, antisolarna tačka će odgovarati položaju senke vaše glave. Iako visina duge (kao i položaj same antisolarne tačke na Zemlji) zavisi od visine Sunca nad horizontom, ona će se ipak uvek pojavljivati pod istim uglom u odnosu na antisolarnu tačku. Svaka boja svetlosnog spektra prelama se u različitoj meri prilikom prelaska svetlosti iz vazduha u vodu i ponovo iz vode u vazduh, pa stoga dugin krug neće imati ugao od  $42^\circ$  za sve boje iz spektra. Krug je nešto manji za boje manjih talasnih dužina (plavu, zelenu), a nešto veći za boje većih talasnih dužina (crvenu, narandžastu). Takođe je moguće da pojedini svetlosni zraci prođu kroz dve refleksije u kapi pre nego što je napuste, a ovi zraci će se pojaviti pod karakterističnim uglom od  $51^\circ$  u odnosu na upadni pravac, i stvoriti sekundarnu dugu, koja će predstavljati krug ugaonog radijusa od  $51^\circ$  oko antisolarne tačke i posedovaće obrnut redosled boja u odnosu na primarnu dugu. Ako gledamo dugu iz aviona, visokog broda ili sa planine, videćemo da duga predstavlja pravi pun krug, dok sa Zemlje vidimo samo deo luka, jer se zamišljeni centar kruga nalazi na liniji koja prolazi kroz Sunce i naše oči, zbog čega nam najveći deo duginog kruga zaklanja Zemlja.

### **- Zašto je priroda različito obojena u proleće i u jesen?**

Tokom leta, u podne, Sunce se nalazi skoro pravo iznad naših glava, što znači da njegova svetlost tada prolazi kroz najmanji sloj atmosfere na svom putu do nas. Međutim, kada tokom godine ugao pod kojim Sunčeva svetlost dolazi do nas počne da se smanjuje (Sunce se u odnosu na nas od početka leta do početka zime pomera južnije za stanovnike

severne, a severno za stanovnike južne hemisfere), Sunčeva svetlost počinje da prolazi kroz sve veće slojeve atmosfere da bi najveći put morala da pređe na dan kada počinje zima. Zamislite da stojite na ivici mola i posmatrate talase kako se kreću ka obali. Ako se pažljivo zagledamo, primetićemo talase različitih oblika i amplituda (visina). Talasi čija visina prevazilazi nivo mola prelaze preko njega i obrušuje se na obalu. S druge strane, manji talasi se odbijaju od zidića mola, vraćaju se unazad i interferiraju sa talasima suprotnog smera, prilikom čega se manje ili više poništavaju. Drugim rečima, talasi se u ovom slučaju rasipaju. Ista stvar se dešava prilikom prolaska svetlosti kroz atmosferu. Sudarajući se sa molekulima vazduha, vode i sa česticama prašine, svetlost menja svoj pravac prostiranja, rasipajući se u svim pravcima. Svetlost se sastoji od mnogih talasa različitih frekvencija, a upravo frekvencija svetlosnih talasa određuje boju koju oni nose. Plavi svetlosni talasi poseduju kratke talasne dužine, pa se stoga najbolje rasipaju u vazduhu, što je i razlog zašto je nebo plave boje. Ipak, prilikom zalaska Sunca, svetlost sa njega prolazi kroz još veće slojeve atmosfere, pa se i svetlosti nešto većih talasnih dužina od plave boje (žuta i zelena) takođe rasipaju, pa samo crvena i narandžasta boja iz spektra Sunčeve svetlosti nalaze put do nas, što je i razlog zašto je Sunce neposredno iznad horizonta crvenkasto-narandžaste boje. Drveće i druge biljke u prirodi poseduju boje jer neke svetlosne talase apsorbiraju, a neke reflektuju, a upravo reflektovani svetlosni spektar dolazi do naših očiju, što opisujemo kao određenu boju. Boje cveća i biljaka u mnogome zavisi od intenziteta i dominantne talasne dužine u svetlosti kojom se osvetljavaju. Pošto se usled različite udaljenosti Sunca od nas intenzitet svetlosti tokom godine menja, a i usled rasipanja različitih talasnih dužina svetlosti menja se i dominantna talasna dužina u spektru Sunčeve svetlosti, sa promenom godišnjih doba će se menjati i boja živog sveta oko nas. Međutim, i same biljke se menjaju sa promenom godišnjih doba. Naime, sa dolaskom jeseni, biljke u svojim ćelijama smanjuju stvaranje hlorofila, pigmenta koji osim što pomaže biljkama da prevode Sunčevu svetlost u hranu tokom procesa fotosinteze, apsorbiruje plavo-ljubičasti i crveno-narandžasti deo svetlosnog spektra, a reflektuje žutu i zelenu boju, pa stoga biljkama pruža zelenu boju. Sa smanjenjem koncentracije hlorofila, do izražaja dolaze ostali pigmenti (flavonoidi koji cveću daju plavu i crvenu boju, antocijanini koji daju ljubičastu boju, kinoni koji daju žutu, crvenu i narandžastu boju, riboflavin koji daje svetlo žutu i zelenu boju, indigoidi koji daju indigo boju, itd.) koji su tokom proleća i jeseni "zasenčeni" hlorofilom. Tako, javor i hrast u jesen postaju crveni i zlatni, a drvo pamuka i jasika postaju žuti.

### **- Zašto zvezde iznad horizonta ne pocrvene kao Sunce?**

Iako se u spektru Sunčeve svetlosti nalaze sve boje (ljubičasta, plava, zelena, žuta, narandžasta i crvena poređane po porastu talasnih dužina), pa je stoga svetlost sa Sunca bele boje, najdominantnija boja koju emituje Sunce je žuta. Drugim rečima, najviše svetlosnih fotona koje emituje Sunce spada u opseg talasnih dužina žute boje. Plava i ljubičasta boja se najviše rasipaju na česticama atmosfere, pa joj stoga i daju plavu boju. Ipak, sa povećanjem debljine sloja atmosfere kroz koji prolazi Sunčeva svetlost, kao na primer kada se ono nalazi na zalasku ili izlasku, i boje nešto većih talasnih dužina kao što su žuta i zelena počinju da se difuzno rasipaju na česticama atmosfere, pa do naših očiju direktno sa Sunca dolaze samo narandžasta i crvena svetlost, što je i razlog zašto Sunce poprima ovakvu boju tokom svog zalaska ili izlaska. Ista stvar se dešava i sa svetlošću sa zvezda prilikom njihovog izlaska ili zalaska na nebeskoj sferi, ali pošto je njihova svetlost znatno slabijeg intenziteta, mi ove suptilne promene u bojama ne primećujemo i pored toga što i zvezde postanu malo crvenije kada se nađu neposredno iznad horizonta. Takođe, zvezde su toliko daleko od nas da one za posmatrača sa Zemlje predstavljaju praktično tačkaste izvore svetlosti. Kada zvezdana svetlost prolazi kroz veliki sloj atmosfere kao što je slučaj kada se zvezda nalazi blizu

horizonta, vidimo da se vazduh ponaša kao prizma koja razdvaja svetlost različitih talasnih dužina. Turbulencije u atmosferi, kao i postojanje atmosferskih slojeva različitih gustina dovodi do pojave da se različite boje prelamaju tokom vremena u različitoj meri, što dovodi do treperavog svetlućanja zvezda. Kada se veoma sjajna zvezda nađe blizu horizonta, možemo primetiti svetlućanje crvene i plave svetlosti (ponekad i ostalih boja koje su najčešće manje primetljive). Svetlućanje različitih boja u ovom slučaju prevazilazi blagu zacrvenutost zvezde blizu horizonta. Kada postoji dovoljno turbulencija u vazduhu, ova pojava je posebno uočljiva kod veoma sjajnih zvezda na našem nebu kao što su na primer Sirijus ili Vega, kao i kod svetlih planeta kao što su Venera ili Jupiter.

### **- Kada Sunce može biti zelene boje?**

Zeleni blesak sa Sunca se može ponekad videti pri zalasku ili izlasku Sunca, u predelima gde je vazduh veoma čist, a nebo vedro, i gde imamo otvoren pogled ka horizontu, kao na primer na obali mora ili okeana. Atmosfersko prelamanje svetlosti proširuje sliku Sunca, sa crvenkastim nijansama na dnu, a plavima pri vrhu, što odgovara čitavom razloženom spektru Sunčeve svetlosti. Plave, indigo i ljubičaste boje, koje karakteriše mala talasna dužina, ne prolaze kroz atmosferu do nas usled njihovog intenzivnog rasejanja na molekulima kiseonika i azota iz atmosfere. Takođe, kada je Sunce veoma nisko na horizontu, narandžaste i žute boje apsorbuju vodena para i ozon. Tako nam ostaju na vidiku još samo zelene i crvene nijanse jedne iznad druge. Međutim, kada Sunce već počne da zalazi, polako se gubi crvena boja, i za kratki trenutak vremena od 1 do 2 sekunde, do nas dolazi samo zeleni bljesak Sunčeve svetlosti. Zbog svoje kratkoće i neophodno bistrog vremena, ova pojava se veoma retko viđa, a najčešće se može primetiti u tropskim oblastima.

### **- Kada Sunce ili Mesec mogu biti plave boje?**

I Sunce i Mesec mogu imati plavu boju samo usled neuobičajenog rasejanja svetlosti na česticama prašine i veoma gustog dima, nastalih prilikom vulkanske erupcije ili nakon velikog šumskog požara. Plavo Sunce se moglo posmatrati nakon erupcije vulkana Krakatoa 1883. godine. Takođe, 26. septembra 1950. godine, građani Edinburga u Škotskoj su čitavo poslepodne posmatrali Sunce indigo plave boje. Uzrok ovoj nesvakidašnjoj pojavi pronađen je u jednom ogromnom šumskom požaru koji se desio 3 dana ranije u Alberti u Kanadi. Dimni oblaci su bili toliko veliki da se narednog dana Sunce uopšte nije videlo u celoj istočnoj Kanadi. Nakon tri dana dim je stigao i u Škotsku, doduše nešto razređen, ali taman toliko da bi stanovnici britanskih ostrva mogli da posmatraju plavo Sunce. I Mesec takođe može izgledati plav sa Zemlje usled neprirodnog prelamanja svetlosti u atmosferi. 1991. godine su nakon erupcije vulkana na planini Pinatubo na Filipinima mnogi posmatrali plavi Mesec na nebu. S druge strane, sam pojam plavog Meseca se odnosi na pojavu dva puna Meseca u istom kalendarskom mesecu. Naime, pošto jedan Mesečev mesec traje 29,5 dana, može se desiti da pun Mesec vidimo dva puta u toku jednog kalendarskog meseca (naravno ukoliko taj mesec nije februar), a ta pojava se u astronomskim rečnicima označava kao plavi Mesec.

### **- Zašto je Sunce žute boje, a ostale zvezde su bele?**

Boja koja dominira u vidljivom delu emisionog elektromagnetnog spektra jedne zvezde zavisi od njene temperature. Svaka zvezda u zavisnosti od svoje temperature, a samim tim i dominantne vidljive boje, pripada jednoj od 7 spektralnih klasa (sa opadanjem temperature: O, B, A, F, G, K i M). Najtoplije zvezde sa temperaturama od oko 50 000 K (iz

klase O) su ljubičaste boje, a sa opadanjem temperature, zvezde dobijaju plavu, belu, žutu, narandžastu, i na kraju crvenu boju ukoliko im je temperatura oko 2000 K. U opštem slučaju, najtoplije, mlade zvezde su bele boje, dok su stare i hladnije zvezde crvene boje. Naše Sunce je srednje sjajna i srednje topla zvezda (G2 spektralna klasa), pa je stoga njegova dominantna boja žuta. Postoje dva osnovna razloga zašto nam sve zvezde sa neba izgledaju bele boje. Kao prvo, ljudsko oko je veoma slab detektor boja pri slaboj svetlosti, kao što je ona koja dolazi sa zvezda, pa smo u stanju samo da prepoznamo da zvezda svetli, ali ne i koje je boje. Kao što nam sve mačke izgledaju sive na mesečini, tako nam i većina zvezda, pa čak i one sa najslabijim sjajem, izgledaju bele boje. Drugi razlog je taj da su zvezde koje smo u stanju da vidimo zaista uglavnom bele boje, jer kao najtopliji i najsvetliji objekti u našem delu Galaksije dolaze i do najvećeg izražaja u našim očima. Izuzeci su zvezde Betelgez u sazvežđu Orion i Antares u sazvežđu Škorpije, koji su crveni džinovci, ali se ipak jasno mogu videti sa Zemlje. Zvezde koje su po sjaju slične našem Suncu, a nalaze se na udaljenostima većim od stotinak svetlosnih godina, najčešće se teško mogu videti bez pomoći teleskopa.

### **- Šta su to Sunčeve pege?**

Pošto naše Sunce nije čvrsto telo, već je uglavnom sastavljeno iz kompresovanih gasova i plazme (stanje materije u kome su elektroni uglavnom odvojeni od nukleona – protona i neutrona), različite oblasti Sunca kreću se različitim brzinama. Usled ovog neravnomernog kretanja, Sunčevo magnetno polje na određenim mestima postaje deformisano i iskrivljeno. U delovima Sunca gde je ova deformacija najviše izražena javlja se i najjače magnetno polje, koje je oko 5000 puta jače od Zemljinog magnetnog polja. Ukoliko su ovakve oblasti za posmatrača sa Zemlje očigledne i na Sunčevoj površini, onda se one nazivaju Sunčevim pegama. Na osnovu posmatranja prividnog pomeranja pega na Suncu, lako je moguće odrediti period rotacije Sunca oko svoje ose koji na njegovom ekvatoru iznosi 25 dana, dok na polovima iznosi oko 35 dana. Premda se često pojavljuju i kao usamljene, pege se najčešće javljaju u bliskim parovima čije je magnetno polje suprotnog pola. Pege na Suncu predstavljaju najuočljivije znake Sunčeve aktivnosti, ali sa ciklusom aktivnosti Sunca variraju i mnogi drugi faktori, kao na primer erupcije (ili solarni bljeskovi, odnosno oslobađanje džinovskih količina energije pri temperaturama od nekoliko stotina miliona stepeni, traju svega nekoliko minuta, a smatra se da su izazvane naglim promenama u magnetnim poljima u Suncu), Sunčev vetar (emisija elektrona i jona), protuberance (erupcije u kojima dominira emisija vodonika i jonizovanog kalcijuma i koje se protežu do visina od oko 50 000 km iznad površine Sunca pri čemu emituju čestice kroz koronu brzinama od oko 1000 km/s), filamenti (koji slede linije gde je magnetska sila neutralna), spikule (petnaestominutni gasni mlazevi prečnika oko 700 km i desetostruko veće visine), itd. Aktivnost Sunčevih pega (pa i samog Sunca) raste do maksimuma svakih 11 godina, a 2000. i 1989. godina su bile poslednje dve godine maksimalnih Sunčevih aktivnosti. Ako posmatramo Sunce u domenu bele svetlosti (odnosno kada posmatramo celokupan vidljivi deo solarnog zračenja), pege izgledaju tamne naspram svetle fotosfere (vidljive površine Sunca iznad koje se nalaze hromosfera – koja tokom Sunčevog pomračenja poseduje ružičastu boju i čini samo oko 2% solarnog prečnika, i korona – Sunčev oreol), dok su hromosfera i korona providne. Naime, snažna magnetna polja u Sunčevim pegama uzrokuju hlađenje u oblasti pege (oko 3700 K u centru pege, a oko 5700 K na granici sa okolnom fotosferom), pa stoga one na fotografijama izgledaju tamnije u odnosu na okolnu fotosferu. Ukoliko, međutim, primenimo naročite filtere za posmatranje u domenu vodonikove svetlosti, čitavo područje koje okružuje pegu izgleda srazmerno svetlo. Ovo područje je dobilo ime plaža (koje je francuskog porekla), a bela svetlost plaže se može posebno dobro videti uz ivicu Sunčevog diska.

## **- Zašto je Sunčeva atmosfera toplija od površine?**

Spoljašnji slojevi Sunčeve atmosfere, poznatije pod imenom korona, poseduju temperaturu od nekoliko miliona stepeni, dok tanki sloj fotosfere (debljine 300 do 400 km) sa koga nam dolazi najveći deo vidljive svetlosti, i koji se nalazi neposredno iznad Sunčeve površine, poseduje temperaturu od 6000 Kelvina. Ova razlika u temperaturi znači da se atomi ili čestice plazme kreću znatno brže u Sunčevoj koroni, i pored toga što je njena gustina znatno manja od gustine materije na Sunčevoj površini. Tačan uzrok ove pojave još uvek nije poznat, ali postoji nekoliko pretpostavki. U skladu sa jednom od njih, smatra se da se gas korone greje pod dejstvom prodirućeg magnetnog polja sa Sunca, za koje se zna da uzrokuje pojavu ciklusa aktivnosti sunčevih pega, a fizički oblik i aktivnost korone takođe variraju sa ciklusom sunčevih pega. Takođe, smatra se da u pojasu na oko 1500 km (što je u granicama hromosfere, sloja Sunčeve atmosfere koji se nalazi iznad fotosfere, a ispod korone) iznad površine Sunca, do koga temperatura opada sa porastom visine, dolazi do usmerenog ubrzavanja jona i elektrona pod dejstvom magnetnog polja, što dovodi do naglog porasta temperature, koja na oko 10 000 km visine dostiže milion stepeni.

## **- Zašto su najtopliji meseci jul i avgust iako nam je Sunce najbliže 22. juna?**

Na pojavu da zemlja ispod nas ne postaje najtoplija kada nam se Sunce tokom godine približi na najmanje rastojanje utiču dve osobine svih materijalnih sistema, pa i naše planete, a to su: toplotni kapacitet, koji je mera sposobnosti tela da apsorbuje, odnosno emituje toplotu, kao i toplotna provodljivost, odnosno brzina kojom telo apsorbuje i emituje toplotu (pri čemu toplotna provodljivost direktno zavisi od toplotnog kapaciteta). Kao što zidovi i asfalt nisu najtopliji tačno u podne kada im je Sunce tokom vedrog dana najbliže, a i ostanu topli tokom letnjih večeri iako je Sunce zašlo iza horizonta, jer su u stanju da polako gube primljenu toplotu, kao i da je postepeno primaju, isto tako i Zemlja polako apsorbuje Sunčevu toplotu i zatim je polako rasipa u vazduh, koji se skoro u potpunosti greje indirektno od Zemljinog tla. Takođe, kada držimo upaljenu vatru u sobu, vazduh se ne zagreje istog trenutka, već svoju maksimalnu temperaturu dostigne nešto kasnije. Količina toplote koju moramo predati nekom telu da bismo mu povisili temperaturu za jedan stepen naziva se toplotnim kapacitetom, i što je ova veličina veća, to će temperatura tela sporije rasti pri dovođenju toplote. Tako, toplotni kapacitet vazduha iznosi 1 Džul po stepenu, zemljinog tla 0,80 J/°C, vode 4,18 J/°C, a zlata samo 0,13 J/°C. Stoga će se sa ravnomernim predavanjem toplote navedenim supstancama, temperatura zlata najviše povećavati, pa zatim zemljinog tla, pa vazduha i tek onda vode. Visoki toplotni kapacitet tečnosti u odnosu na čvrste materije je posledica činjenice da se najveći deo količine toplote koju dovodimo tečnim telima koristi za raskidanje veza između čestica (što je i razlog zašto džem bolje teče kada ga zagrejemo), te je tako količina toplote koju predajemo telu za povećanje njegove temperature (tj. toplotni kapacitet), odnosno prosečne brzine kretanje čestica velika. U slučaju čvrstih tela se, s druge strane, najveći deo toplote koji predajemo telu koristi za intenzivnije vibriranje kristalne rešetke (tj. za intenzivnije kretanje čestica kristala), pa se time skoro u potpunosti koristi za povećanje temperature. Toplotna provodljivost Zemljinog tla je prilično mala, tako da apsorbovana Sunčeva toplota ne uspeva da se probije dublje ka dnu, već se najvećim delom prenosi na okolni vazduh. Sunce nam je stvarno najbliže 22. juna ukoliko se nalazimo iznad severne geografske širine od 23,5 stepena, ali Zemljina površina, kao i njena atmosfera u našim, severnim umerenim geografskim širinama dostiže svoje maksimalne temperature tokom jula i avgusta, jer je u to vreme Sunce već nekoliko meseci provelo između ekvatora i 23,5 stepena severne geografske širine i zagrejalo Zemlju koja, slično asfaltu i zidovima tokom letnjih

noći, relativno sporo apsorbira, ali i sporo emituje toplotu (prema mnogo brže od vode). Adekvatna pojava se dešava i zimi, jer iako nam je Sunce najudaljenije 22. decembra, najhladniji meseci su januar i februar, jer je Zemlji potrebno neko vreme kako bi rasula apsorbovanu toplotu i prilagodila se toploti koja dolazi sa Sunca.

### **- Da li su dani i noći podjednako dugi tokom jedne godine?**

Kada bi Zemlja bila savršeno sferičnog oblika i kretala se u kružnoj orbiti oko Sunca, ukupna dužina dana i noći tokom godine bila bi jednaka, i to na bilo kojoj tački Zemljine kugle. Onoliko koliko bi noći bile duže tokom zime, isto toliko bi dani bili duži tokom leta, pa ukoliko bismo zanemarili efekat oblačnosti koji je u dogoročnim prognozama još uvek nepredvidljiv, mogli bismo reći da svaka tačka na Zemljinoj površini prima podjednaku količinu svetlosti tokom godine. Međutim, u skladu sa drugim Keplerovim zakonom, Zemlja putuje brže kada je bliža Suncu nego kada je dalja, jer kako nam kaže ovaj Keplerov zakon radius-vektor Sunce – planeta opisuje u jednakim vremenskim intervalima jednake površine. Pošto je Zemlja najbliža Suncu tokom Januara, ona se najbrže kreće tokom zimskih meseci u severnoj hemisferi. Ovo se može primetiti na osnovu podatka da je vreme od početka jeseni do prolećne ravnodnevne za oko tri dana kraće od vremena između početka proleća i jesenje ravnodnevne. Pošto Zemlja prima više Sunčeve svetlosti tokom leta u severnoj hemisferi i provodi više vremena na "letnjoj strani" ravnodnevne, severna hemisfera prima nešto malo više svetlosti od južne hemisfere. Ova količina dodatne dnevne svetlosti iznosi oko 6 časova godišnje na 50° severne geografske dužine, i povećava se sa daljim povećanjem geografske širine. Drugi važan efekat koji utiče na trajanje dana i noći u pojedinim predelima jeste prelamanje Sunčeve svetlosti od strane atmosfere. Usled ovog efekta, možemo videti Sunčevu svetlost i nakon što Sunce zađe iza horizonta. Najčešće, sumrak počinje tek kada je Sunce oko pola lučnog stepena ispod horizonta. Na ekvatoru, razlika u trajanju dana iznosi oko 4 minuta po danu kada je dan duži od 12 sati. Iako ovaj efekat pruža dodatnu dnevnu svetlost svima na planeti, on doprinosi dužem trajanju dana u oblastima gde putanja Sunca zaklapa mali ugao sa horizontom, odnosno gde je potrebno duže vreme da Sunce dođe na pola stepena ispod horizonta. Tako, veće severne i južne geografske širine dobijaju nešto više dodatne Sunčeve svetlosti po danu. Tako, na 50° geografske širine, ovaj efekat doprinosi povećanju dužine dana za oko 8 minuta po danu kada je dan duži od 12 sati, a što u proseku iznosi oko 36 sati po godini.

### **- Zašto se najraniji zalazak i najkasniji izlazak Sunca ne dešavaju u najkraćem danu u godini?**

Najkraći dan u godini na severnoj hemisferi je 22. decembar (zimski solsticij), najraniji zalazak Sunca se dešava 13. ili 14. decembra, dok se najkasniji izlazak Sunca dešava u jednom od poslednjih dana decembra. Dve osobine orbitalnog kretanja Zemlje oko Sunca daju povod ovoj pojavi, a to su ekscentricitet Zemljine orbite (odstupanje orbite Zemlje od kružnog oblika) i nagib ekvatora prema orbitalnoj ravni. Kombinacija ova dva efekta dovodi do pojave promene dužine dana tokom jedne godine. U prolećnim i letnjim mesecima, vremenski interval između dva uzastopna podneva je nešto malo duži od 24 časa, dok je tokom jesenjih i zimskih meseci ovaj interval malo kraći od 24 sata. U decembru, kada se Zemlja nalazi blizu severnog zimskog solsticija (najkraćeg dana u godini), interval između uzastopnih podneva je za oko 30 sekundi kraći od 24 časa. Pošto je ova razlika veća od dnevnog pomeraja vremena izlaska i zalaska Sunca, ona postaje dominantan efekat, uzrokujući tako razdvajanje dana sa najranijim zalaskom Sunca i dana sa najkasnijim izlaskom Sunca. Sličan efekat se može zapaziti i tokom juna kada smo blizu severnog letnjeg

solsticija, a tada je interval između uzastopnih podneva za samo oko 13 sekundi duži od 24 sata, pa su dani najranijeg izlaska i najkasnijeg zalaska Sunca znatno bliži najdužem danu u godini.

### **- Da li dan traje duže kada smo na planini?**

Ako pod danom podrazumevamo vreme koje je potrebno da se Zemlja jedanput okrene oko svoje polarne ose, onda će nam dan trajati podjednako dugo bez obzira da li se nalazimo na moru ili na planini. Istina je da što smo bliži ekvatoru, to ćemo se brže kretati, ali će nam na istoj nadmorskoj visini dan uvek trajati 24 časa. Međutim, ako pod danom podrazumevamo period dana tokom koga možemo da vidimo Sunce, onda će dužina dana zaista zavisiti od toga da li se nalazimo u nekom priobalskom gradiću ili na planini. Što je veća nadmorska visina na kojoj se nalazimo, to ćemo biti u prilici da vidimo više Sunčeve, tj. dnevne svetlosti. Što se penjemo u veću visinu, to Zemlja blokira manje Sunčeve svetlosti. Na kraju, kada bismo izašli iz Zemljine atmosfere i otisnuli se u međuplanetarni prostor, mogli bismo stalno da vidimo Sunčevu svetlost. Naravno, kako bismo napustili Zemljinu atmosferu, Sunčeva svetlost ne bi više bila svuda oko nas kao ovde na Zemlji, već bi predstavljala samo jedan tačkasti izvor svetlosti kao i ostale nebeske zvezde. Ukoliko želite da izračunate koliko je dan duži na nadmorskoj visini na kojoj se nalazite, pogledajte sledeću jednačinu:  $Y = 1/\text{tg}(\sqrt{d(2R+d)}/R)$ . R je poluprečnik Zemlje (6,38715 miliona metara), d je nadmorska visina, a Y je ugao između pravca horizonta (tj. tangente na Zemljinu površinu koja prolazi kroz vaše oči) i normale na poluprečnik Zemlje. Što se nalazimo na većoj visini, to će ugao Y biti veći. Tako, ukoliko se nalazimo na Mauna Kea, najvećoj planini na našoj planeti (jer se njeno dno nalazi na 5600 metara ispod nivoa mora), čiji se vrh nalazi na nadmorskoj visini od 4205 metara, a čija visina računata od njenog podnožja koje se nalazi ispod površine Pacifika iznosi oko 9800 metara, ugao Y će iznositi  $2,07966^\circ$ , što nam kaže da će se zalazak Sunca desiti tačno 8,32 minuta posle zalaska Sunca za nekoga ko se nalazi na nivou mora. Pošto bismo sa planine Mauna Kea videli i izlazak Sunca 8,32 minuta pre posmatrača sa obale, tako bi dan na planini Mauna Kea trajao skoro čitavih 17 minuta duže od dana na moru. Jednostavnom proporcijom možemo izračunati dodatnu dužinu dana za bilo koju drugu nadmorsku visinu (na primer, "dodatno vreme" : ugao Y = 8,32 minuta :  $2,07966^\circ$ ).

### **- Koje su talasne dužine osnovnih boja?**

Sunčeva svetlost je bela jer u svom spektru sadrži sve vidljive boje, a opseg talasnih dužina u okviru koga naše oči primećuju svetlost kreće se od 390 - 780 nanometara. S obzirom da nanometar predstavlja jedan milijarditi deo metra, to znači da elektromagnetni talasi koje primećujemo kao svetlost prave oko nekoliko miliona oscilacija u sekundi. U slučaju kretanja svetlosti kroz vakuum (tj. pri maksimalnoj brzini kretanja svetlosti), crvena boja obuhvata opseg talasnih dužina od 780 do 622 nm, narandžasta od 622 do 597 nm, žuta od 597 do 577 nm, zelena od 577 do 492 nm, plava od 492 do 455 nm, i ljubičasta od 455 do 390 nm. Sa povećavanjem talasnih dužina izvan ovog opsega, vidljiva svetlost polako prelazi u infracrvenu svetlost, dok sa smanjenjem talasnih dužina vidljiva svetlost prelazi u ultraljubičastu oblast. Energija jednog svetlosnog fotona jednaka je proizvodu njegove frekvencije i Plankove konstante ( $6,62 \cdot 10^{-34}$  Js). S obzirom da je frekvencija svetlosti jednaka količniku brzine svetlosti (oko  $3 \cdot 10^8$  km/s) i talasne dužine fotona, što je manja talasna dužina svetlosti, to joj je veća i energija. Stoga, možemo slobodno reći da plava boja predstavlja energetskiju boju od crvene.



## - Šta su to osnovne boje?

Kada predmeti u svetu oko nas ne bi bili obasjani svetlošću, mi nikada ne bismo mogli da vidimo njihove boje. Ipak, svetlost koja pada na njih biva delom apsorbovana (upijena od strane atoma i molekula predmeta, što čini predmet toplijim), delom propuštena (što čini predmet providnim), a delom reflektovana. Onaj deo spektra bele Sunčeve svetlosti koji predmeti reflektuju ka nama, mi opisujemo kao njihovu boju. Tako su, na primer, lišća biljaka zelena jer molekuli hlorofila u njima apsorbuju plavu i ljubičastu, dok neki drugi pigmenti apsorbuju crvenu boju, pa sa njih ka našim očima biva reflektovana žuta i zelena boja. U našim očima postoje receptori za samo tri takozvane osnovne boje: plavu, zelenu i crvenu, pomoću kojih smo u stanju da percepiramo sve ostale boje. U procesu slikanja ili štampanja, možemo se takođe koristiti sa samo tri osnovne boje iz kojih mešanjem u različitim odnosima dobijamo sve ostale boje i nijanse, a ovakav proces dobijanja svih boja od osnovne tri naziva se aditivnim i primenjuje se u kompjuterskoj grafici. Tako, mešanjem crvene i zelene boje u različitim odnosima možemo dobiti različite nijanse žute boje, mešanjem zelene i plave dobijamo cian (tirkizno plavu) boju, dok se mešanjem crvene i plave boje dobija magenta. Ove tri dobijene boje predstavljaju osnovne boje u pigmentnom mešanju boja koje se još naziva subtraktivnim ili oduzimajućim, a primenjuje se na primer kod slikanja na platnu ili štampanja na papiru. Mešanjem crvene, plave i zelene boje se dobija bela boja, dok se sve ostale boje dobijaju mešanjem osnovnih boja koje su blago razblažene sa belom bojom. Tako narandžasta boja predstavlja smešu od 100%-tne crvene i 50%-tne zelene boje, 75%-tna crvena, 75%-tna zelena i 23%-tna plava daju sivu boju, a mešanjem 56%-tne crvene, 43%-tne zelene i 23%-tne plave boje dobijamo braon boju. U zavisnosti od toga da li nam je pozadina bela (kao na primer prilikom štampanja ili slikanja na belom papiru) ili crna (kao na primer na TV ekranu), možemo se koristiti subtraktivnom ili aditivnom tehnikom mešanja boja. U aditivnom sistemu, tri osnovne boje su crvena, plava i zelena, koje zajedno daju belu boju (odnosno površinu koja reflektuje svu svetlost koja na nju padne), pa se stoga ovaj sistem koristi kad kog slikamo na crnoj pozadini. S druge strane, u subtraktivnom sistemu, osnovne boje su cian, magenta i žuta, koje zajedno daju crnu boju (odnosno površinu koja apsorbuje svu svetlost koja na nju padne). Razlika između ova dva metoda se ogleda u tome što za razliku od aditivnog sistema kod koga se dodavanjem osnovnih boja povećava reflektovani udeo u spektru upadne bele svetlosti, kod subtraktivnog sistema se dodavanjem osnovnih boja u smešu povećava udeo apsorbovane svetlosti iz spektra upadne bele svetlosti. Tako, ako u subtraktivnom sistemu pomešamo cian i žutu boju dobićemo zelenu boju. Naime, cian apsorbuje (oduzima) crvenu, dok žuta apsorbuje plavu boju, tako da će rezultujuća boja biti zelena. Dodavanjem još i magente koja apsorbuje zelenu boju, rezultujuća smeša će postati skroz crna. S druge strane, ako u aditivnom sistemu, pomešamo zelenu i plavu boju dobićemo žutu, a dodavanjem i crvene boje, rezultujuća smeša će reflektovati svu vidljivu svetlost.

## - Šta je to Luks?

Luks je standardna međunarodna jedinica za merenje osvetljenosti (luminiscencije) koja se određuje kao svetlosni fluks po jedinici površine. Za razliku od Vata po jedinici površine koji predstavlja radiometrijsku jedinicu osvetljenosti, Luks je fotometrijska jedinica što znači da osim fizike energije i zračenja uzima u obzir i fizičke osobine ljudskog oka, jer naše oči jednostavno bolje primaju neke boje od drugih. Tako bi, na primer, 1 Vat žute boje bio znatno svetliji (efikasnije bi ga apsorbovalo naše oko) od 1 Vata plave boje. Da biste preveli vrednost "objektivne" radiometrijske osvetljenosti u fotometrijsku osvetljenost, dovoljno je da osvetljenost u Vatima pomnožite sa 685 i luminoznom efikasnošću koja nam kaže sa kolikom efikasnošću naše oči apsorbuju datu boju. Luminozna efikasnost poseduje

“zvonastu” zavisnost od talasne dužine svetlosti, kao i različite vrednosti za dnevne i za noćne uslove. Tako, relativna luminozna efikasnost pri normalnim, dnevnim uslovima poseduje maksimalnu vrednost (1) na talasnoj dužini od 555 nanometara što odgovara žutoj boji (koja istovremeno predstavlja boju koju u najvećoj meri emituje naše Sunce), a njena maksimalna vrednost za oči koje su se navikle na posmatranje u mraku iznosi 507 nanometara, što odgovara zelenoj boji. Tako, osvetljenosti od jednog Luksa odgovara 2,9 miliVata zelene svetlosti ili 1,5 miliVata žute svetlosti ili čak 15 miliVata crvene svetlosti.

### **- Da li možemo da vidimo ultraljubičastu svetlost?**

Ultraljubičasta (UV – *Ultra-Violet*) svetlost predstavlja elektromagnetne talase čiji se opseg frekvencija nalazi između vidljive svetlosti i rendgenskih (X) talasa. Elektromagnetno zračenje talasnih dužina između 4 i 400 nanometara pripada opsegu ultraljubičaste svetlosti. Sunce predstavlja veoma snažan izvor UV zračenja, pri čemu uglavnom samo niskoenergetski UV talasi (talasnih dužina između 300 i 400 nanometara) stižu do površine Zemlje, jer visokoenergetske UV talase apsorbuje ozonski omotač oko Zemlje. Naše oči nisu osetljive na UV svetlost, pa ih stoga ukoliko se ne krećemo velikim, relativističkim brzinama u odnosu na izvor UV zračenja, možemo primetiti samo na indirektan način. Veštačka UV svetlost se pravi u deuterijumskim lampama ili lampama sa živinom parom, koje se nalaze u disko-klubovima, nekim buticima i solarijumima. Jedini problem u vezi korišćenja ovakvih lampi je taj što one osim UV talasa emituju i izvesnu dozu vidljive svetlosti, pa njihovu svetlost najčešće opažamo kao belu, ljubičastu ili lila. U svrhu pravljenja “čistog” UV zračenja koriste se laseri na bazi gasa argona koji emituju lasersko (svi talasi su u fazi) UV zračenje na samo jednoj talasnoj dužini. Iako ovakvi talasi na nekih 244 ili 300 nanometara talasne dužine ne mogu biti direktno primećeni od strane naših očiju, probajte da postavite list papira na put UV svetlosti i primetićete da je papir dobio plavu boju. Razlog tome je što UV svetlost pobuđuje plave boje iz papira (naime, svi proizvođači boje papir sa blago plavom bojom kako bi on postao još belji) koje zatim emituju svetlosne fotone na nižoj talasnoj dužini koja pripada vidljivoj, plavoj boji. Sličnu stvar možete primetiti ukoliko se u beloj majici prošetate ispod UV lampe. UV svetlost će pobuđivati atome i molekule od kojih je sastavljena majica, a oni će prilikom relaksiranja emitovati fotone nižih talasnih dužina i tako davati majici neku drugu boju.

### **- Zašto je mleko bele boje?**

Mleko, oblaci, šećer i so su bele boje, jer su razmere njihovih čestica odgovornih za rasejavanje svetlosti znatno veće od talasne dužine vidljive svetlosti, a što za posledicu ima to da se sve boje iz svetlosnog spektra Sunčeve svetlosti rasejavaju manje ili više u istoj meri. S druge strane, intenzivo rasejanje svetlosti se dešava kada su dimenzije čestica na kojima se rasejava svetlost nešto manje od talasne dužine svetlosti, kao što je slučaj sa dimenzijama čestica kiseonika i azota iz vazduha na kojima se plava boja posebno dobro rasejava. Čestice koje rasejavaju najviše svetlosti u mleku su lipidi, tj. masti. Stoga, ukoliko bismo izvadili sve masti iz mleka, ono bi postalo providno, a to je i razlog zašto obrano mleko (sa samo oko pola masenog procenta mlečnih masti) izgleda mnogo manje belo, a više providnije od pravog, prirodnog mleka.

### **- Zašto se leti osećamo prijatnije u beloj majici?**

Sunčeva svetlost se sastoji iz mešavine svih talasnih dužina vidljivih elektromagnetnih talasa. Kada sve vidljive talasne dužine svetlosti dospeju u naše oči, tada vidimo belu boju. S

druge strane, crna boja predstavlja odsustvo svih boja. Sve druge boje vidimo kada je u primljenoj svetlosti dominantna neka posebna talasna dužina. Tako, dominaciju većih talasnih dužina percipiramo kao crvenkaste nijanse, dok dominaciju kraćih talasnih dužina vidimo kao izrazito plave nijanse. Pošto se Sunčeva svetlost sastoji iz svih vidljivih boja, boja nekog predmeta na Suncu će zavistiti od toga koje boje taj predmet apsorbuje, a koje reflektuje. Crvena majica apsorbuje svetlost kraćih talasnih dužina, tj. plave nijanse, a reflektuje svetlost većih talasnih dužina, tj. crvene nijanse, pa stoga i ima crvenu boju. S druge strane, plava majica apsorbuje svetlost većih talasnih dužina, tj. crvene nijanse, a reflektuje svetlost većih talasnih dužina, tj. plave nijanse, pa je stoga njena boja plava. Bela majica ili bilo koja druga svetla majica uglavnom reflektuju sve vidljive talasne dužine, i ne apsorbuju nijednu posebnu boju, dok crna ili bilo koja tamna majica uglavnom svu svetlost koja padne na njih apsorbuju i prevode u toplotno kretanje čestica iz kojih se sastoje. Usled ovog prevođenja u toplotu apsorbovanog zračenja, leti se uvek toplije osećamo u tamnoj majici, što baš i nije poželjno po toplim letnjim danima. Takođe, crna tela ne samo što savršeno apsorbuju svetlost, već predstavljaju i savršene emitere toplote, što znači da će nam zimi, kada nema toliko Sunca, biti hladnije u crnoj, nego u beloj majici, jer crna majica, zbog svojih toplotno emitterskih osobina brže emituje toplotu od bele majice. Stoga je nošenje bele majice i zimi i leti uvek prijatnije.

### **- Zašto je boja neba nekada bela, nekada malo plava, a nekada tamno plava?**

Boja neba, odnosno njegova plavoća, direktno je povezana sa temperaturom vazduha, a osim nje, postoji još nekoliko faktora koji utiču na boju neba, a to su: nadmorska visina, prašina i vodene kapi. Sa porastom nadmorske visine, smanjuje se rasejanje svetlosti na molekulima kiseonika i azota iz vazduha od čega inače i potiče plava boja neba, pa stoga sa penjanjem u visinu nebo najpre postaje tamno plavo, dok sa daljim penjanjem i smanjenjem koncentracije čestica u atmosferi nebo ne postane potpuno tamno, ukoliko ne računamo prekrasnu svetlost koja dolazi sa zvezda. Takođe, sa porastom nadmorske visine dolazi i do opadanja temperature. Čestice prašine uzrokuju rasipanje svetlosti koje teži da promeni plavu boju neba u belu. Prisustvo prašine je posledica toplotnih strujanja, a anticiklonski uslovi koji dovode do zahlađenja prekidaju strujanje toplote i tako smanjuju koncentraciju atmosfere prašine. Vodene kapi, koje se tokom hladnih anticiklonskih dana kondenzuju veoma blizu Zemljine površine i ponekad dovode do magle, dopuštaju gornjim slojevima atmosfere da budu veoma suvi i bistri. S obzirom da sva tri faktora pokazuju da se sa smanjenjem temperature povećava plavoća neba, najčešće je slučaj da tokom hladnijih dana nebo ima tako duboko plavu boju.

### **- Zašto oblaci pre kiše potamne?**

Oblaci se sastoje od kapljica vode i leda, a nastaju prilikom kondenzovanja vodene pare u stupcima uzdižućeg vazduha. Pod pravim uslovima vazduh nastavlja da se podiže, uzrokujući tako da se oblak podiže sve više i više, a upravo visina oblaka, odnosno njegova debljina, čine da on postane taman posmatračima sa Zemlje. Male vodene kapljice i kristalići leda su u oblacima tačno određene veličine kako bi rasipali svetlost svih boja u podjednako meri, dok manji molekuli iz vazduha rasipaju u najvećoj meri plavu boju. Kada svetlost sadrži sve boje, onda je ona bela. Kada su oblaci tanki, oni propuštaju veliku količinu svetlosti kroz sebe i izgledaju beli. Međutim, kao i u slučaju svakog tela koje propušta svetlost, što je oblak deblji, to manje svetlosti prolazi kroz njega i on postaje tamniji. Ukoliko se malo zagledate,

možete primetiti da su strane oblaka uvek svetlije od njegovog dna, što je takođe posledica zavisnosti zatamnjenosti oblaka od njegove debljine.

### **- Zašto neke naočare potamne na svetlosti?**

Naočare za sunce ili naočare sa dioptrijom čija stakla potamne kada postanu izložena Sunčevoj svetlosti zovu se fotohromatske naočare, a često se kao produkti firme *Croning* pojavljuju i pod nazivom *photobrown* ili *photogrey*. Fotohromatska sočiva sadrže u sebi milione molekula kao što su srebro hlorid ili drugi halidi srebra. Ovi molekuli su prozirni za vidljivu svetlost bez prisustva ultraljubičaste svetlosti, što odgovara veštačkom osvetljenju. Međutim, kada ih izložimo Sunčevoj svetlosti, koja sadrži i izvesnu dozu ultraljubičaste svetlosti, dolazi do promene oblika ovih primesnih molekula i oni u tom svom novom stanju više nisu providni za vidljivu svetlost, već je apsorbuju (upijaju), pa se kao rezultat toga stakla zatamnjuju. Ako uklonimo ultraljubičastu svetlost, molekuli jedinjenja srebra će se vratiti u prvobitni oblik i postaće ponovo providni za vidljivu svetlost, pa će stakla tako ponovo dobiti svoju svetliju nijansu. Pošto fotohromatska stakla reaguju na ultraljubičastu, a ne na vidljivu svetlost, postoje situacije kada stakla neće potamneti. Na primer, kada se vozimo u kolima, dodatni sloj na prozorima može apsorbovati ultraljubičastu svetlost i stakla na naočarima neće potamneti. Iz tih razloga, većina fotohromatskih naočara u startu poseduje određenu količinu mastila u staklima.

### **- Šta je to jednosmerno ogledalo?**

Svi smo verovatno gledali detektivske filmove u kojima se jedno ovakvo “jednosmerno” ogledalo nalazi na zidu sobe, tako da se kroz njega može posmatrati iz sobe u kojoj sede detektivi, dok ono izgleda kao obično ogledalo u drugoj sobi u kojoj se obično nalazi neko koga detektivi ispituju. Ovakva jednosmerna ogledala poseduju polu-posrebrene površine (polovinu atoma sa površine ogledala čine atomi srebra koji reflektuju svetlost, a drugu polovinu čine atomi koji ne reaguju sa svetlošću i propuštaju je kroz ogledalo), pa stoga predstavljaju delimično transparentna ogledala. Drugim rečima, svetlost koja padne na površinu jednog ovakvog ogledala uglavnom se reflektuje, ali se jedan deo svetlosti propušta kroz njega. Inače, sva ogledala su barem malo transparentna, ali njihovi proizvođači obično ofarbaju poleđinu u crnu boju koja apsorbuje propuštenu svetlost. Ipak, tajna jednosmernih ogledala leži u različitoj osvetljenosti soba između kojih se ono nalazi. Posmatrači u osvetljenijoj sobi vide ogledalo, dok gledaoci u zatamnjenoj sobi vide prozor. Ukoliko sumnjate da je neko ogledalo u sobi ustvari prozor, ugasite svetlo u sobi i zatim uperite neki jak izvor svetlosti, kao na primer džepnu lampu, direktno u ogledalo. Ukoliko postoji neka tajna soba iza ogledala, svetlost džepne lampe će je osvetliti, pa ćete i vi moći da je vidite. Ipak, pravo, jednosmerno ogledalo koje bi funkcionisalo između podjednako osvetljenih soba nije moguće napraviti, jer bi se tako narušili zakoni termodinamike. Naime, ako biste napravili jednu kutiju od jednosmernih ogledala, u nju bi ulazilo više svetlosti nego što bi izlazilo, pa bi se njena unutrašnja energija stalno povećavala, a tako nešto se ne može dešavati spontano, već samo uz utrošak energije. Stoga, kada bi jednosmerna ogledala postojala, ona bi se mogla koristiti kao izvori energije i od njih bi se mogao napraviti *Perpetuum Mobile*.

### **- Kako se na fotografskom filmu snimaju slike iz prirode?**

Kada želimo da slikamo neki predeo oko nas, na foto-aparatu pritiskamo dugme kojim aktiviramo otvaranje blende, malog kapka koji štiti fotografski film od svetlosti. Kada bismo otvorili jednu rolnu 35-milimetarskog filma u boji, primetili bismo da je to jedna dugačka

plastična ploča. Srce filma se naziva bazom i počinje sa providnim plastičnim materijalom (celuloidom) debljine oko 0,025 mm. Pozadina filma koja je najčešće sjajna, poseduje nekoliko prevlaka koje su neophodne tokom proizvodnje filma. Na plastičnom filmu se nalazi dvadesetak slojeva debljine od po par stotih delova milimetra, koji su slepljeni nekim vezivnim sredstvom. Neke od prevlaka kojima je obložen plastični film nisu osetljive na boje, već imaju ulogu da filtriraju svetlost ili da kontrolišu određene hemijske reakcije koje se odigravaju tokom pojedinih proizvodnih stupnjeva. Slojevi koji su osetljivi na boje poseduju male kristaliće srebra halida (jedinjenja srebra i nekog halogenog elementa, odnosno elementa iz sedme grupe periodnog sistema elemenata, kao što su fluor, hlor, brom ili jod) koji imaju osobinu da podležu hemijskoj reakciji pod dejstvom vidljive svetlosti (ili infracrvene svetlosti). Nemodifikovana zrna srebra halida su osetljiva samo na plavu boju, pa se stoga ona presvlače sa posebnim organskim molekulima koji čine ova zrna osetljivim i na crvenu i zelenu boju. Ove prevlake zapravo apsorbiraju boje na koje je sam srebro halid neosetljiv, pri čemu stvaraju elektrone koje predaju zrnima srebra halida. I neke druge supstance kojima se povećava osetljivost filma mogu se dodavati na površinu zrna srebra halida. Ekspozicija (proizvod intenziteta svetlosti i vremena izlaganja njoj) se mora pravilno podesiti u odnosu na osetljivost filma. Većina današnjih foto-aparata poseduje merač intenziteta svetlosti koji pada na film, a osim uticaja osvetljenosti predela, i što je veći prečnik sočiva koje fokusira upadnu svetlost na film, to će biti veća ekspozicija. Slično skupljanju dužice u našim očima prilikom posmatranja veoma svetlih predela, isto tako se i prečnik sočiva može smanjiti u slučaju kada isuviše mnogo svetlosti pada na film. Svaki fotografski film poseduje ograničen pojas ekspozicije. Naime, ukoliko je ekspozicija isuviše mala, tada film neće detektovati svu svetlost posmatranog predela i slika će biti tamna i zamrljana. S druge strane, kada je ekspozicija prevelika, sva zrna srebra halida će biti eksponirana svetlosti i neće postojati razlika između svetlih i tamnijih delova na slici. Vreme ekspozicije najčešće iznosi između 1/30 i 1/1000 dela sekunde, osim ukoliko ne želimo da slikamo noćne gradske ulice sa nekog solitera tako da farovi automobila budu razmazani po slici ili ukoliko slikamo putanje zvezda po nebeskoj sferi. Kada spektralno osetljiva supstanca koja je prevučena preko zrna srebra halida apsorbira foton, po jedan elektron iz njegovih molekula prelazi iz valentne zone u provodnu energetska zonu (zone predstavljaju kvantna energetska stanja elektrona u atomskim i molekulskim sistemima), odakle se prenosi ka zrnima srebra halida, gde se kombinuje sa šupljinom u kristalnoj rešetci srebra halida, pri čemu nastaje jedan neutralni atom srebra. U filmu u boji, ovaj proces se dešava u odvojenim slojevima, pri čemu je svaki osetljiv na crvenu, zelenu ili plavu boju iz svetlosnog spektra. Jedno zrno srebra halida sadrži nekoliko milijardi molekula srebra halida, a samo 2 - 4 atoma srebra u okviru njih je dovoljno da se formira kvalitetna slika. Modernim filmovima je potrebno između 20 i 60 fotona po zrnima srebra halida da bi se formirala dobra slika, s obzirom da određen broj upadnih fotona ne uspeva da bude detektovan od strane filma. Da bismo od eksponiranog filma dobili slike, potrebno je još da razvijemo film. U tu svrhu, film najpre potapamo u razvijlač, redukciono sredstvo koje pretvara jone srebra u atome, pri čemu se eksponirana zrna srebra halida (koja se brže razvijaju) pretvaraju u čisto srebro, dok neeksponirana zrna ne podležu nikakvoj hemijskoj promeni. Potapanjem u vodu, proces razvijanja se prekida, a naknadnim potapanjem filma u vezivno sredstvo, neeksponirana zrna srebra halida se uklanjaju sa filma i na njemu ostaje samo metalno srebro. Film se zatim opet potapa u vodu čime se uklanjaju sve procesirajuće hemikalije, a zatim se film suši i pojedinačne ekspozicije se seku na delove čime se dobija filmski negativ, koji se tako naziva jer su tamnije oblasti na njemu (one sa najvećom koncentracijom neprozirnih srebrnih atoma) zapravo osvetljenije oblasti u stvarnosti. Da bi se od negativa napravio pozitiv, potrebno je samo da odštamamo negativ na nekom drugom svetlosno osetljivijem materijalu (najčešće fotografskom papiru). U slučaju razvijanja filma u boji, tokom reakcije sa razvijlačem nastaje i oksidaciono sredstvo koje zatim

reaguje sa supstancama - kuplerima u svakom sloju osetljivom na različite boje. Tako, u sloju osetljivom na crvenu boju nastaje tirkizno plava, u sloju osetljivom na zelenu boju nastaje magenta, dok u sloju osetljivom na plavu boju nastaje žuta boja. Prilikom pravljenja veće finalne slike nego što je negativ velik, potrebno je pomoću sočiva uvećati negativ i projektovati ga na papir za štampanje koji takođe poseduje zrna srebra halida sa svetlosno osetljivim slojevima, pa se nakon razvijanja i fiksiranja papira za štampanje dobija finalna slika.

### **- Šta su to *pinhole* foto-aparati?**

*Pinhole* foto-aparati predstavljaju najjednostavnije vrste foto-kamera. Sastoje se od kutije koja je nepropustljiva za svetlost, filma koji se nalazi u tamnoj kutiji i male rupice na površini kutije koja je otprilike velika isto onoliko koliko bi bila velika i rupica koju biste dobili kada biste iglom probušili parče tanke aluminijumske folije. Zamislite da se nalazite u mračnoj sobi koja na zidu poseduje malu rupicu kroz koju ulazi dnevna svetlost. Na suprotnom zidu od zida sa rupom videćete svetlosni snop koji dolazi spolja. Kako se Sunce ili neki drugi spoljašnji izvor svetlosti budu pomerili u odnosu na rupu, tako će se i odraz spoljašnje svetlosti u zatamnjenoj sobi pomerati po zidu. Što su manje razmere rupice (do određene granice, pre nego što dođe do rasipanja, odnosno difrakcije svetlosti), to će manja i oštrija biti svetlost na suprotnom zidu. Zamislite sada da ste uzeli jednu ovakvu sobu u obliku male kutije i usmerili je na neki lepi predeo. Kada pogledate na suprotan zid od zida sa rupicom, videćete obrnutu sliku spoljašnjeg predela. Naravno, slika na zidu će biti veoma slaba, ali ako je soba dovoljno tamna i rupa na zidu dovoljno mala, ova slika će ipak moći da se vidi. *Pinhole* foto-aparat predstavlja umanjenu verziju ove sobe, pri čemu film zamenjuje zid na kome se odražava upadni svetlosni snop. Na površini filma se snima slika predela na koji usmerimo kameru. Najčešće je neophodno nešto duže izlaganje filma svetlosti nego što je to slučaj kod običnih foto-aparata. Upravo iz ovog razloga, skoro svi savremeniji foto-aparati koriste sočivo za fokusiranje upadne svetlosti jer se time dozvoljava upotreba znatno većeg ulaznog otvora, a time i vreme ekspozicije (vreme neophodno da svetlost ostavi trajni trag na filmu) postaje kraće, kao i sam proces slikanja.

### **- Zašto na nekim fotografijama imamo crvene oči?**

Ovakve fotografije su po pravilu slikane noću uz pomoć blica. Mnoge životinje, kao na primer psi, mačke ili jeleni, ispred mrežnjače u oku poseduju specijalni reflektujući sloj koji se zove *tapetum lucidum*, a koji mnogim životinjama služi za poboljšanje vida u večernjim satima. Ukoliko osvetlite neku životinju sa lampom, moći ćete da primetite reflektovanu svetlost sa njenih očiju. Naime, ovaj reflektujući sloj koji se u najvećoj meri sastoji od molekula guanina, u stanju je da slično ogledalu odbija svetlost koja pada na mrežnjaču i na taj način osetljivim pigmentnim ćelijama u oku pruža drugu šansu za registrovanje dvostruko reflektovane svetlosti. Ljudi ipak ne poseduju ovaj visoko reflektujući sloj u oku, ali ipak pod dejstvom jakog blica (intenzivnog svetlosnog bljeska) ponekad dolazi do odbijanja svetlosti od mrežnjače, a crvena boja očiju potiče od krvnih sudova u očima. U poslednje vreme se prave specijalne kamere koje redukuju crveni sjaj očiju uz pomoć dva blica, gde prvi blic (koji ne prati otvaranje blende) uzrokuje skupljanje zenice što znatno umanjuje refleksiju svetlosti iz oka, nakon čega se emituje drugi blic i otvara blenda koja propušta reflektovanu svetlost blica na film. Drugi trik je da neposredno pre slikanja upalimo sva svetla u sobi, što takođe izaziva skupljanje zenica, a samim tim i redukovanje crvenog sjaja iz očiju. Kod osoba sa svetlijim očima, ovaj efekat je izraženiji, dok ljudi sa tamnijim očima mogu posedovati dovoljno pigmenata da bi prikriili ovu crvenu refleksiju.

## **- Zašto nam je potrebno neko vreme da se naviknemo da gledamo po mraku?**

Opseg osvetljenosti u kome naše oči mogu gledati je izuzetno veliki, od blještavog sunčanog dana do skoro totalnog mraka, pri čemu su naše oči u stanju da detektuju i samo nekoliko fotona, tj. kvanta svetlosti. Opseg osvetljenosti u kome vidimo zavisi od dva dela oka, a to su: zenica, koja se skuplja i širi u zavisnosti od količine svetlosti kojom je izloženo oko, a u posebno zabljeskujućem osvetljenju može potpuno fizički blokirati ulaz svetlosti u oko; i mrežnjača u kojoj se nalaze štapićaste i konusne (kupaste) ćelije, pri čemu konusne ćelije opažaju boje u svetlim okruženjima, dok štapićaste ćelije opažaju crne i bele slike i najviše se koriste noću. U ćelijama štapića se nalazi hemijska supstanca rodopsin, koja predstavlja ključnu supstancu u noćnom posmatranju. Upravo ovu supstancu koriste štapići za apsorbovanje svetlosnih fotona i registrovanje svetlosti. Kada molekul rodopsina apsorbuje foton, on se razloži na molekul retinal i molekul opsin, koji se kasnije prirodno i veoma sporo rekombinuju u molekul rodopsina. Stoga, kada izložimo naše oči blještavoj svetlosti, skoro svi molekuli rodopsina u njima se razlože na retinal i opsin. Kada zatim ugasimo svetlo, jedno vreme ne možemo da vidimo jasno jer je konusnim ćelijama potrebno mnogo svetlosti, a i postoji malo rodopsina, pa su i ćelije štapića uglavnom beskorisne. Stoga, neophodno je sačekati malo vremena kako bi se molekuli retinala i opsina rekombinovali nazad u rodopsin, i kako bi štapićaste ćelije opet bile spremne da detektuju svetlost. Inače, retinal predstavlja derivat vitamina A, pa stoga oni koji jedu manje šargarepe mogu noću videti slabije.

## **- Da li je čitanje u mraku štetno za oči?**

Čitanje pri slaboj svetlosti ne bi trebalo da bude štetno za oči, ali dovodi do naprezanja očiju, što može ostaviti niz neprijatnih privremenih simptoma, kao i eventualne trajnije posledice. Kada čitamo, naše oči fokusiraju slike reči u mrežnjači, a dužica i očni mišići koji kontrolišu oblik sočiva moraju biti zategnuti kako bi održali fokusiranu sliku u mrežnjači. Kada čitamo pri slaboj svetlosti, naši očni mišići dobijaju istovremene signale za opuštanje kako bi prikupili što više svetlosti i signale za kontrakciju kako bi održali fokusiranu sliku slova u mrežnjači. Stoga, pri slaboj svetlosti, mišići oka moraju naizmenično i brzo da se naprežu i opuštaju kako bi razdvajali slova sa stranice. Pošto je čitanje u mraku jedan vid vežbe za oči, nakon tog vežbanja mišići oka se mogu osećati slično mišićima ruku ili nogu nakon napornog treninga. Iako se kratkovidost najčešće genetski nasleđuje, postoje dokazi da preterano naprezanje očiju dovodi do povećanja ove osobine, a da biste izbegli naprezanje očiju prilikom čitanja najbolje je da češće trepnete i da se na svakih petnaestak minuta zagledate u daljinu, na primer kroz prozor.

## **- Kako senke mogu biti različitih boja?**

Senka predstavlja polje u prostoru koje je zaklonjeno od strane svetlosti kojom je obasjan prostor van njenih okvira. Ukoliko u potpuno osenčenom delu prostora (što znači da nimalo svetlosti ne pada u prostor senke) ne postoji izvor svetlosti, tada će senka izgledati potpuno tamna. Međutim, u svakodnevnom svetlu, one su barem malo obasjane svetlošću, barem onom koja ne nalazi direktni, ali nalazi indirektni, krivolinijski put do senke. Stoga se osenčeni predmeti i dalje raspoznaju iako svetlost sa lampe ili Sunca ne pada direktno na njih. Naše oči sadrže tri vrste fotoreceptora za boje (za crvenu, zelenu i plavu), poznatijih i kao kupe, a svaka vidljiva boja i nijansa stvara u našim očima jedinstvenu kombinaciju aktivnosti ova tri tipa fotoreceptora (kupa) u određenoj proporciji. Svetlosna aktivacija ovih

fotoreceptorskih molekula se u vidu analognih električnih signala prenosi do mozga koji zatim formira generalni slikoviti čulni opažaj date slike koji ne zavisi samo od odnosa aktivnosti tri fotoreceptora pri posmatranju datog predmeta, već i od okruženja posmatrane slike, predmeta ili senke. Tako, na primer, ukoliko predmet reflektuje dovoljno veliki broj fotona raznovrsnih talasnih dužina tako da oni ravnomerno pokrivaju ceo vidljivi spektar (između oko 400 i 700 nanometara talasne dužine), nama će predmet izgledati beo. Ukoliko zatvorimo prolaz svetlosti koju emituje žuta sijalica sa tungstenovim vlaknom, napravićemo senku koja će nam izgledati tamnija od okolne, uglavnom žutom bojom osvetljene sobe. Međutim, ukoliko sada pustimo u sobu i malo dnevne, Sunčeve svetlosti, tada će soba postati obogaćena fotonima raznih talasnih dužina (pošto je spektar Sunčeve svetlosti bogatiji od spektra usijanog tungstenovog vlakna) koji će se reflektovati između predmeta u njoj, pa će ona postati blago obasjana belom svetlošću. Međutim, senka će i dalje ostati zaklonjena od žute svetlosti lampe, pa će spektar njene reflektovane svetlosti usled manje žute boje u odnosu na reflektovani spektar okolnih predmeta izgledati plav. Ukoliko u emisionom spektru svetlosti sijalice bude dominirala crvena boja, tada će boja senke verovatno biti zelena, u slučaju ljubičaste svetlosti lampe boja senke će biti zelenkasta, u slučaju zelene svetlosti sa lampe boja senke će verovatno biti ljubičasta, a u slučaju plave svetlosti sa sijalice boja senke bi trebalo da bude u najvećoj meri crvena. Naime, boja senke odgovara komplementarnoj svetlosti (što je uobičajeni efekat u svetu slikarstva kada male tačkice bele boje dobijaju komplementarnu boju svog neposrednog okruženja), ali je intenzivnost jedne boje prilično ograničena širokim spektrom Sunčeve svetlosti. Stoga, ukoliko želimo da napravimo obojene senke izrazitih boja, najbolje je da se ne koristimo Sunčevom svetlošću, već raznobojnim lampama, kao na primer crvenom, plavom i zelenom koje zajedno čine belu svetlost, odnosno kompletan spektar boja. Inače, u suprotnom slučaju, kada je dnevnoj svetlosti blokiran prolaz, a kada je ovako osenčen predmet obasjan žutom svetlošću sijalice, boja senke će naravno biti žuta.

### **- Da li senka može da putuje brže od svetlosti?**

Ukoliko ste nekada uspeli da uhvatite senku ptice na Zemlji, sigurno ste primetili da je brzina kretanja njene senke duž tla jednaka brzini njenog leta. Međutim, ukoliko bi senka ptice u letu naišla na zid, njeno kretanje bi se znatno ubrzalo, iako bi ptica nastavila da se kreće istom ili barem približno istom brzinom. Kada bi na adekvatan način senku ostavljao izvor koji se kreće brzinom približno jednakom brzini svetlosti, sasvim je moguće da bi njegova senka na zidu mogla da dobije brzinu veću od brzine svetlosti. Međutim, ova pojava ne predstavlja narušavanje zakona koji postulira Ajnštajnova specijalna teorija relativnosti po kojoj brzina svetlosti od skoro 300 000 km/s ne predstavlja samo najveću brzinu u prirodi, već je uvek konstantna s obzirom da kolikom god brzinom da se krećemo u odnosu na svetlosni izvor, doći će do Doplerovog pomaka talasne dužine svetlosti, ali će brzina primljene svetlosti uvek biti jednaka konstantnoj vrednosti (ovu pojavu ne bismo smeli da mešamo sa usporavanjem svetlosti prilikom prelaska iz vakuum u neku materijalnu sredinu, jer je ovo usporavanje samo posledica naizmenične apsorpcije i ponovne emisije svetlosnih fotona od strane atoma materije što izaziva usporen prenos svetlosti). Naime, premda se senka stvarno može kretati većom brzinom od brzine svetlosti, pomoću senke se ne može preneti informacija, jer ona predstavlja samo oblast koja je zaklonjena od svetlosti. Naime, svetlosni fotoni koji prenose informacije do naših očiju i dalje će se kretati brzinom svetlosti u vakuumu. Sličan efekat se postiže u okviru takozvanog paradoksa svetionika. Naime, zamislimo jedan rotirajući svetionik u centru jedne lopte. Ukoliko bi svetionik rotirao brzinom od jednog obrtaja u minutu, tada bi se svetionikov far po unutrašnjoj ivici lopte poluprečnika 10 metara pomerao brzinom od oko jednog metra u sekundi. Međutim, sa povećanjem



prečnika lopte u kojoj se nalazi rotirajući svetonik, brzina kretanja svetlosnog fara po zidovima lopte bi postajala sve veća, pa bi tako u lopti prečnika 3 miliona kilometara, brzina kretanja svetlosnog fara trebalo da postane veća od brzine svetlosti. Međutim, i u ovom slučaju, slično kao i slučaju senke ptice na zidu, informacija koja se prenosi svetlošću i dalje je ograničena na brzinu svetlosti, s obzirom da fotoni nastavljaju da se mirno kreću svojom konstantnom brzinom jednakom brzini svetlosti u vakuumu.

### **- Zašto se pomračenje Sunca pomera od zapada ka istoku?**

Za razliku od pomračenja Meseca koje nastaje kada Zemlja stane na put Sunčeve svetlosti između Sunca i Meseca, pomračenje Sunca nastaje kada Mesec dođe u položaj između Zemlje i Sunca, tako da zaklanja Sunčevu svetlost posmatračima na Zemlji. Pošto Mesec orbitira oko Zemlje pod uglom od oko  $5^\circ$  u odnosu na orbitalnu ravan Zemlja – Sunce, on prođe kroz ovu ravan dva puta godišnje, pa se samo tada mogu posmatrati pomračenja Sunca sa nekih mesta na Zemlji. Takođe, neophodno je i da u trenutku prolaska kroz orbitalnu ravan Zemlja – Sunce, Mesec bude mlad, što čini pomračenje Sunca veoma retkom pojavom. Razlog zašto se senka na Suncu kreće od zapada ka istoku je u tome što se Mesec kreće u tom pravcu. Ako želite da proverite smer Mesečeve rotacije oko Zemlje, posmatrajte izlazak Meseca nekoliko večeri za redom i primetićete da se Mesec svako naredno veče sve kasnije pojavljuje na nebu, jer sa svakim novim danom Zemljinoj rotaciji treba više vremena da ga “sustigne”. Mesečeva orbitalna brzina iznosi oko 1 kilometar u sekundi, pa i njegova senka putuje istom brzinom. Zemlja rotira oko svoje ose, pri čemu je najbrže kretanje Zemljine površine uslovljeno njenom rotacijom u predelima ekvatora i iznosi oko pola kilometra u sekundi. Pošto Zemlja rotira oko svoje ose sporije nego što se Mesec kreće oko Zemlje, i Mesečeva senka se kreće ka istoku brže od Zemljine rotacije u bilo kom mestu ili vremenu, uzrokujući tako njeno pomeranje od zapada ka istoku.

### **- Zašto su neke stvari providne?**

Svetlost koja padne na neki predmet može biti reflektovana, tj. odbijena, propuštena ili apsorbirana. Boja nekog predmeta zavisi od onih boja iz svetlosnog spektra koje posmatrani predmet reflektuje. Providne stvari propuštaju skoro svu svetlost kroz njih i to ne menjajući joj pravac prostiranja, što znači da su procesi apsorbovanja i rasipanja u drugim pravcima zanemarljivi. Materijali koji ljudskim očima izgledaju homogeni, sastoje se od mnoštva malih kristalnih zrna, tj. oblasti u prostoru u kojima su atomi poređani u pravilnim trodimenzionalnim periodično ponavljajućim rešetkama. Za razliku od monokristalnih materijala kod kojih je čitav sistem jedan neprekidan kristal, ovakvi materijali se nazivaju polikristalnim, jer kod njih postoji mnogo malih kristalnih zrna, raznovrsno orijentisanih u prostoru. Ukoliko su rastojanja između kristalnih zrna koja ne apsorbuju svetlost isuviše intenzivno manja od najkraće talasne dužine vidljive svetlosti, materijal će biti transparentan, tj. providan. Svaka granica zrna teži da razlije svetlost kroz nju, a pošto su u slučaju providnih materijala ove granice dovoljno male, svetlost će ih bukvalno preskočiti. Isto hemijsko jedinjenje u nekoliko različitih formi može imati različitu transparentciju, pa je tako npr. silicijum dioksid kao staklo providan, jer je amorfan, a samim tim ne poseduje granice zrna, dok je u pesku neprovidan, jer poseduje očigledne granice između različitih kristalnih zrna.

### **- Zašto je staklo providno?**

Pod staklima se podrazumevaju sve amorfne neorganske čvrste materije, čiji atomi za razliku od kristalnih supstanci nisu simetrično raspoređeni u prostoru tako da formiraju

kristalnu rešetku. Za razliku od kristala koji se mogu zamisliti tako da su u slučaju prirodnih, nesavršenih uzoraka sastavljeni od mnogo zrna od kojih svi poseduju savršenu ili prilično savršenu kristalnu strukturu za koju možemo zamisliti da nastaje preslikavanjem elementarne ćelije kristala u sva tri prostorna pravca, stakla ne poseduju zrna, već se elementarna ćelija stakla može zamisliti kao da su neke njene stranice (koje predstavljaju hemijske veze u prostoru) razvučene, dok su neke kraće nego što bi to trebalo da bude slučaj kod simetrične kristalne strukture. Stoga, iako su svi atomi stakla povezani sa praktično istim brojem suseda kao i u kristalnim telima, usled nejednakih veza ova uređenost na blizinu se gubi već na malom rastojanju od posmatranog centralnog atoma, pa stoga za stakla (za razliku od kristalnih tela) kažemo da nisu uređena i na daljinu. Pošto su sva stakla neorganske prirode, ona stoje naspram kristalnih keramika (koja su takođe neorganske prirode). Keramike su skoro uvek obojene, jer poseduju srazmerno velika zrna, a osim od elektronske strukture atoma i molekula materijala, i od dimenzija ovih kristalića zavisi kako će se ponašati upadna svetlost u kontaktu sa materijalnom strukturom. Naime, kod stakla ne postoje zrna jer je čitava struktura stakla amorfna, pa se svetlost ne rasejava (kao kod keramike, na zrnima), a uz to i vidljiva svetlost ne poseduje dovoljno energije kako bi podigla neke elektrone iz atoma ili molekula stakla na više energetske nivoe (drugim rečima da bi došlo do apsorpcije svetlosti). Stoga je staklo kako bezbojno, tako i transparentno (providno). Ipak, providnost stakla veoma zavisi i od njegove čistoće. Sam amorfni silicijum dioksid propušta skoro svu upadnu svetlost, praktično ništa ne apsorbuje, a nešto malo reflektuje u šta se možemo uveriti ukoliko noću u sobi sa upaljenim svetlom pogledamo kroz prozor. Najveći broj komercijalnih stakala koji se koriste u građevinarstvu (npr. na prozorima) sastoje se u najvećoj meri od peska (silicijum dioksida), bor oksida, germanijum oksida ili nekog drugog oksida, koji su uvek providni, ali mešanjem stakla sa nekim aditivima, kao što su gvožđe (koje daje staklu crvenu boju), bakar (daje zelenu boju), kobalt (daje plavu boju), hrom, zlato, metalni oksidi, sulfidi, selenidi ili neke mikroskopske čestice, staklo će apsorbovati neke boje, dok će za druge boje ostati providno, a na ovaj način se pravi obojeno staklo. Inače, staklo koje se najčešće dobija pomoću peska, kremena ili kvarca (sve je silicijum dioksid), uvek sadrži izvesne primese gvožđa koje staklu daje zelenu i braon boju, u zavisnosti od dominantne valence prisutnih jona gvožđa. Stoga se staklu prilikom čijeg dobijanja imamo za cilj postizanje što je moguće veće transparentnosti dodaje mangan koji kontraefektom dejstvu gvožđa postiže povratak transparentnosti stakla. Dobijanje stakla koje ima sposobnost da filteruje određene talasne dužine svetlosti se postiže preciziranim usporavanjem hlađenja tako da ipak nastane nešto kristalića koji će staklu pružati date optičke osobine. Takođe, stakla se mogu i oblikovati tako da pružaju željene svetlosne efekte, što se i postiže u sočivima koja fokusiraju svetlost u žižu ili uveličavajućim staklima.

### **- Zašto prizma razlaže svetlost na boje, a staklo ne?**

Svetlost se prelama svaki put kada prođe iz jedne sredine u drugu i kada joj se brzina prostiranja promeni. Na dodirnoj površini dve sredine, svetlost se prelama u jednom pravcu ako ulazi u gušći materijal (tada se svetlost usporava), ili u drugom pravcu ukoliko prelazi u ređi materijal (tada se brzina svetlosti povećava). Pošto različite talasne dužine svetlosti (boje) od kojih se sastoji obična, Sunčeva, bela svetlost putuju različitim brzinama, vrednost prelamanja će biti različita za različite talasne dužine. Put ljubičaste boje se najviše, a crvene najmanje savija, jer ljubičasta boja poseduje najkraće talasne dužine iz spektra vidljivih boja, a kraće talasne dužine putuju sporije od većih talasnih dužina. Pošto se bela, Sunčeva svetlost sastoji iz svih vidljivih talasnih dužina (boja), njene boje mogu biti razdvojene (dispergovane) uz pomoć ove razlike u ponašanju. Kada svetlost prolazi kroz staklo, ona presreće dve dodirne površine staklo-vazduh: jednu na ulazu i jednu na izlazu iz staklene materije. Pošto je indeks

prelamanja (koji je jednak odnosu brzine svetlosti u vazduhu i u datom materijalu) stakla jednak oko 1,5, a indeks prelamanja vazduha je veoma blizu 1, svetlost se usporava prilikom prelaska u gušće staklo i ponovo ubrzava prilikom ponovnog prelaska iz staklene u vazдушnu sredinu. Ukoliko su ove dve dodirne površine paralelne jedna drugoj, kao na primer na prozoru, svo prelamanje svetlosti na prvoj dodirnoj površini se obrnuto dešava na drugoj, pa je zrak svetlosti koji izlazi iz stakla najčešće samo blago i skoro neprimetno pomeren u odnosu na ulazni zrak, pri čemu putuje u istom pravcu kao i ulazni zrak, i sve talasne dužine čije su se putanje razdvojile na ulaznoj dodirnoj površini, na izlazu su se ponovo sastale. Međutim, ukoliko dve dodirne površine nisu paralelne jedna drugoj, kao što je to npr. slučaj kod prizme koja je piramidalnog oblika, efekti prelamanja svetlosti na ulaznoj dodirnoj površini između vazduha i stakla ne dešavaju se u obrnutom smeru na izlaznoj površini, već se boje trajno razdvajaju i nastavljaju da se kreću različitim putanjama po napuštanju izlazne dodirne površine prizme.

### **- Ako se talasna dužina svetlosti povećava prilikom njenog prelaska iz vazduha u vodu, zašto onda crvenu svetlost pod vodom ne vidimo kao plavu?**

Prilikom prelaska svetlosti iz vazduha u vodu, njena brzina prostiranja se smanjuje srazmerno indeksu prelamanja vode koji je jednak 1,33 i predstavlja odnos brzine svetlosti u vakuumu (što je približno jednako brzini kretanja svetlosti kroz vazduh) i brzine svetlosti u vodi. Osim što predstavlja odnos brzina svetlosti između dve sredine, indeks prelamanja definiše i odnos talasnih dužina svetlosti u dve različite sredine. Tako će se prilikom prelaska svetlosti iz vazduha u vodu, zajedno sa njenom brzinom (koja je jednaka proizvodu talasne dužine i frekvencije svetlosti), smanjiti i njena talasna dužina, ali će frekvencija (broj oscilacija elektromagnetnog polja u sekundi) svetlosti ostati ista. Na primer, ako talasna dužina svetlosti u vazduhu iznosi oko 0,65 mikrometara, boja ove svetlosti će biti crvena, a u vodi će joj se talasna dužina smanjiti do 0,49 mikrometara, što bi u slučaju kretanja svetlosti brzinom kao u vakuumu odgovaralo plavoj boji. Međutim, boja koju vidimo ne zavisi od talasne dužine svetlosti, već od njene frekvencije. Naše oči prenose mozgu signal koji odgovara određenoj boji u zavisnosti od frekvencije registrovane svetlosti, pa se tako boja svetlosti neće menjati prilikom njenog kretanja kroz različite sredine. Ovu pojavu ne treba mešati sa pomakom boja galaksija koje se udaljavaju ili približavaju ka nama relativističkim brzinama. U tim slučajevima, brzina svetlosti uvek ostaje ista, ali se usled Doplerovog pomaka talasna dužina svetlosti povećava kada se galaksija udaljava od nas, a smanjuje kada nam se galaksija približava. Međutim, pošto brzina svetlosti ostaje u vakuumu uvek ista, sa promenom talasne dužine menja se i njena frekvencija, a time i boja galaksija.

### **- Koji je odnos plave, crvene i bele boje u Francuskoj zastavi?**

Francuska trobojka je nastala tokom francuske revolucije, a zvanično je usvojena 1794. godine. Proporcije između boja na njoj su tada bile određene kao jednake, tj. površina koju je zauzimala svaka boja na zastavi bila je jednaka tačno trećini površine cele zastave. Međutim, naknadno je bilo primećeno da hromatska aberacija očnog sočiva daje utisak veće blizine obojenih tela kada se ona nalaze pored belih tela nego što to stvarno jeste, pa je stoga francuska zastava posmatrana iz daljine stvarala utisak kao da je bela boja u sredini manje zastupljena od ostale dve. Hromatska aberacija predstavlja poremećaj slike koju prelama sočivo, a što rezultuje u pojavi obojenih "resa" oko posmatrane slike. Ovaj poremećaj sočiva nastaje usled toga što se svetlosni talasi različitih talasnih dužina fokusiraju na različitim rastojanjima od sočiva, jer indeks prelamanja sočiva zavisi od talasne dužine svetlosti, što

uslovljava različite žižne daljine za različite boje. Slika izvora bele svetlosti često usled pojave hromatske aberacije izgleda zamagljeno i pomalo obojeno plavom ili ljubičastom bojom u žiži za crvenu boju, a crvenom u žiži plave boje. Ovaj problem se kod teleskopa otklanja putem konstrukcije ahromatskog sočiva napravljenog od nekoliko komponenti koje se sastoje od različitih vrsta stakla. Efekat hromatske aberacije je dugo poznat i široko korišćen od strane slikara radi stvaranja umetničkog efekta, a da bi se izbegao utisak nejednakosti zastupljenosti tri boje u francuskoj trobojci, 17. maja 1883. godine je odlučeno da odnos plave, bele i crvene boje bude jednak 30:33:37, kako bi se iz daljine stvorio utisak prisustva tri jednake raznobojne pruge.

### **- Kako svetlost greje zidove?**

Sunčeva svetlost se sastoji iz veoma širokog opsega frekvencija, od infracrvene preko vidljive do ultraljubičaste oblasti, a u stanju je da zagreje vodu ili zid najviše zbog toga što određene frekvencije infracrvene svetlosti odgovaraju frekvencijama vibracija atoma u molekulima koji čine materijal, pa ih apsorpcija ovih talasa sa Sunca tera da započnu da još intenzivnije vibriraju. Ovo vibriranje česticama materijala povećava količinu kretanja i broj sudara, a samim tim i temperaturu (meru srednje kinetičke energije čestica tela) celog tela. Osim izazivanja intenzivnijeg vibriranja atoma u molekulima pod dejstvom infracrvene svetlosti, vidljiva i ultraljubičasta Sunčeva svetlost su u stanju da predajući svoju energiju atomima materijala prebacuju njihove elektrone na neke od viših energetske stanja, i na taj način pobuđuju čitave atome. Ovako pobuđeni atomi mogu lako prilikom sudara prevesti ovakav višak energije u pojačanu vibraciju okolnih molekula ili povišenu kinetičku energiju susednih čestica, što samo po sebi opet predstavlja povećanje toplote tela.

### **- Kakav je svetlost talas?**

Svetlost predstavlja elektromagnetni talas, odnosno prostorne i vremenske oscilacije elektromagnetnog polja koje su za nas vidljive samo ukoliko im se talasna dužina nalazi između 380 i 780 nanometara. Talasna dužina plave boje iznosi oko 470 nanometara. Proizvod talasne dužine i frekvencije svetlosti jednak je njenoj brzini prostiranja, odnosno brzini svetlosti kroz datu sredinu. Tako, ako podelimo brzinu svetlosti (oko 300 000 km/s) sa talasnom dužinom jednog plavog fotona (a kada posmatramo nešto što je plave boje, milioni fotona svake sekunde ulaze u naše oči), odnosno sa 470 nm, dobićemo frekvenciju plavih fotona, odnosno oko 638 triliona Herca, što znači da ovoliko puta svaki plavi foton napravi oscilacija elektromagnetnog polja tokom jedne sekunde. Elektromagnetni talasi su transverzalni, što znači da se za razliku od longitudinalnih oscilacija koje se odigravaju u istoj ravni u kojoj se prostiru, oscilacije elektromagnetnog polja (koje se mogu podeliti na oscilacije električnog i oscilacije magnetnog polja, koje osim što su međusobno normalne, normalne su i u odnosu na pravac prostiranja talasa) dešavaju normalno na pravac prostiranja talasa, pa su stoga slični zvučnim talasima koje dobijamo kada povučemo i pustimo zategnutu žicu na gitari ili kada bacimo kamenčić u more. Međutim, za razliku od zvučnih talasa kojima je potrebna materijalna sredina za prostiranje, odnosno kretanje, svetlosni talasi se najbrže kreću kroz vakuum, dok se malo usporavaju prolaskom kroz materijalnu sredinu usled stalnog apsorbovanja i re-emitovanja fotona od strane atoma. Ukoliko nacrtamo jedan dvodimenzionalni koordinatni sistem (sa x i y osama), a na y-osi (uspravnoj osi) označimo intenzitet svetlosti, odnosno broj fotona koji stigne do naših očiju u sekundi, a na x-osi označimo vreme ili rastojanje, u oba slučaja ćemo za istu svetlost dobiti iste talasaste krive. U svakoj sekundi merenja svetlosti, postojaće onoliko amplituda svetlosnog talasa kolika je njegova frekvencija, a istovremeno na svakoj talasnoj dužini pređenog puta svetlosnog talasa

pojaviće se po jedna amplituda plavoga talasa. Ipak, svetlosni talasi koji nastaju na nekom od prirodnih izvora svetlosti kao što su zvezde ili užarena metalna vlakna sijalica sastoje se od mnogo malih, jediničnih talasića – fotona raznih frekvencija, pa se stoga ovakva svetlost naziva polihromatskom, dok se svetlost koja se sastoji od fotona jednakih frekvencija naziva monohromatskom svetlošću, a ukoliko se svi fotoni monohromatske svetlosti kreću u fazi, odnosno tako da se njihove prostorne i vremenske amplitude poklapaju, tada se ova svetlost naziva koherentnom ili laserskom svetlošću.

### **- Zašto je brzina svetlosti najveća u vakuumu?**

Kada se kreće kroz prazan prostor, tj. vakuum, svetlost putuje svojom maksimalnom brzinom koja predstavlja jednu od najvažnijih konstanti u savremenoj nauci, a jednaka je tačno  $2,99792458 \cdot 10^8$  m/s. U sredini koja se sastoji od atoma, svetlost se sudara sa njima, što pojedinačnim svetlosnim fotonima stalno menja pravac prostiranja, pa stoga brzina svetlosti u nekom proizvoljnom pravcu nikada nije tako velika kao kada se svetlost neometano kreće kroz prazan, bezatomske vakuum. Osim stalnih sudara i prelamanja, atomi supstance kroz koju prolazi svetlost mogu da apsorbuju fotone i naknadno ih emituju, što dodatno smanjuje brzinu svetlosti. Svetlost koja putuje kroz vakuum ne mora da “troši vreme” u apsorbovanju i ponovnom otpuštanju od strane atoma materijala, pa je stoga brzina svetlosti u svakom materijalu uvek manja od konstantne brzine svetlosti u vakuumu, koja istovremeno predstavlja i najveću brzinu u prirodi. Pošto se između atoma i molekula materijala nalazi vakuum, brzina prostiranja svetlosti kroz međuatomski prostor je i dalje jednaka svojoj maksimalnoj brzini.

### **- Ako fotoni nemaju masu, kako mogu da deluju pritiskom?**

Masa mirovanja fotona je jednaka nuli, a pojam mase mirovanja potiče iz Ajnštajnovе specijalne teorije relativnosti. Međutim, opet u skladu sa specijalnom teorijom relativnosti, svetlosni fotoni nikada ne miruju i uvek se kreću konstantnom brzinom svetlosti, pa im je stoga i masa mirovanja jednaka nuli. Masa čestice koja putuje sa brzinom  $v$ , jednaka je

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

gde je  $m_0$  masa mirovanja čestice, a  $c$  brzina svetlosti (oko 300 000 km/s). Na prvi pogled nam može izgledati da fotoni imaju nultu masu, jer im je masa mirovanja jednaka nuli, ali ako se bolje zagledamo, možemo primetiti da je i izraz u imeniocu razlomka jednak nuli, jer je  $v=c$ , pa stoga jednačina kolapsira u nedefinisiranu formu (0/0). Stoga, možemo zaključiti da se gornja jednačina može primeniti samo na tela koja putuju manjim brzinama od brzine svetlosti, tj. tela čija je masa mirovanja veća od nule. Takođe, teorija relativnosti nam kaže i da je masa samo jedan oblik energije, a čuvena jednačina  $E=mc^2$  se može čitati u dva smera: masa je jednaka energiji, ali i energija može biti jednaka masi. Premda fotoni nemaju masu, oni imaju energiju, koja je jednaka  $E=hv$ , gde je  $h$  Plankova konstanta ( $6,62 \times 10^{-34}$  Js), a  $v$  je frekvencija fotona, a pošto su fotoni elektromagnetni talasi, oni stoga i imaju frekvenciju. Izjednačavanjem dva prethodna izraza za energiju fotona, možemo doći do veze između frekvencije fotona i njihove “mase”, koja ukazuje na talasno-čestičnu dualnost svetlosnih fotona, što znači da se fotoni mogu ponašati i kao čestice i kao talasi. Impuls fotona je jednak količniku njihove energije i brzine kretanja, tj. brzine svetlosti, a foton koji dodirne neku površinu može biti apsorbovan ili reflektovan. Ako dođe do njegove refleksije, njegov impuls

će ostati nepromenjen, i on neće izvršiti pritisak na površinu. Međutim, ako atomi površine apsorbuju foton, tada se impuls fotona predaje površini. Na taj način, u snopu fotona koji je usmeren na neku površinu, neki fotoni će se apsorbovati, a neki reflektovati, a radijacioni pritisak na površini pod dejstvom snopa svetlosti će se nalaziti negde između minimalne teorijske vrednosti za slučaj kada su se svi fotoni reflektovali i maksimalne teorijske vrednosti u slučaju apsorbovanja svih fotona od strane površine.

### **- Šta je to Kruksov radiometar?**

Ovaj radiometar je izradio engleski fizičar Vilijam Kruks, a danas se on koristi uglavnom kao živopisna igračka. Kruksov radiometar ima oblik sijalice u kojoj se nalaze 4 vertikalna vetrokaza sa po malim dijamentom na vrhu svakog od njih. Jedna strana svakog od 4 dijamanta je obojena u crnu, a druga u belu boju. Kada igračku iznesemo na svetlo dana, vetrokazi počinju da se okreću u krug, a ukoliko je posebno jaka Sunčeva svetlost, oni su u stanju da se okreće brzinama i od po nekoliko hiljada obrtaja u minuti. Međutim, postoji jedna stvar koja je neophodna da bi se ovi vetrokazi okretali na Sunčevoj svetlosti, a to je prisustvo vakuuma. Svetlosni fotoni se odbijaju od svetlih strana dijamanata i deluju pritiskom na svetlu poledinu, a time i uzrokuju rotaciju vetrokaza. Refleksija fotona sa svetle strane dijamanata prenosi dvostruko veći impuls od apsorpcije fotona na tamnoj strani, pa se rotacija vrši tako da tamna strana prednjači. Ukoliko bi vetrokazi bili okruženi vazduhom, trenje dijamanata sa vazduhom bi bilo isuviše veliko i suprotstavljalo bi se pritisku kojim svetlost odbacuje svetlu stranu dijamanata, te ne bi došlo do rotacije vetrokaza. Međutim, ukoliko je vakuum u radiometru dobar, ali ne dovoljno visok (odnosno u slučaju da pritisak nije dovoljno nizak), dolazi do pojave efekta poznatog pod imenom toplotna transpiracija. Tada se radiometar vrti tako da mu svetla strana prednjači. Naime, u ovoj situaciji je impuls koji preuzimaju molekuli vazduha sa crne, tj. toplije strane dijamanta veći od impulsa koji fotoni prenose na svetlu stranu, a kao rezultat toga radiometar rotira tako da mu svetla strana prednjači.

### **- Da li svetlosni talasi imaju gravitaciju?**

U skladu sa Ajnštajnovom opštom teorijom relativnosti, gravitacija je zakrivljenost prostor-vremena, a sve što poseduje energiju i impuls predstavlja izvor gravitacionog polja koje deluje na okolni prostorno-vremenski kontinuum tako što ga zakrivljuje. Električna i magnetna polja potiču od određenog tipa materije, i to prvenstveno od elektrona, a pošto materija predstavlja određenu vrstu energije, takva tela će posedovati gravitaciono polje, pa će i kriviti vreme-prostor. Osim ovoga, pošto i elektromagnetno polje sadrži energiju i impuls, i ono će stvarati svoje sopstveno gravitaciono polje, koje se sabira sa gravitacionim poljem tela - izvora elektromagnetnog zračenja. Premda je eksperimentalno dokazana činjenica da svetlost biva privučena gravitacijom nebeskih tela, aspekt gravitacione teorije po kome i elektromagnetni, odnosno svetlosni talasi stvaraju gravitaciona polja još uvek nije eksperimentalno potvrđen, s obzirom da se smatra da bi ovakva polja stvorena u laboratoriji bila veoma slaba da bi se mogla detektovati putem trenutno dostupnih senzora. Stoga se prvi eksperimentalni dokazi ovog aspekta teorije gravitacije očekuju na osnovu posmatranja nebeskih tela koji nose znatno veća naelektrisanja.

### **- Šta su to solarne ćelije?**

Sunce tokom samo 20 minuta obaspe Zemlju sa onoliko energije koliko mi, stanovnici Zemlje potrošimo za godinu dana. Primljena energija varira sa ritmom dana i noći, smenom godišnjih doba, kao i oblačnih i sunčanih dana. Ipak, kao posledica prelamanja svetlosti na

vodenim kapima i česticama prašine iz atmosfere, prosečna količina Sunčeve svetlosti koju primi proizvoljna tačka na Zemljinoj lopti je jednaka polovini svetlosti koja bi pala na nju kada smog i oblaci ne bi postojali. Ipak, direktna Sunčeva svetlost osvetljava Zemljinu površinu snagom od oko 1000 Vati po kvadratnom metru, a kada bismo samo polovinu ove energije mogli da stalno pretvaramo u struju, imali bismo korisne energije na pretek. S obzirom da se planetarne zalihe fosilnih goriva bliže svom iscrpljenju (oko 2050. godine), prelazak čovečanstva na solarnu energiju će uskoro postati neophodan. Solarne (fotovoltažne) ćelije predstavljaju jedan od načina direktnog pretvaranja energije koju nose svetlosni fotoni u električnu energiju koja se tokom noći ili oblačnih dana može skladištiti u baterijama (baterije sa dubokim ciklusom, kao npr. olovno-kisele ili niki-kadmijumske baterije). Solarne ćelije se nalaze u mnogim kalkulatorima (ukoliko ga poklopite rukom, a njegov tečno-kristalni displej se ugasi, znaćete da radi na solarnu energiju), parkiralištima (za označavanje slobodnog mesta), znakovima pored puta, a i svemirske letelice i sateliti su na jednom delu svoje površine obloženi solarnim ćelijama. Solarne ćelije se sastoje od dva sloja nekog poluprovodnog materijala (npr. silicijuma, galijum arsenida, bakar indijum diselenida, kadmijum telurida...), pri čemu je jedan sloj n-tipa (dopiran je sa atomima nekog elementa koji, ugrađujući se u kristalnu rešetku, oslobađaju po elektron), dok je drugi sloj p-tipa (svaki atom dopiranog elementa vezuje za sebe po elektron, stvarajući šupljinu, odnosno pozitivno naelektrisanu prazninu u elektronskoj strukturi kristalne rešetke). Prilikom spajanja ova dva sloja, dolazi do kretanja elektrona iz n-poluprovodnika u sloj p-poluprovodnika, a do kretanja šupljina u obrnutom smeru. Ovaj proces kretanja biva prekinut kada se uravnoteži sa nastalim električnim poljem na granici slojeva, što sprečava dalje kretanje. Ipak, kada svetlosni foton padne na ovu poluprovodničku diodu, njegova energija se troši za formiranje parova elektron-šupljina, koji se nakon svog nastanka odmah kreću i to – elektroni ka n-poluprovodniku, a šupljine ka p-poluprovodniku, što dovodi do narušavanja ravnoteže, a što za posledicu ima, u prisustvu spoljašnjeg kola koje povezuje n i p-poluprovodnik, ponovno kretanje elektrona iz n u p-poluprovodnik, kako bi se ujedinili sa nastalim šupljinama u p-poluprovodniku. Ovo kretanje se putem metalnih elektroda postavljenih na vrh i na dno ćelije pretvara u koristan rad, odnosno u električnu struju. Ovaj tok naelektrisanja predstavlja struju, a električno polje na spoju poluprovodnika definiše napon ćelije, dok nam proizvod ove dve veličine (jačine struje i napona ćelije) daje veličinu snage ćelije. Ipak, s obzirom da solarne ćelije poseduju prag energije koji foton mora imati kako bi formirao par elektron-šupljina, samo između 10 i 25 % elektromagnetnih talasa koji dođu u ćeliju biva iskorišćeno za dobijanje struje. Međutim, što je manji energetski prag materijala, to će i napon ćelije biti manji, a što će rezultirati u maloj snazi (optimalno je oko 1,4 eV). Površine solarnih ćelija se presvlače sa antirefektivnim slojem koji sprečava odbijanje svetlosti od ćelije (do oko 5%) i sa staklenim slojem koji štiti ćeliju od atoma iz vazduha. U solarnim pločama, više ćelija (najčešće 36) se povezuju redno i paralelno kako bi se povećao njihov rezultujući napon (a time i snaga).

## **- Šta je to solarni vodonik?**

Sunčeva energija bi mogla da postane zamena za energiju koju dobijamo sagorevanjem fosilnih goriva čim se bude pronašao efikasan način za njeno prevođenje u oblik koji se može lako skladištiti. Naime, u sunčanim priobalskim ili morskim oblastima na Zemljinoj površini moguće je postaviti solarne ćelije (na plažama ili na brodovima) koje bi proizvedenu električnu struju slale do elektrolizatora u kojima bi se morska voda razlagala na vodonik i kiseonik. Dobijeni, takozvani solarni vodonik se može hlađenjem ili dejstvom visokih pritisaka prevesti u tečno stanje i čuvati u rezervoarima, može se skladištiti u kristalnim rešetkama nekih metala (u vidu hidrida) ili se eventualno, u razvijenijem sistemu, može direktno preko cevovoda odvoditi do mesta potrošnje. Naime, spajanjem vodonika i

kiseonika u gorivnim ćelijama (što je suprotno procesu elektrolize) oslobađa se energija koja se može prevesti u koristan oblik. Takođe, preko vodoničnog motora se može pokretati odgovarajući generator i proizvoditi struja, a istovremeno se koristiti otpadna toplota za zagrevanje. Za razliku od fosilnih goriva koja sagorevaju na visokim temperaturama, vodonik se može sagorevati bez plamena, tj. na hladno. Katalitički gorionici, koji su u tu svrhu izrađeni, sastoje se od ploča sa mnoštvom finih pora, a pomoću specijalnog katalizatora na površini pora, vodonični gas sagoreva u njima bez plamena dajući vodenu paru. Energija se sa skoro apsolutnom efikasnošću oslobađa u obliku toplote, a ploče imaju temperaturu od 150-200 °C, što se može koristiti za zagrevanje stanova. Takođe, katalitički gorionici ne stvaraju nikakve gasove pa im stoga nisu ni potrebni dimnjaci. Savremeni elektrolizatori poseduju efikasnost od 70 %, što znači da se svaki kilovAt-čas električne energije (dobijene posredstvom solarnih ćelija) u njima prevodi u 0,7 kilovAt-časova hemijske energije uskladištene u vodoniku sa ukupnom efikasnošću od oko 5 – 15 %. Ipak, smatra se da će se efikasnost elektrolizera uskoro povećati do 90 %, premda će u solarno-vodoničnoj ekonomiji planetarnih razmera odlučujuća biti cena električne energije dobijene iz solarne energije, koja bi mogla da se smanji sa masovnom proizvodnjom solarnih ćelija izrađenih od ekstremno tankih poluprovodničkih slojave, kao i sa povećanjem efikasnosti solarnih ćelija (na primer, spajanjem više slojeva solarnih ćelija sa različitim energetskeim pragovima). Za razliku od baterija (koje koriste današnji solarni sistemi u svrhu skladištenja energije) koje se moraju držati u stalno provetranim prostorijama i u nemetalnim pakovanjima, vodonik predstavlja idealan način skladištenja energije. Uprkos tome što kritičari ističu da iskorišćenje solarne energije zahteva velike površine, bilo bi dovoljno samo oko 0,5 % kopnene površine Zemlje da bi se stopostotno zadovoljile potrebe stanovništva planete za solarnim vodonikom, a ova površina otprilike odgovara onoj koju na našoj planeti pokrivaju zgrade i putevi.

### **- Zašto vidimo dugine boje na kapljicama benzina na putu?**

Kada vidite tanak sloj ulja ili benzina na putu posle kiše, dugine boje, tj. sve boje iz spektra Sunčeve svetlosti se na njihovoj površini primećuju iz više razloga. Pre svega, ove mrlje koje mogu poticati, na primer, od ulja za podmazivanje automobila, kamiona ili bicikla, plutaju na površini malih barica vode, jer je gustina ulja manja od gustine vode. Formule za komercijalna ulja najčešće sadrže i aditiv koji uzrokuje da se kapljice ulja rašire u tanak film na vodenoj površini. Film je najdeblji na samom centru mrlje, a najtanji na periferiji. Svetlost koja pada na površinu mrlje reflektuje se naviše, kako od vrha uljanog filma, tako i od dodirne površine između ulja i vode. Pošto debljina uljanog filma opada od centra ka periferiji, tako i različite oblasti mrlje reflektuju različite boje. Dužina puta reflektovane svetlosti, tj. rastojanje od mesta refleksije do naših očiju, blago je različita u zavisnosti od toga da li odbijena svetlost dolazi sa vrha ili sa dna uljanog filma. Ukoliko je razlika u dužini ovog puta dva talasa jednaka celobrojnom umnošku talasnih dužina svetlosti, tada će doći do konstruktivne interferencije, tj. sabiranja i pojačanja intenziteta ta dva zraka svetlosti, reflektovanih sa različitih tačaka. U suprotnom slučaju, naravno, dolazi do destruktivne interferencije i dva različita talasa se međusobno ne pojačavaju, već potiru. Sunčeva svetlost je bela, što znači da sadrži sve dugine boje (crvenu, narandžastu, žutu, zelenu, plavu, indigo i ljubičastu), a svaka od ovih boja poseduje karakterističan opseg talasnih dužina. Stoga, nejednakost u dužini puta reflektovane svetlosti, dovodi do konstruktivne interferencije nekih, a do destruktivne interferencije drugih boja. Polako se krećući u odnosu na kapljicu ulja, menjamo ugao posmatranja, a time i dužinu puta svetlosti, pa stoga i menjamo spektar konstruktivno reflektovanih boja. Tako se u polaganom hodu pored jedne ovakve kapi, na njoj mogu primetiti sve boje iz Sunčevog svetlosnog spektra.



## **- Šta je to fatamorgana?**

Fatamorganu ne viđaju samo žedni putnici u pustinji, već je i mi možemo često primetiti prilikom šetnje po nekom brežuljku ili tokom vožnje na putu u vidu, na primer, jezerceta, male šumske oaze ili Meseca na mestu gde je nemoguće pronaći ih, kao na primer na samom automobilskom putu ili čak i u vazduhu. U uobičajenom slučaju, određena tela u prirodi vidimo usled njihove sposobnosti da reflektuju svetlost koja stiže do naših očiju. Međutim, u slučaju fatamorgane, vidimo predmete zahvaljujući pojavi refrakcije (odnosno rasipanja svetlosti), a ne refleksije. Naime, u slučaju veoma čestog primera fatamorgane kao iluzorne vodene površine u daljini, topla stvarna vodena površina (koja se može nalaziti desetinama kilometara izvan našeg vidnog polja) zagreva okolni vazduh tako da on postaje topliji od gornjih slojeva vazduha. Na taj način, svetlosni zraci koji pristižu na vodenu površinu bivaju savijeni, odnosno refraktovani naviše, što je posledica bržeg prostiranja svetlosti kroz topli i razređeniji nego kroz hladni i gušći vazduh. Naime, donji snopovi svetlosti se kreću brže od gornjih, što uzrokuje refrakciju svetlosti, odnosno njeno povijanje naviše. Kada ova, refraktovana svetlost stigne do naših očiju, ona izgleda kao da dolazi sa nekog neprirodnog mesta (na primer, autoputa, šume, oaze sa palmama ili iz vazduha), a ne sa velikih udaljenosti, kao što je stvarni slučaj. Reflektovani svetlosni talasi prate sličnu putanju, pa se stoga, prirodno, refraktovani talasi poistovećuju sa reflektovanim talasima, što opisujemo kao fatamorganu.

## **- Zašto se kazaljka na satu okreće u smeru kazaljke na satu?**

Prvi satovi koje je izmislio čovek bili su sunčani satovi, a svako od nas ih može napraviti na ulici ili u dvorištu. Dovoljno je da obeležimo krug na Zemlji, i u centru kruga postavimo jedan ravan štap ili pravougli trougao kome bi pravi ugao bio u centru kruga, a hipotenuza postavljena u pravcu juga (ili u pravcu severa ukoliko se nalazimo na južnoj hemisferi). Senka koju bi Sunčeva svetlost pravila na krugu pokazivala bi vreme. Tako bi, na primer, u podne, kada je Sunce u pravcu juga pod pravim uglom, senka bi pokazivala sever, tj. 12 sati. Sat vremena kasnije, Sunce bi bilo malo pomerenom ka Zapadu, pa bi senka od štapa ili trougla presećala krug na položaju od 1, tj. 13 časova. Stoga, možemo primetiti da će se sa prividnim prirodnim kretanjem Sunca od istoka ka zapadu, odnosno sa stvarnom rotacijom Zemlje oko svoje ose od zapada prema istoku, senka sunčanog sata uvek pomerati baš u smeru kazaljke na satu.

## **- Zašto se za Sunce kaže da je zvezda treće generacije?**

Zvezde predstavljaju velike lopte usijanih gasova koji su se iz nebeskih prostranstava kondenzovali (iz hladne prašine u toplu, gasovitu loptu) zahvaljujući gravitacionom privlačenju materijalnih čestica. Milion godina nakon trenutka Velikog Praska, u našem Kosmosu su postojali samo vodonikovi atomi koji su usled neravnomerne raspodele njihove gustine počeli da se gravitaciono privlače i da formiraju zvezde. Naime, tokom privlačenja, odnosno sažimanja vodonikovih oblaka prvih zvezda, u jednom trenutku, usled velike temperature u središtu proto-zvezde dolazi do početka procesa nuklearne fuzije vodonika u helijum, a zatim helijuma u teže elemente, i tako dalje. U ovim reakcijama nuklearne fuzije, stvara se unutrašnji pritisak zvezde koji se suprotstavlja gravitacionom sažimanju i zvezdu održava u ravnotežnom stanju i obliku. Ipak, kada zvezda potroši svo svoje nuklearno gorivo, ona se ukoliko je dovoljno mala samo skupi formirajući belog patuljka, ukoliko je dovoljno velika skupi se formirajući crnu rupu, dok ukoliko se njena masa nalazi između ova dva stanja, onda eksplodira u Kosmos u vidu supernove, ostavljajući za sobom samo neutronske

zvezdu. Materija koju ovakva zvezda izemituje u kosmička prostranstva opet biva gravitaciono privučena na nekim drugim mestima i od nje nastaju zvezde druge generacije. Ipak, materija zvezda druge generacije se ne sastoji isključivo od vodonika kao u slučaju prvih zvezda, već i od složenijih i težih elemenata, pa stoga za ovakve zvezde koje se sastoje od materije koja potiče iz eksplozije neke zvezde prve generacije, i čiji je spektar znatno bogatiji u odnosu na prve zvezde kažemo da predstavljaju zvezde druge generacije. Ipak, i zvezde druge generacije nakon određenog vremena svog života potroše svoje nuklearno gorivo, pa ukoliko im je masa povoljna i one raznesu svoju materiju po Kosmosu kao supernove (ili eventualno kao nove u slučaju dvojnih zvezdanih sistema kod kojih je jedna zvezda beli patuljak). Sažimanjem ove materije koju su emitovale zvezde druge generacije nastaju zvezde treće generacije, čiji je spektar još bogatiji u odnosu na zvezde prethodnih generacije, a jedna od ovih zvezda je i naše Sunce. Naime, posmatranjem spektra Sunčeve svetlosti primećen je niz težih elemenata, uključujući pre svega i gvožđe kod koga se prekida svaki fisioni ili fuzioni niz, te stoga znamo da je Sunce zvezda najmanje treće generacije.

### **- Zašto možemo da vidimo Sunčevu svetlost čak i kada Sunce zađe iza horizonta?**

Često je Sunčeva svetlost oko nas i više od pola časa nakon što je Sunce zašlo iza horizonta. Razlog ove pojave je refrakcija, odnosno prelamanje svetlosti na česticama atmosfere, usled čega, između ostalog, vidimo i nebo plave boje. Sudarajući se najviše sa molekulima kiseonika i azota u atmosferi, svetlosni zraci se rasejavaju u mnogo različitih pravaca. Kada Sunce zađe iza horizonta ili iza nekog velikog brega, Sunčeva svetlost više ne pogađa direktno naše oči, ali uprkos tome ona prolazi kroz ogromna prostranstva atmosfere iznad naših glava i rasejava se u svim pravcima. Na taj način, Sunčeva svetlost indirektno nalazi put do naših očiju.

## 2. Zemlja

### - Od čega se sastoji Zemljina lopta?

Zemljina lopta se sastoji od niza slojeva nastalih u ranijoj istoriji planete, u procesu kretanja u okviru koga su teži hemijski elementi pod dejstvom gravitacije težili centru Zemlje, dok su lakši ostali da plutaju na površini. Struktura Zemlje se može podeliti na 5 slojeva, a to su gasoviti sloj atmosfere, debljine oko 1100 km, koju pretežno čine azot (78 %), kiseonik (21 %) i argon (oko 1 %), a čija je polovina mase skoncentrisana u najnižih 5 km; tečna hidrosfera, koja obuhvata sve vodene površine na Zemlji (oko 70 % od ukupne površine Zemlje), a čija je prosečna dubina oko 3794 metara; čvrsta litosfera debljine oko 100 km, koja je izdvojena na oko 12 tektonskih ploča, i koja sadrži elemente uglavnom u obliku hemijskih jedinjenja poznatih kao minerali, a najprisutniji elementi su kiseonik (47 %), silicijum (28 %), aluminijum (8 %), gvožđe (5 %), kalcijum, natrijum, kalijum, magnezijum, titan, vodonik i fosfor; čvrsti omotač, koji se prostire do dubine od 2900 km, i čiji se gornji slojevi sastoje uglavnom od gvožđa i magnezijumovih silikata, dok se donji slojevi sastoje od smeše oksida magnezijuma, silicijuma i gvožđa; i jezgro Zemlje, koje se može podeliti na tečno, spoljašnje jezgro koje ide do dubine od 5200 km, a sastoji se uglavnom od gvožđa i sumpora, i čvrsto, gvozdeno unutrašnje jezgro, koje se proteže do dubine od 6371 km, tj. do samog centra Zemlje.

### - Zašto je Zemljino jezgro tako toplo?

Temperatura Zemljinog omotača iznosi oko 1000 °C, dok se temperatura Zemljinog jezgra kreće od 3700 °C u spoljašnjim slojevima do 4300 °C u centralnim delovima jezgra. Postoje tri osnovna izvora toplote u unutrašnjosti Zemlje, a to su: toplota nastala još u vreme formiranja i nagomilavanja planetarne materije pod dejstvom gravitacije, a koja je i danas prisutna u velikoj meri; zatim toplota koja nastaje usled trenja uzrokovano tonjenjem težih elemenata ka centru planete takođe pod dejstvom gravitacije; i toplota koja nastaje prilikom raspada radioaktivnih elemenata. Toplota iz unutrašnjosti Zemlje je potrebno veoma mnogo vremena da napusti Zemlju, tj. da se izemituje u Kosmos u obliku infracrvenih talasa, jer osim brzog strujanja toplote direktno u pravcu Zemljine površine, postoji i znatno sporiji način prenošenja toplote ka površini, koji uključuje transport toplote kroz slabo provodne granične slojeve, kao što su tektonske ploče u slojevima litosfere. Kao rezultat ovog sporog strujanja toplote u Kosmos, velika količina praiskonske planetarne toplote, nastale još u vreme gravitacionog sažimanja planete, još uvek postoji.

### - Kako se meri temperatura Zemljinog jezgra?

S obzirom da se centar Zemljine kugle nalazi na oko 6400 km ispod nas, a najveće dubine do kojih se može iskopati rupa i spustiti termometar iznose oko 10 km, neophodno je primeniti neku indirektnu metodu za izračunavanje temperature gvozdeno mase u Zemljinom središtu. Merenje brzine prolaska seizmičkih, tj. zvučnih talasa kroz Zemlju, dopušta geofizičarima da izvrše procenu gustine i elastičnosti kamenja na dubinama koje su inače nedostupne za direktno ispitivanje. Upoređivanjem seizmičkih talasa propuštenih kroz Zemlju i zvučnih talasa propuštenih kroz poznate supstance na povišenim pritiscima i temperaturama, moguće je izvesti zaključke o uslovima koji vladaju u središtu Zemlje. Jedan od problema je taj što je veoma teško simulirati uslove iz unutrašnjosti Zemlje u laboratoriji, jer je npr.

pritisak u Zemljinom jezgru za 3 miliona puta veći od atmosferskog, dok je temperatura za oko 4000 – 5000 °C veća nego u atmosferi. Ipak, u laboratorijima za fiziku minerala se uz pomoć nakovnih dijamantskih ćelija uspeavaju postignuti ovako visoke temperature i pritisci, a na osnovu ispitivanja prolaska zvučnih talasa kroz gvožđe na ovako visokoj temperaturi i pritisku, utvrđeno je da je gvožđe jedini element čije se seizmičke osobine (pre svega, brzina zvuka) u laboratoriji poklapaju sa seizmičkim osobinama Zemljinog jezgra, dok se temperatura jezgra procenjuje na između 4000 °C i 7000 °C. Međutim, i pri laboratorijskim uslovima visokog pritiska i temperature sličnim onima koji vladaju u središtu Zemlje, zvučni talasi kroz čistu gvozdenu materiju prolaze nešto brže nego što prolaze kroz Zemljino jezgro. Stoga se smatra da osim gvožđa, u toplom Zemljinom jezgru postoje još i neki drugi hemijski elementi, a pre svih kiseonik (oko 8 %) i sumpor i sličijum (zajedno oko 8 %).

### **- Zašto se Zemljino jezgro okreće brže od njene površine?**

Zemaljska opservatorija *Lamont-Doherty* je pre nekoliko godina pronašla seizmičke dokaze da se Zemljino unutrašnje jezgro pomera u odnosu na spoljašnji omotač, a ovaj dokaz je izveden na osnovu pomeraja najbržeg zvučnog talasa propuštenog pod uglom od 10 ° u odnosu na Zemljinu osu rotacije, u pravcu istoka brzinom od jednog stepena u godini. Inače, seizmički talasi se kreću brže kroz Zemljino jezgro u pravcu sever-jug nego u ravni ekvatora, što može biti posledica jednoznačnog uređenja kristala gvožđa, odnosno pretpostavke da su svi kristali gvožđa u čvrstom delu Zemljinog jezgra možda orijentisani u istom pravcu, iako se ne zna zašto je njihova orijentacija baš pod uglom od 10 ° u odnosu na osu rotacije, osim ako nisu kristalisali u vreme kada je Zemljina osa rotacije bila orijentisana u drugom pravcu. Razlozi ovako blage razlike u brzini okretanja još uvek nisu poznati, ali se smatra da bi uzrok ove pojave moglo biti magnetno polje Zemlje, ili eventualno usporavanje okretanja Zemljine površine pod dejstvom plimskog efekta između okeana i Meseca.

### **- Kako možemo da primetimo da je Zemlja jedna lopta?**

Ako ste nekada posmatrali pomračenje Meseca, sigurno ste primetili kako Zemljina senka okruglog oblika polako prekriva i zatim otkriva svetli Mesec. Kada bi Zemlja bila bilo kog drugog oblika osim sferičnog, njena senka ne bi bila tako savršeno okrugla. Kada bi Zemlja bila pločastog oblika, njena senka na Mesecu bi bila izdužena i eliptična, osim ukoliko se pomračenje ne bi dešavalo samo kada je Sunce tačno ispod središta ploče. Takođe, ukoliko otputujete na neki drugi kraj planete, možete primetiti očiglednu razliku u položaju zvezde severnjače (tj. polarne zvezde) koja je prepoznatljiva po tome što posmatrana iz istog mesta na Zemlji, tokom noći skoro da ne menja svoj položaj na zvezdanom svodu, jer se nalazi skoro tačno u pravcu ose rotacije Zemljine kugle, dok se sve druge zvezde okreću polako oko nje, krećući se od istoka na zapad. Pošto se polarna zvezda nalazi tačno iznad severnog pola, ona bi posmatraču na severnom polu izgledala kao da mu se nalazi tačno iznad glave, dok bi svakom južnijem posmatraču, pa i nama sada, izgledala udaljena od centralne tačke na noćnom nebu. Što se više krećemo ka jugu, to će se polarna zvezda pomerati niže na nebu, a iz ovog pomeraja su stari Egipćani i Grci izračunali obim Zemlje. Takođe, kada stojite na obali mora i posmatrate brod koji se pojavljuje na horizontu, da li mu se prvo pojavljuje trup ili jedra?

### **- Zašto ne možemo da osetimo Zemlju kako se okreće?**

Jedan od čuvenih Ajnštajnovih principa relativnosti je taj da ne postoji apsolutno, već samo relativno kretanje u odnosu na neki drugi referentni sistem. Stoga, ako se nalazimo u

sistemu koji se kreće konstantnom brzinom, mi to ne možemo primetiti sve dok ne vidimo nekoga ko je projurio pored nas. Nismo u stanju da osetimo da li se Zemlja kreće ili ne jer su sva njena kretanja konstantna u vremenu, a mi smo njen deo pa se krećemo zajedno sa njom. Iako bismo usporavanje ili ubrzavanje od sadašnje brzine kretanja Zemlje osetili kao promenu u gravitaciji, mi smo za sada u stanju da izvlačimo zaključke o kretanjima Zemlje samo na osnovu posmatranja zvezda.

### **- Koliko brzo bi trebalo da se okreće Zemlja da bi neutralisala silu teže?**

Da bi se neutralizovalo dejstvo Zemljine sile gravitacije, neophodno je da ubrzanje pod dejstvom centripetalne sile kao posledice Zemljine rotacije oko svoje ose postane jednako ubrzanju pod dejstvom Zemljine sile gravitacije. Tako bi centripetalno ubrzanje, tj. proizvod Zemljinog poluprečnika i kvadrata njene ugaone brzine, trebalo da bude jednako ubrzanju od  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Pošto je Zemljin poluprečnik približno jednak 6,4 miliona metara, možemo izračunati neophodnu ugaonu brzinu od  $0,00124 \text{ rad/s}$ . Period ovakve bestežinske Zemljine gravitacije, tj. vreme za koje bi se Zemlja jedanput okrenula oko svoje ose, može se izračunati kao količnik dvostruke vrednosti broja  $\pi$  i ugaone brzine, pa tako dobijamo vrednost perioda od 5074,99 sekundi, odnosno 1,409 časova. To znači da kada bi Zemlja rotirala oko svoje ose 20 puta brže nego sada, tj. sa periodom od 1 sata i 24 minuta, svi na Zemlji bi lebdeli jer bi se Zemljina gravitacija neutralisala pod dejstvom povećane centripetalne sile.

### **- Kako se može dokazati Zemljina rotacija u odnosu na Sunce?**

Jedan od najpraktičnijih i najjednostavnijih dokaza rotacije Zemlje oko svoje ose može se izvesti uz pomoć tzv. Fukoovog klatna, koje je dovoljno da blago izvedemo iz ravnotežnog položaja i ono će se zaljuljati u istoj ravni po kojoj i Zemlja ispod njega rotira. Naime, ako pustimo Fukoovo klatno da osciluje, vertikalna ravan njegovog oscilovanja će se pomerati brzinom od petnaestostrukog sinusa ugla naše geografske širine stepeni na čas. Ovaj dokaz se može izvesti na svim delovima Zemljine lopte, osim na njenom ekvatoru. S druge strane, dokaz za orbitiranje Zemlje oko Sunca možemo da izvedemo tako što osmotrimo neku zvezdu danas, kao i kroz tačno šest meseci, kada Zemlja bude bila na suprotnoj strani svoje orbitalne putanje. Ovaj mali pomeraj u položaju zvezde naziva se paralaksa, a pošto je ovakav pomeraj izuzetno mali čak i za nama najbliže zvezde, za ovakvo osmatranje nam je neophodan teleskop.

### **- Kada se Zemlja oko Sunca kreće brže, a kada sporije?**

Naša planeta se oko Sunca okreće najbrže kada je na severnoj hemisferi zima, a najsporije kada je na njoj leto. Kada bi Zemljina putanja oko Sunca bila kružna, tada bi se Zemlja uvek kretala istom brzinom. Međutim, putanja Zemlje oko Sunca je blago eliptična, što znači da se rastojanje između Zemlje stalno menja. Zemlja je najbliža Suncu tokom zime na severnoj hemisferi, a najdalja kada je na severnoj hemisferi leto. Prema Keplerovom drugom zakonu, radijus vektor – zamišljena prava linija koja spaja Sunce sa Zemljom – u jednakim vremenskim periodima opisuje jednake površine. Stoga, što je Zemlja bliža Suncu, to će se ona brže i kretati. Zemlja postiže najveću brzinu tokom svog kruženja oko Sunca kada se nalazi u tački perihela (tj. kada je najbliža Suncu), dok je najmanja brzina rotiranja Zemlje oko Sunca primetna u tački afela (tj. kada je Sunce najdalje od Zemlje).

### **- Šta je to Čendlerovo kolebanje?**

Čendlerovo kolebanje je promena u pravcu duž koga se Zemlja obrće oko svoje ose. Kolebanje električnih igrački u trenutku kada ih pokrenemo ili tokom njihovog zaustavljanja pomalo podseća na ovo kolebanje Zemlje. Naime, polovi igračke i Zemlje ne miruju tokom rotacije, već se i oni malo kreću. Zamislite jedno penkalo čiji kraj prolazi kroz južni, a vrh kroz severni pol Zemlje. Ako bi to penkalo moglo da piše po nekoj podlozi, nakon jednog dana, tj. nakon jednog punog obrtaja Zemlje oko svoje ose (ako zanemarimo kretanje oko Sunca), ono ne bi iscrtalo tačku, već krug. Takođe, nakon nekoliko dana ili meseci, umesto prave linije (ako sada uzmemo u obzir i kretanje oko Sunca) dobili bismo spiralnu putanju. Upravo ovaj efekat predstavlja tzv. Čendlerovo kolebanje, pojavu koju je otkrio američki astronom Set Karlo Čendler 1800. godine. Za razliku od godišnjeg kolebanja pravca Zemljine ose rotacije, što za posledicu ima promenu godišnjih doba, Čendlerovo kolebanje je dnevna pojava. Postoji nekoliko teorija koje pokušavaju da objasne ovakvo kretanje Zemlje oko svoje ose. Osim mišljenja da je ovo kolebanje uzrokovano činjenicom da naša planeta nije potpuno pravilna sfera, već je njen ekvatorijalni obim nešto veći od obima oko polova, neki naučnici smatraju da plime i morske površine u vidu promena pritiska u okeanima ili vetrova (koji neravnomerno potiskuju vodene mase) duž okeana uzrokuju Čendlerov efekat. Čendlerov efekat utiče na preciznost sa kojom se posmatraju zvezde uz pomoć teleskopa, a i na nebesku navigaciju, pošto se geografska širina menja tokom perioda od 14 meseci. GPS je u stanju da lako prevaziđe uticaj Čendlerovog efekta, ali se zvezdani navigatori i dalje moraju redovno snabdevati sa novim referentnim tačkama koje odgovaraju severnom i južnom geografskom polu. S druge strane, Čendlerov efekat ne utiče na Zemljine magnetne polove, a time ni na preciznost kompasa.

### **- Zašto su zime hladne, a leta topla?**

Zemlja na svom putu oko Sunca neprekidno menja pravac svoje ose rotacije. Naime, u dane prolećne i jesenje ravnodnevnice (21. mart i 23. septembar, respektivno), Sunce se nalazi u normalnom položaju u odnosu na osu rotacije Zemlje. S druge strane, na dan početka zime (22. decembra na severnoj hemisferi), kao i na dan početka leta (22. juna na severnoj hemisferi), Sunce se nalazi pod uglom od  $23,5^\circ$  u odnosu na Zemljinu osu rotacije. Tada Zemljina hemisfera koja je bliža Suncu prima oko tri puta više Sunčeve svetlosti od suprotne hemisfere, a Zemljin pol koji je bliži Suncu prima Sunčevu svetlost celoga dana, dok je na suprotnom polu u to doba godine dvadesetčetvoročasovna tama. Upravo ova velika razlika u toploti sa Sunca koju primaju dve hemisfere uzrokuje pojavu različitih godišnjih doba u različitim hemisferama Zemlje. Kada na severnoj hemisferi počne proleće, Zemljin severni pol se sve više nagnje ka Suncu, uzrokujući tako da nama u umerenom pojasu na severnoj polulopti Sunce postaje sve bliže. Kada se Zemljin severni pol nagne toliko da ugao između Sunca i Zemljine ose rotacije postane jednak  $23,5^\circ$ , Zemljina osa tada počinje da se nagnje na drugu stranu, a Sunce nam sa svakim novim danom postaje sve dalje, iako je kod nas u tom trenutku počelo leto. Tada severni pol počinje da se udaljava od Sunca, a južni pol da mu se približava. Kada Sunce ponovo dospe u normalan položaj u odnosu na Zemljinu osu rotacije, na južnoj hemisferi počinje proleće, a na severnoj hemisferi jesen. Međutim, kada južni pol dostigne krajnju tačku u ovom oscilovanju Zemljine ose rotacije, on ponovo počinje da se udaljava od Sunca, a severni pol da mu se približava. Tada na severnoj hemisferi počinje zima, iako nam sa svakim narednim danom Sunce postaje sve bliže.

### **- Zašto je na planinama hladnije nego na nivou mora?**

Vazduh apsorbuje Sunčevu toplotu u mnogo manjoj meri nego Zemlja. Usled toga Sunce greje Zemlju, a ona prenosi toplotu na okolni vazduh. Stoga će sa penjanjem u planinu, tj. sa povećanjem nadmorske visine, odnosno udaljenosti od toplijih slojeva Zemlje, temperatura sredine kontinualno opadati. Takođe, svi znamo da ukoliko delujemo pritiskom na vazduh (ili bilo koju drugu materiju), njegova temperatura će se povećati, a ukoliko smanjujemo vazdušni pritisak (npr. širenjem vazduha), temperatura vazduha će se smanjiti. Tako je temperatura vazduha u napumpanoj gumi za bicikl ili fudbalskoj lopti veća od temperature vazduha u ispumpanoj gumi ili lopti, sprej boca postaje sve hladnija što je više koristimo, a sličan princip rada koriste i frižideri. Stoga je vazdušni pritisak na određenoj nadmorskoj visini direktno srazmeran temperaturi i koncentraciji vazduha na toj visini, a s obzirom da sa porastom nadmorske visine dolazi do opadanja pritiska vazduha, opadaće i njegova temperatura. Tako je vazdušni pritisak na nivou mora jednak jednoj atmosferi (101 325 Paskala), na nadmorskoj visini od 3 km je jednak 0,7 atmosfera, na visini od 6 km - 0,44 atmosfere, na visini od 9 km - 0,3 atmosfere, na visini od 12 km - 0,18 atmosfera, a na visini od 15 kilometara pritisak je jednak samo jednom desetom delu amosferskog pritiska. Takođe, topli vazduh na niskim nadmorskim visinama koga greje Zemljina toplota, penjaće se u visinu jer ovakav, topliji vazduh poseduje manju gustinu od hladnijeg vazduha. Međutim, prilikom penjanja toplog vazduha u visinu, njegov pritisak će opadati, a time i njegova temperatura, pa će opet vazduh na visokim planinama biti hladniji od vazduha u dolini ili na moru.

### **- Zašto je najveća ozonska rupa na Južnom polu?**

Ozonski omotač je oblast atmosfere koja se proteže između 19 i 48 km (a najviše na oko 23 km nadmorske visine) iznad Zemljine površine, a u njemu je koncentracija troatomskih molekula kiseonika – ozona ( $O_3$ ), oko 10 promila, tj. oko 1 %. Ozon nastaje u reakciji kiseonika sa Sunčevom svetlošću, a održava se zahvaljujući prirodnim atmosferskim jedinjenjima azota. Međutim, hemijska jedinjenja hlorfluorouglenici (CFC), koji se i dalje koriste u frižiderima, mnogim klima-uređajima i raspršivačima, deluju destruktivno na ozonski sloj koji štiti površinu Zemlje od visokoenergetskih ultraljubičastih elektromagnetnih talasa sa Sunca. Samo jedan molekul CFC-a razlaže oko 100 000 molekula ozona. Zapravo, od uvođenja CFC-a u upotrebu 1931. godine, koncentracija hlora u stratosferi (sloju atmosfere između nadmorskih visina od 10 i 40 km) se povećala 4 puta, a upravo atomi hlora katalizuju (ubrzavaju najčešće nekoliko miliona puta) hemijsku reakciju razlaganja molekula ozona. Stoga, svaki slobodan atom hlora (koji nastaje reakcijom ultraljubičastih talasa sa CFC-om, a najčešće se nalazi u okviru veoma reaktivnog gasa hlor monoksida) u proseku katalizuje razlaganje 100 000 molekula ozona, pre nego što izreaguje sa nečim što ga uklanja iz stratosfere. Ozonska rupa predstavlja stanjeni sloj ozonskog omotača, koji se najizraženiji na polovima, a posebno na Antarktiku (Južnom polu), i to tokom njegovog proleća. Kao što gravitaciono dejstvo Sunca i Meseca uzrokuje plimu i oseku, isto tako dovodi i do pojave gušće atmosfere u predelima umerene geografske širine nego na polovima. Tamo gde je atmosfera gušća, ozona ima u većoj količini, a tamo gde je atmosfera ređa, ima ga manje. Znajući da je atmosfera najređa na polovima, možemo zaključiti da je tamo i ozonska rupa najveća. Takođe, kada je na severnoj hemisferi leto, Sunce uopšte ne obasipa Antarktiku svojom svetlošću tokom nekoliko nedelja. Stoga, usled nedostatka i ultraljubičastih Sunčevih talasa u ovo vreme, ozonska rupa na Antarktiku se u ovo vreme i ne obnavlja. Karakteristični vazdušni virovi koji sprečavaju mešanje vazduha iznad Antarktika sa severnijim vazduhom se stvaraju tokom antarktičke zime, što dodatno povećava antarktičku ozonsku rupu. Slični virovi nastaju i na Arktiku (Severnom polu) tokom zime na severnoj hemisferi, ali usled vodenih, a ne kontinentalnih predela koji se nalaze ispod ovih virova, oni su i slabijeg intenziteta od zimskih virova iznad južnog pola, pa je stoga usled intenzivnijih mešanja

vazduha, ozonska rupa iznad severnog pola manja od oblasti osiromašene ozonom iznad Južnog pola. Ozonska rupa na Antarktiku se povećava od kasnog avgusta do ranog decembra kada je velika oko 27 miliona kvadratnih kilometara, što je veliko otprilike kao čitave SAD.

### **- Da li se masa Zemlje povećava ili smanjuje?**

Zemljina masa se svakoga dana povećava usled stalnog padanja meteora iz Svemira, kao i naelektrisanih čestica sa Sunca (tzv. solarni vetar) na nju. Dokaz za ovo možemo videti tokom vedre noći u obliku mnogobrojnih zvezda padalica, tj. meteora. Svakoga dana u našu atmosferu uđe nekoliko stotina tona meteorita u obliku prašine iz Kosmosa. Stoga, količina materije koja iz Kosmosa pristigne na Zemlju tokom jedne godine iznosi između 10 miliona i milijardu kilograma. Iako nam ovo možda može zazvučati kao velika količina, u poređenju sa masom Zemlje koja iznosi  $5,98 \cdot 10^{24}$  kilograma, masa od milijardu kilograma iznosi manje od jednog kvadrilionitog dela ( $10^{-15}$ ) njene mase. Štaviše, Zemlja je tokom poslednjih 10 000 godina dobila u vidu kosmičke prašine samo jedan trilioniti deo njene sadašnje mase. Ipak, po stopi današnjeg pristizanja kosmičke materije na nju, Zemlja je od svog nastanka pre oko 4,6 milijardi godina dobila oko  $2,3 \cdot 10^{15}$  tona materije iz Kosmosa, što čini 1/2 000 000 deo njene sadašnje mase. Međutim, Zemlja u izvesnoj količini i gubi nešto malo od svoje mase, i to uz male gubitke laganih elemenata (kao što su vodonik i helijum) iz atmosfere, a najviše putem radioaktivnog raspada atoma jezgara iz Zemljine unutrašnjosti. Naime, Zemljina unutrašnjost poseduje izvesne, ne toliko zastupljene količine radioaktivnih elemenata, kao što su uran, torijum i kalijum-40. Ovi radioaktivni elementi se nalaze pomešani sa običnim mineralnim stenama. Opšte je poznata stvar da svaki kamen na našoj planeti sadrži sve poznate hemijske elemente, a da i najčistiji, laboratorijski napravljeni uzorci poseduju oko  $10^{-9}$  % primesa (otprilike 1 zrno ječma na 10 tona pšenice). Tako, granitne stene u proseku sadrže i 4 milionita dela urana, kao i 13 milionitih delova torijuma. Prilikom radioaktivnih raspada ovih elemenata, nešto od njihove mase (odnosno od mase njihovih nukleona) se po čuvenoj Ajnštajnovoj jednačini  $E = mc^2$  pretvori u energiju, odnosno toplotu. Zapravo, 4 % toplote Zemljine površine potiče iz ovih radioaktivnih procesa koji se dešavaju ispod nas. Sve u svemu, danas još nismo u stanju da precizno procenimo da li se masa naše Zemlje sa svakim novim danom blago povećava ili smanjuje.

### **- Kako možemo da pronađemo meteorite na Zemlji?**

Meteoriti su mali svemirski kamenčići ili parčići metala, uglavnom gvožđa ili nikla, koji svakodnevno u vidu fine prašine padaju iz Kosmosa na Zemlju. Svakoga dana na Zemlju padne nekoliko tona ove kosmičke prašine. Ako želite da sakupite malo meteorske prašine, možda je bolje da se ograničite na metalne meteorite, jer je kamene meteorite znatno teže identifikovati. Čestice ovih meteorita su veoma malih dimenzija, pa se stoga zovu mikrometeoriti. Ukoliko vaša kuća ili zgrada imaju oluk, onda je mesto na kome se sliva voda iz oluka idealno mesto da postavite činiiju u kojoj ćete sakupljati kosmičku prašinu. Kiša koja se sliva kroz oluk ispira čestice sa čitavog krova i u velikoj meri ih šalje kroz oluk. Kada se činija napuni kišom, zagrevajte je sve dok sva tečnost u njoj ne ispari, tj. dok na dnu suda ne ostane samo čvrsta supstanca. Stavite ovaj prah na parče papira ispod koga se nalazi magnet. Metalne čestice će biti pričvršćene za papir dejstvom magnet, pa stoga protresite papir kako biste odstranili sve nemetalne čestice. Mnoštvo od ovih metalnih čestica koje su ostale na papiru predstavljaju metalnu svemirsku prašinu. Ukoliko imate priliku da posmatrate ovu prašinu ispod mikroskopa, moći ćete da primetite da za razliku od drugih čestica, meteoritske čestice na sebi imaju znakove svog vatrenog putovanja kroz atmosferu u vidu malih rupica na površini.



## - Kako se za neke meteorite zna da potiču sa drugih planeta?

Do danas je na Zemlji pronađeno 12 meteorita za koje se smatra da potiču sa planete Mars (jedan od ovih meteorita je i jedini meteorit za koga se zna da je imao letalan efekat na Zemlji, jer je nažalost pao na jednog psa u Egiptu 1911. godine). Postoji nekoliko razloga koji idu u prilog teoriji da ovo kosmičko kamenje potiče sa Marsa. Sav kiseonik u prirodi se može nalaziti u vidu jednog od svoja tri izotopa, a to su: kiseonik-16 (obični kiseonik iz periodnog sistema elemenata), kiseonik-17 (koji u svom atomskom jezgru osim 8 protona i 8 neutrona poseduje još jedan neutron) i kiseonik-18 (sa još dva neutrona). Odnos zastupljenosti ovih izotopa kiseonika zavisi od odnosa njihovih masa i poseban je na svakom nebeskom telu. Ukoliko na Zemlji uzmemo snežnu pahulju, zrno peska, vazduh ili bilo koju drugu materiju, pronaći ćemo jedinstven, za našu planetu karakterističan odnos zastupljenosti kiseonikovih izotopa. Međutim, meteoriti sa Marsa, kao npr. meteorit ALH 84001, poseduju ili višak ili manjak kiseonika-16 u odnosu na zastupljenost druga dva kiseonikova izotopa, pa stoga znamo da ne potiču sa Zemlje. Takođe, azot prisutan na meteoritu ALH 84001 je veoma težak, tj. odnos zastupljenosti azota-15 u odnosu na azot-14 je mnogo veći od istog odnosa na našoj planeti. Slično tome, i vodonik je u ovom meteoritu teži od vodonika sa Zemlje, s obzirom da je zastupljenost deuterijuma (atoma vodonika koji osim protona poseduje i jedan neutron u svome jezgru) veća nego na Zemlji. U ovom meteoritu, kao i u drugim meteoritima sa Marsa, zahvaćeni su i određeni plemeniti gasovi, najverovatnije tokom prolaska kroz atmosferu njegove matične planete. Jedan od ovih gasova je i ksenon čiji je izotopski sastav, slično kao i u slučaju kiseonika, azota i vodonika, različit od istog sastava na Zemlji. ALH 84001 sadrži i karbonatne minerale u kojima je zastupljenost težih izotopa ugljenika veća od iste zastupljenosti na Zemlji, što nam sve govori da je poreklo ovog meteorita vanzemaljsko. Uz ovo, zna se i da je kamen ALH 84001 kristalisao pre 4,5 milijardi godine, a na Zemlji nije pronađen još ni jedan kamen koji je kristalisao pre više od 3,9 milijardi godina, što je i logično s obzirom da se starost Zemlje procenjuje na oko 4,5 milijarde godina. Dok plutaju Kosmosom, meteoriti su izloženi visokim dozama kosmičkog zračenja (kojima magnetno polje Zemlje sprečava intenzivan prodor do površine), a na osnovu vremena izlaganja kosmičkim zracima od 16 miliona godina, zna se da je otprilike pre ovog vremena ovaj kamen bio lansiran sa svog matičnog tela. Da bi se neki kamen lansirao sa Zemlje potrebno je ubrzati ga do oko 11 km/s, što bi za posledicu ostavilo veoma veliki krater kakvog danas nema na Zemlji. Istraživači su 1981. godine na Antarktiku pronašli meteorit za koga se smatra da potiče sa Mesece (nakon čega je pronađeno još desetak Mesečevih meteorita), jer je njegov sastav veoma sličan uzorcima kamenja koje su sa našeg prirodnog satelita na Zemlju donele posade *Apollo*-a. Slično tome, i meteoriti sa Marsa imaju sastav gasova (koji su zahvaćeni u vidu mehurića u staklenim delovima meteorita, što je posledica njihovog burnog porekla, odnosno prolaska kroz atmosfere Marsa i Zemlje) koji je sličan sastavu Marsove atmosfere koji su izmerile dve *Viking* misije tokom 1976. godine. U opštem slučaju, marsovski meteoriti pripadaju klasi SNC (šergotit – nakhlit - čassignit) meteorita i njihova starost je veoma mala (oko 1,3 milijarde godina u proseku), što znači da su isuviše mladi da bi nastali na nekom od asteroida, jer ova tela za razliku od planeta nisu u stanju da dugo zadrže toplotu koja se stvara raspadanjem radioaktivnih izotopa, pa se stoga ohlade za manje od 100 miliona godina. Velike planete su u stanju da zadrže ovu toplotu znatno duže, jer kao što je poznato, stene su slabi provodnici toplote i prenos toplote kroz stene zahteva mnogo milijardi godina.

## - Šta je to *aurora borealis*?

*Aurora* predstavlja brzo promenljive, raznobojne svetlosne putanje koje se povremeno primećuju na noćnom nebu, najčešće u oblastima velikih geografskih širina, kako na severnoj, tako i na južnoj Zemljinoj polulopti. *Aurora borealis* je naziv za severnu polarnu svetlost, dok *aurora australis* predstavlja južnu polarnu svetlost. Naelektrisane čestice sa Sunca i drugih zvezda dolaze na Zemlju, ali se pod dejstvom Zemljinog magnetnog polja usmeravaju u spiralne putanje oko Zemlje. Linije sila magnetnog polja Zemlje su najgušće na polovima, pa tako i putanje čestica postaju ravnije, te se u krajnjem slučaju vrte u krug. Čestica koja putuje u spiralnoj putanji duž linija magnetnog polja od južnog do severnog magnetnog pola, putuje i unatrag, tj. od severnog do južnog magnetnog pola, pa se stoga ovakve putanje nazivaju magnetnim ogledalima. Oko naše planete postoje dva ovakva, tzv. Van Alenova pojasa naelektrisanih kosmičkih čestica, jedan koji sadrži uglavnom protone na visini od 3000 km, a drugi koji sadrži elektrone na visini od 15 000 km od površine Zemlje. Jedna od posledica postojanja ovih pojasa je i polarna svetlost, koja nastaje kada naelektrisane kosmičke čestice uđu u Zemljinu atmosferu, predaju deo svoje velike kinetičke energije atomima kiseonika i azota iz vazduha, koji se pobuđuju i pri relaksaciji emituju vidljivu svetlost zelene i crvene boje. *Aurora* se javlja na visinama od oko 100 km, a ova svetlost je posebno primetna na polovima, gde linije sila magnetnog polja uranjaju u atmosferu, povlačeći sa sobom Van Alenove pojase. Pojava i intenzitet polarne svetlosti u mnogome zavise od Sunčevih ciklusa, rotacije Sunca i njegove sezonske i magnetske aktivnosti, a aurora se može pojavljivati i u obliku širokih svetlosnih lukova, zavesa i spirala na nebu.

### **- Kako možemo da rekonstruišemo Mesečevu površinu na Zemlji?**

Ukoliko bismo hteli da u dvorištu napravimo aleju koja će se zvati "Mesečeva površina", tada bismo najpre morali da znamo nekoliko podataka o tome kako izgleda stajati na Mesecu. Naime, iako je boja Meseca sa Zemlje svetlo plava, na površini ovog našeg jedinog prirodnog satelita koji zajedno sa Zemljom deli epitet trećeg i četvrtog kamena od Sunca, ne postoji skoro ništa što je plave boje, uključujući ni vodu (koja je plave boje) koja bi kada bi postojala mogla da deluje erozijom na Mesecu, pa da tako preraspoređuje kamenje i stene. Takođe, pošto na Mesecu nema ni atmosfere (usled čega na njemu ne postoje zora i sumrak, već se onog trenutka kada se prvi zraci Sunčeve svetlosti pojave na horizontu, pojavljuje svetao dan, a ova pojava se naziva terminatorom) koja bi mogla da zapali i rasprši meteore koji padaju na Mesec, upravo ova mala nebeska tela su imala odlučujući uticaj na današnji izgled Mesečeve površine. Naime, meteori su tokom proteklih 4 i po milijarde godina koliko su stari Mesec i Zemlja, stalno padali na Mesečevu površinu i sitnili kamenje i kamenčiće, tako da je danas površina Meseca do dubine od oko 10 metara sastavljena od finih praškastih čestica čija je najveća veličina jednaka otprilike veličini zrna peska. Odela astronauta koji su hodali po Mesecu su bila toliko prašnjava kao da su hodali po brašnu ili prahu krede, ali su ipak i na ovoj praškastoj površini pronašli dovoljno velike kamenčiće koje su poneli sa sobom nazad na Zemlju. Naime, Nil Armstrong je zajedno sa Edvinom Oldrinom sleteo specijalnim modulom u More Tišine na Mesečevoj površini, a prašina koju je rad motora ovog modula podigao na njegove prozore bila je toliko velika da je vidik astronautima bio potpuno zaklonjen. Ova prašina se brzo povukla, nakon čega je u 112. satu putovanja na Mesec, Nil Armstrong stupio na Mesečevu površinu. Ispod ovog prašinastog sloja (koji se naziva regolitom), nalaze se stene i kamenje u većim komadima, jer oni nisu bili pod tako intenzivnim udarima kamenja koje leti Sunčevim sistemom. Posledica ovako rastresitog Mesečevog tla je i postojanje velike temperaturske razlike na njemu tokom dana i noći. Naime, temperatura njegove površine tokom dana koji traje oko dve zemaljske nedelje iznosi u proseku oko 127 °C, dok je temperatura noćne Mesečeve podloge jednaka u proseku oko – 153 °C. Međutim, na dubini od samo jednog metra, temperatura Meseca se uopšte ne menja sa

smenom dana i noći, već uvek iznosi oko  $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Više od polovine Mesečevog tla čini staklo, što je takođe posledica čestih meteoritskih udara pod kojima su se topile čestice minerala sa Mesečeve površine, brzo se zatim hladeći i ne stižući da povrate kristalnu strukturu, već formirajući staklo (amorfni oksidni mineral). Mesečeva mora (tamne površine koje su vidljive i golim okom, a predstavljaju polja ispunjena lavom) su pokrivena isitnjenim bazaltnim stenama, dok su planinski Mesečevi predeli pokriveni magmatskim stenama. Mesečeve stene takođe sadrže veće količine retkih elemenata nego zemaljske stene, i to naročito: hrom, titan, uranijum i torijum, a nasuprot tome, one imaju manju količinu olova, bizmuta, natrijuma i kalijuma kojima obiluju zemaljske stene. Inače, jedini novi mineral koji je otkriven na Mesecu nazvan je armalkolitom po imenima trojice kosmonauta iz *Apollo*-a 11 (Armstrong, Oldrin i Collins). Za razliku od stena u Zemljinoj kori koje su se iskristalisale pre oko tri i po milijarde godina, stene na Mesecu pokazuju starost od između 3,7 i 4,7 milijardi godina, pa se stoga Mesec ponekad i naziva muzejom drevnih događaja.

### **- Da li je lakše popeti se na Mesečevu planinu ili planinu na Zemlji?**

Ukoliko zamislimo na Zemlji i na Mesecu dve planine istog oblika i iste visine, tada će penjanje na Mesečevu površinu zahtevati znatno manji utrošak energije. Naime, podižući se sa nivoa mora u visinu, mi vršimo rad na račun povećanja naše potencijalne energije u gravitacionom polju nebeskog tela na kome se nalazimo. Tako, ako se popenjemo na Zemaljsku planinu visoku 1000 metara, vrednost naše potencijalne energije na vrhu ove planine će biti jednaka proizvodu visine planine, naše mase i ubrzanja tela u gravitacionom polju (na Zemlji  $9,81\text{ m/s}^2$ ). S druge strane, penjući se na Mesečevu planinu, naša masa i visina planine su po pretpostavci jednaki kao odgovarajuće veličine na Zemlji, ali je gravitaciono ubrzanje na Mesecu jednako  $1,6\text{ m/s}^2$ , pa će nam odnos ubrzanja sile gravitacije na Zemlji i Mesecu (oko 6) govoriti koliko ćemo manje energije potrošiti prilikom penjanja na Mesečevu planinu u odnosu penjanja na Zemljinu planinu iste veličine i oblika. Slično ovome, i maksimalan teret koji možemo podići na Mesecu je 6 puta veći od odgovarajućeg tereta na Zemlji, što nam ne govori da na Mesecu postajemo jači, već samo da je težina, odnosno sila kojom se tela odupiru gravitacionom privlačenju nebeskog tela po kome hodaju oko 6 puta manja na Mesecu nego na Zemlji, dok bi na Suncu bila 27 puta veća nego na Zemlji. Inače, u opštem slučaju, ubrzanje gravitacione sile na površini nebeskog tela možemo izračunati množenjem gravitacione konstante ( $6,67 \cdot 10^{-11}\text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ) i mase nebeskog tela, a zatim deljenjem ovog proizvoda sa kvadratom poluprečnika nebeskog tela.

### **- Da li se staklo nalazi u prirodi?**

Stakla se veštačkim putem dobijaju brzim hlađenjem rastopa koje ponekad mora iznositi i više od milion (a ponekad i milijardu) stepeni u sekundi. Naime, ovako brzo hlađenje je neophodno kako atomi tečnosti ne bi imali dovoljno vremena da zauzmu energetski najstabilnije stanje u čvrstoj fazi koje odgovara kristalnoj rešetki, već formiraju amorfnu, nekristalnu strukturu. Više od polovine Mesečeve površine čini staklo koje je nastajalo pod udarima meteorita koji su topili materiju koja se tokom hladnih Mesečevih noći brzo hladila i nije stigla da formira kristalnu strukturu, već je stvarala staklo. Ipak, na Zemlji se prirodno staklo (čiji sastav, slično sintetičkim staklima, u najvećoj meri čini silicijum dioksid) nalazi samo u vidu vulkanskog materijala obsidijana i misterioznih kamenčića koji se nazivaju tektitima. Obsidijan predstavlja taman (najčešće crn, mada može biti i crvene ili braon boje), poluprovodan kamen istog sastava kao i riolit (kamen vulkanskog porekla koji je hemijski identičan granitu, a sastoji se od minerala feldspara i kvarca), a nastaje iz vulkanske lave koja, izbijajući ka površini Zemlje, doživljava veoma brzo hlađenje tako da se iz rastopa

lave formira staklo. S druge strane, tektiti predstavljaju klasu malih, najčešće tamno obojenih staklenih kamenčića težine od po nekoliko desetina grama, koji su duž pojasa oblika slova S raspoređeni na Zemljinoj lopti. Ovaj pojas tektita se prostire od centralne Australije preko jugoistočne Azije (pre svega Indonezije i Filipina), istočne Evrope (pre svega u Češkoj i Slovačkoj), zapadne obale Afrike (pre svega na Obali Slonovače) i Južne Amerike do Džordžije i Teksasa u Severnoj Americi. Površina tektita (koji se u Polineziji nazivaju vatrenim draguljima, a na Orijentu ih smatraju talismanima) je neravna, a ukoliko ih posmatramo blizu izvora svetlosti, videćemo da su oni uprkos svojoj tamnoći providni. Uprkos hemijskoj identičnosti ovih kamenčića sa mnogim vulkanskim i sedimentnim stenama, oni usled svoje amorfности ne pripadaju onim grupama kamenja u okviru kojih se pojavljuju. Staklasta struktura i sferni oblici tektita sugerišu njihovo vanzemaljsko poreklo. Naime, ovi rastopljeni, sferni kamenčići su verovatno nastali tokom leta kroz atmosferu do Zemljine površine. U skladu sa nekim teorijama koje opisuju nastanak tektita smatra se da su oni materijal koji je sa Meseca došao na Zemlju pod dejstvom snažnih sudara između meteora i Meseca, dok neke teorije sugerišu da su oni nastali pod dejstvom sudara meteorita sa Zemljom, prilikom čega se mnoštvo sitnog kamenja rasulo po atmosferi, a smatra se i da oni možda predstavljaju ostatke neke davno eksplodirane planete ili meteorite koji su prošli kroz Zemljinu atmosferu.

### **- Da li je moguće probušiti rupu kroz čitavu Zemlju?**

Nije moguće probušiti tunel kroz središte Zemlje, jer bismo tokom kopanja rupe u jednom trenutku došli do tečnog usijanog gvožđa koje sačinjava jezgro Zemljine kugle, koje okružuje njeno središte. Međutim, ovo bi se moglo izvesti na Mesecu, koji ima hladno jezgro, a i ne poseduje okeane ili podzemne vode kao Zemlja. Takođe, Mesec nema atmosferu, pa bi tunel bio u vakuumu i ne bilo trenja vazduha kao na Zemlji. Kada bismo se sa merdevinama polako spuštali kroz jedan ovakav tunel, naša težina bi se polako smanjivala, a u samom centru Meseca bismo bili bestežinski, jer bi nas sila gravitacije privlačila podjednako u svim pravcima (naravno, pod uslovom da je raspodela mase na Mesecu barem približno ravnomerna, u šta istraživači trenutno baš i nisu sigurni). Ako bismo, ipak, padali kroz jedan ovakav tunel, bili bismo ubrzavani ka centru Meseca. Pošto se u centru ne bismo zadržali (jer bismo u trenutku prolaska kroz centar posedovali dovoljno veliku kinetičku energiju da nastavimo putovanje), već bismo ga proleteli, počeli bismo zatim polako da se usporavamo (pod dejstvom privlačne gravitacione sile iz Mesečevog centra mase), leteći ka suprotnom kraju tunela. Kada bismo došli na domak one suprotne površine Meseca (ili bismo u slučaju potpunog vakuuma u tunelu uspeli da izađemo iz otvora tunela sa suprotne strane površine Meseca), potpuno bismo se zaustavili i Mesečeva gravitacija bi nas opet povukla ka centru, ukoliko se ne bismo uhvatili za otvor na Mesečevoj površini i tako se zadržali. Pošto je ceo tunel u vakuumu, a samim tim nema trenja vazduha koje bi nas dodatno usporavalo i na taj način nam skraćivalo svaku narednu oscilaciju, verovatno bismo ovako oscilovali gore – dole jako dugo sve dok neko ne bi došao da nas izvuce iz ove neobične situacije. Interesantno je da postoji prototip železnice koja bi funkcionisala na sličnom principu. Naime, kada bi se kroz Zemlju probušio tunel koji povezuje dve dovoljno udaljene tačke na Zemlji (ali ne sa suprotnih strana Zemljine lopte, jer bi tada tunel verovatno morao da prolazi kroz tečno jezgro, što je trenutno izvan naših tehnoloških mogućnosti), tada bi voz polovinu puta (koja je usmerena nadole) prelazio pod dejstvom privlačne sile gravitacije, dok bi drugi deo puta (usmeren naviše) prelazio pod dejstvom dobijene kinetičke energije nakon spuštanja u prvom delu puta. Ovakvim vozovima ne bi bio potreban nikakav izvor energije, jer bi oni energiju neophodnu za kretanje uzimali iz Zemljinog gravitacionog polja. Ipak, izgradnja ovakve železnice bi bila mnogo skuplja u odnosu na troškove savremenog železničkog

transporta. Inače, najdublja veštačka rupa na Zemlji se nalazi na poluostrvu Kola u Rusiji, duboka je 12 km, a napravljena je u svrhu ispitivanja strukture kontinentalne Zemljine kore. Takođe, ukoliko bismo nekako i uspeli da izgradimo super tunel koji bi spajao dve dijametralno suprotne tačke na Zemljinoj površini i prolazio kroz njeno središte, bilo šta što ubacimo u ovakav (vakuumirani) tunel, izašlo bi sa druge strane tunela za tačno 42 minuta.

## **- Šta je to podzemni transport dobara?**

Ideja o transportu čvrstih poštanskih pošiljaka u sudovima koji bi na fluidu plutali kroz cevi zakopane u zemlji postoji odavno, ali bi uskoro mogla da se prenese i u stvarnost. Mnoge stvari koje se inače prenose putem vozova, automobila, autobusa, brodova, aviona ili kamiona čiji su saobraćajni putevi sve zakrčeniji iz godine u godinu, mogle bi da se prenose putem podzemnih cevovoda, koji bi u početku spajali samo terminale u svim velikim gradovima, da bi u razvijenijim sistemima svaka kuća imala svoj izlazno/ulazni otvor kroz koji bi mogla da šalje predmete prijateljima iz susedstva ili drugog kraja planete. Jedan od prvih modernih tipova podzemnog transportnog sistema bi trebalo da se izgradi u Holandiji gde bi povezivao aerodrom Šiphol nedaleko od Amsterdama sa cvetnom pijacom u Alsmaru, a takođe, i u Misuriju bi sličan sistem trebalo da se koristi za transport uglja iz rudnika do fabrika za njegovu preradu. Ovi sistemi će koristiti kompjutere za bezbednu kontrolu i usmeravanje robe, dok neki stariji i manje sofisticirani sistemi podzemnog transporta (ne računajući podzemne železnice) već postoje na našoj planeti. Naime, kapsulni teretnjaci *Sumitomo* se već 20 godina koriste za prenos krečnjaka iz rudnika u Točigiju u 3,2 kilometra udaljenu fabriku, što je veoma koristan tip transporta s obzirom da stalno kretanje kamiona sa tovarima krečnjaka po seoskim putevima čini suvišnim. Tovar se kroz ove cevi prečnika jednog metra (kroz koje se prenese oko 2 miliona tona materije godišnje) prenosi u točkastim kapsulama koje pokreće vazdušni pritisak koji stvaraju snažni propeleri. Takođe, tokom sedamdesetih godina 20. veka nekoliko sličnih sistema je bilo izgrađeno na području bivšeg Sovjetskog Saveza. Tako je 45 kilometara dug sistem podzemnih cevi u Gruziji prenosio 2 miliona tona minerala godišnje. Ovaj tip prenosa materije se posebno proučava na Univerzitetu u Misuriji, gde se razmatraju dva tipa transportnih sistema: pneumatski i hidraulični. U pneumatskom sistemu, veliki propeleri postavljeni na mnogo mesta duž cevi koriste se za stvaranje jakih vazdušnih struja koje potiskuju tovar ka odredištu. Tovar se stavlja u cevaste kapsule koje su smeštene u cevi prečnika 2 metra, koje se ponašaju kao klipovi. Pokretane pomoću linearnog induktivnog motora, kapsule sa tovarom povećavaju pritisak vazduha u cevima ispred, što na susedne cevi deluje dodatnom pokretačkom silom i podržava kretanje čitavog sistema. Ovakvi, pneumatski sistemi bi mogli da prenose tovar brzinom od oko 72 kilometra na sat, a pošto im za razliku od vozača kamiona nije potreban odmor, tako bi i njihov tovar stizao na cilj pre odgovarajućih kamiona. Hidraulični sistem bi trebalo da se isproba u Misuriju gde ugalj za potrebe elektrana mora da prelazi put vozom od više od 1000 kilometara kako bi stigao sa rudnika u Vajomingu i Koloradu. U ovom sistemu, komadi uglja bi se pakovali u uske cilindrične sudove koji bi plutajući na površini vodene struje u cevima stizali na svoje odredište krećući se brzinom od oko 11 kilometara na sat. Hidraulične cevi prečnika pola metra mogle bi godišnje da prenesu 18 miliona tona uglja, što je dovoljno za snabdevanje 5 velikih elektrana.

## **- Kako je nastala nafta na Zemlji?**

Nafta predstavlja prirodnu planetarnu smešu raznovrsnih tečnih organskih jedinjenja (pre svega ugljovodonika čijim se sagorevanjem oslobađa energija), a njeni derivati (benzin, dizel, kerozin, asfalt, mašinska ulja, plin...) se na našoj planeti danas koriste kao glavni izvori

korisne (pre svega električne) energije. Nafta koja se nalazi na našoj planeti potiče od biljnog i životinjskog sveta koji je živeo od danas do oko 3 milijarde godina unazad, a najveći deo nafte iz Zemljine unutrašnjosti potiče iz vremena od pre 100 do 600 miliona godina. Molekulska struktura ugljovodonika i drugih jedinjenja koja se nalaze u sirovoj, neprerađenoj nafti, može se povezati sa smolama lišća i drugih biljnih i životinjskih entiteta koji su živeli u morima i na kopnu u tim davnim vremenima. Dokaz za biološko poreklo nafte se nalazi u postojanju raznih hemijskih supstanci (izoprenoidi koji su nastali iz terpena, porfirini i aromatici iz prirodnih pigmenata, pristan i fitan iz hidrolize hlorofila, a obični alkani iz biljnih smola) koje nisu mogle da nastanu ni u najsloženijim geološkim procesima. Trenutno se na našoj planeti oko 85 % korisne energije stvara iz fosilnih goriva: nafte, uglja (čvrste nafte) i prirodnog gasa (gasoviti ugljovodonici niske molekulske mase, kao što je na primer metan), dok svega 5 % električne energije potiče iz nuklearnih i hidroloških elektrana. Planetarne rezerve uglja su petostruko veće od rezervi nafte, ali se u svakom slučaju očekuje da će do sredine 21. veka naša planeta praktično ostati bez svojih prirodnih rezervi nafte u sva tri njena agregatna stanja.

### **- Kako se pronalaze izvori nafte?**

Nafta se u Zemljinoj kori nalazi prikležtena između nepropusnih kamenih slojeva, kao što su granitne ili mermerne stene. Nekada davno su geolozi pronalazili izvorišta nafte na osnovu proučavanja tipa zemljišta, vrste kamenja sa površine, kao i skupljanjem uzoraka dobijenih nakon plitkog kopanja. Moderni naftni geolozi (koji su ipak, za samo 10 % efikasniji od starih) takođe proučavaju površinsko kamenje i zemljište, ali se uz ovako prikupljene podatke služe i: slikama iz satelita; gravitometrima - koji mere male promene u Zemljinom gravitacionom polju što bi moglo ukazivati na prisustvo nafte u blizini; magnetometrima - koji mere male promene u Zemljinom magnetnom polju uzrokovane protokom nafte u blizini; elektronskim nosevima - koji detektuju mirise ugljenih hidrata iz nafte; i seizmološkim uređajima - koji proizvode jake udarce ili eksplozije na površini Zemlje, a na osnovu reflektovanih zvučnih talasa iz dubine Zemlje, na posebno postavljenim pločama registruju eventualno prisustvo nafte. Naime, refleksije zvučnih talasa nastalih pod dejstvom udarca se kreću različitim brzinama u zavisnosti od tipa i gustine materijala kroz koji prolaze. Refleksije zvuka se detektuju pomoću osetljivih mikrofona ili vibracionih detektora, odnosno hidrofona nad vodom ili seizmometara nad kopnom.

### **- Kako nastaju zemljotresi?**

Ispod same Zemljine površine nalaze se veliki i kruti pokretni slojevi koji se nazivaju tektonske ploče. Tektonske ploče se nalaze u sastavu okeanske ili kontinentalne Zemljine kore, kao i vrhova kamenog Zemljinog omotača, a ovaj kameni sloj Zemlje poznat je i pod imenom litosfera. Ispod nje se nalazi tečna materija koja se fluidno kreće povlačeći blago za sobom i kamene tektonske ploče koje kao da plutaju iznad ovog mineralnog fluida, poznatog pod imenom astenosfera. Trenutno nam je poznato 7 velikih i nekoliko malih tektonskih ploča na Zemlji. U velike tektonske ploče spadaju pacifička (koja je najveća od svih, s obzirom da je široka 14 000 km), severnoamerička, južnoamerička, australijska, evroazijska, antarktička i afrička, dok u manje tektonske ploče spadaju kokosova ploča (široka 2000 km), nazka ploča, karijska, helenska, turska, arapska, iranska i filipinska ploča. Na mestima dodira dveju ploča dešavaju se česti zemljotresi kao i vulkanske erupcija pa za takva mesta kažemo da su seizmički aktivna. Tako se pacifička ploča i severnoamerička ploča sastaju ispod površine Kalifornije, pacifička i australijska kod Novog Zelanda i Indonežanskih ostrva, južnoamerička ploča se dodiruje na samom severu južne Amerike sa karijskom pločom, dok se granica

dodira sa nazka pločom pruža duž zapadne obale južnoameričkog kontinenta, a granica sa afričkom pločom po sredini Atlantika, granica dodira evroazijske i australijske ploče proteže se kroz Indiju i Kašmir itd. pri čemu je prosečna brzina pomeranja tektonskih ploča jednaka 4 do 7 santimetara godišnje. Rascepi u Zemljinoj kori stvaraju se kao posledica sile kojom se dve ploče guraju jedna o drugu. Ukoliko sila trenja počne da prevazilazi silu pomeranja zemlje, onda ove ploče prestaju da se kreću neko vreme. U tom slučaju, naprezanje raste duž granice ploča, sve dok sila kretanja ne prevaziđe silu trenja i tada dolazi do naglog pucanja delova Zemljine kore, što uzrokuje vibracije koje se prenose do površine Zemlje u obliku mehaničkih talasa, koji se ukoliko su dovoljno intenzivni mogu okarakterisati kao zemljotres. Osim ovih tzv. tektonskih zemljotresa, postoje još i vulkanski zemljotresi koji nastaju kada se tečna magma podiže ka površini vulkana i pri tome pomera i lomi kamene mase, što uzrokuje najčešće blago drhtanje Zemljine površine koje može trajati i po nekoliko dana. Iako trusna područja kao što su Kalifornija ili Indija teže da se otepe od kopna, smatra se da taj proces ne može da se desi tokom jednog zemljotresa, već su za to potrebni milioni godina malih pomeraja. Na Zemlji se svakoga dana desi stotinak primetnih zemljotresa, a mreža seizmografa širom planete registruje oko milion zemljotresa godišnje.

### **- Kako nastaju erupcije vulkana?**

Kada se gornji delovi Zemljinog omotača ili donji delovi njene kore tope, stvara se magma (lava), a vulkani predstavljaju otvore kroz koje magma i gasovi koje ona sadrži izlaze na površinu Zemlje. Iako postoji nekoliko faktora koji utiču na erupcije vulkana, tri su od odlučujućeg uticaja, a to su: potisak magme ka Zemljinoj površini, pritisak gasova koje ona oslobađa, i ubacivanje novih količina magme u prethodno ispražnjene šupljine u Zemljinoj unutrašnjosti. Kada se topi kamenje u Zemlji, njegova masa ostaje ista, ali se zapremina otopljenog kamenja povećava, a ovako nastala magma se podiže ka površini pod dejstvom sile potiska. Kada je gustina magme između zone njenog nastanka i površine manja od gustine okružujućeg kamenja, magma se kreće ka površini i izliva se kroz vulkan. Količina rastvorenih gasova u magmi je jednaka nuli na atmosferskom pritisku, ali njena rastvorljivost raste sa povećanjem pritiska, pa stoga neke vrste magme u Zemljinoj unutrašnjosti sadrže rastvorene isparljive gasove, kao što su voda, sumpor dioksid i ugljen dioksid. Prilikom kretanja magme ka površini, dolazi do opadanja njene rastvorljivosti usled pada njenog pritiska, pa i do izdvajanja gasova. Kada zapremina ovako oslobođenih gasnih mehurova dostigne 75 %, magma se pretvara u piroklaste, tj. delimično istopljene i čvrste delove, i izbacuje se eksplozivno na Zemljinu površinu. Treći razlog predstavlja ubacivanja nove magme u šupljine koje su već ispunjene njom, a ovo uzrokuje dodatno potiskivanje magme ka površini. Za procenu tačnog vremena erupcije nekog vulkana primenjuje se merenje niza parametara, kao što su seizmička aktivnost vulkana, deformacije tla i emisije gasova.

### **- Kakvi tipovi granica tektonskih ploča postoje?**

Tri tipa kontakta između tektonskih ploča su: konstruktivni (ili divergentni), destruktivni (ili konvergentni) i promenljivi. Konstruktivne granice tektonskih ploča se pojavljuju tamo gde se susedne ploče ne sudaraju. Najveći broj ovakvih granica se nalazi na okeanskim podovima, gde one formiraju kontinualni lanac vulkanskih planina i procepa koji se protežu duž okeanskog dna i često se nazivaju srednjeokeanskim bregovima. Takvi su npr. srednjatlantski brežuljci koji se protežu duž sredine Atlantskog okeana. Naime, u ovom slučaju, tektonske ploče Evrope i Afrike sa istočne strane brežuljaka i severnoameričke i južnoameričke tektonske ploče sa zapada se odmačinju jedne od drugih da bi tečna magma ispunjavala prostor između njih, a pošto je ona manje gusta od okolnih stena, ona se podiže

iznad njih i formira podvodne planinske lance. Ovaj planinski lanac je dugačak 60 000 km, što ga čini i najdužim na Zemlji, a tektonske ploče koje su odgovorne za njegov postanak se kreću u suprotnim pravcima brzinama od po oko 2 i po santimetra godišnje. To je i razlog zašto su konstruktivne granice između tektonskih ploča često područja izrazitih vulkanskih aktivnosti. Vulkanska lava koja se podiže naviše nastaje topljenjem kamenja iz Zemljinog omotača iz nešto većih dubina i uglavnom je bazaltskog sastava. Hladeći se i očvršćavajući, formira kamenje koje se naziva gabro, a na mestima na kojima eruptira preko morskog dna stvara bazaltne stene. Na taj način se stvara nova okeanska kora, pa se stoga i formiraju podvodni bregovi. Ipak, ukoliko na nekom mestu na Zemlji postoji konstruktivno kretanje tektonskih ploča, tada negde mora postojati i destruktivno sudaranje ploča, jer bi se u suprotnom slučaju, prečnik Zemlje povećavao, za šta znamo da se ne dešava. Kod svake destruktivne granice ploča, jedna od ploča u sudaru (najčešće okeanska ploča) prodire ka Zemljinom omotaču, dok se druga ploča kreće ka Zemljinoj površini, a naglo oslobađanje energije koja se sakuplja u ovakvim kontaktima izaziva akustičke, odnosno seizmičke vibracije koje kada dođu do površine Zemlje opisujemo kao zemljotres. Destruktivne granice tektonskih ploča su često mesta sa kojih izvire na površinu Zemlje veliki vulkani, kao npr. onaj na planini Fudži u Japanu, vulkani na Kordiljerima ili lanac vulkana u Indoneziji ili severozapadnom Pacifiku (npr. Havajska ostrva). Naime, prilikom sudara dveju ploča može doći do topljenja jedne od njih (najčešće one koja ide ka površini Zemlje, a vulkani se najčešće nalaze na oko 100 do 150 km od granice između ploča). Vulkanske aktivnosti su česte blizu mesta granica ploča pri čemu je jedna od njih okeanskog porekla. S druge strane, prilikom kontakta dveju kontinentalnih ploča najčešće nastaju planine nevolkanskog porekla, kao što su npr. Himalaji ili Apalačke planine. Treći tip granica između tektonskih ploča su promenljivi kontakti kod kojih dve ploče praktično klize jedna duž druge. Na taj način dolazi do veoma malih, ali i čestih nagomilavanja i oslobađanja energije, a primeri ovakvih granica se nalaze u Kaliforniji i Meksiku, gde pacifička ploča gura severnoameričku ploču, bez da se međusobno sudaraju ili udaljavaju u većoj meri. U ovom slučaju, rased San Andreas koji se u dužini od oko 1000 kilometara proteže duž Kalifornije je tačno mesto granice između ovih ploča, pa se stoga oko njega dešavaju česti mali zemljotresi.

### - Šta je to zemljotresna svetlost?

Zemljotresna svetlost predstavlja sjaj na nebu ili izbijanje svetlosti iz pukotina u Zemlji neposredno pre, tokom ili malo vremena nakon potresa tla. Zemljotresi nastaju kao posledica kretanja tektonskih ploča u Zemljinoj kori. Kada dve susedne ploče blokiraju jedna drugoj kretanje, energija njihovog kretanja počinje da se nagomilava na liniji njihovog dodira. U jednom trenutku, ova energija prevazilazi sile koje su se dotle suprotstavljale kretanju ploča i dolazi do trenutnog oslobađanja sve nagomilane energije, koja se u talasima prenosi do površine Zemlje gde izaziva potres tla. Na svom putu ka površini Zemlje, ovi seizmički talasi cepaju stene, što zajedno sa trenjem između stena uzrokuje njihovo zagrevanje, kao i oslobađanje elektrona iz atoma stena. Molekuli vode iz Zemlje ispravaju pod dejstvom toplote, a atomi vodonika se pod dejstvom sudara sa slobodnim elektronima pobuđuju na emitovanje svetlosti. Emisija svetlosti od strane velikog broja atoma vodonika stvara tzv. pljosnate munje, kako se ponekad naziva sjaj koji potiče iz Zemlje tokom talasanja njenog tla. Pretpostavlja se da samo izuzetno jaki zemljotresi stvaraju dovoljno slobodnog naelektrisanja koje uzrokuje zemljotresnu svetlost. Moguće je da u emisiji svetlosti osim atoma vodonika učestvuju i atomi kiseonika i azota iz atmosfere, što bi ovu pojavu učinilo sličnom pojavama polarnih svetlosti (*aurora borealis* i *aurora australis*), koje nastaju kada se naelektrisane kosmičke čestice sudaraju sa molekulima kiseonika i azota iz gornjih slojeva atmosfere i dovode do pojave raznobojnog sjaja na nebu.



## **- Kako se određuje starost predmeta?**

Jedna od najpouzdanijih metoda za određivanje starosti arheoloških predmeta je radiougljenična tehnika koju je izumeo Vilijard Frenk Libi 1947. godine. Kroz metaboličke aktivnosti, zastupljenost ugljenikovog izotopa C-14, koji u svom atomskom jezgru sadrži dodatna dva neutrona (uz 6 protona i 6 neutrona), ostaje u konstantnoj ravnoteži sa zastupljenošću ovog izotopa u Zemljinoj atmosferi i morima. Nakon prestanka života živih organizama, atomska jezgra C-14 počinju da se radioaktivno raspadaju poznatom brzinom. Poluživot ugljenika C-14 iznosi 5730 godina, što znači da se nakon svakog ovog vremenskog perioda, količina ugljenika C-14 dvostruko smanji pod dejstvom njegovog nuklearnog prevođenja u ugljenikov izotop C-13, a zatim u prirodni ugljenik C-12. Stoga, merenjem odnosa zastupljenosti ugljenikovog izotopa C-14 u odnosu na C-12 možemo približno proceniti starost predmeta. Ipak, ovako brza dezintegracija ugljenika C-14 ograničava primenu ove metode na predmete stare do 50 000 godina, mada se ona često primenjuje i za objekte stare i do 70 000 godina. Osim radiougljenične metode, koja se osim u arheologiji široko koristi i u antropologiji, okeanografiji, pedologiji i klimatologiji, za procenu starosti kamenja u geologiji se najčešće koristi adekvatna metoda na osnovu radioaktivnog prelaska kalijuma-40 u argon. Za određivanje starosti vulkanskog i metamorfnog Zemaljskog kamenja, kao i uzoraka sa Meseca, koristi se metoda zasnovana na radioaktivnom prelasku rubidijuma-87 u stroncijum-87, a za određivanje starosti okeanskih sedimenata starijih od 50 000 godina koristi se torijum-230, čiji je poluživot jednak 80 000 godina, a za određivanje starosti kamenja starog do oko million godina koristi se merenje spontane fisije uranijuma-238 prisutnog u malim količinama u svim stenama, a čiji poluživot iznosi 4 i po milijarde godina.

## **- Koliko je stara naša planeta?**

Danas se smatra da je materijal od koga je sastavljena Zemlja nastao u eksploziji neke bliske supernove pre nešto više od 4 i po milijarde godina. Naime, sastav hemijskih elemenata na Zemlji je toliko raznovrstan da je mogao nastati samo od jedne zvezde koja je potpuno potrošivši svoje nuklearno gorivo u sebi sintetizovala sve ove elemente i zatim ih u džinovskoj eksploziji rasula po Kosmosu, a od jednog malog parčeta te materije je verovatno nastala i naša planeta. Do zaključka o starosti Zemlje od oko 4 i po milijarde godina došlo se na osnovu merenja radioaktivnosti izotopa hemijskih elemenata. Naime, izotopi hemijskih elemenata poseduju u svojim atomskim jezgrima više neutrona od njihovih stabilnih istoimenika koje nalazimo u periodnom sistemu elemenata. Na Zemlji se nalaze svi izotopi čiji je poluživot (vreme za koje se polovina atoma datog radioaktivnog uzorka raspadne) veći od 500 miliona godina, dok se svega nekoliko izotopa sa kraćim poluživotom može naći i oni spadaju u jednu od dve grupe: oni koji se stvaraju u atmosferi u nuklearnim reakcijama iniciranim kosmičkim zracima ili solarnim vetrom (to su npr. ugljenik-14 ili tricijum - izotop vodonika koji osim protona, u jezgru poseduje i 2 neutrona) i oni koji nastaju u stenama pod dejstvom raspada drugih radioaktivnih elemenata (takvi su npr uranijum-234 ili radijum-226). Najvažniji podatak koji ide u prilog starosti Zemlje od oko 4 i po milijarde godina jeste nepostojanje plutonijuma-244 (čiji je poluživot jednak 80 miliona godina) i tehnicijuma-99 (čiji je poluživot jednak 200 000 godina). Tehnicijum je prisutan u nekim zvezdama, ali ne i u našem Suncu. Takođe, ako uzmemo u obzir i uranijum-235 (sa poluživotom od 720 miliona godina, koji je danas na Zemlji zastupljen sa 1 % u odnosu na svog prirodnog uranijuma-238), kalijum-40 (sa poluživotom od 1280 miliona godina, koji je danas na Zemlji zastupljen sa 9 % u odnosu na svog prirodnog kalijuma-39), radioaktivni uranijum-238 sa poluživotom od 4 i po milijarde godina, koga danas ima oko 50 % i tehnicijum-232 sa poluživotom od 14 milijardi

godina koga danas ima 80 %, očekivane zastupljenosti ovih izotopa za procenjenu starost Zemlje se odlično slažu sa podacima dobijenim iz realnih merenja.

### **- Da li plutonijum postoji u prirodi?**

Danas se smatra da su svi teški hemijski elementi nastali tokom eksplozije supernove koja se desila nekoliko miliona ili čak milijardi godina pre nastanka Zemlje, za koju se smatra da je nastala pre oko 4 i po milijarde godina. Plutonijum spada u trans-uranske elemente, koji u svojim atomskim jezgrama imaju više od 92 protona i koji po definiciji ne postoje u prirodi, osim ako nisu ljudskog porekla. Razlog ovome je u tome što su se za oko 5 milijardi godina nakon eksplozije supernove i nastanka teških elemenata, skoro svi najteži elementi raspali jer su im vremena poluživota uglavnom znatno kraća od starosti Zemlje. Međutim, iako se plutonijum smatra sintetičkim elementom koji se najefikasnije stvara u nuklearnim reaktorima, u prirodi se on ipak može naći u veoma niskoj koncentraciji od jednog 100 milionitog dela u uranijum dioksidu, rudi urana. Uran-238 je prirodni element, prisutan u Zemljinoj kori. Izotopi urana se uglavnom raspadaju putem emisije alfa čestica (jezgara atoma helijuma), ali se često dešava i proces spontane fisije, prilikom koga se atomsko jezgro urana cepa na dva dela uz oslobađanje nekoliko neutrona koje mogu uhvatiti druga jezgra urana, pri čemu nastaje uranov izotop U-239, koji se raspada pretvarajući jedan svoj neutron u proton, elektron i antineutrino. Elektron i antineutrino se emituju u okolinu, a proton ostaje u atomskom jezgri, pa se tada U-239 pretvara u neptunijum-239 sa poluživotom od 2,12 dana, ali se i on nakon određenog vremena istim pretvaranjem jednog neutrona u proton uz emitovanje elektrona i antineutrina pretvara u plutonijum-239, čiji je poluživot jednak vremenu od 24 i po milenijuma. Ovaj opisani proces, koji se stalno dešava od vremena nastanka Zemlje, predstavlja i izvor prirodnog plutonijuma u uranovim rudama. Plutonijum je drugi pronađeni transuranski element, a pronađen je 1941. godine, godinu dana nakon što je otkriven neptunijum. 1971. godine je u jednom iskopanom fosfatu iz južne Kalifornije koji potiče iz prekambrijskog doba, pronađena veoma mala količina izotopa plutonijuma sa masenim brojem 244, čije je vreme poluživota procenjeno na 80 miliona godina. Ipak, najveća količina plutonijuma na našoj planeti potiče od ljudskih aktivnosti i to najviše od raznih nuklearnih proba. Do sada je posredstvom nuklearnih proba u atmosferu oslobođeno 80 tona plutonijuma-239 i 240, od čega 80 % na severnoj hemisferi.

### **- Da li bi osnovni atom u živom svetu mogao umesto ugljenika biti silicijum?**

Tela svih živih bića su napravljena od ugljenika i njegovih jedinjenja, a ideja o silicijumu kao osnovnom atomu za izgradnju živoga sveta česta je tema naučno-fantastičnih knjiga. S obzirom da su oba ova elementa članovi 4. grupe periodnog sistema, oni imaju i nekoliko zajedničkih osobina. Četvorovalentni su, što znači da imaju po 4 elektrona u spoljašnjem elektronskom omotaču, koji učestvuju u građenju hemijskih veza prilikom formiranja nekog jedinjenja. Grade jedinjenja sa kiseonikom, i stvaraju duge polimerne lance, takođe sa kiseonikom, koji se u slučaju ugljenika nazivaju poliacetalima, a u slučaju silicijuma se nazivaju polimernim silikonima. Međutim, za razliku od ugljenika koji se oksiduje do gasovitog ugljen dioksida, silicijum se oksiduje do čvrstog silicijum oksida, odnosno silikata, a ova razlika bi predstavljala verovatno ključni razlog zašto silicijum ne bi mogao da podržava život. Osim ovoga, živi sistemi moraju posedovati neki način za skupljanje, čuvanje i korišćenje energije koja dolazi iz okoline, a u ugljeničnom svetu, elementi skladištenja su poznati kao ugljeni hidrati formule  $C_x(HOH)_y$ , čijom oksidacijom se dobijaju voda i ugljen dioksid, koji se zatim razmenjuju sa vazduhom. Ugljenični atomi se

međusobno povezuju gradeći dugačke lance, koji se pod dejstvom enzima razgrađuju kada je potrebna energija. Glikogen kod ljudi i životinja, a skrob kod biljki predstavljaju ova rezervna skladišta energije u obliku dugačkih lančanih ugljeničnih molekula. Ova raznovrsnost ugljeničnih jedinjenja, kao i postojanje molekula u levom i desnom obliku, a i prepoznavanje molekula od strane enzima po principu ključ-brava, ne postoji u nama poznatom svetu silicijumovih jedinjenja. Uprkos mnogobrojnim pokušajima dobijanja složenih silicijumskih jedinjenja analognih ugljeničnim, pokazalo se da su ova sintetička jedinjenja isuviše nestabilna i reaktivna.

### **- Koliko bi velika bila Zemlja kada bi se pretvorila u neutronska zvezdu?**

Neutronske zvezde predstavljaju zvezde mase od jedne i po do tri Sunčeve mase, koje su nakon potrošnje svog nuklearnog goriva, pod dejstvom gravitacije kolabirale do ogromnih gustina i sastoje se u potpunosti od neutrona. Nastaju u eksplozijama supernova, a sa Zemlje se vide kao pulsari. Neutronska zvezda je oko  $10^{15}$  puta gušća od obične materije, tj. materije koja postoji na Zemlji, a ovoliko gusta Zemlja bi imala prečnika od samo 64 metra. Takođe, interesantno je da ako je Kosmos prečnika oko 20 milijardi svetlosnih godina, što je jednako njegovoj približno procenjenoj starosti, i ako mu je gustina jednaka  $8 \cdot 10^{-30}$  grama po kubnom santimetru, što predstavlja približnu vrednost kritične gustine neophodne da zatvori Kosmos, onda kada bismo hteli da sabijemo Kosmos do gustine vode, njegov prečnik bi iznosio samo 4 svetlosne godine, a kada bi bio sabijen do gustine neutronske zvezde, imao bi prečnik od samo 0,00004 svetlosne godine, ili 400 miliona kilometara, što je jednako skoro trostrukom rastojanju od Zemlje do Sunca.

### **- Da li je Zemlja uglačanija od loptice za skvoš?**

Da bismo procenili koje je od ova dva tela uglačanije, moramo najpre uspostaviti odnos u njihovim razmerama. Naime, ekvatorijalni prečnik naše planete iznosi 12 756 kilometara, dok je prečnik loptice za skvoš jednak 4,4 santimetra. Deljenjem prečnika Zemlje i prečnika loptice za skvoš, dobićemo odnos u prečnicima ova dva tela, odnosno  $3,45 \cdot 10^9$ . Stoga, kada bismo smanjili prečnik Zemlje  $3,45 \cdot 10^9$  puta, ona bi postala velika kao jedna loptica za skvoš. Sledeća stvar koju moramo uzeti u obzir prilikom procene o uglačanosti ova dva tela je odnos dimenzija nepravilnosti, odnosno uzdignuća i ulegnuća na njihovim površinama. Na jednoj loptici za skvoš koja se u našem svetu percepcije smatra veoma glatkim predmetom, skoro da ne postoje uzvišenja, već samo mala udubljenja dubina najviše oko desetog dela milimetra. Što se tiče naše planete, najdublja tačka na njoj predstavlja mesto (odnosno tačka) pod imenom *Challenger Deep* koje se nalazi oko 338 km jugozapadno od pacifičkog ostrva Guam u 2500 km dugačkom (prostire se u pravcu severoistok-jugozapad) i 70 km širokom jarku Mariana, a ova najdublja tačka morskog poda koja je dobila ime po brodu koji ju je otkrio 1948. godine, nalazi se na dubini od 11 034 metara ispod nivoa mora. S druge strane, najviša tačka na Zemljinoj kugli je planinski vrh Himalaja pod imenom Mont Everest (ili Sagarmata što znači “čelo na nebu” ili Čomolungma što znači “Božja Majka sveta”) koji se nalazi na nadmorskoj visini od oko 8848 metara. Stoga, možemo uzeti da varijacije prečnika Zemlje iznose 19 882 metra, što deljenjem sa  $3,45 \cdot 10^9$ , odnosno nakon redukovanja varijacija Zemljinog prečnika do dimenzija loptice za skvoš daje vrednost od 0,0686 milimetara što je manje od 0,1 milimetra nepravilnosti površine na ovozemaljskoj loptici, pa stoga možemo zaključiti da su čvrste ivice naše planete znatno uglačanije od jedne loptice za skvoš. S druge strane, kada bismo jednu lopticu za skvoš povećali do razmera Zemlje, tada bi na njoj usled nepostojanja uzdignuća, postojali samo krateri i to dubina od oko 29 km, a prečnika od po oko 60 km. Naime, oni bi na današnjoj Zemlji prodirali kroz

okeansku koru debelu 6 km, kao i kroz Mohorovičićev (ili tzv. Moho) diskontinuitet koji razdvaja Zemljinu koru od njenog omotača. Ipak, kada bi se Zemlja skupila do razmera jedne loptice za skvoš, ona bi se usled velike gustine pretvorila ili u neutronska zvezdu ili u crnu rupu, a tada bi gravitacija na njoj bila mnogo miliona puta jača od gravitacije koju sada osećamo, pa bi to uz njeno rotiranje oko svoje ose, ubrzo dovelo do još većeg izravnavanja njene površine u slučaju neutronske zvezde, dok bi kao crne rupa, površina Zemlje nestala i znali bismo samo za horizont događaja, koji bi bio veoma gladak. S druge strane, povećanje loptice za skvoš do razmera Zemlje značilo bi da bi na svakom njenom kubnom santimetru postojalo samo desetak atoma, što je mnogo ređe od najviših slojeva Zemljine atmosfere na samom prelasku u kosmička prostranstva.

### **- Zašto je 2000. godina bila prestupna, a 1900. nije?**

Godina predstavlja vreme koje prođe dok Zemlja napravi jednu orbitu oko Sunca. Zemlja se okrene oko svoje ose oko 365 puta tokom jednog obrtaja oko Sunca. Svaka ova rotacija Zemlje oko svoje ose predstavlja jedan dan. Međutim, Zemljina godina ne poseduje tačno 365 dana, već 365,242199 dana. Stoga se svaka godina zapravo sastoji od 365 dana i 5 sati, 48 minuta i oko 46 sekundi. Upravo zato se ova dodatna četvrtina dana u svakoj godini manifestuje kao novi dan na svake četiri godine. Iz tog razloga se mesecu februaru svake četvrtine godine, tj. u tzv. prestupnoj godini dodaje po jedan dodatni dan. Tako, februar prestupnih godina ima umesto 28, 29 dana. Međutim, 2000., 1600., 1200. godina su bile prestupne, dok 1900., 1800., 1700., 1500., 1400., 1300. nisu bile prestupne godine. Razlog ovome postoji u onih 11 minuta i 14 sekundi koliko nedostaje svakoj godini da u njoj bude tačno 365 dana i jedna četvrtina dana. Stoga je uvedeno pravilo da svaka godina deljiva sa 100 nije prestupna godina, dok su godine koje su deljive sa 400 (400, 800, 1200, 1600, 2000...) prestupne.

### **- Koja je najveća ikada izgrađena zgrada na Zemlji?**

Arhitektura definiše zgradu kao zatvorenu građevinsku strukturu stvorenu pre svega za naseljavanje. Stoga je u trci za najveću zgradu ispala 553 metra visoka *CN Tower* u Torontu, koja nije stambeni, poslovni ili uslužni objekat, slično kao i 300 metara visok Ajfelov toranj u Parizu. Po 452 metra visoka dva *Petronas Tower*-a u gradu Kuala Lumpuru u Maleziji, izgrađene 1998. godine, predstavljaju trenutno najveću zgradu na Zemlji. Obe zgrade imaju po 88 spratova, a visina zgrada se uvek računa od pločnika ulice na kome su postavljene pa do strukturnog vrha zgrade pri čemu se naravno ne računaju antene i slični objekti koji stoje na vrhu zgrade. Na drugom mestu se nalazi 442 metra visoka *Sears Tower* u Čikagu, za koju je karakteristično da ima najviši zauzeti sprat, s obzirom da poseduje sve ukupno 110 spratova, a izgrađena je 1974. godine. Zatim slede 421 metar visoka zgrada *Jin Mao* u kineskom gradu Šangaju, koja je izgrađena 1999. godine i poseduje 88 spratova, pa 417, odnosno 415 metara visoke dve zgrade *World Trade Center*-a u Nju Jorku (viša zgrada je bila izgrađena 1972., a niža 1973. godine, a obe zgrade su imale po 110 spratova), koje su nažalost srušene septembra 2001. godine, a koje bi zajedno sa svojim antenama, koje se ne računaju u zvaničnu visinu zgrade, bile više za po dodatnih 110 metara, pa bi u tom slučaju preuzele titulu najviše ikada izgrađene zgrade na našoj planeti. U 10 najviših zgrada na planeti ulaze još 391 metar visoka *Citic Plaza* u kineskom gradu Guangdžou (izgrađena 1996. godine i poseduje 80 spratova), 384 metra visoka zgrada na trgu Šun Hing u kineskom gradu Šenzenu (izgrađena 1996. godine, a poseduje 69 spratova), 381 metar visoka *Empire State Building* u Nju Jorku (izgrađena još 1931. godine, a poseduje 102 sprata), *Central Plaza* (374m, izgrađena 1992. godine sa 78 spratova), i *Bank of China Tower* (369m, izgrađena 1989. godine sa 70 spratova)

u Hong Kongu i *Emirates Tower* (355m, izgrađena 2000. godine sa 55 spratova) u Dubaiu. Ipak, kažu nam da trka za najvišim neboderom još uvek nije završena, jer postoji preko 50 predloženih zgrada koje bi trebalo da sruše rekord najveće zgrade. Među njima je *7-South Dearborn* zgrada u Čikagu, čija izgradnja se privodi kraju, visina će joj iznositi 472 metra, a posedovaće rekordnih 112 spratova. Takođe, u Šangaju se gradi Svetski finansijski centar koji će biti visok 457 metara, a Svetski centar za učenje Veda u gradu Jabalpuru u Indiji biće piramidalnog oblika, a visina će mu iznositi čak 677 metara. Ipak, trenutno najperspektivniji projekat nebodera na svetu predstavlja budući *Bionic Tower* u Hong Kongu koji će biti visok 1228 metara, a imaće čitavih 300 spratova.

## **- Kako se boje meteorološke slike Zemlje snimljene iz satelita?**

Sigurno je da je Zemlja u našem svetu postala drugačija onog trenutka kada se pojavila prva njena fotografija iz Kosmosa. Mogli smo da vidimo našu planetu po kojoj hodamo kao na dlanu, a o izgledu ove fotografije su verovatno samo sanjali ljudi koji su živeli na Zemlji pre šezdesetih godina 20. veka. Satelitske slike Zemlje nisu uvek prirodno obojene tako da prikazuju plave okeane, bele vazdušne struje i zelene ili žute kontinente, već se često primenom različitih tehnika, boja ovih slika podešava tako da bi se uočili ili naglasili pojedini korisni detalji. Pošto meteorologe najčešće interesuje položaj oblaka ili uopšte oblasti sa velikom koncentracijom vodene pare iznad Zemljine površine, tada se Zemlja osim pomoću običnih kamera osetljivih samo na vidljivu svetlost, fotografiše i pomoću kamera osetljivih samo na infracrvene talase koje za razliku od običnih kamera, podjednako dobro vide oblake kako danju, tako i noću. Naime, poznato nam je da toplija tela emituju više infracrvenih talasa od hladnijih tela, pa će stoga hladniji oblaci sa većih visina emitovati infracrvene talase manjeg, a niži i topliji oblaci talase većeg intenziteta. Na ovim slikama velike vodene površine na Zemlji kao što su mora ili jezera ispadaju bele zbog njihove velike emisije infracrvenih talasa, pa se oni stoga kompjuterski (ili ručno) boje kako bi se dobila slika raspodele vodene pare u Zemljinoj atmosferi. Pomoću infracrvenih detektora na satelitima se mogu odlično registrovati i munje čak i po danu, pa je tako nedavno napravljena i prva mapa Zemlje sa raspodelom munja, na kojoj se vidi da najviše munja pogađa Zemlju na Floridi, Himalajima i u centralnoj Africi, dok su polovi i okeani mesta iznad kojih se dešava najmanje električnih pražnjenja između Zemlje i oblaka. Danas postoje satelitske slike (ili bolje rečeno mape) naše planete bez oblaka sa rezolucijom manjom od jednog kilometra, a prikazuju Zemlju, kako danju, tako i noću. Naime, umesto okeana, oblaka i kopna, noću se na Zemlji vide samo veštačka svetla, posebno iznad velikih gradova, a lako se može prepoznati severnoamerička mreža autoputeva, koja slično Trans-sibirskoj železnici izgleda kao svetla mreža posuta malim zvezdama u vidu svetlih okolnih gradova. Reka Nil je takođe zahvaljujući veštačkom osvetljenju vidljiva od Asuanske brane do Mediteranskog mora, dok je danju snežno beli Antarktik noću potpuno mračan, kao i najveći deo Afrike i Južne Amerike.

## **- Kako da znamo na kom je mestu sevnula munja?**

Svetlost putuje kroz vakuum brzinom od oko 300 000 kilometara u sekundi, dok se u vazduhu neznatno usporava, a zvuk se, s druge strane, prostire kroz vazduh brzinom od oko 330 metara u sekundi. Uzimajući u obzir da je vreme koje je potrebno svetlosti da stigne od izvora do vašeg oka zanemarljivo malo, kada vidite munju počnite da brojite u sekundama do trenutka kada čujete grom. Proizvod brzine zvuka i izbrojanog vremena daće vam približno rastojanje od vas do mesta na kome je sevnula munja. Drugim rečima, množenjem odbrojanog

vremena u sekundama sa 330 dobićete približno rastojanje od vas do mesta na kome je udario grom, naravno u metrima.

### **- Zašto nam je potreban električni ispravljač ako putujemo preko okeana?**

Iako tehnologija služi da nam približi svet, još uvek postoje bitne razlike među nekim zemljama, a jedna od njih je električna standardizacija. Ukoliko često putujemo, posebno sa nekim od svojih električnih uređaja, onda nam neusklađena električna standardizacija na planetarnom nivou može predstavljati mali problem. Jugoslavija, kao i mnoge druge zemlje, za isporučivanje električne energije koriste napon od 220 (ili 240) Volti, dok SAD i veći deo zapadne hemisfere Zemljine lopte koriste napon od 110 do 120 Volti. Indija, Brazil i Južna Afrika koriste jednosmernu struju, dok skoro sve ostale države, uključujući i našu, koriste naizmjeničnu struju. Takođe, neke zemlje (uglavnom one na 220 Volti) koriste naizmjeničnu struju frekvencije 50 Herca, dok se stanovnici drugih zemalja (uglavnom one na 110 Volti) snabdevaju strujom frekvencije 60 Herca. Ova mala razlika u frekvencijama najčešće ne predstavlja nikakvu smetnju za uređaje, osim ako nemate električni sat koji će onda u nekoj drugoj zemlji raditi brže ili sporije. Ipak, ukoliko bismo uređaj prilagođen za naizmjeničnu struju priključili na tok jednosmerne struje, on bi skoro sigurno pregoreo. Stoga, kako bismo priključili naš uređaj za zidni strujni utikač kroz koji protiče struja različite snage od one na kojoj normalno funkcioniše aparat, potrebne su nam dve stvari: adapter koji služi da promeni oblik priključka za struju, a zatim konvertor ili transformator, koji prilagođavaju napon struje vašem uređaju. Naime, pomoću konvertera je moguće promeniti napon od 220 V na 110 V, ali ne i obrnuto s obzirom da on zapravo predstavlja jedan električni prekidač koji brzo naizmjenično propušta i blokira struju kako bi redukovao njen napon. Adapteri se mogu koristiti samo kod aparata koji su uključeni u struju ne duže od nekoliko minuta (npr. fen ili aparat za brijanje), ali ne i npr. kod napajanja kompjuterskih čipova. S druge strane, pomoću transformatora se može izvršiti kako redukovanje, tako i povećanje napona za potrebe električnog uređaja, pa je njegova upotreba uvek pogodnija.

### **- Koliko brzo se kreće Zemlja?**

U skladu sa Ajnštajnovom teorijom relativiteta, kada govorimo o kretanju, moramo znati da se tela uvek kreću u odnosu na nešto ili nekoga, tj. u odnosu na neki referentni sistem. Stoga, ako posmatramo kretanje površine Zemlje u odnosu na centar planete, primetićemo da Zemlja, zajedno sa nama na njenoj površini, rotira oko svoje ose jednom u 23 časa, 56 minuta i 4,09053 sekunde, što predstavlja tzv. siderealni period ili zvezdani dan ( s obzirom da se meri u odnosu na zvezde, a ne u odnosu na Sunce) koji je za oko 4 minuta kraći od srednjeg sunčanog dana. S obzirom da obim Zemlje iznosi 40 075 kilometara, iz odnosa ove dve veličine možemo izračunati da je brzina obrtanja Zemlje oko svoje ose jednaka 460 metara u sekundi ili oko 1000 milja na čas. Takođe, Zemlja se okreće i oko našeg Sunca po približno kružnoj orbiti brzinom od skoro 30 kilometara u sekundi, a uz to i ceo Sunčev sistem, pa i mi sa njim, kreće se oko centra naše Galaksije brzinom od oko 220 kilometara u sekundi. Osim ovih relativnih kretanja, satelit COBE pušten u orbitu 1989. godine, uspeo je da izmeri i kretanje naše planete u odnosu na kosmičko pozadinsko zračenje, a ova brzina je jednaka brzini od 390 kilometara u sekundi.

### **- Da li teža ili lakša tela padaju brže ka Zemlji?**

Galileo Galilej je početkom 17. veka formulisao zakon slobodnog pada po kome sva tela pri slobodnom padu bez obzira na svoju težinu, za ista vremena prevaljuju iste puteve, pri čemu je pređeni put srazmeran kvadratu vremena padanja. Stoga, ukoliko sa iste visine i u istom trenutku ispustimo ka Zemlji dva tela različite mase, a istog oblika (ili tačnije tela iste simetrije – npr. dve lopte različitih zapremina), oni će istovremeno pasti na Zemlju. Zemlja u većoj meri privlači telo sa većom masom, ali je masivnije telo i teže ubrzati od lakšeg tela, pa će stoga oba tela padati jedan pored drugog ukoliko su istog oblika. Naravno, ukoliko su tela različitog oblika, tada će otpor vazduha više uticati na telo čija je površina u pravcu leta veća, pa će takvo telo padati sporije od tela sa manjom površinom u pravcu leta.

### **- Kako igla kompasa uvek pokazuje sever?**

Magnetni kompas se (za razliku od žiroskopskog kompasa) sastoji od malog, laganog magneta (tzv. igle) koji balansira na osnoj tački. Jedan kraj magneta je najčešće obeležen slovom N (*North* - sever) ili je jasno obojen kako bi se ukazalo da pokazuje pravac severa. Pošto se suprotni magnetni polovi privlače, tako će jedan pol magneta kompasa uvek biti okrenut ka severnom magnetnom polu Zemlje, dok će drugi pol magneta biti orijentisan ka južnom magnetnom polu Zemlje. Pošto je Zemljino magnetno polje izuzetno slabo, neophodno je da igla kompasa bude izuzetno lagana, kao i da stoji na ležaju na kome je trenje minimalno. Usled pojave trenja igle sa ležištem, ponekad je neophodno malo prodrmati kompas da bi on pokazao sever, a kao posledica svoje velike osetljivosti, pomoću kompasa se mogu registrovati i male promene magnetnog polja kao npr. u okolini žice kroz koju prolazi struja elektrona. Iako poreklo Zemljinog magnetnog polja još uvek nije razjašnjeno, smatra se da se u uslovima visokih pritisaka u Zemljinom jezgru, jedan deo tečnog gvožđa kristalizuje i pod dejstvom strujanja toplote, kao i rotacije Zemlje, ovo kristalno gvožđe takođe počinje da rotira što dovodi do pojave slabog magnetnog polja oko Zemljine ose rotacije. Ukoliko i sami želite da napravite kompas sa savršenim ležištem na kome neće biti nimalo trenja, namagnetišite jednu šivaću iglu (tako što ćete proći magnetom napred-nazad nekoliko puta iznad nje), postavite je na komad plute, a plutu stavite na neku vodenu površinu, kao npr. na čašu vode.

### **- Da li je magnetno polje Zemlje promenljivo?**

Zemljino magnetno polje, odnosno njena tzv. magnetosfera formira jednu vrstu štita koji usmerava kosmičko zračenje ka polovima i na taj način sprečava prodor visokofrekventnog (a time i visokoenergetskog) kosmičkog zračenja ka naseljenim delovima Zemljine kugle. Magnetno polje Zemlje se stalno menja, kako po pitanju pravca, tako i po pitanju intenziteta, pa je stoga skoro nemoguće predvideti kako će ono izgledati u budućnosti. Dok se smer Sunčevog magnetnog polja obrće na svakih 11 godina, poslednje obrtanje smera magnetnog polja Zemlje desilo se pre oko 700 000 godina, a smatra se da su se u prethodnih 200 miliona godina, ovakve promene dešavale na svakih pola miliona godina. U većini geomagnetskih opservatorija na planeti, došlo je do opadanja jačine Zemljinog magnetnog polja od oko 10 % u odnosu na jačinu polja sa početka 20. veka, a još uvek nije poznato da li ovo opadanje predstavlja samo fluktuaciju ili polako dovodi do obrtanja smera magnetnog polja. Takođe, još uvek nije poznato u kojoj meri magnetno polje Zemlje utiče na život na njoj, ali je poznato da mnoge migrirajuće životinje, kao npr. ptice, kitovi ili leptiri koriste magnetizam za navigaciju, dok postoje i određeni organizmi, među kojima je možda i čovek, koje u sebi poseduju izvesne količine magnetnog minerala magnetita, čija se orijentacija u prostoru menja u zavisnosti od smera prisutnog magnetnog polja.

## **- Kada stignemo na severni pol, koji pravac pokazuje igla kompasa?**

Postoje dva severna pola: geografski i magnetni. Geografski severni pol je tačka na 90 stepeni severne geografske širine i on je prikazan na većini mapa. Geografski polovi predstavljaju jedine dve tačke na površini naše planete koje ne rotiraju oko Zemljine ose rotacije jer joj pripadaju. S druge strane, magnetni pol je tačka u kojoj su linije sila magnetnog polja koje spajaju magnetne polove Zemlje vertikalne u odnosu na Zemljinu površinu. Ovaj severni pol nije uvek na istom mestu, do nedavno se nalazio na zapadnom Grenlandu, na nekih 77 stepeni severne geografske širine, zatim je prešao u Kanadu (danas je lociran nedaleko od luke Rezolut, koja je jedno od najsevernijih naselja u Kanadi i u kojoj živi samo oko 200 ljudi) sa čije se teritorije smatra da će izići 2004. godine nakon čega će preći u Aljasku da bi sredinom 21. veka već bio u Sibiru. Premda se severni magnetni pol pomera ka severu ili severozapadu tokom poslednjih sto godina, nije nam poznato dokle će se ovakvo kretanje nastaviti i da li će ono eventualno promeniti smer, pa možda i pravac kretanja. Magnetni polovi mogu značajno ubrzati svoje kretanje, premda se kreću brzinom od oko 10 do 40 kilometara godišnje. Premda se stalno menja usled kretanja magnetnog pola, rastojanje između magnetnog i geografskog severnog pola, danas iznosi 966 kilometara. Igla kompasa će uvek težiti da zauzme isti smer kao i linije sila magnetnog polja, tako da kada se nalazite blizu polova magnetnog polja je izuzetno jako tako da su linije sila usmerene ka zemljinoj površini. Usled toga igla kompasa je povučena vertikalno nadole. Ako blago kucnete kompas, igla će se usmeriti u napred i vi ćete misliti da je sever pravo. Ako opet kucnete kompas, igla će se usmeriti unazad i vi ćete misliti da je sever iza vas. Zato su kompasi beskorisni u okolini severnog i južnog magnetnog pola, a premda su GPS sistemi navigacije skoro u potpunosti zamenili kompase na našoj planeti, kompase i dalje koriste mnogi mornari, piloti, kao i putnici na zemaljskim putevima.

## **- Šta je to El Ninjo?**

El Ninjo je vremenski period na Zemlji tokom koga je temperatura morske površine duž južnoameričke obale i u ekvatorijalnom Pacifiku iznad normalne. El Ninjo, što na španskom znači "mladić" ili "Hristovo dete", pojavljuje se najčešće tokom meseca decembra, a na svakih 3 do 7 godina, kada se smanje jaki vetrovi koji pokreću površinske okeanske struje ka zapadu, što dovodi do prestanka podizanja hladnih dubinskih voda, pa i do naglog porasta temperature površine Okeana. Osim što ovo zagrevanje odvlači ribu ka dubljim vodama i dalje od ribarskih mreža, ono znatno utiče na vremenske prilike i u drugim delovima planete. Veoma tople vode u ekvatorijalnom Pacifiku ispuštaju više vlage u vazduh dovodeći tako do porasta broja pljuskova, oluja sa grmljavinom i tropskih oluja, što znatno utiče na vazdušne tokove u najvišim slojevima atmosfere i dovodi do vremenskih neprilika najviše u Severnoj Americi. Australija, Indonezija, Brazil, Indija i Afrika, s druge strane često doživljavaju velike suše, jer su El Ninjom uzrokovane oluje odvučene sa ovih područja. Argentinu, Južnu Kinu, Brazil i Japan mogu pak zadesiti dugotrajne kiše i poplave. Uz sve ovo, El Ninjo dovodi i do smanjenog broja uragana u Meksičkom zalivu i u zapadnom Atlantiku, a do porasta broja tropskih oluja u Pacifiku. El Ninjo smanjuje i količine snežnih padavina u Severnoj Americi, a topliji zimski dani su tokom El Ninja prisutni u Kanadi i na Aljasci.

## **- Šta je to efekat staklene bašte?**

Efekat staklene bašte predstavlja zagrevanje atmosfere planete usled neprozirnosti atmosferskih gasova za infracrvene talase koji dolazi iz Kosmosa, a u najvećoj meri sa Sunca.



Naziv ovog efekta potiče od mehanizma zagrevanja koji je veoma sličan zagrevanju vazduha u staklenoj bašti, osim što u planetarnim razmerama, ulogu stakla preuzima sama atmosfera. Glavni izvor infracrvenih talasa za našu planetu predstavlja površina Sunca. Apsorbovani dugotalasni infracrveni elektromagnetni talasi od strane atmosfere Zemlje uzrokuje da ravnotežna temperatura atmosfere, a samim tim i temperatura planetarne površine bude viša za 33 stepena nego što bi bila njena temperatura bez postojanja atmosfere. Na Veneri, efekat staklene bašte podiže temperaturu planete za čitavih 500 stepeni, dok na Marsu usled ovog efekta dolazi do povećanja temperature za samo 5 stepeni. Od svih gasova koji čine Zemljinu atmosferu, ugljen dioksid je glavni apsorbent infracrvenih talasa, ali i vodena para i retki gasovi takođe imaju značajnu ulogu u ovakvom zagrevanju planete. Globalno zagrevanje planete je veoma povezano sa pojačanim efektom staklene bašte (bez efekta staklene bašte ne mogu bio moguć život na našoj planeti), koji sve više dolazi do izražaja sa povećanjem koncentracije ugljen dioksida i drugih tzv. *greenhouse* gasova u vazduhu, pod dejstvom raznih ljudskih aktivnosti, a pre svega sagorevanjem fosilnih goriva, kao što su ugalj i nafta.

### **- Da li bacanje đubreta utiče na globalno zagrevanje?**

Ugljen dioksid (CO<sub>2</sub>) je gas koji je najodgovorniji za pojavu pojačanog efekta staklene bašte, odnosno globalnog zagrevanja. Ugljenik koji bacamo u đubre u obliku drveta ili papira, u najvećoj meri se razgradi putem oksidacije ili putem dejstva anaerobnih bakterija, pa se zatim vraća u atmosferu. Za ovaj proces vraćanja ugljen dioksida iz đubreta u atmosferu je potrebno između jedne i hiljadu godina, što zavisi kako od tipa materijala, tako i od načina postupanja sa njim na đubrištu. U uređenijim zemljama se oko 5 % otpada (tj. oko 3 – 4 % ugljenika) zakopa u Zemlju, dok se ostatak đubreta sagori radi dobijanja korisne energije. Sagorevanje fosilnih goriva (benzin, ugalj, nafta...), kao i uništavanje šuma (jer biljke troše ugljen dioksid u procesu fotosinteze), ipak, najviše utiču na globalno zagrevanje planete. Takođe, svi otpaci tokom čijeg razlaganja dolazi do emisije ostalih gasova koji u atmosferi apsorbuju Sunčevu svetlost i prevode je u pojačano vibriranje atoma u molekulu (osim ugljen dioksida, to su i metan, hlorofluorouglenici, azotni oksidi, vodena para...), a time i u povećani toplotni sadržaj atmosfere, dovode do globalnog zagrevanja. Uz ovo, dalje povećanje temperature na planeti bi moglo da dovede i do povećanog oslobađanja ugljen dioksida i metana pod dejstvom ubrzanog razlaganja organske materije u zemljištu. Velika količina gasifikovanog ugljenika je u obliku metana koji još više utiče na globalno zagrevanje nego ugljen dioksid, pa se stoga smatra da bi bilo korisno termalno gasifikovati drveni i papirni otpad za upotrebu u gasnim turbinama, što bi pretvaralo ugljenik nazad u ugljen dioksid i obezbeđivalo korisnu energiju.

### **- Kako se pravi đubrivo?**

Da bismo sami napravili prirodno đubrivo (kompost), potrebni su nam otpaci organskog porekla (kao npr. novine, lišće, trava, korov, slama, kore i semenke povrća i voća, drveni materijali...), zemlja (izvor mikroorganizama), voda (40 – 60 %) i vazduh (izvor kiseonika). Tokom procesa pravljenja đubriva, mikroorganizmi iz zemlje (bakterije, gljive, aktinomicete) jedu organske otpatke i razlažu ih do jednostavnijih jedinjenja, tokom čega nastaje ugljenikom bogati humus sa mnoštvom drugih elemenata kao što su azot, fosfor i kalijum. Mikroorganizmi razlažu organske materije u procesu aerobične respiracije, pa im je stoga potreban i kiseonik, kao i voda u kojoj žive i razmnožavaju se. U procesu respiracije, mikroorganizmi stvaraju još i ugljen dioksid i toplotu, pa se stoga temperatura đubriva penje do između 28 i 66 °C. Ukoliko se smeša svih neophodnih komponenti s vremena na vreme promeša i navodnjava, đubrivo se može dobiti za par nedelja, dok će bez brige i održavanja,

proces nastanka trajati nekoliko meseci. Odnos ugljenika i azota u dobro pripremljenoj smeši iznosi oko 30 : 1, a važno je i čitavu smešu dobro usitniti. Jedna od korisnih stvari koje se postižu pravljjenjem đubriva je smanjenje količine čvrstog otpada. Inače, u đubrivnu smešu se ne smeju stavljati spore i semenke invazivnog korova (koje će ostati u smeši i početi da rastu u okolini biljke zalivene đubrivom), pepeo i mastiljavi papir (što deluje toksično na mikroorganizme), pesticidima prskane biljke (jer će pesticidi opstati u smeši i preneće se na đubrivom polivenu biljku), i naravno, svi materijali koji se ne mogu razložiti prirodnim putem kao što su plastika, staklo, metali, keramike, boje, mašinsko ulje itd., a u đubrivnu smešu se mogu stavljati i svi baštenski i kuhinjski otpaci, uključujući ostatke jela, pokvarena jela, ljuske od jaja, krompira, krastavaca i drugog povrća, ostavi čaja, sveže pokošena trava, uvelo cveće, precvetalo sobno bilje, treset, slama, paprat, kućna prašina, papir, karton, drveni pepeo, vuneni i pamučni ostaci, piljevina, kokošji i zečji izmet (ali ne i neki drugi), kao i morske alge.

### **- Ako Njutnov zakon akcije i reakcije uvek važi, kako onda možemo da se odbacujemo od predmeta ili da ih sami guramo?**

Njutnov treći zakon kretanja, poznatiji kao zakon akcije i reakcije nam kaže da svakoj sili u prirodi odgovara po intenzitetu jednaka i suprotno usmerena sila. Stoga, kada želimo da gurajući pomerimo neki predmet, primenićemo silu na njega u onom pravcu u kome želimo da ga gurnemo, a predmet će delovati silom jednakog intenziteta na nas. Čuven je primer bistrog, ali lenjog konja koji je jednom prilikom, kada mu je farmer rekao da bi mogao da pogura kolica, odgovorio kako to nema smisla jer koliko god da on bude vukao kola, ona će delovati na njega jednakom, ali suprotno usmerenom silom, što će dovesto do uravnotežavanja sile akcije i sile reakcije, pa će rezultujuća sila biti jednaka nuli i kola neće moći da se pokrenu. Ovakvo razmišljanje bi zaista i bilo ispravno ali samo kada bi mi i naš predmet, kao i konj i njegova kolica plutali u bezvazdušnom prostoru, odnosno kada osim subjekata ne bi postojala i Zemlja. Naime, da bismo proračunali kako će se odigrati jedan proces u kome delujemo silom, uvek moramo uzeti u obzir sve sile koje izaziva dejstvo naše, inicirajuće sile. U slučaju kada guramo neki predmet od sebe, mi delujemo silom i na pod ispod nas, pa kao reakcija na ovu silu i pod deluje silom na nas, a i telo koje guramo deluje silom na podlogu, koja zauzvrat deluje jednakom silom na telo. Ukoliko je reakciona sila kojom Zemlja deluje na nas veća od reakcione sile kojom predmet deluje na nas, mi ćemo uspeli da pomerimo predmet. Istovremeno, kola koja gura konj ili predmet koji mi sami guramo, pomeriće se unapred kada je sila kojom delujemo na predmet veća od sile trenja između predmeta i Zemlje. Slično tome, kada skočimo odbacivši se od Zemlje, mi za ovo koristimo rezultujuću silu kojom Zemlja deluje na nas, što raspoređujemo po mišićima i skačemo u visinu.

### **- Zašto lišće sa drveća tone u snegu?**

Ukoliko ga prethodno vetar ne odnese, list koji sa drveta padne preko snežnog pokrivača, polako počinje da tone kroz njega, a ovaj proces najčešće traje nekoliko dana. Razlog propadanja lista kroz sneg je upravo u različitoj boji snega i lista. Naime, sneg je beo, što znači da reflektuje svu vidljivu Sunčevu svetlost koja pada na njega. Međutim, list je najčešće žute boje što znači da reflektuje žutu (i zelenu najčešće), ali ne i ostale boje (najčešće crvenu i plavu) iz Sunčevog spektra svetlosti. Boje koje neki predmet ne reflektuje, on može ili propustiti ili apsorbovati i zatim prevoditi u toplotu. Pošto list nije providan, znamo da se vidljiva svetlost veoma malo propušta kroz njega, pa stoga boje koje list ne reflektuje, on apsorbuje i prevodi ih u neki vid toplote (intenzivnije vibriranje čestica koje proizvodi

infracrvene elektromagnetne talase ili povećana kinetička energija atoma i molekula u listu). Pošto list apsorbuje više svetlosti od okolnog snega, on postaje i malo topliji od njega. Poznato je da se u kontaktu dva tela različitog toplotnog sadržaja, toplota spontano kreće od toplijeg tela na hladnije, pa stoga i list svoj višak toplote predaje snegu koji je sa njim u kontaktu, a to je sneg ispod njega koji počinje da se topi brže od snega iznad koga nema listova. Sa topljenjem snega ispod lista, Zemljina gravitacija povlači list nadole, tako da se topljenje snega nastavlja sve dok list ne dospe do zemljane ili travnate Zemljine površine.

### **- Kako nastaju ledena doba?**

Ledena doba predstavljaju periode u Zemljinoj istoriji kada je veliki deo njene površine (između 10 i 30 % od ukupne površine) bio prekriven ledom i kada je na Zemlji bilo veoma hladno (u proseku za oko 15 °C manje nego danas). Starost Zemlje se procenjuje na oko 4,5 milijardi godina, a za to vreme, na njoj je bilo nekoliko ledenih doba koja su trajala po nekoliko desetina miliona godina. Smatra se da ledena doba obuhvataju 15 – 20 % Zemljine istorije. Poslednje ledeno doba na Zemlji je trajalo od pre oko 1,6 miliona godina do pre oko 10 000 godina. Veliki ledeni pokrivači na Grenlandu i Antarktiku govore nam da ledeno doba nije tako davno prošlo, ali nas i upozoravaju da moramo voditi računa o našoj atmosferi kako se snežni pokrivač ne bi ponovo povećao. Naime, zimi uvek padne puno snega. Kada bi se on iz godine u godinu zadržavao na površini, nastupilo bi novo ledeno doba. Prema tome, neophodno je da svakog proleća dođe do topljenja snega, a topljenje nastaje usled toplote koju vazduh donosi sa mora. Upravo nas zato mora, odnosno okeani štite od ledenog doba. Naime, voda ima veoma veliki toplotni kapacitet – sposobnost da upija i konzervira toplotu. Stekavši leti zalihe toplote, okeani i mora nas zagrevaju zimi ovom toplotom atmosferu. Sakupivši toplotu na tropskim geografskim širinama, okeanske struje je nose ka severnim morima, ublažujući i ujednačavajući klimu naše planete. Voda je jedina supstanca u prirodi koja sa snižavanjem temperature počinje da se širi na nekoliko stepeni pre tačke mržnjenja. Zahvaljujući ovoj jedinstvenoj osobini, led pluta na vodi i sprečava dalje hlađenje vode ispod sebe i na taj način održava život koji i dalje opstaje ispod ledenog pokrivača. Međutim, zanemarujući jedinstveni temperaturski raspon vode od 0 do 4 °C, površinska voda u morima je topla, dok su dubinske vode izuzetno hladne (voda je najgušća na 4 °C, što definiše i temperaturu morskog dna, jer se hladnija voda podiže ka visini i meša sa gornjom toplijom vodom). Ukoliko bi se u atmosferi pojavila prekomerna količina prašine, Sunčeva svetlost ne bi mogla u dovoljnoj meri da prodre do tankog toplog površinskog sloja okeanskih voda koja nas čuvaju od ledenog doba. Tako, na primer, vulkanske erupcije izbacuju u atmosferu velike količine prašine, što dovodi do blokiranja Sunčeve svetlosti i do osetnog pada temperature. Da bi se suprotstavili ledenom dobu, moguće je sagraditi veliki broj automatizovanih pumpi širom planetarnih mora i okeana. Ove pumpe bi iz dubina vadile hladnu vodu, koja bi se grejala na Suncu. Na taj način bi se proširio tanki sloj tople vode koji nas štiti od ledenog doba. S druge strane, ne obazirući se na klimatsku važnost mora, Milutin Milanković je formulisao tzv. astronomsku teoriju ledenih doba po kojoj se ledena doba pojavljuju u pravilnim intervalima, a njegova teorija uzima u obzir tri promenljiva Zemljina orbitalna parametra, a to su: ekscentricitet (tj. eliptičnost – otklon od današnje skoro kružne orbite), nagib Zemljine ose rotacije ka orbitalnoj ravni i stepen kolebanja Zemljine ose rotacije. Teorijskom kombinacijom ova tri faktora se dobija podatak da Arktički krug koji se prostire do geografskih širina od 60 – 70 ° na svakih 100 000 godina počinje da doživljava prilično hladna leta koja traju nekoliko stotina ili hiljada godina, što omogućuje širenje snežnih polja u okolini severnog pola i njihovo pretvaranje u lednike, što inicira novo ledeno doba.

### **- Šta su to stalaktiti i stalagmiti?**

Ukoliko ste se nekada šetali kroz neku pećinu na Zemlji, sigurno ste primetili kupaste providne šiljkove koji vise sa plafona pećina i nazivaju se stalaktitima, kao i slične strukture koje se uzdižu sa poda pećine, a koje nazivamo stalagmitima. I stalaktiti i stalagmiti se sastoje od kalcijum karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ), a nalaze se u pećinama koje su izgrađene od minerala krečnjaka. Kalcijum karbonat se lako rastvara u vodi, a pogotovo ukoliko je ona kisela, kao što je slučaj sa kišom. Naime, dok kapi vode padaju sa oblaka ka Zemlji, u njima se rastvara malo ugljen dioksida iz vazduha. Molekuli ugljen dioksida u vodi stvaraju veoma slabu ugljenu kiselinu, tako da su kapi kiše uvek blago kisele. Kiša koja pada na Zemlju prolazi kroz zemljani sloj, kreće se zatim kroz šupljine u stenama i otiče u podzemne vode. Ove, podzemne vode možemo da primetimo ukoliko iskopamo bunar. Naime, podzemne vode će se slivati ka oblasti nižeg pritiska kao što je bunar i mi ćemo moći da punimo kofe sa vodom iz njega. Pošto je kiša blago kisela, ista ova osobina važi i za podzemne vode, kao i za sve vode koje teku kroz vazduh koji uvek sadrži ugljen dioksid. Prolaskom pored krečnjačkih stena, ova voda rastvara u sebi malo kalcijum karbonata. Tokom više miliona godina, ove podzemne vode malo po malo mogu rastvoriti toliko krečnjaka od stena pored kojih teku da formiraju šupljine koje postepeno počinju da obrazuju velike pećine. U već formiranim pećinama, podzemne vode koje kaplju sa njenog vrha, taložiće malo rastvorenog kalcijum karbonata tako da male naslage počinju da se pojavljuju. Tako nastaje jedan stalaktit, dok stalagmiti nastaju na mestima gde kapi podzemne vode kaplju na dno pećine gde ostavljaju malo kalcijum karbonata čije naslage postaju sve veće tako da formiraju pravu kupastu ili piramidalnu figuru. Za formiranje stalaktita i stalagmita, potrebno je na hiljade godina ovakvog kapljanja podzemnih voda. Inače, ne toliko lepi kao pećinski, stalaktiti se mogu primetiti i na nekim cementiranim mostovima i tada nastaju za samo nekoliko godina u procesu tokom koga kiša spira malo kalcijum karbonata iz cementa i kapljući sa dna mosta ostavlja male taloge koji nagomilavajući se, formiraju betonske stalaktite.

### **- Šta je to vatra?**

Vatra predstavlja jednu od živopisnih prirodnih pojava koju od svih živih bića na Zemlji, samo ljudi i noćni leptiri mogu mirno posmatrati. Nekada su ljudi mislili da je vatra isto toliko živa kao i mi, ali se danas zna da ona nastaje kao rezultat hemijske reakcije pri kojoj dolazi do stvaranja toplote i svetlosti. Vatra predstavlja vidljivi proizvod hemijske reakcije neke supstance sa kiseonikom iz vazduha, a ponekad i sa hlorom. Žuti plamen, koji se obično vidi, predstavlja oblast ispunjenu vrućim česticama ugljenika koje imaju dovoljno energije da zapale i neku drugu supstancu. U većini slučajeva, da bi nastala vatra potrebna nam je određena količina raspoložive toplotne energije kako bi reakcija započela, kao i prisustvo dovoljne količine kiseonika ili hlora. Jednom započeta reakcija sagorevanja trajaće sve dok ne prestane dovod goriva ili kiseonika. Vatra se najčešće stvara ili pomoću trenja, tj. mehaničkog predavanja toplote neophodne za započinjanje hemijske reakcije sagorevanja, ili pomoću stvaranja iskre koja se pretvara u plamen, kao npr. kod trljanja dva kremenca jednog o drugom, prilikom čega nastaje iskra koja pali pripremljeno gorivo. Izviđači u prirodi često trljaju dva komada mekog i tvrdog drveta sve dok nagomilana toplota ne zapali neki lako zapaljivi materijal, kao npr. suvo lišće, ptičije perje, iverje ili pilovinu. Vatra, takođe, može nastati upotrebom sočiva ili zakrivljenih ogledala, koja fokusiraju Sunčevu svetlost u jednu tačku u kojoj je prisutan zapaljivi materijal.

### **- Šta je to indijansko leto?**

Uobičajena definicija indijanskog leta nam kaže da ovo leto predstavlja svako lepo vreme nakon što je pao prvi jesenji mraz u godini. Mraz predstavlja prirodni atmosferski proces kondenzovanja vodene pare iz vazduha direktno u kristale leda na površini Zemlje (slično rosi kod koje se vodena para kondenzuje u vodene kapi), a primetan je najčešće rano ujutro nakon prohladnih noći. Ipak, postoji i meteorološka definicija indijanskog leta koja nam kaže da ovo leto predstavlja period blago toplog i često maglovitog vremena pri kome temperatura vazduha dostiže temperature od 26 °C, ali samo ako je pre toga u istoj godini, a nakon jesenje ravnodnevnice (trenutka kada Sunčevi zraci koji padaju na Zemlju pod pravim uglom prođu kroz ekvatorijalni pojas i upute sa ka jugu za stanovnike severne, a ka severu za stanovnike južne hemisfere) temperatura vazduha već pala na 0 °C. Naziv indijanskog leta vodi poreklo od Indijanaca koji su ove tople jesenje dane koristili za lov na divljač ili za sejanje žitarica. Upravo zato je indijansko leto termin koji je u upotrebi najviše na severnom delu američkog kontinenta, dok je ovo leto kod nas poznato i kao miholjsko leto, a toplo Sunce koje tada razvejava oblake zove se često miholjskim Suncem.

### **- Zašto iznad pustinja ima malo oblaka?**

Pustinje i polupustinje u vidu peščanih i stenovitih predela obuhvataju oko jedne trećine površine kopna na našoj planeti. Zemlju opasuju dva prstena pustinja. Duž severnog polutara (na 23,5 ° geografske širine) prostiru se pustinje Meksika, jugozapadne Amerike, Sahare, pustinje Male, Srednje i Centralne Azije, uključujući i pustinju Gobi u Kini, kao i pustinje Indije i Pakistana, dok se duž južnog polutara nalaze pustinje Gran-Čako i Patagonija u Južnoj Americi, Kalahari i Karu u Africi, kao i velika Viktorijina i velika Centralna pustinja u Australiji. Godišnji sloj atmosferskih taloga u pustinjama nije veći od 150 - 200 mm, a u nekim oblastima ne premašuje 50 mm. Ovakvu oskudicu u vodi u pustinjama uzrokuju pravci vetrova. Naime, vetrovi koji sa sobom nose kondenzovanu vodenu paru u vidu oblaka i koji duvaju sa mora ili vlažnih povratnika, gube na putu za pustinju svoj dragoceni vodeni tovar. To nastaje ili stoga što je taj put vrlo dug ili što usput nailaze na visoke planine. Kopnene pustinje se načešće nalaze na zapadnim ivicama i oblastima kontinenta u blizini kojih se nalaze i hladne okeanske struje, kao npr. kalifornijska struja duž obale severozapadne Amerike ili struja Benguela duž zapadne obale južne Afrike. Podizanje hladnih okeanskih voda iz ovih struja ograničava vazдушna strujanja, a time i količinu vlage koja bi stvorila tipične kišne oblake iznad suvih pustinjskih oblasti. S druge strane, kišni oblaci i magle su uobičajene pojave u priobalskim oblastima ovih struja, dok se iza njih pružaju ogromna prostranstva u kojima retko pada kiša. Pretežni vetrovi su u ovim oblastima najčešće usmereni od kopna ka pučini, pa stoga i oni odnose oblake nazad ka morima.

### **- Koje je najviše jezero na Zemlji?**

Jezero Titikaka koje se nalazi u istočno-centralnoj Južnoj Americi u okviru Perua i Bolivije, predstavlja najviše plovno jezero na našoj planeti s obzirom da se nalazi na nadmorskoj visini od čak 3810 metara. Jezero Titikaka, površine 8300 km<sup>2</sup> (dužine 196 km, a prosečne širine od 56 km) što ga čini najvećim u Južnoj Americi, a dubine 280 metara, nalazi se na severoistočnoj strani obavijeno snežnim vrhovima Kordiljera Orientala visokih 6400 metara iznad nivoa mora, dok se na njegovoj južnoj strani nalazi poluostrvo Kopakabana. Uski tesnac Tikuina na južnom delu jezera, praktično ga deli na dva dela. Više od 20 reka se uliva u ovo jezero, održavajući njegov nivo vode, dok se samo reka Desaguadero izliva iz njega. Ipak, voda koju odnosi reka Desaguadero iz jezera Titikaka je samo mali deo vode koja odlazi iz jezera, s obzirom da se najviše vode odnosi putem isparavanja pod dejstvom Sunčeve toplote ili pod dejstvom snažnih vetrova. Svojom veoma velikom vodenom

površinom, jezero Titikaka znatno ublažuje hladnu klimu Anda (usled razlike u topotnim kapacitetima vode i kopna), pa se u okolini jezera gaje krompiri, žitarice i drugi usevi koji u suprotnom ne bi uspevali na ovako velikim nadmorskim visinama. Mnogobrojna ostrva se uzdižu iznad kristalno plave vode jezera Titikaka, a mnogobrojni ostaci (palate, bašte i hramovi) civilizacije Inka se nalaze na ostrvu Sunca blizu poluostrva Kopakabana. Istočno od ovog starog ostrva Inka nalazi se ostrvo Meseca na kome se smatra da je nastala jedna od starih, iščezlih civilizacija – narod Tiahuanako.

### **- Da li postoji mesto sa koga se mogu videti i Atlantski i Tihi Okean?**

Postoji nekoliko mesta na američkom kontinentu sa koga možete videti oba bliska Okeana. U blizini Panamskog kanala, u blizini grada Gorgona, nalazi se brežuljak koji se zove breg Balboa (ili Sera Grande), čiji vrh leži na 300 metara nadmorske visine i ako odatle pogledate u pravcu istoka, videćete Atlantski Okean, dok ćete u pravcu zapada videti Tihi Okean. Panamski zemljouž je u svom najužem delu, širok 61 kilometar, pa bi stoga, sa sredine ovog zemljouza, horizont trebao da bude na oko 30 i po kilometara od nas da bismo mogli da vidimo oba Okeana, a ovako širok horizont se postiže sa svake pregledne tačke čija je nadmorska visina veća od 85 metara. U blizini centra panamskog zemljouza postoji nekoliko geografskih položaja sa nadmorskom visinom većom od 85 metara, a najviše ih ima na planinama Kordiljera koje se pružaju od istoka ka zapadu i paralelne su sa rekom Čangres. Sa centralnog planinskog vrha Kordiljera visokog 280 metara iznad nivoa mora, horizont bi nam se nalazio na rastojanju od 65 i po kilometara od nas, što je sasvim dovoljno da bismo videli 26 km u pravcu jugozapada udaljen stari grad Panama, 35,5 km u pravcu severozapada udaljenu obalu Kariba, kao i po 32 km vodene površine oba okeana. Osim Paname, i iz Kostarike je moguće istovremeno posmatrati oba okeana, i to sa 3434 metara visokog vrha vulkana Irazu, koji se nalazi u blizini grada Kartago. Za ovu priliku je najbolje izabrati suvo godišnje doba koje traje od decembra do aprila, probuditi se rano ujutru i popeti se na vulkan, jer se tokom dana pod dejstvom Sunčeve toplote, podignu isparenja vode, pa vidik više nije tako bistar kao u samo praskozorje. Takođe, Atlantik i Pacifik se zajedno mogu posmatrati sa najvišeg planinskog vrha u Kostariki, 3820 metara visokoj planini Čiripo. Čiripo je najveći vrh Kordiljera Talamanka (dela Kordiljera) i predstavlja odličnu tačku gledišta jer se nalazi na pola puta od oba Okeana, tj. na 120 km daleko od svakog. Osim centralne Amerike, mesta sa kojih bi se mogla posmatrati oba Okeana uključuju rt Horn na najjužnijoj tački Čilea, poluostrvo Triniti na Antarktiku i naravno, Kosmos.

### **- Šta su to gejziri?**

Možda ste se nekada šetali nekim kamenim predelima npr. na Islandu ili u parku Jeloustoun, gde se iz žuto-beličastih pukotina u zemlji puši para, kada ste odjednom primetili mlaz vode koji izlazi iz zemlje, a pruža se desetinama metara u visinu podsećajući na fontanu koja pravi buku jednog voza u prolazu. Ipak, nakon nekoliko minuta, isto onako neočekivano kako se ova fontana pojavila, ona i nestaje ostavljajući za sobom malu okruglu baru iz koje se puši vruća voda. Ovakve prirodne fontane vruće vode se nazivaju gejzirskim erupcijama i predstavljaju jedne od najimpresivnijih prirodnih manifestacija hidrotermalne energije. Gejzirske erupcije nastaju na delovima zemlje koji neposredno ispod svoje površine poseduju magmu (vulkansku lavu). Ovakvi predeli se najčešće sreću na vulkanskim ostrvima kao što su npr. Island ili Novi Zeland (gde je početkom 20. veka postojao najviši gejzir na svetu, s obzirom da je voda iz njega izbijala na visinu od 430 metara, ali je on, posle jakog zemljotresa prestao da radi) ili mestima koja su imala burnu vulkansku prošlost kao što je park Jeloustoun u Vajomingu. Kišnica i otopljeni sneg prolaze kroz pukotine u zemlji i interaguju sa toplim

podzemnim kamenjem, pri čemu temperatura vode dostiže temperature mnogo veće od njene tačke ključanja na zemljinoj površini (tj. pri atmosferskom pritisku). Međutim, pošto se iznad nje nalazi dosta kamenih slojeva (ponekad i po nekoliko kilometara), ona nije u stanju da proključa, već postaje pregrejana i njen pritisak se sve više povećava. U jednom trenutku, kada se nagradi dovoljno veliki pritisak vode, ona prevazilazi težinu kamenja iznad sebe i nalazi put kroz zemlju do njene površine, gde izbija u eksplozivnom mlazu, odnosno gejziru. Čitav proces pomalo podseća na grejanje vode u čajniku sa zatvorenim poklopcem. Tek kada pritisak vode postane dovoljno veliki da prevaziđe težinu poklopca, njena para će izleteti napolje i aktivirati zvižduk čajnika. Interesantno je da nakon prve gejzirske erupcije, dolazi do pada pritiska podzemne vode, što uzrokuje njeno dodatno isparavanje (što je niži pritisak koji deluje na tečnost, to se molekuli iz tečnosti lakše oslobađaju u vidu pare) kroz druge okolne kanale koji dolaze do zemljine površine. Kada se ovi kanali isprazne, završava se gejzirska erupcija i počinje ponovno povećanje pritiska podzemne vode sve do sledeće erupcije. Neki gejziri prolaze kroz ovaj ciklus veoma brzo, pa se njihove erupcije dešavaju na svakih nekoliko minuta (*Old Faithful* u Jeloustounu proizvodi fontane visoke do 100 metara na svakih 80 minuta), dok neki gejzirski ciklusi traju i po nekoliko godina (npr. *Steamboat* u Jeloustounu koji pravi fontane visoke i do 200 metara). Na našoj planeti danas postoji oko 700 gejzira, od čega se polovina nalazi u parku Jeloustoun.

### **- Koliko su dugačke sve reke na Zemlji?**

Koliko god da je veliki broj reka na Zemljinom kopnu, istovremena i ukupna zaliha vode u njima iznosi oko  $1200 \text{ km}^3$ , što je manje od trećine one količine vode koja godišnje odlazi u okean iz južnoameričke reka Amazon ( $3787 \text{ km}^3$  godišnje ili između 34 i 121 miliona litara vode u sekundi, zajedno sa tri miliona tona sedimenata svakog dana), što nam govori o stalnom kretanju vode između oblaka, reka i okeana na našoj planeti. Dužina samo deset najvećih reka na našoj planeti – Nila (6695 km), Amazona (6400 km), Jangcea (6300 km), Misipijija sa pritokama Misurijem i Red Rokom (5970 km), Jeniseja sa pritokama Angarom, Bajkalom i Selengeom (5550 km), HoangHoa (5464 km), Oba sa pritokom Irtišom (5410 km), Rio Parane sa pritokom Rio Grandeom (4500 km), Irtiša (4440 km) i Amura sa pritokom Argunom (4416 km) jednaka je 55 miliona metara što je dovoljno da više od jednog puta obiđemo ekvator (oko 40 miliona metara) sa njima. S druge strane, ukupna dužina svih krvnih sudova u našim telima je jednaka oko 100 000 kilometara, što znači da bismo sa njima zajedno mogli da dva i po puta da opašemo ekvator, dok ukupna dužina svih molekula DNK u nama (u jednom ljudskom biću) iznosi između trilion i 10 triliona metara (dužina raspletanog spiralnog lanca DNK iznosi jedan metar, a ljudsko telo se sastoji od između trilion i 10 triliona ćelija), što je više nego dovoljno da sa njim obavijemo Sunce po Zemljinoj orbiti (Zemlja svake godine pređe blizu trilion metara na svom putu oko Sunca) ili da ga prostremo od nas pa sve do samih granica Sunčevog sistema.

### **- Šta je to erozija?**

Kada pričamo o eroziji, najčešće mislimo na prirodni proces koji zajedno sa sobom podrazumeva i sedimentaciju, a predstavlja spiranje kamenja vodom i odnošenja finih stenovitih čestica sa jednog mesta Zemlje na neko drugo mesto. Međutim, postoje i mnogi drugi tipovi erozija koji nisu izazvani vodom. Tako, subvazdušna erozija predstavlja eroziju pod dejstvom atmosferskih pojava, vetrovna erozija se dešava pod dejstvom vazdušnih struja u atmosferi, a pre svega deluje na plaže i pustinje, masena erozija se odnosi na izravnavanje zemljišta pod dejstvom Zemljine gravitacije i velikih nagiba stena, rečna erozija se odnosi na eroziju pod dejstvom pokretnih voda i abrazivnih (nagrizajućih) materijala koje one sa sobom

nose, glacijalna erozija se odnosi na proces pri kome voda najpre ispunjava pore u kamenju, a zatim se tokom zahlađenja pretvara u led, pri čemu se širi i deluje na kamenje pritiskom od čak 2400 atmosfera, što često dovodi do pucanja toliko tvrdog kamenja, kao što su npr. granit (najtvrdi kamen) ili bazalt. Talasna ili priobalna erozija uzrokuje odnošenje plodnog priobalnog zemljišta u more, pa time i smanjenje plaža tokom godina, kao i smanjenje površinske priobalne vegetacije. Pod dejstvom erozije dolazi do postepenog starenja mnogih građevina koje su podigle ljudske ruke, uključujući i egipatske piramide, hramove Maja i Inka, kineski zid, Akropolj, Dioklecijanovu palatu, Mikelandelove biste, crkvu svetog Petra u Rimu itd. Ipak, osim svih ne baš povoljnih stvari koje čini erozija, zahvaljujući njoj danas na Zemlji postoje mnoga plodna, usitnjena zemljišta na kojima se gaje razne biljne kulture. Naime, sila kojom deluju kapi kiše koje padaju sa oblaka je veoma velika i dovodi do razbijanja i sitnjenja krupnih čestica zemlja, pa i kamenja. Kada količina pale kišnice prevaziđe sposobnost upijanja gornjeg sloja zemlje, tada počinje površinsko oticanje vode. Kapi tada prestaju da otkidaju i odnose sa sobom čestice zemlje, već sada to čine površinska vodena strujanja. Voda koja otiče po površini zemlje sadrži između 1/18 i 1/3 čvrstih čestica u svom sastavu, a takva pojava se često naziva površinskom erozijom. Spiranje zemljišta u šumi je 1200 puta manje od erozije na zasađenim njivama, a 3000 puta manje nego na zemljištima na kojima nema vegetacija, pa stoga velika seča šuma veoma povećava eroziju. Rastvorene materije i odlomljene delove stena, naravno odnosi voda. Ona ih najpre taloži u podnožju planina, pa u rečnim koritima, na dnu jezera i na kraju, najveći deo ovog tereta se odnosi u Okean. Tako, npr. reka Misisipi u toku jednog dana odnese u okean 1,5-2 miliona tona taloga rastvorenog u vodi i oko 20 000 krupnijeg taloga koji voda kotrlja po dnu reke. Svaki kubni metar vode reke Neve sadrži 10 grama čvrstog materijala, Volge - 100 grama, a mala rečica Atrek koja se uliva u Kaspijsko more - 18 kg, što je tri puta više od kineske reke Hoangho (žuta reka) koja se smatra najmutnijom rekom na našoj planeti. Naravno, osim čvrstog materijala, reke unose godišnje sa sobom u Okean i 320 miliona tona kalcijuma, 560 miliona tona silicijuma, puno fosfora i azota, pa je stoga biljni i životinjski svet veoma razvijen na ušćima reka u more. Geolozi su izračunali da voda spere sa površine Evrope sloj od jednog metra za 16600 godina, sa površine Australije - za 5128 godina, Severne i Centralne Amerike - za 2857, a sa površine Azije, Južne Amerike i Afrike - za 2000 do 2300 godina. Zemljino kopno godišnje gubi 12 km<sup>3</sup>, odnosno 36 milijardi tona čvrstog materijala samo pod dejstvom erozije. Sa površine kopna od 150 miliona km<sup>2</sup> godišnje otiče u Okean 37 000 km<sup>3</sup> vode od čega 58 % u Atlantski okean i Severno more, 40 % u Tihi i Indijski Okean, dok ostala 2 % vode ispari u vazduh pre nego što stigne do Okeana. U svakom slučaju, reke su poslednja etapa vode koja se vraća u svoju otadžbinu, u Okean.



### 3. More

#### - Zašto čujemo šum mora kada stavimo školjku na uvo?

Šumeći zvuk koji čujemo kada naslonimo jednu spiralnu školjku na uvo potiče od rezonancije zvuka ambijenta koji nas okružuje u kanalima morske školjke. Naime, okolni zvuk ulazi u morsku školjku i odjekuje u njenim unutrašnjim kanalima. Veličina i oblik školjke imaju značajan uticaj na zvuk koji se čuje iz nje, jer različite školjke naglašavaju različite frekvencije. Sličan efekat možemo dobiti ako stavimo praznu šolju za čaj na uvo. Variranjem rastojanja šolje i njenog ugla u odnosu na uvo čućemo zvuke različite jačine. Takođe, što je glasnija okolna buka, to je veći intenzitet zvuka koji dolazi iz školjke. Zvuk iz spoljašnje sredine ulazi u školjku, odbija se od njenih zidova, sudara, preklapa, na nekim frekvencijama stišava, na drugim pojačava i stvara na izlazu tihi i duboki šumeći zvuk koji podseća na talase nekog dalekog mora. Nekada davno, spiralne školjke su imale funkciju slušnog aparata, jer mogu pojačavati jačinu spoljašnjeg zvuka ako se preseku na svom vrhu i naslone na uvo. Sličan efekat se postiže kada stavite poluzatvorenu šaku na uvo. Tako se ponekad mogu slušati razgovori kroz zid, jer dolazi do pojačanja zvuka za čitavih 5 do 10 Decibela.

#### - Da li kitovi i delfini spavaju?

I Kitovi i delfini nisu ribe, već sisari, pa su stoga u mnogo čemu slični ljudima (poseduju sličan skelet, toplokrvni su, rađaju i doje mlade...). Ipak, ove dve vrste vodenih sisara poseduju jedinstveni respiratorni sistem, koji im dozvoljava da bez uzimanja kiseonika iz vazduha ostanu u vodi i do 30 minuta (beli kit može i do sat i po vremena ostati pod vodom i to na dubinama od oko 2000 metara na kojima vlada pritisak od oko 200 atmosfera). Za razliku od ljudi kod kojih je disanje nesvesna radnja, kitovi i delfini dišu svesno, a ovo predstavlja mali problem, jer je mozgovima sisara (mozgovi delfina su izuzetno veliki, a smatra se da su se razvili davno pre ljudskih mozgova, pa su stoga oni nekada bili najinteligentnija bića na Zemlji) potrebno da neko vreme utonu u nesvesno stanje, tj. san. Ovaj problem delfini, kitovi, pliskavice i neke vrste ajkula (kao i neke ptice i patke) rešavaju tako što dok im spava jedna polovina mozga, druga je budna, i obrnuto. Pomoću elektroencefalografije, odnosno merenja nivoa protoka naelektrisanja kroz glavu, došlo se do zaključka da delfini provode po 8 sati dnevno u ovom stanju polusna. Takođe, čim zarone, delfini dvostruko usporavaju brzinu otkucaja srca, kao i sve metaboličke procese, a kiseonik skladište u krvi i u mišićima zahvaljujući visokoj koncentraciji hemoglobina i mioglobina, proteina kojima vezuju za sebe kiseonik i raznose ga po telu.

#### - Kako školjke prave bisere?

Školjke prave bisere kako bi zaštitile sebe od stranih supstanci. Stvaranje bisera unutar školjke počinje sa ulaskom strane supstance u prostor između školjkinog oklopa i pokrivača, organa koji stvaranjem sedefastog materijala nadograđuje školjkin oklop tokom njenog rasta. Kako bi se zaštitila, školjka uz pomoć svog pokrivača oblaže strano telo sa slojevima sedefa, što dovodi do formiranja bisera. Biseri mogu biti najrazličitijih boja i oblika. Premda se biseri oblika lopte smatraju najskupocenijim, postoje i biseri nepravilnih oblika, a nazivaju se baroknim biserima. Osim bisera nastalih prirodnim putem, postoji i način za uzgajanje, odnosno dobijanje veštačkih bisera. Ovaj postupak u morskoj vodi obuhvata otvaranje oklopa

školjke i ubacivanje stranog tela u isečeni prerez u tkivu pokrivača. U slatkoj vodi, samo zasecanje tkiva je dovoljno da indukuje lučenje sedefa u unutrašnjost školjke.

### **- Zašto su mora plave boje?**

Mora i okeani su plave boje jer, pre svega, reflektuju plavu boju neba. Sunčeva svetlost koja dolazi na Zemlju sadrži u svojoj beloj svetlosti kompletan spektar boja, ali se prolaskom kroz atmosferu, svetlost rasejava na česticama azota i kiseonika. S obzirom na prosečne razmere čestica vazduha, svetlost manjih talasnih dužina se u atmosferi rasejava u većoj meri, pa je otuda i nebo plave boje, jer plava boja poseduje manju talasnu dužinu od zelene, žute, narandžaste ili crvene boje. Osim ovoga, molekuli vode, mineralne soli i razni pigmentni molekuli u morima mnogo više apsorbuju narandžastu i crvenu boju nego ostale boje iz Sunčevog spektra vidljive svetlosti, pa i zbog tog efekta mora imaju zelenkasto - plavu boju jer te nijanse bolje reflektuju. Inače, na boju mora u mnogome utiče i temperatura vode, kao i bogatstvo i raznovrsnost živog sveta u njemu. Naime, u vodama koje su bogatije hranljivim sastojcima postoje bolji uslovi za razvoj malih biljki fitoplanktona, kao i malih životinja zooplanktona, koje zajedno predstavljaju veoma važne članove morskog lanca ishrane. U hladnijim vodama u kojima ima više rastvorenog kiseonika postoji najčešće više planktona koji prilično apsorbuju plavu svetlost, pa je boja mora tada tamnija. S druge strane, u toplijim (uglavnom tropskim) morima postoji manje planktona, a više koralala, pa je njihova boja i mnogo svetlija, s obzirom da ona znatno bolje reflektuju plavu boju.

### **- Zašto su mora slanija od reka?**

Voda se na našoj planeti nalazi u stanju stalnog kruženja po putu između oblaka, kiše, reka i mora, odnosno okeana. Pod dejstvom Sunčeve toplote, voda isparava, podiže se u visinu i formira oblake. Voda iz oblaka u obliku kapljica kiše ponovo pada na Zemlju, odakle se sliva ka rekama (ili eventualno ka jezerima), koje vodu odnose u mora i okeane (ili eventualno u jezera, odakle voda ponovo isparava i u najvećem delu završava svoj put u okeanu), odakle ponovo nakon određenog vremena, molekuli vode ponovo počinju da se penju ka oblacima i tako se ovaj put vode nastavlja dokle kod Sunce sija svojom svetlošću ka Zemlji. Na svom putu kroz reke do mora, voda rastvara kamenje, odnosno mineralne soli preko kojih teče i odnosi ih sa sobom. Tako, voda zajedno sa sobom u okeane odnosi i mnoštvo minerala. Reka Amazon ulivajući se u Atlantski Okean sa svakim litrom vode nosi i 0,3 grama sedimenata, dok reka Santa Klara u Kaliforniji nosi čitavih 60 grama po litru vode tokom burne El Ninjo sezone. U proseku, reke sadrže 0,12 grama minerala po kilogramu vode, a svake godine odnesu u okeane oko 3 milijarde tona mineralnih soli. Takođe, posredstvom podvodnih okeanskih vulkanskih erupcija, kao i vulkanskih gasova i fluida koji se oslobađaju u morsku vodu preko prirodnih hidrotermalnih ventila, morska voda stalno obogaćuje svoj sastav rastvorenih minerala. S druge strane, molekuli vode iz okeana isparavaju, ali ne i rastvorene mineralne soli (zapravo da, ali u zanemarljivo maloj količini) pa je stoga kiša koja pada sa oblaka skoro čista voda u obliku kapi kondenzovanih najčešće na finim česticama prašine iz atmosfere. Stoga se tokom miliona godina ovakvog kruženja vode, mineralne soli nagomilavaju u morima, pa je tamo i njihova koncentracija znatno veća u odnosu na koncentraciju soli u rekama. Ipak, izučavanje podmorskih mineralnih sedimenata nam ukazuje da se salinitet (količina rastvorenih soli u vodi) u morima i okeanima na Zemlji nije uopšte menjao tokom poslednje 1 i po milijarde godina, što nam ukazuje da je proces dovođenja minerala u more uravnotežen, odnosno izjednačen sa procesom njihovog nestajanja iz vodenog rastvora. Naime, rastvoreni minerali iz vode (najviše, magnezijum i kalijum) se u procesu adsorpcije vezuju za stene morskog dna i ponovo formiraju mineralne kristale ali

ovoga puta na morskome podu. Takođe, morske životinje ugrađuju minerale (najviše kalcijum) u svoja tela, a i pod dejstvom talasa, minerali se izbacuju na obalu u obliku finih čestica aerosola (malih, u vazduhu raspršenih vodenih kapljica u kojima su rastvoreni minerali iz mora). Prosečan salinitet u morima i okeanima iznosi oko 3,5 %, od čega 1,05 % pripada katjonima natrijuma, 0,13 % magnezijumu, po 0,04 % kalcijumu i kalijumu, 1,9 % hloridnom anjonu, a 0,26 % sulfatnom anjonu, dok se bromidni, bikarbonatni, silicijumovi i drugi joni nalaze u znatno manjim količinama. Mora sadrže i 0,00000000175 % zlata, što znači da je u morima i okeanima na Zemlji rastvoreno 7 miliona tona zlata. Ipak, ovih 7 miliona tona zlata je pomešano sa čak 1,4 milijardi milijardi (1,4 kvintiliona) morske vode.

## **- Da li smo slaniji od mora?**

So (kuhinjska so je natrijum hlorid – NaCl, premda se solima često nazivaju svi minerali) je jedna od esencijalnih komponenti naše ishrane. Sve ribe, reptili, amfibije, ptice i sisari (u koje spadaju i ljudi) u svojim venama nose elemente natrijuma, kalijuma i kalcijuma u skoro istom odnosu u kome su njihove soli zastupljene u morima. Drugim rečima, more u nama je isto onoliko slano koliko i more u kome plivamo. Soli u našim telima regulišu razmenu vode između ćelija i telesnog fluida, a funkcije raznih minerala su ogromne. Natrijum, na primer, učestvuje u prenosu nervnih impulsa (uz hlor i kalijum), kontrakciji mišića, uključujući i kucanje srca, a reguliše i varenje proteina. Količina soli u našim telima se reguliše pomoću znojenja i piščenja. Oko 20 % naše mase čine proteini, oko 60 % voda, dok ostalih 20 % pripada mineralnim solima, a pre svega kalcijumu. S druge strane, u morima postoji oko 3,5 % rastvorenih soli od čega 55 % pripada hloru, natrijumu pripada 30 %, 80 % pripada kuhinjskoj soli, a mnogi drugi mineralni joni, uključujući i magnezijum, brom, jod, bakar i dr. su zastupljeni u velikim količinama. Koncentracija soli može veoma da varira, a posebno u morima, pa tako Baltičko more poseduje salinitet od samo 0,1 %, dok je salinitet Crvenog mora jednak 4,2 %. Količina soli u svim morima i okeanima na Zemlji iznosi oko 18,5 miliona kubnih kilometara, a kada bi se samo sva kuhinjska so ekstrahovala iz zemaljskih mora, njome bi mogla da se čitava Zemljina lopta prekrije slojem debelim 45 metara, dok, kada bi se ista količina soli prostrla samo preko zemaljskog kopna, njen sloj bi bio debeo čitavih 135 metara. Ove soli su se postepeno oslobađale iz kristalnih minerala (koji čine stene) iz Zemlje, pod dejstvom mraza, erozije i ispiranja, i rastvarale su se u vodi mora i okeana. U svakom slučaju, kada sledeći put budete sipali malo soli u hranu, setite se da smo svi mi proveli prve mesece naših života u slanom rastvoru u majčinom stomaku.

## **- Kako nastaju talasi na moru?**

Vodeni talasi na morima nastaju kada vazdušni pritisak vetra dovede do pojave polja povišenog pritiska na vodenoj površini ispod njega, a ova polja predaju višak primljene kinetičke energije okolnim česticama vode u pravcu dejstva vetra, što dovodi do nastanka talasa pritiska u moru. Sa povećanjem brzine vetra, morski talasi postaju pravilni i kreću se duž površine vode u pravilnim razmacima i sa predvidljivim brzinama i amplitudama, tj. visinama. Vetar brzine od 3 do 15 kilometara na čas stvara vodene talase sa periodima do 3 sekunde, a maksimalna veličina morskog talasa nastalog pod dejstvom vetra od oko 15 kilometara na čas iznosi oko 0,55 metara, dok je prosečna veličina talasa u ovom slučaju jednaka jednu stopu, tj. 0,3 metra. Vodeni talasi daleko od obale postaju nestabilni kada brzina vetra za 1,3 puta prelazi brzinu kretanja vodenog talasa i oni tada postaju naglo strmiji i počinju da se obrušavaju napred, stvarajući belu penu ispred sebe. Postoje i posebno veliki talasi koji nastaju usled seizmičkih aktivnosti morskog tla, odnosno usled podvodnih zemljotresa, vulkanskih erupcija ili klizanja morskog dna. Ovakvi talasi se nazivaju cunami, a

njihova talasna dužina iznosi oko 100 do 200 kilometara, kreću se brzinama od oko 725 – 800 km/h, a najčešće se pojavljuju u tzv. vatrenom prstenu, 32 500 kilometara dugačkoj zoni intenzivne seizmičke i vulkanske aktivnosti u Tihom Okeanu.

### **- Kako su nastala mora na Zemlji?**

Postoje tri osnovna, moguća izvora Okeana i mora na Zemlji, a to su: odvajanje vode iz kamenja, koje čini najveći deo mase Zemlje; sudari Zemlje sa meteorima bogatim vodom; i usled isto tako učestalih sudara Zemlje sa ledenim kometama iz Kosmosa. Ako sve komete sadrže istu vrstu vodenog leda kao i Halejeva komete i kometa Hiakutake (a to su jedine dve kvalitativno ispitane komete), onda komete nisu donele na Zemlju svu vodu, a do ovog zaključka se došlo na osnovu toga što voda iz ove dve proučene svemirske komete sadrži dvostruko veći udeo deuterijuma (izotopa vodonika koji u svom jezgru, osim jednog protona, sadrži i jedan neutron) nego slana voda na Zemlji. Isto tako, poznato je i da samo meteoriti nisu mogli da donesu svu količinu vode na Zemlju, jer bi u tom slučaju Zemljina atmosfera sadržala 10 puta više inertnog gasa ksenona, nego što je to danas slučaj, pa se toga danas smatra da je najveći deo vode na Zemlji nastao usled izdvajanja iz stena.

### **- Zašto nas more na trenutke zabljesne svetlošću kada stojimo na obali, a kada posmatramo more sa visine, njegova boja je tamno plava ili zelena?**

Po definiciji, upadni ugao svetlosti predstavlja ugao između pravca prostiranja upadne svetlosti i normale na reflektujuću površinu, reflektujući ugao je ugao između pravca prostiranja reflektovane svetlosti i normale na površinu, dok je propuštajući ugao jednak uglu između pravca prostiranja svetlosti kroz materijal površine i normale na površinu, a razlika između upadnog i propuštajućeg ugla se pojavljuje kao posledica različitog indeksa prelamanja vazduha i materijala površine, a što za uzrok ima različitu brzinu prostiranja svetlosti u ove dve supstance. Ukoliko usmerite lasersku svetlost na npr. čašu vode, skoro sva upadna svetlost će se reflektovati od dodirne površine staklo-vazduh, kada je upadni ugao laserske svetlosti jednak  $90^\circ$ , tj. onda kada je pravac prostiranja svetlosti skoro potpuno paralelan sa površinom od koje se odbija. Kada je upadni ugao svetlosti veoma veliki, tj. skoro  $90^\circ$ , tada se on naziva tangencionim uglom, a skoro sve površine odbijaju skoro svu upadnu svetlost koja je dodirne pod ovim uglom. Istovremeno, to znači da površina ne propušta skoro nimalo svetlosti pod tangencionim uglom. Ako se zagledate u omot knjige, možete primetiti da je njena površina najsvetlija kada je posmatrate pod tangencionim uglom, tj. kada njene korice postavite paralelno sa linijom koja spaja vaše oči. Laserski snop svetlosti se kroz optička vlakna takođe usmerava po veoma velikim uglom kako bi se obezbedila njegova što bolja refleksija duž staklenog kabla. Takođe, i kada se vozite auto-putem, a Sunce zalazi pravo ispred vas, put će vam se iz istog razloga učiniti blistavijim nego obično, a još jedan primer biste mogli da izvedete dok sedite na plaži i posmatrate more. Kada su Sunce ili Mesec nisko na horizontu, tj. kada je ugao između upadne svetlosti i morske površine veoma mali, odnosno blizak tangencionom uglu, površina mora će se sasvim lepo presijavati i slati svetlost pravo u naše oči.

### **- Da li vreme protiče brže na planini ili na moru?**

Ukoliko uzmete sa sobom jedan sat i ponesete ga na more, a zatim na planinu, teško da ćete biti u stanju da primetite razliku u brzini proticanja vremena na različitim nadmorskim visinama, ali je istina da vreme sve brže protiče što smo udaljeniji od centra Zemljine gravitacije, odnosno od središta Zemljine lopte, pa će stoga i vreme sporije proticati na moru

nego na planini. Naravno, ova razlika je toliko mala da je sigurno ne biste primetili pomoću jednog običnog časovnika, ali ako biste sa sobom imali jedan ultra-precizni atomski časovnik, razlika u brzini proticanja vremena bi bila više nego očigledna (nekoliko milijarditih delova sekunde). Ovaj efekat je posledica Ajnštajnovе opšte teorije relativnosti po kojoj sa povećanjem mase tela, vreme na toj masi sve sporije protiče. Drugim rečima, što je jače gravitaciono polje (odnosno što je veća zakrivljenost prostor-vremena) u kome se nalazimo, to će nam vreme sporije proticati. Tako bi se sekundare časovnika na masivnijoj planeti od Zemlje znatno sporije pokretale. Osim usporavanja vremena kao posledice boravka u jakom gravitacionom polju, postoji i efekat usporavanja vremena kao posledice kretanja velikim brzinama. Naime, ako se krećete brzinom bliskoj brzini svetlosti u odnosu na nekog posmatrača, tada će ovom posmatraču izgledati kao da sat na vašoj ruci znatno sporije radi. Naravno, vi ne biste osećali da vreme sporije prolazi jer bi se svi drugi životni procesi u sistemu koji je nepokretan u odnosu na vas (svemirski brod, uključujući i brzinu otkucaja srca) isto tako usporili. Međutim, kada biste sleteli na planetu vašeg posmatrača, videli biste da je vama, koji ste se kretali ovako visokim relativističkim brzinama vreme stvarno sporije proticalo u odnosu na nepokretnog posmatrača, a ovaj efekat predstavlja posledicu Ajnštajnovе specijalne teorije relativnosti i poznat je kao paradoks blizanaca.

### **- Kada stojimo na obali mora, koliko daleko je horizont?**

Zbog zakrivljenosti naše planete, najudaljenija tačka koju vidimo na okeanu zavisi od naše visine, tj. od rastojanja od naših očiju do površine mora. Ukoliko plivamo u moru, onda su nam oči na nekih dvadesetak santimetara iznad površine vode, a u tom slučaju horizont je oko 1,6 kilometara daleko od nas. Približna udaljenost horizonta se može izračunati ako uzmete vašu visinu u santimetrima, podelite je sa 6,752 i izvedete kvadratni koren iz dobijene vrednosti. Tako ćete dobiti rastojanje horizonta u kilometrima. Tako, na primer, ako smo visoki metar i 80 santimetara i stojimo tačno na obali mora, tada su naše oči na oko 150 santimetara iznad nivoa mora, pa lako možemo izračunati da je horizont na pučini mora na otprilike 4,8 kilometara od nas. Ovako izračunata vrednost rastojanja od naših očiju do horizonta se naziva geometrijskim rastojanjem horizonta, dok smo u stvarnosti u stanju da vidimo i dalje od ovog rastojanja usled pojave prelamanja svetlosti. Naime, svetlost koju je reflektovalo neko telo koje leži izvan granica našeg horizonta, može se prelamati na česticama atmosfere, skrećući pri tome svoj put i završavajući u našim očima. Ovako izmerena optička udaljenost do horizonta zavisi od niza faktora uključujući i nadmorsku visinu, kao i sastav atmosfere, a najčešće je za oko 8 % veća od geometrijske udaljenosti do horizonta.

### **- Zašto na obali mora često pirka vetrić?**

Kopnene površine na Zemlji poseduju znatno manji toplotni kapacitet od vodenih površina, što je i razlog zašto je leti malo hladnije na obali mora nego na kopnu, dok je zimi na njoj toplije nego na kopnu. Naime, toplotni kapacitet je osobina materijalnih sistema koja se definiše kao količina toplote koju je potrebno predati određenoj količini materije iz sistema (ako se radi o jednom gramu materije sistema tada se ova veličina naziva specifičnom toplotom, a kada se radi o jednom molu tada se radi o molarnom toplotnom kapacitetu) da bi joj se podigla temperatura za jedan Celzijusov stepen. Stoga, što neka supstanca poseduje veći toplotni kapacitet, to ćemo morati više toplote da joj predamo da bi joj povećali temperaturu, ali bitno je i to da kada joj jednom predamo dovoljno toplote, ona će se znatno sporije hladiti nego što bi se hladila supstanca manjeg toplotnog kapaciteta. Usled razlike u toplotnim kapacitetima između vodenih i kopnenih površina, tokom toplih letnjih dana se kopnene površine znatno brže zagrevaju od vodenih površina (što možemo i da primetimo ako stojimo

malo na vrućem pesku pa se zatim bacimo u more), pa se tada prijatnije osećamo što smo bliži obali mora, dok se sa dolaskom zime, temperatura mora mnogo sporije spušta od temperature kopna, pa su i primorski predeli zimi znatno topliji od kontinentalnih oblasti sa istih geografskih širina. Priobalski vetrić je najčešće lokalni fenomen koji takođe potiče usled različitih toplotnih kapaciteta kopna i mora. Naime, tokom sredine toplog letnjeg dana, obala postaje toplija od mora, pa tako i vazduh iznad kopna (a vazduh se u najvećoj meri zagreva posredstvom Zemljine površine) postaje topliji od vazduha iznad mora. Saglasno drugom zakonu termodinamike koji nam kaže da u prirodi toplota spontano prelazi sa toplijeg na hladnije telo, struje vrućeg vazduha počinju da se mešaju sa hladnijim vazduhom iznad mora, što izaziva vazдушna strujanja. Topao kopneni vazduh se podiže u visinu (jer poseduje manju gustinu od hladnijeg vazduha iznad sebe), a hladniji vazduh sa mora dolazi na njegovo mesto što mi na obali mora opisujemo kao blagi i prijatni priobalski vetrić. Noću se dešava obrnuta pojava. Naime, kada Sunce zađe, njegova toplota prestaje da zagreva more i obalu, a kopno gubi toplotu brže od mora, pa oko sredine noći, vazduh iznad kopna postaje hladniji od vazduha iznad vode, koji se podiže u visinu, dok kopneni vazduh dolazi da popuni njegovo mesto pa tada ovu pojavu možemo opisati kao priobalski vetrić, ali koji ne dolazi sa mora već sa kopna.

### **- Zašto pesak na plaži dobija talasaste oblike nakon bure?**

Mali talasasti grebenići koji se često mogu videti na plažama ili dinama, nastaju kada je vetar iznad peščane površine dovoljno snažan da povlači sa sobom i zrna peska. Posledično skakutanje pojedinačnih zrnaca peska predstavlja proces koji se naziva saltacija, a tokom kojega zrna putuju u izduženim i asimetričnim putanjama, što je posledica dejstva Zemljine gravitacije nakon njihovog brzog uzdizanja iznad peščane podloge i naknadnog vraćanja na nju pod uglom od oko desetak stepeni. Upravo su ovi snopovi peščanih zrna ubrzanih od strane vetra, koji padaju na plažu pod malim uglovima, odgovorni za nastanak malih peščanih grebena na plaži posle bure ili samo jakog vetra. Istraživanja su pokazala da veća zrna peska teže da se akumuliraju na vrhovima ovih talasastih grebena, ostavljajući tako mala zrna u koritima grebena. Takođe, što je veća brzina vetra, to će biti manji ugao pod kojim zrna peska padaju na podlogu, a manji ugao pada rezultuje u dužoj bombardujućoj senci iza svakog vrha grebena, što će uzrokovati i dužu talasnu dužinu ovih grebena.

### **- Zašto se najravniji kamenčići nalaze na vrhu plaže?**

Neki ljudi misle da se najviše ravnih kamenčića nalazi na vrhu plaže, jer su ljubitelji pravljenja žabica već bacili u more one ravne kamenčiće koju su bili najbliže obali. Ipak, tačno objašnjenje možda nije toliko zabavno, ali je zato mnogo poučnije. Obalski sedimentni sistem je dinamičan. Morski talasi stalno ispiraju sediment duž obale, sve dok se talasna energija pod dejstvom lokalne topografije ne smanji do te mere da dalji transport sedimenta nije moguć, pa se on taloži. Vremenski uslovi, položaj plaže i cele obale, aktivnost talasa, podmorska topografija i još neki drugi faktori dovode do toga da su neke plaže izložene većem energetsom režimu talasa nego druge plaže, pa su ovakve plaže sastavljene od onih sedimenata koje teže pokreću talasi. Sedimenti se ređaju od mora ka obali po lakoći svog transporta, a što su oblasti plaže dalje od morske površine, to će energetska režim talasa u ovim oblastima biti veći, jer su samo najenergetskiji talasi u stanju da dođu do njih. Najveći broj talasa ne nosi sa sobom velike kamenčiće, već ih samo otkotrlja do novog položaja, a sedimenti koje teže pomeraju talasi su oni koji su veći i masivniji, neravni i imaju hrapave površine, jer takvi kamenčići imaju visok odnos površine i mase, i usled svoje neravne površine stvaraju veće trenje sa kontaktnim kamenjem. S druge strane, obli i ravni kamenčići

stvaraju manje trenje sa slojevima kamenja ispod sebe i stoga pružaju manji otpor kretanju pod dejstvom talasa, pa lakše mogu kliziti iznad drugih kamenčića i akumulirati se dalje od morske površine. Takođe, sediment koji se nalazi na plaži teži da reflektuje odnos snage dolazećeg i odlazećeg talasa. Pošto se energija talasa rasipa kada on udari o obalu i voda se gubi pod dejstvom curenja unutar sedimenta na plaži, povratni talas je slabijeg intenziteta nego talas koji dolazi sa mora. Pošto je dolazeći talas jači, on je u stanju da nosi sa sobom i teže kamenčiće, dok je slabiji povratni talas u stanju da nosi sa sobom samo fine čestice veličina zrna peska, ostavljajući tako krupnije kamenčiće na vrhu plaže. Ipak, ako uporedimo oble i ravne kamenčiće, opet možemo primetiti da su ravni kamenčići bliži vrhu plaže, nego obli, a što se može objasniti većom otpornošću prema kretanju ravnog kamenja. Pod dejstvom vodenih tokova, ravno kamenje teži da ostane u što većem kontaktu sa površinom ispod sebe, što pruža ovakvom kamenju veće trenje, a i manju površinu koja je izložena udaru talasa. Stoga, kada talasi već nanesu glatke, klizeće kamenčiće na vrh plaže, sferni kamenčići će se lakše kretati unazad, dok će ravni kamenčići ostati duže na vrhu plaže.

### **- Kako se meri nivo mora?**

Kada biste stali na obalu mora i pokušali da sa lenjirom izmerite nivo mora, videli biste da je to skoro nemoguće, jer se nivo mora menja svake sekunde usled dejstva talasa (uzrokovanih vetrom i morskim strujama), svakog sata usled dejstva plime i oseke (kao posledice Mesečeve gravitacije) i svake nedelje usled promena u orbitalnim položajima Zemlje oko Sunca. Osim ovih efekata još i promene pritiska u atmosferi, zatim promene temperature u moru, a i kiše i reke koje se ulivaju u more utiču na stalne fluktuacije (periodične promene) nivoa mora. Da bi izašli na kraj sa svim ovim promenama, naučnici koriste tzv. merač plime, odnosno graduisanu (brojno obeleženu), šuplju cev prečnika oko 30 cm. Kada se ova cev, koja se još zove i umirujući bunar, stavi u vodu, tako da je jedan kraj cevi u vodi, a drugi na vazduhu, onda će nivo vode u cevi biti skoro nepokretan. Ako se ovakva merenja sprovode godinama, možemo odrediti srednju ili prosečnu vrednost nivoa mora u odnosu na koji se mere nadmorske visine zemaljskih objekata. Inače, prema savremenim merenjima, nivo mora na Zemlji se svake godine poveća za 2 milimetra. Takođe, amplituda između plime i oseke u proseku iznosi 0,77 metara, ali njena vrednost, u zavisnosti od složenosti kontura obalske linije, može biti znatno veća kao npr. u zalivu Fandi u Novoj Škotskoj, gde ova amplituda iznosi 18 metara, ili znatno manja od prosečne, kao npr. na obalama unutrašnjih mora (npr. Baltičkog mora – 4,8 santimetara).

### **- Zašto se okeani, za razliku od reka i jezera, nikada ne zalede?**

Mineralne soli koje su rastvorene u morskoj vodi snižavaju njenu tačku mržnjenja, pa do procesa formiranja leda dolazi na dosta nižim temperaturama. Naime, svaki litar (kilogram) morske vode sadrži u proseku oko 35 grama soli, što je dovoljno da snizi temperaturu mržnjenja vode pri atmosferskom pritisku do oko  $-2$  °C. Rečna i jezerska voda poseduje najveću gustinu na temperaturi od 4 °C, a sa daljim bilo povišenjem ili opadanjem temperature, njena gustina takođe opada. Stoga, čim njena temperatura pri zahlađenju pređe ovaj prag od 4 °C, jedan manji deo površinske vode počinje da pliva iznad dubinske, malo toplije i gušće vode. Ovaj hladan i lak površinski sloj se više ne meša sa dubinskom vodom i poput staklene bašte čuva jezero ili reku od daljeg rashlađivanja, što je veoma važno jer time i dalje opstaje živi svet u njoj. S druge strane, gustina morske vode se stalno povećava sa snižavanjem njene temperature. Za vreme jesenjeg i zimskog hlađenja, voda na površini mora postaje gušća i teža koliko god se smanjila njena temperatura pre nego što ona počne da kristališe. Kod nje je ona čudesna granica od 4 °C pomerena ka samoj tački mržnjenja.

Povinujući se Zemljinoj sili gravitacije, površinska voda tone i meša se sa toplijom i lakšom dubinskom vodom. Tonući, ona nosi sa sobom i kiseonik koji je primila iz vazduha. Kada bi se prilikom hlađenja, morska voda ponašala kao rečna voda i ostajala na površini, život u dubinama ne bi bio moguć, jer životinje ne bi mogle da dišu. Ipak, najvažniji faktor sprečavanju stvaranja ledenog pokrivača na morima su tople morske struje koje održavaju razmenu toplote iz toplih ekvatorijalnih oblasti na Zemlji i hladnih severnih i južnih oblasti bliskih zaleđenim polovima. Glavna uloga u nastajanju površinskih okeanskih struja pripada vetrovima. Severne i južne stalne okeanske struje pokreću pasatni vetrovi koji tokom čitave godine duvaju sa istoka na zapad duž obe strane ekvatora. Severna ekvatorska struja u Atlantiku, stoga stalno potiskuje vodu u Karipsko more i Meksički zaliv, gde pristiže i skoro polovina vode koju povlači južna ekvatorska struja. Usled toga je nivo mora u Meksičkom zalivu uvek viši nego u okeanu. Ovaj višak vode, tražeći izlaz negde ka okeanu, prolazi kroz uski Floridski moreuz i čini osnovu tople Golfske struje koja se zatim kreće ka severoistoku, zagreva Evropu i ulazi u Barenovo more. U susret ovoj struji, vođena skretanjem sile Zemljinog obrtanja (Korolisova sila, pod čijim dejstvom tela u severnoj hemisferi skreću ka istoku, a u južnoj ka zapadu), teku iz Arktičkog bazena ka jugu hladne morske struje – istočnogrenlandska i labradorska. U Tihom okeanu, severna ekvatorska struja udara u Filipinska ostrva, a deo struje skreće na sever i obrazuje toplu struju Kuroshio koja zapljuskuje Japanska ostrva. Njoj, takođe ide Beringovog mora, ide u susret hladna struja – Ojasio. Tople struje južnih ekvatorskih tokova skreću, nailazeći na prepreke u vidu kopna ili ostrva na jug i obrazuju prsten oko Antarktiku. Ipak, i pored dejstva morskih struja, led se ipak ponekad stvara na okeanu. Arktičko more je čitave godine pokriveno ledom koji je u proseku bio debeo 3 cm, da bi danas njegoa prosečna debljina iznosila 2,5 cm, što je posledica pojačanog efekta staklene bašte izazvanog povećanjem atmosferske koncentracije ugljen dioksida (kao i metana, amonijaka itd.), gasa koji apsorbuje Sunčevu svetlost i prevodi je u infracrvene talase, odnosno toplotu. U mnogim antarktičkim morima, ledeni pokrivač je znatno tanji, pa se stoga topi svakog leta. U ovom slučaju, morski led pluta na površini mora i slično rečnom ledu, štiti more ispod sebe od daljeg hlađenja, čuvajući tako živi svet u njemu.

### **- Da li otapanje lednika utiče na povećanje nivoa mora?**

Najveći ledeni pokrivač nalazi se na Antarktiku (Južnom polu), gde se nalazi 90 % ukupne količine snega i leda na Zemlji. Osim toga, i 70 % sveže vode nalazi se na ovom ledenom kontinentu, čija je debljina ledenog pokrivača oko 2000 metara. Zapravo, čitav kontinent na Južnom polu je pokriven sa 30 miliona kubnih kilometara leda. Ako bi se sav led sa Antarktiku otopio, nivo mora bi porastao za 60 metara. Međutim, prosečna temperatura na Antarktiku je  $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pa još uvek ne postoji opasnost od topljenja, jer se usled globalnog zagrevanja temperatura na Zemlji povećala za samo pola Celzijusovog stepena u poslednjih 100 godina, što je ipak izazvalo da se tokom istog vremenskog perioda nivo mora poveća za 15 - 20 santimetara. Ipak, globalno zagrevanje nije u stanju da uzrokuje povećanje nivoa mora putem otapanja santi leda. Naime, da bi plutali na vodi, i sante leda se kao i sva druga tela pokoravaju Arhimedovom principu koji nam kaže da svako telo istisne zapreminu vode čija je težina jednaka težini potopljenog tela. I podmornice koriste ovaj princip, pa se podižu i tonu u vodi putem menjanja svoje težine. Ipak, globalno zagrevanje je u stanju da izazove pucanje lednika na manje sante leda koje će padati u more, a čim se parče leda odvoji iz lednika i padne u okean, nivo mora se malo poveća. Ipak, na Južnom polu postoje tačke na kojima temperatura nikada nije prešla tačku mržnjenja vode, tj.  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  pri atmosferskom pritisku. Na drugom kraju naše planete, na severnom polu, ledeni pokrivač nije ni približno debeo kao na južnom polu. Osim toga, arktički led pliva na vodi, pa njegovo topljenje ne utiče na povećanje nivoa mora. Značajna količina leda prekriva Grenland, čije bi topljenje povećalo nivo mora za



7 metara. Osim topljenja leda, stalnom povećanju nivoa mora doprinosi i povećanje temperature vode, još jedne posledice globalnog zagrevanja. Naime, voda je najgušća na 4 °C, a sa povećanjem ili sniženjem ove temperature, njena gustina opada, pa će ista masa vode zauzimati veću zapreminu. Naučnici smatraju da će se nivo mora do 2100. godine podići za oko pedesetak santimetara, što je srednja vrednost minimalne (15 cm) i maksimalne (95 cm) vrednosti različitih procena.

### **- Zašto pod vodom vidimo jasno samo kada nosimo masku?**

Svetlost kroz vodu putuje sporije nego kroz vazduh. Kada svetlosni talas prelazi iz jedne materijalne sredine u drugu, menja se njegova brzina, a kao rezultat toga, svetlosni snop se prelama. Ljudsko oko je veoma fino podešeno da fokusira upadnu svetlost u mrežnjači, na kraju očne jabučice. Pošto su naše oči skoro stalno u okolini vazduha, tako je i oko takođe naviknuto da sliku predmeta stvara na osnovu koeficijenta prelamanja svetlosti koji vlada na dodirnoj površini između oka i okolnog vazduha. Kada gledamo pod vodom, podvodno prelomljena svetlost nije ispravno fokusirana, jer naše oko nije naviknuto na koeficijent refrakcije (prelamanja) vode. Kada stavimo masku onda možemo jasno gledati pod vodom jer smo ponovo uspostavili dodirnu površinu oko – vazduh.

### **- Kako živi svet nastanjuje ostrva?**

Prema načinu svog nastanka, sva ostrva se mogu podeliti na: kontinentalna (koja su nekada bila spojena sa kopnom – npr. Japan i Velika Britanija) i okeanska (koja su nastala izdizanjem morskog dna usled vulkanske aktivnosti na obodima kontinentalnih platoa – npr. Havaji). Biljni i životinjski svet kontinentalnih ostrva je mnogo sličniji kontinentalnom živom svetu, nego što je to slučaj sa okeanskim ostrvima, kod kojih svako ostrvo ima svoj ekološki sistem, sasvim različit od drugih ostrva. Tako, npr. na Havajskim ostrvima koja su nastala pre 5 miliona godina, čak 95 % tamošnjih biljaka i životinja se pojavljuje samo na ovim ostrvima i nigde drugde na Zemlji. Vulkansko ostrvo Krakatoa je avgusta 1883. godine bilo potpuno uništeno nakon najveće vulkanske erupcije koju su ljudi doživeli, da bi na 4 mala potpuno ogoljena ostrvceta - ostataka ostrva Krakatoa već nakon 25 godina bilo pronađeno čak 115 biljni, 13 ptičjih i preko 200 vrsta insekata i gmizavaca. Takođe, i ostrvo Surtsi koje je nastalo 1963. godine u blizini Islanda, samo nakon 20 godina je postalo obogaćeno vegetacijom i raznim životinjskim vrstama, takođe samo dejstvom prirode. U 20. veku je pod dejstvom vulkanskih erupcija, bio u potpunosti istrebljen život i na nekoliko filipinskih ostrva, kao i na meksičkom ostrvu San Benedikte u Tihom Okeanu, da bi opet nakon samo nekoliko decenija, ova ostrva bila dejstvom isključivo prirodnih faktora pretvorena u rascvetale oaze zelenila i životinja. Danas se smatra da osnova života na okeanskim ostrvima nije na njima i nastala, već je došla ili dolutala iz ostalih delova planete. Naime, morske struje su u stanju da prenose semenke koje će u kontaktu sa suvom ostrvskom zemljom pustiti koren i proklijati. Tako, ostrva Galapagos koja su izuzetno bogata vegetacijom, dobijaju semenke putem Humboltove struje koja pored zapadne obale Južne Amerike stremi ka severu i kod Ekvadora skreće na zapad – pravo na Galapagos, pri čemu putovanje semena od obala Južne Amerike do Galapagosa traje samo oko dve nedelje. U najvećem broju slučajeva, morsko putovanje od svih semenki najbolje podnosi plod crvenog mangro drveta, a nakon reanimacije ostrva sa njegove strane, ostale biljne porodice se razvijaju pod njegovom zaštitom. Naravno, dotok semena je samo jedan kolosek, kojim na okean stiže “voz života”. Onaj drugi put prevaljuje se splavovima. Naime, jedan jedini list ili komad kore kopnenog drveta može da prebaci nekoliko putnika preko mora. Na moru su već više puta otkrivene gomile granja ili panjeva kako prevoze čitave životne zajednice biljaka i životinja. Ovakve splavove, biolozi nazivaju

plovećim ostrvima ili vegetativnim ćilimima, a neki od njih su toliko bujni i zeleni sa palmama visokim od 6 - 10 metara da je teško precizno utvrditi kakva sve živa bića prevoze.

### **- Koja je jedina biljka koja živi u morima?**

Jedine biljke koje žive potopljene u morskoj vodi, a hranu crpe iz zemlje su morske trave. Morske trave, jedine prave biljke u morima su često zaslužne za to što morska voda poprima zelenu, umesto svoje plave, prirodne boje. Za njih se smatra da su nekada živjele na kopnu, ali su se postepeno vratile u mora, a posebno su prisutne kao zelene podmorske livade u plitkim vodama južne Floride, zapadne Australije, Mediteranskog i Jadranskog Mora. Premda korenje morskim travama koristi za crpljenje minerala iz zemlje, one ne upijaju i vodu pomoću korenja, već koriste morsku vodu u kojoj su potopljene. Premda se i morske alge često smatraju članicama biljnog sveta, one pripadaju kraljevstvu protista, kome pripada i tzv. morski korov. Morski korov ne pripada biljnom svetu, s obzirom da iako obavlja proces fotosinteze kao i mnoge morske vrste koje žive u plitkim vodama (do dubine od 200, a najčešće su prisutne samo do dubina od 50 metara), umesto korena poseduju male sponje pomoću kojih se često vezuju za listove morskih trava (ili za kamenje) od kojih crpe hranu, a za razliku od biljaka nemaju ni stabljiku, lišće, a ni vaskularni sistem viših biljaka.

### **- Da li sve morske zvezde imaju po pet krakova?**

Morske zvezde pripadaju familiji (*phylum* – klasa u okviru kraljevstva) *Echinodermata*, odnosno bodljara (ili bodljokožaca), isto kao i morski ježevi, morski krastavci, morski ljiljani i morski dolari. Kada se morske zvezde rode, one su potpuno simetrične, što znači da su im leva i desna strana tela orijentisani kao predmet i lik u ogledalu. Međutim, tokom života, ova simetrija se delimično narušava, a premda veliki broj morskih zvezda poseduje samo po 5 krakova, neke vrste poseduju 6, neke kao npr. purpurna zvezda poseduju 9 ili deset, a neke kao Sunčeva zvezda i 12. Jedno od najbogatijih plitkovodnih staništa morskih zvezda se nalazi u severoistočnom Tihom Okeanu, gde se nalazi više od 30 vrsta morskih zvezda sa po 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 22 ili 27 krakova. Danas na našoj planeti postoji oko 1500 vrsta morskih zvezda, koje su poznate još i pod imenom asteroidi. Osim što su veoma gipke, morske zvezde imaju izuzetnu sposobnost telesne regeneracije, odnosno ponovnog izrastanja većine tela. Tako, ukoliko od zvezde ostane samo jedna petina njenog centralnog diska i jedan krak, ona će se potpuno oporaviti izrastanjem izgubljenih delova tela, pri čemu ovaj proces regeneracije traje i do godinu dana. Na kraju svakog kraka se nalaze male pigmentne tačkice, odnosno oči morske zvezde pomoću kojih se ona orijentiše u odnosu na svetlost koja u morima uvek dolazi odozgo. Ako ste ikada držali morsku zvezdu u rukama, sigurno ste sa njene donje strane (sa one kojom ona naleže na kamenje) osetili na stotine cevčica koje oblažu njene krake, a koji zvezdi služe za kretanje (odrasla zvezda ih može imati i oko 60 000) ili za lepljenje za stene (putem stvaranja niskog pritiska u cevima nalegnutim na stenovitu površinu). Kroz mali otvor na gornjem delu svoga tela, poznat kao madreporit, morska zvezda uvlači vodu i provodi je kroz sistem kanala, raspoređujući je po telu, tako da ova voda najčešće završava svoj put na cevima krakova. Menjajući pritisak vode u svom telu, morska zvezda je u stanju da pomera svoje krake i da se tako kreće. Osim što se pomoću kraka zvezda kreće, oni joj služe i za disanje kao i za sakupljanje hrane u vidu školjki, puževa, ostriga, crva i koralala, premda se neki veći primerci morskih zvezda (prečnika od oko jednog i po metra) mogu hraniti i većim životinjama kao što su ribe, morski ježevi (sa sve bodljama), pa čak i ptice koje rone po moru. Način na koji se hrani najveći broj morskih zvezda (pogotovo priobalskih) je takođe neobičan. Otvorivši kracima ljusku svoje omiljene

hrane – školjke, morska zvezda ispljune kroz usta svoj stomak na školjki, a stomačni sokovi pretvore telo školjke u fluidnu i lako svarljivu hranu za jednu morsku zvezdu.

### **- Po čemu je poseban morski miš?**

Morski miš (*Aphrodite aculeate*) je morski beskičmenjak iz familije *Aphroditidae*, koji živi u Atlantskom Okeanu i Mediteranskom Moru, a poznat je po svojoj sjajnoj obojenosti. Naime, ovo morsko biće koje se uglavnom rije po blatu ili pesku sa morskog dna na dubinama između 10 i 1000 metara, poseduje telo dužine 7 do 15 cm koje je pokriveno gustim čekinjama i dlakom koja se prelijeva u dugim bojama. Ispod čekinja se nalazi još i 15 pari raznobojnih krljušti koje dodatno doprinose šarenolikoj obojenosti ovog morskog bića. Radoznalost o poreklu sjajnih boja morskog miša je navela istraživače iz Oksforda i Univerzitetske škole za fiziku u Sidneju da detaljnije prouče poreklo njegove obojenosti. Oni su pronašli da za razliku od drugih obojenih bića na našoj planeti, obojenost morskog miša ne potiče od pigmenta – molekula koji imaju sposobnost da apsorbuju neke boje iz vidljivog spektra svetlost, pa na taj način ostale, neapsorbovane, već reflektovane boje doprinose obojenosti tela koje sadrži date pigmente. Naime, svaka dlaka morskog miša poseduje belege koji se sastoje od šupljih, mikroskopskih cilindara, gusto spakovanih u uređenju koje veoma podseća na strukturu kristalnih vlakana fotonskih materijala, koji imaju sposobnost kontrole nad kretanjem fotona. Istraživači na našoj planeti u poslednje vreme intenzivno proučavaju fotonske materijale koji imaju tu osobinu da kroz njih mogu da prolaze fotoni samo iznad (ili ispod) određenog opsega energija, pa se stoga smatra da će njihova selektivnost prema fotonima različitih energija učiniti ove materijale veoma korisnim u mnogim optoelektronskim uređajima budućnosti. Slično kao u ovim vlaknima čija izrada košta i po milion dolara, svetlost koja padne na vlat kose morskog miša biva uhvaćena i samo neke boje se reflektuju pružajući niti kose određenu boju. Iako je struktura niti kose morskog miša toliko složena da istraživači nisu u stanju da je preslikaju, smatra se da će dalje istraživanje kose morskog miša doprineti razvoju jeftinijih fotonskih materijala. Tehnološke tajne koje leže u strukturi kose morskog miša bi dovele i do pravljenja boja koje nisu u stanju da izblede sa vremenom. Inače, mogli optički biomimetičari koji se bave pravljenjem imitacija prirode, osim imitiranja strukture kose morskog miša, već dugo pokušavaju da naprave imitacije krila izvesnih vrsta leptira.

### **- Kako se ribe penju i tonu u moru?**

I voda i vazduh su fluidi što znači da poseduju masu ali ne poseduju oblik, a ribe su slične pticama po tome što mogu da lete u svojoj fluidnoj sredini. Međutim, sistem koji koriste ribe za penjanje gore-dole više podseća na ljudske leteće mašine nego na prirodne, ptičje metode letenja. Tako, metod podizanja i spuštanja riba podseća veoma na način spuštanja i podizanja helijumom ili toplim vazduhom napunjenih balona. Na Zemlji, svako telo potopljeno u fluid oseća dve sile: silu gravitacije usmerenu nadole; i silu potiska usmerenu nagore. Sila potiska potiče usled različitog pritiska fluida na različitim visinama. Naime, čestice potopljene u vodi su pritisnute težinom svih vodenih čestica koje se nalaze iznad njih. Tako, čestice na višim nivoima imaju manje težine iznad sebe, pa je tako i pritisak niži u oblastima bližim površini. Kao posledica razlike u pritisku, čestice sa većih dubina stalno teže da se penju naviše, a ova težnja predstavlja i uzrok naviše usmerene sile potiska u fluidu. Sila potiska koja deluje na neko potopljeno telo, jednaka je težini fluida koju istisne telo (Arhimedov zakon). Tako, npr. ako zaronite praznu bocu mleka u kadu, ona će istisnuti litar vode (pod uslovom da je zapremina boce jednaka jednom litru). Voda iz kade će tada silom potiska jednakom težini jednog litra vode gurati bocu naviše. Naravno, bez obzira

koliko vode razmesti, kada je telo gušće od vode, ono će tonuti, a ako je ređe od nje, isplivavaće na površinu. Da bi uzletela, riba mora da smanji svoju ukupnu gustinu putem povećavanja svoje zapremine (a bez povećavanja mase). Većina riba postiže ovo pomoću tzv. ribljeg mehura. Da bi smanjila svoju gustinu, riba pomoću škrge napuni mehur kiseonikom iz okolne vode. Kada se mehur ispuni kiseonikom, zapremina ribe se povećava, a težina ostaje skoro nepromenjena (jer je gustina kiseonika skoro zanemarljivo mala u odnosu na gustinu okolne vode). Kada se zapremina ribe povećava, tada ona istiskuje veću zapreminu vode, pa je stoga i sila potiska veća, pa se riba penje ka površini. S druge strane, kada riba potpuno isprazni svoj mehur, ona tada tone jer joj je zapremina minimalna, pa je i najmanja sila potiska koja tada deluje na nju. Da bi stajala na određenom nivou, riba ispuni mehur sa tačno toliko kiseonika koliko je potrebno da bi istisla onoliko vode koliko je i sama teška (tada su gustina ribe i okolne vode jednaki), a u tom slučaju navise usmerena sila potiska postaje jednaka nadole usmerenoj sili gravitacije i riba miruje na određenoj visini ili se netoneći kreće u stranu. Iako se najveći broj riba koristi mehurom za podizanje i spuštanje, mnogim ribama mehur nije potreban jer svo svoje vreme provode na dnu mora. Neke druge ribe, kao što su npr. ajkule, ne koriste mehur već se radom peraja ubrzavaju nagore ili nadole. Kao i kod aviona, kretanje fluida ispod peraja stvara podizanje koje gura ribu navise. Riblji mehur koristi ribi i kao slušni aparat. Naime, zvučne vibracije vode se prenose na fluid u mehuru, što je riba u stanju da interpretira kao okolni zvuk ili prisustvo neke druge ribe (od koje se odbija zvuk) u okolini.

### **- Kako morska bića izdržavaju visoke podvodne pritiske?**

Premda mnoga morska bića žive u veoma velikim dubinama na kojima vladaju izrazito visoki pritisci, najveći izazov u adaptaciji na promene u pritisku postoji kod bića koja žive na površini, ali se i spuštaju do velikih dubina, što je slučaj kod nekih morskih sisara kao što su npr. beli kit (*Physeter catodon*) i mali kit (*Hyperoodon rostrabus*). Danas se na osnovu rezultata merenja izvršenih pomoću sonarnog praćenja i vremensko-dubinskih rekordera zakačenih za kitove, zna da su ove dve vrste kitova u stanju da zarone do dubina od preko dva kilometra, pri čemu njihova tipična ronjenja idu do dubine od oko 50 – 100 metara, a mogu trajati od 20 minuta do celog časa, što je sasvim sigurno fascinantno, pogotovo ako znamo da su ova bića sisari isto kao i mi, te stoga poseduju ne škrge, već pluća, kao i topli krvotok. Ronjenje do velikih dubina može izazvati deformaciju tkiva usled visokog okolnog pritiska, i to u najvećoj meri kod delova tela koji su ispunjeni gasovima, kao što su npr. šupljina srednjeg uha, vazdušni sinusi u glavi i pluća. Nastajanje i veoma male razlike u pritiscima između vazdušne šupljine i okolnog tkiva mogu dovesti do savijanja tkiva i eventualno do njegove trajnije deformacije. Kod nekih vrsta kitova, šupljina srednjeg uha je obložena sa gustim spletom nerava i predodređena je da se skupi i zapuši na velikim dubinama i da na taj način redukuje ili potpuno odstrani vazdušni prostor, pa da stoga i spreči eventualnu deformaciju tkiva oko vazdušnog džepa. Kitovi, takođe poseduju velike Eustahijeve trube koje komuniciraju sa timpanskom šupljinom u ušima i velikim krilastim sinusom u glavi. Ovi vazdušni sinusi u glavi su obloženi krvnim sudovima, za koje se smatra da imaju sličnu skupljajuću funkciju kao i unutrašnje obloge srednjeg uha, i da tako uravnotežavaju vazdušni pritisak unutar ovih šupljina. Takođe, za razliku od kopnenih sisara, većina morskih sisara ne poseduje prednje, čeonu sinuse (u lobanji). Kod kitova i ajkula koji zaranjaju do velikih dubina, periferni vazdušni putevi u plućima su ojačani, što njihovim plućima omogućava da kolabiraju na velikim dubinama, odnosno da se najvećim delom skupe tako da zatvore prolaz vazduhu do alveola (plućnih mehurića) u kojima se odigrava razmena gasova sa krvnim sudovima. Na taj način je sprečena apsorpcija azota u krvi, pa stoga i posledično trovanje azotom koje kod ronilaca često izaziva osećaj opijenosti, a prilikom naglom pada u pritisku

(odnosno naglog izranjanja), azot, rastvoren u telesnim fluidima, izdvaja se u obliku mehurića, što je takođe nepoželjna pojava. Međutim, kolaps pluća kod morskih sisara na velikim dubinama sprečava ove pojave. Umesto unosa kiseonika u krv putem pluća, dubinski kitovi i ajkule skladište kiseonik u svojoj krvi i mišićima. Nekoliko fizioloških adaptacija ovih morskih stanovnika im omogućava da ovo izvode. Najpre, ova morska bića poseduju veoma visoku vrednost specifične zapremine krvi (oko 200 do 250 mililitara krvi po kilogramu telesne mase), koja je tri do četiri puta veća od vrednosti iste veličine kod kopnenih sisara (kod nas, oko 70 mililitara krvi po kilogramu telesne mase). Zatim, koncentracija hemoglobina, proteinskih molekula koji u centru svojih struktura poseduje po atom gvožđa koji za sebe vezuje atome kiseonika i raznosi ih od pluća do tkiva, skoro je dvostruko veća od iste koncentracije kod nas. Takođe, i koncentracija mioglobina, prioteina slične strukture kao i hemoglobin, ali koji poseduje dvostruko veći afinitet za kiseonik od hemoglobina i koristi se za skladištenje kiseonika u mišićima, skoro je 10 puta veća od iste koncentracije u našim mišićima.

### **- Šta piju morski sisari?**

Morski sisari, kao što su npr. delfini, kitovi ili foke zapravo ne piju ništa, jer svu vodu neophodnu za normalno telesno funkcionisanje uzimaju preko pojedene ribe. Stoga, ukoliko se morski sisari ne hrane pravilno, mogu lako da dehidriraju, jer sva količina vode koju unose u telo, potiče iz pojedene hrane. Takođe, kada se ne nalaze u svom prirodnom ambijentu, već kada su pod ljudskom negom ili u veštačkim bazenima, delfini se moraju pojititi svežom vodom iz cevi ili flaša, ukoliko im porcije hrane nisu dovoljno velike. Neke vrste ajkula i foka imaju običan da ponekad i popiju po malo morske slane vode, slično kao i neki delfini i morske vidre, dok neke ajkule jedu i sneg kada naiđu na njega. Morske krave i neki perajari, takođe, vole da piju običnu, neslanu vodu, što često imamo prilike da vidimo kada stanovnici priobalskih kuća iznesu creva na obalu i puste vodu kroz njih, nakon čega se veoma često na obali pojave ova morska bića i počnu da piju vodu.

### **- Da li piškenje u moru privlači ajkule?**

Čuveni istraživač mora i okeana Žan-Mišel Kusto misli da velike bele ajkule uopšte nisu toliko veliki proždrljivci ljudi koliko se to misli. Kako bi to potvrdio, on je bez zaštitnog kaveza skočio u bistru vodu (u kojoj ga ajkule nisu mogle pomešati sa morskim lavom ili nekim drugim potencijalnim plenom), gde se provozao sa ajkulama držeći se za njihova peraja. Ipak, nažalost, svake godine, ajkule u proseku pojedju nešto manje od deset ljudi, dok s druge strane, ljudi godišnje ulove oko 100 miliona ajkula, što je i razlog zašto se ova životinjska vrsta nalazi na ivici istrebljenja. U mnogim mestima, ribolovci samo isecaju ajkulino peraje koje zatim prodaju po ceni koja dostiže neverovatnih 400 dolara po kilogramu. Iako je čulo vida ajkule prilično nerazvijeno, ajkula poseduje čulo mirisa pomoću koga je u stanju da u vodi detektuje rastvor ekstrakta tune u razmeri od 0,04 : milion, a kada su gladne i od 0,0001 : milion. Takođe, slično električnim ribama i ražama, i ajkule poseduju senzorske elemente u vidu mehurića (tzv. Lorencinijeve ampule) smeštenih pod kožom glave i u njušci. Osim što ovaj sistem kod ajkula ima ulogu receptora temperature vode, vibracija i saliniteta, Lorencinijeve ampule imaju ulogu elektromagnetskog receptora, pomoću koga su u stanju da lokalizuju ribu zagnjurenu u pesak, zahvaljujući električnom mikropolju koje ona indukuje. Osim, što ovaj receptorski sistem učestvuje u detekciji električnog polja, on reaguje i na Zemljino magnetno polje, što ajkule koriste u svrhu navigacije tokom migracije. Međutim, sve ribe, uključujući i ajkule sadrže visoku koncentraciju urina u svojoj krvi, odakle i potiče karakteristični amonijačni miris riba. Stoga se može očekivati da ajkula nije u stanju da

prepozna svoj plen samo na osnovu traga urina u vodi. Uz to, na ajkule prilično odbojno deluje ljudski znoj. Usput, jedan surfer nam je priznao da je bio svestan samo suprotnog efekta kada je video ajkulu kako prolazi ispod njegove daske za surfovanje.

### **- Kako su neka morska bića providna?**

Na našoj planeti postoji mnogo višćelijskih organizama koji su skoro u potpunosti providni, dok neka bića poseduju samo neke providne telesne delove. Neke vrste hobotnica iz dubokih voda, većina meduza, vodozemac *Phronima*, nekoliko vrsta morskih i slatkovodnih rakova, skoro svih stotinak vrsta streličastih puževa (*chaetognathae*), krila nekih leptira (npr. *Callitaera mehander*), larve morskog insekta *Chaoborus*, pa čak i neke vrste riba, kao npr. *Kryptopterus* su providni. Kod morskih organizama, providnost je prednost prilikom vertikalnog kretanja između područja različitih osvetljenosti bez potrebe za podešavanjem boje tela kako bi se uklopili u boju sredine i na taj način postali što manje vidljivi za predatore. Čak i ljudska bića, kao i svi sisari, poseduju neke providne delove tela kao npr. nokte ili očna sočiva. Sva transparentna tkiva poseduju nekoliko zajedničkih osobina, a to su: nepostojanje krvnih sudova (hemoglobin koji vezuje kiseonik koji udišemo i raznosi ga po telu daje krvi crvenu boju) i pigmenata (molekula koji apsorbuju svetlost određenih talasnih dužina, dok druge reflektuju, te tako daju karakterističnu boju koži), međućelijski prostor mora biti manji od talasne dužine vidljive svetlosti kako se ona ne bi rasipala, već samo prolazila kroz telo, i relativno ravnomerno raspoređene ćelije. Transparentni delovi životinja su najčešće u najvećoj meri izgrađeni od mikopolisaharida i kolagena, premda su i glikoproteini (kod riba) i čitin (kod insekata) često prisutni. Neka tkiva je nemoguće načiniti providnim, kao npr. nervnu strukturu s obzirom na visok sadržaj masti u zidovima nervnih puteva ili mrežnjaču s obzirom na oko milion pigmentnih ćelija (koje sadrže pigmentni molekul rodopsin) u njima.

### **- Da li se morski stanovnici iz velikih dubina družu sa stanovnicima površinskih voda?**

Morske i okeanske površine su veoma uzburkane u odnosu na mirniju dubinsku vodu. Naime, "disanje" mora (podizanje i spuštanje nivoa mora usled gravitacionog privlačenja Sunca i Meseca), vetrovi koji uzrokuju talase, kao i morske struje dovode do toga da su mora na površini mnogo dinamičnija životna sredina od one u dubinama. Životinje iz površinskih voda moraju da budu u stanju da se bore sa turbulencijama (uzburkanošću) vode, pa tako stalno usavršavaju svoje plivačke sposobnosti. Površinske vode su takođe izložene čestim temperaturnim fluktuacijama usled smene godišnjih doba, a ovo mešanje voda i koristi životinjama s obzirom da se tako povećava koncentracija kiseonika u vodi. S druge strane, životinje iz dubina žive znatno mirnijim životima, jer su turbulencije vode u njihovoj sredini retke pojave. U dubokom moru je nivo kiseonika znatno manji nego blizu površine, pritisak je znatno veći (jer je više vode koja pritiska tela odozgo), temperatura se kreće oko 4 °C, a i potpuno je mračno. Naime, Sunčeva svetlost se probija kroz vodu samo do dubina od oko 200 metara, što predstavlja i dubinsku granicu do koje se odvija fotosinteza u moru (tzv. eufotička zona). Stoga, morski lanci ishrane zasnovani na fotosintezi u potpunosti zavise od odvijanja ovog procesa u plitkim vodama. Hrane je znatno manje u dubinama ali hranljivi sastojci iz površinskih voda stalno padaju ka dubinama čime se uglavnom i hrane stanovnici iz morskih dubina. Ipak, postoje i delovi mora u kojima lanci ishrane u morskim dubinama uopšte ne zavise od procesa fotosinteze, odnosno prisustva svetlosti. Ovi predeli se nazivaju hidrotermalnim ventilima i pojavljuju se na mestima u blizini kojih topla lava iz Zemljine unutrašnjosti prodire kroz pukotine u morskome podu i ističe u more. Pošto je lava veoma

topla, ona greje ambijentalnu morsku vodu, a i u njoj oslobađa mnoge minerale. Stoga u blizini ovih morskih ventila, postoje domovi mnogih morskih bića, a pogotovo cevastih crva, mekušaca, ljuskara i drugih morskih vrsta. Stoga, ovakav životni sistem nije zasnovan na fotosintezi u okviru koje se energija Sunčeve svetlosti koristi za izgradnju složenih organskih molekula (šećera), već na hemosintezi u okviru koje se koristi energiju koja se čuva u hemijskim vezama kako bi se atomi ugljenika raspodelili u organske molekule koji zatim predstavljaju hranu biljki i životinja.

### **- Kako se orijentišu noćni ronionci?**

Kada ronimo u moru u kome je osvetljenost veoma slaba, često nam se može desiti da na trenutke izgubimo orijentaciju i ne možemo da prepoznamo gde se nalazi površina mora, a gde morsko dno. Naime, sa spuštanjem u dubinu, pritisak skoro podjednako raste sa svih strana, tako da bez uočavanja vidljivih znakova često nismo u stanju tako lako da odredimo da li se spuštamo ili penjemo. Iskusni ronionci se tada služe jednostavnom fizičkom činjenicom da je vazduh lakši od vode i da se stoga kreće ka njenom vrhu. Naime, dovoljno je da osvetlimo lampom prostor ispred našeg nosa i da zatim izdahnemo malo vazduha. Mehurići izdahnutog vazduha će se podići ka površini mora, što će nam i pomoću da saznamo šta je gore a šta dole. Takođe, naše srednje uvo koje nam pomaže u održavanju ravnoteže, veoma je osetljivo na promene u pritisku, što imamo priliku da potvrdimo svaki put kada naglo zaronimo ili kada putujemo avionom, a posebno kada slećemo ili uzlećemo u njemu, jer tada i dolazi do naglih i lako uočljivih promena pritiska. Stoga se sa spuštanjem u dubinu, pritisak u srednjem uhu povećava, dok se sa plivanjem ka površini, pritisak u njemu postepeno oslobađa, a registrovanjem finih promena pritiska u ušima, vešti ronionci su u stanju veoma brzo da prepoznaju smer svog kretanja u odnosu na nivo mora.

### **- Zašto ne smemo naglo da izranjamo iz duboke vode?**

Bilo da ronimo na dah ili sa SCUBA-om (*Self-Contained Underwater Breathing Apparatus*), neophodno je da polako i postepeno izranjamo ako smo se spustili do većih dubina. Kada ležimo na peščanoj plaži na nivou mora, pritisak vazduha koji nas okružuje je jednak jednoj atmosferi, tj. 101325 Paskala, što predstavlja "normalan" pritisak za nas. S druge strane, pošto je voda mnogo teža od vazduha, nije potrebno zaroniti do velikih dubina da bi se pritisak oko nas drastično povećao. Tako, npr. stub vode površine poprečnog preseka od jednog kvadratnog inča (1 inč = 2,54 cm) i visine deset metara izvršio bi na nas pritisak od dodatne jedne atmosfere. Ako zadržimo dah i zaronimo deset metara u dubinu, naša pluća će se dvostruko skupiti, jer je pritisak oko vazduha u plućima postao dvostruko veći. Kada izronimo na površinu, naša pluća se opet proširuju do normalne veličine. Kada dišemo kompresovani vazduh iz SCUBA boce, vazduh koji izlazi iz boce mora da bude na istom pritisku kao i voda koja ga okružuje, jer u suprotnom ne bi mogao da ističe. Stoga, prilikom SCUBA ronjenja, vazduh u našim plućima ima dvostruko veći pritisak od vazduha na kopnu. Na dubini od 20 metara, ovaj pritisak je 3 puta veći od normalnog, na dubini od 30 metra je 4 puta veći itd. Kada gasovi iz vazduha pod visokim pritiskom dođu u kontakt sa vodom, oni se rastvaraju u njoj. Upravo tako se prave gazirana pića. Kada otvorimo bocu sode, mehurići rastvorenog ugljen dioksida izlaze na površinu. Drugim rečima, gas rastvoren u vodi pod visokim pritiskom, napušta tečnost u obliku mehurića kada snizimo pritisak. Ako SCUBA ronilac ostane neko vreme na dubini od npr. 30 metara, određena količina azota iz vazduha će se rastvoriti u vodi u njegovom telu. Ako iz ove dubine, ronilac brzo izroni na površinu, to je kao da je otvorio bocu sode – rastvoreni gas se isuviše naglo oslobađa, što može biti opasno. Da bi se izbegle posledice brze dekompresije, ronilac mora polako da izranja kako bi se

rastvoreni gasovi polako oslobađali. Ako ronilac isuviše brzo počinje da izranja, jedini način da se izbegnu efekti dekompresije je ili da se opet vrati u dubinu (slično stavljanju zapušača na bocu sode) ili da uđe u komoru pod pritiskom u kome je pritisak vazduha jednak pritisku vode na toj dubini. Tada se rastvoreni gasovi postepeno oslobađaju.

### **- Koliko bi bio dubok okean na Zemlji kada bi njena čvrsta površina bila savršena sfera?**

Zemljina čvrsta površina, odnosno njena kora, ne formira savršenu sferu oko unutrašnjih slojeva naše planete, već je prepuna uzvišica, padina, planina i dolina, zahvaljujući čemu okeani ne prekrivaju ravnomerno kristalitnu površinu Zemlje. Zemljin prosečni poluprečnik iznosi 6370 km. Pomnožimo treći stepen poluprečnika Zemlje sa  $4\pi/3$  i dobićemo zapreminu Zemlje u vrednosti od 1 082 700 000 000 kubnih kilometara, dok je ukupna zapremina Okeana i mora na Zemlji jednaka 1 347 000 000 km<sup>3</sup>, odnosno oko 1000 puta je manja od zapremine čvrste Zemlje. Ovako zamišljena Zemlja bi se sastojala od unutrašnje, čvrste sfere oko koje bi bio obmotan prsten okeanske površine. Stoga, razlika ukupne zapremine ovakve Zemljine sfere (zajedno sa unutrašnjom, čvrstom sferom i spoljašnjim, tečnim prstenom) u kojoj kao prečnik figuriše suma poluprečnika čvrste sfere i debljina prstena, i zapremine samo unutrašnje, čvrste sfere u kojoj naravno, figuriše samo poluprečnik ove sfere, biće jednaka zapremini Okeana na Zemlji. Ukoliko poluprečnik unutrašnje sfere izjednačimo sa sadašnjim srednjim poluprečnikom Zemlje, lako možemo izračunati debljinu vodenog prstena kao 2,6 kilometra ili oko 1,6 milja. Drugim rečima, na Zemlji na kojoj ne bi postojali uzdignuti kontinenti, sloj Okeana bi bio dubok oko 2,6 km. S druge strane, na današnjoj Zemlji, prosečna dubina okeana iznosi oko 4 km, dok najveća dubina u jarku Mariana u Tihom Okeanu iznosi 10924 metara. Ipak, koliko god da impresivno deluje dubina okeana na nas, ona je i dalje veoma mala u odnosu na njihovu širinu. Naime, prosečna dubina okeana u odnosu na širinu Pacifika od 11 000 km, stavlja nam do znanja da okeani poseduju odnose širine prema dubini (odnosno debljini) slične jednom papirnom listu. Ova činjenica često pomaže okeanografima, jer sve morske talase mogu aproksimirati kao horizontalne, što većinu njihovih proračuna čini znatno lakšim.

### **- Šta su to morske pustinje?**

Morske pustinje su naziv za suvoparne oblasti na okeanu, u kojima kiša skoro nikada ne pada. Na svakoj hemisferi, između geografske širine od 25 i 45 stepeni nalazi se zona visokog vazdušnog pritiska, koja se zove subtropski pojas. Ovaj pojas se sastoji od nekoliko odvojenih vazdušnih oblasti, poznatijih pod imenom anticikloni, koji se kreću severno ili južno u zavisnosti od godišnjeg doba, pri čemu su za oko 5 stepeni geografske širine bliži ekvatoru zimi nego leti. Pojas sa anticiklonima takođe sadrži i ogromna područja u kojima vladaju blagi vetrovi i mirne vazdušne struje, koje podležu kompresionom zagrevanju stvarajući tako vazduh veoma niske relativne vlažnosti. Vreme je u ovim oblastima sunčano i sa veoma malim brojem kišnih oblaka, pa je klima veoma suva kako iznad okeana, tako i iznad kopna. Ipak, zapadni delovi subtropskog pojasa poseduju manje stabilan vazduh, pa su u ovim delovima pojasa nešto češće oluje. Najveće svetske peščane pustinje, kao npr. Sahara i Kalahari u Africi, pustinje na jugozapadu SAD-a, pustinja Atakama u Čileu, pustinje zapadne Australije, kao i veliki delovi okeana, leže u ovoj subtropskoj i suvoparnoj oblasti visokih vazdušnih pritisaka.

### **- Zašto su talasi u Kaliforniji veći od talasa sa Atlantika?**



Poznato je da se najbolja mesta za surfovanje na talasima nalaze na zapadnoj obali Amerike i na Havajima, a razlog ovome su znatno pogodnija veličina (tj. amplituda) i period talasa nego na istočnoj američkoj obali. Postoje tri osnovna faktora od kojih zavisi veličina talasa, a to su: prevlađujući (pretežni) vetrovi, oblik i nagib kontinentalnog grebena i rastojanje koje prelaze vetrovi ili talasi duž površine okeana. Talasi predstavljaju oscilacije mora uzrokovane vetrom i kreću se u pravcu vetra. Naravno, kada posmatramo talase izgleda nam da se sama voda kreće u talasima, ali se zapravo energija vetra prenosi kroz vodu koja miruje. Pretežni vetrovi i na istočnoj i na zapadnoj obali Amerike duvaju sa zapada ka istoku, što znači da se na Zapadnoj obali, pretežni vetrovi nalaze iza talasa (koji se kreću ka obali) što povećava energiju talasa, dok na istočnoj obali vetrovi duvaju u susret talasima pa im tako smanjuju energiju. Obe obale Amerike predstavljaju kontinentalni greben, a Zemlja ispod vode je kao i Zemlja iznad vode prepuna kanjona, dolina, ravnica i brežuljaka. Ukoliko biste sa Zapadne obale krenuli ka pučini, primetili biste da je tu kontinentalni greben znatno strmiji od grebena istočne obale, što znači da biste na istočnoj obali mogli da pređete veće rastojanje u okeanu peške pre nego što biste morali da zaplivate. Ispod okeanske površine, čestice vode se vrte u pravcu vetra, a ove čestice su najveće u blizini vodene površine. Što je veća dubina okeana, to su manje čestice koje se okreću. Kako se talas kreće ka kopnu i udara u uspon kontinentalnog grebena, trenje uzrokuje usporavanje čestica tako da talas pada na sebe. Na zapadnoj obali, greben se iznenada podiže blizu kopna pa su stoga talasi znatno veći u trenutku udara o obalu (čestice talasa i vode ne stižu da se uspore pod dejstvom trenja sa grebenom). Takođe, Pacifik na zapadnoj obali poseduje veće prostranstvo od Atlantika na istočnoj obali. Stoga je i rastojanje koje prelaze vetrovi i talasi duž površine okeana veće na zapadnoj nego na istočnoj obali. Ovde se može postaviti analogija sa snežnim grudvama – što više okrećete snežnu lopticu u snegu to će ona veća narasti. Isto tako, talasi sa zapadne obale nastaju negde na velikom Tihom Okeanu i prelaze veća rastojanja pre nego što udare u obalu, pa imaju priliku da prime veću energiju vetra, a time i da povećaju svoju veličinu i dužinu. Osim što su talasi sa zapadne obale veći, oni poseduju i duži period (10 do 17 sekundi) u odnosu na talase sa istočne obale (6 do 10 sekundi).

### **- Zašto se plima i oseka smenjuju dva puta dnevno?**

Plima i oseka, tj. povećanje i snižavanje nivoa mora, nastaju pod dejstvom gravitacionog privlačenja Meseca. Ukoliko sedimo na obali mora i Mesec se nalazi iznad nas, primetićemo da je nivo mora porastao usled gravitacionog privlačenja Meseca iznad nas. Međutim, u tom trenutku, plima će postojati i na suprotnoj strani Zemljine kugle, dok će oseka biti primetna na bočnim delovima planete. Plima na drugoj strani Zemlje se može objasniti time što Mesec svojom gravitacijom ostvaruje različiti efekat privlačenja na inertnije i masivnije kopnene površine, i na lagane i ređe okeane. Stoga, na strani okrenutoj Mesecu, voda lakše skače njemu u susret, dok na drugoj strani, kao da Mesec “odvaja” Zemlju od njegovih vodenih površina. Za razliku od Zemlje koja napravi krug oko svoje ose za 1 dan, Mesecu je potrebno 27,23 ovakvih zemaljskih dana da se jednom okrene oko svoje ose i da se istovremeno okrene oko Zemlje. Stoga, u vremenskom periodu od 12 sati, Zemlja se okrene za pola kruga, tj. za  $180^\circ$ , dok se tokom istog vremenskog intervala, Mesec okrene za samo  $6^\circ$  oko Zemlje, što znači da će svaka obala doživljavati plimu na svakih 12 sati i 25 minuta.

### **- Kako se može stvarati električna energija iz mora?**

Osim mora i okeana, svi drugi izvori energije na Zemlji (ugalj, nafta, ulja, prirodni gas) predstavljaju u prošlosti akumuliranu energiju Sunca. Mora su jedini potencijalni izvori energije koja jednim svojim delom potiče od Meseca. Naime, gravitaciono privlačenje

Meseca uzrokuje pojavu plima i oseka, a postavljanjem brana preko kojih bi se bazeni punili tokom plime, i naknadnim (tokom oseke) propuštanjem ove vode kroz turbine (slično običnim rečnim hidroelektranama) moguće je proizvesti električnu energiju. Plimski mlinovi su se koristili na obalama Španije, Francuske i Velike Britanije još pre 1100. godine, a potencijali plimske energije se u poslednje vreme intenzivno ispituju u mnogim zemljama, a posebno u Francuskoj (gde plime na Atlantskoj obali podižu nivo mora i za po 12 metara) gde je 1960. godine podignuto postrojenje od 240 MegaVati na reci La Rans (blizu lučkog gradića Sen Maloa) koje još uvek uspešno radi. Ipak, najveći deo korisne energije koja bi se mogla dobiti iz mora predstavlja posledice priliva Sunčeve energije na Zemlju. Tako, energija morskih talasa predstavlja oblik solarne energije, pošto su vetrovi koji stvaraju talase uzrokovani atmosferskom razlikom u pritiscima koja potiče od neravnomernog Sunčevog zagrevanja različitih delova Zemljine lopte. Jedan od popularnijih načina iskorišćenja energije talasa se postiže u postrojenjima primenom sistema oscilujućeg vodenog stuba koji sadrži delimično uronjenu asfaltnu ili čeličnu strukturu koja ima otvor ispod nivoa mora tako da obuhvata stub vazduha iznad stuba vode. Kako talasi udaraju aparat i izazivaju rast i pad vode u njemu, tako dolazi i do kompresije i dekompresije vazduha u uređaju. Ovaj vazduh ima mogućnost da teče u atmosferu i iz nje kroz turbinu koja pokreće električni generator. Takođe, jedna od varijanti dobijanja energije iz mora je i tehnologija plimske struje, koja ima za cilj eksploataciju snažnih plimskih struja koje postoje u plitkim morima, posebno tamo gde postoji prirodno sužavanje, kao na primer u okolini ostrva. Osim prethodno opisanih iskorišćavanja mehaničke energije mora, moguće je koristiti se i toplotnom razlikom između toplije površine (u proseku od 22 do 27 °C) i hladnije vode iz dubine mora (oko 4 °C). Teorijski, konverzija energije pri temperaturskoj razlici od 23 °C moguća je sa efikasnošću od 7 %, ali u praksi, ova efikasnost ipak iznosi samo 3 % (što je otprilike jednako toplotnoj efikasnosti koju su postizale parne lokomotive sredinom devetnaestog veka). Proizvodnja energije iz ovog resursa koristi isti bazični princip koji su koristila parna postrojenja pre više od 150 godina:

1. Topla voda sa površine mora se pomoću pumpe za toplu vodu pumpa kroz bojler, gde se jedan deo njene toplote koristi za zagrevanje radnog fluida, najčešće propana ili neke slične supstance sa visokim naponom pare.

2. Ovaj fluid zatim isparava, njegova para se širi kroz turbinu, koja je spojena sa generatorom koji proizvodi električnu energiju.

3. Hladna voda iz dubine se uz pomoć pumpe za hladnu vodu pumpa kroz kondenzor, gde se para vraća u tečno stanje.

4. Fluid se pumpa nazad u bojler pomoću bojlerske pumpe. Mali deo snage iz turbine koristi se za pumpanje vode kroz sistem i za funkcionisanje drugih unutrašnjih operacija, ali najveći deo energije je dostupan potrošačkoj mreži.

Održiv prinos električne energije iz jednog ovakvog resursa bio bi ekvivalentan snazi od milion hidroelektrana na Nijagarinim vodopadima, a primenom ove tehnologije moguće je dobijanje sveže vode i sveže morske hrane u ekstremno velikim količinama, moguće je i stvaranje brojnih hemijskih jedinjenja iz morske vode kao na primer amonijaka, metanola, benzina, aluminijuma, vodonika itd., kao i ekstrakcija minerala iz mora.

## **- Šta su to pokretni gradovi ?**

Prvi pokretni, odnosno plutajući grad na našoj planeti otvorio se 2004. godine pod imenom "Grad slobode". Za razliku od brodova krstarica, "Grad slobode" je planiran kao mesto koje bi imalo svoje stalne stanovnike. Brod težine 2,7 miliona tona, dužine 1316, širine 221, a visine 103 metra, isplaniran je da obilazi Zemljinu loptu svake dve godine i s vremena na vreme se odmara u lukama priobalskih gradova. Ovakve dimenzije čine "Brod slobode" dvostruko višim, a 4 puta dužim i širim od trenutno najveće krstarice na planeti. Brod je

izgrađen na vrhu baze sastavljene od 520 čeličnih ćelija, a pokreću ga 100 dizel motora, pri čemu svaki radi sa po 3700 konjskih snaga. "Brod slobode" poseduje 17 000 stanova, pa u njemu može da živi oko 60 000 ljudi uz 20 000 posetilaca i 15 000 članova posade. Na brodu se osim svih stvari koje postoje u modernim gradovima, nalaze i: aerodrom zajedno sa hangarima i 1158 metara dugom stazom za sletanje i poletanje avione, marina za jahte i brodove, veliko šoping šetalište, osnovna, srednja škola i koledž, teren za golf, biciklističke staze, pozorišta, i 80 hektara (8000 ari) sportskih igrališta. Ideja tokom izgradnje je bila da stanovnici broda budu oslobođeni svih lokalnih taksi, a imaju obaveze samo prema državnim zakonima zemlje iz kojih potiču. Brod se koristi spaljivajućim toaletima, tako da ne stvarati nikakav otpad. Umesto da se bacaju u more, sagorele fekalije se stavljaju u cvetne sadnice i saksije, istrošeno ulje se sagoreva u parnim postrojenjima kako bi se dobila električna energija, a staklo, papir i metali se recikliraju na samom brodu i zatim ponovo koriste.

### **- Šta su to fotonski jarboli?**

Posada podmornice ponekad provodi čitave mesece potopljena u moru sa jednim prozorom ka Sunčevoj svetlosti u vidu periskopa - ogledalskog (ili prizmatičnog uz pomoć sočiva i teleskopa) sistema (dužine do 18 metara, što definiše tzv. periskopsku dubinu do koje je moguće orijentisati se pomoću njega) pomoću koga je moguće posmatrati vazdušni predeo dok je podmornica ispod vode. Međutim, konvencionalni optički periskopi moraju posedovati veoma velika kućišta (vrh podmornice), kontrolne sobe postavljene izuzetno visoko kako bi bile povezane sa periskopom, a kroz same periskope jednovremeno može gledati samo jedna osoba. Stoga će uskoro sve podmornice umesto periskopa biti opremljene sa parom fotonskih jarbola, odnosno visoko-rezolucionih kamera koje šalju primljene vizulne signale na pločasti displej u kontrolnoj sobi podmornice. Fotonski jarboli će se koristiti za slikanje i navigaciju modernih podmornica, a po svom izgledu će podsećati na automobilske antene, premda u stalnom teleskopskom kretanju. Srce fotonskog jarbola predstavlja elektro-optički senzor koji se nalazi u delu rotirajuće glave koji je isturen iz vode, a koji se sastoji iz antene, kritične kamere koja se nalazi u specijalnom kućištu otpornom na visoke i nagle pritiske, tri visoko-rezolucionne kamere (jedna u boji, jedna crno-bela i jedna infracrvena) sa ugrađenom opcijom noćnog posmatranja i laser pomoću koga se mogu precizno meriti rastojanje do okolnih nevedenih prepreka. Slike koje prikuplja fotonski jarbol se duž optičkih vlakana šalju do dve radne stanice i konzole komandne sobe. Fotonski jarboli se pomoću džojstika mogu pojedinačno orijentisati sa dve radne stanice, a slike sa kamera se mogu snimati na video traku ili kompakt disk.

### **- Zašto brodovi i podmornice za određivanje rastojanja do predmeta oko sebe koriste sonar, a ne radar?**

Radar (*R*Adio *D*etecting *A*nd *R*anging) predstavlja postupak merenja rastojanja do bliskih i udaljenih predmeta ili prirodnih prepreka putem emisije radio talasa i merenja vremena potrebnog da se ovaj talas odbije od predmeta i vrati nazad ka prijemniku radara. Najčešće se ista antena koristi i kao emiter i kao prijemnik radio talasa, a množenjem polovine vremena koje protekne od emisije do prijema talasa sa brzinom svetlosti (jer se radio talasi kao i svi drugi oblici elektromagnetnih talasa prostiru kroz prostor brzinom svetlosti) dobija se rastojanje od antene do predmeta. Sonar (*S*ound *N*avigation *R*anging) radi na istom principu kao i radar osim što se koristi refleksijom ne radio, već zvučnih talasa (eho). Pošto se zvuk kroz vodenu sredinu prostire oko 196 000 puta sporije od svetlosti, vreme odgovora (vreme koje protekne od emisije do prijema reflektovanih signala) sonarnih uređaja je znatno duže od odgovarajućeg vremena kod radara, pa je stoga i kod manje savršenih uređaja, greška

pri merenju manja. Takođe i merenje Doplerovog pomaka se znatno preciznije meri na zvučnim, nego na svetlosnim talasima, a sve ovo čini sonare znatno jeftinijim od radara, pa upravo njih koriste brodovi i podmornice za lociranje prepreka na putu, kao i za pravljenja mapa morskog dna. Uz ovo, i izvor radio talasa jednog radara u vodi bi morao da bude mnogostruko snažniji od istog izvora u vazduhu, jer morska voda intenzivno apsorbuje radio talase, pa bi stoga opseg rastojanja do kojih se mogu locirati prepreke u vodi bio znatno manji nego u vazduhu. S druge strane, zvučni talasi se sasvim fino prostiru kroz vodu, što čini njihov domet znatno većim od svetlosnih ili radio talasa.

### **- Kako se pravi vazduh u podmornicama?**

Vazduh koji dišemo se sastoji od 78 % azota ( $N_2$ ), 21 % kiseonika ( $O_2$ ), 0,94 % argona (Ar) i 0,04 % ugljen dioksida ( $CO_2$ ). Tokom procesa disanja, naša tela od svih sastojaka vazduha konzumiraju samo kiseonik, a izdišemo vazduh koji sadrži 4,5 % ugljen dioksida. Podmornice, isto kao i svemirski brodovi predstavljaju hermetički zatvorene prostorije sa ograničenim sadržajem vazduha, koji se stoga stalno mora osvežavati, i to tako što će se stalno stvarati kiseonik, a uklanjati ugljen dioksid, kao i vlaga koja čini veliki deo vazduha koji izdišemo. Atmosfera u podmornicama se najčešće obogaćuje kiseonikom putem rezervoara u kojima se čuva kiseonik pod pritiskom, generatora kiseonika (uređaja u kome se kiseonik stvara npr. putem elektrolize vode) ili kanistera sa kiseonikom (ovi kanisteri su uzrokovali požar na svemirskoj stanici MIR, jer oslobađaju kiseonik iz jedinjenja kao što su npr. kalijum hlorata –  $KClO_3$  ili natrijum hlorata –  $NaClO_3$ , u veoma toploj hemijskoj reakciji pri kojoj se ova jedinjenja razgrađuju i oslobađaju kiseonik). Kiseonik se oslobađa ili kontinualno od strane kompjuterskog sistema koji održava stalni sadržaj kiseonika u vazduhu, ili se oslobađa u nekoliko navrata tokom dana. Ugljen dioksid se najčešće uklanja iz vazduha hemijskim putem pomoću soda kreča (smeše natrijum hidroksida i kalcijum hidroksida). Naime, molekuli ugljen dioksida bivaju zahvaćeni unutar ove smeše i na taj način uklonjeni iz vazduha. Vlaga iz vazduha se takođe uklanja ili hemijskim putem ili pomoću aparata za regulisanje vlažnosti, čime se onemogućava njeno kondenzovanje na zidovima podmornice i na broskoj opremi.

### **- Čemu služi EPIRB radio na brodu?**

EPIRB predstavlja skraćenicu od *Emergency Position Indicating Radio Beacon*, što znači radio-svetionik za indiciranje položaja u slučaju nužde. Ovi radio-svetionici su počeli da se koriste sedamdesetih godina 20. veka i od tada su spasili živote mnogih mornara i pilota koji su zalutali na moru ili u vazduhu. Naime, EPIRB se sastoji od jednog radio predajnika snage 5 Vati, koji šalje signale na frekvenciji od 406 MHz, jednog radio predajnika snage 0,25 Vati koji emituje signale na frekvenciji od 121,5 MHz i u nekim slučajevima i od GPS prijemnika. Kada se EPIRB aktivira, oba radio predajnika počinju da šalju signale. 35 000 kilometara iznad njih u (geosinhronoj) orbiti oko Zemlje, GEOS vremenski sateliti detektuju signal frekvencije 406 MHz, u okviru koga se nalazi jedinstveni serijski broj EPIRB aparata (ukoliko je EPIRB ispravno registrovan, ovaj serijski broj obalskoj straži daje informacije o vlasniku broda), a ukoliko EPIRB poseduje i GPS prijemnik, ovaj signal poseduje i tačan položaj broda na zemaljskoj kugli. Spasioci u avionima ili brodićima, zatim mogu da krenu u potragu za zalutalim brodom ili avionom prateći signale na frekvencijama od 406 ili 121,5 MHz. Stariji tipovi EPIRB-a ne poseduju GPS prijemnike, pa tada GEOS sateliti primaju samo serijski broj broda. Da bi se odredio položaj EPIRB-a na Zemlji, drugi set satelita (kao npr. TIROS-N sateliti) koji orbitiraju u niskim polarnim orbitama oko Zemlje (iznad oba pola) skupljaju signale koji dolaze do njih, na osnovu čega lociraju brod na moru.

## **- Zašto je brazda na vodi iza broda koji plovi uvek istog oblika?**

Svako telo koje pliva na površini vode, bilo da je to labud ili tanker za naftu, ostavljaće brazdu oblika slova V (tzv. Kelvinovu brodsku brazdu) iza sebe čiji je ugao nezavisan od brzine kretanja tela, kao i od težine tela, a čiji poluugao iznosi  $19,47^\circ$ . Struktura talasa koji se iz ove brazde dalje šire ka obali zavisi od oblika i veličine trupa broda, kao i od njegove brzine kretanja kroz vodu. Sedeći na obali mora i posmatrajući brod koji je prošao nedaleko od nas, znamo da će talasi koje je njegovo kretanje po vodi izazvalo, uskoro zapljusnuti obalu. Ovi talasi su posledica konstruktivne interferencije (kada se bregovi poklapaju sa bregovima, a dolje sa doljama tako da se amplitude zbirnih talasa povećavaju) manjih talasića koji su nastali dejstvom sile čestica broda na molekule vode iz mora. Konstruktivna interferencija malih morskih talasića iza broda se isključivo dešava u okviru brazde iza broda. Izvan nje, talasi se nasumično preklapaju, što vodi do rezultujuće destruktivne interferencije, pa je ostatak mora (van brazde, ne računajući talase koji potiču iz brazde) miran. Često se pojava probijanja zvučnog zida, pri kojoj avion ostavlja iza sebe brazdu visokog talasa pritiska, poredi sa brazdom koju iza sebe ostavlja brod koji plovi po moru. Međutim, dok ugao zvučne brazde iza supersoničnog aviona zavisi od njegove brzine (jednak je dvostrukoj recipročnoj vrednosti sinusa količnika brzine zvuka i brzine aviona), vodena brazda iza broda uopšte ne zavisi od plovidbene brzine broda. Kada bacimo kamenčić u more, možemo posmatrati koncentrične kružne talasiće kako se pružaje od tačke u kojoj je kamen dodirnuo površinu mora. Ako se pažljivo zagledamo u proizvoljni talasni krug, videćemo da se on kreće ka predvodnom talasi, prevazilazi ga i zatim nestaje utapajući se u mirnoću okolnog mora. Drugim rečima, pojedinačni bregovi talasa se kreću kroz vodu brže od samog talasa, a za slučaj dubinskih talasa, fazna brzina talasa (brzina kojom se pomera određena faza talasa) je dvostruko veća od grupne brzine talasa (po definiciji, brzina kojom se pomera maksimum talasa). Nestajanje bregova koji idu ispred samog talasa je, slično nestajanju svih talasa van brazde iz broda, posledica destruktivne interferencije. Ukoliko rastojanje između istog aviona u dva različita trenutka predstavlja visinu kupe zvučnog talasa, tada ćemo na spoju stranice i osnove kupe (u okviru koje se nalazi avion u prvom trenutku) uvek dobiti prav ugao. Krećući se kroz vodu, brod stvara talase različitih brzina, pri čemu malopre spomenuti ugao uvek ostaje prav, tako da se može formirati krug na kome će se osim položaja broda u dva različita trenutka puta nalaziti i sve moguće tačke preseka osnovice i stranice trouglova (aproksimirano u dve dimenzije) sa konstruktivno interferiranim talasima, a u ovom krugu se nalaze svi talasi nastali između dva trenutka vremena koji odgovaraju dvoma položajima broda koji se nalaze na suprotnim stranama kružne linije. Međutim, pošto je fazna brzina talasa u vodi dvostruko veća od grupne brzine talasa, tada će talasi stići da pređu samo pola puta od tačke na krugu kojoj odgovara prvobitni položaj broda do mesta preseka stranice i osnove odgovarajućeg trougla. Povezivanjem svih ovih središnjih tačaka na linijama koje spajaju proizvoljni početni položaj i tačke preseka stranica i osnovica svih mogućih trouglova dobija se manji krug koji sa kasnijim položajem broda na krugu zaklapa ugao koji je jednak recipročnoj vrednosti sinusa iz  $1/3$ , odnosno  $19,47^\circ$ .

## **- Kako se jedrenjaci kreću uz vetar?**

Posmatrajući plovidbu mnogih modernih jedrenjaka na morima, mogli bismo lako da pomislimo da oni za razliku od starih jedrenjaka iz prošlosti poseduju mogućnost da jedre uz vetar. Međutim, slično svim drugim brodovima sa jedrima, i ove, moderne jedrilice koriste tzv. *tacking* (ili *starboard tacking*) tehniku pomoću koje se kreću napred u cik-cak linijama nasuprot vetru. Naime, oblici jedra i korita broda predstavljaju glavne faktore koji pružaju

moгуćnost modernim jerilicama da se kreću uz vetar. Nekada su se jedra oblikovala u kvadratu i tada su jedrilice mogle da se kreću samo niz vetar. Ipak, primećeno je da je znatno pogodnije oblikovati jedra u obliku trougla, što su još odavno koristili pomorci na orijentalnim brodovima. Uz upotrebu trouglastih jedara i centralne ploče (moderne kobilice), primenom *tacking* tehnike moguće je putovati uz vetar koji duva pod pravim uglom u odnosu na željeni pravac plovidbe. Naime, brod putuje neko vreme u jednom pravcu koji je normalan na pravac vetra, zatim kapetan promeni orijentaciju jedara za pola kruga tako da brod sada putuje u drugom smeru istog pravca normalnog na pravac vetra. Tako, brod putuje u cik-cak, premda stalno drži željeni pravac. Naime, kako vetar deluje silom pod pravim uglom u odnosu na brod, velika kobilica broda (podvodna centralna ploča oblika krila) pruža veliku silu trenja nasuprot brodu koji se vetrom potiskuje. Pošto je kobilica orijentisana u istoj liniji u kojoj je i linija koja spaja kormilo i rep broda, brod stoga i uspeva da se pokreće u pravcu u kome je orijentisan. Trouglasti oblik jedara takođe pruža dodatno ubrzanje. Naime, kako se jedro udubljuje pod naletima vetra, njen oblik postaje aerodinamičan. Kada se vazdušne struje približe ovako oblikovanom jedru, stvaraju se oblasti manjeg pritiska na prednjoj strani jedra, kao i na strani jedra koja je u zavetrini, što izaziva intenzivnija vazdušna strujanja na udubljenoj strani jedra, a što dovodi do ubrzavanja čitavog broda. Što brod plovi brže, to se stvaraju oblasti sve nižeg pritiska na prednjoj strani jedra što takođe izaziva sve brže kretanje broda, pa u jednom trenutku brod može zaploviti i brže od samog vetra (trenutni rekord brzine jedrenjaka iznosi 86,19 km/h što je iznosilo 2,5 puta brže od okolnog vetra), a brzina kretanja broda zavisi od dužine broda. Naime, kretanjem kroz vodu, brod stvara stojeći talas, a što je veća brzina plovidbe, to je talasna dužina ovog talasa veća i sa povećanjem brzine, u jednom trenutku se dostiže tačka u kojoj ova talasna dužina postaje jednaka dužini broda, pa brod, umesto da nastavi da se ubrzava, počinje da tone u dolje između bregova talasa. Tako, najbrži jedrenjaci poseduju odnos maksimalne brzine i dužine broda jednak 2,5.

### **- Zašto se peščane kule na plaži lakše prave od vlažnog nego od suvog peska?**

Ukoliko leti volimo da pravimo kule od peska na nekoj peščanoj plaži, tada sigurno znamo da se najbolje kule prave neposredno nakon što je poveći talas zapljusnuo obalu i ovlažio pesak na njoj. Uzmite u jednu ruku malo suvog, a u drugu ruku malo vlažnog peska i polako ih prosipajte kroz šaku. Videćete kako suvi pesak znatno finije teče tako da se zrna peska prosto prelivaju jedna preko drugih, dok se zrna vlažnog peska prosto lepe među sobom što je posledica upravo prisustva vode oko njih. Dve fizičke pojave su uključene u ovu pojavu i to: trenje i površinski napon. Postavite jednu malu drvenu ploču na sto i primetićete da ona lako može da se pokreće duž stola. Međutim, što teže parče drveta stavimo na sto, veću ćemo silu morati da upotrebljavamo za njeno klizenje po stolu. Ova pojava je upravo posledica trenja, odnosno privlačnih sila između tela u kontaktu. Pesak se sastoji od malih, finih kamenčića (uglavnom silicijum dioksida, odnosno kvarca) koji mogu da klize jedni preko drugih, jer je trenje između njih veoma malo. Tako, kada prospemo kofu suvog peska na tlo, na svako zrno peska deluje samo sila težine od zrna iznad njih, a ova sila je više nego dovoljna da izazove klizanje zrna, pa gomila peska formira kupastu figuru. Međutim, kada je pesak vlažan, tada je svako zrno presvučeno sa tankim filmom koji se sastoji od molekula vode, koji su polarni i imaju sposobnost građenja dodatnih vodoničnih veza između različitih molekula, a ove veze su jače od veza između molekula vode i molekula iz okolne sredine, odnosno vazduha. Upravo usled ove privlačne sile između molekula vode, ona je jedna od supstanci koje poseduju visoki površinski napon, u šta se možemo uveriti kada prospemo kap vode na drveni sto (naime, kap se neće razliti usled njenog velikog površinskog napona) ili kada malo prepunimo čašu vodom tako da na njenoj površini vidimo "opnu" izazvano

prisustvom površinskog napona. Molekuli vode se privlače, pa se usled toga se i zrna peska obložena vodom takođe privlače, odnosno usled površinskog napona vode, trenje između zrna peska se povećava. Ovo povećanje sile trenja je dovoljno da blago povezana zrna peska mogu da izdrže težinu zrna iznad njih, tako da se njihova “vodena” veza ne raskine. Da površinski napon koji se uspostavlja na granici voda-vazduh ima uloga u održavanju kule peska uspravnim, a ne samo privlačne sile između molekula vode, možemo se uveriti ukoliko pokušamo da izgradimo kulu od peska u moru. Naime, u ovome slučaju ćemo opet dobiti kupastu kulu.

### **- Od čega se sastoje suze?**

Suze u najvećoj meri predstavljaju vodeni rastvor kuhinjske soli (natrijum hlorida - NaCl) u kome je koncentracija ove soli potpuno jednaka kao i u morima na Zemlji. Naime, salinitet mora i okeana od 3,5 % je jednak salinitetu suza. Suze još sadrže i blagu količinu sluzi, prilično veliki broj antitela (koja vezuju za sebe reproduktivne enzime stranih tela), kao i veliki broj lizozoma, antibakterijskog enzima. Sve ove neslane komponente naših suza prisutne su radi zaštite, kvašenja i podmazivanja, odnosno uglačavanja naših očiju tako da one uvek ostanu svetle i sjajne.



## 4. U carstvu biljaka i životinja

### - Zašto su biljke sve korisne za nas?

Biljke su živa bića koja su neophodna da bi se na planeti kao što je Zemlja razvio i održavao bilo koji složeniji oblik života, uključujući i postojanje svesnih bića koja postavljaju pitanja o Kosmosu, kao što smo mi. Biljke u procesu fotosinteze oslobađaju kiseonik koji mi dišemo, a i koji spontano gradi ozonski omotač koji nas štiti od visokoenergetskih elektromagnetnih talasa sa Sunca, kao i iz Kosmosa. Biljke imaju osnovnu ulogu u formiranju plodnog zemljišta, s obzirom da najveći broj organskih materija iz humusa (plodnog površinskog sloja Zemlje) potiče u najvećem delu od biljaka koje su nekada živele na našoj planeti. Biljke sprečavaju eroziju zemljišta (spiranje plodnog zemljišta i njegovo odnošenje u okean) koja se dešava pod dejstvom kiša i drugih atmosferskih pojava, one predstavljaju glavni deo hidrološkog ciklusa (kruženja vode na Zemlji od oblaka preko Zemlje do okeana do oblaka i tako u krug), kao i biogeohemijskog ciklusa u okviru koga kruže i recikliraju se esencijalni hemijski elementi kao azot i fosfor. Pošto biljke u našem ekosistemu predstavljaju carstvo živih bića (sa 260 000 poznatih vrsta od kojih su danas 34 000 vrsta na ivici istrebljenja) koje je u stanju da samo sebi pravi hranu (autotrofni organizmi), one su osnova lanca ishrane živog sveta na Zemlji, imaju presudan uticaj na klimu na Zemlji, jer bi bez njih efekat staklene bašte bio nepovoljan za razvoj složenijeg života. Biljke su staništa mnogih drugih mikroorganizama, insekata, ptica i malih živih bića, a one su osnovni izvor naše hrane, kao i mnogih napitaka (čaj, kakao, kinin...). Bez biljaka ne bismo imali šta da oblačimo, a one su osnovni delovi svih kuća, uključujući nameštaj i građevinske materijale kao npr. drvo, bambus itd. Od biljaka dobijamo hranu, papir, goriva, kanape, tepihe, parfeme, sapune, maramice, zavese, platnene, pamučne, celulozne i druge tekstilne tkanine, patike, lopte, šampone, lekove, začine, boje, industrijske proizvode (gumu, plutu, alkohol, šećere, sapune, paste za zube, ulja, tanin, terpentini, lanena ulja za boje), zaštitu od buke i vetra, nakit, praznično ulepšavanje itd. Osim što su biljke izuzetni prečišćivači vode i vazduha, njihovo postojanje je i estetske prirode. Naime, teško je zamisliti kako bi ovaj svet izgledao kada na nemu ne bi bilo biljaka u vidu drveća, pšeničnih i travnatih polja, drvoreda koji bacaju lepršave senke na letnji trotoar i travnatu livadu, šuma, cveća, plodova trešnje koje leti zakačimo za uši, vinograda, živih ograda...

### - Kako klijuće seme zna na koju stranu treba da poraste?

Pošto su zelene biljke autotrofne, što znači da su u stanju da stvaraju hranu samo pomoću vazduha (odnosno ugljen dioksida), vode, neorganskih molekula i svetlosti, one moraju rasti u prisustvu Sunčeve svetlosti. Ukoliko ste nekada pokrili biljku u saksiji sa kutijom koja je samo na jednom svom kraju otvorena, sigurno ste nakon nekoliko dana mogli da primetite kako biljka počinje da se krivi ka ovoj otvorenoj strani kako bi se približila svetlosti. Pošto je zelenim biljkama potrebna svetlost, kažemo da su one fototropne, što znači da su u stanju da rastu ka izvoru svetlosti. Zapravo, postoje i neke biljke koje rastu tako da bivaju što više zaklonjene svetlošću, pa tada za njih kažemo da su negativno fototropne. Možda smo nekada primetili kako se suncokret uvek okreće ka Suncu. Naime, ovo pokretanje cvetova ka Suncu je posledica aktivnosti motornih ćelija, poznatih i kao pulvinusi, lociranih između cveta i stabla. Ove ćelije postaju veće ili manje u zavisnosti od količine vode koju apsorbuju ili otpuste, što one regulišu kontrolisanim protokom jona kalijuma kroz ćeliju. Što je u ćeliji više kalijuma, to će ona upiti više vode i biće veća, dok u suprotnom slučaju, što je



manje kalijuma u njoj, to će ona posedovati i manje vode, pa će biti i manja. Povećavanjem zapremine jednih, a smanjenjem zapremine drugih ćelija pulvinusa, cvet se može pomerati u odnosu na izvor svetlosti, a često kada zađe Sunce, biljka odmah preorijentiše svoj cvet u pravcu izlazećeg Sunca, gde ga čeka do sledećeg jutra. Premda je nekim semenkama kao što je npr. luk, neophodna svetlost za samo iniciranje procesa klijanja, većina biljnih semenki proklja bez svetlosti da bi zatim usmerila svoju malu stabljiku ka njoj i pružila joj se u susret. Manja zrnca semena koja u sebi sadrže i manje količina hranljivih materija u vidu skroba i ulja koje seme koristi u svrhu klijanja, zakopavaju se pliće u Zemlju kako ne bi morali da prelaze veliki put do osvetljene površine zemlje. Većina semenki počinje da klija sa prvim danima proleća kada temperatura u njenom okruženju postane odgovarajuća, a samo vreme klijanja je povezano sa fotoperiodizmom, odnosno sposobnošću biljke da prepozna količinu dnevno primljene svetlosti. Uporedo, a često i pre nego što malo stablo i prvi listovi koji su do tada bili sklupčani u omotaču zrna, počnu da rastu u visinu, pod dejstvom otvaranja embriona u semenu, formira se koren koji pušta svoje niti u suprotnom smeru od mladog stabla, odnosno ka hladnijoj zemlji. Biljni proteini (specifični proteinski molekuli) predstavljaju glavne unutrašnje faktore koji kontrolišu rasti i razvoj biljke. Naime, ove supstance se stvaraju u jednim delovima biljke, a zatim se prenose do drugih delova gde iniciraju ili koče proces rasta. Hormoni koji se nazivaju giberilina izazivaju izduženje korena, kao i početak procesa klijanja tako što iniciraju stvaranje enzima u semenu koji će razložiti skrob (šećerni polimer) u pojedinačne molekule glukoze koje embrion koristi za svoj rast. Ipak, kako god da smo postavili seme u zemlju, njegov koren će skoro uvek početi da raste nadole, što je posledica pozitivnog geotropizma (koren negativno geotropnih biljaka raste nagore, a stablo je takođe skoro uvek negativno geotropno s obzirom da raste u suprotnom smeru od smera dejstva Zemljine sile gravitacije). Međutim, ukoliko u zemlju iznad semena postavimo više vode nego u sloj zemlje ispod semena, tada će se koren možda okrenuti nagore, što zavisi od toga da li će hidrotropizam date biljke odneti prevagu nad geotropizmom i heliotropizmom. Inače, kao posledica heliotropizma, odnosno sposobnosti da biljka oseti smer iz koga dolazi Sunčeva svetlost, ona se okreće i počinje da raste ka svetlosti, što najčešće odnosi prevagu nad ostalim tropizmima i seme zaista počinje da klija u vis, u pravcu Sunca.

### **- Zašto palme imaju sunderasto drvo i plitko korenje?**

Palme pripadaju biljnoj klasi monokota (odnosno monokotiledona koji zajedno sa dikotiledonima čine dve klase biljaka sa cvetovima, pri čemu na Zemlji postoji oko 50 000 vrsta monokota, a oko 150 000 vrsta dikota), što znači da ne poseduju vaskularni kambijum (bakulju, odnosno meko tkivo između drveta i kore), pa stoga ne mogu da stvaraju drvo. Drvene biljke sa vaskularnim kambijumom svake godine stvaraju ksilem (drvena tkiva koja provode vodu i minerale kroz biljku) i floem (kroz koji se provode šećeri i druge hranljive materije od mesta na kojima su napravljeni do mesta u biljci na kojima se konzumiraju), a nagomilavanjem godišnjeg ksilema se formiraju godovi u okviru drvenog stabla. S druge strane, pošto ne formiraju godove, palme kao i druge monokote ne povećavaju prečnik svog stabla sa rastom. Palme nisu drvene, premda su njihova stabla izuzetno čvrsta i jaka. U stablima monokota, vaskularna tkiva (ksilem i floem) su poredana po diskretnim snopovima ugrađenim u sunderasto tkivo podnožja biljke. Ovi snopovi se opisuju kao rasuti, što znači da nisu poredani po prstenovima, već su njihove putanje nepredvidljive i asimetrične. Spoljašnji slojevi vaskularnih snopova su sastavljeni od čvrstih vlakana, a vaskularna tkiva mnogih monokota (npr. kokosa, agava, banana) formiraju izuzetno jaka ova vlakna koja se često koriste za pravljenje užadi. Vaskularni snopovi teže da budu šire razmaknuti u centru stabla, dok su u njegovom podnožju znatno gušće poredani. Krećući se ka periferiji stabla, vaskularni snopovi postaju gušće raspoređeni sve dok se njihove vlaknaste obloge ne spoje formirajući

tvrde granice stabla. Ovakva struktura čini palmina stabla veoma fleksibilnim i veoma jakim srazmerno njihovom prečniku. Štapovi za pecanje napravljeni od staklenih ili ugljeničnih vlakana poseduju sličnu strukturu, a i sličnu jačinu kao i palme. Zapravo, stabla palmi i bambusa predstavljaju najjača stabla koja se pojavljuju kod monokota. Monokote poseduju, takođe, i difuzno i vlaknasto korenje. Mnoštvo korenih niti raste iz stabla, a vlaknasto korenje teži da bude plitko i rasprostruto više u širinu, a manje u dubinu. Ovakav koreni sistem predstavlja dobro uporište za fleksibilna stabla, pogotovo u peščanom zemljištu, premda je njihova najveća prednost u veoma efikasnom prikupljanju vode i hranljivih sastojaka iz veoma plitkih slojeva zemlje, kao i sa same površine. Mnoge tropske biljke poseduju gusto i plitko korenje, jer se hranljivi sastojci veoma brzo ispiraju u sredinama bogatim kišom, pa je kao rezultat toga, većina tropskog zemljišta bogatija hranljivim sastojcima pri površini, nego pri dubini. Neke palme (inače, na Zemlji postoji 2600 vrsta palmi, što ih čini 4. najbrojnijom familijom u okviru monokota, posle trava, ljiljana i orhideja) stvaraju masivno potporno korenje, dok stabla nekih tropskih palmi već na visini od jednog metra (ili više) počinju da puštaju snažno korenje, a ovakve palme često poseduju višu krošnju, a manji prečnik stabla.

### **- Zašto se zimi ponekad pojave snežni cvetovi na stabljikama biljaka?**

Premda se taloženjem nekoliko ledenih slojeva mraza (kondenzacije vodene pare iz vazduha direktno u kristale leda na zemlji) često mogu primetiti ledeni cvetovi na kamenju, snežni cvetovi oko stabljika biljaka nastaju iz vode koja teče kroz biljku. Kada se temperatura vazduha spusti ispod 0 °C, voda koja cirkuliše kroz tanku stabljiku biljke se lako može zalediti, a pošto se voda za oko 9 % proširi kada se zaledi, tako bi led doveo do pucanja stabla, pa se stoga ova voda u vidu malih kapljica istiskuje kroz kapilarne kanale do površine stabla. Ova voda se zaledi, a mehurići vazduha se zarobljavaju u ledu čineći tako da on postane snežno bele boje. U zavisnosti od pravca vetra, snežni cvetovi na istoj biljci mogu biti različitih oblika. Premda se snežni cvetovi mogu videti širom naše planete, samo nekoliko vrsta cveća stvara osim pravih cvetova i cvetove od snega. Prirodno šumsko cveće iz Misurija koje sazreva kasno u godini, kao što su npr. žuti gvozdeni korov (*Verbesina alternifolia*) i bela krunasta brada (*Verbesina virginica*) su neki od primera biljaka koje stvaraju snežne cvetove tokom jesenjih meseci. Da bi na biljci mogli da se stvaraju snežni cvetovi sa početkom sezone mraza, ona u to vreme ne sme biti već osušena i krta. Snežno cveće ima kratak vek. Najlakše ih je primetiti rano ujutru, jer Sunčeva toplota dovodi do njihovog topljenja, pa se oni najčešće do podneva već otope. Samo tokom izuzetno hladnih jesenjih dana na zasenčenim mestima, ovi cvetovi traju po nekoliko sati. Na istoj biljci se snežni cvetovi pojavljuju nekoliko puta iz dana u dan, sve dok biljka ne istisne svu vodu iz svoje stabljike. Raskošnost snežnih cvetova veoma zavisi i od vlažnosti vazduha. Naime, tokom vlažnih jesenjih dana, ovi cvetovi su posebno izražajni i nalaze se na visinama od 1-2 metra iznad podnožja stabla. S druge strane, kada je vazduh suv, tada u biljci ima znatno manje vlage, pa se snežni cvetovi formiraju najčešće samo u podnožju stabla. Neobično blage zime mogu izazvati pojavu snežnih cvetova čak i tokom februara.

### **- Kako visoka drveća prenose vodu od korena do lišća?**

Voda i druge materije, neophodne za biološku aktivnost drveta, prenose se kroz stablo i grane, u tankim i praznim cevima u ksilemu, odnosno tkivu drveta. Ove cevčice se nazivaju sudovnim elementima (prečnika od 20 - 800 mikrometara) kod listopadnog drveća, ili traheidama (prečnika oko 30 mikrometara) kod četinarskog drveća. Potisak vode naviše kroz ove cevčice se vrši uz pomoć dve sile: kapilarne akcije, odnosno težnje vode da se penje uz usku cev, jer se uglavnom kreće duž zidova cevi; i pritiska korena, koji predstavlja

dominantnu silu u ovom procesu, a nastaje usled kretanja vode iz zemljišta u koren pod dejstvom osmoze. Ove dve sile mogu snabdevati vodom drveća visine do tri metra, dok drveća koja dostižu visine i oko 100 metara koriste i proces transpiracije koji podrazumeva gubitak vode kroz otvore na lišću, i njeno naknadno isparavanje sa površine lišća. Gubitkom vode iz lišća ostvaruje se gradijent koncentracije vode, koji stvara povoljan osmotski pritisak, pomoću koga ćelije sa krošnje crpe vodu iz susednih ćelija, a ovaj lančani proces međucelijskog crpenja vode se nastavlja sve do najnižih delova biljke, odnosno do samog korena. Pomoću procesa transpiracije, drveća su uvela sebe u ciklus kruženja vode od Zemlje, preko drveća do oblaka i nazad. Ovaj mehanizam prenosa vode, drveća ne mogu koristiti tokom zime kada je zemlja zaleđena, pa je to i razlog zašto drveće odbacuje svoje listove pre dolaska zime.

### **- Zašto lišće na drveću menja boju u jesen?**

Dužina dana, koja se još naziva fotoperiod, pokreće svake godine mehanizam drveća da menja boju lišću i da ga odbacuje, pa stoga pošto ova pojava ne zavisi od promena u temperaturi vazduha, već samo od primljene količine svetlosti, žućenje i opadanje lišća se kod svake vrste drveta dešava u približno isto doba godine. Lišće svakog drveta sadrži hlorofil, zeleni pigment koji hvata Sunčevu energiju i uz pomoć drugih komponenti lišća, u procesu fotosinteze prevodi ugljen dioksid iz vazduha i kiše u šećere, tj. ugljene hidrate. Mnoga lišća sadrže i druge pigmente različitih boja, koja prenose Sunčevu energiju do hlorofila. To su tzv. "pomoćni" pigmenti koji biljkama daju žute, narandžaste i crvene boje, a nazivaju se karotenidima, jer pripadaju istoj grupi hemijskog jedinjenja beta-karotena, pigmenta koji npr. šargarepi daje narandžastu, a suncokretu žutu boju. Hlorofil apsorbuje plavu i narandžastu boju, dok karotenidi apsorbuju zelenu boju. Tokom leta, lišće ima toliko mnogo hlorofila da reflektovane boje od strane drugih pigmenata uopšte ne dolaze do izražaja, pa mi primećujemo samo zelenu boju koju reflektuju molekuli hlorofila. U jesen, kada dan postane kraći, drvo prestaje da pravi hlorofil u velikim količinama, a list je u stanju da razloži neke od pigmenata, uključujući i hlorofil i jedan njihov deo prevede do stabla, a tada do izražaja dolaze i boje drugih pigmenata u lišću.

### **- Zašto su zimzelena drveća zelena tokom cele godine?**

U tropskim predelima na Zemljinoj lopti, skoro sva drveća su stalno zelena. Međutim, u umerenim i polarnim predelima, drveća i druge višegodišnje biljke moraju da pronađu način za preživljavanje tokom godišnjih doba ili vremenskih perioda kada im voda iz okoline nije dostupna jer je zaleđena. Naime, sva drveća provode vodu od korena kroz stablo pa do svih listova putem osmoze i transpiracije. Naime, lišća puštaju da voda iz njihovih ćelija isparava (ovo često možemo videti u vidu malih vodenih kapi na površinama listova), čime se stvara povoljan gradijent koncentracije kako bi ćelije iz lišća upile vodu iz ćelija ispod sebe. Pošto sada i ove ćelije iz donjeg sloja ostaju sa manjkom vode, one crpe vodu iz ćelija ispod sebe i tako se ovaj proces lančane osmoze dešava od najvišeg vrha biljke do samog korena koji crpi vodu iz zemlje. Međutim, kada voda u zemlji postane zaleđena, ona se ne može provoditi kroz stablo. Stoga se listopadno drvo sprema za zimu tako što odbacuje svoje listove koji bi u suprotnom isparavali vodu iz sebe, a ta voda ne bi mogla da bude nadoknađena. Na ovaj način, listopadna drveća su u stanju da prežive temperature koje su ispod tačke mržnjenja vode i da sačekaju novo proleće kada će opet pokazati prirodi svoje listove. S druge strane, zimzelena drveća su se tokom evolucije navikla da opstaju u predelima gde su zime duge i hladne, a da pri tome ne moraju da odbacuju svoje listove ili iglice. Naime, neki četinarski listovi tokom godine vešto sakupljaju i raspoređuju supstancu koja je hemijski ekvivalent

antifrizu u automobilima s obzirom da efikasno snižava tačku mržnjenja vode koja se nalazi u ćelijama drveta, kao i u međućelijskom prostoru. Druga lišća opet zaplenjuju slobodnu vodu u određenim delovima ćelija tako da njeno kristalisanje ne može da naudi samoj ćeliji. Takođe, rezervne energetske materije se kod zimzelenih biljaka nalaze u obliku ugljenog hidrata skroba (ne glikogena kao kod ljudi) koji je nemešljiv sa vodom, tako da se ne može zalediti u okviru kristala leda.

### **- Zašto se boja šumskog cveća stalno menja?**

Sve biljke moraju da se oprašuju kako bi stvarale seme iz koga će se stvoriti nova biljka ili plod. Drugim rečima, polen se sa muških primeraka biljki mora nekako preneti na ženske primerke gde se vrši oplodivanje i stvaranje semena iz koga pod povoljnim uslovima nastaje nova biljka. Ukoliko polenasti prah nije dovoljno lagan da bi plutao na vetru, njega moraju preneti insekti (kao npr. pčele ili muve) ili ptice. Ovi oprašivači se hrane nektarom sa cveća prilikom čega nehotično prenose polen koji oploduje biljku. Druga stvar koju moramo uzeti u obzir je prirodno odabiranje koje predstavlja glavno oruđe evolucije i predstavlja proces tokom koga se sva živa bića vremenom prilagođavaju na svoju prirodnu okolinu. Dobre osobine bića koji preživljavaju se prenose na naredne potomke i na taj način i ceo svet postaje bolji. Promenljiva obojenost šumskog (neuzgajanog, prirodnog) cveća je posledica upravo prirodnog odabiranja. Najpre, različiti oprašivači se privlače ka različitim cvetovima u zavisnosti od boje cveća. Svetlo obojeni cvetovi se obraćaju (privlače) uglavnom dnevnim životinjama. Pčele najviše vizuelno privlače plavo i žuto obojeni cvetovi, dok ptice uglavnom najviše vole crvene cvetove. Naime, mnogo crveno obojenih cvetova oprašuju kolibri. Leptiri, tvrdokrilci i dnevni moljci najviše vole roze, plave, purpurne i žute latice cveća. Svetle boje ne koriste mnogo cveću tokom noći. Stoga je cveće koje oprašuju noćne životinje kao npr. noćni leptiri ili slepi miševi, najčešće bele boje. Sa promenom godišnjih doba i različiti oprašivači se menjaju. Priroda odabira cveće čija je boja prava i koji u pravo vreme uspevaju da se opraše. Takođe, umesto da je naklonjena promenama u vremenu tokom koga biljka pruža svoje cvetove, priroda često odabira mutantne biljke sa različitim bojama. Drugim rečima, vreme kada biljka cveta ostaje isto, premda se boja cvetova menja u zavisnosti od boje koja privlači oprašivače iz vazduha. Kroz ova dva procesa, priroda odabira grupe biljaka sa različito obojenim cvetovima (i drugim osobinama) koje najčešće cvetaju po sezonama. Takođe, srodne biljke (npr. biljke iz familije tratinčice ili šargarepe) teže da cvetaju tokom bliskog, ali ne i identičnog vremenskog perioda, što sve dovodi do pojave slično obojenih cvetova oko nas u određenom delu sezone. Uz ovo, različitim bojama i nijansama cveća odgovaraju različiti nivoi osvetljenosti za privlačenje oprašivača, a znamo da se osvetljenost menja sa promenom godišnjih doba. Uz sve ovo, neke biljke su evoluirale tako da imitiraju drugo cveće. Umesto pružanja nagrade oprašivačima za sletanje na njihov cvet, one računaju na grešku oprašivača. Tako možemo da vidimo čitave poljane sa žutim cvećem, iako samo mali broj cvetova nudi oprašivačima nektar. Stoga, možemo reći da je stalno menjanje boja cveća u prirodi sa godišnjim dobima (a i sa čitavom istorijom) posledica ekoloških i evolutivnih procesa koji stalno uređuju i preuređuju biološku raznolikost živog sveta na Zemlji, unapređujući pri tome ceo živi svet, pa i nas.

### **- Zašto cveće postane čak i leti vlažno preko noći?**

Tokom hladnih noći, voda se u određenoj meri kondenzuje na Zemlji, što mi ujutru opisujemo kao rosu. Hladan vazduh može da rastvori u sebi znatno manju količinu vodene pare od toplog vazduha pa je u tome razlog što se uglavnom tokom hladnijih noći pojavljuje rosa na travi i cveću. Međutim, trava i nisko bilje se često navlaži i tokom toplih, letnjih noći.

Naime, gornja površina bilja emituje svoju toplotu u atmosferu. Istovremeno, toplota akumulirana u dubljem sloju zemljišta se prenosi do korena stabljike, ali ne i dalje, jer stabljike i vazduh između njih predstavljaju efikasan izolacioni sloj koji sprečava da se toplota penje naviše. Na taj način, toplota koju biljka izgubi izračivanjem se ne nadoknađuje i trava se hladi. Osim toga, biljke transpiracijom izlučuju vodu na svoje lišće ili latice cveća, pa tako zasićuju vazduh oko sebe. Pri vedroj i tihoj letnjoj noći, temperatura cveća i trave može lako da padne ispod tačke rose, a pošto hladan vazduh može da primi manje vlage od toplog vazduha, višak pare se kondenzuje i izdvaja na cveću. Postoje mnoge vrste cveća koje vise sa grana drveća tropskih šuma, jer uopšte ne koriste vlagu iz zemlje, već samo maglu i rosu. Neko cveće raste i tokom mnogih meseci posle prestanka kiša i tokom sušenja tla, s obzirom da upija rosu (npr. divlja heljda u južnoj Kaliforniji). Inače, rosa se na cveću pojavljuje samo tokom vedrih noći, jer oblačno vreme sprečava kondenzaciju vodene pare na Zemlji. Stoga se rosa najčešće javlja u suvim i polusuvim oblastima na Zemlji. Međutim, u Sahari, gde je pojava suve magle česta, rosa je retka pojava. Najpovoljniji uslovi za postanak rose u slab vetar i vedro nebo.

### **- Šta je to fotosinteza?**

U ćelijama biljaka (a posebno u lišću) se nalaze hloroplasti, složene strukturne jedinice sastavljene od izvijane membrane od molekula masti i proteina u okviru koje se nalaze neki enzimi, kao i hlorofili, molekuli koji imaju sposobnost da apsorbuju vidljive fotone određenih talasnih dužina. Prilikom apsorpcije fotona od strane molekula hlorofila, dolazi do oslobađanja po jednog elektrona iz svakog od njih, a ovi elektroni, zatim skače na obližnje molekule vode ( $H_2O$ ) i izazivaju njihovu disocijaciju na po dva atoma vodonika ( $2H$ ) i po jedan atom kiseonika ( $O$ ). Kada dva atoma kiseonika postanu slobodna, oni se kombinuju stvarajući molekul kiseonika ( $O_2$ ) koji zatim odlazi u okolni vazduh, odakle ga udišu ljudi. Elektroni koji su svojom energijom, izazvali disocijaciju vode, nastavljaju svoj put duž niza enzimski kontrolisanih reakcija, u kojima se energija elektrona koristi za vezivanje fosfatne grupe ( $PO_4^{2-}$ ) za molekul ADP (adenozin difosfata) i na taj način, do stvaranja molekula ATP-a (adenozin trifosfata), glavnog skladišta i izvora energija u celom živom svetu. Slično tome, iz molekula NADP (oksidovani nikotinamid adenin dinukleotid fosfat) se dodavanjem jednog protona dobija molekul  $NADPH^+$  (redukovani nikotinamid adenin dinukleotid fosfat). Osim proizvodnje kiseonika, biljke imaju sposobnost odigravanja i tzv. tamnih reakcija, tj. reakcija kojima za odigravanje nije potrebna Sunčeva svetlost. U ovim reakcijama, ugljen dioksid ( $CO_2$ ) se u delovima hloroplasta (stromama), pomoću energije uskladištene u molekulima ATP-a i  $NADPH^+$ , pretvara u šećere (ugljene hidrate). Upravo ovi procesi stvaranja šećera iz ugljen dioksida, kao i razlaganja vode pomoću svetlosti predstavljaju osnovu procesa fotosinteze, čiji precizan redosled reakcija (po kojima »klizi« elektron) još uvek nije u potpunosti razjašnjen.

### **- Kako se pravi voće bez semenki?**

Nastanak voća počinje sa oplodnjom cveta od strane polena. Međutim, kod nekih biljki, moguće je razviti voće bez procesa oplodnje, što predstavlja fenomen poznat kao partenokarpija, a ovakva, partenokarpska voća, osim što nemaju semenke, poseduju i duži rok trajanja u odnosu na obično voće. Jedan od razloga nastanka ploda bez semena jeste neuspelo oprašivanje, a kod mnogih biljaka, nekompatibilni geni ograničavaju uspešnu oplodnju i dovode do unakrsnog oprašivanja između genetski različitih muških i ženskih roditelja. Ovu osobinu koriste uzgajivači bezsemenih pomorandži i klementina, a pošto su ovakve vrste voća nekompatibilne, one ne uspevaju da naprave seme kada se posade u voćnjak zajedno sa

identičnim, tj. kloniranim biljkama. Ipak, ove biljke poseduju visok stepen partenokarpije, pa stoga nastavljaju da stvaraju plodove, a ovakvo drveće ne zahteva seme za rasplodivanje. Povrtlari ovakve biljke umnožavaju presađivanjem. Još jedan razlog neuspešnog oprašivanja je hromozomska neravnoteža. Na primer, obična banana je triploid, što znači da ima tri grupe hromozoma, a umesto da nasledi po jednu grupu hromozoma od svakog roditelja, ona nasleđuje dve grupe od jednog, a jednu hromozomsku grupu od drugog roditelja. Triploidi retko stvaraju jaja ili spermu koja imaju uravnotežen broj hromozoma, pa je i uspešna postavka semena veoma retka. Banane su takođe, partenokarpične i stvaraju plodove i u odsustvu uspešnog oprašivanja, a ove banane se aseksualno umnožavaju putem presađivanja. Banana je jednogodišnja biljka, ali njene mladice sa dna stabla se mogu koristiti za ponovno sađenje i odgajivanje. Biljni biolozi su nedavno otkrili, da ukoliko se biljni hormon auksin stvori u najranijoj fazi oplodnje, partenokarpično voće će moći da raste na biljci koja inače ne poseduje ovu osobinu, a ovo saznanje će dovesti do mnogih drugih genetski modifikovanih voća bez semenki.

### **- Šta je to pluta?**

Skoro svako drvo na planeti poseduje spoljašnji koru od plute, ali hrast plutaš (*Quercus suber*) predstavlja glavni izvor proizvoda od plute, uključujući i zapušače za vinske flaše i pojaseve za spasavanje. Ovih vrsta drveća ima u izobilju duž obale Mediteranskog mora, gde ima mnogo Sunčeve svetlosti, malo padavina, a i gde je vlažnost niska. Hrast plutaš je evoluirao tako da uz pomoć spoljašnjeg omotača od plute zaštiti sebe od oštre klime i velikih temperaturnih fluktuacija u šumama Mediterana, u kojima vladaju oštre zime i veoma topla leta, a gde su suše i požari česta pojava. Pluta se sastoji iz vodo-otpornih ćelija koje razdvajaju grubu spoljašnju kore drveta od osetljive unutrašnje kore. Pluta je meka i lagana, otporna na truljenje, vatru i termite, a neprobojna za gasove i tečnosti. Uzrok ove nepropustljivosti plute zbog koje se ona smatra idealnim materijalom za pravljenje zapušača, je prisustvo voskaste supstance, suberina. Pluta nalazi primenu kao zapušač već više od 400 godina, a s obzirom da je veoma slab provodnik toplote, koristi se i za izradu podloga za crepove, kao i za izolaciju velikih hladnjača, frižidera i uređaja za klimatizaciju. Pošto je pluta odličan zvučni izolator, često se koristi u muzičkim studijima za izolovanje eha, odnosno zvuka odbijenog od zidova prostorije, a takođe, pluta uz olovo predstavlja primere odličnih izolatora jonizujućeg zračenja.

### **- Zašto je neki kupus ljubičaste boje?**

Priroda koristi boje na razne načine. Životinje koriste boju krzna kako bi se kamuflirale u okolini, dok biljke koriste boje kako bi privukle na sebe insekte koji oprašuju njihove cvetove. Ljubičasta boja kupusa potiče od klase pigmentnih molekula koji se zovu antocijanini i mogu se naći u laticama cveća, u lišću i u ponekom voću kao što su npr. kupine. Antocijanini su biljni pigmenti iz grupe flavenoida koji biljkama daju crvenu, roze i ljubičastu boju. Antocijanini se sastoje od molekula šećera za koji je zakačena antocijanidinska grupa koja se sastoji od dva šestočlana ugljenična prstena (benzenovi prstenovi) i jednog petočlanog prstena, koji se sastoji od 4 ugljenikova i jednog kiseonikovog atoma. Različiti tipovi antocijanina se među sobom razlikuju po broju i tipu atomskih grupa (hidroksilna – OH ili metoksi – OCH<sub>3</sub>) vezanih za prstenove antocijanidinske grupe, kao i po šećeru koji formira glikozidnu vezu između antocijanidinske grupe i šećernog ostatka u molekulu antocijanina. Od elektronske strukture antocijanidinske grupe zavisi boja antocijanina. Naime, elektroni koji obrazuju prstenaste strukture imaju sposobnost da apsorbuju fotone. Ukoliko antocijanin poseduje crvenkasto-ljubičastu boju, to znači da njegovi elektroni apsorbuju žutu, zelenu i

plavu boju iz Sunčevog spektra, dok crvena, narandžasta i ljubičasta boja bivaju reflektovane ka našim očima. Jedna od stvari koja utiče na boju antocijanina je i kiselost, odnosno baznost sredine (pH) u kojoj se ovi molekuli nalaze. Ako napravite ekstrakt soka crvenog kupusa, on će menjati boju kada se meša sa rastvorima različite kiselosti. Tako, antocijanin postaje svetlo roze u kiselini, crvenkasto – ljubičast u neutralnom rastvoru, a zelen u bazi.

### **- Šta je to pasulj koji skače?**

Pasulj koji skače je tzv. meksički skakućuci pasulj. Ako biste držali ovaj pasulj u jednoj plastičnoj čaši čuli biste često zveckanje usled sudaranja pasulja i njihovog treskanja o zidove suda. Ako biste hrpu ovog pasulja stavili na zemlju ili na tanjir, videli biste da se zrna kreću po 1 do 2 milimetra u jednom pravcu, a da svako zrno načini po jedan pokret na svakih petnaestak sekundi. Uzrok ovoj neobičnoj pojavi su sićušne larve noćnog leptira koje žive u zrnima ove sorte pasulja. Leptir polaže svoja jaja na cvetovima biljke, a jaja se zatim ubacuju u ključajuće zrno. Larve zatim pojedu unutrašnjost zrna pasulja i žive unutra, u maloj kućici od pasulja. U ovako čudnovatoj simbiozi, kada se pokrene larva, pokrene se i pasulj.

### **- Da li sva drveća podjednako privlače grom?**

Što je drvo veći provodnik naelektrisanja, utoliko je izloženije udaru groma. Drvo hrasta najčešće pogađa grom, skoro isto onoliko puta koliko i sva ostala drveća zajedno. Osim hrasta, često pogođena drva od strane groma su i jablan, vrba, brest, bor, tisa i omorika. S druge strane, grom vrlo retko pogađa bukvu, trešnju, jabuku, kesten, lipu, brezu i jovu, a skoro nikad ne pogađa javorovo drvo, tj. egipatsku smokvu i sveto drvo, tj. česminu. Postoji teorija po kojoj drveća sa nabranom korom više privlače grom od drveća sa glatkom korom, a verovatnoća udara groma u mnogome zavisi i od nadmorske visine na kojoj se drvo nalazi.

### **- Koja je razlika između čvrstog i mekanog drveća?**

U stvarnosti, čvrsto drvo ne mora biti gušće od mekanog drveta. Tako je npr. drvo balzama jedno od najlakših drveća, a smatra se čvrstim drvetom. Razlika između čvrstog i mekanog drveća potiče u različitom načinu reprodukcije. Sva drveća se razmnožavaju putem stvaranja semena, a sama struktura semena se razlikuje kod ove dve vrste drveća. Tako, čvrsto ili tvrdo drveće spada u agniosperme, tj. biljke čije semenke poseduje neku vrstu omotača. U ovu grupu biljaka spadaju voća, kao npr. jabuke, a i semenke sa čvrstim ljuskama kao npr. žir. S druge strane, meka drveća spadaju u gimnosperme, tj. biljke koje puštaju da seme bez omotača pada pravo u zemlju. Borovina, koja raste u čvrstim šišarkama spada u ovu grupu drveća. U četinarima, kao što je bor, semenke iz šišarki se oslobađaju u vetar kada dovoljno sazru. Tako se pomoću vetra borovi rasprostiru po određenoj oblasti. U najvećem broju slučajeva, drveća agniospermi gube svoje listove tokom hladnih zimskih dana, dok drveća gimnospermi zadržavaju svoje lišće tokom čitave godine. Stoga je takođe precizno reći da su mekana drveća zimzelena, dok su čvrsta drveća listopadna. Ipak, i terminologija čvrstog i mekog drveća ima smisla, jer su najčešće zimzelena drveća manje gušća od listopadnih.

### **- Zašto biljkama koristi đubrivo?**

Biljkama su za rast i razvoj neophodni razni hemijski elementi, a pre svih ugljenik, vodonik i kiseonik kojih ima u vazduhu i koji su dostupni biljci u neizmernim količinama, kao i azot, fosfor i kalijum, koji predstavljaju tri elementa koji se uglavnom nalaze u đubrivima. Sumpor, kalcijum i magnezijum predstavljaju sekundarne hranljive sastojke, dok se bor,

kobalt, bakar, gvožđe, mangan, molibden i cink, ubrajaju u mikro hranljive sastojke. Naravno, dostupnost azota je najvažnija, jer sve amino kiseline, tj. gradivne jedinice proteina, sadrže atome azota. Takođe, fosfolipidi, molekuli koji ulaze u sastav ćelijskih membrana sadrže fosfor, a i svaki molekul ATP-a, glavnog energetskog izvora svih ćelija sadrži azot i fosfor. Uz ovo, kalijum sačinjava od 1 do 2 % mase svake biljke, a kao ćelijski jon, aktivno učestvuje u biljnom metabolizmu tako što reguliše kretanja vode u ćeliju i iz nje. Kalcijum (osim što se koristi u izgradnji ćelijskih zidova biljaka) i magnezijum predstavljaju ko-faktore koji potpomažu mnoge enzimske procese, a sumpor predstavlja sastavni element nekoliko amino kiselina. Prirodni izvori ova tri esencijalna elementa u zemljištu potiču iz raspada prethodnih biljaka (humus). Da bi podstakli rast biljke, mi joj pomoću đubriva dajemo hemijske elemente u obliku dostupnom za korišćenje. Tri broja na kesici đubriva označavaju masene procenete azota, fosfora i kalijuma u đubrivu. Tako, npr. 12-8-10 đubrivo sadrži 12 % azota, 8 % fosfora i 10 % kalijuma, dok ostalih 70 % sačinjava tzv. balast, koji nema neku naročitu hranljivu vrednost za biljku.

### **- Da li je paradajz voće ili povrće?**

U piljarnici se pod pojmom voća podrazumeva svaki biljni plod koji je sladak, dok u povrća spadaju svi biljni plodovi koji nisu slatki. Po ovoj definiciji, u voća bi spadale jabuke, jagode, grožđe i banane, dok bi povrćima pripadali pasulj, paradajz, krompir i dr. Ipak, ukoliko pođete kod nekog botaničara, on će vam reći da su voća – mesnati ili suvi sazrevajući plodovi biljaka koji obuhvataju seme ili semenke. Ovakva definicija voća je veoma široka, jer obuhvata sve biljne plodove koji sadrže semenke. Tako u voća spadaju kajsije, banane, grožđe, jabuke, pomorandže, trešnje kao i svi mahunasti plodovi, pasulj, kukuruz, paradajz, krastavac, žirevi, bademi..., dok povrću pripadaju svi biljni plodovi koji ne sadrže semenke, a to su: krtolasti plodovi kao krompir, šargarepe, repa, rotkvice i cvekla; beli i crni luk; stabljike kao vilina metlica; listasti plodovi kao zelena salata, spanać, blitva ili kupus; i cveće kao kelj i karfiol.

### **- Da li neke biljke posebno privlače kolibrije i leptire?**

Ukoliko ste se nekada zapitali zašto na cveće u nekim dvorištima sleće više ptica ili insekata nego u nekim drugim, tada ukoliko ova živa bića ne privlače pogodnija hrana ili više vode, presudni faktor su boje i mirisi, koji u najvećoj meri potiču od živog biljnog sveta oko nas. Naime, ukoliko želite da privučete određene ptice ili insekte u vašu baštu, tada je dovoljno da obratite pažnju na vrste biljaka (a pogotovo na njihovu boju) koje zasejavate u njoj. Leptire najviše privlače ageratum (biljna vrsta iz familije čička ili lepe kate, koja poseduje male, široke vrhove sa plavim ili belim cvetovima), kosmos, loptasti slatki čuperak (odnosno bilo koja biljka iz vrste *Iberis*, a pogotovo *Iberis umbellata*, pramenasti cvet koji potiče sa grčkog ostrva Krita), suncokret i lantana (cvet iz familije *Verbenaceae*). Ipak, ukoliko niste u prilici da pronađete ovako retke biljke, tada probajte sa običnim dragoljubom (tj. latifom ili latinom), merigoldom (odnosno, kaljužnicom, biljkom iz mešovite familije, sa crvenim, žutim ili narandžastim cvetovima), slatkom turicom (patuljastom biljkom, najčešće sa belim cvetovima) ili zinijom (vrstom biljke iz familije lepe kate koja poseduje raznobojne, mešovite cvetove) koje najveći broj vrsta leptira takođe veoma voli. Kolibrije, s druge strane, najviše privlače slatke biljke kao što su skarletna trubasta banksija, vigela (odnosno niz žbunova iz familije banksije, sa grozdovima ružičastih, crvenih ili belih zvonastih cvetova na savijenim granama), leptirov žbun, bradati jezik (biljka iz vrste *Penistemon*, sa bodljastom stabljikom oblika jezika), i koralna zvona. Takođe, kao i u slučaju leptira, postoje i neke uobičajenije biljke koje privlače kolibrije, kao npr. besnik, petunije, floks (biljka iz familije



*Polemoniaceae*, sa malim listovima i grozdovima ružičastih, plavih, crvenih, purpurnih ili belih cvetova) i skarletna žalfija.

## **- Šta su to kišne prašume?**

Kišne prašume predstavljaju najraznovrsnije ekosisteme na Zemlji, a iako pokrivaju samo 6 % od ukupne Zemljine površine, u njima se nalaze domovi preko polovine biljnih i životinjskih vrsta sa naše planete. Uz sve to, osim oko 10 miliona različitih životinjskih vrsta koje poznajemo, u njima živi i oko hiljadu biljnih i životinjskih vrsta koje ljudi još uvek nisu otkrili. Po definiciji, kišne prašume su sve one šume sa visokim drvećem na koje pada mnogo kiše. Premda po ovoj definiciji, u kišne prašume spadaju i mnoge šume iz umerenih oblasti Zemljine kugle, najčešće se pod pojmom kišnih prašuma podrazumevaju velike tropske šume iz ekvatorijalnih oblasti Afrike, Australije, Azije, centralne i Južne Amerike koje godišnje prime između 406,4 i 1016 santimetara padavina. Za razliku od prašuma iz umerenih područja, u kišnim prašumama ne postoje sezone, već kiše ravnomerno padaju tokom cele godine, a temperatura retko pada ispod 16 °C. Ovakvi životni uslovi pružaju drveću mogućnost da raste do enormnih visina (od 18 do 76 metara), a i da dostiže starost od po nekoliko stotina ili hiljada godina. Međutim, što zalazimo dublje u prašumu, sve je manje zeleniša oko nas, što je upravo posledica prisustva visokog drveća koje raširivši svoje grane i lišće visoko iznad tla, blokira prolaz Sunčeve svetlosti do dna šume. Samo 1 % Sunčeve svetlosti koja dospe do šume, nađe svoj put do njenog tla, odnosno podnožja. Ovakva raspodela Sunčeve energije u prašumama, čini ovakva mesta na Zemlji jedinstvenom zajednicom u kojoj biljke rastu u visinu kako bi se domogle Sunca, pa i najveći deo hrane za životinje dolazi odozgo. Drveće ovih prašuma se nalazi u veoma bliskoj, simbiotskoj vezi sa bakterijama iz zemlje. Naime, pošto je zemljište u prašumama veoma šuplje i vlažno, drveće snabdeva bakterije sa hranom u vidu lišća i drugih supstanci, što bakterije hraneći se prerađuju i stvaraju druge hranljive supstance koje su drveću potrebne za preživljavanje. U kišnim prašumama raste oko 3000 različitih vrsta voća, što čini 80 % svih voćnih vrsta na planeti. Ljudi iz umerenih predela koriste oko 200 vrsta ovog voća, dok plemena koja žive u ovim prašumama koriste oko 2000 vrsta.

## **- Zašto sečenje šuma nije dobro?**

Prema trenutnoj statistici, čak 15 kvadratnih metara šume se uništi na našoj planeti svake sekunde, a 137 šumskih vrsta nestane svakog dana. Osim što uz procese razlaganja organskih materija na Zemlji, predstavljaju pluća Zemlje, jer fotosintezom vezuju ugljen dioksid, a oslobađaju kiseonik, planetarne šume i prašume predstavljaju klevke miliona biljnih i životinjskih vrsta koje još uvek nismo otkrili i upoznali. Ukoliko se sečenje šuma nastavi stopom sa početka 21. veka, Zemlja će ostati bez svog šumskog pokrivača za samo pola veka. Zemaljske prašume se često nazivaju i planetarnom apotekom, jer 25 % lekova potiče upravo iz samo malog dela poznatih šumskih vrsta. Postoje tri osnovna razloga zbog koga neodgovorni ljudi seku šume, a to su: stvaranje zemljišta za setvu, sečenje drveta radi njegove prerade i dobijanja papira, nameštaja itd., kao i oslobađanje prostora za proširenje gradova. Ipak, ljudi nisu svesni činjenice da zemljište svetskih šuma uopšte nije pogodno za prinos žitarica, voća i povrća. Naime, sečenjem drveća narušava se simbioza između drveća i bakterija iz zemljišta, pa je na šumskom tlu, prinos dobar samo godinu do dve dana, nakon čega hranljivi sastojci iz tla bivaju presušeni, ostavljajući neplodnu zemlju ispod sebe. Šume se često nazivaju i klima-uređajima planete, jer njihove mračne dubine upijaju toplotu sa Sunca i na taj način sprečavaju globalno zagrevanje. Uništavanjem šuma bi se sa njihovih područja reflektovalo znatno više svetlosti u atmosferu, pa bi naša planeta postala pretopla za

život. Uz to, i putanje kiša i vetrova bi postale poremećene što bi izazvalo mnogo suša i poplava na planeti. Takođe, seča šuma radi pravljenja nameštaja bi morala da se u budućnosti vrši u znatno manjoj meri, sve dok se ne uspostavi ravnoteža između rasta zasadenog drveća i sečenja starijeg drveća, odnosno dok ne bude pažljivo počeo nivo planetarne ošumljenosti da se održava konstantnim.

### **- Kako nastaju šumski požari?**

Tokom jednog suvog i toplog letnjeg dana, jedna iskra sa točka voza je ponekad dovoljna da izazove požar koji je u stanju da sagori na desetine ili stotine hektara šume, krećući se brzinom koja ponekad dostiže i 23 kilometra na čas, a proždirući na svom putu svu vegetaciju. Iako ponekad šumski požar nastane prirodno, npr. pod dejstvom Sunčeve toplote ili udara munje, najveći broj šumskih požara je uzrokovan ljudskom nepažnjom i to u vidu: namernog podmetanja požara, logorskih vatri koje se slučajno prošire, bacanja pikavaca, paljenja otpada, igranja sa šibicama ili pirotehničkim spravama kao što su prskalice ili baklje. Svaka materija poseduje temperaturu iznad koje će buknuti u plamen (tzv. temperatura paljenja ili usijanja), a koja npr. za drvo iznosi 300 °C. Kada se drvo zagreje do ove temperature, ono oslobađa ugljene hidrate u obliku gasova koji se mešaju sa kiseonikom u vazduhu i imaju dovoljno energije da započnu reakciju sagorevanja, prilikom koje se burno oslobađaju toplota i svetlost, a što opisujemo kao vatra. Postoje tri komponente koje su neophodne da bi vatra gorela, a to su: gorivo, kiseonik i izvor toplote koji dovodi gorivo u stanje usijanja. Ove tri komponente čine tzv. vatreni trougao o kome često pričaju vatrogasci. Naime, eliminisanjem samo jedne od ove tri stranice trougla, vatra će biti zaustavljena. Nakon što se razvije šumski požar, postoji nekoliko faktora koji utiču na način širenja plamena, a to su: gorivo, vremenske pojave i topografija terena. Gorivo u slučaju šumskih požara uključuje sve od drveća, žbunova i suvih travnatih poljana, pa sve do ljudskih domova. Na razmere i brzinu širenja vatre utiču: veličina i oblik goriva (mala goriva, kao što su suvo lišće i trava, iglice četinara, grančice i mali žbunovi gore brže od velikih debla i panjeva, a to je i razlog zašto uvek palimo vatru pomoću malih grančica, pa tek kada se ona rasplamsa možemo da dodajemo veće komade drveta), njegov raspored, kao i sadržaj vlage u njemu (razmaknutija drveća će se više sušiti u naletu vatre, pa će se i lakše zapaliti i brže sagoreti, za razliku od gusto spakovanog drveća koje će donekle ostati mokro i tako apsorbovati nešto toplote od vatre). Od vremenskih pojava na kretanje vatre utiču: temperatura vazduha (što je ona veća, to će se gorivo lakše paliti i brže sagorevati, pa će se i požar brže širiti, a stoga se letnji šumski požari najčešće pojavljuju poslepodne kada temperatura tokom dana dostiže svoj maksimum), vetar (koji dovodi dodatni kiseonik vatri, dodatno suši gorivo, a i ubrzava kretanje vatre u smeru u kome duva, a požari su u stanju da sami izazovu vetrove koji su 10 puta snažniji od okolnog vetra) i vlažnost vazduha (što je veća vlažnost to će se vatra teže zapaliti, jer vlaga apsorbuje toplotu vatre, pa dovodi do težeg paljenja goriva). Najvažniji faktor u okviru topografije terena je nagib zemljišta. Naime, za razliku od ljudi, vatra se najčešće lakše uspinje uzbrdo, nego što se spušta nizbrdo. Što je veći nagib, to će se požar brže širiti. Vatra sledi smer okolnog vetra koji najčešće duva uzbrdo. Uz to, vatra je putem dima i toplote koja se uspinje u visinu, u stanju da više zagreje gorivo iznad sebe, nego ono ispod. U svrhu gašenja požara, osim aviona koji na vatru bacaju vodu i fosfatna đubriva (crvene boje), specijalne trupe pokušavaju da ograniče oblast požara sa pojasom koji se u potpunosti sastoji od nezapaljivih materijala, a u tu svrhu se ponekad pale i tzv. nazadne vatre, koje idu u susret požaru, kako bi se onemogućilo njeno dalje širenje.

### **- Šta su to pečurke?**

Pečurke predstavljaju gljive koje poseduju stabljiku i klobuk, a osim carstva biljaka i životinja, i pečurke čine posebno kraljevstvo u živome svetu. Slično biljkama, pečurke (kao i sve gljive) su nepokretne (osim njihovih spora), a opet za razliku od biljaka, a slično životinjama, nisu u stanju da samo uz pomoću Sunčeve svetlosti i atmosfere stvaraju sopstvenu hranu, već je moraju uzimati iz okoline. Danas na našoj planeti postoji oko 2 miliona vrsti gljiva (premda samo oko 70 000 imaju naznačena imena), u koje spadaju na hiljade vrsta kako jestivih, tako i oko 200 vrsta otrovnih pečurki, gljive koje napadaju lišće biljaka, zatim kvasac, *Penicillium notatum* (gljive koje prave penicilin), beli prstenovi koji se ponekad pojave u travnjaku bašte ili na površini marmelade (buđ, odnosno plesni), kao i gljive koje rastu u našim starim patikama za tenis. Ono što najčešće podrazumevamo pod pečurkom – njena stabljika i klobuk, predstavljaju samo mali deo čitave pečurke. Najveći deo pečurke se nalazi pod zemljom i sastavljen je od malih cevastih ćelija koje se zovu hife (*hyphae*). Deo pečurke koji se nalazi iznad površine je sličan samo plodu ili cvetu kod biljke. To je zapravo samo njen deo koji joj služi za reprodukciju. Ovaj deo pečurke stvara spore, koje su isto ono što su semenke kod biljaka, ako izuzmemo to da semenke biljaka poseduju po jedan embrion sa po jednom malom biljkom u sebi. Spore poseduju samo genetske instrukcije neophodne za njen rast u novu pečurku. Pečurke mogu biti veoma velike. Nedavno je u Mičigenu pronađena pečurka koja se prostirala na površini od 20 hektara i tada je bila proglašena za najveće živo biće na našoj planeti. Danas se smatra da u severozapadnom Pacifiku postoje još veći primerci pečurki. Uzrok njihove veličine potiče u načinu njihovog rasta. Naime, kada spora proklija, hife počinju da rastu iz spore, kao i da se granaju. Hife rastu samo iz vrha pečurke, a klobuk pečurke luči izvesni enzim (enzimi su proteini – katalizatori specifičnih biohemijskih reakcija) koji pretvara materiju oko pečurke (zemlja, drvo, organske materije itd.) u hranu, koju pečurka koristi za dalji rast njenog klobuka. Svi drugi delovi pečurke, uključujući i sve njene podzemne delove, ne konzumiraju nikakvu hranu, već samo šalju hranljive materije ka klobuku.

### **- Koja je najveća životinja na Zemlji?**

Najveća poznata životinja na Zemlji je plavi kit, čije razmere se kreću između 20 i 30,5 metara mereno od glave do repa, a mogu težiti čitavih 150 tona, što je jednako težini jedne desetospratne zgrade, ili težini od 112 odraslih žirafa. Ženke plavih kitova teže su od mužjaka, a najteži izmereni plavi kit je bila ženka od 176 tona. Glava plavog kita je toliko velika da bi dve čitave fudbalske ekipe od oko 50 članova mogle da stoje na njegovom jeziku. Njegovo srce je veličine automobila, a arterije su dovoljno široke da bi mogli da se penjemo kroz njih. Neposredno nakon rođenja, beba plavog kita dugačka je oko 7 metara, a teža je od slona. Tokom prvih 7 meseci svog života, beba plavog kita popije oko 380 litara majčinog mleka, gojeći se za oko 91 kilogram svakog dana, dok odrasli plavi kit svakoga dana pojede oko 4 tone ribe. Iako mnogi ljudi misle da su dinosaurusi bili najveća živa bića na Zemlji, jedan od najvećih zemljanih vrsta dinosaurus, *Sauropod Argentinosaurus*, bio je težak oko 80 tona, što je dvostruko manje od mase plavog kita. Najveća životinja koja živi na kopnu je afrički slon, a razlog što najveća planetarna životinja živi u morima, je u tome što im manja sila teže u vodi dozvoljava da se lakše nose sa svojom velikom masom.

### **- Koja je najglasnija životinja?**

Među životinjama koje žive na Zemlji, najjači zvuk proizvodi južnoamerički majmun-drekavac, čiji glasovni aparat ima veoma jak rezonator. Njegov glas se može čuti na daljini od nekoliko kilometara. Majmun svojim drečanjem obično upozorava suparnike da je teritorija zauzeta, a po snazi, ova se dreka može uporediti sa rikom 4 besna jaguara. Po snazi glasovnog

aparata, majmunu-drekavcu su bliski lavovi, slonovi, jeleni, krokodili i vuci, a paleontolozi smatraju da su nekada davno na Zemlji najglasnija bića bili brontosaurusi, gušteri iz epohe mezozoika. Jedan prosečni brontosaurus, što na grčkom znači “grmeći gušter”, imao je masu od oko 7 slonova, a njegovo ime nije toliko vezano sa ogromnim razmerama ove životinje koliko sa glasovnim aparatom brontosaurusa, koji su posedovali snažne rezonatore pomoću kojih su mogli da proizvode zvuke velike jačine, podsećajući na grom iz daljine.

### **- Kako neke životinje koriste eho?**

Neke vrste slepih miševa i ptica koje žive u pećinama koriste eho za lociranje objekata oko sebe. Pri poletanju ispuštaju ultrazvučne oscilacije u rasponu frekvencija od 10 do 150 kiloHerca i pošto prime oscilacije vazdušnog pritiska (odnosno, zvuk) reflektovane od prepreka, mogu da se orijentišu u svojoj okolini, a mogu i da love i insekte. U tropskim predelima se sreću razne vrste slepih miševa, koji pomoću sredstava ultrazvučne lokacije i navigacije otkrivaju ribe na površini vode i koriste ih za hranu. Kada je noć tiha, čovek može čuti pucketanje koje dolazi od njihovih krila, a poneke noćne ptice ispuštaju i zvižduke. Osim ptica, i cvrčci, skakavci i delfini koriste eho za dobijanje detaljnijih informacija o svojoj okolini. Sonarni ili eholokatorski zvuci kod delfina su zapravo kratki zvučni talasi koje oni ispuštaju kroz masno tkivo na čeonom delu glave i koji odmah po izbijanju obrazuju zvučni snop koji kroz vodu putuje 4,5 puta brže nego kroz vazduh. Ovaj zvučni snop u vodi udara u neki nevodeni predmet i odbija se od njega, pa ga zatim delfin hvata i propušta kroz masne naslage na vilicama, upućuje dalje u unutrašnje uho i najzad u mozak. Ovi zvučni emisijski snopovi širokog raspona od niskih do visokih frekvencija, odbijaju se od predmeta u vodi ili prolaze kroz jato riba ili drugih morskih životinja, što omogućava delfinima navigaciju u mutnim i uzburkanim vodama, kao i lokaciju i identifikaciju predmeta daleko izvan njihovog vidnog polja, do daljine od oko 800 metara.

### **- Kako neke životinje predosećaju zemljotres i nevreme?**

Neke životinje imaju sposobnost čulnog opažanja zvukova veoma niskih frekvencija, odnosno infrazvuka (zvuka čiji talasi pritiska osciluju ispod frekvencije od 20 Herca, što je donji prag čujnosti ljudskih bića) koji se pojavljuju u vazduhu pred oluju usled razdvajanja vazdušnih masa blizu centra ciklona, ili pred zemljotres usled veoma slabog i za ljude nečujnog vibriranja Zemlje kao posledice dubokih podzemnih potresa. Afrički slonovi, osim što čak u komunikaciji između sebe koriste infrazvuke, u stanju su da predosete za ljude tada još nečujne vibracije koje stvaraju udaljeni olujni oblaci i da na taj način predosete kišu. Male ptice pred lepo vreme veselo pevaju i dozivaju se, ali uoči velike nepogode, zahvaljujući prijemu infrazvučnih oscilacija, učute se i sakrivaju se. Nekoliko časova ili minuta pre početka zemljotresa, mnoge životinje (npr. mačke) poleću na drveće, jeleni uzastopno ležu i ustaju, psi laju, krave muču. Laste, brže od svih ostalih ptica, pred nevreme napuštaju svoja staništa, galebovi se komešaju pred buru, a delfini nekoliko sati pre nailaska oluje odlaze što dalje na pučinu. Pauci pred nevreme ne pletu novu paučinu i ne popravljaju staru, a žabe izlaze iz vode, glasno krekeću i skaču niz obalu. Ukoliko ujutru vidite pčele kako mirno sakupljaju cvetni nektar, čitav dan će verovatno bit lep. Takođe, male ribe u akvarijumu pred loše vreme plivaju ispod same vodene površine, a kad je lepo vreme riju po pesku na dnu.

### **- Zašto kameleoni menjaju boju?**

Kameleoni ne menjaju svoju boju kako bi se kamuflirali, odnosno u slikovitom smislu, stopili sa okolinom. Naime, same šare na njihovom telu pružaju kameleonima dovoljno dobru

sposobnost kamufliranja. Kameleoni prelaze u tamnije boje kada im je hladno i kada žele da upijaju Sunčevu svetlost, a u svetlije boje kada im je toplo i kada žele da reflektuju svetlost koja pada na njih. Ipak, boja kameleona najviše zavisi od njihovog raspoloženja. Što se bezbrižnije, sigurnije i prijatnije oseća kameleon, to će njegova boja biti svetlija. S druge strane, što je kameleon zabrinutiji, napetiji ili uplašeniji, to će njegova boja postajati tamnija. Muški kameleoni veoma često menjaju raspoloženja, pa se stoga i njihova boja često menja. Slično većini reptila, i kameleoni su veoma vizuelne životinje. Oni nikada ne prave zvuke kako bi komunicirali sa prijateljima. Imaju uši koje su pokrivene kožom, pa stoga njihov sluh i nije preterano osetljiv, što je i razlog zašto skoro isključivo komuniciraju vizuelno. Ovo i nije toliko neobično ukoliko znamo da se površina kameleonovih očiju, slično većini dinosaurusu, nalazi na obe strane glave, a pri tome se njihove oči mogu pomerati nezavisno jedno od drugog, pa oni stoga poseduju vidno polje od čitavih 360 °. Raznovrsne boje kameleona potiču od posebnih pigmentnih ćelija koje se nazivaju hromatoforama (hroma – boja, fora – nosač), a koje su raspoređene po odvojenim slojevima. Najdublji sloj poseduje braon-crni pigment melanin, isti onaj koji i nama daje boju preplanulosti kada se dugo sunčamo. Ćelije koje sadrže melanin, granaju se sa ostalim ćelijama sve do površine tela. Kada se kameleon uznemiri, ove ćelije šalju melanin ka površinskim ćelijama, što dovodi do njihovog zatamnivanja. Uz to, pigmentne ćelije su u stanju da se skupljaju i šire, omogućavajući na taj način, izražavanje određenih i nestajanje nekih drugih boja. Danas, na našoj planeti postoji više od 100 vrsta kameleona, a najviše ih ima u Africi, Madagaskaru, Španiji, Južnoj Evropi, Arabiji, Indiji, Šri Lanki i na Sejšelskim ostrvima.

## **- Kako pčele komuniciraju?**

Stari grčki filosof Aristotel je primetio da kada pčela sleti sa cveta, ona često odlazi u košnicu, nakon čega se vraća ka cvetu sa nekoliko svojih drugara. U 18. veku je bilo primećeno da pčele plešući komuniciraju sa drugim pčelama, ali je za ovo detaljno otkriće, Karl fon Friš 1973. godine postao prvi entomolog koji je dobio Nobelovu nagradu. On je najpre istrenirao pčele da obilaze određene saksije i parcele sa cvećem, koje je zatim pomerio i posmatrao kako su pčele koje su pronašle novi položaj cveća saopštavale drugim pčelama svoje otkriće. Na ovaj način, on je primetio da pčele u svrhu komunikacije izvode dva tipa letećih plesova. Prvi je kružni ples, koji pčele izvode kada se hrana nalazi u blizini. Naime, kada pčela pronađe izvor nektara, ona odlazi na određeno mesto u košnici, gde igra u krug nekoliko sekundu ili minuta, nakon čega druge pčele prate ovu pčelu do izvora. Ukoliko je ovaj izvor dobar i nove pčele koje su ga otkrile uz pomoć prve pčele, odlaze u košnicu i istim, kružnim plesom saopštavaju drugim pčelama o svom otkriću. Kada se hrana nalazi nešto dalje, tada se ples pčele pretvara u mahajuću igru kojom ona ukazuje na udaljenost i pravac u kome se nalazi nektar. Zamislite jedan krug sa pravom linijom koja prolazi kroz njegovo središte. Ugao koji zaklapa ova linija sa ravni kruga ukazuje na pravac hrane u odnosu na položaj Sunca. Pčela pleše duž linije sa jedne strane kruga, a zatim duž linije sa druge strane kruga. Ukoliko je pčela usmerena naviše, to znači da izvor hrane leži ka Suncu, a ukoliko ona leti naglavačke, to onda znači da se hrana nalazi u suprotnom pravcu od pravca u kome se nalazi Sunce. Pčela opisuje rastojanje do hrane putem broja mahanja svojim trbuhom napred i nazad. Ipak, pošto u košnicama ima malo svetlosti, najčešće nisu sve pčele u njoj u stanju da primete ples. Stoga, plešuća pčela i peva i to svojim krilima. Pošto pčele poseduju na svojim glavama po dve antene koji su osetljive na zvučne vibracije, one su u stanju da i u mraku čuju plešeću pčelu, pa da je i pronađu. Kada pčela razume gde se nalazi nektar, ona se zauzvrat takođe oglašava putem trbušnog plesa, nakon čega plešuća pčela eventualno pruža malo sakupljenog nektara drugim pčelama kako bi im prenela ukus i miris hrane koju je pronašla.

## - Kako pčele prave med?

Pčele počinju proces pravljenja meda obilaskom cveća i skupljanjem cvetnog nektara. Mnoge biljke stvaraju nektar kako bi privukle pčele, ose, leptire i druge leteće insekte. U procesu sakupljanja nektara, insekt prenosi zrna polena sa jednog cveta na drugi i tako oprašuje cvet. Cvetni nektar je po svom sastavu vrlo sličan slatkoj vodi, jer predstavlja vodeni rastvor prirodnih šećera. Osim šećera, nektar koji se stvara u laticama cveća, sadrži i mnoge druge hranjive i korisne supstance (šećere dekstrozu i levulozu, enzime, ulja, kao i mnoge mineralne soli). Da bi se iz prilično vodenog nektara napravio gusti med, potrebno je da pčele izvedu još dva procesa: pomoću enzima invertaze pčele prevode disaharid saharozu u monosaharide glukozu i fruktozu. Na malu količinu ovako dobijene glukoze, pčele deluju enzimom glukozna oksidazom koja prevodi glukozu u glukonsku kiselinu i vodonik peroksid. Prisustvo glukonske kiseline čini med kiselom supstancom (sa niskim pH), i stoga otpornom na mikrobe, gljive i bakterije, dok vodonik peroksid pruža među kratkotrajnu zaštitu tokom njegovog dozrevanja ili rastvaranja na račun dobijanja hrane za larve. Pčele zatim uklanjaju i višak vode iz meda (do 18 % vode) najviše putem žvakanja i mahanja krila jer se tako povećava ventilacija vazduha u košnici. Nakon ova dva ključna procesa (delovanje enzima i uklanjanje viška vode), med postaje vrlo otporan na mikrobe, gljive i bakterije, a može trajati godinama bez držanja u frižideru.

## - Kako svilene bube prave svilu?

Svila predstavlja jednu od najstarijih vrsta tekstilnih vlakana na našoj planeti, koja se u Kini koristila još i pre 30. veka pre nove ere, a u to vreme su se osim odeće i pokrivača, čak i žice muzičkih instrumenata pravile od svile. Najstariji primerci svile pronađeni su u jednoj kotarici od bambusove trske u gradu Kjanšanjangu 1958. godine, a poticali su iz 2750. godine pre nove ere. Premda mnogo različitih vrsta insekata i crva prave svilu, svilene niti koje prave svilene bube najčešće se koriste za pravljenje tekstilnih tkanina od ovog prirodnog materijala, koji je veoma snažan, a uz to i veoma fleksibilan (rastegljiv). Svilena buba pripada jednoj vrsti gusenica, odnosno leptira, a njeno naučno ime je *Bombyx mori*, a osim nje i dudovi svileni moljci se često koriste za pravljenje svile koja se zatim koristi u tekstilnoj industriji ili npr. za izradu krstića (končanica) na teleskopima. Tipična svilena buba je žute boje sa promerom krila od oko 3,8 cm, a svilu pravi putem specijalnih svilenih žlezda. U svili se nalaze dva proteina: fibroin i sericin, a njihovim povezivanjem se formira veoma stabilna polipeptidna molekulska struktura koja svili pruža izuzetnu jačinu na istezanje. Svila se dobija iz čahura svilene bube. Dužina pojedinačnog svilenog vlakna kojim je obmotana čahura iznosi između 300 i 900 metara. Uzgajanje svilenih buba počinje održavanjem njihovih jaja koja se tokom meseca aprila, odnosno kada beli dud počne da olistava, prenose iz hladne sobe (u kojoj su dotle čuvane) u mlaku prostoriju, a ponekad se pokrivaju ćebićima ili odećom kako bi se iz njih izlegle bube. Nakon izleganja, bube se postavljaju na rupičaste police pokrivene tankim slojevima gaze ili slame na koje se stavljaju fino iseckani listovi duda (najbolje belog duda – *Morus alba*, čije je lišće posebno debelo i široko) koje tokom 6 nedelja, mlade svilene bube jedu skoro bez prestanka. Naime, za 3 kg odmotane svile, svilene bube pojedu lišća sa skoro 30 dudova. Nakon ovog perioda hranjenja, bube počinju da obmotavaju svilu oko sebe (proces koji traje još 8 nedelja), nakon čega se razdvajaju čahure iz kojih će se dobiti svileni konac i čahure iz kojih će se izleći leptiri koji će zatim produžiti vrstu i stvoriti nova jaja za ponovni ciklus uzgajanja. Odmotavanje svile iz čahura se vrši uz njihovo potapanje u sudove sa toplom vodom ili uz držanje čahura na pari, čime se olakšava odmotavanje svile, jer se pod dejstvom tople vode omekšava čahura, a i delimično se odstranjuju lepljive materije koje susedne svilene niti drže na okupu. Količina svile u jednoj čahuri je veoma mala, tako da je

potrebno oko 5500 svilenih buba da bi se napravio kilogram sirove svile tokom jednog ciklusa stvaranja čahuri.

### **- Koliko dugo traje paukova mreža?**

Od oko 35 000 identifikovanih vrsta pauka (koji nisu insekti, već spadaju u grupu *Arachnidea*), samo polovina njih plete mreže. Paukova svilasta mreža predstavlja polimerne proteinske niti, koje su izuzetno jake, elastične i fleksibilne (rastegljive). Prosečni život paukove mreže je između jednog i nekoliko dana. Nakon tog perioda pauk za samo pola časa pojede svoju mrežu iz koje izdvaja hranljive sastojke kao što je na primer polen koji se lepi za niti mreže, ili čak i čitavi insekti koji se zalepe za nju. Ipak, većina paukova, uključujući i kućnog pauka stvara dugotrajnije mreže, koje vremenom obnavlja u slučaju oštećivanja. Inače, paukova svila može biti napravljena od različitih sastojaka što zavisi od njene namene. Osim za pravljenje lepljivih delova na mrežama za koje se lepe polen i insekti, svilastu materiju pauci koriste i za nošenje stvari (tj. kao torbe), za prelaz preko prepreka, za okruživanje jaja, za lasa, čahure, za pravljenje padobrana pomoću kojih se zajedno sa vetrom spuštaju sa mesta na mesto ili za gnjuračka zvana u kojima mogu da zarone i žive i pod vodom. Primer za to koliko mogu biti jake paukove mreže je podatak da neki pacifički ribolovci koriste niti jedne vrste zlatnog pauka za pravljenje mreže za hvatanje ribe.

### **- Zašto mačke predu?**

Kada su srećni ili zadovoljni, ljudi se smeju, psi vrte repom, a mačke predu. Mačje predenje je jednostavno njihova fizička reakcija na osećaj zadovoljstva. Kod mačke, određeni nervni impulsi koji potiču iz mozga provode se do mišića glasovnog aparata gde izazivaju njihovo vibriranje, a prolaskom vazduha kroz ovako vibrirajuće mišiće grla, stvara se karakterističan zvuk predenja. Interesantno je da frekvencija zvuka mačjeg predenja iznosi 29,5 Herca (toliko puta se otvori i zatvori prolaz vazduhu u jednoj sekundi), bez obzira na veličinu i glasovne sposobnosti životinje. Osim pitomih mački, i mnoge divlje mačke, kao na primer pume ili planinski lavovi (zapravo, sve velike mačke koje mogu da reže), pa čak i rakuni imaju ovu neobičnu sposobnost predenja, dok lavovi, tigrovi i jaguari usled različitog sastava određenih kostiju u ždrelu nemaju sposobnost stvaranja zvuka predenja.

### **- Zašto mačke imaju brkove?**

Odavno je poznato da mačke poseduju izuzetno dobru orijentaciju u prostoru. Osim što im je vid šest puta osetljiviji od ljudskog vida, one poseduju i niz drugih navigacionih sredstava (dobar sluh, koji je osetljiv i na ultrazvuke u rasponu frekvencija od 20 do 50 kiloHerca, zenice čijim širenjem i skupljanjem regulišu nivo upadne svetlosti, pa mogu gledati u Sunce, a i videti i najmanje bljeskove svetlosti) koje im omogućavaju da odlutaju od svog doma na desetine kilometara rastojanja i da nemaju većih problema oko vraćanja kući. Brkovi su upravo jedan od mačjih navigacionih uređaja koji joj pomažu da se snalazi u prostoru. Brkovi (kao i obrve i kratke dlačice na zadnjoj strani prednjih šapa) su povezani sa nervnim putevima i krvnim sudovima pa stoga omogućuju mački da bude veoma osetljiva na najmanje promene vazdušnih strujanja. Tako se npr. noću mačka može šetati kroz sobu ili dvorište a da ne udari ni u šta. Tokovi vazduha u sobi zavise od položaja nameštaja, a pomoću ovako osetljivih brkova, ona je u stanju da prepozna pogodan pravac kretanja. Osim ovoga, brkovi su odličan indikator mačjeg raspoloženja. Kada je mačka ljuta ili uplašena, njeni brkovi se povlače unazad. Ali, kada je srećna, radoznala ili zadovoljna, onda se njeni brkove isturaju unapred. Uz sve ovo, brkovi mački služe kako bi procenila da li je u stanju da prođe

kroz uzani otvor (npr. mišju rupu), a s obzirom da mačka za razliku od ljudi nema ključnu kost, ona se može provući kroz izuzetno male otvore.

### **- Zašto je zebra crno-bela?**

Zoolozi smatraju da crno-bele pruge pružaju zebri zaštitu na razne načine. Pre svega, pruge predstavljaju kamuflažu, jer se talasaste linije zebre mešaju sa talasastim travkama oko nje. Pri tome, nije važno što su zebrine pruge crno-bele, a trava oko nje zelena, žuta ili braon, jer je lav, zebri glavni predator, neosetljiv na boje. Putanje pruga su u slučaju kamuflaže mnogo važnije od njihove boje. Ako zebra stoji mirno u svom okruženju, lav je može potpuno prevideti. Takođe, kada se zebre kreću u stadu, šare sa pojedinačne zebre mešaju se sa prugama okolnih zebri, pa lav iz daljine vidi samo ogromnu šarenu masu, u kojoj ne može da prepozna nijednu životinju. Iako zebri pruge čine nevidljivom za neprijatelje, njene pruge predstavljaju način raspoznavanja zebri između sebe.

### **- Čime se hrane komarci kada nema ljudi u blizini?**

Premda komarci predstavljaju neizbežnu napast po toplim i idiličnim letnjim večerima, istraživanja su pokazala da se samo odrasle ženke komaraca hrane krvlju, koja im je potrebna za stvaranje jaja. Osim krvi kičmenjaka, glavna hrana mužjaka i ženki komaraca su ugljeni hidrati iz nektara i drugih biljnih tečnosti. Generalno, komarce privlače toplota (tj. infracrveni talasi), svetlost, miris tela i znoja, mlečna kiselina i ugljen dioksid koje svi sisari odbacuju u procesu disanja. Komarci poseduju nekoliko senzora pomoću kojih pronalaze plen, a to su: hemijski senzori, pomoću kojih su u stanju da namirišu ugljen dioksid i mlečnu kiselinu sa razdaljine od 36 metara; vizuelni senzori, pomoću kojih registruju pomeranje potencijalnog plena; i senzori za toplotu, pomoću kojih komarci osećaju u svojoj blizini prisustvo toplokrvnog sisara ili ptice. Na našoj planeti, postoji više od 2700 vrsta komaraca. Svrab i crvenilo na mestu ujeda komarca izazvani su imunim odgovorom tela na proteinske sastojke iz pljuvačke komarca koja se izluči u telo prilikom uboda, a svrab opstaje sve dok imune ćelije u potpunosti ne razgrade ove pljuvačne proteine. Češanje treba izbegavati, a da bi se ublažio svrab, mesto ujeda se može oprati sa sapunom i vodom. Komarcima je neophodna voda za parenje, pa ako želite da smanjite njihovu populaciju u okolini, pođite od svog dvorišta i probajte da se otarasite vode iz kofa, guma, starih bačvi i buradi, ili u vodu dodajte malo benzina što će uništiti njihove larve. Takođe, postoje mnogi komercijalni pesticidi na bazi malotiona, koji se koriste za uništavanje komaraca i njihovih larvi.

### **- Zašto su korisni puževi?**

Na našoj planeti postoji oko 50 000 vrsta puževa, uključujući kopnene, morske i rečne puževe. Puževi su važni članovi lanca ishrane u okviru koga cirkuliše energija i materijal jednog ekosistema. Oni se uglavnom hrane algama i raspadajućim biljkama, pa stoga recikliraju materije koje bi se u suprotnom nagomilale oko nas, prevode ih u hranljive sastojke i vraćaju nazad u zemljište. Nervne ćelije (neuroni) puževa su u osnovi potpuno iste kao i ljudske nervne ćelije, pa su stoga ovi mekušci najbolji životinjski modeli za proučavanje našeg nervnog sistema. Jedina razlika u neuronskom prenosu informacija između nas i puževa je u tome što se kod njih ovaj prenos vrši 10 puta sporije nego kod nas. Osim što ovaj usporeni tok električnih signala kroz nervne ćelije olakšava proces proučavanja regeneracije nervnog sistema, nervne ćelije puževa se mogu izdvojiti i posebno uzgajati u posebnim rastvorima, što dodatno olakšava njihovo posmatranje. Posmatrajući način na koji se regeneriše nervni sistem puževa, naučnici pokušavaju da zaključe kako se isti procesi odvijaju



kod ljudi. Da bi čitav nervni sistem pravilno funkcionisao, svi njegovi delovi moraju komunicirati (preko mozga). Interesantno je da u svrhu vršenja popravki na svom nervnom sistemu, puž koristi vrstu hemijske komunikacije i način "prepoznavanja" koji je koristio još kada je bio embrion. Puževe nervne ćelije koje se ponovo međusobno povezuju su veoma fleksibilne. Naime, ukoliko nisu u stanju da se povežu na jedan određen način, one će uvek pronaći neki drugi način da to ostvare. Naš nervni sistem je takođe veoma fleksibilan, ali pošto je znatno složeniji od puževog, korisno je proučavati osnovne principe funkcionisanja nervnog sistema putem izučavanja puževa, životinja koje nemaju ni jednu jedinu kost i koje zahvaljujući svojoj dobroj orijentaciji, skoro nikada ne zalutaju.

### **- Kako žabe preživljavaju zimu?**

Zahvaljujući izvrsnoj sposobnosti prilagođavanja na razne klimatske uslove, žabe se mogu naći na svim delovima Zemljine kugle, od Arktičkog kruga preko pustinja, do tropskih prašuma. Hibernacija je uobičajen žablji odgovor na hladne zimske uslove. Pošto životinja pronade ili napravi zgodan životni prostor, koji je štiti od padavina i predatora, njen metabolizam se dramatično uspori tako da ona praktično prespava zimu, koristeći uskladištene telesne zalihe energije. Kada proleće opet dođe, životinja se budi, ponovo ubrzava metabolizam, napušta svoje dotadašnje zimsko stanište i odlazi da se igra. Neke vodene žabe su u stanju da hiberniraju pod vodom. Za razliku od kornjača koje se zakopaju na dno neke bare ili jezerceta i koriste skromne zalihe kiseonika iz blata, vodene žabe moraju biti blizu vode bogate kiseonikom i provoditi dobar deo zime plutajući na površini bare. S vremena na vreme i polako zaplivaju. Zemljane žabe se tokom zime zakopavaju u zemlju, a neke druge vrste nalaze pukotine i šupljine u stablima drveća, ili se zavlače u slojeve lišća ispod njih i tu hiberniraju tokom zime. Osim žaba, postoje i mnoge druge životinje koje zimske mesece provode spavajući snom usporenog metabolizma, kao npr. medvedi, američki mrmoti, neke vrste slepih miševa, kao i američka prugasta veverica, kojoj se tokom zimskog sna, telesna temperatura spusti sa 35 °C na samo 1,1 °C, dok joj se broj otkucaja srca u minutu smanji sa 250 na samo 2.

### **- Zašto su korisne kišne gliste?**

Kada se u baštenskoj zemlji nalazi veliki broj kišnih glista, to znači da se zemlja nalazi u prirodnom stanju (odnosno da nije zagađena veštačkim đubrivom i hemijskim sredstvima), da sadrži organske materije (kojima se biljke hrane) i da se humus (površinski sloj zemlje koji je rezultat raspadanja najrazličitijih organskih jedinjenja) obnavlja. A gde ima kišnih glista, ima i dovoljno manjih organizama koji pripremaju hranu za biljke. Stoga, vrtlari smatraju kišne gliste veoma važnim stanovnicima zemlje koje treba hraniti, štiti, spasavati od alatki, pa čak i posebno gajiti ako ih u zemlji na kojoj se gaje biljne kulture nema dovoljno. Na jednom kvadratnom metru travnjaka se u proseku nalazi oko 133 kišne gliste koje za godinu dana svare 8,12 kilograma organskih materija. Izlučevine kišnih glista sadrže 5 - 7 puta više azota, 7 puta više fosforne kiseline, 3 do 11 puta više kalijuma, 2 puta više krečnjaka (kalcijum karbonata) i 6 puta više magnezijuma nego obična zemlja u kojoj se one nalaze. Stoga, ove materije predstavljaju prirodno đubrivo kojim se hrane biljke. Takođe, kišne gliste svojim dugačkim rogovima omogućavaju provetravanje i ravnomerno vlaženje zemlje kada pada kiša. Korenima biljaka u zemlji sa puno kišnih glista je olakšan posao crpljenja hrane jer u svojoj neposrednoj okolini imaju veoma kvalitetnu hranu, a u rastresitoj zemlji imaju dovoljno vazduha i vlage, pa mogu dobro da se razvijaju. Posle kiše, mnoge kišne gliste izlaze na površinu usled nedostatka vazduha u zemlji, pa im odatle i potiče njihovo kišno ime. Mnogi neiskusni vrtlari pogrešno tumače sposobnost telesne regeneracije kišnih glista, misleći

ako jednu kišnu glistu preseku na pola, da će dobiti dve gliste. To ipak nije tačno, jer i kišna glista ima samo jednu glavu. Jedino ukoliko joj je povređen zadnji, manji deo tela (rep), kišna glista je u stanju da ga regeneriše, odnosno ponovo izgradi.

### **- Zašto neke ptice hodaju, a neke skakuću?**

Ptice koriste tri različiti tipa koračanja. Kada hodaju, leva i desna noga ptice pomeraju se jedna za drugom pola ciklusa van faze, a svaka noga je na Zemlji više od polovine vremena hodanja, pa stoga postoje trenuci kada su obe noge na Zemlji. Prilikom trčanja, noge su takođe pola ciklusa van faze jedna sa drugom, ali je svaka noga tokom manje od polovine vremena trčanja na Zemlji, pa stoga postoje trenuci kada su obe noge u vazduhu. Tokom skakutanja, najveći deo vremena, obe noge ptice provode u vazduhu, a otisci skakućuće ptice u snegu pokazuju da su dve noge na Zemlji uvek jedna pored druge. Velike i srednje velike ptice hodaju sporo, ali skakuću i trče veoma brzo, dok male ptice najčešće uopšte ne hodaju. Teorija o pticama tvrdi da je brzina ptičjeg hoda proporcionalna kvadratnom korenu dužine nogu. Takođe, ptice koje provode najveći deo svog vremena na drveću, više skakuću nego ostale ptice. Crvendač može kako da skakuće, tako i da hoda, čvorak kada ne leti uglavnom hoda, dok laste znaju samo da lete. Nojevi, najbrže ptice-trkačice na našoj planeti, u stanju su da trče brzinama i od po 64 km/h. Ptice koje hodaju po plitkim vodama kao npr. čaplje, imaju veoma dugačke noge, pa se gegaju hodajući, slično kao i pingvini kojima se noge nalaze prilično udaljene od telesnog centra gravitacije. Stoga, pingvini uvek stoje uspravno kada hodaju, a i tada se veoma sporo gegaju. Kada im je neophodno da ubrzaju svoje kretanje po čvrstom tlu, tada se bace na stomak i kao po toboganu klizaju po ledu ubrzavajući se svojim nogama i krilima.

### **- Kako slepi miševi vide?**

Slepi miševi su jedni od nekoliko sisara, koji za navigaciju koriste zvuk, tj. tzv. eholokaciju. Od oko 900 vrsta slepih miševa, više od polovina vrsta koristi eholokaciju radi detektovanja prepreka u letu, kao i nalaženja puta do gnezda i hrane. Eholokacija, tj. aktivno korišćenje zvučne navigacije, zajedno sa posebnim morfološkim i fiziološkim adaptacijama dozvoljava slepim miševima da "vide" pomoću zvuka. Većina slepih miševa stvaraju eholokacione zvuke stezanjem larinksa, tj. zvučne kutije, mada nekoliko vrsta stvara zvuke jezikom. Ovi zvuci se najčešće ispuštaju kroz usta, mada postoje dve vrste koje ih ispuštaju kroz nos. Zvučni talasi eholokacije su ultrazvučni, što znači da se nalaze u opsegu frekvencija od 20 do 200 kHz, a plafon ljudske čujnosti nalazi se na frekvenciji od 20 kHz. Ipak, postoje eholokacije nekih vrsta slepih miševa koje možemo čuti, a koji podsećaju na zvuk udaranja dva kamenčića jedan o drugi. Slepi miševi proizvode eholokacione zvuke konstantne frekvencije ili frekventno modulisane zvuke, ali najčešće oni predstavljaju segmentne kombinacije ova dva tipa. Iako zvuci niže frekvencije putuju dalje kroz prostor, slepi miševi najčešće koriste tonove visokih frekvencija, jer oni daju više informacija o okolnom prostoru. Slepi miševi emituju zvuke glasnosti od 50 do 120 decibela, što je glasnije od detektora požara koji trubi na 10 cm od naših ušiju. Jedina razlika je u tome što mi i ovako glasne zvuke slepih miševa ne možemo čuti, jer se njihove frekvencije nalaze izvan našeg slušnog opsega. Čelije u mozgu i u ušima slepih miševa se trenutno prilagođavaju prijemu emitovanog zvuka određene frekvencije. Koncentracija receptora u unutrašnjem uhu čini slepe miševe sposobnim da prepoznaju i najmanje promene u frekvenciji signala, koje mogu iznositi i samo 0,1 Hz.

### **- Kako se orijentišu golubovi pismošče?**

Golubovi pismošošu su u antičkoj Grčkoj prenosili vesti sa Olimpijskih igara, a kada je sredinom 19. veka, telegrafski prenos informacija između Brisela i Berlina bio privremeno prekinut, golubovi su nosili vesti iz grada u grad. Danas na našoj planeti postoje golubovi koji su u stanju da pronađu svoje stanište sa rastojanja od oko 4000 kilometara. Mladi golubovi pismošošu se treniraju za nalaženje puta do svog golubarnika, tako što se sukcesivno odnose na sve veća rastojanja i zatim puštaju na put do kuće. Golubovi poseduju dva načina za navigaciju prilikom puta kući. Ukoliko se nalaze veoma daleko od kuće, tada se koriste metodom "mape i kompasa". Ovaj navigacioni metod je veoma sličan našem lutanju sa mapom i kompasom u ruci, premda golubovi u svojoj glavi drže mapu formiranu na osnovu mirisa na putu. Čulo mirisa golubova je mnogo razvijenije od našeg čula mirisa, pa stoga oni tokom leta osećaju mirise fabrika, planina, reka i sve te mirise koriste za formiranje mape predela u svojim glavama. Golubovi su takođe osetljivi na magnetno polje Zemlje. Pravac i intenzitet ovog polja se menja od mesta do mesta na Zemljinoj kugli, a poznajući ovo polje oko svog golubarnika, golubovi mogu da prepoznaju kada su blizu kuće, kao i da se dodatno upravljaju prateći intenzitet i usmerenost ovog polja. Međutim, čak i sa preciznom mapom u glavama, golubovi moraju da znaju u kom pravcu je potrebno da se kreću, a za to im je neophodan kompas, što je u njihovom slučaju Sunce. Međutim, Sunce menja svoj položaj na nebu tokom dana, kao i tokom godine. Golubovi, stoga, moraju poznavati različite uglove pod kojim pada Sunčeva svetlost u zavisnosti od vremena, kao i datuma, odnosno godišnjeg doba, kako bi mogli da se pravilno orijentišu. Neki naučnici smatraju da se golubovi orijentišu i prateći putanje ultraljubičastih talasa na nebu, kao i pravce polarizovane svetlosti. Kada se nađu na oko 20 kilometara od kuće, navigacioni sistem golubova se menja. Ono što ih dovodi do kuće sa malih udaljenosti je dobro poznavanje predela bliskih staništu. Oni se tada mogu orijentisati na osnovu velikog sata, neke zgrade, tornja, fudbalskog stadiona i drugih manjih, ali prethodno poznatih objekata.

### **- Da li je moguće klonirati dinosaurusu?**

Kloniranja koja su izvršena u poslednje vreme izvedena su polazeći od ćelije bića, a s obzirom da odavno ne postoji nijedna dinosauruska živa ćelija, kao ni ćelija bilo koje istrebljene životinjske vrste, njihovo kloniranje danas nije moguće. Takođe, pronađeni delovi DNK lanaca, izdvojeni iz kostiju dinosaurusu starih nekoliko miliona godina, podložni su izmenama tokom vremena, kao i postupnom degradiranju, pa se njihova trenutna formula ne može smatrati pouzdanom. Međutim, kada bi eventualno uspela da se pronađe formula molekulskog lanca DNK dinosaurusu, pa i kada bi se u međuvremenu pronašao način za kloniranje bića samo na osnovu njihove DNK informacije, opet bi jedna od prepreka bilo stvaranje preciznih embrionskih uslova, uključujući npr. sintezu jaja dinosaurusu ili simuliranje izvesne druge okoline za precizan razvoj odgovarajućeg embriona.

### **- Zašto kucama ne smemo da dajemo čokoladu?**

U čokoladama se nalazi supstanca teobromin koja predstavlja otrov za pse. Po strukturi i dejstvu, teobromin je vrlo sličan kofeinu, a za jednog prosečnog psa, doza između 100 i 150 miligrama teobromina po kilogramu tela imala bi snažno toksično dejstvo. Razne vrste čokolade sadrže i različite količine teobromina. Tako, na primer, čokolada za kuvanje sadrži 10 puta više teobromina nego mlečna čokolada, a 3 puta više nego poluslatka čokolada. Slično teobrominu kod pasa, kofein za ljude predstavlja otrov u dozi od preko 150 miligrama po kilogramu tela. Trovanja ovoga tipa nastupaju retko kod ljudi, jer su oni mnogo teži od

pasa, ali mala deca i bebe mogu imati malih problema ukoliko pojedu previše čokolade ili kofeina.

### **- Zašto se u neke kuće stavlja čipovi?**

Umesto narukvica, ogrlica ili tetovaža, danas mikročipovi predstavljaju najsavremenije sredstvo za identifikaciju kućnih ljubimaca. Slično bar kodovima i magnetnim trakama, mikročipovi predstavljaju oblik automatske identifikacione tehnologije. Mikročipovi se mogu implantirati u kućnog ljubimca pomoću injekcije, hirurškog zahvata, a mogu se privremeno ubaciti ili jednostavno zakačiti za telo psa. Identifikacioni mikročipovi kućnih ljubimaca koriste radiofrekventni signal za slanje uskladištenih informacija, pa se stoga često nazivaju radio-frekventnom identifikacijom (RFID). Mikročipovi se programiraju tako da čuvaju jedinstveni i stalni identifikacioni broj. Čip i antena se zakalemljuju u staklenu, biokompatibilnu kapsulu ispunjenu vazduhom, a dimenzije kapsula se kreću od manje od jednog do 2,5 santimetara. Prosečan identifikacioni mikročip je veličine zrna pirinča. Mikročip ne sadrži baterije, a njegova elektronska kola se aktiviraju samo tokom skeniranja. Skener emituje nisko-frekventni radio signal koji aktivira mikročip da šalje jedinstveni identifikacioni broj nazad ka skeneru. Nakon što se ova informacija sa čipa dešifruje, identifikacioni broj se ispisuje na LCD displeju skenera. Ovaj broj se zatim unosi u bazu podataka, gde je identifikacioni broj povezan sa kontaktnim informacijama. Na ovaj način se lako mogu pronaći vlasnici izgubljenih kućnih ljubimaca.

### **- Da li kamile u grbama čuvaju vodu?**

Kamilina grba teška je oko 35 kg i predstavlja zapravo jednu veliku planinu prepunu masti. Za razliku od ljudi i životinja kod kojih se masti čuvaju u vidu globula u ćelijama mišićnog ili masnog tkiva ispod kože, kamile poseduju poseban deo tela u kojoj talože masti, najenergetskije i najdugotrajnije rezervne hranljive namirnice. Grbe omogućavaju kamili da izdrži i do dve nedelje bez hrane, što je veoma važno, s obzirom da najveći broj kamila živi u pustinji. Kamile dnevno popiju oko 20 litara vode, ali lako mogu izgubiti i do 100 litara vode iz tela, što najčešće čini oko 30 % njihove telesne težine. Kamila poseduje torbe u obliku flaša smeštenih pupot obloga na zidovima stomaka, što predstavlja svojevrsne rezervoare za vodu. Da bi zadržala vodu u telu, kamila ima sposobnost menjanja svoje telesne temperature. Tako, ona može početi svoj dan sa temperaturom tela od oko 34 °C, da bi tokom dana podigla temperaturu tela do oko 42 °C. Samo kada njena temperatura dostigne 40 °C, kamila počinje da putem znojenja sprečava pregrevanje tela. Inače, ove životinje koje su poznate i kao pustinjske lađe, mogu biti dvogrbe (baktrijanska kamila) ili jednogrbe (arapska kamila), imaju tri kapka, mogu zatvoriti obe nozdrve, jedu sve biljke na koje naiđu, a mogu svakog dana prenositi oko 200 kg tereta na rastojanje od 40 kilometara. A mudri ljudi su rekli da se zvezde najbolje vide sa leđa kamile u pustinji.

### **- Po čemu je posebna dlaka polarnog medveda?**

Krznno polarnog medveda (tzv. nanuka) je bele boje jer reflektuje sve talasne dužine vidljive svetlosti. Međutim, krznno polarnog medveda ne reflektuje ultraljubičastu (UV) svetlost, već je toliko dobro apsorbuje da medved izgleda potpuno crn kada se fotografiše na filmu osetljivom na UV talase. Uz ovo, koža polarnog medveda je potpuno crna, a jedinstvena osobina njegovog krznna je ta da su sve dlake iznutra šuplje. Stoga se mislilo da polarni medvedi kanališu UV svetlost kroz svoje šuplje dlake do tamne kože i da se na taj način greju tokom hladnih Arktičkih zima. Tako su se dlakama polarnih medveda pripisivala

superiorna svojstva optičkih kablova. Međutim, kada se probalo sa eksperimentalnim propuštanjem svetlosti krzo dlaku polarnog medveda, primećeni su gubici od 99,999 % crvene svetlosti nakon puta od 2,5 santimetara, a isti gubici su primećeni prilikom propuštanja UV svetlosti nakon pređenog puta kroz dlaku od samo pola santimetra. Smatra se da ovako veliki gubici propuštene svetlosti potiču od proteina keratina, koji je apsorbovao skoro svu UV svetlost.

### **- Koja je najmanja ptica?**

Najmanje ptice na našoj planeti su kolibri. Jedna vrsta kolibrija (*Mellisuga hellenae*) je duga samo oko 6 santimetara i time je svakako planetarni “mini rekorder”. S druge strane, najduži poznati kolibri je dug samo 22 santimetra. Međutim, ovako izmerena dužina ptice predstavlja rastojanje od vrha njenog kljuna do kraja repa. Stoga, kad se od malog melisage oduzme 12 milimetara za kljun i 25 milimetara za rep, njenom telu preostaje samo 2,5 cm. Zbog toga nam više kazuju težinski podaci. Oni nam otkrivaju da kolibri i po težini drže rekord među malim pticama. Najlakši kolibri je težak tačno 2 grama. Gotovo nijedna vrsta kolibrija – a danas se zna za 317 vrsta – nije teža od 10 grama. Međutim, uprkos svojoj maloj masi, srce kolibrija je izuzetno veliko i snažno. Zahvaljujući tako velikom srcu, koje čini čak četvrtinu ukupne težine kolibrija, oni su u stanju da mašu krilima i do 80 puta u sekundi. S obzirom da vrh krila nekih vrsta kolibrija pređe dužinu od 14 santimetara pri svakom zamahu, to znači da pri 80 udara krila u sekundi, vrh krila pređe put od preko 10 metara. Kolibri se često nazivaju helikopterima ptičjeg sveta, jer mogu da budu gotovo nepokretni u letu, a mogu leteti i unazad, što nijedna druga ptica ne može. 90 % hrane kolibrija predstavlja cvetni nektar, koji im zahvaljujući bogatom sadržaju šećera pruža energiju za letenje, dok ostalih 10 % hrane pripada malim insektima, iz kojih crpe proteine, neophodne za izgradnju i nadogradnju tela. Kolibri, koji žive samo na američkom kontinentu, posebno su poznati i po svom blistavom perjom. Naime, iako su papagaji šareniji od kolibrija, oni ne mogu učiniti da njihovo perje svetluca i da se preliva u svim duginim bojama, što je kod kolibrija posledica interferencije svetlosti usled njenog reflektovanja sa više tesno priljubljenih mikroskopski tankih rožastih lamela u perju. Najveći broj kolibrija živi u tropskim i subtropskim oblastima, gde preko cele godine nailaze na cveće koje vole. Manji broj vrsta koje žive širom kontinenta, stalno putuje za cvećem koje voli. Tako, npr. jedna vrsta kolibrija sa početkom leta u severnoj hemisferi leti do južne Aljaske, da bi se ujesen vratila u svoje zimovalište – Meksiko. Ipak, većina vrsta kolibrija se nalaze oko ekvatora, ali mali broj živi u prašumama, jer u njima ima malo Sunca, pa je i količina cveća ograničena. S obzirom da su tropske noći veoma teške za kolibrije, oni tokom noći snižavaju svoju telesnu temperaturu (sa 42 °C na 12 °C) i usporavaju disanje (sa normalnih 250 udisaja u minutu na samo jedna udisaj na pet minuta) kako bi sve telesne funkcije sveli na minimum, koji je upravo dovoljan za preživljavanje.

### **- Zašto noćne leptire privlači svetlost?**

Fototaksa predstavlja osobinu organizma da biva privučen ili odbijen svetlošću. Tako su npr. bubašvabe negativno fototaksične, jer se uvek kreću nasuprot svetlosnog izvora, dok su komarci, moljci ili noćni leptiri primeri pozitivno fototaksičnih organizama, s obzirom da ih često možemo primetiti kako se skupljaju u blizini upaljene lampe, fara ili logorske vatre. Lepidopteristi, odnosno naučnici koji proučavaju leptire, još uvek nemaju sigurno objašnjenje za ovu pojavu, premda nam nude nekoliko interesantnih teorija. Tako je npr. moguće da noćni leptiri koriste Mesečevu svetlost kao referentnu tačku navigacije, pa je stoga za njih kretanje ka svetlu penjanje u visinu, a kretanje ka tami, spuštanje ka Zemlji. Međutim, kada leptiri bivaju privučeni svetlošću sa Zemlje, dolazi verovatno do njihove konfuzije usled gubitka

orijentacije, što najčešće rezultuje u njihovom besciljnom obletanju oko svetlosnog izvora. Razlog zašto leptiri ostaju u blizini svetlosti kada je pronađu, je u tome što se njihov optički mehanizam za privikavanje na mrak, odigrava sporije nego mehanizam navikavanja na svetlost. Ovaj efekat privikavanja na određeno svetlosno okruženje je adekvatan pojavi da doživimo par trenutaka slepila kada neko upali svetlo, pošto smo dugo sedeli u mračnoj sobi, a isto tako je potrebno nekoliko trenutaka da se naviknemo da gledamo u mraku, pošto su naše oči neko vreme bile obasjane svetlošću.

### **- Zašto neke ribe žive u slatkim, a neke u slanim vodama?**

Sve vrste kičmenjaka (ptice, ribe, sisari, amfibije i reptili) poseduju skoro identičan telesni sadržaj soli, od kojih su natrijumove soli i hloridne soli najzastupljenije. Očigledna razlika između reka i mora je različit salinitet, odnosno različita koncentracija soli u vodi. Dok rečne ribe, koje žive u neslanoj sredini, poseduju fiziološki mehanizam pomoću koga koncentrišu soli u svojim telima, morske ribe izlučuju višak soli u hipertoničnu sredinu. Hloridne ćelije u škrgama morskih riba stvaraju enzim natrijumkalijumATPazu, koji im omogućava da odstrane soli iz ćelijske plazme, unete pijenjem slane morske vode. Uz to njihovi bubrezi filtriraju sve dvovalentne jone, koje zatim izlučuju van tela. S druge strane, slatkovodne ribe poseduju suprotan fiziološki mehanizam pomoću koga koncentrišu soli, kako bi kompenzovali nedostatak soli u njihovoj prirodnoj vodenoj sredini. Rečne ribe stvaraju veoma razblaženi i vodom bogati urin i na taj način se oslobađaju viška vode, dok provode prinos soli u škrge. Takođe, postoje mnoge vrste riba (jegulja, grgeč, list, losos) koje podržavajući oba fiziološka mehanizma mogu opstati kako u slanim, tako i u slatkim vodama. Tako, npr. lososi provode relativno kratko vreme u slatkim vodama dok im se ne razvije kapacitet za osmoregulaciju u slanim vodama, gde zatim žive ostali deo života.

### **- Kako hobotnice menjaju boju?**

Određeni broj Cefalopoda (klasa mekušaca koji se nazivaju glavonošcima, s obzirom da im glava služi i kao oslonac umesto stopala), odnosno grupe životinja u koje spadaju oktopodi, hobotnice, lignje i sipe, poseduje veštinu menjanja boje koju koriste za kamuflažu, kao i za plašenje i zbunjivanje predatora u svom podvodnom kraljevstvu. Mnoga od ovih bića poseduju na koži tzv. hromatofore, tj. specijalne pigmentne ćelije, a kontrolisanjem njihove veličine mogu menjati boju kože. Hromatofore su povezane sa nervnim sistemom, a njihova veličina se reguliše mišićnim kontrakcijama. Cefalopode imaju odličan vid pomoću koga detektuju boje i intenzitet svetlosti, a korišćenjem dobrog vida i hromatofora, u stanju su da boju svog tela podese tako da se ona savršeno uklapa u morsko dno. Tako, osim što oktopodi umeju da prave kamuflažne obojene zavese oko sebe pomoću ispuštanja jedne tečnosti, oni prilagođavajući svoju boju okolini, mogu biti crveni, sivi, žuti, mrki ili tamno zeleni.

### **- Kako neke ribe svetle?**

Više od 90 % bića koja žive u velikim morskim dubinama (školjke, ribe, sipe, meduze, sunđeri, sase, bakterije, korali, neke vrste dubinskih ajkula...) mogu emitovati svetlost i kontrolisati njen intenzitet, a ovom veštinom koja se u živom svetu naziva bioluminiscencijom, koriste se radi zbunjivanja i plašenja predatora, ošamućivanja plena, u svrhu mamca, a i kao sredstvo komunikacije u tamnim dubinama podvodnog sveta. Morska bića stvaraju svetlost mešanjem i reagovanjem dve supstance, što stvara treću supstancu koja svetli, a proces sličnog mehanizma se dešava u svetlećim štapićima koji svetle kada ih savijemo. U ribljim fotocitima, tj. specijalnim ćelijama koje stvaraju svetlost, ili u njenim

fotoforama, tj. organima koji služe za stvaranje svetlosti, supstanca luciferin reaguje sa kiseonikom u prisustvu enzima luciferaze. U ovoj reakciji se stvara novi molekul koji u morima svetli najčešće u plavoj ili zelenoj boji. U nekim organizmima, fotofore su jednostavne žlezdane šoljice, dok kod drugih, one predstavljaju razrađeni aparat sa sočivima za fokusiranje, filterima za boje i podešljivim kaptcima koji služe kao neka vrsta prekidača. Svetleće ribe koje poseduju na svojoj koži i fotofore i fotocite, u stanju su da kontrolišu boju i intenzitet emitovane svetlosti. Drugi česti mehanizam proizvodnje svetlosti vezan je za meduzu *Aequorea*, koja poseduje svetlucave plave ćelije (focite) raspoređene po ivici tela. Kada se ova meduza uznemiri, ona oslobađa kalcijumove jone koji aktiviraju aeorin – protein, izvor svetlosnih fotona. Istraživanja su pokazala da svetljenje nekih riba potiče od dejstva posebnih bakterija koje žive u svetlećim organima ribe. Na sličan način i neka šumska drveća svetle usled prisustva svetlećih gljiva (*Armillaria mellea*) u njihovoj kori. Ukoliko ste nekada u noćnoj ili večernjoj vožnji čamcem na moru primetili svetlosne bljeskove, znajte da oni najverovatnije potiču od dinoflagelata, jednoćelijskih organizama koji žive u planktonima i koji emituju svetlost kad god pored njih prođe čamac, plivač ili neka krupna riba. Za razliku od morskih bića, veoma su retke vrste iz slatkih voda koje svetle u tami. Takođe, kod kopnenih vodozemaca, reptila i sisara ne postoji nijedan primer sposobnosti bioluminiscensije. Ipak, ukoliko ste šetajući se noću po peščanoj plaži primetili da pesak ispod vas svetli dok hodate po njemu ili kada ga bacite u vis, znajte da je i ova pojava povezana sa prisustvom malih svetlećih bića u pesku.

### **- Kako slonovi piju vodu?**

Tokom poslednjih 40 miliona godina, više od 600 vrsta slonova je hodalo Zemljinim kopnom da bi danas na našoj planeti postojale još samo dve vrste (Afrički i Azijski slon) ove izrazito inteligentne i snažne sisarske vrste kojima od svih živih bića na Zemlji samo ljudi – lovokradice predstavljaju neprijatelje. Takođe, početkom 20. veka, broj slonova na Zemljinoj kugli je iznosio između 5 i 10 miliona da bi on do danas pod dejstvom lova na slonove kljove i istrebljenja vegetacije, opao na svega 640 000. Slonovi su poznati i kao najveći migratori od svih kopnenih sisara s obzirom da godišnje mogu da prevale put od 5 - 10 000 km, a krdo slonova u potrazi za svežom hranom i vodom obiđe i prostor od oko 15 000 km<sup>2</sup> oko svog staništa. Nos i gornja usna slona su sjedinjeni i grade čuvenu slonovu surlu koja sadrži oko 150 000 mišićnih jedinica, a koja je toliko osetljiva da pomoću nje, slon može čak i iglu podići sa tla. Pomoću surle, slonovi zahvataju nisko žbunje, krckaju grančice (slonovi su biljojedi, a odrasli slon svakoga dana pojede između 75 i 150 kg hrane u vidu lišća, grančica, kora drveća, voća, cveća, korenja, slame, zrnevlja, krtolastih i lukovičastih plodova itd.) i drugu hranu, dišu kada im je ostali deo tela potopljen u vodi, a pomoću nje i piju vodu i kupaju se. Naime, slon ispuni svoju surlu sa oko 10 litara vode u zatim postavi vrh surle u usta i u vidu jakog mlaza prespe vodu iz surle u usta, odakle je proguta u stomak. Tokom štrcanja vode iz surle u usta, slonovi često nagnju glavu kako bi pospešili nadole usmereni tok vode. Kao i kod većine sisara, ali ne i ljudi, putevi kojima prolazi hrana su odvojeni od disajnih puteva, pa su slonovi, za razliku od ljudi u stanju da gutaju i dišu istovremeno. Zapravo i veoma male bebe su u stanju da istovremeno dišu i gutaju, ali samo pre nego što im nakon nekoliko meseci života ne dođe do strukturnih promena u mekoj palati čime disajni putevi i putevi hrane postaju sjedinjeni. Kada su slonovi veoma mladi, oni tada još nisu u stanju da koordiniraju pokretima svoje surle, pa tada vodu piju direktno putem usta tako što kleknu sa svojim prednjim nogama ispred izvora i počnu da piju vodu. Slonovi su ključni članovi tropskih ekoloških sistema s obzirom da skupljajući lišće iznad zemlje, prave put svetlosti ka zemljištu što omogućava razvitak novih biljki sa tla gustih tropskih šuma i

prašuma, a šetajući se kroz džungle, slonovi krče put mnogim manjim životinjama, pa i ljudima.

## **- Gde možemo danas da idemo na safari?**

Safari predstavlja putovanje u posetu afričkim životinjama u njihovom prirodnom okruženju, a premda postoje raznovrsni tipovi obilaska safari parkova (na slonovima, kamilama, ponijima, biciklima, u balonima ili peške), najveći broj safarija pripada jednom od sledeća tri tipa: permanentni safari (u okviru koga boravimo u šatoru oko koga se šetamo ili vozimo razgledajući prirodu), mobilno permanentni (u okviru kojih boravimo u nekoliko bungalova pri čemu put između njih prelazimo na *Land-Rover*-u ili pomoću autobusa ili čak manjih aviona) i mobilni safari (u okviru koga svaku noć prespavljujemo na drugom mestu). Afričke zemlje u kojima možemo posmatrati najraznolikiji živi svet karakterističan za ove predele naše planete nalazi se uglavnom u istočnim i južnim delovima Afrike. Kenija i Tanzanija su najpoznatije po safari aranžmanima, premda su i Južna Afrika, Svazilend, Zimbabve, Bocvana i Zambija takođe veoma bogate ptičjim vrstama i divljim životinjama. Najpopularniji safari parkovi u Keniji su Masai Mara (u zapadnoj Keniji), Amboseli (u jugoistočnoj Keniji) i Tsavo (najveći nacionalni park u Keniji) i u njima se mogu videti lavovi, bufala, slonovi, nosorogi i leopardi, kao i gnuovi, zebre i žirafe. Ptičji život je ovde veoma raznolik, pa se možemo upoznati sa raznobojnim i upadljivim flamingosima, kao i sa nojevima, morskim gavranima i orlovima. Najugroženija životinjska vrsta u Keniji (kao i u celoj Africi) je crni nosorog, koga su nažalost, godinama napadale lovokradice, a iako je 1989. godine zabranjen lov na slonovaču, slonovi i dalje predstavljaju životinjsku vrstu koja još nije zvanično ugrožena, iako se broj ovih inteligentnih životinja svake godine smanjuje. Obilje životinja, a pogotovo ptica se može primetiti na obalama jezera ili drugih vodenih površina, pogotovo kada ostali izvori vode u okolini presuše. Posebno je zanimljivo posmatrati i sezonsku migraciju (u potrazi za zelenim livadama) oko 2 miliona divljih životinja iz nacionalnog parka Serengeti u Tanzaniji ka susednom rezervatu Masai Mara u Keniji, što se dešava svake godine između juna i septembra. Osim nacionalnog parka Serengeti (u kome se možemo družiti sa zebrama, antilopama, gazelama i drugim životinjama), u Tanzaniji se nalazi i čuveni nacionalni park Ngorongoro neposredno u blizini kratera ugašenog vulkana, a posebni su još i utočište šimpanzi Džejn Gudel, kao i nacionalni park Gombe na granici sa Burundijem. Takođe, rezervat za divljač u Selusu u južnom delu Tanzanije, predstavlja planetarni rezervat sa najvećim brojem životinja, a ovo mesto predstavlja stanište ogromnog broja morskih konja, kao i više od 100 000 slonova. U nacionalnom parku planine Kilimandžaro možemo obići najviši planinski vrh Afrike, a nacionalni park Aruša za koga se smatra da je jedan od najmanjih ali i najlepših safari parkova, predstavlja jedan od retkih parkova u kome se slobodno možemo šetati. Najveći safari park u Južnoj Africi je Krugerov nacionalni park u kome postoje domovi poslednjih vrsta belog i crnog nosoroga, kao i mravljeg lava, bufala tkača, nosorogove bube, leopardove kornjače, kao i oko 900 vrsta ptica, uključujući najveće ptice na planeti (nojeve), najveće leteće ptice na planeti (Kori strvinara), sunčevu pticu i naravno, flamingosa. U malom Svazilendu se nalazi nekoliko nacionalnih parkova, uključujući i rezervat Mkhaja, kraljevski nacionalni park Hlejn, kao i životinjsko utočište Mlilvejn u dolini Ekulvini, koje je jedno od retkih mesta na kojima možemo razgledati prirodu na konju ili biciklu. Premda dve trećine Bocvane čini pustinja Kalahari, upravo neki njeni delovi predstavljaju domove najvećih stada divljači na afričkom kontinentu. Jedan od najposećenijih nacionalnih parkova u Bocvani je nacionalni park Čobe u kome žive pavijani koji pozdravljaju posetioce na samom ulazu u park. U ovom parku u kome živi i oko 100 000 slonova uključujući i tzv. Čobe slona koji je najveći na našoj planeti, neophodno je voziti se na četiri točka. U Bocvani se nalazi i



nacionalni park Gemsbok u kome se nalaze velika stada gemsboka - antilope sa oštrim i tankim rogovima, kao i drugih antilopa, kao što je eland. Rezervat Moremi u Bocvani predstavlja najveći rezervat na našoj planeti s obzirom da se prostire na površini od 52 800 km<sup>2</sup>, nalazi se u središtu Bocvane i poseban je po prostranim ravnicama, starim rečnim i slanim koritima, a u njemu se mogu videti razne životinje, uključujući žirafe, braon hijene, vukove, geparde, lavove i leoparde, a najbolje vreme za obilazak je između decembra i aprila. Osim 1700 metara širokih Viktorija vodopada, u Zimbabveu se nalaze poznati nacionalni parkovi Matopos (sa granitnim pejzažima i egzotičnim živim svetom) i Hvange (sa više od 100 životinjskih i više od 400 ptičjih vrsta). U Zambiji, u kojoj ima najmanje turista, postoje čuveni nacionalni parkovi u Južnoj Luangvi (iz koga potiče trend hodajućeg safarija, a gde se u lagunama reke Luanga mogu posmatrati kupanja između 30 i 70 nilskih konja istovremeno), park Mosi-O-Tunia kod Viktorija vodopada, nacionalni park Kafue (najstariji park u Zambiji u kome živi veliki broj lavova), kao i nacionalni park donji Zambezi u kome velika padina duž severnog kraja doline predstavlja fizičku barijeru za životinje, pa stoga sa vrha ovog brežuljka možemo posmatrati slonove kako se igraju pored reke.

## 5. Brojevi i merenja

### - Kada bi elektron bio veličine jabuke, kolika bi bila velika ljudska bića?

Šta je veliko, a šta malo u našem svetu, može se reći tek kada se dovede u međusobni odnos. Na primer, čovek je mali u odnosu na slona, ali veliki u odnosu na mačku ili miša. Pošto se, kao što je poznato, svi sastojimo iz atoma, a atomi iz još sitnijih čestica – elektrona, protona i neutrona, odgovor na pitanje glasi: Poluprečnik jedne prosečne jabuke je četiri santimetra, a poluprečnik elektrona je  $2,8 \cdot 10^{-15}$  metara. To znači da u Univerzumu gde bi elektron imao veličinu jabuke sve bi bilo veće za 14 triliona i dvesta milijardi puta. Samim tim čovek prosečne visine od 180 santimetara bio bi 3,5 puta veći od prečnika Sunčevog sistema. Na isti način može se prikazati da kada bi Sunčev sistem porastao do veličine Mlečnog puta, i kada bi se pri tome sve osim ljudi uvećalo za isti faktor, jedna živa ćelija bi bila pet puta veća od nas. Razmeru rastojanja između zvezda možemo steći sledećom ilustracijom. Naime, kada bi naše Sunce bilo veličine loptice za golf, njemu najbliža zvezda (*Proxima Centaura*) udaljena u stvarnosti 270 000 astronomskih jedinica (oko 40 triliona kilometara) nalazila bi se na rastojanju od oko 1300 kilometara, a prečnik čitavog Mlečnog puta u kome ima između 100 i 200 milijardi zvezda bi bio jednak oko 3 miliona kilometara, što odgovara otprilike sedmostrukom rastojanju od nas do Meseca ili samo jednom pedesetom delu udaljenosti Sunca od nas. Rastojanje između elektrona i jezgra atoma je takođe veoma veliko. Naime, kada bismo jezgro atoma predstavili kao jednu lopticu za golf, tada bi ivica atoma, odnosno rastojanje na kome orbitira najudaljeniji elektron iz jezgra (ili samo jedan elektron u slučaju najjednostavnijeg, vodonikovog atoma) bila više od 3 kilometra udaljena od jezgra.

### - Šta je to metar?

Metar je konvencionalna jedinica za merenje dužine, a prva njegova definicija je nastala u 18. veku i glasila je da je metar dužina klatna čiji je period oscilovanja jednak jednoj sekundi. Nakon toga, uvedena je nova definicija metra, po kojoj je on bio jednak jednom desetomilionitom delu dužine Zemljinog meridijana duž kvadranta, tj. meridijana čija je dužina jednaka četvrtini obima Zemljine lopte. U skladu sa ovom definicijom, istraživači su izmerili luk Zemljine lopte od grada Dunkirka u Francuskoj do Barselone u Španiji, a iz ovog računa, dobijena dužina metra je bila ucrtana na platinskoj šipci koja je 1799. godine smeštena u Francusku Akademiju arhiva. Međutim, prilikom ovog računa, francuski naučnici su pogrešno izračunali efekat poravnavanja Zemlje usled njene rotacije oko svoje ose, pa je iz tog razloga, njihov izračunati metar bio za 0,2 milimetra kraći od jednog desetomilionitog dela Zemljinog kvadranta. Francuska metalna šipka se smatrala za jedinu važeću meru metra sve do 1960. godine, kada je pojam metra predefinisano u određeni broj talasnih dužina veoma precizne boje svetlosti emitovane od strane atoma kriptona-86. Međutim, ova definicija je trajala samo do 1983. godine kada je uvedena tzv. teorijska definicija metra kao  $1/299792458$  deo puta koji pređe svetlost u jednoj sekundi svog putovanja kroz vakuum.

### - Šta je to nautička milja?

Nautička milja predstavlja mernu jedinicu dužine koja se koristi prilikom vazdušnih i morskih putovanja, a zasnovana je na veličini obima naše planete. Kada bismo Zemljin ekvator (tj. njen obim) podelili na 360 stepeni, a zatim još i svaki stepen podelili na 60

minuta, tada bi dužina jednog lučnog minuta bila jednaka dužini jedne nautičke milje. Jedna nautička milja je jednaka dužini od 1,1508 običnih milja, 6076 stopa ili 1,851 kilometara. Ako biste želeli da obiđete Zemlju oko ekvatora, morali biste da pređete rastojanje od 21 600 nautičkih milja što je jednako dužini od 40 003 kilometara. Čvor predstavlja jedinicu brzine putovanja koja je povezana sa nautičkom miljom. Naime, ukoliko putujete brzinom od jedne nautičke milje na čas, tada možete reći i da se krećete brzinom od jednog čvora.

### **- Šta je to astronomska jedinica?**

Astronomska jedinica predstavlja dužinu koja je jednaka srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca ili oko 150 miliona kilometara, što je opet jednako rastojanju koje svetlost u vakuumu pređe za 8 minuta i 20 sekundi. Ova jedinica dužine se najčešće koristi za opisivanje rastojanja u okviru Sunčevog sistema, jer su tada kilometri ili metri isuviše mali, a svetlosne godine isuviše velike. Tako je, na primer, srednje rastojanje od Sunca do najudaljenije planete u Sunčevom sistemu, planete Pluton jednako 40 astronomskih jedinica, a srednje rastojanje između Sunca i njemu najbliže planete, planete Merkur jednako 0,36 astronomskih jedinica. U jednoj svetlosnoj godini postoji 63 240 astronomskih jedinica, a tačna vrednost astronomske jedinice u kilometrima iznosi 149 597 870 kilometara, što je malo kraće od polovine glavne ose Zemljine orbite oko Sunca.

### **- Šta je to parsek?**

Parsek je astronomska jedinica dužine i predstavlja rastojanje na kome bi trebalo da bude zvezda od nas kada bi joj paralaksa bila jednaka jednoj lučnoj sekundi. Pogledajte jednu zvezde u mesecu junu, a zatim je opet pogledajte tokom meseca decembra, kada se Zemlja nalazi na suprotnoj strani svoje orbite oko Sunca, i primetićete relativni pomeraj položaja zvezde u odnosu na zvezdanu pozadinu. Taj pomeraj se naziva paralaksa, i ukoliko je jednaka jednom lučnom sekundu, onda je zvezda udaljena od nas za tačno jedan parsek. Takođe, parsek je jednak rastojanju koje svetlost u vakuumu pređe za 3,26 godina, što je približno jednako rastojanju od oko 30 triliona kilometara. Parsek je izvedena reč, a nastala je iz prva tri slova reči paralaksa i sekund, a ukoliko postavimo Sunce u centar lopte poluprečnika 10 parseka, u njoj će se zajedno sa Suncem nalaziti 73 zvezde, od kojih samo 28 zvezda grade pojedinačne sisteme, 36 zvezda učestvuju u dvojnim sistemima, dok 9 zvezda gradi tri trojna zvezdana sistema (najbliža zvezda Suncu, Alfa Kentaura, udaljena samo 4,3 svetlosne godine od Sunca, primer je trojnog zvezdanog sistema u kome tri zvezde kruže jedne oko drugih).

### **- Zašto se brojevi koje pišemo zovu arapski?**

Iako se brojevi kojima danas pišu Evropljani, Amerikanci i najveći deo naše planete zovu arapski, oni su zapravo nastali u Indiji, a po legendi, izmislio ih je indijski astronom i matematičar Arjabhata početkom 6. veka nove ere. Tada je nastao prvi kompletni numerički sistem (tzv. pozicioni brojevni sistem) gde se uz pomoć broja 1 moglo pisati i 100 i 1000 samo ako bi se nacrtao određen broj krugova, odnosno nula iza jedinice. Po priči, Arjabhata je za uvođenje kružnih nula bio inspirisan peščanim abakusom, odnosno spravom za množenje brojeva po principu označavanja oznaka na mreži ucrtanoj na pesku. Arapski matematičari su pozvali indijske kolege u Bagdad 771. godine kako bi od njih naučili da koriste nove brojeve, koje su tada nazvali *huruf alghubar*, što znači "peščani brojevi". Originalne indijske knjige su tom prilikom bile prevedene na arapski jezik i u tom obliku su ove informacije bile prezentovane evropskim istraživačima, koji su stoga ovaj, za njih tada novi sistem računanja i obeležavanja brojeva nazvali arapskim. Interesantno je da iako Arapi pišu slova s desna na

levo, brojeve ipak pišu s leva na desno, a razlog tome je upravo to što su brojevni sistem preuzeli iz Indije. Naime, arapi svoje brojeve danas nazivaju *al-arqám al-hindíya*, što u prevodu znači "indijski brojevi". Evropljani su počeli da ih koriste tek nakon 1202. godine kada je Leonardo od Pize objasnio njihovo korišćenje u svojoj knjizi o abakusu. Interesantno je da su u Firenci, 1299. godine bili zabranjeni arapski brojevi, jer se 0 lako mogla falsifikovati sa 6. U odnosu na rimske brojeve, pomoću indijskih brojeva su elementarne računске operacije kao npr. sabiranje i oduzimanje postale znatno lakše izvodljive.

### **- Kako se otkriva nepravilan start u atletskim trkama?**

U skladu sa pravilnikom Međunarodne amaterske atletske federacije, nepravilnim startom se smatra slučaj kada se trkač otisne od startnog bloka pre zvuka sudijinog pištolja, ili kada reaguje na zvuk pištolja za manje od jedne desetinke sekunde. Naime, istraživanja su pokazala da je vreme reakcije manje od jedne desetinke sekunde nakon startnog signala nemoguće za čoveka i da je u tom slučaju trkačev start prethodio zvuku pištolja. Najčešće se nepravilan start u trkama registruje pomoću uređaja *ReacTime*, koji se nalazi na zadnjem delu startnog bloka na koji se oslanjaju trkači, a uz pomoć žica ili radio signala, povezan je sa glavnim kompjuterom, smeštenim u blizini sudije. Uređaj meri pritisak koji trkač vrši na startni blok i šalje odgovarajuću informaciju glavnom kompjuteru. Kada sudija označi početak trke pucnjem iz pištolja, kompjuter izračunava vreme nakon jedne desetinke sekunde posle pucnja i upoređuje ovo vreme sa vremenskom zavisnošću pritiska na blokovima svih trkača. Kako trkač napušta startnu poziciju, dolazi najpre do porasta pritiska na bloku, a zatim do njegovog opadanja. Ovakva vremenska zavisnost pritiska stvara na ekranu kompjutera grafike u obliku parabola, odakle kompjuter izračunava trenutak u kome dolazi do linearnog porasta pritiska. Ukoliko ovaj delić sekunde prethodi prethodno izračunatom vremenu od jedne desetinke sekunde nakon zvuka koji je označavao početak trke, dolazi do signaliziranja nepravilnog starta.

### **- Koliko bi se podiglo tlo kada bismo Zemlji dodali jedan metar u obimu?**

Obim Zemlje (i bilo koje druge lopte ili kruga) je jednak proizvodu njenog poluprečnika i  $2\pi$  (oko 6,28). Kada bi se Zemljin obim povećao za tačno jedan metar, tlo ispod nas bi se podiglo za čitavih 16 santimetara. Zapravo, ukoliko bilo kom krugu na svetu dodamo jedan metar u obimu, njegov poluprečnik će se povećati za 16 santimetara. Dovoljno je samo da podelimo dužinu koju smo dodali obimu kruga sa  $2\pi$  i dobićemo koliko je veći poluprečnik kruga sa povećanim obimom. Tako, ukoliko povećamo obim kruga za dva metra, njegov poluprečnik će se povećati za 32 santimetra, a ako bismo krugu ili lopti dodali kilometar u obimu, njen poluprečnik bi se povećao za 160 metara. Zaista je interesantno da ukoliko atomu, fudbalskoj lopti, našoj planeti, nekoj zvezdi ili čak i čitavoj Galaksiji dodamo po jedan metar u obimu, svima će se poluprečnik povećati za tačno 16 santimetara. A da li ste znali da odnos površina dva slična tela (npr. dve lopte ili dve kocke različitih površina), bez obzira na njihove nepravilnosti možemo izračunati kao kvadrat odnosa rastojanja između bilo koje dve odgovarajuće tačke tela. Odnos zapremine je isto tako jednak trećem stepenu odnosa rastojanja između bilo koje dve odgovarajuće tačke tela.

### **- Kako možemo da izmerimo visinu drveta?**

Visinu drveća, zgrada ili čak i planina možemo po jednom sunčanom danu izmeriti istom metodom koju je koristio Tales iz Mileta kada je izmerio visinu Keopsove piramide. Dakle, izaberite jedan sunčani dan, ponesite sa sobom lenjir ili metar i stanite pored vašeg

drveta. Izmerite dužinu vaše senke i dužinu senke drveta (ili bilo kog drugog objekta čiju visinu želite da odredite). Odnos visine drveta i dužine njegove senke biće brojno jednak odnosu vaše visine i dužine vaše senke. Dakle, pomnožite dužinu senke drveta sa vašom visinu, dobijeni broj podelite sa dužinom vaše senke i dobićete visinu nepoznatog objekta. Ukoliko možemo da pronađemo jedan barometar (spravu za merenje pritiska) i ukoliko smo u stanju da se popenjemo na vrh drveta čiju visinu želimo da izmerimo, tada je dovoljno da uporedimo pritiske vazduha na dnu drveta i na njegovom vrhu. Naime, vazdušni pritisak opada za oko 1 mm živinog stuba na svakih 10 metara nadmorske visine, pa bismo stoga morali da izrazimo razliku vrednosti vazdušnih pritisaka sa podnožja drveta i sa njegovog vrha u milimetrima živinog stuba (760 milimetara živinog stuba je jednako pritisku od jedne atmosfere, odnosno 101325 Paskala), a da zatim dobijeni broj pomnožimo sa 10 i dobićemo visinu drveta u metrima.

### **- Koliko puta bismo morali da prepolovimo list papira da bismo došli do jednog protona?**

List papira formata A0, čija dužina iznosi 84,1 santimetar, a širina 118,9 santimetara (pri čemu za svaki list papira važi tzv. pravilo kvadratnog korena iz dva koje nam kaže da je duža stranica papira uvek za  $\sqrt{2}$  puta duža od njegove kraće stranice), poseduje masu od oko 80 grama. List papira formata A1 poseduje dvostruko manje dimenzije (tako da i dalje važi pravilo kvadratnog korena iz dva), a time i četverostruko manju masu – 20 grama (jer se sa prepolovljavanjem stranice pravougaonika, njegova površina četiri puta smanjuje, a pošto se debljina lista ne menja, masa lista će se smanjivati srazmerno smanjenju površine, tj. 4 puta sa svakim prepolovljavanjem lista papira) i tako dalje. Ukoliko bismo jedan list papira formata A3 (čija je masa jednaka 1,25 grama) želeli da seckamo na pola sve dok ne dođemo do jednog nukleona (protona ili neutrona) tada bismo morali da ga otprilike 81 put presečemo na dva dela. Naime, u svakom gramu bilo koje materije postoji tačno  $6,02 \cdot 10^{23}$  nukleona. Stoga, u 1,25 grama bilo koje materije postoji tačno  $7,525 \cdot 10^{23}$  nukleona. Sada je dovoljno da postavimo jednostavnu jednačinu:  $(7,525 \cdot 10^{23})/2^n=1$ , gde n predstavlja broj prepolovljavanja lista papira, potreban da dođemo do dela papira koji poseduje samo jedan nukleon. Broj n je istovremeno jednak broju kojim bi trebalo da stepenujemo broj 2 da bismo dobili broj  $7,525 \cdot 10^{23}$ , što možemo matematičkim jezikom možemo predstaviti i kao  $\log_2 n = 7,525 \cdot 10^{23}$ . Primenom logaritamskih tablica, upornim deljenjem (ili stepenovanjem broja 2) sa 2 ili uz malo matematičke snalažljivosti, možemo da izračunamo da je broj n iz naše jednačine jednak približno 79, što znači da bismo list papira formata A3 morali da prepolovimo osamdesetak puta da bismo došli do pojedinačnog nukleona, a kada bismo hteli da deljenjem lista papira stignemo da pojedinačnog atoma, tada bismo proces deljenja morali da izvršimo oko 76 puta, s obzirom da najveći deo atoma papira čini ugljenik koji u svom jezgru poseduje 12 nukleona.

### **- Da li je zatvorena košnica u kojoj pčele sede teža od košnice u kojoj pčele lete?**

Težina košnice je u oba slučaja ista. Razlog ovoj pojavi postoji u trećem Njutnovom zakonu kretanja koji nam kaže da svakoj sili u prirodi odgovara jednaka i suprotno usmerena sila. Saglasno ovom zakonu akcije i reakcije, da bi se neko telo održavalo u vazduhu, njegova težina mora biti uravnotežena sa silom jednakog intenziteta, usmerenom nagore. U slučaju naših pčela, ova sila koja održava pčele u ravnotežnom lebdećem stanju, a koja je izazvana radom njihovih krila, predstavlja silu usmerenu naviše, dok se kao reakcija na nju stvara sila usmerena na dole. Ova sila koja deluje na pod košnice, jednaka je sili koja deluje na pod

prilikom sedenja pčela, a koja potiče samo usled njihove mase. Stoga, ukoliko bismo jednu zatvorenu košnicu stavili na vagu, ona bi pokazivala istu težinu i kada pčele u košnici sede, kao i kada lete. Međutim, ukoliko bismo u košnicu stavili skakavca, tada bi se težina koju pokazuje vaga stalno menjala. Naime, u trenutku skoka skakavca, težina vage bi se malo povećala, da bi se zatim smanjila dok je skakavac u vazduhu (jer on za razliku od pčela ne maše krilima, već se odbacuje od poda košnice), a zatim se opet povećala kada skakavac padne na pod, nakon čega bi se, tokom sedenja skakavca na podu, težina koju pokazuje vaga opet malo smanjila i vratila na početnu vrednost koja je jednaka samo sumi težina skakavca i košnice.

### **- Koja je razlika između različitih skala temperatura?**

Zvanična međunarodna standardna jedinica temperature je Kelvin i definiše se kao termodinamička temperatura koja je jednaka  $1/273,26$  termodinamičke temperature trojne tačke vode. Temperatura definiše srednju energiju čestica sistema, a Kelvinova temperaturna skala je direktno proporcionalna srednjoj energiji čestica sistema. Tako apsolutna nula, tj. najniža temperatura u prirodi na kojoj prestaju sva toplotna kretanja, predstavlja temperaturu od 0 K. Celzijusova skala se definiše pomoću trojne tačke vode, tj. temperature pri atmosferskom pritisku na kojoj je voda postojana u sva tri agregatna stanja: čvrstom, tečnom i gasovitom. Trojna tačka vode iznosi 0 °C, 273,16 K ili 32 °F. Ukoliko znate temperaturu u Celzijusima lako je možete prevesti u bilo koju od druge dve jedinice. Tako, ako poznatoj vrednosti u Celzijusima dodate 273,16 dobićete temperaturu u Kelvinima, a ako vrednost temperature u Celzijusima pomnožite sa 9/5 i dobijenom broju dodate 32 dobićete temperaturu u Farenhajtima. Inače, temperatura na kojoj termometar sa Celzijusovom i termometar sa Farenhajtovom skalom pokazuju istu vrednost iznosi tačno -40 °C, tj -40 °F. Celzijusova i Farenhajtova temperaturna skala poseduju stepene (°), što nam stavlja do znanja da ove dve skale za razliku od Kelvinove skale direktno ne odražavaju apsolutnu temperaturu, već su nastale konvencijom.

### **- Koja je najniža poznata temperatura u prirodi?**

Najniža moguća temperatura je apsolutna nula, koja definiše 0. stepen Kelvinove, odnosno - 273,16 stepeni Celzijusove skale. Ako pod prirodom podrazumevamo bilo koje mesto van laboratorije, intergalaktički prostor bi nam ponudio najnižu temperaturu u nama poznatom Univerzumu, a jednaku temperaturskom ekvivalentu pozadinskog mikrotalasnog zračenja, što danas iznosi 2,73 Kelvina. Svako dalje snižavanje temperature zahtevalo bi rad, tj. utrošak energije, a apsolutna nula se ne može postići, jer bi ovakav poduhvat zahtevao apsolutno savršenu mašinu koja radi sa stopostotnom efikasnošću. Po definiciji, temperatura je merilo srednje kinetičke energije atoma ili molekula nekog objekta, a pošto savršen vakuum ne sadrži materiju, on jednostavno nema temperaturu. Inače, najniža izmerena prirodna temperatura na Zemlji iznosi -88 stepeni Celzijusa, a izmerena je u Ruskoj Antarktičkoj stanici u Vostoku, dok najniža temperatura do koje smo laboratorijskim putem uspeli da ohladimo materiju iznosi oko 700 nanoKelvina, odnosno oko 0,0000007 K i postignuta je u američkom Nacionalnom Institutu za standarde i tehnologiju (NIST). Naime, ovom prilikom su pomoću specijalne putanje laserske svetlosti poznate i kao “optička rešetka” uspeli da se uhvate atomi cezijuma i održavaju nepokretnim u prostoru. Zatim, nakon postepenog smanjivanja intenziteta laserske svetlosti, nestale su interakcije između elektromagnetnog polja svetlosti i atoma cezijuma, što je uzrokovalo širenje atomskog sistema tako da svaki od atoma u njemu zauzme veću zapreminu. Prilikom ovakvog širenja, atomi su rasipali svoju energiju (jer se sa ograničavanjem prostora bilo kog materijalnog

sistema, u njemu povećava temperatura i obrnuto) i tako postali još hladniji. Ovakvi superhladni atomi bi jednoga dana možda mogli da se koriste u svrhu pravljenja još preciznijih atomskih satova ili atomskih interferometara.

## - Kakvi sve termometri postoje?

Materija u prirodi doživljava razne promene sa promenom temperature, a upravo je na osnovu osetljivog merenja ovih promena moguće registrovanje promena i u temperaturi. Tako, na primer, čvrsta tela (usled anharmoničnih oscilacija u okviru kristalne rešetke, odnosno većeg udaljavanja čestica nego približavanja tokom svake oscilacije), kao i tečna tela (gasovi uvek zauzimaju zapreminu suda u kome se nalaze) menjaju svoju zapreminu sa promenom temperature. U staklenim termometrima se upravo nalazi neki alkohol ili živa, tako da se tečnost u termometru širi (više nego stakleni sud u kome se nalazi) sa povećanjem temperature i penje uz graduisanu tanku cev. Ovakav mehanizam, samo u kome tečnost ističe iz suda sa povećanjem temperature (a kao posledica povećanja njene zapremine) često se koristi u termostata, kao npr. u nekim pećima gde tečnost nakon izlaska iz suda pritiska metalnu membranu, delujući tako na prekidač kojim se zatvara tok električne struje kroz grejače ili tok prirodnog gasa. Međutim, ne koriste svi termometri osobinu tečnosti da se šire sa promenom temperature. Postoje i termometri koji rade na bazi metalnih traka. Međutim, čvrste supstance poseduju znatno manje koeficijente termičkog širenja od tečnosti, pa je stoga znatno teže napraviti podjednako precizne termometre od kristala. Ipak, metali se često koriste u termometrima i to u vidu bimetalnih traka. Naime, dve uske metalne trake različitih metala (najčešće bakar i gvožđe) se trajno povezuju tako da formiraju tanak metalni sendvič. Pošto dva različita metala poseduju različite koeficijente termičkog širenja (bakar poseduje veći koeficijent termičkog širenja od gvožđa), bimetalna traka se deformiše sa promenama temperature. Pošto oblik bimetalne trake zavisi od temperature, od nje se može napraviti precizan termometar. U mnogim bimetalnim termometrima koji se koriste u kuhinjskim aparatima kao i u mnogim grejalicama, peglama i pećima, bimetalna traka se savija ili u malo klupče ili u spiralu, jedan kraj trake se fiksira za okvir termometra dok je drugi zakačen za pokazivač, pa se sa krivljenjem trake (ili njenim odvijanjem ukoliko je sklupčana) pomera i pokazivač. Postoje i termometri u vidu tankih plastičnih traka koje je dovoljno da prislonimo na neki predmet kao npr. na staklenu vazuu ili zid akvarijuma i na njima ćemo moći da pročitamo temperaturu. Ovakvi termometri nisu u potpunosti plastični već i oni poseduju jedan višeslojni sendvič koji sadrži izvesni tečni kristal. U jednom smektičnom tečnom kristalu, štapičasti ili diskoliki molekuli su jednostrano orijentisani. Naime, ovi molekuli se kreću slično tečnostima, ali je njihov poredak simetrično uređen što ih čini bliskim kristalima. Tečni kristali u interakciji sa svetlošću menjaju svoj oblik, pa se stoga koriste u displejima elektronskih satova ili *laptop* kompjutera. Tečni kristal koji se koristi u termometrima predstavlja hiralni nematični kristal koji je prirodno uvrnut tako da se njegovi molekuli uvijajući orijentišu u obliku spirale, te stoga oni poseduju talasasti izgled u okviru koga je moguće primetiti i bregove u kojima svi molekuli teže da se orijentišu nagore ili nadole, a razmaci između susednih bregova u strukturi su zaslužni za optičke osobine ovakvih supstanci. Ovaj razmak između bregova u strukturi može iznositi nekoliko desetina nanometara ili nekoliko mikrona što zavisi od hemijskog sastava tečnog kristala, kao i od temperature. Naime sa povećanjem temperature, smanjuje se razmak između ovih bregova. Za svaki hiralni nematični tečni kristal postoji određeni opseg temperatura u okviru koga je rastojanje između strukturnih bregova jednako talasnoj dužini vidljive svetlosti i tada tečni kristal reflektuje određenu boju. Tako, npr. na temperaturi od 28 °C, breg određenog tečnog kristala će biti jednak talasnoj dužini plave svetlosti i ako na toj temperaturi osvetlimo ovu supstancu sa belom svetlošću, ona će imati briljantno plavu boju, jer će reflektovati upravo

plavu boju ka našim očima. Na temperaturi od 26 °C, breg u strukturi će odgovarati talasnoj dužini crvene boje i osvetljeni tečni kristal će tada biti crven, dok će na temperaturi od 24 °C razmak između bregova odgovarati infracrvenoj svetlosti, pa će tada osvetljeni tečni kristal biti providan za vidljivu svetlost. Tanki plastični termometar se sastoji do niza različitih hiralnih nematičnih tečnih kristala koji se vide kroz providne otvore oblika brojeva postavljene u neprozirnoj traci. Iza svakog temperaturnog broja se nalazi tečni kristal koji reflektuje vidljivu svetlost samo na temperaturi koju predstavlja taj broj. Postoje takođe i elektronski termometri koji koriste temperaturne senzore u vidu termospojeva i termistora. Ukoliko zagrevamo jedan kraj metala, tada će elektroni (glavni provodnici toplote u metalima) imati veće kinetičke energije na toplijem kraju metala nego na hladnijem i težiće da odnose toplotu sa toplijeg na hladniji kraj metala, pa će stoga hladniji kraj metala imati više elektrona nego topliji, odnosno na ovaj način će se uspostaviti razlika u potencijalima između toplog i hladnog kraja metala. Termospojevi se prave spajanjem dve metalne žice napravljene od dva različita metala. Kada se njihov spoj zagreva, na svakoj žici dolazi do razdvajanja naelektrisanja, a pošto su dve žice raznorodne (jedna je često platinska, a druga je legura platine i rodijuma), postojaće razlika u potencijalima između hladnih krajeva dve žice, čijim merenjem možemo znati i temperaturu na kojoj se nalazi njihov spoj, bilo da je on topliji ili hladniji od krajeva žica. Termistori se prave od poluprovodničkih materijala za koje je karakteristično da im električni otpor opada sa povećanjem temperature (za razliku od metala kod kojih otpor raste sa porastom temperature), pa se merenjem otpora ovakvih materijala može saznati i njihova temperatura.

### **- Šta je to Galilejev termometar?**

Galileo Galilej je početkom 17. veka konstruisao jednostavan i prilično precizan termometar koji se danas koristi uglavnom za dekoraciju, a sastoji se od zatvorene staklene cevi ispunjene vodom i nekoliko staklenih loptica ispunjenih obojenom tečnošću za koje je zakačeno po jedno parče metala na kome je označena temperatura. Metalne pločice su kod svake loptice različite težine, a što je niža oznaka temperature to je masa metalnog vrška veća, pa stoga, usled međusobne rezultujuće razlike u gustini, loptice plutaju jedne iznad drugih. Svaka promena temperature vazduha u okolini termometra, dovešće do promene temperature vode koja okružuje loptice, što će pak rezultirati u promeni gustine vode u cevi, a usled toga će loptice čija je gustina manja od gustine vode težiti da izrone na površinu, dok će loptice čija je gustina veća od gustine vode težiti da potonu na dno. Lopta čija je gustina najbliža gustini vode na datoj temperaturi trpeće najviše kolebanja između procesa izranjanja pod dejstvom sile potiska i procesa tonjenja pod dejstvom gravitacije i indiciraće nam približnu temperaturu okolnog vazduha.

### **- Kako možemo da odredimo temperaturu vazduha slušanjem cvrčaka?**

Broj cvrkuta jednog cvrčka u jedinici vremena (odnosno, brzina cvrčanja cvrčka) u proseku zavisi od brzine cvrčkovog metabolizma, odnosno brzine kojom se odigravaju njegove telesne hemijske reakcije u okviru kojih se energija oslobođena sagorevanjem hrane pretvara u rad i toplotu. Brzina metaboličkih reakcija cvrčka zavisi od temperature u skladu sa starim Arenijusovim zakonom po kome je brzina hemijske reakcije proporcionalna sa recipročnom vrednošću eksponentna količnika energije aktivacije reakcije i temperature ( $e^{-E/kT}$ ). Stoga, sa porastom temperature vazduha koji okružuje cvrčka, povećavaće se i brzina njegovih metaboličkih reakcije, a time će on i brže cvrčati. Postoji jedno staro pravilo po kome je dovoljno da saberemo broj cvrkuta cvrčka tokom 8 sekundi sa brojem 5 i dobićemo temperaturu vazduha u Celzijusovim stepenima. S druge strane, ako broj cvrkuta cvrčka



tokom 15 sekundi saberemo sa brojem 40, dobićemo temperaturu vazduha u Farenhajtovim stepenima. Tako, na primer, ako izbrojimo 112 cvrkuta cvrčka u minutu, temperatura vazduha će otprilike iznositi 20 °C ili 68 °F. Detaljnija istraživanja su bila sprovedena na primeru snežnog cvrčka (*Oecanthus fultoni*) koji živi na drveću, i primećeno je da na temperaturi od 17,3 °C, prosečno cvrkutanje ovog cvrčka iznosi 100 puta u minutu, pri temperaturi od 20,3 °C – 126 puta u minutu, a na temperaturi od 25°C – 178 puta u minutu. Ukoliko ove rezultate ucrtamo kao tri tačke na grafiku broja cvrkuta u jedinici vremena u funkciji temperature dobićemo odgovarajuću eksponencijalnu zavisnost (drugim rečima, ako na y-osu grafika umesto broja cvrkuta nanesimo prirodne logaritme ovih vrednosti, prava linija će spajati tri eksperimentalno dobijene tačke) na osnovu koje možemo da pronađemo i temperaturu vazduha pri bilo kojoj drugoj učestalosti cvrkutanja snežnog cvrčka.

### **- Šta je to seizmograf?**

Seizmograf je uređaj koji naučnici koriste za merenje jačine zemljotresa. Svrha seizmografa je da precizno registruje pomeranje tla pri potresima Zemlje. Ukoliko živite u gradu, verovatno ste zapazili da se ponekad vaša zgrada ili kuća blago zatrese kada nekom od bliskih ulica prolazi veliki kamion ili tramvaj. Dobri seizmografi su zbog toga izolovani i povezani sa kamenim ležištem koje sprečava registrovanje signala koji ne potiču od zemljotresa. Glavni problem koji se mora rešiti posledica je činjenice da kada se tlo trese, trese se i instrument. Stoga, većina seizmografa sadrži i teg velike mase. I vi možete napraviti veoma jednostavan seizmograf ukoliko zakačite neki veći teg za konopac i prebacite ga preko stola, a njegovo kretanje ograničite samo na gore-dole. Zalepite jedno pero na dno tega tako da ono dodiruje parče papira. Prilikom potresa Zemlje, cela konstrukcija osim mase sa perom (jer su gravitaciona i zatezna sila uravnotežene, a neophodno je da pomeranje konstrukcije bude zanemarljivo malo u odnosu na dužinu niti kojom je masa zakačena za oslonac) će početi da se trese, tako da će pero početi da crta po papiru. Ako upotrebite rolnu papira i motor koji lagano vuče papir po stolu moći ćete da registrujete potrese tokom vremena. Međutim, biće potreban prilično jak potres da biste nešto primetili. Kod pravih seizmografa, poluge i elektronska kola se koriste za pojačavanje signala kako bi se mogli registrovati i najmanji potresi. Veliki mehanički seizmografi imaju masu i od preko 500 kilograma, a poseduju još i čitav niz poluga i zupčanika pomoću kojih se veoma uvećava rezolucija pisača. Postoje i nešto moderniji tipovi seizmografa koji poseduju šipku od nekog piezoelektričnog materijala (koji stvara električni signal kada se izduži ili sabije) montiranu između dva nepokretna kraja. Prilikom potresa Zemlje, ova šipka se blago izdužuje i sabija proizvodeći električne signale koje detektuju osetljiva elektronska kola seizmografa. Ovakvi seizmografi su veoma osetljivi na najmanja pomeranja Zemlje, pa su u stanju da osete pomeraje koji su manji od jednog milimetra u odnosu na Zemljinu kuglu. Interesantno je da se zemljotresi ne moraju registrovati samo na Zemlji, već i u vazduhu. Naime, seizmički talas se kreće kroz Zemlju brzinom od jednog do deset kilometara u sekundi, a ove vibracije i u atmosferi izazivaju akustičke (zvučne) talase koji se prostiru sve do jonosfere (visokog sloja atmosfere ispunjenog jonizovanim česticama), a čija amplituda raste sa povećanjem nadmorske visine. Kao rezultat, struktura radio signala odbijenih od jonosfere i vremenski slučajno podudarnih sa zemljotresom, počinje da se raspada na manje fragmente, a upravo registrovanjem izmenjene frekvencije ovih radio signala na Zemlji kao posledice kolebanja jonosfere pod dejstvom zemljotresa, moguće je detektovati zemljotres, ponekada čak i pre nego što njegov posledični veliki okeanski talas (cunami) dođe do obale.

### **- Koliko je boja dovoljno da se oboji bilo koja mapa na svetu?**

Nacrtajte krug oko koga će biti nacrtane tri oblasti koje će se međusobno dodirivati i videćete da je najmanje 4 različite boje potrebno da bismo bojili mape pri čemu, naravno, susedne oblasti, kako bi se razlikovale, moraju biti obojene različitim bojama. Ovo pitanje, od kada je formulirano sredinom 19. veka dugo je mučilo matematičare na našoj planeti sve do juna 1976. godine kada je pomoću kompjuterskih proračuna izveden dokaz ovog tzv. problema 4 boje. Naime, za bilo koju mapu ili sliku na kojoj želimo da različito obojimo susedne zatvorene oblasti, potrebno nam je najviše 4 boje. Interesantno je da je slično mnogim drugim problemima u matematici, i problem 4 boje tokom pokušaja upornog rešavanja doveo do napretka u nekim drugim već postojećim ili novoootkrivenim oblastima matematike, a u njenom slučaju – topologije. Suprotno geometriji koja proučava tačan oblik i veličinu nekog objekta, topologija se interesuje za čistu suštinu objekta, odnosno za njegove osnovne karakteristike kao npr. granične linije ili tačke preseka. Stoga, za topologa krug i kvadrat ne poseduju nikakvu bitnu razliku između sebe, jer oba tela formiraju zatvorenu krivu liniju. Naime, jedan glineni kvadrat lako možemo preoblikovati u glineni krug, a stoga se topologija često naziva i “gumenom geometrijom”. Topolozi najviše proučavaju višedimenzionalne figure koje se teško mogu zamisliti sa našom apstrakcijom na nivou trodimenzionalnog sveta koji nas okružuje. Stoga se i za topologe često kaže da ne razlikuju krofnu od šoljice za čaj. Dokaz problema 4 boje su izveli Wolfgang Haken i Kenet Apel sa Univerziteta u Ilinuju, a pošli su od dokazane tvrdnje da se beskonačan broj mapa može konstruisati od nekog konačnog broja mapa, pa bi proučavanjem ovih gradivnih jedinica mapa, bilo moguće obuhvatiti ceo problem. Oni su ubrzo redukovali problem 4 boje na samo 1482 gradivne jedinice. Proveravanje ove 1482 mape i svih kombinacija boja u okviru svake mape je izuzetno težak zadatak, pa su se oni stoga poslužili kompjuterom koji je nakon 1200 sati računanja uspeo da dokaže problem 4 boje za svih 1482 gradivnih jedinica mapa, a time i za sva mape na svetu.

## - Šta su to fraktali?

Fraktali su geometrijski oblici koji poseduju kompleksnu i detaljnu strukturu na bilo kom nivou uvećanja i što je najvažnije, poseduju osobinu da svaki njihov deo ima izgled umanjene celine. Jedan od najčuvenijih fraktala je kriva “snežne pahuljice” koja se konstruiše tako što jednom jednakostraničnom trouglu postavimo po jedan umanjeni jednakostranični trougao na sredinu svake stranice, a zatim ovim manjim trouglima opet postavljamo još manje trouglove na sredine njihovih stranica i tako dalje. Prilikom svakog dodavanja trouglova “snežnoj pahuljici”, ukupna dužina krive se povećava za faktor  $(4/3)^n$ , gde je  $n$  broj transformacije. Stoga bi se nakon dodavanja beskonačnog broja trouglova, teorijski dobila figura sa konačnom površinom i sa konačnim brojem uglova, ali sa beskonačnom dužinom, što znači da se fraktalne krive ne mogu diferencirati. Fraktalna slika se može konstruisati tako što bismo za svaku tačku određenog dela ravni sa jednom realnom (... , -2, -1, 0, +1, +2, ...) i jednom imaginarnom osom (... , -2i, -i, 0, +i, +2i,... gde je  $i$  jednako  $\sqrt{-1}$ ) izračunali kub koordinata datih tačaka  $((x,y)^2(a,b)$ , gde je  $(x,y)$  jednako sa  $(a,b)$ ). Tako bismo za svaku tačku datog segmenta ravni dobili nove kompleksne brojeve, nakon čega je potrebno izračunati moduo razlike poslednje dve vrednosti, a zatim ponovo izvršiti istu operaciju, ali nad novodobijenom vrednošću. Zatim, moramo utvrditi da li bi ponavljanjem ovog procesa beskonačan broj puta, moduo razlike težio beskonačnoj veličini ili bi konvergirao nekom konačnom broju. Ako se konvergentnim tačkama u ravni dodeli jedna boja, a divergentnim tačkama druga boja, dobiće se grafik tzv. Mandelbrotovog skupa. Ako pažljivo pogledamo dobijenu sliku, primetićemo da svi njeni delovi imaju isti oblik kao i celina. Ako bismo uvećali sliku jednog dela, primetili bismo da i delovi delova ponovo imaju izgled celine i tako dalje. Ovako dobijeni skup se naziva fraktalnim skupom, dok se slika naziva fraktalnom

slikom. Fraktali, koji se često nazivaju i geometrijom prirode, našli su izuzetnu primenu u kompjuterskoj grafici, kao i u kompresovanju slika video formata.

## **- Šta je to dendrohronologija?**

Dendrohronologija je nauka koja se bavi brojanjem godova drveta. Kada se sledeći put budete šetali kroz šumu, možda ćete primetiti i po neki panj na putu. Zagledajte se u njegovu površinu i primetićete koncentrične krugove jedan u drugom. Ovi krugovi se nazivaju godovima i na osnovu njihovog broja, širine, boja, kao i godišnje gustine, moguće je saznati ponešto o prošlosti. Po jedan svetao i jedan taman krug čine godišnji prsten ili god, a drvo stvara svake godine po jedan god. Krugovi koji odgovaraju istoj godini su različitih boja, jer drvo raste različito u raznim godišnjim dobima. Naime, u proleće i rano leto, ćelije drveta su veće i imaju tanje zidove pa stoga izgledaju svetlije, dok su u pozno leto manje, imaju deblje zidove i nalaze se čvrsto priljubljene jedna uz drugu, pa tako stvaraju tamniji krug. Svako sušno leto i svaka hladnija zima ostavljaju trag na živom svetu, a time i trajni zapis na odgovarajućem godu drveta. Pošto smena sušnih i normalnih leta, kao i hladnih i normalnih zima nije ravnomerna, to se tanji i deblji godovi neravnomerno smenjuju. Kompjuterska ili vizuelna obrada uzoraka drveta iz pojedinih predela na Zemlji, može nam dati podatke o klimi iz prošlosti u svakoj od proučavanih oblasti, a i još važniji ključ za datiranje pojedinih geoloških događaja, kao što su zemljotresi ili intenzivna erozija koju osim pojačanih kiša (klimatski faktor) izaziva i lagano izdizanje brdsko-planinskih regiona. Najbolji geološki, istorijski i arheološki podaci se mogu dobiti od što starijeg drveta. Najstarije drvo na Zemljinoj lopti je do skoro bila nekoliko hiljada godina stara sekvoja sa Stenovitih Planina koja se nalazila u Sekvoja Nacionalnom Parku u Kaliforniji, čija je visina iznosila 84, a obim 11 metara. Međutim, nedavno je na padinama Belih Planina u Kaliforniji nađeno još starije drveće. To su četkasti borovi, drveća čija visina iznosi samo oko 9 metara, njihov obim je takođe mali, ali im starost iznosi i do 5000 godina. Uz pomoć posebno napravljenih indeksa godova, proučavanjem četkastih borova, kao i drveća iz porodice Daglasovih jelki, u jugozapadnoj Americi se mogu posmatrati klimatske promene u poslednjih 3-4000 godina. Takođe, na godovima se očitavaju i Sunčeve pege, odnosno periodična Sunčeva aktivnost.

## **- Šta je to atomski sat i kako on radi?**

Atomski satovi nam daju preciznije vreme od rotacije Zemlje ili kretanja zvezda. Oni predstavljaju trenutno najpreciznije planetarne časovnike u odnosu na koje se navijaju svi drugi zvanični satovi na Zemlji. Kada ne bi postojali atomski satovi, GPS navigacija bi bila neizvodljiva, Internet bi bio vremenski nesinhronizovan, a položaji planeta ne bi bili poznati sa tolikom preciznošću kako bi lansiranje letelica u njihove orbite bilo moguće. Atomski satovi se definišu kao bilo koji uređaji za merenje vremena koji rade na principu merenja nepromenljive frekvencije oscilovanja određenih atoma ili atomskih grupa u molekulu. Jedan od prvih atomskih časovnika bio je amonijačni sat koji je radio na principu merenja perioda vibriranja atoma azota u molekulu amonijaka od tačno 23 870 vibracija u sekundi. Moderni atomski satovi za merenje vremena koriste atome cezijuma-133, vodonika ili rubidijuma. Da bismo napravili jedan atomski sat na bazi cezijuma, potrebno je zagrejati atome cezijuma tako da oni počnu da isparavaju i prolaze kroz cev visokog vakuuma. Atomi cezijuma zatim, najpre prolaze kroz magnetno polje u kome se selektuju atomi u povoljnom energetskom stanju, a ovi atomi zatim prolaze kroz intenzivno mikrotalasno polje (koje stvara kristalni oscilator) čija frekvencija se kreće napred-nazad u odnosu na frekvenciju od 9 192 631 770 Herca. Kada atomi cezijuma prime tačno ovu frekvenciju mikrotalasa, oni prelaze u pobuđeno energetsko stanje. Na drugom kraju cevi, drugo magnetno polje izdvaja samo atome koji su

apsorbovali po jedan mikrotalasni foton i prešli u pobuđeno energetska stanje. Detektor na zadnjem kraju cevi daje signal proporcionalan broju atoma cezijuma koji u njega udare, a izlazni pik se pojavljuje samo kada je frekvencija mikrotalasa tačno 9 192 631 770 Herca. Ovi pikovi se zatim koristi da bi se dodatno doterala frekvencija mikrotalasa koje emituje kristalni oscilator. Ova frekvencija se zatim deli sa 9 192 631 770, kako bi se dobio jedan puls po sekundi, čime se definiše trajanje jedne sekunde. Trenutna tačnost atomskih satova (tj. njihova apsolutna greška) iznosi jednu sekundu na deset miliona godina, a smatra se da će uskoro tačnost ovakvih satova dostići veličinu od jedne sekunde na trista miliona godina.

### **- Šta su to optički satovi?**

Optički satovi predstavljaju trenutno najpreciznije satove na Zemlji, a kao “klatno” koriste oscilacije vidljive svetlosti. Optički satovi su 7 puta precizniji od aktuelnih atomskih satova koji se zasnivaju na merenju dugotalasnijih mikrotalasnih signala. Naime, usled manje frekvencije mikrotalasnih od optičkih oscilacija, preciznost atomskih satova je takođe manje. Sekunda se zvanično definiše kao vreme potrebno da atom cezijuma napravi 9 192 631 770 oscilacija između dva energetska stanja (tj. da izemituje isto toliki broj fotona), a tehnika koja se koristi u atomskim satovima podrazumeva što pouzdanije merenje upravo ovih oscilacija. Atomski časovnici rade sa preciznošću od  $10^{-15}$  sekundi (što znači da mogu da pogreše najviše za jednu sekundu tokom 15 miliona godina), ali optički signali pružaju još bolju preciznost merenju (jedna sekunda na 300 miliona godina), jer se greška merenja smanjuje sa brzinom oscilovanja klatna, pod uslovom da smo u stanju da bez greške registrujemo sve oscilacije. Greška rada ovih satova je veoma mala, pogotovo ako je uporedimo sa kineskim satovima iz 11. veka koji su grešili za oko 100 sekundi dnevno, ili sa satovima iz 17. veka koji su kasnili ili žurili oko 10 sekundi na dan ili sa najpreciznijim satovima iz tridesetih godina 20. veka čija je greška merenja vremena iznosila oko jednu sekundu tokom tri dana. Prvi primerci optičkih časovnika se se zasnivali na tzv. frekvencionom lancu, koji je pretvarao optički u mikrotalasni signal, ali se sada koristi tzv. frekvenciono saće, koje se sastoji od femtosekundnog lasera i fotoničnog vlakna (optičko vlakno sa nizom malih rupica). Kao izvor optičkih talasa, odnosno svetlosti, koristi se samo jedan ohlađeni jon žive (atom žive sa jednim elektronom manje) koji je povezan sa laserskim oscilatorom, koji se ponaša kao tradicionalno klatno stvarajući tik-tak signale, ali ne na svaku sekundu ili pola sekunde, već ovo “klatno” otkuca tik 1064 kvadriliona puta u sekundi (jedan kvadrilion je milion milijardi). Optički i atomski satovi na osnovu kojih se pruža vreme ostatku naše planete nalaze se u američkom Nacionalnom Institutu za standarde i tehnologiju (NIST) na Univerzitetu u Koloradu. Interesantno je da što smo u stanju preciznije da merimo vreme, to ćemo preciznije moći da izmerimo i fundamentalne fizičke konstante, a precizno merenje vremena je veoma važno i kod prenosa podataka velikom brzinom, merenja rastojanja, sinhronizovanja televizijskih i drugih uređaja, regulisanja satelitskih orbita, kosmičke navigacije, spajanja letelica, slanja *e-mail* poruka itd.

### **- Šta je to koeficijent inteligencije?**

IQ ili koeficijent inteligencije predstavlja pojam izveden iz računске metode koju je prvi koristio nemački fiziolog Vilijam Štern u okviru Stenford–Bine skale inteligencije. Ovaj i drugi raniji testovi inteligencije određivali su mentalnu starost (ili zrelost) subjekta u zavisnosti od pruženog rešenja testa i poređenja rezultata sa ostatkom populacije. Danas, pojam koeficijenta inteligencije opisuje rezultat testa koji meri spoznajne sposobnosti subjekta u poređenju sa opštom populacijom, gde broj 100 predstavlja srednji, tj. prosečni rezultat. Na većini testova, rezultat između 90 i 110 označava prosečnu inteligenciju, rezultat preko 130 predstavlja izuzetnu inteligenciju, dok rezultat manji od 70 indicira mentalnu

usporenost. Testovi inteligencije se prave kako bi se pomoću njih merila opšta sposobnost rešavanja problema i razumevanja. Pri tome, oni moraju uključivati testiranje: prostornih sposobnosti, odnosno sposobnosti vizuelizacije različitih figura i oblika, zatim matematičke sposobnosti, odnosno sposobnosti rešavanja problema i korišćenje logike, zatim jezičke sposobnosti, odnosno sposobnosti dovršavanja rečenica i prepoznavanja reči kada su slova premeštena ili zamenjena, i na kraju sposobnosti pamćenja, tj. sposobnosti da se prisetimo stvari prethodno opisanih vizuelno ili zvučno. Pošto koeficijent inteligencije meri sposobnost razumevanja ideja, a ne količinu znanja, onda učenje novih informacija ne povećava automatski inteligenciju, premda vežba um, što za posledicu ima povećanje sazajnih moći. Iako testovi inteligencije prilično precizno ukazuju na intelektualni potencijal pojedinca, oni su samo jedan nesavršen način merenja određenih aspekata intelektualnih sposobnosti. Testovi inteligencije ne mere kreativnost, moralne vrednosti, mudrost, estetiku, stečena znanja, intuiciju kao i mnoštvo drugih stvari koja takođe spadaju u polje inteligencije, kao i svakodnevnog logičkog i intuitivnog rasuđivanja.

### - Šta je to broj $\pi$ ?

Broj  $\pi$  (pi) je jednak odnosu obima kruga i njegovog prečnika. Ako nacrtate savršeni krug, bilo u stvarnosti, bilo kompjuterski, zatim izmerite njegov obim i prečnik, podelite ta dva broja i dobićete vrednost broja  $\pi$ . Cifre broja  $\pi$  iza decimalnog zareza pružaju se u beskonačnost, a vrednost ovog broja do stote decimale iznosi 3,1415926535897932384626433832795028841971693993751058209749445923078164062089986280348253421170679821.  $\pi$  je iracionalan (transcedentan) broj što znači da se ne može predstaviti ni kao razlomak dva cela broja. Cifre iza decimalnog zareza iracionalnih brojeva se pružaju u beskonačnost bez njihovog ponavljanja (kao npr. kod 0,111111... jer je to ustvari 1/9), a i bez ponavljanja određenih nizova cifara. Ovaj beskrajni niz decimala se može izračunati pomoću jednostavne jednačine, po kojoj je  $\pi = 4\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \frac{1}{13} - \frac{1}{15} + \dots\right)$ . Premda je poznavanje vrednosti broja  $\pi$  do 39.

decimalnog mesta dovoljno da bi se mogao izračunati obim Kosmosa do tačnosti prečnika atoma vodonika, kompjuterski je izračunata vrednost broja  $\pi$  do oko hiljadu milijardi decimala. Osim što povezuje obim kruga i njegov prečnik, broj  $\pi$  predstavlja vezu i između površine kruga i kvadrata poluprečnika, tj. četvrtine kvadrata prečnika, u vidu njihovog količnika. Interesantno je da je broj  $\pi$  najčešće jednak odnosu stvarne dužine reke od izvora do ušća i direktne dužine reke u vazdušnoj liniji. Premda taj odnos varira od reke do reke, prosečna vrednost je jednaka broju  $\pi$ . Albert Ajnštajn je prvi primetio da reke imaju tendenciju ka sve većem krivudanju zato što mala krivina stvara brže struje na spoljašnjim obodima, što dovodi do veće erozije i do pojave oštrijih krivina. Što je krivina oštija, to su brže struje na spoljašnjim obodima reke, veće su erozije, reka više zaokreće i tako dalje. Međutim, povećanje krivudanja će dovesti do približavanja dve krivine i, praktično do kratkog spajanja. Reka će postati pravija i krivina će biti ostavljena na jednoj strani, formirajući jezero u obliku slova U. Ravnoteža između ova dva suprotna faktora vodi ka prosečnom odnosu  $\pi$  između stvarne dužine reke i direktnog rastojanja od izvora do ušća.

### - Šta je to broj $e$ ?

Broj  $e$  i broj  $\pi$  predstavljaju dva najviše korišćena i najvažnija broja u čitavoj nauci. Broj  $e$  se najčešće definiše kao brojna vrednost kojoj teži  $(1+1/n)^n$  kada broj  $n$  postaje beskonačno velik. Naime, ovaj izraz je za  $n=1$  jednak 2, za  $n=2$  je jednak 2,25, za  $n=3$  jednak

je 2,369, za  $n=4$  je jednak 2,489 i tako dalje sa povećanjem broja  $n$  konvergira vrednosti  $e$  koju dostiže tek za  $n = \infty$ . Slično broju  $\pi$ , i broj  $e$  je transcendentan, tj. iracionalan broj što znači da ne predstavlja rešenje nijednog polinoma sa celobrojnim koeficijentima, odnosno da se ne može predstaviti kao razlomak dva cela broja, odnosno da se njegove cifre iza decimalnog zarez pružaju u beskonačnost i da redosled njihovog pojavljivanja nikada ne postaje predvidljiv. Vrednost broja  $e$  do desete decimalne iznosi 2,7182818285. Broj  $e$  se često određuje i putem računanja beskonačnih redova kao što je npr.  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!}$ . Za razliku od broja  $\pi$ ,

broj  $e$  ne poseduje geometrijsku interpretaciju. Broj  $e$  predstavlja osnovu prirodnih logaritama ( $\ln$ ), što znači da za razliku od  $\log m = x$ , gde je  $x = 10^m$ , kod  $\ln m = x$ ,  $x = e^m$ . Broj  $e$  je verovatno najpoznatiji po tome što funkcija  $f(x) = e^x$  (tzv. eksponencijalna funkcija) predstavlja jedinu funkciju čija je brzina rasta u bilo kom trenutku jednaka njenoj veličini u tom istom trenutku. Matematičari bi verovatno drugim rečima rekli kako je to jedina funkcija čiji je izvod u svakoj tački jednak veličini te funkcije u toj tački. Stoga, kada su pitanju neke pojave koje se naglo uvećavaju sa porastom razmera te pojave, često se govori o eksponencijalnom rastu. Upravo zbog ove jedinstvene osobine, eksponencijalna funkcija se koristi u mnogim oblastima nauke kad kod se opisuju rast i promena nekog sistema. Čuven je Bolcmanov faktor verovatnoće –  $e^{-E/kT}$  koji definiše razne tipove verovatnoće raspodele u prirodi, a u geometriji, broj  $e$  je sastavni deo mnogih formula koje opisuju oblike nekih tela, kao npr. lančаницe.

### **- Koji su najveći pravougaonik u krugu i prizma u lopti?**

Još je Tales iz Mileta otkrio da na ravni, tj. u dve prostorne dimenzije, vrhovi svih pravougljih trouglova date hipotenuze leže na krugu čiji je prečnik jednak zadatoj hipotenuzi. Pošto je hipotenuza svim tim trouglova jednaka, najveću površinu će imati onaj trougao čija je visina najveća, tj. onaj trougao kome je vrh u najvišoj tački polukruga, a to je jednakokraki trougao. Dva jednakokraka trougla sa zajedničkom hipotenuzom zajedno daju kvadrat, pa će stoga kvadrat biti pravougaonik sa najvećom površinom, koji se može upisati u krug. Površina ovog kvadrata će biti jednaka polovini kvadrata prečnika kruga. Analogno ovom dvodimenzionalnom računu, možemo izvršiti slično posmatranje u trodimenzionalnom prostoru, gde će vrhovi svih pravougljih trouglova date hipotenuze ležati na površini lopte čiji je prečnik jednak dužini zadate hipotenuze, pa će stoga pravouglja prizma najveće zapremine ucrtana u lopti, biti kocka.

### **- Šta je to simetrija?**

Simetrija predstavlja osobinu nekog tela ili funkcije da je nepromenljiva (invarijantna) pri određenim promenama. Ravan (koja deli telo na lik i predmet u ogledalu), osa (oko koje rotiranjem tela za neki ugao manji od punog kruga, njegov izgled postaje identičan početnom) i centar simetrije (kroz koju svaka prava preseca telo u tačkama podjednako udaljenim od centralne tačke, odnosno centra simetrije) su elementi simetrije običnih tela, dok se u kontinualnim sredinama pojavljuje još i translacija (nepromenljivost nakon pomeranja duž određenog pravca). Svaki element simetrije poseduje sebi odgovarajuću operaciju simetrije: za ravan simetrije, to je refleksija, za osu simetrije je to rotacija, za centar simetrije to predstavlja preslikavanje, a za translaciju postupno reflektovanje u dvema paralelnim ravnima. Najsimetričnije dvodimenzionalno telo je krug, a najsimetričnije trodimenzionalno telo je lopta koja poseduje centar simetrije, kao i beskonačan broj ravni i osa simetrije. Aristotel je tako smatrao da sva nebeska tela moraju da budu sferna, jer moraju da

zadovoljavaju ideal lepote, a sfera predstavlja telo najsavršenije simetrije. Mnoge stvari oko nas nam ukazuju na prisustvo simetrije u prirodi. Kristalne forme, oblutci na obali mora, Mesec i Sunce, snežne pahuljice, lišće i cveće, pčelinje saće pa i mi sami, samo smo neki od primera prirodno simetričnih tela. Simetrija se može dovesti u vezu sa svim zakonima održanja u fizici. Naime, neka fizička pojava (situacija, eksperiment, zakon) je simetrična u odnosu na neku veličinu (npr. vreme, prostornu koordinatu...) ako se rezultati eksperimenta ne menjaju pri proizvoljnoj promeni te veličine. Tako, translacija u prostoru, odnosno činjenica da su zakoni fizike isti u svim delovima Kosmosa (homogenost prostora), dovodi do zakona održanja impulsa; činjenica da rotacija, odnosno promena pravca u kome posmatramo, ne menja zakone fizike (izotropnost prostora), dovodi do zakona održanja ugaonog impulsa, tj. ugaonog momenta; a činjenica da se zakoni fizike ne menjaju sa vremenom (homogenost vremena) dovodi do zakona održanja energije. U modernoj fizici postoje i tzv. diskretne simetrije koje se ogledaju pri promenama skokovitog karaktera, a u njih spadaju: simetrija u odnosu na refleksiju u ogledalu (P), simetrija u odnosu na promenu smeru vremena (T), simetrija u odnosu na promenu čestice u antičesticu (C) i simetrija u odnosu na permutaciju čestica. Naime, u svim prirodnim procesima dolazi do održavanja kombinovane CPT simetrije, čija invarijantnost nam kaže da se naš svet i njegova refleksija u ogledalu, ali sačinjena od antičestica i uz obrnuti tok vremena ponašaju identično. Sama simetrija T nam kaže da ukoliko u prirodi uočimo neki elementaran proces, onda možemo očekivati da se isti taj proces odigra obrnutim redosledom. Naravno, postojanje simetrija T u svakodnevnom životu je onemogućeno zahvaljujući drugom zakonu termodinamike po kome entropija u Kosmosu stalno raste, a naravno bilo bi čudno kada bi se zahvaljujući T simetriji sećali budućnosti podjednako kao i prošlosti.

### - Šta su to ciklični brojevi?

Ukoliko ste nekada prilikom računanja koristili razlomak  $\frac{22}{7}$  kao aproksimaciju broja  $\pi$  (koji je iracionalan broj pa se stoga ne može predstaviti razlomkom, već se njim samo može aproksimirati), tada ste imali priliku da se upoznate sa prvim cikličnim brojem. Naime, ukoliko podelimo 22 sa 7 po pravilu da se 7 sastoji u 22 tri puta (pa pišemo 3), a ostatak je 1 na šta dodajemo 0, 7 se sastoji u 10 jedanput (pa iza decimalnog zareza pišemo 1), a ostatak je 3 na šta opet dodajemo 0, 7 se u 30 sastoji 4 puta (pa pišemo 4), a ostatak je 2 na šta dodajemo 0, 7 se u 20 sastoji 2 puta (pa pišemo 2) itd. dobićemo broj 3,142857. Broj 142857 predstavlja cikličan broj. Naime, ako ga pomnožimo sa 2 dobićemo 285714, pomnožimo li ga sa 3 dobićemo 428571, a ako ga pomnožimo sa 4 dobićemo 571428, množeći ga sa 5 dobijamo 714285, množenjem sa 6 dobijamo 857142 i sigurno primećujemo da se množenjem ovoga broja samo menja prva cifra u identičnom cikličnom redosledu cifara broja. Drugim rečima, ako bismo jedan ovakav broj nacrtali na ivici kruga, njegovim umnožavanjem sa bilo kojim brojem koji je manji od broja njegovih cifara, rezultujući broj bismo mogli da predstavimo tako što bismo samo pomerili krug na kome je nacrtan broj, tako da nova cifra zauzme početno mesto. 142857 možemo pomnožiti i sa nekim većim brojem od 6 i videćemo da se u svakom rezultatu krije naš početni ciklični broj. Tako, na primer,  $142857 \cdot 678 = 96857046$ . Saberimo sada broj koji čine prve dve cifre rezultata sa brojem koji čine ostale cifre i dobićemo da je  $96 + 857046 = 857142$ . Ovaj, prvi ciklični broj jednak 142857 dobijamo kao  $\frac{1}{7}$ , dok ostale bliske ciklične brojeve dobijamo iz razlomaka  $\frac{1}{17}$ ,  $\frac{1}{19}$ ,  $\frac{1}{23}$ ,  $\frac{1}{29}$  i  $\frac{1}{47}$ ,  $\frac{1}{59}$ ,  $\frac{1}{61}$ ,  $\frac{1}{97}$  itd. U opštem slučaju, ukoliko prilikom deljenja dva broja dobijamo kao ostatak nulu prilikom bilo kog koraka pri deljenju, tada će decimalni rezultujući broj imati konačan broj cifara, dok će u suprotnom sekvence njegovih cifara morati da se ponavljaju jer bi u suprotnom slučaju (kada se sekvenca njegovih cifara ne bi ponavljala) broj bio iracionalan, a znamo da se iracionalni brojevi ne mogu predstaviti u vidu razlomka dva

cela broja. Da bi broj bio cikličan, ponavljajuća sekvenca u okviru rezultujućeg decimalnog zapisa ne sme imati više od  $n-1$  cifara kada vršimo deljenje  $1/n$ , gde je  $n$  prost broj, što znači da je deljiv samo sa samim sobom i sa 1. Deljenjem 1 sa 17 dobijamo 0,0588235294117647, dok deljenjem 2 i 3 sa 17 dobijamo istu decimalnu sekvencu, ali koja počinje na različitom mestu. Tako, prvi sledeći ciklični broj posle broja 142857 ima 16 cifara i jednak je 0588235294117647, pa ćemo množenjem ovog broja sa bilo kojim brojem između 1 i 16 (uključujući i 16) dobiti istu sekvencu cikličnog broja samo sa drugom cifrom na početku. Takođe, svi ciklični brojevi veći od 142857 moraju počinjati sa jednom ili više nula. U 19. veku, Vilijam Šenks je otkrio ciklični broj dobijen kao  $1/17389$ , pa se stoga on sastoji od 17388 cifara, a u njegovu cikličnost se ovaj matematičar uverio tako što ga je ručno množio sa svim brojevima od 1 do 17388. Inače, imenioce u razlomku  $1/n$  koji daju ciklične brojeve možemo pronaći kao  $n = 2S + 1$ , gde je  $S$  "pogodan" prost broj Sofi Žermen, što znači da je osim  $S$ , i  $2S+1$  takođe prost broj. Stoga, broj  $S$  podeljen sa 20 mora ostaviti ostatak jednak 3, 9 ili 11.

### - Zašto je suma svih cifara brojeva deljivih sa 3 takođe deljiva sa 3?

Ukoliko saberemo cifre bilo kog broja koji je deljiv sa 3 (što znači da se broj 3 sadrži u njemu ceo broj puta), videćemo da je i ova suma takođe deljiva sa 3. Naime, ukoliko uzmemo bilo koji broj  $\dots xyzw$  (gde su  $w, z, y, x, \dots$  cifre ovog broja) koji je deljiv sa 3, tada ovaj broj možemo predstaviti kao  $w + 10z + 100y + 1000x + \dots$ , a suma svih njegovih cifara je jednaka  $w + z + y + x + \dots$ . Ovaj broj možemo predstaviti i kao  $w + 10z + 100y + 1000x + \dots = w + z + y + x + \dots + 9z + 99y + 999x + \dots$ . Iz ovoga vidimo da je svaki proizvoljan broj jednak sumi njegovih cifara i broja koji je očigledno deljiv sa 9 (s obzirom da svaki sabirak u njemu predstavlja umnožak broja 9), a 9 je naravno jednako  $3 \cdot 3$ . Stoga, dovoljno je samo da suma cifara bilo kog prirodnog broja bude deljiva sa 3, pa da i sam broj bude deljiv sa ovim brojem. Takođe, ukoliko je suma svih cifara datog broja deljiva sa 9, onda će i sam broj biti deljiv sa 9. Slično ovom pravilu, bilo koji broj u prirodi je deljiv sa 2 ukoliko je njegova poslednja cifra deljiva sa 2, sa 4 ukoliko je broj sastavljen od poslednje dve cifre datog broja deljiv sa 4, sa 5 ukoliko je zadnja cifra broja 0 ili 5, sa 6 ukoliko je broj istovremeno deljiv i sa 2 i sa 3, sa 8 ukoliko je broj sastavljen od poslednje tri cifre datog broja deljiv sa 8, a broj je deljiv sa 10 samo ukoliko je njegova poslednja cifra jednaka 0. Ova pravila inače, postoje i za brojeve veće od prvih 10 prirodnih brojeva. Naime, ukoliko je suma cifara proizvoljnog broja u neparnim položajima jednaka sumi cifara u parnim položajima, ili ukoliko se ove dve sume razlikuju za 11, tada će broj biti deljiv sa 11. Tako, na primer, ukoliko uzmemo broj 121, suma njegovih cifara na neparnim pozicijama u broju će biti  $1 + 1 = 2$ , dok se na jednoj parnoj poziciji u ovom broju nalazi cifra 2, a pošto je  $2 = 2$ , 121 je deljiv sa 11.

### - Šta je to steradijan?

Kao što radijan predstavlja meru ugla naspram jednodimenzionalne linije, kada je ugao u dvodimenzionalnom prostoru, tj. ravni, tako slično steradijan predstavlja meru ugaone "oblasti" naspram dvodimenzionalne površine, kada je ugao u trodimenzionalnom prostoru. Steradijani se ponekad nazivaju i kvadratnim radijanima. Broj steradijana u sferi je brojno jednak površini sfere jediničnog poluprečnika, pa stoga, sfera, tj. lopta obuhvata  $4\pi$  kvadratna radijana, tj. steradijana. Slično tome, broj radijana u krugu je jednak obimu kruga jediničnog poluprečnika, pa stoga krug obuhvata  $2\pi$  radijana. Ukoliko želimo da pretvorimo vrednost nekog ugla iz steradijana u kvadratne lučne stepene, dovoljno je da broj steradijana pomnožimo sa kvadratom broja stepena u radijanu, tj. sa kvadratom od 57, 2957795...stepeni. Na ovaj način se može izračunati broj kvadratnih stepena u sferi:  $4\pi \cdot (57.2957795)^2 = 41,253$



kvadratna stepena. Za one koji više vole da se služe kvadratnim stepenima nego steradijanim, možda je korisno zapamtiti da broj kvadratnih stepena u sferi sadrži beskonačan niz cifara od 1 do 5 bez ponavljanja. Steradijani se često pojavljuju u fizičkim računima, i to uvek kada se posmatra fluks neke veličine kroz trodimenzionalnu površ. Tako se, npr., u fizičkim formulama često pojavljuje faktor  $4\pi$ , koji se uvodi radi normalizacije, preračunavanja ili opisivanja bilo koje prostorno zavisne veličine u odnosu na ugaonu oblast opisanu sferom. Takođe, steradijani nalaze veliku primenu u izradi antena, i to za opisivanje osobine "usmerenosti" antene u odnosu na "izotropni" radijator koji zrači podjednako u svim pravcima kroz površinu zamišljene sfere.

### **- Odakle se najbolje vidi slika na zidu?**

Posmatranje slike na zidu je subjektivni doživljaj, ali matematički možemo izračunati sa kog rastojanja će slika zahvatati najveću oblast u našem vidnom polju, pa će se stoga sa objektivne tačke gledišta, detalji na njoj moći najbolje raspoznavati. Najpre je potrebno povući imaginarnu ravan koja je normalna na položaj slike na zidu, a samim tim i na sami zid, a koja uz to prolazi kroz naše oči. Zatim je potrebno zamisliti sferu koja stoji na ovoj malopre zamišljenoj ravni, a čije se dve tačke na njenoj površini podudaraju sa po jednom tačkom na vrhu i na dnu slike. Tačka dodira sfere i ravni našeg pogleda predstavlja rastojanje sa koga će posmatrana slika zauzeti najveći deo našeg vidnog polja. Takođe, rastojanje od ove tačke do zida na kome visi slika, jednako je kvadratnom korenu iz proizvoda rastojanja naših očiju do vrha slike i rastojanja naših očiju do dna slike. Ovakvo razmatranje, naravno, ima smisla samo kada se cela slika nalazi iznad ili ispod ravni koja je normalna na zid i koja prolazi kroz naše oči, jer će u suprotnom slučaju slika zahvatati najveći deo našeg vidnog polja što joj se više približimo.

### **- Šta je to zlatni presek?**

Zlatnim presekom se naziva ona geometrijska ili brojeva struktura kod koje je odnos dela prema celini jednak odnosu između delova. Nacrtajte jednu duž AB i zatim pronađite na njoj tačku C za koju će važiti da je  $AB:AC = AC:BC$  i dobićete jedan zlatni presek. Ukoliko je duž AB jedinične dužine, tada možemo postaviti jednakost u okviru koje je  $1/x = x/(1-x)$ , odakle sledi da je zlatni odnos  $1/x$  jednak  $(\sqrt{5}+1)/2$ , odnosno 1,6180339887498948482... Euklid je u knjizi "Elementi" opisao izračunavanje površina nekih tela putem deljenja linija po pravilu zlatnog preseka, a pokazao je kako se pomoću ovog pravila konstruišu pentagon, ikosaedar i dodekaedar. Tako, ako na našoj duži ACB povučemo krug poluprečnika AB i zatim pronađemo na krugu tačku D tako da AC bude jednako CD i BD, dobićemo trougao ABD čiji će uglovi nad osnovicom biti dvostruko veći od ugla ispod D. Sada, nacrtajmo krug koji prolazi kroz A, B i D, a zatim prepolovimo ugao ADB i iz njega povucimo bisekcionu liniju dok ona ne preseče krug u tački E. Primetimo da je ova prava presekla tačku C koja predstavlja zlatni presek duži AB od koje smo počeli konstrukciju. Na isti način prepolovimo i ugao ABD i nađimo tački E odgovarajuću tačku F sa susedne strane kruga. Na kraju je dovoljno da povučemo duži AE, EB, BD, DF i FA i dobićemo jedan pentagon. Takođe, odnos susednih brojeva u Fibonačijevom nizu brojeva takođe teži zlatnom preseku, a Fibonačijev niz je onaj niz kod koga je svaki broj jednak sumi prethodna dva broja u nizu (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89...). Interesantno je da mnoge stvari u prirodi poseduju u sebi neke od članova Fibonačijevog niza. Tako, ukoliko izbrojimo broj ljuspica na jednoj od šišarkinih spirala dobićemo neki broj iz Fibonačijevog niza, a i broj semenih plodova suncokreta, poređanih po spiralno uvijenim šarama odgovara jednom od brojeva iz Fibonačijevog niza. Takođe, prirodi je poznat i tzv. zlatni ugao – ugao od 137,5 stepeni. To je, naime, ugao koji deli krug na dva

segmenta, tako da je odnos lukova nad manjim i većim segmentom jednak odnosu luka nad većim segmentom i obima kruga.

## **- Koji su to problemi kvadrature kruga, trisekcije ugla i udvostručenja kocke?**

Ova tri matematička problema se zajedničkim imenom nazivaju antičkim problemima, jer su ih još grčki matematičari otkrili i slično nama, smatrali su da ih je nemoguće rešiti. Problem kvadrature kruga nam kaže da je nemoguće pomoću negraduisanog lenjira i šestara konstruisati kvadrat koji će svojom površinom biti jednak datom krugu. Naime, stranica ovog kvadrata bi bila jednaka proizvodu poluprečnika kruga i kvadratnog korena broja  $\pi$ , a pošto je  $\sqrt{\pi}$  transcendentan broj (ne javlja se kao rešenje nekog polinoma niti se može izraziti računskim operacijama sabiranja, množenja, deljenja i kvadratnog korenovanja izvršenih konačan broj puta na celim brojevima ili razlomcima) isto kao i  $\pi$ , on ne može biti geometrijski (pomoću lenjira i šestara) konstruisan, tako da je nemoguće i rešiti problem kvadrature kruga. Međutim, ukoliko bismo se osim šestara i lenjira poslužili nekom drugom spravom pomoću koje se mogu crtati određene krive, tada se traženi kvadrat lako može konstruisati. Problem trisekcije ugla se odnosi na nemogućnost konstruisanja ugla koji je jednak jednoj trećini polaznog ugla osim ako polazni ugao nije jednak uglu od  $180^\circ$  ili  $90^\circ$ . Zapravo, moguće je konstruisati trećinu bilo kog ugla ukoliko se koristimo obeleženim lenjirom (Neusisova konstrukcija), ali grčki matematičari su pri rešavanju ova tri stara matematička problema zahtevali korišćenje samo šestara i neobeležene lenjira, tj. ravne daske. Kvadrat je moguće udvostručiti što uvek i izvodimo primenjujući Pitagorinu teoremu za pravougli trougao čije su katete jednakih dužina. Naime, u skladu sa Pitagorinom teoremom, zbir kvadrata nad katetama pravouglog trougla jednak je kvadratu nad hipotenuzom ( $a^2 + b^2 = c^2$ ). Tako je dovoljno da konstruišemo kvadrat čija će stranica biti jednaka dijagonali polaznog kvadrata i dobićemo dvostruko veći kvadrat. Međutim, saglasno dokazanoj Fermaovoj poslednjoj teoremi koja nam kaže da jednačina  $a^n + b^n = c^n$  nema rešenje u skupu celih brojeva za bilo koje  $n$ , tako nije moguće udvostručiti kocku, jer je tada  $n = 3$ . Jednostavnije rečeno, problem udvostručenja kocke se sastoji u pronalaženju dveju kocki sastavljenih od izvesnih količina jediničnih kockica, kao i treće kocke koja bi bila sastavljena od broja kockica koji je jednak zbiru kockica iz prve dve kocke. Međutim, od koliko god kockica da sastavimo prve dve kocke, trećoj kocki će uvek nedostajati neka kockica ili će joj ostati neka u višku. Ovim trima problemima se često dodaje i tzv. četvrti antički problem poznat kao problem konstrukcije pravilnog heptagona (poligona sa 7 jednakih stranica). Naime, pravilne trouglove, četvorouglove, pentagone i heksagone je lako konstruisati. Oktagoni se konstruišu jednostavnom bisekcijom uglova kvadrata, a svi ostali poligoni se lako mogu konstruisati uz pomoć ovih osnovnih poligona. Međutim, ovo ne važi i za sedmostrani poligon - heptagon. 1796. godine je Karl Fridrih Gaus pokazao da je heptadekagon (poligon sa 17 stranica) moguće konstruisati, a da je i zapravo sve N-gone (poligone sa N stranica) gde se N može prikazati u obliku  $2^n p_1 \dots p_m$ , a gde su  $p_i$  različiti Fermaovi prosti brojevi (prosti brojevi koji se mogu predstaviti u obliku  $2^{2^k} + 1$ ) moguće konstruisati.

## **- Šta je to Raselov paradoks?**

Početakom 20. veka, matematičari su radili na građenju logičkog sistema u kome bi se na osnovu povezanosti formalnih izraza (npr.  $y=1$ ) i matematičkih osobina (npr. neparni broj), mogle definisati sve moguće osobine na osnovu prethodno definisanih osobina (ili aksioma). Međutim, 1901. godine, Bertrand Rasel je pronašao jednu nekonzistentnost u matematičkom

razmišljanju koja se naziva Raselovim paradoksom. Ovaj paradoks se često objašnjava kroz priču o brižljivom bibliotekaru. Naime, jednog dana, dok se šetao pored polica sa knjigama, otkrio je kolekciju kataloga. Postojali su posebni katalogi za romane, rečnike, poeziju itd. Međutim, bibliotekar je primetio da neki katalogi navode i sami sebe, dok neki to ne rade. Da bi uprostio sistem, bibliotekar pravi dva dodatna kataloga od kojih jedan nabraja sve kataloge koji nabrajaju sami sebe i jedan katalog koji nabraja sve kataloge koji ne nabrajaju sami sebe. Pošto je završio posao, pred bibliotekarom se postavlja novo pitanje: da li bi katalog koji nabraja sve kataloge koji ne nabrajaju sami sebe trebalo da bude pomenut u njemu samom? Ako bi bio naveden, onda mu po definiciji nije mesto u tom katalogu. Međutim, ako se ne navede, tada bi po definiciji morao biti naveden i bibliotekar se nalazi u nerešivoj situaciji. U opštem slučaju, klasa objekata ponekad jeste, a ponekad nije član same sebe. Tako, npr. klasa knjiga nije još jedna knjiga, ali je klasa stvari koje nisu knjige još jedna stvar koja nije knjiga. Bibliotekarevi katalogi su analogni klasama koji se u matematici koriste za osnovnu definiciju brojeva, pa se stoga problem bibliotekara prebacuje i na čitavu logičku strukturu matematike koja, kao što je poznato, ne toleriše nikakve nekonzistentnosti, paradokse i kontradikcije.

### **- Šta su to Gedelove teoreme?**

Kurt Gedel je 1931. godine objavio svoje dve teorije o neodlučivosti (zajedno sa njihovim dokazima) na osnovu kojih nije moguće kreirati potpuno kompletan i konzistentan matematički (komunikacioni) sistem. Ovo nam može zvučati zapanjujuće, pogotovo ako znamo da je matematika najpreciziji i najkonzistentniji način komunikacije (kao i sredstvo njene izgradnje) među ljudima. Prva Gedelova teorema o neodlučivosti nam kaže da ako je aksiomatska teorija konzistentna, postoje teoreme za koje se može dokazati niti da su istinite niti da su neistinite, dok druga Gedelova teorema tvrdi da ne postoji konstruktivna procedura koja će pokazati da je aksiomatska teorija konzistentna. Prva Gedelova teorema se najlakše može ilustrovati na primeru tzv. kritskog paradoksa (ili paradoksa lažljivca) u kome jedan stanovnik Krita tvrdi kako ne govori istinu. Paradoks se javlja tek kada pokušamo da ustanovimo da li je tvrdnja Krićanina istinita ili nije. Naime, istinita tvrdnja implicira da je ovaj Krićanin rekao istinitu tvrdnju, pa stoga on ne može biti lažljivac što je nekonzistentno sa njegovom tvrdnjom. S druge strane, ukoliko pretpostavimo da je tvrdnja neistinita, tada Krićanin nije lažov, ali smo na početku pretpostavili da je on rekao neistinitu tvrdnju, pa je stoga on lažov, tj. imamo još jednu nekonzistentnost. Bez obzira na to da li pretpostavljamo da li je tvrdnja istinita ili neistinita, dolazimo do nekonzistentnosti, tako da tvrdnja (koja spada u jednu od tzv. neodlučivih tvrdnji) nije ni istinita ni lažna, odnosno matematičkim jezikom je ne možemo dokazati. Naravno, premda i druga Gedelova teorema kaže da je nemoguće dokazati da je izabran skup aksioma konzistentan, to ne znači da je on stvarno nekonzistentan. Slično tome, premda ne možemo dokazati drugima, istinitost nekih tvrdnji možemo sami poznavati ili kako bi neki rekli, čuvati u srcu. Gedelova teorema nam, primenjena na nauku o kompjuterima, kaže da postoje određene (neodlučive) tvrdnje čiju istinitost kompjuter ne može dokazati. I u nekom savršenijem modelu kompjutera, koji bi rešio problem date tvrdnje, opet bi iskrsla neka nova neodlučiva tvrdnja koju sada on ne bi mogao rešiti i tako dalje do sve boljih i boljih kompjutera i novih neodlučivih tvrdnji koje bi postojale u svakom od njih. Kao što je Hajzenbergov princip neodređenosti dokazao nemogućnost poznavanja svih osobina materijalnih sistema, tako su Gedelove teoreme (formulisane samo 4 godine nakon što je Verner Hajzenberg formulisao princip neodređenosti) u matematici doprinele shvatanju da se neke tvrdnje ne mogu dokazati “na papiru”.

### **- Koja je to Fermaova poslednja teorema?**

Fermaova poslednja teorema je jedna od najčuvenijih matematičkih teorema koju je formulisao francuski matematičar Pjer de Ferma tokom druge polovine 17. veka, a koja je dovela do važnih otkrića u oblastima algebre i matematičke analize. Ferma je razmatranjem Pitagorine teoreme o odnosima dužine kateta i hipotenuze kod pravouglog trougla ( $a^2 + b^2 = c^2$ ), došao do formulisanja svoje čuvene teoreme, na osnovu koje jednačina  $a^n + b^n = c^n$ , gde su a, b, c i n celi brojevi, nema rešenje za bilo koju vrednost broja n veću od 2. Bilo je potrebno da prođe čak 358 godina da bi ova teorema bila uspešno dokazana. Tokom više od tri veka, mnogi čuveni matematičari pokušali su da dokažu Fermaovu teoremu tako da je ona sve do skoro smatrana najvećom matematičkom zagonetkom svih vremena. Tek je 1994. godine, Endru Vajls sa Univerziteta Princeton uspeo da dokaže istinitost ove teoreme, a sam dokaz je zahtevao razvijanje novih oblasti matematike koje nisu bile poznate u Fermaovo vreme. Interesantno je da je dokaz Fermaove teoreme povlačio za sobom i dokaz čuvene Tanijama – Šimura konjektуре po kojoj sve eliptične jednačine (jednačine tipa  $y^2 = x^3 + ax^2 + bx + c$ ) poseduju sebi odgovarajuću modularnu formu (beskonačno simetrični oblici u hiperboličnom prostoru, odnosno četvorodimenzionalnom prostoru sa dve realne i dve imaginarne koordinate). Ostalo je ipak otvoreno pitanje kako je glasio originalni Fermaov dokaz (koji nikad nije pronađen), s obzirom da njemu nisu bila dostupna otkrića savremene matematike.

## - Koji su to milenijumski matematički problemi?

Milenijumskim matematičkim problemima pripada 7 nedokazanih matematičkih teorija za čija rešenja Institut Klej iz Bostona nudi nagradu od po milion dolara. Zamislite da moramo da od 400 ljudi izaberemo samo 100 koje ćemo pozvati na koktel, a da nam nakon toga prijatelj sa kojim organizujemo koktel dostavi spisak od 100 parova koji ne smeju da budu pozvani. Pravljenje liste pozivnica je u ovome slučaju nezamislivo težak zadatak, s obzirom da je broj različitih načina za izbor 100 od 400 ljudi veći od broja atoma u našem Kosmosu, pa se stoga verovatno nikada neće izraditi kompjuter koji će biti u stanju da proračunavajući jednu po jednu kombinaciju od 100 potencijalnih gostiju reši problem, odnosno odredi sva njegova rešenja. Međutim, moguće je i da ova očigledna teškoća rešavanja ovog zadatka samo reflektuje nedostatak ideja programera. Zapravo, jedno od ključnih pitanja nauke o kompjuterima je da li su postojana takva pitanja koja se lako proveravaju, ali za čiju proveru svih kombinacija ne postoji dovoljno vremena. Malopre ilustrovani problem pravljenja liste pozivnica je jedan od ovakvih problema, s obzirom da niko do sada nije uspeo da dokaže da su oni stvarno tako komplikovani koliko izgledaju, odnosno da ne postoji zadovoljavajući način da se oni reše uz pomoć kompjutera. Stiven Kuk i Leonid Levin su 1971. godine nezavisno formulisali ovaj tzv. "P (tj. lako ga je naći) protiv NP (tj. lako ga je proveriti)" problem koji matematičkim jezikom zahteva da se odredi da li je svaki formalni jezik prihvaćen nekim nedeterminističkim algoritmom u polinomnom vremenu takođe prihvaćen nekim determinističkim algoritmom isto tako u polinomnom vremenu. Sledeći milenijumski problem je Hodžova konjektura koja se pojavljuje u okviru aproksimacije oblika komplikovanih tela putem spajanja jednostavnijih figura viših dimenzija. Uprkos tome što se ova tehnika pokazala veoma korisnom, geometrijsko poreklo postupka je postalo nedovoljno jasno tokom ove generalizacije, pa je postalo neophodno da se u nju dodaju delovi koji ne poseduju geometrijsku interpretaciju. Hodžova konjektura upravo, pretpostavlja da za tip posebno lepih prostora poznatih pod imenom projekcioni algebarski varijeteti, delovi pod imenom Hodžovi ciklusi zapravo predstavljaju (racionalno linearne) kombinacije geometrijskih delova koji se zovu algebarskim ciklusima. Sledeći problem, tzv. Poankareova konjektura koja je upravo na putu da bude dokazana, povezana je sa

topologijom, oblašću matematike koja se bavi osobinama figura koje se ne menjaju kada se oni saviju ili rašire. Poankareova hipoteza se odnosi na jednu očiglednu toplošku osobinu sfere. Naime, pretpostavimo da imamo elastičnu traku obmotanu oko sfere. Pretpostavimo sada da ova traka klizi po sferi, istovremeno se skupljajući. Na ovaj način se traka može skupiti u jednu tačku. Zamislimo sada isti eksperiment sa torusom (prstenom), telom koje nastaje rotacijom kružnice oko ose koja ne preseca tu kružnicu. Ako je traka obmotana oko tela torusa i bilo kako klizi po njegovoj površini, ona se ne može skupiti u tačku. Stoga kažemo da je sfera prosto povezana površ, dok torus to nije. Pitanje u okviru Poankareovog problema upravo glasi: ako neka površ jeste prosto povezana, da li je ona u osnovi sfera (tj. homeomorfna sfera). Kako bi topološka pitanja preveo u jezik algebre, Poankare je uveo tzv. homotopske grupe - veličine koje su odslikavale esenciju multidimenzionalnih prostora u algebarskim pojmovima. Anri Poankare je pokazao da svaka dvodimenzionalna površina poseduje istu homotopsku grupu kao i dvodimenzionalna površina sfere, ali trodimenzionalnu analogiju nikako nije uspeo da izvede. Drugi matematičari su do šezdesetih godina 20. veka potvrdili Poankareove pretpostavke za sve dimenzije osim za četvrtu, koja je bila dokazana 1982. godine. Ipak, još uvek je ostalo nedokazano rešenje za treću dimenziju, koja je upravo ona u kojoj živimo, s obzirom da trodimenzionalne sfere predstavljaju skup tačaka u četvorodimenzionalnom prostoru koji se nalazi na jediničnom rastojanju od centra – date tačke u tom prostoru. Rimanova hipoteza na osnovu koje je pravilnost pojavljivanja prostih brojeva (inače, oni se veoma nepredvidljivo pojavljuju) u skupu prirodnih brojeva povezana sa tzv. Rimanovom zeta funkcijom ( $\zeta(s)$ , gde je  $s$  kompleksno promenljiva), čija sva rešenja jednaka nuli leže na pravoj liniji, do sada je bila proverena za milijardu i po rešenja, ali ne i dokazana za ceo skup prirodnih brojeva, koji se naravno, pruža do beskonačnosti. Pre oko pola veka, Jang i Mils su postavili teoriju za opisivanje elementarnih čestica na osnovu struktura koje se pojavljuju u geometriji (posebno je važna osobina masene praznine, koja se javlja kao posledica toga da čestice imaju masu, a da se njihovi talasi kreću brzinom svetlosti), a premda je ona bila proverena u mnogim eksperimentalnim laboratorijama, njena matematička osnova se smatra još uvek nedovoljno jasnom. Matematičari smatraju da se putanje turbulentnih tokova fluida, uključujući i virove iza krila aviona, kao i vodenu brazdu iza broda koji plovi po moru, mogu predvideti i objasniti kroz razumevanje Navier-Stoksovih jednačina koje su napisane još u 19. veku i čije produblјivanje predstavlja još jedan milenijumski problem. Premda je 1970. godine, J. V. Matijašević pokazao da se rešenja Pitagorine teoreme u skupu celih brojeva pojavljuju nepredvidljivo, kada rešenja ove jednačine predstavljaju tačke u Abelovom varijetetu, Birčova i Svinerton-Dajerova konjektura pretpostavlja da je veličina grupe racionalnih tačaka povezana sa ponašanjem Rimanove zeta funkcije  $\zeta(s)$  u okolini  $s=1$ . Zapravo, ova konjektura tvrdi da kada je  $\zeta(1)$  jednako 0, tada postoji beskonačan broj racionalnih tačaka (rešenja), dok kada je  $\zeta(1)$  nije jednako 0, tada postoji samo konačan broj ovakvih tačaka, a dokaz ove tvrdnje predstavlja sedmi milenijumski problem.

### - Šta je to Hilbertov hotel?

Hilbertov hotel je hotel koji je izmislio nemački matematičar David Hilbert, kako bi pokazao koliko je beskonačnost neograničeno velika. Ovaj hipotetički hotel ima tu neobičnu osobinu da u njemu postoji beskonačno mnogo soba. Jednoga dana, novi gost, došavši u hotel, saznaje na recepciji da su sve sobe popunjene, tj. da u njemu već ima beskonačan broj gostiju. Međutim, portir uverava gosta kako će brzo srediti problem tako što će zamoliti gosta iz sobe broj 1 da pređe u sobu broj 2, gosta iz sobe broj 2 da pređe u sobu broj 3 i uopšte gosta iz sobe broj  $n$  da pređe u sobu broj  $n+1$ . Tako će se novi gost smestiti u oslobođenu sobu broj 1. Međutim, opet u vreme kada su sve sobe u hotelu popunjene, tj. kada u njemu postoji

beskonačan broj gostiju, u hotel dolazi beskonačan broj putnika koji traži prenoćište. Ipak, zadatak ni sada nije težak. Naime, zamolićemo trenutne goste da se presele u sobu koja nosi broj koji je duplo veći od broja njihove sadašnje sobe. Tako će gost iz sobe broj 1 preći u sobu broj 2, gost iz sobe broj 2 će preći u sobu broj 4, i uopšte gost iz sobe broj  $n$  će preći u sobu broj  $2n$ . Svako ko je već u hotelu i dalje ima sobu, pa ipak beskonačan broj soba, sve sa neparnim brojem su ispražnjene za pridošle goste (naime, ako se svaki prirodni broj upari sa nekim članom iz liste parnih ili neparnih brojeva, tada te dve liste moraju biti jednake veličine, a pošto skup prirodnih brojeva ima beskonačan broj članova, tada se to isto može tvrditi i za skup parnih ili neparnih brojeva). Ovo pokazuje da je dupla beskonačnost i dalje beskonačnost. Međutim, zamislite da je potrebno smestiti beskonačno mnogo gostiju iz beskonačno mnogo Hilbertovih hotela (svi sa potpuno popunjenim sobama) u samo jedan. Čak i za ovo postoji nekoliko rešenja. Naime, upotrebićemo proste brojeve, odnosno brojeve koji su deljivi samo sa 1 i sa samim sobom (1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23...). I prostih brojeva ima beskonačno mnogo, pa ako smestimo goste prvog hotela u sobe sa brojevima 2,  $2^2$ ,  $2^3$ ,  $2^4$ ..., goste drugog hotela na brojeve 3,  $3^2$ ,  $3^3$ ,  $3^4$ ..., goste trećeg hotela na brojeve 5,  $5^2$ ,  $5^3$ ,  $5^4$ ..., četvrtog na 7,  $7^2$ ,  $7^3$ ,  $7^4$  i tako dalje, uspećemo da nađemo sobe za sve goste beskonačnog broja Hilbertovih hotela, jer ukoliko su  $p$  i  $q$  prosti brojevi i  $p \neq q$ , a  $m$  i  $n$  prirodni brojevi, tada je  $p^n \neq q^n$  za svako  $n$ . Takođe, moguće je koristiti se samo sa dva prosta broja: 2 i 3. Naime, gosta iz sobe sa brojem  $m$   $n$ -tog hotela smestićemo u sobu broj  $2^m 3^n$ . Ovakav sistem raspoređivanja je omogućen time što ako je  $m \neq p$  ili  $n \neq q$ , onda  $2^m 3^n \neq 2^p 3^q$ , pa u istu sobu neće biti smešteno dvoje. Međutim, na oba ova načina mnoge sobe u hotelu ostaju prazne. Kada bismo želeli da popunimo sve sobe, tada bismo morali da se poslužimo trećom metodom. Potrebno je, najpre, napraviti tablicu u kojoj će redovi biti numerisani brojevima hotela, a kolone brojevima soba, nakon čega bismo goste smeštali po kvadratima tablice. Tako bismo u sobu broj 1 stavili gosta iz (1,1), tj. iz sobe broj 1 prvog hotela; u sobu 2 bismo stavili gosta iz (1,2), tj. iz sobe broj 2 prvoga hotela; u sobu 3 bismo stavili gosta iz (2,2), tj. iz sobe broj 2 drugog hotela; u 4 bismo stavili gosta iz (2,1), tj. iz prve sobe drugog hotela. Na taj način će biti razmešteni gosti iz gornjeg levog kvadrata tablice sa stranicom 2. Posle toga, na broj 5 poslaćemo gosta iz (1,3), na 6 – iz (2,3), na 7 – iz (3,3), na 8 – iz (3,2), na 9 – iz (3,1), nakon čega ćemo preći na kvadrat dužine stranice 4 itd. U opštem slučaju, ako gost zauzima sobu broj  $n$  u  $m$ -tom hotelu, on će za  $n / m$  zauzeti sobu  $(n - 1)^2 + m$ , a za  $n' / m$  – sobu  $m^2 - n + 1$ . Hilbertov hotel nam pokazuje kako su sve beskonačnosti podjednako velike, jer različite beskonačnosti uspevaju da se “sabiju” u isti beskonačni hotel (beskonačnost parnih, neparnih ili prostih brojeva se može uporediti sa beskonačnošću svih prirodnih brojeva), a kao što smo videli, čak i beskonačan broj beskonačnih skupova se može staviti u samo jedan beskonačan skup.

## **- Da li sve linije i figure poseduju jednak broj tačaka?**

Za razliku od fizike i hemije koje proučavaju materijalni svet oko nas, matematika proučava imaginarni svet brojeva, geometrijskih figura i logičkih iskaza, a po definiciji, ona predstavlja nauku o odnosima između količina, veličina i osobina, kao i logičkih operacija putem kojih se nepoznate količine, veličine i osobine mogu odrediti. Dok u fizici i hemiji važi zakon o održanju energije, u matematici je uobičajena pojava da npr. od jednog polukruga dobijemo loptu (prostom rotiranjem za  $360^\circ$  oko prečnika polukruga) ili da od dve četvrtine jabuke dobijemo celu jabuku (što je posledica aksioma izbora koji nam kaže da ukoliko imamo beskonačan skup beskonačnih skupova, tada iz svakog skupa možemo izbrati po jedan element, bez prethodnog fiksiranja zakona izbora). Slično tome, u svetu matematike, svaka linija, bilo da je konačne ili beskonačne dužine, poseduje jednak broj tačaka. Drugim rečima, skup svih tačaka na bilo kom pravcu ili bilo kom njegovom delu, neprebrojiv je, i beskonačno

je velik (jer za razliku od skupa algebarskih brojeva – odnosno skupa svih rešenja jednačina  $a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_n$  sa celim koeficijentima, koji je prebrojiv, skup transcendentnih, odnosno iracionalnih brojeva je neprebrojiv). Ukoliko nacrtamo dužu liniju ispod kraće linije, tada ćemo moći da ustanovimo jednoznačnu korespondenciju između svih tačaka ovih dveju linija povlačenjem zamišljenih pravih linija između svake dve od beskonačno mnogo tačaka na svakoj od njih. Ove zamišljene linije kojima se ustanovljava korespondencija će se seći u zajedničkoj tački iznad obe linije, koja će predstavljati teme nacrtanog trougla. Slično ovome, možemo pokazati i da na celom beskonačnom pravcu ne postoji više tačaka nego na bilo kom njegovom odsečku (delu), odnosno da je moguće između skupa tačaka na pravcu i skupa tačaka na bilo kom njegovom odsečku ustanoviti obostrano jednoznačnu korespondenciju. Naime, dovoljno je samo da opišemo polukrug prečnika izabranog odsečka i da ga nacrtamo između intervala (odsečka) i prave linije. Najpre tačke intervala preslikavamo na kružnicu, a zatim kružnicu projektujemo na pravac i vidimo da pri tome svakoj tački intervala odgovara jedna i samo jedna tačka pravca, pri čemu nije ispuštena ni jedna tačka na pravcu. Drugim rečima, dokazujemo kako na delu prave i na čitavoj beskonačnoj pravi postoji podjednako veliki broj tačaka. Sličnu korespondenciju između intervala od 0 do  $\pi/2$  na x-osi i beskonačno velike y-ose, možemo da ustanovimo pomoću krive linije - tangensoide (grafika funkcije  $y = \tan x$ ). Takođe, možemo da dokažemo i da bilo koji odsečak kvadrata ili bilo koje druge višedimenzionalne figure poseduje jednak broj tačaka kao i cela figura. U opštem slučaju, bilo koja geometrijsko telo koja sadrži barem jednu liniju, ima isto toliko tačaka koliko i bilo koji njegov odsečak, a ovakvi skupovi sa beskonačno mnogo članova se nazivaju skupovima kontinuuma, što potiče od latinske reči *continuum*, što znači neprekidan.

## - Šta je to efekat leptira?

Nekada se mislilo da je priroda deterministička, što znači da bismo poznavajući početne parametre sistema, mogli da poznajemo njegovo stanje u bilo kom vremenskom trenutku. Međutim, nakon formulisanja Hajzenbergove relacije neodređenosti postalo nam je jasno da ishodi prirodnih događaja uvek ostavljaju prostora za upliv božanske sile, pa je stoga ljudska težnja ka poznavanju svih osobina materijalnih sistema u bilo kom vremenskom trenutku na osnovu samo fizičkih merenja postala iluzija. Čuveni efekat leptira je povezan sa nemogućnošću potpuno preciznog predviđanja vremenske prognoze. Naime, premda je atmosfera jedan veoma složen sistem sa mnogo međuzavisnih promenljivih veličina, u teorijskom slučaju, kada bismo mogli da izmerimo temperature, pravce i brzine kretanja, vlažnost i gustinu svih kopnenih, vazdušnih i vodenih masa na Zemlji i kada bismo u račun uključili i prijem energije sa Sunca, mogli bismo sve ove brojke da ubacimo u memoriju jednog specijalizovanog superkompjutera koji bi nam izračunao tačno vreme i sve vremenske pojave na Zemlji u bilo kom trenutku u budućnosti. Međutim, upravo kao posledica Hajzenbergove relacije neodređenosti, naša merenja nikada ne mogu biti u potpunosti precizna, čak ni sa najsavršenijom opremom na svetu. A pošto predviđanje budućih stanja sistema najviše zavisi od početnih parametara, pravljenje male greške u unešenim podacima dovešće do potpuno drugačijih predviđanja od istinitih. Naime, dovoljno je da jedan leptir mahne svojim krilima i na taj način samo malo promeni početna stanja sistema pa da naša predviđanja padnu u vodu time što ćemo pogrešno predvideti neki uragan koji se neće desiti ili nećemo predvideti kišu tamo gde će ona pasti. Ovaj efekat nepredvidljivosti u svakom naučnom eksperimentu po ovom mahanju krila jednog leptira nosi i ime leptirov efekat.

## 6. Voda

### - Kako nastaju oblaci?

Oblaci nastaju kondenzacijom vodene pare prilikom širenja i hlađenja toplih vazdušnih struja koje se podižu u visinu. Ove vazdušne struje nastaju iznad toplijih oblasti Zemljine površine iznad kojih je vazduh topliji u odnosu na okolni hladniji vazduh, a stoga je i ređi od okolnog vazduha. Ukoliko ste nekada iz aviona primetili ptice kako lete oko određenog vazdušnog predela, najverovatnije je da su one osetile toplu struju vazduha koja se penje odozdo, pa se brčkaju u njoj. Uzdižuća topla vazdušna struja se tokom penjanja širi i hladi sve dok se njena temperatura (i gustina) ne izjednači sa temperaturom (i gustinom) okolnog vazduha. U vazduhu je uvek rastvorena određena količina vode pare koja na dovoljno niskim temperaturama, kakve vladaju u visokim slojevima atmosfere, počinje da se kondenzuje. Drugim rečima, slobodni molekuli vode počinju da privlače jedni druge i da formiraju vodene kapi (poluprečnika od jednog hiljaditog dela milimetra dok su u oblaku, preko oko 20 hiljaditih delova milimetra kada se spuštaju u obliku magle, do nekoliko stotih delova milimetra kada počinju da padaju iz oblaka u obliku kiše) ili male kristaliće leda (čije su razmere nešto veće od razmera vodenih kapljica) koje u većim grupacijama sa Zemlje opisujemo kao oblak.

### - Kakvi sve oblaci postoje?

Luk Hauard je 1803. godine izveo sistem klasifikacije oblaka koji se i danas primenjuje, a prema kome postoje dve fundamentalne strukture oblaka - slojeviti i strujeći, kao i dva različita tipa sastava oblaka - oblaci koji se sastoje vodenih kapi i nalaze se na visinama do 6km i oblaci sastavljeni od ledenih čestica, odnosno tzv. cirusi, koji se nalaze na visinama od preko 6 km. Stratusi ili slojeviti oblaci imaju izgled magle, dok kumulusi, odnosno strujeći oblaci imaju gornje slojeve u obliku karfiola. Stratusi proizvode trajne kiše, a nastaju u delovima Zemljine atmosfere gde se vazduh podiže naviše duž širokih oblasti, ali sporom brzinom (nekoliko santimetara u sekundi). Oni se sastoje se od mnoštva malih kapljica vode, koje odlično rasipaju svetlost, usled čega ovakvi oblaci izgledaju blještavo beli. S druge strane, kumulusi uzrokuju pljuskove i oluje sa grmljavinom, a nastaju u brzo podižućim vazdušnim strujama čija naviše usmerena komponenta brzine prevazilazi brzinu od nekoliko metara u sekundi. Za razliku od kumulusa, prilikom čijih nastanaka dolazi do malog mešanja oblaka sa okolnim vazduhom pa oni stoga imaju oštre oblike, cirusi podsećaju na razmazane bele trake po nebu, a njihova difuznost potiče usled toga što kristali leda u okolini ivica oblaka isparavaju u okolni vazduh. Oblačan vazduh se meša sa bistrim i prozirnim vazduhom i cirusi gube svoj jasno definisani oblik i razlivaju se duž nebeske sfere.

### - Koliko je vremena potrebno kapima kiše da padnu sa oblaka na Zemlju?

Kapi kiše mogu padati sa velikih visina od po nekoliko kilometara, a mogu i stajati u vazduhu kao npr. u slučaju magle. Naime, što su kapi kiše veće, to će one brže padati ka Zemlji. Najmanje kapi kiše padaju brzinama od po samo nekoliko santimetara u sekundi, tako da vazdušna strujanja upravljaju njihovim kretanjem i one praktično plutaju po vazduhu. S druge strane, kapi prečnika oko 5 mm (prečnik kišnih kapi se nalazi u rasponu od 0,51 do 6,35 mm), padaju brzinom od 9 metara u sekundi, pa ukoliko potiču iz nimbostratusa sa visine od oko 1800 metara, tada im je potrebno oko 200 sekundi da padnu na Zemlju. Prosečno velikim



kišnim kapima (prečnika oko par milimetara) je najčešće potrebno između 3 i 6 minuta da dođu do Zemlje. Ukoliko bismo zanemarili vetar koji utiče na brzinu kapi tokom njenog padanja, mogli bismo lako da izračunamo terminalnu brzinu kapi datih razmera. Naime, kada kap počne da pada sa dna oblaka, ka Zemlji usmerena sila gravitacije je ubrzava sve dok se njen intenzitet ne izjednači sa naviše usmerenom silom trenja kišne kapi sa okolnim česticama vazduha kroz koji pada. Inače, da bi sila gravitacije koja deluje na kišnu kap postala dovoljno velika da bi ona počela da pada, u jednoj kapi se mora kondenzovati oko  $10^{18}$  molekula vode. Tako se lako može izvesti da je terminalna brzina kapi (u metrima u sekundi) jednaka proizvodu broja 4,7 i kvadratnog korena iz poluprečnika kapi (u milimetrima). Tako će kišna kap poluprečnika 2 mm putovati do Zemlje brzinom od oko 7 m/s, pa će joj u zavisnosti od nadmorske visine oblaka iz koga potiče biti potrebno između jednog i nekoliko minuta da dođe do Zemlje.

### **- Zašto sneg retko pada kada je mnogo hladno?**

Maksimalna koncentracija vodene pare prisutne u vazduhu, veoma je mala na niskim temperaturama. Najveći broj oblaka nastaje u procesu širećeg hlađenja, koji podrazumeva najpre podizanje vazдушnih masa, a zatim njihovo širenje pod dejstvom nižeg atmosferskog pritiska u višim slojevima atmosfere. Širenje vazduha dovodi i do njegovog hlađenja, što smanjuje količinu vodene pare koju može sadržati, a odbačena vodena pare se kondenzuje formirajući oblak. Na veoma niskim temperaturama, proces širećeg hlađenja počinje u vazduhu koji ima znatno manji sadržaj vodene pare, nego na uobičajenim temperaturama. Stoga, ovakvi oblaci sadrže mnogo manje vode u obliku kristala leda, koji predstavljaju početna mesta za formiranje kristala snega. Na nešto višim temperaturama, ali još uvek ispod  $0^{\circ}\text{C}$ , kristali leda se međusobno povezuju stvarajući snežne pahuljice, dok u ekstremno hladnim uslovima ledeni kristali ostaju nezavisni. Ipak, koliko god da je niska temperatura, doći će do formiranja određene, premda manje količine kristala leda, koji nalaze put do površine Zemlje, ponekad ne baš u obliku snega, već u obliku snežnih iglica, tj. tzv. "snežne magle", koja je česta pojava na Arktiku.

### **- Koja je razlika između ledene kiše, susnežice i grada?**

Ledena kiša predstavlja običnu kišu koja pada iz oblaka u obliku tečnih kapi, ali koje se zalede kada na Zemljinoj površini dođu u kontakt sa nekim predmetom čija se temperatura nalazi ispod  $0^{\circ}\text{C}$ . Ledena kiša je najčešće kratkotrajna pojava, s obzirom da se u najvećem broju slučajeva veoma brzo pretvori ili u kišu ili u sneg. S druge strane, susnežica je kiša koja pada u vidu malih komadića leda. Susnežica počinje kao kiša u nešto toplijim gornjim slojevima atmosfere, ali se vodene kapi brzo zalede prilikom prolaska kroz hladnije slojeve atmosfere koji se najčešće nalaze neposredno iznad Zemljine površine. Za razliku od ledene kiše i susnežice, grad predstavlja potpuno drugačiji način precipitacije. Naime, komadići grada koji padaju iz oblaka predstavljaju koncentrične slojeve otopljenog i rekristalizovanog snega oko kristalizacione klice, koja najčešće predstavlja običnu trunku prašine. Rast komada grada je povezan sa učestalim sudarima čestica grada u nastajanju sa prehladenom vodom (vodom koja je tečna na temperaturi ispod njene tačke mržnjenja), koja se nalazi u oblacima kroz koje lete čestice grada. Vetrovi tokom oluja, kao i kumulonimbusni oblaci mogu da izazovu prolazak komada grada u formiranju kroz atmosferske slojeve nazimenično većih i manjih temperatura tako da se u okviru svakog komadića grada formiraju naizmenični slojevi otopljenog snega i leda. Za razliku od ledenih kiša i susnežica, grad ne mora da bude zimska pojava, već se pojavljuje i leti samo ukoliko u atmosferi postoje naizmenično topliji i hladniji slojevi, a često se pojavljuje pre ili posle tornada ili velikih oluja, pa stoga pojava grada

ukazuje na nesvakidašnje vremenske prilike. Iako prosečni kamenčići grada imaju u prečniku oko 6 - 7 milimetara, oni mogu postati i mnogo veći i teži, što zavisi od debljine i broja njihovih konstitutivnih slojeva. Najveći do sada izmereni komad grada je pao u Indiji 1939. godine i bio je težak 3,4 kilograma.

### **- Zašto se zimi mostovi zalede pre puteva?**

Tokom jednog hladnog i kišnog dana, led se brže stvara na mostovima i nadvožnjacima nego na putevima iz dva razloga: pre svega, hladni vetar udara mostove sa svih strana tako da oni brzo gube toplotu, dok put gubi toplotu samo preko svoje površine. Drugi razlog je taj što je većina mostova izgrađena od čelika i betona, a to su materijali koji su veoma dobri provodnici toplote. Usled toga sva toplota prolazi kroz most do površine konstrukcije gde se prenosi na spoljašnju struju hladnog vazduha. Sa druge strane, putevi su napravljeni od asfalta koji je prilično slab provodnik toplote, što dodatno smanjuje brzinu gubitka toplote puteva. Sigurno znamo da nije isti osećaj dodirnuti asfalt i čelik tokom jednog hladnog dana. Naime, čelik veoma brzo odvodi toplotu sa naše ruke kada ga dodirnemo, pa nam je stoga mnogo hladnije ukoliko jedno vreme držimo ruku na čeličnom predmetu, nego ukoliko isto vreme provedemo dodirujući asfalt koji mnogo sporije odvodi toplotu. Takođe, temperatura mostova je veoma bliska temperaturi vazduha. Kada temperatura vazduha padne ispod nule, temperatura površine mosta će takođe vrlo brzo pasti ispod nule i kiša ili sneg će se zalediti na mostu. Zbog ove pojave se vozačima često savetuje da uspore kada se približe mostu jer led može biti nevidljiv, a i može se nalaziti ispod tankog sloja snega.

### **- Zašto se na zaleđene puteve stavlja so?**

Ako živite u mestu gde zimi pada mnogo snega i gde su putevi u to doba godine često zaleđeni, onda ste sigurno nekada videli auto-moto ekipe kako sipaju velike količine soli na zaleđeni put. Led nastaje kada temperatura vode pri normalnom, atmosferskom pritisku dostigne temperaturu od 0 °C. Međutim, voda u kojoj je rastvoreno malo soli poseduje sniženu tačku mržnjenja i povišenu tačku ključanja. Tako se na primer, desetoprocentni rastvor slane vode ledi na -6 °C, a dvadesetoprocentni rastvor slane vode na -16 °C. Sipanjem soli na zaleđeni put, ona se rastvara u vodi i snižava njenu temperaturu mržnjenja što znači da i dovodi do topljenja leda ukoliko je njegova trenutna temperatura veća od temperature mržnjenja, snižene posredstvom rastvaranja soli u ledu. Ako ste nekada posmatrali kako se led topi pod dejstvom soli, sigurno ste primetili da se led oko zrna soli skoro trenutno topi, a topljenje se dalje širi od granica zrna soli. Međutim, kada je temperatura puta niža od oko -10 °C, tada so neće ostavljati skoro nikakav efekat. Naime, čvrsta so neće moći da se dublje inkorporira u čvrstu vodu kako bi započeo proces topljenja. U tom slučaju će sipanje peska preko puta pružati bolje trenje, a time i veću vučnu snagu vozila.

### **- Ako je voda bezbojna, zašto je sneg beo?**

Vidljiva svetlost predstavlja identično prostorno i vremensko oscilovanje elektromagnetnog polja, a u zavisnosti od frekvencije oscilovanja naše oči primećuju različite boje. Za razliku od crnih tela čiji atomi i molekuli apsorbuju svu svetlost koja padne na njih, i prevode je u toplotu, odnosno energiju kretanja, tela bele boje reflektuju, odnosno odbijaju od sebe svu svetlost koja padne na njih. Voda je providna, što znači da svetlost prolazi kroz nju, ali pri tome menja svoj pravac. Ovo znamo jer kada gledamo kroz vodu sve što vidimo ispada u našim očima malo iskrivljeno. S druge strane, sneg je beo, što znači da skoro potpuno reflektuje svetlost. Sneg se sastoji iz mnogo malih kristala leda, a bela boja snega snega

nastaje kao posledica optičkih osobina kristala leda, kao i njihovog neuređenog rasporeda u snegu. Kad svetlosni foton dođe do sloja snega, on najpre prolazi kroz kristal leda na površini koji mu malo promeni pravac kretanja i pošalje ga na susedni kristal, gde mu se opet malo promeni pravac kretanja, i tako sve dok svetlosni foton ne obrne svoj smer za više od  $90^\circ$  i ne napusti sloj snega. Ovaj proces reflektovanja dešava se sa svetlosnim fotonima svih vidljivih frekvencija pa stoga sneg reflektuje svu vidljivu svetlost, a mi vidimo da je sneg beo, jer bela boja sadrži u sebi ceo spektar vidljive svetlosti sa Sunca.

### **- Da li se svetlost kreće brže kroz vodu ili kroz led?**

Indeks prelamanja nekog materijala se definiše kao odnos brzine prostiranja svetlosti kroz vakuum i brzine prostiranja svetlosti kroz dati materijal. Ukupna brzina svetlosti se smanjuje prilikom njenog prelaska iz vakuuma u sredinu koja je ispunjena atomima, a razlog tome je stalna apsorpcija i ponovna emisija svetlosnih fotona od strane pojedinačnih atoma kao i elastični sudari između fotona i elektrona prilikom kojih fotoni menjaju svoj pravac prostiranja, pa im se i smanjuje brzina kretanja u tačno definisanom pravcu. Optička gustina materijala je povezana sa prosečnim vremenom koje atomi materijala provode u pobuđenim stanjima (kao posledicama apsorbovanja fotona) pre nego što ponovo emituju apsorbovani foton koji zatim ponovo nastavlja svoj put. Naravno, što je veća optička gustina materijala, to će biti već i njegov indeks prelamanja. Pošto se i led i voda sastoje od istih molekula vode, umesto optičke gustine možemo se koristiti i običnom, atomskom gustom. Led je ređi od vode, a kao posledica toga i indeks prelamanja leda (1,31) je manji od indeksa prelamanja vode (1,33), što znači da se svetlost brže kreće kroz led nego kroz vodu. U najvećem broju slučajeva, čvrsta faza neke supstance je gušća od njene tečne faze, pa se tada i svetlost brže prostire kroz tečnu fazu. Međutim, u slučaju vode (koja je jedina poznata supstanca koja počinje da se širi pre tačke mržnjenja, tj. između  $0$  i  $4^\circ\text{C}$  pri atmosferskom pritisku), silicijuma, germanijuma, legure olovo-kalaj-antimon (koja se koristi u štamparstvu), nekih legura srebra kao i još nekih drugih supstanci, njihova čvrsta faza je ređa od tečne, pa se svetlost kroz nju kreće brže.

### **- Zašto se topla voda ponekad zaledi brže od hladne vode?**

Ukoliko bismo podjednakom brzinom počeli da oduzimamo toplotu toploj i hladnoj vodi, sasvim sigurno bi se hladna voda brže zaledila. Međutim, kada su temperature tople i hladne vode relativno bliske, topla voda koja je prethodno proključala, lako se može zalediti brže od toplije vode, a kada su temperature prethodno proključale i neproključale vode jednake, uvek će se brže zalediti prethodno proključala voda. Razlog ovoj neobičnoj pojavi je u tome što vodu tokom ključanja napušta rastvoreni vazduh u okviru gasnih mehurića. Stoga će ova voda nakon prestanka zagrevanja pošto smo je doveli do ključanja, biti siromašnija vazduhom od obične vode koja prethodno nije burno isparavala u procesu ključanja. Što je u vodi prisutno manje vazdušnih mehurića, to je toplotna provodljivost vode veća, pa će se ona i brže zalediti. Tako je toplotna provodljivost kristala leda znatno veća od toplotne provodljivosti snega u kome je uvek prisutno mnogo vazdušnih pora i šupljina. Ustvari, toplotna provodljivost snega je skoro jednaka toplotnoj provodljivosti vune, pa je snežni pokrivač stoga odličan toplotni izolator. Inače, često tokom zime dođe do pucanja cevi u vodi koja se u njima zaledila. Naime, zapremina leda je za oko 9 % veća od zapremine vode, pa stoga ledene kocke deluju pritiskom na zidove cevi, a ovaj pritisak (od oko 2400 atmosfera) je često dovoljan da dovede do pucanja materijala od koga je napravljena cev. Zimi se cevi kroz koje teče topla voda uvek rasprsnu lakše od hladnih cevi, što je osim većih temperaturskih fluktuacija, takođe posledica i opadanja koncentracije vazdušnih gasova u vodi sa njenim

zagrevanjem, a time i povećane toplotne provodljivosti ovakve vode. Takođe, prethodno zagrejana voda uvek formira i gušći led kada se dovoljno ohladi.

### **- Zašto se led brže topi u vodi nego u vazduhu?**

Ukoliko dva ista komada leda (istih temperatura) potopimo, jedan u vodu, a drugi ostavimo u vazduhu, pri čemu su voda i vazduh na istoj temperaturi, komadić leda u vodi će se znatno brže otopiti. Potrebno je da se prisetimo da je temperatura merilo srednje kinetičke energije čestica sistema, dok toplota predstavlja meru ukupne kinetičke energije čestica sistema. Stoga, ukoliko su voda i vazduh na istim temperaturama, njihove čestice poseduju jednake srednje (tj. prosečne) kinetičke energije, ali je voda toplija jer je gušća od vazduha, pa time poseduje više čestica, a time i veću ukupnu kinetičku energiju čestica sistema. Kada ubacimo led u vodu ili ga okružimo toplijim vazduhom, okolni molekuli (vode ili vazduha) počinju da se sudaraju sa molekulima vode u ledu. Kao što kada se sudare dve bilijarske kugle, dolazi do usporavanja brže, a ubrzavanja sporije kugle (pri čemu važe zakoni održanja energije i impulsa), ista stvar se dešava i prilikom sudaranja atoma i molekula. Tako se molekuli vode u ledu ubrzavaju, a okolni molekuli usporavaju, što opisujemo kao prenos toplote sa toplijeg na hladnije telo. Kada molekuli vode u kristalnoj rešetki leda dobiju dovoljno velike kinetičke energije, oni mogu da savladaju privlačnu potencijalnu energiju koja ih drži vezane u kristalnoj rešetki leda i da pređu u fluidno, tečno stanje. Pošto je voda gušća od vazduha, ona je i toplija, pa će se stoga i proces topljenja leda mnogo brže odigravati u vodi nego u vazduhu.

### **- Kako možemo da otopimo led bez zagrevanja?**

Da bismo otopili 1 gram leda koji poseduju temperaturu od 0 °C, moramo mu predati 80 kalorija toplote. Podsetimo se da je kalorija količina toplote koju je potrebno predati jednom gramu vode da bi se on zagrejao za jedan stepen (tačnije od 15,5 °C do 16,5 °C), a jednaka je energiji od 4,184 Džula. Stoga, istih 80 kalorija toplote kojih moramo dati 1 gramu ledu da bi se otopio, možemo da potrošimo za zagrevanje jednog grama tečne vode od temperature od 20 °C pa do samog ključanja (na 100 °C). Sa toplotom kojom bismo otopili samo jedan kubni santimetar leda, možemo npr. rashladiti za 1 °C 240 litara vazduha. Međutim, led možemo otopiti i bez zagrevanja. Da bismo to izveli, potrebno je da na komad leda delujemo pritiskom. Naime, led sa temperaturom od -1 °C se topi pod pritiskom od 130 kg/cm<sup>2</sup> (na Zemlji, naravno), dok se led temperature od -20 °C topi pod pritiskom od 2000 kg/cm<sup>2</sup> (opet na Zemlji). Sličan efekat topljenja leda pod pritiskom postižemo svaki put kada se klizamo sa klizaljka na ledu. Naime, pritisak kojim deluje telo svojom težinom na podlogu zavisi osim od mase tela i od dodirne površine između tela i podloge. Što je manja ova površina, to će pritisak kojim deluje telo na podlogu biti veći. Tako se pod dejstvom težine klizača, kao i izuzetno male površine oslonca klizaljke (odnosno, pod dejstvom pritiska) topi mali sloj leda, a nastali tanki sloj vode zapravo i omogućava klizanje pri kome postoji tačno onoliko trenja koliko je potrebno da bi klizač mogao da kontroliše svoje kretanje. Naime, po ledu koji je gladak kao staklo, klizač se ne može ni pomaći sa mesta jer nema skoro nimalo trenja koje je neophodno da bi se ubrzao, dok po stvarnom ledu klizač može da razvije brzinu jednog brzog voza. Takođe, ukoliko zaledimo vodu koja se nalazi pod pritiskom od 2000 atmosfera dobićemo led koji je teži u vodi i stoga ne pluta na površini vode, već u njoj tone. Slično ovome, ako pritisak u vodi povećamo do 20 000 atmosfera i zatim takvu vodu zaledimo, dobićemo led koji osim što će biti teži od vode, topiće se tek na 80 °C. Takav, tzv. vrući led ne možemo čak ni u ruci da držimo, jer on veoma brzo upija toplotu sa okolnih tela. Ovakve vrste leda ne nalazimo u prirodi, premda se smatra da ovakav

led možda i postoji na nekoj dubini Zemljine kore gde je pritisak veliki, a temperatura još nedovoljno visoka.

### **- Da li voda može da proključa bez zagrevanja?**

Voda počinje da ključa u onom trenutku kada se pritisak njene pare izjednači sa okolnim pritiskom. Pri normalnom atmosferskom pritisku (101 325 Paskala), voda ključa na 100 °C. Ali, ako se smanji pritisak u okolini, voda će proključati na nižoj temperaturi. Opšte je pravilo da na svakih 160 metara visine, temperatura ključanja vode opada za po jedan stepen Farenhajtove skale. Tako će voda na planini visokoj 4 kilometra, ključati na 86 °C, jer sa povećanjem visine dolazi i do opadanja atmosferskog pritiska i to po eksponencijalnoj zavisnosti. Ukoliko postavite vodu u oblast izuzetno niskog pritiska, ona će proključati bez zagrevanja. Ako imate vakuum pumpu, to možete i proveriti. Izvlačite vazduh iz hermetički zatvorene posude u kojoj se nalazi voda i jednog trenutka ona će proključati bez ikakvog zagrevanja. To znači da kada kuvate čaj na vrhu planine, ključala voda neće biti isto tako vrela kao voda koja možda baš sada ključa na šporetu u vašoj kući. Možda ste nekada primetili da su na nekim kesicama sa jelima koja zahtevaju kuvanje napisani posebni recepti za pripremanje jela na visokim nadmorskim visinama. Razlog tome je to što kuvanje hrane na visokim planinama zahteva duže kuvanje usled niže temperature ključale vode. S druge strane, lonci pod pritiskom izvide suprotan efekat. Oni povećavaju vazdušni pritisak u lonci pa voda ključa na višoj temperaturi. Ključala voda je tada toplija pa i kuvanje može trajati kraće.

### **- Zašto kapi vode tako polako padaju sa vrha krova?**

Svi neutralni atomi i molekuli imaju tu osobinu da se privlače kada su malo razmaknuti, a da se odbijaju kada se isuviše približe jedan drugom tako da im se elektronski oblaci preklape. U osnovi ovog privlačnog dejstva su Van der Valsove (tj. međumolekulske) sile, koje su električne prirode i opisuju interakcije između dva dipola, tj. dva tela čija raspodela naelektrisanja nije sferno simetrična, premda im je ukupno naelektrisanje jednako nuli. Ova interakcija i privlačenje neutralnih molekula je utoliko veće ukoliko je dipolni momenat ovih molekula veći. Pošto su molekuli vode visoko polarni, oni se usled Van der Valsove interakcije, kao i usled formiranja vodoničnih veza između atoma vodonika i kiseonika iz različitih vodenih molekula, veoma dobro vezuju jedni za druge. Ukoliko postavite čašu napunjenu sa vodom u bestežinsko stanje, voda će napuštati unutrašnjost čaše tako što će se kretati duž zidova čaše i zatim preko stola, a razlog tome je upravo dominacija međumolekulskih sila u odnosu na silu gravitacije koja je u bestežinskom stanju zanemarljivo mala. Međutim, ako izolujete vodu od čaše, onda će sva voda težiti da obrazuje sferu. Pošto se na dodirnoj površini između vode i druge sredine (npr. vazduha) obrazuje napon (tzv. površinski napon), voda teži da minimizira ovaj napon, tj. da smanji površinu što je moguće više, odnosno da zauzme oblik lopte (sfere). Postojanje ovih međumolekulskih sila između molekula vode može se potvrditi i ukoliko prepunite čašu vode za nekoliko milimetara iznad vrha čaše. Voda se neće preliti upravo zbog privlačne sile između molekula vode. Ukoliko je privlačna sila između molekula vode i molekula sa površine plafona veća od privlačne sile između samih molekula vode, tada će voda kvasiti plafon (kada ne bi bilo gravitacije sva voda sa krova bi se lepila za površinu plafona). U suprotnom slučaju, plafon će ostati suv (kada ne bi bilo gravitacije, voda bi tada obrazovala sferne kapljice i ne bi kvasila plafon). Međutim, u prisustvu gravitacije, situacija se menja. Naime, sila gravitacije koja teži da odvoji kapi vode od plafona i spusti ih na Zemlju, zavisi od zapremine kapi pa je stoga proporcionalna sa trećim stepenom poluprečnika kapi. S druge strane, privlačna sila između molekula vode i

molekula sa površine krova (tj. plafona) zavisi od dodirne površine između kapi i krovom, pa je proporcionalna sa kvadratom poluprečnika kapi. Pošto će sa rastom kapi, tj. sa povećanjem njenog poluprečnika, sila gravitacije brže rasti od međumolekulskih sila, jer treći stepen poluprečnika raste brže od kvadrata, i kap vode će se u jednom trenutku odlepiti od krova i početi da pada ka Zemlji.

### **- Koliko može biti jak mlaz vode?**

Mlaz vode može biti toliko snažan da se njime može seći metal, što se i koristi u abrazivnim mlaznim mašinama. Vodeni mlazovi u ovakvim mašinama su sposobni da seku razne stvari jer je pritisak vode u mlazu oko 30 puta veći od pritiska vode u mlazu uličnih čistača, a i vodeni sprej se kanališe kroz veoma uski otvor kako bi mlaz bio što koherentniji. Vodeni mlazovi niskog pritiska su prvi put korišćeni u rudnicima zlata u Kaliforniji sredinom 19. veka. Početkom 20. veka počeli su da se koriste topli i parni vodeni mlazovi za čišćenje, a vodeni mlazovi veoma visokog pritiska za sečenje materijala ušli su upotrebu osamdesetih godina 20. veka. Vodeni mlazovi mogu lako seći mermer, granit, metale, plastike, kamenje, drvo, pa čak i čelik, a prednost u odnosu na metalne rezače im je ta što se ne pregrevaju i ne mogu da otupe. Naučnici sa Univerziteta Berkli u Kaliforniji napravili su hemijsku supstancu koja se zove super-voda i koja se dodaje običnoj vodi kako bi dodatno povezivala molekule vode i tako stvarala još koherentniji mlaz. Uz pomoć ovog dodatke sa jednim ovako snažnim mlazom može se skinuti kora drveta sa rastojanja od 12 metara.

### **- Zašto dolazi do povećanja mlaza vode kada prstom delimično poklopimo otvor creva?**

Na osnovu zakona o održanju materije (koji se može primenjivati samo u ovakvim makro-kosmičkim slučajevima kada je pretvaranje mase u energiju zanemarljivo malo), ukoliko određena količina vode dospe iz slavine u crevo, ista količina vode mora ili oticati kroz izlazni otvor ili se akumulirati u crevu. Pošto se baštenska creva prave od krute plastike koja ne može da se širi i na taj način akumulira vodu u sebi, onda sva voda koja uđe iz slavine u crevo, mora i izaći iz njega. Kada stavimo prst na vrh creva, smanjujemo veličinu prostora kroz koji teče voda. Pošto ista količina vode mora da ističe iz creva i pre i posle delimične blokade njegovog izlaznog otvora, voda mora oticati brže, a usled veće brzine čestica vode, njihov domet takođe postaje veći.

### **- Kako možemo da savijamo mlaz vode?**

Uzmite jedan plastični lenjir, češalj ili gumenu šipku, protrljajte je komadićem vunene tkanine i prinesite tankom mlazu vode koji ističe iz slavine. Mlaz će se saviti ka našem predmetu jer on privlači vodu. Naime, molekuli vode su bipolarni, što znači da iako je svaki molekul vode u celini neutralan, jedan njegov kraj (oko atoma kiseonika) je nešto malo negativno naelektrisan, dok je suprotni kraj molekula (dva kraja oko atoma vodonika) nešto malo pozitivno naelektrisan. Kada neki gumeni ili plastični predmet protrljamo vunenom tkaninom, pod dejstvom trenja dolazi do izbijanja određenog broja elektrona iz atoma koji su izloženi međusobnom kontaktu, pa će se kao rezultat toga, naš predmet naelektrisati. Ukoliko se naelektriše pozitivno i drži pored mlaza vode, negativni krajevi molekula vode će biti privučeni ka pozitivno naelektrisanom predmetu dok će pozitivni krajevi molekula biti odbijeni (ista stvar će se desiti kada se predmet naelektriše negativno, samo će tada pozitivni krajevi molekula vode biti privučeni). Stoga će se molekuli okrenuti tako da njihovi negativni krajevi budu bliže pozitivno naelektrisanom predmetu. Električna sila između naboja opada

kada se rastojanje između naboja povećava i to srazmerno kvadratu rastojanja kako nam kaže Kulonov zakon. Pošto su se sada molekuli vode okrenuli tako da su njihovi negativni krajevi bliže pozitivno naelektrisanom predmetu, privlačne sile između negativnih krajeva molekula i pozitivnog predmeta će biti veće od odbojnih sila između udaljenijih pozitivnih krajeva molekula i predmeta, a vodeni mlaz će stoga, skretati ka predmetu. Ovaj eksperiment se posebno efektno izvodi pri niskoj vlažnosti vazduha, što znači da tokom letnjeg dana neće uspjeti tako dobro kao tokom nekog hladnijeg dana. Naime, pri veoma suvom vazduhu, mlaz vode se može saviti i samo prstom. U tom slučaju, popnite se na jak stakleni sud (koji deluje kao izolator), protrljajte ruku vunenom tkaninom, približite prst mlazu vode i mlaz će se saviti ka nama.

### **- Kako se voda penje do slavine?**

Većina modernih gradova poseduje po jedan ili nekoliko vodenih tornjeva u kojima se čuva stotine hiljada litara čiste, pijaće vode koja se uz pomoć snažnih pumpi skladišti u njima. Ukoliko napunimo čašu ili kofu sa vodom i zatim probušimo jednu rupu na sudu, sva voda iznad nivoa rupe će isteći kroz otvor. Razlog tome je što voda iznad rupe pritiska svojom težinom vodu ispod sebe i istiskuje je kroz otvor. Što je veća visina vodenog stuba iznad nivoa rupe, to će biti veći pritisak koji deluje na vodu u okolini rupe, pa će i voda brže isticati kroz otvor. Iz dna vodenog tornja napunjenog vodom izlazi jedna cev koja se zatim grana u mnogo cevi od kojih svaka donosi vodu pod pritiskom kućama i zgradama u gradu. Kada nivo vode u vodenom tornju počne da opada, pumpe nastavljaju da dopunjuju toranj sa vodom tako da u njemu postoji uvek isti pritisak na izlaznoj cevi, odnosno tako da je uvek isti nivo vode u njemu. Kada se ovo ne bi radilo, tada bi voda u slavini usled nedostatka pritiska vode počela da ističe sporije, pa bi na kraju i prestala da ističe što se često dešava kada nam nestane voda u kući. Što dalje voda putuje kroz cevi, to će se njen pritisak smanjivati usled trenja (odnosno zagrevanja zidova cevi), kao i usled prolaska kroz krivine koje usporavaju tok vode, pa joj tako smanjuju i pritisak. Voda takođe gubi pritisak kada počne da se penje naviše. Iznad neke granice, voda određenog pritiska ne može više da se penje u visinu bez pomoću pumpi. Kada odvrnemo slavinu, mi zapravo otvaramo ventil kroz koji voda, spontano se krećući iz oblasti većeg u oblast nižeg pritiska (kao i sve druge materijalne čestice u prirodi) savladava nadole usmerenu silu gravitacije i počinje da curi ili teče.

### **- Zašto se mlaz vode iz slavine sužava dok pada?**

Količina vode koja protiče kroz poprečni presek mlaza zavisi od tri faktora. Prvi faktor je veličina samog poprečnog preseka. Naime, što je veća površina poprečnog preseka, veća količina vode će proticati u jedinici vremena. Drugi faktor predstavlja brzina vodenog toka. Naravno, što je veća brzina, više vode ističe. Treći faktor je gustina fluida (tj. vode), a usled turbulencije, ona može varirati od tačke do tačke. Ako, ipak, pretpostavimo da je gustina vode u svim tačkama mlaza jednaka, onda možemo da zaključimo da će proizvod površine poprečnog preseka i brzine isticanja vode biti jednak na bilo kojoj visini mlaza. Pošto smo primetili da je mlaz uži na manjim visinama od lavaboa, to je i površina poprečnog preseka mlaza manja u delovima mlaza koji su bliži lavabou nego slavini. Da bi gornja jednakost i dalje važila, sa smanjenjem površine poprečnog preseka mora se povećati brzina mlaza, što se stvarno i dešava. Naime, pod dejstvom gravitacije, molekuli vode se ubrzavaju ka lavabou pa se stoga i brzina mlaza povećava sa njegovim padanjem. Stoga, možemo reći da upravo Zemljina gravitacija uzrokuje sužavanje vodenog mlaza.

## **- Da li smer u kome se okreće ističuća voda u lavabou zavisi od hemisfere na kojoj se nalazimo?**

Smer okretanja vode u lavabou uzrokovan je Koriolisovim efektom pod dejstvom rotacije Zemlje oko svoje ose, a skromniji tip istog ovog efekta možemo proizvesti i kod kuće ukoliko čanče sa vodom postavimo na obrćući sto koji smo prethodno podesili da se obrće u pravcu suprotnom kretanju kazaljke na satu, odnosno u istom smeru u kome se obrće Zemlja posmatrano na severne hemisfere Zemljine lopte. Voda sa dna čančeta će se okretati u pravcu suprotnom kazaljci na satu brže nego voda sa površine, što će davati vodi iz čančeta posmatranoj odozgo očigledan izgled obrtanja u pravcu kretanja kazaljke časovnika. Međutim, ukoliko pogledate vodu iz posude odozdo, što odgovara posmatranju sa južne hemisfere, izgledaće vam kao da se voda okreće u pravcu suprotnom obrtanju kazaljke na satu. Isto tako, rotacija Zemlje teži da ubrzava vodu koja otiče kroz lavabo u smeru obrtanja kazaljke na satu na severnoj hemisferi, a u smeru suprotnom kretanju kazaljke na satu u južnoj hemisferi. Međutim, u stvarnosti najčešće možemo zanemariti Koriolisov efekat, jer su lokalne neoppravnosti kretanja, struje vazduha, početni ugaoni momenti molekula vode, kao i male asimetrije u obliku lavaboa, ili zaostale kapi vode u njemu, dovoljno veliki uzroci da premaše uticaj Koriolisovog efekta i dovedu do slučajnog smera okretanja ističuće vode. Ukoliko bi se svi ovi spoljni uticaji mogli eliminisati, Koriolisov efekat bi zaista doveo do toga da se ističuća voda uvek okreće u suprotnim pravcima u severnoj i južnoj hemisferi. Koriolisov efekat je takođe, zaslužan zašto cikloni, odnosno vazdušne struje koje se obrću u pravcu kazaljke na satu, postoje na severnoj hemisferi, dok anticikloni, odnosno suprotno rotirajuće vazdušne mase, postoje samo u južnoj hemisferi Zemljine lopte.

## **- Zašto se zavesa iznad kade pomera ka mlazu vode?**

Ukoliko ste se tuširali u kadi kod koje je pravac mlaza vode približno paralelan sa ravni prostiranja zavese, verovatno ste mogli da primetite naizgled neobičan efekat povremenog pomeranja zavese ka vodi iz tuša. Iako uzrok ovoj pojavi još uvek nije u potpunosti razjašnjen, postoje dve dominantne teorije zasnovane na principima Bernulijevog efekta i sile potiska. Bernulijev efekat kaže da sa ubrzavanjem fluida dolazi do pada njegovog pritiska, ali pri tome ovaj efekat ne dopušta prisustvo kapljica, pa se stoga verovatno i ne može povezati sa pojavom skretanja zavese u tuš kabini. Teorija potiska smatra da vruć tuš povećava temperaturu okolnog vazduha, a time i smanjuje njegovu gustinu. Na taj način, na nekoj određenoj visini, pritisak vazduha iznad kade postaje niži od pritiska vazduha van nje, što dovodi do kretanja vazduha iz oblasti višeg u oblast nižeg pritiska, pa je ovako, difundujući vazduh i odgovoran za pomeranje zavese. Jedini problem u vezi sa ovim objašnjenjem je taj što bi onda zavesa trebalo da se pomera ka spolja kada se tuširamo sa hladnom vodom, a nismo baš sigurni da se ova analogna, a suprotno usmerena pojava dešava. Ipak, kompjuterske simulacije su zaista pokazale da sprej (tj. raspršene vodene čestice, što je dobra aproksimacija za vodu iz tuša) zaista stvara jedan vir niskog pritiska koji rotira normalno na položaj zavese i predstavlja očigledan dokaz teorije potiska, naravno u slučajevima kada je zavesa lagana, a mlaz vode jak.

## **- Kako se prave mehurovi od sapunice?**

U jednoj maloj kapljici vode, molekuli formiraju loptastu zapreminu, jer se na taj način formira najmanja slobodna površina tela, što odgovara energetski najstabilnijem stanju. Naime, molekuli vode u jednoj kapi se međusobno privlače, što ih i održava spojenim, ali



molekuli sa površine kapi imaju višak energije jer nisu sa svih strana okruženi sa istorodnim molekulima. Ovaj višak energije se naziva površinskim naponom tečnosti i predstavlja uzrok pojave tanke opne koja kao da ne da kapi vode da se rasprši, već održava sve molekule u okviru sfere. Međutim, kada dodamo malo sapuna ili deterdženta u vodu, na taj način dodatno povećavamo površinski napon tečnosti, jer uvodimo dugačke molekule sapuna koji poseduju polarne vrhova (kojima privlače molekule vode) i nepolarne repove (kojima odbijaju molekule vode), te usled toga u vodenoj smeši (a i bez nje) formiraju veoma uređenu, praktično tečno-kristalnu strukturu (slično ćelijskim membranama). Pod dejstvom još većeg površinskog napona, odnosno formiranja još snažnijih veza između molekula u okviru smeše deterdženta i vode, ova smeša je u stanju da umesto formiranja kapi zahvati vazduh unutar sebe i da oko vazduha formira tanak film. Kada umočimo štapić sa okruglim vrhom u vodeni rastvor sapuna i zatim ga izvadimo na vazduh, vidimo da se formirao tanak tečni film duž kruga drške. Duvanjem u ovu tanku opnu, ona se povija unapred i usled dovoljno velikog površinskog napona tečnosti, opna će pre da se spoji sama sa sobom tako da formira mehur napunjen vazduhom nego što će da se rasprsne. Površinski napon tečnosti tada biva ravnomerno raspoređen duž površine mehura. Često se na ovim mehurovima presijavaju dugine boje. Naime, njihova površina reflektuje Sunčevu svetlost pri čemu usled zakrivljenosti površine mehura dolazi do konstruktivne interferencije (preklapanja brega talasa sa bregom drugog talasa tako da nastaje rezultujući talas pojačanog intenziteta, pa boja ovih talasa dominira nad drugim uglavnom destruktivno interferiranim talasima) nekih boja, a najčešće plave ili zelene koje imaju manju talasnu dužinu od npr. žute i crvene boje, pa se stoga i bolje reflektuju. Inače, ukoliko želite da napravite mehuriće od sapunice koji će moći i da padnu na tepih, a da pri tome voda iz opne ne ispari u tolikoj meri da se mehur rasprsne, dodajte u vodu malo glicerina, koji ima sposobnost da sprečava isparavanje vode, pa da stoga i duže čuva molekule vode u okviru mehurića.

### **- Zašto sa dodavanjem običnog sapuna u vodu za kupanje nestaju mehurići iz penaste kupke?**

Tečnost koja se dodaje u vodu radi pravljenja penaste kupke, slično običnom sapunu ili deterdžentu predstavlja površinski agens, što znači da se sastoji od dugačkih molekula za koje se obično kaže da se sastoje od polarne vrha i nepolarnog repa. Pošto je uvek polaran, vrh površinskih agenasa može biti pozitivno (katjonski) ili negativno (anjonski) naelektrisana, te stoga on privlači vodu (hidrofilan je), dok je rep odbija (hidrofoban je). Usled ovih osobina, ove supstance imaju osobine da sjedinjene sa vodom formiraju mehurove kao entitete visokog površinskog napona, kao i da se svojim dugačkim hidrofobnim repovima uvlače u slične molekulske lance koje čine molekuli masti (molekuli sapuna se dobijaju zamenom karboksilne grupe polarnog vrha molekula masti sa nekim metalnim katjonom ili halogenim anjonom), pa tako razbijaju njihove grupacije i pojedinačne molekule masti okružuju malim prstenovima (micelama), što onemogućava ponovnu depoziciju masti, a ovako uhvaćene masti se zatim lakše spiraju vodom. Međutim, za pravljenje penaste kupke u kadi se koriste katjonski površinski agensi, jer je njihova sposobnost penušavosti znatno veća od anjonskih agenasa, dok, s druge strane, sapune kao anjonske deterdžente karakteriše bolja sposobnost inkorporiranja u molekule masti, pa time i bolja sposobnost čišćenja. Kada ova dva tipa molekula dođu u kontakt, njihovi različito naelektrisani molekulski vrhovi se privlače, što dovodi do nestajanja tečno-kristalnih mehurastih struktura i do formiranja smeše ova dva tipa površinskih agenasa. Kada su pomešane u odnosu 1:1, ovakve smeše se neće uopšte peniti, a neće nimalo ni pomagati u skidanju masti sa tela. Sličan efekat se donedavno dešavao u svim pokušajima pravljenja *2-in-1* šampona koji bi osim sapuna sadržavali i izvesni preparat za negu kose, jer usled prisustva polarosti različitog znaka na njihovim krajevima, dolazi do

gubljenja efekta sastojka zastupljenog u manjoj količini. Ipak, danas postoji niz patentiranih načina da se losion očuva odvojen od šampona pre nego što se kosa ispere od šampona.

### **- Zašto je voda iz kupatila hladnija od vode iz kuhinje?**

Neki ljudi smatraju da kuhinjska vodovodna slavina pruža vodu najboljeg kvaliteta, dok neki opet misle da je najbolja voda u dispenceru frižidera, i pored toga što ona potiče iz istih cevi kao i voda iz kuhinjske slavine, a svi su se najčešće slagali da je voda iz kupatila najslabijeg kvaliteta. Ipak, istraživanja su pokazala da su kuhinjska voda i voda iz kupatila istog kvaliteta. Ukoliko i kuhinjske i kupatilske vodovodne cevi potiču od istog proizvođača, voda će najverovatnije, na oba mesta verovatno biti istog kvaliteta. Ipak, razlika u ukusu je skoro očigledna, a razlog ovome je u tome što se kuhinje u većini kuća nalaze najdalje od izvora vode. Kako bi se smanjili troškovi, većina merača protoka vode se postavlja najbliže kupatilu, jer u njemu i u njegovoj okolini ima najviše cevi. U poređenju sa kupatilom, kuhinje imaju znatno manje cevi i stoga se nalaze dalje od merača protoka. Temperatura vode koja duže stoji u cevima će se povećati usled grejanja od strane raznih okolnih kućnih instalacija, pa će stoga i voda koja izlazi kroz kuhinjsku slavinu biti toplija od vode iz kupatila. Ukoliko je temperatura koju pokazuje termostat jednaka 21 °C, onda će i temperatura vode u cevima biti bliska toj temperaturi, dok će voda ispod nivoa zemlje imati temperaturu od oko 12 °C. Tokom zimskih meseci, temperatura vode obično padne na oko 7 °C. Inače, istraživanja su pokazala da su ljudi u stanju da primete razliku u temperaturi vode od najviše jednog i po stepena.

### **- Zašto je otpor vode veći kada ruku spuštamo u nju brzo, nego kada je spuštamo polako?**

Kao što sa lakoćom možemo izbaciti ruke kroz prozor automobila koji se kreće brzinom od oko desetak kilometara na čas, a nije preporučljivo ovo isprobavati u kolima koja se kreću znatno većim brzinama, isto tako čestice bilo kog fluida (u našem slučaju vode ili vazduha) pružaju veći otpor pri kretanju tela većih brzina kroz njih. Zapravo, otpor kretanju se povećava srazmerno kvadratu brzine tela, pa se npr. dvostrukim povećanjem brzine tela, otpor povećava četiri puta. Ukoliko gore razmotreni automobil poveća brzinu kretanja sa 10 na 100 kilometara na čas, otpor će se povećati za  $(100/10)^2$ , tj. za tačno 100 puta, pa će i sila koja deluje na telo u pravcu suprotnom od pravca kretanja biti veća za 100 puta. Prelaz od nežnog do brzog kretanja ruke kroz vodu je samo još jedan primer uticaja brzine tela na otpor fluida.

### **- Da li se brže pliva ili roni?**

Plivači znaju da je plivanje pod vodom znatno brže od plivanja na površini, jer turbulencije koje nastaju na površini vode povećavaju trenje i usporavaju plivača. Plivanje pod vodom dozvoljava znatno efikasniji transfer impulsa ka vodi (što u skladu sa Njutnovim zakonom akcije i reakcije stvara takođe i bolji prenos impulsa sa vode na plivača, zahvaljujući čemu se plivač i kreće kroz vodu), pa se manje energije potroši na prskanje vode. Na svim plivačkim takmičenjima, i u svim stilovima, broj zamaha pod vodom je iz ovog razloga ograničen, pa se često dešavaju diskvalifikovanja takmičara usled većeg broja zamaha pod vodom nego što je to dozvoljeno, a greške se najčešće dešavaju prilikom okreta. Pravila u vezi ronjenja prilikom okreta zavise od vrste stila. Tako npr. u slobodnom, leđnom i baterflaj stilu nije dozvoljeno podvodno plivanje duže od 15 metara nakon okreta, dok kod prsnog stila, nakon okreta nije dozvoljeno više od po jednog odbacivanja rukama i nogama pre nego što se izroni na površinu.

## **- Čemu služi hlor u bazenima?**

Hlor je hemijski element koji se koristi za dezinfekciju vode u bazenima za kupanje. Hlor koji se na sobnoj temperaturi nalazi u gasovitom stanju, najčešće se koristi i za dezinfekciju pijaće vode u kojoj se nalazi prisutan u manjoj koncentraciji (između 0,2 i 3 milionita dela u zavisnosti od nivoa zagađenosti vode) nego u vodi u bazenima (oko 3 milionita dela). Rastvor hlora koji se sipa u vodu razlaže se na nekoliko različitih hemijskih jedinjenja, uključujući hipohlorastu kiselinu (HClO) i hipohloratni jon (ClO<sup>-</sup>), koji uništavaju bakterije, alge i druge mikroorganizme, napadajući masti u njihovim ćelijskim zidovima i razarajući njihove enzime i druge ćelijske proteine putem oksidacije. Razlika u delovanju hipohloraste kiseline i hipohlorastog jona je u brzini kojom uništavaju bakterije. Dok je hipohlorasta kiselina u stanju da oksiduje sve mikroorganizme u bazenu za nekoliko sekundi (naravno ako je primenjena u dovoljnoj količini), hipohlorastom jonu je potrebno oko pola sata. Koncentracije hipohloraste kiseline i hipohloratnog jona zavise od pH tečnosti u bazenu. Ako je pH isuviše velik, neće biti prisutna dovoljna količina hipohloraste kiseline, čija je brzina dezinfikovanja oko 2000 puta veća od brzine dezinfikovanja hipohloratnog jona i kao posledica toga, dezinfekcija će potrajati nešto duže. Idealna vrednost pH je između 7 i 8 (7,4 je idealan pH, što je jednako pH vrednosti ljudskih suza), jer je tada koncentracija hipohloraste kiseline najveća, pa će se i proces dezinfekcije odigrati najbrže. Pošto HClO i ClO<sup>-</sup> očiste bazen, dolazi do njihove reakcije sa drugim jedinjenjima (npr. amonijakom) ili do razlaganja do pojedinačnih atoma (ovaj proces se odigrava brže u prisustvu Sunčeve svetlosti), što u svakom slučaju čini hlor neškodljivim, ako zanemarimo to što naši kupaci kostimi pod dejstvom hipohloratnog jona često postanu belji nego što su bili (posebno ukoliko ih ne isperemo odmah nakon izlaska iz bazena) kada smo ih kupili. Međutim, radi održavanja čistoće kupaće vode, potrebno je stalno dodavanje hlora, usled konstantne razgradnje njegovih dezinfikujućih jedinjenja.

## **- Ako se voda sastoji iz vodonika i kiseonika, zašto ne možemo da dišemo pod vodom?**

Važna osobina hemijskih jedinjenja je ta da ukoliko dva ili više hemijskih elemenata reaguju na određen način nastaje hemijsko jedinjenje koje ne mora imati nijednu zajedničku osobinu sa svojim konstitutivnim elementima. Tako, npr. različitim reakcijama između ugljenika, vodonika i kiseonika mogu nastati npr. glukoza, fruktoza ili neki drugi šećeri, neka mast, sirće, a možda i neki alkohol, aldehid, keton ili estar. Sva ova rezultujuća jedinjenja poseduju potpuno različite hemijske osobine iako su sastavljena od istih hemijskih elemenata. Naime, osnovna osobina hemijskih jedinjenja je ta da se u njima ne moraju zadržavati karakteristike jedinjenja ili elemenata iz kojih je ono nastalo. Premda se voda sastoji iz atoma kiseonika i atoma vodonika, ovakav kiseonik ne možemo udisati jer je svaki atom kiseonika čvrstom kovalentnom vezom vezan za dva atoma vodonika u molekulu vode, dok je jednom slabijom vodoničnom vezom vezan sa još jednim molekulom vodonika iz susednog molekula vode. Kiseonik koji koriste hladnokrvne ribe putem škrga ne potiče iz pojedinačnih molekula vode, već iz vazdušnih gasova rastvorenih u vodi, slično rastvoru gasovitog ugljen dioksida u gaziranim pićima. Za razliku od hladnokrvnih riba sa škrgama, toplokrvne ribe, kao npr. kitovi, udišu kiseonik iz vazduha isto kao i mi, jer su im potrebne znatno veće količine kiseonika koga je u vodi oko 20 puta manje nego u vazduhu.

## **- Da li se menja žižna daljina sočiva kada se ono potopi u vodu?**

Sočiva predstavljaju transparentne, tj. providne optičke naprave koje menjaju osobine svetlosti koja prođe kroz njih. Tako se različiti tipovi sočiva koriste u različite svrhe. Konveksna sočiva uzrokuju konvergenciju paralelnog svetlosnog snopa u žiži, dok konkavna sočiva divergiraju paralelan snop svetlosti. Sva sočiva rade na principu refrakcije, tj. prelamanje svetlosti, odnosno menjanja njenog pravca prostiranja, a sam ugao refrakcije zavisi od razlike u brzini svetlosti u sočivu i u okolnoj sredini. Brzina svetlosti je veća u vazduhu nego u vodi, a najmanja je u materijalu od koga je napravljeno sočivo, pa kada sočivo potopimo u vodu, razlika između brzine svetlosti u sočivu i u okolnoj sredini je manja nego kada je sočivo u vazduhu, pa će žižna daljina sočiva u vodi biti veća nego na vazduhu.

### **- Da li postoje neke supstance čija se rastvorljivost u vodi smanjuje sa zagrevanjem?**

Ukoliko prelistamo bilo koji priručnik iz hemije, možemo lako pronaći mnoštvo supstanci koje se lakše rastvaraju u hladnoj, nego u toploj vodi, a nekoliko primera bi mogli biti: cerijum sulfat, amonijum bromoplatina, kalcijum hidroksid, lutecijum sulfat oktahidrat, natrijum hidroksistanat, natrijum selenat, natrijum divodonik pirofosfat heksahidrat, itrijum sulfat oktahidrat, iterbijum sulfat, kao i praktično sve supstance koje su gasovi na običnim temperaturama kao npr. azot, kiseonik, vodonik, helijum, ugljen dioksid ili amonijak. Upravo ovaj tip razlike u rastvorljivosti na različitim temperaturama se odnosi na većinu buke koju proizvodi vaš lončić za čaj pre nego što voda u njemu provri. Naime, vazduh rastvoren u hladnoj vodi, ne može da ostane više u njoj, jer mu je rastvorljivost opala sa povećanjem temperature vode, pa stoga u g(l)asnim mehurovima izleće iz vode. Kada voda postane dovoljno topla i počne da brzo isparava, skoro svi rastvoreni gasovi su je napustili. Kuhinjska so je npr. samo 10 % više rastvorna u ključajućoj nego u ledenoj vodi. Ova naizgled neobična osobina nekih supstanci očigledna je posledica tzv. termodinamičkog "pravila palca", koje glasi da ako se izdvaja toplota prilikom rastvaranja neke supstance, onda će se ta supstanca bolje rastvarati u hladnoj, nego u toploj vodi. Ovo termodinamičko pravilo je, inače, direktna posledica poznatog LaŠateljeovog principa, a odnosi se samo na supstance koje su stabilne u prisustvu vode.

### **- Kako voda može da provodi električnu struju?**

Relativna dielektrična propustljivost vode je jednaka 80, što znači da je električno polje u njoj čak 80 puta slabije nego u vakuumu. Stoga, za vodu često kažemo da je dielektrik, odnosno izolator, pa stoga ni ne provodi električnu struju. Uzrok ove njene osobine je u strukturi molekula vode. Naime, za razliku od metala čiji atomi poseduju slabo vezane elektrone koji se kada je metal u čvrstom stanju mogu šetati od atoma do atoma, pa stoga i provode struju, molekuli vode poseduju znatno čvršće vezane elektrone u svojoj strukturi za čije je odvajanje iz molekula potrebna veoma velika energija, pa se stoga samo velika pražnjenja mogu dešavati kroz vodu, slično kao i kroz vazduh. Međutim, u vodi uvek postoje rastvoreni minerali i neke druge supstance. Naime, čak i kada iz prirodne mineralne vode putem destilacije (isparavanja, pa zatim kondenzacije vode dok rastvoreni minerali znatno teže isparavaju pa stoga i ostaju u početnom sudu) izolujemo potpuno čistu (tzv. destilovanu) vodu, nakon nekoliko sekundi stajanja na vazduhu, u njoj će se rastvoriti velika količina molekula ugljen dioksida i kiseonika iz vazduha, što će vodu učiniti blago kiselom (zbog prisustva ugljene kiseline nastale usled rastvaranja ugljen dioksida u vodi), pa time i spremnijom da blago provodi električnu struju. Takođe, u svakoj prirodnoj vodi, pa i u onoj koju pijemo, postoji velika količina mineralnih soli zahvaljujući kojima voda provodi struju. Tako je npr. slana voda (vodeni rastvor kuhinjske soli - NaCl) dosta dobar provodnik struje.

Pošto rastvorena so u vodi disosuje, odnosno razlaže se na pozitivno naelektrisane jone natrijuma i negativno naelektrisane jone hlora koji bivaju okruženi polarnim molekulima vode, elektroni bivaju privučeni jonima natrijuma, i između njih se razmenjuju, pa tako i putuju kroz vodeni rastvor.

### - Koliki je pH vode?

pH (električni potencijal za vodonikove jone, tj. mera privlačenja protona) predstavlja bezdimenzionalnu veličinu koja se definiše kao negativan logaritam koncentracije slobodnih protona (tj. vodoničnih jona) u datom rastvoru. pH čiste vode (a savršeno čista voda verovatno ne postoji nigde u prirodi) je jednak 7, što znači da svim slobodnim protonima odgovara jednak broj hidroksilnih grupa (-OH), što rezultuje u tzv. neutralnom rastvoru. Kao što rastvori baza (...-OH) imaju višak slobodnih OH grupa nego protona (što rezultuje u pH većem od 7), tako i rastvori kiselina imaju u sebi višak slobodnih protona nego OH grupa, što opet rezultuje u pH manjem od 7. Drugim rečima, kisele rastvore karakteriše pH manji od 7, dok bazni (tzv. alkalni) rastvori poseduju pH veći od 7. Međutim, ukoliko ste nekada izmerili pH destilovane vode iz laboratorije, možda ste se začudili kada ste primetili da njen pH oko 5,5. Razlog ovoj pojavi je u tome što destilovana voda (prečišćena voda koja se dobija putem isparavanja i kondenzacije vode iz rastvora) tokom procesa destilacije gubi mnoštvo jonskih molekula koji su pružali izvestan puferski efekat (puferi su smeše soli i kiseline koje imaju sposobnost da ne dozvoljavaju veće i nagle promene pH), pa u kontaktu sa vazduhom, dolazi do rastvaranja ugljen dioksida u vodi, što zapravo dovodi do nastanka male količine ugljene kiseline, a što u vodi bez mineralnih pufera, snižava pH čak do oko 5,5. Ipak, voda koju pijemo je prepuna, pa ponekad skoro i zasićena raznim mineralima, kao što su kalcijum, magnezijum (koji definišu "tvrdoću" vode), silikati, natrijum, kalijum i hlor koji se najčešće koristi za dezinfekciju vode. Stoga je i njen pH takođe malo različit, ali i dalje veoma blizak 7.

### - Šta je to reverzna osmoza?

Obična osmoza predstavlja kretanje rastvarača kroz polupropustljivu membranu iz rastvora manje u rastvor veće koncentracije kako bi se izjednačila koncentracija rastvora sa obe strane membrane. Probajte da stavite jednu cev u sud sa vodom i primetićete da je nivo vode u cevi i van nje isti. Zalepite, zatim neku polupropustljivu membranu za kraj cevi koji je potopljen u vodu. Primetićete da je nivo vode u cevi i dalje isti kao i oko nje. Sada, posolite vodu u cevi i primetićete da će nivo vode u njoj početi polako da se podiže, što je upravo posledica nastajanja tzv. osmotskog pritiska koji omogućava kretanje vode kroz polupropustljivu membranu. Polupropustljiva membrana je membrana koja neke atoma propušta, dok neke zaustavlja. *Gore-tex* tkanina predstavlja jednu polupropustljivu membranu, jer se sastoji od veoma tankog plastičnog filma sa mnoštvom malih pora, koje su dovoljno velike da bi vodena para prolazila kroz njih, ali su dovoljno male da tečna voda ne bi mogla da prolazi kroz njih. Tako, membrana koju smo zakačili za našu cev propušta molekule vode, ali ne i molekule soli. Na slanoj strani, neke pore membrane su zapušene molekulima soli, dok pore sa strane čiste vode nisu. Stoga, pošto postoji više slobodnih pora na neposoljenoj strani membrane, više vode će prolaziti naviše nego naniže. Voda će nastaviti svoje kretanje naviše sve do trenutka kada se ili koncentracija rastvorene soli sa obe strane membrane izjednači (što se verovatno nikada neće desiti ako je u sudu destilovana voda), ili kada se pritisak vode sa gornje strane (koji se povećava sa povećavanjem visine vodenog stuba) izjednači sa osmotskim pritiskom. S druge strane, reverzna osmoza predstavlja proces koji se koristi u najvećem broju filtera za vodu, koji od slane ili zagađene vode stvaraju vodu

koja se može piti. Naime, slana voda se postavlja sa jedne strane membrane i na nju se primenjuje mehanički pritisak kako bi se najpre zaustavila osmoza, a zatim pokrenula u suprotnom smeru. Ipak, ceo ovaj proces zahteva dugotrajno delovanje prilično visokog pritiska.

### **- Koja je razlika između pare i gasa?**

Para je gas ispod kritične temperature. Za vodu, kritična temperatura iznosi 374°C. Iznad ove temperature vodena para se neće kondenzovati u tečnu ili čvrstu vodu bez obzira koliko veliki pritisak primenili. Drugim rečima, para iznad kritične temperature može postojati samo kao gas. I pored ovakve podele na gasove i pare, i jedni i drugi poseduju istu osobinu ravnomernog raspoređivanja u okviru suda u kome se nalaze kako iznad tako i ispod kritične tačke. Stoga se pojam pare često koristi za opisivanje gasovitih stanja supstanci koja se na sobnoj temperaturi i atmosferskom pritisku nalaze u tečnom ili čvrstom stanju (kao npr. voda, benzin, naftalen, parfem itd.). Naime, svaka supstanca u prirodi emituje paru sa svoje površine, a pritisak kojim ova para deluje na okolinu predstavlja tzv. napon pare. Kada napon pare iznad tečnosti postane jednak okolnom pritisku, počinje ključanje tečnosti (fazni prelaz tečnost-gas), proces pri kome se sva dovedena toplota ne koristi za dalje povećavanje temperature tečnosti već isključivo za prevođenje čestica u gasovito stanje. Takođe, ako pažljivo posmatrate čajnik (sa grlićem sa strane) u kome ključa voda, ustanovićete da postoji mala praznina između ivica grlića i beličaste pare koja izlazi iz čajnika. Ova praznina sadrži molekule vode koji se kreću slobodno, poput gasa; taj gas je nevidljiv i naziva se suva para. Nešto dalje od grlića, temperatura je niža i molekuli vode se kreću sporije. Jedan deo najsporijih molekula se spaja (kondenzuje), dajući tečnost. Tako, uz molekule gasovite vode, imamo i sićušne kapljice tečne vode. Ova smeša vrućeg gasa i kapljica izgleda beličasto i naziva se vlažna para. Kada bismo dimenzije kapljica vode u ovoj smeši dodatno povećali, tada bismo dobili aerosol, koji prave sprej-boce.

### **- Šta je to Paskalov zakon?**

Svaki put kada pritisnete tubu paste za zube kako biste iscedili iz nje malo paste, vi posmatrate Paskalov zakon u akciji. Ovaj fizički zakon je otkrio Blez Paskal 1652. godine, a on nam kaže da se primenjena promena pritiska na neki zatvoreni, nekompresibilni fluid ravnomerno prenosi kroz sve tačke fluida do zidova suda u kome se on nalazi. Drugim rečima, nekompresibilni fluid prenosi pritisak kroz sebe. Na Paskalovom zakonu se bazira princip rada hidraulične poluge kod koje se primenom pritiska na deo površine jednog klipa, sila transformiše u talas pritiska koji se prenosi kroz hidraulično ulje i ponovo pretvara u silu na drugom, susednom klipu. Takođe, ukoliko sipate tečnost u neki sud oblika slova U, V ili W, nivo tečnosti će biti isti u svim kracima suda što je takođe posledica Paskalovog zakona, tj. zavisnosti pritiska tečnosti samo od rastojanja od površine, tj. od visine vodenog stuba iznad posmatrane tačke. Tako je pritisak na dnu cevi ispunjene vodom čiji je prečnik oko 2,5 cm i visina oko 15 metara, jednak pritisku vode u jezeru na dubini od 15 metara. Paskalov zakon je esencijalan i u načinu funkcionisanja izostatskih presa, kod kojih se uzorak koji želimo ispresovati stavlja tako da je sa svih strana okružen uljem. Dejstvom pritiska na ulje, ovaj mehanički pritisak se ravnomerno prenosi do uzorka tako da ga pritiska podjednako u svakoj tački njegove površine.

### **- Šta su to omekšivači vode?**

Tipičan sistem za omekšavanje vode uklanja jone kalcijuma i magnezijuma iz vodovodne vode, a zamenjuje ih sa jonima natrijuma. Kalcijumovi i magnezijumovi joni se za razliku od natrijumovih jona, upliću u akciju kućnih sapuna i deterdženata. Stoga, uz pomoć vodo-omekšivačkih sistema, deterdženti znatno efikasnije uklanjaju prljavštinu i masti sa odeće i sudova. Ovaj sistem, takođe, omogućava sapunima da stvaraju tako "klizeći" osećaj dok peremo ruke, a većina proizvođača omešivača vode savetuje da koristimo manje količine sapuna i deterdženata, nakon instaliranja ovog sistema. Agregat omešivača vode se montira na vodovodnu cev, u blizini mesta gde voda ulazi u kuću, tako da se omekšana voda može koristiti za pranje i pijenje, ali ne i za navodnjavanje. Ovaj uređaj se sastoji od nekoliko desetina kubnih santimetara porozne plastične smole pokrivene sa molekulima koji privlače i vezuju pozitivne jone, rastvorene u vodi. Natrijumovi joni oblažu smolu, a prilikom prolaska vode preko smole na njenom putu do lavaboja, kade ili mašine za veš, magnezijumovi i kalcijumovi joni se lepe za smolu, što oslobađa jone natrijuma u vodu, kako bi se održala ravnotežna koncentracija naelektrisanja na smoli. Postepeno se većina natrijumovih jona oslobodi u vodu, a smola postaje zasićena sa jonima kalcijuma i magnezijuma. Stoga, na svakih nekoliko dana, agregat mora obnoviti smolu, što se vrši njenim potapanjem u rastvor kuhinjske soli, a što sistem izvodi najčešće tokom noći. Visoka koncentracija jona natrijuma u rastvoru kuhinjske soli, tj. natrijum hlorida, zamenjuje jone kalcijuma i magnezijuma, i smola opet postaje spremna za omekšavanje vode. Slana isprana voda, zajedno sa jonima kalcijuma i magnezijuma, se odvodi i sistem nastavlja svoj rad.

### **- Zašto se pamuk više navlaži od najlona?**

Razlog zbog koga se pamuk više navlaži od najlona kada ih zajedno polijemo vodom je u tome što je pamuk u stanju da apsorbuje (tj. upije) više vode od najlona, a ova razlika u apsorpciji vode potiče iz različitih molekulskih struktura najlona i pamuka. Lepljiv karakter vode je prouzrokovan lepljivim karakterom samih molekula vode. Naime, molekuli vode se sastoje od po jednog atoma kiseonika, koji privlači elektrone i stoga je negativno naelektrisan, i od po dva atoma vodonika koji su pozitivno naelektrisani. Usled ove razlike u naelektrisanju, svi molekuli vode predstavljaju električne dipole, koji su posledica nesimetričnog rasporeda naelektrisanja u okviru pojedinačnih vodenih molekula. Usled toga, molekuli vode se dosta dobro privlače i površine vodenih kapi poseduju blagu elastičnost. S druge strane, pamuk i najlon predstavljaju polimerne molekule, što znači da se sastoje od velikog broja međusobno povezanih atoma. Pamuk predstavlja čistu celulozu, koja je prirodno dostupan polimer. Celuloza je ugljeni hidrat (polihidroksilni aldehyd) i predstavlja polimer molekula glukoze. Prostorna struktura molekula celuloze je takva da su hidroksilne grupe (OH) okrenute ka spoljašnjosti polimerne strukture, a ove negativno naelektrisane OH grupe odlično privlače vodene dipole, i tako mogu apsorbovati velike količine vode. Naime, pamuk je u stanju da apsorbuje 25 puta veću težinu vode od svoje sopstvene težine. Najlon je sintetički materijal, što znači da se ne nalazi u prirodi, već ga prave ljudi. Više od stotinu ponavljajućih monomernih jedinica koje se sastoje od atoma ugljenika, kiseonika, vodonika i azota čine dugačak lanac molekula najlona (poliamida). Velika jačina molekula najlona je uzrok njegove česte zamene sa prirodnom svilom. Molekuli najlona, takođe, poseduju veliki broj mesta na kojima se mogu vezati molekule vode, ali je ovih mesta ipak, znatno manje nego kod pamuka, tj. celuloze. Najlon je u stanju da apsorbuje težinu vode koja je jednaka najviše 10 % od težine najlona. Postoje još neke druge stvari koje se uvode u pamučne peškire ili najlonske jakne, kako bi što bolje, odnosno što slabije apsorbivali vlagu. Tako, npr. tkanina peškira poseduje na svojoj površini mnoštvo izuvijanih vlakana, čijim prisustvom se povećava površina peškira, a time i količina vode koju peškir može apsorbovati. S druge strane,

proizvođači tekstila dodaju dodatne vodo-otporne smole u najlonsku smešu, kako bi kapi vode što bolje klizile niz jaknu.

### **- Zašto se tečnosti slivaju niz zidove suda ukoliko ih presipamo polako?**

Sigurno vam se nekada desilo da sipajući čaj ili mleko iz suda u čaše, određeni deo tečnosti počne da se preliva preko spoljašnjih zidova suda, a ova pojava je posledica težnje svih fluida da se privuku ka zidovima suda kroz koji teku, odnosno da se njeni tokovi uvijaju oko okolnih površina. Kada sud sa tečnošću nagnemo kako bi presipali tečnost u neki drugi sud, slobodna površina tečnosti u sudu se povećava u odnosu na otvor kroz koji je presipamo. Na ovaj način se stvara razlika u pritiscima između slobodne površine i otvora, što istiskuje tečnost iz suda. Međutim, osim ove sile koja potiče od razlike u pritiscima, postoje i sile površinskog napona tečnosti koje teže da zalepe tečnost za zidove suda. Kada brzo ističemo tečnost, sila kao posledica razlike u pritiscima je veća od sila površinskog napona, pa se fluid u vidu parabolične (zakrivljene) putanje presipa u drugi sud, dok u suprotnom slučaju, kada je brzina kretanja mlaza tečnosti mala, sile površinskog napona će početi da dominiraju i tečnost će početi da kvasi zidove suda. Kada se malo tečnosti zalepi za zid suda, ona će nastaviti da usled sila površinskog napona (odnosno privlačnih sila između molekula tečnosti i molekula suda) i Koanda efekta sledi putanju najmanjeg otpora, što znači da će nastaviti da se sliva niz zid suda. Inače, Koanda efekat (po Henriju Mariju Koandi koji je 1910. godine napravio prvi mlazni avion, ali kod koga se mlaz goriva iz dveju komora za sagorevanje spajao sa trupom aviona, na njegove obe strane) se dešava kada mlaz fluida koji teče niz konveksnu površinu (kao što je mlaz vode sa slavine koji se preliva preko zadnje strane kašike) dovodi do stvaranja sila unutrašnjeg pritiska koje skreću put mlaza fluida ka zidovima suda kroz koji se on kreće. Eksperimenti su pokazali da kada je kutija sa tečnošću (npr. kartonska kutija mleka) potpuno puna do vrha, tada se tečnost uvek, čak i pri velikim brzinama presipanja preliva preko spoljašnje ivice kartona usled usisavanja okolnog vazduha koji teži da popuni prazno mesto na kome je bila tečnost unutar kartonske kutije.

### **- Kako se neka penušava pića zalede kada ih otvorimo?**

Možda vam se nekada desilo da se nakon otvaranja flaše tečnog gaziranog pića, ono polako zaledi iako se nalazi u okolini u kojoj vladaju sobna temperatura i atmosferski pritisak. Naime, temperatura kristalizacije vode se može sniziti putem rastvaranja skoro bilo čega u njoj, što je i razlog zašto se zimi baca so na zaleđene puteve. Tako, npr. mineralna voda u kojoj su rastvorene mineralne soli, a i u koju se dodaje ugljen dioksid, poseduje nižu tačku mržnjenja od obične vode, pa se stoga pri atmosferskom pritisku može držati u tečnom stanju i na temperaturama nižim od 0 °C. Međutim, kada iznesemo ovako hladnu (čija je temperatura ispod 0 °C) flašu vode van hladnjaka, stavimo je na sto i otvorimo, dolazi do njenog penušanja, odnosno oslobađanja rastvorenog ugljen dioksida u obliku mehurova u okolni vazduh. Oslobađanjem rastvorenih gasova, tačka mržnjenja vode ponovo raste i u jednom trenutku, eventualno dostiže trenutnu temperaturu vode, pa tada započinje i proces kristalizacije vode. Inače, postoje još i neki drugi faktori koji utiču na kristalizaciju pića na sobnoj temperaturi. Naime, gas ugljen dioksida se pod pritiskom dodaje u vodu, pa je stoga i pritisak zatvorene flaše gaziranog pića veći od pritiska istog tog pića kada ga otvorimo. Pošto je led ređi od vode, povećanje pritiska prilikom gaziranja će dovesti do snižavanja temperature mržnjenja. Stoga će se sa otvaranjem flaše i oslobađanjem pritiska, voda prehladivati (što znači da će usled rasta temperature mržnjenja, njena temperatura postati u jednom trenutku manja od temperature mržnjenja iako se ona nalazi u tečnom stanju, a ovakvo stanje se naziva prehladenim stanjem), pa stoga i kristalisati. Uz to, prilikom



oslobađanja gasova rastvorenih u vodi, oni se šire, vrše rad na račun unutrašnje energije vode, što dovodi do njenog hlađenja, a što usporava proces izjednačavanja njene temperature sa temperaturom okoline, pa voda ima više vremena da podigne svoju temperaturu kristalizacije i da se stoga zaledi. Treći efekat predstavlja nukleacija, odnosno proces obrazovanja kristalizacionih klica za čije stvaranje je potrebno uložiti energiju, dok se nakon što barem jedna od ovih klica dostigne kritične razmere, proces njenog rasta odvija spontano (odnosno, uz oslobađanje energije). Hladna voda može biti prehlađena (odnosno, ohlađena ispod tačke kristalizacije, odnosno mržnjenja) ukoliko se ne dešava nukleacija, međutim, mehurovi gasa predstavljaju odlična mesta za obrazovanje kristalizacionih klica (ukoliko u flaši nema nečistoća ili nerastvorenih čestica), pa stoga, voda upravo počinje da se ledi od jednog ili od više mehurova, koji se u tečnosti pojavljuju kada otvorimo flašu.

### **- Zašto se promućkana soda penuša više od nepromućkane?**

Mali mehurići koji se pojavljuju u gaziranoj tečnosti pod dejstvom mućkanja, omogućavaju rastvorenim gasovima da napuste tečnost. Limenke gaziranih pića sadrže ugljen dioksid pod pritiskom tako da je ovaj gas rastvoren u tečnom piću. Kada se limenka otvori, gas počinje da se izdvaja iz tečnosti u obliku mehurića, i piće postaje sve manje penušavo. Ako se sa tečnošću rukuje nežno, potrebno je više vremena za izdvajanje rastvorenih gasova. S druge strane, ako gazirano piće promućkamo ili ga naglo sipamo u čašu, mehurići nastali turbulencijom predstavljaju način za izdvajanje gasova. Rastvorenim gasovima je teže da napuste neuzburkanu tečnost usled površinskog napona tečnosti, koji predstavlja energiju potrebnu da razdvoji molekule tečnosti prilikom formiranja mehurića. Za nastajanje malih mehurića, potrebna količina energije po molekulu gasa je relativno velika. Međutim, kada nastanu manji mehurići, potrebna je znatno manja količina energije (opet po molekulu gasa) za prisajedinjavanje dodatnih molekula rastvorenog gasa i povećanje mehurića. Pošto mešanjem tečnosti, jedan deo našeg rada prevodimo u energiju potrebnu za formiranje malih mehurića, njihov naknadni rast i izdvajanje iz tečnosti se dešavaju skoro spontano.

### **- Zašto voda eksplodira kada se greje u mikrotalasnoj pećnici?**

Kada grejemo vodu na običnoj ringli, lako možemo primetiti kretanje vode kao posledice težnje toplije i ređe vode sa dna suda da se popne u visinu i težnje hladnije i gušće vode sa visine da se spusti nadole. Ova pojava se naziva toplotnom konvekcijom, odnosno prenosom materije zajedno sa prenosom toplote. Kada se voda još više zagreje, moći ćemo da vidimo male mehuriće kako se podižu naviše, ali i to da oni nisu ravnomerno raspoređeni po zapremini suda. Naime, njih ima najviše u blizini ogrebotine ili skamenjenog taloga na sudu, što je posledica pojave da da bi molekuli iz tečnog stanja prešli u gasovito stanje, oni moraju proći kroz tačku faznog prelaza u okviru koje se dešava nukleacija gasnog mehura, odnosno početak njegovog rasta. Ovi mali gasni mehurići nastaju u tečnosti i najčešće brzo nestaju kao posledica brzih kretanja i sudara sa molekulima iz tečnosti. Stoga je za dostizanje tzv. kritične veličine nukleacione klice (kritične dimenzije mehura) neophodno uložiti energiju, nakon čega ova klica, odnosno gasni mehur spontano raste (tj. uz oslobađanje slobodne energije). Najmanje energije za rast klice je potrebno uložiti na stranim česticama kojih je očigledno najviše u blizini ogrebotine na sudu ili nekog skamenjenog taloga. Što su veća strujanja vode, to će više gasnih mehurova dostizati svoje kritične veličine, nakon čega će rasti uz oslobađanje slobodne energije i napuštati sud. Ovaj proces isparavanja tečnosti je zapravo, način na koji se tečnost hladi i održava svoju temperaturu na tački faznog prelaza, koji u ovom slučaju predstavlja isparavanje. Međutim, mikrotalasne pećnice rade na nešto drugačijem principu. Naime, voda se ne greje samo odozdo kao u slučaju grejanja na šporetu

ili u peći, već se sud sa vodom greje ravnomerno sa svih strana. Nedostatak strujanja u ovom slučaju otežava stvaranje i rast gasnih mehurova koji isparavajući odnose višak toplote iz vode, i voda postaje pregrejana, odnosno njena temperatura postaje veća od 100 °C. Situacija postaje još gora ukoliko na površini vode postoji sloj masti ili ulja, tako da ni mali mehurići vode nisu u stanju da se probiju kroz ovaj sloj i ispare napolje. U slučaju ovako pregrejane vode, stavljanje nekog nukleacionog centra u nju, kao što npr. može biti kašika, dovešće do izuzetno brzog stvaranja ogromnog mehura koji će eksplozivno raspršiti čitavu vodu unaokolo. Često nije ni potrebno ubaciti nukleacioni centar sa strane, već se eksplozivni mehur može formirati i oko mehura vazduha ili neke male čestice prašine u vodi. Šanse da voda eksplodira u mikrotalasnoj pećnici najviše zavise od tipa suda. Što je sud stariji, to su manje šanse da će voda eksplodirati, jer će u njoj biti dovoljno mikroskopskih nečistoća oko kojih se lako mogu stvarati mehurovi. Ipak, u slučaju grejanja vode u novom, čistom i glatkom staklenom sudu, šanse za eksploziranje vode su veoma velike. Stoga se preporučuje da nikada ne kuvamo vodu u mikrotalasnoj pećnici duže od 2 minuta, a kada je duže kuvanje neophodno, onda moramo ostaviti sud sa vodom da se ohladi neko vreme i naravno, nikako ne smemo ubacivati kašiku (dodavanje šećera ili kafe najčešće nije opasno, jer odjednom dodajemo veliki broj nukleacionih centara, a oko svakog od njih se formira po mali mehur) u pregrejanu vodu.

### **- Šta je to filmsko kuvanje?**

Voda koja se kuva u lončiću zagreva se putem provođenja toplote od površine ringle do vode. Voda na atmosferskom pritisku ključa na oko 100 °C. Voda ispod površine nije direktno izložena atmosferskom pritisku i može duže ostati u tečnom stanju i pored toga što voda iznad nje ključa. Na dovoljno visokim temperaturama, podpovršinska voda će formirati gasoviti sloj iznad koga će se nalaziti tečna voda. Posredstvom ovog gasovitog sloja, toplota će se sa grejača do tečne vode prenositi uglavnom putem zračenja (infracrvenih talasa), a ovaj proces je poznat pod imenom filmsko ili slojasto kuvanje. Ako napunite običan lončić za čaj sa vodom i grejete ga na kuhinjskoj ringli, malo je verovatno da ćete uspeti da stvorite dovoljno visoku temperaturu za nastanak filmskog kuvanja, ali ćete lakše uspeti ako probate da zagrevate epruvetu sa vodom na laboratorijskom plameniku. Međutim, ukoliko zagrejete tiganj na ringli i zatim bacite na njega nekoliko kapi vode, videćete da će vodene kapljice početi da se prevrću i igraju po površini vrelog tiganja. Ovaj ples kapi vode se dešava usled formiranja sloja vodene pare na samoj dodirnoj površini između kapi i tiganja, što predstavlja jedan vid filmskog kuvanja. Molekuli vode iz sloja pare, odlaze sa strane, a gasoviti sloj se obnavlja sa molekulima vode iz kapi, sve dok cela kap potpuno ne ispari.

### **- Zašto je tonik voda plavičaste boje?**

Kada pogledate tonik vodu na dnevnoj svetlosti ili pod svetlošću žute sijalice sa tungstenovim vlaknom, izgledaće vam da je ova tečnost providna. Međutim, u zatamnjenoj prostoriji ćemo primetiti blagi plavičasti sjaj ovog napitka. Naime, tonik u sebi sadrži oko 75 milionitih delova kinina, prirodne supstance koja ima sposobnost fluorescencije. Kinin apsorbuje ultraljubičastu svetlost i slično svim fluorescentnim supstancama emituje svetlost niže frekvencije, što u slučaju kinina odgovara vidljivoj plavoj boji iz Sunčevog spektra svetlosti. Ova plava boja je usled male koncentracije kinina u toniku veoma slabo izražena u odnosu na boje iz okoline pa je stoga i jedva primetna. Međutim, probajte da u potpuno tamnoj sobi usmerite svetlost iz baterijske lampe ka čaši ili boci tonika i primetićete izrazito plavu boju ove tečnosti. Ukoliko imate ultraljubičastu lampu, ona će ostavljati još izrazitiji efekat emisije plavih fotona, s obzirom da ovu emisiju tada možemo izvesti u potpuno

mračnoj sobi, odnosno bez prisustva dodatne svetlosti koja će ometati izražajnost plavih fotona emitovanih od strane kinina. Ovaj efekat je posebno uočljiv u što tanjoj staklenoj čaši, kao npr. čaši za vino sa tankim zidovima, dok je skoro neprimetan u koktel-čaši sa debelim zidovima ili u plastičnoj čaši, jer ove posude apsorbuju isuviše ultraljubičaste svetlosti čije je prisustvo neophodno da bi tonik dobio plavu boju. Inače, ova sposobnost fluorescencije kinina se još od 1911. godine koristi u industriji slatkih napitaka za određivanje koncentracije kinina u njima. Puter takođe, ponekad može imati izrazito žuti sjaj usled prisustva riboflavina koji je takođe fluorescentan s obzirom da apsorbuje plavo-zelenkaste fotone iz svetlosti i zatim emituje žute fotone.

### **- Kako fontani *di Trevi* nije potreban motor?**

Mnogim javnim fontanama, kao npr. fontanama u Rimu, uključujući i fontanu *di Trevi* nije potreban motor, jer Rim pod dejstvom gravitacije svakog dana primi velike količine vode sa susednih bregova. Ova voda se pomoću sistema akvadukta (veštačkih kanala) sprovodi i skladišti u velikim bazenima za vodu (tzv. cisternama) koje su slične današnjim vodenim tornjevima sa jedinom razlikom što se voda u cisterne priliva ne odozdo (pod pritiskom), već odozgo. Voda iz cisterni ističe kroz cevi do kuća ili do raznih javnih mesta, kao što su česme ili fontane. U Rimu je prvi akvadukt, dužine 20 kilometara bio izgrađen 312. godine stare ere, a u doba procvata Rimske Imperije u Rimu je bilo 11 akvadukta. Jedan od njih je dopremao vodu sa razdaljine od 100 kilometara, a najveće dostignuće tadašnje rimske hidrotehnike je bila izgradnja tunela kroz planinu Atlijano, dugačkog 5 kilometara. Međutim, rimski vodovodi su imali i neke nedostatke. Naime, rimski graditelji nisu znali da naprave takvo spajanje cevi koje ne bi propuštalo vodu, pa je stoga voda tekla kroz njih sa slabim pritiskom i sa velikim gubicima. Sa rimskih fontana, nekada su ljudi uzimali vodu za piće i druge kućne potrebe, ali danas one služe uglavnom radi dekoracije gradskih ulica. U zavisnosti od visine cisterne, stvara se određeni pritisak vode na izlazu iz cevi, a bazeni ne moraju biti na preterano velikim visinama da bi se na izlazu cevi stvorio dovoljno veliki pritisak za izbacivanje mlaza vode u veliku visinu.

### **- Zašto list papira pluta na vodi?**

List papira ne pluta na površini vode kao pluta. Na primer, ako zaronite plutu, ona će ponovo izroniti na površinu, jer je ređa od vode, dok će list papira ostati na dnu ako ga zaronimo, jer mu je gustina veća od gustine vode. Međutim, ako pažljivo postavimo parče papira na površinu mirne vode, papir će dosta dugo moći da ostane na površini usled postojanja površinskog napona tečnosti. U svim tečnostima, molekuli unutar nje su podjednako okruženi drugim molekulima sa svih strana i na njih deluje prostorno ravnomerno privlačenje, dok molekuli sa površine osećaju slabiju privlačnu silu, jer iznad njih nema susednih molekula. Nejednako privlačenje molekula tečnosti sa površine, stvara površinski napon, tj. težnju tečnosti da zauzme najmanju moguću površinu. Ovaj napon je odgovoran npr. za oblikovanje sfernih vodenih kapljica, jer sferna kap poseduje najmanju moguću površinu, a time i najmanji mogući površinski napon, što za nju predstavlja energetski najstabilnije stanje. Ako se pažljivo zagledamo u predmet koji na površini vode održava površinski napon, bilo da je to parče papira, list sa drveta ili neki insekt, primetićemo blago ulegnuće površine koja podupire predmet na njoj. Sve dok je pritisak kojim telo deluje na površinu vode dovoljno mali, površinski napon može održavati telo na površini. Naravno, pritisak tela kojim ono deluje na površinu vode se povećava sa masom tela, kao i sa smanjenjem dodirne površine.

## **- Kako čelični brodovi plutaju na vodi?**

Stari Arhimedov princip glasi da će sila potiska koja deluje na potopljeno telo biti jednaka težini vode koju je to telo istislo. Ukoliko se nadole usmerena sila gravitacije izjednači sa suprotno usmerenom silom potiska, potopljeno telo će plutati. Ako oblikujemo brod tako da on istisne isto onoliko vode koliko je i sam težak, a da pri tome na zaroni u potpunosti, brod će plutati. Iako se spoljašnjosti velikih brodova izrađuju od čelika, dobar deo njihove unutrašnjosti sačinjava vazduh, pa je stoga ukupna gustina broda uvek manja od gustine vode. Međutim, možete se pitati kako voda zna kada smo istisli težinu jednaku težini broda. Kada potapamo brod u vodu, delujemo pritiskom na nju, a molekuli vode zauzvrat deluju pritiskom na delove broda koji su pod vodom. Rezultujući pritisak koji potiče od sudara molekula vode sa spoljašnjošću broda pomnožen sa površinom broda koja je u dodiru sa vodom daje vrednost sile potiska, koja takođe potiče od sudara molekula voda sa brodom i koja teži da istisne brod iz vode, te je stoga uvek usmerena nagore.

## **- Zašto se papirnati brodić kreće najbrže kada putuje sredinom reke?**

Ukoliko pustite dva papirnata brodića u reku, jednog blizu obale, a drugog po sredini reke, sigurno ćete primetiti da je brzina brodića koji se kreće bliže sredini reke znatno veća. Ova pojava potiče od vrste trenja koja postoji samo u tečnostima i gasovima. Do trenja u običnom smislu reči dolazi kada postoji razlika u brzinama između dva čvrsta tela koja se dodiruju. U tečnostima ili gasovima, dva susedna sloja se mogu kretati različitim brzinama u odnosu na zidove suda (tj. obalu) i tako dovesti do pojave unutrašnjeg trenja. Pri tome, sporiji sloj usporava brži, a brži sloj ubrzava sporiji. Kinetička energija kretanja molekula iz slojeva se delimično pretvara u toplotu i srednje kretanje tečnosti ili gasova postaje sporije. Možda ste nekada primetili da sloj prašine na perajama ventilatora ostaje na njima čak i pošto je ventilator satima radio. Ova pojava je posledica toga što je relativna brzina vazduha neposredno uz čvrstu površinu jednaka nuli. Vazduh prijanja uz površinu i ne može da sklizne u odnosu na nju, pa ni najmanje čestice prašine ne mogu biti poremećene iako se vazduh samo delić milimetra dalje kreće velikom brzinom u odnosu na peraje. Najvažnija posledica ovog stanja prijanjanja je stvaranje graničnog sloja, tj. sloja usporenog toka, koji deluje kočiono na susedni sloj, postepeno ga usporavajući. Kako ovaj sloj gubi momenat, oni ispoljava kočiono dejstvo na treći sloj itd. Iako brzine rastu što se više udaljavamo od obale, razlike u brzinama između susednih slojeva vode se smanjuju dok se ne dostigne oblast u kojoj unutrašnje trenje praktično više ne deluje. To je razumljivo, jer unutrašnje trenje može postojati samo kada postoji razlika u brzinama između susednih slojeva. Kada se brodić kreće sredinom reke, slojevi različitih brzina su simetrično raspoređeni sa njegove leve i desne strane i brodić će se kretati znatno brže nego u slučaju kada pluta kraj obale. Takođe, ukoliko eksperiment sa dva papirnata broda izvedete pri mirnom vremenu tako da jedan brodić bude lakši od drugog, primetićete da će se na istom rastojanju od obale, teži brod kretati brže od laganijeg brodića. Naime, stacionarni vazduh takođe deluje kočiono na vodu u reci. Brzina vodenog toka stoga nije najveća na površini, već na izvesnom malom rastojanju ispod površine, što znači da će teži brodić, pošto je dublje u vodi, biti nošen jačom strujom i plivaće brže od lakšeg brodića.

## **- Zašto se nivo vode u kanalima smanjuje prilikom prolaska čamca?**

Ukoliko ste nekada putovali u čamcu ili brodiću duž nekog uskog vodenog kanala, možda ste primetili naizgled neobičnu pojavu spuštavanja nivoa vode na obali, nekoliko sekundi pre nego što talas iz vodene brazde koju je iza sebe ostavio brod zapljusne obalu. Ovu pojavu pomorske arhitekture nazivaju kanalskim efektom i kod nekih uskih reka kao što je npr. reka

Jara u Melburnu, nivo vode se prilikom prolaska brodića može spuštati i za čitav metar, dok u Sueckom kanalu ova pojava značajno umanjuje brzinu kretanja brodova. Naime, premda se brod pomera unapred, nešto vode ispred broda mora da se pomeri iza broda kako bi propustila brod, pa voda sa boka i ispod trupa broda teče u suprotnom smeru od smera kretanja broda. Pošto voda ne poseduje spoljašnji izvor energije kako bi izvršila ovo kretanje unazad, jedini način da ona to izvede je da redukuje svoju potencijalnu energiju u gravitacionom polju Zemlje, pa se stoga neophodna energija za pomeranje vode unatrag i obezbeđuje na račun snižavanja nivoa vode koja okružuje brod. Takođe, Bernulijev zakon (koji predstavlja zakon o održanju energije u pokretnom fluidu) nam kaže da sa povećanjem brzine fluida dolazi do opadanja njegovog pritiska, pa stoga dolazi i do opadanja nivoa površine vode sa obe strane broda. Naravno, čim voda prođe sa strane i ispod broda, ona odmah usporava svoje kretanje i nivo vode na obali se opet vraća na svoj stari, početni nivo. Ova pojava nam i objašnjava zašto se sa povećanjem kontaktne površine broda potopljenog u vodu drastično povećava i otpor kretanju trupa broda, pa upravo zato brodovi troše znatno više energije krećući se u uskim kanalima nego na pučini. Takođe, prilikom plovidbe kroz uski kanal, važno je ploviti duž sredine kanala, jer će u suprotnom slučaju, voda morati da se kreće brže duž uže strane vodenog toka pored broda (jer je količina vode koja prolazi sa obe strane broda jednaka ukoliko brod ispunjava zahtev za simetričnošću svog oblika), pa će na užoj strani i nivo vode biti niži od nivoa vode sa suprotne, šire strane, što može dovesti do prevelikog naginjanja broda ka bližoj obali.

### **- Kako se prate pomeranja ledenih bregova?**

Velike kape pokretnog leda, nastalog kristalizacijom morske vode okružuju polove naše planete. U zimsko doba, arktički basen pokriva površina morskog leda od oko 8,7 miliona km<sup>2</sup>, dok Antarktik pokriva ledeni pokrivač površine oko 30 miliona km<sup>2</sup>. Leti se led topi i često odvaljuje u komadima od osnovnog ledenog sloja i nastavlja sam da pluta po moru. Dok reke teku prosečnom brzinom od oko 100 kilometara na dan, brzina kretanja lednika iznosi nekoliko stotina metara godišnje. Oko 7/8 ledenog brega se nalazi pod vodom pa se stoga oni često kreću nezavisno od vetra, već u pravcu dubinskih struja. Danas se ova nepredvidljiva kretanja lednika prate pomoću nekoliko metoda od kojih najjednostavnija obuhvata upotrebu teodolita. Fiksirana nepokretna tačka (u odnosu na ledeni breg) se locira na nekom podvodnom kamenu blizu brega, a zatim se niz kolaca ukuca u lednik. Položaji kolaca se precizno mere, da bi se isto obeležavanje ponovilo kroz nekoliko meseci. Ova tehnika se danas ipak sve manje koristi, jer se u poslednje vreme sve češće na same lednike postavljaju GPS prijemnici pomoću kojih se iz satelita stalno prati pomeranje ovih često ogromnih ledenih gromada. Međutim, prilikom proučavanja kretanja lednika u oblastima koje su praktično nedostupne ljudima i brodovima, koristi se metoda SAR (*Side-looking Airborne Radar*) interferometrije u okviru koje se pored slike istog predela slikane u razmaku od nekoliko časova ili dana. Proces poređenja dva niza radarskih podataka se naziva interferometrijskim jer podaci o kretanju lednika proističu iz interferencionih putanji nastalih prilikom susreta i interakcije dva niza radarskih talasa koji su slikali svaku sliku ponaosob. SAR uređaji se nalaze na mnogim satelitima i *space shuttle*-ovima odakle se vrši fotografisanje, a zatim i kompjutersko proračunavanje pomeranja lednika. Istom tehnikom se mogu posmatrati i promene na Zemlji prilikom vulkanskih erupcija ili zemljotresa. Međutim, prethodne dve opisane metode su uspešne kada se radi o posmatranju površinskog kretanja ledenih bregova, a kao što je poznato njihovi mali vrhovi se često mogu potpuno otopiti da bi ispod sebe ostavili veliki podvodni breg. Trenutno jedini način posmatranja dubinskog kretanja lednika podrazumeva bušenje rupa u njima, a zatim periodično posmatranje nagiba i deformacije izbušene rupe kako bi se izveo zaključak o smeru i brzini kretanja ledenog brega.

Naime, ukoliko se različiti slojeva lednika kreću različitim brzinama, nagib i zakrivljenost rupe u ledniku će sadržati informaciju o relativnom kretanju slojeva. Inače, ledeni bregovi odvaljeni sa antarktičkog pokrivača se nalaze ili u obliku piramide (kada su odvaljeni od lednika koji silazi u more) ili u obliku stola (kada su odvaljeni od ledenih pokrivača). Ledeni bregovi mogu biti veoma veliki. Tako je jedan brod 1854. godine naišao na breg u obliku stola koji je bio dugačak više od 120 km, a visok oko 100 metara, a najveći danas poznati ledeni breg velik je otprilike kao Kalifornija, dok mu debljina iznosi 4 kilometra. Ipak, brodovi najčešće nailaze na ledene bregove oblika piramide visokih 50 - 60 metara, a dugačkih kao jedan fudbalski teren, premda je 1904. godine, brod "Zenit" naišao u blizini Foklandskih ostrva na ledeni breg oblika piramide koji je bio visok 450 metara, što je za 300 metara više od Keopsove piramide u Gizi. Takođe, ponekad morska voda napravi u bregu pećinu. Tada se ledeni breg pretvara u pokretni, odnosno plutajući ledeni svod. Tako je brod "Slava" 1948. godine naišao na ledeni breg koji je imao svod dužine 24, a visine 43 metra, a ovakvi lednici su često u stanju i da pevaju. Naime, oblik šupljine u bregu je ponekad u stanju da uspešno reflektuje i zatim interferira (sabira i oduzima) zvučne talase nastale pod dejstvom vetra, tako da huk vetra pretvara u melodične zvuke.

### **- Zašto su glečeri ponekad plavi?**

Molekuli vode na Sunčevoj svetlosti mogu posedovati razne boje. Tako su tečna voda i led bezbojni, sneg je beo, dok glečeri, slično morskoj vodi mogu ponekad imati izrazito plavu boju. Najveći zapreminski udeo snega čini vazduh, što čini vodene kristale u snežnim pahuljicama isuviše raznolikim da bi posebno reflektovali neku određenu boju. S druge strane, led se u najvećem delu sastoji od čiste vode koja reflektuje oko 7 % svetlosti sa kojom dođe u kontakt, dok preostalih 93 % svetlosti apsorbuje ili propušta. Bez prisustva vazdušnih pora koje rasipaju svetlost u svim pravcima (kao kod snega), svetlost prolazi kroz led glečera i dolazi do kamenog dna odakle se reflektuje nazad. Međutim, određeni deo svetlosti biva apsorbovan od strane molekula vode, a posebno onaj deo vidljive svetlosti koji je crvene boje. Naime, apsorbujući svetlosne fotone, molekuli vode se greju, odnosno intenzivnije vibriraju duž hemijskih veza u molekulima. Pošto su frekvencije vibracija u molekulima uvek u infracrvenom delu spektra, molekuli vode će uglavnom apsorbovati crvenkaste nijanse Sunčeve svetlosti. Nakon samo dva metra putovanja kroz vodu ili led, sva crvena svetlost biva apsorbovana, dok plavi fotoni prelaze u proseku put od 24 metra pre nego što bivaju apsorbovani. Svetlost koja se reflektuje iz unutrašnjosti glečera biće bogatija plavom bojom, pa je to i razlog zašto su mnogi glečeri plave ili zelene boje. Što reflektovana svetlost dolazi iz veće dubine glečera, to će ona biti plavlja. Naravno, kada se glečeri otope, oni se mešaju sa vodom mora ili jezer ispod njih, tokom čega postaju izmešani i sa mnogim mineralima i nečistoćama iz nje, koji presudno utiču na boju vode. Ipak, neki naučnici smatraju da voda i bez ikakvih nečistoća ili minerala u sebi poseduje jednu suptilnu i jedva primetnu nijansu plave boje.

## 7. Kvantni svet

### - Šta su to elementarne čestice?

Nekada se smatralo da su atomi elementarne čestice od kojih je sačinjena kosmička materija, i da se oni ne mogu podeliti na manje delove. Međutim, danas se zna da su i atomi sastavljeni od elementarnijih čestica. Naime, nukleoni (protoni i neutroni od kojih su sastavljena atomska jezgra) se sastoje od po tri kvarka, dok osim elektrona postoji još 5 elementarnih laganih čestica koje se nazivaju leptoni. Danas se smatra da postoji tačno 12 elementarnih čestica od kojih je izgrađena čitav materijalni svet koji poznajemo, a to su: 6 kvarkova (gore, dole, šarmantni, čudni, vrh i dno) i 6 leptona (elektron, elektronski neutrino, mion, mionski neutrino, tau i tau neutrino). Neutrini su nenaelektrisane čestice, dok elektron, mion i tau nose po jedno negativno elementarno naelektrisanje. Sve elementarne čestice su raspoređene u tri generacije u zavisnosti od svoje mase i brzine raspadanja koje se povećavaju sa porastom generacije čestice. Tako, u čestice prve generacije spadaju gore i dole kvarkovi (masa 0,005 GeV i 0,009 GeV, respektivno), elektron (mase od 0,5 MeV/c<sup>2</sup>) i elektronski neutrino (za koji se još uve ne zna da li ima masu); drugu generaciju elementarnih čestica čine šarmantni i čudni kvarkovi (masa 1,4 i 0,17 GeV, respektivno), mion (208 puta masivniji od elektrona) i mionski neutrino (čija je masa sigurno manja od 0,00017 GeV); a trećoj generaciji pripadaju vrh (mase 174 GeV/c<sup>2</sup>) i dno (mase 4,4 GeV/c<sup>2</sup>) kvarkovi, kao i tau (3560 puta masivniji od elektrona) i tau neutrino (čija je masa manja od 0,017 GeV). Čestice viših generacija su manje zastupljene u prirodi jer se lako raspadaju na čestice nižih generacije. Tako se često dešavaju pretvaranja jednih elementarnih čestica u druge čestice, a posebno u stanjima visoke energije. Tako se npr. često dešava pretvaranje jednog tau leptona u kvark, antikvark i tau neutrino. Ipak, po pravilu, ukupan broj čestica u svakoj generaciji pre i posle raspada mora ostati isti (kvark i antikvark se u ovom pravilu poništavaju). Takođe, svaka od 12 elementarnih čestica poseduje svog odgovarajuće antimaterijalnog partnera. Za razliku od leptona koji postoje sami, kvarkovi (koji poseduju frakciona naelektrisanja, odnosno umnoške trećine elementarnog naelektrisanja) se nikada ne nalaze usamljeni u prirodi, već se uvek nalaze u grupacijama čije je rezultujuće naelektrisanje celobrojni umnožak naelektrisanja elektrona, a ove čestice se nazivaju hadronima. U hadrone spadaju: barjoni (protoni i neutroni), koji su sastavljeni od po 3 kvarka; i mezoni (pioni, kaoni...) koji se sastoje od jednog kvarka i jednog antikvarka i koji su stoga veoma nestabilni. Ipak, najčudnija odlika hadrona je ta da njihova masa samo u maloj meri potiče od kvarkova koji su u njima. Elementarne čestice su veoma male u odnosu na veličine atoma. Naime, zamislite jezgro atoma kao zrno soli, a elektrone kao trunčice prašine koje orbitiraju po prostoru veličine crkve Svetog Petra u Rimu i dobićete približnu razmeru elementarnih čestica u atoma. Ili, možete zamisliti iste ove čestice prašine kako kruže oko malog kristala soli po prostoru veličine 30 fudbalskih terena. Zapravo, 99,999999999999 % atoma je prazan prostor. U svakom slučaju, moramo imati na umu da elementarne čestice u našem svetu ne predstavljaju izolovane entitete, već integralne delove jedne jedinstvene kosmičke celine.

### - Zašto ne možemo da vidimo atome?

Atome ne možemo da vidimo jer su njihove razmere znatno manje od talasne dužine elektromagnetnih talasa na koje su osetljive naše oči. Naime, mi smo u stanju da razlikujemo svetlost čija se talasna dužina nalazi u opsegu od 380 do 780 nanometara, a u ovom opsegu se nalaze sve za nas vidljive boje - crvena, narandžasta, žuta, zelena, plava i ljubičasta (poređane

po porastu frekvencije, odnosno po opadanju talasne dužine). Sa porastom talasnih dužina izvan granica vidljive svetlosti prešli bismo u infracrvenu, mikrotalasnu, pa zatim i u radio oblast, dok bismo sa smanjenjem talasnih dužina izvan opsega vidljive svetlosti otišli najpre u ultraljubičastu, pa zatim u rendgensku i gama oblast. Razmere atoma su reda veličine angstrema (desetog dela nanometra, odnosno  $10^{-10}$  metara), dok su razmere atomskih jezgara reda veličine  $10^{-14}$  do  $10^{-15}$  metara, pa stoga ni sa najsavršenijim optičkim mikroskopom (koji uveličava predmete pomoću vidljive svetlosti) ne možemo da vidimo pojedinačne atome. Međutim ukoliko za uveličavanje koristimo elektrone koji su istovremeno i talasi i čestice, a čija talasna dužina se može smanjivati sa povećavanjem njihove brzine (odnosno kinetičke energije), tada možemo videti atome ili tačnije njihov poredak i strukturu koju čine. Naravno, iako atome sve do pre nekoliko godina nismo uspeli da stvarno vidimo, još od početka 19. veka se znalo da oni postoje. Naime, tada je primećeno da mase jednakih zapremina gasa vodonika i gasa kiseonika stoje u odnosu 1:16, što je srazmerno odnosu između njihovih atomskih masa, s obzirom da vodonik u svom jezgru poseduje jedan proton, dok se kiseonik sastoji iz 8 protona i 8 neutrona, a naravno, znamo da je masa neutrona tako malo veća od mase protona da se obično računa kao da su one jednake, a obe su oko 1300 puta masivnije od mase elektrona koji se stoga u računu atomskih masa najčešće zanemaruju. Takođe, početkom 19. veka je bilo primećeno i da ako iskombinujemo gasove vodonika ( $H_2$ ) i kiseonika ( $O_2$ ) u masenom odnosu 2:1, dobijamo čistu vodu ( $H_2O$ ) bez imalo gasa u ostatku. Takođe, bilo je primećeno da svi maseni odnosi između elemenata u okviru bilo kog hemijskog jedinjenja uvek predstavljaju celobrojne umnoške mase vodonika koji se sastoji od jednog protona, što je dovelo i do nastanka periodnog sistema elemenata. Naredni dokazi o postojanju atoma su poticali iz pojave radioaktivnosti. Tako, svaki put kada Gajgerov brojač otkuca "tik", jedan atom se radioaktivno raspao. Naime, visokoenergetske čestice koje izemituju radioaktivna jezgra svojom energijom jonizuju atome u brojaču pored kojih prolete, a ove jonizovane i naelektrisane čestice odlaze ka elektrodama brojača, a kada pristignu tamo, stvore jedan mali strujni impuls na osnovu koga nam brojač saopšti jedno "tik", što mi interpretiramo kao jedan radioaktivni raspad. Prolaskom ovakvih visokoenergetskih čestica kroz maglenu komoru, one će izazivati isparavanje tečnih kapi raspoređenih po komori, pa će tako iza sebe ostavljati i vidljiv trag, na osnovu čega je moguće napraviti i fotografije putanja pojedinačnih čestica što je opet jedan od načina da vidimo ne samo pojedinačne atome, već čak i protone, neutrone, elektrone, pa i kvarkove i mnoge druge tzv. kompozitne čestice čija je struktura znatno skromnija od struktura običnih atoma. Usmeravanjem rendgenskih talasa čija je talasna dužina približno jednaka rastojanjima između atoma u kristalima, na platnu ili fluorescentnoj ploči postavljenoj iza kristala dobijaju se svetle tačke ili krugovi u pravilnim razmacima što nam dokazuje da pri pojedinim upadnim uglovima, X talasi konstruktivno interferiraju, što ukazuje na postojanje uređene atomske rešetke u kristalima. Nils Bor je početkom 20. veka postavio planetarni model atoma po kome elektroni podsećaju na planete svojim kruženjem oko zvezda, odnosno atomskih jezgara. Nedugo zatim, bila je formulisana kvantna teorija koja je strukturu atoma objasnila u svetlosti Hajzenbergove relacije neodređenosti, čime je pojam kruženja elektrona oko jezgra atoma ustupio mesto raspodeli verovatnoće nalaženja elektrona u elektronskim oblacima, a sami atomi koji su se do tada smatrali izolovanim entitetima stopili su se zauvek u stanje međusobne povezanosti.

## - Šta je to Hajzenbergova relacija neodređenosti?

Hajzenbergova relacija neodređenosti predstavlja fundamentalni Kosmički zakon (tj. nejednačinu) koji stoji kao središnji stub na kome je izgrađena čitava kvantna teorija koju koristimo za opisivanje svih pojava u mikrokosmosu, odnosu u materijalnom svetu razmera atoma i molekula. Smisao Hajzenbergove relacije neodređenosti je u tome da nikada ne



možemo sa potpunom preciznošću istovremeno znati položaj i impuls (proizvod mase i brzine) neke čestice. Što bolje znamo položaj, to će nejasniji biti njen impuls, i obrnuto. Na primer, najočigledniji način da odredimo položaj čestice je da je osvetlimo i to sa najmanje jednim kvantom svetlosti (tj. fotonom). Međutim, položaj čestice nećemo moći da odredimo tačnije od razmaka između dva susedna brega (tj. talasne dužine) svetlosnog talasa. Takođe, ovaj kvant svetlosti će poremetiti česticu i promeniti njenu brzinu, a time i njen impuls. Štaviše, što tačnije merimo položaj, to bi trebalo da koristimo kraće talasne dužine, a što je manja talasna dužina fotona, to je veća njegova energija, pa će i brzina čestice biti u većoj meri poremećena. Naime, po relaciji neodređenosti, proizvod neodređenosti položaja čestice duž jedne od osa i neodređenosti njenog impulsa mora uvek biti veći ili jednak količniku Plankove konstante ( $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Js) i broja  $2\pi$ . Takođe, i proizvod neodređenosti energije neke čestice i neodređenosti vremena trajanja nekog događaja (tj. položaja čestice na vremenskoj osi njenog prostor-vremena) mora uvek biti veći ili jednak količniku Plankove konstante i broja  $2\pi$ . Stoga, događaji koji se odvijaju unutar kratkog vremenskog intervala nose velike neodređenosti energije, dok se događaji čija je energija jasno precizirana mogu lokalizovati jedino u okviru dugačkih vremenskih intervala. Hajzenbergova relacija neodređenosti je u nauku zauvek uvela pojam učestvovanja u činu merenja, po kome ne možemo da posmatramo bilo koju pojavu u prirodi a da na nju istovremeno ne vršimo nikakav uticaj.

### **- Koja je razlika između orbite i orbitale?**

Nekada se smatralo da atomi predstavljaju umanjene zvezdane sisteme. Naime, slično planetama koje kruže oko zvezda po kružnim ili eliptičnim putanjama koje se nazivaju orbite, smatralo se i da elektroni kruže oko atomskih jezgara po sličnim putanjama, koje su usled ovakve analogije nazvane orbitalama. Međutim, brzina kojom se kreću elektroni u atomu je toliko velika da u skladu sa zakonima kvantne fizike (tj. na osnovu Hajzenbergovog principa neodređenosti) nikada ne možemo odrediti njegov tačan položaj. Sve što možemo da znamo je koliko deo vremena elektron provodi na određenom rastojanju od jezgra, odnosno kolika je njegova verovatnoća nalaženja na nekim mestima. Stoga je u modernoj nauci, pojam kruženja elektrona u atomu zamenjen postojanjem tzv. elektronskih oblaka, tj. verovatnoće prostorne raspodele elektrona u atomu. Tamo gde elektron provodi više vremena, odnosno tamo gde je njegova verovatnoće nalaženja veća, gustina elektronskog oblaka je takođe veća, i obrnuto. Stoga, za razliku od orbita koje po definiciji predstavljaju putanje materijalnih tela u gravitacionim poljima, orbitale predstavljaju raspodelu verovatnoće nalaženja elektrona oko jezgra. Još jedna važna razlika između orbita i orbitala je u tome što su orbitale kvantovane, odnosno elektroni u atomu mogu postojati samo u orbitalama tačno definisanih energija. Naime, pošto se elektroni u atomu kreću istovremeno kao čestice i kao talasi, oni mogu zauzimati samo određene orbitale kod kojih elektronski talas predstavlja stojeći talas (talas koji se odbija od zidova tako da se poništava). Slično žicama na gitari, koje za određenu zategnutost, mogu vibrirati samo na određenoj frekvenciji, isto tako i elektroni sa određenom energijom mogu postojati samo u adekvatnim orbitalama.

### **- Zašto neki elementi menjaju boju u plamenu?**

Svi hemijski elementi menjaju svoju boju u plamenu. Atomi se sastoje od pozitivno naelektrisanog jezgra, oko koga se kreću elektroni po putanjama koje se nazivaju orbitale. Kada ništa na njih ne deluje, elektroni atoma teže da zauzimaju orbitale koje pružaju atomu stanje najniže moguće energije, odnosno tzv. osnovno energetska stanje. Po dejstvom toplote plamena, odnosno intenzivnog sudaranja atoma elementa sa drugim atomima visoke kinetičke

energije, pojedinačni atomi dobijaju dovoljno energije da njihovi elektroni zauzmu neko više energetske stanje, što se dešava u skokovima elektrona na neke orbitale "udaljenije" od jezgra. Prilikom povratka atoma u osnovno stanje, odnosno povratka elektrona u prvobitnu orbitalu, dolazi do emisije energetske razlike između ova dva nivoa u obliku kvanta elektromagnetnog zračenja, odnosno jednog fotona. Boja emitovane svetlosti zavisi od energija emitovanih fotona, koje su određene energijom potrebnom da se pomeri elektron sa jedne orbitale na drugu. U zavisnosti od elementa koji je u plamenu, fotoni različitih energija će se pojaviti, a njihove energije su posebne za svaki element u prirodi, pa se stoga često govori o karakterističnim spektrima nekih elemenata. Tako, npr. kalcijum u plamenu emituje narandžastu, žuto-zelenu i ljubičastu boju, natrijum samo žutu, rubidijum ljubičastu, kalijum, stroncijum i cezijum crvenu i ljubičastu, cink svetlo zelenu, telur i talijum zelenu, olovo svetlo plavu, arsen plavu, barijum žuto-zelenu i svetlo plavu, a bakar smaragdno zelenu ili azurno plavu boju.

### **- Koliko ima poznatih hemijskih elemenata?**

Danas je poznato 115 različitih hemijskih elemenata, iako se u periodnom sistemu ne nalaze svi jedan iza drugog. Naime, poznati su svi elementi sa rednim brojevima (redni broj je jednak broju protona u jezgru) od 1 (vodonik) do 112 (ununbijum, koji osim 112 protona, u svom atomskom jezgru poseduje još i 165 neutrona). Elementi sa rednim brojevima 114, 116 i 118 su takođe otkriveni, dok postojanje elemenata sa rednim brojevima 113, 115 i 117 još uvek nije potvrđeno. Premda se očekivalo da će najmasivniji poznati element sa rednim brojem 118 (ununoktijum) biti stabilan jer bi trebalo da pripada porodici plemenitih gasova, on se pokazao veoma nestabilnim jer se nekoliko delova sekunde nakon nastanka spontano raspadao putem alfa raspada (emisije jezgra helijumovog atoma) na element sa rednim brojem 116. Svi hemijski elementi sa rednim brojevima većim od 92 (uranijum) dobijaju se u laboratorijama putem bombardovanja masivnih jezgara sa jezgrima vodonika, helijuma, berilijuma ili nekih drugih lakših elemenata. Tako je jezgro hemijskog elementa sa rednim brojem 112 sintetizovano u procesu fuzije stabilnih jezgara cinka-70 (koji u atomskom jezgru poseduje 30 protona i 40 neutrona) i olova-208 (čije je atomsko jezgro sastavljeno od 82 protona i 126 neutrona) koja je izvedena bombardovanjem mete napravljene od olova-208 brzim jonima cinka-70. Ipak, da bi se formiralo i detektovalo samo jedno jezgro atoma sa rednim brojem 112, neophodno je olovnu metu izlagati bombardovanju  $10^{18}$  projektila cinka tokom nekoliko nedelja. Na osnovu teorijskih proračuna, očekuje se da će hemijski elementi sa rednim brojem većim od 125 (iznad kojih se smatra da postoji tzv. ostvro stabilnosti) biti stabilni pri normalnim uslovima i da će naći niz primena u industriji.

### **- Šta su to kvarkovi?**

Reč kvark se prvi put spominje u knjizi Džejmisa Džojisa "Fineganovo buđenje" gde je označavala besmisleni pojam. Jezgra atoma sačinjena su od protona i neutrona, a sami protoni i neutroni sačinjeni su od kvarkova. Postoji 6 poznatih kvarkova, premda ih fizičari spominju kao 3 para, a to su: gore i dole kvarkovi (na engleskom *up* i *down*), zatim šarm i čudni kvarkovi (na engleskom *charm* i *strange*) i vrh i dno kvarkovi (na engleskom *top* i *bottom*), koji su se nekada zvali istina kvark i lepota kvark (na engleskom *truth* i *beauty*). Kvarkovi imaju frakciono naelektrisanje. Tri kvarka (gore, šarm i vrh) imaju naelektrisanje  $+2/3$ , dok ostala tri kvarka poseduju jednu trećinu elementarnog naelektrisanja, odnosno naelektrisanja koja nosi jedan elektron ili jedan proton. Prva dva otkrivena kvarka su gore i dole kvarkovi i oni predstavljaju 2 najlakša kvarka. Sledeći je bio otkriven čudni kvark, nazvan tako po začuđujuće dugom životu čestice K, prve kompozitne čestice u kojoj je otkriveno prisustvo

ovog kvarka. Četvrti otkriveni kvark bio je šarmantni kvark, koji je 1974. godine gotovo istovremeno otkriven u Stenfordu, kao i u američkoj *Brookhaven* nacionalnoj laboratoriji. Vrh kvark, tj. lepota kvark je 1977. godine otkriven u kompozitnoj čestici Y u američkoj *Fermi* nacionalnoj laboratoriji, takođe u SAD-u, a dno kvark, odnosno istina kvark je poslednji otkriven, 1995. godine, takođe u *Fermi* nacionalnoj laboratoriji i predstavlja najteži od svih 6 kvarkova. Kvarkovi su otkriveni u akceleratorima, koji proizvode veoma visoke energije u sudarima atoma, a pošto je vreme koje protekne dok se slobodni kvarkovi ne rekombinuju u protone i neutrone isuviše malo da bismo mogli podrobnije da ih ispitamo, za sada je uglavnom samo njihovo postojanje dokazano na osnovu tragova koje ostavljaju u maglenoj komori nakon razbijanja nekog nukleona (protona ili neutrona) pod dejstvom sudara sa česticama visokih energija. Kvarkovi se pod dejstvom jake nuklearne sile vezuju u grupe od po dva (mezoni) ili po tri kvarka (nukleoni).

### - Šta je to neutrino?

Neutrino spada u grupu lakih elementarnih čestica, odnosno leptona, koji ne učestvuju u jakim, već u slabim nuklearnim interakcijama. Nasuprot njemu, neutron spada u grupu barjona, tj. teških elementarnih čestica, a njegova karakteristika u slobodnom stanju (van jezgra) je radioaktivnost. Nakon prosečnog vremena života od oko 12 minuta slobodan neutron se raspada na proton, elektron i antineutrino, koji je anti-čestica neutrina. Neutrino je jedna od najprisutnijih čestica u Kosmosu (prosečna kosmička gustina iznosi oko 450 miliona neutrina po kubnom metru u poređenju sa prosečno samo jednim protonom po kubnom metru zapremine Kosmosa), putuje brzinama bliskim brzini svetlosti i neutralan je, što znači da ne reaguje sa elektromagnetnim talasima. Drugim rečima, taman je. Postojanje neutrina je postulirano 1930. godine (radi zadovoljenja zakona održanja impulsa prilikom  $\beta$  radioaktivnih raspada), a njegovo postojanje je dokazano tek 1957. godine. 1995. godine Nobelova nagrada za fiziku pripala je Frederiku Rajneu za otkriće neutrina. Neutrini se stvaraju u mnogim nuklearnim reakcijama, uključujući i one koje se dešavaju na Suncu, a neutrini odnose čak 2 % Sunčeve energije u Kosmos. Ipak najveći broj neutrina koji dolazi sa Sunca, prođe kroz čitavu Zemljinu kuglu, ne interagujući pri tome ni sa jednim jedinim atomom. Zapravo, jedan tipičan, nisko-energetski neutrino proputuje oko nekoliko svetlosnih godina kroz materiju pre nego što interaguje sa nekim atomom. S obzirom na njihovu veoma slabu interakciju sa materijom, veoma ih je teško i detektovati. Neutrini postoje u 3 tzv. "ukusa", tj. oblika : elektronski neutrino, tau neutrino i mionski neutrino, a premda se dugo smatralo da neutrini nemaju masu, jedno od najvažnijih modernih otkrića je to da neutrini mogu da menjaju svoje ukuse, pa iz toga sledi da oni moraju imati i masu, premda se ona nalazi u opsegu od 0,01 do 0,05 elektronVolta ( $1 \text{ eV}$  je jednak  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Džula). Pošto neutrini poseduju masu, oni su stoga i kandidati za tamnu materiju, čije je postojanje, prema današnjim saznanjima iz kosmologije neophodno da bi Kosmos zauvek nastavio da pulsira.

### - Koja je najgušća stvar na Zemlji?

Najgušća merljiva stvar na Zemlji je verovatno neutron. Kada zamišljamo stvari kao što su elektroni, protoni, neutroni, kvarkovi, svetlost i sl. često se za njihovo slikovito opisivanje koristimo pojmovima kao što su čestice ili talasi, premda svaka čestica u prirodi predstavlja istovremeno i talas i obrnuto, svaki talas poseduje i čestična svojstva. Stoga, osim svetlosti koja ima sposobnost interferencije (sabiranja više talasa tako da se amplituda rezultujućeg, zbirnog talasa menja), i elektroni, neutroni i sve druge čestice, s obzirom na svoja talasna svojstva mogu stupati u interferenciju. Od svih poznatih subatomskih čestica, neutroni najizražajnije interferiraju što nam stavlja do znanja da je njihova gustina i najveća

od svih delimično stabilnih subatomske čestice. Naime, kvarkovi od kojih su sastavljeni protoni i neutroni se momentalno kombinuju sa drugim kvarkovima, jer su njihova naelektrisanja jednaka delovima elementarnog naelektrisanja (naelektrisanja jednog protona ili jednog elektrona), a poznato nam je da svako naelektrisanje u prirodi predstavlja celobrojni umnožak ovog elementarnog, jedničnog stabilnog naelektrisanja. Inače, slobodan neutron je delimično stabilan, s obzirom da je radioaktivan sa srednjim vremenom života od oko 15 minuta, što znači da se slobodan neutrona nakon 15 minuta (u proseku) pretvara u jedan proton, jedan elektron i jedan antineutrino. Takođe, za razliku od elektrona čije je razmere nemoguće precizno odrediti zahvaljujući Hajzenbergovom principu neodređenosti, neutron poseduje nešto merljivije dimenzije. Prečnik mu je oko  $10^{-15}$  metara, a masa oko  $1,7 \cdot 10^{-27}$  kilograma. Ako kvadriramo prečnik neutrona, podelimo dobijeni broj sa 4 i zatim sve pomnožimo sa brojem  $\pi$  (3,14...) dobićemo zapreminu jednog neutrona. Deljenjem njegove mase sa zapreminom računamo gustinu koja iznosi oko  $10^{18}$  kilograma po kubnom metru. Smatra se da proton i neutron poseduju jednake zapremine, dok masa neutrona iznosi 1,00866 atomskih jedinica mase, a masa protona 1,00727 atomskih jedinica mase. S obzirom na veću masu neutrona, zaključujemo da je njegova gustina i veća od gustine protona. Vrednost gustine neutrona dobro se uklapa u očekivane vrednosti gustina neutronske zvezde, najgušćih poznatih vidljivih objekata u Kosmosu.

### - Koliko neutrona sadrže atomska jezgra?

Svi hemijski elementi osim vodonika, u svom atomskom jezgru sadrže neutrone. Neutroni svojim prisustvom u atomskom jezgru doprinose jakoj nuklearnoj sili koja vezuje nukleone (protona i neutrone), a pri tome su električno neutralni, pa stoga omogućavaju povezivanje pozitivno naelektrisanih protona. Najobičniju konfiguraciju hemijskih elemenata možemo proceniti ukoliko pogledamo periodni sistem elemenata, u kome je svaki element obeležen kao  ${}_Z^AX$ , gde X predstavlja simbol datog elementa, Z je njegov redni broj (tj. broj protona u jezgru, što je jednako broju elektrona u omotaču), a A njegov maseni broj koji predstavlja ukupan broj protona i neutrona u jezgru tog atoma. Stoga, broj neutrona se može izračunati kao  $A-Z$ . Kod najlakših elemenata na početku periodnog sistema, broj neutrona je najčešće jednak broju protona. Tako, npr. ugljenik poseduje 6 protona i 6 neutrona, azot ih ima po 7, a kiseonik po 8. Međutim, sa povećanjem rednog broja elementa, tj. sa povećanjem broja protona u njihovim jezgrima, sve je veći broj neutrona potreban kako bi se savladalo elektrostatičko odbijanje istoimeno naelektrisanih protona. Tako, npr. uran, koji poseduje najveće prirodno zastupljeno atomsko jezgro, poseduje 92 protona i čak 140 neutrona. Takođe, ukoliko neki atom poseduje manje ili više neutrona od  $A-Z$ , onda se on naziva izotopom datog elementa. U jezgru koje sadrži više od 83 protona, bilo koja količina neutrona u njemu ne može ih večno držati zajedno, pa su stoga ovako teški elementi u manjoj ili većoj meri nestabilni, tj. skloni radioaktivnosti. Interesantno je da u atomskoj fizici postoje tzv. magični brojevi (2, 8, 20, 28, 50, 82 i 126), a kada je broj protona i/ili neutrona u atomskom jezgru jednak nekom od ovih 7 magičnih brojeva (osim broja 126 koji važi samo za neutrone), onda su ta atomska jezgra izrazito stabilna, s obzirom da je energija potrebna da bi se odvojio neki nukleon iz ovakvih jezgara sa magičnim brojem protona ili neutrona znatno veća nego u slučaju nekog od susednih jezgara sa ne-magičnim vrednostima atomskog broja (broja protona u jezgru) ili razlike masenog i atomskog broja (broja neutrona u jezgru). Primeri za ovakvu stabilnost mogu biti helijum (koji u atomskom jezgru poseduje po 2 protona i neutrone), kiseonik (po 8 protona i neutrone), kalcijum-40 (po 20 protona i neutrone), kalcijum-48 (20 protona i 28 neutrona), olovo (82 protona i 126 neutrona).

## - Koja je najjača sila u Univerzumu?

U prirodi postoji 4 tipa interakcije, i to su: elektromagnetna, gravitaciona, jaka nuklearna i slaba nuklearna interakcija. Svaka od ove četiri interakcije predstavlja uzroke svim poznatim silama u prirodi. Nemojte se iznenaditi ako vam kažemo da je najslabija gravitaciona sila. Dodajte broju 10 četrdeset nula pa ćete dobiti koliko je puta elektromagnetna sila jača od gravitacione, ali ona ipak nije i najjača. Naime, 100 puta jača od nje je takozvana jaka nuklearna sila, koju mi u svakodnevnom životu ne primećujemo, jer djeluje samo na jako malim rastojanjima (oko  $10^{-15}$  m) između čestica unutar atomskog jezgra (kvarkova, a time i protona i neutrona, koje i pored ukupnog pozitivnog naelektrisanja, drži na okupu). Slaba nuklearna sila, koja je primetna u beta radioaktivnim raspadima subatomske čestice, je oko 10 milijardi puta slabija od elektromagnetne sile, a ipak je jača od gravitacione. Nju takođe ne osećamo jer i ona pripada svetu subatomske čestice i deluje na rastojanjima od oko  $10^{-18}$  m. Gravitaciona sila je specifična po tome što je za razliku od ostalih sila uvek privlačna, a njen se toliko veliki uticaj i pored tako male jačine može pripisati njenom dobrom rasprostriranju na daljinu. Dok jaka i slaba nuklearna sila imaju veoma mali domet jer njihovi intenziteti brzo opadaju sa povećanjem rastojanja, gravitaciona i elektromagnetna interakcija imaju ogroman domet. Pošto su sva nebeska tela uglavnom u celini neutralna, gravitaciona interakcija sama učestvuje u uređenju kosmičkih tela. Svaka od 4 sile u prirodi prenosi se putem tzv. virtuelnih čestica, koje se za razliku od stvarnih čestica ne mogu detektovati u detektorima čestica. Jaku nuklearnu silu, koja drži na okupu kvarkove u protonima i neutronima, kao i protone i neutrone u atomskim jezgrima, nosi virtuelna čestica sa spinom 1, koja se naziva gluon. Slično tome, slabu nuklearnu silu prenose  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z^0$  bozoni, elektromagnetnu silu virtuelni fotoni (spin 1), a gravitacionu interakciju gravitoni (spin 2).

## - Šta su to virtuelne čestice?

S obzirom na univerzalno važenje Hajzenbergovog principa neodređenosti, moguće je narušavanje zakona održanja energije (koji nam kaže da je ukupna količina energije u Kosmosu konstantna i da se energija ne može ni stvoriti, ni uništiti) za vrednost energije od  $\Delta E$ , ali samo tokom izuzetno kratkog vremenskog intervala  $\Delta t$  tako da važi da je  $\Delta E \cdot \Delta t \leq \frac{h}{4\pi}$ , gde je  $h$  Plankova konstanta ( $6,62 \cdot 10^{-34}$  Js). Na ovaj način je moguće stvaranje čestica i njihovo postojanje tokom veoma kratkih vremenskih intervala, što bi u suprotnom slučaju narušilo zakon o održanju energije (zakon o održanju ugaonog momenta, odnosno ugaonog impulsa s druge strane, nije moguće narušiti ni tokom ovako kratkih vremenskih intervala). Ove čestice se nazivaju virtuelnim česticama, a dejstvo sve 4 prirodne sile se može kako teorijski, tako i slikovito opisati pomoću razmene ovih virtuelnih čestica. U standardnom modelu fizike elementarnih čestica (koji opisuje tri prirodne sile – elektromagnetnu, jaku i slabu nuklearnu silu, ali ne i gravitacionu silu), sile koje deluju između pojedinih stvarnih, materijalnih čestica posredovane su razmenom nevidljivih čestica koje se nazivaju virtuelnim česticama i s obzirom da poseduju celobrojne vrednosti spina, spadaju u grupu bozona (za razliku od fermiona koji grade materiju i čiji je spin polubrojan). Tako se jaka nuklearna interakcija koja drži na okupu kvarkove unutar protona, neutrona i drugih hadrona, kao i protone i neutrone unutar atomskih jezgara, prenosi putem virtuelnih čestica gluona koji nemaju masu, čiji je spin jednak jedinici, a koji su indirektno detektovani u eksperimentima sudara visokoenergetskih čestica u akceleratorima. Slaba nuklearna interakcija koja dolazi do izražaja u  $\beta$  radioaktivnim raspadima (prilikom kojih se neutron raspada na proton, elektron i antineutrino ili se proton ili elektron pretvaraju u neutron i neutrino) prenosi se putem

razmene virtuelnih bozona –  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z^0$ , čiji je spin jednak 1, a za koje je karakteristično da za razliku od svih drugih virtuelnih čestica poseduju masu i to  $W^+$  i  $W^-$  po 80 GeV, a  $Z^0$  91 GeV, a takođe za razliku od svih drugih virtuelnih čestica,  $W^+$  i  $W^-$  su naelektrisane čestice i to  $W^+$  pozitivno, a  $W^-$  negativno. Elektromagnetna interakcija se prenosi putem virtuelnih fotona (koji nisu isti kao stvarni fotoni koji čine svetlost) čiji je spin jednak 1, a gravitaciona interakcija putem virtuelnih čestica, gravitona, koji su svojstveni po tome što predstavljaju jedine virtuelne čestice koje još uvek nisu detektovane. Ipak, i pored toga što graviton još uvek nije opažen, poznata su nam neka njegova hipotetična svojstva. Tako je graviton čestica bez mase i bez naelektrisanja, a spin mu je jednak 2, za razliku od svih ostalih virtuelnih čestica koje poseduju spin jednak 1, i protona, neutrona i elektrona koji poseduju spin jednak  $\pm 1/2$  ili stvarnih fotona čiji je spin jednak 0. Dve mase se privlače tako što konstantno razmenjuju virtuelne gravitone, isto kao što se dva naelektrisana tela mogu privlačiti ili odbijati putem stalne razmene virtuelnih fotona.

### - Šta se nalazi između elektrona i jezgra atoma?

Jedan od prvih modela atoma bio je tzv. planetarni model, po kome slično planetama koje kruže oko Sunca jer su privlačna sila gravitacije između zvezde i planete, i odbojna centripetalna sila pod dejstvom planetarnog kružnog ili eliptičnog kretanja, uravnotežene, tako i elektroni orbitiraju oko atoma jer su privlačna elektromagnetna sila između različito naelektrisanog jezgra i elektrona, i odbojna centripetalna sila, uravnotežene. Međutim, zakon održanja ugaonog impulsa koji dozvoljava planetama da stabilno kruže oko zvezda, ne može se tako lako primeniti na orbitiranje elektrona u atomu. Na osnovu planetarnog modela, elektroni bi, krećući se po kružnim orbitama, morali povremeno da ubrzavaju svoje kretanje (čak i ako njihova brzina ostaje konstantna u vremenu, činjenica da elektron menja svoj pravac kretanja znači da se i ubrzava), pa bi stoga kao sve ubrzane naelektrisane čestice emitovale elektromagnetne talase i postepeno bi gubili energiju, a time i ugaoni impuls, pa bi padali u jezgro, što se u stvarnosti vrlo verovatno ne dešava (zapravo, u slučaju inverznog beta radioaktivog raspada, proton iz jezgra i jedan elektrona se spajaju i pretvaraju u jedan neutron i jedan neutrino, ali se ovakvi slučajevi veoma retko dešavaju). Iz tih razloga se danas stanje elektrona u atomu smatra stacionarnim stanjem. Moderna kvantna fizika je digla ruke od zamišljanja putanje elektrona u atomu, već se samo bavi proračunavanjima verovatnoća nalaženja elektrona na određenim rastojanjima od jezgra, što se vrši pomoću talasne funkcije elektrona, čiji kvadrat odgovara ovim verovatnoćama. Tako, elektroni formiraju tzv. oblake naelektrisanja oko jezgra, i na neki način se možda mogu vizuelizovati kao "razmazani" u prostoru oko atomskog jezgra. Talasna funkcija elektrona u s-orbitali, tj. u najnižem energetskom stanju elektrona je sferičnog oblika i proteže se i do samog jezgra, što znači da je sa određenom verovatnoćom moguće pronaći elektron čak i u samom jezgru. Stoga, iako je prostor između elektrona i atoma možda na neki način i prazan, naša kvantna izračunavanja ne ukazuju baš na to. Takođe, elektroni su u stalnoj interakciji sa protonima i neutronima iz atomskih jezgara, bilo kroz elektromagnetnu ili kroz slabu nuklearnu silu. Po teoriji kvantnog polja, dve čestice prilikom elektromagnetne interakcije stalno razmenjuju fotone, dok tokom slabe nuklearne interakcije razmenjuju čestice poznate pod imenom bozoni. Stoga se prostor između elektrona i atoma pre može smatrati ispunjenim ovim energetskim kvantima koji prenose silu dejstva između elektrona i jezgra.

### - Šta je to Higsov bozon?

Standardni model u nauci teorijski objedinjuje tri od četiri prirodne sile: elektromagnetnu, slabu i jaku nuklearnu silu. Jedan od osnovnih delova standardnog modela

koji objašnjava ponašanje fundamentalnih čestica i sila u prirodi jeste hipotetično, kvantno polje, tj. tzv. Higsovo polje koje je odgovorno za pojavu mase kod čestica. Kao posledica talasno-čestičnog dualizma, sva kvantna polja imaju svoju fundamentalnu česticu povezanu sa njima, a u slučaju Higsovog polja, ta virtuelna čestica je Higsov bozon. Postojanje ove čestice je postulirao Peter Higgs (*Peter Higgs*) 1960. godine i po njemu, ona je neutralna, a spin joj je jednak nuli. Dok elektromagnetna teorija opisuje interakciju čestica sa fotonima, moderna teorija slabih interakcija opisuje interakciju čestica (W i Z bozona) sa elektronima, neutrinima, kvarkovima i drugim česticama. Za razliku od fotona koji nema masu, mase W i Z čestica su oko 80 puta veće od mase protona, i upravo da bi se prevazišla ova razlika u masama između nosilaca dve sile, postulirano je postojanje Higsovog bozona. Međutim, postulirano postojanje ovog bozona na osnovu koga bi se u odnosu njegove interakcije sa drugim česticama i poljima mogla objašnjavati masa još uvek nije u stvarnosti potvrđeno.

### **- Šta je to antimaterija?**

Pol Dirak (*Paul Dirac*) je 1928. godine predvideo postojanje antimaterije, što je nekoliko godina kasnije bilo i potvrđeno na osnovu putanje čestice u maglenoj komori, koja je ukazivala na to da postoji čestica po razmerama jednaka elektronu, ali suprotnog naelektrisanja. Ova antimaterijalna čestica elektrona nazvana je pozitronom, a i sve druge elementarne čestice poseduju svoje antimaterijalne partnere, koji kao i u slučaju elektrona i pozitrona imaju jednake mase, ali suprotna naelektrisanja, kao i suprotne barjonske (ili leptonske) brojeve. Prilikom susreta materijalne čestice i njenog antimaterijalnog partnera, obe čestice se pretvaraju u kvant gama zračenja energije jednake proizvodu sume njihovih masa i kvadrata brzine svetlosti. Ukoliko čestica poseduje samo linearni i ugaoni moment koji definišu energiju i spin čestice, onda je takva čestica istovremeno i svoja antičestica, a ovaj slučaj odgovara primeru fotona. S druge strane, bilo koja druga osobina koju poseduje čestica mora biti obrnuta kod njoj odgovarajuće antičestice. Tako, antiproton poseduje suprotno naelektrisanje od protona, a antineutron poseduje suprotno usmeren magnetni moment od neutrona. Takođe, i protoni i neutroni imaju barjonske brojeve suprotnog predznaka od svojih antimaterijalnih partnera. Ukoliko zamenimo česticu sa njenom antičesticom, pogledamo u trodimenzionalno ogledalo i obrnemo smer vremena, mi ne možemo ustanoviti nijednu razliku između njih, a ova pojava je posledica tzv. CPT (*Charge Conjugation-Parity-Time*) invarijantnosti. Antimaterija se pojavljuje kao posledica toga da relativističke jednačine kretanja nemaju samo rešenja za pozitivnu, već i za negativnu energiju. 1955. godine je u *Berkeley* laboratoriji u Kaliforniji pronađen antiproton, a 1995. godine je po prvi put bio sintetizovan atom antivodonika. Jedno od interesantnih kosmoloških pitanja je zašto u svetu kakav mi poznajemo postoji tako malo antimaterije, a njena primena danas postoji u tzv. pozitronskim emisionim tomografima, dok je njena buduća primena usmerena ka oživljavanju ideje iz "Zvezdanih staza" o svemirskom brodu koji bi za međuzvezdana putovanja koristio energiju dobijenu prilikom kontrolisane anihilacije materije i antimaterije.

### **- Da li postoji anti-neutron?**

Da, iako je proton pozitivno naelektrisan za razliku od svog negativno naelektrisanog antimaterijalnog partnera anti-protona, i elektron negativno naelektrisan za razliku od svog suprotno naelektrisanog antimaterijalnog partnera pozitrona, i neutron poseduje svog antimaterijalnog partnera, ali koji je isto tako električno neutralan kao i njegov materijalni partner. Za razliku od elektrona i pozitrona, protoni i neutroni nisu fundamentalne elementarne čestice, već su sastavljene od manjih čestica, koji se nazivaju kvarkovi. Proton se

sastoji od dva "gore" kvarka i jednog "dole" kvarka, dok je neutron sačinjen od jednog "gore" i dva "dole" kvarka. "Gore" kvarkovi poseduju naelektrisanje od  $+2/3$  elementarnog naelektrisanja (naelektrisanja elektrona ili protona), dok "dole" kvarkovi poseduju naelektrisanje od  $-1/3$  elementarnog naelektrisanja. Ukoliko saberete naelektrisanja kvarkova u protonu i neutronu, videćete da proton poseduje naelektrisanje od  $+1$  elementarnog naelektrisanja, dok je neutron električno neutralan. Anti-proton se sastoji od dva "anti-gore" i jednog "anti-dole" kvarka, gde svaki od ovih anti-kvarkova poseduje brojno jednako naelektrisanje kao svoj materijalni kvark, ali suprotnog znaka, pa stoga anti-proton ima naelektrisanje jednako  $-1$  elementarnog naelektrisanja, što je jednako naelektrisanju elektrona. Isto tako, anti-neutron se sastoji od jednog "anti-gore" i dva "anti-dole" kvarka, što znači da je anti-neutron istoga naelektrisanja kao i neutron.

## - Šta su to akceleratori?

Akceleratori čestica su uređaji u kojima se atomi ili subatomske čestice (protoni, neutroni ili elektroni) ubrzavaju do velikih brzina i međusobno sudaraju. Velike kinetičke energija čestica u sudaru se koriste za raspadanje subatomskih čestica na kvarkove i leptone koji se zatim rekombinuju stvarajući neke druge vrste čestica ili antičestica. U linearnim akceleratorima, čestica putuje kroz vakuum duž nekoliko kilometara dugačke bakarne cevi na kojoj se nalaze elektromagneti koji održavaju česticu pravilno usmerenom. S druge strane, kružni akceleratori (ciklotroni, sinhotroni) ubrzavaju česticu nekoliko puta duž kružne cevi. Sa svakim novim obrtajem, magnetno polje se pojačava kako bi se čestica što je moguće više ubrzala i tako postigla što je moguće veću kinetičku energiju. U svakom slučaju, delovi jednog akceleratora su: izvor čestica (najčešće laser koji svojom svetlošću izbija čestice sa površine nekog elementa), bakarna cev kroz koju putuju čestice, klistron (stvara mikrotalase na kojima se voze ubrzavajuće čestice), elektromagneti koji usmeravaju snop čestica, meta (mesto sudara čestica), detektori (najčešće gasna komora kroz koju prolaze nastale čestice i dovode do isparavanja ili jonizacije gasa, pa tako u njoj ostavljaju vidljive tragove, na osnovu kojih se mogu odrediti tipovi nastalih čestica), vakuumski sistem (koji uklanja vazduh i prašinu iz bakarne cevi), sistem hlađenja (koji uklanja toplotu koju stvaraju elektromagneti), kompjuterski sistem (koji kontroliše rad akceleratora, prikuplja i analizira dobijene podatke), zaštitna konstrukcija (koja blokira zračenje koje nastaje u akceleratoru), sistem za nadgledanje (kamere i senzori zračenja koji radi bezbednosti posmatraju šta se dešava u akceleratoru), električni sistem (koji snabdeva akcelerator energijom) i skladišni prstenovi (u kojima se čuvaju prethodno ubrzane čestice). Inače, najveći akcelerator na našoj planeti je super-proton-sinhrotron koji se nalazi u CERN-u (Evropski center za nuklearna istraživanja) u gradiću Meranu blizu Ženeve. U ovom akceleratoru prečnika nekoliko kilometara (površina ovog akceleratora je otprilike jednaka površini koju zatvara putanja tramvaja broj 2 u Beogradu), protoni i antiprotoni se ubrzavaju do brzina i od po 99,9994 % brzina svetlosti nakon čega se sudaraju da bi od njihovih enormno velikih kinetičkih energija, kao i od energije nastale njihovom anihilacijom nastalo 30-50 novih čestica koje se detektuju prolaskom kroz maglenu komoru. Na ovaj način se u trenucima sudara ubrzanih protona i antiprotona postižu energije veće i od 27 milijardi elektronVolta, čime tačka sudara postaje verovatno najvrelija tačka u današnjem Kosmosu, s obzirom da su ovako velike skoncentrisane energije postojale samo u trenucima nakon Velikog Praska.

## - Šta je to konstanta fine strukture?

Konstanta fine strukture (koja se najčešće obeležava kao  $\alpha$ ) predstavlja bezdimenzionalnu brojnu vrednost od  $1/137$ , odnosno  $0.007297351 \pm 0.000000006$ .



Konstanta fine strukture je u svet nauke ušla prilikom pokušaja da se koriguje Borov model atoma. Naime, po ovom modelu, svi elektronski nivoi sa istim glavnim kvantnim brojem su posedovali istu energiju. Ipak, u spektrima supstanci postoje očigledne razlike između nivoa koji potiču iz istih glavnih, ali različitih kvantnih brojeva ukupnog ugaonog momenta (kao sume orbitalnih i spinskih kvantnih brojeva). Stoga je Pol Dirak 1928. godine uveo relativističke efekte u Borov model atoma na osnovu kojih će energije atoma sa istim glavnim kvantnim brojem, ali sa različitim kvantnim brojem ukupnog ugaonog impulsa stajati u odnosu koji je jednak kvadratu konstante fine strukture. Ovo je proizašlo iz pretpostavke da se elektron kreće oko jezgra atoma brzinom jednakom  $1/137$  delu brzine svetlosti, pa u ovako brzom, tzv. relativističkom kretanju, dolazi do promene njegove mase, što utiče i na promenu njegovog energetskog nivoa u atomu. Konstanta fine strukture se može izračunati pomoću 4 najvažnije konstantne veličine u prirodi: brzine svetlosti  $c$ , Plankove konstante  $h$ , dielektrične propustljivosti vakuuma  $\epsilon_0$  (tzv. električna konstanta) i elementarnog naelektrisanja (tj. naelektrisanja jednog elektrona ili jednog protona)  $e$ , i to kao  $e^2/2hc\epsilon_0$ . Ukoliko se konstanta fine strukture izračunava pomoću ove formule, ona će varirati jer se efektivno naelektrisanje elektrona menja sa promenom brzine njegovog kretanja. Tako,  $\alpha$  ima vrednost od oko  $1/137$  za eksperimente u sobnim uslovima, dok u akceleratorima, njena vrednost može dostići i oko  $1/128$ . Konstanta fine strukture je izuzetno važna i u kvantnoj teoriji elektrodinamike koja elektromagnetnu silu objašnjava kao posledicu razmene virtuelnih fotona. Mala vrednost ove konstante u ovoj teoriji dolazi do izražaja prilikom uprošćenog računanja interakcije dva naelektrisana tela (npr. dva elektrona). Tada je dovoljno uzeti u obzir razmenu samo jednog fotona, jer je svaki sledeći foton manje važan za faktor  $1/137$ , pa se može i zanemariti. U suprotnosti sa konstantom fine strukture u teoriji kvantne elektrodinamike, ekvivalent ove konstante u kvantnoj teoriji jake sile je približno jednak jedinici, što dovodi do veoma komplikovanih računa i teško predvidljivih situacija. Poznato je, naime, i ono što se često naziva misterijom konstante fine strukture, a po kojoj se smatra da materijalno ispoljavanje Kosmosa nikada ne bi postalo moguće u nekom odnosu  $e^2/2hc\epsilon_0$  različitom od  $\alpha$ . Tako, na primer, varijacija konstante fine strukture za faktor 10 u odnosu na njenu vrednost bi značila da atomi ugljenika ne bi bili stabilni i život koji se upravo zasniva na stabilnosti ugljenika takođe ne bi mogao da se razvije. Ipak, analizom svetlosti koja dolazi sa nekih dalekih kvazara, avgusta 2001. godine je otkriveno da je konstanta fine strukture koja kao što je poznato, definiše intenzitet interakcije subatomske čestice između sebe i sa svetlošću, bila manja u prošlosti Kosmosa. Naučnici sa Univerziteta u Novom Južnom Velsu u Australiji u saradnji sa Univerzitetom na Havajima su na osnovu proučavanja apsorpcionih spektralnih linija atoma prašine koja stoji na putu svetlosti kvazara do nas (a razlika između talasnih dužina apsorbovanih od strane bilo koja dva elementa zavisi od vrednosti konstante fine strukture) procenili da je konstanta fine strukture pre oko 6 milijardi godina bila za jedan 105. svoj deo manja nego danas.

### - Šta su to Plankova konstanta, dužina, vreme i energija?

Kao što brzina svetlosti predstavlja najvažniju konstantu u Ajnštajnovoj teoriji relativnosti koja opisuje kretanje zvezda, planeta, Galaksija i svih drugih nebeskih tela, pa time i makrokosmičko ustrojstvo Kosmosa, Plankova konstanta predstavlja najvažniju konstantu u kvantnoj teoriji, koja se u nauci primenjuje za opisivanje mikrokosmičkog ustrojstva, tj. dešavanja na nivou atoma. Svetlost se sastoji od diskretnih jedinica, tzv. kvanta svetlosti poznatih i pod imenom fotoni, a Plankova konstanta je jednaka količniku iz energije fotona i njegove frekvencije. Takođe, Plankova konstanta predstavlja osnovu talasno-čestične dualnosti, što znači da je svaka čestica talas, kao i da je svaki talas čestica. Tako, Plankova konstanta predstavlja proizvod impulsa i talasne dužine neke čestice. Takođe, elektron se u

atomu može nalaziti samo na onim orbitalama kod kojih je momenat impulsa (tj. ugaoni impuls) jednak celobrojnomoj umnošku količnika Plankove konstante i broja  $2\pi$ . Uz sve to, Hajzenbergova relacija neodređenosti nam kaže kako nikada nije moguće izmeriti istovremeno položaj i brzinu neke čestice potpuno precizno. Naime, proizvod neodređenosti položaja i impulsa čestice uvek će biti veći ili jednak količniku Plankove konstante i broja  $2\pi$ . Takođe, i proizvod neodređenosti energije i vremena neke čestice će uvek biti veći ili jednak količniku Plankove konstante i broja  $2\pi$ . Plankova dužina predstavlja prostornu razmeru pri kojoj klasične ideje o gravitaciji i prostor-vremenu prestaju da važe i kada u potpunosti dominiraju kvantni efekti. Plankova dužina predstavlja kvant dužine, tj. najmanju dužinu koja ima smisla u fizičkim merenjima, i ona je približno jednaka  $1,6 \cdot 10^{-35}$  m, što je oko  $10^{20}$  ili sto miliona miliona miliona puta manje od razmera protona. Plankovo vreme predstavlja vreme koje je potrebno svetlosnom fotonu koji putuje brzinom svetlosti da pređe rastojanje od jedne Plankove dužine. Plankovo vreme predstavlja kvant vremena, tj. najmanje vreme koje može imati smisao u fizičkim merenjima, i približno je jednako  $10^{-43}$  sekundi, a može se izračunati preko 3 najvažnije fizičke konstante: Plankove konstante ( $6,62 \cdot 10^{-34}$  Js), gravitacione konstante ( $6,67 \cdot 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>) i brzine svetlosti ( $2,98 \cdot 10^8$  m/s). Kao što pri energijama većim od  $10^{11}$  elektronVolta (1 elektronVolt (eV) je jednak energiji od  $1,6 \cdot 10^{-19}$  J, tj. energiji koju dobija elektron u električnom polju čija je razlika potencijala jednaka jednom Voltu) dolazi do objedinjenja elektromagnetne i slabe nuklearne sile, tako se na osnovu velike teorije objedinjenja smatra da pri energijama većim od tzv. Plankove energije, koja se procenjuje na oko  $10^{28}$  elektronVolta, dolazi do objedinjenja elektromagnetne, slabe i jake nuklearne sile (a s obzirom da se ona smanjuje sa povećanjem energije, postala bi ravnopravna sa gravitacionom silom koja se povećava sa povećanjem energije, a koja je danas čak  $10^{42}$  puta slabija od elektromagnetne sile). Smatra se da bi za eventualno potvrđivanje postojanja Plankove energije objedinjenja bio potreban akcelerator čestica veličine jednog Sunčevog sistema.

### **- Po čemu je posebna živa?**

Živa je specifičan hemijski element po tome što predstavlja jedini metal koji se pri normalnim zemaljskim uslovima (sobna temperatura – 20°C i atmosferski pritisak – 101325 Pa) nalazi u tečnom stanju. Naime, temperatura topljenja žive je znatno niža od svih drugih metala i pri atmosferskom pritisku iznosi –39°C. Živa je istovremeno i najgušća tečnost na sobnoj temperaturi, s obzirom da je jedan litar žive na našoj planeti težak 13,6 kilograma. Živa je sjajan metal, srebrnasto-bele boje, a ukoliko želite da očvrstete živu na sobnoj temperaturi moraćete da primenite pritisak od čak 7640 atmosfera, a ovaj pritisak se inače koristi i kao standard pri merenjima ekstremno visokih pritisaka. Živa se u prirodi nalazi u vidu minerala cinabarita (živin sulfid) koji se uglavnom nalazi u stenama vulkanskog porekla. Živa se koristi u termometrima jer je njen koeficijent širenja skoro konstantan, tj. promena njene zapremine je ista za svaki stepen porasta ili opadanja temperature. Lampe sa živinom parom se koriste kao izvori ultraljubičaste svetlosti, a živine pare se koriste i u bojlerima nekih motornih turbina. Ukoliko prospete živu na skoro bilo koju površinu (bolje je da ovo ne isprobavate jer su živina isparenja otrovna), ona će obrazovati skoro savršene sferne kapi jer je privlačna interakcija između nepolarnih atoma žive znatno jača od privlačne sile između žive i npr. drveta, aluminijuma ili kamena. Međutim, ako prospete živu na zlato, desiće se suprotna stvar - živa će obrazovati izuzetno snažan omotač oko zlata usled veoma jake interakcije između ova dva metala. Španija, Jugoslavija, Kalifornija i Italija predstavljaju delove Zemljine kugle u kojima postoje najveća prirodna nalazišta žive i to u obliku njenih minerala.

### **- Koji su to zakoni termodinamike?**

Termodinamika predstavlja oblast fizike koja se bavi opisivanjem makroskopskih sistema materije i energije. Nulti zakon termodinamike nam kaže da kada su dva materijalna sistema u termodinamičkoj ravnoteži sa trećim sistemom, onda i prva dva sistema moraju biti u međusobnoj ravnoteži. Pod termodinamičkom ravnotežom između dva sistema podrazumeva se posedovanje neke brojno jednake fizičke veličine koja opisuje stanje sistema, a to je u teorijskom slučaju - hemijski potencijal, dok u aproksimaciji, ta veličina može biti i – temperatura. Prvi zakon termodinamike predstavlja zakon održanja energije i tvrdi da energija ne može biti ni stvorena ni uništena, a da jedan termodinamički sistem razmenjuje svoju unutrašnju energiju sa okolinom putem toplote i izvršenog rada. Drugi zakon termodinamike tvrdi da entropija (stepen neuređenosti sistema) jednog izolovanog sistema ne može nikada biti u stanju opadanja. Drugim rečima, svaki izolovani sistem u prirodi teži ravnoteži, odnosno stanju maksimalne entropije, tj. maksimalne neuređenosti. Da vas samo podsetimo da izolovani sistem ne razmenjuje ni materiju ni energiju sa okolinom, zatvoreni sistem razmenjuje energiju ali ne i materiju, dok otvoreni sistem može razmenjivati kako materiju, tako i energiju sa svojim okruženjem. Ovaj zakon, takođe, tvrdi da bez prisustva spoljašnjeg rada, toplota ne može biti spontano prevođena sa hladnijeg tela na toplo telo. S obzirom da drugi zakon termodinamike predviđa postojanje apsolutne nule, tj. najniže temperature u prirodi pri kojoj prestaju sva molekulska kretanja, ali se elektroni i dalje kreću u atomu, jezgra se okreću oko sebe, a atomi vibriraju oko međuatomskih veza u molekulu sa najnižom mogućom amplitudom oscilovanja, uvodi se i treći zakon termodinamike koji tvrdi da se apsolutna nula ne može dostići u konačnom broju koraka, jer entropija nekog sistema nikada ne može biti jednaka nuli, a osim toga u cilju postizanja apsolutne nule, tj. temperature od 0 K bila bi potrebna toplotna mašina stopostotne efikasnosti, tj. mašina koja bi 100 % svoje energije prevodila u rad, a 0 % u toplotu, a takvu apsolutno savršenu mašinu je praktično nemoguće stvoriti.

### **- Kako se toplota prenosi sa toplijeg na hladnije telo?**

Toplota predstavlja termalnu energiju (energiju povezanu sa kretanjem i položajima pojedinačnih atoma u telu) koja teče od jednog do drugog tela pomoću jednog od tri mehanizma: provođenjem, strujanjem (konvekcijom) ili zračenjem. Od svih vidova prenosa toplote, provođenje je najlakše vizuelizovati. Naime, čestice toplijeg tela imaju veću kinetičku energiju, pa se stoga i brže kreću od čestica hladnijeg tela. Međutim, u sudarima između čestica dolazi do razmene energije, usporavanja brzih i ubrzavanja sporih čestica, tako da će nakon određenog vremena, čestice oba tela posedovati jednake brzine, a time i jednake kinetičke energije. Drugim rečima, hladnije telo će se zagrejati, a toplije ohladiti. Koeficijent toplotne provodljivosti predstavlja meru efikasnosti prenosa toplote provođenjem, a u slučaju provođenja toplote, ne razmenjuje se materija između dva tela, već samo kinetička energija konstitutivnih čestica. S druge strane, u slučaju strujanja toplote dolazi do prenosa mase (najčešće samo privremenog). U ovom slučaju, pokretni fluid prenosi toplotu ka hladnijem telu zajedno sa samim sobom, odnosno sa difuzijom sopstvenih čestica. Strujeći prenos toplote je evidentan prilikom kuvanja vode na ringli. Naime, toplija voda sa dna suda se širi i postaje ređa od vode iznad sebe pa počinje da se penje naviše, noseći zajedno sa svojom toplotom i sebe nagore, dok hladnija i gušća voda iz gornjih slojeva zauzima njeno mesto. U slučaju prenosa toplote zračenjem, molekuli razmenjuju energiju putem emitovanja i apsorbovanja infracrvenih talasa (kao posledice vibriranja atoma u molekulu). Toplije telo emituje više infracrvenih talasa ka hladnijem telu nego obrnuto, pa se posle nekog vremena, energija oba tela izjednačuje. Da bi se toplota između tela prenosila putem provođenja ili strujanja, ona moraju biti u kontaktu, što nije neophodan uslov da bi tela mogla da razmenjuju

toplotu pomoću infracrvenih talasa, pa čak ni vakuum ne sprečava razmenu toplote zračenjem. Ponekad se ova tri efekta ravnomerno zastupljeni u procesu prenosa toplote, mada ponekad neki od njih preovlađuje. Tako, na primer, Sunčevom svetlošću zagrejane cigle prenose toplotu na unutrašnjost kuće najviše putem provođenja, brzi avioni se tokom leta greju usled strujanja, a Zemlja, kao i cigle kuće primaju toplotu od Sunca putem zračenja.

### **- Šta je to difuzija?**

Difuzija predstavlja spontano kretanje materije ili energije iz oblasti veće koncentracije u oblast niže koncentracije. Nakon završenog procesa difundovanja dolazi do homogene, tj. ravnomerne prostorne raspodele difundujuće materije ili energije. Difuzija toplote i naelektrisanja je veoma brza kod metala, a jako spora kod izolatora. U principu, difuzija materije je najbrža kod gasova, sporija kod tečnosti, a najsporija kod čvrstih tela. Primer difuzije kod gasova može biti širenje mirisa kroz sobu, što je znatno brži proces od difuzije rastvorene kocke šećera u vodi, što bi mogao biti primer difuzije kod tečnosti. Opet, ova dva procesa su mnogo brža od difuzije rđe kroz gvozdeni predmet što bi mogao biti primer difuzije u čvrstom, kristalnom stanju. U svakom slučaju, brzina difuzije je direktno proporcionalna površini poprečnog preseka kroz koji se vrši kretanje materije ili energije, i gradijentu koncentracije, temperature ili naelektrisanja, u zavisnosti od prirode difundujuće energije. Takođe, svaka supstanca u prirodi se karakteriše sebi svojstvenim difuzionim koeficijentom koji predstavlja stepen u kome supstanca propušta difundujuću komponentu kroz sebe.

### **- Da li se temperatura uvek povećava sa zagrevanjem?**

Temperatura predstavlja merilo srednje kinetičke energije čestica materijalnog sistema, a u procesu zagrevanja datog sistema, mi predajemo energiju česticama sistema, što u najvećem broju slučajeva povećava brzinu kretanja čestica u sistemu, što identifikujemo na osnovu posmatranja porasta temperature. Međutim, u prirodi postoje i neki sistemi u kojima se temperatura snižava kada im predajemo energiju. Drugim rečima, oni se hlade kada ih zagrevamo. Za takve supstance se kaže da poseduju negativan toplotni kapacitet (toplotni kapacitet predstavlja količinu toplote koju je potrebno predati jednom sistemu da bi se njegova temperatura povećala za  $1^{\circ}\text{C}$ ), što znači da se njihova temperatura snižava kada im predajemo toplotu. Naime, izolovani gravitacioni sistemi što u određenoj aproksimaciji mogu biti zvezde (s obzirom da se nalaze u skoro totalnom vakuumu) poseduju negativne vrednosti toplotnog kapaciteta. Ukoliko zvezdama predajemo energiju, one će se širiti i hladiti, a ova pojava potiče iz mehanizma kojim zvezde stvaraju toplotu. Naime, zvezde su oblikovane tako da postoji ravnoteža između gravitacione sile koja teži da sažme zvezdu i unutrašnjeg pritiska (kao posledice stvaranje energije u procesu fuzije) koji se suprotstavlja težnji ka sažimanju. Stoga će se dodavanjem energije zvezdi, ona širiti, što će dovesti do smanjivanja unutrašnjeg pritiska, a time i do hlađenja. Međutim, nedavno je i na Zemlji pronađen materijalni sistem koji poseduje negativan toplotni kapacitet i to je jedna izolovana skupina od samo 147 atoma natrijuma u okolini svoje tačke topljenja. U tački topljenja, sva toplota koju predajemo sistemu, koristi se za prelaz supstance iz čvrstog u tečno stanje, tako da temperatura ostaje konstantna sve dok se ne izvrši fazni prelaz. Stoga, pošto u tački faznog prelaza, sistemu dodajemo toplotu, a njegova temperatura pri tome ostaje nepromenjena (sva toplota se koristi za povećanje entropije, ali ne i temperature), toplotni kapacitet u ovoj tački nije definisan (ili je s druge strane beskonačan, pošto u imeniocu razlomka imamo nulu). U slučaju sistema od 147 atoma natrijuma, primećeno je da u neposrednoj blizini tačke topljenja, temperatura sistema opada sa predavanjem energije sistemu, što znači da je toplotni kapacitet ovoga

sistema u tom trenutku bio negativan. Premda se tona leda topi na istoj temperaturi kao i jedan gram leda, ovo otkriće nam ukazuje da postoje i veoma mali sistemi (nanosistemi) kod kojih se fazni prelazi odigravaju sasvim različito nego kod faznih prelaza u okviru velikih sistema. Tako je nedavno otkriveno i da se sistem od nekoliko desetina atoma kalaja topi na čak 50 stepeni nižoj temperaturi nego sistem od nekoliko grama ili kilograma kalaja. Za razliku od velikih sistema kod kojih se oko jedan desetomilioniti deo svih atoma nalazi na granici faza (što čini porast entropije energetski povoljnijim), oko 20 % atoma se nalazi na granici faza u malim sistemima (klasterima), što čini parcijalno rastopljeno stanje energetski povoljnijim. Kao posledica toga, atomi pretvaraju nešto svoje kinetičke energije u potencijalnu kako bi pomogli proces topljenja i temperatura stoga opada iako se ukupna energija sistema povećava.

### **- Da li je moguća hladna fuzija?**

Svi hemijski elementi koji su teži od gvožđa oslobađaju energiju prilikom procesa fisije, tj. cepanja njihovih atomskih jezgara na manje fragmente, dok hemijski elementi lakši od gvožđa oslobađaju energiju prilikom procesa fisije, tj. spajanja dva ili više atomskih jezgara u jedno veće jezgro. Oslobađanje energije prilikom kombinovanja ili cepanja atomskih jezgara je posledica činjenice da su mase atomskih jezgara manje od zbira masa protonskih i neutronskih masa u njima, pri čemu količnik ove razlika u masi i mase atomskog jezgra poseduje maksimalnu vrednost za atom gvožđa, krećuće se od gvožđa ka lakšim atomima naglo opada, dok sa kretanjem ka težim atomima od gvožđa, polako opada. Za razliku od procesa fisije (koji se koristi u svim nuklearnim elektranama) koji se može bezbedno izvoditi i za čije iniciranje nisu potrebne velike energije, za iniciranje procesa fuzije neophodno je početnim atomima predati ogromnu kinetičku energiju, kako bi oni bili u stanju da savladaju elektrostatičko odbijanje, koje potiče od istoimeno naelektrisanih jezgara. Stoga su za omogućavanje procesa fuzije potrebne temperature od preko 5 miliona stepeni, kakve za sada postoje samo u zvezdama, čija oslobođena energija i potiče od ovog procesa, koji se dešava u njihovim središtima. Zbog neophodnih visokih temperatura, prinos energije u laboratorijskim procesima fuzije je znatno manji od energije koja se potroši za postizanje visokih temperatura, tj. za iniciranje nuklearne fuzije, što je potvrđeno u postupcima grejanja magnetski zatvorene plazme pod dejstvom elektromagnetnih talasa ili snopova neutralnih čestica, kao i prilikom kompresovanja i zagrevanja malih vodoničnih pilula pod dejstvom snažnih pulsnih lasera ili jonskih snopova. Ideja o hladnoj fuziji, koja bi, ukoliko se ostvari, predstavljala odličan izvor energije, potiče iz 1920. godine, a zasniva se na činjenici da vodonik i njegovi izotopi mogu da se u izvesnim metalima, kao što je npr. paladijum, rastvore u tolikoj meri da im koncentracija bude veća nego u samom čvrstom vodoniku. Ovo bi toliko približilo vodonične atome da bi oni eventualno započeli lančani proces fuzije. Koristeći se ovom idejom, Martin Flajšman (*Martin Fleischmann*) i Stenli Pons (*Stanley Pons*) su propuštali električnu struju kroz elektrolitičku ćeliju napunjenu elektrolitom koji se sastojao od litijuma, kiseonika i deuterijuma rastvorenih u teškoj vodi (vodi u kojoj jezgra vodonikovih atoma sadrže dodatni neutron), pri čemu je katoda bila napravljena od paladijuma, a anoda od platine. Katodna reakcija je oslobađala nevezane atome deuterijuma koji su se ugrađivali u paladijumsku katodu u odnosu 1:1. Kalorimetar povezan sa ćelijom registrovao je da je 10 % više energije napuštalo ćeliju, nego što se koristilo za kretanje električne struje kroz nju. Ovi rezultati su objavljeni 1989. godine, ali se pri skoro svakom ponavljanju eksperimenta nije ponovio tako visok iznos dobijene energije. Ipak, istraživanja hladne fuzije još uvek postoje, a njeni sadašnji planetarni centri su Sapiro u Japanu i Nica u Francuskoj.

### **- Šta je to superfluidnost?**

Kada bismo probali da hladimo gas helijuma ka apsolutnoj nuli, primetili bismo da on postaje tečan na 4,2 K, ali da nikada ne prelazi u čvrsto stanje. Međutim, na temperaturi od 2,12 K, tečni helijum prelazi u jedno specifično stanje koje se naziva supertečnim ili superfluidnim stanjem i koje poseduje niz osobina koje su karakteristične samo za ovakva stanja materije. Naime, viskoznost (unutrašnje trenje tečnosti, odnosno otpor kretanju) superfluidnog helijuma je čak oko 10 000 manja od viskoznosti gasovitog vodonika, što znači da se svi atomi u ovom superhelijumu kreću kao jedan. Takođe, superfluidni helijum je i izvanredan provodnik toplote – bar 200 puta bolji od bakra. Pojava superfluidnosti nekih tečnosti na niskim temperaturama (tačnije ispod određene kritične temperature) se objašnjava Boze-Ajnštajnovom kondenzacijom, odnosno mogućnošću da sve čestice sa nultim ili celobrojnim spinom (kao što su atomi helijuma, jer imaju u jezgri dva protona i dva neutrona čiji je spin jednak jednoj polovini, što sumiranjem daje celobrojni spin jezgra, a uz to postoje dva elektrona u elektronskom omotaču atoma, što znači da je i ukupan elektronski spin helijuma takođe celobrojan) u sistemu zauzmu isto kvantno stanje (odnosno imaju isti položaj i brzinu) i na taj način se identično pokreću. Posledica potpunog nestanka viskoznosti kod superfluida je praćena pojavom da ove supertečnosti mogu da prolaze kroz izuzetno uske kanale i pore kroz koje obične tečnosti ne mogu da prolaze. Danas su jedini otkriveni superfluidi helijum-4, helijum-3 (izotop helijuma koji umesto dva neutrona u jezgri poseduje samo jedan i koji postaje supertečan tek ispod temperature od 0,0024 K), neki laserski ohlađeni alkalni gasovi (litijum, natrijum, rubidijum) i mala skupina paravodonika (oblika atoma vodonika kod kojih su spinovi dva protona suprotno usmereni i koji postaje supertečan na 0,15 K).

### - Šta je to supersimetrija?

Supersimetrija predstavlja teorijski model koji ujedinjuje sve elementarne i virtuelne čestice u Kosmosu. Supersimetrija je moderna ideja koja se pojavljuje u fizici elementarnih čestica, a po kojoj svaki fermion (u koje spadaju sve realne elementarne čestice – kvarkovi, leptoni i neutrini, čija je karakteristika polubrojan spin) poseduje sebi supersimetričnog partnera u vidu nekog bozona (u koje spadaju sve virtuelne čestice, odnosno čestice koje prenose silu – gluoni, fotoni, gravitoni, i W i Z bozoni, a čija je karakteristika posedovanje celobrojnog spina). Glavna razlika između bozona i fermiona se ogleda u njihovoj “druželjubivosti”. Naime, za razliku od fermiona koji se pokoravaju Paulijevom principu isključenja po kome dva fermiona nikada ne mogu imati isti položaj i brzinu, pa time i ne mogu biti u istom kvantnom stanju, beskonačno mnogo bozona može zauzeti isto kvantno stanje. Teorija o supersimetriji postulira da svaki elementarni bozon poseduje svog supersimetričnog partnera u vidu znatno masivnijeg fermiona i obrnuto. Takođe, slično superprstenovima koji predstavljaju supersimetrične partnere običnih prstenova, ali pri tome raspolažu sa 10 dimenzija, i realne četvorodimenzionalne elementarne čestice bi mogle da budu supersimetrične sa fundamentalnim jednodimenzionalnim česticama ili tačnije strunama čija dužina ne prelazi  $10^{-35}$  metara, a koje postulira teorija superstruna. Supersimetrija je uvedena u Standardni model (koji ujedinjuje elektromagnetnu, slabu i jaku nuklearnu silu) kako bi se izbegao problem koji potiče od čak 19 parametara u standardnom modelu koji se moraju eksperimentalno odrediti. Jedan od najinteresantnijih aspekata supersimetrične teorije je taj da bi najlakša supersimetrična čestica u prirodi morala biti stabilna. Ovoj čestici je dato ime – neutralino i njena masa bi trebalo da iznosi između 20 i 1000 GeV/c<sup>2</sup> (masa protona je jednaka 1 GeV/c<sup>2</sup>).

### - Šta je to Čerenkovljeva radijacija?

Ispitujući efekte nekih radioaktivnih supstanci na tečnosti, Pavel Čerenkov je 1934. godine primetio da voda koja okružuje radioaktivnu supstancu emituje plavu svetlost, a ovo svetljenje je po naučniku koji ju je prvi otkrio nazvana Čerenkovljevom radijacijom. Ovo zračenje potiče od čestica koje se kreću većom brzinom od brzine svetlosti u datoj sredini. Iako je brzina svetlosti u vakuumu najveća brzina u prirodi kojom mogu putovati samo čestice bez mase, svetlost se u raznim sredinama kreće brzinama koje su uvek sporije od njene brzine u vakuumu. Tako je brzina svetlosti u vazduhu jednaka  $0,9997c$ , gde je  $c$  brzina svetlosti u vakuumu, a u staklu se svetlost kreće brzinom od  $2c/3$ . Efekat nastanka Čerenkovljeve radijacije je sličan probijanju zvučnog zida kod aviona. Kada se avion kreće brže od brzine zvuka, tada se vazduh ispred aviona ne pomera kontinualno, već dolazi do iznenadnih i intenzivnih padova u pritisku koji se slično vodenoj brazdi iza broda kreću kroz vazduh, a kada takva promena u pritisku dođe do nas, mi je čujemo kao glasno "buuum". Slično ovome, svaka naelektrisana čestica u pokretu emituje električno polje koje se prenosi fotonima, i koji se mogu kretati samo brzinom svetlosti, karakterističnom za sredinu kroz koju se čestica kreće. Međutim, kada se čestica kreće većom brzinom od brzine svetlosti u datoj sredini, tada ona pretiče svoje sopstveno električno polje, pa se ono slično brazdama iza broda ili talasu vazdušnog pritiska prilikom probijanja zvučnog zida, emituje u talasima, koji ovoga puta ne predstavljaju zvuk, već svetlost. Čerenkovljevi talasi su, takođe, odgovorni za misteriozne plave bljeskove svetlosti koje često vide astronauti tokom svemirskih letova.

## - Šta je to talasna funkcija?

U našem Kosmosu, svaka čestica (atom, elektron, molekul, kvark itd.) predstavlja istovremeno i talas čija je talasna dužina jednaka količniku Plankove konstante i impulsa čestice. Tako, umesto da zamišljamo čestice u prostoru, možemo zamišljati i talase, čija amplituda bi se postepeno povećavala kako bismo prilazili mestu nalaženja čestice, dostigla bi maksimum u samom centru čestice i zatim bi počela da opada kako bismo počeli da se udaljavamo od date čestice. Amplituda ovog čestičnog talasa se obeležava sa  $\psi$  i njenu vrednost u svakoj tački prostora i vremena nam daje talasna funkcija (takođe  $\psi$ ), koju možemo izračunati kao rešenje čuvene Šredingerove jednačine koji ju je formulisao 1926. godine, smatrajući da je priroda čitavog sveta zapravo ne čestična, već talasna. Talasna funkcija datog sistema sadrži sve informacije o sistemu. Znajući oblik talasne funkcije, možemo da izračunamo sve merljive veličine u okviru datog sistema (naravno, u granicama Hajzenbergove relacije neodređenosti). Naime, ukoliko poznajemo oblik talasne funkcije u početnom trenutku, kao i polje sila koje deluju na sistem, rešavanjem vremenski zavisne Šredingerove jednačine (postoji i stacionarni oblik Šredingerove jednačine, koji ne zavisi od vremena), možemo da odredimo vrednosti talasne funkcije u svakom trenutku, a time i stanje sistema u svakom trenutku. Premda sama talasna funkcija nema realno fizičko značenje (što znači da je nezamisliva u materijalnom svetu), kvadrat vrednosti talasne funkcije (tačnije, proizvod talasne funkcije i njoj konjugovane talasne funkcije, s obzirom da je talasna funkcija kompleksna, odnosno, drugim rečima, u njoj figuriše imaginarna jedinica) u određenoj tački prostora i vremena nam daje verovatnoću nalaženja date čestice u datoj tački i u datom trenutku. Slično drugim osnovnim jednačinama fizike (npr. Njutnovim jednačinama kretanja ili Maksvelovim jednačinama za elektromagnetno polje), i Šredingerova jednačina se ne izvodi već postulira, a jedine osobine koje mora posedovati su (u skladu sa Bornovom interpretacijom) konačnost (jer kada bi talasna funkcija bila beskonačno velika, tada bi čestica bila lokalizovana u jednoj tački, što je u suprotnosti sa Hajzenbergovom relacijom neodređenosti koja nas uvek ostavlja na određivanju položaja čestice sa određenom izvesnošću), jednoznačnost (znači da jednoj čestici odgovara samo jedna verovatnoća

nalaženja u datoj tački prostora), neprekidnost i diferencijabilnost (pošto je Šredingerova jednačina diferencijalna jednačina drugog reda po koordinatama, tako prvi izvod talasne funkcije mora biti neprekidan kako bi drugi izvod postojao). Interesantno je da se u opštem slučaju, talasna funkcija nekog sistema (za datu opservablu, odnosno merenu veličinu) može predstaviti kao superpozicija talasnih funkcija svih mogućih stanja sistema, dok će nakon izvršenog merenja nad datim sistemom, sistem zauzeti samo jedno od superponiranih stanja, koje smo mu mi pridali upravo samim činom merenja.

### - Da li ljudi mogu da prolaze kroz zidove?

Klasična fizika bi nam sasvim sigurno rekla da materijalna tela nisu u stanju da prolaze kroz zidove ili druge materijalne predmete, jer bi u tom slučaju atomi morali da prolaze jedni kroz druge, a pošto se prilikom približavanja atoma u jednom trenutku pojavljuje izrazita odbojna sila usled odbijanja njihovih elektronskih oblaka, ovakvo prolazanje nije moguće. Međutim, u skladu sa zakonima kvantne teorije, kada čestica na svom putu naiđe na potencijalnu barijeru koja je veća od njene energije, ona može “tunelirati” kroz ovu barijeru. Talasna funkcija čiji kvadrat opisuje verovatnoću nalaženja čestice u određenoj tački prostora (i u određenom vremenskom trenutku), postepeno opada sa ulaskom čestice u barijeru, ali na izlazu iz barijere, ona poseduje konačnu vrednost, pa je stoga i verovatnoća prolaska čestice kroz barijeru, odnosno njenog nalaženja sa druge strane barijere realna. Pojava tuneliranja je inače, svakodnevna pojava u mikrosvetu materije kao npr. prilikom kretanja elektrona između atoma ili orbitala. Ipak, sa povećanjem mase tunelirajućeg predmeta i potencijalne energije barijere, verovatnoća tuneliranja se smanjuje, ali uvek ostaje realna. Zapravo, verovatnoća tuneliranja je srazmerna sa  $e^{-2kl}$ , gde je  $e$  jednako 2,71828... (e je iracionalan broj što znači da se ovaj decimalni zapis pruža u beskonačnost),  $k$  je talasni broj tunelirajućeg tela koji je jednak količniku  $2\pi$  i talasne dužine talasa pridruženog telu (naime, svaka čestica ili telo u prirodi predstavlja istovremeno i talas čija je talasna dužina jednaka količniku Plankove konstante i impulsa tela, odnosno proizvoda njegove mase i brzine) ili u

slučaju prolaska kroz potencijalnu barijeru, talasni broj tela je jednak  $\frac{2\pi\sqrt{2m(U-E)}}{h}$ , gde  $m$

predstavlja masu tunelirajućeg tela,  $U$  je visina potencijalne barijere,  $E$  predstavlja energiju tunelirajućeg tela (koja je najčešće kinetička), a  $h$  je jednako Plankovoj konstanti ( $6,62 \cdot 10^{-34}$  Js). Potencijalnu energiju barijere –  $U$ , možemo naći ukoliko znamo da je ona jednaka energiji koju je potrebno utrošiti da bismo sve konstitutivne atome tela – barijere doveli sa beskonačnih međusobnih rastojanja na rastojanja koja oni zauzimaju u telu. Energetska barijera materije kroz koju bi tunelirajuće telo u vidu čoveka moralo da prođe iznosi oko 2 – 3 Giga Džula, što smo procenili množenjem prosečne energije veze između atoma u zidu (koji je uglavnom cigla, odnosno glina koja se u najvećoj meri sastoji od oksida silicijuma, aluminijuma i gvožđa) sa njihovim brojem u masi dovoljno velikog dela zida. Uvrštavajući sve neophodne brojeve vrednosti u gornja dva izraza (masa tela oko 50 kg, potencijalna barijera 2,5 GigaDžula, energija tela jednaka proizvodu polovine mase tela sa kvadratom brzine od jednog metra u sekundi što je jednako energiji od 25 Džula, i dužina barijere od 30 cm), dobili smo da je verovatnoća prolaska čoveka kroz zid srazmerna sa  $1/e^{2,8 \times 10 \text{ na } 37. \text{ stepen}}$ .

### - Šta je to Ramzauer-Taunsendov efekat?

Univerzalno svojstvo svih materijalnih čestica u prirodi je da su oni istovremeno i talasi, dok su i svi talasi u prirodi istovremeno i čestice, tako da je proizvod impulsa čestice i



talasne dužine njoj pridruženog talasa (i obrnuto – proizvod talasne dužine talasa i impulsa njoj pridružene čestice) jednak Plankovoj konstanti ( $6,62 \cdot 10^{-34}$  Js). Tako se svaka čestica u prirodi može predstaviti kao tzv. talasni paket čija je amplituda maksimalna u delu prostora koji odgovara dimenzijama čestice. Upravo na osnovu dualnosti čestica-talas objašnjava se sposobnost čestica da prođu kroz energetska barijeru koja je veća od njihove same kinetičke energije, a ova pojava je poznata i kao tuneliranje. Naime, prilikom prolaska čestice kroz potencijalnu barijeru čiji je energetski nivo manji od kinetičke energije čestice, čestica će na izlasku iz opsega barijere posedovati nešto veću talasnu dužinu, što znači da su joj se impuls, odnosno kinetička energija smanjili. Međutim, kada čestica prolazi kroz potencijalnu barijeru energetskog nivoa većeg od energije čestice, tada amplituda čestice tokom prolaska kroz barijeru konstantno opada da bi na izlazu iz barijere njena talasna dužina ostala nepromenjena, ali amplituda znatno manja. Verovatnoća prolaska čestice kroz ovakvu barijeru srazmerna je kvadratu amplitude njenog talasa, što znači da će u slučaju većeg broja čestica neke proći kroz barijeru dok će neke biti zaustavljene u njoj, a što sve zavisi od odnosa amplituda čestica pre i posle prolaska kroz potencijalnu barijeru, odnosno od visine potencijalne barijere u odnosu na energiju čestice. Međutim, kada je širina potencijalne barijere (bez obzira koliko velike energije) jednaka celobrojnom umnošku polovina talasnih dužina čestice, tada čestica uvek bez gubitka energije prolazi kroz barijeru. Upravo je ova pojava poznata pod imenom Ramzauer-Taunsendovog efekta koji je nazvan po istraživačima koji su ga otkrili. Naime, oni su u eksperimentima sudaranja ubrzanih elektrona sa određenom stacionarnom metom primetili da je verovatnoća sudara najmanja pri određenoj energiji elektrona i to tačno pri kojoj je bio ispunjen uslov da je polovina talasne dužine elektrona bila ceo broj puta sadržana u potencijalnoj barijeri koju je činila materija kroz koju su elektroni prolazili. Ova pojava je slična pojavi selektivnog propuštanja svetlosti određene talasne dužine kroz tanke slojeve stakla ili nekog drugog dielektrika. Naime, pažljivim podešavanjem debljine pločice, moguće je potpuno propuštati svetlost uskog opsega oko određene talasne dužine.

## **- Da li je moguće napraviti idealan vakuum?**

Savršeni vakuum se definiše kao prostor koji ne sadrži čestice, odnosno kao oblast nultog pritiska. Naime, pritisak možemo definisati kao meru sudara čestica sa zidovima suda u kome se one nalaze, a samo kada u sudu nema materijalnih čestica neće biti ni sudara sa zidovima suda, pa će pritisak u tom slučaju biti jednak nuli. S obzirom da je temperatura merilo srednje kinetičke energije čestica sistema, možemo zaključiti da bi idealan vakuum kao sistem bez čestica imao temperaturu od 0 Kelvina, ili je sa neke druge tačke gledišta, ne bi ni imao. Današnje vakuum pumpe su u stanju da snize pritisak sistema i do  $10^{-15}$  bara, što predstavlja tzv. ultravakuum (sve ispod  $10^{-9}$  bara). Vakuum pumpe su najčešće mehaničke (sadrže pokretne delove čijom rotacijom se izbacuje gas iz prostora u kome želimo da ostvarimo vakuum), difuzione (kod kojih usmereni mlazovi molekula pare radne tečnosti zahvataju molekule gasa iz vakuumiranog prostora, pa se zajedno sa njima kondenzuju i slivaju niz zidove pumpe), sorpcione (koje rade na principu adsorpcije molekula gasa na čvrstom adsorbensu kao što je su npr. aktivni ugalj ili sintetički alumosilikati – zeoliti) ili hemijske (koje se zasnivaju na oslobinama titana da sa gasovima koji čine atomsferu na Zemlji grade veoma stabilna i neisparljiva jedinjenja). I kada bismo bili u stanju da napravimo potpuno vakuumirani sud, ne bi bio veliki problem napraviti zidove suda koji bi štitili unutrašnjost vakuumiranog prostora od atoma iz okoline, ali kada uzmemo u obzir fotone, odnosno čestice svetlosti onda se pojavljuju problemi. Prvi problem je što zidovi suda uvek u manjoj ili većoj meri emituju elektromagnetne talase, odnosno fotone, osim ako nije postignuta temperatura suda od 0 Kelvina, što nije moguće, jer zahteva savršenu, 100 %

efikasnu mašinu, koja bi svu slobodnu energiju prevodila u rad, a nimalo u toplotu. Drugi problem u vezi sa održanjem visoko-vakuumiranog prostora čine slabo interagujuće čestice koje bi mogle da dospeju u vakuumiranu oblast. Bez obzira koliko debelim i superreflektivnim načinili zidove suda, uvek postoji određena verovatnoća za upad neutrina, antineutrina ili visokoenergetskih elektromagnetnih talasa iz Kosmosa.

## - Šta je to vakuumska energija?

Energija nulte tačke predstavlja nezaobilazni deo kvantne teorije i proučava se još od trenutka kada je kvantna teorija 20. godine 20. veka postala glavna teorija za opisivanje pojava u mikrosvetu na nivou dimenzija atoma, dok vakuumska energija predstavlja specifičan primer (odnosno, posledicu postojanja) energije nulte tačke. U potpuno praznom i ravnom Kosmosu, računi za vrednost ukupne vakuumske energije nam daju beskonačne vrednosti istovremeno kako pozitivnog, tako i negativnog znaka, što veoma zbunjuje današnje kosmologe koji nisu u stanju da ovakvu istovremeno pozitivnu i negativnu beskonačnost povežu ili zamisle u svetu materije oko nas. S druge strane, u našem sadašnjem Kosmosu, ukupna vakuumska energija je veoma mala i možda je čak i jednaka nuli. Ipak, vakuumsku energiju je moguće menjati, što čine svi sistemi koji menjaju kvantno-mehaničko vakuumsko stanje, kao npr. električni provodnici, dielektrici i gravitaciona polja, a mogućnost menjanja vakuumske energije leži u srži čuvenog Kazimirovog efekta. Naime, u klasičnom svetu potpuno neutralna tela ne privlače jedna drugo, dok u kvantnom svetu neutralni provodnici deluju na kvantni elektromagnetni vakuum, pa tako stvaraju konačne i merljive energetske promene u svom okruženju. Takođe, smatra se da je energija nulte tačke u dielektricima povezana sa pojavom sonoluminiscencije (svetljenja tela pod dejstvom zvuka). Vakuumska energija uz materiju i elektromagnetne talase predstavlja kosmičke pojave koje zakrivljuju prostor-vreme oko sebe. U klasičnoj fizici, ukupnu energiju materijalne čestice možemo da predstavimo kao sumu kinetičke ( $mv^2/2$  u slučaju malih, nerelativističkih brzina) i potencijalne energije (koja zavisi od položaja čestice u polju neke sile). Ukoliko postepeno smanjujemo brzinu kretanja čestice sve dok ne dostignemo nultu brzinu, odnosno stanje mirovanja u odnosu na dati referentni sistem, i ukoliko česticu postavimo u stanje minimalne potencijalne energije, ona će se nalaziti u stanju minimalne energije. Međutim, u tom slučaju bismo mogli da sa potpunom preiznošću poznajemo kako brzinu tako i položaj čestice, što bi narušilo univerzalno važeći Hajzenbergov princip neodređenosti koji nam kaže da nikada sa potpunom preciznošću ne možemo znati istovremene vrednosti ove dve fizičke veličine (položaja i brzine), s obzirom da proizvod mase čestice, neodređenosti njene brzine i njenog položaja uvek mora biti veći ili jednak od količnika Plankove konstante i broja  $2\pi$ . Stoga, zakon neodređenosti zahteva da čestica u prostoru uvek poseduje određenu brzinu, kao i vrednost položaja koji ne odgovaraju klasičnom minimumu energije. Energija nulte tačke se definiše kao razlika između energetskeg minimuma koji nam daje kvantna teorija i minimuma energije koji nam daje klasična teorija. Ovak zakon inače uslovljava da se i na apsolutnoj nuli, čestice kristalnog tela nalaze u stanju vibriranja pri najnižem vibracionom modu, tako da energija pojedinačnih vibracija nije jednaka nuli kao po klasičnom razmatranju (zapravo, na apsolutnoj nuli ne bi ni postojalo vibriranje po zakonima klasične fizike), već je jednaka proizvodu polovine Plankove konstante i prirodne frekvencije oscilovanja. Kada bismo sabrali energiju ovako izračunatih pojedinačnih vibracija po svim modovima (kojih ima beskonačno mnogo, što i doprinosi beskonačno velikim izračunatim vrednostima) u prostoru, dobili bismo elektromagnetnu vakuumsku energiju. Takođe, u Kosmosu postoje i druga kvantna polja osim elektromagnetnog, a koja potiču od elektrona, neutrina, kvarkova, gluona, W i Z bozona, Higsovog bozona i svih drugih čestica. Zapravo, dovoljno je samo da izvršimo izračunavanje na elektronima pomoću tzv. Fermijeve statistike i moraćemo da dodamo znak minus na

prethodno pozitivnu beskonačnost, što još više čini vrednost vakuumske energije nezamislivom. Ipak, ne obazirući se na problem beskonačnosti, kada u vrednost ukupne vakuumske energije uključimo sva kvantna polja u Kosmosu, kao i sve interakcije između čestica, dobijamo ono što se naziva kosmološkom konstantom, koju je još Albert Ajnštajn ubacio u svoju opštu Teoriju relativnosti i koja je tada predstavljala silu koja se protivila privlačnoj sili gravitacije kako bi se održavao ili povećavao razmak između Galaksija, odnosno stanje statičnog Kosmosa koje je zamišljao Ajnštajn. Danas se sa kosmološke tačke gledišta smatra bi moderna kosmološka konstanta (odnosno ukupna vakuumska energija) mogla da obuhvati od 60 do 80 % od ukupne mase Kosmosa, dok atomski fizičari uglavnom smatraju da je njena vrednost oko  $10^{123}$  puta manja nego što se to očekuje iz teorijskih proračuna, dok bi čak mogla biti jednaka i nuli.

### **- Šta je to Kazimirov efekat?**

Moderna fizika pretpostavlja da vakuum nije prazan već ispunjen fluktuacijama elektromagnetnih talasa koje nikada ne mogu biti u potpunosti eliminisane, kao što su u moru ili okeanu uvek prisutni talasi vode. Ovi elektromagnetni talasi poseduju sve moguće talasne dužine, a njihovo postojanje dovodi do činjenice da i prazan prostor sadrži određenu uvek prisutnu količinu energije. Ako licem u lice postavimo dva ogledala u vakuumu, neki talasi će se odbijati između njih dok talasima određenih talasnih dužina neće odgovarati rastojanje između dva ogledala, pa ih u njihovom međuprostoru neće ni biti. Ukoliko još više približimo dva ogledala, talasi dužih talasnih dužina neće više moći da se uklope u put između dva ogledala, a kao rezultat, ukupna količina energije u vakuumu između ogledala će biti nešto manja nego količina energije na nekom drugom mestu u vakuumu. Stoga će ogledala privlačiti jedno drugo, kao što se dva tela povezana rastegljivom oprugom zajedno pomeraju pri opadanju energije uskladištene u opruzi. Ovaj efekat privlačenja dva ogledala u vakuumu naziva se Kazimirovim efektom po holandskom naučniku Hendriku Kazimiru koji je njegovo postojanje predvideo još 1948. godine.

### **- Od čega se sastoje magneti?**

Elektroni koji kruže oko jezgra poseduju zajedno sa svojim ugaonim impulsima koji potiču samo od njihovog kretanja oko atomskog jezgra i magnetne momente koji su posledica toga što su naelektrisani, a kao što znamo sva naelektrisana tela emituju magnetno polje kada počnu da se ubrzavaju. U slučaju običnih nemagnetnih materija, ovi magnetni momenti su iskompenzovani što znači da postoji podjednak broj elektrona čiji su magnetni momenti orijentisani u suprotnim pravcima. Međutim, u slučaju magnetna, najčešće po jedan elektron u svakom atomu ne poseduje svog para čiji bi magnetni momenat bio suprotno orijentisan, pa stoga ovakvi atomi poseduju rezultujuće magnetne momente, a što je još važnije i svi magnetni momenti atoma su orijentisani u istom smeru, što rezultuje u formiranju magnetnog polja duž supstance. Magnetni predmeti koji se u svetu oko nas koriste za privlačenje drugih magnetnih materijala (koji najčešće sadrže gvožđe koje se namagnetiše u prisustvu magnetnog polja magnetna pa i biva privučeno magnetom) mogu biti permanentni, elektromagnetni ili elektropermanentni magneti. Snaga kojom oni deluju na druge magnetne predmete može biti veoma velika, pa čak i preko 50 kilograma po kvadratnom santimetru. Mali magneti koji se koristimo za privlačenje predmeta na stolu ili za držanje fotografija na vratima frižidera su najčešće permanentni, a njihov tipičan sastav predstavlja legura na bazi kobalta i samarijuma, premda se noviji tipovi ovakvih magnetna prave i od još snažnije legure gvožđa i neodimijuma. Ako ste nekada videli "pauka" kako pomoću ravne ploče podiže nepropisno parkirana kola na ulici, onda znajte da on koristi elektromagnet. Naime, struja

koja protiče kroz namotaje žice stvara magnetno polje oko sebe, koje može biti pojačano i fokusirano uz pomoć jezgra napravljenog od nekog magnetnog materijala kao što je gvožđe. Elektromagneti se takođe koriste i u mikrofona i zvučnicima, kao i prilikom demagnetizacije permanentnih magneta. Međutim, kombinovanjem permanentnih magneta i elektromagneta uklapaju se dobre osobine jednih i drugih. Naime, elektromagneti su u stanju da stvaraju znatno jača magnetna polja, a permanentni magneti u ovome slučaju predstavljaju nešto slično sigurnosnom dodatku, s obzirom da u slučaju prestanka toka struja, ne dozvoljavaju da se privučeni predmet odlepi od magneta.

### **- Da li magneti mogu da prestani da budu magnetni?**

Postoji tri načina na koje možemo razmagnetisati jedan permanentni magnetni materijal. Najpre, feromagnetni materijali gube svoj magnetizam ukoliko se zagreju iznad Kirijeve tačke, temperature na kojoj temperaturske fluktuacije magnetnih domena (oblasti materijala sa uređenom, odnosno jednostrano usmerenom magnetizacijom) prevazilaze težnju ka njihovoj antisimetričnoj orijentaciji, tako da oni postaju simetrično orijentisani, odnosno podjednak broj magnetnih domena postaje usmeren u svakom pravcu i smeru, tako da rezultujuća magnetizacija postaje jednaka nuli. Na ovaj način, faznim prelazom drugog reda (tada prvi izvodi osnovnih termodinamičkih veličina kao što su zapremina, entalpija, entropija, toplotni kapacitet i dr. naglo skaču u tački faznog prelaza, za razliku od faznih prelaza prvog reda kao što su topljenje, kristalizacija, isparavanje i dr. kada u tački faznog prelaza naglo skaču same osnovne termodinamičke veličine), iznad Kirijeve tačke feromagnetni materijal postaje paramagnetan, a slična pojava se primećuje i kod feromagnetnih materijala (npr. kod tvrdih ferita), s tim što se tačka faznog prelaza tada naziva Nilovom tačkom. Da bismo povratili magnetizam jednom magnetu u slučaju njegovog zagrevanja iznad Kirijeve tačke, moramo ga staviti u polje drugog permanentnog magneta ili solenoida. S druge strane, ako samo malo zagrejemo magnet, ali ne prekoračimo Kirijeve tačku, magnetizacija magneta će se malo smanjiti, ali će se u potpunosti povratiti na početnu vrednost prilikom povratka na sobnu temperaturu. Jedan permanentni magnet možemo razmagnetisati i pomoću demagnetizirajućeg magnetnog polja. Naime, permanentni magneti poseduju osobinu koja se naziva koercitivnošću i predstavlja osobinu magnetnog materijala da se odupire demagnetizaciji pod dejstvom odgovarajućeg magnetnog polja. Moderni permanentni magneti kao što su Sm-Co ili Nd-Fe-B poseduju visoke koercitivnosti, dok stariji materijali kao što su *Aldeco* ili većina keramičkih (feritnih) magnetnih materijala poseduju niske koercitivnosti. U svakom slučaju, uz pomoć dovoljno snažnog magnetnog polja suprotnog smeru moguće je razmagnetisati svaki magnet. Interesantno je da se suprotno usmereno magnetno polje ponekad i primenjuje kako bi smanjilo ukupnu magnetnu izlaznu snagu, što je ponekad neophodno kako bi se izlazno polje uskladilo sa potrebama aparata. Takođe, mnogi stariji magneti kao što su magnetni čelici ili *Aldeco* materijali se mogu razmagnetisati pod dejstvom jakih mehaničkih udara, s obzirom da je mehanizam koji omogućava koercitivnost zavistan od energije koja mu se naglo predaje, premda se moderni magneti ne mogu razmagnetisati na ovaj način.

### **- Kako možemo da vidimo orbitale?**

Zahvaljujući Hajzenbergovoj relaciji neodređenosti, elektroni ne zauzimaju u atomima samo jedno mesto, već kvantna stanja koja odgovaraju oblacima prostorne verovatnoće njihovog nalaženja u atomi, a ovi oblaci prostorne raspodele elektrona se nazivaju orbitalama. Korišćenjem svetlosti ne bismo mogli da postignemo rezoluciju veću od hiljadu atoma po pikselu, ali korišćenjem elektrona čiju talasnu dužinu putem ubrzanja, odnosno

povećavanja njihove kinetičke energije, možemo učini znatno manjom od talasne dužine vidljive svetlosti (od 380 do 780 nanometara) možemo rezoluciju mikroskopa svesti na red veličine angstrema što je dovoljno da na snimku možemo da naziremo čak i pojedinačne atome. Međutim, kada ovako visokoenergetski snop elektrona udari u pojedinačni atom (prilikom snimanja njegovog položaja), on u tolikoj meri poremeti njegov položaj da mi nismo u stanju da dobijemo precizno mesto njegovog nalaženja. Stoga i na fotografijama koje prave najrezolutivniji elektronski mikroskopi na našoj planeti (kao npr. mikroskop rezolucije 0,76 angstrema koji se nalazi u Berkliju u Kaliforniji u specijalnom kućištu koje se zajedno sa mikroskopom ljuđa na čestim zemljotresima), atomi predstavljaju razmrljane sfere. Tako je pomoću elektronskog mikroskopa nemoguće videti i elektrone u atomima, jer bi se elektronski snop koji koristimo za posmatranje rasuo na elektronskom oblaku čitavog atoma i u skladu sa Hajgensovim principom, formirao sferni talas koji se prostire kroz prostor. Ipak, naučnici iz laboratorije za elektronsku mikroskopiju sa Univerziteta u Arizoni uspeli su da snime položaje elektronskih orbitala u kristalu kuprita, minerala bakar dioksida. Naime, ovaj tim je istovremeno bombardovao uzorak kuprita sa visokoenergetskim elektronskim snopom i sa snopovima X-talasa (elektromagnetni talasi koji se često nazivaju i rendgenskim talasima, a čiji se opseg frekvencija nalazi između ultraljubičaste svetlosti i gama talasa). Elektronski snop se odbijao od elektronskih oblaka atoma, a X-talasi su se odbijali od atomskih jezgara. Reflektovani elektronski i X talasi su zatim interferirali jedni sa drugim i formirali putanju koja je pokazivala šta su usput pogodili. Ovu interferencionu putanju su naučnici koristili da slično kao pri pravljenju fotografije ili holograma dobiju sliku atomske strukture u okviru jedne elementarne ćelije kristalne rešetke kuprita. Naravno, da bi se na rezultujućoj slici videli i obrisi atomskih orbitala, neophodno je bilo da se uglovi pod kojima se talasi rasejavaju sa kristala izmere izuzetno precizno. U tu svrhu, pomoću elektronskog snopa su mereni mali uglovi, dok su se veći uglovi merili pomoću X talasa. Na dobijenoj slici su mogli da se raspoznaju elektronski oblaci u kristalnoj rešetki kuprita na osnovu čega su mogle da se identifikuju kovalentne veze između parova atoma bakar-bakar i bakar-kiseonik. Inače, u svrhu dobijanja oštre slike kovalentnih veza u kristalu, tim je menjao gustinu naelektrisanja slike tako što je likove svih jone (ostataka atoma koji ne učestvuju u kovalentnim vezama) pomerao unatrag i zatim ih uklapao u pozadinu slike. Na slici je mogao da se prepozna i "gimnastički teg", sa krofnom i tri latice u sredini na mestu bakarnog jona, što je u potpunosti odgovaralo teorijski predviđenom izgledu  $s - d_z^2$  hibridizovane orbitale.

## **- Kako se može zaustaviti svetlost?**

Naučnici su nedavno uspeli da potpuno zaustave i uskladište svetlosni snop (koji može biti i pušten) u jednom kristalu (itrijum silikat koji je sadržao nekoliko atoma praezodimijuma). Pre ovoga, početkom 2001. godine, svetlost je po prvi put bila potpuno zaustavljena u pari metalnih atoma koji su se ponašali kao melasa prema prostirućem svetlosnom talasu. Skladištenje svetlosnih pulseva u kristalima je znatno pogodnije i preciznije od čuvanja svetlosti u gasovima, pa bi se stoga moglo u budućnosti koristiti u kvantnim kompjuterima. Svetlost se kroz vakuum, odnosno prazan prostor kreće brzinom od oko 300 000 km/s, ali usporava prilikom prelaska u atomsku sredinu. Što je veći indeks prelamanja supstance, to će se svetlost kroz nju sporije prostirati. Usporavanje svetlosti je posledica njenog čestog apsorbovanja i ponovnog emitovanja od strane atoma koji čine datu supstanciju. Uz pomoć laserskog snopa je moguće dovesti atome supstance u neko od pobuđenih energetskih stanja i na taj način otežavati prolaz svetlosti od atoma do atoma. Kada kuplovanje upadnog svetlosnog i dodatnog laserskog snopa postane povoljno, upadni svetlosni puls potpuno zaustavlja svoje kretanje i svu svoju energiju predaje atomima supstance koji prelaze u povišena energetska stanja. Međutim, zaustavljeni svetlosni puls nije

i nestao zauvek. Pobuđeni atomi ga “pamte” i pod dejstvom menjanja intenziteta laserske svetlosti, oni mogu re-emitovati apsorbovani svetlosni puls. Na ovaj način, za razliku od uobičajenog apsorbovanja svetlosti od strane atoma, fotonska informacija biva sačuvana.

### **- Šta su to levoruki materijali?**

Naučnici sa Kalifornijskog Univerziteta u San Dijegu nedavno su napravili kompozitni materijal koji se sastoji od međusobno pregrađenih bakarnih kalema i žica, a čija neobična osobina je ta da poseduje negativan indeks prelamanja za određen opseg elektromagnetnog spektra koji pripada mikrotalasima. Kada su mikrotalasi bili usmereni ka prizmi napravljenj od ovog, levorukog materijala, oni su skretali ka normali. Naime, u svim konvencionalnim materijalima, svetlost se prelama nasuprot normale, a to je jedan od razloga zašto nam se duboka voda čini plitkom. Drugim rečima, kod konvencionalnih materijala, svetlost se prelama u istom pravcu u kome je ušla u materijal (tzv. Snelov zakon), dok kod ovog, tzv. levorukog materijala, svetlost skreće u pravcu iz koga je došla. Ruski fizičar Viktor Veselago je 1964. godine predvideo postojanje ovih, levorukih materijala tako što je čuvene Maksvelove jednačine elektromagnetnog polja rešio uvodeći negativne vrednosti električne i magnetne propustljivosti i time je teorijski odobrio postojanje supstanca negativnog indeksa prelamanja. Otkriću prvog levorukog materijala je prethodilo saznanje da određeni niz bakarnih namotaja žice poseduje negativnu električnu propustljivost, a kombinovanjem žica sa ovakvim nizom namotaja i magnetna propustljivost sistema je učinjena negativnom. Kod ovakvih materijala je Doplerov efekat suprotnog karaktera u odnosu na konvencionalne materijale, a sasvim sigurno će naći primenu u filterima za propuštanje svetlosti određenog opsega talasnih dužina, kao i u sočivima visokih rezolucija koja neće biti ograničena difrakcijom i moći će da fokusiraju svetlost na neočekivan način. Ukoliko bi se osobina negativnog indeksa prelamanja materijala proširila i na optički deo elektromagnetnog spektra, tada bismo mogli na krišku ovakvog materijala da usmerimo svetlost iz baterijske lampe i materijal bi ovu svetlost fokusirao u tački sa njegove suprotne površine, što nijedan materijal sa pozitivnim indeksom prelamanja nije u stanju da uradi.

### **- Šta su to minijaturne crne rupe?**

Jedan od najinteresantnijih postulata teorija struna i svih drugih modernih teorija koje imaju za cilj da opišu ustrojstvo Kosmosa, jeste postojanje više dimenzija od samo 3 prostorne i jedne vremenske dimenzije koje primećuju naša čula. Ove dimenzije su ili sklupčane u veoma malim prostorima ili su veoma velike i sveprisutne, ali prepoznatljive samo vančulnoj, odnosno intuitivnoj percepciji. Postojanje malih sklupčanih ekstra dimenzija bi omogućavalo energetskim česticama u sudaru da se pretvore u mikroskopske crne rupe koje bi mogle biti otkrivene samo pomoću veoma osetljivih detektora. Jedan takav detektor koji će se sastojati od čestičnih detektora raspoređenih na površini od 6000 km<sup>2</sup> u Argentini, predstavljaće deo *Pierre Auger* opservatorije kosmičkih zraka, a služeći se još i fluorescentnim detektorima raspoređenim na nebu, počće da radi 2004. godine. Kosmički zraci – visokoenergetski protoni, neutroni i druge čestice stalno dolaze iz Kosmosa na Zemlju. Kada jedna kosmička čestice velike energije udari u atmosferski proton ili neutron, ovaj par može eksplodirati, pri čemu se velika energija kosmičke čestice pretvara u niz novih čestica. U slučaju kada energija kosmičke čestice prevazilazi određenu granicu, ona se u sudaru može pretvoriti u malecku crnu rupu, koja nastaje kada materija na malom deliću prostora postane ultra-koncentrisana. Ova crna rupa bi se nakon određenog vremena pretvorila u niz novih čestica, od miona do fotona. Da bi nastala minijaturna crna rupa, visokoenergetske čestice u sudaru se moraju primaći toliko blizu jedna drugoj da gravitaciona sila postane jednaka

ostalim trima silama (elektromagnetnoj, slaboj i jakoj nuklearnoj sili), a ovo rastojanje se naziva Plankovom dužinom i iznosi oko  $10^{-33}$  cm. Međutim, kinetičke energije do kojih se moraju ubrzati čestice da bi formirale malu crnu rupu su daleko izvan domašaja današnjih akceleratora, solarnog vetra i kosmičkih zraka. Ustvari, neophodna energija za formiranje jedne minijature crne rupe razmera Plankove dužine iznosi oko  $10^{28}$  elektronVolta što je više od 10 kvadriliona puta više od najveće energije koje stvaraju današnji akceleratori, pa se stoga smatra da bi bio potreban jedan akcelerator veličine Galaksije da bismo ovo postigli, a i tada bi crna rupa isparila za oko  $10^{-42}$  sekundi, pa bi opet bilo veoma teško registrovati je. Međutim, ukoliko su dodatne dimenzije relativno velike, tada bi Plankovo rastojanje bilo nešto veće, pa bi energetski prag nastanka crne rupe takođe opao. Smatra se da će *Pierre Auger* opservatorija u ovome slučaju tokom prvih nekoliko godina rada uspeti da primeti između 10 i 100 pljuskova čestica nastalih raspadom crne rupe.

## - Šta su to frakcionalni atomi?

Atomi su sastavljeni od nukleona (protona i neutrona) i elektrona, a sami nukleoni se sastoje od kvarkova. Međutim, prilikom sudara visokoenergetskih čestica u akceleratorima kada se atomima predaje dovoljno energije da se oni razlože na svoje sastavne kvarkove, kvarkovi se skoro trenutno rekombinuju formirajući stabilnije čestice čije je naelektrisanje za razliku od naelektrisanja pojedinačnih kvarkova jednako celobrojnom umnošku elementarnog naelektrisanja (naelektrisanja jednog protona ili jednog elektrona). Ipak, neke neobične pojave da se elementarne čestice mogu pronaći u svojim frakcionim stanjima su odavno poznate. Naime, kada polimer poliacetilen primi jedan dodatni elektron, ova čestica izgleda kao da se podeli na dva kvazi-stanja, odnosno pobuđivanja molekula kao celine. Naime, jedno elektronsko stanje nosi sa sobom spin, a drugo naelektrisanje. Poznat nam je takođe i frakcioni Halov efekat u okviru koga elektroni zahvaćeni između dve poluprovodničke površine mogu izgledati kao čestice sa manjim naelektrisanjem od elementarnog naelektrisanja. Ova dva primera koji nam ukazuju na neshvatljivost kvantnog sveta u terminima klasične fizike (u kojima se atomi najčešće zamišljaju), predstavljaju pojave koje očigledno zavise od ponašanja datog materijalnog sistema kao celine. Naučnici sa Univerziteta u Hertfordširu u Engleskoj razmatraju način za stvaranje i frakcionalnih atoma. Prvi korak u ovom procesu bi bilo hlađenje oblaka atoma polubrojnog spina (tzv. fermioni koji poseduju polubrojan spin za razliku od bozona čiji je spin celobrojan) do najhladnijeg mogućeg energetskog stanja koje je poznato kao Fermi-Dirakov gas (kod koga je maksimalna energija koju jedan elektron može posedovati jednaka tzv. Fermijevoj energiji za koju je verovatnoća da će je posedovati elektron jedanaka 50 %) i koje postoji na apsolutnoj nuli, ali se u aproksimaciji može postići i na nešto višoj temperaturi. U ovom gasu bi spin jednih atoma bio jednak  $+1/2$ , a drugih  $-1/2$ , što znači da gas ne bi smeo da bude magnetik (kod koga su svi ili skoro svi spinovi jednostrano orijentisani). Zatim bi ovaj oblak atoma trebalo da se ubaci u optičku rešetku - stojeći talas laserske svetlosti koji sortira i održava atome slično kutiji za jaja koja ubacuje sva jaja u po jednu polusferu kutije. Optičkoj rešetki su potrebne dve komponente: jedan skup mesta na kojima bi se hvatali atomi sa spinom jednakim  $+1/2$ , i drugi skup mesta koji se prepliće sa prvim skupom, koji bi hvatao samo atome sa spinom jednakim  $-1/2$ . Finalni korak bi bilo dodavanje oscilujućeg, elektromagnetnog stojećeg talasa koje bi bilo približno konstantne jačine duž cele rešetke osim što bi levi deo polja bio negativan kad god je desni deo pozitivan. Tačka u sredini rešetke gde elektromagnetno polje menja znak naziva se faznom petljom i slično je tački u sredini konopca za preskakanje oko koje postoji po jedan breg na obe strane kanapa. Upravo ovo dodatno elektromagnetno polje pruža atomima dovoljno energije za menjanje orijentacije spinova, a time i za preskakanje između mesta u rešetki. U skladu sa proračunima ovog istraživačkog tima, svako merenje broja atoma

na mestima rešetke daće nam frakcionalnu vrednost. Tačan mehanizam ove pojave još uvek nije poznat, premda se pretpostavlja da bi jedan deo kvantno-mehaničke talasne funkcije koja opisuje atom u tački fazne petlje morao da bude razmazan duž celog sistema, dok ostatak frakcije atoma ostaje na tački fazne petlje, odnosno na svom mestu u rešetki. Naučnici iz Univerziteta u Taksonu u Arizoni će uskoro probati da postave eksperimentalnu aparaturu za proveru teorijskog računa, ali će detektovanje frakcionih atoma zahtevati neke dosetke, pri čemu se smatra da bi rasejanje svetlosti na gasu u blizini tačke fazne petlje ili magnetno polje za detektovanje spinova mogli da se koriste u svrhu registrovanja podeljenih atoma.

### **- Da li jedan foton može da napravi interferencionu putanju?**

Jedan od najčuvenijih eksperimenata moderne nauke je onaj u kome se fotoni ili elektroni emituju ka pregradi sa dva tanka proreza iza koje se nalaze fotografski film ili fluorescentno platno na kome se ovi fotoni detektuju. Kada se ka platnu emituje kontinualan snop fotona (jedni za drugima), oni će prolaziti ili kroz jedan ili kroz drugi otvor na pregradi i nalaziće svoj put ka platnu gde će biti detektovani. Prilikom prolaska svetlosti kroz uzan otvor, ona se rasipa (difraktuje), odnosno fotoni skreću od svog prvobitnog pravca i nastavljaju da se kreću pod raznim uglovima pri čemu interferiraju jedni sa drugima i na platnu ne ostavljaju po jedan maksimum iza svakog od otvora, već karakterističnu interferencionu putanju sa najizrazitijim maksimumom tačno između oba otvora, kao i sa nekoliko manjih bočnih maksimuma. Međutim, najinteresantnije od svega je to da se ista interferencionu putanja dobija i kada u eksperimentu emitujemo samo jedan po jedan foton (ili elektron koji je istovremeno i talas i čestica kao i svetlost). Naime, ovim se pokazuje kako fotoni, elektroni ili bilo koje druge čestice koje se koriste u ovom eksperimentu ne samo što mogu da interferiraju međusobno, već su u stanju i da interferiraju sami sa sobom. Naime, svaki foton ili bilo koja druga čestica u prirodi se opisuje talasnom funkcijom čiji nam kvadrat pruža verovatnoću da će on udariti u bilo koju tačku detektora. Ova talasna funkcija može parcijalno proći kroz oba otvora, a rezultujuća talasna funkcija iza proreza će posedovati interferencionu putanju ove dve, pre proreza podeljene talasne funkcije. Stoga se za ovaj eksperiment obično kaže da u njemu jedan foton (ili elektron ukoliko se sa njim obavlja eksperiment) istovremeno prolazi kroz dva otvora, jer se samo na taj način može vizuelizovati ili logički zamisliti njihovo preklapanje i formiranje interferencionu putanje. Ipak, samo sa jednim fotonom ne možemo da registrujemo interferencionu putanju na detektoru, već samo sa jednim po jednim fotonom koje emituje naš izvor svetlosti.

### **- Kako jedan atom može istovremeno biti na dva mesta u prostoru?**

Ervin Šredinger, jedan od osnivača talasne mehanike, predložio je 1935. godine misaoni eksperiment koji se danas popularno naziva "eksperiment sa Šredingerovom mačkom", a koji je imao za cilj da opiše neobično rezonovanje koje se susreće u okvirima kvantne teorije. Naime, pretpostavimo da smo zatvorili Šredingerovu mačku (koja je veoma poslušna i neće sama popiti mleko iz čaše u kutiji) u jednu kutiju u kojoj se nalazi radioaktivni atom čija je verovatnoća raspadanja i emisije radioaktivne čestice jednaka 50 % tokom vremena za koje ćemo mačku držati zatvorenu u kutiji. Ukoliko se jezgro radioaktivnog atoma raspadne i izemituje energetska česticu, tada će se aktivirati mehanizam koji će mački prolići čašu mleka na glavu. Neposredno pre nego što otvorimo kutiju, odnosno u trenutku kada je vreme držanja mačke u kutiji jednako vremenu poluživota radioaktivnog atoma, verovatnoće da se mleko prolilo po mački i da se nije prolilo potpuno su jednake (po 50 % obe). Klasični fizičar bi u tom trenutku rekao da se mleko možda prosulo na mačku, a možda i nije, dok bi kvantni fizičar rekao da se mleko istovremeno prosulo i ne. Upravo ovaj misaoni



eksperiment stoji u osnovi mogućnosti nalaženja čestice na dva mesta istovremeno. Naime, tek onda kada pokušamo da odredimo stanje čestice putem merenja njenog položaja (odnosno tek onda kada otvorimo kutiju da vidimo da li se mleko prosulo na mačku ili nije), talasna funkcija čestice koja je do tog trenutku predstavljala superpoziciju svih mogućih stanja čestice kolabira u samo jednu od mogućih stanja. Premda neki kvantni fizičari smatraju da čestica postoji u superpoziciji stanja samo kada je izolovana od okoline, odnosno kada na njoj ne vršimo merenja, mnogi fizičari smatraju da čestice uvek postoje u superponiranim stanjima kad god je to moguće. Grupa istraživača iz američkog Nacionalnog Instituta za nauku i tehnologije (NIST) je uspela da postavi jedan atom berilijuma istovremeno na dva mesta u prostoru. Oni su najpre zatvorili jon berilijuma (atom berilijuma bez jednog elektrona) u mali elektromagnetni kavez (koji je sa svojih zidova odbijao naelektrisani jon berilijuma) i zatim su ga laserski ohladili do najnižeg energetskeg stanja. U ovom energetskeg stanju, položaj atoma i njegov spin se mogu znati za maksimalnom preciznošću koliko je to moguće da se ne naruši Hajzenbergova relacija neodređenosti. Istraživači su zatim stimulisali atom pomoću lasera tek toliko da mu malo promene talasnu funkciju. U skladu sa novom talasnom funkcijom atoma, on je tada posedovao verovatnoću od 50 % da se nalazi u stanju sa spinom jednakim  $+1/2$  (jedno od dva moguća stanja spina uz  $-1/2$ ), a sa istom verovatnoćom se nalazio i u stanju sa spinom jednakim  $-1/2$  pri čemu je položaj ovog drugog stanja bio za 80 nanometara pomeren od mesta nalaženja atoma sa spinom od  $+1/2$ . Tako se atom berilijuma nalazio istovremeno na dva različita mesta kao i sa dva različita spinska stanja, što u atomskim terminima odgovara nalaženju mačke sa prosutim mlekom na glavi i iste mačke pored koje stoji puna čaša mleka. Ključni dokaz da su naučnici iz NIST-a stvarno ovo postigli izveden je na bazi posmatranja interferencionih putanja atoma berilijuma. Naime, pošto je jedan berilijumov atom stvorio dva odvojena maksimuma talasne funkcije zaključeno je da se on stvarno nalazio istovremeno na dva različita mesta u prostoru.

## - Da li je izvodljiva fizička teleportacija?

Teleportacija (reč koja je nastala kao kombinacija TELEkomunikacije i transPORTA) predstavlja dematerijalizaciju objekta u jednoj tački prostor-vremena i slanje detalja o atomskoj konfiguraciji objekta ka drugoj tački prostor-vremena gde će ovaj objekat biti rekonstruisan. Naša civilizacija je najvećim delom bila upoznata sa idejom teleportacije kroz televizijsku seriju "Zvezdane staze" (1966-1969. godine), zasnovanu na pričama Džina Rodenberija (*Gene Roddenberry*). Ipak, 1993. godine, ideja o teleportaciji se prenela iz sveta naučne fantastike u stvarni svet materije oko nas, gde se pokazalo da je ona teorijski izvodljiva. Naime, Čarls Benet i ekipa istraživača iz IBM-a, potvrdili su da je kvantna teleportacija moguća, ali samo pod uslovom da se originalni objekat (koji se teleportuje) uništi. 1998. godine, fizičari iz Kalifornijskog Instituta za tehnologiju (tzv. *Caltech*) su zajedno sa dve evropske grupe, preveli ideju istraživača IBM-a u stvarnost putem teleportovanja jednog fotona, kvanta svetlosti (tj. najmanje deljive jedinice svetlosnih talasa čija je energija jednaka proizvodu Plankove konstante i frekvencije fotona). Da bi teleportovali foton bez narušavanja svevažecog Hajzenbergovog principa, koji nam kaže da nikada sa potpunom preciznošću ne možemo istovremeno poznavati impuls (proizvod mase i brzine čestice) i položaj bilo koje čestice u prostoru, fizičari iz *Caltech*-a su se koristili pojavom pod imenom "umrežavanje" (*entanglement*) u kojoj su potrebna najmanje tri fotona da bi se izvela kvantna teleportacija: foton A koji se teleportuje, foton B koji se transportuje i foton C koji je umrežen sa fotonom B. Da su istraživači pokušali previše da se zagledaju u foton A kako bi što preciznije odredili njegov položaj, oni bi ga poremetili (jer moraju da koriste neke energetske čestice ili talase kako bi očitali njegov položaj, a pri interakciji energije kojom se meri foton A, došlo bi do razmene energije i do menjanja položaja čestice

čiji je položaj trebalo da se izmeri). Međutim, putem umrežavanja fotona B i C, istraživači su uspeli da proniknu u informacije o fotonu A, a ostatak informacije je bio preveden najpre do fotona B putem umrežavanja, a zatim do fotona C. Kada istraživači primene informaciju sa fotona A na foton C, oni su u stanju da naprave tačnu repliku fotona A. Međutim, foton A više ne postoji kao što jeste pre nego što je informacija poslata do fotona C. Replika fotona je u slučaju eksperimenta iz 1998. godine uspela da se stvori na jedan metar rastojanja (duž koaksijalnog kabla) od prvobitnog mesta na kome se nalazio foton A. Iako je malo verovatno da će živa biće u dogledno vreme moći da se teleportuju (jer bi u slučaju ljudske teleportacije bilo neophodno napraviti mašinu koja će proanalizirati oko  $10^{28}$  atoma koliko postoji u našem telu), kvantna teleportacija će igrati važnu ulogu u kvantnim kompjuterima, jer će predstavljati jedan od načina prenosa kvantnih informacija u mreži koja će se zvati kvantni Internet, a koja će prenesti informacije mnogo puta brže od najbržih kompjutera današnjice.

### **- Kako verovatnoća može da bude negativna?**

U kvantnom svetu, talasna funkcija neke čestice pre nego što na njoj izvršimo merenje (odnosno, pre nego što pokušamo da joj odredimo položaj ili impuls) predstavlja superpoziciju različitih stanja kojima odgovaraju posebne vrednosti talasne funkcije. Ukoliko bismo pokušali da potražimo jedan foton u ograničenom opsegu prostora naišli bismo možda i na negativnu verovatnoću njegovog nalaženja u tom delu prostora, što je ukorenjeno u Hajzenbergovoj relaciji neodređenosti koja nam ograničava tačnost sa kojom istovremeno možemo poznavati položaj i impuls čestice. Svetlost je istovremeno i talas i čestica, kao i sve druge čestice i talasi u prirodi. Za svetlosnu česticu i nije tako teško definisati termine kao što su "položaj" ili "impuls", ali ovi termini moraju biti definisani na znatno apstraktniji način za svetlosne talase. Bilo koja od ove dve interpretacije svetlosti se može predstaviti u kvantnom faznom prostoru koji izgleda slično brežuljkastom terenu za golf. Koordinata duž y-ose označava impuls čestice, a duž x-ose njen položaj, dok visina ovog prostora u bilo kojoj tački predstavlja verovatnoću nalaženja čestice u datoj tački. Međutim, pošto se u kvantnom svetu, položaj i impuls čestice ne mogu istovremeno odrediti, tada ova visina terena predstavlja zapravo aproksimaciju stvarne verovatnoće nalaženja čestice u tačkama faznog prostora. Eksperiment koji su izveli naučnici iz Univerziteta u Konstancu u Nemačkoj pokazao je da osim što fazni prostor jednog fotona poseduje kružni breg na kome postoji izvesna verovatnoća nalaženja fotona, ovaj prostor poseduje i duboki krater u samom centru gde je verovatnoća nalaženja fotona negativna. Verovatnoća u matematičkim terminima ne može biti negativna, ali fazni prostor može posedovati udubljenja koja se spuštaju ispod "nadmorske visine" terena, odnosno ispod nulte verovatnoće nalaženja čestice u faznom prostoru, upravo zbog toga što nam Hajzenbergova relacija neodređenosti ne dozvoljava da postavimo foton u tako uskom opsegu položaja. Ukoliko povučemo liniju duž terena za golf, koja će predstavljati opseg položaja fotona u faznom prostoru, i zatim postavimo foton na ovu liniju, tada će se foton istog trenutka razmazati duž cele linije, odnosno postojaće izvesna verovatnoća nalaženja fotona u svakoj tački date linije. Tako, umesto direktnog merenja negativnih dolina na terenu, tim naučnika je pokušao da u faznom prostoru izvede radnju ekvivalentnu šetanju duž ivica terena i merenja prosečne visine duž linija povučenih u mnogo različitih pravaca. Da bi ovo izveli, naučnici su doveli par fotona u isto kvantno stanje i to merenjem talasnog ponašanja jednog svetlosnog talasa i čestičnog ponašanja drugog snopa svetlosti, pa su zapravo imali pristup istom fotonskom stanju pomoću dva različita svetlosna snopa. Istraživači su prvi snop koristili kao kompas: merenjem faze talasa u snopu, mogli su da nacrtaju trake različitih pravaca duž terena. Da bi pronašli srednju visinu duž svake trake, oni su merili broj puta koliko je foton detektovan od drugog snopa podudarnog sa datom fazom u prvom snopu. Ovo je takođe bio i prvi eksperiment u kome su se istovremeno merila

talasna i čestična svojstva jednog fotona. Premda se smatra da je ovaj eksperiment korak unapred za fizička istraživanja pogotovo zbog toga što su se u okviru njega stvarali pojedinačni fotoni u dobro definisanim talasnim paketima, ukoliko minijaturna loptica za golf ikada pređe u kvantni svet, imaćemo prilično problema u traženju loptice.

## - Šta je to teorija struna?

Teorija struna predstavlja jednu od najdivnijih, ali još uvek nezavršenih naučnih teorija koja ima za cilj opisivanje materijalnog kosmičkog sveta u svetlu ujedinjenja sve 4 prirodne sile (elektromagnetne, slabe nuklearne, jake nuklearne i gravitacione), a uz to ona predstavlja kvantnu teoriju gravitacije, što znači da pokušava da ujedini Ajnštajnovu teoriju relativnosti koja opisuje Kosmos u razmerama planeta, zvezda i Galaksija sa kvantnom teorijom koja opisuje Kosmos na nivou atoma. U teoriji struna, fundamentalne gradivne opeke našeg Kosmosa nisu elementarne čestice, već jednodimenzionalne strune razmera reda veličine Plankove dužine ( $10^{-33}$  m), što je i razlog zašto ih veovatno nikada nećemo moći eksperimentalno opaziti posredstvom nekog instrumenta. Zamislite jednu žicu sa gitare ili klavira koju smo štimovanjem zategli. U zavisnosti od zategnutosti ove žice, ona će proizvoditi tonove različitih frekvencija, odnosno različite muzičke note. Slično tome, i različite elementarne čestice koje primećujemo u visokoenergetskim eksperimentima (u akceleratorima) nisu ništa drugo do različite »muzičke note«, odnosno različiti ekscitacioni modovi elementarnih struna. Ipak, za razliku od klavirskih ili gitarskih žica koje se moraju mehanički zategnuti da bi stvarale tonove, strune jednostavno plutaju u prostor-vremenu i same po sebi poseduju mogućnost menjanja zategnuća. One mogu biti otvorene sa krajevima koji putuju brzinom svetlosti, zatvorene sa krajevima međusobno povezanim tako da formiraju prsten (tada čestica nema masu, odnosno predstavlja bozon), a mogu se i obmotavati oko kruga. Do danas je postulirano nekoliko teorija struna. Neke od njih se bave samo bozonima (tzv. virtuelnim česticama koje prenose sile i čiji je spin celobrojan) i tada zahtevaju 26 dimenzija (25 prostornih i 1 vremenska), dok neke osim virtuelnih čestica, opisuju i fermione (odnosno čestice koje grade običnu materiju i čiji je spin jednak jednoj polovini), a tada zahtevaju 10 dimenzija (9 prostornih i 1 vremensku), kao i postojanje supersimetrije, pa se stoga nazivaju teorijama superstruna. Razlog zašto sa većih rastojanja, odnosno u običnom čulnom svetu, ne vidimo dodatne prostrone dimenzije je u tome što su one ili umotane u male deliće prostora slično baštenskom crevu čiju cevastu strukturu opažamo tek kada mu malo pridemo, ili su s druge strane, one podjednako velike (ili mnogo veće) kao opažljive prostorne dimenzije samo se kroz njih ne kreću materija i gravitacija već neke druge nematerijalne sile. Različite teorije struna nisu potpuno odvojene teorije, već predstavljaju samo različite načine posmatranja na jednu zajedničku teoriju struna, koja još uvek nije kompletirana. O ovome svedoče tzv. dualnosti (T dualnost, tj. nemogućnost razlikovanja između velikih i malih dužinskih razmera; i S dualnost koja izjednačava teorije sa različitim konstantama koje definišu intenzitet interakcija) kojima se povezuju različite teorije (kada su dve teorije povezane dualnom transformacijom, tada se jedna teorija može pretvoriti u drugu i obrnuto), a sveobuhvatna teorija struna će se verovatno nazivati M teorijom, jer će biti Majka svih teorija koje opisuju ustrojstvo Kosmosa.

## - Šta je to EPR eksperiment?

EPR (*Einstein – Podolsky – Rosen*) eksperiment predstavlja jedan od najlepših misaonih eksperimenata u čitavoj istoriji nauke. Ovaj eksperiment se pojavio kao posledica neslaganja između klasičnog poimanja sveta na osnovu koga svojstva i ponašanje delova sistema određuje ponašanje celine, i kvantnog pogleda na svet, na osnovu koga je Celina ta

koja određuje ponašanje delova. Poznato je da se spin čestica na klasičan način zamišlja kao rotacija čestica oko sopstvene ose. U slučaju elektrona, spin je ograničen na dve vrednosti: količina spina je uvek ista, ali se elektron može obrtati u jednom ili u drugom smeru za neku datu osu rotacije. Fizičari te dve vrednosti spina obično označavaju kao "gore" i "dole". Suštinsko svojstvo rotirajućeg elektrona, koje se ne može razumeti u klasičnim terminima, jeste činjenica da se njegova osa rotacije ne može uvek odrediti sa sigurnošću. Isto kao što elektroni u atomu pokazuju samo verovatnoće postojanja na određenim mestima, elektroni takođe pokazuju tendencije da se obrću oko određenih osa. No, kad god se za bilo koju osu rotacije obavi merenje, naći će se da se elektron obrće u jednom ili drugom smeru oko te ose. Drugim rečima, čin merenja čestici daje jednu određenu osu rotacije, ali pre nego što se merenje izvrši, za nju se ne može reći da se obrće oko neke određene ose; ona poseduje tek određenu tendenciju da to čini (fundamentalna osobina kvantne teorije je da se opažena realnost "materijalizuje" tek u sadejstvu objekta i posmatrača). EPR eksperiment obuhvata dva elektrona koji se obrću u suprotnim smerovima (ili dva fotona koja su suprotno polarizovana) tako da je njihov ukupni spin jednak nuli. Postoji nekoliko eksperimentalnih metoda kojima se dva elektrona mogu staviti u takvo stanje, u kojem se pojedinačni spinovi ne znaju s izvesnošću, ali je združeni spin oba elektrona definitivno jednak nuli. Pretpostavimo sada da se te dve čestice razdvoje nekim procesom koji ne utiče na njihove spinove. Kada se udaljavaju jedna od druge, njihov združeni spin i dalje će biti jednak nuli i kada se jednom nađu na velikoj udaljenosti, njihovi se pojedinačni spinovi izmere. Značajni aspekt eksperimenta je da razdaljina između dve čestice može biti proizvoljno velika; jedna čestica može biti u Nju Jorku, a druga u Parizu ili jedna na Zemlji, a druga na Mesecu. Pretpostavimo sada da je spin prve čestice izmeren u odnosu na vertikalnu osu i da je nađeno da je on "gore". Pošto je združeni spin te dve čestice jednak nuli, ovo merenje nam kaže da spin druge čestice mora biti "dole". Tako, mereći spin čestice 1 dolazimo do posredne mere spina čestice 2 bez da tu česticu na bilo koji način poremetimo. U trenutku kada mi obavimo naše merenje na čestici 1, čestica 2, koja može biti udaljena hiljadama kilometara ili milionima svetlosnih godina, zadobiće tačno određeni spin oko izabrane ose. Kako čestica 2 zna koju smo osu izabrali? Ona nema vremena da tu informaciju primi bilo kojim konvencionalnim signalom. Upravo je u tom nelokalnom i trenutnom prenosu informacija i suština EPR eksperimenta. Prema kvantnoj teoriji, sistem od dve čestice predstavlja jednu nedeljivu celinu i pored toga što su čestice razdvojene velikim udaljenostima. Mada su ta dva elektrona veoma udaljeni u prostoru, oni su ipak povezani trenutnim, nelokalnim vezama koje prevazilaze uobičajene pojmove prenošenja informacije i što je najvažnije mogu se prenositi brže od svetlosti. Sedamdesetih godina 20. veka, jedna grupa francuskih fizičara iz Pariza je na primeru odnosa polarizacije dva fotona uspela da potvrdi postojanje nelokalnih veza između dve čestice, čime je potvrđeno da je Kosmos međupovezan, međuzavisan i nerazlučiv.

## 8. Kosmos

### - Koje su najsjajnije zvezde na našem nebu?

Najsjajnija zvezda na našem nebu je Sunce (prividne veličine – 26,8, a stvarne veličine 4,8) koje svojom svetlošću potpuno zaslepi sve ostale zvezde tokom dana. Ipak, naša planeta okrene Suncu svoju drugu stranu i kada Sunce zađe iza horizonta, tada se na našem noćnom nebu pojavljuje mnogo svetlih zvezda, koje bi bile podjednako svetle kao i naše Sunce samo kada bi nam se nalazile podjednako blizu. 12 najsjajnijih zvezda na noćnom nebu Zemlje su: Sirijus (prividne veličine –1,58), Kanopus (-0,7), Alfa Kentaura (-0,1), Arkturus (0), Vega (0), Kapela (+0,1), Rigel (+0,1), Procion (+0,4), Akernar (+0,5), Betelgez (+0,5), Hadar (+0,6) i Altair (+0,8). Sirijus, najsjajnija zvezda na našem noćnom nebu nalazi se u sazvežđu Velikog Psa, a tokom najtoplijih letnjih dana, Sirijus se u praskozorje pojavljuje zajedno sa Suncem, pa su stoga stari Egipćani mislili da ova zvezda svojom toplotom povećava sjaj Sunca i uzrokuje tako tople dane. Sirijus se nalazi na oko 8,7 svetlosnih godina daleko od Zemlje, pa je upravo usled tako velike blizine, njegov sjaj i veliki. Sirijus je plava zvezda koja je 2,4 puta masivnija od našeg Sunca i može se videti sa svakog dela Zemljine lopte. Inače, Sirijus A koji je vidljiv sa Zemlje, poseduje i jednog pratioca u vidu belog patuljka (tzv. Sirijus B) koji kruže jedan oko drugog. Zvezda Kanopus se nalazi na 98 svetlosnih godina od Zemlje, a samo je dvostruko slabijeg prividnog sjaja na Zemlji od Sirijusa. Ona se nalazi u južnom sazvežđu Argo i usled svog velikog sjaja i velike udaljenosti, najčešće se koristi kao referentna tačka navigacije svemirskih letelica. Alfa Kentaura A je članica trojnog zvezdanog sistema koji se nalazi na samo 4,37 svetlosnih godina od Zemlje što ga čini Zemlji najbližim zvezdanim sistemom. Dve sjajnije zvezde iz ovog sistema (Alfa Kentaura A i B) orbitiraju jedna oko druge sa periodom od 80 godina, dok je Alfa Kentauri C (poznata i kao Proksima Kentaura, koja se nalazi na 4,26 svetlosnih godina od Zemlje, pa je stoga nama najbliža zvezda), čiji je sjaj veoma mali, potrebno oko milion godina da obiđe oko svoja dva bliska zvezdana druga. Arkturus, četvrta najsjajnija zvezda na našem noćnom nebu, nalazi se na oko 40 svetlosnih godina od Zemlje, narandžaste je boje i nalazi se u sazvežđu Pastira, a prečnik joj je 23 puta veći od prečnika Sunca. Plavičasta Vega se nalazi u sazvežđu Lira i predstavlja najsjajnu zvezdu na severnoj nebeskoj hemisferi. Vega se nalazi na oko 26 svetlosnih godina od Zemlje, a 1983. godine je Infracrveni astronomski satelit (IRAS) primetio da je ova zvezda okružena sa jatom čestica raznih veličina, pa je tako Vega postala prva zvezda posle Sunca za koju se potvrdilo da poseduje planetarni sistem, premda još uvek nije poznato da li se prašina koja kruži oko Vege kondenzovala u planete. Kapela se nalazi u severnom sazvežđu Kočijaša i predstavlja džinovsku žutu zvezdu čiji spektar veoma podseća na naše Sunce, premda je Kapela mnogo veća od Sunca. Kapela je članica dvojnog zvezdanog sistema. Ona oko svog zvezdanog gravitacionog partnera – crvenog džina orbitira sa periodom od 104 dana, a obe zvezde se nalaze na oko 40 svetlosnih godina od Zemlje. Zvezda Rigel, poznata i kao Beta Orionis predstavlja džinovsku (35 puta većeg prečnika od Sunčevog) plavo-belu zvezdu iz sazvežđa Orion, udaljenu 910 svetlosnih godina, a njen plavo-beli sjaj je tipičan za sve zvezde ovog sazvežđa osim za džinovsku crvenkasto-narandžastu zvezdu Betelgez, poznatiju i kao Alfa Orionis. Betelgez je crveni džin koji se nalazi na oko 300 svetlosnih godina od Zemlje, a njen prečnik iznosi između 419 i 580 miliona kilometara, što je čini jednom od najvećih vidljivih zvezda sa Zemlje. Kada bismo Betelgez postavili u centar Sunčevog sistema, on bi prekrpio planete Merkur, Veneru, Zemlju i Mars. S obzirom da se zvezda Betelgez nalazi pri kraju svoje zvezdane aktivnosti, smatra se da bi ona svakog trenutka mogla da eksplodira u jednu supernovu čiji bi se sjaj povećao nekoliko stotina hiljada puta u odnosu na njen sadašnji

sjaj, pa bi ona na našem nebu tokom nekoliko dana bila izuzetno sjajna. Zvezda Procion se nalazi u sazvežđu Malog Psa i nalazi se nešto severnije od Sirijusa. Procion zajedno sa belim patuljkom (Procion B) čini dvojni zvezdani sistem koji se nalazi na 11 svetlosnih godina od Zemlje (15. najbliža zvezda Zemlji), nešto malo severnije od nebeskog ekvatora, ravni nastale projekcijom Zemljinog ekvatora na nebesku sferu. Ova belo-žuta zvezda se pojavljuje na večernjem nebu tokom zime i ranog proleća kada zajedno sa Sirijusom i Betelgezom formira sjajni jednakokranični trougao na nebu. Akernar je članica trojnog zvezdanog sistema koji je bio otkriven još 1783. godine, a nalazi se na oko 85 svetlosnih godina od nas u južnom sazvežđu Reka (Eridanus) koje se prostire od zvezde Rigel iz sazvežđa Orion pa sve do Južnog polarnog kruga. Zvezda Altair, poznata i kao *Alfa Aquilae*, nalazi se u sazvežđu Orla na oko 8° severno od ekliptike – ravni u kojoj se nalaze Sunce, Zemlja i Mesec i druge planete Sunčevog sistema. Hadar, poznatija i kao Beta Kentaura predstavlja drugu prividno najsajjniju zvezdu u južnom sazvežđu Kentaura i nalazi se na 460 svetlosnih godina od nas. Altair se nalazi na rastojanju od 16,5 svetlosnih godina od Zemlje i zajedno sa dvema bliskim, sjajnim zvezdama – Vegom i Denebom (19. prividno najsajjnijom zvezdom) čini letnji zvezdani trougao, odnosno prve vidljive večernje zvezde u periodu između juna i avgusta.

### **- Koja je najudaljenija svetlost na nebu koju možemo videti golim okom?**

Najudaljeniji kosmički objekat koji možemo da vidimo bez pomoći teleskopa je Galaksija Andromeda, koja se nalazi na udaljenosti od 2,3 miliona svetlosnih godina od nas i predstavlja najvećeg člana lokalnog jata galaksija, kojoj zajedno sa još dvadesetak drugih galaksija pripada i naš Mlečni Put. Galaksija Andromeda je spiralnog oblika kao i naš Mlečni put, ima dužinu od 2 miliona svetlosnih godina i masu od oko 300 milijardi Sunčevih masa, pa je stoga približno dvostruko masivnija od Galaksije u kojoj se mi nalazimo. Galaksija Andromeda je prvi otkriveni vangalaktički objekat. Naime, 1923. godine, američki astronom Edwin Hابل je intenzivno posmatrao sjaj cefeida, zvezda promenljivog sjaja koje su se nalazile u Galaksiji Andromeda. Posmatrajući njihov svetlosni spektar, došao je do zaključka da one ne potiču iz naše galaksije. Naime, spektar svih zvezda koje su van Mlečnog puta, pomeren je usled Doplerovog efekta ili ka crvenom kraju spektra (ukoliko se Galaksija u kojoj se nalazi zvezda udaljava od nas) ili ka plavom kraju spektra (ukoliko se zvezda, zajedno sa Galaksijom u kojoj se nalazi približava ka nama), što je bio slučaj i sa Galaksijom Andromeda. Inače, najudaljenije zvezde koje se mogu videti kao izvori svetlosti tokom vedrih noći bez mesečine, nalaze se na rastojanjima od oko 50 000 svetlosnih godina od nas.

### **- Zašto zvezde na nebu svetlucaju, a planete ne?**

Zvezde koje možemo videti na nebu nalaze se na rastojanjima između nekoliko svetlosnih godina i nekoliko stotina hiljada svetlosnih godina. Stoga, one, uprkos svojim veoma velikim dimenzijama obuhvataju uglove od samo oko jednog lučnog minuta u odnosu na ukupan nebeski vidik. Drugim rečima, zvezde u našim očima predstavljaju praktično tačkaste izvore svetlosti. Kako zvezdana svetlost putuje kroz Zemljinu atmosferu, ona prolazi kroz oblasti veće i manje gustine, odnosno većeg i manjeg indeksa prelamanja. Ove oblasti se ponašaju kao virtuelna sočiva, prelamajući svetlost i koncentrišući najpre veće, a zatim manje količine od ukupne energije svetlosti na bilo koju tačku na površini Zemlje. S druge strane, planete su mnogu bliže Zemlji od zvezda i stoga, one u našim očima obuhvataju veći deo ukupnog nebeskog vidnog polja. Ljudsko oko pri najmanjem uvećanju vidi planetu kao dvodimenzionalni izvor svetlosti, odnosno tzv. planetarni disk. Usled toga, najmanji deo perioda svetlućanja planete može lako biti preklopljen svetlošću sa drugih oblasti planetarnog diska, tako da je sjaj planete u našim očima približno konstantan u vremenu.

## **- Šta su to zvezde padalice?**

Sigurno ste barem jednom u životu videli zvezdu padalicu kako leti nebom i setili ste se kako tada treba da poželite nešto lepo što će vam se jednog dana ispuniti. Zvezde padalice ipak nisu zvezde koja padaju sa visina, već predstavljaju meteore, odnosno male svemirske kamenčiće koji se prilikom ulaska u Zemljinu atmosferu jako zagreju i počinju da emituju svetlost sve dok u potpunosti ne izgore. Kada mali meteor uđe u Zemljinu atmosferu, on prelazi iz oblasti vakuuma u oblast vazduha. Putovanje kroz vakuum, odnosno prazan prostor ne zahteva nikakav napor i telu ne oduzima nikakvu energiju. Međutim, ako ste ikada gurnuli ruku kroz prozor automobila dok se vozite auto-putem onda sigurno znate da je kretanje kroz vazduh mnogo napornije. Kada se telo kreće kroz vazduh, ono mora da krči sebi put kroz čestice kiseonika, azota i drugih gasova atmosfere, pa kažemo da vazduh stvara trenje. Meteor se kreće kroz vakuum Svemira brzinom od oko 20 000 kilometara na čas. Kada uđe u Zemljinu atmosferu, usled trenja između čestica vazduha i meteora dolazi do jakog zagrevanja meteora, tako da se on zapali i počinje da svetli. Kada ovu pojavu vidimo sa Zemlje, onda obično kažemo da smo videli zvezdu padalicu. Nakon nekoliko sekundi ceo meteor izgori i njegovi ostaci najčešće samo u obliku prašine padaju na Zemlju.

## **- Koliko su veliki meteori?**

Ukoliko imate običaj da posmatrate zvezdano nebo, sigurno ste videli meteore ili čitave pljuskovne meteora u obliku onoga što ljudi obično zovu zvezde padalice. Najveći broj meteora koji se vide sa Zemlje poseduju veličine između zrna peska i zrna šljunka. U astronomiji, pojam meteor označava svetlosni trag koji ostavlja svemirski kamen kada izgori u Zemljinoj atmosferi. Ostaci izgorelog meteora zovu se meteoroidi, a svemirsko kamenje koje padne na zemljinu površinu predstavlja meteorite. Meteoroidi mogu biti prilično velikog oblika, jer obuhvataju sve svemirske krhotine veće od jednog molekula, a manje od oko 100 metara. Veća tela od meteoroida predstavljaju asteroide. Najveća količina svemirskih čestica koje dolaze u kontakt sa Zemljom predstavljaju prašinu sa neke od kometa koje prolaze Sunčevim sistemom. Meteoroidi iz svemirskog vakuuma ulaze u Zemljinu atmosferu brzinom između 11 i 72 kilometra u sekundi. Trenje između čestica vazduha i meteorita stvara toplotu veću od 1500 °C, pa meteorid u svom letu ispari. Dejstvom trenja oslobađaju se jonizovane čestice meteorida koje prilikom rekombinovanja oslobađaju svetlosnu energiju koja se može videti sa Zemlje kao rep meteora, tj. zvezda padalice. Skoro svi meteoroidi koji uđu u Zemljinu atmosferu, stignu i do Zemljinog tla ali u obliku fine prašine. Posebno male čestice su u stanju da potpuno izgore u gornjim slojevima atmosfere, na nekih 80 do 120 km iznad površine Zemlje. Meteoriti koje ljudi pronalaze na Zemlju predstavljaju ostatke nekog većeg svemirskog kamenja, otprilike veličine košarkaške lopte.

## **- Od čega se sastoje meteori?**

Meteori predstavljaju kosmički materijal koji stalno pada na Zemlju u obliku tela čija se veličina kreće od kamenja mase nekoliko kilograma do mikroskopskih čestica prašine mase manje od jednog mikrograma. Meteoriti predstavljaju naziv za meteore koji se ne pretvore u prah prilikom puta kroz Zemljinu atmosferu, već padnu na Zemlju u obliku krupnijih komada, pa su stoga i podložni analizi sastava. U zavisnosti od kvalitativnog sastava, postoji tri različita tipa meteorita, a to su: gvozdeni meteoriti, koji se sastoje uglavnom od gvožđa i nikla; kameno-gvozdeni meteoriti, koji se mogu sastojati od zrnaca minerala olivina (magnezijum gvožđe silikat) obloženih nekim metalom ili od smeše silikata i metala; i kameni

meteoriti koji čine 90 % svih meteorita i koji se opet dele u dve podgrupe, a to su: ahondriti i hondriti. Hondriti predstavljaju čak 85 % od svih meteorita, a za razliku od ahondrita, karakteriše ih prisustvo hondrula, tj. malih sfera brzo ohlađenog silikatnog minerala (najčešće olivina ili piroksina) veličina od 1-10 milimetara. Ako izuzmemo prisustvo isparljivih hemijskih elemenata, tj. manje vodonika i helijuma u hondritima, a s druge strane višak litijuma i bora, sastav hondrita je sličan sastavu Sunca, što bi eventualno moglo ukazati na njihovo poreklo u samom Sunčevom sistemu. Najreprezentativniji uzorci meteorita su pronađeni na Antarktiku, gde ih je ledeni omotač veoma dobro očuvao, a njihov sastav je bio veoma sličan kamenju koji je posada *Apollo*-a donela sa Meseca.

### **- Kako nastaju meteorske kiše?**

Meteorske kiše nastaju kada Zemlja u svojoj orbiti oko Sunca prođe kroz kamenje koje potiče od dezintegracije neke komete. Premda je Zemljina orbita oko Sunca skoro potpuno kružna, većine kometa putuju u orbitama oblika izrazito izduženih elipsi, pa stoga putevi mnogih kometa presecaju ili se delimično preklapaju sa putanjom Zemlje. Pošto je jezgro komete sastavljeno od čestica leda i prašine, prilikom njenog prolaska blizu Sunca, pod dejstvom toplote dolazi do isparavanja komete što se može primetiti u obliku njenog dugačkog i vidljivog repa. Ovako oslobođeni mali kamenčići, uglavnom veličine zrnaca peska, nastavljaju da se kreću po izduženim eliptičnim putanjama oko Sunca bliskim putanji njihove komete roditelja. Kada Zemlja preseče njihovu orbitu tokom svog godišnjeg kretanja, nailazi na gomile malih kamenčića koji sagorevaju prilikom ulaska u Zemljinu atmosferu stvarajući tako vidljivu meteorsku kišu. Meteorske kiše povezane sa orbitom određene komete pojavljuju se uglavnom u isto vreme svake godine, ali pošto su neki delovi puta komete bogatiji kamenjem nego ostali, onda intenzitet ove meteorske kiše može varirati iz godine u godinu. Ipak, meteorska kiša je najlepša kada Zemlja preseče putanju komete neposredno nakon što je ona prošla.

### **- Šta je to Mlečni put?**

Mlečni put, koga su Maje nazivale Duginim Bratom, stari Kinezi Nebeskom Rekom, stari Germani Putem Inja i Leda, a u našem narodu je poznat kao Kumova Slama ili Rimski Put, predstavlja magličastu traku svetlosti koja se pruža duž noćnog neba, a potiče od svetlosti mnoštva zvezda iz naše Galaksije. Pojam Mlečni put se koristi i kao sinonim za našu galaksiju, koja je spiralnog oblika i sadrži oko 200 milijardi zvezda. Usled rotacije Zemlje oko svoje ose, položaj Mlečnog puta na nebu se menja tokom noći, usled oscilovanja Zemljine ose rotacije, što za posledicu ima smenu godišnjih doba, položaj Mlečnog puta se menja tokom godine, a usled rotacije svih galaktičkih zvezda oko centra Galaksije, Mlečni put se pomera i tokom niza godina. Galaktički disk je dugačak oko 100 000 svetlosnih godina, a naše Sunce se nalazi na oko dve trećine rastojanja od centra Galaksije do njenog kraja, odnosno na oko 30 000 svetlosnih godina od centra Galaksije. Centar Mlečnog puta prečnika oko 15 000 svetlosnih godina, najsvetliji je i najgušći zvezdama i predstavlja intenzivan izvor radio talasa. Kada bismo se nalazili unutar središnjeg parseka galaktičkog jezgra (kruga oko centra Mlečnog puta čiji je poluprečnik jednak jednom parseku, tj. 3,26 svetlosnih godina), milion bliskih zvezda obasipalo bi nas količinom svetlosti jednako svetlosti od nekoliko stotina punih Meseca. Naime, u blizini centra naše Galaksije, srednje rastojanje između zvezda iznosi oko jedne svetlosne nedelje. Razlog zašto se milijarde zgusnutih zvezda iz središta Mlečnog puta ne vide kao najsjajniji deo naše Galaksije je u tome što brojni oblaci međuzvezdane materije (gasa i prašine), koncentrisani u galaktičkoj ravni, zaklanjaju deo



vidljive svetlosti zvezda. S druge strane, u krugu od jednog parseka od našeg Sunca, nema nijedne druge zvezde osim Sunca.

### **- Kako se zna gde se nalazimo u Mlečnom Putu?**

Pronaći naš položaj u oblaku od 100 milijardi zvezda, a bez mogućnosti putovanja van naše planete, pomalo podseća na poduhvat da se napravi mapa šume, dok leškarimo na grani jednog drveta u njoj. Mlečni Put se zaista može videti noću kao 15° široka, magličasta, zvezdana traka koja se rasprostire po nebu. Samo ovo posmatranje nas može dovesti do zaključka da je naša Galaksija ravni zvezdani disk, a mi negde u ravni sa njim. Naime, da nije disk, izgledao bi drugačije. Da je npr. zvezdana lopta, magličasta zvezdana svetlost bi bila ravnomerno raspoređena po celom nebu, a ne samo duž jedne trake. A da se nalazimo iznad ili ispod ravni diska, sjaj Mlečnog Puta bi bio veći na jednoj, nego na drugoj strani neba. Ipak, precizniji položaj našeg Sunca u Galaksiji se može odrediti putem merenja rastojanja do svih zvezda koje možemo videti. Krajem 18. veka astronom Vilijam Heršel je procenio da se Zemlja nalazi u centru jednog zvezdanog oblaka oblika mlinskog kamena. Međutim, on nije bio svestan prisustva malih čestica međuzvezdane prašine koje apsorbuju svetlost sa udaljenih zvezda iz Mlečnog Puta, pa mu je stoga izgledalo da se nalazimo u centru zvezdanog oblaka, jer ne možemo da vidimo daleko u svim pravcima. Nakon toga, kada je Harlou Šepi izmerio rastojanje do velikih zvezdanih jata, poznatih kao globularna jata, došlo se do saznanja da je zvezdani galaktički disk prečnika 100 000 svetlosnih godina, kao i da se Zemlja ne nalazi u centru, već na 3/5 rastojanja od ivice do centra diska. U poslednjih 75 godina, astronomi su poboljšali ovu sliku uz pomoć raznih tehnika radio, optičke, infracrvene i rendgenske spektroskopije, koje su dale još bolje predstave o položajima spiralnih ramena, oblaka gasa i prašine, debljine diska itd. Ipak, najvažnije saznanje je to da se naš Sunčev sistem nalazi na unutrašnjoj ivici jednog spiralnog ramena, na oko 25 000 svetlosnih godina od centra Galaksije ispunjene zvezdama. Sunčev sistem, zajedno sa svim drugim galaktičkim zvezdama, rotira oko centra naše Galaksije, a na udaljenosti od galaktičkog središta na kojoj se danas nalazi Sunce, potrebno je oko dvesta miliona godina da zvezda napravi punu orbitu oko centra Galaksije.

### **- Koliko je veliki Sunčev sistem?**

Sunčev sistem obuhvata 9 planeta, mnogobrojne njihove satelite, nekoliko stotina hiljada asteroida, nekoliko stotina poznatih kometa i mnogo meteora i čestica međuplanetarne prašine i gasa koji orbitiraju oko njegove jedine zvezde, Sunca koje obuhvata 99,86 % mase Sunčevog sistema. Sve planete orbitiraju oko Sunca u smeru njegove rotacije, a i sve planete se nalaze u istoj ravni (osim Merkura i Plutona čije su orbitalne ravni malo nagnute). Takođe, i sve planete osim Venere i Urana (koji se okreće oko svoje ose normalno u odnosu na orbitalnu ravan) orbitiraju oko svoje ose u istom smeru u kome orbitiraju oko Sunca. Merkur (mase  $3,3 \cdot 10^{23}$  kg, a prečnika 4878 km) se nalazi na srednjem rastojanju od Sunca od 57,9 miliona km (0,39 astronomskih jedinica), Venera (mase  $4,9 \cdot 10^{24}$  kg i prečnika 12100 km) – 108,2 (0,72 astronomske jedinice), Zemlja (mase  $6 \cdot 10^{24}$  kg i prečnika 12756 km) – 149,6 (1 astronomska jedinica), Mars (mase  $6,4 \cdot 10^{23}$  kg i prečnika 6786 km) – 227,94, Jupiter (mase  $1,9 \cdot 10^{27}$  i prečnika 142984 km) – 774,94, Saturn (mase  $5,7 \cdot 10^{26}$  kg i prečnika 120536 km) – 1423,6, Uran (mase  $8,7 \cdot 10^{25}$  kg i prečnika 51108 km) – 2867, Neptun (mase  $10^{26}$  kg i prečnika 49538 km) – 4488,4, a Pluton (mase  $1,3 \cdot 10^{22}$  kg i prečnika 2350 km) na 5909,6 miliona kilometara od Sunca (oko 40 astronomskih jedinica). Iza orbite Plutona, nalazi se tzv. Ortov oblak u kome se nalaze mnogobrojne komete sa veoma velikim periodima obilaska oko Sunca, dok se heliopauzom naziva granica Sunčevog sistema iza koje se više ne uočava

gravitacioni i svetlosni uticaj zvezde kojoj dugujemo život na našoj planeti. Smatra se da se heliopauza nalazi na oko 100 astronomskih jedinica od Sunca (tj. na oko 15 milijardi kilometara ili oko 14 svetlosnih sati od Sunca), premda se smatra da postoje mnoge komete koje odlaze na 50000 astronomskih jedinica od Sunca da bi se ipak periodično vraćale da naprave krug oko njega. U Sunčevom sistemu postoje i mnogi neobično pravilni odnosi. Tako se npr. Merkur tri puta obrne oko svoje ose (period pune rotacije, odnosno dan na Merkuru traje 58,6 dana) za dve rotacije Sunca oko svoje ose, ne postoji nijedan asteroid sa celobrojnim periodom rotacije u odnosu na Jupiter, a tri Galilejeva satelita (Io, Evropa i Ganimeda) orbitiraju oko Jupitera u vremenskom odnosu 4:2:1, pri čemu se odstupanje od ovog odnosa ne opaža čak ni na devetoj decimali. Ako bismo želeli da napravimo umanjeni model Sunčevog sistema u kome bismo našu malu planetu prikazali lopticom prečnika 1 cm, tada bi se na daljini od 117 metara nalazilo Sunce, prečnika 1,1 metra. Meseć bi bio loptica prečnika 3 mm udaljena od Zemlje 30 cm. Venera, nama najbliža planeta, nalazila bi se u proseku na oko 33 metra od Zemlje; Jupiter, najveća planeta Sunčevog sistema, koja je više nego dvostruko masivnija od svih drugih planeta u Sunčevom sistemu zajedno, bio bi prikazan lopticom prečnika 10 cm, na daljini od 608 metara od Sunca; Pluton, najudaljenija planeta od Sunca, imao bi prečnik od oko 4 mm i nalazio bi se 4,5 km daleko od Sunca, a Suncu najbliža zvezda, Proxima Centaura, nalazila bi se 30 000 km daleko od nas, odnosno izvan granica naše sadašnje atmosfere. Takođe, zamislimo li Sunce kao jednu fudbalsku loptu, Zemlju kao jednu ribizlu ili borovnicu, a Pluton kao vrh čiode, tada bi Zemlje orbitirala na rastojanju do 22 metra od Sunca, dok bi mali Pluton orbitirao na oko 863 metra od Sunca, što je za više od 8 fudbalskih terena daleko od nas.

### **- Da li je Jupiter nekada bio zvezda?**

Jupiter, koji je najveća planeta u našem Sunčevom sistemu, čija masa je 1000 puta manja od mase Sunca, a zapremina 1316 puta veća od Zemlje, nalazi se na rastojanju od 5,2 astronomske jedinice, a često se naziva i “ugašenom” ili “palom” zvezdom, jer se sastoji od istih elemenata (vodonika i helijuma) kao i Sunce, ali mu slabija sila gravitacije usled nedovoljno velike mase ne dozvoljava da postigne dovoljno visok unutrašnji pritisak i temperaturu i da započne proces fuzije vodonika u helijum, tj. proces u kome sve ostale zvezde, pa i naše Sunce stvaraju energiju. Kada bi Jupiter bio između 50 i 1000 puta masivniji nego što jeste, gravitaciono privlačenje njegovih sastavnih čestica bi postalo dovoljno veliko da započne lančani proces fuzije i da se tako Jupiter pretvori u zvezdu. Skoro svi naučnici koji proučavaju nastanak planeta, smatraju da je Jupiter nastao na različit način od ostalih zvezda. Zvezde nastaju u gravitacionom sažimanju gustih oblaka međuzvezdane prašine i gasa, a usled rotacije, ovi oblaci stvaraju ravne diske koji okružuju centralnu, rastuću zvezdu. Nakon što daljim sažimanjem oblaka gasa i prašine, zvezda dostigne svoj krajnji oblik, ostaci materije u diskovima postaju slobodni i formiraju planete. Nastanak Jupitera se može podeliti u dva podprocesa. Najpre su nastala velika jata leda i kamenja, koji se često nazivaju planetezimalima. Ova tela veličine kometa su se sudarala i akumulirala u velikom planetarnom “embrionu”. Kada je ovaj embrion postao masivan kao deset naših planeta, njegova gravitacija je počela da privlači gas iz diska, a tokom ovog drugog dela procesa nastanka, proto-Jupiter je dobio najveći deo svoje mase, koja danas iznosi 318 masa Zemlje. Relativno brzo nakon ovoga, disk gasa je uklonjen pod dejstvom jakog solarnog vetra, pre nego što se formirao Saturn i dostigao sličnu veličinu.

### **- Koji su to Jupiterovi sateliti?**

Sa 39 do danas poznatih prirodnih satelita, Jupiter, najveća planeta u Sunčevom sistemu predstavlja jedan pravi mali solarni sistem, pogotovo ako uzmemo u obzir da sastav Jupitera veoma podseća na Sunce, pa ga stoga često nazivamo i ugašenom zvezdom. 7. januara 1610. godine, Galileo Galilej je pomoću svog teleskopa uočio 4 najveća Jupiterova satelita koji se danas nazivaju Io, Evropa, Ganimed i Kalisto, a zajedničkim imenom su poznati kao Galilejevi sateliti. Od ova 4 satelita, Io čiji je glavni atmosferski sastojak sumpor dioksid, nešto je veći od našeg Meseca, orbitira sa periodom od 1,77 dana na srednjem rastojanju od 422 000 kilometara od Jupitera, pa je stoga i njemu najbliži od sva 4 Galilejeva satelita. Premda je stalno okrenut Jupiteru sa svojom jednom stranom, meseci Evropa i Ganimed perturbuju Iovu orbitu u eliptičnu putanju, pa je stoga usled variranja rastojanja do Jupitera, Io izložen velikim plimskim silama koje uzrokuju nadimanje i spuštanje njegove čvrste površine (ne vodene kao na Zemlji) za čitavih 100 metara. Upravo usled ovoga, Io predstavlja najaktivnije vulkansko telo u Sunčevom sistemu. Vulkanska lava se na njemu podiže do visina od 300 kilometara, postičući pri tome čak polovinu Iove kosmičke brzine. Io prolazi kroz jako Jupiterovo magnetno polje, pa se stoga ponaša i kao mali električni generator, s obzirom da se duž njega formira napon od 400 000 Volti i struja od 3 miliona ampera, koja izaziva munje u Jupiterovoj gornjoj atmosferi, kao i odvajanje tone materijala sa Ioa ka Jupiteru u svakoj sekundi. Evropa orbitira sa periodom od 3,55 dana na rastojanju od 671 000 km od Jupitera, poluprečnik joj je jednak 1 565 kilometara, glavni atmosferski sastojak kiseonik, a poseduje izuzetno glatki ledeni pokrivač debeo oko 5 kilometara ispod koga se možda nalazi okean dubine veće i od oko 50 kilometara u kome se sumnja da postoji čak i živi svet. Ganimed je najveći Jupiterov satelit, a i najveći satelit u Sunčevom sistemu, s obzirom da je njegov prečnik jednak 5 262 km. Ganimed je sastavljen od kamenog jezgra sa vodeno-ledeno-silikatnim pokrivačem i korom od kamenja i leda. Ganimed orbitira na rastojanju od 1 070 000 km od Jupitera sa periodom od 7,15 dana, a nedavno je na njegovoj površini detektovano prisustvo ozona, premda u malim količinama, što u svakom slučaju znači da je kiseonik glavni sastojak njegove atmosfere. Kalisto je drugi najveći satelit Jupitera (sa poluprečnikom od 2403 km), a treći po veličini u Sunčevom sistemu (drugi po veličini je Saturnov mesec Titan koji je veći od Merkura) i otprilike je veličine Merkura. Kalisto je nebesko telo sa najviše kratera u Sunčevom sistemu, jer je njegova kora veoma stara i datira iz vremena od pre oko 4 milijarde godina kada se Sunčev sistem tek stvorio. Ipak, na Kalistu koji orbitira na rastojanju od 1 883 000 km sa periodom od 16,69 dana nema velikih planina što je verovatno posledica ledene prirode njegove površine. Njegov glavni atmosferski sastojak je ugljen dioksid, a on sam se sastoji iz jednakog odnosa kamenja, leda i vode. Meteoriti su uzroci mnogobrojnih kratera na njegovoj površini, a slivanje vode duž njegove površine stvara svetle niti i prstenove oko kratera čineći tako Kalisto jednim od najlepših nebeskih tela posmatranih sa Zemlje. Za sve ostale manje Jupiterove mesece se smatra da su asteroidi koji su vremenom postali privučeni Jupiterovom gravitacijom.

### **- Na kojoj planeti Sunčevog sistema je dan duži od godine?**

Premda je Sirijus najsjajnija zvezda na Zemljinom noćnom nebu, mnogi misle da je najsjajnija zvezda zapravo zvezda Danica, koja je stvarno najsvetlija, premda nije zvezda, već planeta i to ona koju nazivamo Venerom. Upravo na ovoj, najtoplijoj planeti Sunčevog sistema, dan, odnosno period rotacije planete oko svoje ose traje 243 zemaljska dana, dok godina, odnosno period rotacije planete oko Sunca traje 224,7 zemaljskih dana, što znači da je dan na Veneri za skoro 20 zemaljskih dana duži od godine na njoj. Sunce se vidi sa Venere tokom 121 Zemaljskog dana, a isto toliko dana traje i noć. Venera, planeta koja je po svojim dimenzijama i gustini veoma slična Zemlji, posebna je i po tome što za razliku od svih drugih planeta Sunčevog sistema, koje rotiraju u istom pravcu kao i Sunce (drugim rečima, Sunce

izlazi na istoku), Venera rotira u suprotnom pravcu, pa stoga, Sunce na Veneri izlazi na zapadu, a zalazi na istoku. Međutim, oblaci njene atmosfere jure u pravcu istoka i to 60 puta brže od brzine kretanja čvrstog tela Venere. Velike vrućine koje vladaju na Veneri (oko 500° tokom dana) prouzrokovane su izrazito gustom atmosferom koju u najvećoj meri (96 %) čini ugljen dioksid, a drugi najzastupljeniji gas na njoj je azot (3,5 %). Venera i Merkur su jedine planete Sunčevog sistema koje nemaju svog prirodnog pratioca u vidu nekog meseca, a razlog zašto je Venera toplija od Merkura iako se nalazi na dvostruko većem rastojanju od Sunca (108,2 miliona kilometara u proseku) nego Merkur (57,9 miliona kilometara u proseku) je upravo u pojačanom efektu staklene bašte kao posledice izrazito guste atmosfere, što dovodi do velike apsorpcije elektromagnetnih talasa sa Sunca i do globalnog zagrevanja Venere. Naime, vazdušni pritisak na površini Venere odgovara pritisku kome bismo bili izloženi kada bismo zaronili u more na dubinu od 900 metara. Usled ovako gustih oblaka i atmosfere na Veneri, Sunce se jedva vidi sa njene površine, a u najboljem slučaju, nebo bi nam sa nje izgledalo kao da se nalazimo u čaši za šampanjac – imali bismo samo pregled malog parčeta neba iznad nas, usled visokog koeficijenta refrakcije kao posledice veoma guste atmosfere. Pošto površinu Venere nije moguće videti, za ispitivanje topografije ove planete se koriste radio talasi koji prodiru kroz gustu zavesu Venerinih oblaka i odbijajući se od njene površine, stižu nazad do nas noseći sa sobom informacije o planetarnim planinama i dolinama. Kada bi se i Zemlja nalazila toliko blisko Suncu kao Venera, došlo bi do povećanog isparavanja vode iz okeana u atmosferu, što bi takođe povećalo efekat staklene bašte i prouzrokovalo veće temperature na Zemlji.

### **- Zašto su Marsovci zelene boje?**

Izgleda da je tradicija zelenih Marsovaca započela u seriji knjiga “*Barsoom*” Edgara Rajsa Berouza, od kojih je prva u nizu bila “*Princeza od Marsa*” (1912.), a u svim knjigama ovog serijala glavni junak se borio protiv Marsovaca koji su svi bili zelene boje. Pre ovoga, Herbert Džordž Vels je pisao o Marsovcima braon boje, a E. L. Arnold je u svom “*Raspustu poručnika Gulivera Džonsa*” pretpostavio da su Marsovci ustvari isti kao i ljudi sa naše planete. Iako danas znamo da na Marsu, planeti čija je zapremina dvostruko, gravitacija trostruko, a masa desetstruko manja od vrednosti odgovarajućih veličina na Zemlji, najverovatnije ne žive nikakva inteligentna bića, još uvek se ne poznaju pravi uzroci postojanja izvesnih pravilnih struktura i linija na površini planete koji se najčešće nazivaju kanalima. Nekada se mislilo da su ove kanale, koji izrazito podsećaju na presušena rečna korita, izgradili Marsovci kako bi dovlačili vodu iz polarnih oblasti do suvih, centralnih oblasti planete. Takođe, nekada se mislilo da je do sezonskih promena boje tamnih područja (tzv. marsovskih oaza) dolazi usled naizmeničnog bujanja i uvenuća vegetacije. 1938. godine je Orson Vels emitovao na radiju adaptaciju poznatog *SF* romana Herberta Džordža Velsa “*Rat Svetova*” nakon koje su mnogi ljudi, ne znajući da je u pitanju samo radio drama, počeli da se spremaju za invaziju Marsovaca. Takođe, 1980. godine je primećeno da se Marsova atmosfera ponaša kao džinovski prirodni laser koji emituje koherentne infracrvene talase na talasnoj dužini od 10,33 mikrometara, što je još više podstaklo razmišljanja o postojanju Marsovaca. Atmosfera Marsa se sastoji od čak 95,3 % ugljen dioksida, 2,7 % azota, 0,13 % kiseonika i 0,03 % vodene pare. Prosečna temperatura na Marsu iznosi –63°C, a atmosferski pritisak je 170 puta slabiji od Zemaljskog pritiska atmosfere, što čini ideje o postojanju vode u tečnom stanju na ovoj planeti praktično nemogućim. Uz sve ovo, na Marsu, planeti na kojoj se nalazi *Olympus Mons*, najveći vulkan u Sunčevom sistemu, nikada ne pada kiša. Ipak, trenutno je jedno od ključnih pitanja planetarne nauke da li je klima na Marsu bila nekada dovoljno topla da obezbedi slivanje vode sa polarnih kapa planete (zaleđene smeše ugljen dioksida i vode na polovima planete) i njeno trajno opstajanje u tečnom obliku, što je

neophodno za nekadašnji ili budući razvoj života (ili naseljavanje) na ovoj crvenoj i pustinjskoj planeti Sunčevog sistema.

## - Šta su to asteroidi?

Asteroidi (ili planetoidi) predstavljaju mala, kamena nebeska tela koja orbitiraju oko Sunca u prostoru između orbita Marsa i Jupitera, što znači da se nalaze na rastojanjima između 2,1 i 3,2 astronomske jedinice od Sunca. Danas postoji više od 20 000 poznatih asteroida, a njihovo postojanje je otkrio Đuzepe Pjaci 1801. godine kada je pomoću teleskopa ugledao Ceres, najveći od svih poznatih asteroida, prečnika 457 km. Asteroidi su asimetričnih oblika, njihovi prečnici se nalaze u rasponu između jednog i nekoliko stotina kilometara, a merenjem promena u njihovom sjaju (odnosno odsjaju), saznali smo da njihove godine (periodi obilaska oko Sunca) traju između 3 i 30 dana. Izučavanjem spektra svetlosti koju reflektuju ova nebeska tela, došli smo do zaključka da svaki asteroid pripada jednoj od sledećih klasa: C (mračni, najverovatnije ugljeni asteroidi), S (dvostruko svetliji od C asteroida, a najverovatnije su izgrađeni od gvozdenih stena), M (slični gvozdenim meteoritima), P i D (crvenkasti, niskog sjaja). Dnevne temperature na asteroidima iznose oko 100°C, dok noću temperatura opada na oko -150°C. Usled slabe gravitacije, kosmička brzina sa površina ovih tela iznosi svega nekoliko desetina kilometara na čas, što znači da bismo i samo uz pomoć skoka možda mogli da se otisnemo sa površine asteroida u međuplanetarni prostor. Letelica *NEAR* je bila lansirana februara 1996. godine i predstavljala je prvi kosmički projekat orbitiranja oko jednog, malog nebeskog tela. Ova letelica je juna 1997. godine prošla na oko 1212 km iznad površine asteroida Matilda, da bi februara 2000. godine ušla u orbitu asteroida Eros, koji predstavlja jedan od najvećih asteroida u Sunčevom sistemu, oblika je ploda krompira dugačkog 33 km, širokog i debelog po 13 km, a orbitira na oko 1,5 astronomske jedinice od Sunca. Godina na njemu traje samo oko 5 sati i on je asteroid S tipa. Letelica *NEAR* koja je bila opremljena sa magnetometrom (koji je merenjem magnetnog polja ustanovio prisustvo gvožđa u ovom asteroidu), X i Gama spektrometrom (koji je merio visokoenergetsko zračenje emitovano sa površine asteroida), infracrvenim spektrometrom (koji je merio spektar Sunčeve svetlosti reflektovan sa asteroida kako bi se ustanovio njegov mineralni sastav), laserskim uređajem za merenje topografije asteroida, multispektralnim spektrometrom (koji je pomoću više različitih talasnih dužina svetlosti određivao sastav kamenja na asteroidu) i radio aparatom (koji je slao konstantan radio signal ka Zemlji pomoću koga se merilo gravitaciono privlačenje letelice ka Erosu, a iz čega se odredila masa i gustina Erosa), uspela je da 12. februara 2001. godine sleti na površinu asteroida Eros prilikom čega je na Zemlju poslala mnogo slika sa visina između 500 i 120 metara, a danas još uvek šalje radio signale ka Zemlji.

## - Kako se mere mase asteroida?

Precizno izračunavanje mase planeta se vrši merenjem vremena potrebnog da neki njen prirodni satelit napravi pun krug oko nje, na osnovu čega se pišu Njutnove jednačine i izračunava masa planete. Drugim rečima, da bismo izmerili masu nekog tela, neophodno nam je da možemo registrovati njeno gravitaciono privlačenje sa nekim drugim nebeskim telom. Međutim, mase asteroida su toliko male da ne vrše nikakav značajan gravitacioni uticaj na bilo koje okolno nebesko telo. Sve do skora, mase asteroida su se jednostavno procenjivale na osnovu njihovih dimenzija i pretpostavki o mineralima od kojih su sačinjeni. Međutim, u poslednje vreme je nekoliko asteroida obišla svemirska letelica. Kao i u slučaju prirodnog Meseca, putanja letelice u orbiti oko asteroida se krivi pod dejstvom privlačenja između dve mase, a ovo krivljenje putanje se meri pažljivim praćenjem i Doplerovim radio merenjima sa

Zemlje. Na osnovu ovih merenja, došlo se do zaključka da su izmerene mase asteroida manje od očekivanih i da oni poseduju penastiju strukturu nego što se to očekivalo.

### **- Kolika je gužva u pojasu asteroida?**

Asteroidni pojas između orbita planeta Marsa i Jupitera, sadrži oko 100 000 asteroida, čiji su prečnici veći od jednog kilometra, ali prosečno rastojanje između njih iznosi oko 5 miliona kilometara, što je jednako desetstrukom rastojanju od Zemlje do Meseca, pa su stoga njihovi međusobni sudari veoma retki. Svaki ovako veliki asteroid doživi u proseku po jedan sudar na svakih nekoliko milijardu godina, što znači da se sudari jednom do dva puta tokom života Sunčevog sistema. Takođe, svemirske letelice prolaze kroz ovaj pojas sa zanemarljivo malom verovatnoćom sudara sa nekim od asteroida. Gužva u pojasu asteroida je toliko mala da kada biste stajali na jednom od asteroida i gledali unaokolo, sigurno ne biste videli nebo puno asteroida, već biste u najboljem slučaju mogli da vidite barem jedan u blizini.

### **- Da li bi bilo korisno rudarstvo na asteroidima?**

Ideja o korisnosti rudarstva na asteroidima zasniva se na mogućem korišćenju materijala ekstrahovanih sa asteroida u svrhu podrške svemirskih letova, svemirskih stanica ili Mesečevih baza. Najkorisniji materijali za ovakvu primenu bi bili voda ( $H_2O$ ), metan ( $CH_4$ ) ili neka druga jedinjenja koja bi se mogla pretvarati u raketno gorivo ili koristiti za zamenu potrošnih materijala neophodnih za održavanje života u Kosmosu. Neki naučnici smatraju da bi se metali u asteroidima (gvožđe, nikl i dr.) mogli iskopavati i koristiti kao sirovi materijali za izgradnju veštačkih svemirskih struktura. Takođe, moguće je i vraćanje iskopanih strateških i dragocenih metala (npr. platina, galijum, germanijum ili zlato) na Zemlju, jer se ova ideja podržava na osnovu pretpostavki da je kamenje asteroida usled njihove diferenciranosti, tj. prostornoj razdvojenosti različitih minerala na njima, znatno bogatije ovim retkim metalima nego kamenje sa Zemlje ili sa Meseca. Prvi koncepti o asteroidnom rudarstvu, podrazumevali su ljudske obilaske asteroida, dok su se novije ideje preorijentisale na potencijalne robotske misije, ili eventualno usmeravanje kriški asteroida ka proizvodnim pogonima na Zemlji ili jednoga dana, možda i na Mesecu.

### **- Kako se određuju mase planeta?**

Njutnov zakon gravitacije nam kaže da je gravitaciona sila kojom se privlače dva tela jednaka proizvodu gravitacione konstante i njihovih masa, podeljenim sa kvadratom njihovog međusobnog rastojanja. Tako, znajući prečnik Zemlje, i pretpostavljajući da je njen zapreminski centar isti kao i njen centar mase, možemo izračunati masu Zemlje ako samo izmerimo silu kojom deluje Zemljina gravitacija na telo čiju smo masu prethodno izmerili na vagi. Takođe, neophodno nam je poznavanje vrednosti gravitacione konstante, a ona je jednaka  $6.672 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ . Sada kada smo izračunali masu Zemlje kao  $5.98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ , možemo korišćenjem istog zakona izračunati i masu Sunca. Da bi Zemlja bila u stalnoj orbiti oko Sunca, privlačna sila gravitacije mora biti jednaka centripetalnoj sili, neophodnoj da očuva Zemlju u stalnoj orbiti. Centripetalna sila je jednaka proizvodu mase Zemlje i njene brzine, i sve to podeljeno sa kvadratom rastojanja od Zemlje do Sunca. Ako na osnovu astronomskih merenja odredimo udaljenost Zemlje od Sunca, možemo iz jednakosti gravitacione i centripetalne sile izračunati brzinu kretanja Zemlje oko Sunca, a odatle i Sunčevu masu. Kada znamo masu Sunca, možemo na prethodno opisani način izračunati masu bilo koje planete Sunčevog sistema, naravno uz prethodno astronomsko izračunavanje perioda i prečnika putanje planeta.

## **- Kako su nastali i od čega se sastoje prstenovi planeta?**

Prstenovi oko planeta, kao što su Jupiter, Saturn, Uran i Neptun iz našeg Sunčevog sistema, sastoje se od komadića kamenja, trunčica prašine i leda. Planetarni prstenovi nastaju kada asteroidi, komete ili neki veći objekti priđu isuviše blizu planeti i pod dejstvom plimskih sila (naizmeničnog širenja i skupljanja rotirajućeg tela pod dejstvom privlačne sile gravitacije) bivaju rastureni na komadiće. Na određenom rastojanju od planete postoji zamišljena sfera koja se naziva Rošeovom granicom, a premda se diskovi prašine oko novoformiranih planeta najčešće pretvaraju u satelite, bilo koji objekat koji priđe planeti na manje rastojanje od njegove Rošeove granice, biva pod dejstvom gravitacije planete rastavljen na manje komadiće koji zatim ostaju u orbiti planete i time postaju delovi planetarnog prstena. Po definiciji, Rošeova granica predstavlja minimalno rastojanje između centra planete i fluidnog satelita na kome fluidni satelit može stabilno orbitirati i ostati stabilan nasuprot gravitacionom dejstvu planete. Kada su planeta i satelit jednakih gustina, Rošeova granica predstavlja 2,456 poluprečnika planete, a naravno kada je u pitanju čvrsti satelit, on je tada u stanju da priđe planeti na manje rastojanje od Rošeove granice, jer između njegovih atoma postoje snažne vezivne sile koje su u stanju da se suprotstavljaju slabijem privlačnom dejstvu gravitacije. Samo planete koje su veoma često izložene naletima letećih objekata imaju oko sebe prstenje, a spektroskopska posmatranja su pokazala da čestice planetarnih prstenova koje su bliže jezgru planete orbitiraju brže nego udaljenije čestice. Prstenovi oko Jupitera su prilično razređeni i sastoje od čestica razmera od 1 do 2 mikrometra, dok su Saturnovi prstenovi znatno složeniji i sastoje se od sedmoslojne mešavine prašine, kamenčića i leda, čije se razmere kreću od nekoliko mikrometara do nekoliko stotina metara. Uran poseduje devet prstenova koji čine prašina i kamenčići veličine oko jednog metra, dok Neptun poseduje tri prašinsta prstena.

## **- Zašto se Pluton ne smatra pravom planetom?**

Svako telo koje se nalazi u zvezdanom sistemu (što znači da orbitira oko zvezde), a pri tome je veće od nekoliko metara i ne poseduje sopstveni izvor toplotne energije, smatra se planetom, pod uslovom da ne orbitira oko tela koje orbitira oko zvezde, jer se u tom slučaju naziva satelitom. U skladu sa ovakvom klasifikacijom, Pluton jeste planeta Sunčevog sistema, jer njegov ekvatorijalni prečnik iznosi 2350 km, a pošto je i njegovo jezgro najverovatnije čvrsto, on poseduje dovoljno gravitacije da mi mogao vremenom da se izoblikuje u sferno telo. U našem Sunčevom sistemu, postoji nekoliko tipova planeta koje su uglavnom raspoređene duž ravni Sunčevog sistema po svojim dimenzijama. Naime, između 4 velike gasovite planete (Jupitera, Saturna, Urana i Neptuna) i 4 male, kamene planete (Merkura, Venere, Zemlje i Marsa) se nalaze najmanje planete Sunčevog sistema koje su poznate i kao planetoidi ili asteroidi. Planeta Pluton, koja se nalazi na srednjem rastojanju od oko 40 astronomskih jedinica (ili 5,9 milijardi kilometara) od Sunca, na neki način odskače od ovako uređenog sistema, s obzirom da su čak 6 satelita velikih planeta, pa i naš Mesec veći od njega. Takođe, Pluton je stenovito telo za razliku od gasovitih džinovskih planeta, a za razliku od svih ostalih planeta Sunčevog sistema, orbitalna ravan Plutona se nalazi pod uglom većim od  $17,2^\circ$  u odnosu na ekliptiku (orbitalnu ravan svih ostalih planeta Sunčevog sistema), što ga s vremena na vreme, kao što je na primer i sada slučaj, dovodi na manje rastojanje od Sunca nego Neptun, pa stoga, trenutno, Pluton nosi epitet osme planete Sunčevog sistema. Usled velike eliptičnosti njegove putanje oko Sunca, Plutona često porede sa kometama, telima ekstremno eliptičnih putanja oko Sunca (a koja počinju da se tope kada se dovoljno približe Suncu), a za primer možemo uzeti Halejevu kometu, čija putanja prolazi kroz orbitalne

putanje svih planeta osim Plutona. Ponekad se smatra da je Pluton najveći član Kuiperovog pojasa (do koga stiže i Halejeva kometa, kao i mnoge druge komete sa periodom obilaska oko Sunca manjim od 500 godina, nakon čega se vraćaju ka Suncu) koji se proteže između orbita Neptuna i Plutona i obuhvata milione malih kamenih i ledenih objekata koji orbitiraju oko Sunca. Ipak, iako ga položaj u Sunčevom sistemu čini sličnim u odnosu na druge objekte iz Kuiperovog pojasa, postojanje atmosfere koja se najverovatnije sastoji iz metana, azota i ugljen monoksida, čini Pluton geološki i meteorološki različitim od svojih bliskih suseda. U okviru Kuiperovog pojasa, postoji i još jedna grupa tzv. trans-Neptunovih objekata (u koje spada i Pluton) koji imaju tu osobinu da im je period rotacije oko Sunca stoji u odnosu 2:3 sa periodom revolucije Neptuna, što znači da dok se Neptun dva puta okrene oko Sunca, ovi objekti se okrenu tri puta. Persival Lovel je 1905. godine na osnovu male perturbacije u kretanju Urana predvideo postojanje planete iza orbite Neptuna, što je bilo dokazano 1930. godine kada je Pluton prvi put primećen, pa je tada dobio status devete planete Sunčevog sistema. Takođe, Pluton poseduje i jedan satelit kome su astronomi dali ime Šaron, i oni zajedno orbitiraju oko Sunca sa periodom revolucije od 247,7 zemaljskih godina, a dan na Plutonu, mase  $1,3 \cdot 10^{22}$  kg, traje 6,39 zemaljskih dana.

### **- Šta su to komete?**

Komete predstavljaju kosmičke lutalice, odnosno male članove zvezdanih sistema čije su dimenzije najčešće reda veličine kilometra, a smatra se da se sastoje od: prašine, leda (tačnije zaleđene smeše vode, amonijaka, metana i ugljen dioksida), nekih ugljeničnih (organskih) jedinjenja (tj. katrana) i kamenog središta. Komete koje prolaze kroz naš, Sunčev sistem poseduju veoma široke orbite oko Sunca koje se nalaze u okviru: Ortovog oblaka (sfere oko Sunca čiji poluprečnik iznosi oko 277 svetlosnih dana) ili Kuiperovog pojasa (oblast u ravni Sunčevog sistema, ali daleko iza orbite Plutona, najudaljenije planete koja kruži oko Sunca). Komete mogu imati kratke orbitalne periode (manje od 200 godina, kao na primer Halejeva kometa čiji period obilaska oko Sunca iznosi 76 godina) ili duge (preko 200 godina, kao na primer kometa Kohoutek koja je prošla pored Sunca 1974. godine, a sledeći put će doći tek kroz 300 000 godina). Kada kometa priđe Suncu (ili nekoj drugoj zvezdi) na rastojanje manje od jednog svetlosnog sata, čvrsti led u njoj počinje direktno da prelazi u vodenu paru (sublimacija), što sa Zemlje opisujemo kao kometin rep. Kada se kometa dovoljno približi Suncu, može se razlikovati nekoliko njenih različitih delova: čvrsto jezgro (čiji prečnik najčešće iznosi između 1 i 10 kilometara, premda može biti i veći), koma (koja zajedno sa jezgrom čini glavu kometa, najčešće je oko 1000 puta veća od jezgra, mada može biti velika koliko i Jupiter ili Saturn, a sastoji se isparljivih gasova i prašine), vodonični omotač (koji nevidljivo oblaže glavu komete i povećava se sa približavanjem komete Suncu), prašinski rep (najčešće dugačak nekoliko miliona kilometara, uvek je usmeren suprotno od Sunca, jer ga odbacuje pritisak Sunčeve svetlosti, a predstavlja jedini deo komete koji je vidljiv sa Zemlje golim okom, jer dobro reflektuje svetlost) i jonski rep (koji se sastoji od jonizovanih atoma i molekula koje, takođe, solarni vetar odbacuje od sebe). Prilikom prolaska kometa kroz Sunčev sistem, često se desi da one pod dejstvom Jupiterove gravitacije budu pocepana na deliće.

### **- Zašto Ortov oblak nije diskolik?**

Iako se Sunčev sistem nalazi praktično u jednoj ravni, s obzirom da se sve planete okreću oko Sunca u istoj ravni (tzv. ekliptici, sa izuzetkom Plutona čija je orbita za oko  $17^{\circ}$  nagnuta u odnosu na ekliptiku), Ortov oblak koji se pruža od orbite Plutona (u proseku od oko 40 astronomskih jedinica od Sunca) pa sve do samih granica Sunčevog sistema (tzv.



heliopauze), ne nalazi se u ravni ekliptike, već predstavlja sferu. U Ortovom oblaku se nalazi oko  $10^{12}$  kometa sa izuzetno velikim periodima obilaska oko Sunca, premda se smatra da je ukupna masa svih kometa u Ortovom oblaku jednaka između 5 i 50 masa Zemlje (Zemlja ima masu od  $6 \cdot 10^{24}$  kg) sa tipičnom procenom od oko 15 Zemljinih masa, što je znatno manje od ukupne mase svih planeta u Sunčevom sistemu koja iznosi 446,7 masa Zemlje. Danas se uglavnom smatra da su komete iz Ortovog oblaka nastale iz ledenih protoplaneta između orbita Jupitera, Saturna, Urana i Neptuna, koje su usled intenzivne gravitacione interakcije sa ove 4 velike planete Sunčevog sistema bile izbačene na velika rastojanja od Sunca. U ovom procesu se komete nisu samo izbacile na velika rastojanja, već i pod velikim nagibom od oko 20 do 30 stepeni u odnosu na ekliptiku. Kada su se našle u Ortovom oblaku (koji je dobio ime po Janu Hendriku Ortu, holandskom astronomu koji je otkrio rotiranje Mlečnog puta, a i smatrao je da je Sunčev sistem okružen malim ledenim telima koja počnu da se tope kada se približe Suncu), gravitacione perturbacije od strane bliskih zvezda u prolazu, susreti sa džinovskim molekularnim oblacima u Galaksiji i galaktička plima su nastavili da utiču na orbitu kometa. Pošto se ove perturbacije dešavaju kada se kometa nalazi blizu afela (najudaljenije tačke od Sunca) njene izrazito ekscentrične orbite, tada se najefikasnije dešavaju promene ugaonog momenta njene orbite. Ugaoni momenat figuriše kao veoma važna veličina prilikom određivanja tačke perihela putanje komete, odnosno njene najbliže tačke Suncu, kao i nagiba njene orbite u odnosu na ekliptiku. Kao rezultat menjanja ugaonog momenta putanje komete, njen perihel težu da se udalji od planetarnih oblasti, a nagib orbite nastavlja da se povećava. Tako, na primer, kometa sa perihelom od 10 astronomskih jedinica (blizu orbite Saturna) i afelom na oko 50 000 astronomskih jedinica, što je tipično za komete iz Ortovog oblaka, kreće se brzinom od samo 2,7 metara u sekundi u afelu. Jedna zvezda veličine Sunca koja prođe na rastojanju od jednog parseka (3,26 svetlosnih godina ili 206 265 astronomskih jedinica) brzinom od 30 kilometara u sekundi, poremetiće brzinu kretanja komete za oko 0,29 metara u sekundi, što je dovoljno da poveća njen orbitalni nagib u odnosu na ekliptiku za oko  $6^\circ$ . Pošto svaka kometa doživi u proseku oko 40 000 ovakvih perturbacija tokom svog postojanja, razumljivo je zašto su nagibi putanja kometa u odnosu na ekliptiku raznovrsni, pa je tako i Ortov oblak ne diskolik, već loptast.

### **- Kada će Halejeva kometa opet proći pored Zemlje?**

Halejeva kometa je jedna od najpoznatijih lopti leda i prašine koja periodično prolazi pored Sunca krećući se pri tome po veoma izduženoj putanji u pravcu suprotnom od kretanja planeta. Iz elemenata njene putanje kada nam se ova kometa veoma približila 1682. godine, astronom Edmond Halej je predvideo njeno ponovno pojavljivanje 1758. godine (odnosno nakon 76 godina) i ispostavilo se da je bio u pravu. Tada su izračunata sva prethodna pojavljivanja ove komete i pronađeni su i pisani podaci o njoj iz 239. godine pre nove ere. Period obilaska Halejeve komete oko Sunca varira između 75 i 79 godina, što zavisi od gravitacionog dejstva planeta Sunčevog sistema na nju. Halejevu kometu, koja je velika oko 10 kilometara, poslednji put na našem nebu smo mogli da posmatramo 1985. i 1986. godine, a u budućnosti, ona će dostići tačku ahela (tačka najveće udaljenosti orbitirajućeg tela od tela oko koga ono orbitira, a u slučaju Halejeve komete to je Sunce) u svojoj eliptičnoj putanji oko Sunca tokom Božića 2023. (odnosno 2024.) godine i tada će se nalaziti na rastojanju od oko 35,3 astronomske jedinice (1 astronomska jedinica je jednaka srednjem rastojanju od Zemlje do Sunca, odnosno oko 150 miliona kilometara), kada će početi ponovo da se približava ka nama. 30 godina kasnije, u februaru 2061. godine, ona će dostići tačku perihela, odnosno minimalnog rastojanja u odnosu na Sunce, što je u njenom slučaju jednako 0,587 astronomskih jedinica. Ona će tada proći negde na pola puta između orbita Merkura i Venere, ali će tada naše poglede ka njoj zaklanjati Sunce, s obzirom da će naša planeta tada biti na

suprotnoj strani svoje orbite oko Sunca. Ipak, zaobišavši oko Sunca, novembra 2061. godine, Halejeva kometa će prići Zemlji na rastojanje od samo 0,61 astronomske jedinice i nalaziće sa praktično iznad glava ponoćnim posmatračima nešto severno od ekvatora. Pošto zaokrene svojom putanjom oko Sunca, kometa će sredinom aprila 2062. godine opet proći pored Zemlje pri čemu će nam prići na samo 0,426 astronomskih jedinica. Tada će najčistiji pogled ka njoj imati stanovnici južne hemisfere i to rano ujutru. Što se tiče sjaja ove komete, to je kao i u slučaju svih drugih kometa njena nepredvidljiva osobina, pa nam nije poznato da li će ona svojom svetlošću prevazići njen sjaj koji smo gledali sa Zemlje 1985. i 1986. godine. Inače, svake godine, naša planeta po dva puta prođe kroz putanju Halejeve komete. Tada se sa Zemlje mogu posmatrati velike meteorske kiše: *Orionid* meteorska kiša u oktobru i *Eta Aquarids* u maju.

### **- Da li Mesec putuje sa istoka na zapad ili obrnuto?**

Posmatrajući Mesec na noćnom ili predvečernjem nebu, sigurno smo primetili da se ovaj naš jedini prirodni satelit kreće iznad nas od istoka ka zapadu. Međutim, ovakav pravac kretanja Meseca bismo mogli da usvojimo samo kada se Zemlja ne bi okretala oko sebe. Naime, Zemlja se okreće od zapada ka istoku mnogo većom brzinom nego što se Mesec kreće preko zvezda. Naime, brzina rotiranja Zemlje oko svoje ose na ekvatoru iznosi oko 463 m/s, a s obzirom da je obim Zemlje oko ekvatora jednak oko 40 miliona metara, to znači da naša planeta izvrši jednu punu rotaciju oko sebe za 24 sata, odnosno 86400 sekundi. Međutim, Mesecu je potrebno 27,3 dana da bi obišao Zemlju, pa stoga znajući da se Mesec nalazi na rastojanju od 384403 kilometara od Zemlje, možemo izračunati da njegova brzina kretanja u odnosu na nas iznosi samo oko 163 m/s, što je isuviše sporo u odnosu na brzinu rotacije Zemlje. Pošto je obim Mesečeve putanje udaljen od centra Zemlje oko 64 puta više od nas na površini Zemlje, Mesec bi zapravo morao da se okreće brzinom od 4,5 km/s (što je oko 27 puta veće od njegove sadašnje brzine) ako bi hteo da stalno stoji iznad iste tačke na Zemlji, a njegova brzina bi morala da prekorači brzinu od 4,5 km/s ako bismo hteli noću da ga gledamo kako se kreće ka istoku kao što je stvarno i slučaj. Upravo zato, kada noću posmatramo kretanje Meseca od istoka ka zapadu, moramo znati da je ovakvo kretanje zapravo izazvano kretanjem Zemlje u pravcu istoka. Iz istog razloga se i sve druge planete i zvezde koje vidimo na nebu kreću od istoka ka zapadu iako zapravo orbitiraju oko Sunca od zapada ka istoku. Stoga se i Mesec samo prividno na nebu kreće od istoka ka zapadu, ali se zapravo kreće u obrnutom smeru, odnosno od zapada ka istoku. Ovo možemo potvrditi i ako svako veče u isto vreme zabeležimo položaj Meseca na nebu. Videćemo da se iz večeri u veče, njegov položaj pomera ka istoku. Ovo i nije tako neobično ako znamo da zahvaljujući zakonu o održanju ugaonog momenta, sva nebeska tela u jednom nebeskom sistemu kao što su zvezdani sistemi ili Galaksije najčešće rotiraju u istom smeru.

### **- Zašto je Mesec svetliji od oblaka?**

Albedo (odnos intenziteta reflektovane svetlosti i svetlosti koja dotakne telo) koeficijent tamnijih oblasti na Mesecu iznosi oko 0,07, dok je albedo svetlijih oblasti kao što su planine, svetli krateri i druge uzvišice, nešto veći i kreće se između 0,1 i 0,15. Ukoliko ste nekada pomoću dvogleda posmatrali Mesec na pozadini od svetlo plavog neba, odnosno dok je još dan, sigurno ste primetili da ove tamnije oblasti njegove površine imaju praktično istu boju kao i nebo iza njega. S druge strane, da bi reflektovali najveći deo svetlosti koja pada na njih, oblaci moraju da budu prilično debeli. Ipak, tada oni najčešće pokrivaju celo nebo i ne možemo da vidimo njihove svetle vrhove. Takođe, i pored toga što albedo dovoljno debelih oblaka iznosi između 0,6 i 0,8 (što znači da oni tada reflektuju između 60 i 80 % svetlosti

koja padne na njih, a i što je očigledno svaki put kada Sunce zađe iza oblaka), kada su tanki i rasuti po nebu, oni najčešće nisu svetliji od Meseca. Ipak, kada su na nebu prisutni veliki beli kumulusi (to su oni blještavo beli penasti oblaci), tada lako možemo primetiti da su oni stvarno desetak puta svetliji od dnevnog Meseca, kao što bismo i očekivali od odnosa njihovih albedo koeficijenata. Razlog što je noću Mesec svetliji od oblaka je naravno, u tome što je Mesec tada osvetljen Sunčevom svetlošću dok jedina svetlost koja pada na oblake potiče od reflektovane svetlosti sa Meseca, kao i sijalica i svetiljki sa Zemlje. Ukupan intenzitet svetlosti koja sa Meseca i sa Zemlje noću dolazi do oblaka, znatno je manji od intenziteta Sunčeve svetlosti, pa je stoga i Mesec noću svetliji od oblaka.

### **- Zašto uvek vidimo samo jednu stranu Meseca?**

Period rotacije Meseca oko svoje ose jednak je periodu rotacije Meseca oko Zemlje, pa usled toga, sa Zemlje možemo videti samo jednu stranu meseca, dok drugu, tzv. tamnu stranu Meseca možemo videti samo iz Kosmosa. Ova dva perioda rotacije su nekada bili nejednaki, ali je vremenom došlo do usporavanja rotacije Meseca oko svoje ose. Kao što gravitaciono privlačenje između Meseca i Zemlje uzrokuje plime i oseke na Zemlje isto tako postoje i plime na Mesecu, koje se ogledaju u savijanju Mesečeve površine. Smatra se da je dugotrajnim dejstvom Zemljine gravitacije na Mesec, vremenom došlo i do usporavanja rotacije Meseca, sve dok on na kraju nije postao stalno okrenut ka Zemlji svojom težom hemisferom. Naime, Mesec, jedini Zemljin prirodni satelit uopšte nije pravilnog loptastog oblika, kao što to izgleda sa Zemlje. On poseduje oblasti veće i manje gustine, kao i veliko ispupčenje na svojoj tamnoj strani. Moguće je da su baš ove nepravilnosti u rasporedu njegove mase uslovile to da je stalno okrenut ka Zemlji svojom jednom, najverovatnije gušćom stranom.

### **- Kako nastaju Mesečeve mene?**

Zemlja rotira oko svoje ose u smeru od zapada ka istoku, a u istom ovom smeru se kreće i Mesec oko Zemlje. Da bi napravio jedan pun krug oko Zemlje, Mesecu je potrebno 29 i po dana, što čini jedan Mesečev mesec. Tokom svog perioda kruženja oko Zemlje, Mesec je uvek istom svojom stranom okrenut ka nama i prolazi kroz ciklus Mesečevih mena. Naime, kada se Mesec nalazi tačno između Zemlje i Sunca, mi ga ne vidimo jer je u potpunosti osvetljena samo njegova tzv. tamna strana. Krećući se polako ka istoku, jedan mali, srpasti deo Meseca polako počinje da reflektuje Sunčevu svetlost ka nama i mi vidimo osvetljeni delić njegove desne strane. Kada se Mesec nađe na podjednakom rastojanju do Sunca, kao i Zemlja, odnosno u ravni sa njom, tada je čitava desna polovina Meseca osvetljena, da bi cela nama okrenuta strana Meseca postala osvetljena kada Mesec dođe u položaj iza Zemlje. Tada Mesec vidimo kao potpuno okruglo i svetlo nebesko telo na noćnom nebu. Međutim, Mesec nastavlja da se kreće ka istoku da bi kada se ponovo nađe u ravni (tj. u istoj liniji) sa Zemljom (ali sa druge strane) postao poluosvetljen i zatim ponovo nevidljiv kada se opet nađe između Zemlje i Sunca.

### **- Da li bi sa Meseca mogla da se vidi veštačka svetlost sa Zemlje?**

Ako biste stajali na Mesecu, a vaš drug sa Zemlje uperio ka vama svetlosni zrak iz baterijske lampe, sigurno ga ne biste videli. Baterijska lampa stvara svetlost koji se širi kroz prostor u obliku kupe, a kada svetlosni snop stigne do vas, on bi bio toliko razređen da bi jedva nekoliko fotona stiglo do vaših očiju, koje vi verovatno ne biste uspeli da detektujete. Međutim, ako biste sa Zemlje koristili laser onda biste znatno smanjili divergentnu kupu

svetlosnog snopa, pa bi laserska svetlost na Meseu stvorila krug svetlosti prečnika oko jednog kilometra. Ovakvu svetlost biste sigurno mogli da vidite na Meseu. Sledeća varijanta bi bila da se poveća veličina vašeg oka uz pomoć teleskopa. Teleskop skuplja svetlost iz velike oblasti prostora uz pomoć sočiva ili ogledala i zbog toga ga ljudi koriste za posmatranje svetlosti sa dalekih zvezda. Iako su zvezde veoma svetlije u odnosu na jednu baterijsku lampu, one su takođe i veoma daleko. Najveći broj zvezda su nekoliko svetlosnih godina daleko od nas, a jedna svetlosna godina je jednaka rastojanju koje svetlost pređe za godinu dana, tj. oko 10 triliona (10 miliona miliona) kilometara. S obzirom da svetlost od zvezde do Zemlje treba da pređe toliki put, kada stigne na Zemlju, ta svetlost je veoma slaba. Najveći teleskop na Zemlji je Hablov svemirski teleskop, za koga kažu da može videti čak i upaljenu šibicu na planeti Plutonu.

### **- Da li se pomoću teleskopa mogu razaznavati predmeti na Meseu?**

Da bismo jasno raspoznawali veće obrise na Zemlji, morali bismo da raspoložemo sa uveličavajućim sredstvom rezolucije veće od jednog metra. Najbolji trenutno dostupni teleskop je *Hubble Space* teleskop koji poseduje rezolucionu snagu od 0,1 lučne skunde, pa bi njegova rezolucija za predmete na Zemlji (sa rastojanja na kome se sada nalazi) iznosila oko petnaestak santimetara, tj. oko pola stope. Mesec je oko 1000 puta udaljeniji od *Hubble Space* teleskopa nego Zemlja, što znači da bi ovaj teleskop posedovao rezoluciju od oko 150 metara za predmete na Meseu. Sa takovom rezolucijom, čitav fudbalski stadion bi zauzimao jedan do dva piksela (elementarna polja ekrana) na slici. Stoga, manje predmete od reda veličine fudbalskih terena, aviona, voćnjaka, olimpijskih vodenih bazena ili solitera ne bismo mogli da raspoznajemo ni pomoću trenutno najboljeg teleskopa na planeti.

### **- Zašto Mesec izgleda veći na horizontu nego kada je iznad nas?**

Često nam se čini da je Mesec kada se nalazi na horizontu veći, a samim tim i bliži nama nego kada je visoko na nebu. Ova pojava, poznata i pod nazivom Mesečeva iluzija predstavlja optičku varku, jer je Mesec na horizontu otprilike za rastojanje od jednog poluprečnika Zemlje dalji od nas nego kada je u zenitu, tj. tačno iznad nas. Ovaj efekat još uvek nije naučno objašnjen, iako postoje teorije koje traže uzrok ove pojave. Ukoliko fotografišete Mesec u oba položaja i zatim izmerite njegov obim, videćete da je Mesec za oko 2 % manji kada je na horizontu. Neki naučnici smatraju da je uzrok Mesečeve iluzije prelamanje svetlosti sa Mesece na česticama atmosfere. Međutim, merenja uz pomoć preciznih instrumenata su pokazala da prelamanja Mesečeve svetlosti u atmosferi čine da Mesečev disk izgleda još manji nego bez prelamanja, što je opet u suprotnosti sa onim što vidimo. Neki naučnici su rešenje ove pojave videli u Ponzoovoj iluziji, tj. efektu da kada nacrtate 2 jednake krive linije jednu iznad druge (koje se eventualno nalaze u navije usmerenom trouglu ili su okružene navije konvergentnim linijama), ona donja će vam izgledati kao veća i duža. Takođe, postoji i optička iluzija pri kojoj nam isti objekat izgleda manji kada je okružen sa većim, pre nego sa manjim sferama. Ibn Alhazan je pre 3000 godine dao objašnjenje koje mnogi naučnici priznaju, a to je da kada posmatramo Mesec blizu horizonta onda ga poredimo sa drugim zemaljskim objektima, npr. drvećem, kućama, putem, pa nam Mesec izgleda bliži nego što jeste, dok kada je u zenitu, tj. visoko na nebu onda ga poredimo sa veoma dalekim zvezdama pa nam se i Mesec čini malo daljim nego što stvarno jeste.

### **- Da li postoji Mesečeva duga?**

Kao što se Sunčeva svetlost može rasuti na kapima kiše i tako stvoriti dugu u vazduhu, isti efekat može postići i Mesečeva svetlost, koja kao što znamo predstavlja Sunčevu svetlost koju ka nama reflektuje ovaj, jedini prirodni satelit naše planete. Međutim, Mesečevu dugu smo veoma retko u prilici da vidimo, jer postoji nekoliko uslova koji se moraju ispuniti da bi ona postala vidljiva. Naime, osim što je neophodno da pada kiša u daljini, Mesec mora biti pun i mora se nalaziti relativno blizu horizonta, jer ukoliko se nalazi iznad  $42^\circ$ , duga će se nalaziti iza horizonta. Mesečeve duge se često vide oko sat vremena pre izlaska Sunce, jer je tada nebo još uvek tamno, a duga se nalazi na istoku, u pravcu izlazećeg Sunca. Ipak, za razliku od Sunčeve, dnevne duge, Mesečeva, noćna duga ne poseduje ni približno bogat spektar boja u sebi, već izgleda veoma sivo. Razlog toga je u tome što su naše oči u uslovima slabe osvetljenosti (kada malo fotona dolazi u naše oči) i slabi detektori boja, pa nam mnoge obojene stvari na mesečini izgledaju sive. Tako nam i sve zvezde na nebu izgledaju istobojne iako su svetlosti koje nam dolaze sa njih najrazličitijih boja od crvenih, narandžastih, preko žutih (kao naše Sunce) pa do plavih i belih. Međutim, i Mesec je veoma tamno nebesko telo, s obzirom da reflektuje samo 7 % od Sunčeve svetlosti koja padne na njega (sve ostalo se troši na zagrevanje osvetljene Mesečeve površine), a s obzirom da je Mesec skoro u potpunosti bran boje, spektar njegove reflektovane svetlosti je i prilično siromašan, a kao što znamo, duga predstavlja svetlost, razloženu po talasnim dužinama fotona koji je čine, pa će stoga i boje u njoj biti manje izražene nego kod duge koja potiče od prelamanja direktne Sunčeve svetlosti. Kada bi na Zemlji mogla da se vidi duga od Zemljinog odsjaja na Mesecu (to je ona slabo osvetljena strana Meseca dok je Mesec mlad, a koja potiče od svetlosti sa Zemlje), tada bi ova duga sigurno bila izuzetno lepa, jer je Zemlja prepuna raznovrsnih boja. A duga na Mesecu ne postoji, jer naravno, na Mesecu ne postoji voda na čijim bi se kapljicama svetlost prelamala i tako stvarala ovu živopisnu pojavu. Pod Mesečevom dugom se često podrazumeva pojava oreola oko Meseca ispod koga prolaze cirusi (tanki, paperjasti oblaci sačinjeni od kristalića leda), tako da se svetlost sa Meseca refraktuje na kristalima leda dajući tako krug od oko  $22^\circ$  oko Meseca sa crvenom bojom u unutrašnjosti kruga, a sa plavom na njegovoj spoljašnjosti (za razliku od Sunčeve duge koja poseduje crvenu boju na spoljašnjem kraju, a plavu i ljubičastu u unutrašnjosti kruga). Ovaj oreol se može pojaviti i oko Sunca, ali zbog njegovog velikog sjaja nismo u stanju da ga vidimo. Svetle tačke na delovima Mesečevog oreola koji odgovaraju položajima kazaljke časovnika u 3, 9 i 12 sati nazivaju se Mesečevim psima i potiču od pretežno vertikalno orijentisanih kristala leda u atmosferi (koji stvaraju horizontalno skretanje svetlosti, pa i svetle tačke na položajima za 3 i 9), kao i kristala leda koji su orijentisani horizontalno, tako da u vertikalnom smeru skreću Mesečevu svetlost, stvarajući tako svetlu tačku na položaju koji odgovara položaju kazaljke na satu u tačno 12 sati.

### **- Da li Mesečeva gravitacija utiče na našu težinu?**

Pošto gravitaciona sila kojom nas privlače nebeska tela opada srazmerno kvadratu rastojanja od nas do centra mase datog nebeskog tela, tako će sa udaljavanjem od centra mase Zemlje, naša težina postajati sve manja. Međutim, pošto se Zemljin centar mase već nalazi na oko 6500 km ispod nas, penjanje na neku od zemaljskih planina neće smanjiti našu težinu u primetnoj meri. U slučaju da želimo da postanemo lakši jednostavnim penjanjem u visinu, morali bismo da se popenjemo mnogo kilometara u visinu da bismo primetili smanjenje gravitacione sile koja deluje na nas na Zemlji. Međutim, pošto je Mesec manji i lakši od Zemlje, nije potrebno udaljavati se mnogo od njega da bismo osetili promene u težini. Naime, dovoljno je da se udaljimo od Meseca za nekoliko kilometara i bićemo primetno lakši u odnosu na našu težinu dok stojimo na njegovoj površini. Kada se Mesec nalazi tačno iznad naših glava, onda je on otprilike za oko 378 000 km udaljen od nas. Kada se Mesec nalazi s

druge strane Zemljine kugle, odnosno oko 12 sati nakon što je zauzima mesto iznad naših glava, tada će Mesec biti na rastojanju od oko 391 000 km od nas, odnosno biće za 13 000 kilometara dalji nego pre pola dana. Interesantno je da ovaj porast rastojanja do Meseca od 13 000 kilometara, znači da je naša Mesečeva težina za 7 % manja kada se Mesec nalazi sa suprotne strane Zemlje nego kada nam se nalazi iznad glava. Međutim, pošto je Mesečeva masa mala i pošto se srazmerno njoj, on nalazi na velikom rastojanju od nas, ovaj efekat u varijaciji naše težine pod njegovom dejstvom koji iznosi svega nekoliko hiljaditih delova Njutna, teško je primetiti na jednoj običnoj kućnoj vagi. Ipak, Mesečeva gravitacije je dovoljno velika da bi privlačila Zemlju tako da se njih dvoje zajedno okreću oko Sunca.

### **- Koliko je vremena potrebno svetlosti sa Meseca da stigne na Zemlju?**

Svetlost putuje kroz Kosmos brzinom od oko 300 000 km/s. Mesec se nalazi na rastojanju od 384 403 km od Zemlje, pa lako možemo izračunati da je svetlosti potrebno oko 1,3 sekunde da stigne sa Meseca do naših očiju. Između ostalih stvari, astronauti koji su se šetali Mesecom, na njemu su ostavili i nekoliko reflektujućih ogledala. Usmeravanjem laserskog snopa sa Zemlje ka tim ogledalima i merenjem vremena koje prođe od ispaljivanja laserskog snopa do prijema njegove refleksije moguće je odrediti rastojanje od nas do Meseca sa greškom manjom od jednog milimetra (danas je poznato rastojanje od nas do Meseca do tačnosti od debljine jednog papirnog lista). Ako ste nekada posmatrali video snimke sletanja na Mesec, možda ste primetili da je radio odgovor astronauta sa Meseca ponekad uključivao zakasneli eho pitanja, što je bila posledica toga da i radio talasi kao jedna posebna vrsta svetlosti putuju skoro 3 sekunde do Meseca i nazad. Inače, Mesečeva svetlost predstavlja ustvari svetlost sa Sunca koju površina ovog našeg, jedinog prirodnog satelita reflektuje ka nama. Mesečeva svetlost nastaje na Suncu odakle joj je potrebno oko 8 minuta da stigne do sistema Zemlja-Mesec, a samo oko 1,3 sekunde da pređe put od Meseca do naših očiju.

### **- Da li Mesec ima atmosferu?**

Naš Mesec poseduje veoma razređenu, tzv. kratkotrajnu atmosferu. Iznad površine Meseca postoje gasovi, ali u tako malim koncentracijama, da se praktično i ne mogu nazvati trajnom atmosferom. Elektromagnetni talasi sa Sunca predaju energiju česticama Mesečevih gasova, što povećava njihovu kinetičku energiju, a samim tim i brzinu, koja veoma lako dostiže Mesečevu kosmičku brzinu koja predstavlja brzinu kojom je potrebno da se kreće neko telo da bi napustilo gravitaciono polje objekta ispod sebe i otisnulo se u Kosmos, a ova brzina sa Mesečeve površine iznosi 2,38 km/s, što je oko 5 puta manje od iste brzine na Zemlji, a što je posledica 6 puta slabije sile gravitacije na Mesecu nego na Zemlji. Čak i Zemlja iz istih razloga stalno otpušta atmosferske gasove u Kosmos, ali ih i obnavlja kroz razne biološke procese. Nedostatak atmosfere na Mesecu je i razlog zašto nebo na Mesecu uvek izgleda tamno, jer nebo u boji zahteva prelamanje Sunčeve svetlosti na česticama atmosfere. Pošto Mesec nema ni atmosferu ni vodu, njegove stene se skoro uopšte hemijski ne menjaju, pa stoga, sa površine Meseca lako možete skupljati kamenčiće stare i po 4 milijarde godina.

### **- Koja je Mesečeva sudbina u budućnosti?**

Mesec se trenutno udaljava od Zemlje brzinom od oko 4 santimetra godišnje. Ovo udaljavanje Meseca se dešava usled prenosa Zemljinog ugaonog impulsa (tzv. momenta) na Mesečev ugaoni impuls kao posledice plimskog trenja. Postepeno udaljavanje Meseca će se u budućnosti manifestovati kao produženi Mesečev period rotacije oko Zemlje, poznat i kao

Mesečev mesec. Zamislimo da se vozimo na biciklu koji je sa jednim lasom povezan sa Zemljom, a koji kruži oko Zemlje u istom smeru u kome se ona okreće oko sebe. U ovoj analogiji, mi na biciklu bi predstavljali Mesec, Zemlja bi ostala Zemlja, a laso bi bila gravitacija. Kao i u slučaju Meseca, nešto ugaonog impulsa Zemlje bi prelazilo na nas i naš bicikl bi postepeno ubrzavao svoje kretanje, a time se i polako udaljavao od Zemlje, isto kao što se dešava sa Mesecom. Ista ova pojava prenosa impulsa dovodi do malog usporavanja Zemlje, što rezultuje u dužem danu, a i u dužem mesecu (periodu obilaska Meseca oko Zemlje). Kada dužina dana na Zemlji postane jednaka dužini jednog meseca, brzina rotacije Zemlje oko svoje ose će se izjednačiti sa brzinom rotacije Meseca oko Zemlje i doći će do prestanka daljeg prenosa ugaonog impulsa. Do ovog izjednačavanja će doći tek kroz nekoliko milijardi godina (ukoliko naša sadašnja planeta tada bude još uvek postojala) i tada će dan na Zemlji, kao i mesec trajati oko 47 sadašnjih dana, a Mesec će biti 1,35 puta dalji od Zemlje nego danas, tj. na oko 1,7 svetlosnih sekundi rastojanja od Zemlje.

### **- Kako gledajući u Mesec možemo da saznamo sastav Zemlje?**

Astronomi su nedavno, posmatrajući odsjaj Zemlje na Mesečevoj površini, uspeli da izmere spektar Zemljinih elektromagnetnih talasa, za šta se smatra da će u budućnosti biti korisna informacija prilikom potrage za drugim nama sličnim planetama u Mlečnom putu. Pojava starog Meseca u zagrljaju mladog Meseca je odavno poznata. Naime, tokom nekoliko dana pre ili posle mladog Meseca, sa Zemlje je vidljiva, blago osvetljena jedna polovina Meseca, dok je druga njegova polovina još manje osvetljena, a upravo ova slabije osvetljena polovina Meseca potiče od sjaja Zemlje. Naime, dnevna strana Zemlje osvetljava zoru ili sumrak na Mesecu. Leonardo da Vinči je prvi objasnio ovu pojavu u kojoj se Mesec ponaša kao džinovsko ogledalo koje nam pokazuje Sunčevu svetlost koju je ka njemu reflektovala naša planeta. Posmatranjem odsjaja Zemljine svetlosti sa Mesečeve površine moguće je odrediti spektar Zemlje, onakav kakav bi bio viđen sa neke druge veoma udaljene planete. Kada ne bi postojao ovaj prirodni odsjaj svetlosti sa Zemlje, bila bi nam potrebna specijalna letelica koja bi snimala spektar naše planete, a iako su današnje letelice dobre za snimanje fotografija Zemlje, jer mogu odlično razlikovati detalje na površini naše planete, one nisu naročito pogodne za pravljenje opštih slika koje važe za čitavu Zemlju u celini. Tako je *Galileo* letelica, koju si izradili Karl Sagan i njegovi saradnici, merila 1993. godine Zemljin spektar ali samo na jednom malom parčetu Okeana. Ipak, uz korekcije na lunarnu refleksiju, radijaciju i dodatni prolaz svetlosti kroz Zemljinu atmosferu putem upoređivanja spektra odsjaja Zemlje sa Meseca sa spektrom Meseca obasjanog Sunčevom svetlošću, izveden je spektar Zemlje, kakav bi bio viđen sa neke daleke planete. Osim što je izračunato da je Zemljin albedo jednak 0,297 (što znači da trećinu svetlosti koja padne na Zemlju, reflektujemo), na osnovu ovog spektra je primećeno i kako se reflektivnost Zemlje menja sa talasnom dužinom elektromagnetnih talasa. Takođe, postoji velika razlika u refleksiji svetlih oblaka i tamnijih okeana. Na osnovu plavoće neba, moguće je odrediti i količinu atmosfere na našoj planeti. Postoji, takođe i veliki porast intenziteta u infracrvenom delu spektra iznad velikih šuma, gde je vegetacija veoma reflektivna. Morska vegetacija nije u stanju da stvara infracrveni potpis u spektru, jer morska voda veoma dobro apsorbuje svetlost u crvenom delu spektra. Vanzemaljska posmatranja Zemlje bi vanzemalcima stavila do znanja da se pre oko 400-500 miliona godina pojavila vegetacija na Zemlji. Spektralne linije kiseonika i ozona bi ukazivale na odvijanje procesa fotosinteze, što je odlika samo živog sveta. Naravno, jedna od najvećih poteškoća u vanzemaljskom posmatranju Zemlje je ta što smo mi veoma blizu Suncu, pa bi naš blagi sjaj bio teško raspoznatljiv od velikog sjaja zvezde koja je izvor života na našoj planeti.

## **- Šta je to projekat LSP?**

U poslednje vreme se u svetu nauke sve više razmišlja o korišćenju Meseca za stvaranje električne energije na Zemlji. Naime, Dejvid Krisvel, fizičar iz Hjustona, smislio je ideju o postavljanju solarnih ćelija na Mesečevu površinu koje bi pretvarale energiju Sunčeve svetlosti u električnu energiju i zatim ih pomoću snažnih mikrotalasnih antena slali do predajnika na Zemlji koji bi energiju prosleđivali do potrošača, a otelotovorenje ove ideje predstavlja projekat pod imenom LSP (*Lunar Solar Power* – Mesečeva solarna snaga), koji je verovatno prvi put spomenut 1984. godine na simpozijumu NASA-e o Mesečevim bazama i svemirskim aktivnostima u 21. veku. Ljudska civilizacija sa oko 10 milijardi ljudskih bića koji će živeti na njoj oko 2050. godine, zahtevaće oko 20 TeraVati snage koja potiče iz električne energije. Mesec prima oko 13 000 TeraVati snage sa Sunca, a smatra se da bi hvatanje samo 1 % od ove solarne energije i njeno slanje ka Zemlji, moglo u budućnosti u potpunosti da zameni rad zemaljskih elektrana koje stvaraju električnu energiju na račun sagorevanja fosilnih goriva. Čitav sistem koji bi ka Zemlji slao energiju u obliku mikrotalasa, mogao bi na Mesecu da se izgradi pomoću materijala koji postoje na Mesecu, čime bi se znatno smanjili troškovi povezani sa transportom materijala sa Zemlje na naš jedini, prirodni satelit. LSP sistem se sastoji od 20 - 40 Mesečevih postrojenja koji bi bili locirani na istočnoj i zapadnoj ivici strane Meseca koja je vidljiva sa Zemlje. Svako od ovih postrojenja bi posedovalo nizove solarnih ćelija koje bi prihvatale Sunčevu svetlost i prevodile je u električnu energiju koja bi se putem podzemnih kablova slala do mikrotalasnih generatora koji bi pretvarali ovu električnu energiju u mikrotalase. Generator (odnosno, antena) bi zatim slao mikrotalase do velikih ekrana koji bi reflektovali ove elektromagnetne talase ka Zemlji, gde bi se oni primali putem niza antena strateški postavljenih duž cele Zemljine sfere kako bi se energija ravnomerno raspodeljivala potrošačima. Antene na Zemlji prevode primljene mikrotalase u električnu struju koju zatim šalju ka lokalnoj električnoj mreži.

## **- Kako se određuje sastav planeta i zvezda?**

Spektroskopija je naučna oblast koja nam daje odgovor na pitanja o materijalnom sastavu nebeskih tela. Posmatranjem svetlosti koja dolazi sa zvezda ili svetlosti koju reflektuju planete, mi smo u stanju da tačno odredimo sastav nebeskih objekata. Spektroskopska ispitivanja se sastoje u razlaganju primljene zvezdane svetlosti po svim njenim talasnim dužinama, što se najčešće vrši propuštanjem svetlosti kroz prizmu (ili difrakcionu rešetku), tako da svetlost različitih talasnih dužina biva predstavljena u obliku različitih linija na fotografskom filmu. Ovaj skup snimljenih linija se naziva spektrom. Svaki hemijski element u prirodi emituje svetlost koju čine fotoni njemu karakterističnih talasnih dužina, što je posledica činjenice da su rastojanja između energetske nivoa elektrona karakteristična za svaki hemijski element (a foton karakteristične talasne dužine nastaje prelaskom elektrona sa višeg na niže energetske stanje u atomu), pa smo tako na osnovu položaja emisionih linija u spektru u mogućnosti da odredimo koji su hemijski elementi prisutni na nebeskom objektu. Zatim, na osnovu intenziteta karakteristične linije određenog elementa možemo odrediti i u kojoj je meri dati element zastupljen u sastavu planete ili zvezde.

## **- Šta je to interferometar?**

Optički interferometar je uređaj u kome se dva ili više svetlosnih talasa kombinuju stvarajući interferenciju. Ako dva teleskopa posmatraju istu zvezdu, a primljena svetlost sa oba teleskopa se pomeša, dolazi do pojave interferencije ova dva svetlosna talasa, a sjaj



zvezde će zavisiti od odnosa vremena dolaska oba talasa (ukoliko se njihovi bregovi preklape, sjaj zvezde će se pojačati, a ukoliko se breg jednog talasa poklopi sa doljom drugog, njen sjaj će nestati). Drugim rečima, zvezda nestaje i ponovo se pojavljuje svaki put kada je razlika u vremenu dolaska talasa na ova dva teleskopa jednaka celobrojnom umnošku talasnih dužina talasa, a ova pojava podseća na kretanje zvezde iza nekakve prugaste ograde. Što je veći razmak između teleskopa, manji je raspon između zaklanjajućih "pruga", pa tako i merenja postaju preciznija. Dva teleskopa na međusobnom rastojanju od samo nekoliko metara stvaraju tamne prečnike razmera džinovske zvezde Betelgez. U ovom slučaju, zvezda postaje veća od dužine tamne pruge i više ne može da se krije iza nje, a mi stalno vidimo njen sjaj. Upravo su se ovom metodom koristili Albert Majkelson (*Albert A. Michelson*) i Francis Piz (*Francis Pease*) kada su 1920. godine izmerili prečnik zvezde Betelgez, koja i pored toga što je zvezda sa najvećim razmerama na nebeskoj sferi, ne sija tako jako, jer je vrlo stara zvezda u obliku crvenog džina. Većina drugih zvezda zahteva znatno veći razmak između teleskopa radi merenja njihovih razmera, što znači da se oni ne mogu kao u slučaju Betelgeza montirati baš jedan pored drugog, a još jedna teškoća u vezi sa ovakvim merenjima potiče od nehomogenosti vazduha, što uzrokuje neravnomeran indeks prelamanja, što dovodi do stalnih nepredvidljivih promena u vremenu dolaska svetlosti do teleskopa, a kao rezultat toga, zvezda se nasumično pomera iza tamnih pruga, što znatno otežava merenja. Stoga se danas za interferometrijska merenja najčešće koriste radio teleskopi koji detektuju talase talasnih dužina reda veličine milimetra ili santimetra, a sama interferometrija se može koristiti i za precizna merenja rastojanja između zvezda i njihovog kretanja, kao i za izračunavanja orbite dvojnih zvezda. Korišćenjem dovoljnog broja različito razmaknutih teleskopa usmerenih u raznim pravcima na nebu, moguće je rekonstruisati slike zvezda sa veoma visokom ugaonom rezolucijom, koja će u skoroj budućnosti dostići veličinu od jednog mililučnog sekunda po mikronu (rezolucija od 1 lučnog sekunda odgovara sposobnosti da se sa Zemlje prepozna osoba koja stoji na Mesecu). Osim velike primene interferometara u radio i optičkoj astronomiji, oni se koriste i u spektroskopiji, u ispitivanju tankih filmova, isprobavanju optičkih uređaja i pri merenju indeksa prelamanja.

## **- Kakve sve vrste teleskopa postoje?**

Postoje teleskopi različitih veličina i uveličavajućih sposobnosti, od onih dečjih koje možemo kupiti u ponekoj knjižari, pa sve do Hablovog svemirskog teleskopa teškog nekoliko tona. Amaterski teleskopi se nalaze negde između ova dva tipa, a pomoću jednog ovakvog teleskopa sa sočivom širine 15 cm možemo čitati šta piše na novčiću udaljenom 55 metara ili posmatrati nebeska tela koja se nalaze i po pola milijarde svetlosnih godina daleko od nas. Najveći broj teleskopa današnjice su ili refraktorni (koriste staklena sočiva) ili reflektorni (umesto sočiva, poseduju ogledala). Što je veći prečnik sočiva ili ogledala (tzv. otvora teleskopa kroz koji ulazi svetlost), to će više svetlosti moći da ulazi u unutrašnjost teleskopa, pa će time moći da se postigne i veće uvećanje, a cena teleskopa upravo zavisi od veličine ovog otvora, pri čemu su reflektorski teleskopi u tom pogledu nešto jeftiniji od refraktora. Refraktori se sastoje od duge metalne, plastične ili drvene cevi na čijem se jednom kraju nalazi stakleno sočivo objektiva koji prihvata upadnu svetlost i refraktuje je (prelama) i fokusira ka određenoj tački (žiži) u cevi teleskopa, dok se sa druge, posmatraču bliže strane, nalazi sočivo okulara (čija je žižna daljina znatno manja od žižne daljine objektiva) koje prihvata ovu svetlost, uvećava je i šalje u naše oči. Ahromatski refraktori poseduju sočiva koja nisu korigovana radi sprečavanja pojave hromatske aberacije, odnosno oreola duginih boja koji se ponekad pojavljuje oko predmeta posmatranih kroz teleskop. S druge strane, apohromatski refraktori poseduju ili višestruka sočiva ili sočiva izrađena od nestaklenih materijala (npr. od fluorita) radi sprečavanja pojave hromatske aberacije. Refraktori poseduju

odličnu rezoluciju, dovoljno veliku da se mogu prepoznavati detalji na planetama ili dvojn timer zvezdama. Međutim, prilično je teško napraviti velike objektiv e (veće od 10 cm u prečniku) za refraktore, pa pošto je veličina njihovog otvora ograničena, oni nisu baš podesni za posmatranje drugih galaksija i maglina. Isak Njutn je 1680. godine napravio prvi reflektor kako bi izbegao problem hromatske aberacije. Umesto sočiva, on je upotrebio metalno (primarno) ogledalo za prikupljanje svetlosti i njeno reflektovanje u žižu. Kako se glava posmatrača ne bi nalazila na putu upadne svetlosti, Njutn je između primarnog ogledala i njegove žiže ubacio i znatno manje, sekundarno ogledalo koje je skretalo put svetlosti i usmeravalo je ka okularu koje je uveličavalo lik predmeta. *Wide-field* reflektori predstavljaju tipove reflektora sa kratkim žižnim odnosom (odnos žižne daljine i prečnika otvora teleskopa, što definiše jasnoću lika), što im pruža mogućnost jasnog i panoramičnog posmatranja kometa i tzv. *deep-field* objekata kao što su galaksije, magline i zvezdana jata. Postoje i katadioptrijski teleskopi koji predstavljaju mešavinu refraktora i reflektora. Prvi teleskop ovakvog tipa je napravio Bernard Šmit 1930. godine i ovakav teleskop osim primarnog ogledala, poseduje i stakleni korektor radi sprečavanja sferne aberacije (pojave da se svetlost sa krajeva ogledala fokusira na malom rastojanju od tačke u kojoj se fokusira svetlost koja se reflektuje sa centra ogledala), a umesto sekundarnog ogledala ili okulara, poseduje fotografski film postavljen u žiži primarnog ogledala. Najveći broj današnjih teleskopa, uključujući i Hablov svemirski teleskop, predstavlja Šmit-Kasegrejnov (*Schmidt-Cassegrain*) tip koji je napravljen 1960. godine, a kod njega, sekundarno ogledalo odbija svetlost do okulara kroz rupu na primarnom ogledalu.

## - Po čemu je poseban Hablov svemirski teleskop?

Čak ni u najvedrijim noćima, sa najviših planina i sa najvećim zemaljskim teleskopima ne možemo jasno sagledati Kosmos, jer nam to ne dozvoljava Zemljina atmosfera. Ona delimično apsorbuje, prelama i rasipa zvezdanu svetlost, smanjujući na taj način oštrinu astronomskih snimaka. Hablov svemirski teleskop (HST – *Hubble Space Telescope*) na svojoj orbiti 612 km visoko nad Zemljinom površinom, prvi je i trenutno jedini teleskop postavljen izvan ometajućeg uticaja atmosfere. Njegovo ime potiče od američkog astronoma Edvina Habla koji je na osnovu cefeida (zvezda sa promenljivim sjajem) iz udaljenih galaksija primetio da se sve Galaksije udaljavaju od našeg Mlečnog puta i da se njihova razdaljina povećava srazmerno brzinama kojima se kreću. Ta brzina širenja, odnosno brzina Galaksija podeljena sa njihovom udaljenošću poznata je kao Hablova konstanta kojoj se trenutno pripisuje približna vrednost od oko 80 kilometara u sekundi po Megaparseku. HST je nakon 8 godina pravljenja, lansiran u orbitu 1990. godine sa 5 instrumenata (*Wide Field Planetary Camera 2 – WFPC2, Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer - NICMOS, Space Telescope Imaging Spectrograph - STIS, Faint Object Camera - FOC, Fine Guidance Sensors - FGS*), više od 400 000 delova i sa oko 50 000 kilometara električnih žica. HST čiji je skelet napravljen od grafitne epoksi smole i aluminijuma, predstavlja svemirsku teleskopsku letelicu dugačku 13,2 metara, široku 4,2 metra, tešku 12 tona, koja orbitira oko Zemlje brzinom od 28000 km/h, što znači da napravi pun krug oko Zemlje za 97 minuta. Svetlost ulazi u teleskop, gde se odbija od primarnog ka sekundarnom ogledalu (oba ogledala su napravljena od stakla obloženog ultra tankim slojevima aluminijuma i magnezijum fluorida), koje reflektuje svetlost ka žiži teleskopa u kojoj se nalaze polupropustljiva ogledala koja raspoređuju svetlost do mernih instrumenata, koji umesto fotografskih filmova koriste CCD-eve (*Charged Coupled Device*) koji detektovane svetlosne signale u digitalnom obliku šalju do kompjutera. Pomoću WFPC2 se mogu posmatrati vidljiva i UV svetlost, pomoću NICMOS-a se može gledati infracrvena svetlost (tj. toplotno zračenje) sa tela zaklonjenih međuzvezdanom prašinom i gasom. STIS služi za razlaganje svetlosti na sastavne talasne

dužine (tj. za dobijanje spektra zvezda), na osnovu čega se može saznati temperatura tela, a na osnovu Doplerovog pomaka svetlosti koja čini spektar možemo odrediti i kretanje izvora (ako je spektar pomeren ka plavom kraju spektra, telo se kreće ka nama, a ako je pomeren ka crvenom kraju spektra, telo se udaljava od nas) u odnosu na teleskop, dok praćenjem izgleda spektra tokom vremena možemo odrediti i eventualne promene u brzini kretanja sjajnog tela u odnosu na nas. FOC predstavlja visoko rezolucionu kameru pomoću koje se može posmatrati i površina zvezda koje se nalaze na rastojanjima manjim od nekoliko stotina svetlosnih godina od nas. HST se napaja sa 2400 Vati električne struje pomoću dve solarne ploče dužina od po 12,2 metara. Kada je HST uz Zemljinu senci, on nastavlja da se napaja preko niki-vodoničnih baterija koje se pune kada se Sunce ponovo pojavi. Prikupljeni digitalni podaci se sa kompjutera šalju na specijalni sistem satelita koji usmerava podatke na stanicu na Zemlji, gde se podaci dalje obrađuju. Kako bi teleskop ostao usmeren ka svom cilju uprkos brzog kretanja, on se koristi žiroskopima koji poput kompasa osećaju kretanje teleskopa, šalju odgovarajući signal kompjuteru koji proračunava kretanje i signalizira reakcionim točkovima (zamajcima) u kom pravcu i u kolikoj meri da se obrću i da tako pomere teleskop. FGS je osetljiv na najfinije pomeraje teleskopa i kada postavi zvezdu u svoje vidno polje, veoma precizno signalizira kompjuteru i najmanje pomeraje u okviru svog vidnog polja. HST ne može proučavati Sunce (pa ni Veneru i Merkur), kao i neke posebno sjajne zvezde, jer ukoliko bi se direktno usmerio na njih, velika toplota bi istopila sve osetljive instrumente.

## **- Šta je to nebeska sfera?**

Nebeska sfera predstavlja zamišljenu loptu čiji je poluprečnik beskonačno velik, a u čijem centru se nalazi posmatrač na planeti Zemlji. Nebeska sfera predstavlja pozadinu na kojoj astronomi ucrtavaju položaje nebeskih tela onakvih kakve ih vidimo sa Zemlje. Slično geografima koji mesta na Zemlji označavaju pomoću koordinata kao što su geografska širina, geografska dužina i nadmorska visina na Zemljinom sferi, tako i astronomi označavaju položaje zvezda i drugih nebeskih tela pomoću odgovarajućih koordinata na nebeskoj sferi. Pošto se položaji nebeskih tela ne nebu Zemlje menjaju iz trenutka u trenutak usled obrtanja Zemlje oko svoje ose, a i iz dana u dan usled obrtanja Zemlje oko Sunca, nebeska sfera se crta u posebno doba godine i to tačno u trenutku prolećne ravnodnevne, odnosno u trenutku kada Sunčeva svetlost krećući se ka severu pod pravim uglom padne na ekvator. Ona poseduje nekoliko karakterističnih elemenata i to su: severni nebeski pol (tačka na kojoj se severnjača – polarna zvezda ne pomera sa okretanjem Zemlje oko svoje ose), južni nebeski pol (tačka na kojoj prava koja spaja severni nebeski pol i položaj posmatrača na Zemlji preseca površinu nebeske sfere na njenoj južnoj polulopti), svetska osa (prava koja povezuje severni i južni nebeski pol i oko koje nebeska sfera rotira sa periodom rotacije od jednog zvezdanog dana, odnosno dana koji se meri ne u odnosu na Sunce, već u odnosu na zvezde, i koje je za oko 4 minuta kraći od srednjeg sunčanog dana), nebeski ekvator (krug nebeske sfere koji je podjednako udaljen od oba nebeska pola), ekliptika (kružna projekcija putanje Sunca oko Zemlje, koja se odigrava u suprotnom smeru od smera kazaljke na satu, posmatrano sa severa), deklinacijski krug (svaki krug na nebeskoj sferi čija ravan prolazi kroz svetsku osu), prva tačka Ovna (Ovan je prvi zodijski znak, a ova tačka odgovara tački preseka nebeskog ekvatora i ekliptike, kada se Sunce penje severno od ekvatora, što se dešava na dan početka proleća, odnosno prolećne ravnodnevne), prva tačka Vage (Vaga je sedmi zodijski znak, a ova tačka odgovara dijametralno suprotnoj tački od prve tačke Ovna), nagib ekliptike ( $23,5^\circ$  severno i južno u odnosu na nebeski ekvator), zenit (tačka projekcije centra nebeske sfere na njenu beskonačno udaljenu površinu, odnosno tačka u kojoj vertikalna probija vidljivu nebesku sferu iznad horizonta), nadir (dijametralno suprotna tačka od zenita), horizont (veliki krug čiji su polovi tačke zenita i nadira), kao i krajnja severna i južna tačka na horizontu. Ukoliko sada

ugledamo neku zvezdu ili planetu na nebeskoj sferi, njen položaj u odnosu na osnovne elemente nebeske sfere možemo da izrazimo preko: visine (ugla u vertikalnoj ravni od ravni horizonta do vizure na nebesko telo, koji može imati vrednosti između  $-90^{\circ}$  i  $90^{\circ}$ ), azimuta (ugao u horizontalnoj ravni koji se meri od južne tačke horizonta do ravni vertikale koja prolazi kroz uočeno nebesko telo, i može imati vrednosti od  $0^{\circ}$  do  $360^{\circ}$ ), deklinacije (nebeske "geografske širine" - ugla u ravni deklinacijskog kruga između ravni ekvatora i vizure na nebesko telo, i može imati vrednosti od  $-90^{\circ}$  do  $90^{\circ}$ ) i rektascenzije (nebeske "geografske dužine" - ugla koji se meri u ekvatorskoj ravni u direktnom smeru od pravca ka prvoj tački Oвна do ravni deklinacijskog kruga zvezde i može imati razne vrednosti od  $0^h$  do  $24^h$ , a interesantno je da je ovaj ugao stalan, jer deklinacijski krug prve tačke Oвна i deklinacijski krug zvezde ne menjaju svoj međusobni položaj tokom Zemljinog dnevnog obrtanja).

### **- Šta su to sazvežđa?**

Živimo u Galaksiji Mlečni put, u kojoj osim našeg Sunca postoji još oko 200 milijardi drugih zvezda. Kada pogledamo noćno nebo iznad nas, golim okom (iz nekog malo osvetljenog mesta na Zemlji) možemo videti nekoliko hiljada zvezda. Kada dugo gledamo u nebo, počinjemo da zapažamo najpre najsvetlije zvezde, a zatim i neke figure koje opisuju grupe bliskih zvezda. Tako nas neki skup bliskih zvezda može podsećati na srce, neki na čoveka koji se raduje, neki na devojku koja drži perle u rukama, neki na kola, neki na žirafu, neki na ribu ili kamilu ili zapravo na bilo šta što nam padne na pamet. Tako su ljudi koji su živeli na Zemlji pre nas radi lakšeg opisivanja položaja pojedinih zvezda na nebu, počeli da zvezde grupišu po sazvežđima kojih danas ima 88. Tako se npr. zvezda Vega nalazi u sazvežđu Lira, Sirijus u sazvežđu Velikog psa, Betelgez u sazvežđu Orion, Kapela u sazvežđu Kočijaša, Arktur u sazvežđu Volara, Altair u sazvežđu Orla, Algol u sazvežđu Perseja itd. Zvezde koje formiraju neko sazvežđe uopšte ne moraju biti stvarno bliske, već one oblikuju svoja sazvežđa samo za posmatrača na Zemlji. Posmatrani sa neke druge planete (van Sunčevog sistema), oblici sazvežđa bi bili drugačiji, pa stoga svako mesto u Kosmosu poseduje sebi posebna sazvežđa. Najčešće samo najsjajnije zvezde formiraju sazvežđa, dok se za slabije vidljive zvezde kaže da se nalaze u tom i tom sazvežđu. Inače, različite kulture su istim sazvežđima davali različita imena, dok smo mi danas uglavnom usvojili ova imena od Vavilonaca, starih Grka, Rimljana i Egipćana. Tako je sazvežđe veliki Medved, stare Egipćane podsećalo na kravu, Kineze na razgovor između porotnika i cara, a stanovnike ostrva u Južnom moru, sazvežđe škorpije je podsećalo na palmino drvo.

### **- Zašto naša Galaksija ima spiralne ruke?**

Spiralne ruke koje ima naša Galaksija, kao i sve druge diskolike Galaksije nisu statični objekti, već predstavljaju mnoštvo sjajnih zvezda i oblaka gasa (tzv. talase gustine) koji se kreću oko centra Galaksije, tako da se položaj i izgled ovih spirala stalno menjaju. Drugim rečima, spiralni kraci Galaksija predstavljaju oblasti u kojima je gustina zvezda veća od zvezdane gustine u predelima između kraka. U svim spiralnim Galaksijama, zvezdama bližim središtu Galaksije je potrebno manje vremena da naprave pun krug oko centra u odnosu na zvezde koje su bliže periferiji Galaksije, a ova pojava se često naziva diferencijalnom rotacijom i smatra se da kao posledicu ostavlja spiralne ruke na Galaksijama čija raspodela mase nije ravnomerna (nije simetrično raspoređena u prostoru). Takođe, gravitacione sile zvezda utiču da se ove spirale ne odvijaju pod dejstvom vremena, a ovi spiralni talasi zvezdane gustine imaju vreme postojanja od između 5 i 10 rotacija oko centra Galaksije, odnosno oko 1-2 milijarde godina. Naime, orbitalno kretanje zvezda, odnosno postojanje adekvatnog ugaonog momenta uravnotežava se sa gravitacionom privlačnom silom i na taj način se

sprečava poniranje svih zvezda ka centru Galaksije. Spiralne ruke Galaksije se ponašaju kao nekakvi katalizatori kočeci orbitalno kretanje nekih zvezda (zvezda u unutrašnjim krajevima kraka), a usled zakona o održanju ukupnog ugaonog impulsa u Galaksiji, ubrzavajući kretanje drugih zvezda (zvezda na spoljašnjim krajevima kraka). Kao posledica oduzimanja energije zvezdama bližim središtu, a povećanja energije zvezda udaljenijih od središta Galaksije, zvezde bliže centru Galaksije postaju još bliže središtu, dok se udaljenije zvezde, povećavajući svoj orbitalni ugaoni impuls još više udaljavaju od centra Galaksije. Stoga se spiralne putanje pojavljuju kao energetski povoljnija stanja koja sprečavaju preterano udaljavanje zvezda od centra Galaksije. Ipak, spiralne putanje Galaksije M51 se pripisuju gravitacionom dejstvu ne same Galaksije, već susednih Galaksija. Neke spiralne Galaksije kao npr. M81 poseduju visoko simetrične krake, dok neke druge spiralne Galaksije kao npr. M101 poseduju svega nekoliko kraka, kao i manju ukupnu simetriju.

### **- Kako se meri rastojanje od nas do zvezda?**

Postoji mnogo raznih načina da se odredi koliko su daleko zvezde, ali najstariji i najčešće pimenjivani postupak je princip paralakse. Uzmite jednu olovku i držite je uspravnu ispred vas. Gledajte je najpre samo sa jednim, a zatim samo sa drugim okom. Primetićete očigledan pomeraj položaja olovke u odnosu na pozadinu. Taj pomeraj se naziva paralaksa. Veličina paralakse zavisi kako od rastojanja između vas i objekta (u ovom slučaju olovke), tako i od rastojanja između vaših očiju. Da bismo primetili paralaksu veoma dalekih objekata kao što su zvezde, naše oči, odnosno teleskopi, moraju biti što je moguće više razmaknuti, kako bismo dobili što veću paralaksu. Pošto je prečnik Zemlje koji iznosi oko 12 800 km isuviše mali za posmatranje dalekih zvezda, stoga se kao dve tačke posmatranja koriste suprotni položaji Zemljine orbite oko Sunca (u rasponu od 6 meseci). Pošto nam je poznat prečnik Zemljine orbite, uz malo trigonometrije možemo odrediti koliko su daleko zvezde od nas. Međutim, što više udaljite olovku od vaših očiju, to će paralaksa olovke biti manja. Ista stvar se dešava sa zvezdama. Naime, pomoću paralakse možemo meriti rastojanja samo do nama najbližih zvezda. Nama najbliža zvezda *Alpha Centauri* nalazi se na rastojanju koje je 270 000 puta veće od rastojanja između Zemlje i Sunca. Čak i u slučaju jedne ovako bliske zvezde, njena paralaksa se meri u hiljaditim delovima lučnih stepena. Ipak, avgusta 1989. godine je u orbitu oko Zemlje lansiran satelit pod imenom *Hipparcos* (po grčkom astronomu Hiparhosu, osnivaču astrometrije, nauke koja se bavi merenjem položaja zvezda na nebu sa na hiljade drugih zvezda). Trenutno, između mnogih drugih zadataka, ovaj satelit meri i paralakse hiljada zvezda koje mi sa Zemlje nismo u stanju da merimo, jer se zvezdana svetlost rasejava prilikom prolaska kroz atmosferu u dovoljnoj meri da se onemogućiti precizno merenje stvarnih položaja zvezda na nebu. Satelit *Hipparcos* je istražio skoro 0,1 % Galaksije merenjem udaljenosti do zvezda, dok će astronomi 21. veka pomoću zvezdanog interferometra GAIA, kao i drugih instrumenata premeriti ceo galaktički disk i verovatno veliki deo njegove neposredne okoline, tzv. haloa.

### **- Kako se određuje rastojanje od nas do drugih Galaksija?**

Trigonometrijska paralaksa, tj. mali i primetni pomeraji zvezda pod dejstvom menjanja našeg položaja posmatranja kao posledice kretanja Zemlje oko Sunca, mogu se koristiti za određivanje rastojanja samo do bliskih zvezda, udaljenih samo do oko 300 svetlosnih godina od nas. Ako primetimo da je samo naša Galaksija Mlečni Put dugačka oko 100 000 svetlosnih godina, onda nam je jasno da se za izračunavanje udaljenosti Galaksija moramo služiti nekom drugom metodom. Tradicionalni način za ovakva merenja predstavlja posmatranje zvezda periodično promenljivog sjaja, tzv. cefeida. Što je veći period varijacije

sjaja posmatrane cefeide, to je njen stvarni sjaj veći. Posmatranjem vremena koje je potrebno da cefeida promeni svoj prividni sjaj, moguće je izračunati njen stvarni, odnosno unutrašnji sjaj. Poređenjem stvarnog i prividnog sjaja može se izračunati koliko je ona daleko od nas. 1920. godine je Edvin Habl (*Edwin Hubble*) na osnovu veze između sjaja i perioda promenljivih zvezda izračunao rastojanja do njih i dokazao da one leže van Mlečnog Puta, odnosno u drugim galaksijama. Iz nastavka ovog rada, sledila je i formulacija čuvenog Hablovog zakona koji ustanovljava linearnu vezu između udaljenosti Galaksija i njihovog crvenog pomaka, odnosno brzine udaljavanja od nas. Drugim rečima, što je neka Galaksija dalja od nas, to se ona i brže pomera od nas. Ovaj zakon je doveo do potvrde Velikog praska kao nastanka Kosmosa, a merenjem crvenog pomaka svetlosti koja dolazi sa udaljenih Galaksija moguće je odrediti njihove brzine udaljavanja od nas, a samim tim i njihove trenutne udaljenosti od nas.

### **- Koliko brzo se širi Kosmos?**

U skladu sa izračunavanjima koje je nedavno izvršio tim za projekte Hablovog svemirskog teleskopa, izgleda da se Svemir širi brzinom od oko 80 kilometara u sekundi po Megaparseku (što znači da se bilo koje dve tačke u Kosmosu koje se nalaze na rastojanju od jednog Megaparseka, odnosno 3,26 miliona svetlosnih godina, udaljavaju jedna od druge brzinom od oko 80 kilometara u sekundi), a ova veličina je u kosmologiji poznata i kao Hablova konstanta. Statistička greška ovog računa iznosi manje-više 17 kilometara u sekundi po Megaparseku, a ovo, u proseku znači da se nebeska tela udaljena od nas 1 Megaparsek (3,26 miliona svetlosnih godina) kreću u odnosu na nas brzinom od 80 kilometara u sekundi, dok se zvezde udaljene oko 10 Megaparseka od nas, udaljavaju brzinom od 800 kilometara u sekundi. Današnja brzina širenja Kosmosa je direktno proporcionalna ukupnoj kosmičkoj gustini materije koja je neophodno da jednog dana potpuno ohlađeni Kosmos ponovo privuče ka sebi u singularitet koji će se eventualno, u nekom ponovnom Velikom prasku ponovo raširiti i stvoriti nove živote i inteligentna bića u sebi. Naime, trostruka vrednost Hablove konstante podeljena sa osmostrukom vrednošću gravitacione konstante ( $6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ) i brojem  $\pi$  daje nam vrednost kritične gustine Kosmosa koja predstavlja minimalnu vrednost gustine neophodnu da zatvori Kosmos i da spreči njegovo večno širenje. Trenutno nam najpreciznije izmerene vrednosti za Hablovu i gravitacionu konstantu pružaju vrednost kritične gustine od oko  $1 \cdot 10^{-29}$  grama po kubnom santimetru, što iznosi oko 17 nukleona (protona ili neutrona) po kubnom metru.

### **- Ako se Kosmos širi, zašto se ne povećava rastojanje od Nju Jorka do San Franciska?**

Najčešća analogija koja se koristi za opisivanje širenja svemira je razmatranje balona na čijoj površini iscrtane tačkice predstavljaju npr. Galaksije ili galaktička jata. Kako se balon naduvava, rastojanje između bilo koje dve tačkice, tj. "Galaksija" se povećava. Takođe, što su dve galaksije međusobno više udaljene, veća je i brzina kojom se one dalje udaljavaju sa naduvavanjem balona, tj. sa širenjem Kosmosa. Povećanje brzine razdvajanje Galaksija sa povećanjem rastojanja između njih je poznato kao Hablov zakon, a opisuje ga Hablova konstanta čija vrednost još nije poznata, a procenjuje se na oko između 70 i 90 km/sMpc, a 1 megaparsek (Mpc) je jednak 3,26 miliona svetlosnih godina. Međutim, pošto je površina balona dvodimenzionalna, analogija sa balonom predstavlja aproksimaciju stvarnog trodimenzionalnog širenja Kosmosa. Takođe, ključna razlika između analogije sa balonom i stvarnog širenja Kosmosa je u tome što u stvarnom Kosmosu postoje sile koje deluju na manjim rastojanjima i koje se suprotstavljaju širenju Kosmosa, pa se i stvarne Galaksije ne

šire slično povećanju površine tačkica na balonu. Tako, npr. u slučaju rastojanja između San Franciska i Nju Jorka, ili u slučaju rastojanja između atoma natrijuma i hlora u kristalu kuhinjske soli, postoje stvarne, elektromagnetne i nuklearne sile, koje teže da očuvaju najpovoljnija energetska stanja, pa se pod dejstvom ovih sila, ova, tzv. lokalna rastojanja ne povećavaju sa ukupnim povećanjem zapremine Kosmosa. Možemo izračunati da bi se i u odsustvu ovih dodatnih sila, rastojanje od Nju Jorka do San Franciska veoma sporo povećavalo. Tako, ako se prisetimo da je brzina udaljavanja dva tela proporcionalna međusobnom rastojanju između ova dva tela, i ako pretpostavimo da je Hablova konstanta jednaka 80 km/sMpc, dva grada na rastojanju od 4800 km bi se udaljavala jedan od drugog brzinom od 12,5 pikometara u sekundi, pa bi stoga bilo potrebno oko milijardu sekundi ili oko 31,7 godina da se pod dejstvom širenja svemira bez prisustva privlačnih sila između atoma, razdaljina od Nju Jorka do San Franciska poveća za 1,25 cm.

### **- Šta su to nove?**

Nove su zvezde čiji se sjaj iznenada povećava tako da zvezda odjedanput postane otprilike desetostruko svetlija nego što je bila, nakon čega njen intenzivni sjaj polako opada tokom nekoliko meseci. Nove predstavljaju sisteme dvojnih zvezda koje kruže oko zajedničkog centra gravitacije, pri čemu je jedna zvezda beli patuljak (zvezda koja je gravitaciono kolapsirala dok se daljem sažimanju nije suprotstavilo odbijanje elektrona usled činjenice da dva elektrona nikada ne mogu imati istu brzinu i energiju). Kada druga zvezda tokom svoje evolucije poraste do razmera crvenog džina, tada njena zapremina u jednom trenutku pređe u oblast prostora u kojoj je gravitaciono privlačenje belog patuljka veće od gravitacionog privlačenja sopstvene zvezde. Tada spoljašnji materijal ove druge velike zvezde počinje da pada ka belom patuljku. Ova materija formira sloj na površini belog patuljka sve dok njegova temperatura i pritisak ne postanu toliko veliki da postane moguće odigravanje tzv. ugljeničnog ciklusa, odnosno glavnog izvora energije zvezda na temperaturama od preko 16 miliona Kelvina prilikom koga se pomoću male količine ugljenika vrši pretvaranje vodonika u helijum. Energija koja se stvara u iniciranom ugljeničnom ciklusu nuklearnih reakcija na površini belog patuljka nije u stanju da se oslobodi u Kosmos jer stalno nova količina materije pristiže sa susedne zvezde. Tako, temperatura površine belog patuljka može dostići temperature i od preko 100 miliona stepeni da bi se u jednom trenutku desila džinovska eksplozija u kojoj se oslobađaju ogromne količine energije akumulirane na površini belog patuljka. Smatra se da materija oslobođena u eksploziji jedne nove iznosi oko jedan deseto hiljaditi deo mase Sunca, dok je oslobođena energija jednaka samo jednom milionitom delu oslobođene energije prilikom eksplozije jedna supernove. U svakoj Galaksiji se pojavi nekoliko desetina nova godišnje.

### **- Šta su to supernove?**

Tiho Brahe je u svojoj knjizi "Progimnasmata" opisao divan trenutak kada je 1572. godine na nebu opazio supernovu, kojoj je sam i nadenuo ovo ime. Supernove su džinovske zvezdane eksplozije koje se dešavaju na kraju života zvezde (tj. kada ona potroši svoje nuklearno gorivo) pri kojima se oslobađa toliko mnogo energija da zvezda za jedno kratko vreme svojom svetlošću zaseni i čitavu (svoju) Galaksiju od stotinu milijardi zvezda. Osim obilja svetlosti, deset puta više energije se oslobodi u vidu kinetičke energije čestica oslobođenih u Kosmos, a stotinu puta veću energiju odnose sa sobom čestice neutrina. Tokom tri nedelje nakon početka eksplozije, sjaj supernove se povećava, nakon čega postepeno opada tokom šestomesečnog ili dužeg perioda. Supernove nastaju od zvezda čiji je sastav izuzetno bogat. Naime, njihove unutrašnje temperature su bile dovoljno visoke da

osim pretvaranja vodonika u helijum, omogućće i pretvaranje helijuma u ugljenik (što zahteva temperature od preko 200 miliona °C), pretvaranje ugljenika u neon (na preko 600 miliona °C), transformaciju neona u kiseonik (preko 1,5 milijardi °C), kiseonika u silicijum (preko 2,5 milijardi °C) i na kraju silicijuma u gvođe (na temperaturama većim od 4 milijarde °C). U zavisnosti od prisustva vodonika u spektrima supernova, one se dele na tip I (ne poseduju vodonik) i tip II (poseduju vodonik). Supernove tipa I se zatim u zavisnosti od prisustva silicijuma dele na tip Ia (intenzivne silicijumske linije) i Ib (slabe silicijumske linije). Smatra se da su supernove tipa II zvezde čija je masa bila jednaka osam Sunčevih masi, a čija je struktura do trenutka pre eksplozije bila slojevita. Naime, kada u jezgru zvezde započne fuzija silicijuma dobija se gvođe koje je jedini element u prirodi koji ni u procesu fuzije, ni u procesu fisije ne oslobađa energiju. Stoga, u sve većem nedostatku stvaranja energije, pritisak koji se suprotstavlja težnji ka gravitacionom sažimanju materije sve više opada. U trenutku gravitacionog kolapsa, jezgro se za delić sekunde sažme do gustine nuklearne materije (oko gustine atomskog jezgra), nakon čega implodirani materijal odskae unazad stvarajući snažan udarni talas pod čijim dejstvom se spoljašnji slojevi zvezde odbacuju u Kosmos brzinom od nekoliko hiljada kilometara u sekundi, a jezgro ostaje na svom mestu u obliku neutronske zvezde. Supernove znatno obogaćuju raznovrsnost hemijskih elemenata (a posebno gvođa) u međuzvezdanom prostoru. Tako se smatra da velika raznovrsnost elemenata na našoj planeti potiče od supernove koja je pre nastanka Sunčevog sistema eksplodirala u blizini. Inače, supernove su veoma retke pojave. Tako je samo 5 supernova primećeno u našoj Galaksiji tokom prethodnog milenijuma, a oko pedesetak supernova se svake godine primeti u drugim Galaksijama našeg Kosmosa.

### **- Šta su to neutronske zvezde?**

Neutronske zvezde imaju masu oko 1,4 puta veću od mase Sunca, a pri tome nisu veće od prosečnog gradića na Zemlji, jer imaju samo oko 15 kilometara u prečniku. Jedna kašičica materijala sa neutronske zvezde težila bi oko 10 miliona tona, pa možemo zaključiti da je i pored veoma male zapremine jedne ovakve zvezde, njeno gravitaciono polje i pored toga veoma jako. Ovako kolabirana zvezda je toliko gusta da njeni elektroni i protoni ne postoje odvojeno, već su se spojili formirajući neutrone, koji formiraju gustu strukturu u kojoj nema mesta za ogromne razmake kao što su oni između nukleona (protona i neutrona koji čine atomska jezgra) i elektrona u atomima. Spoljašnji omotači zvezde stvaraju čvrstu koru okruženu atmosferom visoko energetske elektrona i energetski pobuđenih atoma. Neutronske zvezde se ponašaju kao ogromni magneti, sa magnetskim polovima postavljenim pod određenim uglom u odnosu na osu rotacije zvezde. Kao i Zemlja, i neutronska zvezda je okružena magnetosferom, koja predstavlja oblast u kojoj se elektroni i druge čestice ubrazavaju pod dejstvom magnetnog polja. Međutim, magnetno polje neutronske zvezde je znatno jače nego magnetno polje Zemlje i elektroni se kreću brzinama bliskim brzini svetlosti emitujući sinhotronu radijaciju (kontinualno elektromagnetno zračenje koje emituju elektroni ubrzani do brzina bliskih brzini svetlosti) u uskim snopovima duž magnetne ose. Ovi snopovi svetlosti se na Zemlji registruju kao kratki pulsevi svetlosti koja usled velike udaljenosti ovakvih zvezda (odnosno Doplerovog efekta kao posledice udaljavanja galaksija), leže u radiofrekventnoj oblasti. Usled ovakvog načina registrovanja neutronske zvezde, na Zemlji su im naučnici dali i drugo ime – pulsari. Pošto nuklearna fuzija na neutronske zvezdama nije moguća, ovakve zvezde nemaju nove izvore unutrašnje energije i njihova rotacija i magnetno polje vremenom opadaju, sve dok jednog dana sa Zemlje ne postanu nevidljive.

### **- Šta su to pulsari?**



Pulsari su veoma brzo rotirajuće visoko namagnetisane neutronske zvezde koje emituju radio pulseve u periodičnim vremenskim intervalima. Ovakve neutronske zvezde su otkrivene 1967. godine i smatra se da predstavljaju ostatke eksplodiranih supernova. Trajanje emitovanih radio ili svetlosnih pulseva je veoma kratko, reda veličine mikrosekunde, a vremenski interval između dva pulsa zove se pulsni period i kreće se u opsegu od 0,2 do 2 sekunde. Postoji retka grupa ovakvih zvezda čiji pulsni period je reda veličine milisekunde i one se nazivaju milisekundnim pulsarima. Visoko energetski elektroni koji se kreću po spirali u magnetnom polju zvezde – pulsara emituju radio talase duž magnetne ose, a ovi talasi bivaju detektovani na Zemlji samo onda kada je svetlosni snop usmeren u pravcu Zemlje. Ovaj proces je sličan kretanju svetlosnog fara sa vrha svetionika koje nas u pravilnim vremenskim razmacima obaspe svetlošću. Neke pulsare ovde na Zemlji ipak ne vidimo jer nas oni nikada ne osvetle svojom svetlošću.

### **- Da li postoje sjajne zvezde koje su gušće i od neutronskih zvezda?**

Sve do nedavno se smatralo da su neutronske zvezde najgušće sjajne zvezde (crne rupe ne računamo u sjajne zvezde, jer su nevidljive s obzirom da ne svetle) koje možemo da vidimo na nebu, s obzirom da su sastavljene isključivo od neutrona, subatomske čestice koje su toliko male da bi 100 milijardi triliona neutrona (ili protona pošto su njihove razmere jednake) moglo da stane na vrh igle. Naime, jedna kašičica materijala sa neutronske zvezde je teška oko milijardu tona, što je otprilike jednako težini svih automobila, kamiona i autobusa na Zemljinoj kugli. Međutim, kombinujući podatke dobijene pomoću rendgenskog teleskopa *Chandra* i svemirskog teleskopa *Hubble*, astronomi su tokom aprila 2002. godine otkrili dve zvezde koje su sastavljene iz materije koja je gušća i od neutronskih zvezda. Jedna od ovih zvezda (RXJ 1856.6-3754) emituje plavičastu svetlost čiji je spektar jednak temperaturnom ekvivalentu od 700 000 °C (ili 1,2 miliona °F), a prečnik ove zvezde iznosi samo oko 11,3 km što je isuviše mala veličina čak i za jednu standardnu neutronska zvezdu. S druge strane, zvezda 3C58, za koju se smatra da je nastala u eksploziji nove koju su primetili kineski i japanski astronomi 1158. godine, poseduje za svoje razmere isuviše malu temperaturu (manje od milion °C) da bi mogla da se uklopi u model o neutronske zvezdama. Stoga se danas smatra da su ove zvezde sastavljene od čistih kvarkova (postulirana tzv. čudna kvarkovska materija) ili da sadrže kristale sub-nuklearnih čestica koje su na Zemlji postojane samo u kratkim vremenskim intervalima nakon visoko-energetskih sudara u akceleratorima čestica ili pri sudarima kosmičkog zračenja sa česticama atmosfere. Postoje razmatranja i da je zvezda RXJ 1856.5-3754 obična neutronska zvezda, ali koja poseduje na svojoj površini oblast analognu Sunčevoj pegi na Suncu, pa da ova toplija oblast uzrokuje pogrešnu procenu ukupnog zvezdinog sjaja, premda je verovatnoća da ova oblast bude orijentisana ka Zemlji veoma mala, s obzirom da zvezda ne proizvodi pulseve kao što je slučaj sa neutronske zvezdama koje poseduju ovakve oblasti (tzv. pulsari).

### **- Šta su to kvazari?**

Šezdesetih godina dvadesetog veka astronomi su pronašli nekoliko nebeskih izvora intenzivnih radio signala koji nisu mogli da se identifikuju kao obične zvezde ili galaksije, pa su stoga ovi neobični izvori svetlosti nazvani kvazari. Naime, kvazari se odlikuju veoma brzim promenama sjaja (ponekad i svakog dana), a s obzirom da nijedan fizički proces koji uzrokuje menjanje sjaja ne može da se prostire brzinom većom od brzine svetlosti, dimenzije većine kvazara ne mogu biti veće od jedne svetlosne godine, što je nekoliko stotina hiljada puta manje od nama poznatih Galaksija. Takođe, crveni pomaka spektara kvazara je toliko veliki da se one udaljuju od nas brzinama od oko 50 000 km/s. Istraživanja pokazuju da

kvazari leže u srcima nekih dalekih Galaksija, a oblast kvazara koja stvara svetlost ima prečnik dužine jednog sunčevog sistema. Pošto se ovi daleki objekti mogu videti sa Zemlje, zaključeno je da emituju energiju koja je 1000 puta veća od ukupne energije svih zvezda u Mlečnom putu. Još uvek nije završena potraga za mehanizmom koji je u stanju da proizvodi toliko velike količine energije, premda je najprihvatljivija teorija među astronomima ta da su kvazari zapravo super-masivne crne rupe, čija je masa jednaka masi od 100 miliona Sunaca, pri čemu ogromne količine oslobođene energije nastaju u procesu pri kome ove crne rupe gutaju, tj. svojom velikom gravitacijom privlače u sebe zvezde iz okolnih Galaksija brzinom od oko jedne Sunčeve mase godišnje. Ako jednu takvu masu ubacimo u Ajnštajnovu jednačinu  $E=mc^2$  dobićemo veoma velike vrednosti energije što odgovara tako velikom sjaju kvazara. S obzirom da su kvazari udaljeni od nas oko nekoliko milijardi svetlosnih godina, oni se u poslednje vreme u astronomiji koriste u funkciji kosmičkih svetionika, tj. za osvetljavanje puta do novih galaksija i za posmatranje vremena kada je Kosmos bio mlađi nego danas. Pošto je njihov sjaj jednak sjaju trilionu sunaca, to ih između ostalog čini idealnim orudjem za posmatranje objekata između njih i Zemlje.

### - Šta je to tamna materija?

Tamna materija je svaka supstanca u Kosmosu koja ne emituje elektromagnetne talase ili ih emituje, ali u toliko maloj meri da tu emisiju ne možemo detektovati. Smatra se da tamna materija čini 90 % mase Kosmosa, dok svetleća materija (od koje su sačinjene zvezde) čini samo oko 5 % mase Svemira. Naime, da bi privlačna sila gravitacija zaustavila sadašnje širenje Kosmosa i kroz nekoliko desetina milijardi godina (ili još više) skupila ohlađenu kosmičku masu, neophodno je da u Kosmosu postoji određena količina materije, što je moguće samo uz postojanje velike količine materije koju nismo u stanju da registrujemo jer je nevidljiva za naše teleskope i spektroskope. Do dokaza o postojanju ovoliko velike količine tamne materije, došlo se na osnovu posmatranja dejstva gravitacije nevidljivih tela, odnosno tzv. "gravitacione mase", na kretanje vidljivih nebeskih objekata. U spiralnim galaksijama, kao što je Mlečni put, "gravitaciona masa" se određuje posmatranjem kruženja zvezda i oblaka prašine oko centra galaksije. Kada se zvezda kreće oko centra galaksije, njena orbitalna brzina zavisi od raspodele ukupne mase u Galaksiji. Grafik brzine rotacije zvezde u funkciji njenog rastojanja od centra galaksije naziva se krivom rotacije zvezde u Galaksiji, i u slučaju uzimanja u obzir samo svetleće mase u našoj galaksiji, brzina zvezde bi trebalo da opada sa njenim udaljavanjem od centra galaksije, tj. kriva rotacije bi trebalo da ima negativan nagib. Međutim, u stvarnosti, rotaciona brzina zvezde ne opada, a u najvećem broju slučajeva se čak i povećava sa povećanjem rastojanja zvezde od centra Galaksije, što je u suprotnosti sa rezultatima računa koji uzimaju u obzir samo vidljivu masu. Iz ovoga se zaključilo da Galaksije u svom sastavu poseduju i velike količine tamne materije koju ne možemo videti putem teleskopa, a čija je kosmička zastupljenost oko 10 puta veća od zastupljenosti tzv. luminozne ili svetleće materije. Ipak, najbolji primer gravitacionog efekta tamne materije može biti primećen posmatranjem ne rotacije zvezda, već rotacije čitavih galaksija. Osim ovoga, smatra se da postoje i čitave galaksije sastavljene samo od tamne materije, a trenutno postoje dva kandidata za tamnu materiju. Jedni su tzv. masivni astrofizički kompaktni halo objekti, čije je kosmičko prisustvo i eksperimentalno provereno, a ovakvi objekti su npr. crne rupe. Drugi aktuelni kandidati za tamnu materiju su tzv. slabo interagujuće masivne čestice, tj. egzotične, masivne, elementarne čestice koje skoro uopšte ne interaguju sa materijom, kao npr. neutriini (ukoliko se pokaže da zaista poseduju dovoljno veliku masu) ili supersimetrične čestice koje su veoma masivne, ali slabo reaguju sa tipom čestica koji čini materiju oko nas. Tek kada se bude odredila ukupna masa u Univerzumu, tj.

suma ukupne svetleće i tamne materije, zaključice se da li će se Univerzum stalno širiti, ili će se ponovo skupiti u jednu tačku beskrajne gustine.

### **- Kako se određuje starost zvezda?**

Trenutno ne postoji precizna naučna metoda za određivanje starosti pojedinačnih zvezda, jer nam njihov sjaj i temperatura ne kazuju mnogo o vremenu njihovog nastanka. Jedini način za procenu starosti zvezda izvodi se preko proučavanja zvezdanih jata, jer sve zvezde određenog zvezdanog jata nastaju od istog materijala i u isto vreme. U našoj Galaksiji postoje dva tipa zvezdanih jata: globularna jata, koja su veoma stara i razbacana ne samo po Mlečnom putu, a sadrže od nekoliko hiljada do nekoliko miliona zvezda, i potiču iz vremena kada je Galaksija počela da se formira, tj. kada je Kosmos bio veoma mlad; i otvorena jata, koja mogu biti različite starosti, a sadrže od nekoliko desetina do nekoliko hiljada zvezda, koje su prilično rasute po galaktičkom prostoru, za razliku od zvezda u okviru globularnih klastera. U našoj Galaksiji je počelo formiranje otvorenih zvezdanih jata od kada je Galaksija oformila svoj današnji oblik pa sve danas. Način za procenu starosti zvezda jednog zvezdanog jata sastoji se u posmatranju temperature i mase najtoplije, najplavije i najmasivnije zvezde u okviru posmatranog jata, koja još uvek nije ušla u kasni i nestabilni period svog života. Vreme života zvezde zavisi od njene mase. Zvezda koja je 10 puta masivnija od našeg Sunca, sadržiće i 10 puta veću količinu goriva, koje će, međutim, trošiti 10 000 puta brže nego naše Sunca, usled čega će joj i život biti 1000 puta kraći. U svakom slučaju, masa zvezde nam govori o tome koliko je goriva zvezda imala kada se rodila, a njen sjaj nam pruža podatke o brzini kojom zvezda sagoreva svoje zalihe goriva. Odnos količine nuklearnog goriva koju je zvezda imala na početku svog života i brzine sagorevanja, daje nam dragoceni podatak o starosti zvezde. Nesigurnost kod ovakvih izračunavanja iznosi oko 10-20 %, pa se stoga procenjuje da je starost najvećeg broja zvezda u našoj galaksiji iznosi od 12-18 milijardi godina.

### **- Zašto su sva velika nebeska tela okrugla?**

Mesec, Zemlja, Sunce kao i druga velika nebeska tela nastali su kondenzovanjem kosmičkih gasova i prašine, a okrugli su, jer je sila gravitacije koja potiče iz centra njihovih masa težila i još uvek teži da uz pomoć rotacije tela oko svoje ose kao posledice očuvanja ugaonog momenta, izoblikuje energetske najstabilnije stanje, a to je sfera kod koje je svaka tačka sa površine tela podjednako udaljena od centra. Na Zemlji je teorijski nemoguće postojanje planine veće od 15 000 metara jer toliko dozvoljava Zemljina sila teže. Na Marsu, na kome je sila gravitacije slabija nego na Zemlji, visina planinskih masiva ne prelazi 25 000 metara. Sa druge strane, asteroidi i drugi mali leteći objekti su asimetričnog oblika jer njihova spoljašnja, tj. kinetička energija prevazilazi slabo gravitaciono privlačenje. Ipak, Zemlja ne predstavlja savršenu loptu, već je njen ekvatorijalni obim nešto veći od obima oko polova, pa se stoga ona često naziva geoidom. Ovako, blago spljošteni polovi su posledica Zemljine rotacije. Naime, kako se planeta okreće, potreba za centripetalnim ubrzanjem (koje je usmereno ka centru) na ekvatoru uzrokuje blago udaljavanje ekvatorijalne površine od ose rotacije.

### **- Zašto se zvezde okreću oko sebe?**

Svako nebesko telo, od zvezda, preko planeta i satelita do crnih rupa, okreće se oko svoje ose, a poreklo ovakvog tipa kretanja se može potražiti u trenutima nastanka Kosmosa nakon Velikog praska kada se sva kosmička energija sadržana u jednoj tački razletela,

pretvorila jednim delom u materiju i obrazovala materijalno gušće i ređe oblasti u svemiru. Da je sva kosmička materija bila uniformno i homogeno raspoređena u prostoru, to bi rezultovalo u podjednakoj raspodeli molekula vodonika i helijuma u svakoj tački Svemira, a takođe bi i pozadinsko mikrotalasno zračenje bilo jednako u svakoj tački i u svim pravcima, pa formiranje Galaksija, zvezda i planeta verovatno ne bi bilo moguće. Međutim, usled neravnomerne raspodele materije u različitim pravcima, određeni delovi kosmosa su gušći od drugih, a i neki se šire brže od ostalih. Guste oblasti Kosmosa su počele da se gravitaciono skupljaju obrazujući tako klastere Galaksija. Obrtanje nebeskih tela oko svoje ose opisuje se fizičkom veličinom ugaonog momenta, koji predstavlja umnožak mase tela, njegove brzine rotiranja i poluprečnika, tj. udaljenosti posmatrane pokretne tačke na površini od ose rotacije. Najveće grudve kosmičke materije, imale su po svom nastanku određenu početnu vrednost ugaonog momenta, a prilikom njihovog deljenja na manje grudve materije, tj. manje klastere Galaksija, a zatim na galaktičke grupe, pojedinačne Galaksije, zvezdane sisteme i na kraju na pojedinačne zvezde i planete, dolazi do održanja ukupnog ugaonog momenta u okviru početne grudve materije, odnosno čitavog našeg Kosmosa. Svaka podgrupa ovako nastale materije sadrži određenu vrednost ugaonog momenta koje učestvuje u ukupnom ugaonom momentu čitave početne grudve materije, čija vrednost ostaje konstantna u vremenu. Npr., u našem Sunčevom sistemu, sve planete zajedno sa Suncem okreću se u istom pravcu, jer su nastale iz istog oblaka prašine i gasa. Izuzetak je jedino planeta Uran, koja se okreće u suprotnom smeru, što je verovatno posledica nekog sudara u prošlosti koji je doveo do promene smera rotacije. Takođe, planete se kreću oko Sunca u istom smeru u kome se i Sunce okreće oko svoje ose, a isto tako i svi prirodni sateliti planeta orbitiraju u istom smeru u kome rotiraju i planete.

### **- Da li rotacija zvezde utiče na njeno polje gravitacije?**

Kao što je usled rotacije Zemlje oko svoje ose, njen ekvatorijalni prečnik za 22 km duži od polarnog prečnika, tako i ravnotežni oblik rotirajuće zvezde nije sfera već spljošteni sferoid, kome je prečnik u ekvatorijalnoj ravni nešto duži od prečnika između dva pola. Razlog ovoj pojavi leži u činjenici da su efekti centrifugalne sile veći na rotirajućem ekvatoru i deluju suprotno sili gravitacije objekta, pa stoga dovode do izduženja obima oko ekvatora. Dok spoljašnje gravitaciono polje sferne zvezde opada sa kvadratom rastojanja od centra zvezde, na gravitaciono polje spljoštenog sferoida se dodaje još jedna komponenta, pa kao rezultat, jačina gravitacionog polja sferoidne zvezde opada sa četvrtim kvadratom rastojanja od njenog centra, odnosno mnogo brže nego u slučaju loptastog gravitacionog objekta iste mase. U slučaju Zemlje, ova modifikacija njenog gravitacionog polja usled izduženosti na ekvatoru, može znatno uticati na kretanje veštačkih satelita ili čak i Meseca.

### **- Šta je to zakrivljenost prostor-vremena?**

Ponekad kažemo da živimo u četvorodimenzionalnom svetu. Sve te 4 dimenzije se naravno odnose samo na materijalni svet, a dimenzije ne predstavljaju ništa drugo do koordinate za opisivanje nekog sistema. Naime, da bismo opisali položaj bilo koje tačke u prostoru u kome živimo, potrebne su nam 3 koordinate: dužina, širina i visina. Na lopti kao što je Zemljina kugla, te tri koordinate mogu biti geografska širina, geografska dužina i nadmorska visina. Pošto materijalne stvari ne stoje na svom mestu, već se pomeraju duž tri prostorne koordinate tokom vremena, potrebna nam je i četvrta, tj. vremenska koordinata. Nekada se smatralo da vreme predstavlja odvojenu dimenziju od prostora, ali je Ajnštajn u svojoj specijalnoj teoriji relativnosti uveo pojam prostor-vremena, četvorodimenzionalnog kontinuuma u kome je vremenska koordinata potpuno ravnopravna sa ostale tri prostorne

koordinate. Stoga, umesto opisivanja položaja neke tačke u prostoru pomoću tri prostorne koordinate, mi koristimo 4 koordinate za opisivanje događaja u prostor-vremenu. U Ajnštajnovoj opštoj teoriji relativnosti, uvodi se pojam zakrivljenosti kosmičkog prostor-vremena kao posledice raspodele materije i energije u njemu. Zamislimo sada jednu trodimenzionalnu loptu, čija površina poseduje samo dve dimenzije jer na njoj imamo samo dve koordinate kojima se može opisivati kretanje po njoj: dužina i širina. Kada bi na površini ove lopte živeli neka dvodimenzionalna bića (koja nemaju visinu), njima bi verovatno izgledalo kao da ne žive na lopti, već na velikoj ravnoj površini. Međutim, kada bi pažljivo izmerili rastojanja na površini lopte, primetili bi da dobru mapu svog sveta mogu da nacrtaju samo na zakrivljenoj površi lopte, odnosno u trodimenzionalnom prostoru. Ideja zakrivljenosti površine ove lopte se može primeniti i na čitav Kosmos, što je i suština Ajnštajnovе opšte teorije relativnosti, a interesantno je da se geometrija prostor-vremena može primeniti skoro isključivo na čitav Kosmos (ceo prostor) i to u svim vremenskim razdobljima (svo vreme). Zakrivljenost prostor-vremena zapravo predstavlja gravitaciju. Što je veća gravitacija u nekoj tački Kosmosa, to je jače gravitaciono u polje u toj tački, pa će u njoj i zakrivljenost prostor-vremena biti veća. Drugim rečima, sve kosmičke čestice se nalaze u prostor-vremenu, a svojom energijom utiču na njegovu zakrivljenost. Iako nama u trodimenzionalnom svetu izgleda kao da Zemlja kruži oko Sunca, u zakrivljenom prostor-vremenu ona zapravo stalno sledi pravu putanju. Zakrivljenost prostor-vremena može biti pozitivna (kao u slučaju zatvorenog Kosmosa koji se periodično širi i skuplja i poseduje oblik 4-dimenzionalne sfere), nulta (kao u slučaju ravnog Kosmosa koji se prostire beskrajno daleko u svim pravcima) ili negativna (otvoren Kosmos oblika hiperboloida koji poseduje beskrajno zapreminu i beskrajno se prostire u vremenu).

### **- Šta su to gravitacioni talasi?**

Dok se gravitaciona interakcija između dva tela sa masom odvija preko stalne razmene virtuelnih gravitona, gravitacioni talasi nastaju kada maseno telo počne da se ubrzava. Kada masivna čestica miruje, ona je okružena statičkim gravitacionim poljem, tj. statičkom zakrivljenošću prostor-vremena, i tada nisu prisutni gravitacioni talasi. Ukoliko druga masivna čestica uđe u gravitaciono polje prve čestice, osetiće privlačnu silu i počće da se ubrzava ka prvoj čestici, a ova gravitaciona interakcija se u kvantnom smislu može opisati kao razmena virtuelnih gravitona između dve čestice. Ipak, kada masivna čestica počne da se ubrzava, njeno gravitaciono polje je "prodrmano" i počinje da proizvodi gravitacione talase koji se šire po prostor-vremenu, a energija i impuls ovih gravitacionih talasa se prenose pravim gravitonima. Takođe, moguće je postaviti analogiju ovoj pojavi sa nastankom elektromagnetnih talasa. Kada je naelektrisana čestica u stanju mirovanja, ona je okružena statičkim električnim poljem bez talasa. Kada druga naelektrisana čestica uđe u polje prve čestice, na nju će početi da deluje sila privlačenja ili odbijanja u zavisnosti od toga da li su čestice istoimenog ili raznoimenog naelektrisanja. Premda se sa kvantne tačke gledišta, njihova interakcija opisuje kao stalna razmena virtuelnih fotona, električno polje ubrzane čestice je "prodrmano" i počinje da emituje elektromagnetne talase, a energija i impuls ovih elektromagnetnih talasa se prenose stvarnim fotonima.

### **- Šta su to Lagranžove tačke?**

Lagranžove tačke (koje su dobile ime po francuskom matematičaru i astronomu Žozefu Luju Lagranžu) predstavljaju tačke u prostoru koje se nalaze u orbitalnoj ravni između dva nebeska tela koja rotiraju oko zajedničkog centra gravitacije (kao npr. Sunce i bilo koja planeta Sunčevog sistema) i za koje je karakteristično da bi telo u njima u

podjednakoj meri bilo privlačeno gravitacijom oba tela, pa bi tako stalno bilo u ravnoteži, odnosno u stanju mirovanja u odnosu na tela koja ga privlače. Između dva bilo koja nebeska tela koja rotiraju jedno oko drugog postoji tačno 5 Lagranžovih tačaka, pri čemu su 3 tačke veoma nestabilne pri dejstvu najmanjih poremećaja, pa bi čak i telo zanemarljivo male mase u njima teško opstalo, već bi nakon određenog vremena ipak bilo privučeno ka jednom od dva privlačna tela. Ipak, ove druge dve, stabilne Lagranžove tačke se nalaze pod uglom od  $60^\circ$  u odnosu na obe strane manje masivnog tela. Trojanovi asteroidi koji dele orbitu oko Sunca sa Jupiterom predstavljaju primere tela koja su ostala uhvaćena u dvema stabilnim Lagranžovim tačkama između Sunca i Jupitera. Takođe, tri nestabilne od ukupno pet Lagranžovih tačaka sistema Zemlja – Mesec se nalaze na liniji koja spaja Zemlju sa Mesecom pri čemu se prva nalazi iza Meseca, druga je između Meseca i Zemlje, dok se treća labilna Lagranžova tačka nalazi iza Zemlje. Dve stabilne Lagranžove tačke se nalaze na Mesečevoj orbiti oko Zemlje i u odnosu na pravac Zemlja – Mesec zaklapaju ugao od 60 lučnih stepeni. Stoga bi telo postavljeno u jednu od ove dve Lagranžove tačke uvek imalo isti geometrijski položaj u odnosu na Zemlju i Mesec, pa bi sa istim periodom rotacije kao i Mesec orbitiralo oko Zemlje.

### - Odakle potiču kosmički maseri?

Maseri (*Microwave Amplification by the Stimulated Emission of Radiation*) predstavljaju koherentne (svi talasi imaju jednake talasne dužine i bregovi svih talasa se poklapaju, tj. svi talasi su u fazi, što čini ovakve elektromagnetne talase veoma snažnim) elektromagnetne talase iz domena mikrotalasa. Za razliku od lasera koji emituju koherentnu vidljivu svetlost (ili eventualno infracrvene talase) koja nastaje kolektivnim prelaskom elektrona u atomima sa viša na niža energetska stanja, maseri emituju elektromagnetne talase koji nastaju kolektivnim spuštanjem grupe molekula na niža vibraciona energetska stanja. Maseri iz kosmičkih prostranstava su prvi put primećeni 1965. godine kada je detektovana maserska emisija od strane hidroksilnih ( $\text{OH}^-$ ) jona iz sazvežđa Orion (tačnije iz magline u Orinu koja je najveća u našem Mlečnom putu). Naime, samo dve godine ranije su prvi put detektovani OH joni u Kosmosu na osnovu 4 mikrotalasne spektralne linije talasnih dužina bliskih 18 santimetara. Međutim, 1965. godine je jedna od ove 4 linije bila 50 puta jača od ostalih, što je objašnjeno nastajanjem maserskog efekta. OH maseri su primećeni u molekulskim oblacima u međuzvezdanim prostranstvima, kao i u hladnim omotačima starijih zvezda. Nakon toga, pronađeni su i maseri koji potiču od molekula vode (iz Galaksije *Messier 33*, članice našeg galaktičkog jata, udaljene oko 2,2 miliona svetlosnih godina, a pronađeni su vodeni maseri i u našoj Galaksiji), silicijum monoksida ( $\text{SiO}$ ), formaldehida ( $\text{H}_2\text{CO}$ ) i metil alkohola ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Premda na Zemlji nikada nije primećeno spontano nastajanje laserske ili maserske svetlosti (osim možda kuglastih munja), smatra se da su kosmički maseri prouzrokovani prirodnim procesima.

### - Šta su to eksplozije gama-zraka?

Gama zračenje predstavlja najenergetskije elektromagnetne talase u prirodi, a eksplozije gama zraka su najsnažnije eksplozije u Kosmosu koje traju između nekoliko hiljaditih i nekoliko desetih delova sekunde, a u tok kratkom deliću vremena stvaraju više energije nego što stvori naše Sunce za čitav svoj život. Istraživači Kosmosa još uvek ne znaju sa sigurnošću šta predstavlja uzrok ovim eksplozijama, a za njihovo objašnjenje postoje za sada dve hipoteze. Po manje popularnoj hipotezi, eksplozije gama zraka se dešavaju kao posledica sudara dva izrazito gusta svemirska objekta, kao što su npr. crne rupe ili neutronske zvezde. Po popularnijoj hipotezi, eksplozije supernova predstavljaju uzroke eksplozija gama-

zraka. U prilog ove hipoteze govore podaci o pronalasku izvesnih količina gvožđa u oblacima eksplodiranih gama-zraka, a smatra se da ovo gvožđe potiče upravo iz jezgra eksplodirane zvezde, jer kao što znamo zvezde stvaraju energiju u nizu reakcija nuklearne fuzije, gde je prvi član niza vodonik, drugi helijum a poslednje je gvožđe.

### **- Šta su to zvezdani zemljotresi?**

Kada potroše svoje nuklearno gorivo, neke, srednje masivne zvezde doživljavaju gravitacioni kolaps pri kome se protoni i elektroni iz njihovih atoma pretvaraju u neutrone. Takve zvezde se zovu neutronske zvezde i u njima su neutroni veoma gusto spakovani tako da formiraju jednu vrstu kristalne rešetke. Magnetno polje neutronske zvezde je izuzetno visoko (oko milijardu Tesli) što ponekad uzrokuje udare o površinu zvezde koji dovode ne do nepovratnog pucanja rešetke, već do naglog pucanja, klizanja i ponovnog formiranja kristalne neutronske rešetke, a ceo ovaj proces se naziva zvezdanim zemljotresom. Ovi pomeraji uređene rešetke neutrona u neutronske zvezde se sa Zemlje primećuju kao emisije mekih gama talasa (gama talasa relativno niskih frekvencija). Takođe, zvezdani zemljotresi dovode do promene inercijalnog momenta rotirajuće neutronske zvezde, što dovodi do nagle promene perioda njene rotacije, a što se za Zemlje opaža kao nagla promena pulsno perioda zvezde.

### **- Šta su to kosmički zraci?**

Nekada su se kosmičkim zracima nazivali najenergetskiji elektromagnetni talasi u prirodi, čije su se frekvencije nalazile iznad opsega gama talasa, odnosno iznad frekvencija od oko  $10^{24}$  Herca ili ispod talasnih dužina od oko  $10^{-16}$  metara. Međutim, danas se gama talasima nazivaju svi elektromagnetni talasi frekvencija većih od oko  $10^{20}$  Herca, premda granica između rendgenske oblasti i gama oblasti u elektromagnetnom spektru nije precizno definisana, a X (tj. rendgenski) i gama talasi su različitog porekla, s obzirom da X talasi karakterističnih talasnih dužina nastaju u okviru elektronskih prelaza u atomima, dok gama talasi nastaju kao posledica prelaza samog atomskog jezgra između različitih energetskih stanja. Pod kosmičkim zracima se danas nazivaju sve subatomske čestice visokih energija (kao posledica velikih brzina kojima se kreću kroz kosmička prostranstva) koje pristižu na Zemlju i bivaju detektovane na njoj. Viktor Franc Hes je početkom 20. veka pokazao kako se jonizacija atmosfere povećava sa porastom nadmorske visine, a jonizacija visokih atmosferskih slojeva je upravo posledica prolaska kosmičkog zračenja (tzv. primarnog kosmičkog zračenja), koje svojom visokom energijom uspeva da jonizuje atome vazduha, kao i da proizvede stvaranje drugih elementarnih čestica poznatih i kao sekundarno kosmičko zračenje (koji čine tzv. atmosferske pljuske čestice, sastavljene uglavnom od miona, piona, neutrina, pozitrona, elektrona i gama fotona), te na ovaj način, rasipajući energiju, ove primarne kosmičke čestice se blago usporavaju približavajući se Zemljinom tlu, ili u nekim slučajevima, potpuno nestaju, pretvarajući se u potpunosti u sekundarno kosmičko zračenje. Pošto je poznato da magnetno polje Zemlje deluje na kosmičko zračenje, ove čestice su najvećim delom naelektrisane, jer u suprotnom slučaju, magnetno polje ne bi uspevalo da im promeni putanju. Oko 87 % čestica kosmičkog zračenja čine protoni, 12 % čine alfa čestice (jezgra atoma helijuma koja se sastoje od po dva protona i dva neutrona), dok ostatak čine neki teži elementi, kao npr. litijum, berilijum, bor (tzv. lakši elementi kosmičkog zračenja koji čine oko 0,25 % čestica zračenja), ugljenik, azot, kiseonik i fluor (srednje teški elementi u okviru kosmičkog zračenja) i neki još teži elementi sve do atomskog broja 28, što odgovara atomima ili jonima nikla. Kada predstavimo broj čestica kosmičkog zračenja u funkciji njihove energije, vidimo da ova funkcija poseduje maksimum za vrednosti energije od oko 0,3 GigaelektronVolta (GeV), što znači da se najveći broj čestica kosmičkog zračenja kreće

brzinama od oko 2/3 brzine svetlosti, a sa povećanjem energije čestica, njihov broj opada, premda postoje čestice čija energije dostižu vrednosti i od oko  $10^{11}$  GeV. Ipak, u proseku, kosmičko zračenje poseduje srednju energiju od oko 1 eV u svakom kubnom santimetru u našoj Galaksiji, pa se tako može izračunati da naša Galaksija gubi oko  $10^{34}$  džula energije u svakoj sekundi (što je ekvivalentno snazi od oko  $10^{31}$  konjskih snaga) kao posledica toga što ovi kosmički zraci napuštaju našu Galaksiju i odlaze u međugalaktička prostranstva. S druge strane, intenzitet (odnosno, fluks) kosmičkih zraka na nivou mora na našoj planeti je jednak jednoj kosmičkoj čestici po kvadratnom santimetru površine u minutu. Čak i veoma slaba magnetna polja su u stanju da utiču na putanje kosmičkih zraka, pa je tako npr. magnetno polje jačine svega  $3 \cdot 10^{-6}$  Gausa dovoljno da pokreće proton energije 1 GeV duž kruga poluprečnika  $10^{-6}$  svetlosnih godina, dok bi se proton energije  $10^{11}$  GeV u polju iste jačine kretao po krugu poluprečnika  $10^5$  svetlosnih godina, što otprilike odgovara dimenzijama naše Galaksije. Stoga, osim magnetnog polja Zemlje, i međuzvezdana magnetna polja sprečavaju prodor velikih količina kosmičkog zračenja ka našoj planeti, a međuzvezdana magnetna polja utiču i na to da kosmičko zračenje bude izotropno raspoređeno duž Zemljine sfere. Na Zemlji je poznat i tzv. efekat istok-zapad vezan za kosmičke zrake, a na osnovu koga više kosmičkih čestica pristiže na Zemljinu površinu sa zapada, nego sa istoka, što nam ukazuje da kosmičke zrake u najvećoj meri čine pozitivno nalelektrisane čestice. Izvori kosmičkih zraka još uvek nisu poznati, jer kada bi sve zvezde u proseku bile kao naše Sunce (koje proizvodi kosmičke zrake u vidu solarnog vetra, čiji je najveći intenzitet u solarnim bljeskovima, džinovskim eksplozijama vidljivim i na Sunčevoj površini), tada bi kosmičkih zraka bilo oko nas mnogo manje nego što je to stvarni slučaj. Stoga se smatra da bi supernove mogle da predstavljaju ključne izvore ovih naelektrisanih kosmičkih čestica.

### **- Zašto se ne vide zvezde na slikama iz Kosmosa?**

Pogledajte noćno nebo kada je na njemu pun Mesec i uporedite posmatrani prizor sa nebom prepunim zvezda kada na njemu nema Meseca. Naravno, Mesec reflektuje svetlost sa Sunca i ta svetlost svojim intenzitetom prekriva blagi sjaj zvezda. Kada kosmonauti slikaju Zemlju iz Kosmosa, na tim slikama najčešće nema zvezda, jer svetlost koju reflektuje Suncem obasjana Zemlja zapljuskuje kameru u tolikoj meri da svetlost sa zvezda i ne dolazi do vidnog izražaja. Međutim, ukoliko se astronaut sa kamerom u ruci okrene od Sunca, on sam će videti zvezde. Takođe, razlog zašto se zvezde često ne vide na slikama iz Kosmosa je u tome što je sjaj dalekih zvezda isuviše slab da bi kamera uhvatila dovoljno njene svetlosti tokom kratke ekspozicije (vremena tokom kojega je blenda otvorena i kada svetlost pada na fotografski film). Naše oči su mnogo osetljivije na svetlost od običnog fotografskog filma. Sve slike zvezdanog neba potiču sa tzv. *time-lapse* fotografija. Da bi se uslikala jedna *time-lapse* fotografija, kapak na foto-aparatu mora biti dovoljno dugo otvoren kako bi sočivo fokusiralo dovoljno svetlosti na film. Duža vremena ekspozicije dozvoljavaju svetlosnim fotonima da uđu u aparat i ostave trajni trag na filmu. Što je nebesko telo manje svetlo, duže vreme ekspozicije je potrebno da bi se ono naslikalo. Tako je za slikanje punog Meseca, dovoljno da kapak na kameri bude otvoren jednu do dve sekunde, dok je za slikanje zvezda neophodno da film bude izložen upadnoj svetlosti između nekoliko minuta i nekoliko časova. U slučaju nekih divnih slika koje su naslikane uz pomoće velikih telekopa, kao i u slučaju slikanja astronauta u Kosmosu, neophodno je da vreme ekspozicije ne bude duže od delića sekunde, jer bi u slučaju duže ekspozicije, film apsorbovao isuviše fotona koje reflektuje bela odeća astronauta, i njegov lik bi na slici postao "ispran" te bi on sam izgledao kao blještava svetlost.

### **- Ako u Kosmosu postoji toliko mnogo zvezda, zašto je onda noćno nebo tamno?**



Odgovor na ovo pitanje predstavlja osnovu čuvenog kosmološkog problema poznatog pod imenom Olbersov paradoks koji je 1826. godine formulisao nemački astronom Hejnrh Olbers (*Heinrich Olbers*). Naime, kada bi naš Kosmos bio beskonačno star i kada bi u njemu postojao beskonačan broj zvezda, tada bi stvarno noćno nebo bilo podjednako svetlo kao i dnevno nebo na kome sija Sunce. Naime, zamislimo da su zvezde poredane oko Zemlje u koncentričnim krugovima. Svaki sledeći krug imaće dvostruko veći broj zvezda od prethodnog sloja. Stoga, i pored toga što sjaj zvezda opada sa kvadratom rastojanja od nas, svi slojevi će biti podjednako sjajni, jer će oni udaljeniji slojevi sa manje svetlim zvezdama imati veći broj zvezda od nama bližih slojeva. Zaklanjanje svetlosti zvezda od strane prašine se ne može uzeti u obzir, jer bi se i sama prašina u jednom trenutku zagrejala i počela da emituje zračenje. Stoga, danas postoje dva razloga zašto je noćno nebo tamno. Jedan razlog uzima u obzir crveni pomak svetlosti zvezda usled širenja Kosmosa i međusobnog udaljavanja jata Galaksija. Naime, sa povećanjem brzine kretanja svetlosnog izvora od nas, mi ćemo emitovanu svetlost registrovati na znatno većim talasnim dužinama od talasnih dužina koje je emitovao izvor. Stoga je svetlost sa najvećeg broja zvezda u Kosmosu pomerena ka crvenom kraju spektra (ka većim talasnim dužinama), čime je znatno umanjena ukupna količina vidljive svetlosti koja stiže do nas. Drugi razlog zatamnjenosti noćnog neba je u tome što naš Kosmos nije beskonačno star. Danas se smatra da je naš Kosmos nastao u Velikom Prasku pre oko 15 milijardi godina. Naime, kada bi Kosmos bio beskonačno star, on bi bio i beskonačno svetao, jer bi svetlost sa svake tačke u Kosmosu imala dovoljno vremena (beskonačnost) da stigne do svih drugih tačaka u Kosmosu. Danas se smatra da naš fizički Kosmos nema prostornu granicu, već samo granicu u vremenu.

## **- Koliko ima zvezda i atoma u Kosmosu?**

Kada usmerimo pogled ka noćnom nebu, zvezde čija se svetlost nalazi u našim očima će određivati koliko zvezda vidimo. Iznad jednog osvetljenog grada kada nema mesečine, broj zvezda koje se mogu videti je najčešće manji od 100. Iznad nekog manje osvetljenog seoceta (opet kada nema mesečine koja svojom svetlošću zaslepljuje sjaj zvezda), može se videti oko 2000 zvezda. Ipak, samo naša Galaksija Mlečni Put sastoji se od oko 100 milijardi zvezda, a smatra se da u Kosmosu čiji smo i mi jedan mali deo postoji još oko 100 milijardi drugih Galaksija. Zvezde u Galaksijama kruže oko središta Galaksije, a našem Suncu je potrebno oko 220 miliona godina da napravi jedan ovakav krug, čije vreme trajanja se naziva galaktičkom godinom. Stoga, ukoliko pomnožimo broj Galaksija u Kosmosu sa brojem zvezda u našoj Galaksiji dobićemo približan broj zvezda koje čine naš Kosmos –  $10^{22}$ . Pošto je naše Sunce zvezda prosečne veličine, ukupnu količinu materije u Kosmosu možemo izračunati ukoliko pomnožimo masu Sunca sa brojem zvezda u Kosmosu. Naše Sunce ima masu od  $2 \cdot 10^{33}$  grama, a ako pomnožimo ovu masu sa  $10^{22}$ , dobićemo približnu masu Kosmosa od  $2 \cdot 10^{55}$  grama. S obzirom da su elektroni oko 1300 puta lakši od nukleona (protona i neutrona), materija Kosmosa se gotovo potpuno nalazi koncentrisana u nukleonima, česticama iz kojih se sastoje atomska jezgra. Masa jednog nukleona iznosi  $1,67 \cdot 10^{-24}$  grama, pa se stoga u jednom gramu materije nalazi  $6 \cdot 10^{23}$  nukleona, a u celom Kosmosu postoji oko  $12 \cdot 10^{78}$  nukleona. Astronomi smatraju da 90 % kosmičkih atoma čini vodonik, 9 % helijum, dok svi ostali teži elementi sačinjavaju samo 1 % od ukupnog broja atoma. Tipičan uzorak od 100 atoma bi se, tako, sastojao od 90 vodonikovih atoma, 9 helijumovih i jednog težeg elementa, npr. kiseonika. Jezgra vodonikovih atoma sadrže samo po jedan nukleon: proton. Jezgra helijumovih atoma se sastoje od 4 nukleona: 2 protona i 2 neutrona, a jezgra kiseonikovih atoma sa sastoje od 16 nukleona: 8 protona i 8 neutrona. Tako bi tipični kosmički uzorak od 100 atoma posedovao 142 nukleona – 116 protona i 26

neutrona. Ako, sada, pomnožimo ukupan broj nukleona u Kosmosu sa odnosom broja atoma i nukleona ( $100/142$ ) dobićemo  $8,45 \cdot 10^{78}$ , što predstavlja našu procenu ukupnog broja atoma u našem Kosmosu.

## - Šta je to Veliki Prasak?

Veliki Prasak, poznat i pod imenom Big Beng predstavlja popularni naziv za trenutak nastanka našeg Kosmosa koji se desio pre između 12 i 16 milijardi godina. Čitav Kosmos kakvim ga danas poznajemo, nalazio se pre trenutka Velikog Praska u stanju singulariteta (u jednoj tački), što znači da je njegova gustina, kao i zakrivljenost prostor-vremena u njemu bila beskrajno velika. Dokazi za ovakav način postanka sveta se nalaze u trenutnom širenju Kosmosa, odnosno stalnom međusobnom udaljavanju galaktičkih jata, kao i u postojanju pozadinskog mikrotalasnog zračenja, koje predstavlja zaostale elektromagnetne talase iz doba nastanka Kosmosa. Neposredno nakon trenutka Big Benga, celokupna kosmička materija se nalazila u obliku elektromagnetnih talasa, odnosno svetlosti da bi se tek nakon određenog vremena (nakon otprilike jedne sekunde), energija počela materijalizovati. Oko 100 sekundi nakon Big Benga, temperatura Kosmosa je postala dovoljno niska da bi protoni i neutroni mogli da se spoje u atomska jezgra najlakših elemenata kao što su vodonik, helijum i litijum. 10 000 godina nakon Velikog Praska, energetska gustina materije u Kosmosu je postala veća od energetske gustine svetlosti (odnosno elektromagnetnih talasa), pa je Kosmos tada postao providan za zračenje (jer su fotoni počeli da se više rasipaju među sobom, nego sa materijom), fotoni su se termalizovali i počeli su da se ponašaju kao toplotno zračenje crnog tela, a upravo ovo mikrotalasno pozadinsko zračenje predstavlja talase koji vode poreklo iz ovog perioda nastanka Kosmosa. Oko 500 000 godina nakon trenutka Velikog Praska, temperatura Kosmosa je postala dovoljno niska da bi i elektroni počeli da se vezuju za atomska jezgra, pa su u ovo vreme nastali i prvi atomi vodonika, helijuma i litijuma (svi elementi teži od ova tri, nastaju u zvezdama, a u prostor se razbacuju putem eksplozija supernova). Tokom milion godina nakon trenutka Velikog Praska, sva kosmička materija je uglavnom bila u obliku plazme (protoni su bili odvojeni od elektrona), sve dok temperatura Kosmosa nije pala na oko 3000 K, kada je postalo moguće kombinovanje elektrona i protona u znatno većoj meri, kao i stvaranje najbrojnijih atoma vodonika. Ovi atomi vodonika su se tek oko milijardu godina kasnije počeli sažimati pod dejstvom gravitacije i tada su nastale prve Galaksije i zvezde. Pod dejstvom privlačne sile gravitacije, Kosmos se najverovatnije usporava da bi se nakon kratkotrajnog izjednačavanja sile koja teži širenju i privlačne gravitacione sile došlo do prevladavanja sile gravitacije i do ponovnog sažimanja Kosmosa u jednu tačku. Danas se smatra da se Kosmos nalazi u stanju beskonačnog pulsiranja (širenja i skupljanja), tako da nakon stvaranja sveta dolazi do njegovog uništenja i ponovnog stvaranja i ponovnog uništenja i ponovnog stvaranja, kako život nikada ne bi prestao da postoji.

## - Šta je to pozadinsko zračenje?

Svako telo koje poseduje unutrašnju energiju, tj. čija je temperatura veća od apsolutne nule, emituje energiju u obliku elektromagnetnih talasa, odnosno svetlosti. Plankov zakon nam govori da emitovana talasna dužina ove svetlosti zavisi od temperature tela. Što je veća temperatura tela, to je manja talasna dužina zračenja, i obrnuto. Nezamislivo visoka temperatura Velikog Praska u kome je nastao naš Kosmos oslobodila je elektromagnetno zračenje veoma male talasne dužine. Međutim, zbog širenja Kosmosa oko tačke Velikog Praska došlo je do hlađenja celog Univerzuma, pa i do povećavanja talasne dužine tog tzv. pozadinskog zračenja, čiji se maksimum danas nalazi u mikrotalasnoj oblasti elektromagnetnog spektra i prisutan je svuda oko nas, odnosno dolazi iz svih pravaca na nebu.

Ova pojava stalnog povećavanja talasne dužine pozadinskog zračenja može se objasniti i Doplerovim efektom, tj. povećavanjem talasne dužine svetlosti usled međusobnog udaljavanja objekata, u ovom slučaju Galaksija. Pošto mikrotalasi imaju veću talasnu dužinu i od vidljive svetlosti i od infracrvenog zračenja, ovo pozadinsko zračenje se opaža pomoću radio teleskopa i dolazi iz svih pravaca u Univerzumu. Maksimalna talasna dužina pozadinskog zračenja koje se prostire duž opsega od 0,6 mm do 60 cm, nalazi se na oko 8 milimetara, što po Plankovom zakonu odgovara temperaturi od 2,73 Kelvina.

### **- Šta je kosmička inflacija?**

Kosmička inflacija predstavlja teoriju o nastanku Kosmosa po kojoj je Kosmos tokom jednog delića sekunde nakon Velikog Praska rastao ogromnom brzinom da bi nakon toga znatno usporio svoju brzinu širenja koja je jednaka današnjoj. Po ovoj teoriji je upravo inflacija, odnosno ubrzano širenje Kosmosa u kratkom vremenskom intervalu izazvalo nastanak fluktuacije energije, odnosno materije Kosmosa što kasnije nije dovelo do formiranja uniformne mase čestica već odvojenih Galaksija. Takođe, po ovoj teoriji, inflacije je odgovorna i za nastanak malih fluktuacija u temperaturi pozadinskog kosmičkog zračenja (2,73 K) koje je detektovao jedan mikrotalasi teleskop koji je desetak dana tokom 1998. godine u balonu na visini od 37 km leteo iznad Antarktika (BOOMERANG – *Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics* – eksperiment). Po inflatornom modelu Kosmosa, koji je nastao tokom 80-ih godina 20. veka, Univerzum je prošao kroz fazni prelaz  $10^{-35}$  sekundi nakon trenutka Velikog Praska i zatim se širio eksponencijalnim porastom brzine (kod koga je u svakom trenutku brzina porasta brzine jednaka brzini), a ovaj model je izrađen na osnovu pretpostavke da je gustina Kosmosa kritična, tj. da se naalzi tačno na graničnoj vrednosti između otvorenog Kosmosa (koji se večno širi) i zatvorenog Kosmosa (koji se naizmenično širi i skuplja), pa se ovakav model materijalnog Kosmosa naziva ravnim. U inflatornom modelu, Kosmos je neposredno nakon trenutka Velikog Praska predstavljao četvorodimenzionalni mehur čiste vakuumske energije, bez imalo materije ili svetlosti. Nakon perioda brzog širenja (inflacije) i isto tako brzog hlađenja, potencijalna energija vakuuma se pretvorila u kinetičku energiju materijalnih čestica i elektromagnetnih talasa, pa je Kosmos opet počeo da se greje. Kao posledica vakuumskog pritiska tokom inflacije, svetlost je bila u stanju da prevaziđe gravitacionu silu kojom je privlači materija i da se kreće brže od nje, pa se smatra da je do kraja perioda inflacije, svetlost obišla ceo Kosmos, a u skladu sa ovom pretpostavkom, konačna brzina svetlosti prestaje da bude inkonzistentna sa izotropnošću pozadinskog zračenja. Trenutno najpopularniji naučni model koji se suprotstavlja modelu inflacije je model Ekpirotičkog Kosmosa koji počinje sa hladnim, statičnim petodimenzionalnim prostor-vremenom koje je skoro supersimetrično, a 4 prostorne dimenzije su povezane putem dva trodimenzionalna zida (tzv. tri grane), pri čemu jedan od ovih zidova čini prostor u kome živimo, dok je drugi skriven našoj čulnoj percepciji.

### **- Šta su to magnetni monopoli?**

Ukoliko uzmemo u ruke bilo koji magnet na Zemlji, na njemu ćemo primetiti dva magnetna pola: severni i južni, a linije sila magnetnog polja će se pružati između ova dva pola. Kada bismo jedan ovakav, običan magnet prepолоvili na dva dela, ne bismo dobili jedan magnet samo sa severnim i jedan magnet samo sa južnim polom, već dva magnetna od kojih bi svaki imao svoj severni i svoj južni pol. Magnetni monopoli predstavljaju hipotetičke (što znači da je njihovo postojanje pretpostavljeno, ali ne i potvrđeno) magnetne koji poseduju samo po jedan magnetni pol. Za razliku od naelektrisanih sistema koje je moguće razdvojiti

tako da u jednoj polovini sistema postavimo samo pozitivno, a u drugom delu samo negativno naelektrisane čestice, magnetni ekvivalenti ovih električnih “monopola” još uvek nisu primećeni i pored toga što bi se Maksvelove jednačine elektromagnetnog polja pokazale potpuno simetričnim ukoliko bi se potvrdilo njihovo postojanje. Takođe, čestične teorije kao što je npr. Velika Ujedinjena Teorija koja pokušava da u jedan teorijski okvir ujedini sve 4 poznate prirodne sile (gravitacionu, slabu nuklearnu, jaku nuklearnu i elektromagnetnu), pa čak i teorija superstruna, pretpostavljaju da magnetni monopoli postoje u našem Kosmosu, a teorija relativnosti nam kaže da je Veliki Prasak (odnosno fazni prelaz u okviru koga su se razdvojile nekada, na velikim energijama ujedinjene 4 prirodne sile) mogao da stvori toliko mnogo magnetnih monopola da bi njihova današnja gustina trebalo da bude oko sto milijardi puta veća od gustine Kosmosa koju danas registrujemo sa Zemlje. Ipak, na Zemlji još niko nije pronašao nijedan magnetni monopol. Teorija o inflatornom Kosmosu smatra da postoji samo jedan magnetni monopol po mehuru vakuumske energije, a pošto je po ovoj teoriji ceo naš Kosmos nastao iz samo jednog mehura vakuumske energije, tada u čitavom našem Kosmosu postoji samo jedan magnetni monopol, pa je njegova ovakva retkost i razlog zašto ga još uvek nismo primetili. Kada bi u našem Kosmosu bili otkriveni magnetni monopoli, oni bi nam verovatno objasnili zašto je naelektrisanje u našem svetu postojano samo u jedinicama elementarnog naelektrisanja (odnosno, naelektrisanja koje nose jedan proton ili jedan elektron), a smatra se da je jedinični magnetni “naboj” magnetnih monopola (što je istovremeno minimalno magnetno polje koje oni mogu posedovati) jednak količniku elementarnog naelektrisanja ( $1,6 \cdot 10^{-19}$  C) i dvostruke vrednosti konstante fine strukture (1/137). Ipak, ukoliko postoje, smatra se da su magnetni monopoli ipak prilično masivni, s obzirom da bi najmanji od njih trebalo da poseduju masu od oko 1000 protona, a da su pri tome njihovi prečnici hiljadu puta manji od dimenzija jednog protona.

### **- Kako bismo stanovniku neke druge planete preko radio-veze objasnili šta je levo, a šta desno?**

Kada bismo jednog dana stupili u telefonsku vezu sa stanovnikom neke druge planete, lako bismo mu objasnili šta je gore, a šta dole. Naime, rekli bismo mu da su zvezde i nebo gore, a zemlja dole. Čak i ukoliko oni hodaju naglavačke, opet bi razumeli šta je za nas gore, a šta dole. Međutim, kada bismo pokušali da im objasnimo šta je za nas levo, a šta desno, suočili bismo se sa malim problemom. Naime, ne vredi da mu kažemo da naše srce iako se nalazi na sredini, kuca jače sa leve strane, jer je kod njih možda obrnuto. Ne možemo se vezivati ni za kretanje nebeskih tela, jer bi npr. i kretanje kazaljke na satu bilo suprotno usmereno ukoliko bi se planeta okretala od istoka ka zapadu (ili ako bi sunčani časovnik izmislili stanovnici Južne hemisfere). Takođe, ne možemo se poslužiti matematičkim funkcijama, jer ne znamo da li za razliku od našeg koordinatnog sistema čije brojne vrednosti rastu sa leva na desno, kod njih nije obrnuto. Međutim, u našem svetu ipak postoje neke pojave koje su asimetrične. Takvi su neki organski molekuli, npr. amino kiseline. Naime, sve amino kiseline koje izgrađuju molekule proteina u živom svetu oko nas poseduju L molekulsku konfiguraciju, što znači da obrću ravan polarizovane svetlosti (svetlosti čiji elektromagnetni talasi osciluju u jednoj ravni) na levo. Međutim, veštačke amino kiseline ne obrću ravan polarizovane svetlosti, već sadrže ravnomernu smešu L i D molekulskih oblika. Ipak, kada bismo neku sintetičku amino kiselinu ostavili u prirodnoj sredini, bakterije bi pojele samo L-konformaciju, pa bi nam ostali molekuli amino kiseline isključivo D oblika. Stoga bismo u komunikaciji sa našim prijateljem Kosmopolitom mogli da se poslužimo nekom od prirodnih ili veštačkih amino kiselina kako bismo mu objasnili šta je za nas levo, a šta desno. Ipak, ne bismo mogli da budemo potpuno sigurni da na njegovoj planeti živi svet nije drugačiji, pa i da je situacija sa optičkim konformacijama amino kiselina izmenjena. Tada

bismo morali da se poslužimo  $\beta^-$  radioaktivnim raspadom kobalta-60. Naime, po jedan neutron u jezgri ovih atoma se nakon određenog vremena pretvara u proton, koji ostaje u atomskom jezgri, i antineutrino i elektron koji se emituju van atoma, pri čemu se više elektrona emituje u suprotnom smeru (tj. u levo) od spina atoma nego u istom smeru. S obzirom da je ova pojava ista u svim delovima Kosmosa, nju bismo lako mogli da iskoristimo za razlikovanje leve od desne strane. I raspad  $K^+$  mezona je slično  $\beta^-$  radioaktivnim raspadu kobalta-60, asimetričan, pri čemu dolazi do narušavanja zakona o održanju parnosti (parnost ili neparnost talasne funkcije). Raspad  $K^+$  mezona daje dva ili tri pi-mezona, a pošto pi-mezon ima neparan paritet, to se u prvom slučaju dobija paran, a u drugom neparan paritet. Pošto raspad jedne čestice ( $K^+$  mezona) mora uvek davati ili paran ili neparan paritet, a ne i jedan i drugi, dolazi do kršenja zakona o održanju pariteta, a narušavanje principa pariteta znači i narušavanje principa desno-levo simetrije po kojoj prirodni zakoni pokazuju onu istu simetriju koju imaju predmet i lik u ogledalu. Naime, slaba nuklearna sila ne poštuje zakon održanja parnosti, dok se u jakim nuklearnim i elektromagnetnim interakcijama parnost sistema održava kroz sve promene.

### **- Koje je boje Kosmos?**

Nedavno su naučnici sa naše planete sproveli projekat u vezi sa određivanjem ukupne boje našeg Kosmosa. Prvi rezultati ovog ispitivanja su nam rekli da kada bismo pomešali svetlost svih zvezda u našem Kosmosu, i kada bismo možda mogli da držimo jedan ovakav Kosmos na dlanu, njegova boja bi bila boja mora. Međutim, nekoliko nedelja nakon ovog senzacionalnog otkrića, marta 2002. godine, grupa naučnika koja je izvela ovaj projekat, saopštila nam je da je prilikom sabiranja boja došlo do greške u *software*-u koji je bio specijalno napravljen za izvođenje ovog projekta, a da je nakon uklanjanja programske greške, kompjuter saopštio da je rezultujuća boja Kosmosa zapravo bež. Naučnici su do ovog zaključka došli tako što su preveli svetlosne spektre svih sa Zemlje vidljivih zvezda (iz preko 200 000 Galaksija koje se nalaze na rastojanjima do 3 milijarde svetlosnih godina od nas) u jedinstven spektar, a zatim su sve boje iz ovog tzv. kosmičkog spektra pomešali srazmerno njihovim intenzitetima. Tako je najpre dobijena tirkizna, a zatim bež boja, što je posebno interesantno jer nikada nismo videli zvezdu koja sija ni u tirkiznoj, a ni u bež boji. Danas se smatra da kada je Kosmos zajedno sa svim svojim zvezdama bio mlađi nego danas, njegova boja je bila plava, da bi tokom vremena polako opadala ka nižim frekvencijama. Danas je ona žuta, a u budućnosti će verovatno nastaviti da se kreće ka crvenom kraju spektra.

### **- Kako se pronalaze crne rupe u Kosmosu?**

Što je nebesko telo masivnije, to je veća sila gravitacije kojom ono deluje na susedna tela. Kosmička brzina je brzina koju je potrebno da poseduje telo na površini nebeskog tela kako bi napustilo njegovo gravitaciono polje i otisnulo se u Kosmos. Međutim, kada je nebesko telo masivnije od trostruke mase Sunca, i ako je prethodno potrošilo svoje nuklearno gorivo (čijim se sagorevanjem zvezda protivila sažimajućoj sili gravitacije), tada je kosmička brzina sa površine tog tela veća od brzine svetlosti, pa čak ni sama svetlost (koja uopšte nema masu) nije u stanju da pobegne sa tog tela koje astronomi nazivaju crnim rupama. Premda crne rupe ne možemo da vidimo, postoje neke njene osobine koje ipak možemo da izmerimo kao što su npr. masa, naelektrisanje ili brzina rotacije (ugaoni momenat). Masu crne rupe možemo izmeriti ukoliko pažljivo posmatramo kretanje njenih susednih tela. Ukoliko crna rupa ima partnera (u vidu druge zvezde ili diska materije koji je okružuje), tada je moguće pomoću teleskopa (primenom Keplerovih zakona) izmeriti poluprečnik orbite susedne zvezde ili diska materijala oko crne rupe, kao i brzinu orbitiranja tela oko crne rupe. Takođe, premda

su crne rupe potpuno nevidljive, njihovo postojanje u Kosmosu registrujemo na osnovu njihovog dejstva na susedna nebeska tela. Naime, kada primetimo neku zvezdu na čije kretanje deluje privlačenje neke nevidljive mase, tada možemo da zaključimo da se crna rupa nalazi u njenoj blizini. Ako vidljiva zvezda pokazuje kolebanje u kretanju (kretanje napred-nazad što primećujemo na osnovu periodičnih Doplerovih pomaka svetlosti ka plavom i ka crvenom kraju spektra) ili gasni disk rotira, a u oba slučaja ne postoji neki vidljivi uzrok toga, pri čemu je intenzitet gravitacionog privlačenja veći od sile koja odgovara masi od 3 Sunca (u suprotnom bi to mogao biti patuljak ili neutronska zvezda), tada je moguće da gravitacija crne rupe predstavlja tu nevidljivu silu. Na osnovu istih posmatranja se može odrediti i masa crne rupe. Tako, npr. u jezgru Galaksije NGC 4261 postoji spiralni rotirajući disk braon boje, koji je veličine našeg Sunčevog sistema, ali je njegova masa 1,2 milijardi puta veća od mase Sunca. Tako velika masa za jedan disk gasa indicira da se i crna rupa nalazi u središtu diska, a da se ovaj materijal ubrzavajući se ka crnoj rupi greje, usijava i stoga emituje svetlost. Takođe, poznato nam je da gravitacija privlači i svetlost. Stoga, kada crna rupa prođe između nas i posmatranog nebeskog tela, doći će do širenja svetlosnog izvora (čiji sjaj ostaje isti, ali raspoređen na većem delu nebeske sfere) ili do iluzije o postojanju dve posmatrane zvezde umesto samo jedne, što je poznato kao efekat gravitacionih sočiva. Kada se desi ovakva pojava i kada je objekat koji je svojom gravitacijom savio svetlost nevidljiv, onda pretpostavljamo da je to bila crna rupa. Uz sve ovo, kada materija iz okolne zvezde, privučena crnom rupom, počne da se sliva ka njoj, ona se zagreva do temperatura od nekoliko miliona stepeni. Poznato nam je da svaka materija emituje toplotni spektar elektromagnetnih talasa u zavisnosti od svoje temperature. Ovako superzagrejana materija emituje X-zračenje koje može biti detektovano od strane teleskopa osetljivih na X-zrake kao što je onaj iz *Chandra X-ray* opservatorije koja orbitira oko Zemlje.

### **- Kako se određuju veličine crnih rupe?**

Crne rupe predstavljaju oblasti u prostoru sa toliko jakom gravitacijom, da čak ni svetlost ne može da ih napusti. Crne rupe nastaju kada zvezda čija je masa veća od 3 Sunčeve mase potroši svoje nuklearno gorivo - koje joj je do tada služilo za stvaranje unutrašnjeg pritiska koji se opirao težnji gravitacije da što više smanji zvezdu - i kolabira pod dejstvom sopstvene gravitacije, pretvarajući se u singularitet, odnosno tačku beskrajnje gustine. Veličina crne rupe se obično izražava preko Švarcšildovog (*Karl Schwarzschild*, koji je rešio Ajnštajnovu jednačinu vakuumske polja za nenaelektrisane sferno-simetrične sisteme) poluprečnika, koji definiše tzv. horizont događaja (kao kruga sa poluprečnikom jednakim Švarcšildovom poluprečniku, a sa crnom rupom u centru), a u terminima teorije relativnosti, ovaj poluprečnik predstavlja rastojanje, odnosno duž čijom se rotacijom oko centralne tačke formira sfera u okviru koje je prostor-vreme toliko iskrivljeno da potpuno okružuje nebesko telo. Celokupna masa crne rupe skoncentrisana je praktično u jednoj tački, tj. singularitetu, a sva svetlost (a i materija) koja priđe toj tački na manje rastojanje od Švarcšildovog poluprečnika biva privučena u tačku crne rupe pomoću njene gravitacije. Švarcšildov poluprečnik crne rupe direktno zavisi od njene mase, a jednak je proizvodu dvostruke mase crne rupe i gravitacione konstante ( $6.672 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ) podeljene sa kvadratom brzine svetlosti (299 792 km/s u vakuumu). Iako se crne rupe ne mogu videti, iz ove jednačine možemo zaključiti da poređenjem gravitacione privlačnosti između crne rupe i nekoliko okolnih nebeskih tela relativno lako možemo odrediti razmere njenog dejstva u vidu horizonta događaja, odnosno Švarcšildovog poluprečnika.

### **- Kako crne rupe svetle?**

Crna rupa je, po definiciji, oblast beskonačne zakrivljenosti prostor-vremena iz koje usled ogromne gravitacije, čak ni svetlost ne može da izađe. Međutim, sva materija koja pada u crnu rupu prilično se zagreje jer dolazi do njenog ubrzavanja i intenzivnijeg sudaranja atoma pod dejstvom privlačne sile gravitacije, a što kao rezultat dovodi do emisije svetlosti (kako vidljive svetlosti, tako i energetske elektromagnetne talase), a u slučaju supermasivnih crnih rupa (preko milijardu Sunčevih masa) i do džinovskih mlazeva materije, zajedno sa emisijama radio talasa. Osim ovog načina svetljenja, postoji još jedna pojava svetljenja dokazana u slučaju manjih crnih rupa, a naziva se Hokingovom radijacijom, i predstavlja pojavu da određene čestice u okviru Švarcšildovog poluprečnika (koji definiše oblast crne rupe koju čestice koje se kreću manjim ili jednakim brzinama od brzine svetlosti ne mogu da napuste) mogu napustiti oblast crne rupe. Prema drugom zakonu termodinamike, entropija (mera neuređenosti sistema) nekog izolovanog sistema se uvek povećava, a kada se dva sistema spoje, entropija novog sistema je veća od zbira entropija pojedinačnih sistema. Kada materija koja nosi entropiju padne u crnu rupu, povećava se područje njenog horizonta događaja (oblasti uokvirene Švarcšildovim poluprečnikom), tako da se nikada ne smanjuje zbir entropije materije izvan crnih rupa i unutar područja horizonta događaja. Međutim, ako crna rupa ima entropiju, ona onda mora imati i temperaturu, a svako telo na određenoj temperaturi emituje zračenje. Ovo zračenje je neophodno da bi se sprečilo narušavanje drugog zakona termodinamike (pod uslovom da crne rupe stvarno poseduju entropiju). Čestice koje napuštaju crnu rupu zapravo ne potiču iz crne rupe, već iz praznog prostora neposredno iznad njenog horizonta događaja. Naime, po kvantnoj teoriji, prazan prostor nikada ne može biti potpuno prazan (jer bi tada mogli potpuno precizno da izmerimo vrednost polja u njemu (nula), kao i brzinu promene polja (nula), što nije u saglasnosti sa Hajzenbergovim principom neodređenosti), već u njemu uvek moramo imati minimalne fluktuacije u vrednosti polja, npr. u obliku parova virtuelnih čestica svetlosti ili gravitacije, koje mogu putovati zajedno, razdvojiti se ili se međusobno potrti. Jedan od članova ovakvih parova čestica-antičestica će imati pozitivnu, dok će drugi član imati negativnu energiju. Jedna stvarna čestica u blizini nekog masivnog tela ima manje energije nego što bi imala kada bi se nalazila podalje od njega zato što bi trošila energiju na suprotstavljanje gravitacionom privlačenju tela. Energija čestice u blizini crne rupe je još uvek pozitivna, premda je gravitaciono polje u crnoj rupi tako snažno da tu čak i stvarna čestica može imati negativnu energiju. Stoga je moguće da virtuelna čestica sa negativnom energijom, koja upadne u crnu rupu, postane stvarna čestica ili antičestica. U ovom slučaju, ona više ne mora da se potre sa svojim partnerom, koji može i sam da dospe u crnu rupu ili pošto ima pozitivnu energiju, takođe može i da pobegne iz blizine crne rupe kao stvarna čestica ili antičestica. Udaljenom posmatraču bi izgledalo da je ovu česticu emitovala crna rupa. Što je crna rupa manja, to je kraća razdaljina koju čestica sa negativnom energijom mora da pređe pre nego što postane stvarna čestica, te je tako i veći obim emitovanja, kao i prividna temperatura crne rupe. Takođe, što je manja masa crne rupe, to je viša njena temperatura. Tako će sa postepenim isparavanjem crne rupe, dolaziti do povećavanja njene temperature i brzine emitovanja, pa će ona sve brže i gubiti masu. Ipak, jedna crna rupa čija masa samo nekoliko puta premašuje Sunčevu masu, imala bi temperaturu od nekoliko milionitih delova stepena iznad apsolutne nule, što je znatno manje od temperature mikrotalasnog zračenja koje ispunjava Kosmos (oko 2,73 K) pa će ovakve crne rupe emitovati manje energije nego što apsorbuju sve dok se Kosmos ne ohladi tako da temperatura pozadinskog zračenja postane manja od temperature crne rupe. Naravno, smatra se da bi i u tom slučaju, bilo potrebno oko  $10^{66}$  godina da bi crna rupa potpuno nestala.

**- Ako svetlost nema masu, kako onda ne može da napusti crnu rupu?**

Svetlost se sastoji od malih kvanata ili talasno-čestičnih paketića pod imenom fotoni. Svaki foton poseduje svoju frekvenciju kojom osciluje njegovo elektromagnetno polje u prostor-vremenu. Fotoni se kreću brzinom svetlosti, a poznato nam je da se samo stvari koje nemaju masu mogu kretati tačno ovom brzinom. Ako bismo želeli da budemo još precizniji, onda bismo rekli da fotoni ne poseduju masu mirovanja, odnosno masu koju poseduje telo kada se ne kreće. Galileo Galilej je u svom čuvenom eksperimentu ispustio sa krivog tornja u Pizi dva predmeta različitih masa i video da oni istovremeno padaju na Zemlju. Iz ovoga je izveo čuveni princip ekvivalencije, po kome gravitacija podjednako deluje na sva tela nezavisno od njihove mase, jer se sa padanjem tela, gravitaciona masa koja određuje intenzitet gravitacione sile koja deluje na telo potire sa inercijalnom masom (koja je jednaka gravitacionoj masi, što je i suština principa ekvivalencije) koja određuje silu reakcije tela na silu gravitacije. Albert Ajnštajn je zatim dopunio princip ekvivalencije time što je dejstvo gravitacione sile izjednačio sa ubrzavanjem tela u odnosu na dati referentni sistem. Kada zvezdana svetlost prolazi pored neke masivne zvezde, ona biva savijena ka njoj, jer je privlači sila gravitacije. Isto tako i svetlost koja se penje sa Zemljine površine gubi nešto malo svoje energije, jer Zemlja svojom gravitacijom pokušava da je vrati ka sebi. Ajnštajnova Opšta teorija relativnosti nam pruža potvrdu istinitosti principa ekvivalencije. Naime, po ovoj teoriji, gravitacija predstavlja posledicu zakrivljenosti prostor-vremena. Prostor-vreme se zakrivljuje u blizini velikih masa, pa iako tela privučena gravitacijom slede pravu putanju u četvorodimenzionalnom zakrivljenom prostor-vremenu, nama u trodimenzionalnom prostoru izgleda kao da se njihova putanja krivi i pada ka velikoj masi. Sva tela, teška, lagana ili čak i ona koja ne poseduju masu kao npr. fotoni, prolaze kroz prostor-vreme sledeći pri tome najkraći put koji nama, s obzirom da sve to posmatramo iz manje-dimenzionalnog sveta, izgleda teško zamislivo. Crne rupe predstavljaju područja beskonačne zakrivljenosti prostor-vremena, pa stoga za sva tela koja u njih upadnu, vreme prestaje da teče, jer se sve čestice u njime uključujuću u svetlosne fotone mogu samo kretati po zatvorenoj zakrivljenoj prostorno-vremenskoj putanji.

## - Šta su to bele rupe?

Bele rupe predstavljaju hipotetička nebeska tela sa osobinama koje su matematički inverzne (suprotne) osobinama crnih rupa. Njihovo postojanje bi nam pružilo objašnjenje o tome šta se dešava sa materijom koja upadne u crnu rupu. Prema današnjim shvatanjima, materija koja dospe u crnu rupu, stapa se sa njenim singularitetom (tačkom beskraje gustine) enormno velike mase i gravitacije. S druge strane, prema teoriji o belim rupama, materija koja bi upala u rotirajuću crnu rupu (tzv. Kerova rupa za razliku od nerotirajućih Švarčildovih rupa), izašla bi iz nje kroz belu rupu u nekom drugom prostor-vremenu, tj. u nekom drugom delom Kosmosa. Transfer materije bi mogao da se izvrši preko ogromnih udaljenosti veličine i po nekoliko miliona ili milijardi svetlosnih godina, a u sasvim sićušnom vremenskom intervalu. Naime, ukoliko postoje, bele rupe su povezane sa crnim rupama putem Rozen-Ajnštajnovih tunela (crvotočina) kroz koji materija prolazi trenutno, odnosno brže nego što se prostire svetlost. Kada materija izađe na drugom kraju Rozen-Ajnštajnovog tunela, ona se iznenada ponovo pretvara u običnu materiju i pri tome emituje mlazeve energetskih talasa, tj. onu energiju koja je bila zarobljena u crnoj rupi. Tako, bele rupe predstavljaju prostorno-vremenske pandane crnim rupama, sa tom razlikom što ne gutaju okolnu materiju već emituju materiju koju je prethodno progutala neka crna rupa. Eventualno postojanje belih rupa bi podrazumevalo i mogućnost trenutnih putovanja u neke udaljene delove Kosmosa, kao i u prošlost ili budućnost, naravno pod uslovom da su putnici u stanju da izdrže tako veliku gravitaciju kao onu koja vlada u blizini crne rupe. Ipak, danas se smatra da je zvezda koja kolabira u rotirajuću crnu rupu zadržala oko seben prsten neutrona koji bi stvarao dovoljno



veliku centrifugalnu silu kako bi se sprečilo poniranje progutane materije (gravitacijom privučene materije) u singularitet. Tako bi putovanje u jednu ovakvu crnu rupu bilo bezbedno, jer ne bi postojala enormno velika gravitaciona sila dovoljna da zdrobi sve predmete koji se bace ka njoj. Takođe, smatra se da bi ovakvi sistemi povezanih crnih i belih rupa koristili neki vid egzotične materije (materija negativne energije) radi potiskivanja materije i energije od crnih ka belim rupama. Pristalice hipoteze o belim rupama smatraju da su i kvazari, daleki kosmički objekti malih dimenzija, ali čiji sjaj prevazilazi sjaj čitavih Galaksija, ništa drugo do bele rupe.

## **- Kako se otkrivaju planete van Sunčevog sistema?**

Sve do 1991. godine, kada je astronom Aleks Volšan otkrio dve planete koje orbitiraju oko pulsara u sazvežđu Device, Sunce nam je bila jedina poznata zvezda koja poseduje planete oko sebe. Po definiciji, planete predstavljaju velika nebeska tela koja kruže oko zvezda i sa svojih površina reflektuju zvezdanu svetlost. Pošto je ovako reflektovani sjaj planeta izuzetno mali i zaklonjen zvezdom oko koje ona orbitira, jedini način registrovanja planete je u detektovanju njenog efekta na njenu matičnu zvezdu. Astronomi su do sada identifikovali preko 50 planeta izvan našeg Sunčevog sistema, koje se zajedničkim imenom nazivaju ekstrasolarnim planetama. Postupak otkrivanja ekstrasolarnih planeta obuhvata jednu od tri metode: astrometriju, Doplerova spektroskopiju ili fotometriju. Astrometrijsko detektovanje se sastoji u merenju kolebanja putanje zvezde oko centra Galaksije pod dejstvom gravitacionog privlačenja od strane planete. Merenjem perioda ovog kolebanja, može se izračunati period orbite planete, oblik i poluprečnik orbite planete i njena masa. Doplerova spektroskopija obuhvata merenje periodičnog pulsiranja zvezde napred-nazad u odnosu na Zemlju. Naime, pod dejstvom gravitacije planete, zvezda takođe opisuje veoma malu orbitu, koja npr. u slučaju našeg Sunca (pod dejstvom gravitacije Jupitera) iznosi 11 metara. Dok se zvezda prividno približava ka nama, njen spektar je pomeren ka plavom kraju spektru, dok se tokom njenog udaljavanja od naše tačke posmatranja, njena svetlost pomera ka crvenom kraju spektra. Ovi pomaci svetlosti se nazivaju Doplerovim pomerajima, a merenjem zvezdanih spektara tokom vremena možemo ustanoviti prisustvo planete u njenoj orbiti. Iz perioda Doplerovog pomaka zvezdane svetlosti i iz podatka o masi zvezde, možemo izračunati poluprečnik orbite planete, a iz amplitude pomaka, možemo izračunati masu planete. Takođe, može se desiti da planeta tokom svog orbitiranja oko svoje zvezde, na trenutke delimično zakloni (za 2-5 % smanji njen sjaj) zvezdanu svetlost koju posmatramo, a putem konstantnog merenja zvezdanog sjaja tokom vremena, moguće je otkriti prisustvo planete u njenoj orbiti, što čini suštinu fotometrijskog načina detektovanja ekstrasolarnih planeta. Sve do sada otkrivene ekstrasolarne planete predstavljaju planete džinove, čija masa se kreće od mase Saturna (95 masa Zemlje) do mase Jupitera (320 masa Zemlje), a koje orbitiraju oko svojih zvezda na rastojanjima od oko 3 astronomske jedinice (prosečno rastojanje Zemlje od Sunca je jednako jednoj astronomskoj jedinici, odnosno oko 150 miliona kilometara). NASA planira da tokom naredne decenije lansira u orbitu sistem teleskopa (*Terrestrial Planet Finder*) koji će biti u stanju da neutrališe svetlost zvezda kako bi mogao da se detektuje infracrveni spektar planeta i na taj način odredi njihov sastav. Oblik infracrvenog spektra planete će nam ukazivati na temperaturu planete (i da li je voda ili neka druga životna tečnost na njoj u tečnom stanju tako da je moguć život na planeti), jaka traka ugljen dioksida će ukazivati na postojanje atmosfere, ozonska traka će ukazivati na prisustvo kiseonika i života na planeti, a traka vode će ukazivati na prisustvo mora i okeana na njenoj površini.

## **- Šta je to SETI?**

*SETI* predstavlja inicijale projekta koji se zove *Search for Extra-Terrestrial Intelligence*, što u prevodu znači "potraga za vanzemaljskom inteligencijom". Slično našoj civilizaciji koja ostatku Kosmosa otkriva svoje prisustvo još od 30-ih godina 20. veka putem svakodnevnog slanja radio talasa u kosmička prostranstva, istraživači koji su pokrenuli *SETI* projekat, nadaju se da u beskrajnom Kosmosu postoji još mnogo drugih inteligentnih civilizacija do čijih bismo položaja na nebu došli na osnovu proučavanja radio talasa koji nam pristižu iz Kosmosa. Pošto je nebo iznad nas toliko veliko, postoje dva osnovna pristupa *SETI* traganjima, a to su: potraga širokog polja (u okviru koje se pri niskoj rezoluciji pretražuju radio signali sa celog neba) i usmerena potraga (u okviru koje se traže *ET* signali sa 1000-2000 zvezda sličnih našem Suncu, a za sada projekat *Phoenix* predstavlja jedini tip ovakvog traganja). Projekat *SETI* obraća posebnu pažnju na frekvenciju od 1,42 GHz (talasna dužina od 21 cm) pri kojoj vibriraju atomi vodonika u molekulu vodonika, kao i na frekvenciju od 1,65 GHz pri kojoj vibriraju atom kiseonika i atom vodonika oko veze u hidroksilnom jonu ( $\text{OH}^-$  jon, sastavni deo vode), jer se misli da bi vanzemaljci mogli da neku od ove dve frekvencije koriste kao noseći radio talas za prenos razumljivih informacija. Osim ove dve frekvencije, u rasponu od 1-10 GHz se nalazi drastičan pad radio šuma kako na Zemlji, tako i u Kosmosu, pa većina *SETI* istraživanja proučava upravo ovaj deo spektra. *SETI* istraživanja uključuju upotrebu veoma velikih radio-teleskopa (najčešće interferometrijskom metodom), odnosno satelitskih antena ogromnih razmera. Jedan od problema u vezi sa *SETI* projektom je taj što on zahteva ogromne kompjuterske sisteme. *SETI* antene su toliko velike da primaju signale svih radija, televizija, radara i satelita, a u svoj toj zbrci pokušavaju da prepoznaju radio signale neke druge civilizacije. Kompjuteri moraju analizirati svaku frekvenciju posebno i prosuđivati da li na njoj postoji neki razumljivi signal ili samo šum. Antena koju koristi neki od *SETI* projekata (npr. *SERENDIP* koji je 1998. godine lansiran u Australiji, a danas radio signale prikuplja pomoću *Arecibo* tanjira u Portoriku, odakle pretražuje južni deo neba) svakoga dana prikupi 35 Gigabajta podataka, koji se skladište na magnetnoj traci ili kompaktnom disku, zajedno sa pratećim podacima, kao što su datum, vreme, nebeske koordinate i podaci o opremi. Ovi podaci se zatim dele na manje paketiće (blokove od oko 107 sekundi) koji se raspodeljuju na 140 000 radnih jedinica. Jednom *desktop* personalnom kompjuteru je potrebno 30 sati da bi obradio jedan paketić podataka, pa bi stoga jedan kompjuter morao da radi 4,2 miliona sati (ili nešto više od 479 godina) kako bi obradio podatke iz samo jednog dana. Pošto bi ugradnja tolikog operativnog sistema bila jako skupa, *SETI* organizacija je došla na ideju da u proces obrade podataka, tj. radio signala iz kosmosa, uključi i sve stanovnike Zemlje koji to žele. Ukoliko imate kompjuter, potrebno je samo da odete na sajt "*SETI@home*" (koji u proseku dnevno obiđe oko 100 000 posetilaca) i presnimite i instalirate istoimeni *screen saver* na vaš kompjuter. Tako će vaš kompjuter u radnim pauzama umesto crtanja ribica i letećih tostera obrađivati svemirske radio signale i na taj način tragati za vanzemaljskim inteligentnim bićima. Ovaj *screen saver* je podeljen u 3 dela: prozor u kome se analiziraju podaci (gornji levi), prozor sa informacijama o podacima i korisniku (gornji desni) i analizirani grafik frekvencije signala u funkciji vremena (donji prozor). Paketić podataka preuzet sa nekog *SETI Web* sajta se deli na mnoštvo kanala matematičkom tehnikom poznatom kao brza Furijeova transformacija (*FFT – Fast Fourier Transformation*). Ukoliko su podaci slučajni, tada će intenzitet signala biti isti na svim kanalima. Međutim, ukoliko je prisutan samo jedan *ET* signal, tada će jedan ili više *FFT* kanala biti iznad ostalih, tj. iznad određenog prosečnog nivoa intenziteta svih kanala. Dalje, program analizira da li je frekvencija ovog (ili ovih) pikova blago pomerena ka susednim frekvencijama, što bi bilo uzrokovano Zemljinom rotacijom, a što bi ukazivalo na vanzemaljsko poreklo pika. Na kraju, pošto je *Arecibo* tanjir stacionaran (ne prati nebeska tela zajedno sa rotacijom Zemlje), *ET* signal bi se pomerio od kraja tanjira do njegovog centra i zatim do drugog kraja, pa bi grafik intenziteta signala u funkciji vremena bio zvonastog oblika. Ukoliko su svi ovi kriterijumi

ispunjeni za neke od pikova, tada program obaveštava o tome *SETI Web* sajt, koji dalje nastavlja istraživanje.

### **- Koja je razlika između astronomije i astrofizike?**

Astronomija je nauka o Kosmosu izvan Zemljine atmosfere. Tri glavne grane astronomije su astrometrija, nebeska mehanika i astrofizika. Sa druge strane, astrofizika je grana astronomije koja se bavi proučavanjem fizičkih procesa povezanim sa nebeskim telima i prostorom između njih. Ona se pre svega bavi energijom zvezdanih sistema i vezom između energije i evolucije makrokosmičkih materijalnih sistema. Prema tome, astronomija je nauka koja pokriva sva naučna istraživanja Svemira izvan naše atmosfere, dok je astrofizika samo oblast astronomije koja se bavi fizikom planeta, zvezda i drugih nebeskih tela, njihovim nastankom, evolucijom i njihovom budućnošću. Tako, na primer, ako imate teleskop u dvorištu i želite da posmatrate noćno nebo i napravite zvezdane karte onda ste astronom - amater, ali ako želite da pomoću jednačina izračunate na primer koliko treba da bude velika zvezda da bi jednoga dana postala supernova, onda se možete predstaviti kao amater - astrofizičar.

### **- Šta je to astrologija?**

Astrologija predstavlja drevnu mudrost koja se bavi proučavanjem dejstva planeta i zvezda na živa bića. Ljudima je danas poznato da je astrologija kao formirana nauka postojala još 5000 pre nove ere u civilizacijama Sumera i Akada, nakon čega je njeno postojanje očigledno i u starim egipatskim, grčkim i rimskim civilizacijama. Njeni ostaci se takođe, nalaze okamenjeni u ruševinama Tiohuanaka, Teotihuanana, Maja i Asteka, gde je ona dostigla svoj veliki uspon, nakon čega je u Evropi, njena popularnost polako ustupala mesto Galilejevoj i Kopernikovoj postavci heliocentričnog sistema, pa je njen uticaj na našoj planeti danas sveden uglavnom samo na horoskope u novinama. Po astrologiji, svaka planeta, slično Suncu i Mesecu deluje svojim suptilnim gravitacionim poljem na nas, a uz to i sve planete reflektuju sebi svojstven deo Sunčevog spektra, pa tako sa svake planete i zvezde dolaze posebni elektromagnetni talasi, koji svakako imaju uticaja na život na Zemlji. Nebeska sfera se može podeliti na 12 delova lučnog raspona od po 30°. Svaki od ovih delova neba se naziva zodijakom i u svakom od njih, svaka od planeta Sunčevog sistema ima drugačiji intenzitet i spektar zračenja u različitim vremenskim periodima, a time i drugačiji uticaj. Po zakonima astrologije, sve energije, koje su u trenutku našeg rođenja ispunjavala vreme i prostor, odražavaju se u nama. Mudri astrolozi nikada nisu bili obeshrabreni dekadencijom nauke o astrologiji u modernoj civilizaciji, već su uvek tvrdili da je od atoma do supergalaksija, sve spojeno u Jednom i Jedan je deo svega. Sve neprekidno teče od Svega ka Jednom i od Jednog ka Svemu. Iz Jednog se rađa mnoštvo, kako bi se opet pretvorilo u Jedno. I naravno, i čovek je deo Jednog, deo Kosmosa, njegov sastavni deo i Kosmos je u njemu. Razumevši kosmičko poreklo ljudskih tela, Hipokrat, osnivač medicine, nauke o zdravlju, smatrao je da svi saosećajni lekari moraju poznavati zakone astrologije, odnosno paralele između Kosmosa u zvezdama i Kosmosa u nama. Astrolozi se danas najviše bave proučavanjem kosmograma, položaja planeta i zvezda na nebu u datom trenutku i njihovim uticajem na mikrokosmički svet unutar živih bića. Ova izračunavanja su intuitivne prirode, premda često podrazumevaju i upotrebu komplikovanih matematičkih proračuna.

### **- Ko zvezdama daje imena?**

Da li su ljudi koji su otkrivenim zvezdama, planetama, sazveždima i Galaksijama dali imena znali da se one stvarno tako zovu, za nas je tajna. Ipak, u različitim zvezdanim katalogima, iste zvezde se skoro uvek nalaze pod različitim imenima, odnosno brojevno-slovnim oznakama. Iako svako od nas može dati zvezdama imena kakva osećamo da im pristaju, formalna imena astronomskih objekata sa naše planete određuje Komisija za imenovanje Međunarodnog Astronomskog Udruženja (*International Astronomical Union*) koja je osnovana tek 1997. godine. Komisija za imenovanje predlaže nomenklaturu planeta, meseca, zvezda i drugih nebeskih tela, dok samo Međunarodno astronomsko udruženje, koje će se prvi naredni put sastati u Sidneju 2003. godine, verifikuje ova imena. Planete van Sunčevog sistema, od kojih je do sada registrovano 8 (a otkriveno preko 50), trenutno dobijaju ime korišćenjem zvaničnim imena zvezda oko kojih kruže, ali još uvek nisu uvedena konkretna pravila o davanju imena planetama. A, osim u slučaju imenovanja planeta, poprilična zbrka postoji i u davanju imena zvezdama. Tako, neke zvezde, osim svojih popularnih imena, poseduju svoje nazive po Bajеровom obeležavanju, Flamstidovoj nomenklaturi, kao i po raznim drugim kataloškim brojevima. Najsjajnija zvezda na noćnom nebu Zemlje - zvezda Sirijus (koja je zapravo dvojna zvezda – Sirijus A je sjajna zvezda koju vidimo, dok je Sirijus B Zemlji najbliži beli patuljak čija je svetlost isuviše slaba da bismo mogli da je vidimo sa Zemlje) – što znači malo psetance, poznata je još i kao Alpha Canis Majoris, 9 Canis Majoris, BD-16 1591, SAO 151881, PPM 217626, kao i po mnogim drugim imenima.

### **- Šta je to kosmološko načelo?**

Kosmološko načelo nam kaže da je Kosmos kakvog ga vidimo izotropan i homogen. Naime, ukoliko usmerimo naš pogled ka bilo kom delu neba, u njemu će postojati isti broj (i iste vrste) Galaksija kao i u bilo kom drugom, jednako velikom nebeskom deliću. Stoga, kažemo da je Kosmos iz naše tačke posmatranje izotropan, odnosno da su Galaksije u njemu ravnomerno raspoređene u svim pravcima. S obzirom da se najveći broj Galaksija udaljava od nas (što znamo na osnovu crvenog pomaka njihovih svetlosti), lako bi moglo da nam padne na pamet da se naša mala planeta nalazi u centru Kosmosa. Međutim, da bi se izbeglo prekopernikovsko, geocentrično shvatanje po kome se Zemlja nalazi u centru sveta, moramo pretpostaviti da je Kosmos izotropan i u svakoj drugoj tački posmatranja, odnosno u svakoj tački Kosmosa. Stoga, kažemo da osim što je izotropan, Kosmos je i homogen. Oni koji smatraju da je Kosmos statičan, odnosno da se nikada ne menja, kosmološko načelo proširuju na tzv. savršeno kosmološko načelo po kome osim što je izotropan i homogen, Kosmos izgleda isto i u svim vremenima.

### **- Zašto izgleda kao da se Kosmos ubrzano širi?**

Naučnici iz američke Lorens Berkli laboratorije u Kaliforniji su 1998. godine, proučavajući sjaj supernovi tipa Ia došli do neobičnog zaključka da se Kosmos ubrzano širi. Naučnici su odjednom uslikavali 50 do 100 slika noćnog neba, pri čemu je na svakoj slici bilo vidljivo oko hiljadu udaljenih Galaksija, da bi nakon nekoliko nedelja ponovo načinili snimke istih mesta na nebu. Sjajne tačke koje bi se pojavile na naknadno snimljenim slikama ukazivale su na pojavu supernove. Na ovaj način je pronađeno oko 80 supernova, sjaj identifikovanih supernova je ukazivao na rastojanje između nas i njih, a poređenjem ovog rastojanja sa crvenim pomakom njihovih matičnih galaksija, naučnici su računali brzinu širenja Kosmosa u različitim istorijskim trenucima. Naime, sjaj supernova je bio manji nego što se to teorijski očekivalo, što je sugerisalo da se prostor širi sve više, pa da tako svetlost prelazi sve veća rastojanja od supernova do Zemlje. Ipak, osim što se pretpostavlja postojanje

izvesne anti-gravitacione sile koja bi delovala na Galaksije i na taj način ih ubrzavala jedne od drugih, u najvećoj meri se smatra da zaključci o ubrzanom širenju Kosmosa potiču iz svetlosne iluzije prouzrokovane česticama aksionima koje su u stanju da naprave miraž (fatamorganu) od svetlosti tokom njenog putovanja kroz međuzvezdana prostranstva. Naime, neki fotoni su možda u stanju da se na svom putu do Zemlje pretvore u aksione, hipotetičke čestice čija je masa  $10^{21}$  puta manja od mase elektrona, tako da bi iz tih razloga na Zemlji bio detektovan manji broj fotona nego što se to očekuje. Smatra se da bi ukoliko postoje, aksioni mogli da budu povezani sa nekim od asimetrija između "levorukih" i "desnorukih" stvari u Kosmos. Povremeno pretvaranje fotona u aksione bi pomalo podsećalo na pretvaranje neutrina jednih u neutrine drugih "ukusa", na koji način smo i saznali da neutriini poseduju masu, jer barem jedna u procesu pretvaranja čestica, odnosno talasa, mora posedovati masu. Tako se smatra da premda fotoni nemaju masu, masa aksiona iznosi oko  $10^{-16}$  eV.

## - Šta je to veliki zid?

Nekada se smatralo da je veliki kineski zid jedina vidljiva, ljudskom rukom izgrađena struktura koja se može videti iz visina na kojima orbitiraju sateliti i *space shuttle*-ovi oko Zemlje. Međutim, premda je ovaj zid zaista veoma dugačak, on nije dovoljno širok da bi mogao i u jednom svom delu da se vidi iz Kosmosa ili čak sa Meseca kako se nekada mislilo. Međutim, na zvezdanom nebu iznad nas, astronomi su nedavno u okviru posmatranja svetlosti pomerene ka crvenom, odnosno infracrvenom delu spektra (što je posledica udaljavanja svetlosnih izvora od nas, odnosno širenja Kosmosa) otkrili najveću kontinualnu nebesku strukturu kojoj su dali ime "veliki zid". Naime, na nebu severne hemisfere, veliki zid, odnosno ogromna koncentracija Galaksija koja se dijagonalno prostire na nebu pokriva najmanje 85 Megaparseka u deklinaciji i 215 Megaparseka u rektascenziji. Pošto ova galaktička superstruktura još uvek nije detaljno proučena, smatra se da je ona i veća nego što izgleda, jer je na jednom kraju naše galaktičke ravnice pokrivena međuzvezdanom i međugalaktičkom prašinom, dok sa druge strane Mlečnog puta još nije mapirana. A za razliku od kineskog zida koji je dugačak oko 2400 kilometara, a na svom najširem delu (oko Pekinga) je širok 9 metara, veliki nebeski zid je debeo oko 7 Megaparseka i dugačak preko 3 milijarde svetlosnih godina (da vas podsetimo, starost našeg Kosmosa se procenjuje na oko 14 milijardi godina). I na južnoj hemisferi je otkrivena slična struktura koja je dobila naziv "južni veliki zid", a pošto ni severni ni južni veliki zid nisu u potpunosti mapirani na nebeskoj sferi, smatra se da se oni na jednom delu neba povezuju i tako grade jedinstvenu nebesku strukturu.

## - Koja je zvezda severnjača?

Polarna zvezda (Polaris), poznatija i kao severnjača, predstavlja najsjajniju zvezdu u sazvežđu Malog Medveda, a može se prepoznati kao krajnja zvezda koja istovremeno leži na dugačkoj krivoj zvezdanoj liniji ovog sazvežđa i formira zvezdani četvorougao zajedno sa još tri zvezde ovoga sazvežđa. Dve tačke na nebu na kojima Zemljina osa rotacije preseca nebesku sferu, zamišljenu sferu beskonačnog prečnika oko Zemlje, predstavljaju tačke severnog i južnog nebeskog pola. Kako Zemlja rotira oko svoje ose tokom noći (preko dana ne vidimo zvezde, jer ih zaklanja Sunčeva svetlost), tako se sve zvezde severne hemisfere neba okreću oko tačke severnog nebeskog pola. Polarna zvezda se nalazi na oko pola stepena udaljena od severnog nebeskog pola, pa tako noću izgleda kao da se sve zvezde okreću u krug oko ove zvezde, dok ona ostaje nepomična. Pošto je Zemlja sferna, položaj polarne zvezde na nebu zavisi od položaja posmatrača na Zemljinoj kugli, a ugao između severnog horizonta i položaja polarne zvezde na nebu je jednak geografskoj širini na kojoj se nalazi posmatrač. Tako, na primer, za posmatrača koji se nalazi na ekvatoru ( $0^{\circ}$  geografske širine), polarna zvezda se nalazi na samom horizontu, za posmatrača koji se nalazi u Nju Orleansu ili kod

piramida u Gizi ( $30^\circ$  severne geografske širine), polarna zvezda zaklapa ugao od  $30^\circ$  u odnosu na horizont, dok se posmatraču koji se nalazi na samom severnom polu ( $90^\circ$  severne geografske širine), polarna zvezda nalazi tačno iznad glave. Zemaljski putnici, a pogotovo mornari, u prošlosti su se oslanjali na položaj polarne zvezde na nebu kako bi odredili geografsku širinu na kojoj se nalaze. Međutim, pomoću polarne zvezde su samo mogli da znaju geografsku širinu, ali ne i geografsku dužinu na kojoj se nalaze, što je bio navigacioni problem sve dok nisu počeli da se koriste satovi (oko 1740. godine) pomoću kojih su putnici mogli da održavaju precizno vreme u odnosu na geografsku dužinu. Trenutno ne postoji nijedna zvezda na južnoj hemisferi koja bi se nalazila neposredno u blizini južnog nebeskog pola, a da bi pri tome bila vidljiva golim okom. Međutim, neophodno je znati da polarna zvezda nije apsolutna referentna tačka za merenje geografske širine na severnoj hemisferi. Naime, osim dvadesetčetvoročasovnog rotacionog ciklusa Zemlje, njena osa rotacije precesuje po bočnoj stranici zamišljene kupe. Stoga, projekcija Zemljine ose opisuje krug u severnoj (a i u južnoj) hemisferi sa periodom od 26 000 godina. Kao posledica toga, pravac Zemljine ose rotacije se menja, a sa njom i položaj polarne zvezde na nebu. Stoga, pre 5000 godina, Zemljina osa rotacije nije bila usmerena ka polarnoj zvezdi, već ka sazvežđu Zmaja (između malog i velikog Medveda) i zvezda severnjača (odnosno, zvezda koja se nalazi direktno iznad severnog pola) je tada bila zvezda Tuban, dok će za 12 000 godina, zvezda severnjača postati zvezda Vega iz sazvežđa Lira.

### **- Zašto međuzvezdane magline izgledaju kao oblaci sa Zemlje?**

Oblaci međuzvezdane prašine, poznatiji i kao magline, veoma podsećaju na daleke oblake, premda je njihov sastav potpuno različit od oblaka na Zemlji. Naime, međuzvezdani oblaci se u najvećoj meri sastoje od vodonika, dok se zemaljski oblaci sastoje od vodenih kapi i kristala leda. Zemaljski oblaci su veoma raznovrsni. Uzmimo, na primer, kumuluse, penaste, bele, kupolaste oblake sa čuperastim vrhovima, a ravnim osnovama. Ako pažljivo posmatramo jedan ovakav oblak, videćemo da on nije statična pojava na nebu, već se prilično brzo kreće, menjajući svoj oblik i položaj na nebu. Stalno kretanje oblaka je posledica načina njihovog nastanka, odnosno prirodnog procesa u okviru koga Sunčeva toplota greje Zemljino tlo koje prenosi toplotu na okolni vazduh, koji se podiže u visinu, gde se zatim vodena para rastvorena u vazduhu, kondenzuje formirajući oblake. Sa podizanjem toplog i vlažnog vazduha, okolni atmosferski pritisak opada, omogućavajući širenje podižućih vazdušnih struja. Širenje vazduha uzrokuje adijabatsko hlađenje vazduha (odnosno, hlađenje pri kome ne dolazi do razmene toplote sa okolnim vazduhom) sve dok temperatura ne opadne do temperature stvaranja rose kada vazduh postaje prezasićen sa vodenom parom. Višak vodene pare se tada kondenzuje formirajući vodene kapi ili eventualno, ukoliko je mnogo hladno i kristale leda. U procesu kondenzacije se oslobađa latentna toplota topljenja (odnosno kristalizacije), tako da se ciklus kondenzacije i strujanja naviše nastavlja sve dok se energija u okviru datog vazdušnog stuba ne potroši. Vodena para je providna, ali vodene kapi i kristali leda rasipaju Sunčevu svetlost, čineći tako oblake vidljivim. Stoga, oblik oblaka ne definiše specifična zapremina atmosfere, već granica na kojoj se odigrava fazni prelaz između gasovite vodene pare i tečne vode. Tačka na kojoj se hvata rosa zavisi kako od temperature, tako i od pritiska, koji opet zavise od kretanja uzdižuće vazdušne struje. S druge strane, postoje i različiti tipovi međuzvezdanih maglina i oblaka. Sa Zemlje se najlakše vide one magline u kojima dolazi do formiranja zvezda koje osvetljavaju ove oblake prašine i gasa. Jedna od ovakvih maglina je i maglina u sazvežđu Orion, gde se vide mlade, plave zvezde kako osvetljavaju međuzvezdane oblake iz kojih su nastale. U ovim oblastima gde se sažimanjem materije iz oblaka gasa formiraju zvezde, one svojom ultraljubičastom svetlošću zagrevaju magline koje se u najvećoj meri sastoje od atoma i molekula vodonika. Ultraljubičasti talasi

imaju dovoljno energije da izbiju elektrone iz vodonikovih atoma i na taj način nastaju zone jonizovanog vodonika, poznate I kao H II oblasti. Jonizovani gas u ovim oblastima fluorescentno svetli slično jednoj džinovskoj neonskoj lampi. Kada bi međuzvezdana materija bila ravnomerno raspoređena, tada bi svaka zvezda oko sebe osvetljavala sfernu oblast prostora, što nije slučaj. Naime, kao što Sunčeva svetlost zagrevajući Zemljinu površinu pokreće atmosferu u kretanje, tako zvezdana svetlost pokreće međuzvezdani gas. Ultraljubičasta svetlost sa zvezda je veliki izvor toplote, a mlade zvezde često emituju i jake vetrove (naelektrisane čestice visokih kinetičkih energija), kao i mlazove materije. Kada masivna zvezda potroši svoje nuklearno gorivo, ona eksplodira kao supernova, oslobađajući ogromne količine energije u Kosmos, a ovakvi procesi određuju temperaturu i pritisak u međuzvezdanim maglinama, a na taj način i njihov oblik. Međuzvezdana materija se slično zemaljskoj atmosferi nalazi u turbulentnom kretanju, premda su uslovi u kojima se nalazi međuzvezdana materija prilično različiti od uslova na Zemlji. Tako, na primer, kretanja međuzvezdane materije su ponekad tako intenzivna da brzina materije u njima prevazilazi brzinu zvuka, što dovodi do velikih sabijanja. Kao posledica toga, turbulentni tokovi u ove dve sredine su veoma različiti. Upak, uprkos ovome, geometrijski oblici oblaka na Zemlji i međuzvezdanih oblaka su i dalje veoma slični.

### **- Da li postoje Galaksije sa plavim pomakom?**

Ako posmatramo svetlost koja dolazi sa većine udaljenih Galaksija, primetićemo da su karakteristične spektralne linije emitovane svetlosti pomerene ka većim talasnim dužinama, tj. ka crvenom kraju spektru, kao posledica Doplerovog efekta usled njihovog udaljavanja od nas, što je opet posledica konstantnog širenja Kosmosa nakon njegovog nastanka u trenutku Velikog praska. Ukoliko neka Galaksija poseduje karakteristične spektralne linije svoje svetlosti pomerene ka manjim talasnim dužinama, tj. ka plavom kraju svetlosnog spektra, to onda znači da se ta Galaksija približava ka nama. Od nekoliko milijardi vidljivih Galaksija, samo oko 100 Galaksija poseduje plavi pomak u odnosu na nas, a većina od tih Galaksija se nalaze u našoj lokalnoj grupi Galaksija u orbiti jedne oko drugih. Najveći broj ovih plavo pomerenih Galaksija su male Galaksije, a jedna od njih je i nama najbliža Galaksija Andromeda, koja je ipak po broju zvezda oko 10 puta veća od našeg Mlečnog puta. Brzina kojom se međusobno udaljavaju galaksije naziva se Hablovom brzinom udaljavanja, a svako pojedinačno odstupanje od ove brzine naziva se individualnom brzinom Galaksije. Stoga, ako je individualna brzina posmatrane galaksije veća od Hablove brzine udaljavanja i uz to usmerena ka nama, onda će svetlost koju primamo sa te galaksije biti plavo pomerena.

### **- Šta su to galaktička jata?**

Grupacije Galaksija na najnižem nivou se nazivaju jatima i najčešće obuhvataju oko 50 Galaksija, a prečnik prosečnih jata iznosi oko 2 Megaparseka. Zahvaljujući zakonu održanja ugaonog momenta, slično kretanju planeta oko zvezda i zvezda oko centara pojedinačnih Galaksija, i Galaksije u svakom jatu se kreću oko centra datog jata. Ukupna masa prosečno velikih galaktičkih jata iznosi oko 1013 Sunčevih masa, a disperzija brzine (odnosno, opseg brzina pojedinačnih Galaksija u okviru njihovog galaktičkog jata, što je mera mase jata) iznosi u tipičnom slučaju oko 150 km/s. Odnos mase galaktičkih jata i njihove osvetljenosti iznosi u jedinicama Sunčevih masa prema sjaju Sunca oko 260, što nam sugerise da najveći deo (preko 90 %, a možda i preko 99 %) mase Galaksija i galaktičkih jata čini tzv. tamna materija, odnosno materija koju ne možemo da vidimo sa Zemlje, jer ona ne zrači svetlošću. Mlečni put, Galaksija u kojoj se nalazimo, predstavlja jednu od 30 Galaksija koje pripadaju tzv. lokalnom galaktičkom jatu. Najveće Galaksije u ovom jatu su Mlečni put i

Galaksija Andromeda (koja se kreće ka nama brzinom od oko 200 milja na sat, što čini njen svetlosni spektar plavo pomerenim u odnosu na nas), a dve Galaksije koje su najbliže Mlečnom putu su dva Magelanova oblaka (koji se golim okom mogu videti sa južne hemisfere, a pomoću dvogleda možemo prepoznati čak i zvezde u njima), koje su toliko male da zapravo predstavljaju satelitske Galaksije našeg Mlečnog puta i nalaze se na oko 200 000 svetlosnih godina od nas. Posle Magelanovih oblaka, Galaksija Andromeda koja se nalazi na između 2 i 3 miliona svetlosnih godina od nas i Galaksija Trougao su dve spiralne Galaksije koje su nam najbliže. Osim našeg galaktičkog jata, postoji još oko 20 manjih galaktičkih jata koje su nam bliže od superjata Galaksija iz sazvežđa Device. Ovo superjato (ili superklaster, jer se klasterima nazivaju jata Galaksija koja sadrže od 50 do 1000 članova, odnosno oko  $10^{14}$  do  $10^{15}$  Sunčevih masa, a prečnik im iznosi oko 8 Megaparseka) Galaksija se nalazi na oko 16 Megaparseka od nas i sastoji se od oko 250 velikih Galaksija i 2000 manjih Galaksija koje zajedno obuhvataju prostor od oko  $10 \times 10$  stepeni na našem nebu, što odgovara širini od oko 3 Megaparseka.

### **- Kuda se kreće naš Mlečni put?**

Mlečni put, Galaksija u kojoj se nalazi naše Sunce a i mi sa njim, pod dejstvom gravitacionog privlačenja se kreće oko Galaksija koje pripadaju našem Galaktičkom jatu. Mlečni put i Galaksija Andromeda (koja se nalazi na oko 2,2 miliona svetlosnih godina udaljena od nas, a kreće se ka nama brzinom od 200 milja na čas, što je čini jednom od retkih Galaksija sa plavo pomaknutim svetlosnim spektrom) predstavljaju najveće Galaksije u našem galaktičkom jatu, a čitavo naše jato Galaksija opet predstavlja samo spoljašnji deo Galaktičkog superklastera Device. Dok se naše Sunce okreće oko centra Mlečnog puta i sam Mlečni put se okreće oko centra lokalnog Galaktičkog jata, a uz to se i kreće ka centru galaktičkog superklastera Device brzinom od milion milja na čas. Galaktički superklaster Device se nalazi na oko 50 miliona svetlosnih godina udaljen od nas. Jedan od načina da se otkrije u kom pravcu se kreće Mlečni sastoji se u posmatranju našeg kretanja u odnosu na mikrotalasno pozadinsko zračenje. Postoji zamišljeni referentni sistem u okviru koga je ovo zračenje izotropno, odnosno jednako u svim pravcima. Merenjem izotropnosti mikrotalasnog pozadinskog zračenja sa naše planete možemo da otkrijemo u kojoj meri se krećemo u odnosu na ovaj referentni sistem. Na taj način je otkriveno da se Sunčev sistem kreće prema sazvežđu Lava brzinom od oko 380 km/s. Međutim, kada izvršimo korekcije na kretanje našeg zvezdanog sistema oko centra Mlečnog puta i kretanje samog Mlečnog Puta oko centra Galaktičkog jata kome on pripada (čime se dodaje brzina u pravcu sazvežđa Labud od oko 300 km/s), dobijamo podatak da se Mlečni Put zajedno sa Galaktičkim jatom kome pripadamo i superklasterom Device kreće brzinom od oko 600 km/s ka Vodolija-Kentaur superklasteru Galaksija koje je poznato i kao tzv. "Veliki privlačitelj" s obzirom da se smatra da nas ovo supersuperjato galaksija gravitaciono privlači i da će se čitavo naše Galaktičko jato stopiti sa njim kroz nekoliko stotina milijardi godina ukoliko do tada naravno, već ne započne veliko sažimanje našeg Kosmosa. Smatra se da je masa velikog privlačitelja jednaka oko  $10^{16}$  Sunčevih masa koncentrisanih na oko 65 Megaparseka (oko 212 miliona svetlosnih godina) od nas u sazvežđu Kentaur.

### **- Gde se nalazi centar Kosmosa?**

Prostor Kosmosa u kome živimo je trodimenzionalan, a u dvodimenzionalnoj analognoj predstavi, Galaksije nastale u Velikom Prasku predstavljaju flomasterom iscrtane tačkice na balonu (tj. dvodimenzionalnoj analogiji Kosmosa) koji napumpavamo. Naduvavanje balona je analogno širenju Kosmosa koje se trenutno dešava. Sa povećavanjem



zapremine balona, zvezde i Galaksije sa površine balona se udaljavaju jedne od drugih. Ukoliko pretpostavimo da na površini balona, odnosno u našoj dvodimenzionalnoj analogiji Kosmosa živi jedan mrav, on će sa širenjem njegovog Kosmosa, morati da prevaljuje sve veća rastojanja između Galaksija. Slična stvar se dešava i u našem Kosmosu: jata Galaksija se udaljavaju jedna od drugih. Mrav sa površine balona živi u svom dvodimenzionalnom Kosmosu i čulima nije u stanju da opaža treću prostornu dimenziju koju mi vidimo kada posmatramo balon. Jedini pravac duž koga se mrav može kretati je duž površine balona. On nije u stanju da pokaže prstom na središte balona jer se ono nalazi u prostornoj dimenziji koju mrav čulima ne opaža. Stoga, mrav živi u jednom kontinualnom, homogenom svetu u kome ako se dovoljno dugo kreće u jednom pravcu, stići će na početak. Slično tome, i mi opažamo naš Kosmos kao trodimenzionalni svet. Jedini pravci koje možemo pokazati prstom su pravci duž tri prostorne dimenzije, ali ne i pravac ka centru Kosmosa, jer se on nalazi u višoj prostornoj dimenziji, a samim tim se istovremeno nalazi i svuda oko nas.

### **- Da li Galaksije susreću u Kosmosu?**

Za pojedinačne Galaksije u našem Kosmosu se nekada smatralo da predstavljaju izolovana kosmička ostrva, s obzirom na to da se skoro sve Galaksije međusobno udaljavaju. Međutim, pomoću najsnažnijih, najrezolutivnijih i najosetljivijih zemaljskih *x-ray* opservatorija, odnosno rendgenskog teleskopa *Chandra* i letelice *XMM Newton*, otkriveno je nekoliko primera sudara Galaksija (galaktički parovi Arp 270 koji se nalaze na 90, Arp 220 koji se nalaze na 250, Miševi koji se nalaze na 290 i Markarian 266 koji se nalaze na 365 svetlosnih godina od nas), a danas se smatra da su za razliku od potpuno diskolikih spiralnih Galaksija koje tokom svoje evolucije nakon trenutka Velikog Praska nisu prošle kroz preklapanja sa drugim Galaksijama, džinovske eliptične (sferoidne) Galaksije i Galaksije međuoblika nastale kao posledice sudara po dve ili više eliptičnih Galaksija. I naša Galaksija Mlečni put trenutno intenzivno gravitaciono interaguje sa dve bliske Galaksije pod imenima Mali i Veliki Magelanov oblak, a smatra se da će ove dve manje Galaksije tokom narednih stotina miliona godina biti uklopljene u Galaksiju u kojoj se i mi zajedno sa našim Suncem sada nalazimo, nakon čega će nastaviti da putuju kroz Kosmos zajedno sa našim Mlečni putem. Pod dejstvom bliske interakcije između veoma toplih i energetskih kosmičkih materijalnih sistema dveju Galaksija kao što su masivne zvezde, supernove, ostaci supernova, kolabirana tela (crne rupe i neutronske zvezde) i topli međuzvezdani gas, dolazi do snažnih emisija X-talasa (elektromagnetni talasi koji se po energiji koju nose nalaze između ultraljubičastih i gama talasa) koje potiču od brzih mlazeva materijala čije temperature iznose nekoliko miliona stepeni, a svaki ovakav mlaz se sastoji od do 10 milijardi Sunčevih masa vrućeg gasa. Uz snažne emisije materije sa oboda Galaksija (odnosno sa mesta njihovog preklapanja) koje počinju da se dešavaju veoma brzo nakon njihovog kontakta, u središtu Galaksija se primećuju intenzivna formiranja mladih zvezda.

### **- Kako konačan Kosmos može da bude beskrajan?**

Danas se smatra da je Kosmos u kome živimo konačnih dimenzija. Nastao je u trenutku Velikog praska pre oko 14 milijardi godina kada je singularitet - tačka beskrajno velike temperature, energije i gustine počela da se širi i da formira svemir kakav danas poznajemo na osnovu naše percepcije. Nekada se smatralo da je Kosmos nepromenljiv u svom obliku i da nasuprot privlačne gravitacione sile koja teži da približi zvezde i Galaksije postoji i odbojna sila (koju definiše tzv. kosmološka konstanta koju je predložio Albert Ajnštajn, a kasnije je smatrao da je u tome pogrešio) koja se suprotstavlja gravitacionoj sili i tako doprinosi statičnoj strukturi Kosmosa. Međutim, kada je otkriveno da je svetlost koja

dolazi do nas sa najvećeg broja Galaksija na nebu pomerena ka crvenom kraju spektra (što znači da se ovi svetlosni izvori udaljavaju od nas), očekivalo se još samo otkriće pozadinskog zračenja (koje je detektovano 1965. godine u mikrotalasnom delu elektromagnetnog spektra i odgovara temperaturskom ekvivalentu zračenja crnog tela od 2,73 Kelvina) da bi se postulirala teorija o Velikom prasku i trenutnom širenju Kosmosa. U teoriji struna, spuštanjem u mikrosvet oko nas, primetili bismo da sve elementarne čestice kao što su elektroni, fotoni i kvarkovi poseduju unutrašnju strukturu koja zapravo predstavlja različite modove oscilovanja struna. Tako se čitav naš svet može zamisliti kao džinovska harfa, a mesta na kojima strune osciluju sa većim intenzitetom odgovaraju mestima najveće verovatnoće nalaženja čestica. U teoriji struna, naš Kosmos poseduje najmanje 10 dimenzija (osim 3 prostorne i 1 vremenske koje čulno opažamo). Tako, strune mogu postojati u 11 dimenzija pri čemu jedna od ovih 11 dimenzija kolabira u minuskularnu liniju tako da se dobija 11-dimenzionalno prostor-vreme, oivičeno sa obe strane sa po jednom 10-dimenzionalnom membranom (ili tzv. branom). Jedna od ovih brana poseduje fizičke zakone identične onima koji vladaju u našem svetu (pri čemu su 6 od 10 dimenzija sakriveni od naših čula), a sudar ove dve brane označava trenutak Velikog praska nakon koga se brane šire jedna od druge da bi nakon nekoliko stotina milijardi godina, njihovo širenje bilo zaustavljeno i tada počinje sažimanje Kosmosa, odnosno ponovno približavanje ove dve brane. U trenutku sudara se dešava ponovni Veliki Prask (na svakih  $10^{12}$  godina, premda u singularitetu, odnosno u trenutku kada su dve brane spojene vreme ne postoji) i tako se nastajanje i uništenje Kosmosa, odnosno disanje materijalne manifestacije božanske inteligencije čije smo kreacije nastavlja beskrajno dugo. Jedan se pretvara u mnoštvo i zatim se opet vraća u Jedan, što i jeste put života. Tako, Kosmos koji vidimo predstavlja samo jedan udisaj koji će trajati još nekoliko stotina milijardi godina i tokom koga ima toliko vremena da mala bića kao što smo mi postavljaju pitanja o zvezdama i Kosmosu.



*uživajte u svijetu knjiga*

## 9. Putovanja kroz Kosmos

### - Koji su to Njutnovi zakoni kretanja?

Prvi Njutnov zakon kretanja, tj. zakon inercije nam kaže da ako nijedna rezultujuća sila ne deluje na telo, ono će nastaviti da miruje ili da se kreće duž prave linije konstantnom brzinom. Drugi Njutnov zakon kretanja, tj. zakon ubrzanja nam kaže da ukoliko postoji rezultujuća sila koja deluje na telo, ona će ubrzavati telo u pravcu dejstva sile. Ubrzanje je po ovom zakonu, tačno jednako količniku iz primenjene sile i mase tela, a za postizanje istog ubrzanja, masivnija tela će zahtevati veću silu, nego lakša tela. Odavde sledi da je inercija kao otpor prema promeni brzine tela, povezana sa masom, tj. sa gravitacionom privlačnošću nekog objekta. Ovu istovetnost osobine inercije i gravitacije iskoristio je Albert Ajnštajn kada je formulisao svoju opštu teoriju relativnosti po kojoj je gravitaciono dejstvo ekvivalentno dejstvu ubrzanja. Treći Njutnov zakon kretanja, tj. zakon akcije i reakcije nam kaže da ukoliko jedno telo deluje silom na drugo telo, ovo drugo telo će delovati na prvo telo silom jednakog intenziteta, ali suprotnog smera. Tako, npr. kada plivamo u moru, sila kojom guramo more unazad je jednaka sili kojom more deluje na nas, pa se pod dejstvom povratne sile mora i mi krećemo unapred. Njutnov treći zakon zahteva očuvanje ukupnog impulsa (proizvoda mase i brzine) jednog izolovanog sistema na koga ne deluje nikakva spoljna sila. Još jedan važan zakon održanja koji proističe iz trećeg Njutnovog zakona je zakon očuvanja ugaonog (tj. rotacionog) momenta impulsa, kao proizvoda mase rotirajućeg tela, njegove brzine i udaljenosti od ose rotacije. Tako, npr. u slučaju skejtera koji se vrti u krug u vazduhu sve brže i brže, ugaoni momenat impulsa je očuvan, uprkos tome što se njegova brzina rotiranja povećava tokom leta pri skoku. Naime, na početku obrtanja, ruke skejtera su raširene, pa je tada jedan deo njegove mase na većem rastojanju od ose rotacije i brzina njegovog rotiranja je manja. Kada skejter približi ruke ka sebi, time masa postaje bliža osi rotacije, pa i njegova brzina rotacije mora da poraste kako bi vrednost ugaonog momenta impulsa ostala nepromenjena.

### - Koja je razlika između gravitacione mase, inercijalne mase i mase mirovanja?

Inercijalna masa je definisana u prvom Njutnovom zakonu, po kome sila primenjena na neko telo dovodi do proporcionalnog ubrzanja tela, a konstanta proporcionalnosti je upravo masa tog tela. Tako se inercijalna masa određuje putem merenja ubrzanja koje izaziva poznata sila. Kada astronauti mere svoju težinu u specijalnim stolicama negde u bestežinskim kosmičkim prostranstvima, oni upravo nalaze svoju inercijalnu masu. S druge strane, gravitaciona masa je definisana u Njutnovom zakonu gravitacije po kome je gravitaciona sila između dva tela jednaka proizvodu njihovih masa i gravitacione konstante ( $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ) podeljene sa kvadratom njihovog međusobnog rastojanja. Stoga se gravitaciona masa meri putem poređenja sile gravitacije koju oko sebe stvara poznata masa sa silom gravitacije koju stvara merena, nepoznata masa. Premda su metode merenja inercijalne i gravitacione mase različite, ove dve mase su izgleda potpuno jednake. Prilikom formulisanja svoje opšte teorije relativnosti, Albert Ajnštajn je postulirao da su ove dve mase jednake i da je gravitaciono ubrzanje rezultat zakrivljenosti prostor-vremena. Ipak, jedna od posledica iste ove Ajnštajnovе opšte teorije relativnosti je da se masa tela povećava sa povećanjem njegove brzine u odnosu na posmatrača. Kada je telo u stanju mirovanja (u odnosu na posmatrača), posmatrač bi njegovu masu izmerio kao jednaku masi mirovanja. Međutim, ukoliko se brzina

tela povećá, posmatrač u odnosu na koga se telo kreće izmerio bi nešto veću vrednost mase tela od mase mirovanja i zaključio bi da se masa tela povećala sa njegovom brzinom. S druge strane, posmatrač koji npr. stoji na ovom pokretnom telu ne bi izmerio nikakvu promenu mase u odnosu na masu mirovanja jer se ovo telo ne kreće u odnosu na njega. Masa mirovanja se tako može definisati kao inercijalna masa tela kada je ono u stanju mirovanja.

### **- Koja je razlika između mase i težine?**

Masa nekog tela nam govori koliko u njemu postoji materije, dok nam njegova težina govori koliko je snažno gravitaciono dejstvo na tu materiju. Masa nekog tela je ista na svim mestima u Kosmosu, dok njegova težina zavisi od jačine gravitacionog polja u kome se ono nalazi. Stoga, ukoliko biste se zaputili na Mesec, vaša težina bi postepeno opadala kako biste se udaljavali od Zemlje, a na Mesecu biste opet postali nešto teži, ali i dalje čak 6 puta lakši nego ovde, na Zemlji. Uzrok vaše manje težine na nebeskom telu čija je masa manja od mase Zemlje, leži u zavisnosti gravitacionog privlačenja od mase tela. S druge strane, vaša masa bi i ovde i na Mesecu bila ista jer biste se i dalje sastojali od iste količine materije. Zamislite da se nalazite u Kosmosu, daleko od bilo kog gravitacionog polja, a sa jednom loptom u rukama. Pustite loptu da pluta sama od sebe ispred vas. Pošto se ne nalazi u gravitacionom polju, lopta nema težinu. Uzmite sada loptu i prodrmajte je napred-nazad. Primetićete da iako lopta ne poseduje težinu, ona i dalje poseduje otpor pri promeni kretanja, tj. inerciju. Masa predstavlja meru inercije tela, a inercija tela ne zavisi od gravitacije. Svaka dva tela u Kosmosu deluju međusobno privlačnom silom između sebe. Ova sila se naziva gravitacijom, a mera njenog intenziteta težinom.

### **- Šta je to bestežinsko stanje?**

Ako bismo želeli da definišemo bestežinsko stanje, morali bismo prvo da definišemo šta je to težina. Ako bismo probali da težinu definišemo kao gravitacionu silu koja deluje na telo, onda ne bismo mogli tako lako da definišemo bestežinsko stanje, jer čak i astronauti koji praktično nemaju težinu dok lebde u kosmičkim brodovima, poseduju silu gravitacije koja stalno deluje na njihova tela. Međutim, ako iskoristimo specifičniju definiciju težine, kao “vrednost spoljašnje sile potrebne da održava telo u stanju mirovanja u njegovom referentnom sistemu”, tada ćemo doći do boljeg objašnjenja pojma bestežinskog stanja. Naime, u skladu sa definicijom težine kao nagore usmerene sile koja se opire sili gravitacije, astronaut u svemirskoj letelici ne mora da koristi nagore usmerenu silu da bi ostao u uspravnom položaju, pa se stoga i može smatrati bestežinskim telom. Slično tome, ako zaronimo u vodu, naša težina će biti jednaka razlici između gravitacione sile koja nas vuče nadole i sile potiska koja nas povlači naviše. Stoga se telo u bestežinskom stanju može definisati kao telo u kome su uravnotežene sve spoljašnje sile koje deluju na njega.

### **- Koja je razlika između centrifugalne i centripetalne sile?**

Ako se vozite u avionu koji se ubrzava i kreće pravo unapred, njegova brzina se povećava usled sile koja deluje na njega. Tokom ubrzanja, osećate kao da vas sila povlači unazad ka naslonu sedišta. Upravo ove dve sile, jedna usmerena u pravcu kretanja, a jedna u suprotnom smeru, predstavljaju ekvivalente centripetalne i centrifugalne sile u kružnom kretanju. Ako se ovaj avion kreće konstantnom brzinom, ali pri tome menja svoj pravac jer putuje duž krive linije, onda se on i ubrzava. Ubrzavanje se dešava svaki put kada se promeni brzina, a treba zapamtiti da brzina zavisi i od pravca kretanja. Avion menja svoj pravac kretanja pod dejstvom sile koja je usmerena ka centru krive linije, i naziva se centripetalna

sila. Kada npr. zavrtite ključić oko prsta, vaša ruka snabdeva ključić sa centripetalnom silom te on kruži oko prsta. Dok sedite u avionu koji skreće, osećate centrifugalnu silu koja je suprotno usmerena od centripetalne sile, tj. suprotno od centra krivine i koja teži da vas odbaci u stranu. Centrifugalna sila se pojavljuje kao posledica inercije predmeta, tj. njegove težnje da ostane u stanju kretanja po pravoj liniji konstantnom brzinom, i po intenzitetu je uvek jednaka centripetalnoj sili.

### **- Zašto se zarotirani badem vrti duž svoje ose rotacije?**

Osa rotacije predstavlja zamišljenu liniju oko koje rotiranjem figure za određeni ugao manji od punog kruga ( $360^\circ$ ), figura zauzima položaj (odnosno, izgled) identičan početnom. Broj puta koliko se izgled figure izjednači sa početnim izgledom tokom rotacije od punog kruga predstavlja red ose rotacije. Tako, figure koje se nakon rotacije od pola kruga poistovete sa svojim prvobitnim izgledom, poseduju osu rotacije drugog reda, one čiji se izgled poklopi na svakih  $120^\circ$  sa svojim prvobitnim izgledom poseduju osu rotacije trećeg reda itd., dok neka tela kao što su npr. valjci ili krugovi poseduju osu rotacije beskonačnog reda s obzirom da nakon rotacije za bilo koji ugao zauzimaju stanje identično početnom, dok lopta, najsimetričnija figura u prirodi poseduje beskonačan broj osa rotacije beskonačnih redova, kao i beskonačan broj ravni simetrije. Pod osom rotacije najvećeg broja voća se podrazumeva linija koja spaja peteljku i ispupčenje (ili udubljenje) sa suprotne strane ploda. Ukoliko jako zavrtimo bilo badem, ili jabuku, krušku, šljivu, lešnik, jagodu, pa čak i lubenicu, oni će se okretati upravo oko svoje ose rotacije. Razlog ove pojave je u tome što ovakvo kretanje tela u odnosu na okolni vazduh zahteva minimalan utrošak energije, kao posledice stvaranja otpora vazduha kretanju tela kroz njega. Momenat inercije koji se može smatrati merom teškoće rotiranja tela oko određene ose, najmanju vrednost poseduje za osu rotacije tela (koja je najčešće ona linije kroz koju prolazi najviše tačaka tela). Da bismo izračunali momenat inercija tela oko date ose, potrebno je da saberemo proizvode mase tela u svakoj njegovoj tački i kvadrata udaljenosti ovih tačaka od ose rotacije. Stoga što je masa tela koncentrisanija u blizini ose rotacije, to će momenat inercije tela oko te ose biti manji. To je i razlog zašto ćemo uvek moći brže da se vrtimo oko svoje ose ukoliko približimo ruke ka telu. Što je manji momenat inercije, to je manje energije potrebno da održava telo u stanju rotiranja. Dokle god je energija koju zarotirani badem uštedi rotiranjem oko svoje prave ose rotacije veća od energije koja je potrebna da badem održava uspravnim (nasuprot njegovoj težini, s obzirom da je centar mase uspravnog badema nešto dalji od centra Zemlje, pa mu je stoga i potencijalna energija u gravitacionom polju veća), badem će rotirati u uspravnom položaju.

### **- Šta je to kosmička brzina?**

Ako bacimo neko telo u vazduh, ono će leteti naviše sve dok ga negativno ubrzanje usled privlačne sile gravitacije ne zaustavi i zatim ne vrati na Zemlju. Međutim, intenzitet sile gravitacije opada sa udaljavanjem od centra Zemljine lopte. Stoga, ako bismo bacili, odnosno lansirali u vazduh telo sa dovoljno velikom brzinom, sila gravitacije bi usporavala telo samo do određene granice, nakon čega bi telo, pošto je izbeglo Zemljino gravitaciono polje, nastavilo da se kreće konstantnom brzinom kroz Kosmos ili bi eventualno nastavilo da se kreće u Zemljinoj orbiti. Najmanja početna brzina koju treba da ima telo da bi savladalo Zemljino gravitaciono polje i odletelo u Kosmos, naziva se kosmička brzina, a sa površine Zemlje ova brzina (ako zanemarimo usporavajuće dejstvo trenja tela sa česticama vazduha) iznosi 11 100 m/s, odnosno 40 200 km/h. Kosmičku brzinu sa površine bilo kog nebeskog tela možemo lako da izračunamo. Dovoljno je da pomnožimo gravitacionu konstantu ( $6,673 \cdot 10^{-11} \text{ Nm/kg}^2$ ) sa

dvostrukom masom tela, dobijeni proizvod podelimo sa poluprečnikom tela, i dobijenu vrednost zatim korenujemo. Sa povećanjem mase nebeskog tela, povećava se i intenzitet gravitacione sile koja privlači tela sa površine ka njenom centru, odnosno, povećava se težina tela. Sa povećanjem ove sile, povećava se i kosmička brzina datog nebeskog tela. Tako npr. kosmička brzina na Mesečevom ekvatoru iznosi samo 2,38 km/s, dok je kosmička brzina sa površine Jupitera (čiji je prečnik 11 puta veći od Zemljinog prečnika) jednaka 59,5 km/s. Kada kosmička brzina sa površine jednog nebeskog tela postane veća od brzine svetlosti, tada to telo nazivamo crnom rupom, jer sa njega čak ni svetlost koja se kreće najvećom mogućom brzinom u materijalnom svetu prirode (oko 300 000 km/s), ne može da se otisne.

## - Šta je to teorija relativnosti?

Albert Ajnštajn je početkom 20. veka formulisao dve teorije relativnosti: specijalnu i opštu. Specijalna teorija relativnosti se često opisuje na primeru astronauta koji posmatra dva svemirska broda kako se mimoilaze ispred njega. Astronaut je najpre merio brzine ova dva broda u odnosu na njega. Ukoliko se jedan brod kreće brzinom od 100 km/h u odnosu na astronauta, dok se drugi brod kreće u suprotnom smeru brzinom od 75 km/h, tada će putnici oba broda izmeriti brzinu kretanja susednog broda kao 175 km/h. Ukoliko bi se sada ova dva broda ubrzali tako da brzina bržeg broda iznosi 240 000 km/s, dok brzina sporijeg broda postane jednaka 200 000 km/s, i ukoliko bismo sada probali da izmerimo brzinu kretanja jednog broda u odnosu na drugi, ne bismo dobili vrednost od 440 000 km/s, već znatno manju

vrednost (uvek manju od brzine svetlosti, a jednaku  $V_{ab} = \frac{V_a + V_b}{1 + (V_a V_b / c^2)}$ , gde su  $V_a$  i  $V_b$

brzine dva broda u odnosu na posmatrača pri čemu u slučaju da se dva broda kreću u istim smerovima u brojiocu ne figuriše znak +, već znak -,  $c$  je brzina svetlosti, a  $V_{ab}$  je brzina broda A koju meri posmatrač koji putuje zajedno sa brodom B), što je posledica toga da je brzina svetlosti (oko 300 000 km/s) jednaka za sve posmatrače nezavisno od njihovog kretanja. Posledica konstantnosti brzine svetlosti je to da ne postoji apsolutno, već samo relativno vreme. Ukoliko sada zamislimo da u jednom brodu koji se kreće u odnosu na astronauta postoji sat koji meri vreme potrebno da se vertikalna svetlost iz lampe odbije od ogledala i istim putem vrati nazad ka senzoru u lampi. Ukoliko se ogledalo nalazi na rastojanju od 0,3 metra od ogledala, tada će svetlosti biti potrebno 2 nanosekunde da pređe put od lampe do ogledala i ponovo do lampe. Međutim, za astronauta koji posmatra ovaj svetlosni sat, svetlost iz sata neće prelaziti vertikalno put kao za putnika u brodu, već će se kretati dijagonalno pa će tako prelaziti i duži put, pa će svetlosti biti potrebno više vremena da pređe isti put u astronautovim očima, odnosno u astronautovom referentnom sistemu, pa će ovu pojavu astronaut protumačiti kao sporije proticanje vremena u brodu, odnosno u telu koje se kreće velikom brzinom u odnosu na njega. Takođe, sa povećanjem brzine tela, i njegova masa se povećava, a i dužina u pravcu kretanja se smanjuje. Ipak, relativnost vremena je direktna posledica apsolutnog važenja fizičkih zakona u svim inercijalnim sistemima (tj. u svakom pojedinačnom svemirskom brodu). Opšta teorija relativnosti se bazira na ekvivalenciji između ubrzanja i sile gravitacije. Naime, ukoliko se nalazimo na Zemlji i ispustimo loptu ka njoj, lopta će se ubrzavati brzinom od 9,81 m/s u svakoj sekundi puta. Ukoliko se sada nalazimo u liftu koji pluta Kosmosom daleko od planeta i zvezda, i mi i lopta ćemo biti bestežinski i plutaćemo u liftu. Međutim, ukoliko lift počne da se ubrzava brzinom od 9,81 m/s u svakoj sekundi puta, mi ćemo opet postati teški kao na Zemlji, a lopta koju ispustimo ka podu lifta, ubrzavaće se istom brzinom kao na Zemlji. Ukoliko probamo da usmerimo snop svetlosti u liftu koji se kreće konstantnom brzinom (ili miruje), tada će svetlost slediti pravolinijski put. Međutim, kada se lift ubrzava, snop svetlosti neće više biti pravolinijski, već će biti iskrivljen. U skladu sa principom ekvivalencije, Ajnštajn je 1915. godine pretpostavio da ako se putanja

svetlosti krivi u referentnom sistemu koji se ubrzava, ona će se kriviti i u gravitacionom polju. Ova Ajnštajnova pretpostavka je i potvrđena tokom jednog pomračenja Sunca 1919. godine tokom koga je primećeno da su se dve zvezde, jedna iznad, a druga ispod pomračenog Sunca razmakle dok je Sunce prolazilo između njih, da bi se sa prolaskom Sunca opet vratile na početne položaje, što je bila očigledna posledica dejstva Sunčeve gravitacije na svetlost koja dolazi sa ovih zvezda.

### - Šta su to crvotočine?

Crvotočine su rešenja Ajnštajnovih jednačina gravitacionog polja, a predstavljaju tunele koji povezuju različite tačke u prostor-vremenu, tako da bi za putovanje kroz njih bilo potrebno znatno manje vremena nego u slučaju putovanja kroz obični prostor. Crvotočina se sastoji iz dva ulaza povezana grlom, odnosno Ajnštajn-Rozenovim mostom koji predstavlja put koji je topološki različit od ostalih mogućih puteva koji povezuju dve ulazne tačke. Topološki identični putevi predstavljaju razne puteve koje crv može preći između dve tačke na jabucu puzeći po površini kore, dok bi topološki različit put u odnosu na površinske puteve predstavljao put kroz unutrašnjost jabuke. U naučnoj fantastici, pojam crvotočina se najčešće odnosi na prečicu puta, dok se u teorijskoj fizici, ova prečica može ispostaviti ponekad i kao duži put od konvencionalne rute. Crvotočine su se najpre pojavile kao rešenja Ajnštajnovih jednačina za crne rupe, ali se one u ovom slučaju najverovatnije ne bi mogle koristiti za putovanja jer bi usled svoje nepostojanosti kolabirale pre nego što bi neki svemirski brod ili čak i zrak svetlosti mogao da prođe kroz njih. Stoga bi crvotočine kroz koje bi moglo da se putuje morale da budu dovoljno dugo otvorene kako bi signal mogao da prođe kroz njih. Ovakve otvorene, statične i u vremenu nepromenljive crvotočine morale bi da sadrže tzv. egzotičnu materiju, odnosno materiju negativne gustine energije i velikog negativnog pritiska. Neki naučnici smatraju da naš materijalni svet pri dimenzijama Plankove dužine ( $10^{-35}$  metara) poseduje mnogo crvotočina koji bi mogli da nas povezuju sa drugim Kosmosima.

### - Šta su to Mah i Mahov princip?

Mah je uobičajena jedinica za merenje brzine aviona i predstavlja odnos brzine tela, tj. aviona i brzine zvuka u neometanoj sredini kroz koju telo putuje. Kada avion leti brzinom jednako brzini zvuka (u vazduhu 332 metra u sekundi ili 1195 kilometara na čas) kažemo da se kreće brzinom od jednog Maha, a čim prekorači ovu granicu, kažemo da se kreće supersoničnom brzinom. Ukoliko mu je brzina jednaka dvostrukoj brzini zvuka u vazduhu, onda avion leti brzinom od dva Maha. Najbrži putnički avioni su danas još uvek *Concord*-i koji krstare na visinama od oko 18 km brzinom od 2 Maha, dok većina putničkih aviona (npr. *Boeing 747*) leti na visinama od oko 10 km brzinom od približno 0,8 Maha. Sve brzine veće 5 Maha nazivaju se hipersoničnim brzinama. Interesantno je da je ugao zvučne kupe koju iza sebe ostavlja telo koje leti kroz fluid jednako dvostrukoj recipročnoj vrednosti sinusa recipročne vrednosti brzine tela u odnosu na okolni fluid u Mahovima. Inače, ime ove relativne jedinice brzine potiče od austrijskog filozofa i fizičara Ernsta Maha, koji je smatrao da inercija nekog materijalnog tela (otpor koji ono pruža ubrzanju) ne predstavlja neko unutrašnje svojstvo same materije, već je mera njegove interakcije sa ostatkom Kosmosa. Prema Mahovom shvatanju, materija poseduje inerciju jedino stoga što u Kosmosu postoji još materije. Kada neko telo rotira, njegova inercija proizvodi centrifugalne sile, slične onima koje se koriste u centrifugi mašine za pranje rublja da bi iz mokrog veša iscedile vodu, ali se te sile pojavljuju jedino zato što to telo rotira "u odnosu na nepomične zvezde", smatrao je Mah. Kada bi te nepomične zvezde odjednom iščezle, s njima bi iščezla i inercija i

centrifugalne sile rotirajućeg tela. Ova ideja je poznata kao Mahov princip i ona je inspirisala Alberta Ajnštajna da konstruiše svoju čuvenu opštu teoriju relativnosti.

### **- Da li postoji anti-gravitacija?**

Premda su pre nekoliko godina, naučnici tvrdili da su proizveli anti-gravitacioni efekat pomoću rotirajućeg superprovodnog diska, fizički zakoni kakve današnja nauka poznaje kažu nam da nestajanje gravitacione interakcije pomoću bilo kog sredstva nije moguće. Moguće je dovesti telo u stanje lebdenja pomoću neke suprotno usmerene, a po intenzitetu jednake sile (npr. magnetnim ili elektrostatičkim odbijanjem), ali u svetu materije samu gravitaciju nije moguće eliminisati, jer se u skladu sa Ajnštajnovom opštom Teorijom relativnosti, gravitacija ne definiše kao jedna od 4 osnovne sile u prirodi, već kao zakrivljenost, odnosno promena u lokalnoj geometriji prostor-vremena u blizini neke mase ili nekog drugog oblika energije. Ipak, i pored ovoga, teorija relativnosti dozvoljava postojanje odbojne sile odgovarajuće gravitaciji, što u samoj teoriji odgovara postuliranim beskonačno debelim zidovima sa izrazito velikim površinskim naponom koji bi bili u stanju da odbijaju svako telo ubrzano ka njemu. I sam Ajnštajn je u svom modelu statične Vasiona uveo pojam negativne gravitacije (uvođenjem tzv. kosmološke konstante), kako bi objasnio postulirani nepromenljivi Kosmos. Iako se nakon otkrića (odnosno postuliranja teorije) Velikog praska i širenja Kosmosa smatralo da Ajnštajnov model nije ispravan, najnovija istraživanja u kosmologiji pokušavaju da preko anti-gravitacionog efekta na velikim udaljenostima objasne poreklo ubrzanog širenja Vasiona, koje je nedavno otkriveno.

### **- Kako se pravi veštačka gravitacija u svemirskim brodovima?**

Kao u filmu "Odiseja u Svemiru: 2001", svemirske stanice bi vrlo verovatno mogle jednoga dana da budu oblika džinovskih rotirajućih prstenova sa veštačkom gravitacijom usmerenom u suprotnom pravcu od ose rotacije, tako da bi glave putnika bile okrenute ka centralnoj osi rotacije. Jačina gravitacionog polja bi zavisila od brzine rotacije ovog sistema. Kada bi stanica imala prečnik od 640 metara, morala bi da se okreće jednom u minutu da bi simulirala Zemljinu gravitaciju. Za sve manje prečnike svemirskih stanica ovakvog oblika, jačina gravitacionog polja bi bila različita u različitim tačkama putnikovih tela, što bi zavisilo od udaljenosti od ose rotacije. Tako, kada bi svemirska stanica bila prečnika samo 20 metara, gravitacija bi za desetak posto bila jača u predelu nogu, nego u predelu glave, što bi eventualno dovelo do blagog izduženja tela.

### **- Kako se vrši navigacija svemirskih brodova?**

Navigacija svemirskih brodova se vrši posmatranjem kretanja broda u nekom koordinatnom sistemu. Pri kosmičkim letovima, sever i jug ili bilo koja druga strana sveta su nam praktično beskorisni, a ne znače nam mnogo ni položaji Zemlje, Sunca ili Meseca jer se ovi nebeski objekti stalno kreću. Umesto toga, za određivanje položaja svemirskog broda koristimo se istim načinom koji je koristio Kristofer Kolumbo i svi stari mornari: uz pomoć zvezda. Iako se zvezde kreću u svojim lokalnim orbitama, mnoge od njih su toliko daleko da se za potrebe navigacije njihov položaj u prostoru može smatrati fiksiranim. Uz pomoć malo trigonometrije, lako možemo odrediti orijentaciju broda i njegov pravac kretanja. Međutim, pošto su zvezde prilično daleko, a kretanje broda u odnosu na njih vrlo sporo, na ovaj način se ne može odrediti apsolutni položaj svemirskog broda u odnosu na Zemlju. Za ove potrebe, najčešće se koristi radio signal koji emituje brod. Primanjem radio signala na Zemlji, meri se ugao između broda i prijemnika, kao i vreme za koje signal stigne do Zemlje, na osnovu koga



se pomoću sinhronizovanih časovnika na brodu i na zemaljskoj stanici, a i s obzirom da radio talasi kao i svi drugi oblici elektromagnetnih talasa putuju brzinom svetlosti, lako može odrediti rastojanje od Zemlje do broda.

### **- Kako gori sveća u bestežinskom stanju?**

Sveće se sastoje od goriva (tj. nekog voska, a najčešće ugljovodonika parafina) i fitilja (tj. neke vrste upijajuće tkanine). Fitilj sveće mora dobro upijati tečnosti (slično peškuru) ili mora posedovati dobre kapilarne osobine (slično staklenim vlaknastim fitiljima kod uljnih lampi). Ukoliko kupite u prodavnici tanki kanap za sveću, probajte da ga polijete vodom i primetićete da je on veoma dobro apsorbuje (upija). Ova osobina kanapa za sveću je veoma važna, jer na taj način tokom gorenja sveće, nit pomera vosak naviše. Toplota plamena izaziva isparavanje voska i upravo ova para sagoreva dajući plamen i ne prekidajući reakciju. Centar plamena sveće je žute boje, jer u ovom delu plamena, kiseonik iz vazduha nije u potpunosti dostupan da bi se sva para voska zapalila, već ona samo delimično gori, pa stoga temperatura žutog, centralnog dela plamena sveće i nije toliko topla kao spoljašnji, plavi deo gde je kiseonik u potpunosti dostupan i gde pare voska ne sagorele u žutom delu plamena u potpunosti sagorevaju, pa je stoga i temperatura ovog, plavog dela plamena znatno veća. Ipak, ne bismo tako lako uspeali da zapalimo šibicu negde u vakuumu međuplanetarnog prostora ili na otvorenoj površini Meseca, jer nam je za neometano gorenje sveće potreban stalni dovod kiseonika. Stoga se za ispitivanje gorenja sveće u uslovima mikrogravitacije koriste zatvoreni vazdušni prostori *space shuttle*-ova tokom njihovih letova kroz Kosmos. Prilikom jednog ovakvog eksperimenta zapaženi su sledeći karakteristični detalji: neposredno nakon paljenja sveće plamen je bio loptast i svetlo žut. Nakon 8 – 10 sekundi, plamen je promenio boju u plavu, a oblik u poluloptast sa prečnikom od oko jednog i po santimetra. Vreme trajanja plamena je bilo kraće nego na zemlji, u rasponu od jednog do 45 minuta, jer nakon paljenja sveće, njen odnos visine plamena i njegovog prečnika konstantno opada sa vremenom. Razlog ovako kraćeg svetljenja sveće u uslovima nulte gravitacije nego na Zemlji je u tome što se u gravitacionim uslovima, samo mali deo oslobođene energije koristi za topljenje voska i njegovo isparavanje, dok se u vakuumu, mala količina oslobođene energije odvodi u okolinu, a najveći deo energije se prenosi na vosak. Pri intenzivnijem topljenju voska, on dolazi u kontakt sa hladnijim svećnjakom, što dovodi do pojave površinskog napona koji potiskuje rastopljeni vosak duž zidova svećnjaka.

### **- Kako se upravlja svemirskim brodom?**

Njutnov zakon akcije i reakcije nam kaže da svaka sila u prirodi ima svoju jednaku, ali suprotno usmerenu silu. Kada se dešava sagorevanje goriva u jednoj kosmičkoj raketi, nastali izduvni gasovi se šire u svim pravcima, ali pošto je dno otvoreno, oni napuštaju raketu u smeru suprotnom od smera kretanja rakete, pa stoga, saglasno trećem Njutnovom zakonu, raketa dobija jednaku silu u pravcu svoga kretanja. Saglasno prvom Njutnovom zakonu, sila proizvodi ubrzanje, pa se tako radom motora povećava brzina rakete. Pošto u kosmičkim prostranstvima uglavnom vlada skoro potpuni vakuum, nema sudaranja sa česticama koje bi bile u stanju da znatno uspore brod. Stoga se sa malim radom motora povećava brzina, koja zatim ostaje konstantna, sve dok ne odlučimo da promenimo pravac kretanja ili da usporimo raketu. Takođe, svaki izolovani sistem u prirodi, kao što je naš svemirski brod u vakuumu, podleže zakonu održanja impulsa. Stoga, ako se određeni broj atoma ispali u nekom pravcu, brod će povećati svoju brzinu u suprotnom smeru, jer je neophodno da impuls sistema, tj. proizvod mase i brzine ostane konstantan. Za usporavanje letelice, najčešće se koriste retro-rakete, koje ispaljuju izduvne gasove nastale prilikom sagorevanja goriva, ali u smeru kretanja

broda. Upravljanje svemirskim brodom znači menjanje njegove trenutne orbite ili putanje, što se najčešće izvodi korišćenjem malih kontrolnih raketa, kako bi se letelica prevela u smer kojim želimo da se krećemo, kada se ponovo uključuje glavni raketni motor. Na taj način se, uz pomoć malih kontrolnih raketa za obrtanje pravca, glavni raketni motor može koristiti istovremeno i kao retro-raketni motor.

### **- Zašto se sve svemirske letelice lansiraju u pravcu istoka?**

Svi svemirski brodovi se lansiraju u pravcu istoka, jer se i Zemlja okreće oko svoje ose u istom smeru, pa uzletajuća raketa na taj način koristi dodatnu energiju kretanja, koja potiče od rotacionog kretanja Zemlje. Maksimalna brzina u pravcu istoka je dostupna na ekvatoru, jer je tu i brzina Zemljine rotacije najveća i iznosi oko 450 metara u sekundi ili oko 1000 milja na čas, a kako se krećemo od ekvatorijalnog prstena ka severu ili jugu, brzina rotiranja Zemlje opada da bi na polovima postala jednaka nuli. To je i razlog zašto se *Cape Canaveral*, glavno mesto za poletanje *space shuttle*-ova i drugih kosmičkih letelica iz SAD-a, izgradio na mestu gde je brzina rotiranja Zemlje skoro najveća, tj. na samom jugu SAD-a, na poluostrvu Floridi, veoma bliskom ekvatoru. Na taj način, neophodna orbitalna brzina letelice se postiže uz korišćenje manje količine goriva. Izuzetak od ovog načina lansiranja su samo sateliti koji imaju za cilj pregledanje što veće površine Zemlje, a koji se postavljaju u polarne orbite, gde Zemlja rotira ispod njih. Međuplanetarne letelice koje putuju do udaljenijih planeta Sunčevog sistema mogu tokom poletanja iskoristiti i Zemljinu orbitalnu brzinu oko Sunca (oko 30 km/s), dok letelice koje putuju do bližih planeta najčešće moraju redukovati svoju brzinu dobijenu od strane Zemljine rotacije oko Sunca, kako bi "ušli" u neku od bliskih željenih orbita.

### **- Zašto se *space shuttle*-ovi prevrnu na leđa neposredno nakon lansiranja sa Floride?**

Nekoliko sekundi nakon lansiranja, *space shuttle* se obrće naopačke tako da napadni ugao između vetra uzrokovanog kretanjem letelice kroz atmosferu i sklad vetrova (zamišljene linije između vodeće i zadnje ivice) bude blago negativan. Na ovaj način se postiže delovanje male nadole usmerene sile i ublažava se opterećenje strukture letelice. Na ovaj način se pre svega zaštićuju krila koja predstavljaju najosetljiviji deo svake kosmičke letelice. Položaj *space shuttle*-a, postignut okretanjem na leđa, omogućava letelici da ponese veću masu u orbitu, da stigne u veću orbitu sa istom masom ili da promeni orbitu duž većeg opsega nagiba putanje nego što bi to bila u stanju da uradi bez obrtanja unatraske. Izvrnuti položaj broda omogućava posadi da nakon poletanja preduzme i neki od složenijih manevara kao što je onaj prilikom vraćanja na lansirnu pistu neposredno nakon poletanja. Takođe, na ovaj način se postiže efikasnija komunikacija radio aparata na Zemlji sa radio antenama S-opsega na *space shuttle*-ovima, a i posada je ovako u stanju da vidi horizont, što je veoma koristan orijentir prilikom upravljanja letelicom. Uz sve ovo, letelica se takođe orijentiše tako da zaklapa mali ugao sa Zemljinom površinom ispod sebe (i to najčešće sa nosom usmerenim ka istoku, jer se na taj način koristi Koriolisova sila kao posledica Zemljine rotacije oko svoje ose od zapada ka istoku), što omogućava motoru da preda letelici dovoljno ubrzanja kako bi se postigao ispravan položaj u Zemljinoj orbiti.

### **- Kako svemirski brodovi rasipaju toplotu?**

Postoji tri načina za prenos toplote: strujanjem, difuzijom i radijacijom, tj. elektromagnetnim talasima. Strujajući prenos toplote se vrši putem prenosa materije, a

najčešće gasa. Fen kojim sušite kosu predstavlja jedan od primera strujajućeg tipa grejanja, jer ovaj aparat šalje vazdušne molekule visoke kinetičke energije na vašu kosu koji joj u sudarima prenose toplotu i na taj način dovode do isparavanja molekula vode sa njene površine. S druge strane, difuzija predstavlja prenos toplote kroz kontakt, kao na primer kada stavimo prst na kocku leda, a radijativni prenos toplote se vrši putem prenosa svetlosnih i infracrvenih fotona. S obzirom da je materije u Kosmosu, a pogotovo u neposrednoj okolini svemirskog broda veoma malo, svemirske letelice u svrhu regulisanja temperature koriste radijacioni prenos toplote. Kada je potrebno otarasiti se viška toplote, dovoljno je okrenuti termalne radijatore ka tamnoj strani neba, dok se u cilju grejanja broda, ovi radijatori mogu okrenuti ka Suncu ili Zemlji. Takođe, i Sunce greje Zemlju isključivo putem radijacije.

### **- Šta štiti svemirske letelice od prevelikog zagrevanja prilikom ulaska u atmosferu?**

Slično meteorima koji pod dejstvom trenja sa česticama vazduha izgore kada iz kosmičkog vakuuma pređu u Zemljinu atmosferu, postoji opasnost da se isto to desi i svemirskim letelicama. Da bi se letelice zaštitile od preteranog zagrevanja, koriste se dve različite tehnološke dosetke. U ablativnoj tehnologiji, koju koriste svemirski brodovi *Apollo*, površina toplotnog štita letelice se pod dejstvom trenja sa česticama vazduha topi i isparava, pa na taj način odnosi višak toplote. S druge strane, u tehnologiji izolatorskih točkova, svemirski brodovi su zaštićeni specijalnim izolatorskim silicijumskim gumama. Naime, gume *space shuttle*-ova se izrađuju od amorfnih silicijumskih vlakana koji se presuju i sinteruju tako da poseduju poroznost od čak 93 % što ih čini izuzetno laganim, pa su njihovo termičko širenje i toplotna provodljivost veoma niski, pa su stoga one veoma postojane pri toplotnim udarima, kao npr. prilikom intenzivnog trenja sa česticama atmosfere prilikom leta kroz vazduh. Čuvane su slike na kojima članovi posade *space shuttle*-a u rukama drže krajeve točka čije je središte zagrejano do usijanja, a što je moguće zahvaljujući izuzetnoj toplotnoj izolaciji silicijumskih guma. Pošto vakuum predstavlja najbolju toplotnu izolaciju, tokom leta kroz Kosmos, postoji i opasnost da dođe do pregrevanja određenih delova letelice (oko električnih kola, gorivnih ćelija, raketnih motora, a i pod dejstvom Sunčeve toplote) usled nemogućnosti oslobađanja toplote sa njih. Stoga se spoljni slojevi konstrukcije letelica oblažu sa tankim slojem zlata koje je posebno po tome što izuzetno dobro reflektuje infracrvenu svetlost (elektromagnetne talase koji izazivaju intenzivnije vibriranje atoma u molekulima, a time i zagrevanje), pa na taj način i sprečava zagrevanje koje potiče od elektromagnetnih talasa sa Sunca, a svemirske letelice su opremljene i sa radijatorima koji isključivo u vidu infracrvenih talasa (konvekcijom i strujanjem nije moguće rasipati toplotu u vakuumu, jer vakuum predstavlja prostor bez materije). Inače, spoljne konstrukcije modernih svemirskih letelica se najčešće izrađuju od ugljeničnih, odnosno grafitnih vlakana koji, osim što su izuzetno lagani, izuzetno su otporni i na toplotu.

### **- Kako sateliti ili svemirski brodovi koriste planete za povećanje svoje brzine?**

Ovaj, tzv. *slingshot* efekat dovodi do toga da svemirska letelica zapravo ukrade malo energije od planete i koristi je za ubrzanje svoga kretanja. Relativna brzina svemirskog broda u odnosu na planetu, čiju gravitaciju koristi za ubrzanje, ista je i prilikom približavanja letelice njoj, kao i prilikom udaljavanja od nje. Međutim, relativna brzina letelice u odnosu na Sunce se može povećati ili smanjiti u zavisnosti od pravca iz koga letelica dolazi. Ova promena brzine se pojavljuje usled toga što brod, uhvaćen u blizini gravitacionog polja planete, može dobiti ili izgubiti nešto od svoje kinetičke energije kroz uzajamno gravitaciono

privlačenje. Da bi povećao svoju brzinu, svemirski brod mora prići planeti otpozadi, a ako želi da uspori svoje kretanje, mora prići planeti spreda. Pošto se planeta kreće, ona prenosi letelici nešto od svog ugaonog momenta, što znači da kada se brzina letelice povećava, brzina planete se smanji. Naravno, ne u istoj meri, već srazmerno svojoj masi, na osnovu zakona o održanju impulsa, a pošto je masa planete toliko veća od mase nekog svemirskog broda, onda je efekat usporavanja planete zanemarljivo mali. Malo detaljnije objašnjenje ovog efekta bi bilo sledeće: Kada se satelit ili letelica približava planeti, njegova brzina u odnosu na Sunce je jednaka vektorskoj sumi brzine letelice u odnosu na planetu i brzine planete u odnosu na Sunce. Brzina kretanja letelice u odnosu na planetu je ista prilikom njihovog približavanja i njihovog razilaženja, ali je pravac brzine odlaska promenjen pod dejstvom gravitacije planete, tj. putanja letelice će se malo saviti. Kada brod napušta planetu, njegova brzina u odnosu na Sunce se promenila, jer se i vektorska suma brzine broda u odnosu na planetu i brzine planete u odnosu na Sunce promenila. Pošto je kinetička energija srazmerna kvadratu brzine, došlo je do razmene energije između satelita, planete i Sunca, ali je ukupna količina energije, naravno ostala očuvana.

### **- Kako svemirske letelice mogu da šalju radio poruke sa velikih kosmičkih rastojanja?**

Dve svemirske letelice tipa *Voyager* su imale zadatak da fotografišu planete Jupiter, Saturn i Neptun (kao i njihove prirodne satelite), a danas se nalaze na samim granicama Sunčevog sistema. *Voyager 1* se trenutno nalazi oko 12 milijardi kilometara (80 astronomskih jedinica) od Zemlje i još uvek šalje precizne radio poruke (*Pioneer 10* je odavno izašao iz Sunčevog sistema, takođe se nalazi na oko 12 milijardi kilometara od Zemlje i kreće se ka sazvežđu Taurus iako će tamo stići tek za nekoliko miliona godina), iako je svakom signalu potrebno oko 10 sati da stigne do Zemlje. Ove letelice koriste radio odašiljače snage 23 Vata, što je za 20 Vati veće od snage radija u mobilnom telefonu, ali i mnogo manje od nekih radio stanica koje koriste predajnike snage i do 10 000 Vati. Ipak, primanje signala sa ovih letelica je moguće jer one koriste velike antene koje su tačno usmerene ka antenama prijemnika na Zemlji, a i frekvencije na kojima ove letelice šalju svoje poruke podležu izuzetno maloj interferenciji sa radio signalima koji potiču sa Zemlje. Antena *Voyager*-a ima prečnik od 3,7 metara, a antena odgovarajućeg prijemnika (koji je usmeren tačno ka anteni *Voyager*-a) na Zemlji ima prečnik veličine 34 metra. Osim velikih i pogodno usmerenih antena, *Voyager* sateliti koriste frekvenciju od 8 GigaHerca za prenos poruka, a na ovim frekvencijama ima posebno malo smetnji na Zemlji. Stoga je zemaljskim prijemnicima potreban samo mali pojačivač kako bi se tihi radio signal letelica mogao protumačiti. Ipak, kada Zemaljski predajnici šalju signale letelicama, tada se koriste ogromni predajnici snage od po nekoliko desetina hiljada Vati, kako bismo bili sigurni da će poruka stići na svoje odredište.

### **- Šta su to Sunčeve jedrilice?**

S obzirom da 95 % težine današnjih svemirskih letelica čini gorivo, u poslednje vreme se čine razni pokušaji konstrukcije svemirskih brodova koji bi umesto raketnog goriva koristili neki lakši i praktičniji izvor energije kretanja. Slično morskim jedrilicama koje koriste pritisak vetra za kretanje u pogodnom pravcu i smeru, tako i dizajnirane solarne jedrilice predstavljaju kosmičke letelice budućnosti koje će u svrhu pogona koristiti pritisak svetlosnih fotona, a njeno kretanje bi zavisilo od međusobnog dejstva tri komponente: stalne sile koju Sunčeva svetlost predaje brodu, posedovanje velikih i ultratankih ogledala, kao i korišćenje odvojenog vozila za poletanje. Svetlost predstavlja elektromagnetne talase koji deluju malom silom na objekte sa kojima dođu u kontakt, a ovako delujuća svetlost bi

predstavljala motor jedne Sunčeve jedrilice. Svetlost koja bi gurala brod dolazila bi ili sa Sunca ili sa velikih lasera koji bi se izgradili na Zemlji ili na nekom veštačkom satelitu. Takođe, spregom gravitacione sile Sunca (ili drugih zvezda) i pritiska svetlosnih talasa biće moguće upravljati kosmičkom jedrilicom i menjati njenu brzinu i kurs, slično načinu na koji su stari moreplovci plovili morima, s tom razlikom što “more” ne bi nikada bilo burno i nepredvidljivo, već uvek tiho i sunčano. Jedra ovakve letelice bi morala biti ogromna kako bi bila u stanju da sakupe dovoljnu količinu svetlosne energije, a pri tome bi morala biti veoma lagana (kvadratni metar jedra ne bi smeo da bude teži od 3 grama), kao i neisparljiva u vakuumu i temperaturno veoma postojana (u opsegu od skoro apsolutne nule do 300°C). Reflektujući materijal od koga bi bila napravljena jedra ne bi smeo biti deblji od jedne naše vlasi kose, morao bi biti izuzetno lak, a i trebao bi da ne topeći se, izdrži veliku toplotu sa Sunca. U ovu svrhu se u poslednje vreme koriste vlakna ugljenika debljine oko jednog mikrometra. Neki prototipi Sunčevih jedara napravljenih od poliestera, poliamida ili nekih drugih organskih polimera, presvučeni su sa jedne strane sa slojem aluminijuma koji reflektuje Sunčeve svetlosne talase, dok su sa druge strane presvučeni sa slojem silicijum dioksida (SiO<sub>2</sub>) koji rasejava toplotu i tako štiti jedro od preteranog zagrevanja. Sunčeve jedrilice bi se lansirale u Kosmos pomoću drugih letelica ili bi se u tu svrhu koristili jaki snopovi mikrotalasnog ili laserskog zračenja. Smatra se da bi svemirske jedrilice mogle dostizati brzine do 90 km/s, što je 10 puta više od orbitalne brzine jednog *space shuttle*-a. Takođe, naučnici NASA-e smatraju da bi se ugrađivanjem odašiljača laserskog ili magnetnog snopa, mogla dostići brzina od oko 30 000 km/s, što čini jednu desetinu brzine svetlosti, a tada bi mogućnost međuzvezdanih putovanja zakoračila u stvarnost.

### **- Šta su to svetlosne letelice?**

Današnji svemirski brodovi nose sa sobom izvore energije kretanja u obliku goriva. Cena svemirskih putovanja bi mogla biti drastično umanjena kada bi se umesto tečnog goriva i drugih teških komponenti koristili izvori energije u obliku veoma intenzivne laserske svetlosti ili mikrotalasa emitovanih sa Zemlje ili nekog veštačkog planetarnog satelita u Sunčevom sistemu. Eksperimenti koje je proteklih godina finansirala američka administracija za nacionalnu aeronautiku i Svemir demonstrirali su svetlosnu letelicu koja bi se vozila na pulsirajućem infracrvenom laserskom zraku emitovanom sa Zemlje. Reflektivne površine na letelici bi fokusirale laserski zrak u jedan prsten gde bi se grejao vazduh do temperature koja 5 puta prevazilazi temperaturu površine Sunca. Zagrejani vazduh bi se eksplozivno širio što bi pružalo letelici energiju kretanja. Demonstrativne svetlosne letelice su napravljene od aluminijuma ili silicijum karbida (SiC) i sastoje se od prednjeg vazdušnog oklopa koji pokriva prstenasti plašt i zadnjeg dela u kome se nalaze optički delovi, kao i šireći otvor. Tokom atmosferskog leta, prednji odeljak bi sabijao vazduh i usmeravao ga ka ulazu motora. Prstenasti plašt predstavlja težište vazdušnog pritiska, a zadnja sekcija služi kao paraboličko ogledalo koje koncentriše infracrvenu lasersku svetlost u žižu prstena. Istovremeno, zadnja sekcija pruža dodatnu površinu koja se odupire pritisku ispuštenog vrelog vazduha. U dizajn svetlosnih brodova uključeno je i automatsko upravljanje: ako letelica skrene sa pravca svetlosnog snopa, pravac potiska vazduha se naginje i vraća letelicu na pravi put. Takođe, mlaz kompresovanog vazduha se koristi da bi zarotirao letelicu do brzine od oko 10 000 obrtaja u minutu, što bi dodatno žiroskopski stabilizovalo letelicu i dozvoljavalo joj da lakše seče vazduh kroz koji prolazi.

### **- Šta su to mikrotalasnne letelice?**

Osim laserskog snopa koji se koristi za pogon jedna vrste laganih (ili svetlosnih) letelica (tzv. *lightcrafts*), u budućnosti će biti moguća i upotreba mikrotalasa za predavanje energije izuzetno lakim svemirskim letelicama. Mikrotalasi su jeftiniji od laserskog snopa, ali će zato mikrotaladni brodovi morati da budu veći od svetlosnih letelica i po obliku će podsećati na leteće tanjire. Mikrotaladni svemirski brodovi bi se oslanjali na energiju koju bi ka njima usmeravale stanice koje bi orbitirale oko Sunca i prevodile Sunčevu energiju u mikrotalase. Za razliku od svetlosnih letelica koje bi laserski snop ubrzavao u smeru emitovanog snopa, izvori mikrotalasa (tj. solarne stanice) bi privlačile mikrotaladne letelice ka sebi. Izvori mikrotalasnog zračenja u vidu solarnih stanica bi morali da imaju oko 1 kilometar u prečniku i smatra se da bi mogle da stvaraju oko 20 GigaVata snage. Na orbiti od oko 500 kilometara od Zemlje, stanice bi usmeravale mikrotalase ka mikrotaladnim letelicama koje bi bile u obliku diska od oko 20 metara u prečniku, a u njih bi moglo da stane 12 ljudi. Milioni malih antena sa površine letelice bi prevodile mikrotalase u električnu energiju. Tokom samo dve orbite, solarne stanice bi bile u stanju da sakupe 1800 GigaDžula energije i pošalju 4,3 GigaVata snage letelici za vožnju u orbiti. Mikrotaladni svemirski brodovi bi bili opremljeni sa po dva snažna magneta i po tri motora za pogon. Solarne ćelije koje pokrivaju površinu broda, koristile bi se za stvaranje električne struje prilikom poletanja. Kada poleti, letelica bi počela da koristi unutrašnje reflektore za zagrevanje vazduha i probijanje zvučnog zida. Kada se nađe na dovoljno velikoj visini, nagnula bi se na stranu kako bi dostigla hipersonične brzine. Polovina primljene mikrotaladne snage bi se zatim reflektovala ispred broda kako bi zagrevala i proređivala vazduh ispred sebe i tako dopuštala letelici da dostigne brzinu koja je 25 puta veća od brzine zvuka i odleti u orbitu. Maksimalna brzina ovakve letelice bi iznosila oko 50 brzina zvuka (brzina zvuka u vazduhu iznosi oko 330 m/s). Druga polovina primljene mikrotaladne energije bi se preko antena prevodila u električnu struju i koristila za napajanje dva elektromagnetna motora koji će ubrzavati klizni tok ili vazduh koji teče oko letelice. Ubrzavanjem kliznog toka, letelica će biti u stanju da spreči svako probijanje zvučnog zida i tako postane potpuno nečujna iako se kreće supersoničnim brzinama.

## **- Kako lete letelice na jonski pogon?**

Izbacivanje gasa pod visokim pritiskom kroz usku cev ne predstavlja jedini način za pokretanje raketnih motora. Naime, postoje i letelice koje u svojim raketnim motorima izbacuju tokove naelektrisanih čestica (jona) kako bi pokretale letelicu. U ovakvim letelicama na jonsku propulziju, materijal koji je najčešće živa, zagreva se tako da oformi gas. Atomi u ovom gasu se zatim izlažu električnim procesima kako bi se iz njih izbili elektroni, te tako od neutralnih atoma nastaju pozitivno naelektrisani joni i elektroni. Pošto su joni i elektroni raznoimeno naelektrisani, oni se privlače, a jonski motor postavlja elektrone na ekran koji gleda u otvoreni prostor iza broda. Joni se s druge strane ubrzavaju ka ovom ekranu i premda neki jone udare u elektronski ekran i na njemu se zadrže, najveći broj jona prolazi kroz precizno dizajnirane šupljine u ekranu i odlazi van letelice. Umesto da napuste letelicu brzinama od oko 16 000 km/h kao što topli gasovi izlaze iz mlaznog motora, joni napuštaju letelicu na jonski pogon brzinama od oko 250 000 km/h. Kada bismo stajali na savršeno ledenom jezeru (jezeru čiji je ledeni pokrivač toliko gladak da je trenje jednako nuli) i bacili čizmu ka obali brzinom kojom izleću joni iz jonskog motora, odleteli bismo u suprotnom pravcu otprilike brzinom zvuka. Zapravo, sa običnog leda bismo mogli da se otisnemo kada bismo bacili zrno pirinča ovom brzinom i upravo u ovome leže glavne prednosti motora na jonsku propulziju. Naime, veoma male količine materijala su dovoljne za postizanje velikih pokretačkih sila, odnosno velikih ubrzanja. Za razliku od aviona koji leti kroz vazduh i koji u svrhu letenja pokreće okolni vazduh unazad, jedina stvar koju mogu pokretati raketni motori u bezvazdušnom prostoru je skupo gorivo, pa stoga, što se sa većom brzinom gorivo izbacuje iz

motora, to će shodno Njutnovom zakonu akcije i reakcije, suprotno usmerena reakciona sila biti veća i letelica će se efikasnije pokretati. U letelicama na jonski pogon, jonski motor dobija energiju za izvršavanje električnih procesa iz solarnih ćelija sa površine broda ili iz nuklearnog reaktora u brodu. Pošto veoma štedljivo rasipa materiju (jer se adekvatna sila dobija izbacivanjem velike količine goriva malom brzinom ili izbacivanjem manje količine goriva većom brzinom), motor na jonski pogon se uglavnom koristi u letelicama kojima je potrebna višegodišnja konstantna (ili približno konstantna) propulzija. Tako, jednu letelicu na jonski pogon može uz efikasnu potrošnju goriva nekoliko godina pokretati samo mala bočica žive ili nekog drugog materijala.

## **- Kakve su to kosmičke letelice na naduvavanje?**

Kada bi čitave letelice ili barem neki njihovi delovi mogli da se naduvavaju, tada bi njihova težina bila znatno manja, a poznato je da što je teži predmet, to je veća cena njegovog lansiranja u Kosmos, jer se sa težinom predmeta povećava i neophodna potrošnja goriva. Tako bi cena lansiranja jednog tako laganog predmeta kao što je naduvana košarkaška lopta iznosila oko \$12500, dok bi cena lansiranja u orbitu jednog tela sličnog kosmičkom teleskopu *Hubble* koji je na Zemlji težak 11 tona iznosila oko 25 miliona dolara. NASA i druge svemirske agencije trenutno rade na razvoju svemirskih letelica na naduvavanje koje bi mogle da se postave u jedan mali kanister da bi se zatim prilikom pristizanja u Kosmos naduvali pomoću nekog inertnog gasa i specijalne opreme. Međutim, 2 i po metra visoki *ARISE* (*Advanced Radio Interferometry between Space and Earth*) teleskop koji će se uskoro (verovatno 2008. godine) postaviti u orbitu oko Zemlje biće dvostruko lakši od svemirskog teleskopa *Hubble*, a posedovaće 3000 puta veću rezoluciju od *Hubble*-a. Antena *ARISE* teleskopa, kao i njegovi oslonci biće napravljeni od naprednog, tankog polimernog materijala koji će moći da se savije i sklupča u mali kanister prečnika 1,8 metara i visine samo 40 santimetara, koji će zatim biti postavljen na vrh glavne letelice koja će postaviti teleskop u orbitu. Sama antena (odnosno reflektor) biće ispleteni u obliku mreže. Kada letelica koja bude nosila *ARISE* teleskop dostigne određenu orbitu, pletena antena se oslobađa, a tri oslonca i prsten oko antene će se naduvati. Da bi se ovo izvelo, Sunčeva energija se fokusira u razmenjivač toplote u letelici koji sadrži tečni vodonik. Sunčeva toplota dovodi do isparavanja vodonika koji u vidu gasa napumpava nosače teleskopa i prsten. Nakon samo nekoliko minuta od početka procesa naduvavanja, oslonci teleskopa će postati kruti, a time će i sama antena postati kruta i stabilna. *Space shuttle Endeavor* je 1996. godine poneo sa sobom u Kosmos jednu probnu antenu veličine 14 metara i uspešno ju je napumpao. Ista tehnologija koja se danas koristi za razvoj *ARISE* teleskopa, mogla bi jednog dana da se koristi i za pravljenje Sunčevih jedrilica koje koriste pritisak Sunčeve svetlosti za usmeravanje svog leta kroz Kosmos, a čije brzine će moći da iznose i oko 100 000 km/s. Takođe, NASA trenutno radi i na razvoju čitavih mesta za stanovanje na naduvavanje. Jedan od ovih prototipa je i *TransHab* koji bi već 2005. godine mogao da postane mesto u kome će komforno živeti posada Međunarodne svemirske stanice. Trospratni *TransHab* se može naduvati za 10 minuta uz pomoć mlazova gasnog azota. 30 santimetara debela opna ovog balona sastoji se od 12 različitih slojeva koji imaju za cilj razbijanje sitnog kosmičkog kamenja u vidu meteora na sitne neškodljive komadiće. Spoljni sloj je napravljen od mreže *Kevlar*-a koja može da izdrži teret od oko 7 tona, dok su unutrašnji slojevi ispleteni od *Nextel*-a, jedne vrste keramičke tkanine. Ovi slojevi takođe štite stanovnike *TransHab*-a od temperatura raspona od  $-120$  °C do  $120$  °C. Prilikom lansiranja, spakovani *TransHab* će imati prečnik od 4,3 metra, njegov prečnik kada se naduva iznosiće 8,2 metara, dok će mu zapremina iznositi  $339,8$  m<sup>3</sup>. Unutrašnjost 7 metara visokog svemirskog modula biće podeljena na tri sprata, pri čemu će se na prvom spratu nalaziti galerija i stolovi za ručanje, 6 spavaćih soba (svaka po 2,3 kubna

metra) zajedno sa personalnim skladišnim delom i kompjuterskim zabavnim odeljkom za rekreaciju i osobni rad, će biti raspoređeno na drugom spratu, dok će se na trećem spratu nalaziti prostor za vežbanje i kupatila. Ovakve kuće na naduvavanje tipa *TransHab* će se možda jednog dana koristiti i prilikom prvih dugotrajnijih boravaka na našem Mesecu ili nekim drugim planetama i satelitima.

### **- Šta su to samo-lećeći svemirski brodovi?**

Ukoliko ljudi planiraju da krenu u velike svemirske avanture, svemirski brodovi će morati da počnu da se prave od naprednijih tipova materijala. Naime, male nesavršenosti u strukturi jednog današnjeg, kompozitnog materijala (materijala nastalog kombinacijom dva ili više različitih materijala tako da rezultujući, kompozitni materijal poseduje željene osobine oba materijala) od koga se izgrađuju svemirske letelice, dovoljne su da se pod dejstvom naprežanja pojavi mikropukotina u unutrašnjosti materijala koja će se vremenom proširiti do same površine i dovesti do oštećenja broda. Stoga bi letelice budućnosti mogle da se prave od novih samo-lećećih materijala koji slično živim telima, imaju osobina zalečivanja pukotina (odnosno zarašćivanja rana) koje se pojave u njemu. Naime, tri su osnovne komponente ovakvih samo-lećećih materijala: kompozitni materijal (verovatno epoksi polimerni kompozit, sastavljen od polimera, tj. ugljenika, stakla ili Kevlara i neke smole, kao što je epoksi, vinil estar ili uretan), mikroenkapsulirani lećeći agens (lepak koji povezuje mikropukotine nastale u kompozitnom materijalu, a u slučaju materijala koji su izradili naučnici sa Univerziteta iz Urbana Šempejna u Ilinojsu, to je diciklopentadien – DCPD, fluid enkapsuliran u okviru malih mehurića raspodeljenih po celom kompozitu, sa oko 10 do 20 kapsula po kubnom santimetru) i katalizator (da bi polimerizovao atome u okolini pukotine, lećeći agens mora da stupi u kontakt i sa katalizatorom, što bi mogao biti Grubsov katalizator). Kada se pojavi mikropukotina u materijalu, ona se širi kroz njegovu zapreminu, prilikom čega ona uspeva da polomi određeni broj mikrokapsula i oslobodi lećeći agens, koji počinje da curi niz šupljinu pukotine, gde dolazi u kontakt sa katalizatorom, koji inicira proces polimerizacije, odnosno ponovnog povezivanja atoma razdvojenih pukotinom. Ovakvi materijali se neće koristiti samo za izradu svemirskih brodova, već i za pravljenja raznih inženjerskih, elektronskih i biomedicinskih materijala, traženje nafte, izradu stubova mostova, visećih mostova itd. Svake godine se na našoj planeti iskoristi oko 20 miliona tona raznih tipova kompozitnih materijala. Takođe, smatra se da će samo-lećeći materijali naći svoju prvu primenu u okviru kontrolnih kompjutera u avionima koji će posmatrati vitalne funkcije aviona i reagovati na najmanje probleme koji bi ljudskom oku promakli nezapaženi.

### **- Da li svemirske letelice mogu da koriste antimateriju kao gorivo?**

Sadašnji motori sa unutrašnjim sagorevanjem nisu u stanju da pokreću bilo koje prevozno sredstvo brzinama većim od superlaminarnih. Međutim, motori na antimaterijski pogon će biti u stanju da stotinama puta brže pokreću svemirske letelice od motora sa tečnim vodnikom koji koriste današnji svemirski brodovi. Antimaterija bi se u svemirskim brodovima čuvala u magnetnim prstenovima, u kojima bi se konstantno vrtela u krug. Kada je potrebno stvaranje energije, male količine antimaterije bi se otpuštale kroz otvor i usmeravala ka meti napravljenoj od obične materije. Kada se susretnu određena količina materije i antimaterije dolazi do pretvaranja njihove mase u gama talase (najenergetskije elektromagnetne talase), tako da je nastala energija gama talasa jednaka proizvodu zbira masa anihilirane materije i antimaterije sa kvadratom brzine svetlosti. Smatra se da će motori na antimaterijski pogon biti najefikasniji motori u prirodi, jer se sva masa u hemijskoj reakciji anihilacije pretvara u energiju, a i prilikom svog rada neće stvarati nikakve nus-produnkte koji



su štetni za okolinu. Energija oslobođena u jednoj reakciji poništavanja materije i antimaterije je oko 10 milijardi puta veća od energije oslobođene u reakciji sagorevanja vodonika i kiseonika koju koriste današnje svemirske letelice. Reakcije između materije i antimaterije su 100 puta snažnije od reakcija nuklearne fisije, a 300 puta snažnije od reakcija nuklearne fuzije. Smatra se da bi samo 14 milijarditih delova grama antiprotona bilo dovoljno da doveze svemirsku letelicu do Marsa i nazad, i to za samo mesec dana (u poređenju sa 11 meseci koliko je danas potrebno letelici da stigne do Marsa). Naime, količina energije koju tokom godinu dana proizvede đerdapska hidroelektrana jednaka je energiji koja se dobija sagorevanjem 6,7 miliona tona lignita, ili nuklearnom fisijom 690 kilograma urana-235, ili nuklearnom fuzijom 150 kilograma smeše deuterijuma i tricijuma, ili anihilacijom samo 720 grama materije (odnosno po 360 grama materije i antimaterije). Međutim, najveći problemi su vezani za pravljenje i čuvanje (skladištenje) antimaterije. Antimateriju ne možemo da nađemo u prirodi, jer ona skoro uopšte ne postoji oko nas. Postoje mogućnosti da su neke druge Galaksije u Kosmosu izgrađene u potpunosti od antimaterije, ali to još uvek nije potvrđeno. Stoga bismo morali da sami pravimo antimateriju u visoko-energetskim kolajderima subatomske čestice. Ovi kolajderi predstavljaju dugačke tunele obložene supermagnetima koji kruže duž zidova tunela kako bi ubrzali atome do brzina bliskih brzini svetlosti. U sudarima brzih čestica sa nekom metom dolazi do stvaranja niza drugih čestica, od kojih su neke antimaterijalne. Ovi kolajderi stvaraju nekoliko milijarditih delova grama u jednoj godini, a za slanje jedne letelice na antimaterijski pogon na međuzvezdana putovanja, neophodno je nekoliko tona antimaterije.

## - Šta se nalazi u odelu za astronaute?

Da bi zaštitilo ljudsko telo od međuplanetarnog ili međuzvezdanog prostora ili od negostoljubivih atmosfera kao što su one na Marsu ili na Mesecu, svemirsko odelo mora: posedovati atmosferu pod pritiskom (kako krv i drugi telesni fluidi ne bi pri uslovima niskog pritiska proključali a zatim se zamrzli), snabdevati telo kiseonikom, uklanjati ugljen dioksid koji izdišemo, održavati stalnu temperaturu u okolini tela (i uprkos napornom radu i kretanju između osunčanih oblasti na kojima temperatura iznosi oko 120°C i oblasti u hladu gde je temperatura oko -100°C), pružati zaštitu od naleta mikrometeorida (ili orbitirajućih otpadaka sa satelita ili letelice) i elektromagnetnog zračenja (uključujući i visoko-energetske naelektrisane čestice sa Sunca ili drugih zvezda), pružati jasan vidik, dozvoljavati što je moguće lakše kretanje i omogućavati komunikaciju (sa članovima posade broda, kao i sa zemaljskom stanicom). Slično automobilskim gumama, svemirska odela predstavljaju napumpane balone, čiji unutrašnji pritisak vazduha iznosi samo 0,29 atmosfera, pa se stoga nakon prelaska u *space shuttle* u čijoj unutrašnjosti vlada atmosferski pritisak, pritisak u okolini astronauta mora polako povećavati kako se ne bi desila slična stvara kao prilikom naglog izranjanja ronilaca. Kiseonik (ne vazduh) se dovode u astronautsko odelo ili putem pupčanog kabla ili putem *backpack life support* sistema. Isti sistem koji dovodi kiseonik u odelo, poseduje i litijum hidroksidni kanister koji apsorbuje molekule ugljen dioksida koje izdiše astronaut. Svemirska odela su toplotno izolovana sa slojevima tkanine (*Neoprene*, *GoreTex*, *Dacron*, *Nylon*, *Spandex*, *Kevlar*, *Nomex*) i pokrivena sa reflektivnim spoljašnjim slojevima (*Mylar* ili bela tkanina) kako bi se Sunčeva svetlost odbijala od odela. Radi uklanjanja toplote koju oslobađa astronaut (jer bi u suprotnom, oslobođeni znoj zamaglio kacigu i pored toga što se u kacigu povremeno ubrizgava supstanca-antizamagljivač, a astronaut bi mogao da dehidrira), odela imaju ili ventilatore ili se hlade vodom. Višestruki slojevi neke izdržljive tkanine kao što su *Dacron* ili *Kevlar* štite astronauta od udara mikrometeorida ili čestica solarnog vetra, kao i od sudara sa površinama planeta ili Meseca. Šlemovi svemirskih odela su napravljeni od providne plastike ili izdržljivog polikarbonata, a

za šlem je zakačena i svetiljka tako da astronaut može posmatrati i predele u senci. Radi komunikacije, astronauti nose slušalice i mikrofoni koji su povezani sa radio prijemnikom i predajnikom koji se nalaze ili u grudnom (*chestpack*) ili u leđnom (*backpack*) pakovanju. Ukoliko u Kosmosu gurnete nešto, sami ćete odleteti u suprotnom pravcu (jer Njutnov zakon akcije i reakcije važi iako nema trenja oko vas), pa je stoga za održavanje položaja ili zašrafljivanje običnog šrafa u bestežinskom stanju u vakuumu potrebna prava veština. Moderna svemirska odela poseduju i neki izvor energije kretanja (npr. raketni motor) pomoću koga se mogu kretati i bez obaveznog pridržavanja za konstrukciju broda.

## - Šta je to EMU odelo?

EMU (*Extravehicular Mobility Unit*) predstavlja odelo koje astronauti trenutno koriste tokom svemirskih šetnji u okolini *space shuttle*-ova ili Međunarodne svemirske stanice. Ova narandžasta odela pod pritiskom sa ugrađenim padobranom, astronauti nose i prilikom poletanja svemirskih brodova, kao i prilikom ulaska u atmosferu, s obzirom da u njima mogu skočiti iz broda u slučaju nekog kvara. Za razliku od ranijih svemirskih odela koja su u potpunosti bila napravljena od meke tkanine, EMU je sašiven od kombinacija meke i čvrste tkanine kako bi ispunio zahtev za nepropustljivošću, pokretljivošću i ugodnošću. Samo odelo se sastoji od 13 slojeva materijala, uključujući unutrašnji hladnjački deo (dva sloja), odelo pod pritiskom (dva sloja), toplotni deo koji štiti astronauta od udara mikrometeorida (8 slojeva) i spoljašnji deo (1 sloj). Materijali koji se koriste za izradu EMU-a su: Najlonski triko, *Spandex*, Najlon obložen uretanom, *Dacron*, Najlon obložen neoprenom, *Mylar*, *Gortex*, *Kevlar* i *Nomex*. Svi slojevi tkanine su ušiveni i međusobno zacementirani. Za razliku od prethodnih vrsta svemirskih odela koja su bila šivena za svakog astronauta posebno, EMU poseduje sve komponente odela u različitim veličinama, tako da se oni mogu uklopiti tako da pristaju astronautu. EMU je na Zemlji težak 127 kg, u njemu se održava atmosfera od 0,29 atmosfere, odelo bez astronauta zauzima zapreminu između 0,125 i 0,153 m<sup>3</sup>, a sadašnja cena mu iznosi oko 12 miliona dolara. EMU se sastoji od sledećih delova: MAG (*Maximum Absorption Garment*) – odnosno pelene, jer je astronautima potrebno isuviše mnogo vremena da se prilagođavaju pritisku i sastavu atmosfere u *space shuttle*-u da bi mogli tokom svemirske šetnje da odu u toalet u brodu i da se ponovo vrate “napolje”; LCVG (*Liquid Cooling and Ventilation Garment*) – set od Najlonskog trikoa i spandeksa sa tankim plastičnim cevima kroz koje prolazi hladna voda koja se dovodi ili sa pupčanog kabla koji je povezan sa *space shuttle*-om ili sa leđnog paketa odela, a koja hladi astronauta tokom njegovog rada; EEH (*EMU Electrical Harness*) – nizovi komunikacionih žica i bioinstrumenata preko kojih se posmatraju vitalne funkcije astronauta iz broda; CCA (*Communications Carrier Assembly*) – kapa od tkanine na kojoj se nalaze mikrofoni i zvučnici koji se koriste tokom radio komunikacije bez upotrebe ruku; LTA (*Lower Torso Assembly*) – sadrži donji deo EMU-a, uključujući pantalone, zglobove odela u predelu kolena i stopala, čizmi i struka što olakšava kretanje, sadrži i pertle za koje se može privezati alat tako da ne odleti, a sa gornjim delom odela je povezan pomoću metalnog spojnog prstena; HUT (*Hard Upper Torso*) – tvrda ljuska od staklenih vlakana, oblika prsnika, sadrži rukave, donji torzo, kacigu, leđno *life-support* pakovanje i kontrolni modul, a može držati i pribor sa alatom; rukavi; rukavice – sa gumenim prstima kako bi se predmeti mogli lakše držati, a astronauti osim ovih spoljašnjih, nose i finije unutrašnje rukavice neposredno uz ruke; kaciga – napravljena od providne polikarbonatne plastike otporne na udar, sadrži i jastučice radi ugodnosti i ventil za izbacivanje ugljen dioksida u slučaju korišćenja kiseonika iz leđnog pakovanja umesto iz pupčane vrpce, a u kacigi, kiseonik se uvodi iza astronautove glave, ide preko glave i zatim se spušta do lica, a u unutrašnjost kacige se ubrizgava antizamagljivač koji sprečava da se prozor šlema zamagli usled vodene pare koju izdiše astronaut; EVA

(*Extravehicular Visor Assembly*) – koji se stavlja preko kacige i sadrži metalno-zlatno obložen vizir kako bi se filtrirala Sunčeva svetlost, providnu navlaku koja štiti astronauta od toplotnih i udarnih talasa, sistem za podešavanje količine propuštene svetlosti, 4 lampe i TV kameru; IDB (*In-suit Drink Bag*) – plastična torbica sa 1,9 litara vode i mala slamka pozicionirana u blizini astronautovih usta, kao i džep sa štanglama voća i žitarica obloženih sa pirinčanim papirom, kako bi astronaut sve mogao da proguta, tako da ne ostanu ostaci hrane da plutaju po kacigi; PLSS (*Primary Life-Support Subsystem*) – leđno pakovanje u kome se nalaze rezervoar sa 0,54 kilograma kiseonika pod pritiskom od 518 atmosfera, filteri za ugljen dioksid, 4,6 kg vode za hlađenje, radio aparat, izvor električne energije u vidu niza od 11 cinkovih baterija, ventilator i sistem za uzbunu; SOP (*Secondary Oxygen Pack*) – dodatni izvor kiseonik koji se nalazi ispod leđnog pakovanja, a poseduje dva rezervoara sa ukupnom količinom od 1,2 kg kiseonika pod pritiskom od 408 atmosfera; DCM (*Display and Control Module*) – montiran na grudima, sadrži sve prekidače, merače, ventile i LCD neophodan za pokretanje PLSS-a, a ovaj displej može videti i sam astronaut uz pomoć ogledala montiranih na rukavu. EMU sadrži i neke dodatne delove, kao na primer: SCU (*Servicing and Cooling Umbilical*) – pupčana vrpca kroz koju se astronautu dovode voda za hlađenje, kiseonik i električna energija sa broda; AAP (*Airlock Adapter Plate*) – okvir montiran na zidu *airlock* kabine na kome astronaut ostavlja svoju odeću nakon skidanja prilikom ponovnog ulaska u brod i postepenog prilagođavanja na atmosferski pritisak; svetla na šlemu i kamera; i ogledala montirana na rukavu pomoću kojih astronaut može gledati monitor na grudima na kome se ispisuju uputstva za stvari koje on treba da uradi tokom svoje, najčešće sedmočasovne svemirske šetnje.

## **- Kako se postaje astronaut?**

Profesija astronauta je lep izbor za nekoga ko bi u svom poslu želeo da kombinuje tehnologije, nauku i avanture. U američkom svemirskom programu, postoje tri tipa astronauta: komandir ili pilot, specijalista misije i specijalista za teret. Komandir je odgovoran za misiju, posadu i letelicu. Pilot pomaže komandiru u upravljanju letelicom i oslobađanju satelita u orbitu. Specijalista za misiju učestvuje sa komandirima i pilotima u operacijama svemirskog broda, izvodi šetnje po Svemiru i upravlja eksperimentima. Specijalisti za teret ne moraju biti iz NASA-e i mogu biti ne-američki državljani, a izvode posebne zadatke po potrebi misije. Osnovne kvalifikacije koje mora imati budući astronaut u Americi su: američko državljanstvo, Diploma o završenom koledžu, tri godine radnog iskustva, sposobnost da se položi NASA-ina svemirski fizički testovi, više od 1000 sati iskustva kao pilot aviona, kao i visina između 162,5 i 193 cm za pilota i između 148,5 i 192 cm za specijalistu za misiju. Svake druge godine, NASA vrši izbor 200 kandidata za astronaute, koji zatim odlaze u NASA-in *Johnson Space* centar u Hjustonu na dvogodišnji trening tokom koga pohađaju časove iz matematike, astronomije, fizike, geologije, meteorologije, okeanografije, orbitalne mehanike, navigacije, procesiranja materijala i sistema *space shuttle*-ova. Uoporedo sa teorijskim radom, vrše se ispiti preživljavanja na kopnu i moru, treninzi SCUBA ronjenja, privikavanje na stanje mikrogravitacije, visokog i niskog pritiska, kao i treniranje sa svemirskim odelom. Nakon dvogodišnjeg vežbanja, vrši se izbor astronauta, koji nastavljaju treniranje i naučni rad pod vođstvom instruktora. Počinju vežbe u simulatorima za predpoletanje, poletanje, izlazak iz atmosfere i sletanje, a sve ove vežbe traju do izbora za let. Astronaut koga izaberu za let, dobija poseban desetomesečni trening za misiju, koji uključuje simulaciju leta, kao i podvodne treninge simulacije svemirske šetnje.

## **- Da li je moguće putovati unazad kroz vreme?**

Da bi telo koje ima masu moglo da putuje unazad kroz vreme moralo bi da prekorači brzinu svetlosti. Brzina svetlosti u vakuumu je jednaka brzini od oko 300 000 kilometara u sekundi i predstavlja konstantnu veličinu što znači da se svetlosni talasi (odnosno elektromagnetni talasi) mogu kretati samo tolikom brzinom. Na osnovu Ajnštajnovе teorije relativnosti, sa porastom brzine kretanja tela, dolazi do usporavanja proticanja vremena u odnosu na referentni koordinatni sistem (sistem u odnosu na koji se meri brzina tela), a istovremeno dolazi i do porasta mase tela, kao i njegove dužine merenih u referentnom sistemu, a sa dostizanjem brzine svetlosti masa tela bi postala beskonačno velika. Međutim, da bi se masa tela pretvorila u beskonačno veliku veličinu potrebna je i beskonačno velika količina energija, što znači da bi se sva energija koja se koristi za ubrzavanje tela nakon izvesne granice u sve većoj meri počela pretvarati u masu a sve manje u energiju kretanja. Iz ovoga sledi da se samo tela koja nemaju masu, kao npr. svetlost, mogu kretati brzinama jednakim ili većim od brzine svetlosti. Međutim, ukoliko u Ajnštajnovе jednačine u okviru teorije relativnosti uvedemo tela čija je masa imaginarna, odnosno predstavlja umnožak kvadratnog korena iz minus 1, dobićemo rešenja koja nam kažu da se ovakva "imaginarna" tela mogu kretati samo brzinama koje su veće od brzine svetlosti, a ovakva, hipotetička tela imaginarne mase nazivaju se tahjonima. Takođe, uz pomoć belih rupa, nebeskih tela koja vraćaju u Kosmos materiju koju je progutala neka udaljena crna rupa, moglo bi se dospeti u neke udaljene kosmičke predele mnogo pre nego što je i sama svetlost u stanju da tamo stigne, a kao što je poznato brzina svetlosti zapravo i definiše tok vremena. Rozen-Ajnštajnovi tuneli (tzv. crvotočine) koji su posledica zakrivljenosti prostor-vremena pod dejstvom gravitacije, predstavljaju takođe, još jedan način putovanja u prošlost ili budućnost. Naime, mase koje postoje u različitim delovima Kosmosa bi se mogle pod dejstvom zakrivljenosti prostor-vremena naći blizu jedna drugoj, posmatrano iz više dimenzije. Stoga bi se put između njih mogao preći za znatno kraće vreme od puta koji obuhvata kretanje kroz zakrivljeno prostor-vreme. Naravno, putnici u avionima i *space shuttle*-ovima tokom svojih letova odu za možda čak i čitavu nano sekundu u budućnost, što je posledica čuvenog paradoksa blizanaca, odnosno priče o blizancu koji je još mlad, zatekao svog ostarelog brata, kada se vratio sa puta kroz Kosmos, a što je posledica sporijeg proticanja vremena za tela koja se kreću brže u odnosu na sporija tela. Uz sve ovo, postoje i hipotetičke kosmičke strune (koje je 1991. godine pretpostavio Ričard Got (*Richard Gott*) koje oblažu čitav Kosmos i koje se nalaze pod ogromnim pritiscima (milioni na milioniti stepen tona po kvadratnom santimetru). Ove strune su tanje od atoma, a enormnom gravitacionom silom privlače materijalna tela koja prolaze pored njih. Objekti koji se zakače za kosmičke strune bi putovali velikim brzinama (možda čak i mnogo brže od brzine svetlosti), a pošto ove niti svojom gravitacijom zakrivljuju prostor-vreme, one bi se mogle koristiti za putovanja kroz vreme. Svemirski brodovi bi mogli da se pretvore u vremenske mašine (koje putuju kroz vreme) uz pomoć gravitacije koju stvaraju dve bliske kosmičke strune ili jedna kosmička struna i jedna crna rupa, tako da se prostor-vreme zakrivi toliko da formira zatvorene, dodatne putanje kroz prostor-vreme. Brodovi bi mogli da putuju kroz vreme ukoliko bi se obmotali oko jedne ovakve kosmičke strune, međutim da bismo se vratili godinu dana u prošlost, ova struna bi trebalo da sadrži masu koja bi bila približno jednaka polovini mase naše Galaksije. Stoga, kada su u pitanju putovanja u prošlost, za sada se moramo zadovoljiti posmatranjem zvezda jer svaku zvezdu na nebu vidimo onakvu kakva je ona izgledala pre tačno onoliko vremena koliko je potrebno svetlosti sa nje da stigne do naših očiju.

### - Šta su to tahjoni?

Tahjoni su teorijski postulirane čestice koje putuju brže od svetlosti i imaju imaginarnu masu (a time i imaginarnu energiju), tj. mase jednake proizvodu nekog broja i

imaginarne jedinice (kvadratnog korena iz broja minus jedan), pa se stoga kreću putujući unazad kroz vreme. Dok se u realnom svetu, energija nekog tela povećava sa njegovom brzinom, kod tahjona je to obrnuto. Naime, njihova imaginarna energija opada sa povećanjem brzine, da bi pri beskonačnoj brzini postala jednaka nuli. Tahjon sa beskonačno velikom brzinom više nema energiju, već samo impuls. Iako postojanje tahjona u vidu čestica koje se prostiru kroz vakuum nije do sada eksperimentalno potvrđeno, oni se smatraju kvazičesticama koje putuju kroz sredinu inverzne atomske naseljenosti, tj. sredinu u kojoj je više atoma u pobuđenom nego u osnovnom stanju, što je npr. slučaj kod nastanka laserskih talasa. Postoje dva različita tipa efekta putovanja brže od svetlosti, pronađena u kvantnim optičkim eksperimentima, a postojanje kvazičestica tahjona predstavlja treći slučaj te vrste i pojavljuje se kao posledica primene Maksvelovih jednačina elektromagnetnog polja na inverzno naseljenu atomsku sredinu. Kao prvo, pronađeno je da fotoni koji tuneliraju kroz kvantnu barijeru, mogu da putuju brže od svetlosti. Ova pojava je posledica principa neodređenosti, po kome foton ima malu, ali realnu verovatnoću da se pojavi sa druge strane barijere kroz kvantni, tj. tunnel efekat, koji je po zakonima klasične fizike nemoguć. Kao drugo, pronađeno je da se dva fotona emitovana iz istog izvora ponašaju na usaglašen način prilikom njihovog pristizanja na dva udaljena interferometra, a ovaj fenomen, koji je posledica čuvenog EPR misaonog eksperimenta, predstavlja jedan vid signala koji putuje brže od brzine svetlosti.

### - Kako se sateliti lansiraju u orbitu?

Danas se svi sateliti sa Zemlje lansiraju putem njihovog prenosa na raketama ili tovarnim ramovima *space shuttle*-ova. Prilikom lansiranja na raketi, raketa se najpre usmerava pravo naviše, kako bi što je moguće brže prošla kroz najgušće slojeve atmosfere uz najmanji utrošak goriva. Nakon poletanja rakete pravo naviše, kontrolni mehanizam rakete koristi inercijalni vodični sistem (IGS – *Inertial Guiding System*) za izračunavanje potrebnog pomeraja ispusnog otvora kako bi se raketa usmerila ka kursu opisanom u planu leta. U većini slučajeva, plan leta saopštava raketi da se okrene ka istoku, jer taj smer daje raketi dodatno ubrzanje jer se Zemlja okreće ka istoku. Veličina ovog dodatnog ubrzanja zavisi od rotacione brzine Zemlje, tj. od lokacije uzletišta. Pošto se Zemljina površina najbrže okreće na ekvatoru, dodatno ubrzanje će biti sve veće što smo dalje od polova i bliže ekvatoru. Kada raketa dostigne oblasti veoma male gustine vazduha na oko 200 km nadmorske visine, raketni navigacioni sistem ispaljuje nekoliko malih raketa kako bi okrenuo letelicu u horizontalan položaj. Tada se oslobađa satelit i raketa se još malo ubrzava kako bi se osiguralo bezbedno rastojanje između nje i satelita. Takođe, neophodno je podesiti ispravnu orbitalnu brzinu satelita, tj. brzinu potrebnu da održi ravnotežu između gravitacionog privlačenja Zemlje i inercije satelita, tj. njegove težnje da nastavi da se kreće pravolinijski. Ukoliko orbitalna brzina bude prevelika, satelit će odleteti u Kosmos. Opet, ako je premala, pašće na Zemlju. Orbitalna brzina satelita zavisi od njegovog rastojanja od Zemlje. Tako, na nadmorskoj visini od 200 kilometara, orbitalna brzina će biti 27 400 km/h, a na visini od 35 786 kilometara (geostacionarna orbita u kojoj su sateliti uvek iznad iste tačke na Zemlji), satelit će morati da orbitira brzinom od 11 300 km/h. Mesec, Zemljin jedini prirodni satelit, nalazi se na nadmorskoj visini od 384 400 km, a orbitalna brzina mu je jednaka 3 700 km/h. Iz ovih podataka, možemo primetiti da što je satelit dalje od Zemlje, to mu je potrebna manja orbitalna brzina kako bi savladao Zemljino privlačenje. Zapravo, kod satelita u regularnim orbitama oko Zemlje, centrifugalna sila je jednaka gravitacionoj sili, pa se stoga lako može

izračunati da je period revolucije satelita oko Zemlje jednak  $\sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{Gm}}$ , gde je r rastojanje od centra Zemlje od satelita, m je masa satelita, a G gravitaciona konstanta ( $6,6732 \cdot 10^{-11}$

$\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$ ). Sateliti najčešće započinju svoje orbitiranje po eliptičnim putanjama. Pomoću malih raketnih motora na satelitu, kontrolna stanica na Zemlji vrši korekcije putanje satelita i navodi ga na kružnu putanju. Paljenjem motora kada je satelit u ahelu svoje orbite, tj. u najudaljenijoj orbitalnoj tački od Zemlje, i primenom potiska u pravcu perihela, tj. najbliže orbitalne tačke Zemlji, putanja satelita se ispravlja i polako prevodi iz eliptične u kružnu.

### **- Šta se nalazi u običnom satelitu?**

Stvari koje se nalaze u jednom tipičnom satelitu zavise od njegove namene. Tako, sateliti koji su danas u Zemljinoj orbiti mogu biti vremenski, komunikacioni, televizijski, tj. radio-difuzni, naučni, navigacioni, spasilački i posmatrački. Vremenski sateliti obavezno sadrže kamere koje šalju slike na Zemlju, dok komunikacioni sateliti moraju posedovati niz radio aparata koji primaju radio talase sa Zemlje na jednoj frekvenciji, zatim ih pojačava i šalju ka Zemlji na nekoj drugoj frekvenciji. Naučni sateliti najčešće sadrže teleskop ili neke druge senzore na razna kosmička zračenja. Ipak, svi sateliti poseduju nekoliko zajedničkih sastavnih delova. Svi sateliti su izgrađeni od metalnih ili kompozitnih okvira, poznatih pod imenom bus. Takođe, svi imaju neki izvor energije (najčešće solarne ćelije, mada u novije vreme i gorivne ćelije ili nuklearno gorivo), kao i baterije za skladištenje energije. Svi sateliti imaju kompjuter koji kontroliše ceo elektronski sistem satelita, kao i radio sistem uz antenu. Većina satelita poseduje radio predajnik i prijemnik kako bi zemaljska kontrola mogla da traži statusne informacije satelita i eventualno kontroliše njegovo funkcionisanje. Tako se mnogi sateliti mogu kontrolisati sa Zemlje, pa se može menjati njihova orbita ili reprogramirati kompjuterski sistem. Takođe, u svrhu usmeravanja radio signala uvek u istu tačku na Zemlji, sateliti poseduju kontrolni sistem koji ih održava usmerene u istom pravcu sve dok ne prime prekomandujući signal sa Zemlje.

### **- Da li se neki sateliti mogu videti golim okom?**

Ukoliko vi ili vaš prijatelj imate satelitski tanjir u dvorištu koji skuplja televizijske signale, onda možete da znate gde se nalazi barem jedan satelit, jer je antena tanjira okrenuta tačno prema njemu. Međutim, ovi televizijski sateliti se ne mogu videti golim okom jer se oni kreću u geosinhronim (ili geostacionarnim) orbitama koje su na oko 35 000 kilometara iznad nas, pa se mogu videti samo pomoću nekog velikog teleskopa. Sateliti u geosinhronim orbitama se nalaze u istoj ravni sa ekvatorom i kreću se zajedno sa Zemljinom kuglom, pa stoga se uvek nalaze iznad istog mesta na Zemlji. Komunikacioni sateliti i sateliti koji prate vremenske prilike se najčešće postavljaju u geosinhronu orbite, i to sa po nekoliko satelita u istoj orbiti kako bi se signali koje odašilju ravnomerno rasporedili po čitavoj Zemljinoj kugli. Osim ovih satelita koji su prilično daleko od nas, postoje i sateliti koji se kreću u asinhronim orbitama koje su na nekih 300 do 500 kilometara iznad nas i oni se mogu videti golim okom. Ukoliko živite u nekom mestu na kome nema mnogo veštačkog osvetljenja, već se noću može videti Mlečni put, izaberite jednu noć bez Meseca, ležite na leđa i posmatrajte zvezde. Ako primetite nešto što podseća na zvezdu, ali se приметно kreće po nebeskom svodu onda je to verovatno satelit. Sateliti u asinhronim orbitama se mogu postaviti pod nagibom u odnosu na ekvatorijalnu ravan. Tada će svojim kretanjem opisivati osmicu na svaka 24 sata, a veličina i oblik ove osmice će zavistiti od ugla pod kojim se nalazi satelit u odnosu na ekvatorijalnu ravan. Sateliti koji se kreću u pravcu sever-jug mogu lako biti špijunski sateliti, a svemirska stanica MIR je do pre februara 2001. bila najsvetliji satelit koji se mogao videti golim okom, ali se sada posle njenog uništenja, sa Zemlje najlakše može videti Međunarodna svemirska stanica, koja će bude kompletirana 2006. godine biti svetla otprilike kao Venera, koja je najsvetlije nebesko telo na Zemlji posle Sunca i Meseca.

## **- Kakvi su to *keyhole* sateliti?**

Izviđački sateliti šifre *Kenon* iz klase *keyhole* satelita, kruže oko Zemlje više od 30 godina. Koriste se za slikanje najrazličitijih fotografija Zemlje i njene atmosfere, a često postavljeno pitanje je koliko precizno takvi sateliti mogu posmatrati stvari na Zemlji. *Keyhole-12* je satelit čija je izrada koštala milijardu dolara, a podseća na svemirski teleskop *Hubble*, osim što nije usmeren ka kosmičkim prostranstvima, već je okrenut ka našoj planeti. Satelit je opremljen sa petnaestotonskim radarskim satelitom iz klase *Lacrosse*. *Keyhole-12* satelit možemo zamisliti kao jednu gigantsku digitalnu kameru, sa neverovatno velikim sočivima na njoj. Optički izviđački sateliti umesto fotografskih traka ili filmova koriste *CCD* (*Charge Coupled Device*) pomoću koga skupljaju slike i sastavljaju digitalne fotografije koje zatim šalju na Zemlju sa visine od 320 kilometara. Pošto se sateliti nalaze u orbiti, odnosno u stalnom kruženju oko Zemlje, oni ne mogu dati sliku određene oblasti u realnom vremenu. Ovakvi, izviđački sateliti se najčešće stavljaju u tajne orbite oko Zemlje, od strane *NASA space shuttle*-ova, a njima upravlja američka Nacionalna izviđačka služba (*NRO*). Iako putanje ovakvih letelica nisu poznate javnosti, zna se da ih u svakom trenutku ima po nekoliko iznad nas. Iako ovi sateliti ne mogu pročitati broj vaše zgrade, sigurno mogu videti da li imate parkirani bicikl u dvorištu.

## **- Zašto sateliti u orbiti oko Zemlje slede talasaste putanje na Zemljinoj karti?**

Ukoliko ste nekada na displeju posmatrali kretanje satelita ili *space shuttle*-a preko Zemljine karte, sigurno ste primetili da svetleće tačke koje indiciraju putanju letelice nisu kružne kao što bi se očekivale, već sinusoidalne, odnosno talasaste. Naime, putanja satelita je zaista kružna, a njen talasasti izgled na mapi Zemlje je posledica toga što ova mapa (koja najčešće predstavlja tzv. Merkatorovu projekciju kod koje je rastojanje severno ili južno od ekvatora srazmerno sinusima geografske širine) predstavlja sfernu površinu prilagođenu pravougljnoj površini. Između ostalih stvari, posledica ovakvog projektovanja je i da put između dve tačke na mapi formiran tako što su te dve tačke spojene pravom linijom (npr. lenjirom) ne mora biti najkraći put između ove dve tačke, već ono što na ravnoj mapi izgleda kao zakrivljena putanja, na sfernoj površini predstavlja najkraći put između date dve tačke. Takođe, na sfernoj trodimenzionalnoj površini se mogu formirati trouglovi sa tri prava ugla (svaki po  $90^\circ$ ), dok su ravne dvodimenzionalne površine kao što je mapa iz atlasa ograničene na postojanje trouglova čiji zbir unutrašnjih uglova iznosi tačno  $180^\circ$ . Tako, na Merkatorovoj projekciji Zemljine lopte, polarna orbita izgleda kao prava vertikalna linija (jer putanje duž meridijana nisu deformisane), orbita iznad ekvatora izgleda kao prava horizontalna linija, dok sve druge putanje koje presecaju meridijane ili paralele izgledaju talasasto, iako bi njihove putanje oko globusa bile kružne ili eliptične. Eliptičnost putanje satelita znači da se on ne kreće konstantnom brzinom u odnosu na Zemlju, što znači da će se putanja letelice na mapi planete horizontalno (u pravcu istok-zapad) skupljati i širiti, s obzirom da se Zemlja ispod njih stalno istom brzinom okreće od zapada ka istoku. Slična pojava se može primetiti i na displejima na kojima se prikazuje granica terminatora, odnosno granica koja razdvaja dan i noć na Zemlji. Iako u stvarnosti, terminator opasuje Zemlju kao pravilan krug, na mapi planete, ova granica slično putanjama satelita izgleda talasasto.

## **- Šta su to svemirski liftovi?**

Od 1961. godine kada je Juri Gagarin postao prvi čovek iz naše civilizacije koji je leteo Kosmosom, samo je još oko 1000 ljudi putovalo kroz Kosmos, dok je manje od 20 ljudi hodalo na Mesecu. Glavni razlog zašto Svemir još uvek nije postao turističko odredište (kao npr. Mesečevi hoteli ili zvezdana krstarenja) predstavljaju velike cene ovakvih putovanja. Pri današnjem tehnološkom razvoju, cena lansiranja jednog kilograma materije u orbitu iznosi oko \$22000. Realizacija NASA-ine ideje izgradnje svemirskog lifta definitivno bi uštedela kvadrilione dolara u bliskoj budućnosti i svemirska putovanja bi učinila znatno pristupačnijim. Osnovne komponente svemirskog lifta bi bile: ekstremno visoka bazna kula na Zemlji, velika težina koja orbitira oko Zemlje, kabl koji povezuje toranj sa težinom i svemirska letelica koja bi preko kabla odlazila u orbitu. Težina sa kraja kabla bi se okretala brzinom jednakom brzini rotacije Zemlje oko svoje ose što je neophodan uslov da kabl koji povezuje težinu sa tornjem stalno bude zategnut. Svemirske letelice bi se vozile po ovom kablju slično kao što se vozovi kreću po šinama. Kada bi se izgradio ovakav tip prevoznog sredstva, cena lansiranja letelice u orbitu bi drastično opala. Trenutno su najveći troškovi svemirskih putovanja povezani sa lansiranjem goriva (koje čini najveći deo mase svemirskih letelica) u orbitu, ali i drugi troškovi koji potiču od izgradnje i održavanja letelice, kao i od ugradnje potrošnih raketnih pobuđivača nisu zanemarljivi. Da bi ušao u nisku orbitu oko Zemlje, svemirski brod izgori oko 1,8 miliona kilograma goriva za samo osam minuta. S druge strane, upotrebom svemirskih liftova, potrošnja goriva se potpuno eliminiše, jer lift preuzima energiju za lansiranje iz elektrane na Zemlji. Kako bi se letelica dalje kretala na kablju, zahtevala bi sve manje električne energije, jer bi se u sve većoj meri oslanjala na centrifugalnu silu koju stvara orbitirajuća težina. Do trenutka kada dostigne kraj kabla, svemirski brod bi mogao da dostigne brzinu od oko 11 km/s, što je dovoljno velika brzina koja bi mu omogućila da se slobodno otisne u Kosmos, i da stigne npr. do planete Mars za samo nekoliko dana ili nedelja umesto čitavih nekoliko meseci koliko danas traje put do njega. Međutim, izgradnja svemirskog lifta bi predstavljala najveći i najkomplikovaniji građevinski projekat koji je ikada preduzet na našoj planeti. Bazni toranj na Zemlji bi morao biti visine od oko 50 km, što je sto puta veće od trenutno najviše zgrade na planeti (CN kula u Torontu). Takođe, kabl bi morao da se proteže 144 000 km od ekvatora u Kosmos, što predstavlja trećinu rastojanja od nas do Meseca. Smatra se da bi se uz pomoć specijalno opremljenog satelita mogla vršiti gradnja kabla direktno iz Kosmosa i to uz pomoć nanomašina koje bi ugrađivale jedan po jedan molekul na kabl. Jačina ovog kabla bi morala da bude veća od 62 GigaPaskala, pa se smatra da bi se on mogao napraviti od ugljeničnih nanotuba koje poseduju jačinu na istezanje od 200 GigaPaskala (kvarc, grafit i aluminijum imaju jačinu na istezanje od oko 20 GigaPaskala). NASA predlaže da bi se kao kontrateža kablju mogao postaviti neki asteroid koji bi se smestio u orbitu na nekoliko hiljada kilometara od površine Zemlje. Letelica bi se vozila i ubrzavala na kablju po principu elektromagnetne propulzije koju koriste i maglev vozovi koji lebde na šinama. Izgradnjom jednog ovakvog transportnog sistema, let u Kosmos ne bio skuplji od leta avionom.

### **- Kada bismo gurnuli čvrstu nit dugačku jednu svetlosnu godinu, da li bi ona istog trenutka odgurnula predmet sa njene suprotne strane?**

Najveća brzina kojom mogu putovati čestice u našem materijalnom svetu je jednaka brzini svetlosti u vakuumu (oko 300 000 km/s). Stoga, kada bismo upalili svetlo u sobi sada, neko sa planete udaljene 100 svetlosnih godina od nas bi to svetlo (a i našu sobu, jer svetlost iz nje nosi informacije o izgledu naše sobe) primetio tek za najmanje 100 godina. Kada bi neko sa iste te planete pomoću nekog nezamislivo preciznog teleskopa mogao da nas posmatra sada, on ne bi primetio nas na ovom mestu, već planetu Zemlju kakva je izgledala pre vremena koje je potrebno da svetlost sa Zemlje dođe do teleskopa. Kada bismo gurnuli



jednu laganu i čvrstu nit dugačku svetlosnu godinu (rastojanje koje svetlost pređe za godinu dana, što je jednako oko 9 i po trilionu kilometara), mi bismo zapravo delovali silom na atome sa bočne površine ovog predmeta. Ovi atomi bi pod dejstvom naše sile ušli u polje susednih atoma, njihovi elektronski oblaci bi se preklapili što bi dovelo do elektrostatičkog odbijanja atoma, pa bi ovi drugi atomi bili odgurnuti ka narednim atomima i tako bi se stvorio talas koji bi putovao brzinom koja je jednaka brzini zvuka kroz materijal od koga je napravljena nit. Ova brzina zavisi od gustine materijala, kao i od njegove zategnutosti, odnosno krutosti. Brzina zvuka je oko milion puta sporija od brzine svetlosti, pa bi stoga, u slučaju idealnog prenosa energije sa atoma na atom (bez pretvaranja početne sile u toplotu), bilo potrebno oko milion godina da sa ovom niti prenesemo signal na njen susedni kraj. Kada bi nit bila dugačka samo jednu svetlosnu sekundu (300 000 kilometara), tada bi mehanički talas putovao sa jednog na drugi kraj niti oko 4 dana.

## - Šta je to teraformiranje?

Teraformiranje (*Terra* – Zemlja) predstavlja proces transformisanja planeta koje nisu pogodne za ljudski život u naseljive životne sredine. Najpogodnijim nebeskim telima u Sunčevom sistemu na kojima bi ljudska civilizacija mogla u budućnosti da se naseli se danas smatraju Venera, Evropa (Jupiterov mesec), Titan (Saturnov mesec), naš Mesec, neki asteroidi i Mars (posle Venere, nama najbliža planeta, koja je za oko 50 % dalja od Sunca nego Zemlja). Međutim, dok je Venera isuviše blizu Sunca (prosečna temperatura na njoj iznosi 482,2 °C), Titan i Evropa su previše daleko od njega, pa se danas smatra bi se u dolednoj budućnosti proces teraformiranja mogao obavljati samo na Marsu. Naime, na Marsu postoje svi elementi koji su neophodni za održavanje života, kao što su: voda (koja je najverovatnije zaleđena na polarnim kapama planete), ugljenik i kiseonik u obliku ugljen dioksida (CO<sub>2</sub>) koji čini 95,3 % marsovske atmosfere i azot (2,7 % atmosfere). Ipak, da bi se Mars pretvorio u životnu sredinu kao što je ova na Zemlji, neophodno je promeniti sadašnju klimu i atmosferu na njemu tako da se njegovi pustinjski i hladni pejzaži pretvore u tople, bujne, pošumljene i morske predele u kojima bi mogli da žive ljudi, biljke i životinje. Do danas je predloženo nekoliko načina teraformiranja uključujući: upotrebu orbitalnih ogledala (prečnika oko 250 km, a teških oko 200 000 tona, koji bi stoga bili preteški da se lansiraju sa Zemlje, već bi se verovatno pravili u Kosmosu, npr. na Mesecu čiji se najveći deo površine sastoji od stakla) koji bi reflektovali Sunčevu svetlost ka Marsu (posebno ka njegovim polarnim kapama kako bi se otapala voda) i tako grejali njegovu površinu; stvaranje gasova koji podstiču efekat zelene bašte time što apsorbuju Sunčevu svetlost i prevode je u toplotu; i sudaranja asteroida bogatih amonijakom sa Marsom kako bi se povećao efekat staklene bašte u atmosferi planete. Na hladnim planetama bi mogla da se podignu postrojenja koja bi se snabdevala Sunčevom energijom, a koja bi stvarala gasove koji podstiču efekat staklene bašte, kao što su ugljen dioksid, metan, amonijak, voda ili hlorflourougljenici (CFC). Naime, naša civilizacija je tokom poslednjeg veka oslobodila mnoštvo ovakvih gasova putem raznih fabrika, što je i odgovorno za globalno zagrevanje naše atmosfere, a isti efekat bi mogao da se postigne ukoliko bismo ovakve fabrike podigli na hladnim planetama. Ove fabrike bi na Marsu, koji je bogat ugljen dioksidom, mogle da imitiraju proces fotosinteze tako što bi konzumirale ugljen dioksid, a proizvodile kiseonik. Današnji putnici na Mars bi morali sa sobom da ponesu ogromne količine kiseonika i azota, kao i odelo pod pritiskom, ali uz upotrebu ovakvih postrojenja, ovakva pomoćna sredstva putnicima na Mars ne bi više bila potrebna. Bakterije koje obavljaju proces fotosinteze bi takođe mogle da se odnose na Mars kako bi povećavale nivo kiseonika na njemu. Predloženo je takođe i zakačinjanje raketnog motora na neki asteroid koji bi mogao da pokreće 10 milijardi tona težak asteroid brzinom od oko 4 kilometra u sekundi u pravcu Marsa tokom desetak godina nakon čega bi se tokom

sudara oslobodila snaga od 130 miliona MegaVata, što je dovoljna količina energije koja bi mogla da snabdeva Zemlju decenijama, a na Marsu bi podigla temperaturu za oko 3°C, što bi otopilo trilione tona vode, a što bi bilo dovoljno da se stvori barem jedno jezero veličine američke države Konektikat (oko 14,3 hiljade kvadratnih kilometara). Nekoliko ovakvih sudara tokom 50 godina bi bilo dovoljno da 25 % površine Marsa bude pokriveno vodom.

### **- Kada će se pojaviti biljke na Marsu?**

Premda na Marsu danas najverovatnije nema živog sveta ni u svom najskromnijem, jednoćelijskom obliku, ukoliko sve pođe po planu, 2007. godine će se 10 vrsta biljaka naći na putu ka ovoj crvenoj planeti Sunčevog sistema, sa ciljem da nas na Zemlji, obavestavaju o vremenskim i zemljišnim prilikama i promenama putem emitovanja fluorescentne svetlosti. Tim molekularnih biologa iz NASA-inog programa za Istraživanje i razvoj Kosmosa izabrali su za potrebe ovog eksperimenta biljke iz familije *Arabidopsis* senfa. Tri osobine čine ovu biljku idealnom za opstanak na Marsu, a to su: njena maksimalna visina od samo dvadesetak santimetara, životni ciklus od jednog meseca i potpuno poznat redosled nukleotidnih baza u lancu DNK. Da bi učinili biljku fluorescentno sjajnom, njenom lancu DNK je dodat niz sekvenci nukleotidnih baza (tzv. reporterski geni) koji će predstavljati informaciju na osnovu koje će se u ćelijama biljke stvarati druge nukleinske kiseline i proteini koji će učestvovati u stvaranju molekula ili čitavih molekulskih lanaca koji imaju osobinu fluorescencije (osobinu apsorpcije svetlosti i zatim naknadne emisije svetlosti veće talasne dužine). Različiti reporterski geni će reagovati na različite ekstremne uslove na Marsu. Tako će, na primer, jedna vrsta biljaka svetleti zeleno u slučaju preterane količine teških metala u zemlji, dok će emitovati plavi sjaj u slučaju prisustva peroksidnih jona. Naime, ovi geni koji indukuju fluorescentno svetljenje u plavoj boji su ekstrahovani iz lanca DNK svetleće meduze i pridodati lancu DNK senfa. Slične genetski modifikovane biljke su 1999. godine poslate u orbitu oko Zemlje, gde se pokazalo da je nedostatak gravitacije imao dosta uticaja na sposobnosti biljaka da crpe vodu i minerale iz zemlje u kojoj su bile posađene. Misija sađenja ovog genetski modifikovanog, fluorescentnog senfa na Marsu će trajati 2 i po godine sa godinu dana zadržavanja na planeti na kojoj podnevna temperatura iznosi oko 7°C, dok noćna temperatura iznosi oko -112°C, a vlažnost je jednaka samo 0,3 %, što će sve predstavljati pravi izazov za biljke. Do Marsa će se sa Zemlje putovati 9 meseci da bi nakon sletanja na crvenu planetu, roboti skupili uzorak zemlje sa površine Marsa, koji će naučnici sa Zemlje analizirati putem kamera i drugih senzora na robotu. Nakon modifikovanja zemljišta Marsa sa đubrivima, puferima i hranljivim sastojcima, roboti će zasejati seme ovih biljki i odgajati ih u simuliranoj staklenoj bašti u letelici. Kada bi se ove i slične biljke zasadile na Marsu, one bi vremenom dovele do smanjenja koncentracija ugljen dioksida, a do povećanja koncentracija kiseonika koji je neophodan za postojanje složenijih oblika života na ovoj planeti.

### **- Šta su to robonauti?**

Robotske sonde i roveri se već dugo vremena koriste u svemirskim programima. Naime, robot *Mariner IV* je 1965. godine poslao na Zemlju prve slike Marsa iz njegove neposredne blizine, a 1997. godine, rover *Pathfinder* se prošetao (odnosno provozao) površinom Marsa i proanalizirao nekoliko uzoraka sa površine crvene planete i iz njene atmosfere. Ipak, za razliku od ovih robotskih letelica i vozila, robonauti predstavljaju robotske astronaute koji su ljudskog oblika, poseduju glavu, dva oka, kao i po 5 prstiju na svakoj ruci. Međutim, struktura robonauta je svakako veoma različita od strukture ljudskih tela. Naime, glava robonauta se sastoji od dve male video kamere u boji montirane tako da pružaju stereo vid astronautu koji upravlja robonautom. Stereolitografskom tehnikom je napravljen šlem od

epoksi smole koji pokriva i štiti glavu robonauta. Glava je povezana sa vratom koji joj omogućava da se usmerava u svim pravcima. Grudni koš robonauta predstavlja centralnu jedinicu njegovog tela, jer povezuje ekstremitete sa vratom i glavom, a predstavlja i kućište kontrolnog kompjuterskog sistema. Za razliku od ljudi, današnji robonauti poseduju samo jednu nogu koja im služi kao oslonac samo kada su im obe ruke zauzete. Ruke robonauta su teške po 9,5 kg što im pruža izvesnu jačinu, imaju širi opseg kretanja od naših ruku, gusto su spakovani mehaničkim zglobovima, poseduju po više od 150 senzora, kao i motore za pokretanje šaka, harmonske pogone, sigurnosne kočnice itd. Šake i dlan robonauta predstavljaju njegove najimpresivnije delove, s obzirom da im sposobnost baratanja sa alatom nije nimalo slabija od ljudskih ruku u svemirskom odelu. Naime, glavna uloga robonauta je u popravljanju kvarova na svemirskim brodovima. Kada se robonaut pošalje u bezvazdušni prostor da bi uklonio kvar ili doterao sklop letelice, ljudski astronaut unutar broda bi upravljao njegovim pokretima. Astronaut je opremljen sa kacigom na kojoj posmatra signale sa robonautovih kamera, a pomoću rukavica signalizira robonautu pokrete rukama. Ukoliko astronaut pogleda gore i robonaut će saviti vrat da učini isto. Ovaj vid daljinskog upravljanja se naziva tele-prisustvom, s obzirom da je astronaut u stanju da virtuelno popravlja brod upravljajući pokretima robonauta. Prednost robonauta u ovakvim situacijama je što su u stanju da izađu u kosmički vakuum za delić sekunde, što je mnogo brže od vremena koje je neophodno da protekne dok se obave sve pripreme za slanje ljudskih astronauta u kosmičku šetnju. Robonauti bi takođe mogli da se koriste i na Zemlji na mestima gde ljudima nije moguć pristup, kao npr. u vulkanima ili nuklearnim postrojenjima. Današnji robonauti su opremljeni sa *PowerPC* procesorima koje pokreće *VxWorks real-time* operativni sistem čiji je *software* napisan u C i C++ programskim jezicima, a koriste i *ControlShell software* kako bi se postigao dodatni razvoj grafike.

## - Ko su to temponauti?

Temponauti su astronauti koji jezde kroz Kosmos relativističkim brzinama, odnosno brzinama bliskim brzini svetlosti (skoro 300 000 km/s), što znači oko 10 000 puta brže nego što se Zemlja okreće oko Sunca, oko milion puta brže od zvuka ili oko deset miliona puta brže od brzih automobila na auto-putu. Današnja civilizacija na Zemlji još uvek nije u stanju da temponautima obezbedi odgovarajuće svemirske brodove, ali ako primetimo da se tokom 20. veka maksimalna brzina letelica napravljenih ljudskom rukom povećala za 400 000 %, možemo očekivati da će se primenom nekih novih tehnologija propulzije (fuzija, spajanje materije i antimaterije, fotonske, jonske ili laserske rakete) uskoro napraviti relativističke letelice. Ukoliko bismo odlučili da krenemo na put ka *Proxima Centauri*, najbližoj zvezdi od Sunca udaljenoj 4,3 svetlosne godine, pomoću jedne današnje vasijske sonde npr. tipa *Voyager*, put do tamo i natrag bi trajao čitavih 100 000 godina. Ipak, Ajnštajnova teorija relativnosti nam kaže da se pri 96 % brzine svetlosti, zemaljski sat smanjuje na 17 minuta; pri 97 % na 12, a pri 99 % od 60 zemaljskih minuta preostaje samo 6. Naravno, za tela koja se kreću brzinom jednako brzini svetlosti, vreme bi potpuno prestalo da teče, ali kao što nam je poznato, uz dilataciju vremena sa približavanjem brzini svetlosti, dolazi do skraćivanja svemirskog broda u pravcu kretanja, kao i do povećanja mase, pri čemu bi na osnovu Ajnštajnovih jednačina, u trenutku dostizanja brzine svetlosti, masa svemirskog broda postala beskonačno velika za šta bi bila potrebna beskonačno velika količina energije, što je više od dostupne energije koja postoji u Kosmosu. Naravno, temponauti u svojim brodovima ne osećaju vreme usporenim, jer se zajedno sa usporavanjem njihovih časovnika, usporavaju i svi životni procesi (ritam otkucaja srca, disanje...). Putovanje temponauta od pređene jedne svetlosne godine brzinom od 99,9 % brzine svetlosti bi za posmatrača sa Zemlje trajalo godinu dana i 53 minuta. Međutim, temponautima bi isti ovaj put, usled dilatacije vremena,

trajao samo 5 dana i jedan sat. Drugim rečima, kazaljke na satovima na svemirskom brodu (ili oscilacije između energetske stanje atoma u atomskom satu) bi išle oko 73 puta sporije od istih na Zemlji. Kao posledica skraćivanja dužine broda u pravcu leta posmatranog sa Zemlje, temponauti će imati utisak da se skraćuje i njihov let u pravcu u kojem se kreću. Naime, za temponaute ubrzanje ne predstavlja nikakvo povećanje brzine, već pre smanjivanje pređenog rastojanja, usled sabijanja prostora kao posledice velikih brzina. Stoga, put temponauta brzinom od 99 % brzine svetlosti do Galaksije Andromeda, udaljene oko 2 miliona svetlosnih godina od Zemlje, ne bi trajao malo više od 2 miliona godina, već samo 28 000 godina (naravno, ukoliko bi se prevazišao problem prevelike gravitacije na brodu kao posledice velikih ubrzanja). Pri brzini od 99,999999 % brzine svetlosti, do Andromede bismo stigli za 283 godine, a ako jednoga dana uspemo da izgradimo raketu koja će moći da se kreće brzinom od 99,9999999999 % brzine svetlosti, put do Andromede bi trajao samo 2,8 godina. Naravno, pošto bi se temponauti vratili sa svog šestogodišnjeg putovanja do Galaksije Andromeda, na Zemlji bi, ipak, prošlo oko 4 miliona godina.

### **- Da li su moguća putovanja većom brzinom od brzine svetlosti?**

Ajnštajnova specijalna teorija relativnosti predviđa da nijedno telo u ravnom prostor-vremenu ne može prekoračiti brzinu svetlosti. Međutim, kada prostor-vreme pod dejstvom gravitacije postane zakrivljeno, teorija se tada primenjuje samo "lokalno", tj. samo na oblastima prostor-vremena, dovoljno malim da bi se mogli smatrati ravnim. Osim ovoga, ako poredimo dva posmatrača na dovoljno velikom rastojanju u zakrivljenom prostor-vremenu, ne možemo više globalno primenjivati aproksimaciju lokalnih ravnih područja, već će svaki od posmatrača moći da primenjuje specijalnu teoriju relativnosti samo u svom lokalnom području, a ne i u celom zakrivljenom prostor-vremenu koje deli posmatrač. S obzirom da se kao posledica ovoga, kretanje u odnosu na brzinu svetlosti može definisati samo lokalno, moguće je da se rastojanje između dve veoma udaljene tačke u Kosmosu povećava većom brzinom od brzine svetlosti, kao rezultat zakrivljenosti prostor-vremena između njih. Stoga, iako ništa ne može proći kroz prostor većom brzinom od brzine svetlosti, sam prostor može razdvajati stvari supersvetlosno.

### **- Šta se sve nalazi u Međunarodnoj svemirskoj stanici?**

Svemirske stanice predstavljaju mesta u Kosmosu u kojima ljudi mogu živeti i raditi, a u tu svrhu jedna svemirska stanica mora obezbeđivati: kontrolu atmosfere (njen dovod i recikliranje), recikliranje vode, kontrolu temperature (raspodelu toplote po stanici i oslobađanje viška toplote), dovod hrane, uklanjanje otpada (od čišćenja, jedenja, rada i lične higijene), zaštitu od požara, pogon (kako bi se stanica održavala u orbiti, tj. kako se ne bi pod dejstvom Sunčevog vetra i trenja sa veoma retkom Zemljinom atmosferom polako usporavala i sunovraćala ka Zemlji), komunikaciju i praćenje (veze sa kontrolom leta na Zemlji), navigaciju (kako bi se stanica orijentisala u prostoru), električnu struju, kompjutere (radi koordinacije i baratanja sa informacijama), kao i put za izbavljenje u slučaju opasnosti. Na Međunarodnoj svemirskoj stanici (ISS – *International Space Station*), ruski generator *Elektron* stvara kiseonik putem elektrolitičkog razlaganja vode na vodonik i kiseonik. Američki *space shuttle*-ovi ili ruski *Progres* brodovi donose azot sa Zemlje koji se zatim skladišti u spoljnjim rezervoarima stanice. U agregatu za kontrolu pritiska sa mešaju azot i kiseonik u odnosu u kome su zastupljeni i na Zemljinoj atmosferi (azot - 78 %, kiseonik - 21 %). Ugljen dioksid se apsorbuje od strane specijalnog materijala i oslobađa u Svemir ili se uklanja putem reakcije sa litijum hidroksidom u posebnim kanisterima. Takođe, vrši se filterovanje vazduha od raznih isparenja u tragovima koja mogu poticati iz curenja ili

izduvavanja nekih nepoželjnih gasova. Stanični sistem grejanja kontroliše vlažnost i vrši cirkulaciju atmosfere, a poseban analizator vrši stalno merenje zastupljenosti gasova u staničnom vazduhu. Podsystem za recikliranje vode se sastoji iz niza hladnjaka, filtera i prečišćivača vode, a otpadna voda se skuplja iz lavaboa, tuš kabina, urina, svemirskih odela, sistema za grejanje i hlađenje, vazduha i gorivnih ćelija *space shuttle*-ova. Ovako prečišćena voda se može koristiti za piće i hlađenje električnih uređaja, a periodično se čista voda donosi i sa Zemlje. Sistem za kontrolu temperature na ISS-u može biti pasivan ili aktivan. Pasivan sistem uključuje korišćenje izolatorskih materijala, presvlaka i boja koje smanjuju gubitak toplote kroz zidove; električnih žica sa velikim otporom koje se greju prilikom prolaska struje elektrona kroz njih; i toplotnih cevi u kojima protiče tečni amonijak koji prenosi toplotu sa toplijih delova stanice na njene hladnije delove (amonijak isparava na toplom delu cevi, a kondenzuje se na hladnom delu gde odaje toplotu, a zatim se u tečnom obliku vraća u topliji deo cevi). Aktivni sistem uključuje upotrebu metalnih ploča koje apsorbuju toplotu pri direktnom kontaktu sa zagrejanom opremom; razmenjivača toplote koji skupljaju toplotu sa uređaja uz pomoć nekog fluida (najčešće amonijaka); niza pumpi i ventila, kao i jedinica za uklanjanje toplote koje slično solarnim pločama zrače apsorbovanu toplotu u Kosmos. *Space shuttle*-ovi i *Progres* brodovi donose hranu sa Zemlje u nekoliko oblika (dehidratirana, nisko vlažna, toplotno-stabilisana, ozračena, prirodna i sveža). Kuhinja ISS-a je opremljena sa odeljcima sa skladištenje hrane, grejačima hrane, prostorom za pripremu hrane, stolom sa vezama (trake i držači – kako astronauti ne bi leteli dok ručaju), i posebnim metalnim poslužavnicima koji sprečavaju da paketi sa namirnicama lete po kuhinji. Astronauti koriste razne krpe (mokre, suve, deterdžentne ili dezinfekcione), deterdžente i usisivače za čišćenje površina, filtera i sebe samih. Đubre se stavlja u kese i zajedno sa *Progres* brodovima vraća na Zemlju radi deponovanja. Čvrsti otpad iz toaleta se kompaktuje, suši i smešta u kese u kojima se takođe vraća na Zemlju. Sistem za detekciju i gašenje požara se sastoji iz: detektora dima u svakom modulu kao i na svakom stalku električne opreme, alarma i požarnih lampica, netoksičnih portabl aparata za gašenje požara (američkih na bazi ugljen dioksida i ruskih na bazi azotovih jedinjenja), personalnog aparata za disanje (tj. maske i boce sa kiseonikom za svakog člana posade). ISS poseduje 2 sistema za komunikaciju sa Zemljom, a to su *S-band* za prenos glasa, komandi, telemetrijskih fajlova, kao i fajlova sa podacima; i *Ku-band* za prenos dvosmernih poruka i video fajlova. Interni audio podsystem (IAS – *Internal Audio Subsystem*) obezbeđuje međuračunarsku, telefonsku i alarmnu komunikaciju u okviru stanice, a pomoću ovog podsystema se omogućuje i komunikacija sa astronautima koji su van stanice, kao i sa članovima posade *space shuttle*-a koji pristize na stanicu. Kako bi znala gde se nalazi i koliko brzo se kreće, ISS koristi globalni pozicioni sistem (GPS), a kako bi znala u kom pravcu je usmerena, ISS koristi nekoliko žiroskopa. Takođe, ruski navigacioni sistem koristi i položaje zvezda, Sunca i Zemljinog horizonta radi određivanja položaja ISS-a. Električna energija se dobija pomoću 8 nizova solarnih ćelija. Svaki niz je dugačak 33 metra i obuhvata površinu od oko 2500 m<sup>2</sup>, a na svakom nizu se nalaze dva sloja solarnih ćelija. Solarna energija se koristi i za napajanje tri nikel-vodonične baterijske stanice koje se koriste kao izvori energije kada se stanica nalazi u Zemljinoj senci. Kada ISS bude bila u potpunosti kompletirana (oko 2008.) na njoj će biti više od 100 kompjutera koji će se koristiti za: rad ISS-a (održavanje, utovar, sastajanje i pristajanje), komunikaciju između članova posade (*IBM Thinkpad*-ovi sa 80386 mikroprocesorima i instaliranim *Windows* operativnim sistemima), sigurnosne sisteme, prikupljanje i obradu podataka iz eksperimenata. U svrhu spašavanja posade u slučaju neke nezgode, NASA dizajnira i pravi 9 tona tešku letelicu za povratak posade (*CRV – Crew Returning Vehicle*) pod nazivom X-38, koja će biti u stanju da prenese 7 ljudi do površine Zemlje. Nakon uključivanja u rad svog 43 tone teškog deorbitirajućeg motora ove letelice, on će biti odbačen kada se potroši svo gorivo. Isto kao kod *space shuttle*-ova, keramičke pločice

će štiti letelicu od prevelikog zagrevanja prilikom ulaska u Zemljinu atmosferu. Pomoću padobrana za usporavanja i upravljanje, letelica će sleteti na tačno određeno mesto na Zemlji.

## **- Da li se Međunarodna svemirska stanica može videti golim okom?**

Spoljašnjost većine veštačkih satelita, *space shuttle*-ova i svemirskih stanica izgrađena je od visoko-reflektujućih materijala koji štite satelitske instrumente, tj. unutrašnjost satelita od prekomernog izlaganja Sunčevoj svetlosti. Ovako reflektovana Sunčeva svetlost se lako može videti sa Zemlje tokom vedre noći, a satelit nam se čini kao sjajna zvezda koja se polako kreće po nebu. Često se ovakvi sateliti još nazivaju i sjajni, tj. svetleći sateliti. Ipak, da bismo svetlost koju reflektuju Međunarodna svemirska stanica ili bilo koji drugi satelit videli golim okom, oni se moraju kretati po posmatračevom noćnom nebu, ali pri tome moraju biti osvetljeni Sunčevom svetlošću. Ova dva uslova su najčešće ispunjena otprilike jedan sat pre svanuće ili sat vremena nakon zalaska Sunca, jer je tada Sunce (pre nego što potpuno zađe sa druge strane planete ili pre nego što izađe sa naše strane) u stanju da svojom svetlošću obasja satelit ili neko drugo orbitirajuće telo tako da reflektovanu svetlost sa njega lako prepoznamo u samo zvezdama osvetljenoj noći. Inače, Međunarodna svemirska stanica orbitira na rastojanju između 362 i 475 kilometara od površine Zemlje, predstavlja zajednički projekat SAD-a, Rusije, Evropske zajednice i Kanade, a smatra se da će biti kompletirana 2006. godine, kada će njen unutrašnji prostor biti jednak zapremini koju zauzima 747 džambo džetova. Danas je njena relativna veličina kada reflektuje svetlost ka posmatračima na Zemlji jednaka 0 (što znači da su od zvezda u našim očima, samo Sunce, Sirijus, Kanopus, Alfa Kentaura, Arkturus i Vega svetliji od nje), dok će kada bude bila kompletirana, njen sjaj na Zemlji biti približno jednak sjaju najsjajnijeg nebeskog tela posle Sunca i Meseca – planeti Veneri čija je prividna veličina jednaka  $-4$ .

## **- Šta je to KEO?**

Ukoliko tokom toplih letnjih noći sa početka 21. veka pogledate kroz teleskop nebo iznad nas i primetite neobičan objekat koji lagano maše krilima, znajte da to nije ni ptica ni avion, već KEO – inspirativna vremenska kapsula, odnosno svojevrsna kosmička “poruka u boci”. Ideja o slanju poruka u boci ka dalekim kosmičkim prostranstvima ipak nije nova. Naime, 20. avgusta 1977. godine je lansirana letelica *Voyager 2*, a 5. septembra iste godine i identična letelica *Voyager 1*. Obe letelice su između ostalih aparata i senzora za posmatranje udaljenih planeta Sunčevog sistema, sa sobom ponele i po jednu identičnu zlatno-bakarnu gramofonsku ploču na kojoj je snimljeno 115 slika (uključujući i opis dimenzija ljudskih bića pri čemu se kao jedinična dužina koristila talasna dužina iz radio opsega – 21 cm – koju emituju molekuli vodonika), niz karakterističnih zvukova sa naše planete, kao i 55 pozdrava upućenih stanovnicima nekih dalekih zvezdanih sistema. Letelica *Voyager 1* je 12. novembra prošla pored Saturna da bi zatim skrenula na sever, izlazeći tako iz ekliptičke ravni (ravni u kojoj se nalaze Sunce i sve planete koje kruže oko Sunca osim Plutona) i upućujući se ka drugim zvezdanim sistemima, dok je letelica *Voyager 2* 25. avgusta 1989. godine prošla pored Neptuna nakon čega se otisnula na jug, takođe napuštajući ekliptiku i odlazeću ka međuzvezdanim prostranstvima. Ipak, proći će oko 40 000 godina dok ove dve letelice ne dođu do nekog drugog zvezdanog ili planetarnog sistema. Takođe, i leneri *Viking* i *Pathfinder* koji danas stoje na Marsu, poseduju sa sobom niz mikrotačkica koje predstavljaju informacije o našoj planeti, a i letelica *Cassini* koja se trenutno nalazi na putu ka Saturnu nosi sa sobom DVD na kome je snimljeno više od 600 000 pozdrava sa naše planete. Za razliku od dve letelice tipa *Voyager*, vremenska kapsula letelice *Cassini* će ostati u Sunčevom sistemu odakle će se jednoga dana na osnovu podataka koje ona nosi, možda rekonstruisati delovi

prošlosti naše planete, bilo od nekih vanzemaljskih kosmičkih putnika ili od budućih žitelja naše planete. Vremenska kapsula u vidu dva mikročipa na čijoj su površini urezane fotografije i pisma, a koja se nalazi u letelici *Stardust*, ipak će se vratiti na Zemlju 2006. godine nakon što ova letelica 2004. godine presretne kometu *Wild-2*. Međutim, Žan-Mark Filip i Kerin Džastin planiraju slanje kapsule koja će sadržati ogroman broj poruka, i koja će 50 000 godina nakon lansiranja u orbitu oko Zemlje, sleteti na nju i doneti poruke bićima koja će otprilike 52 002. godine živeti na Zemlji. Trenutno je svako biće na Zemlji pozvano da napiše pismo na 4 stranice koje će se preneti na memoriju staklenih diskova koji će naći svoje mesto u ovoj kapsuli. Uz ove necenzurisane eseje, na memoriji staklenih diskova će se naći i čitava savremena aleksandrijska biblioteka, a u ovoj boci će postojati i niz fotografija naše planete, dijamant koji će sadržati vodu, vazduh, zemlju i ljudsku DNK, kao i niz astronomskih podataka i koordinata koje će označavati tačan trenutak lansiranja KEO letelice. Umesto da izgleda kao konvencionalni satelit, letelica KEO će posedovati specijalne kupaste solarne ploče povezane sa zglobovima načinjenim od jedne pametne legure koja je u stanju da pamti svoj oblik. Promene u temperaturi izazvane ulaženjem i izlaženjem letelice KEO iz Zemljine senke, iniciraće rastezanje zglobova, što će nama sa Zemlje izgledati kao da letelica podiže i spušta svoja krila. Svega 10 metara dugačka letelica KEO će svoju orbitu oko Zemlje započeti na visini od 1500 kilometara, tako da će za njeno posmatranje biti neophodan teleskop. Tokom 50 000 godina, obim orbite KEO letelice će se postepeno smanjivati tako da će se ovaj satelit spiralno spuštati ka Zemlji. Nekoliko zaštitnih slojeva će štititi letelicu od kosmičkih zraka, meteorita i atomskog kiseonika. Danas je niska orbita oko Zemlje prepuna otpadaka kao što su odbačeni parčiči raketa i slično, ali Filip smatra da će se buduće generacije čovečanstva pobrinuti za čišćenje naše neposredne kosmičke okoline, jer će u suprotnom slučaju, KEO biti ometen čestim sudarima na svom putu ka Zemlji. Kada pređe u guste slojeve atmosfere, KEO-ov toplotni štit će se zapaliti stvarajući tako veštačku auroru koja će stanovnicima Zemlje staviti do znanja da se letelica KEO vratila. Jedna od najvažnijih ideja koja stoji u osnovi plana o slanju pisama budućim stanovnicima Zemlje je ta da smo svi pozvani da nešto napišemo, tako da će se jedna do druge na staklenim diskovima ove kosmičke boce naći poruke poglavica indijanaca i afričkih plemena, dobitnika Nobelove nagrade i malih dečaka i devojčica iz siromašnih favela.

## 10. Kuća, grad dragulja

### - Koliko bismo solarnih ćelija morali da postavimo na vrh naše kuće da bi nam one obezbedile struju u njoj?

U jednoj solarnoj ćeliji, svetlosni fotoni sa Sunca pobuđuju kretanje elektrona između slojeva poluprovodničkih materijala (najčešće kristalni silicijum ili galijum arsenid) što dovodi do stvaranja električne struje. Količina električne struje koja se može dobiti pomoću solarnih ćelija zavisi od ukupne površine solarne ploče (niza solarnih ćelija) na vašem krovu, kao i od osvetljenosti krova vaše kuće. Prilikom instalacije solarne ploče na krovu, neophodno je da je montiramo na onoj strani krova koja je izložena većem dejstvu Sunčeve svetlosti tokom godine (ka jugu ukoliko živimo na severnoj hemisferi ili ka severu ukoliko smo na južnoj polulopti). Takođe, ploče bi trebalo da budu nagnute pod uglom jednakim geografskoj širini kuće kako bi upijale maksimalnu količinu svetlosti. Važno je voditi računa i o senkama koje bacaju na krov okolne zgrade ili drveće, jer je dovoljno da samo jedna od 36 ćelija u solarnoj ploči bude zasenčena, pa da proizvodnja snage ploče više nego dvostruko opadne. Tipične dostupne solarne ćelije proizvode između 7 i 12 miliVata električne energije po kvadratnom santimetru površine. Da biste izračunali koliko bi kvadratnih santimetara solarne ploče bilo potrebno da biste pomoću njih generisali električnu struju u kući, morate da znate kolika je prosečna potrošnja električne energije u kući, kao i kako je kuća postavljena u odnosu na Sunce (kako biste izračunali prosečan broj Sunčevih dana, kišnih dana...). Jedna prosečna kuća troši oko 600 Vati električne energije na sat, što iznosi oko 14 i po kiloVata na dan. Ukoliko pretpostavimo da solarne ćelije rade sa maksimalnom snagom oko 5 časova na dan (tj. 5 sunčanih sati dnevno u proseku), možemo izračunati da će jedan kvadratni santimetar solarne ploče (jedna solarna ćelija najčešće poseduje površinu od jednog kvadratnog inča, odnosno  $6,75 \text{ cm}^2$ ) moći u proseku da stvara  $12 \cdot 5 = 60$  miliVata na dan. Stoga bi vam za generisanje 14 i po kiloVata električne energije na dan bilo potrebno 26 kvadratnih metara solarne ploče na krovu (tj. kvadrat od oko 5 puta 5 metara), tj. oko 40 000 solarnih ćelija. Montiranje ovoliko velike ploče bi vas po današnjim cenama koštalo oko 16 000 dolara, a pošto Sunce sija samo tokom pola dana morali biste da kupite baterije i inverter (koji pretvara jednosmernu struju iz ćelija u naizmeničnu struju koju koriste kućni aparati) kako bi skladištili električnu energiju, a ova dodatna instalacija bi sigurno udvostručila troškove. Takođe, ako posedujete klima-uređaj u kući, odmah duplirajte troškove. Ako se baš odlučimo da koristimo još uvek veoma skupe solarne ćelije za generisanje električne energije, možda možemo probati sa redukcijom potrošnje električne energije. Umesto *desktop* kompjutera sa monitorom koristimo *laptop*, umesto tungstenovih sijalica koristimo fluorescentne lampe, a umesto televizora u boji nađimo crno-beli TV. Uz ovako male redukcije, mogli bismo da smanjimo troškove na oko 100 Vati na čas, pa bi nas celokupna instalacija koštala 6 puta manje. Međutim, ovako mala potrošnja električne energije sa električne mreže, koštala bi nas samo oko 24 centa na dan, tj. oko 90 dolara godišnje, pa bi ugradnja solarnih ćelija opet izašla znatno skuplja. Upravo zbog ovih razloga danas ne postoji mnogo solarnih kuća osim ako se one ne nalaze u veoma udaljenim predelima.

### - Kako je hleb tako elastičan i vazdušast?

Ukoliko se pažljivo zagledate u jednu krišku hleba, primetićete da je ono za razliku od žitarica, mekano, vlažno i sunderasto (jer je prepuno vazduha). Postojanje ovih osobina hleba je omogućeno činjenicom da kvasac (jednoćelijske gljive) uz pomoć određenih enzima



prevodi skrob (vrstu šećera koja se stvara u biljkama) iz brašna u maltozu, drugu vrstu šećera, koju kvasci vole da jedu, a iz koga stvaraju alkohol (etanol) i gasoviti ugljen dioksid koji hlebu pruža izrazitu vazdušastost. Zbog prisustva proteina gluteina u pšeničnom brašnu, koji ima sposobnost stvaranja međusobnih lančanih veza, mešanjem brašna sa vodom, dobija se elastična smeša koja hvata ugljen dioksid, oslobođen od strane kvasca, u vidu malih mehurića. Stoga je veoma važno što bolje umesiti hleb kako bi se formirale što snažnije veze između susednih molekula gluteina. Kada bismo preskočili proces mešenja, ugljen dioksid ne bi tako efikasno bio uhvaćen u hlebu, već bi uspevao u vidu mehurova da izađe na površinu hleba, pa hleb ne bi bio tako izdašan. Da li je hleb dobro umešen i da li su pojedinačne komponente zastupljene u pravom odnosu, znaćemo tek nakon pečenja. Naime, kada kora hleba poseduje zlatnu boju i kada unutrašnjost hleba šuplje odzvanja kada ga kucnemo, znaćemo da je proces pravljenja hleba uspešno izveden.

### **- Kako se pravi hleb od kiselog testa?**

Kiselo testo predstavlja jedan od drevnih načina za čuvanje kvasca tokom dužih vremenskih perioda, a razliku između običnog hleba i hleba koji se pravi od kiselog testa čini upravo različiti izvor kvasca. Najveći broj pekara danas koristi paketiće sa živim gljivama kvasca koje su prethodno osušene i deanimirane. Pod dejstvom vode, ćelije kvasca oživljavaju (zapravo, njihovi prekinuti metabolički procesi počinju ponovo da se odigravaju) i one počinju da se hrane skrobom iz pšeničnog brašna i stvaraju šećer (u procesu koji se zove fermentacija), a oslobađaju alkohol i ugljen dioksid koji dovodi do rasta hleba. S druge strane, u slučaju kvasca za kiselo testo, ćelije kvasca se stalno održavaju živim u tečnoj sredini koja se naziva starterom, koji upravo predstavlja supstancu koja hlebu od kiselog testa daje tako karakterističan ukus. Naime, pre nego što su postojali paketići osušenog kvasca, pekari su uzgajali kulturu kvasca u sredini sa vodom i brašnom. Da biste i sami napravili jednu ovakvu kulturu, dovoljno je samo da pomešate dve čaše brašna i dve čaše vode u činiji koju ćete zatim poklopiti i ostaviti da stoji. U vazduhu uvek postoji nešto malo kvasca koji će naći put do ove činije, gde će se hraniti brašnom, rasti i razmnožavati. Nakon jednog dana, izvadite jednu čašu smeše i dodajte još po jednu čašu vode i brašna. Nakon nekoliko dana, smeša će postati pomalo penasta, jer je počela da raste populacija kvasca koja oslobađa gasove ugljen dioksida. Starter (ova smeša) će takođe sadržati u sebi i jednu vrstu bakterija pod imenom *lactobacilli* koja stvara mlečnu kiselinu kojoj se pririsuje blago kiseli ukus smeše. Upravo alkohol koji oslobađaju kvasci i mlečna kiselina koju oslobađaju *lactobacilli* daju starteru tako jedinstvenu i prepoznatljivu aromu. Ova smeša je usled prisustva skroba (kao složenog šećera za čije razlaganje kvasci poseduju posebne enzime), alkohola i mlečne kiseline prilično negostoljubiva za sve druge bakterije, koje bi se pojavile ukoliko bismo isti eksperiment isprobali npr. sa zaslađenom vodom ili sokom od pomorandže. Svakodnevnim dodavanjem po jedne šolje brašna i po pola šolje vode, populacija kvasca se lako može uzgajati. Neki starteri koriste mleko umesto vode, a u neke se dodaju šećeri (npr. u vidu krompira koji su bogati skrobom) ili med koji ubrzavaju fermentaciju.

### **- Šta je to prašak za pecivo?**

Za pravljenje čajnog peciva, biskvita, kolača i torti, umesto kvasca (koji oslobađanjem gasovitog ugljen dioksida uzrokuje narastanje hleba) se koristi prašak za pecivo. Ovaj prašak se sastoji iz kiseline, baze i tzv. filera ili kamenog brašna. Sva ova tri sastojka moraju biti suva i praškasta kako bi se mogli homogeno pomešati. Tako, na primer, soda bikarbona (baza – natrijum bikarbonat  $\text{NaHCO}_3$ ), tartar (kiselina –  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) i kukuruzni skrob (filer) predstavljaju tri uobičajena sastojka praška za pecivo. Možda ste nekada izveli eksperiment

mešanja sode (baze) i sirćeta (kiseline) i primetili pojavu burne i penušave reakcije kiseline i baze u kojoj se dobija so. Slično tome, kada dodamo vodu u prašak za pecivo, kiselina i baza u rastvoru dolaze u kontakt i započinju reakciju stvaranja soli (u slučaju mešanja sode bikarbone i tartara dobija se  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) uz oslobađanje izvesne količine mehurova ugljen dioksida. Prašak za pecivo za jednokratnu namenu oslobađa svu količinu ugljen dioksida kada se pokvasi, dok prašak za pecivo dvostruke namene oslobađa mehurove ugljen dioksida ponovo kada se zagreje. Takođe, neki praškovi za pecivo umesto tartara sadrže natrijum aluminijum sulfat ( $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2$ ) koji u reakciji sa natrijum bikarbonatom daje aluminijum hidroksid ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), natrijum sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) i ugljen dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Mnogi recepti umesto praška za pecivo zahtevaju koršćenje samo sode. Ovakvi recepti najčešće podrazumevaju korišćenja i neke tečne kiseline (npr. jogurta) koja će izreagovati sa sodom i tako stvoriti neophodan ugljen dioksid. Za razliku od kvasca kome je potrebno nekoliko sati da bi stvorio gasne mehurove, prašak za pecivo predstavlja sredstvo za skoro trenutno narastanje testa.

### **- Koja je razlika između putera i margarina?**

I puter i margarin se najvećim delom (oko 80 %) sastoje od masti, pri čemu se masti u puteru dobijaju iz mleka neke životinje, najčešće krave, dok masti u margarinu vode poreklo iz neke biljke, kao što su npr. suncokreti, masline, repa ili neke druge žitarice. Masti su rezervne materije koje sagorevanjem daju više energije od proteina i ugljenih hidrata, a nalaze se dispergovane u citoplazmi u obliku finih kapljica, dok u ćelijama masnog tkiva mogu zauzimati skoro čitave zapremine ćelija. Sve prirodne neutralne masti predstavljaju jedinjenja koja se nazivaju triacilglicerolima, a dobijaju se tako što se na mesto sva tri vodonikova atoma iz hidroksilnih grupa glicerola ( $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ ) vezuju tri masne kiseline. Masne kiseline predstavljaju dugačke ugljovodonične lance (sa više od 15 ugljenikovih atoma) koji se završavaju sa grupom  $\text{COOH}$  koja celom molekulu daje kiseli karakter. U zavisnosti od toga da li su masne kiseline koje ulaze u sastav masti, odnosno molekula triacilglicerola zasićene (sve veze između ugljenikovih atoma su tada jednostruke, odnosno u kovalentnoj vezi između svih pojedinačnih parova ugljenikovih atoma učestvuju samo po dva elektrona) ili nezasićene (jedna ili više ugljenik-ugljenik veza je dvostruka, odnosno u njoj učestvuje dva para elektrona), masti će biti čvrste (kada su masne kiseline zasićene, kao npr. palmitinska sa 16 ili stearinska sa 18 ugljenikovih atoma) ili tečne (kada su masne kiseline nezasićene, kao npr. oleinska ili linolna sa po 18 ugljenikovih atoma, pri čemu linolna ima dve dvostruke veze, a oleinska samo jednu) pa se u ovom drugom slučaju nazivaju uljima. Da bi se dobio puter, kajmak sa vrha mleka se najpre pasterizuje, a zatim hladi kako bi masti iskristalisale. Nakon hlađenja, izdvaja se određena količina tečnog, tzv. puterovog mleka, tako da finalni proizvod sadrži oko 80 % masti, 18-19 % vode, dok 1-2 % čine razne čvrste materije i mineralne soli iz mleka. S druge strane, da bi se dobio margarin, neophodno je u procesu hidrogenizacije vezati parove vodonikovih atoma na mesto svake dvostruke veze u masnim kiselinama biljnih ulja (ova ulja su prethodno zagrejana, ohlađena, obojena i obogaćena vitaminima A i D), kako bi se omogućilo njihovo očvršćavanje. Postoje i neke, modernije vrste margarina koje umesto procesa hidrogenizacije, koriste jedan drugi proces u okviru koga se sve masne kiseline prevode u trans konfiguraciju (inače, sve dvostruke veze u molekulima masnih kiselina su cis konfiguracije), pa se na taj način postiže njihovo očvršćavanje.

### **- Zašto je mleko tako zdravo?**

Mleko je proizvod ženki sisara, a sve bebe sisara piju mleko. Mala deca piju isključivo mleko od rođenja pa dok ne napune godinu do dve dana života, a mleko svake vrste sisara po

svom hemijskom sastavu i hranljivim sastojcima savršeno odgovara bebama iste vrste. Ljudsko mleko sadrži 8,5 % ugljenih hidrata (uglavnom u vidu laktoze, odnosno spoja dva molekula glukoze), zatim 4,5 % masti (od kojih se dobija puter) u koje spadaju i esencijalne masne kiseline, i 1,1 % proteina uključujući i pojedinačne aminokiseline u tačno određenoj proporciji. Ljudsko mleko sadrži i antitela (u slučaju kada potiče direktno od majke), kao i druge komponente imunog sistema, sve vitamine i minerale (kalcijum, fosfor, gvožđe, bakar, mangan, magnezijum, natrijum, kalijum, hlor, kobalt, cink i dr.) koji čine 0,2 % mase mleka. 87,4 % ljudskog mleka je voda. Mleko različitih vrsta sisara poseduje hranjive sastojke u proporciji svojstvenoj svojoj vrsti. Tako, na primer, mleko delfina sadrži 14 % masti i 10 % proteina, dok mleko kitova (čije se bebe goje oko 90 kilograma dnevno) sadrži i više od 20 % masti. Kravlje mleko je po svom sastavu najbližije ljudskom mleku, s tim što sadrži nešto manje masti i šećera, ali i 3 puta više proteina nego mleko ljudi. Ipak, u mnogim delovima naše planete, ljudi ne piju samo kravlje mleko, već i mleko raznih drugih životinja. Tako se u Španiji i drugim južноеvropskim zemljama mnogo mleka dobija od ovaca (čije mleko sadrži više proteina nego masti) i koza, u Arabiji od kamila, a u Egiptu se upotrebljava i mleko bivolica. Na Laplandu, ljudi piju mleko irvasa (koje sadrži tri puta više proteina od kravljeg mleka), Mongoli piju mleko kobila, Peruanci mleko lama, a u Tibetu se pije mleko jaka.

### **- Zašto jaja očvršnu kada ih kuvamo?**

Jaja, a pogotovo njihova belanca, su veoma bogata proteinima, a upravo zagrevanje proteina izaziva očvršćavanje jaja tokom kuvanja. Proteini predstavljaju dugačke lance aminokiselina povezanih peptidnim vezama (uzmite jednu  $-NH_2$  grupu sa kraja jedne i jednu  $-COOH$  grupu sa kraja druge aminokiseline i odstranite im jedan molekul vode – premda se u prirodi to spontano dešava - i ove dve grupe će se povezati tako da formiraju peptidnu vezu, a proteini se stoga često nazivaju i polipeptidima). Ovi dugački polipeptidni lanci su međusobno izuvijani u prostoru, a osim redosleda aminokiselina u proteinu i način ovog prostornog uvijanja određuje osobine i funkciju proteina u živom svetu. U formiranju složenog trodimenzionalnog oblika proteina, osim peptidnih veza (kao tipa kovalentnih veza) učestvuju i vodonične veze (dodatna veza koju ostvaruje atom vodonika sa nekim elektronegativnom atomom, kao što je azot ili kiseonik), Van Der Valsove veze (između dipola), kao i hidrofobne veze (privlačenje nepolarnih molekula u polarnom okruženju). Veličanstvenost prirode se ogleda i u jednostavnoj činjenici da najveći broj proteina poseduje oko milijardu načina da se izuvija, ali mi ćemo u prirodi pronaći istoimene proteine sa apsolutno identičnim načinom zauzimanja prostornih (tzv. nativnih) konformacija. Međutim, dovoljno je da se samo jedna polipeptidna veza u dugačkom proteinskom lancu (koji u slučaju nekih proteina sadrži i nekoliko hiljada aminokiselinskih ostataka) prekine i tada ćemo reći da je protein denaturisao, odnosno izgubio svoj jedinstveni molekulski oblik, a time i svoju funkciju. Osim što proteini mogu denaturisati pod dejstvom hemijskih supstanci (sipajte vodu na belance i alkohol će raskinuti vodonične veze u proteinima, a zatim sipajte sirće, koje će kao kiselina razgraditi kovalentne, tj. peptidne veze u molekulima proteina, a ovaj proces ne bi uspeo sa žumancetom, jer ono sadrži i dosta masti koje formiraju neku vrstu štita oko proteina) mehaničkog pritiska (kao kada mutimo jaja, pri čemu denaturisani proteini formiraju unakrsnu polipeptidnu mrežu), intenzivnih elektromagnetnih talasa, oni mogu denaturisati i pod dejstvom toplote, što se dešava kada kuvamo jaje. Sa povećanjem temperature jajeta, atomske grupe u molekulima proteina počinju sve snažnije da vibriraju oko atomskih veza i da se sudaraju sa okolnim atomima, što najpre dovodi do raskidanja vodoničnih veza i do odvijanja (razvijanja) složene trodimenzionalne strukture, a zatim i do raskidanja peptidnih veza u molekulima proteina. Nakon toga, počinje proces nasumičnog formiranja (jačih) kovalentnih veza između razbijenih delova različitih proteinskih molekula,

što dovodi do formiranja stabilnije i čvršće strukture. Takođe, sa formiranjem novih veza, voda koja je okruživala molekule proteina dok je jaje bilo tečno, biva istisnuta napolje, što je i razlog zašto jaje očvršćava tokom kuvanja. Za kuvanje jaja je najpogodnije koristiti umerenu toplotu, jer preterano topla reakcija izaziva hemijsku reakciju između žumanceta i belanceta (tačnije između gvožđa iz žumanceta i pod dejstvom preterane toplote nastalog vodonik sulfida iz belanceta) pri kojoj se stvara zeleni film oko žumanceta koji ne predstavlja ništa drugo do gvožđe sulfid. Inače, razlog zašto kuvamo jaja pre nego što ga pojedemo je u tome što se u našem stomaku svi proteini pod dejstvom enzima svejedno razgrađuju do pojedinačnih aminokiselina (koje zatim odlaze preko krvi do ćelija), pa prethodnim kuvanjem proteina (odnosno raskidanjem što većeg broja peptidnih veza), mi zapravo smanjujemo posao našem stomaku.

### **- Kako se prave kokice?**

Prilikom zagrevanja kukuruznih zrna, dolazi do širenja vlage u zrnu, a kada pritisak u zrnu postane dovoljno veliki, zrno eksplodira stvarajući kokicu. Međutim, želatinozni skrob iz zrna ne eksplodira, već se širi stvarajući male penaste mehuriće. Susedni mehurovi iz zrna se spajaju i očvršćavaju formirajući trodimenzionalnu mrežu koja predstavlja bele pahuljice na kokici. Postoji i nekoliko trikova u vezi kokica. Probajte npr. da sa iglom probušite nekoliko malih rupica na zrnu i videćete da neće uspeti da se formira kokica, jer neće biti u stanju da se stvori dovoljno veliki pritisak u zrnu da bi došlo do eksplozije. Osim ovoga, i ako držite kukuruzna zrna nekoliko dana na Suncu videćete da opet nema ništa od kokica, jer je Sunce upilo veliku količinu vlage iz zrna, a upravo širenje vlage u zrnu dovodi do njegove eksplozije i pretvaranja u kokicu.

### **- Šta je to žele?**

Bilo da ste u poslastičarnici naručili *Jelly-o*, u prodavnici kupili žele-bombone ili kod kuće zatalasali pihtije, sigurno ste se zapitali šta je to što svim ovim stvarima daje tako "želatinozan" izgled i ponašanje. Dakle, žele se sastoji iz želatina, vode, šećera, veštačke arome i boje, a želatin predstavlja denaturisani kolagen. Kolagen je najzastupljeniji protein kod sisara, a čak trećinu svih protein u našim telima čini kolagen. Istovremeno, četvrtina naše težine potiče od mase kolagena. Kolagen je međućelijski protein koji pruža jačinu i elastičnost koži, kostima i tetivama i poseduje sličnu, vezivnu ulogu koju imaju molekuli celuloze u biljnom svetu. Kolagen se sastoji od tri međusobno povezana spiralna polipeptidna lanca (tzv. alfa heliks istog oblika kao molekulski lanci DNK i RNK) od kojih se svaki sastoji od po oko 1000 aminokiselinskih ostataka. Denaturacija proteina predstavlja proces raskidanja peptidnih veza između aminokiselinskih ostataka u molekulu proteina. U svrhu denaturacije kolagena, tj. dobijanja želatina, proizvođači najpre uzimaju vezivno tkivo krava, svinja ili ajkula koje izlažu dejstvu jake kiseline ili baze kako bi se uništila ćelijska struktura i oslobodili proteini kao što je kolagen. Nakon toga, rezultujuća smeša se kuva, tokom čega se pod dejstvom povišene temperature, raskidaju veze unutar molekula kolagena, tj. dešava se njihova denaturacija, a krajnji proizvod ovog procesa se naziva želatin. Želatin se veoma lako izdvaja iz smeše jer formira sloj na površini prokuvane tečnosti. Prilikom hlađenja, raskinuti polipeptidni lanci počinju opet da se delimično povezuju, ali se ne formiraju potpuno pravilne spiralne kolagenske strukture. Na nekim mestima postoje šupljine u spirali, dok je negde izrazitija umreženost susednih polipeptidnih lanaca. Voda se zadržava u ovim šupljinama između lanaca, što pruža karakteristično talasanje želatinoznog pudinga. Osim što se koristi kao želatinozni agens (kao npr. u žele-bombonama), želatin se može koristiti i kao otvrđivač, emulgator ili stabilizator, a nalazi se u raznim vrstama hrane, od jogurta do žvakaćih guma,

preko gumenih bombona, krem sira, kolača, supa, soseva, piletine i šunke u konzervi, pa i kobasica. Želatin se koristi i za oblaganje pilula kako bi one mogle lakše da se progutaju, a koristi se i u kozmetici i to u pomadama.

### **- Zašto nam suze oči kada seckamo luk?**

Kada sečemo glavicu luka, dolazi do razaranja određenog broja ćelija luka, iz kojih se oslobađaju enzimi, koji razlažu druge ćelijske supstance. Jedna od ovih supstanci, amino kiselina sulfoksidaza, enzimskim razlaganjem stvara sumporastu kiselinu, koja ubrzo nakon formiranja, isparava. Ova kiselina, u gasovitom stanju, dolazi do naših očiju, gde reaguje sa vodom koja održava naše oči vlažnim. U ovoj reakciji, dolazi do stvaranje male količine sin-propanetial-S-oksida, hemijske supstance koja iritira osetljive nervne završetke u našim očima i izaziva suze. Na ovaj nadražaj, mozak reaguje tako što signalizira suzenje, tj. stvaranje više vode koja će razblažiti sin-propanetial-S-oksid u očima. Moguća svesna reakcija tela bi bila da protrlja oči rukama, ali bi to stvari učinilo još gorim, s obzirom da verovatno imate sok od luka svuda po rukama. Jedna od mera predostrožnosti je nošenje naočara tokom seckanja luka, iako bi to možda izgledalo smešno nekome u blizini, a i možda se ne biste mogli najbolje snaći u kuhinji punoj pare. Čišćenje luka u frižideru bi smanjilo količinu isparljivih gasova, zbog niže temperature, a još jedno dobro rešenje je seckanje luka pod mlazom vode. Neki ljudi kažu da ako držite u ustima šibicu, krišku limuna, parče hleba ili kocku šećera, ove stvari mogu apsorbovati isparenja luka pre nego što dođu do vaših očiju.

### **- Zašto se ćurka mora odmrzavati na ispravan način?**

Ispravno odmrzavanje zaleđene ćurke zahteva nekoliko dana. Ako odmrzavamo ćurku u običnoj kuhinjskoj rerni, doći će do njenog postepenog odmrzavanja od spolja ka unutra, pa će pojedini delovi ćurke dostići temperaturu od oko 20 °C, što je temperatura pogodna za razmnožavanje bakterija. Da bi se izbegao razvoj bakterija u ćurki, njeno meso je neophodno odmrzavati ispod temperature od 4°C, a to se može izvesti u frižideru (zahteva od jednog do 5 dana, u zavisnosti od težine ćurke), u hladnoj vodi (zahteva od 4 do 12 sati) ili u mikrotalasnoj pećnici (zahteva samo jedan do dva sata, ali se može izvesti samo sa malim parčićima mesa). Razlog zašto smo pospani kada pojedemo ćurku, leži u tome što ćureće meso sadrži u sebi amino kiselinu koja se zove triptofan. Triptofan je jedna od 10 esencijalnih amino kiselina, što znači da je naš organizam ne može sam sintetisati, već je moramo redovno unositi hranom. Triptofan pomaže telu u stvaranju niacina, jednog od vitamina B, koji opet pomaže telu u stvaranju serotonina, supstance koja služi kao uspavljujući agens u mozgu i signalizira nam kada je vreme za spavanje. Triptofan je 1980. godine počeo da se koristi kao lek protiv nesаницe, ali je desetak godina kasnije bio zabranjen zbog naknadno otkrivenih kontraindikacija.

### **- Ako se ništa ne lepi za Teflon, kako se on sam lepi na lončice i tiganje?**

Teflon predstavlja zaštitni znak firme *DuPont*, koji se odnosi na plastični materijal poznat kao politerafluoretilen. Tajna tako glatke površine Teflona leži u atomima fluora sa površine ovog materijala. Naime, atomi fluora u Teflonu odbijaju sve strane atome i čestice, sprečavajući tako vezivanje bilo koje supstance za njegovu površinu. Osim poznate primene za oblaganje kuhinjskog pribora kao što su tiganji ili lončići, Teflon poseduje široko polje primene u industriji i to od izolatora kablova kojima se prenose komunikacioni podaci pa sve do uklanjanja vode i mrlja sa odeće i nameštaja. Postoje dva načina da se Teflon zalepi za neku površinu. Prvi način predstavlja sinterovanje, proces koji sa porastom temperature

prethodi topljenju, a pri kome na povišenoj temperaturi dolazi do spajanja čestica materijala pri čemu se smanjuje poroznost i ojačavaju veze između čestica, a ovako sinterovani Teflon se još na visokoj temperaturi čvrsto pritiska na površinu za koju želimo da ga zalepimo. Međutim, kada se materijal ohladi, postoje velike šanse da će Teflon otpasti sa njega. Stoga se uz proces sinterovanja, vrši i hemijska modifikacija one strane Teflona koja bi trebalo da se zalepi za drugu površinu. Ukoliko površinu Teflona koju hoćemo da učinimo lepljivom bombardujemo sa jonima ili plazmom u visokom vakuumu i u električnom polju, odvojićemo atome fluora sa površine, a sa naknadnom zamenom odvojenih atoma fluora sa atomima kiseonika dobićemo površinu koja je veoma lepljiva.

### **- Zašto pena na toplom pivu splasne brže nego na hladnom?**

Najveći broj piva predstavlja razblažene rastvore šećera, gasova, organskih kiselina, estara i alkohola. Ugljen dioksid je gas koji daje pivu penušavost, a njegova rastvorljivost je blisko povezana sa temperaturom rastvarača, u našem slučaju vode u pivu. Kao što pastrmke i lososi više vole da se kupaju u planinskim potocima i rekama, jer je u hladnijim vodama rastvoreno više kiseonika, isto tako se i više ugljen dioksida, kao i svih drugih jedinjenja koji se nalaze u obliku gasa na sobnoj temperaturi, može rastvoriti u hladnom nego u toplom pivu. Sa zagrevanjem, tj. povećanjem temperature piva, povećavaju se toplotna kretanja u pivu, što za posledicu ima i brže izdvajanje rastvorenih gasova, pa višak ugljen dioksida odlazi atmosferu u obliku mehurića.

### **- Šta su to veštačke arome?**

Mnogo proizvedene hrane koju danas kupujemo sadrže nalepnice na kojima su veštačke arome navedene kao jedan od glavnih sastojaka. Veštačke arome su hemijska jedinjenja ili smeše koje oponašaju prirodne ukuse. Bilo koji prirodni miris je najčešće veoma složenog sastava sa po nekoliko stotina hemijskih jedinjenja koje delujući na naše receptore u ustima i nosu, učestvuju u stvaranju mirisa ili ukusa. Ipak mnoge arome, a pre svega voćne arome imaju samo jednu ili nekoliko dominantnih komponenti koje određuju miris, odnosno ukus. Mnoga jedinjenja tog tipa se zovu estri. Tako je npr. estar po imenu oktal acetat glavno jedinjenje u aromi pomorandže, a estar koji se zove izoamil acetat daje specifičan ukus banani. Osim ovih, postoji još stotinak jedinjenja sa karakterističnom aromom nekog voća. Na taj način se arome raznih voća mogu mešati u najneobičnijim odnosima, a primer za smeše veštačkih aroma su razne bombone ili *juicy fruit* gume za žvakanje.

### **- Zašto je sos u piti od jabuka topliji od kore?**

Temperatura predstavlja merilo toplotnog sadržaja nekog sistema, a pošto se i sos od jabuka, kao i spoljašnje kore od testenine nakon dovoljno dugog pečenja u peći dostigle iste temperaturu, možemo da kažemo da su kora i sos pite, nakon njenog vađanja iz rerne podjednako topli. Drugim rečima, molekuli u sosu i u kori imaju jednake srednje kinetičke energije kada pita izađe iz rerne. Međutim, i pored toga će se naš jezik pre opeći dotaknuvši sos nego koru. Ukoliko zanemarimo čekanje da se pita barem malo ohladi, jer će se tada kora brže hladiti od sosa s obzirom da se nalazi u okruženju vazdušnih struja koje efikasno odnose toplotu sa nje, iza pojave da ćemo se pre opeći od sosa, nego od kore u trenutku kada su oba ova dela pite podjednako topli, stoje dva efekta: toplotna provodljivost i toplotni kapacitet. Toplotna provodljivost predstavlja meru koliko brzo se toplota prenosi kroz telo. Pasta, odnosno kora pite poseduje mnogo vazdušnih džepova u sebi, pa nije u stanju da efikasno prenosi toplotu sa rastojanja od nekoliko mikrometara od našeg jezika do kontaktne granice

između jezika i pite. Stoga se ravnoteža između hladnijih usta i tople pite uspostavlja postepeno na malim rastojanjima od usta, jer usled niske toplotne provodljivosti nisu mogući brzi prenosi toplote ka ustima. S druge strane, toplotni kapacitet materijalne supstance predstavlja nešto slično gustini toplotne energije u njoj, s obzirom da se ova termodinamička veličina definiše kao količina toplote koju je potrebno da predamo telu da bi se njegova temperatura povećala za jedan stepen, pa stoga pomoću nje možemo da odredimo količinu toplotne energije koju poseduje telo na određenoj temperaturi. Tako, na primer, pošto je toplotni kapacitet aluminijuma veći od toplotnog kapaciteta bakra, određena količina aluminijuma će na 100 °C imati veći toplotni sadržaj od iste količine bakra na istoj temperaturi. Ukoliko dve jednako velike kockice ova dva metala potopimo u dve odvojene čaše vode, ona sa kockicom aluminijuma u sebi će biti toplija jer će sa snižavanjem temperature (a dva materijalna sistema u kontaktu će se naći u termodinamičkoj ravnoteži tek kada im se temperature izjednače), aluminijum odavati vodi više toplote od bakra. Pošto najveći deo sosa od jabuke čini voda koja poseduje veoma veliki toplotni kapacitet za razliku od vazdušaste kore, sos će i odavati više toplote prilikom hlađenja do iste temperature kao i kora. Kao posledica većeg toplotnog sadržaja sosa od toplotnog sadržaja kore, dotaknuvši jezikom sos, on će nam predati veliku količinu toplote, a pri tome će se malo ohladiti, dok kao posledica većeg koeficijenta toplotne provodljivosti sosa od vrednosti iste veličine kod kore, toplota će se brže predavati ustima od strane sosa, pa ćemo usled oba opisana efekta, za kratko vreme provedeno u kontaktu sa njim primiti veliku količinu toplote.

### **- Zašto isećeni parčići voća potamne na vazduhu?**

Prilikom sečenja plodova nekog voća na kriške, dolazi do razaranja ćelijskih zidova unutar ploda, što dozvoljava slobodan ulaz kiseoniku iz vazduha u unutrašnjost ćelija sa površine kriške. Neke od hemijskih reakcija oksidacije ćelijskih organskih jedinjenja predstavljaju i reakcije oksidacije fenolnih jedinjenja pod dejstvom enzima polifenoloksidaze, a oksidovani fenoli se kondenzuju u obliku braon tačkica na površini kriški. Limunska kiselina se veoma lako oksiduje, pa se stoga često koristi za sprečavanje oksidacije voća do fenolnih jedinjenja braon boje. Potrebno je samo da isećene kriške jabuke ili nekog drugog voća potopite u limunadu i parčići isećenog voća će ostati bele boje.

### **- Kako možemo iz banane da izdvojimo molekule DNK?**

Molekule DNK iz banane ili bilo kog drugog voća, povrća, pa i ljudskih ili životinjskih ćelija možemo izdvojiti na veoma jednostavan način. Za izvođenje procesa ekstrakcije molekula DNK iz banane, potrebni su nam: banana, so, topla voda, mešalica za voće i povrće (odnosno, seckalica za pravljenje soka, premda umesto nje možemo koristiti i običan mikser), tečni sapun, čačkalice, cediljka, stakleni sud i alkohol (etanol). Najpre, moramo iseći plod banane na tanke kriške, koje ćemo sipati u mešalicu, zajedno sa kašičicom soli i malo tople vode. Promešajte ovu smešu 5 do 10 sekundi vodeći računa da ona pri tome ne postane previše fluidna. Sipajte zatim ovu smešu kroz cediljku u stakleni sud. Dodajte zatim u sud i dve kašičice tečnog sapuna i promešajte smešu, ali pazite da se tokom mešanja ne pojavljuju mehurići na njoj. Zatim, pažljivo uz zidove suda sipajte alkohol tako da udvostručite količinu tečnosti u sudu. Sipanjem alkohola, u tečnosti će se formirati dva tečna sloja: donji će predstavljati bananinu smešu, dok će gornji predstavljati alkohol. Sačekajte zatim oko 5 minuta. Pogledajte pažljivo tečnost i videćete da na njenoj površini pluta tanki čvrsti sloj. Taj sloj je sastavljen upravo od molekula DNK. Koristeći se čačkalicom (dodirnuvši sloj, blago je okrećite kako ne biste pokupili i tečni alkohol uz DNK molekule), izdvojite ovaj sloj i imaćete priličan broj molekula DNK jednog primerka banane.

## **- Zašto banana u frižideru potamni brže nego u sobi?**

Premda se proces oksidacije ćelija koji dovodi do zatamnjenja voća i povrća u slučaju najvećeg broja biljnih plodova usporava u hladnijoj atmosferi, ovaj slučaj ne važi i za tropska (pa i neka suptropska) voća, kojima pripadaju i banane. Idealna temperatura na kojoj će banane najduže ostati svetle iznosi 13,3 °C. Pošto se banane ne mogu držati u frižideru, one se često ubiraju kao nedovoljno zrele sa afričkih i južameričkih plantaža kako bi u umerene predele stigle u svojoj prirodnoj, žutoj boji. Slično svim živim bićima, i banane podešavaju sastav svojih ćelijskih membrana kako bi njihovu fluidnost prilagodile temperaturi na kojoj se nalaze. Regulaciju fluidnosti, banane postižu putem podešavanja nivoa zastupljenosti nezasićenih masnih kiselina u ćelijskim membranama, a što je veći nivo masti u ćelijama i između njih, to će banana biti fluidnija, odnosno mljackavija. Stoga, ukoliko isuviše ohladimo bananu, koncentracija masti u njima će se povećati, pa će pojedinačne ćelije izgubiti svoje individualne funkcije i stopiće se međusobno. Na taj način će se enzimi, njihovi supstrati i drugi ćelijski proteini u banani pomešati među sobom, što dovodi do razlaganja polimernih molekula koji su zaslužni za očuvanje biljne strukture, a to su pre svega: celuloza (koju razlaže enzim celulaza) i pektin (koji razlaže enzim pektinesteraza). Razlaganje ugljenog hidrata skroba od strane enzima tipa amilaze je takođe, povezano sa omekšavanjem banane pod dejstvom vremena. Međutim, samo zatamnjenje kore banane je povezano sa oslobađanjem enzima koji se zove polifenil oksidaza (PPO). Ovaj enzim uz pomoć kiseonika iz vazduha prirodno polimerizuje fenole iz kore banane do polifenola, koji po svojoj strukturi, a i optičkim osobinama podsećaju na melanin, pigmentni molekul koji našoj koži daje tamnu boju kada se sunčamo. Aktivnost PPO-a se smanjuje u prisustvu kiselina, što je i razlog zašto oblažemo voće limunovim sokom ukoliko želimo da ono ne potamni na vazduhu, odnosno da se ne oksiduje.

## **- Kako frižider hladi hranu?**

Hladna sredina pomaže hranljivim namirnicama da duže ostanu sveže, jer se pri niskim temperaturama usporava aktivnost bakterija (kojih ima u svakoj hrani), koji su glavni uzročnici kvarenja hrane. Verovatno ste primetili da vas rashlađuje stavljanje kapi vode na kožu. Naime, voda koristi telesnu toplotu za isparavanje i tako vas hladi (utrljavanje alkohola još više hladi jer on isparava na nižoj temperaturi nego voda). Na istom principu funkcioniše i frižider – koristi isparavanje tečnosti za apsorbovanje toplote. Osnovni delovi svakog frižidera su: kompresor, vijugave cevi za razmenu toplote sa unutrašnjošću, kao i sa spoljašnjošću frižidera, ventil i tečnost niske tačke ključanja (nekada freoni (hlorfluorougljenici), a danas uglavnom amonijak koji ključa na  $-32^{\circ}\text{C}$ ). Kompresor (koji za svoj rad koristi električnu energiju) sabija gas supstance za hlađenje, što podiže pritisak i temperaturu supstance, tako da cevi za razmenu toplote koje se nalaze van frižidera dozvoljavaju kompresovanoj supstanci da rasipa svoju toplotu. Kako se ova supstanca hladi, ona se polako kondenzuje u tečan oblik i počinje da teče kroz ventil, nakon čega prelazi iz oblasti visokog pritiska u oblast niskog pritiska, tako da se širi i isparava. Tokom isparavanja, supstanca (preko cevi za razmenu toplote koje se nalaze u frižideru) apsorbuje toplotu iz unutrašnjosti frižidera i tako je održava hladnom. Hladni gas amonijaka se zatim prikuplja od strane kompresora i ciklus hlađenja (i cirkulisanje supstance za hlađenje) se nastavlja. Međutim, ukoliko ste nekada išli na piknik sa frižiderom, onada sigurno znate da postoje i hladnjaci kojima za funkcionisanje nije potrebna električna energija. Ovakvi frižideri (tzv. gasni ili propanski) poseduju generator koji stvara gas amonijaka pomoću toplote dobijene sagorevanjem nekog drugog gasa (najčešće propana ili kerozina). Postoje i neki frižideri čiji se rad zasniva na tzv. Peltjeovom (termoelektričnom)



efektu, tj. pojavi da se na dva prstenasta spoja različitih metala pojavljuje razlika u temperaturama ukoliko električna struja protiče kroz prsten. Vrući spoj na prstenu se stavlja van frižidera, a hladni spoj se drži u njegovoj unutrašnjosti. Postoje i neki tzv. "instant hladni paketi" koje je dovoljno promućkati da bi se stvari u njima skoro trenutno ohladile. Ovakvi hladnjaci imaju izgled plastične kese ispunjene tečnošću, koja u ovom slučaju predstavlja vodu u kojoj su se nalaze još manje kesice amonijum nitrata. Kada prodrnemo hladnjak, kesice sa amonijum nitratom se razbijaju i mešaju sa vodom što dovodi do izrazito endotermne reakcije (reakcije za čije je odvijanje neophodno uložiti, odnosno utrošiti toplotu, za razliku od egzotermnih reakcija koje oslobađaju toplotu) koja za svoje odvijanje apsorbuje toplotu iz unutrašnjosti hladnjaka, čime se hlade namirnice u njemu.

### **- Kada bismo vrata frižidera ostavili otvorena, šta bi se desilo sa temperaturom sobe?**

Držeći vrata frižidera otvorenim, soba postaje toplija. Zamislite frižider kao uređaj koji prenosi toplotu iz svoje unutrašnjosti u kojoj stoje hranljive namirnice na svoju okolinu, odnosno sobu u kojoj se nalazi. Soba oko frižidera se zagreva jer prima toplotu oslobođenu iz unutrašnjosti frižidera. Ako ostavite vrata otvorena, toplota iz sobe se vraća u frižider i opet nazad u sobu. Kao rezultat oslobođene toplote usled konstantnog rada motora koji teži da ponovo ohladi unutrašnjost frižidera, dolazi do povećanja ukupne temperature sobe. Taj proces se nastavlja sve dok su vrata frižidera otvorena, a da je pri tome, naravno, temperatura sobe veća od temperature koja teži da se postigne u unutrašnjosti frižidera. Hlađenje sobe putem otvaranja vrata frižidera je adekvatno ispuštanju vode iz podruma, a da smo pri tome usmerili izvod pumpe nazad ka podrumu.

### **- Zašto se vrata frižidera teže otvaraju neposredno nakon što smo ih zatvorili?**

Kada otvorimo vrata frižidera, dozvoljavamo hladnom vazduhu koji okružuje hranljive namirnice da izađe u sobu, dok topliji vazduh iz sobe ulazi u frižider i pošto je ređi od hladnog vazduha u njemu, odmah se penje na vrh frižidera. Kada zatvorimo vrata frižidera, ovaj topliji vazduh koje je malopre ušao iz sobe, hladi se, pri čemu se skuplja, pa se i zapremina koju on zauzima smanjuje, a time i njegova gustina, kao i gustina ukupne količine vazduha u unutrašnjosti frižidera. Na ovaj način, pod dejstvom pada pritiska u frižideru, formira se delimični vakuum koji kao da lepi vrata ka oblasti nižeg pritiska, te tako dodatno sprečava otvaranja vrata. Ovaj efekat je posebno izražen kod zamrzivača jer je temperatura vazduha u njima još niža, pa se vazduh i brže hladi do još manje gustine. Kada je razlika između temperatura vazduha u sobi i u zamrzivaču posebno velika, kao na primer, kada je napolju topli letnji dan, razlika u pritiscima između vazduha van hladnjaka i u njemu je ponekad toliko velika da moramo da najpre blago odlepimo fleksibilnu plastičnu zaptivnu traku, kako bi propustili toplu vazдушnu struju iz sobe u frižider, a ova topla struja vazduha će smanjiti razliku u pritiscima i tako olakšati otvaranje vrata. Razlog zašto je znatno teže otvoriti vrata frižidera neposredno nakon što smo ih zatvorili u odnosu na bilo koji kasniji trenutak je u tome što razlika u pritiscima, nagrađena pod dejstvom brzog hlađenja vazduha, vrlo brzo opada, jer frižider nikada nije hermetički izolovan od okoline, već uvek barem malo vazduha iz sobe prolazi kroz sistem koji drži vrata frižidera zalepljenim, i ulazi u sam frižider, čime smanjuju razliku u pritiscima.

### **- Koji kućni aparati troše najviše električne energije?**

Ukoliko koristite električno grejanje onda je zima godišnje doba kada će ovaj tip grejanja dati najveći doprinos vašem računu za struju. Adekvatno velika potrošnja se postiže i leti ukoliko koristite klima-uređaj (u proseku oko 15 000 Vati). Osim električnih grejača, i bilo koji način grejanja vode, kao npr. u bojlerima ili u sušnicama za veš, troši prilično veliku količinu električne energije (oko 4000 Vati). Prosečni frižider ima snagu od oko 1000 vati, što ga čini 15 puta manjim potrošačem struje od skoro bilo koje grejalice. Snaga pumpe za vodu iznosi oko 3000 Vati, fena oko 1200 Vati, kuhinjske pećnice oko 1000 Vati, što i nisu zanemarljivo male veličine. S druge strane, kompjuter i monitor zajedno imaju snagu od 400 Vati, a sijalice od 60 – 100 Vati, pa ih ovako mala snaga čini i relativno malim potrošačima električne energije.

### **- Zašto nam radi telefon kada nestane struja?**

Telefon je uređaj koji putem mikrofona prevodi zvuk u električne signale i šalje ih ka telefonskoj centrali, koja zatim uspostavlja dalji istovremeni i obostrani prenos informacija između dva sagovornika. Telefonu je za normalan rad potrebna jako mala struja. Pri naponu od 6 do 12 Volti (najčešće se može napajati baterijom od 9 Volti), a na struji od 30 miliampera funkcioniše običan telefon. Vaš telefon i telefonska centrala povezane su parom bakarnih žica koje su najčešće postavljene ispod zemlje tako da ih sneg ili oluje ne mogu preseći. Ovaj par bakarnih žica prenosi električnu struju kojom telefonska centrala napaja vaš telefon. Osim rezervnog generatora, telefonske centrale poseduju veliki baterijski sistem koji snabdeva telefone sa električnom energijom tokom nestanka struje ili kraha električne mreže. U slučaju nestanka struje, baterije i generator održavaju telefonsku centralu osvetljenom i omogućavaju joj funkcionisanje, a sve s obzirom da je telefonu za rad potrebna jako mala jačina struje.

### **- Zašto se telefonski kablovi sami uvrću?**

Telefonski kablovi se tokom izrade oblikuju tako da formiraju oblik spirale, a ukoliko zarotiramo telefonsku slušalicu u suprotnom pravcu od pravca pružanja spirale kabla, neki od sastavnih zavijutaka će se ispraviti. Međutim, ovako izvrnuti kabl ne postaje prav, već stvara spiralne uvijutke suprotnog smera, a što više obrćemo slušalicu u istom smeru, to će dužina ovih suprotno usmerenih spiralnih navoja biti veća. Iako nam se može činiti da se ova pojava dešava prosto sama od sebe, njen uzrok leži u činjenici da ako se ne igramo sa kablom dok pričamo preko telefona, svaki put kada se javimo na telefon i podignemo slušalicu, izvršimo jednu polovinu navoja, dok drugu polovinu najčešće izvršimo kada vratimo slušalicu na njeno postolje. Postoje i neki kablovi, kao npr. optički *Ethernet* kablovi koji će prestati da funkcionišu kada ih dodatno uvrnemo. Naime, *Ethernet* kabl se sastoji od dva kabla obmotana jedan oko drugog, pri čemu svaki kabl provodi kroz sebe širok spektar elektromagnetnih talasa. Kada malo uvrnemo *Ethernet* kabl, izazivamo promenu impedanse kabla, što će poremetiti talase sa njihovog puta i jedan njihov deo će se reflektovati unazad.

### **- Kako radi Caller ID?**

*Caller ID* je jednostavan uređaj koji možemo da zakačimo za kućni telefon kako bismo prilikom svakog telefonskog poziva, na njegovom displeju mogli da pročitamo ko nas zove i sa kog telefona. Naime, raniji tipovi modema su u svrhu slanja bitova digitalnih informacija kroz telefonsku liniju koristili metodu pod imenom *Frequency Shift Keying* (FSK) u okviru koje je jedan ton (npr. frekvencije 1200 Hz) predstavljao binarnu jedinicu, dok je drugi ton (npr. 2200 Hz) predstavljao binarnu nulu. Modem je menjao frekvencije tonova u

zavisnosti od toga da li želi da šalje jedinice ili nule, a brzina kojom je mogao da prelazi sa jedne na drugu frekvenciju je određivala njegovu brzinu. Da bi slala ID (identifikacione) informacije na kućne (fiksne) telefone, telefonska centrala se koristi identičnim FSK sistemom u okviru koga šalje ASCII znakovne podatke ka *Caller ID* aparatu. Modemska poruka se šalje između prvog i drugog zvona. Stoga, ukoliko bismo se priključili na telefonsku vezu, odmah nakon prvog zvona, čuli bismo jedan “bliiiiip” zvučni signal u trajanju od oko pola sekunde. Ukoliko bismo dešifrovali ovaj “bliiiiip”, pronašli bismo da sadrži (u slučaju jednostavnijeg *Caller ID* sistema): niz promenljivih jedinica i nula koji pomažu *Caller ID*-u da se sinhronizuje sa signalom (odnosno, da uskladi brzinu prijema podataka sa brzinom prenosa), niz od 180 jedinica, jedan bajt (niz od 8 bitova u slučaju *Caller ID*-a) koji označava tip poruke, jedan bajt koji opisuje dužinu poruke, mesec, dan, čas i minut predstavljeni sa po parom bajtova, desetocifreni telefonski broj predstavljen sa 10 bajtova i bajt koji nosi proverni zbir. Postoje, takođe, i mnogi napredniji *Caller ID* uređaji koji nam daju na uvid i ime prijatelja koji nas zove, kao i razne druge podatke, ali je sam princip rada identičan ovde opisanom. Svako slovo ili broj se šalju kao 8-bitni ASCII simbol kome prethodi 0 koja označava početni bit, a završava se sa 1 koji označava završni bit. *Caller ID* sadrži modem koji dekodira primljene podatke, malo električno kolo koje detektuje zvono i jednostavan procesor koji pokreće displej na kome se ispisuju poruke.

### - Zašto je selotejp lepljiv?

Lepljive trake sadrže adhezivna ili lepljiva sredstva, odnosno polimere osetljive na pritisak koji predstavljaju visoko-viskozne tečnosti (viskoznost je unutrašnje trenje tečnosti, pa je npr. med viskozniji od vode), koje su pored toga i elastične, pa se stoga jednom rečju nazivaju viskoelasticima. Da bi lepljiva traka dobro funkcionisala, ona mora uspostaviti dobru adheziju u odnosu na površinu za koju se lepi, kao i dobru koheziju, tj. jake veze između sopstvenih polimernih lanaca. Inače, adhezija predstavlja vezivanje između raznorodnih molekula, u ovom slučaju između lepka i površine, dok kohezija predstavlja vezivanje između istorodnih molekula, tj. između samih polimernih lančanih molekula. Za dobru adheziju je neophodno da viskoelastik brzo teče po površini, a stepen ovog toka određuje intenzitet adhezije. Sam stepen toka, s druge strane zavisi od razlike u površinskim energijama između adheziva i materijala od koga je sačinjena površina, a adhezivi osetljivi na pritisak bolje teku na materijalima visokih površinskih energija, kao što su npr. metali, stakla ili plastike, a znatno slabije na materijalima niske površinske energije, kao što su polietilen, polipropilen ili Teflon. Mehaniizam adhezije uključuje kako mehaničku, tako i specifičnu adheziju. Mehanička adhezija se pojavljuje kada adheziv uđe u teksturu supstrata, a specifična adhezija uključuje elektrostatičke i Van der Valsove sile, kao i kiselo-bazne interakcije između lepka i supstrata.

### - Čemu služe električni osigurači?

Električni osigurači se koriste u kućama kako bi sprečili požar prouzrokovan električnom strujom. Naime, ukoliko bi vruća žica kroz koju protiče struja slučajno dotakla neutralnu žicu (npr. ukoliko miš progrize izolaciju ili ekserom dotaknemo žicu dok postavljamo sliku na zid ili usisivač uvuče čitav strujni utikač zajedno sa štekerom i preseče ga itd.), ogromna količina struje bi potekla kroz kolo i počela da ga zagreva slično žicama na tosteru. Iz tog razloga, struja u kući najpre prolazi kroz osigurače koji se zagrevaju brže od običnih žica i pregorevaju pre nego što se žice zagreju toliko da bi mogle da prouzrokuju požar. Mnogi pojedinačni električni aparati poseduju sopstvene električne osigurače (tzv. GFCI – *Ground Fault Circuit Interrupter*) koji u ovom slučaju štite korisnika od električnog

udara. Strujni utikači se najčešće sastoje od dve metalne elektrode i jedne rupice. Jedna od elektroda se naziva “neutralnom”, jedna “vrućom”, a rupica se naziva “uzemljenjem”. Ukoliko, uređaj funkcioniše ispravno, sva struja će prolaziti teći od “toplog” ka “neutralnom” kraju. GFCI je dodatni uređaj u okviru utikača koji stalno meri protok struje između ova dva kraja. Čim dođe do protoka struje ka Zemlji, odnosno kroz nas kao korisnika električnog aparata (npr. ukoliko se naruši izolacija, a mi stojimo na vlažnom, odnosno provodnom tlu), dolazi do pada struje između toplog i neutralnog kraja. Kada dođe do promene jačine struje za samo 4-5 miliampera, GFCI u 1/30 delu sekunde prekida tok struje kroz utikač, a time i kroz uređaj.

## **- Kako tosteri greju sendviče?**

Tosteri su po svojoj funkciji veoma bliski sijalicama sa užarenim metalnim vlaknom jer se u oba slučaja koristi električna struja za zagrevanje metalne žice. Međutim, u tosterima se ne nalazi žica od tungstena, jer bi se ona u vazduhu zapalila čim se dovoljno zagreje. Vruća žica u tosterima je napravljena od materijala koji se zove nihrom i predstavlja leguru nikla i hroma. Žica od nihroma ne može da se zapali u vazduhu, pa stoga ona ne mora da bude zatvorena u vakuumirani omot kao što je slučaj sa tungstenskom sijalicom. Međutim, nihrom se topi na znatno nižim temperaturama od tungstena, pa stoga ne sme biti zagrevan iznad temperature usijanja. Od nihroma bi se dobila crvenkasta sijalica slabog sjaja, ali se zato od njega dobijaju odlični elementi za zagrevanje. Kada postavimo sendvič u toster i povučemo ručku na njemu, radimo tri stvari. Najpre, sabijamo oprugu koja će kasnije izbaciti tost, odnosno vršimo rad na opruzi, a jedan deo ove energije opruga skladišti i kasnije je koristi za lansiranje tosta. Zatim, pokrećemo tok električne struje kroz nihromsko vlakno. Kada poluga dostigne dno svog putovanja, ona zatvara električni prekidač tako da struja može da protiče od jednog terminala zidnog utikača kroz metalno vlakno do drugog terminala utikača. Prolaskom električne struje kroz provodan materijal (odnosno, materijal niskog električnog otpora), elektroni će se u maloj meri sudarati sa atomima rešetke i rasipati svoju energiju u toplotu (odnosno u pojačano vibriranje kristalne rešetke materijala). Kada električna struja prolazi kroz superprovodan materijal, tada se nimalo energije elektrona ne prevodi u toplotu, dok se prolaskom električne struje kroz materijal visokog električnog otpora (odnosno, male provodljivosti), ogroman deo energije elektrona prevodi u zagrevanje materijala, što je i slučaj sa nihromnom žicom. Treća stvar koju radimo sa povlačenjem poluge toster je aktiviranje termostata koji prekida protok električne struje kada temperatura nihromne žice dostigne određenu veličinu. Naime, termostat se sastoji od bimetalne trake koja je pozicionirana blizu jedne od dve površine toster koje naležu na sendvič. Bimetalna traka predstavlja senzor temperature koji menja svoj oblik u zavisnosti od temperature. Kako tost postaje topliji i bimetalna traka postaje toplija i stoga se sve više savija. Kada se dovoljno savije, ona pokreće mehanizam koji oslobađa zategnutu oprugu koja se opet podiže naviše zajedno sa tostom, a time i otvara prekidač tako da prestaje tok struje kroz metalno vlakno. Koliko topao bi trebalo da bude tost pre nego što iskoči iz toster zavisni od orijentacije bimetalne trake. Kada pomeramo točkić na tosteru kojim definišemo temperaturu tosta, mi zapravo pomeramo ovu bimetalnu traku tako da ona mora da bude više ili manje savijena kako bi aktivirala oprugu. Najveći deo toplote kojom se zagreva tost, prenosi se od vrućeg nihromnog vlakna do tosta putem infracrvenih talasa, pa stoga topli sendvič ima različit ukus nego što bi bio slučaj da se zagrevao putem kontakta sa vrućom supstancom.

## **- Kako radi mikrotalasna peć?**

Mikrotalasne pećnice poseduju snažne oscilatorne generatore magnetnog polja (tzv. magnetron) pomoću kojih emituju elektromagnetne talase koji greju i kuvaju ili peku hranu, a intenzitet i vremensko trajanje emisije ovih mikrotalasa (kratkih radio talasa) se može podešavati pomoću potenciometara (točkica) ili tastature na peći. Grejanje i pečenje hrane u ovim pećima je moguće upravo zbog prisustva vode u svakoj hrani. Pojedinačni molekuli vode su kao celina električno neutralni. Međutim, kiseonikov atom molekula vode je elektronegativan, dok su dva atoma vodonika elektropozitivni, što znači da raspodela oblaka naelektrisanja u molekulu vode nije sferno simetrično raspoređena, već su elektronski oblaci nešto gušći u okolini jezgra kiseonikovog atoma nego oko dva protona vodonika. Zahvaljujući ovome, atomi koji vibriraju duž vodonik-kiseonik veza predstavljaju dipole koji osciluju u prostoru i vremenu. Svi dipoli koji osciluju emituju elektromagnetne talase čija je frekvencija jednaka frekvenciji vibriranja atoma duž veze dipola. Ova frekvencija je u slučaju molekula vode jednaka oko 2450 MHz (2 milijarde i 450 miliona oscilacija u sekundi), a i generator elektromagnetnih talasa u peći emituje zračenje u ovom frekventnom opsegu. Molekuli vode apsorbiraju elektromagnetne talase koje emituje peć i počinju da vibriraju intenzivnije, što znači da se pri istoj frekvenciji vibriranja, amplitude oscilovanja atoma u molekulima vode sve više povećavaju. U sudarima sa okolnim nevedenim atomima i molekulima, vibraciono pobuđeni molekuli vode se relaksiraju na osnovna vibraciona stanja, pri čemu višak vibracione energije predaju atomima i molekulima sa kojima se sudaraju tako da naravno uvek bude očuvan zakon održanja energije. Energija predata okolnom molekulu ili atomi, najčešće predstavlja energiju kretanja, pa stoga i svi atomi i molekuli u hrani koja se greje počinju da se kreću brže. Srednja kinetička energija svih čestica u sistemu je poznata i kao temperatura, pa se stoga i temperatura jela povećava, pa kad se ona poveća do one koju smo ispisali na displeju peći (ili kada se zagreje određeno vreme na željenoj temperaturi), peć nam stavlja do znanja zvučnim signalom u vazduhu ili tekstualnim signalom na displeju da je jelo ugrijano. Efikasnost zagrevanja u mikrotalasnoj peći zavisi najviše od sadržaja vode u hranljivoj namirnici. Pošto porcelan i staklo ne sadrže skoro nimalo molekula vode u sebi, oni ni ne oduzimaju energiju od mikrotalasa koje emituje peć, pa se stoga ni ne zagrevaju mnogo. Drugi materijali kao što su papir, plastika, keramike ili karton, takođe su najčešće potpuno providni za elektromagnetne talase koje emituje peć, pa se ni oni ne zagrevaju u njoj. S druge strane, metali se ne smeju koristiti u mikrotalasnim pećima, jer reflektuje mikrotalase, što može uzrokovati neželjenu interferenciju, kao i eventualno pojačanje amplituda talasa. Drveni sudovi se takođe ne smeju koristiti u ovim pećima jer poseduju visok sadržaj vode koja bi apsorbirala mikrotalase i intenzivnim vibriranjem dovela do pojava pukotina, pa i do lomljenja drvene posude. Mikrotalasne pećnice su mnogo efikasnije od običnih peći jer greju samo hranu, ali ne i okolni vazduh.

## **- Šta je to bebi monitor?**

Bebi monitor predstavlja mini radio predajnik koji prevodi električni signal dobijen sa mikrofona u frekventno modulisani (FM) radio signal koji zatim emituje na jednoj frekvenciji (49300, 49830, 49845, 49860, 49875 ili 49890 MHz) dokle god je uključen. Domet predajnika je reda veličine razmera kuće zajedno sa dvorištem, pa stoga pomoću prijemnika bebi monitora možete čuti vašu bebu kada se probudi iako se pri tome nalazite, npr. u susednoj sobi ili u dvorištu. Bebi monitor se stoga sastoji iz jednog radio predajnika koji postavljamo u blizini zvuka koji želimo da slušamo, i radio prijemnika sa malim zvučnikom koji možemo zakačiti za neki deo odeće ili ga nositi sa sobom. Prečnik prostiranja signala je najčešće nekoliko desetina metara, a pomoću ove naprave možete npr. slušati televizijsku emisiju u drugoj sobi ili čuti udaljeno zvonce ili telefon.

## **- Da li smo stvarno nešto viši kada se probudimo?**

Skorašnja naučna istraživanja su pokazala da smo zaista nešto viši kada se probudimo ujutro, a za ovaj efekat postoje dva razloga. Kod dece koja još uvek rastu, dolazi do intenzivnijeg lučenja hormona rasta tokom noći od strane hipofize, što dovodi do niza hormonski indukovanih biohemijskih reakcija koje rezultuju u produženju kostiju na njenim krajevima (epifizama). Ipak, kod odraslih bića, ova pojava smanjivanja visine tokom dana, kao i rasta tokom noći, povezana je sa dejstvom gravitacije na našu kičmu. Naime, kada hodamo ili sedimo preko dana, dolazi do blage i jedva primetne kompresije, tj. sabijanja susednih kičmenih pršljenova pod dejstvom sile teže, dok kada spavamo u ležećem položaju dolazi do ponovnog izduživanja i isto tako blagog povećanja rastojanja između susednih kičmenih pršljenova, pa nam je kičma za čitavih 16 milimetara duža ujutru.

## **- Zašto se majice posle pranja isprave kada ih opeglamo?**

Tekstilne tkanine se sastoje od mnoštva dugačkih vlakana, od kojih se svako sastoji od miliona dugačkih molekula koji naležu jedni preko drugih tako da formiraju slabe (uglavnom vodonične) veze između sebe. Pod dejstvom pranja, hidroksilni i vodonični joni na koje disosuje (razlaže se) voda, izazivaju raskidanje ovih veza i njihovo uspostavljanje na drugim krajevima tako da košulja uz dejstvo mehaničke sile, postaje izgužvana. Ipak, njenim peglanjem, ove međumolekulske veze se rekonstituišu na svojim pravim mestima tako da košulja opet poprima svoj prvobitni izgled. Pamuk se sastoji od molekula celuloze koji predstavljaju dvodimenzionalne polimere (kod kojih se veze pružaju u dva, međusobno normalna pravca) glukoze. Hidroksilne grupe štrče sa krajeva molekula celuloze i kače se za vodonične molekule iz drugih molekula celuloze putem vodoničnih veza. Pod dejstvom malo toplote i vlage, ove veze se mogu raskinuti, a ovo se upravo i postiže peglanjem. Sigurno vam je poznato kako se košulja ili bilo koja druga pamučna tkanina teško ispravlja peglanjem ukoliko je tkanina isuviše suva ili ukoliko pegla nije dovoljno topla. Naime, povišena temperatura ubrzava sve hemijske reakcije u prirodi, pa i reakciju raskidanja vodoničnih veza u pamuku, koje se zatim ponovo uspostavljaju tako da se prilagođavaju utisnutom obliku. Naime, brzina svih hemijskih reakcija u prirodi zavisi od eksponenta negativnog količnika energije aktivacije reakcije (energije koju je potrebno predati česticama sistema kako bi one prebrodile energetska barijeru i prešle u stabilno energetska stanje proizvoda reakcije) i proizvoda Bolcmanove konstante (kada tražimo brzine izvođenja pojedinačnih hemijskih reakcija ili gasne konstante kada je reč o molu, odnosno  $6,02 \cdot 10^{23}$  čestica sistema) i temperature na kojoj se odigrava reakcija:  $e^{-E/kT}$ . Tako, ukoliko je negativna vrednost količnika kojim se stepenuje broj  $e$  jednaka 30, reakcija će se odigrati za samo jednu desetinku sekunde, ukoliko je ovaj odnos jednak 50, reakcija će se odigrati za 16 meseci, dok kada je odnos jednak 60, reakciji će biti potrebno 30 000 godina da se odigra. U svakom slučaju, kada skinemo peglu sa košulje, ona postaje ravna, jer smo uspeali da uskladimo slabe međumolekulske veze u njoj sa oblikom donje, ravne i tople površine pegle. Kod tkanina sličnih pamuku, efekat koji se postiže peglanjem je skoro isti, osim što međumolekulske veze koje se raskidaju i rekonstruišu ne moraju biti vodonične, već mogu biti kovalentne. Tako, npr. vuna poseduje kovalentne unakrsne međumolekulske veze koje se raskidaju i ponovo formiraju na odgovarajućim mestima omogućavajući tako da se tkanina opegla pomoću odgovarajućih hemikalija. Sintetičke tkanine kao što su poliamid (najlon), poliester, acetati i triacetati, osetljive su na toplotu tako da se prilikom proizvodnje mogu podesiti tako da se same ispravljaju na određenoj temperaturi.

## **- Zašto se novčanice za razliku od običnog papira očuvaju kada se zajedno sa pantalonama operu u mašini za veš?**

Običan papir kao što su papir iz svezaka, knjiga, časopisa, novina, konstrukcioni papir itd., pravi se od celuloze, dugačkih ugljeničnih polimernih molekula koji se dobijaju iz drveća. Od drveća se prave fine, celulozne niti koje se zatim polažu u listove kako bi se dobio papir. S druge strane, papir od koga se izrađuju novčanice ili lične karte, pravi se od tkanina biljnog ili životinjskog porekla. Naime, pamučna, vunena ili platnena (lanena) tkanina se obrađuje kako bi se od nje dobila dugačka vlakna. Vunena vlakna se u najvećoj meri sastoje od proteina keratina, dok se pamučna i platnena vlakna oblažu sa slojem organskih boja kako bi postala nerastvorna u vodi. Papir dobijen iz ovih vlakana se često naziva krpjenim ili platnenim papirom. Polimerne veze u krpjenom papiru su znatno jače od veza između ugljeničnih atoma u okviru celuloze iz običnog papira (koji sadrži i lignin koji dodatno smanjuje jačinu papira), a uz to, na papir dobijen iz krpa ne deluje voda. S druge strane, običan papir odlično apsorbuje vodu što dovodi do njegovog lakog cepanja nakon što ga malo nakvasimo.

## **- Šta su to belila?**

Ukoliko propustimo električnu struju kroz slanu vodu (tj. vodeni rastvor kuhinjske soli - NaCl), na jednoj elektrodi će se izdvajati gas hlor ( $Cl_2$ ), a na drugoj natrijum hidroksid (NaOH). Mešanjem ova dva proizvoda elektrohemijske reakcije dobija se natrijum hipohlorat (NaOCl). Kada kupimo belilo u prodavnici, onda je to najčešće 5,25 %-tni rastvor ove supstance. Drugim rečima, ovom prilikom kupujemo slanu vodu koja je malo izmenjena prolaskom struje kroz nju. Osim što se koristi za dezinfekciju bazena i pijaće vode zbog svoje sposobnosti da uništava bakterije i alge, hlor predstavlja odlično sredstvo za uklanjanje mrlja. Sve prirodne boje, pa i mrlje na odeći, poseduju u svom sastavu jedinjenja ili delove hemijskih jedinjenja koje se nazivaju hromofore, a imaju sposobnost da apsorbuju svetlost određenih talasnih dužina, usled čega imaju određene boje. Kada hlor reaguje sa vodom nastaju hlorovodonična kiselina i atomski kiseonik. Kiseonik lako reaguje sa hromoforama eliminišući deo njihove atomske strukture koji je odgovoran za apsorpciju svetlosti i stvaranje boje.

## **- Zašto predmeti ostanu na stolu ako brzo pomerimo stolnjak ispod njih?**

Ovaj trik predstavlja jedan od najčešćih školskih primera Njutnovih zakona kretanja. Naime, prvi Njutnov zakon nam kaže da će predmeti na stolu ostati nepokretni sve dok na njih ne počne da deluje neka spoljašnja sila. Da bismo pokrenuli predmete sa stola, neophodno je da na njih primenimo horizontalnu silu, što u slučaju pomeranja stolnjaka predstavlja sila trenja između stonih predmeta i stone mušeme. Njutnov drugi zakon nam kaže da je vrednost sile koja je neophodna da ubrza predmete na stolu direktno proporcionalna ubrzanju predmeta. Kada se stolnjak pomera polako, predmetima odgovara malo ubrzanje stolnjaka, pa se i oni pokreću sa njom. Kada se stolnjak brzo izvuče, predmetima je potrebno veće ubrzanje da bi se pokrenuli zajedno sa njim, a sila koja uzrokuje izvlačenje stolnjaka je veća od dostupne sile trenja, pa tada predmeti ostanu na svojim mestima.

## **- Kako rade aparati za regulisanje vlažnosti?**

Najčešći tipovi aparata za regulisanje vlažnosti su jednostavni isparavački ovlaživači. U okviru njih, voda koja se nalazi u rezervoaru aparata prolazi pored filtera na kome se adsorbuje a zatim pomoću ventilatora koji provodi vazdušne struje iz sobe pored filtera, voda se i rastvara u vazduhu koji stoga postaje vlažniji. Ovakvi uređaji se najčešće koriste zimi kada je vazduh u kućama uvek nešto suvlji od okolnog vazduha. Međutim, što je veća relativna vlažnost vazduha (odnos mase vode koja je rastvorena u vazduhu i maksimalne mase vode koja se može rastvoriti u istoj količini vazduha na datoj temperaturi), to će voda teže isparavati sa filtera, pa su stoga aparati za regulisanje vlažnosti ovog tipa najčešće samoregulišući. Naime, sa porastom vlažnosti, količina vode koja se rastvara u okolnom vazduhu prirodno opada. Ovakvi aparati su često priključeni za kućne klima-uređaje, a i tada rade na sličan način: metalna mreža ili ekran su pozicionirani u cevi peći ili hladnjaka, voda iz kućnih vodovodnih cevi prolazi kroz ovaj ekran, a struje vazduha (iz cevi) u prolazu zahvataju vlagu i prenose je u sobu. Postoje i mnogi drugi načini za povećanje vlažnosti u kući. Naime, dovoljno je da postavimo činiju sa vodom (ili mokri peškiri) na vrh toplog radijatora ili peći, pa će vazduh u sobi postati nešto vlažniji. Na sličnom principu rade i tzv. parni aparati za regulisanje vlažnosti kao i mnogi drugi mehanički tipovi ovih aparata, kao npr. impelerski ovlaživači u kojima rotirajući disk razbacuje vodu ka raspršivaču oblika saća koji razbija vodene kapi u veoma male i fine kapljice koje plutaju u vazduhu i koje se i vide u okolini ovakvog aparata u vidu fine magle. Postoje i ultrazvučni ovlaživači u kojima metalna dijafragma potopljena u vodu vibrira pri ultrazvučnoj frekvenciji kako bi formirala izuzetno male i fine vodene kapljice. Ultrazvučni ovlaživači su najčešće veoma tihi u svom stvaranju hladne magle, a postoje i aparati (koji su takođe samoregulišući slično isparavačkim ovlaživačima) kod kojih neka krpa, papirni materijal ili neka pena izvlače vodu iz rezervoara, a fen koji duva u ovaj vlažni materijal izaziva vazdušne struje koje odnose vlagu u vazduh sobe.

## **- Kako klima-uređaji hlade sobu?**

Osim što se koriste u nekim prevoznim sredstvima, klima-uređaji se mogu primetiti na prozorima kuća, u dvorištima ili čak i na krovovima. U tipičnom prozorskom klima-uređaju, kompresor sabija hladni gas freona, tako da on postaje vruć i pod visokim pritiskom. Ovako zagrejani freon se zatim kreće kroz niz cevi koje se nalaze sa strane spoljašnjosti kuće, pri čemu rasipa toplotu i kondenzuje se u tečnost. Tečni freon zatim prolazi kroz šireći ventil, pri čemu isparava i ponovo postaje hladni gas koji zatim prolazi kroz drugi niz cevi koje se nalaze sa strane unutrašnjosti kuće, pri čemu apsorbuje toplotu i hladi vazduh u kući. Između kraja sa toplim i kraja sa hladnim cevima postoje još dva ventilatora, pri čemu jedan ubrzava tok hladnog vazduha ka kući, dok drugi ubrzava vazdušno strujanje toplog vazduha ka spolja. Klima-uređaji koji se nalaze u dvorištima poseduju mogućnost razdvajanja tople i hladne strane uređaja, a osim što je kapacitet ovakvih klima-uređaja veći od prozorskih tipova, ne postoji nijedna druga bitnija razlika između njih. Ipak, sistem rada klima-uređaja sa krova kuće je nešto drugačiji. Naime, ovakvi uređaji pomoću freona hlade vodu do temperatura između 4,4 i 7,2 °C, a ovako ohlađena voda se zatim provodi kroz zidove kuće. Međutim, u posebno velikim sistemima se ne koristi vazduh za rasipanje toplote iz spoljašnjih cevi, već se u ovu svrhu koriste tzv. hladeći tornjevi koji izduvavaju vazduh kroz tok vode koji prolazi kroz debeli sloj plastične mreže i isparava čime se voda hladi. Tako, efikasnost hlađenja pomoću hladećih tornjeva direktno zavisi od relativne vlažnosti vazduha, kao i od pritiska okolnog vazduha. Naime, sa smanjenjem vlažnosti povećava se mogući temperaturni pad koji se može izvesti pomoću hladećeg tornja.



## **- Da li možemo da pomoću uskladištenog snega tokom zime hladimo kuću leti?**

Izgradnja jednog sistema koji bi nam omogućavao da pomoću prikupljenog snega tokom zime, hladimo kuću leti, ne bi bio nimalo komplikovan posao. Sve što nam je potrebno je jedan veliki, toplotno izolovani sud (verovatno u obliku rupe u zemlji) sa namotajima cevi na svom dnu. U ovaj veliki sud bismo zimi ubacivali sneg, a zatim bismo uspostavili tok hladne vode ka radiatoru klima-uređaja u kući. Bila bi nam potrebna još samo i mala pumpa koja bi pumpala hladnu vodu iz suda ka kući. Sledeće što je potrebno da uradimo je da izračunamo koliko će nam uskladištenog snega biti potrebno za hlađenje kuće tokom toplih letnjih dana. Pretpostavimo da će naš klima-uređaj raditi 12 sati dnevno tokom tri letnja meseca, da naša kuća poseduje klima-uređaj od 5 tona (60 000 BTU – *British Thermal Units*, a 1 BTU je jednaka 1055 Džula ili 252 kalorije, a 1 Vat energije je jednak 3,412 BTU na čas), kao i da će naš sud skladištiti sneg sa efikasnošću od 50 % (drugim rečima, ako se polovina snega otopi do i tokom leta). Stoga, ako pomnožimo  $60000 \text{ BTU/čas} \cdot 12 \text{ časova/dan} \cdot 92 \text{ dana} = 66\,240\,000 \text{ BTU}$ , a ukoliko uračunamo i efikasnost od 50 %, tada je količina toplote koju će morati da redukuje klima-uređaj jednaka 132 480 000 BTU. Toplota topljenja leda je jednaka 80 kalorija po gramu, što znači da ako imamo jedan gram leda, moraćemo da mu predamo 80 kalorija da bismo ga preveli u tečno stanje. Jedna BTU sadrži 252 kalorije, pa nam je stoga potrebno 3,15 grama leda da bismo pomoću njega apsorbirali 1 BTU toplote. Stoga, množeći 132 480 000 BTU sa 3,15 grama/BTU, dobićemo 417 312 000 grama, odnosno 417,312 tona leda potrebnog da hladimo kuću leti. 417 tona leda približno stane u zapreminu od 458 000 litara (s obzirom da se tečna voda za 9-10 % proširi prilikom prelaska u kristalno stanje), što istovremeno predstavlja ledenu kocku stranice jednake 7 metara i 70 santimetara. Ova varijanta letnjeg hlađenja je veoma povoljna ukoliko uzmemo u obzir da bismo za ekvivalentno hlađenje korišćenjem električne energije po ceni od 7,5 centi po kiloVat-času, morali da platimo 1500 dolara.

## **- Kako usisivač usisava prašinu?**

Obični usisivač se sastoji od 6 osnovnih komponenti, a to su: otvor kroz koji se usisava, ispustni otvor, električni motor, ventilator, porozna kesa i kućište. Kada uključimo usisivač, električna struja pokreće motor koji je zakačen za ventilator (koji podseća na propeler aviona). Kada se zarotira ventilator, on pokreće vazduh ka ispustnom otvoru, čime se smanjuje gustina vazduha (a time i njegov pritisak) iza propelera, a povećava gustina čestica ispred njega. Pad pritiska iza ventilatora je sličan padu pritiska u slamčici kroz koju pijemo *milk shake*. Pritisak u oblasti iza ventilatora pada ispod pritiska izvan usisivača (tj. atmosferskog pritiska), što dovodi do kretanja čestica vazduha iz oblasti višeg u oblast nižeg pritiska, odnosno pravo ka kesi usisivača. Slično vodenoj struji koja povlači sa sobom lišće i spirane čestice sa podvodnog i priobalskog kamenja, i vazдушna struja usmerena ka kesi usisivača povlači sa sobom lagane čestice prašine i male otpatke sa tepiha. Neki usisivači poseduju i rotirajuće četke na vrhu otvora cevi usisivača koje podižu čestice prašine sa tepiha u visinu odakle ih lakše sa sobom povlači usisavana vazдушna struja. Kесе usisivača u kojima se skuplja prašina su napravljene od poroznog tkanog materijala (najčešće su platnene ili papirne) i ponašaju se kao vazdušni filteri. Naime, male rupice u kesi su dovoljno velike da bi kroz njih prošle čestice vazduha, ali su isuviše male da bi i čestice prašine prošle kroz njih. Snaga kojom usisivač usisava vazduh direktno zavisi od brzine rada motora koji pokreće ventilator, eventualne blokade vazdušnog toka u cevi usisivača (kada se nagomila mnogo prašine u cevi, otpor kretanju vazduha je veći, pa se svaka čestica vazduha kreće sporije usled povećanog trenja, a ovo je i razlog zašto usisivač radi najbolje kada mu promenimo kesu) i

veličine otvora cevi kroz koju se usisava vazduh (pošto je brzina rada ventilatora konstantna, broj čestica vazduha koji u jedinici vremena prođe kroz usisivač je takođe konstantan, pa stoga, što je otvor uži, to će čestice vazduha brže prolaziti kroz njega, pa se pomoću užeg otvora mogu skupljati čestice čija je težina isuviše velika da bi se mogle skupiti pomoću nekog od širih otvora). Danas, osim ručnih usisivača, postoje i centralni vakuumski sistemi koji čitavu kuću pretvaraju u usisivač. Naime, ventilator iz podruma ili iz dvorišta usisava prašinu iz raznih delova kuće putem cevi raspoređenih po zidovima kuće. Postoje i tzv. ciklonski usisivači koji ne poseduju nikakvo skladište prašine, već usisavanu vazдушnu struju ubrzavaju do visokih brzina kroz jedan ili više cilindara duž spiralne putanje. Pod dejstvom snažne centrifugalne sile, sve čestice prašine se odvajaju od vazdušne struje i skupljaju na dnu cilindra.

### **- Zašto je korisno provetravati posteljinu i tepihe?**

U vreme kada nisu postojali usisivači, bilo je neophodno otarasiti se nataložene prašine i bakterija sa posteljine, ćebića i tepiha putem njihovog provetravanja. Tokom jednog sunčanog dana, spoljašnji vazduh je pomešan sa izvesnom dozom ultraljubičastih talasa (UV) koji predstavljaju odlično dezinfekciono sredstvo jer zahvaljujući svojoj visokofrekventnosti, odnosno visokoenergičnosti, uništava bakterije. Takođe, i jača strujanja vazduha pod otvorenim nebom utiču na eliminisanje prašine iz provetravane posteljine. Stoga je veoma korisno da se s vremena na vreme, dušeci i ćebići izlože dejstvu Sunčeve svetlosti i strujanja vazduha. Ultraljubičasti talasi nalazi raznu primenu kao dezinfekciono sredstvo. Tako, npr. mnogi bazeni koriste dezinfekcione sisteme na principu povremenog propuštanja ultraljubičastih talasa kroz vodu. Vodovodne službe u nekim mestima radi dezinfikovanja pijaće vode često koriste UV talase umesto hlora. Postoje, takođe i moderni uređaji za dezinfekciju četkice za pranje zuba uz pomoć UV talasa.

### **- Zašto je svetlost koja dolazi spolja iz sobe u kojoj je upaljen TV skoro uvek plava?**

TV u boji poseduje ekran sa fosfornim tačkicama u tri različite boje: crvenoj, zelenoj i plavoj, a kombinacijom ove tri boje, televizijski ekran je u stanju da proizvodi sve boje iz svetlosnog spektra, a time i belu boju kao skup svih boja. S obzirom da svako telo u prirodi emituje elektromagnetne talase u zavisnosti od svoje temperature, pojam temperaturske boje se često koristi za opisivanje relativnog udela različitih boja u svetlosti koju emituje određeni izvor. Na niskim temperaturama izvora, preovlađivaće boje dužih talasnih dužina, kao što su žuta, narandžasta i crvena, dok će sa porastom temperature izvora sve više dominirati zelena, plava i ljubičasta boja. Tako, na primer, obična sijalica sa žicom od tungstena (tj. volframa) čija temperatura iznosi oko 3200 K, emituje svetlost u kojoj ima najviše fotona čija frekvencija odgovara žutoj boji. S druge strane, katodna cev televizora koja emituje elektrone i usmerava ih na ekran, nalazi se na temperaturi od oko 5500 – 6500 K, pa stoga do izražaja najviše dolaze visokoenergetske, plave nijanse. Stoga, ako noću posmatramo sobu u kojoj je upaljen televizor, do naših očiju će najvećim delom doći svetlosni fotoni manjih talasnih dužina, pa ćemo i okarakterisati svetlost koja dolazi iz sobe kao plavu. Sličan efekat bismo mogli da postignemo ako u predvečerje pogledamo kroz prozor sobe u kojoj je upaljena sijalica. Predeo spolja će nam se učiniti plavljim nego što stvarno jeste u šta se možemo i uveriti ukoliko izađemo napolje. Naše oči neće više porediti svetlost koja se odbija od spoljnjih predmeta sa svetlošću iz sobe, i boje će povratiti svoju prirodnost i opet nam izgledati više neutralne. Takođe, ako se zagledamo u svetlost koja dolazi iz sobe u kojoj je upaljena sijalica, primetićemo žutu svetlost, jer kao što smo već primetili, žuta boja dominira

u svetlosti sijalice od tungstena. Soba u kojoj je upaljena fluorescentna lampa, izgledaće nam spolja belo, jer fluorescentni svetlosni izvori stvaraju svetlost čiji je spektar najbližiji dnevnoj Sunčevoj svetlosti.

### **- Kako možemo da napravimo teleskop kod kuće?**

Teleskop je uveličavajući instrument koji se koristi za posmatranje zvezda i drugih udaljenih objekata. Da bi uveličao sliku, teleskop prima svetlost pomoću sočiva objektiva ili primarnog ogledala, koje ovu svetlost (lik) fokusira u tačku prostora u kojoj se nalazi sočivo okulara koje uveličava posmatrani predmet i prikazuje ga oku. Da bismo sami napravili jedan teleskop, potrebne su nam sledeće stvari: 2 uveličavajuća stakla (dva konkavna sočiva, premda je objektiv najčešće konveksno – ispupčeno, a okular konkavno – udubljeno sočivo) od po oko 2,5 – 3 cm u prečniku (najbolje ukoliko je jedno sočivo veće od drugog), kartonska cev kao npr. rolna toaletnog ili ukrasnog papira, ali što duža to bolja, zatim lepljiva traka, makaze, lenjir i list štampanog papira kao npr. nekih novina ili časopisa. Stavite jedno uveličavajuće staklo između vas i lista novina. List će izgledati zamućeno. Stavite, sada drugo uveličavajuće staklo između vas i prvog stakla i pomerajte ga napred – nazad dok se slova na listu novinu ne izoštre, tj. dok ne dođu u fokus (žižu). Primetićete da su slova uvećana i okrenuta naopačke. Dok vi ovo držite u rukama, neka vaš drugar izmeri rastojanje između dva uveličavajuća stakla. Napravite zatim prorez na kartonskoj cevi, na oko 2,5 cm od prednjeg otvora cevi. U ovaj prorez smestite jedno uveličavajuće staklo. Drugi prorez na kartonskoj cevi napravite tačno na onom rastojanju koje je vaš drugar izmerio i tu stavite drugo uveličavajuće staklo. Oba stakla zalepite za kartonsku cev pomoću lepljive trake i ostavite oko 2,5 cm prostora od prednjeg otvora cevi do prvog stakla i oko 1-2 cm od drugog stakla do zadnjeg otvora cevi. Ovako ste napravili jedan jednostavni refraktujući teleskop, pomoću koga možete posmatrati mesec, zvezde i sazvežđa, kao i neke zemaljske objekte, npr. ptice ili kuće. I naravno, ne zaboravite da gledajući kroz teleskop, mi gledamo i u prošlost. Naime, posmatrajući neko nebesko telo udaljeno milion svetlosnih godina, mi zapravo vidimo to telo onako kako je ono izgledalo pre milion godina, jer je toliko vremena potrebno svetlosti da sa njega stigne do naših očiju.

### **- Kako rade solarne svetiljke u dvorištima?**

Solarne svetiljke koje se mogu instalirati u dvorištima veoma podsećaju na mini-satelite. Naime, slično satelitima koji skupljaju solarnu energiju u baterijama kada Sunčeva svetlost pada na njih, a oslobađaju ovu energiju kada Sunčevu svetlost zakloni planeta, i solarne lampe u dvorištima skladište Sunčevu energiju tokom dana, a zatim je oslobađaju tokom noći. Osnovni delovi ovih svetiljki su: plastični omot, solarna ćelija na vrhu, jedna AA niki-kadmijumska baterija, mala kontrolna tabla, LED izvor svetlosti i fotootpornik kojim se detektuje noć. Jedna solarna ćelija stvara maksimalan napon od 0,45 Volti, a i različitu jačinu struje u zavisnosti od veličine ćelije i količine svetlosti koja pada na njenu površinu. Ipak, tipična solarna dvorišna svetiljka poseduje 4 redno povezane solarne ćelije koje su u stanju da stvore napon od 1,8 Volti i struju maksimalne jačine od 100 miliAmpera kada je dan ispunjen blistavom Sunčevom svetlošću. Solarne ćelije su direktno preko diode (koja sprečava da struja iz baterije tokom noći potekne unazad ka solarnoj ćeliji) povezane sa standardnom niki-kadmijumskom baterijom. Ova baterija stvara napon od oko 1,2 Volta i može uskladištiti najviše oko 700 miliamper-časova električne energije. Tokom dana, baterije se pune i popunjavaju svoj maksimalni kapacitet, osim u slučaju kratkih zimskih dana kada je i Sunce čitav dan prekriveno oblacima. Kada fotootpornik registruje da je pao mrak, kontrolna tabla koja se sastoji od kola od 3 tranzistora prihvata struju sa baterije i pali LED svetiljku. LED

svetiljka povlači oko 45 milampera sa baterije koja proizvodi napon od oko 1,23 Volti (0,055 Vata), što je adekvatno svetlosti polovine sveće. Potpuno napunjena nikel-kadmijumska baterija može održavati LED lampu upaljenom tokom 15 sati. Ipak, sa ovako slabom svetlošću, ove svetiljke se mogu videti noću, ali je njihova svetlost nedovoljna da bi se osvetlila Zemlja ispod njih. Cena ovakvih svetiljki danas iznosi između \$15 i \$20. Postoje i solarne dvorišne svetiljke koje osim LED lampi poseduju i halogene lampe. Naime, LED lampe su stalno upaljene tokom noći, dok se jače halogene lampe pale samo na trenutke, npr. kada senzor za kretanje u lampi detektuje bliskog prolaznika.

### **- Šta su to oscilujuće baštenske prskalice?**

Oscilujuće prskalice imaju osobinu da prave vodenu zavesu koja se pomera u prostoru, tako da ravnomerno poliva vodom pravougaonik dužine 9, a širine 6 metara. Kada zakačimo crevo za jedan kraj prskalice i sa zavrtanjem podesimo jačinu mlaza, osovinu se pokreće brzinom od oko jednog obrtaja u minutu što izaziva napred-nazad oscilovanje aluminijumske poluge na kojoj se nalazi niz otvora za vodene mlazove. Za rotiranje osovine se ne koristi motor sa baterijama, već jednostavna turbina, slična onima koje koriste hidroelektrane za stvaranje električne energije. Ulazni mlaz vode iz creva se u prskalici deli na dva dela: jedan deo prolazi kroz turbinu koja se obrće brzinom od nekoliko stotina obrtaja u minuti, dok drugi nastavlja put ka polugi sa otvorima. Međutim, da bi se brzina rotiranja turbine smanjila na oko jedan obrtaj u minuti (kako bi se aluminijumska poluga polako okretala), prskalica koristi trostepeni planetarni sistem zupčanika. Ovaj »voz« zupčanika omogućuje usporavanje sa 216 na samo 1 obrtaj u minuti. Postoje i prskalice koje umesto turbine koriste vodene mlazove ili neke druge sisteme iskorišćavanja energije protoka vode za stvaranje linearnog ili rotacionog kretanja. Teorijski, mogli bismo da zakačimo i jedan turbinski električni generator za crevo i da tako koristimo tok vode za rad sijalice koja bi nam osvetljavala okolinu dok noću zalivamo cveće, travu, drveće ili živu ogradu.

## 11. Radost igranja

### **- Da li bi karusel mogao da se zavrti brzinom svetlosti tako da vreme stoji za one koji se voze na njemu?**

Poznato je da sve stvari koje poseduju masu ne mogu da se ubrzaju do brzine svetlosti, jer bi njihova masa (koja se povećava zajedno sa brzinom tela) tada postala beskonačno velika, a za tako nešto je potrebna beskonačno velika količina energije. Međutim, ukoliko bismo ivice karusela ubrzali do blizu brzine svetlosti, tada bi vreme stvarno znatno sporije teklo za ljude na karuselu u odnosu na okolinu karusela. Kada biste se vozili na jednom ovakvom karuselu i posmatrali svet koji se okreće oko vas, primetili biste da dani prolaze veoma brzo. Na taj način bi ovakav karusel predstavljao jednu vrstu mašine za putovanje u budućnost. Ipak, ukoliko želimo da stvarno izgradimo jedan ovakav super-ultra brzi karusel, najpre bismo se susreli sa problemom velike centrifugalne sile koju bi ovakav karusel neizostavno stvarao. Verovatno najbrža rotirajuća tela današnjice predstavljaju zamajci. Zamajci visokih brzina plutaju na magnetnim ležajevima u vakuumskoj komori tako da trenje kome su izloženi praktično i ne postoji. Ovakvi zamajci mogu dostići brzine i do 200 000 obrtaja u minutu. Međutim, glavni problem kod zamajaca koji se okreću ovako brzo predstavlja dezintegracija rotora. Naime, spoljašnja sila koja deluje na rotor je ogromna. Ipak, i ako bismo pretpostavili da se zamajac prečnika oko 32 santimetra i obima jednog metra obrće brzinom od million revolucija u minutu, tada bi se ivica zamajca kretala brzinom od samo 55 000 kilometara na čas, što je pet i po puta manje od brzine svetlosti u vakuumu. Druga varijanta bi bila izgradnja izuzetno velikog karusela koji bi možda bio veliki kao rastojanje od Zemlje do Sunca (tj. prečnika 300 miliona kilometara). Obim ovakvog karusela bi bio jednak oko 942 miliona kilometara i bilo bi dovoljno da se ovakav karusel okreće brzinom od samo jednog obrtaja na čas da bi se njegove ivice kretale brzinom bliskoj brzini svetlosti. Najjednostavniji način putovanja u budućnost bi možda bilo putovanja po pravoj liniji u svemirskom brodu brzinom bliskoj brzini svetlosti. Međutim, ukoliko biste želeli da se brod ubrzava sa npr. dvostrukom vrednošću gravitacionog ubrzanja Zemlje (što znači da bi putnici broda bili dvostruko teži tokom procesa ubrzanja), proces ubrzanja bi trajao oko pola godine, a i potrošnja goriva neophodna za ovakvo ubrzanje bi bila izuzetno velika.

### **- Zašto nam se zavrti u glavi kada se vrtimo u krug?**

Pomoću vestibularnog sistema (sistema za održavanje ravnoteže), koji predstavlja gornji deo unutrašnjeg uha, naše telo oseća da li se nalazi u uspravnom položaju, da li je nagnuto na neku stranu, položeno naglavačke ili leži na leđima, kao i da li se kreće (u odnosu na okolni vazduh) ili miruje. Vestibularni sistem oseća kretanje pomoću 3 polukružna kanala postavljena međusobno pod pravim uglovima (jer i prostor kroz koji se krećemo poseduje tri dimenzije postavljene međusobno pod pravim uglovima). U ovim kanalima se osim vlaknastih nervnih završetaka različitih orijentacija nalazi i endolimfni fluid u kome su rastvoreni mali kristali kalcijum karbonata (krede), koji se leluja pod dejstvom kretanja glave i tako stimuliše nervne ćelije koje odgovarajuće impulse šalju u mozak. Kada savijamo glavu, Zemljina sila gravitacije povlači kristale kalcijum karbonata ka sebi, odnosno ka vrhu naše glave, a ovi kristali stimulišu nervne ćelije, koje zatim šalju odgovarajuće električne impulse ka mozgu. Mozak prepoznaje ove signale i tumači u kom položaju se nalazi glava. Kada se vrtimo u krug, fluid se kreće u pravcu našeg okretanja i mozak oseća da se okrećemo. Međutim, kada stanemo, endolimfni fluid nastavlja pod dejstvom inercije da se još neko

vreme okreće, pa iako stojimo, mozak još neko vreme dobija signal okretanja u prostoru. Astronauti u orbiti često osećaju vrtoglavicu jer bez prisustva Zemljine teže nemaju jasnu orijentaciju u prostoru, jer je sila gravitacije neophodna za funkcionisanje čula za ravnotežu u unutrašnjem uhu, pa im pojmovi kao što su "gore" i "dole" ne znače mnogo. Takođe, i ronionci su (usled sile potiska koja pod vodom deluje tako da slabi privlačnu, ka Zemlji usmerenu silu gravitacije) pod vodom često u stanju da izgube orijentaciju u prostoru. S druge strane, poznato je da miševi imaju odličan sistem za održavanje ravnoteže s obzirom da su u stanju da naprave i po nekoliko hiljada obrtaja (tokom tzv. mišjih igranki), a da pri tome ne izgube orijentaciju u prostoru.

### **- Kako neke koverte sa pismima svetle u plavoj boji kada se otvore?**

Ukoliko ste nekada držali u rukama jednu od samolepljivih koverti za pisma, sigurno ste primetili kako se na lepku priljubljenom za kovertu pojavljuju plave iskrice svetlosti, svaki put kada otvorimo koverat. Naime, svi lepkovi predstavljaju polimere koji imaju sposobnost povezivanja dve strane lepka tako da zajedno formiraju umreženu strukturu koja drži zalepljene predmete u kontaktu. Kada odlepljujemo dve samolepljive površine, ulažemo izvesnu mehaničku energiju neophodnu da bismo raskinuli polimernu veze koje održavaju koverat zalepljenim. Prilikom toga, polimerni ugljenikovi lanci koji se pružaju u cik-cak, najpre se izravnavaju sprečavajući kidanje veza tako da njihova strukturna konformacija postaje energetska nestabilnija. Stoga, ukoliko uložimo isuviše malu količinu energije za kidanje lepka, mi ćemo uticati na strukturu polimera, ali nećemo izazvati njegovo kidanje. Međutim, sa povećanjem uložene sile, doći će do kidanja lanca polimera i kao posledica ponovnog opuštanja lanaca i njihovog povratka u stabilniju energetska konfiguraciju, oslobođena energija će se u maloj meri iskoristiti i da prevede određeni broj elektrona koji pripadaju atomima lanca na neku energetska orbitalu. Prilikom povratka elektrona sa pobuđenog stanja na niže energetska stanje, odnosno na orbitalu koja je bliža atomu ili molekulu kome elektron pripada, doći će do emisije energetske razlike orbitala u vidu elektromagnetnog kvanta, odnosno fotona svetlosti. Sličan efekat emisije svetlosti se može primetiti i kod izolatorskih lepljivih traka, kao i kod mnogih drugih nalepnica i lepkova.

### **- Zašto je bicikl tako stabilan samo kada ga vozimo?**

Svako telo koje se obrće oko svoje ose, kao npr. točak, čigra ili ventilator, poseduje osobinu ugaonog impulsa. S druge strane, torzija predstavlja brzinu promene ugaonog impulsa, a može se opisati i kao vektorski proizvod sile koja deluje na telo i rastojanja od ose rotacije do neke tačke na pokretnoj površini rotirajućeg tela. S obzirom da se torzija predstavlja kao proizvod dva vektora, njen pravac je normalan na ravan u kojoj se nalaze poluprečnik rotirajućeg tela i pravac sile koja deluje na telo i izaziva njegovu rotaciju. Smer torzije i ugaonog impulsa nam daje tzv. pravilo desne ruke. Razlog zašto smo stabilni dok se vozimo na biciklu, potiče iz zakona o održanju ugaonog impulsa kada nikakva spoljašnja torzija ne deluje na telo. Pošto je ugaoni impuls vektor, osim očuvanja njegovog intenziteta, važi i očuvanje njegovog pravca i smera, a što znači da će svaka promena orijentacije bicikla dovesti do promene vektora ugaonog impulsa. Usled ovog zakona održanja, rotirajući točkova teže da, dok se vozimo, ostanu stalno u istoj ravni, kako bi i pravac vektora ugaonog impulsa ostao nepromenjen. Međutim, ukoliko smanjimo brzinu našeg bicikla, primetićemo da nije ni upola lako održavati ravnotežu kao u slučaju kada se vozimo brzo, a uzrok ovoj pojavi je u tome što je ugaoni impuls, čiji je intenzitet jednak proizvodu mase točka i brzine njegove rotacije, znatno manji u slučaju spore vožnje, pa se stoga i pravac rotacije može lakše promeniti. Postoje i posebne vrste bicikala sa ugrađenim dodatnim točkom koji ne dodiruje

zemlju, već svojom rotacijom u vazduhu samo doprinosi ukupnom ugaonom impulsu bicikla, pa je tada i vožnja pri malim brzinama lakše izvodljiva. Međutim, ako bismo ovaj dodatni točak zavrteli tokom vožnje u suprotnom smeru od smera kretanja bicikla, verovatno bismo primetili da je tada bicikl skoro nemoguće voziti, jer ovakvo suprotno usmereno rotiranje dodatnog točka dovodi do smanjenja ukupnog ugaonog impulsa bicikla, pa se stoga i ravnoteža teže održava. Kada je bicikl nepokretan, tada je najteže održavati ravnotežu, jer on tada ne poseduje svoj ugaoni momenat.

### **- Zašto napumpana lopta bolje odskoče od podloge od ispumpane lopte?**

Kada lopta miruje u našoj ruci, ona poseduje izvesnu potencijalnu energiju kao posledicu određenog položaja u Zemljinom gravitacionom polju, ali joj je kinetička energija praktično jednaka nuli u našem referentnom sistemu. Kada ispustimo loptu na pod, njena kinetička energija počinje da raste na račun smanjenja potencijalne energije, tako da je u svakom trenutku njena ukupna energija (suma kinetičke i potencijalne energije) jednaka. U trenutku udara lopte o pod, njena kinetička energija je dostigla maksimalnu vrednost, a potencijalna energija minimalnu. U slučaju sudara elastične lopte i dovoljno tvrde i neelastične podloge, doći će do prilično elastičnog sudara, što znači da se neće utrošiti preterano velika količina energije lopte za zagrevanje podloge i same lopte, već će podloga vratiti energiju lopti i ona će odskočiti naviše. Naravno, ukoliko pustimo loptu da sama odskoče, prilikom svakog sledećeg odbacivanja, visina do koje će se popeti će biti sve manja, jer se pri svakom sudaru nešto kinetičke energije lopte pretvori u toplotu. Tokom odskoka, lopta čuva u svojoj ulubljenoj površini nešto od svoje kinetičke energije. Lopata i pod međusobno udubljuju jedan drugog, a ovaj proces zahteva fizički rad, odnosno prenos energije sa jednog mesta na drugo. Lopata i pod gube svoju brzinu jedan u odnosu na drugog i njihove elastične površine primaju dodatnu energiju. Sa odskokom lopte, dve površine se ispravljaju i pretvaraju energiju uskladištenu u iskrivljenoj površini u kretanje lopte. Koliko će efikasno lopta uskladištiti energiju zavisi od niza faktora, a pre svega od količine vazduha koju lopta sadrži. Slabo napumpana lopta i odskoče slabo jer se njena površina isuviše lako udubljuje, pa stoga ona troši isuviše mnogo energije na unutrašnje trenje, tj. na zagrevanje lopte i podloge. S druge strane, dobro napumpana lopta sa visokim pritiskom vazduha u njoj se veoma malo udubljuje i efikasno čuva energiju u kompresovanom vazduhu u njoj. U opštem slučaju, što je tvrdi materijal od koga odskoče lopta, što je elastičniji materijal od koga je napravljena lopta i što je ona više napumpana, odnosno što je veći pritisak vazduha u njoj, to će ona bolje odskakati.

### **- Koliko se može povećati skok uz pomoć tramboline?**

Putem jednog skoka na trambolinu, visina skoka se u najboljem, tj. idealnom slučaju može udvostručiti. Ukoliko ste skoro bili u cirkusu, verovatno ste primetili da akrobata najčešće skoči dva puta (jednom na trambolinu i jednom sa nje). Pošto idealna trambolina ni ne daje niti oduzima energiju akrobati, maksimalne količina kinetičke energije koju akrobata može imati nakon skoka sa tramboline je jednaka dvostrukoj vrednosti kinetičke energije skoka bez tramboline. Ipak, u realnom slučaju, nešto energije se potroši u trenju akrobate sa vazduhom i sa trambolinom, pa je kinetička energija akrobate nakon skoka sa tramboline uvek nešto manja od udvostručene početne energije kretanja. Takođe, ako je trambolina isuviše tvrda, noge akrobate ne mogu da preuzmu ukupno ubrzanje, a kada je trambolina isuviše meka i neelastična, kinetička energija akrobate se skoro uopšte ne povećava.

### **- Koji od ova tri sporta bi bilo najteže, a koji najlakše igrati na Mesecu: košarku, fudbal ili ragbi?**

Prvo što nam je palo na pamet je to da bi igranje fudbala bilo najteže i ovaj sport bi zahtevao najveća dodatna prilagođavanja igrača. Pošto fudbaleri šutiraju loptu nogama, imali bi mnogo manju kontrolu nad loptom u odnosu na ragbiste ili košarkaše. Na Mesecu, lopta bi bila podvrgnuta mnogo nasumičnijem kretanju i jedva da bi bila u kontaktu sa podlogom, jer je gravitacija na Mesecu 6 puta slabija od gravitacije na Zemlji. U Mesečevom ragbiju bi postojali vrlo dugi pasovi, a i hitri ragbisti koji na Zemlji pokušavaju da preskoče kompletnu protivničku odbrambenu liniju, na Mesecu bi verovatno probali da prave leteće skokove. Košarkaši bi na Mesecu dobili najveća poboljšanja u svojoj igri, pa bismo bili u prilici da vidimo neka odlična zakucavanja. Videli bismo čak i zakucavanje za tri poena. Ustvari, mogli bismo da skočimo sa pola terena i bez problema zakucamo loptu u koš. Zbog toga što je način izvođenja skok-šuta isti i na Zemlji, kao i na Mesecu, igrači ne bi imali problema u prilagođavanju za šut spolja, a i trebalo bi im mnogo manje snage za svaki potez. Pa zar košarkaši nisu već zabrinuti što Zemlja ima toliku gravitaciju. Sve u svemu, košarku bi verovatno bilo najlakše igrati, pošto je gravitacija sve što košarkaše i drži na Zemlji, a fudbal bi bio najteži sport jer je u tom slučaju gravitacija sve što drži loptu na Zemlji.

### **- Na kom principu radi aparat za signaliziranje servis greške u tenisu?**

Uređaj za automatsko detektovanje servis greške u tenisu sastoji se iz generatora koherentnog snopa infracrvene svetlosti sa jedne strane linije i odgovarajućeg prijemnika sa druge strane linije. Izvor šalje konstantan infracrveni talas ka prijemniku sa druge strane linije. Kada lopta preseče put infracrvene svetlosti, mašina stvara pišteći signal. Kod postavljanja ove mašine, važno je da se infracrveni talas između izvora talasa i njegovog prijemnika prostire neposredno iza bele linije, s obzirom da se servis smatra regularnim ukoliko loptica pogodi nju. Najnovija tehnološka inovacija u tenisu je i elektronski sudija na mreži koji daje zvučni signal kada loptica prilikom servisa dotakne mrežu (nec), pa na taj način, sudija koji pažljivo osluškuje zvuk metalne žice oko koje je obavijena teniska mreža polako odlazi u istoriju. Smatra se da će uskoro duž svih linija teniskog terena prostirati infracrveni talasi, pa će tako mašine na bazi infracrvenih talasa na velikim turnirima zameniti čak 11 teniskih sudija na liniji, odnosno sve sudije osim glavnog.

### **- Zašto loptica za bejzbol odleti najdalje kada se udari aluminijumskom palicom?**

Aluminijum je najlakši metal, ali je uz to i tvrd i veoma elastičan, usled čega se veoma malo početne kinetičke energije loptice koristi za trenutnu deformaciju aluminijuma prilikom sudara. Aluminijumska atomska rešetka se nakon sudara vraća u prvobitni položaj i time vraća loptici skoro svu na trenutak izgubljenu kinetičku energiju. U poređenju sa aluminijumskom palicom, drvena palica je znatno manje elastična, pa se stoga u većoj meri deformiše tokom sudara sa lopticom, a kao rezultat ovakvog sudara, loptica gubi nešto više svoje kinetičke energije i neće biti u stanju da odleti toliko daleko kao pri sudaru istog intenziteta sa aluminijumskom palicom. Loptica koja se udari plastičnom palicom odleteće do najkraćeg rastojanja, što je posledica skoro potpune neelastičnosti plastičnih materijala.

### **- Od čega se sastoje palice za golf?**



Golferi uvek nose sa sobom čitavu torbu palica, pri čemu svaka palica poseduje svoju karakterističnu primenu. Tako su drvene palice najduže golf palice u torbi, a poseduju lukovičaste udarne delove dizajnirane tako da mogu poslati lopticu na izuzetno velika rastojanja i do nekoliko stotina metara, puteri služe samo za najfinije, završne udarce kada je loptica blizu rupice, dok gvozdene palice postoje u raznovrsnim oblicima, a sa njima se loptica može poslati na veliko rastojanje, kao i u blizinu ali pod velikim lukom. Svaka palica za golf se sastoji iz 3 dela: drške, osovine i vrha. Drška palice je zaobljena i izbrazdana kako bi trenje sa rukom golfera bilo što izraženije, a izrađena je od gume ili kože. Osovina palice, takođe mora posedovati sferni poprečni presek, a najčešće se pravi od čelika ili kompozitnog materijala na bazi ugljeničnih vlakana i neke smole. Ugljenična vlakna imaju prednost u tome što su znatno lakša od čelika, a golferi kažu da postoji razlika između udarca palicom sa čeličnom i ugljeničnom drškom što je posledica različite elastičnosti (tj. prenosa vibracija) ova dva materijala. Većina proizvođača rangira palice za golf po njihovoj krutosti, pa tako postoje: *Ladies*, *Seniors*, *Regular*, *Firm*, *ExtraFirm*, *Stiff*. Što golfer poseduje bolji zamah i okret, to će mu više odgovarati krući tip palice, jer se tada minimalna količina energije koristi za vibriranje osovine palice. Međutim, ukoliko vam zamah i nije toliko dobar, tada će vam verovatno više odgovarati neki manje kruti tip palice koji će apsorbovati jedan deo energije udarca i otpustiti ga u pravom trenutku kako bi predao dodatnu energiju udarenoj loptici. Ako ste nekada slušali prenos golf turnira, verovatno ste čuli spikera kako osim imena igrača, najavljuje i tip palice (drvena ili gvozdена/čelična), kao i broj, koji zapravo predstavlja ugao koji naličje vrha palice zaklapa sa vertikalom kada se palica drži u normalnom položaju u odnosu na lopticu. Što je veći ovaj broj, odnosno nagib vrha nad vertikalom, to će i let loptice biti veći i kraći. Tako, puteri imaju ugao  $0^\circ$ , drajveri –  $10^\circ$ , drveni –  $15$  ili  $20^\circ$ , a gvozdeni do  $56^\circ$ . Što je vrh palice za golf izbrazdaniji, to će loptica u letu više rotirati (između 3600 i 6000 obrtaja u minutu). Inače, loptica se u jednom udarcu, nalazi u kontaktu sa palicom samo tokom 450 milionitih delova sekunde, što znači da jedan profesionalni igrač golfa tokom cele turnirske sezone provede oko desetinku sekunde u kontaktu sa lopticom za golf.

## - Čemu služe rupice na lopticama za golf?

Prve loptice za golf su bile oble i glatke, ali su igrači golfa vremenom primetili da stare, izigrane loptice, prepune ogrebotina i rupica bolje lete od novih, te se stoga pribeglo aerodinamičkim dosetkama u cilju stvaranja loptica koje će podsećati na stare i bolje leteti kroz vazduh. Mala ulegnuća na lopticama za golf imaju za cilj stvaranje dodatne turbulencije prilikom njihovog kretanja kroz vazduh. U opštem slučaju, turbulencija je nepoželjna pojava za jedno telo koje se kreće kroz određeni fluid. Tako, npr. plivač priželjkuje što manje turbulencije, jer mu ona samo povećava otpor kretanja kroz vodu. Ipak, postoje slučajevi kada lokalizovana i kontrolisana turbulencija može smanjiti trenje. Ipak, hajdemo za početak da malo posmatramo let loptice kroz vazduh. Rotirajuća loptica u svom letu povlači za sobom sloj okolnog vazduha. Usled superpozicije kretanja čestica vazduha i kretanja loptice, postoji veća brzina vazduha tamo gde se pravac rotiranja loptice poklapa sa pravcem vazdušnog strujanja, a stoga je i niži pritisak u tim tačkama, pa se i loptica kreće u pravcu vodeće ivice. Ipak, osim Bernulijevog efekta, kod leta loptice prisutan je još i Magnusov efekat, koji obuhvata turbulenciju i viskoznost. U opštem slučaju, oblast turbulencije se nalazi u brazdi vazduha iza loptice, ali ukoliko se loptica obrće, oblast turbulencije postaje asimetrična, pa je turbulencija locirana više u kvadrantu ka kome je usmerena vodeća ivica. U ovom kvadrantu vazduha, veći je pritisak i on deluje silom na loptica u istom pravcu kao i malopre opisani Bernulijev efekat. U bejzbolu, ova dva efekta mogu delovati silom koja je u stanju da bude velika kao trećina težine loptice za bejzbol, što rezultuje u izmerenim krivinama od više od 50 cm. Vazдушna obloga koja viskozno putuje zajedno sa lopticom naziva se graničnim slojem.

Što je ovaj sloj bolje priljubljen uz površinu loptice, to će ona brže leteti. Kod leta glatke loptice bez udubljenja, granični vazdušni sloj se najčešće odvoji od površine loptice kada vazduh pređe pola puta od prednje do zadnje strane loptice. *Streamlining* efekti (dizajniranje tela tako da u fluidu oko njega postoje samo linijski tokovi fluida, ali ne i turbulencije) na loptici bi smanjivali efekte trenja i time bi omogućili znatno duže opstajanje graničnog sloja, ali loptica za golf oblika krila *Boeing-a 747* bi teško pružala toliko zadovoljstvo u igranju golfa. Umesto toga, mala udubljenja na loptici pružaju donekle mogućnost za opstankom graničnog sloja vazduha oko površine loptice. Navier-Štoksove jednačine za ovaj slučaj još uvek nisu rešene, pa stoga nije u potpunosti razjašnjeno kako male lokalne turbulencije koje stvaraju jamice na površini lopte pomažu graničnom sloju da duže ostane prionjen uz lopticu. Ipak, postoji objašnjenje po kome kada granični sloj odlično prione za površinu loptice, usporava se i odvaja brzo. Međutim, turbulencija pruža kuplovanje sa “spoljnom” vazdušnom strujom i omogućava da granični sloj nastavlja da prima impuls od okolnog vazduha, pa duže “ostaje na loptici”, čineći tako ukupnu vazdušnu brazdu loptice sa ulegnućima užom, i tada razlika u pritiscima između prednje i zadnje strane loptice nije tako velika kao kod glatke loptice.

### **- Zašto se zafelširane loptice ne kreću pravolinijski?**

Rotiranje loptice koja se kreće kroz neki fluid (npr. vazduh ili vodu) dovodi to toga da fluid različito teče duž dela loptice koji rotira u pravcu leta loptice i dela loptice čije je rotiranje suprotno usmereno. U bejzbolu se felširane loptice najčešće bacaju tako da se gornja strana loptice okreće kroz vazduh, dok se donja polovina loptice okreće u istom smeru u kome teče i vazduhu oko nje. Stoga, vazduh ispod loptice teče nešto brže od vazduha iznad nje, pa je tokom leta i pritisak vazduha ispod loptice manji od pritiska vazduha iznad nje, što dovodi do krivljenja putanje loptice na dole, tj. ka onoj strani lopte koja se okreće u smeru suprotnom od smera leta (tj. u istom smeru kao i vazduh oko loptice). Ova neravnoteža sila koja uzrokuje krivljenje leta rotirajuće loptice, naziva se Magnusovim efektom, po fizičaru Gustavu Magnusu koji je 1852. godine otkrio da je rotirajuće telo koje se kreće kroz tečnost primorano da menja svoj pravac kretanja.

### **- Zašto se bumerang vraća onome ko ga baci?**

Oblik bumeranga podseća na dva avionska krila spojena u sredini. U trenutku bacanja, bumerang se drži vertikalno i pošto se u tom pravcu i okreće, gornje krilo se zapravo kreće brže nego donje, što stvara veći pritisak na gornje, nego na donje krilo (slično podizanju avionskog krila), a što stvara dodatnu silu u pravcu obrtanja, a uz to i dodatni ugaoni impuls. Usled ovoga, bumerang se ugiba unapred, pa se i njegova putanja krivi, i pod nekim uslovima bacanja dobija čak i kružnu putanju. Sličan efekat bismo dobili kada bismo vozili bicikl i nagnuli se na jednu stranu. Putanja bicikla bi se slično putanji bumeranga iskrivila i vozili bismo se u krug.

### **- Zašto se jo-jo vrati nazad kada ga bacimo?**

Kada pustimo jo-jo lopticu, gravitacija deluje na njen centar mase i povlači je nadole. Pošto je konopčić jo-joa obmotan oko njegove ose, i pošto je jedan kraj ovog kanapa vezan za naš prst, jo-jo je prisiljen da rotira pošto se baci. Kada jo-jo ne bi mogao da rotira oko sebe, on ne bi ni mogao da padne. Kao i u slučaju svakog tela koje pada u gravitacionom polju, brzina njegovog padanja se povećava sa vremenom, a time i brzina rotiranja jo-joa. Obe ove brzine su najveće kada je kanap skroz odmotan i kada jo-jo dostigne najnižu tačku svog

padanja. Obrtanje jo-joa sadrži izvesni ugaoni impuls (ili rotacionu kinetičku energiju) dobijen iz potencijalne energije jo-joa u gravitacionom polju kroz koje je jo-jo pao. Najčešće je kanap slabo obmotan oko ose jo-joa, pa jo-jo može nastaviti da rotira kada padne na dno. Pošto je u tom trenutku razvezano celo klupče niti, jo-jo ne može da pada više i kao posledica toga, brzina rotiranja se ne može više povećavati. Ukoliko ostavimo jo-jo u ovom stanju, pod dejstvom trenja, rasipaće se energija rotacije i ugaoni impuls jo-joa, i nakon određenog vremena, jo-jo će preći u stanje mirovanja. Međutim, trenutno i hitro povlačenje niti uzrokuje povećanje trenja između niti i tačke spoja, tako da ova tačka više ne klizi niz nit. Kada tačka spoja prestane da klizi, ugaoni momenat jo-joa je dovoljan da uzrokuje namotavanje niti oko spoja sa jo-joom, što dovodi do penjanja jo-joa uz nit. Kako se jo-jo penje uz nit, njegov ugaoni impuls (ili rotaciona kinetička energija) se ponovo prevodi u potencijalnu energiju u gravitacionom polju. Iz ovog razloga se i brzina rotacije smanjuje sa penjanjem jo-joa u visinu. Kada ne bi bilo gubitaka energije usled trenja, jo-jo bi došao nazad do naše ruke tačno u trenutku kada bi mu brzina rotacije bila jednaka nuli. Međutim, usled trenja, jo-jo ne stiže do naše ruke pre nego što prestane da rotira. Proces spuštanja i podizanja jo-joa se može ponavljati sa sve manjim vraćanjem u visinu sa svakim sledećim ciklusom. Naravno, moguće je dugo bacati jo-jo ukoliko mu kod svakog povratka u ruku predamo po još malo dodatne energije, kako bi kompenzovali gubitke usled trenja. Ovo guranje nadole kada je jo-jo na vrhu može se kombinovati sa povlačenjem naviše kada je jo-jo na dnu, kako bi jo-jo lepo oscilovao. Jo-jo možemo bacati i horizontalno, a tada će kinetička energija koja se pretvara u energiju rotiranja nastati iz energije kojom ga bacimo, a ne iz potencijalne enegije u gravitacionom polju, kao što je to slučaj kod vertikalnog ispuštanja jo-joa.

### **- Kako bilijarski sto prepoznaje belu kuglu?**

Ako ste ikada odigrali partiju bilijara na stolu u koji se ubacuju žetoni, onda ste se sigurno zapitali kako bela kugla pošto uđe u jednu od rupa, ne završi u koloni sa ostalim kuglama, već biva vraćena ka vama. Premda je predloženo mnoštvo načina za prepoznavanje bele kugle, uključujući i primenu svetlosnih senzora koji će detektovati belu kuglu na osnovu njene izrazite refleksije svetlosti, kao i primenu metalnih belih kugli koje će moći da se detektuju od strane elektromagnetnog polja ili masivnijih (ili lakših) belih kugli, najčešće su primenjuju dva tipa belih kugli koje lako mogu biti razdvojene od ostalih obojenih kugli. Jedan tip su bele kugle koje imaju prečnik od oko 6 santimetara, što znači da imaju za oko 2 mm veći prečnik od ostalih kugli. Dok obojene kugle prolaze kroz sve kanale u unutrašnjosti stola, bela kugla u jednom trenutku biva blokirana i vraćena na početni otvor. Drugi tip su bele kugle koje imaju ugrađen magnet u svojoj unutrašnjosti. Ovakve magnetne bele kugle odvajaju se od ostalih kugli pomoću magnetnog detektora. Prilikom prolaska magnetne kugle pored detektora, magnet aktivira mehanizam koji menja putanju bele magnetne kugle i vraća je na na otvor stola. Oba pristupa razdvajanju kugli imaju svoje mane. Profesionalnim igračima bilijara često smeta kada treba da igraju sa belom kuglom čija je veličina veća od ostalih kugli (koje su standardne 2,25-inčne, odnosno 5,08 cm veličine), dok se magnetne bele kugle slabije kotrljaju na stolu, a i lakše će se polomiti ukoliko padnu na tvrdu površinu.

### **- Kako rade automatske mašine za postavljanje kegli?**

Danas postoji mnogo različitih vrsta kuglanja, premda je najpopularnija ona u kojoj za cilj imamo da srušimo 10 kegli poređanih tako da formiraju trougao čiji je vrh okrenut ka nama. Osnovni zadatak mašine za postavljanje kegli je da postavi kegle u njihov početni položaj i da skloni srušene kugle posle svakog pokušaja, a mnoge dvorane za kuglanje danas poseduju i kompjuterizovane staze za kuglanje iznad kojih se ispisuje skor svakog učesnika

tokom igre. U američkoj Nacionalnoj dvorani za kuglanje u gradu Renou u Nevadi, postoji osim 78 staza za kuglanje i džinovski, trenutno najveći na planeti, IMAX video ekran koji se prostire duž vrha svih staza. Mašine za postavljanje kegli izuzetno su složene, i najčešće se sastoje iz 4 osnovna dela: čistača, podizača, raspodeljivača i nosača kegli. Ove mašine rade sa po ukupno 20 kegli, a zanimljivo je znati i da se nakon svake zarolane kugle, pokrene oko 4000 pojedinačnih delova ove mašine. Čistač predstavlja pravougaonu metalnu ploču koja se spušta ispred kegli nakon što senzor mašine registruje da je kugla prošla kroz trougao sa keglama, kako bi zaštitila preostale kegle od dodatnih (neregularnih) pokušaja pre nego što mašina uredi kegle. Mašina zatim skuplja sve kegle, kako srušene, tako i one koje su ostale da stoje, nakon čega se nosač kegli koji se sastoji do 10 rupa, dovoljno velikih da se u njih mogu ubaciti kegle, spušta preko mesta naznačenog za postavljanje kegli. Moderne automatske mašine za postavljanje kegli rade zajedno sa CCD skener kamerom koja se nalazi ispod staze i koja tačno locira koje kegle su se oborile posle svakog pokušaja, a ovu informaciju dalje prosleđuje do mašine. Neke starije mašine koriste odeljak koji se spušta na trougao na kome su stajale kegle kako bi dodirrom osetio koliko ih je ostalo na svome mestu. Informacija o broju oborenih kegli se šalje do automatskog bodovnog *software*-a i mali jezičci se pomoću električnog signala propuštenog kroz odgovarajuće solenoide, zatvaraju oko onolikog broja kegli na nosaču koliko je to potrebno. Oborene kegle se pomoću pokretne trake uvlače nazad u podizač kegli, nakon čega se koriste u sledećim ciklusima. Dva dela mašine za postavljanje kegli koje kuglaš ne vidi su ubrzavač kugle i podizač kegli. Ubrzavač lopte putem sistema pokretnih traka vraća kugle na dohvat igračima. Nakon svakog pokušaja, kugla i oborene kegle se nalaze iza staze u tzv. pitu ispod koga se nalazi transportna traka na kojoj se kugla i kegle pomeraju ka podizaču kegli. Međutim, pre nego što dospeju do podizača, kugle i kegle prolaze kroz specijalna vrata pri čemu je samo kugla dovoljno teška da aktivira senzor neophodan da se ova vrata otvore, a prolazeći kroz njih, kugla se ubrzava i provodi kroz sistem pokretnih traka ispod staze nazad do igrača. Kegle koje dođu do podizača bivaju podignute do nivoa raspodeljivača koji vrši popunjavanje nosača sa keglama.

### **- Zašto ljudi imaju brazde na prstima?**

Talasaste šare na našim dlanovima i prstima doprinose boljem trenju sa predmetima koje držimo u rukama. Dok su glatke površine povoljne za čvrst kontakt u suvim uslovima, kada postanu vlažne, trenje se smanjuje i dolazi do proklizavanja. S druge strane, naborane i izbrazdane, neravne površine pružaju dobar i čvrst kontakt sa drugim predmetima čak i u vlažnoj sredini, jer je dodirna površina talasastih predmeta veća od potpuno glatkih, a i voda može slobodno da se kanališe između brazdi, ostavljajući dovoljno suve površine da bude ostvaren stabilan kontakt. Pored toga, brazde na prstima nas štite od smicajućeg napona (prilikom hodanja ili penjanja uz drvo), koji bi u suprotnom slučaju lakše razdvojio dva sloja kože i dozvolio spoljašnjem fluidu da se nagomila unutra i napravi plik. Interesantno je da kao što svaki čovek na planeti ima sebi svojstven redosled nukleotida (A, G, C, T) u lancu DNK, isto tako, svi imamo svoj lični raspored brazdi na prstima, što policajci često koriste prilikom identifikacije pomoću otiska prstiju. Ipak, interesantno je da identični blizanci i klonovi nemaju isti raspored šara na prstima i pored toga što poseduju identične lance DNK, što se može objasniti samo različitim dejstvom sredine na identične ćelije u razvoju koje tako na kraju svog razvoja (i formiranja tela) i ne poseduju identične osobine.

### **- Kako možemo da napustimo površinu savršeno ledenog jezera?**

Pod savršeno ledenim jezerom se podrazumeva površina koja je toliko glatka da je na njoj nemoguće uspostaviti ni beskonačno malu horizontalno usmerenu silu pomoću koje

bismo se pokrenuli ka obali jezera. Drugim rečima, ovaj led je toliko gladak da je trenje sa njim ravno nuli. Ukoliko probamo da napravimo korak po ovakvoj površini, sva sila kojom budemo delovali na podlogu će nam se vratiti (na osnovu trećeg Njutnovog zakona kretanja koji nam kaže da svaka sila u prirodi proizvodi jednaku, ali suprotno usmerenu silu) i ni jedan njen deo se neće pretvoriti u trenje, pa će tako naša brzina u odnosu na savršeno ledenu površinu stalno biti jednaka nuli ukoliko se ne setimo jedne dosetke. Naime, ukoliko skinemo jednu čizmu i uzmemo je u ruke (ili neki veći predmet iz džepa), a zatim bacimo na obalu jezera, dejstvom sile na čizmu pomoću koje je bacamo na obalu proizvodimo i reakcionu silu jednakog intenziteta, ali suprotnog smera i upravo nam ova sila predaje ubrzanje u suprotnom smeru od onoga u kome smo bacili čizmu. Tako, delujući silom na čizmu i ona će delovati jednakom silom na nas, tako da ćemo početi polako da klizimo ka obali. Kada stignemo na nju, tada ćemo se prošetati do suprotne obale jezera i obući malopre bačenu čizmu.

### **- Zašto se na kašiki ogledamo naopačke?**

Kada svetlost dotakne neku reflektujuću površinu, ona se od nje odbija pod istim uglom. Metalne kašike, za razliku od plastičnih kašika dosta dobro reflektuju svetlost pa na njima možemo posmatrati odraze predmeta oko nas, uključujući i odraz našeg lica. Međutim, dok je odraz na ispupčenoj strani kašike samo malo raširen ili sabijen u zavisnosti da li se nalazi daleko ili blizu dna kašike, odraz sa udubljene strane kašike je obrnut naglavačke. Naravno, slično kao što u ogledalu izgledamo kao da se nalazimo iza ogledala, tako su i na našoj slici na kašiki leva i desna strana izvrnute u svakom slučaju, bilo da se ogledamo na konkavnoj ili konveksnoj strani kašike. Naime, svetlost pada na naše lice, nakon čega se odbija do kašike, odakle ponovo delimično biva reflektovana ka našim očima, pa mi vidimo sopstveni izraz na njoj. Svetlost koja pada na ispupčenu stranu kašike biva reflektovana u stranu, pa na taj način lik postaje malo deformisan, ali ne i izvrnut. S druge strane, svetlost koja se sa našeg lica odbija do donjeg dela udubljene strane kašike biva reflektovana naviše, dok svetlost koja pada na gornji udubljeni deo kašike biva reflektovana nadole, pa tako i lik postaje izokrenut. Takođe, pošto je udubljena strana kašike savijena i sa bočnih strana, svetlost koja padne na levu udubljenu stranu kašike će se reflektovati nadesno i obrnuto, tako da će lik na kašiki posedovati za razliku od običnih odraza u ogledalu, obrnutu levu i desnu stranu, pa ukoliko savijemo glavu nadesno, naš odraz će se saviti na levo, a ne nadesno kao odraz u ravnom ogledalu. Tako, ukoliko želimo da napravimo ogledalo u kome leva i desna strana neće biti zamenjena kao na običnim, ravnim ogledalima, dovoljno je da sa bočnih strana savijemo površinu ogledala (što se može samo raditi dok je ogledalsko staklo još toliko toplo da se može oblikovati, dok će se u suprotnom slučaju, hladno staklo usled krivljenja polomiti, što je posledica njegove krutosti). Slični trikovi se često mogu primetiti u cirkuskim ogledalima, gde se takođe pomoću ispupčenosti ili udubljenosti ogledala postižu slični izobličavajući efekti.

### **- Šta je to *silk screening*?**

*Silk screening* (svilena ekranizacija) predstavlja verovatno najčešće primenjivanu metodu štampanja na majicama i drugim tkaninama. Za razliku od štampanja na papiru koje se može obavljati brzinom od 10 listova u minutu, štampanje na odeći se vrši toliko sporije da je brzina štampanja od jedne majice za 5 minuta izuzetno velika, a uz to svaka od majici se mora ručno štampati. U tradicionalnoj *silk screening* metodi, polazi se od komada drveta čije su razmere približno jednake razmerama majice. Preko ove daske se zatim prevlači neka tanka tkanina (u početku je to bila svila, odakle i potiče naziv ove metode, ali se danas najčešće koristi poliester) koja predstavlja *screen*. Preko ove tanke tkanine se zatim stavlja

tanki sloj plastike na kome se pomoću skalpela može ucrtati šablon koji će se pojaviti na majici. Moguće je kao ovaj plastični sloj koristiti i tečnu plastičnu prevlaku koja je osjetljiva na ultraljubičastu svetlost, pomoću koje bismo iscrtavali putanje po njoj. Pre ili posle ucrtavanja šablona, *screen* se pomoću četkice premazuje sa slojem mastila željene boje. Majica se zatim pritiska preko čitave konstrukcije tako da mastilo sa *screen*-a ostavlja trag na majici. Za višebojni dizajn, čitav proces se izvodi nekoliko puta, počev od nasvetlijih, pa do najtamnijih boja. Alternativa *silk screening*-u je nanošenje šablona pomoću pegle. U turističkim prodavnicama za majice (pored plaža) se često mogu kupiti ovakvi šabloni, koje je dovoljno da ispeglamo zajedno sa majicom, da bi oni ostavili trajni trag na njoj. Naime, na poledini papirnatih šablona se nalazi tanki sloj termoplastičnog mastila koji se pod dejstvom pritiska i toplote pegle, topi i delimično prenosi na površinu majice.

### **- Zašto *milk shake* ne može da se pije pomoću slamčice kada ga okrenemo naopačke?**

Sok, mleko ili bilo koju drugu tečnost pijemo kroz slamčicu tako što sa zatvorenim ustima, blago širimo pluća čime povlačimo malo vazduha iz usta ka plućima, tako da snižavamo pritisak u ustima, pa (težeći ka izjednačavanju pritiska) atmosferski pritisak istiskuje tečnost iz suda kroz slamčicu. Međutim, ukoliko okrenemo sud sa tečnošću naopačke (pod uslovom da je sud hermetički zatvoren i da tečnost može isticati samo kroz slamčicu), vrh vode više nije u dodiru sa atmosferskim pritiskom i nema sile koja bi gurala tečnost uz cevčicu. Kada izvrnemo sud, voda će veoma sporo isticati (osim ako slamčica nije preterano velikog prečnika), jer čim bi počela da ističe, u sudu iznad vode bi se stvorio vakuum i atmosferski pritisak bi gurao vodu natrag protiv sile gravitacije. Ako bismo ipak hteli po svaku cenu da popijemo *milk shake* okrenut naopačke, morali bismo da eliminišemo vakuum iz unutrašnjosti suda tako što bi sa istovremenim isticanjem tečnosti iz suda puštali vazduh unutra. To se postiže bušenjem male rupice na površini suda koja će omogućavati da vazduh ispuni prazan prostor koji je voda ostavila. To je i razlog što se uvek prave dva otvora u limenci ako želimo da brzo ispraznimo njen sadržaj.

### **- Zašto neispucala zrna kukuruza padaju na dno kese sa koricama?**

Kesa koja se sastoji od belih, penastih kokica i neeksplozivnih zrna kukuruza predstavlja jedan od primera smeša čestica različitih prečnika. Mešajući jednu ovakvu smešu, manja, neispucala zrna će se smestiti ispod kokica u kesu, odnosno čestice manjeg prečnika će se rasporediti ispod čestica većeg prečnika, a precizno naučno objašnjenje ove pojave, poznate i kao problem brazilskih lešnika još uvek nije poznato. Još jedan primer ove pojave možemo izvesti ako u kesu sa praškastim deterdžentom ubacimo dve metalne kugle (kao npr. iz kugličnih ležajeva) koje su gušće od okolnog praška i zatim ovu kesu dobro promešamo. Uprkos očekivanju da metalne kugle ostanu na dnu kese gde su se nalazile pre početka mešanja, one će se zapravo nalaziti na površini praškaste mase. Fizički princip koji utiče na ovu pojavu nije gustina, jer bi tada metalne kugle ostale na dnu suda, već kombinacija povoljnog pakovanja čestica (sa mešanjem smeše, smanjuje se poroznost, a time i zapremina cele smeše, čime se smanjuje rastojanje centra mase smeše od centra mase Zemlje, a time se smanjuje i potencijalna energija u gravitacionom polju ove smeše, a kao što nam je poznato, najpovoljnija energetska stanja prirodnih sistema su ona sa najmanje potencijalne energije) i inercije. Naime, mešanjem smeše, manje čestice uspevaju da prođu nadole pored većih čestica, dok veće čestice ne uspevaju da izvedu istu nadole usmerenu kretnju, jer im manje čestice to ne dozvoljavaju. Tako će nakon svake oscilacije čitave kese tokom mešanja, veće čestice prelaziti mali put naviše, ali se neće moći vraćati nadole, pa će završetak mešanja

(ukoliko je ono dovoljno dugo) završiti na samom vrhu smeše. Problem brazilskih lešnika je posebno izražen kod vibracionih mešalica, jer će tada doći do očiglednog razdvajanja čestica u smeši po njihovim veličinama, pa će tako ražane i ovsene pahuljice i semenke suncokreta u vibraciono promešanoj kesi muslija biti ispod kukuruznih pahuljica, suvih šljiva i suvih kriški banane, a sličan problem se često pojavljuje i u džakovima komposta.

### **- Zašto nam je hladno u ustima kada jedemo mentol bombone?**

Ovaj efekat hladnoće u ustima je posebno izražen ukoliko popijete čašu vode nakon jedne mentol bombone. Čelije za čulo ukusa na vrhu jezika su podjednako osetljive na temperaturu kao i na ukus, a mentol je jedna od supstanci koja podjednako deluje na receptore ukusa, kao i na receptore za toplotu. Naime, mentol (esencijalno ulje metvice, odnosno mente ili nane) ostavlja poseban osećaj hladnoće u ustima jer poseduje izvesna anestetička svojstva, što znači da kratkotrajno prigušuje (tj. blokira) receptore za toplotu. Na taj način, neko vreme ostaju aktivni samo receptori za hladnoću, pa odatle potiče i taj *cool* osećaj u ustima. Mnoge druge supstance poseduju slična anestetička ili anelgetička svojstva. Tako, npr. esencijalno ulje karanfilića prigušuje receptore za bol, pa se stoga koristi kod zubobolje. *Wintergreen* ulje stvara ledeno – vruć osećaj u ustima, šro je posledica njegovog dejstva na receptore za toplotu u ustima, dok nakon neutralisanja ovih receptorskih inhibitora, ponovno aktiviranje čulnih čelija stvara osećaj povećane toplote u ustima. Čili papričice opet sadrže neke od supstanci koje imaju suprotno dejstvo, s obzirom da ekstremno deluje na receptore za osećaj toplote u ustima.

### **- Zašto žvaku ne možemo da sažvaćemo?**

Žvake su i dobile svoje ime po tome što ih samo možemo žvakati, ali ne i sažvakati. Naime, naš telesni sistem varenja luči niz enzima koji služe da razlože složene hranljive molekule do svojih gradivnih jedinica, kako bi krv lakše apsorbovala hranu. Tako se proteini razlažu do svojih sastavnih aminokiselina, masti do glicerola i masnih kiselina, a polisaharidi (lanci ugljenih hidrata) do monosaharida (pojedinačnih molekula ugljenih hidrata). Pljuvačne žlezde u našim ustima luče enzim amilazu koji je u stanju da raskida glikozidne veze kojima su međusobno povezani monosaharidi u velikim molekulima polisaharida kao što je npr. skrob (koji predstavlja najveći deo ugljenih hidrata koje unosimo u naša tela). Na taj način, hrana počinje da se rastvara već u našim ustima. Međutim, poznato je da svi enzimi rade po principu ključ-brava, što znači da svaki enzim raskida samo tačno određeni tip veze. Tako, razlog zašto naš sistem za varenje ne može da svari neku hranu leži u tome što se u okviru njega ne luče enzimi koji bi mogli da raskinu veze koje preovlađuju u nesvarljivoj hrani. U ovakvu, nesvarljivu hranu spadaju između ostalog celuloza (a najveći deo ugljenika na našoj planeti se nalazi u okviru molekula celuloze) i najveći broj polimernih guma. S obzirom da u našim telima ne postoje supstance koje bi raskinule veze između ugljenikovih atoma u gumama za žvakanje, ovakve gume se ne mogu rastvoriti u ustima, a ukoliko ih progutamo, one nerazložene izlaze iz naših tela. Inače, do sredine 20. veka, gume za žvakanje su se pravile od supstance čikle (elastični biljni sok iz drveta *Sapodilla* iz Centralne Amerike) koja se mešala sa raznim aromama koje su joj davale ukus, a od sredine 20. veka, gume za žvakanje su počele da se prave od raznih sintetičkih guma, premda se ponekad prave i od prirodne supstance koja se zove lateks, a koja predstavlja biljni sok drveća iz tropskih šuma. Osim gume, u sastavu žvakaćih guma se u najčešćem slučaju mogu naći i šećer, kukuruzni sirup, omekšivači (npr. biljna ulja), arome i boje. Inače, ukoliko vam se žvakaća guma zalepi za kosu, lako je možete skinuti uz pomoć malo putera od kikirikija, a ako sednete na nju, stavite malo leda na zalepljenu žvaku, što će je očvrnuti, pa ćete lakše moći da je skinete.

Takođe, nemojte sa gumom za žvakanje u džepu krenuti u zemlju Singapur, jer je tamo zakonom zabranjena proizvodnja, uvoz i prodaja ovih guma.

### **- Koje su to žvake koje svetle dok ih žvaćemo?**

Svi čvrsti šećerni slatkiši emituju manje ili više svetlosti kada ih zagrizemo. Ovaj efekat se naziva triboluminiscencija, i predstavlja emisiju svetlosti kao rezultat lomljenja ili razdvajanja nečega. Triboluminiscencija se javlja kada molekuli (u slučaju žvake, molekuli šećera) pod pritiskom tereta (u slučaju žvakanja žvake, teret su zubi) gube elektrone iz svojih atomskih polja. Ovi elektroni se susreću sa molekulima azota iz vazduha i predaju im deo svoje kinetičke energije, uzrokujući intenzivnije vibriranje parova atoma azota ili prelasku elektrona u okviru atoma azota na viša energetska stanja. Ovako energetski pobuđeni molekuli azota vraćaju se u osnovno energetska stanje emitujući ultraljubičastu, ali u manjoj meri i vidljivu svetlost. Usled ovog efekta, svi šećerni slatkiši stvaraju blago i najčešće neprimetno svetljenje prilikom grickanja u ustima. Ipak, postoje specijalne žvake (npr. *Wint-O-Green Life Savers*) koje prilikom žvakanja emituju svetlost koja se noću može jasno videti. Ovaj efekat je postignut dodavanjem metil salicilata, tj. *wintergreen* ulja, koje je fluorescentno, što znači da najpre apsorbuje svetlost određen talasne dužine, a zatim (nakon određenog vremenskog intervala provedenog u pobuđenom stanju) emituje svetlost veće talasne dužine. Kada žvaćemo svetleću žvaku, molekuli metil salicilata apsorbuju kratkotalasnu ultraljubičastu svetlost nastalu emisijom molekula azota, i zatim re-emituju ovu svetlost na znatno većoj talasnoj dužini, koja najčešće odgovara plavoj boji u spektru vidljive svetlosti. Tako se žvakanjem ovakvih svetlećih žvaka stvaraju plave iskrice svetlosti koje nam skakuću u ustima.

### **- Zašto se smejemo samo kada nas neko drugi zagolica?**

Većina nas ima poneku goličljivu tačku na telu. Nekoga možemo da zagolicamo iznad kolena, nekoga iza vrata, a neko od nas počne da se smeje ako ga zagolicamo sa strane. Naučnici kažu da golicanje indicira osećaj panike koji se ispoljava kroz nekontrolisani smeh, a povezan je sa neprijatnošću osećanja da nam nešto mili po telu. Ukoliko pokušamo sami sebe da zagolicamo, mozak će to predosetiti i pripremiće se za signal koji dolazi iz nerva tačke koju golicamo, pa neće reagovati onako nekontrolisano kao kada to ne očekuje. Naučnici su otkrili da je cerebelum deo mozga koji nam sprečava da se sami golicamo. Ovaj deo mozga kontroliše naše pokrete i razlikuje očekivane senzacije od neočekivanih. Premda ne možemo sami da se golicamo, to može učiniti robot. Ukoliko uz pomoć daljinskog upravljača signaliziramo robotu da nas zagolica, a on to uradi nakon delića sekunda, efekat će biti skoro isto toliko neočekivan kao da je to uradila neka druga osoba.

### **- Zašto je aprililili baš 1. april?**

1. april je u mnogim mestima na našoj planeti poznat kao luckasti dan, a pravo poreklo običaja vezanih za ovaj praznik još uvek nije u potpunosti razjašnjeno. Ipak, najprihvatljivije objašnjenje porekla ovog praznika vodi nas u 16-ovekovnu Francusku. Kada je 1564. godine, kralj Čarls IX uveo primenu Gregorijanskog kalendara na osnovu koga nova godina počinje 1. januara, mnogi ljudi to nisu prihvatili ozbiljno, pa su nastavili da slave novu godinu u mesecu aprilu, kao što se to činilo na osnovu starog Julijanskog kalendara. U to vreme, vesti su se širile veoma sporo, pa je u mnogim selima, mnogo vremena nakon promene kalendara, još uvek bilo ljudi koji su iz neobaveštenosti slavili novu godinu u aprilu. Stoga su aprilske šale bile najčešće usmerene na one koji nisu čuli da nova godina ne počinje više u aprilu, već u



januaru. Prvoaprilski praznik šale se poklapa sa još dva velika praznika. U starom Rimu, postojao je praznik Hilari, koji je slavio vaskršnuće boginje Atis, a danas se ovaj praznik slavi kao Rimski dan smeha, i naravno uvek se poklapa sa prvim aprilom. Takođe, U Indiji, 1. aprila se dešava svečanost Holi, tokom koje se slavi dolazak proleća, a kao deo festivala, ljudi pričaju jedni drugima šale i polivaju se bojama.

### - Šta znače inicijali RSVP na nekim pozivnicama?

Inicijali RSVP označavaju francusku frazu *répondez, s'il vous plaît*, što u prevodu znači "molim vas, odgovorite". Osoba koja šalje ovu pozivnicu htela bi da zna da li ćete prihvatiti ili odbiti njen poziv. Za domaćine koji su vas pozvali na večeru, venčanje ili koktel, verovatno je važno koliko će se pozvanih bića odazvati pozivu kako bi izračunali potrebnu količinu hrane i pića, pa je zbog inicijala RSVP na pozivnici običaj da im se po mogućstvu istog dana javimo kako bi im stavili do znanja hoćemo li doći na njihov prijem. Tako, npr. mnoge pozivnice za venčanja dolaze sa povratnom karticom koju šaljemo kao odgovor na poziv, a neke pozivnice imaju napisan telefonski broj na koji se možemo javiti.

### - Šta je to paradoks rođendana?

Paradoks rođendana je popularni naziv za fenomen da kada ste u sobi sa 22 ljudska bića, postoji 50 % šanse da dvoje od njih imaju isti rođendan. Ukoliko zaustavite nekoga na ulici i pitate ga za rođendan, verovatnoća da će se vaši rođendani poklopiti iznosi 0,27 % (1/365), što je veoma malo. Takođe, ako pitate 20 ljudi za rođendan, verovatnoća da ćete pronaći nekoga ko je rođen istog datuma je manja od 5 %, što je i dalje vrlo malo. Međutim, uz mali račun iz teorije verovatnoće lako se može pokazati da ako imate 23 ljudska bića u sobi, verovatnoća da će se dvoma od njih poklopiti rođendani iznosi tačno 50 %. A ako je 42 čoveka u sobi, verovatnoća je čak 90 %. I pored ovako velike verovatnoće ljudi će se uvek iznenaditi i obradovati kad sretnu dvoje poznanika kojima je rođendan istoga dana. Ukoliko vam ovaj paradoks izgleda neverovatan probajte da zamislite kalendar na kome će svako ko ulazi u sobu zaokružiti svoj rođendan. Kada druga osoba uđe u sobu, verovatnoća da se njegov rođendan neće poklopiti sa rođendanom prve osobe iznosiće 364/365. Kada treća osoba uđe u sobu, postojaće 363 nezaokružena dana, pa će verovatnoća da se rođendan treće osobe neće poklopiti sa rođendanima prve dve osobe iznositi 363/365. Stoga, za n ljudi, verovatnoća da se rođendani nikome neće poklopiti iznosiće  $364/365 \cdot 363/365 \cdot \dots \cdot (365 - n + 1)/365$ . Verovatnoća da će se rođendani barem dvojice učesnika rođendana poklopiti biće jednaka razlici broja jedan i gornjeg proizvoda. Ako uzmete da je broj n jednak broju prijatelja koji će doći na vaš rođendan, uz pomoć gornjeg izraza lako možete izračunati kolika će biti verovatnoća da će te na rođendanu pronaći barem dvoje prijatelja koji su se rodili istog datuma u godini. Paradoks rođendana, ali u svom opštijem smislu nalazi primenu i u drugim oblastima nauke, kao što su npr. kriptografija ili melanžni algoritmi.

### - Zašto neke svećice nikako neće da se ugase?

Ako ste ikada videli magične rođendanske svećice, onda znate da kada ih slavljениk ugasi duvajući u njih, one se same upale nakon nekoliko sekundi. Kada ugasio običnu sveću, žar sa fitilja stvara tanak dim parafina koji se podiže sa sveće. Taj žar je dovoljno topao da bi uzrokovao isparavanje male količine parafina, ali je nedovoljno vruć da bi ponovo zapalio paru parafina. U specijalnim rođendanskim svećama dodaje se magnezijum na fitilj (magnezijum gori, tj. jedini se sa kiseonikom stvarajući svetlost i toplotu na veoma niskoj temperaturi od samo 430°C, pa je stoga veoma pogodan za ovakvu primenu), pa žar oduvane

sveće ostaje dovoljno topao da može ponovo zapaliti parafin od koga je napravljena sveća i to na sledeći način. U gorećem fitilju, magnezijum je okružen kiseonikom i hladi se u tečnom parafinu, ali kada se plamen ugasi, prah magnezijuma se upali toplotom žara. Ako tada posmatrate žar videćete male svetleće tačke magnezijuma kako se razleću. Jedna od njih će preneti žaru dovoljno toplote da ponovo zapali gas parafina i plamen će opet buknuti.

### **- Šta su to prstenovi raspoloženja?**

Prstenovi raspoloženja su se prvi put pojavili tokom kasnih sedamdesetih godina 20. veka, a i danas se često mogu primetiti. Ako stavite jedan ovakav prsten na ruku, on će vam indicirati vaše trenutno raspoloženje. Ako mu je boja crna, znači da ste neraspoloženi, nervozni ili užurbani, ako mu je boja siva, znači da ste zabrinuti, zelena boja ukazuje na prosečno raspoloženje, dok svetlo plava i tamno plava boja ukazuju na smirenost, sreću, romantično i radosno raspoloženje. Kamenčić unutar prstena predstavlja ili staklenu ljusku napunjenu nekim termotropnim tečnim kristalom ili bistri stakleni kamen koji sedi na vrhu tankog sloja tečnog kristala. Molekuli tečnih kristala su veoma osetljivi i menjaju svoj položaj ili se uvrću, prepliću i raspliću u zavisnosti od temperature. Promene u njihovoj molekulskoj strukturi utiču na talasne dužine svetlosti koje ovi molekuli apsorbuju i reflektuju, što rezultuje u promeni boje kamena. Tako se, na primer, sa porastom temperature, molekuli tečnog kristala blago uvrću u jednom pravcu, što uzrokuje da tečnost u ovom stanju apsorbuje više crvenih i zelenih fotona, a reflektuje više plavih fotona. Tako, boja kamena postaje plavija. Kada stavite prsten oko prsta, unutrašnja strana prstena provodi toplotu sa vašeg prsta do tečnih kristala u kamenu. Zelena boja kamena koja predstavlja uobičajeno raspoloženje, kalibrisana je na tipičnu temperature kože od 28°C. Ukoliko vaša površinska temperatura varira manje ili više od normalne temperature, tada će doći do promena u strukturi tečnih kristala u kamenu i promeniće se reflektovana boja svetlosti. Ukoliko skinete prsten sa ruke, njegova boja će postati crna, osim ako okolna temperatura nije dovoljno visoka. Iako ovi tzv. prstenovi raspoloženja ne moraju da ukazuju na prava i istinska osećanja u nama, oni predstavljaju indikator nesvesne fizičke reakcije naših tela na određena raspoloženja. Kada se nalazimo u ushićenom raspoloženju, tada se kapilari približavaju površini kože i oslobađaju toplotu, što dovodi do blagog povećanja temperature naše kože.

### **- Kako se pravi magla u diskotekama?**

U disko-klubovima se koristi jedan od dva moguća načina za pravljenje magle. Postoje dimne mašine koje zagrevaju neku tečnost koja isparava i emituje paru u okolinu. Kada zaboravite da ste stavili tiganj sa uljem na uključenoj ringli, nešto slično se desi. Kuhinja se napuni dimom koji u slučaju ulja za prženje i nije baš prijatan za disanje. S druge strane, u dimnim mašinama se koriste najčešće ulja glicerina ili glikola pomešana sa vodom. Tako, npr. jedna od čestih komercijalnih dimnih mašina koristi tečnosti propilen glikol i trietilen glikol pomešane sa 20 % vode. Druga česta varijanta za pravljenje magle uključuje korišćenje suvog leda, tj. čvrstog ugljen dioksida, koji nije skup i može se nabaviti u većini postrojenja za proizvodnju leda. Kada ubacite komad suvog leda u toplu vodu, stvara se izuzetno gusta magla koja pada na dno sobe. Ovakva magla sastoji se od ugljen dioksida i vode, a pada na dno jer molekuli ova dva gasa imaju veću masu od molekula kiseonika i azota iz vazduha, pa ih i Zemljina gravitacija više privlači.

### **- Zašto neki ljudi trljaju oči kada im se spava?**

Iako trljanje očiju nije naročito dobra stvar, jer unosimo prašinu u oči, mnogi ljudi kada su pospani, imaju prosto neodoljivo potrebu da protrljaju oči pre nego što utonu u san. Trljanjem oka vršimo pritisak na očni mišić, kao i na krvne sudove u očnoj jabučici, što deluje stimulatивно na nerv vagus, usled njegove bliske veze sa nervima očiju. Vegetativni ili parasimpatički nervni sistem kontroliše nesvesne pokrete u telu, pa se time i objašnjava njegova uloga u naprezanju i opuštanju očnog mišića. Stoga, dejstvom pritiska na očni mišić, dolazi i do stimulacije celokupnog parasimpatičkog nervnog sistema, što se ogleda u usporavanju brzine otkucaja srca, a što dovodi do potpunog telesnog opuštanja, koje nas uvodi u miran san.

### **- Zašto ljudi zevaju?**

Zevanje predstavlja nehotičnu radnju kojom široko otvaramo usta i duboko udišemo, pri čemu se ritam srca ubrzava za oko 30 %. Postoji nekoliko teorija koje objašnjavaju zašto zevamo. Po fiziološkoj teoriji, zevamo da bismo uneli u sebe veće količine kiseonika, a izbacili višak ugljen dioksida. Na taj način, ova teorija objašnjava zevanje u grupama, tj. pojavu da ako zevnete u društvu, oko polovina vaših sagovornika će tokom narednih 5 minuta zevnuti za vama. Ipak, po ovoj teoriji bismo trebali da najviše zevamo dok vežbamo neku sportsku aktivnost, što se u stvarnosti nikada ne dešava. Po teoriji evolucije, zevanje je navika koju smo genetski nasledili od predaka, a koja predstavlja urođeni signal koji bi trebalo da nam stavi do znanja da promenimo aktivnost (ili da počnemo nešto da radimo), dok je po teoriji dosade, zevanje izazvano dosađivanjem, umorom i pospanošću. Iako češće zevamo kada smo umorni, ova teorija ne objašnjava zašto olimpijski atletičari zevaju neposredno pred početak takmičenja. Istraživanja su pokazala da ljudi zevaju još u majčinom stomaku (kao desetonedeljni fetus), a osim nas i mačke, psi, pa čak i ribe zevaju što nas dovodi do ideje da je zevanje oblik komunikacije koji je pod dejstvom nekog dela mozga čiju funkciju još uvek nismo proučili.

### **- Kako neke igračke svetlucaju u mraku?**

Verovatno ste nekada videli npr. jo-jo lopticu koja svetli u mraku, ili možda svetleći sat, mobilni telefon, lutku, a postoji čak i pidžama koja svetli u mraku. Ovakve stvari najčešće moraju biti držane izvesno vreme na svetlu kako bi upile energiju koju zatim koriste za svetljenje u tami. Ovo svetljenje, odnosno tzv. luminiscencija traje između 10 minuta i nekoliko sati u zavisnosti od osobina svetleće supstance. Karakteristično za sve stvari ovakvog tipa je da sadrže neku fosforescentnu supstancu koja može emitovati vidljivu svetlost nakon što je upila izvesnu količinu svetlosne energije. Osobina fosforescencija potiče od osobine fosfora, koji se sam najčešće primenjuje za izradu televizijskih ekrana, kao i kompjuterskih monitora i fluorescentnih svetiljki. Naime, TV ekran sadrži na hiljade malih fosfornih tačkica koje mogu emitovati crvenu, plavu ili zelenu boju, dok fluorescentne lampe sadrže osim fosfora i neki izvor ultraljubičaste svetlosti koji fosforu predaje energiju neophodnu za svetljenje. Danas, osim fosfora, postoji na hiljade supstanci koje poseduju osobinu fosforescencije, a sve ove supstance se razlikuju na osnovu: tipa energije koji zahtevaju kako bi počeli da svetle, boje vidljive svetlosti koju stvaraju i vremenske dužine svetljenja tokom držanja u mraku. Dve fosforescentne supstance koje se često koriste na svetlećim igračkama jer imaju veoma dug period svetljenja u mraku su: cink sulfid ( $ZnS$ ) i stroncijum aluminat ( $SrAl_2O_4$ ). U cilju pravljenja svetlećih igračaka, fosforescentna supstanca se u tečnom stanju meša sa plastikom, a ova smeša se zatim hladi u kalupima koji daju oblik igrački. Ponekad se mogu primetiti i svetleći predmeti kojima kao da ne treba nikakav izvor energije. Jedan od ovakvih primera bi mogli da budu stalno svetleći ručni satovi. Međutim, u

ovom slučaju je sama fosforescentna supstanca pomešana sa malom količinom nekog radioaktivnog elementa (npr. radijuma) koji emituje radioaktivno zračenje koje prenosi energiju fosforescentnoj supstanci i dovodi do njenog kontinualnog svetljenja.

### **- Kako neke igračke mogu da pričaju bez baterija?**

Smatra se da je Tomas Edison na našoj planeti 1877. godine napravio prvi uređaj za snimanje i reprodukciju zvuka. U Edisonovom fonografu, mogli smo nešto pričati ili svirati, a talasi pritiska (zvuk) su se prenosili na dijafragmu koja je direktno kontrolisala iglu koja je urezavala analogni signal na tankoj cilindričnoj foliji. Emil Berliner je 1887. godine, koristeći se Edisonovim izumom, pomoću ravne ploče sa spiralnom putanjom, napravio prvu gramofonsku ploču. Popularne *See'n'Say* igračke koriste se upravo istom ovom gramofonskom tehnologijom za stvaranje zvukova. Naime, srce svake *See'n'Say* igračke predstavlja plastični disk na kome su isto kao i na gramofonskoj ploči, jedan za drugim urezani svi zvukovi koje igračka može reprodukovati (najčešće između 10 i 26 rečenica). Navijanjem igračke zatežemo oprugu, a postepeno opuštanje ove opruge izaziva kretanje metalne igle po površini male gramofonske ploče. Metalna igla se vozi na jednoj od spiralnih putanja na ploči, i vibracije ugravirane u ploči se prenose na plastični kupasti zvučnik. Zvuk koji čujemo iz igračke predstavlja zapravo vibriranje ove plastične kupe.

### **- Kako neke igračke mogu da se voze pomoću daljinskog upravljača?**

Sigurno ste nekada videli voziće ili male automobile, a možda čak i robote, aviončiće ili brodiće koji se mogu voziti pomoću daljinskog upravljača. Naime, ovakve igračke se ponekad nazivaju radio kontrolisanim igračkama, a ovaj naziv potiče iz toga što dete držeći u ruci mali radio predajnik šalje radio talase ka prijemniku (antena i integrisano kolo) koji se nalazi u igrački, a koji aktivira motor u igrački u skladu sa naredbom koja je poslata sa predajnika. Najveći broj radio predajnika za igračke poseduju u svrhu napajanja jednu bateriju od 9 Volti, a šalju radio signal na frekvenciji od 27 ili 49 MegaHerca. Naime, ove dve frekvencije su dodeljene potrošačkim aparatima kao što su otvarači vrata od garaže, voki-tokii i daljinske igračke. Mnogi proizvođači igračaka prave parove igračaka koji rade odvojeno na ove dve frekvencije kako tokom trke ili igranja ne bi došlo do interferencije signala sa dva predajnika. Kada pritisnemo neko dugme na upravljaču, izazivamo zatvaranje električnog kola na određenom mestu integrisanog kola, što signalizira predajniku da pošalje određen broj pulseva na radio frekvenciji signala. Radio prijemnik u igrački se sastoji od kristala koji osciluje na određenoj frekvenciji, induktora i antene. Primljeni radio signal se u prijemniku prevodi u električni signal koji se zatim odvodi do integrisanog kola koje upravlja motorom uz pomoć baterija.

### **- Šta je to *dunking ducky*?**

*Dunking ducky* znači u prevodu gnjurajuće pače, što je popularan naziv za malu šuplju staklenu igračku oblika pačeta koje se klata napred-nazad i uranja svoj kljun u čašu vode ispred sebe. U staklenom pačetu se nalazi tečnost sa niskom temperaturom isparavanja. Kada ovo pače samo sedi u sobi, temperatura u njegovoj glavi i telu je ista i ništa neobično se ne dešava. Međutim, ako mu pokvasite kljun, voda sa površine kljuna će koristiti toplotu pačje glave za isparavanje, što će dovesti do snižavanja temperature glave pačeta i nešto pare tečnosti iz unutrašnjosti pačeta će se kondenzovati na unutrašnjim zidovima njegove glave. Stoga, opadaće i vazdušni pritisak unutar glave, što znači da tada pritisak vazduha u telu postaje veći od pritiska u glavi, što podstiče izjednačavanje pritiska u glavi i telu, pa se pare

tečnosti iz tela podižu ka glavi i deluju na nju tako da se ona povija unapred. Ako se ispred pačeta nalazi čaša sa vodom, onda će se ceo ovaj proces njegovog klaćenja ponavljati sve dok kljun pačeta bude dosežao vodenu površinu u čaši. Vazdušni pritisak u telu pačeta možete podići i ako ga držite u ruci neko vreme. Toplota sa vašeg dlana dovodi do dodatnog isparavanja tečnosti što izaziva tok pare u pačetovu glavu, a samim tim i inicira njegovo klaćenje.

### **- Da li više pokisnemo kada trčimo ili kada hodamo po kiši?**

Moja drugarica i ja smo sproveli test po ovom pitanju. Stavili smo jedan karton iznad naših glava i prošetali se na kiši duž prostora od tri metra. Kiša je sipila, tako da smo bili u mogućnosti da tačno vidimo broj kišnih kapi koje su pale na karton. Ispostavilo se da je količina kišnih kapljica koje su pale na karton približno ista bilo da trčiš ili da hodaš, samo da je vreme koje provedeš na kiši isto. To takođe znači da će osoba koja trči jedan kilometar nasuprot osobi koja isto rastojanje prepešači mnogo manje pokisnuti zbog manjeg vremena koje joj je potrebno da pređe jednako rastojanje.

### **- Šta je to *roller coaster*?**

Na prvi pogled, *roller coaster* (u prevodu “talasasti brod uz obalu”) podseća na običan putnički voz. Sastoji se od niza povezanih kola koja se kreću po šinama. Međutim, za razliku od putničkog voza, *roller coaster* ne poseduje motor niti bilo kakav drugi sopstveni izvor energije. Tokom najvećeg dela vožnje, *roller coaster* se kreće samo pod dejstvom sila inercije i gravitacije. Jedini utrošak energije se vrši tokom početnog uspinjanja na prvi (najveći) breg, što se najčešće vrši pomoću lanca (koji je povezan u petlju između vrha i dna prvog brega, a koji pokreće motor sa dna brega) ili katapulte (linearni indukcionni motori koji pomoću elektromagneta stvaraju dva magnetna polja - jedno ispred, a jedno iza voza). Svrha ovog podizanja je da se voziću preda određena količina potencijalne energije. Naime, što se *roller coaster* popne u veću visinu, to je veće rastojanje duž koga ga nadole može povući gravitacija. Potencijalna energija *roller coaster*-a se pretvara u kinetičku energiju čim voz počne da se spušta niz breg i on se tada ubrzava. Na dnu prvog brega, sva potencijalna energija stečena podizanjem na prvo brdo se pretvorila u kinetičku energiju, koja se penjući se uz sledeće, manje brdo, ponovo delimično pretvara u potencijalnu energiju. *Roller coaster* je specifičan i po svojim tzv. *loop-to-loop* deonicama tokom kojih se voz okreće naopačke, pri čemu putnici pod dejstvom sopstvene inercije bivaju privučeni naviše (odnosno ka dnu voza koje je tada okrenuto naopačke), pa ne mogu da ispadnu. Naime, u trenutku ulaska u *loop-to-loop* deonicu, voz poseduje više kinetičke nego potencijalne energije, pri čemu se potencijalna energija ponovo nagradi na vrhu ove uvrnute deonice, da bi se na izlasku iz nje, opet preobrazila u kinetičku energiju. U skoro svim *roller coaster*-ima, svaki naredni brežuljak posle početnog je sve manji i manji, jer se rezervoar potencijalne energije napunjen penjanjem uz prvi breg polako rasipa pod dejstvom trenja (odnosno stvaranja toplote) između vozića i šina, kao i između vozića i vazduha. U zavisnosti od strukture šina, postoje dva tipa *roller coaster*-a: drveni (metalni točkovi se obrću na metalnoj šipci koja je završena za snažne šine napravljene od lameliranog drveta) i moderniji čelični *roller coaster*-i (čelične šine se sastoje od para dugačkih čeličnih cevi, a točkovi voza su napravljene od poliuretana ili najlona).

### **- Zašto imamo čudan osećaj u stomaku kada se ljuljamo na ljuljašci ili vozimo na *roller coaster*-u?**

Gde god da se nalazimo na Zemlji, sila gravitacije nas uvek privlači ka njoj. Međutim, shodno Njutnovom zakonu akcije i reakcije, sila koju zapravo osećamo (tj. težina) nije povlačenje nadole, već sila usmerena nagore koja potiče od zemlje ispod nas koja nas sprečava da pod dejstvom Zemljine gravitacije propadnemo do centra planete. Ova sila gura naša stopala koja guraju noge, koje guraju karlicu i tako sve do glave. Dok se klackamo na klackalici, ljuljamo na ljuljašci ili vozimo na *roller coaster*-u, osim sile gravitacije, na nas deluje i ubrzanje. Mi nismo u stanju da osetimo da se krećemo nekom brzinom, već smo osetljivi samo na promene brzine, tj. na ubrzavanje ili usporavanje. Čim se naše kretanje (u odnosu na neki referentni sistem, npr. neku tačku na naizgled nepokretnoj Zemlji ispod nas) u *roller coaster*-u ubrza ili uspori osećamo da smo privučeni ka sedištu voza ili ka zaštitnom kaišu. Ovu silu privlačenja kao posledice ubrzanja osećamo zahvaljujući razlici u inerciji između nas i voza (ili između nas i ljuljaške). Njutnov prvi zakon kretanja nam kaže da telo nastavlja da se kreće određenom brzinom i u određenom pravcu sve dok neka spoljašnja sila ne počne da deluje na njega i ne promeni mu pravac kretanja i brzinu. Kada se ubrzavamo u vozu, sedišta nas gura napred, ubrzavajući naše kretanje. Međutim, mi ne osećamo da nas sedišta gura unapred, već da nas nešto gura ka sedištu. Drugim rečima, isto kao u slučaju gravitacije, silu koja nam predaje ubrzanje uvek osećamo u suprotnom smeru od onog u kome nas sila ubrzava. Kada se kola usporavaju, naša tela imaju pod dejstvom inercije težnju da nastave da se kreću unapred, pa nas zaštitni pojas gura unazad, usporavajući naše kretanje. Mi opet, ne osećamo da nas pojas gura unazad, već kao da nas sila iza nas gura unapred. Kada se brzo spuštamo nadole, gravitacija nas privlači nadole, dok izgleda kao da nas sila koja nam predaje ubrzanje, gura naviše. Kada ubrzanje dostigne određenu veličinu, ove dve sile se izjednačuju i mi postajemo bestežinski (slično putnicima u liftu koji pada). Međutim, ukoliko ubrzanje nadole postane još veće, tada ćemo imati osećaj da smo privučeni naviše. Ukoliko se ubrzavamo naviše, sila koja nam predaje ubrzanje i sila gravitacije nas zajedno povlače nadole i imamo osećaj da smo teži nego normalno. Kada bismo na sedišta ljuljaške (ili *roller coaster*-a) postavili vagu, videli bismo kako nam se težina stalno menja tokom ljuljanja. Upravo ova promena težine izaziva čudna osećanja u stomaku, jer su naši unutrašnji organi navikli da pritiskaju jedan drugog stalnim intenzitetom pod dejstvom sile gravitacije intenziteta kao kada se krećemo zajedno sa Zemljom. Kada se ubrzavamo (ili usporavamo), svaki od sastavnih delova naših tela se odvojeno ubrzava (ili usporava) shodno svojoj inerciji, što dovodi do talasanja u stomaku. Kada rezultujuća sila koja deluje na nas postane manja (pod dejstvom ubrzanja nadole) od sile gravitacije tokom mirovanja na Zemlji, naš stomak postaje lakši nego obično, što najčešće opisujemo kao jedinstveni osećaj propadanja u stomaku.

## **- Šta su to bazeni sa talasima?**

Naša moderna civilizacija je prepuna imitacija prirode. Ljudi ukrašavaju kuće sa veštačkim božićnim drvećem, nose veštačku kosu, igraju igre na veštačkoj travi, grade zoološke vrtove od veštačkog kamenja, pravimo veštačka srca, a postoje čak i veštačke obale mora, odnosno bazeni u kojima se na svakih nekoliko minuta pojavljuju talasi, kao kada na moru prođe brod. Sve što nam je potrebno da bismo napravili bazen sa talasima je naravno bazen napunjen vodom i nešto pomoću čega bismo stvarali talase pritiska u vodi, kao npr. jaka vazдушna struja duž površine vode, rotirajuće krilo (kao na parobrodima) ili oscilirajući ronilac. U vodenom parku *Emerald Pointe* u gradu Grinsboro u Severnoj Karolini, postoji bazen sa talasima koji koristi vazduh pod pritiskom radi stvaranja malih talasića. Naime, u sobi koja je ispod nivoa bazena, nalazi se pumpa, kao i brzo rotirajući ventilator koji duva vazduh u metalnu cev čiji je izduvni otvor na dnu dela bazena odakle kreću talasi. Na sredini pumpe se nalazi leptirasti ventil, široki disk sa metalnom šipkom koja se obrće duž ose

rotacije diska. Kada se šipka okreće na jednu stranu, disk zauzima normalan položaj u odnosu na zidove cevi, blokirajući tok vazduha. Međutim, kada se šipka okrene na drugu stranu, disk se pomera paralelno sa zidovima suda tako da vazduh nastavlja put kroz cev ka dnu bazena. Hidraulični klip okreće šipku napred i nazad, omogućavajući tako kratkim naletima vazduha pod pritiskom da prođu kroz izlazni otvor cevi. Nagomilani vazduh u cevi naglo predaje energiju vodi, slično kao kada bacimo kamenčić u vodu, i dolazi do stvaranja talasa. Na ovaj način se mogu stvarati mali talasići, ali da bismo pravili talase na kojima bismo mogli da surfujemo, koristimo se drugačijom tehnikom. Umesto da guramo vodu pomoću vazduha ili vesla, talasni sistem u ovom slučaju ispušta veliku zapreminu vode u dubokom kraju bazena, a talas se širi sve do obale bazena, nakon čega se nivo vode ponovo uravnotežava. Ovakvi bazeni sa talasima se sastoje od: sistema za pumpanje vode, rezervoara za vodu, niza otpustnih ventila na dnu rezervoara, džinovskog bazena i povratnog kanala koji vodi od plaže bazena do sistema za pumpanje vode. Sistem pumpi povlači vodu iz povratnog kanala u rezervoar, a kada nivo vode u njemu postane dovoljno veliki, sistem otvara otpustne ventile sa dna rezervoara i voda se ispušta u bazen stvarajući veliki talas koji ide sve do obale na kojoj se preliva i odlazi kroz povratne cevi do rezervoara itd. *Thunder Bay* iz *Emeralde Pointe* parka je jedan od bazena ovakvog tipa, u dubljem delu bazena je dubok 26 metara, dugačak je 126 metara, sadrži 7,6 miliona vode, a pri stvaranju talasa se ispušta 341 000 litara vode.

## - Šta su to vodena klizališta?

Za razliku od ledenih klizališta na kojima se pomoću klizaljki (ili i bez njih) možemo klizati ili igrati hokej, vodena klizališta predstavljaju višestruke tobogane koji poseduju iste principe putovanja kao i *roller coaster*-i, samo što su mokri, nemaju sedišta, a ni sigurnosne pojaseve. Voziće na *roller coaster*-u pokreće gravitacija. Kada se uspnemo na prvi breg, povećavamo našu potencijalnu energiju u gravitacionom polju Zemlje, koja se spuštanjem ka Zemlji prevodi u kinetičku energiju, koja se zatim opet prevodi u potencijalnu tokom uspinjanja na sledeći breg itd. S druge strane, na vodenim klizalištima se ne uspinjemo na breg, već se penjemo uz stepenice kako bismo povećali našu potencijalnu energiju, koja se zatim prevodi u energiju kretanja čim skliznemo niz tobogan. Za razliku od vozića *coaster*-a koja poseduju točkice kako bi se smanjilo trenje između voza i šina (kako bi voz mogao da se kreće), kroz vodena klizališta se stalno propušta vodena struja koja teče od početka do dna klizališta, a koja ima za cilj da smanji trenje između nas i klizališta, kako bismo mogli da klizimo duž staze. Mali tobogani koji se mogu videti u parkovima ili dvorištima napravljeni su od glatkih staklenih vlakana koja su izlivena u obliku tobogana koji se održava na metalnom okviru. I većina vodenih klizališta iz vodenih parkova širom planete, napravljena je od istog materijala, samo što je oblik ovih klizališta izuzetno raznovrstan. Slično delovima dečjih železnica koje se uklapaju jedan u drugi, i posebno izliveni delovi ovih klizališta se kače jedan za drugi kako bi se dobile džinovske konstrukcije kroz koje se vozimo na vodi i po nekoliko minuta. Konstrukcija klizališta se oslanja na čelične grede. Najveći broj vodenih klizališta stvara konstantnu struju vode duž klizališta uz pomoć pumpe, koja se nalazi u zgradi ispod nivoa klizališta. Motor pumpe okreće osovinu koja je vezana za propeler. Rotirajuća krila propelera pokreću vodu unapred, na sličan način kao što avionski propeler pokreće čestice vazduha. Pumpa povlači vodu iz dna bazena gde se sliva voda iz klizališta i gura je nagore duž uske cevi sve do vrha klizališta. Tokom svog recikliranja, voda prolazi i kroz filter u vidu velikog suda ispunjenog peskom ispod koga se nalazi sloj šljunka. Naime, oštre ivice zrnaca peska zahvataju i vezuju na svojoj površinu čestice prašine iz vode i na taj način je čiste. Noću, čuvari parka puštaju vodu kroz filtere u suprotnom smeru. Na taj način se filteri čiste, a ova noćna voda odlazi u kanalizacionu cev. Pošto svaki bazen stalno gubi vodu putem filterovanja, isparavanja i odnošenja na telima i odeći kupača, količina vode se i u ovom

sistemu stalno mora obnavljati putem dovođenja ili iz bunara ili iz gradske vodovodne mreže. Jedan od najnovijih tipova vodenih klizališta su i vodeni *coaster*-i u kojima sistem pumpi na nekoliko mesta duž staze stvara mlazova vode koji nas podižu u visinu do sledećeg brega staze. Na ovaj način se slično *roller coaster*-u omogućava vožnja duž nekoliko krugova oko staze, bez potrebe da se na kraju staze usporimo i spljuštimo u bazen.



## 12. U vazduhu

### - Zašto je nebo plavo?

Kada ne bi bilo Zemljine atmosfere između nas i Sunca, nebo bi preko dana, kao i preko noći bilo crno, a Sunce bi bilo samo još jedan tačkasti izvor svetlosti zajedno sa svim drugim zvezdama na nebu. Međutim, za razliku od ostalih planeta Sunčevog sistema, na našoj planeti postoji vazduh (tj. gasoviti sloj – atmosfera sa 78 % azota, 21 % kiseonika i 0,9 % argona što odgovara sastavu vazduha), a upravo je on taj koji nebu daje plavu boju. Naime, postoji prirodna pojava koja se zove Rejljevsko rasejanje svetlosti, a koja predstavlja rasipanje svetlosti (njeno skretanje od prvobitnog pravca prostiranja i odbijanje na sve strane) prilikom njenog prolaska kroz čestice čiji je prečnik približno jednak jednoj desetini talasne dužine upadne svetlosti. Sunčeva svetlost se sastoji iz svih boja, ali usled toga što elementi iz atmosfere, a pre svega kiseonik i azot od svih boja iz spektra najbolje prelamaju svetlost malih talasnih dužina, što u vidljivom spektru odgovara plavim nijansama, mi onda i nebo vidimo u plavoj boji.

### - Zašto se oblaci i ozon nalaze u atmosferi iznad vazduha?

Iako nam sa Zemlje izgleda kao da oblaci vodene pare plutaju na vazduhu, oni u stvari bivaju nošeni vetrom. Gustina gasa na određenom pritisku i temperaturi srazmerna je njegovoj molekulskoj masi. Molekuli vodene pare imaju molekulsku masu od 18 grama po molu (jedan mol sadrži  $6,02 \cdot 10^{23}$  molekula), i lakši su od svih drugih glavnih sastojaka atmosfere (kiseonik-32, azot-28, ugljen dioksid-44, ozon-48). Vodena para je u stanju da se na dovoljno niskoj temperaturi kakva vlada u visokim slojevima atmosfere, kondenzuje stvarajući kapljice tečne vode i kristaliće leda koji zajedno sačinjavaju oblake. Kapi vode su gušće od okolnog vazduha i teže padanju ka Zemljinom tlu pod dejstvom gravitacije, ali trenje sa vazduhom sprečava padanje oblaka velikom brzinom. Brzina padanja oblaka je najčešće manja od brzine podizanja okolnog toplog i vlažnog vazduha iz koga je oblak i nastao, pa stoga oblak i ne uspeva da bude privučen gravitacionom silom Zemlje. Međutim, ukoliko kapljice vode porastu vezivanjem okolnih molekula vode za svoju zapreminu ili sjedinjavanjem sa drugim kapljicama, nadole upravljena sila gravitacije (koja je proporcionalna sa masom vodenih kapi, odnosno sa  $r^3$ , gde je  $r$  poluprečnik kapi) postaje intenzivnija od nagore upravljene sile trenja (proporcionalne sa  $r^2$ ) i kapljice će pasti na zemlju u obliku kiše. Ipak, koliko je jedan oblak lakši od okolnog vazduha možemo lako izračunati. Naime, zamislimo jedan oblak na nadmorskoj visini od oko 3 kilometra, čija je zapremina jednaka jednom kubnom kilometru, a gustina vodenih kapljica iznosi oko 1 gram po kubnom metru. Stoga, ukupna masa ovakvog oblaka iznosi oko million kilograma, dok bi masa vazduha u istoj ovoj zapremini koju zauzima oblak bila 1000 puta veća. Razlog ovako male gustine vode u oblacima je naravno, u malim razmerama vodenih kapljica (od hiljaditog do nekoliko stotih delova milimetra u poluprečniku) i ledenih čestica između kojih se nalazi prilično veliki razmak. Ozon nastaje u veoma visokom sloju atmosfere koji se zove stratosfera (iznad visine od 120 km), u procesu disocijacije kiseonika pod dejstvom ultraljubičaste svetlosti sa Sunca, ali je njegova brzina razlaganja i ponovnog nastajanja isuviše brza da bi stigao da pod dejstvom gravitacije padne na zemlju.

### - Zašto avion ima krila?

Krila su avionu neophodna, jer se pomoću njih energija koju proizvodi motor aviona prevodi u njegovo podizanje u visinu. Avioni su pomoću svojih krila u stanju da se penju u visinu, kao i da ostaju na njoj pomoću dva fizička efekta, a to su: Bernulijev efekat i prenos impulsa u vazдушnom toku. Da bi se izvelo podizanje pomoću Bernulijevog efekta, poprečni presek avionskog krila se oblikuje do oblika suze, sa iskrivljenom gornjom, a ravnom donjom površinom, pa je tako rastojanje od prednjeg do zadnjeg kraja krila duže iznad nego ispod njega. Sa kretanjem aviona, vazduh prolazi kako iznad tako i ispod oba krila. Zbog većeg rastojanja koje čestice vazduha prelaze duž gornje površine krila, one se po njoj moraju kretati brže, a što se brže kreće vazduh, to je manji njegov tangencijalni pritisak, pa je stoga vazdušni pritisak manji iznad, nego ispod avionskog krila. Ova razlika u pritisku između vrha i dna avionskih krila, rezultuje u nagore usmerenoj sili, tj. u podizanju krila. Podizanje, takođe, može biti izvedeno i pomoću dinamičkog transfera impulsa sa vazdušne struje, a u ovom slučaju, nagib krila, tj. ugao između njegove ravni i pravca kretanja aviona, dovodi do skretanja čestica vazduha koje udaraju u donju površinu krila u letu, što dovodi do predavanja nadole usmerenog impulsa česticama vazduha. U skladu sa Njutnovim zakonom akcije i reakcije, pod dejstvom nadole usmerene sile, pojavljuje se i kompenzujuća sila koja je usmerena nagore i jednaka brzini promene impulsa. Ovaj isti princip stvara dovoljno jaku nagore usmerenu silu kod skijaša na vodi. I Bernulijev efekat i efekat transfera impulsa zavise od glatkoće laminarnog toka vazduha oko krila. Nasuprot nagore usmerene sile podizanja aviona, postoji stalna nadole usmerena sila gravitacije, a isto tako, kretanju aviona se suprotstavljaju čestice vazduha, što stvara trenje, tj. silu koja je usmerena u suprotnom pravcu od kretanja aviona. Takođe, različiti faktori mogu dovesti do pojave turbulencije u vazduhu, što smanjuje podizanje i povećava trenje, a što dovodi do smanjenja ukupne efikasnosti avionskog leta.

## **- Kako ptice mogu da lete?**

Ptice predstavljaju životinje sa perjem i krilima, a premda skoro sve vrste ptica mogu da lete, postoje i neke vrste koje ne umeju da lete, kao npr. nojevi (najveće i najteže zemaljske ptice koje mogu da trče brzinama i od 65 km/h) ili pingvini. Iako postoje insekti koji poseduju krila, ptice su jedine pernate životinje. Ptice se nalazi na svim mestima na našoj planeti uključujući i arktičke tundre, Saharu i pučinu hiljadama kilometara udaljenu od najbližeg kopna (premda moraju doći na kopno kako bi podigli mlade), s obzirom da mogu da prelete i preko najvećih planina, a neke ptice mogu da zarone u more do dubina većih od 250 metara. Ptice i ljudi su veoma slični po tome što se i jedni i drugi više oslanjaju na čula vida i sluha, nego na čulo mirisa kao što je slučaj sa ostalim životinjskim vrstama. Ipak, za razliku od ljudi, ptice su svojim telesnim osobinama predodređene da provode svoje vreme leteći kroz vazduh. Naime, ptičje kosti nisu ispunjene koštanom srži, već su šuplje što ih čini veoma laganim za letenje, kao i pogodnim za lako rasipanje toplote tokom leta. Takođe, ptice poseduju jadic (odnosno, spojeni levi i desni analog ljudske ključne kosti) koji tokom leta apsorbuje udarne talasa mahanja krila i ponaša se slično elastičnoj opruzi tako da omogućava ptici da diše dok leti, a ptice umesto zuba i vilice poseduju samo kljun, što im znatno smanjuje težinu. Ptice imaju i veoma brz metabolizam (hemijske reakcije u kojima se oslobađa energija iz hrane), što im omogućava letenje koje zahteva velike količine energije. Da bi održale ovako visok metabolizam, ptice su veoma tople (oko 40 do 42°C), a i veoma brzo dišu kako bi unosile što više kiseonika u telo. Naime, od svih živih bića na Zemlji, ptice najbrže dišu, pa tako npr. golubovi udahnu vazduh oko 450 puta u minutu. Takođe, i krv se veoma brzo pumpa kroz krvotok, jer velika ptičja srca kucaju veoma brzo i to između 400 i 1000 otkucaja u minutu. Osnovna pera na krilima ptice su pričvršćena za bočne strane grudne kosti pomoću mišića koji su za samu kost pričvršćeni tetivom, dok su ostala pera koja služe kao oslonac osnovnim

perima, na isti način vezana sa gornjim delom grudne kosti. Svako pero raspolaže svojim sopstvenim mišićem (koja se sva nalaze u grudnom delu ptice), tako da ptica tokom leta može da upravlja svakim pojedinačnim perom. Ptice postižu podizanje u visinu pomoću potiskivanja vazduha ispod krila nadole, što u skladu sa Njutnovim zakonom akcije i reakcije izaziva reakcionu silu koja gura krila ptice, a time i samu pticu naviše. Efektu podizanja doprinosi i oblik krila koji je takav da je gornja površina blago konveksna, dok je donja površina blago konkavna. Deo krila koji je blizu grudima ptice, pomera se gore – dole, dok se istovremeno vrh krila pomera po kružnoj putanji ubrzavajući pticu unapred. Oblik ptičjih krila definiše njen način leta, pa tako ptice dugačkih i usmerenih krila (kao npr. galebovi ili albatrosi) mogu da klize (odnosno plutaju) kroz vazduh ili da lebde u njemu, dok male ptice hitro mašu krilima tokom leta. Skoro sve ptice imaju i pernati rep koji im znatno pomaže prilikom održavanja ili menjanja pravca leta, kao i prilikom sletanja kada se rep usmerava nadole tako da se ponaša kao kočnice. Inače, ptice umeju veoma lepo da pevaju, a neke vrste ptica pevačica, kao što je npr. šumski kos, mogu istovremeno da otpevaju dva različita tona, s obzirom da za razliku od ljudi, mogu dve glasovne membrane u grlu da pokreću nezavisno jednu od druge.

### **- Zašto najbolje lete papirni aviončići sa malim krilima?**

Svako telo u prirodi može posedovati aerodinamičke osobine, odnosno sposobnost podizanja u vazduhu, ukoliko se baci pravilno. U skladu sa drugim Njutnovim zakonom, sila (u slučaju aviona, ta sila je aerodinamičko podizanje) je jednaka brzini promene impulsa tela (proizvoda njegove mase i brzine), odnosno matematički rečeno, prvom izvodu impulsa po vremenu. Ukoliko se papirnati avion ne baci tako da linija koja povezuje njegov nos i rep bude nagnuta pod uglom u odnosu na pravac leta, avion neće moći da se podigne. Međutim, ukoliko je nos aviona nagnut pod uglom u odnosu na pravac leta, tada će se vazduh koji udara o donju stranu krila (sila akcije) odbijati nadole, što će stvarati odgovarajuće podizanje (sila reakcije) aviona. Većina papirnih aviona teži da se izoblikuje tako da najveći deo težine bude skoncentrisan u zadnjem delu aviona, što izaziva spuštanje ovog, zadnjeg dela, a time i povoljno nagnjanje aviona u odnosu na pravac leta. Ipak, krila aviona najčešće čine najveći deo njegove težine, što se suprotstavlja težnji ka težem zadnjem delu aviona. Međutim, list papira ne možemo da bacimo toliko daleko kao kamen iste težine, usled trenja koje predstavlja kombinaciju otpora vazduha i izazvane turbulencije kretanjem kroz vazdušni fluid. Otpor koji vazduh pruža kretanju naziva se viskoznošću i srazmeran je površini poprečnog preseka tela koje putuje kroz vazduh. Turbulencija nastaje kao posledica skretanja vazdušnih struja i formiranja virova oko pokretnog tela. Turbulencija je takođe proporcionalna površini tela, ali se znatno smanjuje oblikovanjem tela tako da struje fluida što je moguće više pravolinijski teku pored njega (ovaj efekat se postiže dobro oblikovanim krilima). Idealan oblik je u ovom slučaju izdužen i tanak, a slično streli, sužen u pravcu leta, sa što je moguće manjom površinom za datu težinu. Takođe, donja površina aviončića bi trebalo da bude što ravnija. Kod pravih aviona, dugačka i sužena krila na sredini trupa su uravnotežena sa malim, horizontalnim krilima u blizini repa. Ipak, papir je isuviše tanak i lagan materijal za ovakav dizajn, pa bi se prilikom lansiranja isuviše preoblikovao, što bi dovelo do gubljenja aerodinamičnih karakteristika. Avioni od papira se najčešće prave sa jednim krilom oblika slova delta ( $\Delta$ ), mada su sa samo jednim presavijanjem papira, krila prevelika, kao i trenje sa vazduhom, što dovodi do usporavanja aviona. Manja krila, napravljena putem višestrukog presavijanja papirnog lista, znatno bolje zadržavaju svoj oblik tokom poletanja i mogu biti napravljena sa blagom konveksnom (ispupčenom) zakrivljenošću na gornjoj površini kako bi se povećalo podizanje. Takođe, manje, zbijenije strukture koncentrišu masu kako bi se povećao impuls tokom lansiranja sa što manjim pratećim povećanjem trenja. Jedan od načina

za postizanje ovog efekta je da pomerimo  $\Delta$ -krila što je moguće više napred, a da uravnotežimo podizanje sa dugačkim ravnim trupom, a sve sa repom savijenim u obliku slova V kako bi se sprečilo skretanje tokom leta.

### **- Kako avioni mogu da se okreću naopačke u vazduhu?**

Motorni sistem svih automobila ili aviona zavisi od gravitacije koja povlači gorivo iz rezervoara (lociranog u krilima kod aviona) u motor. Za razliku od visokokrilih jednokrila, koji bi se blokirali ukoliko bi pokušali da se obrću u vazduhu, moderni aerobatski avioni su u stanju da lete naopačke i da prave osmice i petlje u vazduhu. Postoje dva načina za izvođenje dovoda goriva u motor pri obrnutom letu. Kod aerobatskih aviona visokih performansi kao što su aerobatski dvokrilci, rezervoar sa gorivom se nalazi u trupu aviona ispred pilotovih kolena, a u unutrašnjosti rezervoara se nalazi elastično crevo sa tegom koji je zakačen za slobodni kraj creva. Kada se avion okrene naopačke, ovo crevo, zbog svoje težine, pada na vrh rezervoara i uvlači gorivo sa njegovog vrha. Kada se avion ponovo vrati u normalni položaj, crevo zbog tega koji je vezan za njega, opet pada na dno i nastavlja proces uvlačenja goriva. Ovo je veoma praktičan dizajn, jer koristi samo jedan rezervoar, i motor ima pristup gorivu bilo da je avion okrenut ulevo, udesno ili skroz naopačke. Drugo rešenje problema dovoda goriva u motor, koristi se uglavnom u visokokrilih jednokrlicima, kao što je *Super Decathlon*. U ovom tipu aviona, glavni rezervoar sa gorivom se nalazi u krilima, koja su znatno iznad motora. Za potrebe aerobatskih letova, u avion se ugrađuje dodatni rezervoar koji je u visini pilotovih nogu, i koji je povezan sa usisavajućom stranom gorivne pumpe. Kada se avion okrene naopačke, pomoćni rezervoar se, za razliku od glavnog, nalazi iznad motora i pod dejstvom gravitacije, gorivo iz njega teče ka gorivnoj pumpi. U ovim avionima, postoji i kontrolni ventil u liniji koja povezuje glavni i pomoćni rezervoar, i služi da sprečava isticanje goriva iz pomoćnog rezervoara u glavni kada je avion okrenut naopačke. U *Decathlon*-u, pomoćni rezervoar sadrži dovoljno goriva za oko dva minuta leta naglavačke.

### **- Kako neki avioni pišu po nebu?**

Pošto piloti koji upravljaju avionima koji pišu slova po nebu, istovremeno i prolaze kroz svoje rečenice, oni stoga nisu u stanju da precizno sagledavaju šta pišu, već se najčešće koriste unapred određenim planom leta koji je ispisan na monitoru u pilotskoj kabini. Kada pišemo olovkom na papiru, naša slova se pojavljuju jedno po jedno sa leve na desnu stranu (osim ako nismo Arapi). S druge strane, piloti su najčešće prinuđeni da iscertavaju slova redosledom za koji je potrebno provesti najmanje vremena u vazduhu, a pošto avion ne može baš tako naglo da se okreće kao naša ruka koja piše po papiru (jer su avioni masivniji od naših ruku, pa je stoga i njihova inercija veća), a i ne bi trebalo da proleće kroz već iscertana slova ili delove slova, tako avioni ispisuju slova drugačije nego mi. Slova se u atmosferi mogu ispisivati i unazad kada je vetar takav da preti da oduva iscertana prednja slova, a slova se mogu ispisivati i na različitim nadmorskim visinama kako bi pilot jasnije sagledavao šta je već ispisano. U posebnom rezervoaru ovakvih aviona nalazi se ulje koje se po komandi pilota automatski uvodi u ispusnu struju mlaznog motora aviona, gde isparava, stvarajući beli oblak koji je prilično postojan na visinama između 2500 i 4000 metara na kojima se izvodi ovakvo pisanje. Slova su veličine oko jednog kilometra, a pošto avion tokom pisanja leti brzinama između 125 i 250 km/h, potrebno mu je oko 20 sekundi za iscertavanje jedne dugačke crte u slovu (pri čemu, pilot pažljivo održava smer igle na kompasu, kako bi linija bila potpuno prava). Piloti moraju da imaju neki orijentir na Zemlji, u koju svrhu oni najčešće koriste automobilski put ili vozne šine, a čitava poruka se mora ispisati za što manje vremena, pogotovo ukoliko na visini slova postoji jak vetar. Međutim, moderni sistemi za pisanje po

nebu, koriste se specijalnom radio opremom koja po programu proizvodi kratke pulseve para ulja koji u vazduhu formiraju male bele loptice, tako da ovakav sistem podseća na iscrtavanje pojedinačnih piksela prilikom štampanja na papiru. Naime, 7 aviona lete uporedo, a centralni avion poseduje radio opremu koja sinhronizuje rad ostalih 6 aviona, pa njihov zajednički rad zaista podseća na rad jednog džinovskog štampača, s obzirom da avioni prebrisuju sve linije na imaginarnom ekranu, a dati natpis se formira pomoću kratkih uljnih pulseva, tako da se na ovaj, moderniji način i duže poruke za kraće vreme mogu smestiti na znatno manjem prostoru nego što je to bio slučaj sa starim avionima, a i manja veština prilikom upravljanja je potrebna nego kod starog tipa crtanja.

### **- Zašto nam se zapuše uši kada se vozimo avionom?**

Naše uho se sastoji iz spoljašnjeg, srednjeg i unutrašnjeg uha. Spoljašnje uho se opet sastoji iz ušne školjke i spoljašnjeg ušnog kanala. Kada zvučni talasi iz vazduha ili vode uđu u školjku, oni dalje putuju kroz ovaj kanal, a na kraju kanala se nalazi tanka membrana koja se naziva bubnom opnom i koja razdvaja spoljašnje uho od unutrašnjeg uha. Spoljašnjost naše bubne opne je stalno izložena pritisku vazduha koji je najčešće približno jednak jednoj atmosferi, odnosno 101 325 Paskala. Gde god se nalazili, prostor unutar bubne opne je obično na istom pritisku kao i okolina. Ova regulacija pritiska se izvodi pomoću jedne cevi koja se naziva Eustahijevom trubom, a čiji se jedan otvoreni kraj nalazi u srednjem uhu, dok je drugi u zadnjem delu grla i najčešće je blago stisnut, odnosno samo blago otvoren. Svaki put kada gutamo ili zevnemo, ovaj kraj se otvori taman toliko da bi propustio vazduh do izjednačenja unutrašnjeg pritiska sa spoljašnjim. Kada se penjemo u visinu, npr. avionom, onda odlazimo u oblast niskog vazdušnog pritiska. Vazduh u uhu je na većem pritisku od vazduha spolja pa osećamo da su nam uši zapušene, sve dok višak vazduha ne uspe da izađe kroz Eustahijevu trubu u grlo ponovo izjednačujući unutrašnji pritisak sa spoljašnjim. Slična stvar se događa i kada slećemo avionom, odnosno kada prelazimo iz oblasti nižeg u oblast višeg vazdušnog pritiska, a premda je očigledno zašto se ova pojava dešava pod otvorenim nebom, postavlja se pitanje odakle potiču ove promene pritiska ukoliko se unutrašnjost putničkog aviona nalazi pod pritiskom. Naime, avioni lete na nadmorskoj visini od oko 12 km gde je pritisak vazduha 5 puta manji od vazdušnog pritiska na nivou mora (atmosferskog pritiska), a nadmorska visina od 5 km predstavlja granicu niskog pritiska do koje možemo funkcionisati bez upotrebe boce za disanje. Kada bi se u avionu održavao stalno pritisak od jedne atmosfere (koji postoji na nivou mora), tada bi postojala opasnost da visok unutrašnji pritisak (u odnosu na nizak spoljašnji pritisak) raznese trup aviona. Stoga se na visini krstarenja *Boeing* aviona održava minimalan pritisak koji je jednak onome koji vlada na nadmorskoj visini od oko 2500 metara. Jedna od prednosti *Concord* aviona, osim veće brzine krstarenja od *Boeing*-a je i posedovanje veoma snažnog trupa usled čega je unutrašnji pritisak na velikim visinama stalno jednak pritisku koji vlada na nadmorskoj visini od 900 metara.

### **- Zašto avioni lete tako visoko?**

Nadmorska visina krstarenja *Boeinga 747-400* iznosi 10 688 metara, *Concord*-a 18 300 metara, a buduće sonične krstarice 13 000 metara. Gustina atmosfere eksponencijalno opada sa nadmorskom visinom, pa što se avion popenje u veću visinu, to će biti okružen sa manje čestica vazduha, pa će stoga trenje sa njima biti manje i avion će lakše moći da plovi vazduhom. Uticaj nadmorske visine na brzinu leta aviona se najčešće opisuje uporednim merenjem dve avionske brzine: vazdušne brzine sa pokazivača (Pitootve tube) i stvarne vazdušne brzine. Naime, na nivou mora ove dve brzine su jednake. Međutim, što se vinemo u veću visinu, to će vazduh tamo gore biti ređi. Stoga će i merač brzine aviona uvek pokazivati

manju brzinu od stvarne brzine, a na visini krstarenja, brzina aviona koju daje pokazivač će biti dvostruko manja od stvarne brzine aviona. Stoga, ukoliko se penjemo u visinu sa istom brzinom na pokazivaču, mi ćemo zapravo ubrzavati naše kretanje u odnosu na Zemlju. Motori komercijalnih aviona su dizajnirani tako da najefikasnije rade na visini krstarenja. Mlazni motori postižu propulziju aviona putem zagrevanja okolnog vazduha, a pošto je vazduh na većim nadmorskim visinama hladniji, tada postoji veća temperaturna razlika između okolnog vazduha i mlaza, tako da se postiže veća efikasnost motora. Takođe, leteći na visinama od preko 10 kilometara, avioni ostavljaju ispod sebe sloj troposfere u kome se dešavaju oluje, grmljavine, mešanje vazdušnih struja i turbulencije vazduha. Razlog zašto se avion ne penje u još veće visine je u tome što bi u slučaju isuviše male gustine vazduha i pritisak iznad krila bio nedovoljan da održava avion u stabilnom položaju. Takođe, iznad nadmorske visine od oko 8 i po kilometara, stvarna brzina aviona postaje ograničena brzinom zvuka. Najveći broj modernih komercijalnih aviona poseduje maksimalnu brzinu leta od 0,8 do 0,9 Maha (1 Mah je jednak brzini zvuka u vazduhu), a u uobičajenom slučaju krstare brzinom od između 0,78 i 0,85 Maha. Ukoliko avion prekorači brzinu od jednog Maha, tada vazduh oko njega počinje da se kreće većom brzinom od zvuka što može dovesti do naglih podizanja aviona, što otežava upravljanje njime. Brzina zvuka u vazduhu zavisi od njegove temperature, a pošto se sa porastom nadmorske visine, temperatura vazduha smanjuje, tako će i brzina zvuka opadati, pa će stoga opadati i maksimalna brzina leta aviona.

### **- Ako kružimo avionom iznad neke oblasti na Zemlji, zašto se kroz pola dana ne nalazi ispod nas druga strana planete?**

Ovo pitanje je slično pitanju zašto se Zemlja ne pomeri ispod naših nogu kada skočimo u vis. Ako se nalazimo u avionu koji kruži iznad nekog mesta, ili u helikopteru koji samo stoji u jednom mestu, u oba slučaja se naša letelica nalazi u vazduhu, koji se pomera zajedno sa Zemljom ispod nas. Probajte da dok sedite u toj letelici, bacite npr. ping-pong lopticu u vis, i naravno videćete da neće biti odnešena unazad, već će u skladu sa zakonom o održanju impulsa, pasti isto onako kao da se nalazite u nekom nepokretnom sistemu. I zaista, loptica i vi u avionu ste u sličnom inercijalnom sistemu, kao i avion i vazduh na Zemlji. Drugim rečima, Zemlja i njena vazдушna atmosfera se zajedno vrte u krug oko Zemljine ose rotacije. Prvi Njutnov zakon kaže da tela u kretanju nastavljaju da se kreću sve dok ih neke spoljne sile ne ubrzaju ili uspore. U slučaju našeg radoznalog skakača, ping-pong loptice ili aviona/helikoptera koji kruži ili stoji u mestu, njihovo početno horizontalno kretanje (tj. ugaono kretanje zajedno sa celom Zemljom) traje čak i kada napuste Zemljinu površinu i vinu se u visine. Zemljin ekvator je dugačak oko 38 miliona metara, pa ako podelimo ovu dužinu sa 24 časa, dobićemo brzinu rotiranja Zemlje na ekvatoru koja iznosi oko 460 metara u sekundi. Uragan dostiže brzine od oko 70 metara u sekundi, pa samo zamislite kakav bi to bio vetar kada se vazduh iznad Zemlje ne bi okretao istom brzinom kao i Zemlja ispod. Ovaj efekat očuvanja impulsa, je i razlog zašto se sateliti skoro uvek lansiraju u pravcu istoka i u blizini ekvatora, jer tada im Zemljino kretanje pruža najviše "slobodnog" impulsa i pre nego što se raketa otisne u vazduh.

### **- Koliko brzo bismo trebali da letimo oko Zemlje da bi Sunce bilo uvek pod istim uglom iznad nas?**

Pretpostavimo da se nalazimo u avionu koji putuje u pravcu zapada, duž ekvatora. Vremenske zone se menjaju na svakih 1609 km, pa ako želimo da na svakih sat vremena vraćamo kazaljku na satu za po jedan sat unazad ili da slobodno zaustavimo kretanje kazaljke na satu, brzina kojom bi se kretao naš avion, a i mi u njemu, trebalo bi da bude jednaka brzini

od 1609 km/h. U ovome slučaju, naša brzina kretanja u odnosu na Zemlju bi bila jednaka brzini rotacije Zemlje oko svoje ose, s tom razlikom što bi bila usmerena u suprotnom pravcu, tako da se Sunce nalazi uvek na istom delu neba. Ako bi naš avion ovako leteo nekoliko dana, osim što bismo pomerali kazaljku za jedan sat unazad na svakih sat vremena, morali bismo promeniti datum svaki put kada preletimo Međunarodnu datumsku liniju, koja predstavlja meridijan (povezuju Zemljin severni i južni pol) koji prolazi kroz Tihi Okean, a nalazi se na suprotnoj strani od Griniča. Još je portugalski pomorac Ferdinand Magelan primetio da je tokom trogodišnje plovidbe oko naše planete krećući se od istoka ka zapadu propustio jedan dan u svom brodskom dnevniku (suprotno od onoga što se desilo junaku Žil Vernove knjige "Put oko sveta za 80 dana"). Naravno, nešto kasnije je shvatio da je usled obilaska Zemlje u pravcu zapada, video po jedan izlazak i zalazak Sunca manje od svojih prijatelja koji su to vreme proveli u jednom mestu. Inače, kada bi dva aviona poletela u obilazak Zemlje jedan u pravcu istoka, a drugi u pravcu zapada, časovnik koji se bude kretao u pravcu izlazećeg Sunca će pokazivati manje vreme za čitavih 207,4 nanosekunde, što je posledica relativističkog uticaja Zemljine rotacije na tok vremena.

### **- Kako avion meri svoju brzinu?**

Vazдушna brzina je merilo brzine aviona u odnosu na vazduh koji ga okružuje. Pitoov statički cevni sistem je uređaj koji koriste avioni i brodovi za merenje brzine kretanja unapred. Ovaj aparat je sličan diferencijalnom meraču pritiska, a njegovo ime potiče od pronalazača Henrija Pitooa koji ga je konstruisao 1732. godine. Otvoreni kraj Pitoove tube, najčešće je montiran na krilu aviona i okrenut je u pravcu priliva vazduha (ili vode u slučaju brodova). Indikator vazdušne brzine zapravo meri razliku između statičkog senzora koji nije u struji vazduha i senzora koji je izložen strujanju vazduha, tj. Pitoove tube. Kada avion miruje, pritisak (mera sudara između čestica sistema) je isti u obe tube i indikator pokazuje da se avion ne kreće. Nalet vazduha tokom leta uzrokuje razliku u pritisku između statičke i Pitoove tube. Razlika u pritisku dovodi do kretanja kazaljke na indikatoru brzine aviona. Porast brzine aviona povećava istovremeno i pritisak na otvorenom kraju Pitoove cevi, a ovaj vazdušni pritisak zauzvrat pomera fleksibilnu membranu (dijafragmu) koja pokreće mehanički pokazivač na naličju indikatora brzine u pilotskoj kabini. Merenje brzine postaje preciznije kada se izvedu i korekcije na nadmorsku visinu i temperaturu vazduha, što se čini pomoću elektronskih kola u avionu. Isti ovakvi sistemi merenja brzine se koriste i na paraglajderima, ultra lakim avionima, vazдушnim surferima, a često se koriste i u *air condition* sistemima za merenje protoka vazduha.

### **- Koliko goriva troše putnički avioni?**

Jedan avion, kao što je *Boeing 747* potroši oko 4 litre goriva u svakoj sekundi leta. Stoga, tokom jednog desetočasovnog leta, avion potroši oko 150 000 litara goriva. S druge strane, *Boeing 747* sagori oko 12 litara goriva tokom svakog pređenog kilometra puta. Ovo nam može zazvučati kao prilično slab odnos pređenog puta i potrošenog goriva, pogotovo ako znamo da je jednom automobilu dovoljan litar goriva da pređe put od desetak kilometara. Međutim, ako uzmemo u obzir da *Boeing 747* može da primi 568 putnika, lako možemo izračunati da u slučaju primljenih 500 putnika (avion najčešće ne ispuni u potpunosti svoj maksimalni kapacitet), avion sagoreva samo oko 0,024 litre goriva po osobi po kilometru pređenog puta. Drugim rečima, avion prelazi 42 kilometra po litri goriva po putniku. S ove strane, avion je što se tiče potrošnje goriva znatno efikasnije prevozno sredstvo od automobila u kome se vozi samo jedna osoba, dok je efikasnost približno jednaka sa kolima u kojima se voze 4 osobe. Ipak, prosečan automobil se kreće prosečnom brzinom od oko 60-80 kilometara

na čas (u gradu još sporije), dok *Boeing 747* leti brzinom od oko 900 kilometara na čas, pa vidimo da je vremenska efikasnost znatno na strani aviona.

### **- Da li munje udaraju u avione?**

U proseku, svaki putnički avion doživi udar groma više od jednom godišnje. Zapravo, avione veoma često pogađaju munje prilikom njihovog leta kroz veoma naelektrisane oblake, a u ovakvim slučajevima, usled sudara toka elektrona sa avionom nastaje bljesak svetlosti koji se širi u suprotnim pravcima od pravca udara munje. Iako putnici i posada mogu videti bljesak svetlosti i čuti glasan tutanj kada munja udari u avion, ništa ozbiljno se ne može desiti zbog pažljive zaštite osetljivih komponenti aviona, kao što su npr. rezervoar sa gorivom ili nos aviona u kome se nalaze radar i drugi instrumenti za let. Najčešće, munja udari u neki ekstremitet aviona, kao što su njegov nos ili krila, nakon čega, tokom određenog vremenskog intervala, avion postaje deo električnog "kola" između oblaka i suprotno naelektrisane površine aviona. Struja zatim prolazi kroz provodnu spoljašnju konstrukciju aviona i izlazi kroz neki drugi ekstremitet, kao što je npr. rep. Nakon udarca munje, piloti najčešće izveštavaju o povremenim svetlucanjima, kao i kratkotrajnim interferencijama instrumenata. Površina većine aviona se sastoji od provodnog aluminijuma, pa je stoga važno osigurati nepostojanje prekida u eventualnom toku struje kako bi elektroni ostali na spoljašnjosti aviona. S druge strane, kod nekih modernih aviona koji se ne sastoje od aluminijuma, već od nekih manje provodnih materijala, neophodno je ugrađivanje sloja provodnih vlakana koji bezbedno prenose tokove elektrona.

### **- Da li vetar utiče na brzinu leta aviona?**

Avioni su uvek u prednosti kada se kreću zajedno sa vetrom pošto oni rasipaju svoju energiju odbacujući se od vazduha kroz koji lete, a brzina leta se meri uvek u odnosu na Zemlju. Avion koji se kreće brzinom od 900 km/h kroz vazдушnu struju koja se kreće brzinom od 100 km/h u pravcu i smeru leta aviona posedovaće rezultujuću brzinu od 1000 km/h u odnosu na Zemlju. Isto tako, let aviona kroz vetar koji duva ka njemu, usporavaće ga pa će avion morati da potroši više goriva na račun suprotstavljanja vazdušnoj struji. Takođe, svaki avion poseduje određenu brzinu koju ne sme prekoračiti pa će stoga let nasuprot smeru vetra, između ostalog i odužiti put. U Americi su pretežni vetrovi uglavnom orijentisani od zapada ka istoku, pa su stoga znatno ekonomičniji letovi ka istoku.

### **- Zašto se avionske gume pune azotom, a ne vazduhom?**

Vazduh uvek sadrži u sebi rastvorenu određenu količinu vlage (odnosno, molekula vode –  $H_2O$ ), koju je veoma teško u potpunosti ukloniti. Kada bi se avionske gume napumpale vazduhom, tokom leta bi došlo do stvaranja leda unutar guma, jer temperatura na visini leta iznosi oko  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , što je znatno niže od temperature na kojoj kristališe voda. Sletanje sa ledom u gumama bi dovelo do porasta pritiska u gumama i velika je verovatnoća da bi se one i zapalile. S druge strane, azot prelazi u tečno stanje tek pri temperaturama nižim od  $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a uz to i čist azot skoro uopšte ne poseduje vlagu. Takođe, ukoliko bi se točkovi pregrijali i zapalili, azot ne bi goreo, dok bi s druge strane, kiseonik iz vazduha samo još više pojačao vatru.

### **- Zašto živin termometar ne sme da se unosi u avion?**



Živa je jedna od hemijskih supstanci koje se nalaze na listi "opasne robe" sastavljenoj od strane Međunarodne civilne avijatičarske organizacije (ICAO), koja je deo Ujedinjenih Nacija. U skladu sa ovim propisom, nijedna od ovih "opasnih" supstanci, uključujući čak i uljane boje (koje se usled pregrevanja mogu proliti i nagristi polimerne zaptivače i šrafove) i živin termometar, ne sme se unositi u avion. Živa je jedini metal koji je tečan na sobnoj temperaturi, a poznato je da su svi metali, pogotovo u tečnom stanju, vrlo reaktivni. Avioni su izgrađeni od aluminijuma, koji reaguje sa kiseonikom iz vazduha stvarajući tanki i stabilni zaštitni sloj oksida na površini. Živa, usled svoje velike reaktivnosti, ima sposobnost da probije ovaj zaštitni oksidni sloj i rastvori aluminijum, stvarajući korozivni amalgam (jedinjenje žive sa metalom), koji stvara šupljine u aluminijumskoj strukturi. Amalgam se veoma sporo širi pa bi se avion, u kome bi se prolila živa, morao radi bezbednosti staviti van upotrebe, a avionska kompanija bi verovatno naplatila troškove od putnika koji je bio neoprezan i nije poštovao pravila. Inače, plombe koje nosimo na zubima sastoje se upravo do amalgama koji se pravi mešanjem praškaste legure srebra, kalaja i bakra sa živom.

### **- Zašto avioni ostavljaju beli trag iza sebe?**

Dugački beli oblaci koje ostavljaju za sobom mlazovi aviona tokom jednog vedrog dana, nazivaju se kondenzacioni tragovi (*contrails*). Nekada avioni ostavljaju ovakve bele staze po čitavom nebu, a tokom nekih dana, bele staze su uže, dok su nekada skoro neprimetne. Mlazno avionsko gorivo se sastoji od atoma ugljenika i vodonika u okviru molekula ugljovodonika, a prilikom njegovog sagorevanja, tj. sjedinjavanja sa kiseonikom, glavni produkti ove reakcije su ugljen dioksid ( $\text{CO}_2$ ) i voda ( $\text{H}_2\text{O}$ ) u obliku nevidljive pare. Vazduh koji izdišemo sastoji se u velikom delu od vodene pare. Sigurno ste приметili da tokom hladnih zimskih dana ovaj vazduh stvara kondenzacioni oblak ispred nas. Tokom toplih letnjih dana, ovaj oblak se naravno ne vidi. Razlog njegove pojave je u tome što hladan vazduh može da sadrži znatno manje vlage nego topli vazduh, pa se vlaga koju izdišemo zimi kondenzuje u vidljivi oblak. Slična stvar se dešava kada avion izbacuje svoju vodenu paru. Ukoliko su temperatura, vetrovi i vlažnost u gornjim slojevima atmosfere pogodni, iza aviona će se prilikom kondenzovanja izduvnih gasova stvarati dugačke bele staze.

### **- Šta su to glajderi?**

Glajderi su svi avioni koji nemaju motor. Glajderi su veoma mali i lagani i u njima se najčešće može voziti najviše dva čoveka. Pilotska kabina glajdera je takođe veoma mala, a umesto da piloti u njima sede kao na stolici, oni zapravo sede na podu sa horizontalno ispruženim nogama. I glajderi su, slično običnim avionima, izdizajnirani tako da im je površina što je moguće više glatka kako bi što lakše klizili kroz vazduh. Prvi tipovi glajdera su se pravili od drveta obloženog platnom, dok su se kasniji tipovi izrađivali od aluminijuma. Ipak, moderni glajderi se prave od ugljeničnih i staklenih vlakana, čime se omogućava izrada površine koja pravi znatno manje trenja sa vazduhom od aluminijuma. Ukoliko biste postavili glajder i običan avion jedan pored drugog приметili biste očiglednu razliku u izgledu krila jer su krila glajdera znatno uža i duža od krila običnog aviona. Naime, efikasnost krila se može povećati putem povećanja odnosa raspona krila i njihove širine. Inače, glajderi koriste iste kontrolne površine (pokretni delovi krila i repa) kao i obični avioni, a poseduju samo jedan točak za sletanje koji je montiran direktno ispod kabine. Naravno, od odnosa težine aviona, trenja sa vazduhom i podizanja zavisice visina i vremensko trajanje krstarenja glajdera. Poletanje glajdera se izvodi putem aero-nošenja, postupka u kome avion sa motorom odnosi glajdera u visinu pomoću dugačkog kanapa. Pilot glajdera bira pogodnu nadmorsku visinu na kojoj otpušta kanap i samostalno nastavlja let. Drugi popularni metod poletanja glajdera

podrazumeva mehaničko vučenje pomoću dugačkih kablova. U trenutku kada glajder počne da se podiže, pilot otpušta kanap i samostalno nastavlja let. Sa povećanjem brzine leta glajdera, povećava se kako podizanje, tako i trenje. Pošto glajder ne poseduje motor, on dobija brzinu na sledeći način: savijanjem krila nadole i avion počinje da se spušta prilikom čega se smanjuje njegova nadmorska visina, ali i povećava brzina, koja se zatim koristi za podizanje aviona. Tako će teži avioni uz više manevrisanja i brže leteti. Stoga, glajderi u okviru svog tereta uvek nose oko 250 kg vode, pri čemu se ona može i ispuštati kroz ventile ukoliko je neophodno trenutno podizanje. Performans glajdera se određuje njegovim odnosom klizanja (glajdinga). Moderni glajderi poseduju odnos klizanja od 60:1, što znači da će ovakav glajder preleteti 60 kilometara ukoliko započne let na nadmorskoj visini od jednog kilometra. U poređenju sa glajderima, obični avioni poseduju odnos klizanja od samo 17:1. Slično paraglajderima, i glajderi se koriste naviše usmerenim vazдушnim strujama (termalnim strujama, koje postoje iznad delova Zemljine površine koje odlično apsorbuju Sunčevu toplotu – asfalt, tamne njive, kameni predeli, a i oblasti ispunjene pticama koje retko mašu krilima i oblaci u nastajanju ukazuju na eventualno postojanje struja toplih vazduha; strujama odbijenim od brežuljaka ili planina; i talasnim strujama koje nastaju na strani planine koja je u zavetrini) za povećanje visine leta.

### **- Zašto se zastave lepršaju na vetru?**

Isti proces koji je zaslužan za lepršanje zastava i drugih tkanina na vetru, odgovoran je i za stvaranje peščanih dina u pustinjama, kao i talasa na morima. Naime, čak i kada bi brzina vetra bila konstantna u svakoj tački zastave, površina zastave sasvim sigurno nije podjednako savršena. Ukoliko ste nekada pogledali fotografiju i najglaće keramičke pločice snimljene na visokorezolucionom elektronskom mikroskopu, verovatno ste se začudili koliko stepeničastih nepravilnosti postoji na ovako naizgled glatkoj površini. Tako, najmanje odstupanje od uglačanosti površine po kojoj duva vetar, bilo da je to zrno peska na ravnom pustinjskom podu ili ispupčeno vlakno tkanine na površini zastave, formiraće turbulenciju u vazdušnoj struji i vir vazduha u svojoj okolini. U slučaju zastave, turbulencija će uzrokovati najpre malu deformaciju zastave, što će dovesti do stvaranja još veće turbulencije, koja će dovesti do stvaranja još veće deformacije itd. U slučaju istog procesa u peščanim pustinjama i okeanskom podu, usled odstupanja od idealne uglačanosti pojavljuju se dine i talasi. Ukoliko zakačimo zastavu sa leve i desne strane za po jedan barjak i orijentišemo je tako da vetar duva paralelno sa njenom površinom, primetićemo slične talasiće na njenoj površini. Međutim, zastava je samo na jednom svom kraju zakačena za barjak, pa se stoga na njoj ne formiraju talasi, već se ona čitava leprša na vetru. Probajte da gurnete olovku u kadu napunjenu vodom na čijoj površini postoji i malo sapuna i jasno ćete videti male virove koji se pojavljuju u brazdi koju u vodi iza sebe ostavlja olovka i koji se podjednako kreću nalevo i nadesno. Slični virovi stvaraju naizmenične padove pritiska iza ivica zastave izazivajući tako njeno lepršanje.

### **- Kako je Džordan uspevao tako dugo da ostane u vazduhu kada je skakao da zakuca loptu u koš?**

Ustvari, on se nije zadržavao u vazduhu ništa duže od bilo kog drugog košarkaša. To nam se samo čini tako. Kada se odrazi od zemlje, Džordan podleže istim zakonima fizike kao i bilo ko od nas. Koliko će skočiti zavisi od toga koliko silu upotrebi za odraz nogama od zemlje, a to koliko će se on zadržati u vazduhu zavisi od toga koliko je visoko skočio. Što više skoči, više ostaje u vazduhu. Vertikalni skok od 120 santimetara znači zadržavanje u vazduhu od jedne sekunde. To je neuobičajeno visok skok i ispostavilo se da većina košarkaša, uključujući i Majkla Džordana, ne skače toliko visoko. Skok od 90 santimetara znači "letenje"

od 0,8 sekundi i svi majstori zakucavanja se u vazduhu zadržavaju otprilike toliko. Dakle, 0,8 sekundi. Izgledalo je da Džordan duže ostaje u vazduhu zato što je, pre nego što zakuca ili šutira, držao loptu duže od bilo kog košarkaša, a puštao ju je tek kad krene nazad ka zemlji. Njegova navika da savije noge u kolenima pri skoku takođe je činila da izgleda da on ostaje u vazduhu duže nego ostali košarkaši.

### **- Zašto se najviše oluja sa grmljavinom dešava tokom leta?**

Na našoj planeti se u svakom trenutku dešava oko 1800 oluja sa grmljavinom. Najveći broj oluja traje oko 30 minuta, što znači da se na Zemlji tokom jedne godine desi oko 16 miliona oluja, a prosečan raspon oluja na Zemlji iznosi oko 25 kilometara u prečniku. Dva ključna elementa u nastajanju olujnih oblaka su vlaga i brze struje uzdižućeg toplog vazduha. Tokom leta je temperatura vazduha najveća, a tada i vlažnost može dostići maksimalne vrednosti, a visoka vlažnost i topli vazduh stvaraju masivne količine toplog i vlažnog vazduha koji se penje naviše i stvara oblake. U sudarima vodenih kapljica oblaka i vodene pare koja se kondenzuje prilikom podizanja, dolazi do oslobađanja elektrona, koji se skupljaju pri dnu oblaka, koji tako postaje negativno naelektrisan, za razliku od vrha oblaka koji postaje pozitivno naelektrisan. Struja elektrona sa dna oblaka može naći put do pozitivno naelektrisane oblasti na Zemlji, što predstavlja munju. Kombinacija brzog zagrevanja vazduha pod dejstvom udara visokoenergetske munje i brzog hlađenja vazduha, stvaraju talase vazdušnog pritiska koje čujemo kao grmljavinu, čije tutnjanje potiče od reflektovanja snažnog zvuka od strane oblaka i Zemlje.

### **- Čemu služe narandžaste lopte na nekim strujovodima?**

Narandžaste lopte koje su zakačene za strujovode koriste se najčešće na visinskim strujnim kablovima (između bandera, dalekovoda i drugih visokonaponskih stubova) koji se nalaze u blizini aerodroma. Naime, piloti koji upravljaju avionom ili nekim drugim letećim prevoznim sredstvom iz visine lako mogu primetiti ove svetle lopte iako su tanki strujni kablovi za njih nevidljivi. Takođe, pošto su narandžaste lopte koje se koriste u ovu svrhu i metalne, one se mogu primetiti pomoću radara u nosu aviona. Slične, premda malo masivnije lopte se često nalaze i na seoskim strujovodima, a tada se one postavljaju kako bi sprečile preterano talasanje kabla na jakom vetru, što u suprotnom često dovodi do presećenja strujovoda.

### **- Šta su to sprajtovi?**

Sprajtovi predstavljaju ogromne atmosferske trake crvene i plave svetlosti širine do 10, a visine do 30 kilometara koje se pojavljuju i nestaju toliko brzo da ih ljudsko oko tek ponekad može primetiti. Sprajtovi se pojavljuju u tankim i hladnim slojevima atmosfere na nadmorskim visinama između 40 i 90 kilometara, a iako njihovo stvarno poreklo do danas nije u potpunosti razjašnjeno, smatra se da su njihove pojave izazvane munjama u olujama ispod njih. Premda najveći broj munja potiče iz negativno naelektrisanih dna oblaka, čak jedna od 5 munja potiče iz pozitivno naelektrisanog dna oblaka, što ne rezultuje u spuštanju elektrona ka Zemlji, već u njihovom uspinjanju sa Zemlje ka oblaku. Negativno naelektrisana dna oblaka predstavljaju ono što fizičari nazivaju kvazi-elektrostatičkim (QE) poljem – intenzivnim električnim poljem koje se prostire visoko u atmosferu. Vrednost kritičnog napona preko koga dolazi do električnog pražnjenja, u velikoj meri zavisi od gustine vazduha. Na veoma visokim nadmorskim visinama (iznad 75 kilometara) gde je gustina vazduha mala, QE polje premašuje vrednost kritičnog napona za vazduh, što dovodi do

električnog pražnjenja i jonizacije (oslobađanja elektrona) molekula azota i kiseonika. Pod dejstvom QE polja, elektroni se ubrzavaju nagore, a pozitivni joni azota i kiseonika nadole. U mnogobrojnim sudarima između jona i elektrona sa drugim atomima i molekulima iz atmosfere dolazi do nastanka lavine naelektrisanih čestica. Kada se visoko-energetski elektroni sudare sa molekulom azota u vazduhu, oni prenose deo svoje kinetičke energije elektronima u atomu azota, čime se oni pomeraju na viša energetska stanja u atomu, a pri povratku na osnovna stanja, relaksirani atomi azota emituju crvenu ili plavu svetlost u zavisnosti od energetske razlike između energetskih nivoa elektrona u atomu. Na nižim nadmorskim visinama gde je vazduh gušći, naelektrisane čestice ne mogu da pređu dug put pre nego što se sudare sa nekim atomom ili molekulom iz vazduha, ali u visokim slojevima atmosfere gde je gustina vazduha mala, QE polje može ubrzati elektrone do veoma velikih brzina pa u sudarima sa molekulima azota, naelektrisane čestice poseduju dovoljno energije da pobude elektrone iz atoma azota, a time i da izazovu emisiju svetlosti. Jedan sprajt ima vreme trajanja od samo nekoliko hiljaditih delova sekunde, ali QE polja traju znatno duže, što se može registrovati pomoću radio prijelnika na frekvencijama između nekoliko Herca i nekoliko kiloHerca. Jedna ovakva pojava je prvi put fotografisana 1989. godine, a poznato je da sprajtovi dovode do stvaranja azotovih oksida.

### **- Šta je to terminalna brzina?**

Ako posmatramo telo koje pada, primetićemo da na njega deluju dve sile: nadole usmerena sila gravitacije i nagore usmerena sila trenja. Osim što uvek deluju suprotno pravcu kretanja, sila trenja kao posledica sudaranja i prenošenja energije na okolne čestice sredine kroz koju prolazi telo u velikoj meri zavisi i od kvadrata brzine tela. Kada telo počinje da pada, njegova brzina je mala, pa je stoga i sila trenja mala. Međutim, pošto pod dejstvom gravitacionog ubrzanja telo u svakoj sekundi dobija u brzini za dodatnih 9,81 m/s, njegova brzina se povećava, a stoga se povećava i sila trenja. U jednom trenutku, sila trenja ipak dostiže dovoljno veliku vrednost da poništi delovanje sile gravitacije i dalje ubrzanje se ne dešava, već telo nastavlja da pada konstantnom brzinom, koja se naziva terminalna brzina. Činjenica da se sila trenja povećava sa brzinom tela, a sila gravitacije ne, ima za posledicu postojanje terminalne brzine tela koje pada kroz neki fluid. Terminalna brzina je različita za različita tela, a osim brzine tela, terminalna brzina zavisi i od gustine fluida kroz koji se telo kreće, od površine dela tela koje se kreće direktno kroz fluid, kao i od koeficijenta trenja (bezdimeziona veličina koja zavisi i od oblika tela).

### **- Zašto padobrani imaju otvor na vrhu?**

Premda se smatra da je Leonardo da Vinči nacrtao prvi prototip padobrana, u Kini su se padobrani koristili za skakanje sa visina još tokom 12. veka, a prvi padobran je napravljen 1780. godine da bi 1785. godine aeronaut Žan Pjer Blanšar (*Jean Pierre Blanchard*) spustio jednog psa sa padobranom iz balona iznad Pariza. Padobrani predstavljaju kupolu oblikovanu od tkanine, koja služi za usporavanje tela koje pada kroz vazduh ka Zemlji tako da skakač najčešće pada brzinom od oko 5,2 metra u sekundi udarajući u tlo silom koja je jednaka sili kojom bi delovao na tlo da je bez padobrana skočio sa visine od tri metra, odnosno otprilike sa visine obruča koša (3,05 metara). Tipični padobrani imaju prečnik od oko 7,3 metara, mada postoje neki sa prečnikom i od po oko 30 metara, a u opštem slučaju, sastavljeni su od 25 pločastih vezova najlona ili svile. Padobran poseduje i mali otvor na vrhu kupole koju oblikuje kada se otvori, a ovaj otvor ima za cilj propuštanje vazduha kako bi se stabilisao položaj padobrana usled početnog udara vazduha koji izaziva usporavanje. Naime, bez ovog otvora, vazduh bi isuviše naglo izazvao otvaranje padobrana, tako da bi moglo da dođe do

izvesnih oštećenja na strukturi padobrana usled velikog napona (sile po jedinici površine) koji deluje na njega i izaziva znatna istezanja tkanine. Takođe, tokom padanja, gustina vazduha, a time i pritisak kojim on deluje na strukturu padobrana se povećavaju, pa je ovaj vazduh neophodno oslobađati iz zapremine koju obuhvata padobranska kupola. Nekada padobrani nisu posedovali ovaj otvor tako da se vazduh mogao oslobađati iz zapremine koju obuhvata tkanina padobrana samo duž njenih ivica, pa je stoga bilo neophodno naginjati padobran na jednu stranu kako bi vazduh mogao da napusti unutrašnjost padobrana. Ovo je izazivalo naginjanje padobranca na jednu stranu, a kada bi se padobran vratio u uspravan položaj, više vazduha bi počelo da cirkuliše sa suprotne strane tako da bi se padobranac sada nagnuo na drugu stranu, pa bi se tako uspostavilo pravilno oscilovanje njegovog položaja, slično oscilovanju klatna. Cirkulisanje vazduha kroz mali otvor na vrhu padobrana sprečava ove oscilacije i čini sletanje i prizemljivanje znatno bezbednijim i preciznijim.

### **- Šta je to *perpetuum mobile*?**

*Perpetuum mobile* predstavlja hipotetičnu i nikad ostvarljivu mašinu koja bi u jednom izolovanom sistemu (u kome ne razmenjuje energiju sa okolinom) radila večno. Posle viševekovnih pokušaja da se napravi ovakva večna mašina, sa otkrićem zakona termodinamike koji upravljaju našim Kosmosom došlo se i do saznanja da bi postojanje *perpetuum mobile*-a značilo narušavanje zakona termodinamike, pa se stoga iz sveopšteg važenja ovih zakona u našem materijalnom svetu, zaključilo da postojanje ovakve mašine nije moguće. Ipak, svako klatno koje osciluje ili točak koji se obrće predstavljali bi *perpetuum mobile*, ali samo kada ne bi postojalo trenje. Zavrtite jedan točak u kosmičkom vakuumu i on će se obrtati sve dok ga neka spoljašnja sila (čestice ili elektromagnetni talasi) ne zaustavi. Ovakav točak bi se u jednom hipotetičkom, izolovanom sistemu beskonačno dugo obrtao. Međutim, točak koji se okreće na površini Zemlje, okružen je molekulima vazduha koji se sudaraju sa atomima točka, tokom čega se kinetička energija točka postepeno predaje atomima vazduha, a ova pojava je poznata kao trenje, odnosno pretvaranje energije kretanja točka u toplotu, odnosno zagrevanje okolnog vazduha. Stoga, ako bismo želeli da napravimo mehanizam koji se nikada ne bi zaustavio, morali bismo da odstranimo svaki otpor kretanju, kao što je trenje na osovini, otpor vazduha i sl. Međutim, neko bi rekao da je dovoljno konstruisati uređaj koji bi pretvarao toplotu (nastalu pod dejstvom trenja) u mehaničku energiju i vraćao je točku. Na taj način, zakon o održanju energije (koji kaže da se energija ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo može menjati svoj oblik) bi bio očuvan, a *perpetuum mobile* ostvarljiv. Prevesti toplotu u energiju kretanja čak i nije tako teško – svaka parna mašina to radi. Međutim, dok i najsavršenija toplotna mašina uspeva da prevede u rad samo jedan deo toplote kojom raspolaže, u slučaju *perpetuum mobile*-a, ona bi trebalo da prevede svu nastalu toplotu, bez ikakvog ostatka. I to je moguće, ali kako nam kaže termodinamika, samo ako se toplotna mašina nalazi na temperaturi apsolutne nule (0 K, tj.  $-273.16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), jer joj se jedino tako može oduzeti (i zatim pretvoriti u mehanički rad) sva toplota kojom raspolaže. A apsolutnu nulu je, kako nam kaže treći, poslednji zakon termodinamike, neizvodljivo dostići u konačnom broju koraka. Drugim rečima, i za postizanje apsolutne nule bismo morali da imamo 100 % efikasnu mašinu, sličnu onoj koju težimo da napravimo, pa se tako vraćamo u krug.

### **- Zašto moderne vetrovske turbine poseduju po tri krila?**

U 7. veku nove ere je u Persiji energija vetra na našoj planeti prvi put počela da se prevodi u druge tipove korisne energije, a odavde se ideja o otelotvorenju mašina koje rade na vetar ubrzo prenela i do Kine i srednje Azije, da bi se u 12. veku prve vetrenjače pojavile u

Francuskoj i Engleskoj, a zatim i u ostalim vetrovitim delovima Evrope. Tadašnje vetrenjače su posedovale između 4 i 8 krila koji su bili povezani sa osovinom koja se obrtala pod dejstvom okretanja krila na vetru, a ovaj rad osovine se zatim koristio ili za pumpanje vode, mlevenje pšenice (kada mašine na vetar ovo rade, one se tada nazivaju vetrenjačama ili vetrovnim mlinovima), testerisanje drveta, pravljenje papira, presovanje ulja iz semenki, a u novije vreme i za stvaranje električne energije u kom slučaju se ovakve mašine nazivaju vetrovnim turbinama. Krila modernih vetrovnih turbina su oblikovana kao krila aviona, tako da osim što ih pokreće vetar, ona se i aerodinamično podižu pod dejstvom vazдушnih strujanja. Kada je osovina vetrovskih turbina paralelna sa zemljom, one se tada uglavnom koriste za stvaranje električne energije i poseduju između jednog i tri krila, dok se moderne turbine kod kojih je osovina normalna na zemlju uglavnom koriste za pumpanje vode i one najčešće poseduju znatno više krila (10 do 20). Premda maksimalna teorijska efikasnost vetrovskih turbina iznosi 59 %, mnogi naučnici smatraju da bi se do sredine 21. veka, oko 10 % električne energije na našoj planeti moglo proizvoditi putem vetrovskih turbina, a najbolja mesta za njihovo montiranje su ona kod kojih je prosečna brzina vetra veća od 21 km/h. Ove turbine se najčešće postavljaju u tzv. vetrovnim farmama, a najveća ovakva farma se danas nalazi u Kaliforniji gde stvara energiju snage 1,12 GigaVata (tipično nuklearno postrojenje stvara energiju snage 1,22 GigaVata), a najuspešnije pojedinačne vetrovske turbine danas stvaraju energiju snage između 100 i 400 kiloVata. Razlog zašto moderne vetrovske turbine za stvaranje električne energije poseduju po tri krila je u tome što se efikasnost konverzije energije jedne vetrovske turbine smanjuje ukoliko krila rotiraju isuviše sporo (tako, npr. turbina sa samo jednim krilom mora da rotira znatno brže od turbine sa dva ili tri krila kako bi postigla istu efikasnost konverzije energije vetra) ili kada je razmak između njih preveliki (tada će mnogo vazduha prolaziti između krila, pa će i efikasnost biti manja), dok kada su krila isuviše zbijena, tada će turbulencija prouzrokovana kretanjem jednog krila kroz vazduh interferirati sa vazduhom koji prolazi pored susednog krila, tako da će se i tada smanjiti iskorišćena snaga. Teorijski, dodavanje krila turbini sa tri krila sve do beskonačnog broja krila, povećava njenu efikasnost ali samo za nekoliko procenata kada stignemo do beskonačnog broja krila. Stoga se uzimanjem u obzir i porasta cene sa dodavanjem svakog dodatnog krila turbini, ispostavlja da je broj tri u ovom slučaju dobra aproksimacija beskonačnosti.

## **- Kako nastaju vetrovi?**

Uzrok pojave vetrova, tj. vazдушnih strujanja je neravnomerno zagrevanje Zemljine površine, kao i različite toplotne osobine kopnenih i morskih površina. Atmosfera se u najvećoj meri zagreva indirektno, tj. preko Zemlje, kao i putem isparavanja vode. Naime, molekuli vode su lakši od molekula vazduha, pa se stoga penju u visinu i na dovoljno niskim temperaturama se kondenzuju predajući toplotu okolnom vazduhu. Zemljina površina u tropskim oblastima prima znatno više Sunčeve energije od polarnih oblasti, usled čega je vazduh duž ekvatora lakši i penje se ka visokim slojevima troposfere (sloj atmosfere koji se proteže od Zemljine površine do visine od 10-17 km kada temperatura dostiže vrednosti od oko  $-55^{\circ}\text{C}$ ) formirajući ekvatorijalni pojas niskog pritiska. Okolni vazduh iz oblasti između  $5^{\circ}$  i  $30^{\circ}$  geografske širine teži da zauzme upražnjeno mesto ekvatorijalnog vazduha i stoga se kreće ka ekvatoru u vidu tzv. pasatnih vetrova koji zauzimaju pravac severoistok-jugozapad, odnosno jugoistok-severozapad kao posledica Zemljine rotacije, tj. Koriolisovog efekta. Vazduh koji se podigao sa ekvatorijalnog pojasa niskog pritiska kreće se duž gornjih slojeva troposfere ka severu i jugu sve dok ne počne da se hladi i tone stvarajući pojaseve visokog pritiska na geografskim širinama između  $5^{\circ}$  i  $30^{\circ}$ . Na ovaj način se zatvara krug cirkulisanja pasatnih vetrova. Međutim, iz ovih oblasti visokog pritiska nastaju i vetrovi koji se kreću ka

srednjim geografskim širinama Zemlje u vidu pretežnih zapadnih vetrova koji dominiraju u oblastima između 40 i 60° geografske širine. Iznad polova, hladan i težak vazduh tone i kreće se ka nižim geografskim širinama i skreće ka zapadu pod dejstvom Koriolisovog efekta. Ovi vetrovi se susreću sa pretežnim zapadnim vetrovima negde oko polarnog pojasa formirajući niz oblasti niskog pritiska koji se nazivaju cikloni i koji u velikoj meri utiču na vremenske prilike u našim predelima. Uz ovaj planetarni sistem pretežnih vetrova, postoje takođe i lokalni vetrovi (kao što su uragani ili vetrovi koji prate oluje) koji znatno utiču na klimu manjih oblasti. Mnogi lokalni vetrovi su takođe i sezonski, što znači da zavise od kretanja vetrova u zavisnosti od godišnjeg doba, a mnogi od njih zavise i od lokalnog rasporeda zemljanih i vodenih masa. Tipičan primer sezonskih vetrova su monsuni koji se pojavljuju kao rezultat nejednako brzog zagrevanja i hlađenja zemljanih i morskih površina, a posebno su izraziti u Aziji, Indijskom Okeanu, kao i u zapadnom Pacifiku. Naime, centralna Azija se leti zagreva i zimi hladi znatno brže od okolnih okeana. Tokom leta, topao vazduh se podiže sa kontinenta i vlažan vazduh sa Okeana donosi kišu Indiji i Jugoistočnoj Aziji. S druge strane, tokom zime, hladan vazduh iz Sibira se kreće ka moru i na kopnu tada prevladuje suva klima.

### **- Kako se putuje pomoću balona sa toplim vazduhom?**

Putovanja pomoću balona čija je unutrašnjost napunjena toplim vazduhom moguća su zahvaljujući činjenici da je topli vazduh lakši od hladnog vazduha. Naime, ukoliko povećamo temperaturu jedne kubne stope vazduha za 37,7 °C, njegova težina će se smanjiti za 7 grama (pod uslovom da sud sa vazduhom, naravno, nije hermetički zatvoren). Pošto je jedna kubna stopa (1 stopa je jednaka 30,48 cm) hladnog vazduha teška oko 28 grama, svaka kubna stopa toplog vazduha u balonu, moći će da podigne teret od 7 grama. Da bismo podigli teret od 453 kg, potrebno je da napunimo balon sa 65 000 kubnih stopa (1,8 miliona litara) toplog vazduha. Za balon su osim korpe u kojoj putujemo, vezane jedna ili nekoliko peći koje tokom leta održavaju temperaturu vazduha u balonu konstantnom. Moderni baloni zagrevaju vazduh putem sagorevanja propana koji se u kompresovanom tečnom obliku čuva u laganim cilindričnim rezervoarima postavljenim u korpi sa putnicima. Omotač balona se najčešće pravi od dugačkih najlonskih niti, ojačanih umreženim šavovima. Niti, koje se prostiru od dna do vrha balona sačinjavaju niz malih tkanenih ploča. Naravno, topli vazduh ne napušta balon kroz otvoreno dno, jer ga sila potiska povlači naviše. Premda se sa zagrevanjem vazduha pomoću grejača izaziva podizanje balona (postoji oko pola minuta razmaka između paljenja grejača i početka podizanja balona), postoji i određena nadmorska visina preko koje sila potiska postaje isuviše mala da bi dalje podizala balon. Pošto je sila potiska jednaka težini istisnutog vazduha od strane balona, veći balon će moći da dostigne i veću nadmorsku visinu. Putovanje u balonu je izuzetno smireni doživljaj, jer se balon uvek pomera zajedno sa strujom vazduha, pa u balonu uopšte ne osećamo vetar.

### **- Koliko balona napunjenih helijumom je potrebno da nas ponese u visinu?**

Jedan litar vazduha sa nivoa mora poseduje težinu od oko 1,25 grama, dok helijum koji zauzima istu zapreminu pri istom pritisku poseduje težinu od oko 0,18 grama. Molekuli helijuma su znatno lakši od molekula azota i kiseonika koji čine najveći deo vazduha, pa sila gravitacije slabije deluje na njih, te stoga oni imaju težnju da se podižu iznad vazduha. Razlika u masama između boce napunjene vazduhom i boce napunjene helijumom iznosiće oko jedan gram, pa će stoga, helijum u vazduhu posedovati podižuću silu od jednog grama po litru. Tako, ako imate balon napunjen sa 5 litara helijuma, za njegovu vrpcu biste mogli da zakačite kockicu čokolade (težine do 5 grama) i ona bi poletela u visinu zajedno sa balonom.

Jedan balon iz zabavnog parka može imati oko tridesetak santimetara u prečniku. Poluprečnik balona je dvostruko manji od njegovog prečnika (tj. 15 cm), a ako podignemo vrednost poluprečnika u decimetrima na treći stepen, pomnožimo dobijeni broj sa  $4/3$  i sa brojem  $\pi$  (3,14...) dobićemo zapreminu balona u litrima. Za balon poluprečnika 15 santimetara, izračunali smo da će imati zapreminu od oko 14 litara, pa će on uz pretpostavku da su mase njegove opne i končica zanemarljivo male, moći da podigne težinu od 14 grama. Ako ste na Zemlji teški 50 kilograma, tj. 50 000 grama, podelimo vašu težinu sa 14 grama po balonu i dobićemo broj od 3571,42 balona, potrebnih da biste se samo uz njihovu pomoć podigli u visinu. Ako želite da se podižete nekom pristojnom brzinom, morali biste da vežete za sebe i dodatnih oko 500 balona. Ako, ipak, uspete da nabavite specijalni balon prečnika oko tri metra, u njemu bi moglo da stane oko 1000 puta više gasa nego u balonu iz zabavnog parka pa bi tako za podizanje tereta od 50 kilograma bilo potrebno hiljadu puta manje ovakvih balona, tj. oko četiri balona. Balon napunjen helijumom prečnika oko 30 metara bi mogao da ponese teret od oko 14 tona.

### **- Šta su to teretni dirizabli?**

Sve do otkrića aviona, dirizabli su predstavljali jedinu alternativu brodskim preookeanskim putovanjima, a danas se oni uglavnom koriste kao leteće reklame iznad nekih većih sportskih takmičenja ili velikih gradova. Međutim, teretni dirizabli će uskoro moći da zalaze u predele gde kamioni ili vozovi nisu u stanju da dođu, a pri tome će moći da prenose mnogo veći teret (do 160 tona) od današnjih aviona. CL 160, prvi planetarni model teretnog dirizabla, dugačak je 260 metara, a napunjen je sa 550 000 kubnih metara nezapaljivog gasa helijuma. Glavni delovi CL 160 su: omotač, koji predstavlja višeslojni film debljine 1,6 mm, koji podseća na gumenu tkaninu; nosna kupa prečnika 26 metara povezana je sa omotačem i u sebi sadrži male raketne motore (kojima se postiže efikasno manevrisanje dirizablom), konopaste dizalice, kameru, kontrolne zupčanike i komunikacioni sistem za kontakt sa Zemljom; 250 metara dugačka kobilica koja oblaže ceo pod dirizabla i za koju se vezuje teret; repna jedinica koja se sastoji od 4 kormilarska peraja (sa samim kormilom), čija je funkcija da održavaju stabilnost i pravac krstarenja; i 16 turbinskih motora koji će dozvoljavati dirizablu da pređe 10 000 kilometara brzinom od 90 km/h pre nego što dosipanje goriva bude neophodno. Teretni okvir dirizabla je zakačen za kobilicu, a tokom faze utovarivanja, dirizabl se održava na oko 100 metara visine, dok se teretni okvir spušta ka zemlji pomoću dizalica instaliranih na kobilici. Da bi se dirizabl održavao stabilnim tokom utovarivanja, 4 vodeća kabla se spuštaju do zemlje i kače za pilone. Istovarivanje dirizabla je nešto komplikovaniji proces, jer kada bi dirizabl naglo ispustio svoj teret, naglo bi se i vinuo u nebo. Stoga, da bi ostao stabilan, dirizabl se na istovarnom doku povezuje sa sistemom koji upumpava u dirizabl vodu kako bi iskompenzovao gubitak težine usled istovarivanja i tako sprečio odletanje dirizabla. Takođe, teret se ne spušta potpuno do zemlje, već se pomoću dizalica spušta do visine od oko 40 metara. Kablovi sa teretne platforme se zakačinju za zemlju kako bi stabilizovali platformu, a teret se zatim pomoću njih spušta do same zemlje. Inače, čitav proces istovarivanja će trajati oko dva sata.

### **- Kako rade mlazni motori?**

Od kada je mlazna propulzija počela da se koristi na našoj planeti, avioni i rakete su počeli da uz pomoć ove tehnologije lete mnogo većim brzinama i na znatno većim nadmorskim visinama, čime su postala moguća i putovanja u Kosmos. Sam pojam "mlazna propulzija" se odnosi na rad koji se stvara u procesu izbacivanja materije u vidu mlaza. Tako, na primer, u običnoj raketi za vatromet, paljenje goriva rezultuje u hemijskoj reakciji koja kao



proizvode stvara toplotu i gasove koji se šire, izlaze iz rakete i uzrokuju njeno pomeranje u suprotnom smeru od smeru u kome mlaz napušta raketu. Kiseonik koji je neophodan za sagorevanje goriva, nosi se u samoj raketi ili u nekom posebnom sudu ili se čuva u njoj u obliku jedinjenja, tako da raketa ne mora da bude vezana za atmosferu. Postoje i neki drugi propulzioni uređaji u okviru kojih se dodatne zalihe kiseonika dovode direktno iz vazduha. Nakon oslobađanja toplote usled sagorevanja goriva, topli gasovi se ubrzavaju kroz motor, tako da je njihova izlazna brzina veća od brzine vazdušnog toka pri ulazu. Kako u raketama koje sa sobom nose kiseonik, tako i u tzv. raketama koje “dišu vazduh”, propulzija (mlazni pogon) je srazmerna masi izbačenog materijala u jedinici vremena, kao i porastu brzine izbačene mase. Stoga, podjednaka propulzija se može postići ili putem izbacivanja velike količine materije niskom brzinom tokom određenog vremenskog perioda (što se postiže u turbopropelerskim motorima) ili putem izbacivanja male mase materije velikom brzinom (što se postiže u turbomlaznim ili *ramjet* motorima). Dva izvora izbacujuće mase su propelant, tj. gorivo i oksidaciono sredstvo, tj. kiseonik ili vazduh. Tokom sagorevanja goriva, oslobađa se velika količina energije uskladištene u jakim kovalentnim vezama između ugljenikovih atoma u molekulima ugljovodonika, a jedan deo ove energije se prevodi u rad koji pokreće vozilo unapred. Drugi deo energije odnose vrući molekuli u mlazu i rasipaju je u atmosferu ili nastavljaju da se kreću kroz bazvazdušni prostor. Upravo, ovaj deo rasute energije u najvećoj meri minimiziraju veoma efikasni turbopropelerski motori koje koriste današnji putnički avioni. U tu svrhu, oni blago povećavaju brzinu mlaza u poređenju sa velikom masom vazduha koju provlače kroz motor u jedinici vremena. S druge strane, turbomlazni i *ramjet* motori ispunjavaju zahteve za supersoničnim brzinama, ali su zato, manje efikasni u odnosu na turbopropelerske motore. U turbomlaznim motorima, unešeni vazduh prolazi kroz kompresor koji ga sabija, te mu tako povećava pritisak, nakon čega vazduh odlazi u komoru za sagorevanje, a zatim prolazi kroz turbinu pre nego što se ubrza kroz ispustnu cev. *Ramjet* motor, s druge strane, ne poseduje pokretne delove, s obzirom da se u njemu stvara porast pritiska putem usporavanja brze vazdušne struje u samoj unosnoj cevi. Međutim, *ramjet* motori mogu da funkcionišu samo pri supersoničnim brzinama (brzinama većim od brzine zvuka), pa stoga zahtevaju dodatni uređaj koji će ih lansirati i ubrzati do dovoljno velikih brzina, a u tu svrhu se najčešće koriste dodatna raketa ili turbomlazni motor. Međutim, na velikim nadmorskim visinama, gustina vazduha postaje isuviše mala, i mlazna propulzija je tada moguća samo ukoliko raketni motor poseduje sopstveno oksidaciono sredstvo sa sobom. Raketni motori koriste ili čvrsta ili tečna goriva. Rakete sa čvrstim gorivom predstavljaju najstarije tipove raketa i njihova tela sadrže komoru za sagorevanje, kao i smešu čvrstog goriva i oksidacionog sredstva, a paljenjem goriva nastali proizvodi se ubrzavaju kroz usku cev tako da izazivaju pokretanje vozila u istom pravcu, ali u suprotnom smeru, dok su kod raketa sa tečnim gorivom, gorivo i oksidaciono sredstvo razdvojeni i u kontrolisanim količinama se unose u komoru za sagorevanje.

### **- Zašto su repovi mlaznih i raketnih motora različitog oblika?**

Mlazni i raketni motori imaju različite izduvne cevi, jer koriste različite vrste sagorevanja, a ovi ispusti gasova su znatno uži kod mlaznih motora. Izduvna cev raketnog motora je oblika otvorene kupe, što dozvoljava spoljno širenje vrućih gasova koji deluju pritiskom na raketu u njenom letu. S druge strane, mlazni motor vrši svo sagorevanje unutar motora, a uske ispustne cevi kod ovog tipa motora imaju isti efekat kao kada stavimo kupastu sužavajuću cev na crevo perača ulica, provodeći tako istu količinu tečnosti kroz manju površinu, što povećava brzinu tečnosti, a stoga dozvoljava da snaga motora bude još više usredištena.

## - Šta su to rakete koje dišu vazduh?

Istraživači NASA-e su nedavno konstruisali novi raketni motor koji nema potrebu za oksidacionim sredstvom u okviru letelice, već u tu svrhu izdvaja kiseonik iz vazduha i koristi ga za sagorevanje goriva uz pomoć čega raketa povećava svoju brzinu leta. U konvencionalnom raketnom motoru, tečno oksidaciono sredstvo i gorivo se upumpavaju u gorivnu komoru gde sagorevaju stvarajući struje toplih gasova velike brzine i visokog pritiska koje se dodatno ubrzavaju (od 8 do 16 km/h) prilikom prolaska kroz izlazne cevi odakle i napuštaju motor, a tokom ovog procesa raketa dobija energiju kretanja u smeru suprotnom od smera izbacivanja izduvnih gasova. Jednom *space shuttle*-u je danas potrebno oko 615 tona tečnog kiseonika. S druge strane, prazan *space shuttle* je težak 74,75 tona, spoljni rezervoar je težak 35 tona, a dva raketna pobuđivača (koji su neophodni pri poletanju) teže 168 tona, što ukupno daje težinu od 278 tona za *space shuttle* bez goriva. Kada u njega sipamo oksidaciono sredstvo i gorivo, njegova težina se poveća do 2000 tona. Korišćenjem motora koji bi umesto tečnog oksidansa sa broda koristio kiseonik iz vazduha, težina *space shuttle*-a bi se smanjila do 1400 tona, što bi znatno smanjilo troškove lansiranja letelice, a i bilo bi znatno lakše manevrisati sa jednom ovakvom raketom. Popularna "raketa koja diše vazduh" je veoma slična mlaznom motoru kod koga se vazduh uvlači u motor pomoću turbine. Međutim, mlazni motori se ne mogu koristiti za postizanje većih brzina od 3-4 Maha, jer se delovi motora lako pregreju. S druge strane, kod *scramjet* raketa, vazdušni otvori uvlače vazduh koji se zatim usporava i kompresuje dok se letelica ubrzava kroz atmosferu. Gorivo se, u vidu tečnog vodonika ili nekog ugljovodonika, dodaje supersoničnom toku vazduha, što dovodi do njihovog mešanja i sagorevanja goriva. Ipak, sa efikasnošću koju danas poseduju, ove rakete na vazduh ne mogu da obezbede dovoljno veliku energiju za poletanje. U tu svrhu se koriste ili turbomlazovi ili dodatne rakete koje se stavljaju u vod kroz koji ulazi vazduh i koje pri brzinama većim od 2-3 Maha naglo povećavaju brzinu oksidacije goriva sa vazduhom iz atmosfere, što dovodi do povećanja brzine letelice do oko 10 Mahova, nakon čega ova specijalna raketa preuzima svoju uobičajenu funkciju. Takođe, ovakve rakete bi mogle da se lansiraju pomoću nekog sistema maglev voza, kakav je npr. svemirski lift.

## - Šta je to probijanje zvučnog zida?

Efekat probijanja zvučnog zida koji ponekad dostiže glasnoću i do 130 Decibela javlja se kada avion putuje supersoničnim brzinama, odnosno. brzinama većim od brzine zvuka koja u vazduhu iznosi 332 metra u sekundi ili 195 kilometara na čas. Kada se avion kreće manjom brzinom od brzine zvuka (zvuk je talas pritiska), zvuk aviona se rasprostire u svim pravcima. Međutim, pojedinačni zvučni talasi bivaju kompresovani ispred aviona i dalje se šire iza njega, slično brazdama koje na vodi ostavlja pokretni gliser. Ovaj efekat poznat je kao Doplerov efekat i njime se objašnjava smanjenje frekvencije zvuka aviona kada avion odlazi od nas, i obrnuto, povećanje frekvencije brujanja njegovog motora kada se on približava ka nama. Kada se avion kreće sporijom brzinom od brzine zvuka u vazduhu, zvučni talasi se prostiru kako iza, tako i ispred aviona. Međutim, kada se avion kreće brže od brzine zvuka, onda se on zapravo kreće brže od sopstvenog zvuka. Kao rezultat toga, stvara se talas pritiska oblika kupe, čiji je vrh na nosu aviona, a baza iza njega. Ugao koji zaklapaju stranice kupe u odnosu na bazu zavisi od brzine kojom se kreće avion (što je veća brzina aviona to je manji ugao između bočnih stranica kupe), a kompletan zvučni pritisak aviona je sadržan u ovoj kupi. Sada, zamislite ovaj avion na nivou leta. Pre nego što avion prođe pored vas, vi ga možete videti, ali ne i čuti, jer je kupa sa pritiskom još uvek iza aviona. U trenutku kada vaše uši preseku ivicu kupe postaćete izloženi talasu pritiska i čućete veoma glasan zvuk koji opisujemo kao tzv. probijanje zvučnog zida. Većina supersoničnih aviona (uključujući

*Concord* avione i *space shuttle*-ove) proizvodi dva “buma”, jedan koji potiče sa nosa i jedan koji potiče sa repa aviona (premda i sve druge isturene strukture na avionu kao što su npr. krila, stvaraju kupaste talase pritiska), ali koji su najčešće toliko bliski da ih čujemo kao jedan glasan zvuk.

### **- Kako nastaju mlazni vetrovi?**

Zemljina atmosfera sadrži dva glavna mlazna toka (po jedan na svakoj hemisferi), koji znatno utiču na putanje niskog i visokog pritiska, a osim što je poznavanje položaja mlaznih vetrova esencijalno za preciznu vremensku prognozu, i piloti aviona su uvek obavješteni o položaju, nadmorskoj visini i jačini mlaznih tokova, kao i o posledicama prolaska aviona kroz njih. Po definiciji, mlaz u dinamičnom fluidu predstavlja tok fluida koji se kreće većom brzinom u odnosu na okolne oblasti fluida, a vazdušni mlazevi u Zemljinoj atmosferi su prirodna posledica temperaturske razlike između ekvatorijalnih i polarnih oblasti. Centrifugalni efekti usled Zemljine rotacije, poznati i kao Koriolisova sila, skreću transport toplote sa pravca sever-jug ka pravcu istok-zapad, a relativna jačina, odnosno brzina mlaznih vetrova je direktno proporcionalna gradijentu temperature, tj. razlici u temperatura između hladnih polarnih i toplih ekvatorijalnih oblasti, koja je najveća tokom zimskih meseci, pa su tada ovi vetrovi i najjači. Nadmorska visina mlaznih vetrova je funkcija vertikalne i horizontalne raspodele temperature u Zemljinoj atmosferi. Troposfera predstavlja atmosferski sloj Zemlje najbliži njenoj površini, a proteže se do visine od 9 km na polovima i 16 km na ekvatoru, iznad čega se sve do visine od 45-50 km nalazi sloj stratosfere. Temperatura vazduha u troposferi opada sa povećanjem visine, dok u stratosferi temperatura raste sa porastom visine. Stoga se najhladniji delovi atmosfere nalaze na prelazu između troposfere u stratosferu, a baš na ovim nivoima obitavaju mlazni vetrovi. Takođe, i topografija Zemlje utiče na položaje ovih vetrova, jer se kontinenti greju i hlade različitim brzinama u odnosu na vodene površine.

### **- Kako nastaju uragani?**

Uragani predstavljaju jednu vrstu tropskih ciklona (oblast niskog atmosferskog pritiska okružena vetrovima koji se u severnoj hemisferi kreću u smeru suprotnom od smera kretanja kazaljke na satu). Tropski cikloni se dele na: tropske depresije (sistem oblaka i oluja sa maksimalnom brzinom vetra do 60 km/h), tropske oluje (sistem snažnih oluja sa maksimalnom brzinom vetra od 60 do 117 km/h) i uragane (čija brzina vetra prekoračuje 117 km/h). U zapadnom Pacifiku, uragani se nazivaju tajfunima, u Indijskom Okeanu ciklonima, a ponegde i orkanima. Pod dejstvom Sunčeve toplote, dolazi do isparavanja vode sa površine mora i okeana, a od temperature vazduha zavisi količina vodene pare koju on može sadržati. Tako, na primer, na temperaturi vazduha od 30 °C, u 1m<sup>3</sup> vazduha može biti rastvoreno 30 grama vode, dok na temperaturi vazduha od -20 °C, u 1m<sup>3</sup> vazduha može biti rastvoren samo 1 gram vode. Topao vazduh zasićen vodenom parom se podiže naviše i na izvesnoj visini upada u veoma hladne slojeve atmosfere, čija je temperatura znatno niža od 0°C. Vodena para se burno kondenzuje (vodena para se pretvara u tečnu vodu i čestice leda) uz izdvajanje velike količine toplote. Kada izdvojena količina toplote postane dovoljno velika, gornji deo vihora odvlači za sobom donje slojeve atmosfere i tako nastaje uragan. Površina obuhvaćena uraganom ima prečnik od nekoliko stotina kilometara, a u centru uragana naglo opada pritisak. Poput šmrka, ova “surla uragana” uvlači topao vazduh sa površine okeana. Svake godine iznad istočnog Pacifika (tokom maja), Atlantskog Okeana, Karibskog Mora i Meksičkog zaliva (tokom juna) nastane desetak tropskih oluja koje se pretvore u uragane. Najveći broj nastalih uragana ostane iznad mora, ali oko dva uragana godišnje se preseli na

američki kontinent gde izaziva jake vetrove, tornade (vazdušne virove koji povezuju olujne oblake sa Zemljom), kiše i talase. Ponekad, za vreme uragana, u levak naglo opalog atmosferskog pritiska ulazi voda sa površine mora i nastaje ciklon – vodeni stub koji je spojen sa donjim delom oblaka. Cikloni podižu u vazduh znatne količine vode zajedno sa njihovim stanovnicima – ribama i školjkama, koje zatim često padaju na kopno. Interesantno je da je sam centar uragana, njegovo tzv. “oko”, relativno mirno u odnosu na oblasti atmosfere koje ga okružuju. Naime, na visini “oka” od oko 15 km najveći deo vazduha se ubrzava van “oka”, čime se povećava naviše usmerena brzina vazduha. Međutim, nešto vazduha nalazi put ka “oku” stvarajući tako oblast bez oblaka. Urangani se najčešće kreću putanjama koje podsećaju na parabolu. Na severnoj hemisferi, oluja pod dejstvom pretežnih vetrova najpre putuje u pravcu severozapada i na većim geografskim širinama pod dejstvom mlaznih vetrova skreće ka severoistoku. Na južnoj hemisferi, urangani se najpre kreću ka jugozapadu, a zatim skreću ka jugoistoku.

### **- Kako frizbi može tako dugo da leti?**

Slično kao što pravi ili papirnati avioni moraju da lete tako da im nos bude uspravljen u odnosu na pravac leta ukoliko žele da se podižu u vazduhu ili opstaju na određenoj visini, tako se i frizbi mora baciti tako da njegova donja, udubljena strana bude izložena sudarima sa većim brojem molekula i čestica vazduha nego njegova gornja strana. Ovako izvedeno aerodinamičko podizanje sprečava da frizbi padne na zemlju, ali upravo njegova rotacija sprečava da se on prevrne u vazduhu. Naime, precizno bačen frizbi se brzo okreće oko svoje vertikalne ose oko koje u tom stanju poseduje i visoku vrednost ugaonog momenta. Sve dok vazduh kroz koji leti frizbi ne deluje torzijom (torzija je u slučaju rotacionog kretanja adekvatna sili u slučaju linearnog kretanja) na njega, frizbi će se okretati oko svoje ose i neće se prevrnuti. Oblik pravog frizbija je takav da vazduh veoma malom torzijom deluje na njega. Naime, centar pritiska autentičnog frizbija, odnosno tačka u kojoj deluju sve aerodinamičke sile, nalazi se veoma blizu centra mase frizbija. Bez ijednog kraka poluge između centra pritiska i centra mase frizbija, vazdušni pritisak i ne može da deluje torzijom na njega. Međutim, imitacije frizbija ne poseduju uvek tu osobinu da im se centri pritiska i centri mase poklapaju. Često se dešava da ovakvi frizbiji zahvate vetar na pogrešnim mestima i imaju centar pritiska koji nije na istom mestu kao i centar mase, pa se stoga prevrnu tokom leta jer torzija kojom deluje vazduh postepeno menja pravac ugaonog momenta frizbija. Izuzetak od ovog pravila se aerobiji, ravni, prstenasti leteći diskovi koji lete još bolje od samih frizbija. Slično frizbiju, i aerobijev centar pritiska se nalazi na istom mestu kao i njegov centar mase, pa se stoga on ne prevrće u vazduhu. U frizbiju, izjednačavanje ovih centara se postiže pomoću turbulencije u okolini dna frizbija, dok se u slučaju aerobija, ovaj efekat postiže pomoću malog otvora na spoljašnjosti prstena. Frizbi, zahvaljujući korišćenju efekta turbulencije doživljava znatno više trenja i najčešće ne leti tako daleko kao aerobi.

### **- Koliko je teška Zemljina atmosfera?**

Masu Zemljinog gasovitog omotača možemo izračunati pomoću poznate vrednosti pritiska na Zemljinoj površini. Naime, prosečni pritisak u našem okruženju iznosi jednu atmosferu, što je jednako pritisku od 101 325 Paskala, a što je opet na našoj planeti jednako pritisku od 10 335 kilograma po kvadratnom metru površine. Ovaj pritisak znači da je kolona vazduha iznad svakog kvadratnog metra Zemljine površine teška 10,335 tona. Množenjem ukupne površine Zemljine lopte sa ovim pritiskom dobićemo ukupnu težinu vazduha naše planete. Srednji poluprečnik Zemljine lopte je jednak 6,37 miliona metara, tj. 6 370 hiljada kilometara, a približnu površinu Zemljine sfere možemo izračunati ako kvadriramo Zemljin

poluprečnik i pomnožimo dobijeni broj sa  $4\pi$ . Tako smo izračunali da Zemljina lopta ima površinu od oko 510 miliona kvadratnih kilometara, odnosno  $510 \cdot 10^{12}$  kvadratnih metara. Pomnožimo sada  $510 \cdot 10^{12}$  sa 10 335 i dobićemo da je ukupna težina Zemljine atmosfere jednaka  $5,26 \cdot 10^{18}$  kilograma, odnosno 5,26 kvadriliona tona.

### **- Šta je apsolutna, a šta relativna vlažnost?**

Apsolutna vlažnost predstavlja odnos mase vodene pare i mase vazduha u određenoj zapremini vazduha i na datoj temperaturi. Što je vazduh topliji, to više vode može sadržati u sebi. To je i razlog zašto se zimi vlažan vazduh koji izdišemo kondenzuje u vazduhu u vidu vidljive pare, s obzirom da je rastvorljivost vode u vazduhu znatno manja na niskim temperaturama. Relativna vlažnost je odnos apsolutne vlažnosti u datom trenutku i najveće moguće apsolutne vlažnosti (koja zavisi od trenutne temperature vazduha). Relativna vlažnost od 100 % znači da je vazduh u potpunosti zasićen sa vodenom parom, što verovatno dovodi do kiše. Stopostotna relativna vlažnost postoji u oblacima, a opada sa približavanjem Zemlji. Kada je vlažnost velika, znoj sa našeg tela teže isparava, pa se na istoj temperaturi vazduha osećamo mnogo toplije ukoliko je vlažnost veća. S druge strane, ako je vlažnost niska, osećaćemo se nešto hladnije, jer će znoj lakše isparavati. Najpogodnija vlažnost za ljudska bića je oko 45 %. Toplotni indeks koji često spominju meteorolozi na vestima, uzima u obzir temperaturu vazduha, kao i njegovu vlažnost i izračunava kolika bi bila temperatura vazduha u slučaju da je vlažnost vazduha jednaka 25 %, što predstavlja veoma suv vazduh.

### **- Zašto ptice lete u formaciji latiničnog slova "V"?**

Tokom leta jata ptica, ptica predvodnica ima najteži posao jer prva probija vazduh koji pruža otpor letu jata ptica. Baš kao što brod koji plovi po moru, ostavlja brazdu oblika latiničnog slova "V" na vodi iza sebe, tako i ptica predvodnica ostavlja iza sebe vazdušni vir istog oblika, pa je ostalim pticama mnogo lakše da lete u viru vodeće ptice, u kome je pritisak vazduha znatno manji od pritiska kome je izložena ptica predvodnica. Naime, svaki put kada ptica predvodnica mahne krilima, stvore se dva vazdušna vira, po jedan iza svakog krila. Ove virove možemo zamisliti kao oblasti u kojima se gornji sloj vazduha okreće unapred, a donji unazad. Pritisak nekog sistema predstavlja meru sudara čestica koje sačinjavaju taj sistem sa česticama iz svoje okoline, a adekvatno tome, pritisak vazduha je srazmeran broju sudara ptice sa česticama vazduha. Tako, npr. pri normalnom atmosferskom pritisku od jedne atmosfere (što je jednako 101325 Paskala), svaki kvadratni metar naše površine je izložen sili od čak 101325 Njutna. Što se tiče naših ptica, isto tako možemo tvrditi da se ptice iz pozadine sudaraju sa manjim brojem čestica vazduha u odnosu na pticu predvodnicu. Naime, deo molekula vazduha u viru se za razliku od okolnog vazduha, kreće u pravcu pticinog leta, što joj smanjuje neophodan utrošak energije za let. Ako budete pažljivo posmatrali ptičiju "V" formaciju primetićete da svaka od ptica ne ostaje u vodećem položaju veoma dugo, već svoje mesto često menja sa nekom od odornijih ptica. Kada ptica koja leti za pticom predvodnicom, mahne krilima u vazdušnom viru koji je stvorila prva ptica, promena impulsa vazduha zahvaljujući kojoj se ptica odbacuje od vazduha je veća nego kada ptica maše krilima van vira, pa je stoga ptici koja leti za drugom pticom potrebno manje energije za jednako podizanje. Kada se ptice rasporede tako da formiraju slovo "V", tada svaka sledeća ptica maše svojim krilima u virovima koje je mahanjem krila stvorila ptica ispred nje. Eksperimenti na guskama su pokazali da one mogu da pređu 70 % duži put kada lete sa drugim pticama u "V" formaciji nego kada lete same. Takođe, merenjem otkucaja srca pelikana prilikom leta van i u okviru "V" formacije, došlo se do zaključka da je brzina kucanja srca ovih ptica znatno manja

prilikom leta u ptičijoj formaciji, najviše usled produženje vremena lebdenja u vazduhu kao posledice letenja u viru drugih ptica.

### **- Kako lete paraglajderi?**

Paraglajder predstavlja padobran trouglastog oblika sa fleksibilnim krilima, napravljenim od najlona ili *Dacron* tkanine. Trouglasti oblik ove tkanine se održava pomoću krutih aluminijumskih cevi i kablova, a ceo sistem je izdizajniran tako da dozvoljava veći protok vazduha ispod površine krila kako bi omogućio poletanje. Da bi poleteo, pilot mora da trči niz padinu tako da brzina kretanja vazduha ispod krila dostigne brzinu između 24 i 40 km/h. U jednom trenutku, podizanje pod dejstvom vazduha prevazilazi silu gravitacije i paraglajder poleće. Kada poleti, gravitacija (tj. težina pilota i paraglajdera) vuče glajdera ka Zemlji i ubrzava ga unapred, što izaziva povećanje protoka vazduha ispod krila i dodatno podizanje. Uz horizontalno kretanje vazduha, paraglajderi se mogu podići i pod dejstvom naviše usmerenih struja toplog vazduha (tzv. termalno podizanje), naviše odbijenog vazduha od okolne topografije (planina i bregova) ili struje vazduha između dva planinska brega (tzv. talasne struje). Međutim, sa povećanjem brzine kretanja paraglajdera, povećava se i trenje sa česticama vazduha što dovodi do usporavanja letećeg tela. Od odnosa ove tri sile (podizanja, gravitacije i trenja) zavisi koliko će dugo paraglajder ostati u vazduhu (trenutni rekord je 38 sati) i koliko daleko će odleteti (trenutni rekord je 483 km). Pilot, pomeranjem centra svoje mase vrši skretanje na stranu, dok se podizanjem i spuštanjem može upravljati pomoću menjanja ugla koje krilo zaklapa sa horizontom.

### **- Kako se postiže nulta gravitacija u avionima?**

Osoba u liftu koji pada nadole ima osećaj bestežinskog stanja, jer se lift u kome se ona nalazi ubrzava ka Zemlji istom brzinom kao i predmeti u njemu. Brzina padanja lifta, kao i brzina padanja predmeta u njemu povećavaju se za 9,81 m/s u svakoj sekundi puta. Prilikom obuke astronauta, uslovi nulte gravitacije se postižu u avionima koji izvide sličan efekat kao u liftu koji pada, samo što se padanje aviona nadole kombinuje sa njegovim kretanjem unapred, pa rezultujuća putanja aviona postaje parabolička. Naravno, efekat nulte gravitacije opstaje sve dok se avion ne približi isuviše Zemlji, kada počinje njegovo ponovno vraćanje na visinu leta, a tokom ponovnog penjanja, gravitacija u avionu je naravno, nešto veća od nama poznatih 9,81 m/s<sup>2</sup> pomnoženih sa masom tela. Ukoliko astronaut u ovako padajućem, bestežinskom avionu ne gleda kroz prozor, on naravno neće osećati da pada, već da pluta, tj. da lebdi, dok će posmatračima sa zemlje, ipak izgledati kao da avion pada.

### **- Kako nas ventilatori i lepeze hlade?**

Odgovor: Tokom toplih letnjih dana, hlađenje lepezom ili ventilatorom je uobičajena pojava i pored toga što rad ventilatora u sobi zapravo greje vazduh u njoj. Naime, radom krila ventilatora, prenosi se energija molekulima vazduha koji se ubrzavaju što povećava temperaturu (merilo srednje kinetičke energije čestica u sistemu, tj. sobi) vazduha u sobi, te on postaje topliji. Takođe, i motor koji pokreće krila sasvim sigurno nije stopostotno efikasan, pa se određeni deo električne energije koja ga pokreće prevodi i u toplotu, koja se prenosi na vazduh u sobi. Drugim rečima, ukoliko uzmemo u obzir i toplotne gubitke motora usled trenja, sva električna energija koja pokreće ventilator, prevodi se direktno u toplotu. Međutim, stvaranjem intenzivnijih vazdušnih strujanja u našoj bliskoj okolini, lepeza i ventilator ipak postižu kod nas efekat hlađenja, a razlog tome je što se povećava broj sudara molekula vazduha sa nama, a češći sudari dovode do bržeg isparavanja znoja sa naše kože, što nam

pruža osećaj hlađenja. Naime, dve trećine toplote naših tela se prenosi na vazduh oko nas putem elastičnih sudara između atoma i molekula pri čemu se čestice toplijeg tela (najčešće nas) usporavaju, dok se čestice hladnijeg tela ubrzavaju, dok se jedna trećina naše toplote odnosi sa nas putem isparavanja znoja sa naše kože. Po veoma toplim danima kada je temperatura vazduha jednaka ili veća od naše telesne temperature, prenos toplote putem elastičnih sudara potpuno prestaje, pa naša tela emituju toplotu samo putem isparavanja znoja. Što su veća vazдушna strujanja iznad naše kože, to će kapi znoja brže isparavati i tako nas hladiti. Razlog zašto nam se čini da je vazduh u celoj sobi postao hladniji kada uključimo ventilator je u tome što intenzivnija vazдушna strujanja podstaknuta okretanjem krila ventilatora mešaju vazdušne slojeva u sobi. Naime, topli vazduh je ređi od hladnog, pa se stoga nalazi na vrhu sobe, dok hladniji vazduh pluta iznad poda. Iz istog razloga su ventilatori koji se nalaze na plafonima visokih soba korisni čak i zimi, jer potiskuju topli vazduh sa vrha sobe ka njenom dnu gde se on meša sa hladnijim vazduhom čineći tako čitavu sobu malo toplijom.

### **- Zašto vazduh lepo miriše posle kiše?**

Mirisi koje povezujemo sa kišom mogu biti uzrokovani različitim pojavama. Jedan od najprijetnijih mirisa posle kiše stvaraju bakterije aktinomicete koje rastu u čvrstoj i toploj zemlji. Kada se zemlja suši, bakterije stvaraju spore u zemlji. Kišne kapi rasturaju ove male spore u vazduh, gde one zajedno sa vodenim kapima stvaraju aerosol (sprej, odnosno raspršeni vodeni rastvor neke supstance u vazduhu). Na taj način, zajedno sa vlažnim vazduhom udišemo i malo spora ovih bakterija koje nam daju tako karakterističan i prijatan miris koji nas asocira na kišni vazduh i šumu. U gradovima, miris vazduha posle kiše često je neprijatan i tada on potiče od kiselosti kiše. Usled raznih hemikalija u atmosferi iznad gusto naseljenih gradova, kiša postaje kisela i u kontaktu sa organskim otpacima na zemlji stvaraju se reakcije pri kojima se oslobađaju razne arome. Kisele kiše mogu oslobađati minerale iz zemlje koji zatim reaguju sa benzinom iz vazduha i daju mu još oštrij miris, koji nije ni najmanje prijatan kao miris aktinomiceta. Miris kiselih kiša je najuočljiviji kada nakon dužeg sušnog perioda padne kiša. Razlog tome je što nataložene hemikalije na Zemlji ne podležu istoj reakciji u svom čvrstom, kao u već jednom rastvorenom stanju. Postoje takođe i mirisi koji potiču od isparljivih ulja koje oslobađaju razne vrste biljaka i drveća. Ove arome se talože na površinama Zemljinog kamenja, a kiša spira ove mirisne molekule i prenosi ih u vazduh. Ovi mirisi su najčešće veoma prijatni, pa se često i prodaju u vidu prirodnih parfema. Osim ovih mirisa, postoje još i razne druge vrste aroma koje se prenose kroz vlažan vazduh posle kiše, s obzirom da je vlažan vazduh znatno pogodniji od suvog vazduha za prenošenje aroma kroz atmosferu.

### **- Zašto senka aviona na Zemlji nestaje sa letom u visinu?**

Kada avion leti iznad Zemlje na malim visinama tako da na Zemlji ispod njega postoje mesta sa kojih bi avion potpuno zaklanjao Sunce, na ovim mestima će avion bacati svoju senku, koja će se, naravno, pomerati sa kretanjem aviona. Međutim, kada avion dostigne visinu od nekoliko stotina metara, njegova senka na Zemlji nestaje, jer posmatrano sa Zemlje, avion obuhvata manji prostor u našem vidnom polju od Sunca, pa stoga i ne uspeva da zakloni Sunce i da ostavi senku na Zemlji. Često se dešava da se privremeno nestala senka opet pojavi na padinama nekog brežuljka, a i tada možemo biti sigurni da u svakom slučaju, sa mesta na kome vidimo senku, avion u potpunosti zaklanja Sunce. Ukoliko ste nekada iz aviona posmatrali kako senka nestaje sa povećanjem visine aviona, sigurno ste primetili i da u jednom trenutku, senka biva zamenjena belom svetlošću na Zemlji. Ova svetlost koja

zamenjuje senku nastaje kada avion sa Zemlje zaklapa blizak, ali nešto manji ugao u vidnom polju od Sunca i tada reflektovana svetlost sa aviona ostavlja tragove na Zemlji. Padobranci često vide kako senka na bliskom bregu pored koga lete biva zamenjena poljem svetlosti, a ova pojava da je povezana sa vizuelnom iluzijom u okviru koje se na mestu preseka dveju ortogonalnih tamnih pruga pojavljuje centralna svetlost. Nauka još uvek nije objasnila ovu pojavu, a premda se zna da ona nije povezana sa difrakcijom (rasipanjem svetlosti prilikom prolaska kroz mali otvor), odnosno interferencijom svetlosti, smatra se da je povezana sa mehanizmom pooštavanja ivica predmeta u mrežnjači oka.



## 13. Svet kristala

### - Šta su to kristali?

Danas se smatra da svaka materija u prirodi može da postoji u 4 agregatna stanja, a to su: plazma, gasovito, tečno i čvrsto stanje. Kada su materijalni sistemi veoma topli, odnosno kada je njihova temperatura visoka, tada se pojedinačne čestice u sistemu veoma brzo kreću i intenzivno se sudaraju. Pod dejstvom veoma čestih sudara, atomi se stalno jonizuju i gube elektrone iz svojih atomskih polja. Ovakvo stanje visokoenergetske materije u kojoj su elektroni odvojeni od atomskih jezgara naziva se plazmom i ona je prisutna u svim sjajnim zvezdama. Sa postepenim hlađenjem plazme, sve će manje biti slobodnih jona i elektrona, da bi se u jednom trenutku, svi elektroni vezali za jone formirajući neutralne atome. Međutim, intenzivnost kretanja čestica u ovakvom sistemu je i dalje veoma velika, jer česti sudari i sada onemogućavaju opstanak čestica na energetski najpovoljnijim međusobnim rastojanjima. Ovakav sistem se naziva gasom pod uslovom da zauzima oblik suda u kome se nalazi, dok ukoliko to nije slučaj, nazivamo ga tečnošću. Atomi i molekuli tečnosti se nalaze na znatno manjim međusobnim rastojanjima, nego što je to slučaj kod čestica gasa, ali je i dalje usled dovoljno velikih kinetičkih energija atoma i molekula, nemoguć prelazak u kristalno stanje. Ipak, sa daljim oduzimanjem toplote sistemu, on će preći u kristalno stanje, odnosno u stanje u kome su atomi u prostoru pravilno raspoređeni i formiraju simetričan poredak, tako da se pojedinačne čestice, kao i čitavo kristalno telo nalaze u stanju minimalne potencijalne energije. Malo je čvrstih stvari u našem svetu koje nisu kristalne, premda su najveći broj kristala polikristali, što znači da se sastoje od mnogo malih kristalića različitih orijentacija. Prisustvo kristala u nekom svetu možemo poistovetiti sa prisustvom uređenosti, jer je savršeno kristalno stanje (monokristal bez ikakvih defekata u vidu šupljina na čvorovima kristalne rešetke, odnosno mestima na kojima bi trebalo da se nalaze atomi kristala, kao i postojanja atoma u međučvornim pozicijama) stanje minimalne entropije za dati materijalni sistem. Atomi se u kristalu kreću samo u vidu vibracionog kretanja, odnosno oscilovanja oko svojih ravnotežnih položaja (položaja sa minimalnom vrednošću potencijalne energije, kao posledice prisustva okolnih atomskih, odnosno elektronskih polja) koje se odigrava čak i na apsolutnoj nuli. Jedan idealan kristal se može zamisliti kao da nastaje beskonačnim ponavljanjem identičnih paralelopipeda u prostoru. Ovi paralelopipedi koji se preslikavaju u prostoru i čijim uglovima (tzv. čvorovima) odgovaraju prostorni položaji atoma, nazivaju se elementarnim ćelijama kristala i njih, u odnosu na sve ostale paralelopipede u kristalu karakterišu maksimalan broj pravih uglova, minimalna zapremina, kao i simetrija identična simetriji čitave kristalne strukture. Ovakve elementarne ćelije se nazivaju Bravaisovim rešetkama i u dvodimenzionalnom prostoru ih ima 5 (paralelogram, kvadrat, romb, pravougaonik i centrirani pravougaonik, odnosno pravougaonik koji u centru poseduje još jedan čvor, odnosno atomski položaj), dok ih u trodimenzionalnom prostoru ima 14 (triklanična rešetka, kod koje ose nisu paralelne, a nisu ni jednakih dužina; monoklanična rešetka, kod koje dužine osa nisu jednake, ali su dve od tri ose međusobno normalne; površinski centrirana monoklanična rešetka, koja poseduje još dva čvora na dvema osnovama; rombična rešetka, kod koje ose nisu jednakih dužina, ali su sve međusobno normalne; zapreminski centrirana rombična rešetka, sa jednim čvorom u centru romba; površinski centrirana rombična rešetka, sa čvorovima na centrima svih strana; bočno centrirana rombična rešetka, sa dvema čvorovima na dvema bočnim stranama romba; trigonalna rešetka, kod koje su sve tri ose jednakih dužina, dok su i uglovi između osa jednaki, ali nejednaki pravom uglu; tetragonalna rešetka, kod koje dve ose moraju biti jednake, a sve tri ose su međusobno

normalne; heksagonalna, kod koje dve ose jednakih dužina zaklapaju ugao od  $120^{\circ}$ , a normalne su na treću osu; i kubična rešetka, kod koje su sve ose jednakih dužina i međusobno su normalne). Ovih 7 kristalnih sistema, zajedno sa 32 tačkaste grupe simetrije daju nam 230 različitih prostornih grupa simetrije. Pravilna raspoređenost atoma u prostoru kristala se potvrđuje konstruktivnom interferencijom elektrona, neutrona, ili rendgenskih talasa (neophodno je da talasna dužina ovih talasa bude bliska rastojanju između atoma kristala, što je reda veličine angstrema –  $10^{-10}$  metara) difraktovanih na kristalnim ravnima, nakon usmeravanja snopa talasa pod određenim uglom (ili uglovima) ka kristalu. Interesantno je i da su oscilacije između atoma kristala anharmonične, što znači da srednje rastojanje tokom oscilovanja čestice ne odgovara njenom ravnotežnom položaju. Drugim rečima, čestice se tokom svake oscilacije više udaljavaju jedna od druge, nego što se približavaju, odnosno amplituda svake oscilujuće čestice nije jednaka na obe strane oko ravnotežnog položaja. Ova pojava je veoma značajna za naš svet, jer ona za posledicu proizvodi konačnu toplotnu provodljivost kristala, kao i pojavu toplotnog širenja (slično šinama vozova koje se leti prošire). Naime, kada bi oscilacije između atoma u kristalu bile harmonijske slično oscilovanju ljuljaške ili klatna, tada bi toplotna provodljivost kristalnih tela bila beskonačna, jer sa povećanjem temperature tela, odnosno sa povećanjem amplitude oscilovanja čestica, ne bi dolazilo do njihovog poklapanja i rasejavanja, već bi one oscilovale nezavisno jedne od drugih.

### - Šta su to tečni kristali?

1888. godine je Fridrih Rejnicher (*Friedrich Reinitzer*) ispitujući supstancu holesterol benzoat, primetio da ona poseduje dve različite tačke topljenja. Sa zagrevanjem je prvo prelazila u neprozirnu tečnost, dok je sa daljim zagrevanjem prelazila u providnu tečnost. Neprozirna tečna faza je okarakterisana kao tečno kristalna faza ove supstance. Većina tečnih kristala poseduje nekoliko zajedničkih odlika: njihovi molekuli su dugački, imaju čvrste lančane produžetke i veliki dipolni momenat (ili veliku polarizabilnost). Ovi, dugački molekuli se mogu usmeravati u pojedinim pravcima dajući tako izvesnu simetriju molekulima tečnosti, pa stoga ovakve tečnosti smatraju polu-kristalima. Primeri tečnih kristala mogu biti “nematična” faza u kojoj su svi molekuli usmereni u istom pravcu, ali pri tome ne postoji neka posebna simetrija u njihovoj strukturi, i “smektična” faza, u kojoj osim usmerenosti molekuli, postoji i očigledan simetrični poredak molekula. Primer smektičnog tečnog kristala bi mogle biti ćelijske membrane, koje se sastoje od dva sloja molekula masti, gde su njihove nepolarne strane okrenute ka unutrašnjosti membrane, dok su polarni krajevi ugljovodoničnog lanca jednog sloja okrenuti ka spoljašnjosti, a drugog ka unutrašnjosti ćelije. Slično strukturi molekula lipida (masti), mnogi tečni kristali predstavljaju polimere organskih jedinjenja, čiji su glavni atomski sastojci naravno atomi azota, ugljenika, kiseonika i vodonika. Tako npr. i mehurovi od sapunice predstavljaju tečne kristale sapuna, odnosno deterdženta (koji su po strukturi slični dugačkim molekulima masti, osim što umesto COOH atomske grupe na kraju molekula poseduju neki metalni jon, kao što je npr. natrijumov), pomešane sa molekulima vode. Tečni kristali se zbog svojih optičkih osobina sve više koriste u optičko-elektronskim tehnologijama, a koriste se npr. za izradu LCD displeja u kojima se između dva sloja polarizatora nalazi uređeni tečni kristal, koji menja svoj orijentaciju, a time i transparentnost u zavisnosti od primenjenog električnog polja.

### - Koliko ima atoma u zrnju soli?

Merenje broja atoma u zrnju soli zavisi od toga koliko je veliko zrno soli koje smo izabrali kao reprezentativni uzorak, pa će stoga ovaj račun biti tačan u opsegu reda veličine, tj.

više ili manje za faktor deset. Prvi korak je, naravno, da procenimo koliko je veliko zrno soli. Istresli smo nekoliko zrna soli na sto i izmerili da kada se tri zrna soli poređaju jedno pored drugog, onda je njihova zajednička dužina otprilike jednaka jednom milimetru. Stoga, možemo pretpostaviti da je naše tipično zrno soli jedna slana kockica stranice dužine 0,3 milimetra. Gustina natrijum hlorida je oko  $2,156 \text{ g/cm}^3$ , a uz pretpostavljenu kubičnost kristala i izračunatu zapreminu od  $0,027 \text{ mm}^3$ , množenjem gustine i zapremine dobijamo masu kockice od  $5,85 \cdot 10^{-5}$  grama. Zrno kuhinjske soli se sastoji od atoma natrijuma i atoma hlora. Atomska masa natrijuma iznosi 23 grama po molu, dok je atomska masa hlora jednaka 35,5 grama po molu, a "prosečna atomska masa" kuhinjske soli će iznositi 29,25 grama po molu. Jedan mol bilo koje supstance sadrži  $6,02 \cdot 10^{23}$  atoma (ili molekula), pa ćemo broj atoma u našem zrnu soli dobiti lako ako podelimo masu zrnca sa "prosečnom atomskom masom" i Avogadrovim brojem ( $6,02 \cdot 10^{23}$ ). Ovako smo dobili broj od  $1,2 \cdot 10^{18}$  atoma u samo jednom zrnu soli. Naravno, pola su atomi natrijuma, a pola atomi hlora.

### **- Zašto se dodaje so u sladoled?**

Sladoled je prvi put napravljen negde na istoku. Slavni mletački istraživač Marko Polo video je kako tamo ljudi jedu sladoled i doneo tu ideju sa sobom u Italiju, a iz Italije ona je prenetu u Francusku. U Francuskoj je sladoled ubrzo postao omiljena poslastica među plemstvom i uputstva za pravljenje sladoleda čuvana su u tajnosti. Ali, nedugo zatim, naširoko je bila otkrivena tajna sladoleda, pa je on ubrzo postao poznat širom naše planete. Prva fabrika sladoleda otvorena je u Americi 1851.godine, a danas se tamo godišnje pojede dve milijarde litara sladoleda. Ukoliko ste nekada probali i sami da napravite sladoled, vrlo je verovatno da on i nije ispao onakav kako ste očekivali, jer su kristali leda u njemu bili preveliki. Da biste napravili gladak i kremast sladoled, nepohodno je zalediti celu smešu tako da se u njemu formiraju veoma mali kristali leda. Led koji se topi poseduje temperaturu od  $0^\circ\text{C}$ . Kada prenosimo toplotu ledu na toj temperaturi, on ne postaje nimalo topliji (ne povećava mu se temperatura), već primljenu toplotu koristi za fazni prelaz u tečnu vodu. Međutim, ukoliko ledu dodamo so, tada ćemo podstaći proces topljenja tako da će led početi da koristi svoju unutrašnju toplotnu energiju za transformaciju u vodu. Tada će temperatura topljenja leda pasti znatno ispod  $0^\circ\text{C}$ . U jednom trenutku, pad temperature će se zaustaviti i led i slana voda će dostići ravnotežu, ali će temperatura smeše biti znatno manja od  $0^\circ\text{C}$  (negde oko  $-10^\circ\text{C}$ ). Da bismo istopili još više leda, moramo uložiti nešto toplote u smešu. Kada stavimo tečan krem u blizini, toplota počinje da teče iz krema u led i slanu vodu, a kao rezultat, sve više leda se topi, a tečni krem postaje sve hladniji. Dalje mešanje smeše je neophodno jer se time dodatno smanjuju razmere malih kristala leda, a i osigurava se ravnomerna raspodela zaleđenog krema.

### **- Koji molekuli imaju oblik fudbalske lopte?**

Čist ugljenik se uvek nalazi u jednoj od četiri alotropske modifikacije (različitog strukturnog rasporeda atoma u kristalnoj rešetki što dovodi i do različitih osobina različitih modifikacija istog elementa) – grafit, dijamant, amorfni ugljenik i fuleren. Dijamant je jedan od najtvrdih, dok je grafit jedan od najmekših poznatih materijala, što potiče iz različite strukture ove dve modifikacije ugljenika. Naime, u dijamantu su ugljenici tetraedarski povezani između sebe, dok u grafitu postoje slojevi ugljenika između kojih je razmak veći od razmaka između atoma ugljenika u slojevima. Ugalj, čađ i koks predstavljaju oblike amornog ugljenika (koji se sastoji od malih kristalića grafita između kojih se nalaze razni strani elementi), koji je prilično zastupljen na našoj planeti za razliku od dijamanta kome su za nastajanje neophodni uslovi izuzetno visokog pritiska, pa se stoga smatra da je prirodno

nastajao na dubinama od 200-300 kilometara ispod površine Zemlje gde vladaju izuzetno visoki pritisci. 1985. godine je zagrevanjem grafita do visokih temperatura napravljena nova alotropska modifikacija ugljenika koja je dobila ime po američkom arhitekti Bakminster Fuleru (*Buckminster Fuller*), arhitekti koji je konstruisao geodezijski svod koji predstavlja loptu koja se sastoji ne od petouglova i šestouglova, već od trouglova. U bakminsterfulerenima (čija je molekulska formula  $C_{60}$ ), atomi ugljenika formiraju kristalne rešetke oblika fudbalskih lopti. Kao što se fudbalska lopta sastoji od 20 pravilnih šestouglova i 12 pravilnih petouglova, istu takvu strukturu poseduje i jedan molekul fulerena. Svaki atom ugljenika se nalazi na tački preseka petouglova i šestouglova. Osim bakminsterfulerena ( $C_{60}$ ), naučnici su otkrili i druge vrste fulerena uključujući i nanotube (kristalne strukture u okviru kojih atomi ugljenika formiraju male, šuplje cilindre),  $C_{70}$ ,  $C_{20}$  i dr. Tek pošto su fulereni otkriveni u laboratoriji, molekuli oblika fudbalskih lopti su pronađeni u kamenju na Novom Zelandu, kao i u nekim meteoritima. Fulereni predstavljaju odlične provodnike (postaju superprovodni na niskim temperaturama), a i predstavljaju izuzetno čvrste materijale. Tako se smatra da bi potpuno čist  $C_{60}$  bio dvostruko jači od dijamanta. Najpopularnija metoda za dobijanje fulerena predstavlja metodu lučnog pražnjenja između dve grafitne elektrode u atmosferi helijuma. 1991. godine je otkriveno da plamena čađ nastala prilikom sagorevanja ugljovodonika, kao što su benzol, toluol i acetilen, sadrži male količine  $C_{60}$ , a najbolji saopštjeni prinos koji je postignut nisko-temperaturnim sagorevanjem benzola u laminarnom plamenu na  $1800^{\circ}\text{C}$  iznosi 20 %. Naučnici smatraju da se fulereni nalaze i u Kosmosu i to posebno u blizini crvenih džinova. Kada budu počeli da se proizvode u većim količinama, polje primene fulerena će biti izuzetno široko, od fuleren-hidridnih baterija i jakih elektromagneta i magnetnih superprovodnika, preko mikroskopski malih kugličnih ležajeva, odnosno maziva za superbrze rotore, pa sve do raketnih goriva, super akumulatora (sa povezanim atomima litijuma i fluora unutar "fudbalske lopte" koji štite  $C_{60}$  od kiseonika iz vazduha), memorija, nanomašina, materijala desetostruko većih zatezних jačina od čelika (nanotube – cevaste fulerenske strukture čija je dužina višestruko veća od prečnika, a u okviru kojih je svaki atom ugljenika u sloju vezan za tri susedna ugljenikova atoma preko  $sp^2$  hibridizovanih orbitala), uključujući i mnoge druge primene u nanotehnologijama budućnosti.

## - Šta je to aerogel?

Aerogel predstavlja čvrstu materiju na bazi silicijuma dioksida, ali koja je toliko porozna da čak 99,8 % njene zapremine čini prazan prostor, odnosno vazduh. Aerogel je providna, plava supstanca koja držeći se u rukama izgleda kao kockica plave, zaleđene magle. Aerogel je 1000 puta ređi od stakla (još jednog materijala na bazi silicijuma dioksida, istog jedinjenja od koga se sastoje zrna peska sa plaže), otkriven je 1930. godine na Univerzitetu u Stenfordu i danas predstavlja najlakšu (najređu) čvrstu materiju. Aerogel poseduje niz različitih primena zahvaljujući svojim neobičnim osobinama u koje spada i sposobnost izdržavanja veoma visokih temperatura. Tako, NASA-ina laboratorija za mlazni pogon u gradu Pasadeni u Kaliforniji je koristila aerogel za toplotno izolovanje elektronskih kutija u roveru *Pathfinder* koji se 1997. godine prošetao po površini Marsa i tom prilikom je proanalizirao, a istu funkciju će aerogel imati i prilikom izolacije baterija na roveru koji će istraživati Mars 2003. godine. Iako aerogel izgleda kao kockica plave magle, ukoliko na vrh ove kockice postavimo šibice, a dno izložimo plamenu, šibice će biti u potpunosti izolovane od toplote plamena i neće se zapaliti, što je posledica izuzetno niske toplotne provodljivosti aerogela, što ga čini 39 puta boljim izolacionim sredstvom od staklenih vlakana. Takođe, letelica *Stardust* koja se trenutno nalazi na putu ka kometi *Wild-2* koristiće aerogel za zahvatanje čestica prašine sa ove komete, kao i zvezdane prašine koju će doneti na Zemlju 2006. godine. Kada letelica *Stardust* susretne kometu, čestice prašine koje su manje od zrnaca peska kretaće se

brzinom od oko 3 km/s, a aerogel će ove čestice postepeno usporavati tokom njihovog prolaska kroz njegovu strukturu, tako da one nimalo ne promene njegov oblik ili hemijski sastav. Kockice aerogela koje se nalaze u ovoj letelici su manje guste na površini koja je izložena udarcima čestica, ali se gustina kockica povećava sa pomeranjem ka njihovom središtu, a upravo na ovaj način se izaziva postepeno usporavanje i zaustavljanje kosmičkih čestica u aerogelu. Kockice aerogela su u letelici *Stardust* poređane u ramu oblika jednog teniskog reketa, pri čemu će jedna strana reketa biti okrenuta kometi koju će presresti, dok će druga strana reketa tokom ostatka sedmogodišnjeg putovanja kroz Kosmos biti okrenuta u pravcu leta letelice tako da prikuplja kosmičke čestice u prolazu. Kada čestica uđe u aerogel, ona ostavi trag koji je oko 200 puta veći od dimenzija čestice. Usled svojih jedinstvenih ne samo toplotnih, već i akustičkih, optičkih i elektronskih osobina, smatra se da će aerogel nalaziti veliku primenu na Zemlji budućnosti.

## - Šta su to pametni materijali?

Pamćenje je jedna od osnovnih osobina živog sveta. Čelije se smatraju najmanjim inteligentnim jedinicama, ali kada pričamo o pametnim materijalima, tada govorimo o pamćenju onog što ljudi često nazivaju neživom prirodom – kristalima. Još pre 70 godina, primećena je povećana rastvorljivost oksida u kiselinama koje odgovaraju solima iz kojih su ovi oksidi dobijeni. Tako se npr. aluminijum oksid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dobijen žarenjem aluminijum sulfata, najbolje rastvara u sumpornoj, a slabije u hlorovodoničnoj, azotnoj ili sirćetnoj kiselini. Analogna pojava je ustanovljena i kod oksida dobijenih žarenjem hlorida, nitrata i acetata, a objašnjena je činjenicom da su u dobijenim oksidima sačuvani deliće polaznih soli sposobni da se “prisete” svoje polazne strukture, što i olakšava stvaranje tih soli delovanjem odgovarajućih kiselina na okside. Efekat pamćenja kod materijala može biti raznovrstan. Tako, neki materijali poseduju sposobnost pamćenja oblika i ukoliko ih zagrejemo iznad neke tačno definisane temperature, oni će se transformisati u oblik koji mu je prethodno namenjen. Ovakav efekat pamćenja je prvi put primećen 1932. godine kod nekih zlato-kadmijum legura, a 1938. godine i kod nekih bakar-cink mesinga. Međutim, 1962. godine je u američkoj mornaričkoj laboratoriji otkriveno da i legura titana i nikla u odnosu pola-pola poseduje potpuno povratan proces pamćenja koji se može ponavljati tokom hiljada ciklusa, bez imalo tragova “senilnosti”. Pri tom prelazu dolazi do značajnih naprezanja koja se neposredno mogu prevesti u mehanički rad, što je iskorišćeno u izradi toplotne mašine na bazi nitinola (kako je ova pametna legura nikla i titana dobila ime sa dodatkom inicijala američke mornaričke laboratorije). Osim nitinola i mnoga druga intermetalna jedinjenja kod kojih dolazi do martenzitnog prelaza (kristalna struktura u kojoj su susedni slojevi malo pomereni jedan u odnosu na drugi) poseduju efekat pamćenja. Naime, kada se pametno intermetalno jedinjenje hladi, njegova kubna struktura se ne smiče u jednu od dve istovetne (jednakoenergetske) trodimenzionalne paralelogramske martenzitne strukture, već se dobijaju jednake količine dva blizanca oblika tanke paralelopipedne pločice istegnute u jednom pravcu, složene sa pločama koje su njihova slika u ogledalu, jer su orijentisane u drugom pravcu (tzv. riblja kost). Pod dejstvom naprezanja u nisko-temperaturnom stanju, sistem će preći samo u jednu od strukture blizanaca. Sa zagrevanjem, materijal prelazi u svoj originalni, visoko-temperaturni oblik, pri čemu materijal pamti ovaj oblik koji mu je bio dat iznad oblasti faznog prelaza. Pametni materijali danas nalaze različite primene: kao zaptivači za spajanje cevi (koje se ohlađene nameštaju, a na sobnoj temperaturi se šire što omogućava dobro zaptiven spoj), kao samoizvlačeće antene na satelitima (koje su u početnom stanju skupljene, da bi se u Kosmosu ispravile zagrevanjem iznad kritične temperature), pločice na odeći (koje se mogu prati u veš mašini da bi zatim povratile svoj prvobitni oblik), kao okviri naočara (kada se iskrive, stavimo ih pod mlaz tople vode i one ponovo poprimaju svoj originalni oblik), u toplotnim mašinama

(koje prevode toplotu u rad na bazi širenja i skupljanja nitinola ili nekog drugog pametnog materijala oko kaišnika potopljenog u vruću i hladnu vodu), a u budućnosti će se možda od njih praviti i automobilske karoserije, koje će biti dovoljno da stavimo pod tuš tople vode da bi se “ispeglale”.

### **- Šta su to biomaterijali?**

U jednoj egipatskoj mumiji, staroj nekoliko hiljada godina, koja se danas pažljivo čuva u londonskom *British Museum*-u, deo lobanje bio je zamenjen zlatnom pločicom. Detaljna ispitivanja su pokazala da je zlatna pločica bila implantirana u živo ljudsko telo, što svedoči da je i medicina drevnih civilizacija tragala za biomaterijalima koji bi bili kompatibilni sa telima živih bića. Za razliku od bioloških materijala koji predstavljaju sve materijale biološkog porekla, biomaterijali su svi oni materijali, bilo prirodnog ili veštačkog porekla, koji su predodređeni da stupe u fizički kontakt sa unutrašnjim tkivima živih tela. Stoga se naočare ili slušni aparati najčešće ne smatraju biomaterijalima jer stupaju u kontakt samo sa kožom, dok kontaktna sočiva, veštačke kosti, zubi, sintetički krvni sudovi, srčani zalistci i razna druga medicinska pomagala predstavljaju primere biomaterijala. Biomaterijali mogu biti neresorbilni (u telu zadržavaju svoj prvobitni oblik i strukturu) ili resorbilni (u telu se rastvaraju na račun stvaranja novog tkiva), kao i bioaktivni (kada se formiraju veze između biomaterijala i tkiva) ili bioinertni, a obavezne osobine svih biomaterijala su: biokompatibilnost (sklapanje prijateljstva sa telom domaćina), visoka otpornost na koroziju (u slučaju metalnih implanata), i odgovarajuće mehaničke osobine (zatezna jačina, otpornost na zamor i habanje). Hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ), kolagen (koji zajedno čine 89 % kostiju) i mnogi polimeri (na primer poli-L-laktid, poliglikolid...) nalaze danas primenu kao komponente koje ulaze u sastav biomaterijala, a u sve većoj meri se u ljudska bića ugrađuju i čipovi (mikroelektronska kola) koji u zavisnosti od električnih osobina svoje okoline iniciraju lučenje korisnih lekova. Stoga, izgleda da kiborzi (spojevi mašine i čoveka) i androidi (mašine koje misle ili osećaju) više nisu retki slučajevi iz SF priča, već i deo sveta današnjice.

### **- Šta je to holografška memorija?**

Uređaji koji koriste svetlost za čuvanje i čitanje podataka postoje na našoj planeti od ranih osamdesetih godina 20. veka kada su se na tržištu prvi put pojavili kompaktni diskovi (CD) koji omogućavaju čuvanje 783 miliona bajtova na disku prečnika oko 12 santimetara i debljine oko 1,2 milimetra. 1997. godine se na tržištu pojavila unapređena verzija CD-ova u obliku DVD-ova (*Digital Versatile Discs*) na čijim površinama se mogu čuvati čitavi dugometražni filmovi. Naime, jedan dvoslojni i dvostrani DVD može čuvati 15,9 Gigabajta podataka, što znači da na njemu može biti snimljeno 8 sati filma. Međutim, CD-ovi, DVD-ovi, kao i magnetni zapisi skladište podatke na površini uređaja, a naučnici danas intenzivno istražuju nove načine optičkog skladištenja podataka, koji se nazivaju holografskom memorijom, i koji će uključivati snimanje podataka po celoj zapremini uređaja, a ne samo na njegovoj površini. Ovakvo, trodimenzionalno skladištenje podataka će omogućiti čuvanje veće količine informacija na manjem prostoru, kao i brži pristup uskladištenim podacima. Holografška memorija nudi mogućnost čuvanja jednog Terabajta podataka (1000 Gigabajta ili trilion bajtova) na telu veličine zrna soli. Početkom sedamdesetih godina 20. veka, naučnici iz RCA laboratorije su prvi demonstrirali tehnologiju holografskog materijalnog pamćenja putem skladištenja 500 holograma u kristalu litijum-niobata, kao i 550 holograma u jednom svetlosno osetljivom polimernom materijalu. Danas se u osnovne komponente holografskog sistema za skladištenje podataka (*Holographic Data Storage System*) ubrajaju: plavo-zeleni argonski laser, delilac laserskog snopa, ogledala koja usmeravaju laserske snopove, LCD

ploča (prostorni modulator svetlosti), sočiva koja fokusiraju laserski snop i kristal litijum-niobata ili neki fotopolimer, kao i CCD (*Charge Coupled Device*) fotokamera. Kada plavo-zeleni argonski laser ispali koherentni svetlosni snop, delilac deli snop na dva dela. Jedan snop (tzv. signalni snop) se zatim odbija od jednog ogledala i putuje kroz prostorni modulator svetlosti (LCD ploča) koji prikazuje stranice binarnih podataka kao naizmenične svetle i tamne bljeskove. Informacija sa stranice binarnog koda se prenosi putem signalnog snopa do svetlosno osetljivog kristala litijum-niobata (ili nekog fotopolimera). Drugi odvojeni snop (tzv. referentni snop) se suprotnim putem dovodi do kristala. Kada se dva snopa sretnu, nastala interferenciona putanja skladišti podatke donešene od strane signalnog snopa u određenu oblast kristala. Svaka stranica informacija se čuva u određenom delu kristala, u zavisnosti od ugla pod kojim je referentni snop osvetljavao kristal. Da bismo pročitali zapisane podatke, dovoljno je da osvetlimo kristal referentnim snopom pod istim onim uglom pod kojim je padao na kristal kada je zapisivao date podatke. Referentni snop se difraktuje od kristala dozvoljavajući rekonstrukciju zapisane stranice, koja se zatim projektuje na CCD kameru, koja interpretira i prosleđuje digitalnu informaciju kompjuteru. Stoga, ključna komponenta svakog holografskog skladištenja podataka je ugao pod kojim sekundarni referentni snop osvetljava stranicu prilikom zapisivanja (i čitanja) podataka. Razlika od samo jednog hiljaditog dela milimetra će rezultovati u mešanju holograma i u neuspešnom čitanju zapisanih podataka. Naučnici iz IBM-a smatraju da će se prvi *desktop* kompjuteri sa holografskom memorijom pojaviti u prodaji tokom 2003. godine, kada će imati kapacitet od 125 Gigabajta i brzinu prenosa podataka od 40 Megabajta u sekundi, a smatra se da će nedugo zatim, njihov kapacitet dostići 1 Terabajt, dok će se brzina prenosa podataka povećati do jednog Gigabajta u sekundi, što će biti dovoljno za prebacivanje čitavog DVD filma za samo 30 sekundi.

## **- Zašto su dijamanti tako dragoceni?**

Ugljenik je jedan od 4 esencijalna atoma koji su neophodni za izgradnju živog sveta (uz vodonik, kiseonik i azot) a čak 18 % naših tela čine atomi ugljenika. Ukoliko u prirodi naiđemo na čisti (ili barem približno čisti) kristalni ugljenik, moramo znati da je to ili meki grafit (sa heksagonalnom kristalnom rešetkom) ili čvrsti dijamant (čija se kristalna rešetka sastoji od dve površinski centrirane kubične rešetke ugljenikovih atoma koje su pomerene za četvrtinu velike dijagonale jedna u odnosu na drugu) ili veoma retki fullerit (mineral koji se sastoji od loptastih molekula pri čemu se svaka od ovih lopti sastoji od 60 ugljenikovih atoma). Dijamanti nastaju u Zemljinom omotaču na dubinama od oko 160 km (Zemljina kora je debela 100 km, a Zemljin omotač 2900 km ispod čega se nalazi Zemljino jezgro) u uslovima visokog pritiska i visoke temperature. Naime, za nastajanje dijamanta, ugljenik se mora izložiti dejstvu pritiska od oko 30 tona po  $\text{cm}^2$  (tj. 30 kilobara) i temperaturi od najmanje  $400^\circ\text{C}$ . Na dubinama od preko 50 km, postoje pritisci i do 50 kilobara, kao i temperature koje prevazilaze  $1200^\circ\text{C}$ . Najveći broj prirodnih dijamanta koje primećujemo oko sebe, nastali su pre više miliona (ili milijardi) godina, a snažne vulkanske erupcije su ih iznele na površinu formirajući kimberlitne cevi (koje su dobile ime po gradu Kimberliju u Južnoj Africi gde su ovakve cevi prvi put pronađene), a najveći broj ovakvih erupcija se desio u rasponu od pre 1100 miliona godina pa sve do pre 20 miliona godina. Naime, vulkanska magma koja je proticala kroz sada očvršle kimberlitne cevi poticala je iz veoma velikih dubina i iznosila je ka površini raznovrstan sastav minerala iz Zemljinog omotača uključujući i dijamante. Hlađenjem magme u ovakvim cevima formirale su se plave kimberlitne stene bogate dijamantom. Pod dejstvom erozije, dijamant je sa kimberlitnog kamenja oticao u neke reke, pa se sada nalazišta dijamanta u rečnim izvorima mogu nalaziti i po više hiljada kilometara od svoje izvorne kimberlitne stene. Danas se najviše dijamanta nalazi u Australiji, Borneu,

Brazilu, Rusiji i nekim afričkim zemljama uključujući Južnu Afriku i Zair. Dijamant je najtvrdi poznati mineral i nekoliko desetina ili stotina puta može biti tvrdi od korunda, sledećeg najjačeg minerala na Zemlji. Prirodni kristali dijamanta se bruše (seku) duž najslabije vezanih kristalografskih ravni, čime se dobijaju oblici i naličja koja imamo priliku da sretnemo u draguljarnicama. 100 % čisti dijamant je potpuno providan i bezbojan, premda se u prirodnim dijamantima uvek nalaze i neke nečistoće koje im mogu davati razne boje. Inače, dijamanti nekada nisu bili ništa cenjeniji od drugih dragih kamenčića, ali je razlog njihove današnje skupocenosti u tome što skoro svi dijamanti danas potiču iz samo jednog kartela (*De Beers Consolidated Mines*) u Južnoj Africi. *De Beers* kontrolišu 2/3 čitavog planetarnog tržišta dijamanta i ograničavajući njihovu ponudu, održavaju cenu dijamanta visokom. Inače, najveći nebrušeni dijamant na svetu je bio tzv. *Cullinan* koji je bio težak 3106 karata (1 karat je težak 200 miligrama) i pronađen je 1905. godine u Transvalu u Južnoj Africi nakon čega je bio isečen na 9 delova, od kojih je jedan, poznatiji i kao zvezda Afrike izložen u Londonskoj kuli.

### **- Šta je to karat?**

Karat je jedinica za težinu dijamanta i drugog dragog kamenja, a jedan karat je jednak masi od 200 miligrama, tj. 0,2 grama ili 0,007 unci. Istovremeno, karat je i jedinica kojom merimo čistoću zlatnih predmeta. Dvadesetčetvorokaratno zlato je čisto zlato, ali se usled velike mekoće ovako čistog zlata, zlatni nakit najčešće pravi mešanjem zlata sa nekim drugim metalom, npr. sa bakrom ili sa srebrom. Tako na primer osamnaestokaratni zlatni predmet sadrži tri četvrtine čistog zlata, a jednu četvrtinu neke primese, dok u dvanaestokaratnom zlatnom predmetu polovinu sadržaja čini zlato, a polovinu neki drugi metal.

### **- Kako se određuje tvrdoća kamenja?**

U mineralogiji se nikada ne meri tvrdoća kamenja, već samo tvrdoća minerala. Naime, skoro svaki kamen u prirodi poseduje nekoliko različitih mineralnih sastojaka. Skalu tvrdoće minerala postavio je mineralog Fridrih Mos (*Friedrich Mohs*) 1820. godine i na njoj se svi minerali označavaju vrednostima između 1 i 10. Tako, tvrdoću jednaku 1 poseduje talk (a ovako mekani minerali su veoma masni tako da se tope pod dodiranjem), gips poseduje tvrdoću jednaku 2, naši nokti bi na ovoj skali zauzeli vrednost od 2,5, kalcit 3, bakarni novčić 3,5, fluorit 4, apatit 5, staklo sa prozora 5,5, feldspar 6, očvršćeni čelik 6,5, kvarc (pesak sa plaže) 7, topaz 8, korund (kao npr. safir ili rubin) 9, a dijamant (koji je najtvrdi poznati mineral, pa se stoga i koristi za izradu testera i drugih abrazivnih i brušućih aparata, a čak 5 puta je tvrdi od korunda, što znači da je razlika u tvrdoći između dijamanta i korunda veća od razlike u tvrdoći između korunda i talka) 10. Način na koji se određuje tvrdoća minerala na Mosovoj skali se sastoji u određivanju najmekšeg minerala sa ove skale koji će prilikom trenja napraviti ogrebotinu na analiziranom mineralu (odnosno mineral - uzorak će ostaviti svoj trag po ovom mineralu), kao i najtvrdjeg minerala sa opisane skale koji će prilikom trenja biti zagreben našim mineralom (odnosno, ovim mineralom će moći da se piše po mineralu - uzorku). Naš mineral će zauzeti mesto na skali tačno između najslabijeg minerala po kome možemo da pišemo sa našim mineralom i najtvrdjeg minerala kojim možemo da pišemo po našem mineralu.

### **- Šta je to princip gustog pakovanja?**



Johanes Kepler je 1611. godine pokušao da pronađe način za najefikasnije ređanje pomorandži na gomilu, te je tako formulisao danas jedan od najvažnijih matematičkih i kristalografskih principa. Naime, atomi u kristalnom telu se mogu u određenoj vizuelnoj aproksimaciji zamisliti kao sfere koje se uvek ređaju pravilno, ali samo dva načina njihovog postavljanja pružaju minimalnu zapreminu tela za dati broj atoma. Ove dva kristalna sistema nastaju beskonačnim ponavljanjem u prostoru u jednom slučaju površinski centrirane kubične rešetke, a u drugom slučaju heksagonalne površinski centrirane rešetke. Ako pojedinačne slojeve sfera obeležimo kao A, B i C, tada pravilnost kubičnog najgušćeg pakovanja možemo da predstavimo kao ABCABCA..., a heksagonalnog kao ABABA... Naime, postavimo ili nacrtajmo identične sfere na podu i videćemo da između njih ostaje izvestan prazan prostor. Tačnije, između svake sfere, okružene sa 6 drugih, identičnih sfera, postoji 6 odvojenih praznih prostora. Ukoliko od centralnih tačaka ovih praznina formiramo dva jednakostranična trougla, jedan usmeren nadole, a jedna nagore, tada ćemo postavljanjem sfera narednog sloja u temenima jednog, a sfera trećeg sloja u temenima drugog trougla dobiti slojeve B i C, odnosno prva tri sloja kubičnog najgušćeg pakovanja, koje se dalje može graditi u visinu ponavljanjem ova tri sloja. Ovakav način pakovanja je identičan onome koji koriste prodavci prilikom slaganja piramida pomorandži i na taj način se u slučaju identičnih sfera, postiže gustina pakovanja od 74,05 %, što znači da 25,95 % zapremine koje zauzimaju sfere čini prazan prostor. S druge strane, kada bismo ređali slojeve po principu AAAA, odnosno tako da se svaki sledeći sloj ređa direktno iznad drugog, dobili bismo gustinu pakovanja od samo 53 %. S druge strane, heksagonalno najgušće pakovanja, čija je ispunjenost prostora kao i kod kubičnog najgušćeg pakovanja jednaka 74,05 %, može se prikazati kao ABABA... ili ACACA.... Ipak, i pored toga što je prošla 391 godina od kada je formulisano ovaj problem, matematičari još uvek nisu uspeli da dokažu da je gustina od 74,05 % najveća moguća gustina pakovanja, već je do danas samo dokazano da maksimalna efikasnost pakovanja ne može prekoračiti gustinu od 77,97 %.

### **- Koliko atoma je debela aluminijumska folija?**

Da biste izračunali atomsku debljinu aluminijumke folije, isecite jedno četvrtasto parče ove folije, izmerite lenjirom dužine njenih stranice, pomnožite dužinu i širinu parčeta folije kako bi izračunali njenu površinu, i zatim, izmerite masu ovog parčeta na nekoj osetljivoj vagi. Gustinu aluminijuma možete pronaći u svakom priručniku iz Hemije, a deljenjem izmerene mase i teorijske gustine aluminijuma dobićemo zapreminu našeg parčeta aluminijuma. Ukoliko, sada, podelimo malopre izračunatu zapreminu folije sa njenom prethodno izračunatom površinom, dobićemo debljinu folije, koja je u slučaju našeg merenja iznosila 0,0286 mm. Prečnik atoma aluminijuma iznosi oko 1,46 angstroma, a jedan angstrom je jednak  $10^{-10}$  metara. Podelimo sada debljinu folije sa prečnikom atoma aluminijuma i uz pretpostavku da su svi atomi aluminijuma poređani jedan iznad drugog, dobićemo koliko atoma je debela aluminijumska folija, što je u slučaju našeg merenja iznosilo 193 000 atoma. Naravno, postoje različiti tipovi aluminijumskih folija, a mi smo našu uzeli iz omota jedne čokolade. Inače, ukoliko ste nekada zagrizli aluminijumsku foliju, sigurno ste primetili da to nije baš prijatno iskustvo, pogotovo ako imate plombu na nekom od zuba, a razlog ovome je u tome što se kontaktom između dva raznorodna metala (sa različitim elektrohemijским potencijalom) – aluminijumom i metalom iz plombe ili zlatom iz zlatnog zuba, u vlažnoj i slanoj sredini (usled prisustva pljuvačke) formira tok elektrona između metala, odnosno električna struja, koja stimuliše nervne završetke u korenima zuba u ustima.

### **- Kako fluor iz zubne paste sprečava karijes?**

Kiseline u ustima uzrokuju gubitak minerala iz zuba, što predstavlja proces pod imenom demineralizacija koji rezultuje u raspadanju zuba. Stvaranje malih šupljina u zubima, odnosno karijesa može biti sprečeno remineralizacijom, tj. ponovnim deponovanjem minerala u prethodno oštećenu oblast zuba. Akutni fluor, ukoliko se često primenjuje i u malim koncentracijama, povećava brzinu rasta, kao i veličinu kristala zubne gleđi. Ubrzani rast kristala zubne gleđi u povređenom zubu inicira remineralizaciju zuba. Takođe, veći kristali zubne gleđi su otporniji na napade kiselina. Fluor koji se unosi u krv putem hrane, utiče na jačanje zuba tokom njihovog rasta. Fluor se putem krvi prenosi do zuba u razvoju, gde interakcijom sa rastućim kristalima inicira zamenu hidroksiapatita iz zubne gleđi sa fluoroapatitom, koji je znatno otporniji na karijes, jer se slabije rastvara u kiselinama. Smatra se da fluor između ostalog i direktno deluje na mikroorganizme iz zubnog kamenca, tako što smanjuje njihovu sposobnost stvaranja kiselina. Inače, fluor se ne nalazi samostalno u prirodi, već uvek ulazi u sastav minerala, odnosno kamenja i stena. Spirajući minerale, voda odnosi i određenu količinu fluoridnih jona u reke, mora i okeane. U mnogim zemljama se fluor dodaje u pijaću vodu i to u koncentracijama između 0,7 i 0,12 milionitih delova (ppm), što čini optimalni nivo zastupljenosti fluora koji pogoduje zdravlju zuba.

### **- Kako izgledaju kristali leda?**

U težnji da zauzmu najniže moguće energetske stanje, molekuli vode u ledu i snegu formiraju međusobno slabe, tzv. vodonične veze i tako stvaraju uređenu, periodičnu kristalnu strukturu sa heksagonalnom simetrijom. U stvarnosti postoje snežne pahuljice raznih oblika, što u širem smislu zavisi od atmosferskih prilika, temperature i vlažnosti, a u užem smislu od različite brzine kojima se molekuli vode iz vazduha prisajedinjavaju već postojećem kristalu snega u različitim orijentacijama. Ipak, najčešća površinska orijentacija snežnih kristala odgovara obliku šestostrane prizme. Površine kristala koje su najravnije, najsporije rastu. Zapravo ne rastu površine, već se prilikom rasta kristala, njegove površine polako pomeraju u pravcu normalnom na njihov položaj. Novi molekuli se teže vezuju za glatku nego za hrapavu površinu, jer glatke površine nude manje mesta na kojima se ovi novi molekuli mogu jednovremeno vezati za nekoliko površinskih molekula. Baze heksagonalnih kristala leda u obliku šestostranih prizmi, glaće su od bočnih strana ovih prizmi, pa se novi molekuli vezuju za ivice bočnih strana kristalne prizme formirajući tako heksagonalne ploče ili tzv. dendrite. Rast dendrita se dešava na temperaturama od oko  $-15^{\circ}\text{C}$ , dok na drugim temperaturama, bočne strane ledenih prizmi rastu sporije i kristali postaju stubasti, dok simetrija u svakom slučaju ostaje heksagonalna. Takođe, postoji još jedan razlog za ovakav rast kristala snega. Za formiranje kristala leda u obliku šestostranih prizmi koriste se molekuli vode iz vazduha, što dovodi do sušenja okolnog vazduha. Vodeni molekuli iz okolnog, vlažnijeg vazduha, počinju zatim da difuzijom prodiru kroz sloj suvog vazduha koji okružuje rastući kristal, a njihov put je najkraći za bočne ivice kristalnih prizmi, pa se oni tu i nadograđuju u kristalnu rešetku, što dovodi do prestanka rasta prizme i početka rasta dendrita.

### **- Zašto oblik kristala leda utiče na brzinu njegovog topljenja?**

Brzina kojom se topi komad nekog čvrstog materijala zavisi od površine materijala koja je u direktnom kontaktu sa toplijom sredinom. Tako, ako uzmemo jednu kockicu leda, jedan polucilindar leda, jednu ledenu loptu i piramidu, lako možemo da izračunamo da iako njihove zapremine, gustine i mase mogu biti jednake, njihova površina koja zavisi od prostornih dimenzija ovih figura (dužina, širina, visina, poluprečnik), nije jednaka. Naime, kocka leda poseduje 6 stranica oblika kvadratića, pri čemu je površina svakog od ovih kvadratića jednaka kvadratu dužine stranice, pa je ukupna površina kocke jednaka

šestostrukom kvadratu dužine ivice kocke. S druge strane, površina polucilindra se sastoji od površine dva polukruga (proizvod kvadrata poluprečnika osnove i broja  $\pi$ ), površine pravougaonika (jednake proizvodu visine polucilindra i prečnika osnove) i površine zakrivljenog pravougaonika (jednake proizvodu poluprečnika osnove, visine cilindra i broja  $\pi$ ). Površina lopte je jednaka četverostrukom proizvodu kvadrata poluprečnika lopte i broja  $\pi$ ,

dok je površina jedne četverostrane piramide jednaka  $a^2 + 2a\sqrt{h^2 + \frac{a^2}{4}}$ , gde je  $a$  jednako

dužini ivice kvadrata – osnove piramide (ukoliko je u osnovi pravougaonik, tada je njegova površina jednaka proizvodu dužina dveju ivica različitih dužina), dok je  $h$  jednako visini piramide, odnosno dužini najkraće linije koja spaja osnovu piramide sa njenim vrhom. Ako je težina sve 4 ledene figure jednaka po 12 grama, a gustina po  $0,917 \text{ g/cm}^3$ , tada je zapremina svih figura jednaka po  $11 \text{ cm}^3$ . Ako izvedemo treći koren iz ove zapremine dobićemo dužinu stranice kocke, odnosno 2,22 cm, pa će površina kocke tada biti jednaka šestostrukom kvadratu ove dužine, odnosno  $29,68 \text{ cm}^2$ . Ako pretpostavimo da je poluprečnik osnove polucilindra jednak 1 cm, tada će njegova visina morati da bude jednaka 7 cm (uzimajući druge vrednosti za poluprečnik polucilindra, u manjoj meri će se promeniti i njegova površina, što isto važi i za slučaj piramide, ali ne i za slučaj kocke ili lopte koje za jednu vrednost zapremine poseduju samo jednu vrednost površine), odakle lako možemo proračunati da je površina našeg poluvaljka jednaka  $39,12 \text{ cm}^2$ . Iz zapremine lopte, možemo da izračunamo i poluprečnik lopte koji je jednak 1,38 cm, pa je površina ove lopte zapremine  $11 \text{ cm}^3$ , jednaka  $23,9 \text{ cm}^2$ . Što se tiče piramide, ukoliko uzmemo da je dužina ivice njene osnove jednaka 2 cm, tada će visina piramide morati da bude visoka 8,25 cm, a površina ovakva piramide je jednaka  $37,24 \text{ cm}^2$ . Stoga, pošto je površina poluvaljka veća od površine piramide, koja je veća od površine kocke, dok je i ona veća od površine lopte, ove ledene figure će se istim ovim redosledom i topiti prilikom ravnomernog predavanja toplote figurama u svim njenim tačkama. Kada bismo iste ove figure grejali samo sa jedne strane (kao npr. na ringli kada telo zagrevamo samo odozdo), tada bi brzina topljenja zavisila najviše od površine tela koja je izložena prijemu toplote.

## **- Kako se pravi providan led?**

Možda ste nekada primetili razliku između bezbojnih i providnih kockica leda koje se služe u restoranima i belih i neprozirnih ledenih kockica koje ste sami zamrzli u zamrzivaču. Ukoliko živite u predelima gde se tokom zime stvaraju ledenice, verovatno ste primetili da su one najčešće bistre i prozirne. Razlog tome je što one nastaju od čiste vode u obliku istopljenog snega, a ne od mineralizovane vode kao što je voda sa česme, a osim toga, providne ledenice nastaju u slojevima. Voda kaplje niz ledenicu i umesto da se odjednom zamrzne, ona očvršćava u vidu rastućih slojeva. Ovim procesom se izbegava zadržavanje vazdušnih mehurića unutar ledenice, što takođe, predstavlja jedan od razloga zašto je led iz zamrzivača neproziran. Ako ste ikada videli kafansku mašinu za led, možda ste primetili da ona takođe pravi led u slojevima. Naime, hladna voda teče preko mrežaste ploče na kojoj se formira led i ledene kocke (u nekim mašinama ledeni diskovi) rastu u slojevima. Stoga, ako želite da kod kuće napravite providan led, počnite sa destilovanom vodom (koja ne sadrži minerale) i prokuvajte je kako biste eliminisali rastvorene gasove. Metoda koju koristi najveći broj postrojenja za proizvodnju velikih ledenih blokova sastoji se u stavljanju cevi u centar posude sa vodom koja će se zalediti. Kroz ovu cev se zatim u mehurićima uvodi vazduh pod niskim pritiskom. Cev se uklanja pre nego što se sledi sa okolnim ledom, a zatim se uklanja i voda koja zaostaje u centralnom delu posude, a koja sadrži sve nečistoće, minerale i rastvoreni vazduh. Ova praznina se ponekad popunjava sa svežom vodom i zamrzavanje

hlađenjem se nastavlja. Jezgro ovakvog ledenog bloka je zamagljeno, ali je ostatak bloka proziran.

### **- Šta je to suvi led?**

Suvi led je čvrsti, odnosno kristalni ugljen dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Blok suvog leda poseduje površinsku temperaturu od  $-78,5\text{ }^\circ\text{C}$ , a prilikom zagrevanja na atmosferskom pritisku, sublimuje se, odnosno prelazi direktno u gasoviti ugljen dioksid, ne ostavljajući za sobom tečnost.  $\text{CO}_2$  se može pretvoriti u tečnost samo pri veoma visokim pritiscima. Super hladna temperatura suvog leda, kao i sposobnost sublimacije čine ga idealnim sredstvom za hlađenje. Tako, na primer, ako biste hteli da pošaljete neki zaleđeni predmet prijatelju u Africi ili u nekoj drugoj dalekoj zemlji, mogli biste pošiljku upakovati u suvi led. Tako biste izbegli svu onu otopljenu tečnost koja ostaje za običnim ledom. Suvi led se često koristi i u aparatima za pravljenje dima koje ste sigurno videli na nekim pop-koncertima ili u diskotekama. Važno je znati da se suvi led zbog svoje veoma niske temperature sme držati samo pomoću specijalnih rukavica.

### **- Šta je to aktivni ugalj?**

Aktivni ugalj predstavlja običan ugalj koji je prethodno reagovao sa kiseonikom pod čijim dejstvom su se otvorili milioni malih pora između kristalića ugljenika. Na taj način se dobija visoko porozni ugljenik, tj. tzv. aktivni ugalj koji poseduje površinu od 300 – 2000 kvadratnih metara po gramu. Ovaj, aktivirani ili aktivni ugalj se zbog svoje velike slobodne površine koristi u filterima kao adsorbens mirišljavih ili obojenih supstanci iz gasova i tečnosti. Kada materijal nešto adsorbuje, to znači da na svojoj površini vezuje neke strane čestice. Velika površina aktivnog uglja pruža ovoj supstanci veoma mnogo mesta na kojima se mogu adsorbovati neke druge materije, pa otuda i potiče njegova izuzetna sposobnost adsorpcije. Aktivni ugalj je dobar za vezivanje raznih nečistoća na bazi ugljenika (organskih hemikalija), kao i halogenih elemenata. S druge strane, neke hemikalije, kao npr. nitrati ili natrijum slobodno prolaze preko površine aktivnog uglja ne zadržavajući se na njoj. Ovo znači da su filteri na bazi aktivnog uglja visoko selektivni, tj. neke supstance adsorbuju na račun drugih koje propuštaju. Takođe, kada se sva vezivna mesta na površini filtera popune, tada se filter mora zameniti.

### **- Zašto se koriste polimerni kristali u pelenama?**

Današnje pelene se sastoje od pahuljica papira i tečno kristalnog hemijskog apsorbera, poznatog od imenom natrijum poliakrilat. Ova supstanca je u stanju da upije 200 do 300 puta veću težinu vode od svoje težine, a apsorbovanu vodu čuva u svojim porama formirajući gel. Natrijum poliakrilat predstavlja polimer, što znači da se sastoji od lanca identičnih jedinica (monomera), a monomer natrijum poliakrilata ima hemijsku formulu  $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{COONa})-$ . Primena kristalnih polimera u pelenama je znatno smanjila debljinu i težinu pelena za bebe, a ovakvi polimeri nalaze i niz drugih primena. Koriste ih građevinski radnici i biciklisti u vidu kapa i ogrlica. Naime, kristali se umaću u šupljine na odeći, a polimerom natopljeno odelo se zatim drži nekoliko sati u vodi. Šačica polimernog kristala će se raširiti i tako pružati odlično sredstvo za hlađenje tokom toplih letnjih dana, jer će kristali u odeći upijati sva vlažna isparenja. Cvečari, takođe, koriste polimerne kristale kao način za skladištenje čiste vode i dugotrajnije očuvanje svežine isečenog cveća. Takođe, vodovodna i kanalizaciona postrojenja koriste polimerne kristale u svrhu lakšeg izolovanja čestica prljavštine iz vode. Polimerni kristali nalaze primenu i u održavanju zemljišta, procesovanju

ruda, koriste se u postrojenjima za izradu papira i tekstila, kao i u proizvodnji boja, lepkova i trajno ispeglane tkanine.

### **- Šta je to silikatni gel?**

Silikatni ili silika gel se koristi kao sredstvo za sušenje u raznim vrstama elektronskih uređaja, kao i u nizu drugih proizvoda preko boca sa vitaminima do zapakovanog povrća. Visokoporozni silikatni gel ima tu osobinu da odlično apsorbuje vodenu paru i zadržava je u svojim porama. U pakovanjima povrća, apsorbovanje viška vlage od strane silikatnog gela povećava trajnost proizvoda i sprečava njegovo kvarenje. U elektronskim uređajima, silikatni gel sprečava kondenzaciju vodene pare koja bi mogla da pokvari aparat. Takođe, ako boca sa vitaminima sadrži nešto malo vlage i ako se brzo ohladi, kondenzovana vodena para će upropastiti pilule. Stoga se male kesice silikatnog gela često nalaze u svim onim proizvodima kojima prekoračenje određenog nivoa vlažnosti može naškoditi. Po sastavu, silikatni gel predstavlja silicijum dioksid ( $\text{SiO}_2$ ), a to je isto hemijsko jedinjenje od koga se sastoji kvarc. Drugim rečima, silikatni gel predstavlja visokoporozni pesak sa plaže. Silikatni gel može apsorbovati vlagu u iznosu do 40 % svoje težine, a stoga može za oko 40 % sniziti relativnu vlažnost u zatvorenoj posudi u kojoj se nalazi. Kada se silikatni gel zasiti, tj. kada se sve njegove pore ispune molekulima vode, on se može ponovo osposobiti za upotrebu putem zagrevanja do temperature od preko  $150^\circ\text{C}$  kada će apsorbovana voda ispariti.

### **- Kako možemo da prepoznamo plastike u rukama?**

Premda skoro sve plastike oko nas sadrže u sebi velike količine pigmenta, plastifikatora ili filera čije je prisustvo u stanju da značajno izmeni neke karakteristične osobine date plastike, postoji nekoliko testova koje možete primeniti u svrhu identifikacije vrste plastike. Najpre, dobro osmotrite uzorak kako biste na njemu eventualno uočili reciklirajuću etiketu (streličasti trougao sa brojem u sredini). Broj 1 na etiketi znači da je dati plastični predmet napravljen od polietilen tereftalata (PET), broj 2 označava polietilen visoke gustine (HDPE), broj 3 predstavlja polivinil hlorid (PVC), broj 4 polietilen niske gustine (LDPE), broj 5 polipropilen, broj 6 polistiren (PS), dok broj 7 označava neke druge smole, kao što je na primer akrilonitril butadin stiren (ABS). Od PET-a se najčešće prave plastične soda boce, dok se od HDPE-a i LDPE-a prave tetrapaci, plastični omoti i sudovi hrane, plastične bočice i razne cevi (na primer ulošci za penkalo). Razlika između HDPE-a i LDPE-a se ogleda u tome što je LDPE znatno mekši i elastičniji od HDPE-a, a i topi se na nižim temperaturama. PVC predstavlja osnovu svih vrsta vinila koje se koriste u nizu plastičnih proizvoda, od igračaka do sedišta u automobilima i autobusima. PP predstavlja laganu plastiku sa prilično visokom tačkom topljenja, pa se stoga koristi za pravljenje torbi, tašni, kao i nekih pakovanja za hranu. PS se takođe koristi u nizu plastičnih proizvoda, od šoljica za kafu do hladnjaka. Naravno, samo reciklirajuće plastike poseduju ove trouglaste oznake na sebi, dok mnoge druge plastike kao što su na primer najlon ili poliuretan nisu u stanju da se recikliraju. Ukoliko nepoznata plastika nema na sebi oznaku, probajte da je potopite u vodu. Ukoliko brzo potone, plastika verovatno sadrži u sebi atome hlora (kao na primer PVC), ako tone polako, verovatno je najlon, a ako pluta tada je najverovatnije polietilen ili polipropilen.

### **- Kako možemo da razlikujemo providnu plastiku od stakla?**

Ukoliko ste nekada držali u rukama transparentnu čašu i niste bili sigurni da li je ona staklena ili plastična, postoji nekoliko načina da rešite ovu dilemu. Izmerite na vagi masu čaše, a zatim je potopite u graduisanu cev (cev na kojoj postoji zapreminska skala) napunjenu

vodom (naravno ne do vrha) i vidite koliko će se povećati zapremina vode u cevi. Deljenjem mase čaše sa njenom zapreminom dobićemo njenu gustinu. Gustina oksidnih stakala koja se koriste za izradu čaša, prozora, vitrina, stolova itd. nalazi se u opsegu od 2,4 do 2,7 g/cm<sup>3</sup>, dok je plastika koja nalazi sličnu svakodnevnu primenu znatno ređa s obzirom da njena gustina iznosi između 0,9 i 1,2 g/cm<sup>3</sup>. Plastične providne čaše se danas uglavnom prave od polikarbonatne plastike koja je znatno otpornija na udarce, grebanje i savijanje, a i fleksibilnija je od stakala koja se koriste za pravljenje čaša. Stoga, ukoliko uspemo da malo savijemo nepoznati predmet, znaćemo da je napravljen od plastike, s obzirom da se staklo usled svoje krutosti brzo lomi pri savijanju. Takođe, toplotna provodljivost plastike je niža od toplotne provodljivosti stakla. Pošto je toplotna provodljivost obrnuto srazmerna vremenu koje protekne dok telo ne izjednači svoju temperaturu sa temperaturom okoline, ostavite neko vreme ovu misterioznu čašu u frižideru zajedno sa čašom za koju ste sigurni da je staklena. Kada nakon određenog vremena otvorite vrata frižidera i dodirnete čaše, ukoliko je staklena čaša primetno hladnija od druge čaše, onda ćete znati da je ova, druga čaša plastična. Mnoge plastike takođe plutaju na vodi, dok neke veoma polako tonu u njoj. S druge strane, staklo veoma brzo tone kroz vodu usled veće gustine u odnosu na konvencionalne plastike. Možemo i zagrejati vrh igle do usijanja i pritisnuti ga na čašu. Ukoliko je čaša plastična, igla će proći da prolazi kroz materijal, dok se slična stvar neće desiti u slučaju stakla. Takođe, ako malo zagrebemo čašu, u zavisnosti od zvuka koji nastaje, moći ćemo da razlikujemo staklo od plastike. Naime, dok plastike proizvode dubok, režeći ton, stakla prave piskav i visokofrekventni zvuk. Možemo probati i da postavimo nepoznati predmet između dva polarizaciona filtera, kao što su npr. par 3D naočara, fotografski polarizatori ili prozori LCD displeja. Pošto staklo nije kristalno, već amorfno, ono neće pokazivati polarizacione efekte, tako da ukoliko postavimo staklo između dva polarizaciona filtera i zatim jedan od njih zarotiramo za 90° u odnosu na drugi, eliminisaćemo svu svetlost koja bi eventualno prošla kroz oba filtera. S druge strane, mnoge plastike propuštaju specifične boje kada se postave između polarizacionih filtera, pa stvaraju lepe svetlosne efekte rotiranjem filtera.

### **- Šta su to elektroliti?**

Elektrolit je naučni naziv za soli, a posebno za jone. Svaki elektrolit se sastoji od jona koji su naelektrisani i oni mogu biti pozitivno naelektrisani katjoni i negativno naelektrisani anjoni. Telesni fluidi, kao npr. krv, plazma ili međućelijski fluid po svom sastavu podsećaju na morsku vodu jer sadrže velike količine elektrolita koji se zove kuhinjska so, tj. natrijum hlorid (NaCl). Ovaj elektrolit se sastoji od pozitivno naelektrisanih atoma natrijuma i negativno naelektrisanih atoma hlora. U telesnom fluidu se osim kuhinjske soli u velikoj koncentraciji nalaze još i katjoni kalijuma, kalcijuma, magnezijuma, kao i bikarbonatni, sulfatni i fosfatni anjoni. Elektroliti su neophodni u ishrani jer učestvuju u stvaranju razlike u električnom potencijalu spoljne i unutrašnje membrane ćelija, što ima ulogu u prenošenju nervnih impulsa i kontrakciji mišića. Prilikom fizičkog vežbanja, naša tela gube elektrolite kroz znoj, pa se količina elektrolita kod sportista obično nadoknađuje kroz sportska pića koja u odnosu na obična osvežavajuća pića sadrže veće količine elektrolita, a pre svega kuhinjske soli i kalcijum hlorida.

### **- Šta je to rđa?**

Rđa je popularno ime za hemijsko jedinjenje gvožđe oksid. Interesantno je da se na apsolutno čistom gvožđu nikada ne pojavljuje rđa, jer je ona posledica postojanja izvesne količine nečistoća (tj. stranih elemenata) u gvozdenom predmetu. Čisto gvožđe se vrlo retko nalazi u prirodi, a rđanje gvožđa ili čelika predstavlja primer korozije, elektrohemijskog

procesa koji zahteva postojanje katode (negativno naelektrisane elektrode), anode (pozitivno naelektrisane elektrode) i elektrolita. Kada parče metala korodira, elektrolit snabdeva anodu sa kiseonikom. Vezivanjem kiseonika za metal oslobađaju se elektroni koji kroz elektrolit teku do katode. Kao rezultat procesa korozije, metal anode nestaje stvarajući jedinjenje sa kiseonikom, tj. rđu u slučaju nastajanja gvožđe oksida. Da bi iz gvožđa nastalo gvožđe oksid potrebne su tri stvari: gvožđe, voda i kiseonik. Kada kap vode padne na gvozdeni šipku, dve stvari se odmah dogode. Voda, koja je dobar elektrolit vezuje se sa ugljen dioksidom iz vazduha i stvara ugljenu kiselinu koja je još bolji elektrolit. Kako se stvara kiselina i rastvara gvožđe, voda počinje da se razlaže na svoje sastavne komponente – vodonik i kiseonik. Slobodni kiseonik i rastvoreno gvožđe se vezuju stvarajući gvožđe oksid, tj. rđu. Hemijska jedinjenja koja se nalaze u tečnostima kao što su kisele kiše, morska voda ili slani sprejevi predstavljaju još bolje elektrolite nego što je to voda, pa stoga dodatno ubrzavaju proces korozije, tj. rđanja.

### **- Zašto nerđajući čelik nikad ne zarda?**

Čelik predstavlja leguru gvožđa i ugljenika, a nerđajući čelik sadrži još i izvesne količine hroma, mangana i silicijuma, a u većini slučajeva i značajne količine nikla i molibdena. Upravo ovi elementi reaguju sa kiseonikom iz vode i vazduha i formiraju tanak i stabilan sloj korozionih produkata kao što su metalni oksidi i hidroksidi. Element hrom igra odlučujuću ulogu u reakciji sa kiseonikom i stvaranju zaštitnog korozionog sloja, a po pravilu svaki nerđajući čelik sadrži najmanje 10 % hroma. Prisustvo zaštitnog, stabilnog sloja predstavlja jedan vid barijere koja sprečava dodatnu koroziju putem dejstva kiseonika na podpovršinske metalne slojeve. Ovaj zaštitni film se formira veoma brzo i čvrsto, a samo nekoliko ovakvih atomskih slojeva na površini čelika dovoljni su na redukuju unutrašnju koroziju na veoma niski nivo. Pošto je ovaj zaštitni sloj tanji od talasne dužine vidljive svetlosti, on se najčešće i ne vidi golim okom. Uobičajeni, jeftini čelik, u suprotnosti sa nerđajućim čelikom, reaguje sa kiseonikom iz vazduha i vode, stvarajući na svojoj površini relativno nestabilan sloj gvožđe oksida i gvožđe hidroksida, čija se debljina povećava sa vremenom izlaganja vodi i vazduhu. S obzirom na svoju dugotrajnost i estetsku privlačnost, nerđajući čelik se koristi za pravljenje raznih proizvoda, od kašika i viljuški, preko kuhinjskih lavaboa do modernih građevinskih konstrukcija.

### **- Koji je najkrući materijal u prirodi?**

Donedavno se smatralo da je dijamant najtvrdi i najkrući materijal u prirodi, ali je krajem marta 2002. godine titulu najkrućeg materijala preuzeo osmijum. Dijamant je najtvrdi poznati materijal u prirodi, s obzirom da ga ni sa čim ne možemo zagrebati (jer samo sa tvrdim materijalom možemo zagrebati manje tvrd materijal), a to je i razlog zašto skoro sve industrijske abrazivne mašine koriste dijamante za sečenje drugih materijala. Pošto je teorijskim putem veoma teško predviđati tvrdoću materijala na osnovu njegove atomske, elektronske i makro strukture (defekti kristalne rešetke, granice između kristalnih zrna, poroznost itd.), fizičari uglavnom predviđaju otpor materijala na dejstvo kompresione sile. Dejstvom mehaničkog napona (sile po jedinici površine datog materijala) izaziva se istegnuće materijala, a izvod napona po deformaciji predstavlja modul elastičnosti koji definiše krutost materijala. U opštem slučaju, najkrući materijali su takođe i najtvrdi. Premda je osmijum veoma tvrd za jedan metal, on je ipak mekši od dijamanta, ali su teorijski proračuni pokazali da bi trebalo da bude krući od dijamanta. Da bi eksperimentalnim putem proverili ova teorijska predviđanja, naučnici iz američke Nacionalne laboratorije Lorens Livermor u Kaliforniji su izvršili merenje koeficijenta elastičnosti osmijuma u tzv. dijamantskoj nakovnoj

čeliji koja se sastoji od dva kristala dijamanta razdvojena tankim metalnim filmom sa rupom prečnika 60 mikrometara u sredini. U ovu rupu je postavljen prah osmijuma zajedno sa argonom kako bi se pritisak što ravnomernije raspodelio, a zatim je metalno središte nakovne čelije zajedno sa osmijumom u njegovom centru izloženo pritisku od 600 000 atmosfera (oko 60 GigaPaskala). Merenjem rastojanja između atoma osmijuma u njegovoj kristalnoj rešetki pomoću difrakcije X-talasa na elektronskim oblacima atoma kristala osmijuma određen je modul elastičnosti od 462 GPa, što je za 19 GPa veće od vrednosti iste veličine kod dijamanta. Rezultati ovog eksperimenta su veoma neobični jer se osmijum u mnogo čemu razlikuje od drugih materijala visokog modula elastičnosti. Dijamant i neki metalni dioksidi koji su takođe jaki i nekompresibilni, najčešće se oporavljaju (ne deformišu se trajno) nakon izlaganja visokim temperaturama i pritisku. Dijamant je takođe lagan materijal čiji su atomi kovalentno vezani i poređani u prostoru tako da formiraju kubičnu kristalnu strukturu, dok je osmijum težak (redni broj 76, a maseni 190,2 za razliku od ugljenika čiji je redni broj 6, a maseni 12), metalan (što znači da njegovi atomi plivaju u moru najslabije vezanih elektrona) i poseduje heksagonalnu kristalnu strukturu. Osmijum bi mogao da posluži kao jedna od komponenti za pravljenje super-tvrđih materijala budućnosti i to npr. u kombinaciji sa ugljenikom, borom, azotom ili kiseonikom koji su svi uobičajeni atomski sastojci materijala visoke jačine.

### **- Šta je to negativna krutost?**

Kada na određeni materijal u prirodi delujemo silom, on će se deformisati upravo u pravcu dejstva sile. Kada bismo na y-osi dvodimenzionalnog grafika ucrtali napon (odnosno, silu po jedinici površine) kojim delujemo na telo, a na x-osu istegnuće materijala (ili njegovo sabijanje u slučaju kompresionog napona) tada bismo dobili pravolinijsku ili krivolinijsku zavisnost čiji bi koeficijent pravca (odnosn tangens ugla koji kriva zaklapa sa x-osom) bio pozitivan. Nagib ove krive upravo predstavlja koeficijent elastičnosti za dati materijal koji definiše krutost materijala i vrednost ovog koeficijenta je za slučaj najvećeg broja materijala pozitivna. Međutim, kada se deformacija materijala vrši u suprotnom smeru od smera dejstva sile, tada materijal poseduje negativnu elastičnost, odnosno negativnu krutost (krutost se može definisati kao mera kojom se kristal opire sabijanju). Negativnu krutost ne bi trebalo da mešamo sa negativnim Poazonovim koeficijentom koji se odnosi na pojavu širenja kristalne rešetke u normalnom pravcu u odnosu na pravac istezanja materijala. Negativna elastičnost se pojavljuje kod onih materijala koji imaju izvesnu količinu uskladištene energije (ili im se kontinualno dovodi energija). Međutim, ova osobina je veoma nestabilna, premda se teorijskim putem pokazalo da inkluzije (mali paketići, odnosno mehurići) negativne elastičnosti mogu biti stabilizovane u okviru matrice napravljene od materijala pozitivne elastičnosti. Istraživači sa Univerziteta u Viskonsinu u gradu Medisonu su nedavno eksperimentalnim putem izveli opisani postupak tako što su u matricu od čistog kalaja ugradili negativno elastične inkluzije feroelastičnog vanadijum dioksida. Rezultujući kompozitni materijal je pokazao odlično rasipanje energije sile koja deluje na njega. Mali paketići negativne elastičnosti su spremno apsorbovali mehaničku energiju, ali nisu mogli da kolabiraju jer ih je na mestu održavala pozitivno elastična matrica. Takođe, pokazalo se da inkluzije načinjene od materijala negativne elastičnosti doprinose krutosti rezultujućeg kompozitnog materijala u većoj meri nego da su inkluzije napravljene od dijamanta (najkrućeg materijala posle osmijuma). Ovakav kompozitni materijal čak 15 puta efikasnije prigušuje vibracije od tipičnih kompozitnih materijala, a smatra se da će naći primenu u mnogim oblastima industrije od automobilskih karoserija, preko kućišta motora do ramova svemirskih teleskopa.



## **- Šta su to nanoklasteri?**

Tokom osamdesetih godina 20. veka otkriveno je da se gasoviti metalni atomi sjedinjuju u male globule (grupice), odnosno klasterne od po nekoliko atoma pri čemu je broj atoma u svakom klasteru isti i često se naziva magičnim brojem datog metala. Nedavno je otkriveno da se i prilikom neparavanja metalnih atoma na nekoj kristalnoj površini dešava slična pojava, pri čemu se klasteri sa tačno određenim brojem atoma postavljaju na tačno određenom razmaku jedni od drugih. Tako se oko  $10^{11}$  klastera formira na površini od nekoliko  $\text{mm}^2$ , pri čemu je poželjno da se proces neparavanja odigrava pri povišenoj temperaturi (najčešće između 100 i 200 °C) kako bi atomi gasa posedovali dovoljno toplotno kretanje da bi na površini supstrata zauzeli najstabilniju energetska konfiguraciju (onu sa najmanjom slobodnom energijom). Ukoliko je kristalna površina na koju se neparavaju metalni atomi isuviše hladna i ukoliko atomi gasa isuviše brzo pristižu na površinu, tada nanoklasteri neće biti tako pravilno raspoređeni jedni od drugih, jer će neki od atoma biti uhvaćeni na pogrešnim mestima, a neće posedovati dovoljnu toplotnu energiju da se još kreću po površini i na njoj pronađu najstabilnije energetska stanje koje očigledno odgovara stvaranju klastera od po nekoliko atoma i to na tačno određenim mestima na kristalnoj rešetki supstrata. Pošto poseduju samo po nekoliko atoma, ovi klasteri imaju dužinu od svega nekoliko nanometara, pa se stoga i nazivaju nanoklasterima. U februaru 2002. godine, istraživači Kineske akademije nauka u Pekingu su neparavanjem atoma indijuma na silicijumskoj površini dobili trouglaste klasterne od po 6 atoma indijuma, pri čemu osim što su svi bili istog trouglastog oblika i na identičnim rastojanjima jedni od drugih, svi su se nalazili na istoj polovini jedinične ćelije (najmanjeg dela kristalne rešetke koji se periodično ponavlja u prostoru, a poseduje istu simetriju kao i cela kristalna rešetka) silicijuma. Ovakvi nanoklasteri materijali će se koristiti u naprednim optičkim i elektronskim aparatima budućnosti, jer elektroni zatvoreni u ovakvim prostorima imaju mogućnost da stvaraju fotone korisnih talasnih dužina. Ukoliko klasteri imaju mogućnost da se namagnetišu, oni će onda moći da se koriste kao ultra-gusti memorijski uređaji, a nalaziće primenu i u spintronicima, kao i složenim katalizatorima hemijskih reakcija.

## **- Da li je kofa sa vlažnim peskom teža od kofe sa suvim peskom?**

Ako bismo imali dve kofe jednakih zapremina napunjene do vrha, jednu sa suvim, a drugu sa vlažnim peskom, možda bi nam na prvi pogled izgledalo da je kofa sa suvim peskom teža, jer bi prisustvo dodatne vode u kofi sa peskom dovelo do smanjenja gustine mešavine peska i vode. Međutim, ovo ne bi bilo ispravno rezonovanje. Evo i zašto. Probajte da sipate vodu u kofu punu do vrha sa suvim peskom. Primetićete da nijedno zrno peska neće ispasti iz kofe, što znači da voda prodire u pukotine suvog peska, uopšte ne povećavajući ukupnu zapreminu peska. Iz ovog kratkog zapažanja lako zaključujemo da je vlažni pesak teži od suvog, naravno pod uslovom da zauzimaju jednake zapremine.

## 14. O filmovima i TV-u

### - Koja je razlika između analogne i digitalne televizije?

U slučaju analogne televizijske transmisije, video kamera sa brzinom snimanja od 30 slika u sekundi snima slike scene koje zatim prevodi u redove pojedinačnih tačaka koje se nazivaju pikselima. Svakom pikselu se dodeljuje određena boja, kao i nivo osvetljenosti. Redovi piksela se kombinuju sa sinhronizacionim signalima (horizontalni i vertikalni) tako da elektronska kola u TV-u znaju kako da prikazuju redove piksela. Finalni signal koji sadrži informaciju o boji i intenzitetu svakog piksela u nizu redova, zajedno sa horizontalnim i vertikalnim sinhronizacionim signalima se naziva kompozitni video signal. Zvuk se snima i prenosi kao odvojeni signal. Kompozitni video i zvučni signal se mogu prenositi u vidu radio talasa koje prima antena TV prijemnika, mogu se snimati na video traku, mogu se slati preko kablovskog TV sistema itd. Međutim, digitalne satelitske i digitalne kablovske sisteme ne treba mešati sa digitalnom televizijom. Naime, satelitska ili kablovska kutija prima digitalni signal sa satelita ili iz kabla (koji je prethodno samo za potrebe preciznijeg prenosa signala bio preveden iz analognog u digitalni oblik) i prevodi ga u analogni signal, koji zatim šalje na uobičajeni, analogni TV prijemnik. Digitalna televizija (DTV) je, s druge strane, potpuno digitalna, a zasniva se na digitalnim kamerama (čija je rezolucija znatno veća od rezolucije analognih kamera), digitalnom prenosu signala, kao i na digitalnim TV prijemnicima (čija je rezolucija (min. 704 x 480 piksela) takođe veća od rezolucije analognih TV-a (max. 512 x 400 piksela)). Svaka TV stanica poseduje po jedan digitalni TV kanal, koji je u stanju da prenosi više pod-kanala. Naime, brzina prenosa podataka (od 19,39 Megabitova u sekundi) se može podeliti u nekoliko različitih pod-kanala, čija će suma brzina prenosa biti jednaka ukupnoj brzini prenosa celoga kanala. Svaki pod-kanal može emitovati različiti program, a razlog zašto TV stanice stvaraju pod-kanale je u tome što digitalni TV standardi dozvoljavaju nekoliko različitih rezolucija, a to su: 704 x 480, 1280 x 720 (sa 60 slika u sekundi) i 1920 x 1080 (sa 30 slika u sekundi – tzv. HDTV signal). Ukoliko stanica želi da emituje program sa rezolucijom koja odgovara HDTV signalu (u slučaju programa sa slikama u kojima ima mnogo pokretnih detalja, kao što su na primer fudbalske utakmice ili avanturistički filmovi), tada će u tu svrhu ona morati da koristi svih 19,39 Megabitova u sekundi. Međutim, ako stanica prenosi statične vesti ili šou program kojima nije potrebna velika rezolucija, tada ona u tu svrhu može koristiti minimalnu rezoluciju sa brzinom prenosa od npr. samo 3 Megabita u sekundi. Tako bi ostalih 16,39 Megabitova u sekundi mogla da iskoristi za emitovanje istog ili različitog programa na drugim podkanalima. Moguće je izabrati i rezoluciju od 704 x 480 piksela sa samo 30 slika u sekundi, što bi otprilike odgovaralo najkvalitetnijoj slici sa analognih TV-a. HDTV (*High Definition TV*) ima različit aspektni odnos (odnos širine i dužine ekrana je jednak 16:9) od analognih TV-a (4:3). Ideja o prenosu više različitih programa preko samo jednog kanala je oteletvorena zahvaljujući MPEG-2 sistemu kompresovanja slika u svrhu prenosa. Naime, prilikom dekodiranja programa, MPEG-2 dopušta kako biranje rezolucije ekrana, tako i biranje brzine prenosa podataka.

### - Zašto se TV antene na krovovima postavljaju horizontalno?

Posetioci iz kontinentalne Evrope su često začuđeni kada na Britanskim ostrvima primete da su TV antene na krovovima kuća postavljene vertikalno. Naime, orijentacija jedne prijemne antene zavisi od polarizacije elektromagnetnih talasa koje antena prima. Svetlost predstavlja oscilacije elektromagnetnog polja, a u pojedinačnom snopu svetlosti neki talasi

mogu da osciluju gore-dole, neki bočno, a neki u raznim dijagonalnim pravcima. Pravci oscilovanja mogu ravnomerno da budu razmešteni u krug, pri čemu nijedna ravan oscilovanja svetlosnih talasa ne dolazi do većeg izražaja od ostalih. Sunčeva svetlost, kao i svetlost koja dolazi sa električne lampe, obično su ovako ustrojene i za njih kažemo da nepolarizovane. Zamislimo, međutim, da se svetlost (ili neki drugi vid elektromagnetnih talasa) kreće kroz neki providni kristal. Kristal se sastoji od atoma ili grupa atoma raspoređenih u pravilne nizove ili listove. Jedan svetlosni talas lako bi prošao kroz kristal ukoliko bi se dogodilo da osciluje u ravni koja bi stajala između dva lista atoma. Ako bi, međutim, svetlost oscilovala u ravni koja bi se nalazila pod nekim uglom u odnosu na atomske ravni, ona bi udarala u atome i najveći deo njene energije bi bio utrošen na izazivanje vibriranja atoma, a takva svetlost bi bila delimično ili potpuno apsorbovana. Analognu pojavu možete izvesti ukoliko vežete jedan kraj kanapa za drvo, a drugi kraj držite u ruci, a negde na otprilike pola dužine, kanap prolazi kroz otvor između dve daske na ogradi. Ukoliko zatalasate kanap gore-dole, talasi će prolaziti kroz ogradu i putovati od vas prema drvetu. Ako, međutim, zatalasate kanap ne gore-dole već bočno, tada će talasi kanapa udarati u daske ograde i neće prolaziti do drveta. Na taj način neki kristali dele celokupnu energiju svetlosnih talasa u dva posebna snopa. U jednom snopu, svi talasi osciluju u jednoj ravni, a u drugom u ravni koja je pod pravim uglom u odnosu na ravan oscilovanja talasa iz prvog snopa. Kada svetlosni talasi osciluju samo u jednoj posebnoj ravni, za takvu svetlost kažemo da je ravanski polarizovana ili samo "polarizovana". Kada je 1808. godine, francuski naučnik E. L. Malis prvi put uočio ovu pojavu, on ju je nazvao polarizacijom rukovodeći se tadašnjim pogrešnim smatranjem da se svetlost sastoji od čestica sa polovima sličnim onima kod magneteta. Ako je talas horizontalno polarizovan, vektor električnog polja osciluje u horizontalnoj ravni. U tom slučaju, vektor magnetskog polja koji je uvek normalan na vektor električnog polja, osciluje u horizontalnoj ravni. Pravac vektora električnog polja isti je kao smer naizmenične struje u vodu emisijone antene. Ako je vod horizontalno postavljen, emitovani elektromagnetni talasi će biti horizontalno polarizovani i obrnuto. U Evropi i Americi se koristi horizontalna polarizacija televizijskih i ultrakratkih talasa, dok se u Velikoj Britaniji koristi vertikalna polarizacija, pa je to razlog zašto su TV antene na krovovima kuća u Engleskoj postavljene uspravno.

### **- Zašto se ponekad čuje "boing" kada upalimo TV?**

Glasno "boing" se ponekad čuje prilikom dovođenja napona na elektrode katodne cevi televizora u boji ili monitora usled delovanja razmagnetišućeg električnog kola u njemu. Kada uključimo TV, katodna cev usmerava snop elektrona u fini šablon trobojnih fosfornih tačkica na ekranu televizora. Pre nego što pogode ekran, elektroni prolaze kroz izreckanu metalnu masku, koja propušta samo one elektrone koji su se usmerili na fosforne tačke ispravnih boja. Ova metalna maske može postati namagnetisana tokom vremena, a kao takva ona bi preusmeravala elektrone u pogrešnim pravcima. Da bi se ta pojava sprečila, televizor poseduje veliki razmagnetišujući kalem koji se uključuje svaki put kada upalimo televizor, i tada kolo šalje snažan puls promenljive električne struje kroz kalem, što dovodi do razmagnetišavanja čitave metalne konstrukcije katodne cevi usled čega dolazi do zvučnog udara kroz kutiju televizora, a što čujemo kao glasno ili tiho "boing".

### **- Kako se računa koliko je ljudi gledalo televizijsku emisiju?**

Kako bi dobili uvid šta gledaoci posmatraju i uolikoj meri, televizijska kompanija pravi ugovor sa oko 5000 domaćinstava koji predstavljaju reprezentativni uzorak jedne nacionalne procene. U televizore ovih porodica se ugrađuju merači koji registruju da li je televizor upaljen i ako jeste, koji program je uključen. Ova tzv. crna kutija nije ništa drugo do

kompjuter i modem koji svake noći šalje informacije u centralni kompjuter televizijske kompanije. Na taj način, kompanija može dobiti procentualnu vrednost koliko ljudi posmatra pojedine TV emisije, a taj procentualni odnos se zatim uopštava na celokupnu televizijsku populaciju. Takođe, ovi podaci se često upoređuju sa usmenim anketama kako bi se dodatno povećala pouzdanost podataka.

### **- Zašto se neke filmske serije zovu sapunice?**

Izraz "sapunska opera" je prvi put upotrebljen za vreme ekonomske depresije u Americi tridesetih godina dvadesetog veka, a odnosio se na radio dramske serije čije su troškove emitovanja finansirali proizvođači sapuna i praškova za pranje, kao što su bili npr. *Proctor and Gamble*. Ove petnaestominutne dramske serije, kao npr. "Mama Perkins" i "Obična, neugledna Džejn", govorile su o ženskim bićima i njihovim emotivnim svetovima, a izraz "opera" upućivao je na melodramu iz prefinjenog muzičkog žanra. Pretpostavljalo se da će, sponzorisanjem radio emisija koje se bave ženama, njihovim porodicama i svakodnevnim događajima, dopreti do domaćica koje će na spisak potreština staviti i prašak za pranje. Ove "priče bez kraja" postale su veoma popularne i pedesetih godina preselile su se na televiziju, sa epizodama produženim prvo na 25, a potom i na 60 minuta. *The Guiding Light* je sapunica koja je u Americi počela da se emituje, najpre na radiju 1937. godine, da bi zatim 1952. godine bila preseljena na televiziju, gde se još uvek prikazuje. Skoro sve epizodne televizijske drame se i danas često nazivaju sapunicama, pre svega zbog prisustva mnogobrojnih reklamnih poruka koje se prikazuju tokom kratkih pauza u emisiji pojedinačnih epizoda serije, premda naravno, sapuni i deterdženti, kao i drugi higijenski i kozmetički proizvodi nisu jedine stvari koje se reklamiraju na TV-u.

### **- Zašto ruka izgleda smešno kada sa njom mašemo ispred TV ekrana?**

Ukoliko ste se nekada zapitali zašto ruka izgleda neobično kada sa njom mašemo ispred TV ekrana ili monitora, onda znajte da je ova pojava posledica strob efekta. Televizijski ekrani i monitori osvežavaju svoju sliku određenom brzinom (tzv. brzina osvežavanja). Iako nam se čini da slika na kompjuterskom monitoru stoji, ona se konstantno re-emituje, odnosno osvežava brzinom od između 60 i 100 puta u sekundi. Naše vizuelne sposobnosti nam omogućavaju da primetimo brzinu treperenja od oko 25 do 30 puta u sekundi (odnosno 25 do 30 Herca), tako da nam svako treperenje veće od ove frekvencije, pa stoga i vrlo frekventno osvežavanje ekrana, izgleda postojano, odnosno kao izvor svetlosti konstantnog intenziteta. Poznajući osetljivost ljudskog oka na brzinu pomeranja slika, znamo i da dobar crtani film mora imati najmanje 24 slike u sekundi kako nam kretanje animiranih likova ne bi izgledalo isprekidano, odnosno tako kao da se smenjuju pojedinačne slike. Kada mašemo rukom ispred monitora, TV ekrana ili bilo kog drugog stroboskopskog svetla (izvora svetlosti koji treperi), naša ruka će blokirati izvesnu količinu svetlosti i videćemo obrise naše ruke u određenim intervalima koji zavise od brzine kretanja naše ruke, brzine osvežavanja našeg oka i brzine osvežavanja monitora. Razlika između brzine osvežavanja oka i brzine osvežavanja monitora se naziva pulsnom frekvencijom. Ako sada pomeramo ruku određenom brzinom veoma blizu monitora (tako da ga skoro dodirujemo), rastojanje između slika ruke će biti jednako količniku brzine kretanja ruke i pulsne frekvencije. Broj slika koje ćemo videti će biti jednak količniku širine monitora i rastojanja između ruke i ekrana. Tako, na primer, ukoliko pomeramo olovku pored ekrana brzinom od 2 metra u sekundi, a ukoliko je pulsna frekvencija jednaka 60 Hz, tada će rastojanje između slika olovke, odnosno njenih obrisa biti jednako 3,33 cm. Svaka slika će biti razdvojena za po santimetar, a broj olovki koje ćemo moći da vidimo biće jednak količniku širine ekrana (oko 40 cm) i 3,33 cm što je jednako 12.

Takođe, osim višestrukih slika pokretnog predmeta koje se pojavljuju ispred displeja, možemo primetiti i da pokretni predmet izgleda kao da se malo savio. Razlog ovom savijanju je u tome što monitor ne osvetljava istovremeno čitav ekran, već ga zapravo skenira liniju po liniju, počevši od vrha ekrana i spuštajući se nadole. Monitor izvrši skeniranje svakog piksela tokom pojedinačnog osvežavanja veoma brzo, međutim i ovo tzv. rastersko skeniranje poseduje izvesnu frekvenciju. Uz pomoć već opisanih formula, možemo da odredimo i rastojanje između obrisa predmeta u zavisnosti od ove rasterske frekvencije. Pošto se slika osvežava odozgo nadole, primetićemo savijanje našeg prsta ili olovke na vrhu u suprotnom pravcu od kretanja. Kada bismo sada i talasali prstom gore-dole, videli bismo da on postaje nešto deblji. Ovakva stroboskopska svetla nalaze niz primena u svetu oko nas. Tako, npr. fizičari uz pomoć stroboskopskih svetala mere brzine ili ubrzavanja tela ili čestica, fotografišu veoma brze objekte, a u automehaničarskim radnjama se često brzina rada motora određuje uz pomoć jednog ovakvog svetla. Naime, ucrtavanjem tačkice na osovini i usmeravanjem treperavog svetla na nju, lako možemo da odredimo kojom brzinom se ona okreće.

### **- Kako neki video snimci ne mogu da se presnime?**

Signali nekih video kaseti su zaštićeni od presnimavanja i kada napravimo kopiju njihovog snimka i pustimo ga preko video plejera na TV-u, slika se ili ne vidi, ili stalno treperi. Signal koji potiče sa originalne video trake sadrži posebnu vrstu šuma koju TV ne primećuje, ali sa kojom video rekorder ne može da barata. Ovaj šumni signal zbunjuje komponentu video rekordera pod imenom *automatic gain control* (AGC) kolo, koje ne uspeva da presnimi ispravan signal. Kompozitni video signal sadrži svetlosnu informaciju (kolika je osvetljenost svakog piksela na ekranu), informaciju o bojama (koje je boje svaki piksel) i sinhronizacionu informaciju koja kaže elektronskom topu koji naslikava ekran kada da usmeri elektronski mlaz na levu stranu ekrana tokom svake skenirajuće linije, kao i kada da preusmeri mlaz na vrh ekrana na kraju iscrtavanja svake slike. Ove dve informacije se nazivaju horizontalnim i vertikalnim sinhronizacionim pulsevima. Postoji i određeni vremenski period (tzv. prazni interval) tokom koga je elektronski top ugašen, jer se tada elektronski mlaz preusmerava na levu stranu ili na vrh ekrana. Zaštitni signal se ubacuje upravo u vertikalni prazni interval i sadrži dodatne sinhronizacione pulseve, kao i lažne video podatke. Pošto TV ne prikazuje ništa tokom praznog intervala, tada se ništa neobično i ne dešava na TV ekranu tokom gledanja filma. Međutim, video rekorder pokušava da napravi veran snimak celokupnog signala sa trake i stoga pokušava da presnimi i signal koji sadrži dodatne sinhronizacione pulseve. AGC registruje dodatne sinhronizacione pulseve i lažne video podatke i kao rezultat neispravno podešava nivo jačine signala. Stoga se prava video informacija presnimava na znatno nižem nivou nego što bi to bio slučaj kod nezaštićene trake, pa se na ekranu ili ne pojavljuje ništa ili se vidi izdeformisana slika. Ipak, zvučni signal sa trake će moći verno da se presnimi jer ga presnimava potpuno odvojeno kolo video rekordera.

### **- Zašto upaljeni TV ne možemo da snimamo sa video kamerom?**

Ukoliko ste ikada pokušali da uz pomoć video kamere snimate televizijski ekran ili kompjuterski monitor, sigurno znate da ćete na snimku umesto TV slike dobiti samo podrhtavajuću sliku ili crnu štraftu koja pada po ekranu. Treperenje slike na video zapisu se pojavljuje usled razlike u skenirajućoj frekvenciji kamere i monitora, kao i usled razlike u načinu na koji fosforne tačkice ekrana opažaju ljudske oči i senzor kamere. U televizijskom aparatu, mlaz elektrona skenira horizontalne linije piksela duž ekrana. Pikseli se sastoje od fosfornih tačkica koje zasvetle kada ih pogodi mlaz elektrona. Za naše oči, ove fosforne tačkice svetle jedan trideseti deo sekunde nakon što ih pogodi snop elektrona i tokom ovog

vremena mi vidimo stabilnu sliku. Međutim, senzorima video kamere ne izgleda da fosforne tačkice svetle toliko dugo kao nama. Najveći broj video kamera snima brzinom od 60 do 100 slika u sekundi, dok se TV ekran najčešće osvežava (mlaz elektrona ponovo prebriše sve piksele na ekranu) oko 30 puta u sekundi. Široka crna štrafta koju vidimo na ekranu umesto TV slike pokazuje niz piksela koji su prestali da svetle dok je kamera pokušala da ih uslika, a štrafta se pomera jer kamera i monitor nisu tačno sinhronizovani. TV stanice poseduju specijalne monitore i kamere koji se mogu međusobno sinhronizovati, tako da se skeniranje kamere izvodi uporedo sa skeniranjem monitora. Neki kamkorderi snimaju 30 slika u sekundi i pomoću ovih kamera je bez problema moguće snimati sliku monitora koja se osvežava 60 puta u sekundi. Drugim rečima, bitno je uskladiti što je moguće nižu ali prihvatljivu brzinu snimanja kamere sa što je moguće većom brzinom osvežavanja ekrana, kako bi se izbeglo pojavljivanje crne štrafte na ekranu.

### - Šta je to *blue screen* tehnika?

*Blue screen* tehnika (ili tzv. tehnika putujućeg matea) predstavlja animacionu tehniku specijalnih efekata pomoću koje se na primer, novinari prikazuju kao da se nalaze ispred nekog imaginarnog predela, prognozeri vremena ispred animirane vremenske mape prepune kompjuterske grafike, a ova tehnika je omogućila i poletanje dečaka na biciklima u filmu "ET". Od kada postoji filmska industrija, matei su se koristili za pravljenje specijalnih efekata, a jedan od najstarijih matea je tzv. dvostruko eksponirani mate. Ukoliko bismo pomoću ovog efekta hteli da snimimo glumce ispod nekog divnog, sunčanog prizora neba koji je daleko od filmskog studija, najpre bismo snimili scenu tako što bismo na sočivo postavili crni papir ili traku tako da bi oblast neba bila maskirana i ostala neeksponirana na filmu. Scena se snima normalno, ali se samo donja polovina kadra eksponira. Nakon snimanja, kameraman premotava film u kameri, prebacuje tamnu traku na prethodno eksponirani deo filma i zatim snima odgovarajuću stvarnu ili naslikanu nebesku pozadinu. Najčešće su se oblaci u filmovima snimali usporenom brzinom, tako da izgleda da se veoma brzo kreću po nebu, što dočarava utisak snažne i dirljive scene. Danas, postoje dve varijacije ove tehnike statičkog matea. Naime, nebo ne mora ni stvarno snimljeno, već može biti i kompjuterski iscrtano, a i dve scene mogu biti snimljene na dva odvojena dela filma i naknadnim projektovanjem odvojenih delova na jedan film ili digitilizovanjem i naknadnim slaganjem, biti ukomponovane u zajednički film. Međutim, kada je potrebno uvesti kompletnu pozadinu iza glumaca tada se koristi *blue screen (travellin' matte)* tehnika, koja nam omogućava da kombinujemo više delova filma u samo jednom rezultujućem filmu. Najpre je neophodno snimiti željenu pozadinu, a zatim i scenu iza koje se stavlja plavi pano po kome je ova tehnika i dobila ime. U odeljku za specijalne efekte se zatim koriste specijalni filteri kako bi se stvorili dva matea iz scene sa glumcima. Jedan mate pokazuje siluetu glumaca, dok drugi predstavlja negativ prvog matea. Ovi matei se veoma lako dobijaju jer kada se plava boja propusti kroz crveni filter, dobija se crna boja. Korišćenjem crno-belog filma visokog kontrasta moguće je izdvojiti samo siluete. Kombinovanjem dva originalna filma i dva matea, moguće je napraviti finalni film sa glumcima na željenoj pozadini. Najpre se kombinuje pozadina sa siluetama glumaca, zatim se film premotava unazad kako bi se siluete glumaca ispunile sa njihovim stvarnim likovima. Ova tehnika se naziva putujućim mateom, jer je za razliku od statičnog matea, mate različit za svaki kadar filma. Naravno, jedna od mana ove tehnologije je u tome što glumac ne sme da nosi na sebi ništa plavo, jer će u tom slučaju postati providan na filmu. Naravno, uz primenu kompjutera, *blue screen* scene je znatno lakše snimati jer je kompjuter u stanju da automatski stvara matee i kombinuje kadrove.

## **- Kako na nekim TV prenosima hokejaških utakmica, pak svetli u plavoj boji?**

*FoxTrax* sistem (ili *Glow Pack* sistem kako ga neki zovu) se prvi put pojavio 1996. godine na *Fox* prenosima hokejaških utakmica. Ova tehnologija predstavlja odgovor na primedbe mnogih ljudi koji nisu bili u stanju da sa potpunom preciznošću vizuelno prate brzo kretanje tamnog paka po TV ekranu. Primenom *FoxTrax* sistema, pak na TV ekranu svetli u plavoj boji, a kada putuje brzinom većom od 100 kilometara na čas, onda dobija i crveni rep iza sebe. Ovaj sistem se koristi ugrađenim infracrvenim emiterima u paku, kao i baterijom koja napaja ove emitere u paku. Infracrvena svetlost koju emituje pak se detektuje pomoću sistema od desetak infracrvenih kamera (ne zaboravite da i televizijski daljinski upravljač koristi infracrvenu svetlost za komunikaciju sa televizorom). Podaci koje primaju ove kamere se zatim prosleđuju do kamiona televizijske produkcije poznatog pod imenom *Puck Truck*, gde se grafička svetla površina dodaje na snimke sa običnih kamera koje prenose utakmicu, a kao rezultat se dobija slika plavo svetlećeg paka na TV ekranu.

## **- Kako se tokom TV prenosa fudbalskih utakmica neke linije obeležavaju samo na ekranu?**

Kompanija *SporTVision* je pre nekoliko godina izumela sistem pod nazivom *1st and Ten* pomoću koga se tokom TV prenosa utakmica engleskog ili američkog fudbala, jedna od sastavnih ili virtuelnih linija terena pretvara u polje kojim prolaze razne reklamne i obaveštavajuće poruke. Takođe, duž terena se postavlja virtuelna žuta linija koja označava rastojanje koje igrači tima u napadu moraju preći kako bi obezbedili nova 4 pokušaja ili se iscertava virtuelni krug oko prostora u koji ne sme ući živi zid itd. Postoji niz stvari koje ovaj sistem mora uzeti u obzir kako se iscertana grafika ne bi pomerala u odnosu na teren, a to su: poznavanje pomeranja položaja terena u odnosu na kameru; sposobnost sistema da reaguje na pomeraje kamere (pomeraje, zumove, trzaje, fokusiranja); sistem, takođe, mora da uračuna i zakrivljenost terena pa time i virtuelne linije (svaki fudbalski teren je blago zakrivljen kako bi kišnica mogla da otiče sa njega); sistem mora biti sposoban da se prilagodi na rad sa nekoliko kamera; i sistem mora biti sposoban da prepozna kada igrač, lopta ili sudija pređu preko bele (ili žute) linije, kako bi izgledalo kao da je linija stvarno na terenu. Da bi obezbedio sve ove neophodne zahteve, sistem *1st and Ten* kombinuje *hardware* i *software*. Najpre, svaka kamera mora imati za sebe zakačen osetljivi enkoder koji čita ugao kamere, njen pomeraj i uveličanje, pa te informacije šalje glavnom sistemu. Kompjuterski sistem mora posedovati trodimenzionalni model terena kako bi tačno znao gde se nalazi koja linija polja. Povezujući informacije sa kamere sa 3D modelom terena, sistem izračunava pomeranje reklamne linije tokom prenosa. Nakon toga sistem koristi palete boja (boji teren piksel po piksel) kako bi raspoznavao teren od sudije, igrača i lopte. Za ovakav način prenošenja sportskih takmičenja, tj. za pretvaranje virtuelne linije na terenu u video format, sistem *1st and Ten* koristi 8 kompjutera (4 GSI-a, 1 PC i 3 specijalna pomoćna kompjutera), 3 seta specijalnih enkodera i naravno, dugačke kablove koji povezuju kamere sa sistemskim kompjuterima.

## **- Kako sportske televizije prikazuju rastojanje do koga bi otišla loptica iako je udarila u prepreku?**

Najveći broj televizijskih kompanija koje tokom prenosa bejzbol utakmica (ili drugih sportskih takmičenja) prikazuju rastojanja do koga bi otišla loptica iako je na svom letu naišla na prepreku, koristi se matematičkom formulom koju je prvi put primenila kompanija IBM

1988. godine u svom programu *Tale of the Tape*. Naime, kompjutersko računanje počinje sa iscrtavanjem velike arhitektonske mape stadiona na kojoj su obeležena međusobna rastojanja i visine svih tela koja bi mogla predstavljati prepreku loptici. Rastojanje koje se ispisuje na ekranu predstavlja put koji bi loptica prešla u slučaju da nije udarila o prepreku. Kompjuter najpre obeležava na virtuelnoj mapi mesto na koje je pala loptica pošto se odbila od prepreke i izračunava njen stvarni pređeni put. Nakon toga, mapa se pretvara u projekciju iznad tačke u koju je udarila loptica, pri čemu se na mapi vidi i mesto sa koga je loptica poletela. Zatim, na osnovu poznatog izgleda početne putanje loptice, kompjuter joj pripisuje jedan od tri tipa programiranog leta: linijski let, normalan let ili visoki let. Svaki od ova tri tipa leta poseduje svoju kotangensnu vrednost, i to: linijski let – 1,2; normalan let – 0,8 i visoki let – 0,6. Kotangensna vrednost, u ovom slučaju aproksimira koliko bi metara dodatne putanje prešla loptica za svaki metar visine tačke o koju se odbila. Tako, množenjem visine na kojoj se prepreka isprečila kretanju loptice i kotangensne vrednosti dobijamo dodatni put koji bi loptica prešla da nije udarila o prepreku. Kompjuter, zatim, sabira prethodno izračunati stvarni put koji je prešla loptica sa ovim dodatnim putem i dobijenu vrednost ispisuje na ekranu. Ipak, iako se koristi dosta razvijenim matematičkom metodom, sistem *Tale of the Tape* i dalje predstavlja samo procenu puta koji bi loptica prešla. S druge strane, kompanija *SportVision* je izumela sličan postupak (tzv. *True Track*) za određivanje puta loptica. Ovaj sistem koristi dve specijalne kamere koje prate let loptice kroz vazduh. Pošto su prethodno bile kalibrisane za date razmere terena, kamere su u stanju da konstruišu trodimenzionalnu mrežu, kao i da proračunaju položaj loptice u odnosu na nju. Pređeni put zamišljenog leta loptice se tada izračunava preko koordinata loptice na 3D virtuelnoj mreži terena.

### **- Da li TV ili kompjuter mogu da se snabdevaju energijom za rad pomoću bicikla?**

Jedan običan kompjuter sa monitorom poseduje snagu od oko 200 Vati, a i veliki televizor troši približno istu količinu snage. Jedna konjska snaga je jednaka snazi od 746 Vata, pa bi stoga morali da okrećemo pedale bicikla sa snagom od 0,27 konjskih snaga kako bi njegova dinamika bila u stanju da prenese kompjuteru ili TV-u dovoljno električne energije za rad. Ako pretpostavimo da generator (tj. dinamika) nije 100 % efikasna, tada bismo morali da radimo trećinom konjske snage kako bismo napajali TV ili kompjuter. Prosečno snažno ljudsko biće je u stanju da proizvodi 0,1 konjske snage tokom osam časova, dok atlete mogu stvarati 0,4 konjske snage tokom istog vremenskog perioda. Prosečno ljudsko biće se umori nakon 10 minuta rada pri 0,4 konjske snage. Ipak, znatno lakše bi bilo snabdevati energijom jedan *laptop* kompjuter. Naime, ovakvi kompjuteri poseduju snagu od samo 15 Vati, a ovoliku snagu (tj. 0,02 konjske snage) bi bilo veoma lako stvarati okretanjem pedala bicikla. Da bi proizvelo 1 Vat, ljudsko biće potroši oko 0,85 kalorija. Tako bi za snabdevanje *laptop*-a bilo potrebno trošiti oko 15 kalorija na čas, što znači da bi jedna kockica čokolade (od oko 60 kalorija) bila dovoljna za četvoročasovni rad *laptop* kompjutera.

### **- Zašto TV ne sme da se baci na đubrište?**

Svi televizijski ekrani i kompjuterski monitori koji se zasnivaju na radu katodne cevi, sadrže dosta stakla, u čijem sastavu je prisutna velika količina hemijskog elementa olova. Težina stakla u jednom prosečnom televizoru iznosi oko 23 kg, a od toga čak oko 2,2 kg pripada olovu. Pri izradi monitora, olovo se meša sa staklom jer poboljšava optički kvalitet stakla. Iz ovog razloga se olovo u malim količinama dodaje i u staklo od koga se prave sočiva. Takođe, olovo čini radijacioni zaklon, tj. štiti okolinu sobe od zračenja koje potiče iz elektronskog topa i elektronskog mlaza u katodnoj cevi. Pošto je olovo težak metal, ono je



veoma reaktivno i male količine olova mogu dovesti do trovanja. Stoga se olovo ne sme deponovati na đubrišna zemljišta, kao i na otpadne gomile koje se spaljuju. U nekim zemljama je uveden program recikliranja olovnih proizvoda, koji uključuje recikliranje automobilske baterije, kao i televizijskih ekrana.

### **- Šta je to projekciona televizija?**

Maksimalna veličina ekrana televizora sa katodnom cevi iznosi 101 cm u dijagonali, pa stoga svi ekrani većih dimenzija zahtevaju neku vrstu projekcione TV tehnologije. Osim ekrana (npr. filmskog platna ili belog zida), kontrolne ploče (sa ulaznim – VCR, DVD; i izlaznim uređajima – audio, video, S-video) i zvučnog sistema koji mogu biti unutar ili izvan televizora, svi projekcioni TV uređaji poseduju u sebi projektor u kome se formira slika koja se prenosi na veći ekran putem reflektovanja svetlosti sa nje (refleksiona projekcija) ili propuštanja svetlosti kroz nju (transmisiona projekcija). Sočivo prikuplja reflektovanu ili propuštenu svetlost, uvećava sliku i fokusira je na uvećani ekran postavljen npr. na zidu ili plafonu sobe. U transmisionim projektorima se umanjena slika formira ili na fluorescentnom ekranu katodne cevi (koja može biti obična sa crvenim, plavim i zelenim fosfornim tačkicama na svakom pikselu, crno-bela sa brzo rotirajućim filterskim točkicama u boji postavljenim između katodne cevi i projekcionog sočiva, ili tri katodne cevi sa crvenim, plavim i zelenim fluorescentnim ekranima i sa tri sočiva, postavljenim tako da daju jedinstvenu sliku) ili na LCD-u (koji je otpozadi osvetljen sa veoma svetlom halogenom lampom). S druge strane, u refleksionim projektorima, slika se formira na malom, reflektivnom čipu. Kada svetlost obaspe ovaj čip, slika se reflektuje sa njega i kroz projekciono sočivo prenosi na uvećani ekran. Refleksioni projektori mogu biti različitih tipova. Tako, mikroelektromehanički sistemi poseduju pokretnu i deformabilnu površinu čipa koji stvara napon kao odgovor na digitalnu informaciju. Ovaj napon menja oblik reflektivne površine i na taj način stvara sliku. Projektovana svetlost se odbija od ove reflektivne površine, skuplja na projekcionom sočivu i usmerava ka uvećanom ekranu. S druge strane, digitalni mikroogledalski projektori predstavljaju čipove sa između 800 i milion malih ogledalaca (površine od po 16 kvadratnih mikrometara) povezanih sa po jednom elektrodom. Svako ogledalce se sastoji od tri fizička i dva vazдушna sloja koji omogućavaju naginjanje ogledala za  $610^\circ$  (*on* ili *off* signal, tj. svetao ili taman piksel) pod dejstvom dovedenog napona na elektrodu datog ogledala. Svaka slika filma se deli na crvenu, plavu i zelenu komponentu i digitalizuje u 1 310 000 semplova u sekundi, a svako ogledalo kontroliše po jedan od ovih semplova. Pomoću filtera za boje između upadne svetlosti i površine čipa, kao i variranjem vremena tokom koga su pojedini pikseli upaljeni (odnosno ogledalca nagnuta pod uglom od  $+10^\circ$ ), digitalna slika u boji se projektuje na uvećani ekran. Neki refleksioni projektori koriste rešetkasti svetlosni ventil, odnosno čip koji se sastoji od mnogo malih traka dužine jednog femtometra, a širine oko 100 nanometara, koje se pod dejstvom primenjenog napona ispod njih, pomeraju ka čipu (mogućom brzinom od 20 milijardi puta u sekundi) u zavisnosti od talasne dužine upadne svetlosti formirajući tako difrakcionu rešetku koju skeniraju svetlosti sa tri lasera (crvenog, plavog i zelenog). Takođe, postoje i refleksioni projektori sa čipovima obloženim tečnim kristalima. Digitalni signal uzrokuje pojavu naponske konfiguracije na čipu, svetlost (crvena, plava i zelena) sa lampe prolazi kroz polarizator, odbija se od površine čipa, prolazi kroz drugi polarizator i zatim kroz sočivo koje uvećava sliku i fokusira je na uvećani ekran.

### **- Šta je to *VisionStation*?**

Za razliku od kompjuterskih procesora čija se brzina za poslednjih 20 godina povećala 1000 puta, kompjuterski monitori u istom vremenskom periodu nisu doživeli praktično

nikakve značajnije inovacije. Ograničenost tipičnih displeja se najviše primećuje u virtuelnim programima ili igrama koje simuliraju realno kretanje. Naime, u tom slučaju, vidno polje je ograničeno na pravougaoni deo prostora pravo ispred nas (oko 50°), a sve ono što je iznad, ispod i sa strane ovog pravougaonika, nismo u stanju da vidimo, što znatno uskraćuje realnost virtuelnog doživljaja. U stvarnom svetu, posedujemo i tzv. periferno vidno polje, odnosno sposobnost vizuelnog detektovanja kretanja u pravcima u kojima nisu direktno usmerene naše oči. *Elumen*, kompanija iz Severne Karoline, napravila je prvi displej sistem koji uzima u obzir i periferni vid, a zove se *VisionStation*. *VisionStation* se sastoji od velike, zakrivljene površine (koja podseća na satelitski tanjir), visokog rezolucionog projektora podataka i projekcionog sočiva sa širokim uglom, što kao rezultat stvara kompletno vidno polje od 180°. Osim portabl *VisionStation* displeja koji je namenjen za pojedinačnu upotrebu, postoji i *VisionDome* u kome može stati do 45 ljudi i u kome se mogu gledati filmovi ili TV program. *VisionStation* poseduje LCD projektor sa rezolucijom između 1027 x 768 i 1365 x 1024 piksela sa 24-bitnom bojom (16,8 miliona boja) i f-teta sočivo sa vidnim poljem od 180° x 135° i beskonačnom dubinom fokusa, što znači da kada se sočivo jednom fokusira, sve tačke izvan sočiva su uvek u fokusu. *VisionStation* se smatra znatno boljim od displeja koji se montiraju na glavi (nosioca tzv. virtuelne stvarnosti), jer za razliku od "virtuelne stvarnosti" koja nas potpuno vizuelno izoluje od okolnog sveta, *VisionStation* nas i dalje ostavlja u kontaktu sa stvarnošću, odnosno sa našim prirodnim vizuelnim okruženjem. Za stvaranje 3-D scena, preporučuje se tzv. proces 4 kamere u kome jedna kamera prati animaciju, a zatim se ovaj originalni snimak duplira 4 puta, pri čemu su ostale 4 kamere zarotirane pod uglom od 90° (na gore, na dole, ulevo u udesno) u odnosu na osu glavne kamere kako bi bile usmerene na različite prostorne oblasti scene. Ova 4 različita kadra iste scene se zatim pomoću specijalnog programa (npr. *TruFrame*) kombinuju u pojedinačnu scenu.

## - Šta je to tele-imerzija?

Tele-imerzija predstavlja komunikaciono sredstvo budućnosti pomoću koga će ljudi moći realno da komuniciraju sa velikih geografskih udaljenosti. Uz pomoć digitalne tehnologije, tele-imerzija će aproksimirati iluziju da se udaljena osoba nalazi u istom trodimenzionalnom fizičkom prostoru kao i ostali, iako ona može stvarno biti i hiljadama kilometara daleko od njih. Tele-imerzija će postizati ovakve efekte putem kombinovanja displeja i interakcionih tehnika virtuelne stvarnosti sa novom kompjutersko – vizijskom tehnologijom (spojem kamera i Internet telefonije). U prvim pokušajima izvođenja tele-imerzije, prenošena osoba ili prostor su bili snimani sa 60 kamera, a snimci su se slali do kompjutera gde su prolazili kroz proces detaljne obrade, nakon čega su se slali na mesto prenosa. Holografski efekat tele-imerzije će se postizati pomoću kompjutera čija je brzina procesovanja podataka oko hiljadu puta brža od brzine današnjih PC kompjutera, kako ne bi bilo primetnog kašnjenja slika. Tele-imerzija i virtuelna stvarnost se razlikuju po tome što nam virtuelna stvarnost dopušta da se virtuelno krećemo kroz 3-D kompjutersku grafiku, dok tele-imerzija stvara 3-D okolinu u našem stvarnom prostoru. Sledeći korak u napredku tele-imerzije će biti mogućnost ne samo posmatranja, već i delovanja na holografsku scenu koju vidimo. Raniji prototipovi tele-imerzije su podrazumevali da posmatrači nose kacige koje su pratile pokrete glave, kao i specijalne naočare, na kojima se na svakom staklu prikazivala polarizovana slika sa kamera koje su snimale sliku koja se prikazuje kao 3-D hologram. Naučnici smatraju da bi se prenos podataka preko Interneta morao učiniti mnogo bržim kako bi se brzina osvežavanja slike na naočarima posmatrača povećala sa sadašnjih 3 (što čini sliku prilično sporo pokretnom), na minimum 10 puta u sekundi.

## - Koji je najrezolutivniji TV ekran na našoj planeti?

Istraživači iz američke Nacionalne Sandia laboratorije su nedavno napravili najoštrij TV ekran na Zemlji. Ovaj 3 metra visok i 4 metra širok TV digitalni displej sastoji se od 20 miliona piksela, što njegovu vizuelnu oštrinu čini ekvivalentnu ljudskim očima. Sa rastojanja od oko 3 metra, rezolucija slike u potpunosti odgovara rezoluciji koju mogu registrovati ljudske oči, te sa ovog rastojanja, svako dodatno povećanje rezolutivne moći ekrana, ljudsko oko ne bi bilo u stanju da primeti. Složeni Sandia TV ekran se sastoji do 16 pojedinačnih manjih displeja, poređanih po 4 u 4 reda, a čak 64 kompjutera rade usklađeno kako bi projektovale podatke na ekran. Slika koja se prikazuje na Sandia TV ekranu je toliko detaljna da se sa jednom kamerom sa rastojanja od 6400 metara može snimati kukuruzno polje od 4000 ari (1 ar je jednak površini od 100 m<sup>2</sup>), pri čemu ćemo na ekranu moći da vidimo svaki klas kukuruza na njivi. Ipak, na ovom TV displeju se verovatno neće posmatrati fudbalske utakmice već će se on koristiti za posmatranje dinamičkih promena u složenim sistemima kao što je npr. praćenje požara na satelitskim snimcima ili posmatranje mikroskopskih slika živoga sveta. Istraživači iz Sandia laboratorije smatraju da će uskoro, uz pomoć dva dodatna 16-projektorska niza povećati rezoluciju Sandia ekrana na 64 miliona piksela.

## - Gde je najbolje sedeti u bioskopu?

Danas su pozorišta i bioskopi na našoj planeti znatno ugodniji za sedenje nego što je to bio slučaj pre samo nekoliko godina. Umesto čvrstih sedišta sa kratkim naslonom, sada su tu duži pokretni nasloni sa mekim sedištim, visina držača za ruke između sedišta se može povećavati ili smanjivati, a često su ugrađeni i držači za čaše. Međutim, jedna od najvećih novina u bioskopima su tzv. stadionska sedišta. Umesto poda pod nagibom od 15 stepeni iz staromodnih bioskopa, sada su redovi poređani u serijama terasa ili stepenika, tako da je svaki sledeći red između 30 i 40 santimetara iznad prethodnog reda, pa niko ne zaklanja nikoga. Tehnički stručnjaci najčešće proveravaju i usklađuju zvučne efekte sa centralnih sedišta koja se nalaze na dve trećine rastojanja od platna do poslednjeg reda sa sedištim. Stoga, ako želite da dočarate sebi stereo efekte zvuka u svojoj originalno zamišljenoj formi, onda je najbolje da sednete blizu centra (najbolje na dve trećine rastojanja od platna do poslednjeg reda sa sedištim) gde je jednaka jačina zvuka koja dolazi sa levog i desnog zvučnika u slučaju analognih filmskih zvučnih zapisa ili sa sva 4 zvučnika *surround* zvučnog sistema ili čak sa svih 6 ili 8 zvučnika u slučaju ispravno interpretiranog digitalnog zvučnog zapisa.

## - Šta su to 3D naočare?

Kada bismo posmatrali neki udaljeni predmet pomoću samo jednog oka, ne bismo bili u stanju da mu odredimo udaljenost ni približno precizno kao što to činimo gledajući sa oba oka. Filmovi koji se snimaju pomoću jedne kamere ne koriste pogodnosti našeg binokularnog vida, ali postoje filmovi koji se umesto sa jednom, snimaju sa dve kamere uvek udaljene nekoliko santimetara, što je adekvatno rastojanju između naših očiju. Ovakvi filmovi se radi specijalnih efekata mogu posmatrati pomoću trodimenzionalnih naočara. Ekran ovakvih filmova stvara dva tipa pokretnih slika, a naočare služe kako bi propuštale jedan tip slika u jedno oko, a drugi tip slika u drugo oko. Da bi se izveo ovaj efekat najčešće se koristi jedan od dva sistema. U filmovima koje prave *Disney World* i *Universal Studio* koristi se metod polarizacije. Dva sinhronizovana projektora projektuju slike različite polarizacije na ekran, a levo i desno staklo naočara su različito polarizovani tako da propuštaju različite slike (odnosno različito polarizovane slike) kroz njih. Na taj način, kroz naočare vidimo realniju sliku jer svako oko dobija posebne, odvojene slike, isto kao u stvarnosti. Na običnom

televizijskom ekranu se ne može koristiti metoda polarizacije, pa se koristi sistem crveno/zeleno (ili crveno/plavo). Dva sistema pokretnih slika se prikazuju na ekranu, jedan u crvenoj, a drugi u zelenoj (ili plavoj) nijansi, a filteri na naočarima dozvoljavaju da slike određene boje ulaze u svako oko, npr. crvene u levo, a zelene u desno oko ili obrnuto. Postoji takođe i nešto skuplji sistem, kod koga se na TV ekranu naizmenično, jedan za drugim prikazuju različite slike, a specijalne sinhronizovane LCD naočare naizmenično blokiraju prolaz svetlosti sa televizora ka levom i desnom oku.

## **- Šta je to IMAX?**

Kada biste zakoračili u jedan IMAX bioskop, sigurno biste primetili da je filmsko platno mnogo veće od uobičajenog bioskopskog platna. Naime, u standardnim IMAX bioskopima, platno je široko 22, a visoko između 16 i 30 metara, što je po veličini otprilike jednako jednoj položenoj osmospratnoj zgradi, dok je u IMAX dvoranama, platno polukružnog oblika sa prečnikom od oko tridesetak metara. Takođe, trake na kojima se snimaju IMAX filmovi su drugačije od standardnih filmskih traka. Naime, najveći broj filmova se danas, snima na 35-mm trakama, što znači da se svaki kadar zauzima približno kvadratasti delić trake dužine 35 mm. Ipak, filmska platna u običnim bioskopima nisu kvadratastog, već pravougaonog oblika sa dužom širinom od visine, što znači da se projektovana slika širi sa strane. Neki filmovi se snimaju na 70-mm traci, čime se udvostručava rezolucija slike, a i u ovom slučaju se razmere nasnimljenih kadrova najčešće poklapaju sa razmerama filmskog platna. Međutim, IMAX filmovi se snimaju na 15/70 filmskom formatu, što znači da je svaki kadar visok 70 mm, a u dužini obuhvata 15 perforacija, što znači da je 10 puta veći od standardne 35-mm filmske trake. Pošto su IMAX filmovi isuviše teški da bi klupče moglo da ih pokreće, i projektori IMAX filmova se potpuno razlikuju od običnih filmskih projektor. Naime, film se kreće ne vertikalno, već horizontalno, vakuumski sistem lepi svaku sliku za stakleno sočivo, blenda je otvorena tokom dužeg perioda vremena kako bi propustila više svetlosti na film, a sijalica projektora predstavlja ksenonsku lampu jačine 15000 Vati. Cela ova aparatura čini IMAX projektor teškim oko 2 tone, što je jednako težini jednog prosečnog automobila. IMAX se koristi polarizujućim staklima i tehnologijom LCD zastora (blende) za stvaranje 3D efekta, filmovi se snimaju brzinom od 48 kadrova u sekundi, a IMAX bioskopi poseduju 6-kanalni zvučni sistem uz dva dodatna kanala koji se putem slušalica puštaju svakom pojedinačnom posmatraču. Ipak, IMAX poseduje i neke male nedostatke. Naime, IMAX kamera je izuzetno bučna dok radi, a i teška je 90 kg, što je 6 puta veće od težine obične filmske kamere, pa je stoga neophodna specijalna oprema za njeno pomeranje. Kamera je u stanju da drži samo trominutni film, dok sama zamena filma traje oko 20 minuta, a pošto je rezolucija IMAX filmova veoma velika, mora se obratiti posebna pažnja prilikom snimanja i kompjuterske obrade svake scene, jer i najfiniji detalji tokom projekcija filma postaju jasno vidljivi.

## **- Šta su to animatronici?**

Animatronici su mehanizirane lutke koje se mogu reprogramirati ili daljinski pokretati. Ako se sećate nežnog E.T.-a ili dinosaurusu iz parka iz doba Jure, znajte da su to samo neki od primera animatronika u dosadašnjim filmovima. Spinosaurus (najveći otkriveni dinosaurus – mesožder) iz trećeg dela parka iz doba Jure predstavlja džinovski hidraulični animatronik koji je velik i težak kao jedan autobus, a koji se pokreće pomoću 42 hidraulična cilindra i 671 metra hidrauličnih creva. Ovaj animatronik se kreće na 43 metra dugačkim šinama, a njegovim pokretima se rukovodi preko 8 daljinskih upravljača (odvojeno se pokreću glava, jezik, oči, ruke, telo napred-nazad, disanje, rep i podizanje-spuštanje). Prva

dva procesa u izradi animatronika su skiciranje i pravljenje njegove makete (minijaturnog modela). Naravno, dobre papirne skice su najvažnije, jer se celokupna naknadna izrada zasniva na što vernijem otelotvorenju ideje sa papira. Maketa se crta najpre u odnosu veličina 1:16, a zatim u odnosu 1:5. Kada se napravi, maketa se nosi u poseban studio (*Cyber F/X* u Holivudu) gde se vrši skeniranje modela pomoću 3D digitajzera. Postoji niz metoda koje se mogu koristiti u 3D digitajzerima, ali jedna od najzastupljenijih je lasersko skeniranje. Naime, na osnovu odbijanih snopova laserske svetlosti (oko 15000 snopova u sekundi) sa površine makete, kompjuterski sistem preko visoko-rezolucionih kamera postavljenih sa obe strane lasera, dobija precizne podatke o obliku skeniranog tela i rekonstruiše kompjuterski model animatronika. Ovaj kompjuterizovani model se, zatim, koristi za pravljenje stvarnog animatronika od pene poliuretana. Kompjuterski program deli model animatronika na kriške, a dimenzije ovih kriški se šalju do vajarske mašine koja od vrlo čvrste pene iseca adekvatne komadiće. Kada se naprave svi delovi animatronika, oni se poput 3D slagalice slažu kako bi se dobio model animatronika u svojoj realnoj veličini. Iz ove skulpture se, zatim, od epoksija prave kalupi. Unutrašnjost kalupa se zatim oblaže se tankim slojevima gline koji predstavljaju kožu animatronika, u koju se zatim stavljaju staklena vlakna kako bi se stvorilo meko penasto jezgro animatronika. Nakon što se glina izvadi, meko penasto jezgro se sipa u kalup tako da se stvara razmak između ove pene i detaljne površine kalupa. Kada se ispuni sa gumenom penom, ovaj razmak postaje koža. Dalji proces izrade se deli u 4 kategorije: mehaničku (izrada zupčanika i hidraulike), elektronsku (pravljenje elektronskih kola sličnih onima koji se ugrađuju u igračke koje se pokreću pomoću daljinskih upravljača), strukturnu (izgradnja skeleta i konstrukcije za koju se vezuje animatronik) i površinsku (koža animatronika se najčešće pravi od lagane i sunderaste, penaste gume koja se dobija očvršćavanjem smeše lateksa i vazduha). Pokretanjem animatronika uz pomoć telemetrijskih uređaja koji najčešće podsećaju na džojstike, upravljaju ljudi. Snimljeno kretanje animatronika se može dodatno doterivati raznim digitalnim efektima, a ukoliko se na ekranu pojavi čitav animatronik od glave do pete, možete znati da je scena naknadno kompjuterski doterana, jer se najveći broj animatronika kreće po šinama.

### **- Kako se boje crno-beli filmovi?**

Mnogi klasični crno-beli filmovi su se “obojili” kako bi mogli da se prikazuju na televizorima u boji. Proces dodavanja boje na filmske slike je izuzetno dugotrajan, jer neko mora da boji deo po deo svake od oko 170 000 slika (24 slike u sekundi) u jednom dvočasovnom filmu. Ipak, da bi se proces bojenja ubrzao, bojenje se vrši uz pomoć kompjutera koji koristi digitalnu verziju filma. Film se skenira na kompjuter i slikar-umetnik je u stanju da obrađuje jednu po jednu filmsku sliku na kompjuterskom ekranu. On povlači konture koje obuhvata svaka pojedinačna boja i kompjuter boji sliku prema ucrtanim konturama i označenim bojama u njima. Originalni crno-beli film sadrži informacije o osvetljenosti, pa nije potrebno podešavanje gradijenta osvetljenosti. Stoga, ceo posao umetnika je dodavanje desetak boja na sliku. Da bi se ovaj dugotrajan proces nešto ubrzao, primenjuje se interpolacija. U svim slikama istog kadra najčešće su prisutne samo male varijacije u položaju objekata i glumaca, pa stoga umetnici u procesu interpolacije oboje npr. svaku desetu filmsku sliku i ostave kompjuteru da oboji sve ostale međuslike.

### **- Kako se dodaju specijalni efekti u filmskim scenama?**

Kompanije za uvođenje specijalnih efekata u filmove kao što je npr. *Centropolis FX*, predstavljaju timove sa po oko 100 članova. Primarni, neobrađeni snimak dolazi na filmskoj traci koja se najpre skenira i prevodi u digitalni oblik sa kojim se može manipulirati

kompjuterskim putem. Skeniranje se vrši sliku po sliku (bioskopski filmovi poseduju 24 slike u svakoj sekundi filma), a zatim se sve slike kadra kome će se dodati specijalni efekti skladište u memoriji kompjutera kao pojedinačne *full-color* slike sa rezolucijom od po 4096 x 3112 ili eventualno 2048 x 1556 piksela koje zauzimaju po 10 Megabajta prostora na memoriji hard diska kompjutera, što znači da sve slike prosečno dugačkog filma zauzimaju oko 1,6 Terabajta memorije. Da bi se odgovarajući trodimenzionalni CG (*Computer-Generated*) elementi intergrisali u filmsku scenu, mora se najpre na osnovu filmske scene napraviti 3-D model kretanja i zumiranja kamere dok je snimala datu scenu. Ovaj model se najčešće stvara uz pomoć enkodera u samoj kameri. Jedan od prvih koraka u dodavanju specijalnih efekata sceni je tzv. rotoskopiranje u okviru koga se pomoću odgovarajućeg kompjuterskog programa u svakom kadru oivičava deo slike koji će se koristiti u finalnoj verziji. U okviru procesa bojanje vrši se stvaranje imaginarnog dela scene, a ovaj proces uključuje i tzv. “vazdušno četkanje”, odnosno dodavanje ili oduzimanje grafičkih elemenata scene. Na kraju, u okviru procesa kombinovanja, odgovarajući elementi različitog porekla se dodaju svakoj finalnoj sceni. U procesu stvaranja virtuelnog lika koji se dodaje sceni, vrši se najpre 3-D modelovanje, odnosno prikupljanje i konstruisanje niza oblika (sfera, cilindara, piramida i drugih figura) odnosno figura koje će uklopljene u celinu formirati izgled virtuelnog lika ili slike. U okviru procesa 3-D podešavanja, virtuelnom telu se dodaje “kostur” tako da se različite figure u modelu kreću skladno jedne u odnosu na druge. Ponekada se podaci za kretanje virtuelnog lika prikupljaju snimanjem glumca, obučenog u odelo koje poseduje reflektivne oznake ili svetla na svakom zglobu. Glumac se pokreće na specijalnoj bini dok 3-D kamere snimaju glumca iz niza različitih uglova. Kompjuterski *software* je zatim u stanju da prati ove svetlosne oznake i da ih uz pomoć tehničkog osoblja poveže u jednu virtuelnu figuru koja verno imitira pokrete glumca i tako animira naknadno doctranu figuru.

### **- Čemu služi ono “klap” kod snimanja filmova?**

Ukoliko poznajete princip rada video kamkordera, onda ste se verovatno navikli da se zvučni i video zapis snimaju na istoj traci. Međutim, prilikom snimanja filmova, zvuk i slike se snimaju na dve različite trake, pa ih je stoga kasnije, prilikom montaže neophodno sinhronizovati. Naime, slike se snimaju na filmu kamere, dok se zvuk snima na odvojenim analognim magnetnim *tape* rekorderima (ili u novije vreme, na digitalnim trakama kao što su DAT trake). Crno-bela “klap” ploča predstavlja tradicionalni način za upravljanje sinhronizacijom. Na ploči se izbrisivim flomasterom ispisuje naziv scene i broj pokušaja. Ova informacija se kasnije koristi za identifikovanje snimka tokom montaže, a potrebno je samo izvršiti sinhronizovanje zvuka “klap” sa zvučnog zapisa i vizuelnog “klap”-a sa video trake. U novije vreme se znatno češće koristi digitalna tabla koja predstavlja modernu verziju klape. Naime, u ovom slučaju *tape* rekorder sadrži generator vremenskog koda, koji se kontinualno snima na specijalnom tragu trake. Ovaj vremenski kod se, takođe, kontinualno prikazuje na velikom LED displeju na digitalnoj tabli. Prikazivanjem digitalne table kameri pre nego što je započela akcija, montažer poznaje tačnu vrednost vremenskog koda i može ga sinhronizovati sa filmom. Digitalna tabla ponekad sadrži i klapu mada joj on nije naročito potreban. S druge strane, digitalna ploča mora posedovati mesto na kome će se ispitivati oznaka scene, jer je identifikovanje snimka i dalje veoma važno prilikom montaže.

### **- Kako se snima zvuk u filmovima?**

Ako ste ikada držali u rukama filmsku traku, verovatno ste na njoj osim filmskih slika primetili i tamnu traku sa belim talasastim linijama. Upravo na tim mestima je snimljen tzv. optički *soundtrack*, odnosno filmski zvuk. Prilikom projektovanja filma, lampa osvetljava

traku i svetlost kroz traku prolazi do fotodetektora koji na pojačivač šalje električnu struju srazmernu intenzitetu svetlosti koji pada na njega. Što je šira bela linija na datom mestu, to će intenzitet svetlosti koja pada na fotodetektor, kao i električna struja koju on emituje biti manja, jer bela boja reflektuje svu svetlost. S druge strane, tamnije nijanse sa filmske trake bolje propuštaju svetlost, pa je i električni signal koji njima odgovara veći od struje sa svetlijih nijansi. Struja sa pojačivača pokreće zvučnike i tako se stvara zvuk. Na taj način se promenljiva širina bele linije (u nekim sistemima promenljiva transparentcija bele linije konstantne širine, premda u ovom slučaju zrnasta struktura filma dovodi do dosta šuma) na filmskoj traci prevodi u vibracije zvuka. Prilikom snimanja zvuka na filmsku traku, proces je obrnut: vibracije zvuka se prevode u beli talasasti zapis na filmskoj traci. Ovakav optički sistem se koristio u prvim zvučnim filmovima (premda ne baš u prvim zvučnim filmovima kao što je npr. *Jazz Singer* u kome se zvuk snimao naknadno na gramofonsku ploču), da bi pedesetih godina optički *soundtrack* bio zamenjen magnetnim zapisom, kao kod običnih kaseta sa magnetnom trakom. Magnetno snimanje zvuka je poboljšalo kvalitet zvuka i omogućilo stereo reprodukciju, ali se zauzvrat smanjilo vreme trajanja zvučnog zapisa, snimanje zvuka je postalo skuplje, a i zvuk je morao da se dodaje filmu naknadno, slično kao u prvim danima filma. "Park iz doba Jure" predstavlja prvi komercijalni film u kome je uveden digitalni zvuk i to u okviru tzv. DTS-a (*Digital Theater System*). DTS uključuje specijalni optički vremenski kod kao deo svakog filma. Vremenski kod predstavlja niz tačkica i crtica između slike i optičkog (analognog) zvuka. Specijalni optički čitač se montira na projektoru, a filmska traka se provodi upravo kroz ovaj čitač pre nego što uđe u projektor. Slično čitanju analognih zvučnih zapisa, DTS čitač koristi LED lampicu koja fokusira svetlost na sočivo, kroz film i na fotočeliju. Na ovaj način se stvara strujni puls koji čitač dekodira u vremenski kod i kroz serijski kabl šalje informacije kompjuteru koji kontrtoliše zvučni sistem sa 3 CD plejera. Filmski zvuk se sastoji od 6 kanala (desni, levi, centralni, levi-surround, desni-surround i *subwoofer*, odnosno kanal nisko-frekventnih efekata, a svaki kanal se prilikom prikazivanja filma dovodi na poseban zvučnik) kompresovanih na jednom ili dva CD-a, što zavisi od dužine filma. I film i zvučni zapis poseduju identifikujući kod, a kompjuter osigurava da se isti kodovi emituju istovremeno, a pošto zvučni zapis nije u ovom slučaju zapisan na samom filmu, tada se ni ne čuje ono "pop", kao kod analognih snimaka. Popularan digitalni zvučni format u filmovima je i *Dolby Digital* u okviru koga se za enkodiranje informacije koristi prostor na filmskoj traci između rupica. *Dolby Digital* čitač se montira na vrhu projektoru i skenira filmsku traku u prolazu. Svetlost sa LED lampe prolazi kroz traku i pada na CCD. Slika koja se sastoji od malih pegica koje predstavljaju jedinice i praznih prostora koji predstavljaju nule, preko čitača se dovodi do *Dolby Digital* procesora koji binarne podatke prevodi u zvuk. Najnoviji digitalni zvučni sistem je *Sony's Dynamic Digital Sound* (SDDS) koji koristi spoljašnju ivicu filmske trake za zapisivanje digitalnih zvučnih informacija. Za razliku od svih drugih formata, SDDS sistem sprovodi i korekcije na greške pomoću identične redundantne trake na spoljašnjoj ivici trake, a i za razliku od DTS-a i DDS-a, poseduje 8 zvučnih kanala (osim standardnih 6, još i levi centralni i desni centralni kanal). SDDS čitač koristi lasersku svetlost koja prolazi kroz filmsku traku i kroz sočivo pri čemu uveličava lik i zatim pada na niz fotočelija. Svaka fotočelija koja primi svetlost proizvešće i izvesnu električnu struju, a SDDS čitač interpretira fotočelije koje stvore struju kao jedinice, a fotočelije koje ne emituju struju kao nule. Prolaskom filmske trake kroz čitač formira se binarni tok informacija koji se prevodi u zvuk.

## 15. Električna svetlost

### - Zašto sijalice svetle?

Obične sijalice koje postoje u svim kućama sijaju usled činjenice da sva tela sa temperaturom većom od apsolutne nule emituju elektromagnetne talase. Ovi elektromagnetni talasi se nazivaju termalnim, odnosno toplotnim zračenjem, a intenzitet ovog kontinualnog zračenja na određenoj talasnoj dužini zavisi od temperature tela. Na niskim temperaturama, tela emituju svetlost malog intenziteta, sa energijom nižom od energije vidljive svetlosti (u infracrvenom i mikrotalasnom delu elektromagnetnog spektra). Međutim, na višim temperaturama, intenzitet vidljive svetlosti se povećava. U zavisnosti od fizičkih osobina tela, ono može emitovati više ili manje vidljive svetlosti na datoj temperaturi. Glavni deo sijalice je tanka žica napravljena od tungstena, tj. volframa, koja prilikom zagrevanja emituje svetlost. Ova žica ima veoma mali poprečni presek, a stoga pruža veliki otpor prolasku električne struje kroz nju. Usled tako velikog otpora, ona se pod dejstvom električne struje vrlo brzo zagreva do veoma visoke temperature od oko 3000 °C (tungsten se topi na 3410 °C), a kao posledica zagrevanja emituje termalno zračenje u obliku vidljive svetlosti. Žica od tungstena se mora nalaziti u inertnoj (kripton ili argon sa malom količinom azota) ili vakuumiranoj atmosferi, jer bi u atmosferi kiseonika, metalna žica veoma brzo pregorela. Ipak, boja koja dominira u tungstenovim sijalicama je žuta, a kada bismo uspeli da dodatno povećamo temperaturu metalne niti, svetlost bi postala bogatija sa plavom bojom, pa bi sve boje iz vidljivog spektra postale približno ravnopravno zastupljene i boja sijalice bi bila bela.

### - Zašto sijalice u kući ponekad počnu da trepere?

Kada sijalice počnu da trepere, to znači da je došlo do naglog pada napona električne struje koja prolazi kroz vašu kuću. Sijalice su podešene tako da normalno rade kada kroz njih prolazi struja određenog napona, odnosno one očekuju da naelektrisanje u prolazu ostavi za sobom određenu količinu energije koju sijalica koristi za svetljenje. Kada je napon ove struje manji nego što je to potrebno sijalici, ona neće primati dovoljnu količinu energije i njena osvetljenost će se smanjiti, pa će ona eventualno početi i da treperi. Najčešći uzrok naglog pada napona koji izaziva treperenje sijalica predstavlja prisustvo nekog veoma snažnog električnog uređaja ili u vašoj kući, ili u njenom susedstvu. Uređaji koji troše velike količine energije najčešće poseduju motore, a poznato je da motori povlače ogromne količine električne energije prilikom paljenja, i to posebno ako su stari i dotrajali. Strujovodi i transformatorski sistemi koji dovode struju u vaš kraj poseduju ograničeni kapacitet, pa stoga mogu prenositi konačno veliku snagu i to uvek sa određenim gubicima. U opštem slučaju, bakarne žice rasipaju snagu proporcionalnu kvadratu struje koju prenose. Dok je ova utrošena snaga u vašoj kući zanemarljivo mala, ona može postati prilično velika kada su električna kola preopterećena. Ova izgubljena snaga u žicama se manifestuje kao pad napona, odnosno kao gubitak energije po jedinici naelektrisanja u kućnim električnim aparatima i sijalicama. Kada se uključi neki snažni aparat koji troši mnogo snage, žice počinju da troše znatno više snage nego što je to normalno, pa se napon takođe smanjuje. Stoga, sijalice trepere sve dok se ne smanji isuviše velika potrošnja snage. Sledeći put kada sijalice u kući počnu da trepere, probajte da pažljivo oslušnete zvuke iz okoline. Možda ćete čuti klima-uređaj, ventilator ili lift koji su se upravo pokrenuli u vašoj ili u nekoj od susednih kuća. Moguće je da bi se zamenom motora ili ležajeva ovog uređaja koji troši tako velike količine energije, mogao rešiti problem treperenja sijalica. Takođe, u kućama sa starijim električnim instalacijama,



moгуće je da čak i obična ringla, radijator, peć, toster ili fen za kosu izazovu treperenje kućnih svetiljki.

### **- Kako se neke lampe upale kada ih dodirnemo?**

Postoje mnogi prekidači za koje je umesto da ih pritisnemo ili prebacimo radi uspostavljanja mehaničkog kontakta između odvojenih delova, dovoljno da ih samo blago dodirnemo. Jedna od prednosti ovakvih prekidača je ta da prašina i vlaga ne mogu ući u njih. Postoji nekoliko osobina ljudskih tela na koje mogu biti osetljivi ovakvi prekidači, a to su: temperatura, otpornost, radio prijem ili kapacitivnost. Ljudsko telo je najčešće toplije od okolnog vazduha. Tako, mnogi liftovi koriste dugmiće koji su osetljivi na toplotu ljudskog prsta. Takođe, postoje i razne lampe koje su osetljive na toplotu ili na infracrvene talase (koje emituju sva tela srazmerno svojoj temperaturi). Tako je ponegde dovoljno da sednemo pored lampe i ona će se sama upaliti. Takođe, naša tela sasvim dobro provode električnu struju. Tako, postavljanjem prsta između dve bliske elektrode, struja elektrona će poteći između dve elektrode i prekidač će aktivirati lampu. Verovatno ste primetili i da su radio i TV signali znatno razgovetniji i bolji kada dodirnemo antenu. Razlog ovome je u tome što naša tela predstavljaju prilično dobre antene. Postoje čak i mali LCD televizori koji poseduju provodni kaiš koji tokom posmatranja TV programa vezujemo za sebe, stvarajući tako od naših tela televizijsku antenu. Tako, neki osetljivi prekidači čekaju na promenu u prijemu radio talasa kako bi aktivirali aparat. Ipak, svetiljke koju su osetljive na dodir uglavnom koriste kapacitivnost ljudskih tela. Kapacitivnost predstavlja osobinu nekog tela da u sebi skladišti elektrone. Kada lampa stoji na stolu, ona poseduje određenu kapacitivnost, što znači da kada bi električno kolo htelo da upali lampu, ono bi najpre moralo da uskladišti u lampi izvestan broj elektrona (srazmerno kapacitivnosti lampe). Kada dodirnemo lampu, naše telo doprinosi porastu kapacitivnosti lampe, što znači da lampa u tom trenutku može da primi veći broj elektrona, a električno kolo lampe detektuje ovu promenu kapacitivnosti i pali lampu. Moгуće je čak naći i posebnu kutiju koja ako se zakači za bilo koju lampu, pretvoriće je u lampu osetljivu na dodir. Mnoge lampe koje su osetljive na dodir poseduju tri nivoa osvetljenosti i pored toga što ne poseduju trosmerne sijalice. Naime, kolo menja osvetljenost lampe putem promene "radnog ciklusa" snage koja dolazi na sijalicu. Zamislite da naizmenično palite i gasite sijalice velikom brzinom (oko 100 puta u sekundi). Tada bi sijalica svetlela dvostruko slabije (50 %), jer je pola vremena upaljena, a pola ugašena. Ovo brzo paljenje i gašenje sijalice predstavlja osnovu promenljivog sjaja ovakvih lampi.

### **- Zašto se neke lampe same upale kada prodemo pored njih?**

Postoje različiti načini da se napravi senzor na kretanje koji je sastavni deo svake ovakve lampe. Česta je npr. pojava da se u prodavnicama propušta snop svetlosti kroz sobu, a kada kupac preseče snop svetlosti, fotosenzor registruje razliku u primljenoj svetlosti i aktivira zvono. Mnoge piljarnice i butici poseduju automatska vrata koja se otvaraju kada radar detektuje bliskog prolaznika. Mala kutija iznad vrata emituje radio talase i prima njihove refleksije. Kada prolaznik uđe u polje ovih radio talasa, promeni se količina reflektovane energije koju prima kutija i ona tada daje signal za otvaranje vrata. Slične stvari se mogu postići i pomoću ultrazvučnih talasa. Svi ovakvi senzori predstavljaju aktivne senzore, jer emituju energiju (svetlost, radio talase ili zvučne talase) u okolinu kako bi registrovali promene u njoj. Naime, većina sigurnosnih sistema kuća i prodavnica ipak koristi pasivne senzore koji ne emituju energiju u okolinu, već samo registruju infracrvene talase iz okoline, pa se stoga nazivaju PIR (*Passive InfraRed*) detektorima ili piroelektričnim sensorima. Da bi se napravio senzor koji će detektovati ljudska bića potrebno je napraviti

senzor koji je osjetljiv na temperaturu ljudskih bića. Pošto temperatura ljudske kože iznosi oko 34 °C, maksimalni intenzitet infracrvenog spektra koji emituju ljudi će se nalaziti na talasnim dužinama između 9 i 10 mikrometara. Stoga će uobičajeni pasivni senzori biti osjetljivi na elektromagnetne talase talasnih dužina između 8 i 12 mikrometara. Infracrveni talasi izbijaju elektrone iz supstrata u uređaju, a ovi izbačeni elektroni se pojačavaju do male struje koja se detektuje. Verovatno ste primetili da se ovakva senzorska svetla upale kada neko prođe pored njih, ali ne i ako stojimo mirno u njihovoj neposrednoj blizini. Razlog ove pojave je u tome što je senzor podešen tako da reaguje samo na nagle promene u prijemu infracrvenih talasa. Ovakve senzorske svetiljke poseduju veoma širok vidokrug zbog niza sočiva koja pokrivaju senzor. Infracrveni talasi su niskoenergetski oblik svetlosti, pa ih stoga možemo fokusirati i savijati sa plastičnim sočivima. Ako u samoj kući imate ovakav alarm protiv provalnika, možda ste primetili da vas ovaj alarm neće detektovati ako spolja virite kroz prozor kuće. Razlog ovome je u tome što staklo ne propušta infracrvene talase, što je i suština efekta zelene bašte. Naime, svetlost prolazi kroz staklo i greje unutrašnjost bašte, ali infracrveni talasi koje emituju topla tela ne mogu da prođu kroz staklo i izađu iz bašte, pa se cela bašta zagreva.

### **- Zašto se ulične svetiljke same upale kada padne mrak?**

U crtanom filmu *Flintstones*, jedna mala ptica sedi u noćnoj svetiljci i upali je pre nego što pođe na spavanje. U modernim gradovima, mala ptica iz uličnih svetiljki je zamenjena malim električnim kolom koje pali sijalicu u sumrak, odnosno u trenutku kada dnevna Sunčeva svetlost padne ispod određene granice. Fotoosetljiva komponenta u ovim kolima je kadmijum sulfidni foto-otpornik, poznatiji kao kadmijum sulfidna ćelija, a osim nje, u kolu se nalaze relej, kao i jedan ili više tranzistora. Esencijalna karakteristika kadmijum sulfidne fotoćelije je da menja svoj električni otpor u zavisnosti od osvetljenja, odnosno intenziteta svetlosti (broja fotona po jedinici vremena i jednici površine ćelije) koja pada na nju. Tokom dana, fotoćelija je osvetljena Sunčevom svetlošću i u tom stanju je njen otpor vrlo nizak, pa ona propušta struju preko tranzistora do relejskog elektromagneta koji drži sijalica ugašenom. Tokom noći, na fotoćeliju ne pada skoro nikakva svetlost i njen otpor je tada vrlo visok, pa ne postoji električna struja kroz tranzistor i relej nije aktiviran pa je tada sijalica upaljena.

### **- Zašto se oko uličnih svetiljki pojavljuju svetlosne putanje?**

Oko upaljenih uličnih svetiljki se često mogu primetiti divergentni zraci svetlosti koji se šire od lampe. Naime, svetlosni fotoni u svim lampama, bilo da su one halogene, fluorescentne ili poseduju usijano metalno vlakno (ili čak i sveće), ne potiču sa iste tačke u prostoru, već uvek sa određene zapremine. Svetlosni fotoni nastali na različitim mestima u sijalici će se susretati i tamo gde se bregovi njihovih talasa budu poklopili sa bregovima drugih talasa, pojačaće se intenzitet zbirnog, rezultujućeg svetlosnog talasa, dok će na mestima gde se preklape breg jednog i dolja drugog talasa, doći do slabljenja rezultujućeg svetlosnog talasa. Upravo zato se na veoma bliskom rastojanju od lampe (tzv. oreol svetiljke) zapažaju ove svetle putanje, koje odgovaraju mestima na kojima su svetlosni fotoni konstruktivno interferirali, što znači da je na ovim mestima došlo do povećanja amplituda (odnosno, intenziteta) rezultujućih talasa nakon njihovih preklapanja u prostoru. Takođe, svetlost se uvek rasipa i na malim, za naše oči nevidljivim kapima vode suspendovanim u vazduhu. Prolazeći kroz ove kapi, svetlost menja svoj pravac prostiranja i rasipa se pod nizom uglova koji zavise od veličina kapi i talasne dužine svetlosti. Na taj način, nešto svetlosti menja svoj pravac i dolazi do naših očija, a pošto nama izgleda kao da ta svetlost dolazi van lampe, mi je onda interpretiramo kao svetlosni oreol oko lampe.

## **- Da li ulične svetiljke utiču na globalno zagrevanje?**

Noćne lampe predstavljaju samo jedan od puteva kojim se emituje toplota u atmosferu naše planete. Naime, ljudi koriste energiju za grejanje i hlađenje kuća, napajanje električnih uređaja, kretanje automobila, industrijsku proizvodnju i za razna istraživanja. U svim ovim procesima se oslobađa toplota koja zagreva čestice atmosfere. Ukupna potrošnja energije ljudske civilizacije na planeti današnjice je jednaka oko 10 TeraVati (10 miliona miliona Vati), a skoro sva ova energija na kraju završi u atmosferi, povećavajući kinetičke energije njenih čestica, odnosno povećavajući ukupni toplotni sadržaj atmosfere. S druge strane, ukupna količina Sunčeve svetlosti koju apsorbuje Zemlja je jednaka oko 50 000 TeraVati, što je 5000 puta veće od energije koju danas koristi naša civilizacija. Efekat staklene bašte je taj koji omogućava atmosferi da pretvara Sunčevu svetlost u toplotu koji zatim prenosi na Zemljinu površinu koja se zatim dodatno greje. Zahvaljujući efektu staklene bašte, temperature na Zemlji odgovaraju postojanju živog sveta, ali preterana količina ugljen dioksida, metana, amonijaka i drugih gasova koji intenzivno apsorbuju Sunčevu svetlost i prevode je u infracrvene talase (koji predstavljaju toplotno zračenje) povećava ovaj efekat i dovodi do globalnog zagrevanja. Ljudski doprinos povećanom efektu staklene bašte putem oslobađanja ovih gasova se procenjuje na oko 300 TeraVati. Pošto je ova vrednost energije i dalje mala u odnosu na ukupnu količinu energije koju bi naša planeta apsorbivala bez zagrevanja njene površine i atmosfere od strane ljudi (50 000 TeraVati), možemo zaključiti da je povećanje efekta staklene bašte veštačkim putem procentualno malo. Dok držimo jednu sijalicu upaljenom, zagrevamo atmosferu putem prenošenja toplote sa usijanog metalnog vlakna, kao i putem svetlosti koju apsorbuju gasovi zelene bašte i prevode je u toplotne infracrvene talase, ali se najveći doprinos globalnom zagrevanju vrši tamo odakle potiče energija sa napajanje ove sijalice, tj. u elektrani u kojoj se sagorevaju fosilna goriva pri čemu se ugljen dioksid kao glavni proizvod procesa sagorevanja emituje u vazduh gde doprinosi povećanom efektu staklene bašte, a time i globalnom zagrevanju.

## **- Šta su to LED svetiljke?**

Na našoj planeti se umesto tungstenovih sijalica i halogenih ili fluorescentnih lampi sve više koriste LED (*Light Emitting Diode*) sijalice. Za razliku od običnih sijalica, LED lampe nemaju metalna vlakna koja se prekidaju nakon određenog vremena svetljenja, i stvaraju veoma malo toplote, pa se stoga često nalaze u kompjuterima, automobilima, telefonima, igračkama i skoro svim drugim baterijskim aparatima. LED-i predstavljaju jednu vrstu običnih dioda (spoj dva različita tipa poluprovodnih materijala), čija je karakteristika da propuštaju električnu struju u samo jednom smeru. Međutim, LED-i poseduju i osobinu emitovanja svetlosti prilikom prolaska struje kroz njih. Jedan poluprovodnik LED-a je n-tipa i poseduje višak elektrona, a drugi je p-tipa i poseduje višak šupljina (praznih mesta u elektronskoj strukturi na čijim bi mestima elektroni mogli da zauzmu najstabilnije energetske stanje). Prilikom prolaska elektrona od n-poluprovodnika do p-poluprovodnika, dolazi do anuliranja elektrona i šupljina uz oslobađanje kinetičke energije elektrona u vidu svetlosnih fotona. Boja fotona (tj. njihova talasna dužina) zavisi od niza faktora, a pre svega od vrste korišćenih materijala, odnosno od veličine energetske barijere koju mora prevazići elektron da bi sa poluprovodnika n-tipa stigao do poluprovodnika p-tipa. Male energetske barijere zahtevaju od elektrona i male energije, pa će tako emitovani fotoni biti niskoenergetski i pripadaće infracrvenoj ili crvenoj boji. S druge strane, velike energetske barijere će prelaziti samo elektroni sa velikim energijama, čijim će se oslobađanjem dobijati fotoni većih energija čija će boja biti više plava. Nekada su se bele LED lampe pravile pomoću četiri različita LED-

a (crvenog, žuto-zelenog i para svetlo plavih silicijum karbidnih dioda), dok se danas beli LED-i izrađuju od jednog plavog LED-a presvučenog fosforom koji svetli u žućkasto-beloj boji kada se izloži plavoj ili ljubičastoj svetlosti, a kao rezultat se dobija svetiljka na bazi LED-a koja svetli u plavo-beloj ili čisto beloju svetlosti. U mnogim gradovima se intenzivno zamenjuju halogene lampe sa LED lampama, a za to postoji nekoliko razloga. Pre svega, LED lampe su svetlije od halogenih lampi i jednakim intenzitetom ispunjavaju svaki deo površine sijalice. Takođe, LED lampe mogu trajati godinama za razliku od halogenih lampi čiji radni vek iznosi samo nekoliko meseci, a uz sve to LED lampe troše znatno manje količine energije, s obzirom da im je snaga pri istoj osvetljenosti 5-6 puta manja od snage halogenih svetiljki.

### **- Šta je to halogena lampa?**

Obična kućna sijalica se sastoji od vlakna tungstena okruženog gasom argona i/ili azota i obloženog tankim staklom. Električna struja zagreva nit tungstena do oko 2500 °C, a svako zagrejano telo do visoke temperature kao što je ova, emituje izvesnu dozu vidljive svetlosti. Međutim, ovakva sijalica nije naročito efikasna jer emituje mnogo više toplote (tj. infracrvenih talasa) od vidljive svetlosti, a i rok trajanja joj nije naročito veliki (od 750 do 1000 sati upotrebe u proseku). Ovakve sijalice ne traju dugo, jer tungsten iz sijajućeg vlakna isparava i taloži se na unutrašnjoj strani stakla. Postepeno tanjenje vlakna tungstena kao posledice njegovog isparavanja dovodi do prekida niti, tj. do pregorevanja sijalice. Halogena lampa, takođe, koristi vlakno tungstena, ali unutar znatno manje kvarcne ampule. Pošto je ampula izuzetno blizu usijanom vlaknu, ona bi definitivno prsila da je napravljena od stakla. Gas unutar ampule je takođe različit u odnosu na obične sijalice jer se sastoji od halogenih gasova, tj. gasova iz sedme grupe periodnog sistema elemenata. Halogeni gasovi imaju jedinstvenu osobinu da se jedine sa parama tungstena. Ovako nastali halogenidi tungstena se ne talože na unutrašnjoj strani ampule, već se vraćaju na tungstensku nit, pa je stoga i njen vek trajanja znatno duži. Uz to, kod ovakvih sijalica je zbog prisustva toplotno otpornije kvarcne ampule, moguće zagrevanje tungstena do još veće temperature, pa se tako može dobiti još više vidljive svetlosti, usled čega je svetlost halogene lampe znatno belja od žućkaste svetlosti obične sijalice.

### **- Kako svetli neonska lampa?**

Za razliku od obične sijalice kod koje električna struja stvara toplotu, a ova toplota izaziva pobuđivanje atoma i emisiju svetlosti, neonska svetiljka radi na principu elektroluminiscencije. Ovaj proces predstavlja direktno pretvaranje električne energije u svetlost, usled čega je elektroluminiscencija znatno efikasniji proces od posrednog nastanka svetlosti u jednoj običnoj sijalici sa užarenim vlaknom volframa. U tipičnoj neonskoj lampi, unutar zatvorene staklene cevi smešten je gas neona, argona ili kriptona. Na oba kraja cevi nalazi se po jedna metalna elektroda. Kada se na elektrode dovede visoki napon, gas neona se jonizuje i elektroni počinju slobodno da teku kroz gas. Električna struja koja teče kroz gas predaje energiju elektronima molekula neona (N<sub>2</sub>) koji skaču na jedno od pobuđenih energetske stanja u okviru molekula. Prilikom vraćanja u osnovno stanje dolazi do oslobađanja energije u obliku svetlosti. Neon emituje crvenu svetlost, dok drugi inertni gasovi emituju druge boje, a neonske svetiljke i druge svetiljke na bazi plemenitih gasova se najčešće koriste na svetlećim reklamama.

### **- Kako svetli fluorescentna lampa?**

Fluorescentne lampe su najčešće dugačke prave cevi koje stvaraju belu svetlost. Ovakve svetiljke se najčešće nalaze u kancelarijama, učionicama, prodavnicama ili noćnim tramvajima. U tipičnoj fluorescentnoj lampi nalazi se para žive pod niskim pritiskom. Dovođenjem napona na elektrode na krajevima cevi dolazi do provođenja električne struje kroz paru žive, a u sudarima elektrona sa atomima, dolazi do jonizacije atoma žive, koji u ovako jonizovanom stanju emituju ultraljubičastu svetlost. Ljudske oči nisu osjetljive na ultraljubičastu svetlost, pa je stoga ni ne vide. Međutim, unutrašnjost lampe je presvučena sa fosforom koji prima energiju ultraljubičastih fotona, a zauzvrat emituje vidljive fotone (ovaj process se naziva fluorescencijom), tj. vidljivu svetlost. U nekim vrstama fluorescentnih lampi se koristi i starter, tj. supstanca koja sprečava pojavu kratkog spoja i dozvoljava tok elektrona između dva usijana vlakna sa oba kraja lampe. Bez prisustva startera, odnosno jednog tipa prekidača, fluorescentne lampe često žmirkaju, što je posledica neuspostavljanja neprekidnog toka naelektrisanja kroz paru atoma žive.

### **- Da li se može stvoriti struja iz toplote?**

Ukoliko u vašoj okolini postoje veliki izvori toplote, možete uraditi nešto slično onome što rade i velika energetska postrojenja – koristiti toplotu za stvaranje pare koja će pokretati turbinu, koja će pokretati generator koji će proizvoditi električnu energiju. Međutim, ovakav pristup dobijanju električne struje iz toplote je veoma skup jer zahteva veliki prostor, kao i veliku opremu. Stvaranje manjih struja iz toplote bez mnoštva pokretnih delova uključuje upotrebu termopara. Ukoliko sami želite da napravite jedan termopar, sve što vam je potrebno su dve gvozdene i jedna bakarna žica. Uvrnite jedna kraj bakarne žice sa krajem jedne od gvozdenih žica, i zatim, na isti način povežite drugi kraj bakarne žice sa drugom gvozdenom žicom i dobićete jedan termopar. Ako zagrevate jedan od ova dva spoja i zakačite dva slobodna gvozdena kraja termopara za voltmetar, moći ćete da izmerite određeni napon između hladnog i toplog spoja. Slično tome, ako zakačite dve gvozdene žice za bateriju, jedan spoj će se zagrejati, dok će se drugi spoj ohladiti. Kada se dva provodnika nalaze u kontaktu, između njih dolazi do razmene elektrona. Na osnovu zavisnosti između razlike u temperaturama između spojeva i razlike u potencijalima između dva spoja, termopari se veoma često koriste i za merenje temperature. Međuplanetarni sateliti koji lete ka udaljenim planetama Sunčevog sistema ne mogu da koriste solarne ćelije za stvaranje električne energije jer su isuviše daleko od Sunca, već se koriste radioizotopnim termoelektričnim generatorima. Ovi generatori koriste radioaktivni raspad nekog materijala (npr. plutonijuma) za stvaranje toplote, dok termoparovi prevode toplotu u električnu struju.

### **- Koliko uglja je potrebno za svetljenje jedne sijalice godinu dana?**

Jedna obična sijalica (s usijanim tungstenskim vlaknom) ima snagu od 100 Vati. Stoga, pomnožimo 100 Vati sa brojem sati u godini, tj. sa 8760 časova i dobićemo vrednost od 876 kiloVat-časova električne energije koju potroši jedna sijalica koja svetli bez prekida tokom godinu dana. Sadržaj toplotne energije uglja iznosi 6 150 kiloVat-časova po toni. Premda su generatori električne energije na bazi sagorevanja uglja veoma efikasni, oni su ipak ograničeni zakonima termodinamike, što znači da se velika količina oslobođene energije pretvara u toplotu koja greje mašine. Stoga se samo oko 40 % toplotne energije uglja prevede u električnu energiju. Tako, dobijena električna energija iz procesa sagorevanja uglja iznosi oko 2 460 kiloVat-časova po toni uglja. Da bismo, sada, izračunali koliko je tona uglja potrebno da sagori u okolnoj elektrani da bi naša sijalica svetlela godinu dana, potrebno je samo da pomnožimo 876 kiloVat-časova sa 2460 kiloVat-časova po toni, što nam daje vrednost od 0,357 tona, tj. 357 kilograma uglja. Jedno prosečno postrojenje za proizvodnju

električne energije (na bazi sagorevanja uglja i drugih fosilnih goriva) od 500 MegaVati, proizvede oko 3,5 milijardi kiloVat-časova godišnje, što je dovoljno energije da održava neprekidno svetljenje 4 miliona sijalica tokom jedne godine. Da bi se proizvela ovolika količina energije, postrojenje sagori oko 1,5 miliona tona uglja godišnje, a osim električne energije stvori i oko 3,7 miliona tona ugljen dioksida - gasa čije prekomerno oslobađanje u atmosferu povećava efekat staklene bašte i dovodi do globalnog zagrevanja, i po 10 000 tona sumpor dioksida i azotovih oksida, koji predstavljaju glavne uzročnike smoga i kiselih kiša.

### **- Kako ptice mogu da sede na električnim strujovodima?**

Sve dok ptica sedi na neizolovanoj električnoj žici, kao što je strujovod i ne dodiruje ništa drugo, nju neće "udariti" struja. Razlog ovoga postoji u činjenici da se električna struja, tj. usmereni tok elektrona kreće u pravcu najmanjeg otpora. Kada elektroni koji putuju kroz strujovod stignu do ptice koja sedi na njemu, pred njima se pojavljuju dve opcije: oni mogu da nastave svoj put kroz pticu ili kroz metal. Svi metali su dobri provodnici električne struje, što znači da elektroni putuju lako kroz njih, pa će stoga elektroni u strujovodu uvek odabrati da nastave svoj put dalje kroz žicu, a ne kroz pticu, pa će tako i naša ptica ostati na sigurnom. Naravno, važno je da ptica ne dodiruje ništa osim žice, jer ukoliko bi na primer stajala na žici i kljunom dodirнула susedno drvo, elektronima bi se pojavio novi put sa manjim otporom, pa bi oni kroz pticu i drvo odlazili u Zemlju, a ptica više ne bi bila tako bezbedna.

### **- Šta je to električni luk?**

Izolatori, tj. dielektrici predstavljaju supstance koje ne provode električnu struju, već se polarizuju pod dejstvom električnog polja. Polarizacija predstavlja pojavu razdvajanja naelektrisanja u okviru jednog neutralnog tela, tako da se pozitivno naelektrisanje koncentriše na jednom, a negativno naelektrisanje na drugom kraju tela. Stoga se kaže da izolatorske supstance poseduju osobinu stvaranja kapacitivnosti (kao kod kondenzatora kod koga se dve paralelne ploče suprotno naelektrišu), koja se karakteriše pomoću vrednosti električne propustljivosti (permitivnosti) koja nam kaže koliko je puta električno polje u datoj supstanci slabije nego u vakuumu. Električni luk predstavlja pojavu iznenadnog stvaranje električne struje kroz neki izolator (npr. vazduh ili vodu) kada razlika potencijala na elektrodama između kojih je postavljen izolator dostigne vrednost tzv. probojnog napona. Pri ovakvim uslovima, unutar izolatora koji je do tada sprečavao prolazak struje, dolazi do naglog pražnjenja i on počinje da provodi struju. Električni luk, osim pražnjenja naelektrisanja, dovodi u najvećem broju slučajeva i do pratećeg pražnjenja toplote i svetlosti. Osobine električnog luka ponajviše zavise od materijala kroz koji se luk provodi. Tako, npr. neonske lampe stvaraju svetlost uz pomoć kontrolisanog električnog luka kroz molekule neona. Takođe, munja predstavlja električni luk koji se kreće između dva suprotno naelektrisana dela oblaka ili između negativno naelektrisanog oblaka i pozitivno naelektrisane Zemlje, a pti tome prolazi kroz vazduh koji je izolator. Munja, tj. električni luk, a sa njom i prateća buka, svetlost i toplota nastaju kada razlika potencijala (tj. napon) između dva kraja munje prevaziđe vrednost probojnog napona u vazduhu.

### **- Šta je to Teslin kalem?**

Teslin kalem (koji je dobio ime po svom pronalazaču Nikoli Tesli) se često može primetiti u filmovima kao izvor dugačkih i svetlećih iskrica, a u suštini, on predstavlja visokofrekventni transformator koji radi pri visokom naponu. Kao i većina transformatora, Teslin kalem poseduje dva odvojena kola – primarno i sekundarno. Primarno kolo se sastoji iz

kondenzatora (dve provodne ploče između kojih se nalazi neki izolator) i induktora, povezanih tako da formiraju tzv. rezervoarno kolo. Naime, kondenzator skladišti energiju u svom električnom polju, dok induktor skladišti energiju u svom magnetnom polju. Kada se kondenzator i induktor povežu paralelno, njihova kombinovana energija se kreće napred-nazad od kondenzatora do induktora. Povezivanjem primarnog Teslinog kalema sa izvorom naelektrisanja dobija se sistem isporučivanja naelektrisanja čija se energija u rezervoarnom kolu kreće napred-nazad. Sekundarno kolo se sastoji od namotaja žice i nekoliko elektroda. Ovi namotaji se nalaze u istom delu prostora koji zauzima induktor primarnog kola. Promenljivo magnetno polje stvara električno polje koje potiskuje naelektrisanje duž sekundarnog kalema, a kada naelektrisanje izađe iz sekundarnog kalema, ono poseduje veoma veliku energiju, što predstavlja visokonaponsko naelektrisanje, koje se akumulira u brojnim elektrodama sekundarnog kalema i međusobno se potiskujući stvara brojne iskrice. Za razliku od većine kola koja moraju da formiraju zatvorene petlje, Teslin kalem sekundarnog kola to ne mora, pošto je Teslin kalem u svom originalnom obliku proizvodio napon od 10-12 miliona Volti, što je dovoljno da izazove električno pražnjenje u vazduhu (munju) duž četrdesetak metara. Naime, njegove krajnje elektrode odbacuju naelektrisanje u okolni prostor, a mnoge varnice će naći svoj put kroz vazduh ka drugim elektrodama. Pošto se pravac struje elektrona kroz sekundarni kalem stalno menja napred-nazad, Teslin kalem predstavlja visoko-frekventni uređaj čije se naelektrisanje elektroda menja od pozitivnog ka negativnom i obrnuto i po nekoliko miliona puta u sekundi. Ova brza promena naelektrisanja, kao i promenljivo električno i magnetno polje čine Teslin kalem, između ostalog i veoma snažnim emiterom elektromagnetnih talasa.

## **- Šta je to magneto?**

Mnogim malim mašinama za šišanje trave, testerama i drugim benzinskim motorima ponekad nije potrebna baterija za paljenje motora, jer oni u svrhu stvaranja električne energije za rad svećica koriste magneto. Magneto se takođe, koristi i u mnogim malim avionima (umesto električnog startnog motora) jer je veoma pouzdan. Zadatak svakog sistema za paljenje motora je da stvori ekstremno veliki napon (reda veličine 20 000 Volti) u pravom trenutku. Visoki napon na svećicama uzrokuje skok varnice koja pali gorivo u motoru. Magneto je u osnovi, električni generator, ali koji ne služi u svrhu stvaranja kontinualne struje elektrona, već periodičnog visokonaponskog pulsa. Magneto predstavlja obratni (inverzni) elektromagnet. U elektromagnetu postoje namotaji žice oko gvozdene ploče (tzv. armature). Kada preko baterije provodimo struju elektrona kroz namotaje žice, kalem stvara magnetno polje u armaturi. U generatoru, ovaj proces je obrnut. Magnet se pomera pored armature što dovodi do stvaranja električne struje u kalemu. Magneto se sastoji iz pet delova: armature (najčešće oblika slova U čiji su krajevi usmereni ka zamajcu motora), primarnog kalema od oko 200 namotaja debele žice oko jednog kraja armature, sekundarnog kalema od oko 20 000 namotaja veoma tanke žice oko primarnog kalema, jednostavne elektronske kontrolne jedinice pod imenom "elektronsko paljenje" i para jakih stalnih magneta ugrađenih u zamajac motora. Kada ovi jaki magneti prolete pored armature, oni u njoj indukuju magnetno polje, koje dalje indukuje malu količinu struje u primarnom i sekundarnom kalemu. Međutim, iz ovako male struje je neophodno dobiti ekstremno veliki napon. Stoga, kada magnetno polje u armaturi dostigne svoj maksimum, elektronska kontrolna jedinica se otvara, što prekida tok struje kroz primarni kalem i uzrokuje nagli skok napona (do oko 200 Volti). Sekundarni kalem, koji poseduje sto puta više namotaja od primarnog kalema, pojačava ovaj napon do oko 20 000 Volti, a ovaj napon se dovodi na svećicu koja stvara varnicu pomoću koje se pali gorivo u motoru.

## - Kako nastaju munje?

U opštem slučaju, munje nastaju u oblacima. Kombinovanjem strujanja vazduha i pomeranja čestica leda i vode, u oblacima dolazi do razdvajanja pozitivnog i negativnog naelektrisanja. U najjednostavnijem slučaju, pozitivno naelektrisanje se skuplja blizu vrha oblaka, a negativno u okolini dna oblaka. Kada se pri dnu oblaka skupi dovoljno velika količina negativnog naelektrisanja, na Zemlji ispod oblaka se stvaraju oblasti koncentrisanog pozitivnog naelektrisanja privučene, tj. indukovane od strane skoncentrisanog negativnog naelektrisanja na dnu oblaka. Kada je oblak dovoljno veliki i kada se na njegovom dnu skupi dovoljno velika količina slobodnog naelektrisanja (elektrona i negativno naelektrisanih jona), struja negativnog naelektrisanja nalazi svoj put ka Zemlji. Kada ova struja priđe Zemljinom tlu dovoljno blizu, struja pozitivnog naelektrisanja joj se penje u susret. Na mestu susreta dolazi do električnog pražnjenja, odnosno rekombinovanja pozitivnog i negativnog naelektrisanja u neutralne čestice. Ovu svetlosnu pojavu sa Zemlje opisujemo kao munju. Na mestu udara munje u Zemlju dolazi do naglog bogaćenja zemljišta sa azotom koji se oslobodi iz atmosfere i iz kišnih kapi, a neki naučnici smatraju da su munje tokom evolucije odigrale ključnu ulogu prilikom obezbeđivanja velikih količina energija kako bi nastale prve aminokiseline od kojih su zatim nastali proteini, molekuli nosioci živog sveta.

## - Šta su to kuglaste munje?

U skladu sa statističkim ispitivanjem iz 1960. godine, oko 5 % ljudske populacije sa Zemlje je barem jednom u životu videlo loptastu munju. Premda još uvek nije utvrđeno da li se loptaste munje, slično običnim munjama sastoje od plazme ili predstavljaju neku hemiluminiscentnu pojavu, one imaju oblik svetleće sfere veličine otprilike jedne fudbalske lopte. One se najčešće pojavljuju tokom oluja sa grmljavinom, mogu se pojaviti zajedno sa običnom munjom, ali i bez nje. Vreme trajanja ove svetlosne lopte na nebu je između nekoliko sekundi i nekoliko minuta, premda je njeno prosečno trajanje oko 25 sekundi. Vreme zadržavanja lopte na nebu zavisi od njenog sjaja, kao i od veličine. Što je loptasta munja veća i manje sjajna, ona duže traje. Loptaste munje mogu biti različitih boja, a narandžaste i plave posebno dugo traju. Loptaste munje se najčešće kreću paralelno sa Zemljom (oko metar iznad njene površine), brzinom od oko 3 metra u sekundi i sa povremenim vertikalnim skokovima. Ponekad ispadnu iz oblaka, a ponekad se materijalizuju na otvorenom prostoru ili u kući, a ponekad uđu u kuću kroz vrata, otvoren ili zatvoren prozor, tanki nemetalni zid ili dimnjak. Loptaste munje se često definišu kao bezelektrodno pražnjenje (kod obične munje, elektrode su oblaci, ili je jedna od elektroda Zemlja) izazvano stojećim UHF (visokofrekventnim radio) talasima nepoznatog porekla. Po jednoj drugoj teoriji, loptaste munje su uzrokovane atmosferskim maserom – mikrotalasnim laserom koji ima znatno manju energiju, a čija je zapremina nekoliko kubnih kilometara. Po ovoj teoriji, maser nastaje kada rotacioni energetske nivoi molekula vode postanu inverzno naseljeni (tj. kada je više rotaciono pobuđenih molekula nego što je molekula u osnovnom rotacionom stanju) pod dejstvom kratkotalasnih elektromagnetnih pulseva pod dejstvom olujnog pražnjenja. Kroz inverzno naseljenu oblast vazduha, fotoni teško mogu da prolaze, jer dolazi do MASER (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) efekta. Ukoliko zapremina inverzno naseljenog vazduha nije isuviše velika ili zatvorena (kao u slučaju aviona ili podmornica u kojima se ponekad pojavi ovakva munja), sudari između molekula će dovesti do opadanja inverzne naseljenosti. Međutim, kada je zapremina inverzno naseljenog vazduha dovoljno velika, maser može stvoriti lokalizovano električno polje ili tzv. soliton, poznatiji kao loptasta munja. Za razliku od loptastih munja koje se pojave u kući, gde ne prave nikakvu štetu ukoliko je kuća dobro uzemljena, loptaste munje na otvorenom prostoru se gasu ili nečujno ili



veoma eksplozivno, pri čemu od sebe odbacuju uglavnom provodne materijale, ali ne i dielektrike.

### **- Kako možemo da napravimo električnu bateriju?**

Kada se štapić koji je napravljen od nekog prelaznog metala, kao što je bakar, zagnjuri u rastvor njegovih jona (kao npr. bakar sulfat), uspostavlja se ravnoteža između metala u čvrstom stanju i metala u vidu tečnih jona. Kada se nešto metala od koga je napravljena šipka rastvori, atomi metala će odavati elektrone i uspostaviti negativno naelektrisanje na površini štapića. Ovakav sistem se naziva polučelijom, a veličina ovog nagrađenog negativnog naelektrisanja zavisi od toga koliko je metal jako redukciono sredstvo (redukciona sredstva odaju svoje elektrone tokom reakcije, za razliku od oksidacionih sredstava koji ih primaju). Stoga, ako povežemo dve polučelije napravljene od dva raznorodna metalna štapića, jedan od njih će posedovati veći negativni potencijal od drugog i između njih će se uspostaviti određeni napon (tj. razlika potencijala) koja će uzrokovati kretanje elektrona sa štapića koji poseduje veći negativni potencijal ka štapiću manjeg negativnog potencijala. Ukoliko bakarnu polučeliju i polučeliju od cinka spojimo napravićemo jednu tzv. Danijelovu ćeliju koja će moći da stvara dovoljno intenzivnu električnu struju koja bi mogla da održava sijalicu upaljenom. Jedan od najlakših postupaka za pravljenje jedne baterije u vidu Danijelove ćelije, izgledao bi ovako: napunite jedan bakarni sud sa rastvorom bakar sulfata; uzmite, zatim, jedno porozno čanče (tako da elektroni mogu da prolaze kroz njega), napunite ga rastvorom cink sulfata i stavite u bakarni sud. Proverite da se rastvor cink sulfata, slučajno ne preliva u posudu sa bakar sulfatom. Potopite sada štapić od cinka u čanče sa rastvorom cink sulfata, tako da mu vrh ostane u vazduhu. Povežite sada jedan kraj sijalice sa štapićem od cinka, a drugi kraj sa bakrenim sudom. Sijalica će zasvetleti jer će se uspostaviti tok elektrona između dve elektrode baterije, a struja će prolaziti kroz vlakno sijalice.

### **- Kako se neke baterije mogu ponovo puniti?**

Sve baterije izvode elektrohemijsku reakcije radi dobijanja korisne energije, a u okviru ovakvih reakcija, na katodi, tj. negativnoj elektrodi, dešava se elektrohemijska oksidacija, dok se na anodi, tj. pozitivno naelektrisanj elektrodi odigrava elektrohemijska redukcija, a istovremenost oba ova procesa omogućava tok elektrona od anode do katode, a oni su sa svojom energijom u stanju da pokreću razne uređaje. Da bi se baterije mogle ponovo napuniti, jedan od neophodnih preduslova je da hemijske reakcije koje se dešavaju u njoj prilikom njenog pražnjenja, mogu biti izvršene u suprotnom pravcu kada se na bateriju primeni suprotno usmerena električna struja. U nikel-kadmijumskim baterijama se tokom rada baterije stvaraju kadmijum hidroksid ( $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ) i nikel hidroksid ( $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ), koji se mogu ponovo preobratiti u početne elektrodne materijale (Cd i NiOOH), prilikom ponovnog punjenja baterije, tj. preusmeravanja toka električne struje. Osim neophodne reverzibilne hemijske reakcije, baterija mora biti sposobna da podleže reverzibilnoj reakciji veoma efikasno, kako bi se mogla puniti nekoliko stotina ili hiljada puta, a alkalne baterije, koje se baziraju na pretvaranju  $\text{MnO}_2$  i cinka u  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  i  $\text{ZnO}$  predstavljaju odličan primer ovog poslednjeg zahteva.

### **- Kako istrošene baterije ponekad prorade same od sebe?**

Povežite žicom jedan ugljeni štapić i jedan štapić od cinka, potopite ih jednim svojim krajem u rastvor sumporne kiseline i dobićete jednu bateriju. Elektroni će teći od štapića od cinka (anoda) kroz provodnu žicu ka štapiću od ugljeniku (katoda). Pošto će štapić

od cinka (anoda) postati pozitivno naelektrisan, na njemu će se taložiti negativno naelektrisani sulfatni joni iz kiselog rastvora u ćeliji, dok će se na površini negativno naelektrisanog ugljeničnog štapića (katoda) izdvajati pozitivni joni vodonika. Gas vodonika će se nagraditi na površini ugljenične elektrode i nakon relativno kratkog vremena će prekriti najveći deo njene površine. Ovaj sloj vodonika koji oblaže ugljenik će sprečavati dalje odigravanje reakcije u ćeliji i mi ćemo zaključiti da se baterija potrošila. Međutim, ako ostavite bateriju neko vreme sa strane ili je malo prodrmate, malo adsorbovanog vodonika će se rastvoriti u kiselom rastvoru i baterija će ponovo moći da se koristi. U svakoj bateriji se može desiti slična stvar, bilo da je to alkalna baterija iz noćne svetiljke ili olovna baterija iz automobila. U svakom slučaju se tokom rada baterije, reakcioni proizvodi u sve većoj meri nagomilavaju na krajevima baterije, što dovodi do usporavanja reakcije i slabljenja rada baterije. Što je veći odvod baterije, to će se proizvodi reakcije brže nagomilavati na elektrodama, a ovakve baterije će se i u većoj meri oporavljati nakon odmaranja.

### **- Šta su to gorivne ćelije?**

Gorivne ćelije su elektrohemijski uređaji koji pretvaraju energiju hemijske reakcije u električnu struju, vodu i toplotu. Za razliku od električnih ćelija ili baterija, gorivne ćelije ne mogu da pregore i ne zahtevaju ponovno punjenje, već funkcionišu sve dok se gorivo i oksidaciono sredstvo kontinuirano dovode u ćeliju. Gorivna ćelija se sastoji iz anode, na koju se dovodi gorivo (najčešće vodonik, ali sve češće i amonijak, hidrazin, fosforna kiselina, neki ugljeni hidrat ili baza, čvrsti oksid ili metanol) koje joj predaje elektrone; i katode, na koju se dovodi oksidaciono sredstvo (najčešće vazduh ili kiseonik) koje preuzima elektrone, prethodno oslobođene na anodi i provedene kroz spoljašnje kolo. Izdvajanjem elektrona na anodi stvaraju se protoni koje privlači katoda, gde dolazi do njihovog rekombinovanja sa redukovanim atomima kiseonika i formiranja molekula vodene pare, jedinog nus-proizvoda gorivnih ćelija. Dve elektrode su odvojene jonskim provodnim elektrolitom, a struja elektrona koja protiče kroz spoljašnje kolo između anode i katode koristi se za napajanje nekog električnog aparata ili za rad automobila ili nekog drugog vozila. Iako gorivne ćelije predstavljaju jedan od najčistijih izvora energije jer ne koriste sagorevanje, oslobođena energija iz ovakvih sistema je još uvek dosta manja od izvora energije u vidu motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Nekoliko planetarnih kompanija intenzivno radi na razvijanju gorivnih vodoničnih ćelija koje bi trebalo da u budućnosti u potpunosti zamene motore sa unutrašnjim sagorevanjem koje koriste današnji automobili. U skladu sa procenama tržišta, smatra se da će 2010. godine, oko 8 % automobila koristiti izvor energije u vidu gorivnih ćelija, a takođe, smatra se da će njihova šira upotreba značajno smanjiti zagađenje vazduha i potrošnju nafte.

### **- Kako radi električni motor?**

Da bi rotor električnog motora počeo da se okreće, potrebno je na njega delovati torzijom (silom koja izaziva rotaciju). Torziju, najčešće, stvaraju magnetne sile koje deluju između magnetnih polova rotora i magnetnih polova na stacionarnom delu motora. Privlačne ili odbojne sile privlače ili odbijaju od sebe spoljašnjost rotora, stvarajući tako torziju koja polako, pa zatim sve više i više ubrzava rotor sve dok trenje objekta koji je zakačen za njega ne smanji ukupnu torziju do nule. Tada, pošto sila više ne deluje na rotor, on nastavlja da se okreće konstantnom ugaonom brzinom. Kako rotor, tako i stacionarni deo motora su namagnetisani. Sile između ovih magneta su upravo ono što stvara torziju. Premda se permanentni magneti često koriste u elektromotorima, barem neki od magneta u motoru mora biti elektromagnet, jer se motor može okretati samo ukoliko neko od magnetnih polja u njemu

stalno menja svoj polaritet dok se rotor okreće. Tako, dok se rotor trudi da što je moguće više približi raznoimene magnetne polove, polovi se menjaju tako da se rotor konstantno okreće pokušavajući da pronade optimalni položaj polova koji naravno, odgovara minimalnom energetsom stanju čitavog sistema, odnosno motora. Jednostavan električni motor možemo napraviti ukoliko oko rotirajućeg dela našeg motora obmotamo električnu žicu kroz koju ćemo propuštati struju i zatim ovaj rotor postavimo između dva magnetna, tako da su raznoimeni magnetni polovi ova dva magnetna okrenuti bliže rotoru (iznad rotora je severni, a ispod njega južni magnetni pol ili obrnuto). Propuštajući električnu struju kroz namotaje žice na rotoru, formiraće se magnetno polje oko njega, jer kao što znamo, svako naelektrisanje u pokretu proizvodi oko sebe magnetno polje. Međutim, tačno kada magnetno polje rotora bude okrenulo konstrukciju rotora tako da njegov južni magnetni pol približi severnom, a severni južnom polu susednih magnetna, promenićemo smer električne struje u namotajima žice oko rotora, tako da će se tako i severni pol njegovog magnetnog polja pretvoriti u južni, a južni u severni, pa će tako rotor težiti da se okrene za još  $180^\circ$  kako bi opet postavio svoje polove u optimalan položaj, ali ćemo mi neposredno pre nego što on bude to izveo opet obrnuti smer električne struje kroz namotaje žice oko njega i tako ćemo ga stalno vrteti u krug. Ukoliko za rotor motora zakačimo neki uređaj, kao npr. sistem traka i točkića, moći ćemo da energiju rotacije motora prevedemo u mehaničku energiju kojom ćemo obavljati razne poslove.

### - Šta je to statički elektricitet?

Jedan od najpopularnijih školskih naučnih eksperimenata je onaj kada pročešljamo kosu, a zatim sa češljem privučemo listiće papira sa stola. Uzrok ovom privlačenju papira ka češlju je upravo statički elektricitet. Slično tome, kada protrljamo stakleni štapić sa svilenom tkaninom ili parče ćilibara sa vunom, stvoriće se statički elektricitet koji će biti u stanju da privuče male parčiće plastike ili papira (reč elektron zapravo i potiče od grčke reči za ćilibar). Takođe, tokom hladnih zimskih dana nam se možda desilo da se statički elektricitet nagradi u našem telu i da zatim u vidu iskre skoči na neko drugo telo ili parče metala kada dodirnemo npr. kvaku na vratima. Naime, sva materija oko nas je sačinjena od atoma, koji se približno mogu zamisliti kao pozitivno naelektrisana jezgra (koja se sastoje od pozitivno naelektrisanih protona i neutralnih neutrona) oko kojih kruže elektroni. Materija je najčešće neutralna, što znači da sadrži podjednak broj protona i elektrona. Međutim, neki atomi znatno jače vezuju za sebe elektrone od nekih drugih materija. Koliko je najslabije vezani elektron u atomu stabilan definiše jonizacioni potencijal atoma koji predstavlja količinu energiju koju je potrebno predati atomu da bi iz njega izleteo najslabije vezani elektron. Kada protrljamo dva različita materijala, pod dejstvom trenja dolazi do bliskih susreta između atoma sa površine dva predmeta prilikom kojih neki od atoma imaju dovoljno energije da prevaziđu energetska vrednost jonizacionog potencijala i da izbiju poneki elektron iz nekog atoma. Oslobođeni elektroni se zatim privlače ka jednom od materijala gde povećavaju njegovo ukupno negativno naelektrisanje koje je zatim u stanju da privlači suprotno naelektrisane predmete (npr. listiće papira). U zavisnosti od svog jonizacionog potencijala, svi atomi nalaze svoje mesto na određenom delu triboelektrične krive. Ukoliko materijal lako oslobađa svoje elektrone u kontaktu sa drugim materijalom, onda je on pozitivniji na ovoj krivoj i obrnuto. Ukoliko bismo poređali neke od svakodnevnih materijala od pozitivnom ka negativnom kraju triboelektrične krive, dobili bismo jedan ovakav niz: ljudske ruke (veoma pozitivne), zečje krzno, staklo, ljudska kosa, najlon, vuna, krzno, olovo, svila, aluminijum, papir, pamuk, čelik (neutralan), drvo, ćilibar, tvrda guma, nikl, bakar, mesing, srebro, zlato, platina, poliester, stiren (stiropor), saran traka, poliuretan, polietilen (kao selotejp), polipropilen, vinil (PVC), silicijum, Teflon (veoma negativan). Relativan položaj dve supstance u triboelektričnom nizu nam kaže kako će se one ponašati kada dođu u kontakt. Staklo protrljano sa vilom uzrokuje

razdvajanje naelektrisanja, jer se oni nalaze nešto udaljeni u nizu, a isto važi i za ćilibar i vunu. Što je veće rastojanje u nizu, to će se više naelektrisanja osloboditi u kontaktu dva materijala. Materijal koji primi oslobođeno naelektrisanje putem kontakta postaje negativno naelektrisan, dok drugi materijal postaje pozitivno naelektrisan. Upravo ova neravnoteža naelektrisanja se naziva statičkim elektricitetom. Što je veća dodirna površina između materijala u kontaktu i što je manja vlažnost, to će veći napon (razlika električnih potencijala) između materijala moći da se uspostavi, a ovaj napon je u stanju da dostigne vrednosti i od nekoliko desetina hiljada Volti.

## - Šta je to Van de Grafov generator?

Ukoliko ste nekada protrljali kosu sa plastičnim balonom, onda znate da elektroni preskaču sa vaše kose na balon, pa ste usled ovako stvorenog električnog polja, mogli balon da nosite zalepljen za kosu. Međutim, ukoliko ste nekada dodirnuti jedan uređaj koji poseduje jednu kuglu veličine fudbalske lopte, montirane na postolju, a vama je tada u trenutku dodira, skočila kosa na glavi, onda sigurno znate da ste dodirnuti Van de Grafov generator. Ovaj uređaj koji stvara statički elektricitet čiji napon može dostići i više od 20 miliona Volti, izumeo je američki fizičar Robert Džejmson Van de Graf (*Robert Jameson Van de Graaff*) 1931. godine kako bi se dodatno povećavala energija u ranim akceleratorima čestica. Van de Grafovi generatori se često opisuju kao elektrostatički uređaji konstantne struje. Naime, kada opteretimo Van de Grafov generator, jačina struje ostaje ista, ali se menja napon. Kada prilazimo sferi Van de Grafovog generatora sa uzemljenim objektom, napon se smanjuje, ali struja ostaje ista. S druge strane, baterije su poznate kao uređaji konstantnog napona, jer koliko god da ih opteretimo, napon na njihovim krajevima ostaje isti. Postoje dva tipa Van de Grafovih generatora, jedni koji se napajaju od strane izvora visokog napona i drugi, češći tip, koji koristi pojaseve i valjkove za napajanje. Ovaj, drugi tip Van de Grafovih generatora se sastoji od motora, dva valjka, pojasa, dva skupa četkica i izlaznog terminala (najčešće metalne ili aluminijumske lopte). Kada se pokrene motor Van de Grafovog generatora, donji valjak (punjač) počinje da okreće pojas. Pošto je pojas napravljen od gume, a donji valjak je obložen silicijumskom trakom, pod dejstvom trenja između raznoimenih materijala dolazi do oslobađanja naelektrisanja na valjku (jer je na triboelektrinom nizu silicijum negativniji od gume). Pošto je valjak znatno manji od trake, električno polje sa valjka je znatno jače na mestu na kome se nalaze skupovi četki. Ovo električno polje počinje da odbija elektrone u blizini skupa donjih četki (napravljenih od nekog provodnika, odnosno nekog metala) koje stoga postaju pozitivno naelektrisane, kao i da odvaja elektrone iz okolnih atoma vazduha, tako da u vazduhu između valjka i četke postoje elektroni i pozitivno naelektrisani joni (ostaci atoma kada ih napusti jedan ili više elektrona). Pozitivno naelektrisani atomi bivaju privučeni ka negativno naelektrisanom valjku, ali im se na putu isprečava pokretna traka koja postaje dodatno prevučena pozitivno naelektrisanim česticama iz vazduha. Stoga, dokle god postoji vazduh u prostoru između valjka i četke, pojas će se napajati naelektrisanjem. Teorijski, Van de Grafov generator bi ovako mogao da se napaja beskrajno dugo, premda prašina u vazduhu uzrokuje ograničavanje nagomilavanja naelektrisanja na pojasu. S druge strane, pozitivno naelektrisani pojas prolazi i preko gornjeg valjka koje se nalazi u blizini gornjeg skupa četki, a u unutrašnjosti metalne sfere. Elektroni delimično napuštaju četke, jer bivaju privučeni pozitivno naelektrisanim pojasom, pa pozitivni joni iz vazduha bivaju privučeni ka četki. Istovremeno, slobodni elektroni iz vazduha se kreću ka pojasu. Kada naelektrisano telo dodirne unutrašnjost metalne sfere, sfera preuzima svo njegovo naelektrisanje i telo postaje neutralno, a višak naelektrisanja se pojavljuje na spoljašnjoj površini sfere. Putem ovog efekta, Van de Grafov generator je u stanju da postigne napone veće od milion Volti, ali pri

tome stvara i veoma male struje (male brzine toka naelektrisanja) pa se stoga slobodno može dodirivati.

### **- Šta je to piezoelektricitet?**

Piezoeffekat predstavlja pojavu polarizacije (razdvajanja naelektrisanja u električno neutralnim česticama tako da se pojavljuje dipolni električni momenat) čestica nekog materijala pod dejstvom mehaničkog naprezanja. Drugim rečima, kada delujemo pritiskom na neke posebne supstance (feroelektrični materijali, kvarc, kao i neke keramike) doći će do razdvajanja naelektrisanja, pa i do stvaranja raznoimeno naelektrisanih oblasti u materijalu, pa stoga i do pojave napona duž kristala koji u nekim slučajevima može biti prilično visok. Piezoelektrične supstance se koriste kao: upaljači (na dugme) roštilja ili kamina, biperi (u digitalnim satovima, stereo zvučnicima i mnogim drugim elektronskim uređajima sa kojih se čuje “bip”), izvori zvuka u eho sonarima, delovi aparata za lociranje riba i ultrazvučnih uređaja, fonografske igle (na gramofonima), vremenske baze u vidu kvarcnih kristala digitalnih satova, koriste se u kristalnim mikrofona za prevođenje zvučnog signala u električni signal itd. Tako, npr. u upaljačima za kamin ili roštilj, kada pritisnemo dugme, čekić udara piezoelektrični kristalni materijal i proizvodi napon od nekoliko hiljada Volti duž površine kristala. Ovako visoki napon dovodi do pojave varnice koja pali okolni gas. Piezoelektrični materijali mogu raditi i u suprotnom smeru – primenite napon duž kristala i njegov oblik će se promeniti. Ova promena dimenzija kristala je najčešće veoma mala, ali je dovoljna da bi npr. mogla da pokreće male zvučnike.

### **- Šta je to Halov efekat?**

Kada u metalu postoji električno polje, ono dovodi do pojave slobodnog naelektrisanja u njemu. Električno polje deluje silom na naelektrisane čestice koje čine struju krećući se između dva kraja provodnog metala. Ukoliko sada postavimo jednu metalnu šipku kroz koju protiče struja sa leva na desno u magnetno polje čiji je pravac normalan na šipku, magnetna sila će gurati pozitivno naelektrisane čestice ka vrhu šipke, a elektrone ka dnu u slučaju da se struja prenosi šupljinama, ili će gurati elektrone ka vrhu šipke, a pozitivno naelektrisane čestice ka dnu šipke ako se struja prenosi elektronima. U oba slučaja se uspostavlja merljivo električno polje između gornje i donje površine šipke, koje se naziva Halov potencijal, i koje u velikoj meri zavisi od jačine primenjenog magnetnog polja. Ovu pojavu uspostavljanja merljivog napona između suprotnih površina nekih materijala postavljenih u magnetno polje otkrio je Edvin Hal (*Edwin Hall*) 1879. godine. Znak razlike potencijala (+ ili -) između gornje i donje površine šipke određuje da li su nosioci naelektrisanja šupljine ili elektroni. Kod poluprovodnika, Halov efekat se najviše koristi za procenu dopingovanja i polariteta poluprovodničkih materijala. Električni pretvarači na bazi Halovog efekta se koriste u mnogim uređajima današnjice u svrhu merenja magnetnog polja i prevođenja ovog merenja u napon, a u stanju su da detektuju fluktuacije magnetnog polja reda veličine jednog stotog dela Gausa. Takođe, mnogi drugi moderni elektronski uređaji koriste Halov efekat. Tako, npr. kompjuterska tastatura koristi Halov efekat u svrhu snimanja kada je određeni taster pritisnut, a *antilock* kočnice koriste pretvarače na bazi Halovog efekta radi detektovanja promene ugaone brzine automobila, što se zatim koristi za izračunavanje pogodnog kočionog pritiska na svakom točku.

### **- Zašto je tačno između dva jednaka ali raznoimena naelektrisanja električni potencijal jednak nuli, a električno polje nije?**

Na mestima na kojima je električni potencijal jednak nuli, električno polje najčešće nije jednako nuli. Električni potencijal predstavlja skalarnu veličinu koja je mera električne potencijalne energije koju bi jedinično naelektrisanje (najmanje stabilno naelektrisanje u prirodi koje je jednako naelektrisanju koje nose jedan elektron ili jedan proton, odnosno  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Kulona) posedovalo u određenoj tački prostora. S druge strane, električno polje predstavlja vektorsku veličinu (što znači da za razliku od električnog potencijala kao skalarne veličine, poseduje kako intenzitet, tako i pravac i smer) koja je jednaka električnoj sili koja bi delovala na jedinično naelektrisanje u određenoj tački prostora. Međutim, ove dve veličine su veoma bliske s obzirom da je sila jednaka negativnom izvodu (brzini rasta) potencijalne energije, a električno polje predstavlja negativan trodimenzionalni izvod električnog potencijala. Drugim rečima, električno polje predstavlja meru brzine promene električnog potencijala, s tim što je usmereno ka maksimalnoj negativnoj promeni električnog potencijala. Premda je tačno između dva jednaka, ali raznoimena naelektrisanja (jedno je pozitivno, a drugo negativno) električni potencijal jednak nuli, on se veoma brzo menja ukoliko bismo krenuli da se približavamo ka jednom ili drugom naelektrisanju. Stoga, u ovoj centralnoj tački i električno polje nije jednako nuli, već poseduje određeni intenzitet, a po dogovoru je usmereno od pozitivnog ka negativnom naelektrisanju (premda se i po dogovoru naelektrisanje elektrona nazvalo negativnim, a protona pozitivnim). Analogni slučaj bismo imali u slučaju automobila na putu. Naime, nadmorska visina automobila je mera njegovog potencijala u gravitacionom polju Zemlja koji je analogan električnom potencijalu u slučaju električnog polja, a gravitaciona sila koja deluje na automobil je analogna električnom polju. Gravitaciona sila koja deluje na kola zavisi od nagiba puta (izvoda rastojanja duž puta po nadmorskoj visini), ali ne i od nadmorske visine na kojoj se nalaze kola. Drugim rečima, kada bi kola počela da se kotrljaju naniže, gravitaciona sila usmerena nadole bi nastavila da deluje na kola čak i kada bi se ona našla na nivou mora, odnosno na mestu gde je potencijal automobila jednak nuli. Sila koja deluje na kola, zapravo, uopšte ne zavisi od nadmorske visine na kojoj se nalaze kola već samo od nagiba puta.

### **- Koliko se brzo kreću elektroni kroz bakarnu žicu?**

Brzina kretanja elektrona kroz neki provodni materijal, npr. kroz tipičnu bakarnu žicu, definiše se pomoću njihove srednje brzine u pravcu kretanja struje koja se još naziva drift brzinom. Pojedinačni elektroni se ne kreću kroz provodnik u pravim linijama, već se kreću u cik-cak pravcu, jer menjaju svoj pravac i smer svaki put kada se sudare sa nekim atomom koji čini materijal provodnika. Stoga je drift brzina kretanja elektrona kroz provodni materijal u pravcu struje veoma mala. I pored toga što je brzina kretanja pojedinačnih elektrona bliska brzini svetlosti, drift brzina elektrona kroz bakarnu žicu poprečnog preseka od  $3 \text{ mm}^2$  i pri jačini struje od 10 ampera, iznosiće samo oko četvrtinu milimetra u sekundi. Ipak, električni uređaji se skoro trenutno upale kada uključimo struju, jer je iniciranje električne struje u provodniku analogno puštanju vode kroz baštensko crevo koje je već ispunjeno vodom. Čim odvrnemo slavinu i pustimo mlaz, voda sa drugog kraja creva će poteći.

### **- Šta je to superprovodljivost?**

Superprovodljivost je osobina nekoliko metalnih i keramičkih materijala (posebno keramika na bazi bakar oksida) da prilikom hlađenja do temperatura između apsolutne nule ( $-273^\circ\text{C}$ ) i oko  $-100^\circ\text{C}$  (koliko danas iznosi rekordno visoka temperatura na kojoj je neko jedinjenje superprovodno), dolazi do nestanka njihovog električnog otpora. Prilikom kretanja elektrona kroz običan metal, oni se sudaraju sa vibrirajućim česticama materijala i gube energiju u vidu oslobođene toplote. Međutim, u jednom superprovodniku, elektroni putuju u

parovima i brzo se kreću između atoma, bez ikakvog gubitka energije. Naime, kada se elektroni nalaze u sredini kružnog oblika i to u obliku elektronskih parova, njihov kvantni talas (sve čestice su istovremeno i talasi) koji proleće prstenom, u stanju je konstantne energije koju dejstvo običnog otpora ne može da poremeti. Takvi superprovodni elektroni ponašaju se tada podjednako stabilno kao i elektroni koji kruže oko jezgra, pa se stoga može reći da su superprovodnici nešto poput džinovskih, makroskopskih atoma. Niske temperature omogućavaju formiranje ovakvih parova elektrona, a kritična temperatura superprovodnosti predstavlja temperaturu ispod koje električni otpor supstance postaje jednak nuli. Naravno, svaki materijal poseduje uvek izvesnu dozu nečistoća, pa stoga u stvarnosti superprovodna otpornost nikada nije jednaka nuli, ali u svakom slučaju, provodljivost jedne superprovodne žice je nekoliko redova veličine veća od provodljivosti najkvalitetnije trenutno dostupne konvencionalne provodne žice. Kritična temperatura superprovodljivosti, tj. temperatura na kojoj otpor postaje jednak nuli je različita za različite supstance, pa npr. za živu iznosi 4,15 K, za kalaj 3,72 K, za aluminijum 1,19 K, za magnezijum diborid ( $\text{MgB}_2$ ) 39 K, a za neke keramičke materijale je veća od 50 K, te u slučaju nekih keramika dostiže i temperature i od preko 220 K. Razne osobine superprovodnih materijala nalaziće bogatu primenu u industriji budućnosti. Tako je npr. Mejsnerov (Meissner) efekat osobina superprovodnih materijala da su neprobojni za sile magnetnog polja a ovaj efekat već nalazi primenu u pravljenju super brzih, magnetno lebdećih vozova. Takođe, kada se dva superprovodnika spoje tankim slojem izolatora, dolazi do nesmetanog protoka (tuneliranja) parova elektrona sa jednog na drugi superprovodnik (Džozefsonov efekat), a ovaj efekat nalazi primenu u pravljenju super brzih elektronskih prekidača, koje koriste minijaturni kompjuteri visokih brzina procesovanja podataka. Najdinamičnija istraživanja u oblasti superprovodnih materijala odnose se na razvoj materijala koji bi bili superprovodni na sobnoj temperaturi, a i koji bi pri tome mogli lako da se sintetišu. Smatra se da bi ovakvo otkriće unelo revoluciju na polju elektronike i prenosa električne energije.

## **- Šta su to superprovodni magneti?**

Premda se i obični permanentni magneti i elektromagneti mogu koristiti za magnetno lebdenje, većina maglev vozova (vozovi koji lebde na šinama) koristi superprovodne elektromagnete. Ovi specijalni elektromagneti su lagani, relativno jeftini i mogu da stvaraju jaka magnetna polja koja su potrebna za održavanje vozova iznad šina. Superprovodni materijali se zasnivaju na egzotičnim materijalima poznatim i kao superprovodnici koji mogu da provode električnu struju bez ikakvih toplotnih, odnosno energetskih gubitaka. Dok su električne struje u običnim provodnim metalima podložne sudaranju sa atomima kristalne rešetke i rasipanju energije, elektroni u okviru električne struje u superprovodnim materijalima putuju u parovima (odnosno u specifičnom kvantnom stanju, tako da jedan elektron sledi drugog, dok parovi slede putanje elektronskih parova ispred sebe) ne rasipajući nimalo energije. Pošto ne postoji ništa što bi zaustavilo kretanje elektrona u superprovodnom materijalu, jednom puštena struja kroz ovakav materijal će teći dokle god postoji materijal, a pošto se prolaskom električne struje kroz provodnik stvara i magnetno polje (jer svaka naelektrisana čestica u kretanju stvara magnetno polje, dok ubrzana naelektrisana čestica stvara elektromagnetne talase), tako će i superprovodnik kroz koji protiče električna struja stvarati magnetno polje dokle god struja protiče kroz njega. Tako, dok je običnom elektromagnetu stalno potreban dovod električne energije za održavanje magnetnog polja, sve što treba da uradimo u elektromagnetu sa superprovodnim žicama je da pustimo struju kroz ove žice, spojimo dva otvorena kraja žice (tako da se formira petlja) i struja će kroz žice teći godinama. Premda ovu struju ne možemo da vidimo, magnetno polje koje je njena posledica lako možemo da detektujemo. Superprovodni magneti su idealni za elektrodinamičko

levitiranje maglev vozova. Naime, električna struja se dovodi na superprovodne magnete voza još u fazi njegove izgradnje, a kada se superprovodne žice zatvore u petlju, magnetima nije potreban dodatni izvor električne energije, naravno, sve dok se ovi magneti drže u dovoljno hladnoj sredini (u tu svrhu se koriste rashlađivačke jedinice u vozima), jer superprovodni materijali poseduju superprovodna svojstva samo na niskim temperaturama (na temperaturama nižim od  $-100^{\circ}\text{C}$ , što je trenutno maksimalna temperatura ispod koje je jedan materijal superprovodan, premda ova temperatura zavisi od sastava i strukture materijala).

### **- Šta su to noćne naočare?**

Noćne naočare pojačava slabu svetlost u noćnim uslovima, a zasnivaju se na fotoelektričnom efektu, tj. pojavi da su svetlosni fotoni u stanju da izbijaju elektrone sa nekih metala. U opštem slučaju, kada se uglašani tanjir izloži dejstvu elektromagnetnih talasa, on može emitovati elektrone. Veličina emitovane struje elektrona zavisi od intenziteta i frekvencije svetlosti koja pada na predmet. Ovi, tzv. fotoelektroni će se emitovati samo ukoliko frekvencija svetlosti prelazi određeni prag (kada energija fotona koje je jednaka proizvodu Plankove konstante i frekvencije fotona postane veća od maksimalne energije elektrona u materijalu), a vrednost ovog praga zavisi od same vrste materijala, pri čemu metali poseduju najslabije vezane elektrone pa će najmanje energije biti potrebno da se oni udalje iz metala. U naočarima za noćno posmatranje, fotoelektrični efekat se koristi za pojačavanje prisustva individualnih fotona. Naime, sistem sočiva šalje prikupljenu svetlost na staklenu ploču obloženu sa fotoelektričnim materijalom. Izbijeni fotoelektroni se ubrzavaju kroz potencijalnu razliku od nekoliko stotina Volti nakon čega padaju na "kanalnu ploču" koja se sastoji od malih rupica prečnika od po nekoliko mikrona. Ove rupice poseduju provodnu površinu i dodatnu potencijalsku razliku između dve strane ploče. Kada fotoelektron udari u ovu mrežastu ploču, on jonizuje atome u tački sudara, što dovodi do stvaranja dodatnih nekoliko elektrona koji nastavljaju da se ubrzavaju duž rupe i u daljim sudarima opet izbijaju po nekoliko elektrona. Ovaj deo uređaja se naziva fotomultiplikatorom i ima za cilj da poveća broj elektrona u struji. Tako od jednog elektrona koji udari u rupu, nastane oko desetak hiljada elektrona koji napuste rupu. Ovi elektroni se dalje ubrzavaju do fluorescentnog ekrana gde ostavljaju trag koji naše oči mogu videti. Fotoni koji padaju na fotoelektričnu površinu su diskretni i njihov broj varira sa vremenom. Što je manja brzina pristizanja fotona, veće su fluktuacije bilo kog piksela, a ova pojava se manifestuje kao fluktuirajuća osvetljenost ekrana ili tzv. "fotonski šum", koji sprečava da ovaj uređaj bude beskonačno osetljiv. Da bi se ublažio ovaj problem, dolazeći fotoni se integrišu za duže vremenske periode uz pomoć fluorescentnog ekrana čija se osvetljenost polako povećava i smanjuje. Međutim, postoje granice ovog integracionog vremena. Naime, predugo integraciono vreme će dovesti do razmazivanja slike po ekranu.

### **- Šta je to laserska svetlost?**

Laseri (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) predstavljaju uređaje koji emituju koherentnu i monohromatsku svetlost, što znači da se ova svetlost sastoji od jednakoenergetskih fotona (istih talasnih dužina i frekvencija) koji se kreću u fazi (bregovi i dolje svih talasa se poklapaju). Za razliku od svetlosti obične lampe, koja se emituje u svim pravcima, laserska svetlost je usmerena, što znači da se može fokusirati duž veoma uskog snopa, pa zbog toga i poseduje niz primena. U laserima, atomi određene supstance (na primer, rubina koji emituje fotone talasnih dužina od 694 nm) se pomoću snopova obične svetlosti ili električnog pražnjenja prevode u pobuđeno stanje, u kojima neki elektroni prelaze u visokoenergetskijske atomske orbitale. Intenzivnim pobuđivanjem atoma postavljenih između



dva ogledala, nakon određenog vremena se postiže inverzna naseljenost materije, odnosno stanje supstance u kome postoji veći broj pobuđenih atoma od broja atoma u osnovnom stanju. Prelaskom elektrona iz više-energetske u niže-energetsku orbitalu dolazi do emitovanja jednog fotona čija je frekvencija jednaka količniku razlike u energijama između ta dva stanja i Plankove konstante, a talasna dužina fotona je jednaka količniku brzine svetlosti i frekvencije fotona. Supstanca se nalazi u prostoriji sa parom paralelnih ogledala, razmaknutih na rastojanje jednako celobrojnom umnošku talasnih dužina emitovanih fotona, kako bi se mogla formirati koherentna svetlost. Emitovani fotoni se odbijaju od ogledala i ponovo vraćaju ka supstanci izazivajući pobuđivanje još većeg broja atoma, a na taj način i za laser karakteristično stanje inverzne naseljenosti. Jedno od dva ogledala je posrebrano, što znači da se deo svetlosti koja padne na njega odbija od njegove površine, dok se jedan deo propušta. Upravo ovaj propušteni deo svetlosti čini izlazni laserski snop svetlosti. U zavisnosti od tipa supstance koja emituje koherentnu svetlost, laseri se često dele na: čvrste (kao što su na primer, rubinski i neodimijumski laseri koji emituje infracrvenu svetlost na 1064 nm), gasni (helijumski i helijum-neonski laseri koji emituju crvenu svetlost ili ugljen dioksidni laseri koji emituju infracrvenu svetlost i često se koriste za sečenje čak i čeličnih predmeta), eksimerski (reč koja je nastala od kombinacije reči pobuđen (*excited*) i dimer – predstavljaju smeše nekog reaktivnog gasa kao npr. hlora ili fluora i nekog inertnog gasa kao npr. argona, kriptona ili ksenona, a smeše u ovakvim laserima se tokom pobuđivanja pretvaraju u dimere nakon čega emituju ultraljubičastu svetlost), poluprovodnički (tzv. diodni laseri koji emituju crvenu svetlost i veoma su male snage, pa se stoga koriste u svakidašnjim elektronskim uređajima, kao što su CD plejeri ili laserski štampači), i laseri sa bojama (koji sadrže rastvor neke organske boje, kao npr. rodamina, i mogu se podešavati tako da emituju lasersku svetlost raznih talasnih dužina). Laseri danas na našoj planeti nalaze niz primena od merenja rastojanja od Zemlje do Meseca sa preciznošću od manje od jednog milimetra, preko praćenja brzine pomeranja kontinenata i oblaka, predviđanja zemljotresa, očitavanja i snimanja kompakt diskova, pravljenja i oživljavanja holografskih zapisa, brušenja dijamanta, sečenja metala, prenosa informacija duž optičkih vlakana, pa sve do pisanja po TV ekranima i oblacima.

### **- Zašto neki kablovi na sebi poseduju ogrlice?**

U jednom tipičnom kompjuterskom sistemu, kablovi sa miša, tastature ili monitora najčešće poseduju duž sebe postavljene cilindrične figure. Ovi cilindri se, takođe, skoro uvek sreću na kablovima za dovod struje kod uređaja (npr. skenera ili štampača) koji koriste spoljašnji transformator. Ovi cilindri se nazivaju feritnim ogrlicama ili feritnim prigušivačima, a njihova uloga je redukovanje elektromagnetne interferencije (preklapanja elektromagnetnih talasa) i to posebno u radio-frekventnom opsegu. Jedna feritna ogrlica predstavlja ništa drugo do šuplji cilindar napravljen od ferita, supstance nastale mešanjem (legiranjem) gvožđe oksida sa nekim drugim metalom. Feritni cilindar je obložen slojem plastike koji je vidljiv spolja. Kompjuteri su elektronski uređaji koji stvaraju veliki šum. Naime, matična ploča kompjutera poseduje oscilator koji radi na frekvenciji između 300 i 1000 MHz. Takođe, i tastatura poseduje svoj sopstveni procesor i oscilator, a i video kartica poseduje svoj oscilator koji pokreće monitor. Svi ovi oscilatori emituju elektromagnetne talase čija je frekvencija jednaka frekvenciji njihovog oscilovanja, što najčešće pripada radio-frekventnom opsegu, tj. radio talasima (mada su često prisutni i audio, kao i visoko-frekventni oscilatori). Ipak, najveći deo interferencije između radio talasa sa ovih oscilatora se eliminiše od strane kućišta oko matične ploče i tastature. Ipak, drugi izvor radio šuma kod kompjutera (i drugih elektronskih uređaja) su kablovi koji povezuju komponente kompjutera. Ovi kablovi se zapravo ponašaju kao veoma duge antene, koje usled prolaska struje kroz njih, emituju i radio

talase u okolinu. Ovi radio talasi lako mogu da stupe u interferenciju sa signalima koje primaju okolni televizor, radio-aparat ili mobilni telefon. Kablovi takođe, mogu da prime radio signal nekog bliskog uređaja i da ga prenesu do kompjuterske komponente, gde će ovi neželjeni signali biti neočekivano primljeni. Stoga, feritne ogrlice oko kablova imaju osobinu eliminisanja nastalih radio signala duž kabla. Na delu kabla na kome se nalaze, feritne ogrlice prigušuju nastalu interferenciju između radio talasa, pa se stoga one najčešće stavljaju na samim krajevima kablova. Umesto da nastave da putuju duž kabla, radio signali se u feritnim ogrlicama prevode u toplotu.

## **- Kako svetlucaju božićne lampice?**

Nekada su se kao novogodišnje lampice koristile male sijalice u boji čija je snaga iznosila oko 5 Vati, a radni napon 220 Volti, što je zahtevalo mnogo energije, a osim što su bile prilično skupe, ove sijalice su stvarale i velike količine toplote tako da su lako mogle da istope stvari oko sebe. Međutim, prednost starih božićnih lampica je bila u tome što su one bile povezivane paralelno, pa ukoliko bi se prekinulo usijano metalno vlakno na jednoj sijalici, ostale lampice bi nastavile da svetle. Sedamdesetih godina 20. veka su se prvi put pojavile tzv. mini-lampice koje zahtevaju napon od samo 2,5 Volti. S obzirom na ovako mali napon pojedinačnih lampica, one su morale biti povezane redno, kako bi se mogle priključiti na zidni utikač. Naime, niz od 96 2,5-Voltnih lampica daje ukupni napon ovog niza od 220 Volti. Takođe, snaga mini-lampica je znatno niža od starih lampica (25 Vati za niz od 50 sijalica), a i cena im je isto tako manja. Međutim, ove mini lampice su veoma osetljive na prekid rada samo jedne od njih. Ukoliko jedna sijalica prepri, i sve druge sijalice u nizu će se ugaziti. Razlika između današnjih novogodišnjih lampica i mini-lampica je u tome, što se niz današnjih lampica neće ugaziti ukoliko jedna od sijalica prepri, ali hoće ako jednu od sijalica izvadimo iz njenog postolja. Uzrok ovome je u tome što današnje božićne lampice sadrže jedan specijalni prekidač koji se u slučaju prepriovanja sijalice aktivira tako da nastavlja da provodi struju kroz sijalicu. U svakom slučaju, kod svih vrsta božićnih lampica, moguća su dva načina za izvođenje svetlucanja. Moguće je npr. ubaciti samo jednu svetlucajuću lampicu u niz, tako da bi sve ostale sijalice u nizu simultano svetlucale. Ova svetlucajuća sijalica sadrži u sebi jednu bimetalnu traku kroz koju protiče struja do metalnog usijanog vlakna. Kada se vlakno zagreje, ono prenosi toplotu do bimetalne trake koja se savija, prekidajući tako tok struje do vlakna i izazivajući gašenje sijalica. Kada se bimetalna traka ohladi, ona se ponovo ispravlja i pada na vlakno, čime se opet uspostavlja tok struje kroz vlakno i sijalica se ponovo pali. S druge strane, umesto upotrebe bimetalnih traka u sijalicama, moguće je upotrebiti 16-funkcionalne kontrolere koji provode struju kroz željene putanje. Jedan ovakav kontroler se sastoji od integrisanog kola i 4 tranzistora gde svaki pokreće jedan od 4 niza za koje je vezan kontroler. Integrisano kolo predaje naredbe tranzistorima da pale 1 od 4 niza lampica. Podešavanjem redosleda paljenja ovih tranzistora moguće je dobiti različite načine svetlucanja lampica.

## 16. Muzika Zemlje i Kosmosa

### - Kako pevaju zvezde?

Šezdesetih godina 20. veka, astronomi su otkrili da naše Sunce vibrira kao jedan džinovski muzički instrument šaljući oko sebe skladne note, odnosno dobro definisane zvučne frekvencije. Energija koja pobuđuje Sunce na emisiju ovih zvučnih talasa potiče iz turbulentnih strujećih oblasti neposredno ispod vidljive površine Sunca. Ovo otkriće je dovelo do nastanka nove oblasti u astronomiji koja se naziva helioseizmologijom (u slučaju slušanja Sunca, dok se u slučaju slušanja i nekih drugih zvezda naziva astroseizmologijom) i primenom koje smo došli do znatno boljeg razumevanja unutrašnje fizičke strukture Sunca. Naime, slično kao što detektovanjem i praćenjem seizmičkih talasa koji prolaze kroz Zemlju možemo da saznamo ponešto o unutrašnjosti planete po kojoj hodamo, isto tako možemo i zvučne talase sa Sunca koristiti za izučavanje detalja o Sunčevoj strukturi. Turbulencijom u spoljašnjim slojevima Sunca uzrokovani zvučni talasi dovode do oscilovanja Sunca pri određenim frekvencijama, a najviše proučavan Sunčev “otkucaj srca” traje 5 minuta. Tek tokom kasnog juna 2001. godine, astronomi iz *La Silla* opservatorije u Čileu su otkrili zvuke sa prve zvezde van Sunčevog sistema i to sa nama najbliže, golim okom vidljive zvezde posle Sunca – Alfa Kentaure A, udaljene nešto više od 4 svetlosne godine (oko 39 miliona miliona kilometara) od nas. Ova zvezda koja je po svojoj veličini, boji, temperaturi i starosti veoma slična našem Suncu, pokazuje i slične oscilacije sa sedmominutnim periodom, a njeni “udisaji” imaju amplitudu od samo 40 metara, što je veoma malo u poređenju sa njenim poluprečnikom od 875 000 kilometara. Interesantno je i da je letelica *Cassini* koja se nalazi na svom putu ka planeti Saturn (do koje će stići 2004. godine), tokom decembra 2000. godine izmerila varijacije u magnetnom polju na veoma retkim česticama međuplanetarnog prostora, a ovi talasi koji se nalaze u radio-frekventnom opsegu, prevedeni su u zvuke, tako da se na ovaj način može zaista slušati muzika Kosmosa iz okoline Jupitera. Letelica *Cassini* je 8. decembra 2000. godine uz pomoć radio-prijemnika i plazma naučnog instrumenta izmerila ove talase na rastojanju od oko 23 miliona kilometara od Jupitera, a naučnici danas smatraju da oni potiču usled interakcije Jupiterovog magnetnog polja sa naelektrisanim česticama solarnog vetra koje u Kosmos emituje Sunce. Takođe, tokom maja 2002. godine, astronomi su detektovali zvuke u spoljašnjoj atmosferi zvezde udaljene 130 svetlosnih godina od nas. Ova zvezda kojoj su astronomi dali ime *xi Hya* nalazi se u sazvežđu Vodolije, poluprečnik joj je 10, a sjaj 60 puta veći od Sunčevog i ona osciluje sa nekoliko perioda od po oko tri časa, a sa brzinama od samo do dva metra u sekundi. Duboki tonovi zvezde *xi Hya* su takođe otkriveni u *La Silla* opservatoriji u Čileu, koja je poznata po tome što je osim zvezdane muzike, pomoću nje otkriveno i nekoliko desetina planeta koje se nalaze van Sunčevog sistema.

### - Kako se čuje ding-dong kada pozvonimo na vratima?

Srce svakog zvonceta na ulaznim vratima je elektromagnet, koji najčešće predstavlja nekoliko namotaja žice oko parčeta magnetnog metala. Propuštanjem električne struje kroz žicu stvara se magnetno polje oko žice, a što je više namotaja žice, to će magnetno polje u većoj meri da se pojača. Kao i svako drugo magnetno polje, i polje oko elektromagneta poseduje svoj severni i južni pol, što privlači gvozdene i druge magnetne predmete iz okoline. Kada pritisnemo dugme zvonceta, mi zapravo pritiskamo jedan prekidač koji u tom trenutku zatvara električno kolo i propušta struju kroz transformator (koji smanjuje napon struje sa 220 Volti na oko 10 Volti) do elektromagneta. Strujom izazvano magnetno polje oko

elektromagneta zatim pokreće neki zvučni uređaj koji stvara zujeći ili zvonki zvuk. Naime, jedan kraj žice elektromagneta je povezan sa strujom, dok je za drugi kraj preko jedne pločice zakačen gvozdeni teg. Kada struja počinje da prolazi kroz žicu, stvara se magnetno polje koje privlači gvozdeni teg, a njegovo pomeranje ka elektromagnetu biva praćeno pomeranjem pločice i prekidanjem toka struje. Usled nestanka magnetnog polja, pločica zajedno sa tegom pada nadole što opet uspostavlja tok struje kroz elektromagnet i ponovno privlačenje tega i prekidanje toka struje itd. Udaranje pločice o elektromagnet brzinom od nekoliko desetina puta u sekundi biva praćeno zujećim zvukom. Zvonasti sistemi radi na potpuno istom principu, osim što je za pokretnu pločicu zakačena druga dugačka pločica (klatno zvonca) koja sa pokretanjem prve pločice udara u pravo zvonce. Međutim, ding-dong zvonca koriste specijalnu vrstu elektromagneta, koja se zove solenoid i kod koje je metalna žica obmotana oko metalnog klipa koji se sastoji od pokretnog gvozdene jezgra montiranog za nemagnetnu metalnu šipku. Kada pritisnemo zvonce, stvara se magnetno polje oko solenoida što povlači gvozdeno jezgro ka jednom kraju klipa gde ono udara o metalnu šipku koja pod dejstvom udarca počinje da vibrira u tonu “ding”. Kada pustimo dugmence, magnetno polje nestaje i gvozdeni deo klipa se vraća na drugi kraj gde udara drugu šipku koja stvara zvuk “dong”. Postavljanjem više solenoida i zvučnih šipki, moguće je praviti čitave melodije na zvoncetetu. U modernim vremenima, sve je više kuća koja imaju instalirana elektronska zvonca koja ne rade na principu elektromagneta, već poseduju integrisana kola koja registruju da je neko pozvonio na vratima, nakon čega aktiviraju umemorisanu pesmu ili melodiju.

## - Koje su frekvencije muzičkih nota?

Postoje dva opšteprihvaćena standarda muzičkih tonova: tzv. američki standard tonova, po kome ton A u četvrtoj klavirskoj oktavi predstavlja zvuk frekvencije 440 Hz; i stariji tzv. međunarodni standard tonova, po kome isti ovaj ton A4 predstavlja zvuk frekvencije od 445 Hz. Postoji, takođe, i tzv. naučna ili precizna skala koja je zasnovana na frekvenciji tona C4 jednakoj 256 Hz, ali koja se najčešće ne koristi u muzičke svrhe. Frekvencija bilo kog tona je dvostruko manja od istog tog tona u narednoj, a dvostruko veća od istog tog tona u prethodnoj oktavi, što znači da se frekvencija svakog tona može izračunati kao proizvod 12-tog kvadratnog korena iz broja 2 i frekvencije prethodnog tona u dvanaestotonskoj lestvici (C, C#, D, E<sub>b</sub>, E, F, F#, G, A<sub>b</sub>, A, B<sub>b</sub>, B). Tako je odnos frekvencija bilo koje dve susedne tipke na klaviru jednak 1,05946309436. Oktava predstavlja niz od dvanaest nota, a interval između dve susedne note se naziva polustepenom. Pošto je svaki naredni prag povezan sa prethodnim preko umnožka jednakom  $\sqrt[12]{2}$  (tj.  $2^{1/12}$ ), svaka naredna oktava odgovara dvostruko većoj frekvenciji od prethodne. Pomoću poznate frekvencije standardnog tona u skali, moguće je izračunati frekvenciju bilo kog drugog tona. Dovoljno je samo da prebrojimo broj polutonova (dirki na klaviru ili pragova na gitari) od standardnog do željenog tona, i da zatim isto toliko puta pomnožimo frekvenciju standardnog tona sa  $\sqrt[12]{2}$ . Oba ova standarda definišu ono što se obično naziva “dobro temperovanom hromatskom skalom”, a što predstavlja kompromis prilikom korišćenja  $\sqrt[12]{2}$  kao faktora koji frekventno razdvaja susedne note. Tako, npr. u C-dur (C, D, E, F, G, A, B, C) lestvici, razmak između prvog tona u lestvici, tj. C i petog tona u lestvici, tj. G, predstavlja kvintu, a odnos frekvencija “savršene” kvinte i prime (prvi ton u lestvici, a u slučaju C-dur lestvice to je C) iznosi tačno 1,5. S druge strane, ton G je sedam hromatskih pragova udaljen od tona C, pa uz pomoć  $\sqrt[12]{2}$  možemo izračunati odnos frekvencija tonova G i C na bilo kojoj standardnoj skali kao  $(\sqrt[12]{2})^7 = 1,49830707688\dots$ , pa stoga možemo primetiti da je ovaj odnos nešto manji od odnosa jednakom 1,5 kod “savršene” kvinte. Takođe, odnos frekvencija prime i savršene “terce” (trećeg tona u lestvici, a u slučaju C-dur lestvice to je E) je jednak 4/3, a pošto je ton E četiri hromatska praga udaljen od tona

C, na standardnoj skali pomoću odnosa njihovih frekvencija kao umnožka  $\sqrt[12]{2}$ , računamo njihov odnos kao  $2^{4/12} = 1,25992104989\dots$ , što opet nije jednako odnosu "savršene" kvinte i prime od 4/3. Ovo malo smanjenje frekvencije predstavlja suštinu procesa temperovanja bilo kog muzičkog instrumenta. Temperovanje muzičkih instrumenata je neophodno jer je nemoguće naštimovati sve terce, kvinte i druge tonove u lestvici do njihovih savršenih odnosa sa prvim tonom u lestvici (kao što je npr. 3/2 za odnos prime i kvinte ili 4/3 za odnos kvarte i prime) i istovremeno očuvati odnos frekvencija između prvih tonova u susednim oktavama jednakim tačno 2.

## - Zašto se razlikuju isti tonovi odsvirani na violini i flauti?

U skladu sa muzičkom teorijom, tonovi predstavljaju zvuke u kojima dominira samo jedna frekvencija, pa se tako oni razlikuju od svakog šuma kao skupa zvukova različitih frekvencija, a sličnih intenziteta. Većina muzičkih instrumenata proizvodi tonove, dok neki proizvode isključivo šum, kao npr. bas bubanj, gong i druge udaraljke. Tonovi se stoga, smatraju osnovnim građivnim jedinicama muzike. Svaki ton poseduje 4 osnovne osobine, a to su: visina (odnosno, dominantna frekvencija), trajanje (što se u muzičkoj signaturi označava pomoću notnih simbola), intenzitet (odnosno amplituda zvuka) i boja. Upravo, boja zvuka čini zvuke različitih instrumenata različitim. Naime, kada bismo iz zvučnog spektra koje proizvode različiti instrumenti odsviravši isti ton u istom trajanju i podjednakim intenzitetom, odstranili sve zvuke osim dominantne frekvencije, mi bismo u slučaju svakog instrumenta dobili isti zvuk. Boja tona upravo definiše prateći spektar tiših zvučnih frekvencija u pozadini dominantne zvučne frekvencije datog tona, i ovi prateći, tiši tonovi se nazivaju overtonovima. Interesantno je da je najniskofrekventniji ton u zvučnom spektru datog harmonskog tona uvek i dominantan ton, dok frekvencije svih overtonova (ostale frekvencije iz tonskog spektra) predstavljaju celobrojne umnožke frekvencije ovog najdubljeg, dominantnog, odnosno tzv. fundamentalnog tona (kod anharmonskih tonova, frekvencije overtonova ne moraju biti celobrojni umnožci frekvencije fundamentalnog tona). Tako će se na primer u zvučnom spektru fundamentalnog harmonskog tona frekvencije 100 Hz, pojaviti i zvuci frekvencija 200 Hz (1. overton), 300 Hz (2. overton), 400 Hz (3. overton) itd. Međutim, intenzitet overtonova je jedinstven svakom instrumentu i na svakom tonu, pa tako, na primer, zvuk violinskog tona E poseduje prilično intenzivan 1. overton, slabo intenzivne 2. i 3. overton, dok su svi viši overtonovi praktično nečujni, dok violina, odsviravši ton G, stvara 1. overton izuzetno niske čujnosti, 2., 3. i 5. overton su podjednake srednje čujnosti, dok je 4. overton najintenziviji. Zvuk flaute, s druge strane, proizvodi prilično intenzivan 1. overton, slabo intenzivan 2. overton, dok su svi drugi overtonovi skoro nečujni. Klarinet, opet, proizvodi veoma širok spektar overtonova, s obzirom da su 1., 3., 8., 9. i 10. overton podjednako čujni, dok se prilično glasno čuju i 5., 7., 11. i 12. overton. Kod oboe su prva tri overtona skoro nečujni, dok su 4., 6., a pogotovo 5. overton veoma čujni, dok kod horne, intenzitet overtonova od 1. do 4. stepeničasto opada.

## - Šta je to decibel?

Decibel je logaritamska jedinica za merenje jačine, odnosno glasnoće zvuka. Decibel skala je vrlo široka zato što su i ljudske uši izuzetno osetljive. Naše uši mogu čuti praktično sve zvučne talase čija se jačina nalazi u rasponu od tananog klizenja prstiju preko kože pa do glasnog motora mlaznog aviona, koji je 1000 milijardi puta bučniji od najmanjeg čujnog zvuka. Na skali decibela, najmanji čujni zvuk, odnosno praktično totalna tišina za naše uši poseduje glasnoću od 0 dB. 10 puta glasniji zvuk ima snagu od 10 dB, dok 100 i 1000 puta glasniji zvuci imaju jačine od 20 i 30 dB, respektivno. Tako, na primer, šapat ima jačinu

zvuka od oko 15 dB, normalan razgovor oko 60 dB, automobilska sirena 110 dB, a rok koncert ili motor mlaznog aviona su glasni oko 120 dB. Svaki zvuk od preko 85 dB može izazvati smanjenu osetljivost našeg slušnog instrumenta što zavisi kako od jačine zvuka, tako i od vremena izlaganja. 8 časova slušanja zvuka jačine 90 dB, može dovesti do oštećenja sluha, dok makar i trenutno izlaganje zvuku od 140 dB izaziva trenutno oštećenje. Osim ove, apsolutne skale za merenje glasnoće zvuka, postoje i relativne skale, kao što su foni i soni, a koji zavise od subjektivne procene nivoa glasnosti. Ukoliko želite da prevedete jačinu zvuka u decibelima u zvučni pritisak, dovoljno je da podelite broj decibela sa 20, logaritmujete dobijeni broj, a zatim ovu vrednost pomnožite sa referentnim zvučnim pritiskom praga čujnosti koji iznosi  $2 \cdot 10^{-4}$  mikrobara. Tako se može izračunati da jačini zvuka od npr. 110 dB odgovara zvučni pritisak od 63,2 mikrobara.

### **- Koja je razlika između reverberacije i eha?**

Kada pustimo muziku u sobi, na zvučnu sliku utiču dve komponente: direktni zvuk, koji u pravoj liniji stiže sa zvučnika ili instrumenta do naših ušiju; i difuzni zvuk, koji nastaje višestrukim reflektovanjem (ehoima) sa zidova, plafona i poda sobe. Direktna komponenta zvuka utiče na stvaranje osnovne predstave o zvučnoj slici, dok difuzni zvuk određuje dve veoma važne osobine – jačinu i boju, na šta direktni zvuk ima uticaja samo u neposrednoj blizini zvučnih kutija. Zvuk se praktično oblikuje na zidovima sobe i stoga, ne treba da nas čudi što prostorija svojim akustičkim osobinama određuje njegov kvalitet. Naravno, što je bolja difuznost sobe, odnosno što je zvuk u njoj raspršeniji, interferencija zvuka (pojava preklapanja različitih talasa, pri čemu u različitim delovima sobe, neke zvučne frekvencije dolaze do većeg, a neke do manjeg izražaja, čime zvuk nije verno interpretiran) je slabije izražena. Difuznost sobe se karakteriše preko pojmova eha i reverberacije. Kao što smo rekli, eho predstavlja reflektovane zvučne talase, dok je reverberacija (ili jeka) vreme potrebno da se u jednoj prostoriji stiša određeni zvuk (jačine 60 dB) nakon niza reflektovanja. Eho i reverberacija su direktno srazmerni, jer što se zvuk više reflektuje, to on duže i traje. Na pojavu reverberacije, koja presudno utiče na kvalitet i jačinu zvuka, utiču prigušenost i veličina prostorije. Tako će jedan ton koji odsvirate u jednoj dnevnoj sobi trajati dvostruko duže od dužine odsviranog tona, dok će isti ovaj ton trajati čak šest puta duže ako ga odsvirate u koncertnoj dvorani ili crkvi. Kao posledica pojave reverberacije, sigurno ste primetili da je zvuk iste jačine uvek glasniji u sobi, nego u dvorištu, na ulici ili na obali mora. Kada tapkate košarkašku loptu u sali, znate da je zvuk tapkanja glasniji nego kada igrate košarku napolju. Reverberacija je osnovni razlog što se ni pomoću najkvalitetnije *Hi-Fi* opreme ne može dočarati atmosfera jednog koncerta. Inače, naše uho je izuzetno osetljivo na detektovanje promena u reverberaciji, jer smo u stanju da registrujemo promene u jeci od samo 0,1 do 0,2 sekunde. Kada je prilikom snimanja nekog zvuka, neophodno da se eliminiše njegova difuzna komponenta, tada se snimanje vrši u gluvim sobama, čiji zidovi apsorbuju skoro sav zvuk koji dođe u kontakt sa njima. U najvećem broju soba, difuzni zvuk je za oko desetak decibela glasniji od direktnog zvuka, dok je u sobama sa posebno dobro reflektujućim zidovima (npr. u kupatilu, čiji su zidovi pokriveni keramičkim pločicama), difuzni zvuk još glasniji u odnosu na direktni.

### **- Šta je to beli šum?**

Beli šum (ili bela buka) predstavlja zvuk koji se dobija istovremenim kombinovanjem svih mogućih zvučnih frekvencija. Tako, ako istovremeno emitujemo sve tonove koje pripadaju našem čujnom opsegu, dobićemo belu buku. Ovaj šum se naziva belim po analogiji sa belom bojom u prirodi. Naime, bela boja predstavlja zapravo kombinaciju svih boja, u šta

se možemo i uveriti ukoliko propustimo belu boju kroz prizmu, prilikom čega će se boje iz bele svetlosti razdvojiti. Slično tome, kada bismo podelili beli šum na zvuke različitih frekvencija, dobili bismo da je intenzitet zvuka na svim frekvencijama podjednak. Pošto beli šum sadrži u sebi sve frekvencije, on se često koristi za maskiranje drugih zvukova. Tako, ako želite da maskirate zvuk sa televizije, možete da uključite ventilator, fen ili mašinu za veš, jer većina električnih uređaja sasvim solidno aproksimira beli šum radom svojih sastavnih delova. Pojam šuma se često koristi i ne vezano za zvuk. Naime, fizičari definišu šum kao nepredvidljive promene neke veličine u vremenu (ili u prostoru). Međutim, osim belog šuma kod koga je srednja vrednost amplitude tonova na svim frekvencijama jednaka, postoje i  $1/f$  i  $1/f^2$  (tzv. Braunovo kretanje koje se zapaža kada spustimo česticu prašine na površinu mirne vode) šumovi čiji su nazivi povezani sa funkcionalnom zavisnošću srednje amplitude sa frekvencijom. Naime, kod  $1/f$  i  $1/f^2$  šumova, intenzitet zvuka opada sa njegovom frekvencijom, pri čemu je brzina opadanja veća kod šuma  $1/f^2$  nego kod šuma  $1/f$ . Pošto beli šum predstavlja najneprirodniji i "najslučajniji" od svih vrsta šumova, on se može proizvesti pomoću generatora pseudo-slučajnih brojeva (na primer kompjutera), pri čemu ne postoji nikakva korelacija od tačke do tačke. S druge strane,  $1/f$  šum predstavlja najprirodniji šum, jer se najčešće sreće u prirodi. Ovaj šum se sreće u mnogim sistemima: u skoro svim elektronskim komponentama počev od jednostavnih ugljenih otpornika pa do vakuumskih cevi i svih poluprovodničkih uređaja; kod svih uređaja za merenje vremena, od najtačnijih atomskih satova i kvarcnih oscilatora do starih pešćanih satova; u strujanju mora i okeana i godišnjem kolebanju nivoa Nila; u malim naponima na membranama nervnih ćelija kao rezultata toka natrijumovih i kalijumovih jona, pa čak i u protoku automobila na autoputu.  $1/f$  šum se takođe javlja i u muzici. Jedno od najzuidljivijih otkrića bilo je da skoro sve muzičke melodije liče na  $1/f$  šum. A pošto težnja muzike i jeste jedinstvo sa prirodom, ona poseduje isti odnos predvidljivog i neočekivanog kao  $1/f$  šum.

## - Šta je to sonoluminiscencija?

Sonoluminiscencija predstavlja zvukom izazvanu emisiju svetlosti od strane mehurića u tečnosti. Naziv ove pojave potiče od reči *sono* što znači zvuk i reči luminiscencija koja se odnosi na sve vrste svetljenja. Ova pojava je otkrivena 1934. godine prilikom jednog eksperimenta na Univerzitetu u Kelnu, a do danas još uvek u potpunosti nije razjašnjen uzrok ove pomalo neobične pojave. Danas se mogu napraviti veoma stabilni mehurovi (prečnika od po oko 1 mikrometra) koji zahvaćeni stojećim akustičkim talasom emituju svetlost tokom svakog zvučnog pulsa. Ipak, da bi jedan niskoenergetski zvučni puls mogao da izazove emisiju svetlosti na jednoj tako maloj zapremini kao što je mehur, on bi morao da se trilion puta koncentriše u delu prostora da bi njegova energija bila dovoljna da izazove prebacivanje elektrona u atomima na pobuđeno stanje, a zatim i emisiju svetlosnih fotona sa njihovim povratkom na osnovna energetska stanja u atomima. Uz ovo, spektar emitovane svetlosti se u najvećem delu sastoji od fotona veoma niskih talasnih dužina koji uglavnom pripadaju ultraljubičastoj svetlosti. Što je manja talasna dužina fotona, to je njihova energija veća, a dobijeni spektar sonoluminiscencije mehurova ukazuje da bi temperatura u njima morala premašivati 10 000 °C, a najverovatnije bi bila jednaka oko milion °C, što bi je učinilo veoma interesantnom za npr. aktiviranje reakcija fuzije (za koje su potrebne ovako velike temperature kao što su u zvezdama). Svetlosni bljeskovi koje emituju mehurovi su veoma kratki, s obzirom da traju manje od 12 pikosekundi (pikosekunda je jedan trilioniti deo sekunde). Takođe, frekvencija svetlosnih bljeskova je veoma stabilna, čak je stabilnija i od oscilatora koji stvara pobuđujuće zvučne talase. Uz sve ovo, a takođe iz još uvek nepoznatih razloga, dodatak male količine nekog plemenitog gasa (npr. helijuma, argona, ksenona ili neona) u gas u mehurovima, izaziva veliko povećanje intenziteta emitovane svetlosti.

## **- Šta je to rezonancija?**

Svako oscilatorno telo u prirodi poseduje svoju prirodnu (ili rezonantnu) frekvenciju, odnosno frekvenciju kojom bi oscilovao kada na njega ne bi delovala nikakva spoljašnja sila. Tako, npr. klatno dužine jednog metra, poseduje prirodnu frekvenciju od pola Herca, što znači da napravi jednu puno oscilaciju na svake 2 sekunde. Stoga, ako kucnemo klatno na svake dve sekunde, njegova amplituda će nakon određenog vremena postati veoma velika (više će se zanositi u stranu, ali će mu frekvencija ostati nepromenjena). Slično tome, svaki materijal u prirodi poseduje jednu ili nekoliko karakterističnih (prirodnih ili rezonantnih) frekvencija pri kojima vibriraju (vibracije su kvantne oscilacije) njegove elementarne čestice, odnosno atomi duž atomskih veza. Pod pojmom rezonancije se može smatrati i prisiljena vibracija atoma u okviru nekog tela. Ukoliko supstanci predajemo energiju na jednoj od njegovih rezonantnih frekvencija, doći će do sve intenzivnijeg vibriranja čestica, što u jednom trenutku može dovesti i do razdvajanja čestica koje može izazvati lom predmeta. Uzmite čašu vina, protrljajte njene krajeve sa vlažnim prstom i začujete blagu škripu i to baš na rezonantnoj frekvenciji te čaše (koja zavisi od oblika čaše, kao i količine vode u njoj). Mehanički talas pritiska pod dejstvom trenja predaje energiju molekulima stakla čaše i uzrokuje njihovu rezonanciju, a vibrirajuće staklo prenosi talas na okolne molekule vazduha, što čujemo kao zvuk. Ako predate staklu dovoljnu količinu energije na njegovoj rezonantnoj frekvenciji, doći će do njegovog lomljenja. Neki pevači su u stanju da otpevaju ton čija je frekvencija jednaka rezonantnoj frekvenciji predmeta i tako ga slome. Rezonanca je takođe, bila uzrok kolapsa mnogih mostova. Naime, nekoliko puta se desilo da se frekvencije vetrova poklope sa rezonantnom frekvencijom mosta i da ga na taj način prelome. Takođe, ako se vozite u kolima koja se tresu, onda se rezonantna frekvencija automobila verovatno poklopila sa frekvencijom rada motora.

## **- Zašto metalni predmeti odzvanjaju kada se udare?**

Predmet za koji kažemo da je sonorant odzvanja kada ga kucnemo nekim elastičnim predmetom, jer udarcem o zvučni materijal direktno delujemo silom na atome i molekule sa površine udara, dok indirektno delujemo silom i na skoro sve atome od kojih je sastavljen dati materijal. Naime, pod dejstvom naše sile, odgurnuli smo atome sa površine iz svojih ravnotežnih položaja i isivuš ih približili njima susednim atomima (ili molekulima) iz dubljeg sloja, što je dovelo do pomeranja svih atoma iz svojih ravnotežnih položaja. Ukoliko je materijal elastičan, onda će se svi njegovi atomi vratiti u prvobitne položaje da bi se zatim zaneli u suprotnom pravcu, pa se formira oscilovanje atoma napred-nazad tako da se talas prenosi kroz celo telo i njegove konstitutivne čestice vibrirajući prenose talase na okolni vazduh što čujemo kao zvuk, čija amplituda kao i amplituda udarcem izazvanog pojačanog oscilovanja čestica oko svojih ravnotežnih položaja, usled rasipanja mehaničke energije (koju smo uložili delovanjem sile) na talase pritiska u vazduhu, polako se smanjuje tokom vremena, pa zvuk postaje sve tiši. Skoro sve metale karakteriše visok Jungov modul elastičnosti (koji je stotinak puta veći od istog modula kod drveta ili jakih plastika) koji se definiše kao količnik primenjene sile po jedinici površine materijala i deformacije (količnika određene prostorne dimenzije tela pre i tokom dejstva sile) tela. Što je veći modul elastičnosti materijala, to će zvuk koji on stvara biti veće frekvencije. Tako, čelik koji poseduje veoma veliku vrednost modula elastičnosti, proizvodi veoma visok, skoro pišteći zvuk, dok olovo, kalaj ili natrijum, čiji su moduli elastičnosti znatno manji (u šta se možemo uveriti ukoliko delujemo jednakom, ali i dovoljno velikom silom na olovo i na čelik, lako ćemo primetiti da će se olovo mnogo više deformisati) stvaraju prilično dubok zvuk. Staklo poseduje sličnu vrednost modula



elastičnosti kao i aluminijum, pa oboje proizvode karakterističan zvonasti zvuk koji možemo čuti ukoliko kucnemo čašu za vino (frekvencija će u ovome slučaju zavisiti i od nivoa vode u čaši usled formiranja stojećeg talasa koji se odbija od vode i zidova čaše). Dužina odzvanjanja materijala je povezana sa mehanizmom i brzinom rasipanja energije koju smo preneli telu čime smo izazvali pojačano oscilovanje atoma. Metali veoma sporo rasipaju ovu energiju, pa stoga i zvuk njihovog odzvanjanja traje prilično dugo. Naravno, sva čvrsta tela u prirodi zavibriraju kada se kucnu, ali čujni zvuk proizvode samo ona tela čija je frekvencija oscilovanja u našem čujnom opsegu (od 20 do 20 000 Hz). Takođe, što je materijal savršeniji kristal (tj. što sadrži manje odvojenih zrna, pukotina, šupljina itd.), to će zvuk koji on stvara biti čistiji. Metali se mogu zamisliti kao pozitivni joni koji su potopljeni u moru valentnih elektrona (elektrona koji mogu slobodno da prelaze sa atoma na atom, što metale čini elektroprovodnim), što im pruža izvesnu homogenost, koja je neophodna kako bi materijal bio zvučan. Ipak, ukoliko se šupljine u materijalu prave namerno, tada se mogu postići odlični zvučni efekti, slično bronzanim (bronzina je legura kalaja i bakra) zvonima (koja se izlivaju odozgo što stvara naglo slivanje metala nadole i formiranje nesavršene kristalne strukture sa mnogo defekata), od kojih je najveći broj prepun pukotina (kao npr. Big Ben u Londonu ili Veliko zvono u Moskvi), ali to im ne smeta da pružaju čaroban i sjajan zvuk.

### **- Zašto se promućkana konzerva gaziranog pića neće prelići po nama ukoliko je kucnemo metalnim predmetom pre nego što je otvorimo?**

Kucnuvši nekoliko puta promućkanu konzervu gaziranog pića sa nekim metalnim predmetom kao što je npr. kašika ili ključić, stvaramo pri svakom mehaničkom kontaktu dva metala po jedan visokofrekventni talas pritiska (zvuk) koji se širi kroz tečnost. Ovaj talas izaziva fine vibracije u piću čime se oslobađaju mehurovi čiju smo nukleaciju (u ovom slučaju skupljanje molekula ugljen dioksida u mehurove) prethodno izazvali mehaničkom energijom mućkanja. Manji mehurovi rastvorenih gasova se kombinuju u veće mehurove koji se zatim skupljaju pri samom vrhu konzerve, gde se mešaju na vazduhom ili ugljen dioksidom koji ispunjava gasoviti sloj iznad površine tečnosti. Stoga, kada otvorimo konzervu, odnosno kada naglo smanjimo pritisak iznad gazirane tečnosti čime nestaje ravnoteža između gasa rastvorenog u tečnosti i gasa iznad nje, što dovodi do težnje ka izdvajanju rastvorenih gasova iz tečnosti, gasni mehurovi se ne oslobađaju naglo povlačeći sa sobom tečnost i raspršujući je u okolinu, već u vidu mlaza sa površine tečnosti mirno izlaze iz konzerve. Naime, nakon što smo mućkanjem konzerve izazvali pojavu mehurića gasova u tečnosti, otvaranjem konzerve, rastvoreni gasovi neće imati samo jednu površinu (onu iznad tečnosti) na kojoj će se izdvajati, već će i mehurići u tečnosti biti povoljna mesta za rast gasne faze, što upravo dovodi do rasprskavanja tečnosti usled naglog rasta gasnih mehurića unutar tečne faze. Drugi trik za izbegavanje prosipanja pića kao posledice naglog izjednačavanja pritiska u konzervi i van nje, je da pažljivo oslušujemo zvuk koji dolazi iz promućkane konzerve. Ukoliko se čuje tiho šuštanje, to znači da se mehurići u piću i dalje stvaraju pod dejstvom prenete energije, pa bi trebalo da sačekamo još malo sve dok više ne čujemo zvuk iz nje, što znači da se ravnoteža povratila i da mehurići ugljen dioksida više ne nastaju u tečnosti.

### **- Da li se zvuk kreće brže kroz vodu ili kroz drvo?**

Zvuk putuje kao poruka koja se u obliku pomeraja iz ravnotežnih položaja, prenosi sa atoma na atom. U najvećem broju slučajeva, što je manji razmak između atoma, to će se zvuk brže prenositi. Slično dominama, koje najbrže padaju kada se nalaze na najmanjem međusobnom rastojanju. Stoga, iako se zvuk najčešće brže kreće u gušćim nego u ređim telima, to ne važi za slučaj drveta i vode. Samo drvo je mnogo gušće od vode, ali su drvene

daske najčešće veoma porozne, što znači da imaju mnogo praznina ispunjenih vazduhom u sebi, pa stoga, parče drveta najčešće pluta na vodi, jer ga prisustvo laganog vazduha u svojim šupljinama čini znatno ređim od vode. Iako je voda gušća od parčeta drveta, brzina zvuka u drvetu je više od 3 puta veća od brzine zvuka u vodi. Drvo nije homogeno i sastoji se u najvećoj meri od vlakana celuloze čiji su atomi veoma čvrsto i stabilno povezani, za razliku od pokretljivih i fluidnih molekula vode koji su u stalnom pokretu. S obzirom da je zvuk talas pritiska koji se prenosi sa atoma na atom, očigledno je da će se poruke bolje prenositi kroz drvenu sredinu u kojoj su atomi fiksirani i čvrsto povezani, nego kroz promenljivu (fluidnu), vodenu sredinu. Ipak, treba znati da ne utiče samo gustina, tj. bliskost čestica, na brzinu zvuka. Tako je, npr. olovo 3-4 puta gušće od aluminijuma, ali se zvuk prostire 4 puta brže u aluminijumu, nego u olovu. Drugi faktori koji utiču na brzinu zvuka su veličine atoma, privlačne i odbojne sile među njima, kao i celokupna mikrostruktura (dimenzije kristalnih zrna, poroznost itd.).

### **- Da li se brzina zvuka u nekoj sredini može spustiti na jedan metar u sekundi?**

Zvuk predstavlja talas pritiska koji se prostire kroz neku materijalnu sredinu, slično kao kada srušimo niz domina tako što gurnemo samu prvu od njih. Brzina kojom se prostiru ovi talasi od atoma do atoma u suvom vazduhu na temperaturi od 0°C iznosi 331,6 m/s, dok se na temperaturi od 20°C, brzina zvuka povećava do 344 m/s. S druge strane, zvuk se mnogo brže prostire kroz vodu i većinu drugih tečnosti, dok se još brže prostire kroz materijale, a posebno one sa što jačim međuatomskim vezama i sa što lakšim atomima, kao što je npr. dijamant. Stoga bi se brzina zvuka mogla spustiti do samo jednog metra u sekundi isključivo u nekom gasu i to na veoma niskoj temperaturi. Brzina zvuka u gasu zavisi takođe i od mase atoma (ili čestica) gasa i to tako što se sa smanjenjem njihove mase povećava brzina kojom one prenose zvučne talase. Međutim, u slučaju kada masa čestica gasa postane velika, a kada je temperatura mala, gas će se kondenzovati u tečnost (ili u slučaju ugljen dioksida u kristal), pa će se u tom stanju povećati brzina zvuka kroz njega. Sobna temperatura iznosi 27°C ili 300 K. Gasovima kao što su kiseonik ili azot možemo smanjiti temperaturu do oko 75 K, a da oni i dalje ostanu u gasovitom stanju. Međutim, s obzirom da je brzina zvuka u gasu srazmerna kvadratnom korenu iz količnika temperature gasa i mase njegovih čestica, ovako bismo smanjili brzinu zvuka za samo 50 %, što je i dalje veće od 100 m/s. Ako bismo koristili helijum, tada bismo mogli da smanjimo temperaturu do oko 4 K, ali atomi (a i molekuli) helijuma poseduju veoma malu masu, pa na taj način opet nećemo dobiti isuviše malu brzinu zvuka. Međutim, da bismo sprečili prelazak gasa u tečnost na temperaturi ispod njegove tačke isparavanja pri atmosferskom pritisku, moramo mu smanjiti pritisak (odnosno gustinu), a interesantno je da brzina zvuka skoro uopšte ne zavisi od pritiska. Ipak, to opet ne znači da bismo mogli da smanjujemo brzinu zvuka koliko god hoćemo putem smanjenja pritiska i temperature. Naime, pritisak gasa je mera sudara između njegovih čestica, a pri veoma niskim pritiscima, vreme koje protekne između dva sudara između gasnih atoma ili molekula postaje isuviše dugo, a zvuk može da se prostire kroz materiju samo ako su frekvencije zvuka male u odnosu na recipročnu vrednost prosečnog vremena koje protekne između dva sudara između susednih atoma ili molekula materije tokom prenošenja zvučnog talasa. Stoga, ako želimo da postignemo brzinu zvuka od oko jednog metra u sekundi, morali bismo da se koristimo materijom na veoma niskim temperaturama (manjim od 0,01 K) i veoma niskom pritisku, pri čemu bismo kroz nju mogli da prenosimo samo veoma niske frekvencije zvuka.

### **- Kako pevaju pešćane dine?**

Peščane dine stvaraju dva različita muzički skladna zvuka prilikom smicanja peska u procesu odronjavanja, a ovi zvuci se u zavisnosti od svoje frekvencije dele na tipove zviždućeg i treskajućeg peska. Visokofrekventni zviždući zvuci opsega od 500 do 2500 Hz pojavljuju se u pustinjским dinamama, kao i u pesku na plaži, češće u vlažnom nego u suvom pesku, a traju najčešće kraće od sekunde. Ovaj zvuk se može čuti kada prođemo rukom ili olovkom kroz malo peska, a jedan od preduslova za ovakvo zvučanje peska su obla i sferična zrna peska. Frekvencija zvučnog talasa je povezana sa srednjom veličinom zrna, a oblik površine zrna određuje veličinu amplitude talasa, odnosno glasnoću zvuka. Zvuk “treskajućeg” peska odgovara opsegu nižih frekvencija od 50 do 264 Hz i traje duže nego zvuk zviždanja, a česta je pustinjska pojava, pa se ponegde naziva i pesmom peska. Kada se suvi pesak akumulira do tačke kada može da se obruši, pod dejstvom vetra brzine nekoliko metara u sekundi dolazi do smicanja slojeva peska, što dovodi do interakcije između zrna peska i stvaranja kako akustičke (koja putuje kroz vazduh), tako i seizmičke (koja putuje kroz Zemlju) komponente zvučnog talasa. Da bi peščane dine stvarale ovakve tutnjeće zvuke, potrebno je da zrna peska budu veoma uglačana i obla.

### **- Da li nas drugi čuju drugačije nego mi sami?**

Ukoliko ste nekada snimali svoj glas na magnetofonu ili kompjuterskoj memoriji, verovatno ste primetili da vam glas ne zvuči isto okako kako ga vi sami čujete. Razlog ovoj pojavi leži u tome što kada nas sluša neko drugi, zvuk do njih dolazi samo putem vazduha, dok kada slušamo sebe, zvuk se prenosi kroz vazduh, ali i preko naše glave, što dovodi do znatno bogatijeg spektra frekvencija zvuka u ovom drugom slučaju. Kada škljockamo zubima, mrmljamo, pevujemo u sebi ili grickamo bombonu, zvuk se do naših ušiju prenosi uglavnom preko kostiju. Kada se govor prenosi vazduhom, neke njegove komponente niske frekvencije (dublji tonovi) se gube, tako da preovlađuju frekvencije iznad oko 300 Herca, pa zbog toga naš glas zvuči više, tanje i manje snažno drugima nego nama samima. Mi imamo tu prednost da ga čujemo provođenjem i kroz kosti i kroz vazduh.

### **- Zašto su ulice tako tihe kada padne sneg?**

Svež sneg apsorbira zvučne talase poput zvučnih izolacionih materijala. U snegu se između malih pahuljica nalaze milijarde sitnih šupljina u koje prodiru molekuli vazduha, noseći zvučnu energiju koja se gubi u džinovskom lavirintu mikroskopskih tunela. Zvučni talasi ne mogu da nađu izlaz i nestaju, pretvarajući svoju energiju u toplotu. Tišina koju donosi sneg prigušuje zvuke ljudskih naselja i doprinosi tako tihom izgledu ulica pokrivenih snegom. Jedini zvuk koji remeti ovako idiličnu tišinu snežnih predela predstavlja škripanje snega pod našim koracima. Možda ste primetili da sneg škripi pod nogama samo kada je veoma hladno, dok ne škripi kada je temperatura vazduha blizu 0°C. Naime, pritisak kojim delujemo našom težinom na sneg, snižava tačku mržnjenja vode, što znači da će voda postojati i na nešto nižoj temperaturi od 0°C. Kristali snega se usled toga, u slučaju nedovoljno hladnog vremena, prekrivaju tankim podmazujućim slojem vode koji sprečava škripanje snega kao posledice trenja između kristala leda. Iz istog ovog razloga je po nedovoljno hladnom vremenu teško napraviti snežnu grudvu, jer se voda topi pod povećanim pritiskom.

### **- Kako nastaju gromovi?**

Gromovi nastaju kao posledica munje, tj. toka elektrona između dva oblaka ili između oblaka i Zemlje. Vazduh koji okružuje svetleći tok elektrona postaje vruć, što znači da

njegove čestice dobijaju velike energije kretanja i eksplozivno se šire u svim pravcima. Naime, vazduh oko munje dostiže temperaturu od oko 10 000 °C, pa se ovi vrući molekuli vazduha brzo, eksplozivno odbacuju u stranu ka hladnijem okolnom vazduhu. Ova eksplozija stvara skoro vakuumsku cev duž putanje najmanjeg otpora koja prati munju kroz vazduh. Vazduh se u ovoj virtuelnoj cevi brzo širi i skuplja (tokom samo jednog milionitog dela sekunde) stvarajući tako talase pritiska, odnosno zvučne talase, čije odjeke i refleksije od Zemljinog čvrstog ili vodenog tla, objekata sa Zemljine površine ili oblaka čujemo kao zvuk groma. Pošto pravac duž koga se prostire munja nije pravolinijski i skoro uvek zaklapa određeni ugao sa vertikalom na Zemljinu površinu, gromoglasni zvuci nastali u vazduhu oko iste munje, šireći se u svim pravcima, stizaće u različito vreme do slušaoca, što je osim refleksije zvuka još jedan razlog zašto je zvuk groma razliven u vremenu i zvuči tutnjeće. Inače, gromove možemo čuti i sa veoma velikih razdaljina, često i do oko 24 km, i pored toga što je svetlosti munje preprečen put do nas.

### **- Zašto strujovodi često bruje?**

Zvuk koji emituju visoko-naponski strujovodi potiče od energetskog pražnjenja koje se javlja kada je jačina električnog polja na površini provodnog materijala veća od jačine proboja (tj. jačine polja neophodne da započne tok struje) okolnog vazduha. Ovo pražnjenje je takođe odgovorno i za šum radio aparata, vidljivu svetlost u blizini provodnika, zatim tzv. korona pražnjenje u gasu itd. Intenzitet ovog pražnjenja zavisi od vlažnosti i gustine vazduha, vetra, kiše i magle. Voda povećava provodnost vazduha i tako smanjuje intenzitet pražnjenja. Takođe, nepravilnosti na površini provodnika, kao što su zarezi ili talozi iz vazduha, povećavaju intenzitet pražnjenja, a samim tim i brujanje strujovoda, pa je to i razlog zašto stariji strujovodi više bruje od novijih.

### **- Zašto šumi drveće?**

Pobuđivanje zvuka pri susretu vazdušne struje sa krošnjom drveta nastaje usled sudaranja listova jednih sa drugim i sa granama drveta, kao i usled vrtložnog kretanja koje se stvara oko grana i lišća, kao i četinarskih iglica. Razne vrste drveća stvaraju različite šumove. Duboko i potmulo "mrmljanje" hrasta nastaje usled međusobnog sudaranja njegovih listova i grana, što spada u oblast niskih zvučnih frekvencija; zviždući fijuci bora stvaraju se usled vrtložnog kretanja oko igala ovog četinarara i pripadaju oblasti viših frekvencija. U proleće, kad je lišće na drveću mlado i nežno, njihovo šuštanje je mekše nego u jesen, kada lišće postaje tvrđe.

### **- Zašto ljudi hrču?**

Hrkanje nastaje kada postoji prepreka slobodnom proticanju vazduha kroz prolaze iza nosa i usta. Zvuk hrkanja nastaje kada vazduh koji se udiše kroz usta tokom sna zavibrira meko tkivo koje se nalazi na mestu na kome jezik i gornji deo grla susreću uvulu (onaj mali jezičak koji slično stalaktitu visi ispred krajnika) i meku palatu. Uz pomoć istog ovog mekog tkiva, mi gutamo, grgočemo ili pričamo kao Paja Patak. Ipak, hrkanje tokom sna posledica je prevelike količine ovog tkiva, koje se opušta i vibrira tokom disanja, stvarajući karakteristične zvučne talase – hrrrrk, paću, hrrrrk, paću... Vibriranje ovog mekog tkiva može izazvati i vibriranje usni, obraza i nozdrva, čineći tako zvuk hrkanja još intenzivnijim. Najglasnije do sada izmereno ljudsko hrkanje na našoj planeti je bilo jednako glasnoći od čak 93 decibela. Najčuveniji trik za borbu protiv hrkanja je da ubacimo tenisku lopticu u čarapu, i da zatim tu čarapu vežemo za leđa glasnom sanjalici, kako bi bio prisiljen da se okrene na stranu, a

poznato je da se ležanjem na strani (kao i spavanjem na većem jastuku) znatno redukuje hrkanje.

### **- Zašto nam se promeni boja glasa kada udahnemo helijum?**

Zvuk nastaje kada nešto sabije vazduh, tj. poveća pritisak u jednoj oblasti, pa se povišeni pritisak u talasima prenosi kroz vazdušni ili neki drugi materijalni prostor. Broj molekula u zatvorenoj zapremini nekog gasa na datoj temperaturi i pritisku je isti, nezavisno od vrste gasa. Gas helijuma ima molekulska težinu od 4 grama po molu, a u jednom molu postoji tačno  $6,02 \cdot 10^{23}$  molekula. Glavne komponente vazduha su teže od helijuma, a 80 % vazduha sačinjava azot čija je molekulska masa jednaka 28 grama po molu, što znači da je samo azot sedam puta teži od helijuma, što opet znači da se zvuk, tj. talas pritiska brže prostire kroz lakši helijum, nego kroz teži vazduh. Kada udahnemo helijum, tj. ispunimo naša pluća ovim gasom, i počnemo da pričamo, tada naš glas, tj. niz talasa pritiska napušta helijum iz pluća i prelazi u gušću atmosferu vazduha, prilikom čega se ovaj talasni "voz" iznenada uspori, što dovodi do smanjenja talasne dužine talasa (dok frekvencija zvučnog talasa ostaje nepromenjena). Naše uši interpretiraju ovo usporavanje i iznenadno zbližavanje talasa na prelazu iz ređe atmosfere helijuma u gušću atmosferu vazduha kao višlje tonove nego kada su glasovni talasi pritiska normalno razdvojeni. S druge strane, kada biste se vi i vaš drug nalazili u sobu ispunjenoj helijumom, vaš glas bi brže stizao do prijateljevih ušiju, ali promene u visini zvuka ne bi bilo, jer ne bi postojalo usporavanje talasa. Osim ovog objašnjenja promene nivoa zvuka prilikom udisanja helijuma, postoji i drugo objašnjenje na osnovu koga naše glasne žice, "naštimovane" za atmosferu vazduha, čine isti napor kada su okružene helijumom, ali pošto je helijum lakši od vazduha i pruža manji otpor oscilaciji glasnih žica, one će vibrirati sa nešto višom frekvencijom.

### **- Odakle potiče zvuk puckanja prstiju?**

Ako ste ikada ukrstili prste na rukama, okrenuli dlanove od vas i zatim savili prste onda sigurno znate kako zvuči krckanje prstiju. Ovaj zvuk potiče od rasprskavanja mehurića tečnosti koji okružuju zglobove. Dve različite kosti su spojene vezivnim tkivom i ligamentima, a oblast gde se susreću dve kosti zove se zglob. Kada ispružimo koleno ili savijemo prste mi izazivamo istežanje zgloba, odnosno povećanje zapremine vezivnog tkiva u okolini zgloba. Sa povećanjem zapremine bilo kog sistema, dolazi i do snižavanja pritiska u njemu, a sa opadanjem pritiska u telesnom fluidu koji okružuje zglob, dolazi i do opadanja rastvorljivosti gasova rastvorenih u njemu, pa se oni koncentrišu u vidu mehurova čije rasprskavanje stvara zvučne vibracije koje čujemo kao karakterističan zvuk krckanja zgloba na prstu ili kolenu. Nakon puckanja prstima, potrebno je oko pola sata da se ovi gasovi ponovo rastvore u fluidu, posle čega je opet moguće puckanje. Ipak, ukoliko vam je puckanje zglobovima navika, možete slobodno da je se odviknete jer ona ne proizvodi nikakve korisne posledice.

### **- Zašto se čuje bućkanje kada ističemo vodu iz flaše okrenute naopačke?**

Ovaj zvuk bućkanja potiče od vazduha koji ulazi u flašu kako bi popunio prazan prostor koji ostaje iznad tečnosti. Kako tečnost ističe, tako i pritisak iznad nje opada sve dok viši atmosferski pritisak ne potisne vazduh u flašu kako bi se izjednačili spoljašnji pritisak vazduha i pritisak vazduha u flaši. Ukoliko punu i otvorenu flašu vode ne okrenemo skroz naopačke, već je držimo pod manjim uglom tako da na otvoru ostane otvoreni prostor za

slobodan protok vazduha, onda nećemo čuti zvuk bućkanja, jer će vazduh ulaziti u flašu znatno kontinualnije, tiše i mirnije.

### **- Zašto su vodokotlići u avionima tako bučni?**

Kada aktiviramo običan kućni vodokotlić, pomoću male ručke povlačimo sifon i voda koja se nalazi u vodokotliću pod dejstvom gravitacije pada kroz šolju u septički rezervoar ili kanalizacioni sistem. Problem korišćenja ovakvih vodokotlića u prevoznim sredstvima kao što su avioni, autobusi ili brodovi je očigledan. Naime, svaki put kada bi se vozilo malo zatreslo, voda bi se razlila unaokolo. Stoga, avionski toaleti umesto pasivnih sifona koriste vakuum, pa se nazivaju vakuumskim toaletima. Kada "povučemo vodu" u avionskom toaletu, otvaramo ventil u kanalizacionoj cevi i vakuum iz cevi usisava sadržaj šolje i odvodi ga u rezervoar. Vakuumski toaleti koriste samo oko 2 litre vode ili plave sanitetske tečnosti za dodatno post-vakuumsko čišćenje šolje. Jedna od prednosti vakuumskih toaleta proističe iz veoma male potrošnje vode, a posebno ako oko dve litre potrošene vode prilikom svakog korišćenja toaleta uporedimo sa 4 do 10 litara vode koje potroše tipični kućni toaleti. Takođe, prečnik kanalizacionih cevi je znatno manji kod vakuumskih nego kod tradicionalnih instalacija. Pošto vakuumski toaleti ne koriste gravitaciju za pomeranje vode, oni mogu čistiti šolju u svim pravcima, a ne samo odozgo-nadole. Uz sve ovo, činjenica da se odvodna cev ne mora nalaziti ispod šolje znači i da se ne mora seći pod radi ugrađivanja ove cevi, već se ona može montirati u vazduhu pored šolje.

### **- Zašto *Harley Davidson* motori imaju specifičan brundajući zvuk?**

Obični četvorotaktni motor poseduje klip koji prolazi kroz taktove dovoda, kompresije, sagorevanja i ispusta tokom svake dve revolucije osovine. Kada vaša mašina za travu radi u prazno, možete čuti zvuk pop-pop-pop-pop od pojedinačnih udaraca klipa. Ovakav zvuk potiče od kompresovanih gsova u cilindru koji se oslobađaju kada se ispusni ventil klipa otvori, a što se dešava u svakoj drugoj revoluciji osovine. U uobičajenom slučaju, kada motor poseduje dva cilindra, rad klipova je utempiran tako da jedan ispaljuje tokom jedne, a drugi tokom druge revolucije osovine, što radu motora daje osećaj uravnoteženosti. Kod ovakvih motora, osovina poseduje dve šupljine pod uglom od  $180^\circ$  u koje se ubacuju klinovi klipova. Motor *Harley Davidsona* takođe poseduje dva klipa, a specifičnost *Harley* motora je u tome što njegova osovina poseduje samo jednu šupljinu za koju su vezana oba klipa. Ovakav dizajn je kombinovan sa prostornim uređenjem cilindara u obliku slova V, što znači da klipovi ne mogu da ispaljuju na parnim intervalima. Umesto da jedan klip ispaljuje na svakih  $360^\circ$  rotacije osovine, ispaljivanje klipova kod *Harley Davidson* motora ide ovako: prvi klip ispaljuje, nakon  $315^\circ$  rotacije osovine ispaljuje drugi klip, zatim se ništa ne dešava tokom obrtanja osovine za  $405^\circ$ , nakon čega opet prvi klip ispaljuje, a nakon  $315^\circ$  rotacije osovine opet ispaljuje drugi klip, pa opet  $405^\circ$  pauze itd. Kada motor radi u prazno, možemo čuti pop-pop zvuk praćen kratkim pauzama, što ispada kao pop-pop---pop-pop---pop-pop---..., što daje tako specifičan zvuk *Harley Davidson* motorima.

### **- Kako se muzika snima na kasetama?**

Audio i video kasete, flopi diskete, hard diskovi i magnetne kreditne kartice predstavljaju neke od primera magnetnih memorija koje skladište informacije na svojim površinama. Magnetne trake u audio i video kasetama sa sastoje od tankog plastičnog materijala koji je presvučen sa prahom feri oksida (gvožđe(III)oksida). Prilikom pravljenja magnetnih traka, čestice feri oksida se pomoću pomoćnog vezivnog sredstva lepe za plastičnu

površinu trake, a zatim se traka oblaže sa suvim podmazivačem kako bi se sprečilo odvajanje čestica feri oksida sa površine trake (a time i izlizavanja magnetne glave koja zapisuje podatke na traku). Fero oksid (gvožđe(II)oksid - FeO – poznatiji kao rđa) je crveno jedinjenje koje se sastoji od dvovalentnog jona gvožđa ( $Fe^{2+}$ ), dok se feri oksid ( $Fe_2O_3$ ), poznat i pod imenom magemit ili gama feri oksid, sastoji od trovalentnog jona gvožđa ( $Fe^{3+}$ ). Feri oksid je feromagnetni materijal što znači da se u magnetnom polju, magnetni momenti ovih čestica (zapravo atoma koji čine čestice) orijentišu u smeru polja i zadržavaju tu orijentaciju čak i nakon uklanjanja polja. Upravo ova osobina magnetnih traka, pruža im osobinu pamćenja zapisanih informacija, kao i njihovog brisanja i zapisivanja novih. Kasete su patentirane 1964. godine i od tada su na tržištu potisnule 8-kanalne magnetne trake i postale dominantan format magnetnog zapisa u audio industriji. Ukoliko otvorimo jednu kasetu (ili ukoliko je njen plastični omot providan, dovoljno je da pogledamo kroz nju) videćemo da se ona sastoji od dva kotura i namotaja trake oko njih, dva mala valjka (jedan sa donje leve, a drugi sa donje desne strane, a njihova uloga je da održavaju horizontalno kretanje trake u kasetofonu, gde se ona kreće standardnom brzinom od 4,76 santimetara u sekundi), kao i dve polovine plastičnog omota sa nekoliko rupa i šrafova koji služe da drže ove dve polovine spojenim. U jednoj kaseti čije trajanje iznosi oko 90 minuta, dužina trake je jednaka 135 metara. Tokom snimanja informacija na traku, glava kasetofona, koja zapravo predstavlja jedan elektromagnet, stvara magnetno polje u zavisnosti od audio električnog signala koji se provodi kroz namotaje žice ovog elektromagneta. Magnetno polje izaziva trajnu magnetizaciju čestica feri oksida na traci, a time i skladištenje željenih informacija na njoj. Tokom emitovanja muzike sa trake, magnetni zapis prolaskom pored glave indukuje strujni signal u namotajima žice, a ovaj signal se preko pojačivača dovodi do zvučnika, čije membrane vibriraju u zavisnosti od strujnog signala i tako u vazduhu stvaraju odgovarajuće talase pritiska koje opisujemo kao muziku. U uobičajenim kasetofonima, magnetna glava za čitanje i snimanje informacija je podeljena na dva elektromagneta koji su zajedno široki kao polovina širine trake. Svaki od ova dva elektromagneta snima i čita po jedan od dva stereo kanala koji se snimaju na traci i koji se posebno odvođe jedan na levi, a drugi na desni zvučnik kasetofona. Kada okrenemo stranu kasetu, tada dva elektromagneta na glavi dolaze u kontakt sa drugom polovinom trake na kojoj se mogu snimati drugi podaci. Takođe, osim glave za snimanje, kasetofoni obavezno poseduju i jednu glavu koja služi samo za brisanje trake. Naime prilikom presnimavanja trake, ona najpre prolazi pored razmagnetišuće glave koja briše signal sa trake, a tek onda traka prolazi pored glave koja na nju zapisuje nove podatke. Danas postoje u upotrebi 4 tipa kasete koje su poredane po rastućem kvalitetu snimka, a to su: tip 0 (originalna feri oksidna traka koja se retko gde još može videti), tip 1 (standardna feri oksidna traka, poznata i pod imenom *normal bias*, a *bias* je signal frekvencije 100 kHz koji se dodaje audio signalu tokom snimanja kako bi se snimljeni signal uklopio u linearni deo magnetizacione krive trake i na taj način se vernije snimio zvuk), tip 2 (hromna –  $CrO_2$  traka, u kojoj su čestice feri oksida pomešane sa česticama hrom dioksida) i tip 4 (metalna traka u kojoj se umesto metal oksidnih čestica koriste metalne čestice).

## - Kako radio prenosi muziku?

Radio talasi prenose muziku, priče, slike i podatke u nevidljivom obliku kroz vazduh i na rastojanja od po više miliona kilometara. Uz pomoć nekoliko elektronskih komponenti koje sve zajedno ne koštaju više od dolar ili dva i sami možete napraviti jednostavan predajnik i prijemnik radio talasa. U ranim danima radija, predajnici su predstavljali varnične kaleme koji su proizvodili varnice pri naponima od oko 20 000 Volti, a danas su ovakvi predajnici zabranjeni jer njihovo područje emisije obuhvata ceo spektar radio talasa. Sličan efekat stvaranja radio talasa možete postići ako kuckate metalnim novčićem o terminale

obične devetovoltne baterije ispred uključenog radio prijemnika, na čijim zvučnicima ćete čuti iste taktove kuckanja. Svi današnji radiji koriste kontinualne sinusoidne talase za prenos informacija, a različiti radio signali se razlikuju na osnovu različite frekvencije (broja oscilacija u sekundi) ovih sinusnih talasa. Svaki radio aparat poseduje dva dela: predajnik i prijemnik. Predajnik uzima neku vrstu poruke (glas spikera, TV slika, podaci za modem...), dešifruje ih u sinusoidalne talase i šalje u Svemir u obliku radio talasa. Prijemnik prima radio talase i dešifruje poruku na osnovu primljenih sinusoidnih talasa. Jednostavno kolo koje se sastoji iz paralelno vezanih kondenzatora i induktora može stvarati sinusoidni elektromagnetni talas koji se pojačava prolaskom kroz nekoliko tranzistora i šalje na antenu odakle odlazi u svim pravcima. Međutim, sam sinusoidni talas ne sadrži nikakvu informaciju, već je u svrhu odašiljanja informacije putem njega, neophodno izvršiti njegovu modulaciju na jedan od tri načina. U pulsnoj modulaciji (PM), sinusoidni talas se jednostavno uključuje i isključuje. Ova modulacija je veoma retka ali se ovako npr. modulišu signali kojima se šalju informacije svim radio satovima na planeti. Samo jedan pulsno modulirani predajnik je dovoljan da pokrije svojim signalom čitav kontinent. U amplitudnoj modulaciji (AM), vrši se menjanje amplitude sinusoidalnih talasa. Tako se npr. sinusoidni talasi nečijeg glasa mogu prevući preko nosećeg sinusoidnog talasa, što kao rezultat daje menjanje amplitude nosećeg talasa. U frekventnoj modulaciji (FM) koju koristi mnoštvo radio stanica i bežičnih tehnologija, vrši se blago variranje frekvencije nosećeg talasa u zavisnosti od talasastog signala informacije. Kod prenosa muzike preko radija, radio stanica vrši amplitudno ili frekventno moduliranje noseće frekvencije sa signalom muzike, a ovako modulirani električni signal se pre odašiljanja preko antene pojačava do snage od oko 50 000 Vati. S druge strane, naš radio prijemnik kod kuće poseduje antenu koja skuplja signal na podešenoj frekvenciji našeg radija. Okretanjem potenciometra tjunera se menja rezonantna frekvencija na kojoj osciluje rezonator (kolo koje se sastoji od kondenzatora i induktora) koji će dalje kroz kolo propuštati samo ovu rezonantnu frekvenciju. Ovako propušteni signal zatim prolazi kroz detektor, tj. demodulator, koji se kod AM prijemnika sastoji od diode koja propušta struju samo u jednom smeru, pa stoga "odseca" jednu stranu talasa, dok kod FM prijemnika, detektor prevodi promene u frekvenciji signala u zvučne talase. Propušteni demodulirani signal se dalje pojačava prolaskom kroz nekoliko tranzistora i šalje na zvučnike, odakle čujemo muziku.

### **- Zašto se zvuk radija u automobilu često prekida?**

Muzika koju slušamo preko radija u automobilu često je u stanju da se prekida jer dolazi do interferencije radiofrekventnih elektromagnetnih talasa koje prima naš radio prijemnik sa elektromagnetnim talasima iz nekog drugog izvora. Interferencija predstavlja susretanje dva različita talasa, pri čemu se kao rezultat njihovog preklapanja, tj. sumiranja, pojavljuje rezultujući talas, koji u slučaju bilo kakve ne-konstruktivne interferencije ne nosi bilo kakav jasan signal, već najčešće dovodi do šuštanja naših televizijskih, radio i drugih antenskih prijemnika. Elektromagnetni talasi sa kojima interferira signal koji prima radio prijemnik u kolima može poticati iz unutrašnjosti automobila ili iz njegove okoline. Najčešći izvori interferencije u kolima potiču iz električnog sistema automobila, i to posebno iz varničnih žica, koje vremenom degradiraju pod dejstvom toplote motora ili hemijskog razlaganja motornih fluida, kao što su ulja, maziva, fluid za kočenje ili antifriz. To je i razlog zašto je interferencija radio signala izraženija kod starijih automobila. Drugi izvor interferentnih elektromagnetnih talasa u automobilu može poticati iz sistema za napajanje automobila. Generator električne struje koji napaja baterije automobila predstavlja magnet koji se pokreće kroz namotaje žice i na taj način stvara naizmeničnu električnu struju koja se pojačava uz pomoć dioda, pri čemu se napon prevodi u direktnu struju koja se koristi za



napajanje baterija. Ovakav jedan sistem predstavlja izvor elektromagnetne energije, a time i elektromagnetnih talasa, koji su u stanju da interferiraju sa elektromagnetnim signalom koji prima automobilski radio. Za izolovanje automobilske radio aparata od ovakvih izvora interferentnih talasa, možete obići neki auto servis ili prodavnicu elektronskih ili automobilskih delova, gde možete nabaviti interferentni filter. S druge strane, privremenu interferenciju radio prijemnika u kolima izazivaju neki spoljašnji izvori elektromagnetnih talasa, kao što su strujovodi, transformatori, generatori i drugi radio-komunikacioni predajnici.

### **- Zašto se signali FM radio stanica čuju i ispod mostova za razliku od AM signala?**

Ukoliko ste se nekada vozili u automobilu slušajući muziku sa radija, sigurno ste primetili da signal sa AM (Amplitudno Modulisanih) radio stanica prestaje da dolazi do radio prijemnika u kolima svaki put kada ona prolaze ispod mosta ili nadvožnjaka, kroz tunel ili ispod većih strujovoda. Naime, svaki sistem koji se sastoji od metalnih žica predstavlja Faradejev kavez, odnosno strukturu koja blokira prolaz elektromagnetnim talasima čija frekvencija zavisi od finoće ove metalne strukture. Standardni AM signali se prenose na frekvenciji od 800 kHz, FM signali se nalaze u opsegu od 80-110 MHz, dok frekvencija kratkih radio talasa iznosi oko 10 GHz. Što je veća frekvencija elektromagnetnih talasa, to je potrebno napraviti gušću mrežu metalnih niti da bi se blokirao prolaz svetlosti, što je i razlog zašto vrata mikrotalasne pećnice poseduju tako finu metalnu mrežu. FM talasi poseduju znatno veću frekvenciju od AM talasa, pa će stoga i u većoj meri prolaziti kroz mostove i druge metalne konstrukcije za razliku od AM talasa. Slična pojava se dešava i u jonosferi, sloju atmosfere koji se prostire između nadmorskih visina od 50 do 1000 km, i koji je ispunjen jonizovanim česticama kao posledicama stalnog pristizanja visoko-energetskog kosmičkog zračenja. Naime, AM talasi se odlično refraktuju od jonosfere i odbijaju ka Zemlji te tako i imaju veći domet od FM talasa koji uglavnom prolaze kroz jonosferu (kao i svi elektromagnetni talasi čije talasne dužine spadaju u opseg između 8 mm i 20 m) i nastavljaju svoj put kroz Kosmos. Ipak, svi radio signali, kako AM, tako i FM se odlično reflektuju od strane svih zemaljskih predmeta, a razlog zašto se FM radio ponekad slabije čuje u gradu od postojanog AM radija je u tome što su FM signali usled veće frekvencije od AM signala znatno podložniji interferenciji sa drugim FM talasima odbijenim od zgrada, kuća i drugih stvari.

### **- Zašto se neke radio stanice bolje čuju noću nego preko dana?**

Radio talasi se kreću pravolinijski, pa bi bilo prirodno očekivati da usled zakrivljenosti Zemljine površine, nijedna radio stanica nije u stanju da odašilje svoje talase na rastojanja veća od 100 kilometara. Kratki radio talasi su ipak ponekad u stanju da obiđu celu zemljinu kuglu, a AM radio stanice noću mogu emitovati talase i stotinama kilometara oko sebe. Objašnjenje ove pojave bi trebalo potražiti u sloju atmosfere koji se zove jonosfera. Atomi iz ovog sloja atmosfere u sudaru sa fotonima Sunčeve svetlosti gube elektrone, postaju jonizovani i u tom stanju imaju sposobnost da reflektuju radio talase određene frekvencije. Na taj način, neki radio talasi obilaze celu Zemljinu kuglu odbijajući se naizmenično od Zemlje i jonosfere. Sastav jonosfere je različit tokom dana i tokom noći, a po svemu sudeći, izgleda da jonosfera u nedostatku Sunčeve svetlosti bolje reflektuje radio talase, pa se stoga neke radio stanice bolje čuju noću nego danju. Takođe, tokom noći oko nas postoji znatno manje različitih radio talasa, jer najveći broj radio i televizijskih stanica emituje svoje programe

uglavnom preko dana, dok noću prave radne pauze. Stoga, tokom noći, radio signali manje interferiraju sa drugim talasima, pa je i njihov prijem na radio prijemnicima znatno jasniji.

### **- Zašto kretanje po sobi ponekad utiče na jasnoću prijema radio signala?**

Sigurno nam se nekada desilo da slušajući muziku preko radio prijemnika, stanemo u takav položaj da se muzika sa radija pretvori u šuštanje ili u signal sa neke druge stanice koja emituje program na skoro identičnoj frekvenciji. Naime, talasna dužina radio talasa koji su stalno oko nas iznosi oko 3 metra u slučaju talasa sa FM radio stanica. Elektromagnetni talasi ovako velikih talasnih dužina se skoro uopšte ne apsorbuju u telima sa kojima dođu u kontakt, već se u potpunosti reflektuju ili eventualno propuštaju. Tako, osim što antena našeg radio prijemnika prima talase direktno od antene predajnika radio stanice, ona prima i talase reflektovane od strane zidova sobe u kojoj se nalazi radio, kao i od nameštaja i živih bića u njoj. Kada se ovi reflektovani talasi susretnu, oni se sabiraju među sobom kao i sa talasima koji dolaze direktno sa antene predajnika. Ovakva pojava sabiranja talasa se naziva interferencijom i rezultujući talas koji dolazi do antene će zavistiti od razlike u fazi i razlike u intenzitetima (amplitudama) talasa u susretu. Kada je razlika u fazi jednaka  $180^\circ$ , odnosno takva da se breg talasa poklopi sa doljom drugog talasa doći će do destruktivne interferencije i u slučaju kada su oba talasa jednakih intenziteta, rezultujući talas neće ni postojati, slično kao kad oduzmemo dva jednaka broja i dobijemo nulu. Međutim, kada se dva talasa jednakih intenziteta susretnu tako da među njima nema razlike u fazi, amplituda rezultujućeg talasa će biti jednaka zbiru amplituda preklapljenih talasa i dobićemo intenzivniji, rezultujući talas pa će i zvuk na radiju tada biti jasniji. U slučaju kada raspored nameštaja ili zidova u sobi izaziva delimično destruktivnu interferenciju signala, tada pomeranjem antene menjamo faznu razliku između talasa u susretu čime možemo naći položaj antene pri kome ona prima dovoljno intenzivan rezultujući signal. Mnogi FM radio prijemnici poseduju posebno kolo koje skroz utiša zvuk sa radija kada prijemni signal padne ispod određene granice, a na taj način se eliminiše šuštanje koje nastaje usled delimično destruktivne interferencije direktnog talasa sa talasom reflektovanog od nas. Međutim, ovu pojavu našeg uticaja na signal sa radija kada se šetamo po sobi ne bi trebalo da mešamo sa pojavom da je signal postojan samo kada se nalazimo blizu radija ili kada ga dodirujemo. Ova pojava je povezana sa preplitanjem signala između kola za automatsko pojačavanje i kola za automatsko podešavanje frekvencije. U ovom slučaju, kada se nalazimo blizu radija, talasi reflektovani od nas dolaze do antene, čime se menja jačina prijemnog signala, što podstiče sam radio na fino podešavanje prijemne frekvencije putem posebnog kola.

### **- Zašto pomoću ultrazvučnog TV daljinskog upravljača možemo da stišamo vatru u kaminu?**

Još u 19. veku je bilo primećeno da zvuk, odnosno talasi pritiska u određenoj materijalnoj sredini (kao što je npr. vazduh kada slušamo muziku) znatno utiče na intenzitet plamen, kao i šum koji plamen proizvodi. Tako je i potpuno uobičajena pojava da emitujući ultrazvučni signal sa starog TV daljinskog upravljača (moderniji daljinski upravljači komuniciraju sa televizorom pomoću infracrvenog signala) ka vatri u kaminu znatno stišamo zvuk njenog pucketanja. Naime, u slučaju kamina koji stvaraju vatru u reakciji sagorevanja plina, akustički talasi usmereni duž vrha mlaznog otvora stvaraju smetnje u ravnomernom protoku gasa što dovodi do formiranja virova koji dovode do širenja oblasti u prostoru koje pokriva ovaj mlaz, a što dovodi do šireg i stabilnijeg plamena sa znatno manje šuma. Veoma mala količina zvučne energije je dovoljna da se postigne primetno smanjenje intenziteta šuma. Tako, ultrazvučni daljinski upravljač koji stvara akustičku energiju koja je više od 10 000 puta

manja od energije plamena uspostavlja redukovanje šuma od čak 5 decibela. Ultrazvučni sistem smanjenja buke u okolini velikih industrijskih grejača, kao i mlaznih motora aviona, odavno se ispituje, a u budućnosti bi mogao da nađe i širu upotrebu.

### **- Da li se može napraviti telefon od jedne žice i dve konzerve?**

Ovaj način razgovora na daljinu može se izvesti ako je žica koja spaja dve konzerve (odnosno slušalice) prava i zategnuta. Kada jedan od sagovornika priča u svoju konzervu, dno konzerve će vibrirati napred – nazad pod dejstvom zvučnih talasa (govornikovog glasa). Vibracije konzerve se prenose na vibracije žice, što nakon određenog vremena dovodi do vibriranja konzerve slušaoca stvarajući zvučne talase koje slušalac može čuti kao glas govornika. Ovaj sistem razgovora nije mnogo različit u odnosu na telefon, osim što je oscilujuća žica zamenjena električnom strujom. Naime, u električnim telefonima, osoba pričajući u slušalicu pokreće osetljivu dijafragmu, koja naizmenično sabija i opušta granule ugljenika menjajući pri tome njihov otpor. Struja koja prolazi kroz granule pojačava se i smanjuje usled promene otpora ugljenika i tako se dobija telefonski signal. Ovaj signal se šalje do slušalice drugog sagovornika, gde brze promene struje kroz zvučnik slušalice uzrokuju pomeranje dijafragme napred – nazad, pa druga osoba može čuti šta je ova prva rekla.

### **- Kakvi sve mikrofoni postoje?**

Mikrofoni pretvaraju zvuk u električnu struju, a svim mikrofonomima na svetu je zajedničko postojanje osetljive membrane, tj. dijafragme koja se pokreće pod dejstvom zvuka. Najstariji i najjednostavniji mikrofoni iz starih telefonskih slušalica koriste prah ugljenika. Kada zvučni talas pogodi dijafragmu, ona sabija ugljenični prah, što menja njegov otpor. Propuštanjem električne struje kroz ugljenik, promena otpora praha dovodi do promene jačine propuštene struje, pa se tako dobija električni signal adekvatan (odnosno analogan) zvučnom signalu. Dinamički mikrofoni poseduju magnet koji se okreće u blizini žice i na taj načini indukuje struju u njoj. Dijafragma pod dejstvom zvuka pomera magnet ili žicu, pa se tako dobija električni signal vremenski promenljivog intenziteta. Trakasti mikrofoni koriste tanku traku koja visi u magnetnom polju. Zvučni talasi pomeraju traku, što menja struju koja protiče kroz nju. Kondenzatorski mikrofoni koriste kondenzator kod koga se jedna ploča pokreće pod dejstvom zvučnih talasa. Ovi pomeraji menjaju kapacitet kondenzatora, a ove promene se pojačavaju kako bi se dobio merljivi signal. Najnoviji tip mikrofona su kristalni mikrofoni i koriste osobinu pojedinih kristala da menjaju električna svojstva u zavisnosti od svog oblika. Povezivanjem kristala sa dijafragmom, kristal će stvarati signal kad god zvučni talas pogodi dijafragmu. Takođe, postoje i mikrofoni sa parabolikom tanjirom, tj. tzv. zvučni teleskopi. Naime, parabolikne površine imaju osobinu da svi zvučni talasi koji se kreću paralelno sa njenom centralnom osom prevaljuju ista rastojanja do fokusa, što znači da će se zvuci koji potiču sa nekog udaljenog mesta odbijati od tanjira i konvergirati ka žiži u fazi (sa poklapanjem maksimuma talasa, tako da se zvuk pojačava). Postavljanjem osetljivog mikrofona u žižu tanjira, čućemo veoma jasan i glasan zvuk sa udaljenog objekta ka kome smo usmerili tanjir. Interesantno je da se kod parabolikog mikrofona, samo zvuk ka čijem smo izvoru usmerili mikrofona pojačava, dok se svi ostali zvuci eliminišu.

### **- Šta je to mikrofonija?**

Mikrofonija predstavlja jedan tip povratne sprege (*feedback*), koja u opštem slučaju predstavlja proces vraćanja dela izlazne energija nazad ka ulazu uređaja koji vrši konverziju

energije. Da biste postigli efekat mikrofonije, morate imati mikrofon, pojačalo i barem jedan zvučnik. Ukoliko dovoljno približite mikrofon zvučniku i zatim kucnete u mikrofon, zvuk će otići preko mikrofona kroz pojačalo u zvučnik. Zvučnik emituje zvuk vašeg kuckanja koje opet dolazi do mikrofona. Mikrofon isti zvuk šalje do pojačala koje dodatno pojačava zvuk, šalje ga opet na zvučnik i tako mnogo puta sve dok ne čujete da se zvuk beskrajno pojačava usled mnogostrukog prolaska kroz pojačivač. Usled previše pojačanog mikrofona ili isuviše malog rastojanja između zvučnika i mikrofona nakon određenog vremena se čuje glasan pišteći zvuk koji predstavlja posledicu efekta povratne sprege, a u slučaju pojačala kao u ovom primeru kada se stvara glasan zvuk, naziva se mikrofonijom. Frekvencija zvuka mikrofonije je najčešće vrlo visoka a zavisi od rastojanja između zvučnika i pojačala jer ovo rastojanje određuje koliko će brzo zvuk napraviti jedan krug u zatvorenom sistemu. Da biste izbegli efekat mikrofonije, bitno je postaviti mikrofon iza zvučnika, jer ukoliko zvučnici gledaju u mikrofon, do mikrofonije će skoro sigurno doći.

### **- Šta su to neutralizatori buke?**

Oscilacije zvučnih talasa se šire kroz elastičnu sredinu (za naše čulo sluha, ova sredina je najčešće vazduh) slično talasima formiranim posle bacanja kamenčića u vodu. Kada ovi talasi dođu do naših ušiju, oni izazivaju osećaj zvuka. Opseg zvučnih frekvencija koje možemo čuti se kreće od 20 Hz (20 treptaja izvora u sekundi) do 20 000 Hz, a osetljivost našeg uha je najveća za frekvencije između 2000 i 3000 Hz. Osnovna osobina talasa – mogućnost njihovog sabiranja (tj. interferencije) – od presudnog je značaja za metod neutralisanja buke. Naime, dva talasa koja se susretnu u prostor-vremenu, preklapaju se, sabiraju i daju treći, rezultujući talas. Ukoliko se, međutim, sabiraju dva talasa koji se jedan prema drugom odnose kao predmet i lik u ogledalu, rezultujućeg zvuka neće biti, jer će se ova dva talasa međusobno poništiti. Neutralizatori buke predstavljaju uređaje koji primaju spoljašnje zvuke i sa što manjim zakašnjenjem emituju poništavajuće talase, tako da u sobi sa instaliranim neutralizatorom buke preostaje samo tišina. Moderni neutralizatori buke poseduju osobinu podešavanja radnog opsega frekvencija, pa se najčešće eliminišu samo izuzetno duboki zvuci (300 - 2000 Hz), kao npr. kada želimo da utišamo pneumatsku bušilicu koja buši asfalt u susednoj ulici, ventilator, mašinu za pranje veša ili elisu helikoptera. U sastav jednog neutralizatora buke ulaze: senzor (osetljivi mikrofon koji prima zvuke iz okoline), kompjuter (koji prima signal iz mikrofona putem kabla ili radio veze i zatim, formira signal koji odgovara primljenom zvučnom talasu, ali sa suprotnom fazom, koji zatim šalje do zvučnika) i zvučnik (koji emituje kompjuterski obrađene zvuke). Ceo sistem je najčešće potpomognut povratnom spregom. Naime, dodatni mikrofoni ugrađeni u zvučnike registruju ostatak zvuka i šalju signal kompjuteru, u kome se podaci selektiraju: na pojavu signala koji odgovaraju onima koje prima senzor, procesor izvršava korekcije sekundarnog zvučnog talasa, dok pojavljivanje drugih zvučnih signala ne uzrokuje promene. Korekcije se vrše sve dok se u mikrofonu registruje zvuk izvora. Neutralizatori buke se nalaze ugrađeni u naslone sedišta nekih putničkih i klipnih aviona, helikoptera, kamiona i drugih vozila, mogu se instalirati u bilo kojoj sobi ili čak i dvorištu, a koristi ih i nekoliko kompanija za proizvodnju papira radi poboljšanja kvaliteta hartije. Naime, neutralisanjem vibracija koje potiču od pumpi i kompresora, dobija se mnogo ravniji papir.

### **- Da li ploče imaju bolji zvuk od kompaktnih diskova?**

Odgovor na ovo pitanje leži u razlici između analognog i digitalnog snimka. Vinil (gramofonska ploča) i magnetne trake su primeri analognih snimaka, dok CD-ovi i DVD-ovi predstavljaju primere digitalnog snimka. Originalni zvuk je po definiciji analogan. Prilikom

digitalnog snimanja na CD, svaka sekunda analognog signala deli se na 44 100 delova i svakom delu se pridaje određena brojna vrednost. Pošto je CD 16-bitni zapis, to znači da postoji 65 536 različitih brojeva kojima se vrednuju zvuci odgovarajućih odlomaka. Iz ovoga možemo zaključiti da digitalno snimanje ne obuhvata čitav zvučni talas, već ga aproksimira nizom koraka. Pojedini zvuci koji imaju veoma brze prelaze, kao npr. udarac bubnja ili ton trube biće blago izobličeni (premda najčešće nismo u stanju da čujemo razliku) jer se menjaju isuviše brzo za brzinu smplovanja. Kada želite da čujete muziku sa CD-a, onda CD plejer prevodi digitalni zapis u analogni signal koji se pojačava u pojačivaču. Pojačalo zatim povećava napon signala do nivoa dovoljnog da bi izazvao vibriranje membrane zvučnike. Vinilni zapis ima urezane brazde u kojima se ogleda oblik originalnog zvučnog talasa. Pošto je ovakav zapis analogan, on se može bez prevođenja (digitalno u analogno) slati na pojačalo, pa na zvučnike. Iz ovoga sledi da je oblik signala sa ploče mnogo precizniji, što se i može čuti u bogatstvu zvuka. Sa druge strane, čestice prašine ili mala oštećenja ploče mogu izazvati šumove i pucketanja, dok digitalni zapisi ne propadaju sa vremenom. Glavni način poboljšanja kvaliteta digitalnog snimka je povećanje brzine i preciznosti smplovanja. DVD (digitalni video diskovi) predstavljaju novi tip digitalnog zapisa koji je znatno unapredio kvalitet zvučnog snimka. DVD diskovi pri snimanju koriste 24-bitne smplove i brzinu smplovanja od 192 kiloherca što je više od 4 puta brže od običnih CD-ova. Tako se na jedan DVD disk može snimiti 74 minuta zasad najkvalitetnijeg digitalnog zvuka ili čak 7 sati muzike čiji kvalitet odgovara standardnom CD-u (ili oko 70 sati muzike MP3 formata). Međutim, ploče imaju tu prednost što na njih može stati praktično beskonačno duga pesma. Dovoljno je samo da se poslednja brazda na ploči vrti u krug i ploča će se okretati sve dok je mi ne prekinemo.

### - Šta je to *surround* zvuk?

Za razliku od mono zvučnih snimaka koji se snimaju na samo jednom kanalu (tj. u obliku jedne spiralne putanje na ploči ili samo jedne od najčešće 2 magnetske linije na traci) i stereo snimaka (standardni format TV-a, radija i savremenih muzičkih uređaja) koji se snimaju na dva kanala (pa se emituju i preko dva zvučnika), *surround* zvučni zapisi se snimaju na više od dva, a najčešće na četiri kanala. "Fantazija" Volta Diznija iz 1941. godine predstavlja jedan od najranijih filmova čiji je zvuk bio sniman u vidu *surround* zapisa. Različiti delovi orkestra su snimani na 4 odvojene trake koje su prilikom emitovanja filma u bioskopu pokretale membrane 4 odvojena zvučnika uz *panning* efekat, tj. stišavanje kanala na jednom, a pojačavanje na drugom zvučniku, tako da se stiče osećaj šetanja muzike (ili orkestra) kroz prostoriju. *Dolby Stereo* predstavlja najpopularniji analogni sistem *surround* zvuka, a da bi smestili 4 zvučna kanala na filmsku traku, *Dolby* sistem koristi 4-2-4 sistem procesovanja koji se još od sedamdesetih godina 20. veka koristi u kvadrofoničnim kućnim stereo uređajima. U okviru ovog sistema, 4 toka informacija (tok A, tok B, informacija koja je ista u tokovima A i B i informacija koja je različita između ova dva toka) se izvode iz dva različita zvučna toka (koja odgovaraju stereo zapisu, snimanom pomoću dva odvojena mikrofona). Audio signal izaziva fluktuacije električne struje koje se mogu predstaviti kao oscilatorni talas kome amplituda određuje veličinu pomeraja membrane zvučnika, a frekvencije određuju visine (odnosno, frekvencije) tonova koje u vazduhu stvara zvučnik. Signal A se dovodi na levi, a signal B na desni zvučnik. Dekoder *surround* sistema izabira identične signale u zvučnim tokovima A i B u zavisnosti od njihove putanje i amplitude, i rezultujući signal dovodi na centralni (3.) zvučnik. Jedna od osobina *surround* sistema je ta da su identični signali na tokovima A i B koji se dovode na levi i desni zvučnik, međusobno pomereni u fazi, tako da jedan drugog poništavaju i bivaju nečujni na rastojanju koje nam sugeriše *surround* sistem. Stoga, dekodeer *surround* sistema pomera tokove A i B tako da

njihovi identični signali postanu ponovo jednaki u fazi, a ovaj rezultujući signal se dovodi na *surround* (4.) zvučnik. S druge strane u znatno modernijem, digitalnom *surround* zvučnom sistemu (koji se prvi put koristio prilikom snimanja "Parka iz doba Jure" 1993. godine), 6 odvojenih audio kanala se snimaju na jedan ili dva CD-a. Prilikom projekcije filma, dekođer deli ove kanale i pušta ih na različitim zvučnicima raspoređenim po dvorani. CD je sinhronizovan sa filmskim slikama putem specijalnog koda u vidu niza crtica i tačkica duž strane svake slike. Optički čitač montiran na projektoru šalje putem LED lampe svetlost na film. Svetlost u prolasku kroz film pada na malu fotoćeliju koja šalje odgovarajuće strujne impulse procesoru. Putanja crtica i tačkica na CD-u je ista kao i na filmu, a procesor se trudi da uskladi ove putanje tako da se one istovremeno emituju. Takođe, umesto na CD-u, digitalni zvuk se može snimati i u obliku fine putanje na filmu između rupica na filmskoj traci, tako da se ove informacije mogu čitati putem prolaska svetlosti kroz film. S druge strane filma, svetlost pada na CCD (isti uređaj koji koriste digitalne kamere za hvatanje slike) koja zapis sa filma prevodi u niz jedinica i nula koje odgovaraju audio zapisu.

### - Šta je to MP3?

MPEG (*Moving Picture Experts Group*) je razvila kompresioni sistem video podataka. Tako, na primer, DVD filmovi, HDTV i DSS sateliti koriste MPEG kompresiju kako bi uklopili video i filmske podatke u manji prostor i na taj način ubrzali prenos podataka, a i omogućili efikasnije skladištenje filmskih podataka. MPEG kompresioni sistem uključuje i podsistem za kompresiju zvuka koji se zove MPEG *Audio Layer-3*, a poznatiji je po svojoj skraćenici kao MP3. MP3 format omogućava da se redukuje broj bitova koji zauzima pesma, a da se pri tome ne utiče bitno na kvalitet njenog zvuka. Pomoću MP3-a, pesma od 32 MB sa CD-a se kompresuje na samo 3 MB, što znači da se efikasnost MP3 kompresije kreće između faktora 10 i 14. Da bi se napravio dobar kompresioni algoritam za zvuk koristi se metoda poznata kao perceptualno oblikovanje šuma, što znači da se MP3 kompresija koristi određenim karakteristikama ljudskog uha kako bi efikasno kompresovala podatke. Na primer, neke zvuke ne možemo čuti, neke čujemo bolje od ostalih, a u sazvučju dva tona, mnogo bolje čujemo glasnjiji ton. Stoga, MP3 format neke pesme zvuči veoma slično originalnoj verziji, premda ne i identično. Popularizacija MP3 muzičkih fajlova dovodi i do velike popularizacije same muzike jer je danas preko Interneta moguće naći praktično bilo koju vrstu muzike, pri čemu je za *download*-ovanje jedne četvorominutne pesme potrebno oko 10-15 minuta na prosečno brzom vezi. Sve što nam je potrebno za *download*-ovanje i slušanje MP3 fajlova su kompjuter, zvučna kartica, zvučnici, veza sa Internetom i MP3 plejer u vidu programa (npr. *Winamp*) instaliranog na kompjuteru. Takođe, ukoliko posedujemo *writable* CD drajev, uz pomoć nekog programa za MP3 kompresiju (npr. *Audio Catalyist*) možemo najpre kompresovati pesme na MP3 format, a zatim ih i nasnimiti na CD.

### - Šta je to MusicTeller?

Kompanija *ETC Music* je nedavno napravila mašinu koja po svom izgledu i mestu nalaženja podseća na običan ulični bankomat, ali umesto novca, korisnicima nudi pesme u MP3, WMA (*Windows Media*) i AAC (*Advanced Audio Coding*) formatima. Prvih nekoliko godina nakon pojave MP3 muzičkih fajlova, njihovo korišćenje je bilo ograničeno na kompjutersku opremu. Međutim, danas postoji sve veći broj MP3 plejera, pomoću kojih se mogu *download*-ovati pesme sa *MusicTeller* automata. Nakon što su se probne mašine *MusicTeller*-a pojavile u gradu Bostonu, danas ih je sve više na aerodromima, maloprodajnim tržnicama, benzinskim pumpama i drugim mestima. *ETC* skladišti muzičke fajlove na privatnoj, veoma brzom kompjuterskoj mreži koja je odvojena od Interneta, a za povezivanje

MP3 plejera na jednu od *MusicTeller* mašina nije potreban nikakav poseban kabl ili adapter. Korisnici putem tehnologije dodirnog ekrana biraju pesme koje se zatim prenose na portabl uređaj brzinom od oko 6 pesama po minutu, a cena *download*-ovanja pojedinih pesama se kreće od besplatnih do nekoliko dolara, što verovatno zavisi od popularnosti pesama. Plaćanje se za sada vrši ili putem kreditne kartice ili putem *MusicTeller* članske kartice.

### **- Kakvi su to visoki i tanki zvučnici?**

Većina uobičajenih zvučnika poseduje elektromagnet koji pod dejstvom električnog signala koji stiže sa muzičkog uređaja, potiskuje i pomera dijafragmu oblika kupe. Ipak, možda ste nekada primetili elektrostatičke zvučnike, koji su karakteristični po tome što su izuzetno vitki i visoki, a pri tome proizvode znatno precizniji zvuk od običnih zvučnika. Umesto elektromagneta, elektrostatički zvučnici stvaraju talase pritiska u vazduhu pomoću tanke, provodne i pokretne ploče (dijafragme) postavljene između dve nepomične provodne ploče, koje se napajaju električnom strujom iz zidnog utikača stvarajući električno polje sa pozitivno i negativno naelektrisanim krajevima. Zvučni signal pokreće struju elektrona kroz "usendvičenu" dijafragmu, brzo menjajući znak naelektrisanja ploče. Kada se dijafragma naelektriše pozitivno, ona se povlači ka negativno naelektrisanom kraju polja, a kada se naelektriše negativno, ona biva povučena ka pozitivnom kraju polja. Na ovaj način, dijafragma veoma brzo vibrira, prenoseći vibracije adekvatnih frekvencija na okolni vazduh, što čujemo kao muziku. Pošto je masa dijafragme veoma mala, ona je u stanju da na dati strujni signal odgovara veoma brzo i precizno kako bi stvorila zvučni signal. Na ovaj način se dobija veoma jasna i precizna reprodukcija zvuka. Međutim, dijafragma se ne pomera duž velikih rastojanja, pa stoga nije naročito efikasna za proizvodnju dubokih tonova niskih frekvencija. Iz ovog razloga, elektrostatički zvučnici se često sparuju sa *woofer*-om koji pojačava nisko-frekventni opseg zvukova. Ipak, izrazito tanki, pločasti zvučnici mogu biti i specijalni zvučnici kod kojih je izvor čistoće zvuka plazma. Naime, jonizacijom vazduha ostvarenom pomoću više elektroda stvara se konstantni i nepokretni fluid (plazma mase od nekoliko stotih delova grama) koji vibrira u ritmu muzičke modulacije.

### **- Koja je razlika između električne i akustične gitare?**

I akustična i električna gitara imaju po 6 žica, čivije pomoću kojih se zatezanjem žica podešava njihova frekvencija oscilovanja, kao i metalne ispupčene šare na dugačkom vratu, pomoću kojih se skraćuje dužina žice i time dobijaju tonovi čije frekvencije mogu odgovarati svim notama dvanaestotonske muzičke lestvice. Međutim, osnovna razlika između ove dve vrste gitare je u tome što za pojačavanje zvuka, električna gitara koristi magnetne prijemnike i nekoliko dugmića umesto prazne rezonantne šupljine koju koristi akustična gitara. Magnetni prijemnici električne gitare predstavljaju magnetne ploče obmotane sa oko 7000 navoja fine žice. Mehanički talasi pritiska pod dejstvom vibriranja žice dovode do odgovarajućih vibracija magnetnog polja magneteta, što rezultuje u isto tako oscilujućoj električnoj struji kroz žice navoja. Uz pomoć dugmića, tj. potencijometara na gitari, moguće je podešavanjem otpora umanjiti prisustvo određenog opsega frekvencija u signalu, koji se zatim preko električnog kabla prenosi na pojačivač, a zatim na zvučnik, gde se električni signal ponovo pretvara u zvučni signal koji dalje nastavlja da putuje kroz vazduh.

### **- Zašto vlažan pesak škripi kada hodamo po njemu?**

Zvuk koji ostavljaju naša stopala dok koračamo po nekoj peščanoj plaži zavisi u mnogome od vrste peska koji dodirujemo. Naime, što je pesak vlažniji to će u nastalom zvuku biti prisutan intenzivniji spektar viših frekvencija što će činiti zvuk škripečim. S druge strane, hodanje po suvom pesku često ostavlja oko nas blage, mekane i nežne peščane tonove. Slično kao kada pišući kredom po tabli, kreda počne da škripi jer usled trenja sa tablom njeni atomi počinju da vibriraju, a ove vibracije se prenose na vazduh što čujemo kao škripu, tako isto pod dejstvom mehaničkog pritiska naših stopala, dolazi do trenja između susednih zrna peska pod čijim dejstvom dolazi do vibriranja silicijuma i kiseonika u zrnima peska, a ove vibracije se prenose na čestice vode i vazduha oko njih, što opet čujemo kao zvuk. Kada je pesak vlažan tada su zrna peska znatno bolje vezana među sobom nego što je slučaj kod suvog peska. Naime, polarni molekuli vode koji okružuju zrna peska, međusobno se privlače što blago slepljuje zrna peska. Iz ovog razloga, naša stopala znatno više tonu prilikom hodanja po suvljem pesku čija su zrna okružena vazduhom pa su i slabije slepljena. Zvuk izazvan dejstvom trenja između susednih zrna peska u najvećoj meri zavisi od efikasnosti prenosa mehaničke energije trenja u pobuđivanje vibracija atoma, a ovaj prenos će biti tim efikasniji što je površina zrna peska glađa i manje prašnjava. Voda koja se nalazi između zrna u mnogome ispira njihovu površinu, pa se trenjem između dve glatke površine lakše pobuđuje visokofrekventni zvuk. Zvuk hodanja po pesku u mnogome zavisi i od razmera malih kvarcnih kamenčića koji čine pesak. Naime, što su ove čestice manje, to će zvuk biti bogatiji. Tako, hodanje po bilo suvom ili vlažnom šljunku koji se sastoji od prilično velikih kamenčića ostavlja siromašan zvučni spektar za nama, dok je hodanje po sitnom pesku sa plaže lep i bogat zvučni doživljaj.

## **- Kada su to i naučnici otkrili muziku Kosmosa?**

Kosmolozi nam kažu da je Kosmos u kome živimo nastao pre između 12 i 15 milijardi godina u jednoj džinovskoj eksploziji koja se danas naziva Velikim Praskom (ili Big Bengom). Intenzivna toplota koja je u trenutku nastanka Kosmosa ispunila čitav njegov prostor i danas se može iz svih pravaca na nebu detektovati kao mali sjaj u mikrotalasnom delu spektra, čija frekvencija odgovara temperaturi toplotnog zračenja crnog tela od 2,73 K. Nakon što je pozadinsko zračenje prvi put registrovano (čime je teorija Big Benga postala opšteprihvaćena) 1965. godine, kosmolozi su očekivali da bi sve strukture u Kosmosu trebalo da ostave traga na ovo zračenje u vidu malih varijacija u njegovom sjaju na različitim delovima neba, što bi kosmolozima pružalo podatke na osnovu kojih bismo saznali nešto više o nastanku Galaksija, zvezda, pa i samih kosmologa. Naime, neposredno nakon prvog detektovanja pozadinskih talasa, ruski i američki naučnici su izračunali da bi veličine i amplitude struktura nastalih u mladom Kosmosu trebalo da ostave traga u pozadinskom zračenju u vidu onoga što matematičari nazivaju harmonijskim nizovima, odnosno harmoničnim varijacijama intenziteta ovih talasa duž neba. NASA-in COBE satelit (*COsmic Background Explorer*) ugaone rezolucije od samo  $7^\circ$  je prvi 1991. godine otkrio male očekivane varijacije u sjaju mikrotalasnih talasa sa neba. 1998. godine je jedan visokorezolucioni mikrotalasni teleskop (sa ugaonom rezolucijom od  $0,25^\circ$ ) stavljen u balon i pušten da leti tokom 10 i po dana na visini od 37 km iznad Antarktika snimajući intenzitet pozadinskog zračenja (na 2,5 % nebeske sfere) i još nekoliko drugih parametara koji su bitni za kosmološke proračune. Na slikama koje je snimio BOOMERANG teleskop, postojala su očigledne temperaturske fluktuacije u temperaturi pozadinskog zračenja (2,73 K) koje su bile reda veličine oko 100 milionitog dela stepena, a uz to, otkriveno je i postojanje harmonijskog odnosa u amplitudama temperaturski ekvivalentnog signala na ugaonoj skali neba. Međutim, detaljne analize mape neba koju je snimio BOOMERANG, otkrila su prisustvo i akustičkih (zvučnih) pikova na mapi. Otkriveno je da je mladi Kosmos (posmatrajući pozadinsko



zračenje, mi posmatramo Kosmos iz vremena Velikog Praska) prepun zvučnih talasa koji sabijaju i razređuju materiju i svetlost Kosmosa, slično kao što zemaljska muzika naizmenično sabija i razređuje (formirajući talase pritiska, odnosno zvuk) vazduh u flauti ili trubi. Osim što se smatra da idu u prilog inflatornom modelu Velikog Praska, harmonični zvuci iz ranog Kosmosa nam saopštavaju i da je Kosmos sačinjen od energije koju nikada nismo naučnim instrumentima izmerili na Zemlji.



*uživajte u svijetu knjiga*

## 17. O kompjuterima

### - Šta je to čip?

Čip i Dejl su veверice iz Volt Diznijiјevog crtanog filma, a u nauci o kompjuterima, čip predstavlja malo parčence poluprovodničkog materijala koje sadrži električno kolo sastavljeno od 100, 1000 ili čak i milion međusobno povezanih tranzistora i drugih mikroelektronskih komponenti, kao što su otpornici i kondenzatori. Čipovi, poznati još i kao integrisana kola ili mikročipovi, predstavljaju osnovne gradivne jedinice kompjutera, a razmere im dostižu oko 5 santimetara na svakoj strani. Dva najvažnija tipa čipova koje koriste današnji kompjuteri su: centralna procesorska jedinica (CPU), koja predstavlja osnovu svih digitalnih elektronskih uređaja, a služi za obradu informacija; i memorijski čipovi, koji skladište informacije i mogu biti različitih kapaciteta. Pravljenje kompjuterskih čipova započinje sečenjem ultra čistih kristala silicijuma na tanke pločice, koje se zatim oblažu svetlosno-osetljivom prevlakom. Pločice poluprovodnog silicijuma zatim podležu dejstvu intenzivne ultraljubičaste svetlosti kako bi se iscertale putanje komponenti kola koje će biti ugrađene na njemu. Na osnovu iscertanih putanji, čip se izlaže dejstvu mlazova elektrona, gasova i jona kako bi se na njegovoj površini formirali tranzistori. U narednom procesu obrade, tranzistori se povezuju pomoću tankih žičica metala i izolatora. Usled stalnih poboljšanja u procesu proizvodnje čipova, broj tranzistora na čipu, kao i brzina prenosa signala kroz elektronske komponente mikrokola, u stalnom su porastu, dok je cena proizvodnje bilo kog tipa čipa u stalnom padu. Ipak, uprkos Murovom zakonu koji nam kaže da se kao posledica ugrađivanja sve manjih tranzistora u čipove, brzina procesovanja podataka od strane čipova udvostručuje na svakih 18 meseci, dimenzije tranzistora ipak ne mogu biti manje od nekoliko atoma, pa se smatra da će brzina procesovanja poluprovodničkih čipova pri savremenim dostupnim tehnološkim mogućnostima dostići uskoro (do 2020. godine) svoju maksimalnu vrednost. Naime, jedan procesor brzine 1 GHz izvrši milijardu ciklusa u sekundi, odnosno za jedan ciklus mu je potrebna jedna nanosekunda. Svetlost za jednu nanosekundu pređe put od oko 30 cm, pa stoga dimenzije ovako brzog čipa moraju biti manje od 30 cm, a najoptimalnije je da budu oko 3 cm. Međutim, ukoliko zamislimo čip čija bi frekvenciju procesovanja iznosila oko 100 GHz, tada bi jedan procesorski ciklus trajao 0,01 nanosekundu, svetlost za to vreme pređe 3 mm, a pravljenje čipa koji bi posedovao dimenzije reda veličina oko 0,3 mm je isuviše mali prostor da bi se na njemu upakovali sve njegove elektronske komponente. Najmanje elektronske komponente koje se nalaze u današnjim čipovima su dimenzija od po oko 150 nanometara, a smatra se da će tranzistori uskoro dostići veličine od samo 50 nanometara (što će odgovarati brzini procesovanja od oko 20 GHz), nakon čega će u cilju daljeg povećavanja brzine procesovanja, tranzistori morati da se grade atom po atom.

### - Šta su to tranzistori?

Tranzistori predstavljaju osnovne komponente svih ljudskom rukom napravljenih elektronskih kola koji se nalaze oko nas. Nakon izuma tranzistora četrdesetih godina 20. veka, kompjuteri su počeli da umesto zauzimanja čitavog sprata zgrade, nalaze svoje mesto na prostorima dimenzija stranice jedne knjige, a da pri tome mogu da izvode stotine miliona računskih operacija u sekundi. Tranzistori se u elektronskim uređajima koriste kao pojačivači struje ili kao prekidači. Oni to postižu korišćenjem manje struje koja kontroliše tok veće struje, slično kontrolisanjem protoka vode pomoću ventila. *Junction* tranzistori predstavljaju

tzv. pnp ili npn sendviče, pri čemu p predstavlja oznaku za neki poluprovodnički materijal p-tipa (npr. element 4. grupe periodnog sistema dopiran sa elementom treće grupe tako da u materijalu postoje slobodni elektroni), dok n označava poluprovodnički materijal n-tipa (npr. element 4. grupe periodnog sistema dopiran sa elementom pete grupe tako da u materijalu postoje slobodne šupljine). Spoljašnji slojevi sendviča se nazivaju emiterom i kolektorom, dok se usendvičeni sloj naziva bazom. Slanjem struje na bazu (ne preko emitera, već sa posebnog ulaza) može se kontrolisati jačina struje koja protiče od emitera ka kolektoru. Za funkcionisanje tranzistora kao pojačivača struje, neophodno je da napon baze bude veći od napona emitera, a da napon kolektora bude veći od napona baze. Emiter je priključen na bateriju koja je izvor struje, a ovi elektroni (ili šupljine u slučaju pnp spoja) se ubrzavaju ka pozitivno naelektrisanj bazi u kojoj dominiraju šupljine. Male promene napona baze dovode i do promena u jačini struje koja teče kroz tranzistor. Ovaj proces se koristi i za stvaranje binarnog koda u digitalnim procesorima, pri čemu na bazi postoji naponski prag od oko 5 Volti koji je neophodno probiti da bi struja našla svoj put od emitera ka kolektoru. Tako se tranzistori često koriste i kao prekidači: ukoliko je napon manji od 5 Volti – *off* (0), a kada je napon veći od 5 Volti – *on* (1). Tranzistori se mogu sastojati i od samo dva sloja poluprovodničkih materijala i oni se tada nazivaju *field-effect* tranzistorima. Struja tada protiče kroz jedan od slojeva (tzv. kanal), dok napon koji se dovodi na drugi sloj (tzv. kapiju) interferira sa strujom iz kanala i utiče na njenu jačinu. Ovakvi tranzistori su i metal oksidni *field-effect* tranzistori (MOSFET) koji se danas nalaze u skoro svim kompjuterima.

### - Šta je to logička kapija?

Na jednoj farmi ili u gradu, kapija može služiti za kontrolu prometa prolaznika kroz nju, ali u čipovima kompjutera, logička kapija kontroliše tok električne struje kroz kolo. Kapija se sastoji od tranzistora, a njih bira dizajner čipa između dva osnovna tipa: PMOS i NMOS tranzistori (*Metal Oxide Semiconductors*). Struja koja protiče kroz kapiju ustanovljava napon na određenim tačkama u kolu, a ovaj napon predstavlja jedan bit informacije, što znači da može biti ili visok (1) ili nizak (0). Da bi se ustanovio 1 na kolu, struja se kontrolisano usmerava do kola, putem “paljenja” PMOS tranzistora između kola i pozitivnog izvora napajanja, čiji napon najčešće ima standardne vrednosti između 3,5 i 5 Volti. Veoma mali interval vremena, reda veličine nanosekunde je potreban da se “uključiti” logička kapija, tj. da struja prođe od izvora napajanja kroz PMOS transistor do kola. Tok struje koji prebacuje napon kola na 0, odvodi se iz kola kroz različit tip tranzistora (NMOS), vezanog između kola i negativnog izvora napajanja, tj. zemlje. Tok struje opet menja napon u kolu, što ovoga puta predstavlja nulu, tj. novi bit informacije. Tako, kada logička kapija kontroliše tok struje, ona time kontroliše i tok informacija. Izlaz bilo koje logičke kapije je napon, koji se opet može koristiti za kontrolu neke druge logičke kapije, a kompjuterski čipovi se stoga dizajniraju kako bi donosili složene odluke u vezi sa informacijama koje prolaze kroz njih.

### - Šta je to Bulova logika?

Bulova logika (ili Bulova algebra iskaza kako se ponekad naziva) koju je razvio engleski matematičar Džordž Bul (*George Boole*) sredinom 19. veka, danas koristi kompjuterima u svrhu donošenja rešenja svih problema i zadataka. Kompjuteri koji rade na principu Bulove logike koriste se kombinacijom 7 kapija (na kojima se može promeniti vrednost binarnog signala koji prolazi kroz nju) u svrhu razvijanja logičkog digitalnog kompjuterskog rasuđivanja. Tako, osnovne tri kapije u Bulovoj logici su kapija NOT (koja je poznata i kao logička operacija negacije) koja za datu ulaznu vrednost (0 ili 1) kao izlaznu vrednost formira suprotnu binarnu vrednost (1 ili 0); kapija AND (koja je poznata i kao

logička operacija konjukcije -  $\wedge$ ) koja barata sa dve ulazne vrednosti, pri čemu je izlazna vrednost jednaka 1 samo ako su obe ulazne vrednosti jednake 1, dok je u sva tri suprotna slučaja jednaka 0; i kapija OR (koja je poznata i kao logička operacija disjunkcije -  $\vee$ ) koja takođe funkcioniše sa dve ulazne vrednosti i koja je jednaka 0 samo ukoliko su obe ulazne vrednosti jednake 0, dok je u sva tri suprotna slučaja jednaka 1. Sledeće dve kapije su NAND i NOR koje su zapravo kombinacije kapija AND i OR sa kapijom NOT, tako da su iskazi ovih kapija suprotni od iskaza kapija AND i OR, respektivno. Poslednje dve kapije su XOR i XNOR, gde X označava ekskluzivnost ovih operacija. Izlazna vrednost XOR kapije je jednaka 1 samo ukoliko su vrednosti dve ulazne vrednosti različite, dok ukoliko su njihove vrednosti jednake, izlazna vrednost je jednaka 0. S druge strane, izlazna vrednost kapije XNOR (ekvivalencije) je jednaka 1 samo ukoliko su obe ulazne vrednosti jednake, dok je u suprotnim slučajevima jednaka 0. Uz pomoć Bulove logike se mogu napraviti jednostavne računске mašine (koje će za unete ulazne vrednosti izbacivati izračunati rezultat), kao i memorija, s obzirom da će određeni raspored kapija moći da zapamti sve ulazne vrednosti, što se koristi kao osnova kod izrade RAM-a, kao i mnogih drugih elektronskih kola. Kompjuterska memorija se, zapravo, zasniva na principu povratne sprege. Drugim rečima, u memoriji se izlazna vrednost prenosi unazad do ulaza kapije. Prva fizička implementacija Bulove logike, odnosno prvo njeno otelotvorenje u stvarnom svetu se zasnivalo na relejima, dok se danas umesto njih koriste sub-mikroskopski tranzistori ugrađeni na silicijumskim pločicama.

## - Šta su to bitovi i bajtovi?

Za razliku od dekadnih brojeva koji poseduju 10 mogućih cifara (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) i heksadecimalnih brojeva koji poseduju 16 mogućih cifara (uz 10 dekadnih brojeva, još A, B, C, D, E i F), binarni brojevi se sastoje samo od dve moguće cifre: nule i jedinice. Svaki binarni (ili digitalni) broj predstavlja jedan bajt (drugim rečima, bajtovi su binarni brojevi), a bitovi (skraćenica od *Binary digIT*) predstavljaju cifre bajtova, odnosno binarnih brojeva. U dekadnom brojevnom sistemu kojim se svakodnevno koristimo, prva cifra sa desne strane u bilo kom broju predstavlja umnožak broja 1 (tj.  $10^0$ ), druga cifra sa desne strane predstavlja umnožak broja 10 (tj.  $10^1$ ), treća cifra predstavlja umnožak broja 100 (tj.  $10^2$ ), četvrta cifra sa desne strane dekadnog broja predstavlja umnožak broja 1000 ( $10^3$ ) itd. Iz ovoga vidimo da je osnova svakog dekadnog broja desetka, što je i razlog zašto se taj brojevni sistem naziva dekadnim (deka – deset). Ipak, da smo se kao Diznijevi junaci rodili sa 8 prstiju na rukama, tada bi naš brojevni sistem bio verovatno 8-cifren. Savremeni kompjuteri se koriste binarnim brojevima, jer se oni odlično uklapaju sa njihovim načinom razmišljanja u okviru koga su sve stvari ili tačne ili netačne (drugim rečima, struja ili prolazi ili ne prolazi kroz kolo, trećeg rešenja nema). Svaki binarni broj se može predstaviti kao umnožak broja 2. Naime, prva cifra (bit) sa desne strane binarnog broja (bajta) predstavlja umnožak broja  $2^0$  (tj. 1), druga cifra (bit) sa desne strane binarnog broja (bajta) predstavlja umnožak broja  $2^1$  (tj. 2), treća cifra sa desne strane binarnog broja predstavlja umnožak broja  $2^2$  (tj. 4) itd. Jedan bajt se sastoji od 8 bitova, pa stoga, bajt može posedovati 256 različitih vrednosti (od 0 do 255). Prilikom semplovanja (odnosno pretvaranja analognog zvuka u digitalni zapis), CD koristi 2 bajta (16 bitova), pa se stoga svakom semplu pridaje jedna od 65535 mogućih vrednosti. Bajtovi se najčešće koriste sa čuvanje pojedinačnih slova u tekstualnim dokumentima (jednom slovu odgovara jedan bajt). Tako, u ASCII skupu znakova, svakoj binarnoj vrednosti između 0 i 127 se pridaje određeni znak, a većina kompjutera i ostalim 128 vrednostima bajtova pridaje neka slova iz stranih jezika. Pomoću ASCII kodova, kompjuter skladišti dokumente u digitalnoj formi u svojoj memoriji ili na hard disku. Prve 32 vrednosti (od 0 do 31) ASCII koda označavaju simbole kao što su pomak kursora i novi red, *space* je 32, iza čega slede !, “, #, \$,

%, &, ' , ( , ) , \* , od 48 do 57 se nalaze dekadni brojevi, od 65 do 90 su rasprostranjena velika slova engleske abeceda, od 97 do 122 mala itd. Interesantno je da za razliku od dekadnog sistema gde prefiks kilo označava množenje sa  $10^3$  (tj. sa hiljadu), a prefiks Mega množenja sa  $10^6$  (tj. sa milion), u binarnom sistemu, kilo označava množenje sa  $2^{10}$  (tj. 1024), Mega množenje sa  $2^{20}$  (tj. 1 048 576), Giga –  $2^{30}$ , Tera –  $2^{40}$ , Peta –  $2^{50}$ , Egza –  $2^{60}$ , Zeta –  $2^{70}$ , Jota –  $2^{80}$  itd. Stoga, jedan Megabajt memorije ne sadrži million bajtova, već tačno 1 048 576 bajtova.

## - Kako se klasifikuju kompjuteri?

Iako se pojam kompjutera odnosi na bilo koji uređaj koji sadrži u sebi mikroprocesor, mnogi ljudi smatraju kompjuterom samo aparat koji prima ulazne podatke kroz miša ili tastaturu, obrađuje ih, i zatim šalje na ekran. U zavisnosti od snage, namene i veličine, kompjuteri se mogu podeliti na nekoliko vrsta. Personalni kompjuteri (PC) su mikrokompjuteri koji su namenjeni upotrebi od strane jedne osobe. Iako je i *Macintosh PC*, mnogi ljudi povezuju pojam PC-a sa računarskim sistemom koji pokreće *Windows* operativni sistem. *Desktop* kompjuteri se drže na stalnom mestu (na radnom stolu kako njihovo ime kaže), a osim veće snage i skladišnog kapaciteta, jeftiniji su od portabl, tj. prenosnih kompjutera. *Laptop* kompjuteri su portabl tipa i integrišu monitor, tastaturu, upravljač kursora, procesor, memoriju i hard disk na jedan baterijski paket, veličine knjige tvrdog poveza. *Palmtop* kompjuteri (poznati i kao *PDA – Personal Digital Assistant*) su još manji portabl računari od *laptop*-ova, a koriste fleš memoriju umesto hard diska. Najčešće nemaju tastaturu, već se oslanjaju ne neki vid tehnologije dodirnog ekrana. Veoma su lagani, napajaju se na baterije, a manji su od džepnog romana. Radne stanice su *desktop* kompjuteri sa znatno snažnijim procesorom, dodatnom memorijom i povećanim sposobnostima za izvođenje posebnih procesa, kao što su trodimenzionalna grafika ili razvoj animacionih igara. Serveri su kompjuteri koji su na usluzi drugim kompjuterima kroz Internet mrežu, a najčešće poseduju snažne procesore, veliku memoriju i velike hard diskove, s obzirom da se upravo podaci zapisani u njihovoj memoriji pružaju na uslugu korisnicima Internet mreže. *Mainframe*-ovi su ogromni kompjuteri koji su nekada bili u stanju da zauzmu čitavu sobu ili čak čitavi sprat. Pošto su se od tog vremena, dimenzije kompjutera smanjile, a njihove snaga se povećala, *mainframe* kompjuteri se danas nazivaju *enterprise* serverima, koji koriste velike kompanije za svakodnevno procesovanje miliona transakcija. Minikompjuteri se po svojoj veličini nalaze između mikrokompjutera (PC-a) i *mainframe*-ova, a najčešće su to serveri srednjeg opsega. Premda su superkompjuteri ponekad pojedinačni računarski sistemi, najčešće se sastoje od većeg broja kompjutera visokih performansi, koji rade povezani u paralelnu mrežu, a njihova cena dostiže i do nekoliko miliona dolara. Najnoviji trend u kompjuterskoj industriji su tzv. odevni kompjuteri, koji se ugrađuju u satove, mobilne telefone, kape i odeću.

## - Zašto kompjuter ne može da radi bez sata?

Pošto je svakom logičkom elementu kompjutera potrebno malo ali konačno vreme da obavi svoj zadatak, kompjuteru je neophodno da sinhronizuje rad pojedinačnih logičkih elemenata kako brži elementi ne bi odlazili u kontinuitetu svog rada ispred sporijih. Tako, na primer, ukoliko kompjuter pokušava da sabere dva broja koji su sami po sebi rezultati nekih prethodnih proračuna, tada logički element koji bi trebalo da izvrši operaciju sabiranja mora da bude siguran da su prethodni računi završeni pre nego što sam obavi račun. Kako bi se uskladilo odigravanje složenih kompjuterskih procesa, kompjuteru je neophodan sinhronizujući uređaj koji će reći svakom logičkom elementu da može da bude siguran da su svi prethodni proračuni završeni. U svrhu sinhronizujućeg uređaja, kompjuter koristi sat.

Naime, stalni električni pulsevi sata kompjutera održavaju sve njegove logičke elemente u taktu. Na početku svakog pulsa sata, počinje novi proces računanja. Sa sledećim pulsom, svi proračuni iz prethodnog takta su završeni i počinje izvršavanje sledećih operacija. Sa trećim otkucajem sata, obe grupe proračuna iz prethodna dva takta su završene i otpočinje treća grupa logičkih operacija. Sat kompjutera mora kucati u dovoljno sporom tempu kako bi bilo sigurno da su svi procesi u stanju da se završe tokom razmaka između dva udarca takta. Ipak, pošto su neki zadaci isuviše složeni da bi mogli da stignu da se obave za samo jedan takt, njima može biti dopušteno nekoliko taktova za izvršavanje. Računska operacija deljenja je upravo jedna od ovakvih složenih operacija. Naime, kad god se aktivira element za deljenje, ostali logički elementi kompjutera u opštem slučaju čekaju da se završi proces deljenja. Kompjuter koji je specifikovan da radi pri brzini od 100 MHz poseduje sat koji otkucava 100 miliona puta u sekundi, što znači da postoji 10 milijarditih delova sekunde između otkucaja sata, kao i da sva logička kola u kompjuteru moraju da obave svoje zadatke za ovo vreme. Satovi u modernim kompjuterima otkucavaju na svakih 2 do 20 milijarditih delova sekunde, a što kompjuteri postaju manjih dimenzija, to se tempo otkucaja njihovih satova povećava.

### **- Koja je razlika između statičke i dinamičke kompjuterske RA memorije?**

RAM (*Random Access Memory*) može biti statički ili dinamički, a odnos korišćenja ova dva tipa RAM-a direktno utiče na cenu kompjutera. Samo ime RAM-a nam kazuje da možemo imati pristup svakoj memorijskoj ćeliji ukoliko poznajemo broj reda i kolone koji se seku na njenom položaju. Suprotnost RAM-u je SAM (*Serial Access Memory*) koji u nizovima skladišti podatke u memorijske ćelije u koje se može imati pristup samo po određenom redosledu (kao kod magnetne trake). Dinamički RAM je najčešći tip memorije koju koriste kompjuteri današnjice. U jednom dinamičkom RAM čipu, svaka memorijska ćelija čuva jedan bit informacije, a sastoji se iz jednog tranzistora i jednog kondenzatora. Kondenzator se može nalaziti u dva različita stanja (0 ili 1) koja odgovaraju bitu informacije, a tranzistor se ponaša kao prekidač koji kontrolisano menja stanje kondenzatora. Ovi kondenzatori i tranzistori su naravno toliko mali da ih jedan memorijski čip sadrži oko milion. Kondenzatori predstavljaju dve suprotno naelektrisane paralelne ploče koje imaju osobinu da skladište elektrone. Kada kondenzator čuva broj 1, on je napunjen elektronima, a kada čuva nulu, onda je prazan. Jedan od problema sa kondenzatorima je to da elektroni ističu iz njih nakon određenog vremena, pa je za normalno funkcionisanje dinamičke memorije neophodno da procesor ili memorijski kontroler stalno dopunjavaju elektronima kondenzatore koji skladište broj 1. Stoga, kontroler memorije čita podatke i stalno ih ponovo zapisuje. Ovaj proces obnavljanja skladištenja informacija dešava se automatski nekoliko hiljada puta u sekundi, a na osnovu ovog procesa, dinamički RAM je dobio i ime. U statičkoj memoriji, jedan oblik flip-flopa čuva bit informacije. Jedan flip-flop memorijske ćelije sadrži 4 do 6 žicama povezanih tranzistora koji ne moraju stalno iznova da se pune informacijama kao kod dinamičkog RAM-a. Ovo čini statički RAM znatno bržim od dinamičkog RAM-a, ali zbog više sastavnih delova, statički RAM zauzima više mesta, pa ga to čini i skupljim od dinamičkog RAM-a. Osim statičkog i dinamičkog RAM-a, u kompjuterima današnjice su česti još i: FPM D (*Fast Page Mode Dynamic*) RAM koji čeka tokom celog procesa lociranja bita podataka na preseku reda i kolone i zatim čita bit pre nego što počne sa sledećim; EDO D (*Extended Data-Out Dynamic*) RAM koji ne čeka završetak procesovanja prvog bita informacije da bi prešao na sledeći bit pa je za oko 5 % brži od prethodnog tipa; SD (*Synchronous Dynamic*) RAM koji ostaje na redu sa traženim bitom i brzo se kreće kroz kolone čitajući sve bitove na koje nailazi pa je za oko 5 % brži od prethodnog tipa i predstavlja jedan od najčešće primenjivanih tipova RAM-a u današnjim *desktop* kompjuterima; RD (*Rambus Dynamic*) RAM-ovi koji međusobno rade paralelno kako bi

postizali brzinu prenosa podataka od 800 Hz; *Credit Card Memory* koja se može ubaciti u specijalne otvore nekih kompjutera; PCMCIA memorijska kartica; *FlashRAM* – mala količina memorije koju koriste televizori, video rekorderi i automobilski radio prijemnici, a posledica njihovog korišćenja u skoro svim kućnim elektronskim aparatima je to što video rekorder kada se isključi iz struje i ponovo uključi u nju, svetli 12:00 ili 00:00; i *VideoRAM*, poznat i pod imenom MPD (*Multiport Dynamic*) RAM, jer osim RAM-a poseduje i SAM, a koristi se u video adapterima, 3D akceleratorima i drugim uređajima za čuvanje raznih grafičkih informacija, kao što su 3D geometrijske figure ili teksturne mape, a količina ove memorije direktno određuje rezoluciju i dubinu boja na displeju.

## **- Koja je razlika između ROM-a, PROM-a, EPROM-a i EEPROM-a?**

Za razliku od podataka koji se čuvaju u RAM-u (*Random Access Memory*), podaci iz ROM-a (*Read Only Memory*) se ili ne mogu menjati ili je za izmenu njihovog sadržaja neophodan poseban postupak. Podaci koji se čuvaju u ROM čipovima su postojani, što znači da neće nestati kada isključimo električno napajanje čipa. Slično RAM čipovima, i ROM čipovi se sastoje iz mreže kolona i redova. Međutim, dok RAM čipovi na presecima kolona i redova poseduju tranzistore koji isključuju ili uključuju pristup naelektrisanja kondenzatoru, ROM na istim mestima koristi diode za povezivanje linija ili za prekidanje veze između njih. Dioda dozvoljava prolaz struje samo u jednom pravcu i poseduje tzv. probojni prag (u slučaju silicijumskih čipova odgovara naponu od oko 0,6 Volti) koji definiše neophodnu jačinu struje za propuštanje elektrona. Ukoliko je dioda prisutna na datom spoju reda i kolone, tada će struja moći da se provodi do zemlje i binarna vrednost te ćelije će biti jednaka 1. Međutim, spojevi na kojima nije prisutna dioda ne mogu propuštati struju pa će binarna vrednost ćelija spojeva bez diode biti jednaka 0. Iz ovog razloga, standardne ROM čipove je nemoguće reprogramirati. Prednosti ovakvog pravljenja čipova su izrazito niska cena (od po nekoliko centi po komadu) prilikom proizvodnje na veliko, kao i ogromna pouzdanost. Za razliku od standardnih ROM čipova, PROM (*Programmable ROM*) čipovi poseduju delove koji se mogu programirati. Jedina razlika između ROM i PROM čipova je u tome što svi preseki redova i kolona PROM čipa poseduju po jedan osigurač koji ih spaja. Novi PROM čip poseduje početne vrednosti svih ćelija jednake 1, jer svi osigurači propuštaju struju od kolona do uzemljenih redova. Programiranje PROM-a se sastoji u slanju određene jačine struje kroz ćelije kojima se dodeljuje vrednost 0. Visoki napon prekida vezu između datog reda i kolone putem pregorevanja određenog osigurača. PROM čipovi se mogu samo jednom programirati, lomljiviji su od ROM čipova, a i mali statički elektricitet iz okoline može uzrokovati pregorevanje nekog osigurača, tj. nehotičnu promenu neke jedinice u nulu. EPROM (*Erasable Programmable ROM*) čipovi se mogu nekoliko puta reprogramirati. Brisanje EPROM čipa zahteva specijalnu opremu koja emituje određenu frekvenciju ultraljubičastih talasa. Na presecima redova i kolona EPROM čipa nalaze se ćelije koje se sastoje od po dva tranzistora (plutajuće i kontrolne kapije) između kojih se nalazi tanak oksidni sloj (kao fleš memorija). Svaka plutajuća kapija se povezana sa redom preko svoje kontrolne kapije. Prazan EPROM čip poseduje sve kapije potpuno otvorene, pa je tako vrednost svake ćelije u njemu jednaka jedinici. Da bi se vrednost ćelije pretvorila u 0, neophodno je sprovesti naelektrisanje (od 10-13 Volti) sa kolone kroz kontrolnu i plutajuću kapiju ćelije do zemlje, čime se nagomilava naelektrisanje u oksidnom sloju između tranzistora što blokira dalji tok naelektrisanja između kolone i reda i data ćelija dobija vrednost 0. Da bi se EPROM čip reprogramirao, prethodno ga je neophodno obrisati, odnosno dovesti dovoljno energije koja će se probiti kroz elektrone koji blokiraju plutajuću kapiju. U ovu svrhu se najčešće koristi višeminutno dejstvo UV talasa frekvencije  $2,537 \cdot 10^{16}$  Hz. Pošto UV talasi ove frekvencije ne mogu da prođu kroz staklo ili plastiku, EPROM čipovi poseduju kvarcne prozore na svom vrhu. Ukoliko EPROM čip bude

isuviše dugo izložen dejstvu UV talasa koji brišu njegovu memoriju, on može postati preobrisan, što znači da su se plutajuće kapije naelektrisale do te mere da nisu više u stanju da zadržavaju elektrone. Takođe, EPROM čipovi se ne mogu reprogramirati na nekim svojim delovima, jer nije moguće obrisati samo neke njihove delove, već jedini način brisanja podrazumeva totalno brisanje memorije čipa. Međutim, EEPROM čipovi se mogu brisati i reprogramirati na bilo kojem svom delu. Umesto dejstva UV svetlosti, elektroni iz ćelija EEPROM čipa se vraćaju u normalno stanje (1) pomoću lokalizovanog delovanja električnog polja na svaku pojedinačnu ćeliju.

## - Šta je to operativni sistem?

Za razliku od *hardware* komponenti kompjutera koje predstavljaju same materijalne strukture kompjuterskih delova, *software* komponente kompjutera predstavljaju instrukcije, odnosno programe po kojima funkcionišu komponente *hardware*-a. Operativni sistem predstavlja *software* koji prvi vidimo kada upalimo kompjuter i poslednji vidimo kada ga ugasimo, s obzirom da upravo on otvara sve druge tipova *software*-a uskladištene u memoriji kompjutera. Međutim, nemaju svi kompjuteri operativne sisteme. Tako, na primer, kompjuteru u mikrotalasnoj pećnici, kao i svim drugim kompjuterima koji pokreću stalno jedan isti program nije potreban ovakav *software*. S druge strane, svi *desktop* kompjuteri poseduju barem po jedan operativni sistem. Osim popularnih operativnih sistema kao što su *Windows*, *DOS*, *UNIX* ili *Macintosh*, postoje i stotine drugih operativnih sistema opredeljenih za specijalne primene, kao npr. za mejnfremove, robotiku, manufakturu, *real-time* kontrolne sisteme itd. U zavisnosti od tipa kompjutera koji kontrolišu i vrste programa koje podržavaju, svi operativni sistemi pripadaju jednoj od 4 grupe, a to su: *real-time* operativni sistemi (koji kontrolišu mašinske pogone, naučno-istraživačke instrumente i industrijske sisteme, a njihov cilj je obezbeđivanje izvođenja procesa u tačno određenom vremenskom intervalu); *single-user*, *single task* operativni sistemi (koji su dizajnirani tako da jedan korisnik obavlja jednu po jednu stvar na njemu, a takvi su npr. *Palm* operativni sistemi na *Palm* ručnim kompjuterima); *single-user*, *multi-tasking* operativni sistemi (koji se koriste na najvećem broju *desktop* i *laptop* kompjutera današnjice, s obzirom da omogućavaju jednom korisniku da obavlja nekoliko poslova istovremeno, a primeri ovakvih operativnih sistema su *Windows* ili *MacOS*) i *multi-user* operativni sistemi (koji omogućavaju većem broju korisnika da istovremeno izvode računске operacije na kompjuteru, a primeri ovakvih sistema su *UNIX*, *VMS* i mejnfrem operativni sistemi, kao npr. *MVS*). Operativni sistem ima 6 osnovnih zadataka: upravljanje procesorom (obezbeđivanje dovoljno vremena tokom kojeg će se procesor posvetiti svakom pojedinačnom zadatku, kao i korišćenje što je moguće većeg broja ciklusa procesora), upravljanje memorijom (tako da svaki proces dobije dovoljno memorije za svoje obavljanje, a da pri tome ne zakorači u memorijsku oblast koja je dodeljena nekom drugom procesu), upravljanje uređajima (što se izvodi putem upravljanja drajverima, programima koji predstavljaju prevodioce između električnih signala *hardware* podsistema i programskih jezika operativnog sistema i drugih programskih aplikacija), aplikacioni interfejs (slično drajverima koji pružaju korišćenje *hardware* podsistema bez poznavanja svakog detalja u radu *hardware*-a, tako i aplikacioni interfejs programi – API dozvoljavaju aplikacionim programerima da koriste funkcije kompjutera i operativnog sistema bez direktnog poznavanja svakog detalja u radu centralne procesorske jedinice) i korisnički interfejs (slično API koji pruža konzistentan način da aplikacije koriste resurse kompjuterskog sistema, korisnički interfejs predstavlja strukturu koja pruža interakciju između korisnika i kompjutera, a tokom poslednje decenije, skoro svi razvoji korisničkog interfejsa, kao programa ili niza programa koji sede iznad samog operativnog sistema, su bili u oblasti grafičkog korisničkog interfejsa sa dva najpopularnija modela, *Apple*-ovim *Macintosh*-em i *Microsoft*-ovim *Windows*-om).



## - Šta je to fleš memorija?

Fleš memorija se koristi za lako i brzo skladištenje informacija u uređajima kao što su digitalne kamere ili konzole video igara. Fleš memorija predstavlja jedan vid EEPROM čipova, koji poseduju mrežu redova (*wordline*) i kolona (*bitline*) na čijim se preseccima nalazi po jedna ćelija sastavljena iz dva tranzistora između kojih se nalazi tanki oksidni sloj. Jedan od tranzistora se naziva plutajućom, a drugi kontrolnom kapijom. Svaka plutajuća kapija se povezana sa redom preko svoje kontrolne kapije. Prazan fleš memorijski čip poseduje sve kapije potpuno otvorene, pa je tako vrednost svake ćelije u njemu jednaka jedinici. Da bi se vrednost ćelije pretvorila u 0, neophodno je sprovesti naelektrisanje (od 10-13 Volti) sa kolone kroz kontrolnu i plutajuću kapiju ćelije do zemlje. Sa vremenom prolaska struje, povećava se broj zahvaćenih elektrona u oksidnom sloju između dva tranzistora, koji sve više predstavljaju barijeru daljem prolasku elektrona. Specijalni uređaj (ćelijski senzor) stalno meri nivo naelektrisanja koji prolazi kroz plutajuću kapiju. Ako je tok elektrona kroz plutajuću kapiju veći od 50 % primenjenog naelektrisanja, tada će ćelija imati vrednost 1. Kada udeo elektrona koji prođu plutajuću kapiju padne ispod 50 %, ćelija dobija vrednost 0. Primenom električnog polja većeg napona, elektroni u ćeliji se mogu vratiti u normalu (1). Fleš memorija radi znatno brže od tradicionalnih EEPROM čipova, jer umesto brisanja jednog po jednog bajta, ona briše ceo čip u jednom trenutku (pomoću *in-circuit* sistema žica primenjuje električno polje na ceo čip) ili ga briše po blokovima (grupe od 512 bajtova). U fleš memorije spadaju: kompjuterski BIOS čip, *CompactFlash*, *SmartMedia* i *MemoryStick* (u digitalnim kamerama), kao i memorijske kartice sistema video igara kao što su *Nintendo*, *Sega's Dreamcast*, *Sony's PlayStation...* Prednosti fleš memorije u odnosu na hard disk su: bešumnost, brži pristup podacima, manji oblik, manja težina, kao i nedostatak pokretnih delova. Međutim, fleš memorije su znatno skuplje od hard diskova, a i njihov kapacitet je manji.

## - Šta je to BIOS?

Jedna od najčešćih primena fleš memorije kompjutera je za skladištenje osnovnog ulazno/izlaznog sistema (*Basic Input/Output System*), poznatijeg i kao BIOS (izgovara se kao *bye-ose*). Na skoro svakom kompjuteru na našoj planeti, BIOS proverava da li svi drugi čipovi, hard drajvovi, portovi i procesor pod imenom centralna procesorska jedinica (CPU), funkcionišu usklađeno. Osim operativnog sistema i programskih aplikacija, BIOS predstavlja još jedan tip *software*-a koji ima niz funkcija, a pre svega da učita, odnosno podigne operativni sistem. Kada uključimo kompjuter, mikroprocesor želi da izvrši svoju prvu računsku operaciju, a instrukcije za nju dolaze upravo iz BIOS-a. Naime, i sam operativni sistem (pomoću koga se zatim podižu svi programi) je lociran negde na hard disku, pa mikroprocesor ne može da dođe do njega bez određenih instrukcija koje mu stoga pruža BIOS. Osim ovoga, BIOS izvodi još neke zadatke uključujući: POST (*Power On Self Test*) na raznim komponentama *hardware*-a kako bi se proverilo njihovo ispravno funkcionisanje, aktiviranje drugih BIOS čipova na raznim karticama instaliranim na kompjuteru (npr. SCSI i grafička kartica, koji najčešće imaju svoj BIOS), izvođenje niza rutina pomoću kojih se pruža interfejs između operativnog sistema i raznih komponenti *hardware*-a (kao npr. tastature, monitora, serijskih i paralelnih portova itd., a pre svega tokom podizanja sistema) i upravljanje nizom postavki na hard disku, satu itd. BIOS se najčešće nalazi u okviru fleš memorije, premda ponekad predstavlja poseban tip ROM-a. Svaki put kada upalimo kompjuter, BIOS izvodi nekoliko uobičajenih radnji, a to su: provera informacija koje se čuvaju na 64 bajta RAM-a u okviru CMOS čipa (*CMOS Setup*); učitavanje upravljača

prekida, odnosno malih paketića *software*-a koji predstavljaju prevodioce između datih komponenti *hardware*-a i operativnog sistema (npr. svaki put kada pritisnemo neku dirku na tastaturi, signal se šalje do upravljača prekida koji operativnom sistemu prevodi šta je pritisnuto, a pošto se BIOS stalno koristi za razmenu signala između *hardware*-a i operativnog sistema, on se najčešće kopira, tj. senči na RAM-u kako bi kompjuter radio brže); u slučaju hladnog podizanja sistema (npr. kada smo nepravilno isključili kompjuter), BIOS izvodi test čitanja i zapisivanja na svakoj memorijskoj adresi RAM-a, kao i proveru PS/2 portova i USB portova za tastaturu i miša, traži PCI bus i ukoliko ga pronade, proverava sve PCI kartice; i na ekranu ispisuje detalje o sistemu, uključujući informacije o procesoru, flopi i hard drajvu, memoriji, monitoru, BIOS reviziji i datumu.

## - Šta je to virtuelna memorija?

Virtuelna memorija predstavlja uobičajeni deo većine operativnih sistema i kućnih kompjutera. Najveći broj kompjutera današnjice koristi oko 64 ili 128 Megabajta RAM-a (*Random Access Memory*) koja je dostupna centralnoj procesorskoj jedinici (CPU – *Central Processing Unit*) za korišćenje. Međutim, često se dešava da samo RAM nije dovoljan za istovremeno pokretanje više programa. Na primer, ukoliko istovremeno učitate u RAM *Windows* operativni sistem, *e-mail* program, *Web* pretraživač i neki tekstualni procesor, 64 Megabajta RAM-a nije dovoljno memorije da u nju stanu sve ove aplikacije. Kada ne bi postojala virtuelna memorija, kompjuter bi vam tada rekao da ne može da radi istovremeno sa tolikim brojem programa i vi biste bili primorani da zatvorite neki od njih. Međutim, kada kompjuter poseduje virtuelnu memoriju, on može pronaći delove RAM-a koji se trenutno ne koriste i privremeno ih presnimiti na hard disk. Na taj način, kompjuter oslobađa prostor na RAM-u koji se zatim koristi za učitavanje novih programa. Pošto je prostor na hard disku znatno jeftiniji od prostora na RAM-u, virtuelna memortije pruža i finansijske olakšice kompjuterskim korisnicima. Oblast hard diska na koju kompjuter privremeno kopira podatke naziva se *page file*, a operativni sistem skoro stalno prebacuje podatke napred-nazad između *page* fajla i RAM-a (ovaj proces se naziva *thrashing*). Naravno, brzina kojom se zapisuju podaci na hard disk je znatno manja od brzine zapisivanja podataka na RAM-u i stoga ukoliko se vaš operativni sistem isuviše oslanja na virtuelnu memoriju (odnosno kada koristite mnogo programa istovremeno) primetićete očigledno usporavanje i opadanje performansi kompjutera.

## - Šta je to tajna memorija?

Tajno memorisanje (*caching*) predstavlja tehnologiju zasnovanu na memorijskim podsistemima kompjutera koja dozvoljava znatno brže rešavanje zadataka koji se daju kompjuteru. Princip rada tajne memorije možemo opisati na principu rada biblioteke sa i bez radne memorije. Ukoliko uđemo u biblioteku u kojoj nema tajne memorije, i zatražimo "Malog Princa", bibliotekar će otići u riznicu knjiga, pronaći "Malog Princa" i doneti nam ga. Međutim, ukoliko nedugo za nama naiđe neko drugi ko će tražiti istu knjigu, bibliotekar će opet morati da pređe isti put do riznice i natrag kako bi pronašao i doneo željenu knjigu. Međutim, u biblioteci koja poseduje tajnu memoriju, na stolu bibliotekara postoji malo pakovanje u koje može da stane nekoliko najtraženijih knjiga, pa će na taj način biti izbegnut dug put bibliotekara do riznice sa knjigama i natrag, pa će i cela biblioteka brže raditi. Jedini nedostatak tajne memorije je taj što ukoliko tražena knjiga nije u specijalnom pakovanju, bibliotekar će izgubiti malo vremena svaki put kada pogleda u nju i ne pronade traženu knjigu, pa tek onda započne put do riznice. Ipak, u svakom slučaju, ovo vreme pretrage tajne memorije je znatno manje od vremena koje se uštedi na osnovu pronalaženja knjiga u njoj.

Isto tako, tajne memorije kompjutera predstavljaju male i brzo pretražljive delove memorije čija je osnovna svrha da ubrzaju rad veće i sporije pretražljive memorije. Takođe, moguće je postojanje nekoliko slojeva tajne memorije (L1 *cache* poseduje jednu, a L2 *cache* dve odvojene tajne memorije), što bi u biblioteci odgovaralo nekolicini pakovanja sa različitim knjigama. Pošto u kompjuteru postoji mnogo podsistema, moguće je radi ubrzavanja rada, postaviti tajnu memoriju između bilo kog od njih. Hard diskovi se najčešće koriste kao tajne memorije najsporijeg podsistema u kompjuteru – veze sa Internetom. Tako, program za surfovanje Internetom koristi memoriju hard diska da bi u njoj čuvao pročitane Web stranice kako bi eventualni, povratni put do njih manje trajao. Takođe, mnogi moderni hard diskovi poseduju tajnu memoriju od oko 512 kilobajta. Najčešće L1 i L2 tajne memorije memorišu delove glavne memorije koja zatim tajno memoriše razne periferne podsisteme kompjutera. Naravno, razlog zašto se svi delovi kompjutera ne prave tako da rade brzinom tajne memorije je u tome što bi takav pristup proizvodnji bio isuviše skup.

## - Šta su to grafičke kartice?

Ako se pažljivo zagledate u monitor PC-a, videćete da se sve slike na njemu zapravo sastoje od velikog broja pojedinačnih tačkica, poznatih kao pikseli. Nekada su pikseli mogli imati samo jednu od dve moguće boje: crnu ili belu (kao npr. u originalnim *Macintosh* kompjuterima), dok danas neki pikseli kompjutera imaju na raspolaganju 256 mogućih boja, dok u *true-color* ekranima, postoji čak 16,8 miliona raznih osenčavanja, što je više nego dovoljno za stvaranje realnih slika, posebno ako uzmemo u obzir da naše oči mogu da razlikuju oko 10 miliona različitih boja. Grafičke kartice predstavljaju kompjuterske komponente koje prevode digitalnu informaciju u niz signala za osvetljavanje piksela na monitoru. Na većini kompjutera, grafička kartica prevodi digitalne informacije u analogne informacije, mada u *laptop* kompjuterima, grafička kartica barata samo sa digitalnim informacijama, jer je displej *laptop* kompjutera digitalan. Moderne grafičke kartice su elektronska kola sa memorijom i procesorom, posebno dizajniranim za rukovanje grafičkim informacijama. U memoriji grafičke kartice su uskladištene sve moguće boje koje se mogu davati pikselima. Povezivanjem grafičke kartice za matičnu ploču preko busa (najčešće AGP – *Accelerated Graphics Port* koji dozvoljava direktan pristup kartice sistemskoj memoriji), kompjuter može kartici slati signale pomoću kojih će menjati njenu memoriju. Takođe, kartica mora stvarati signale koji se šalju na elektronski top katodne cevi monitora, kao i horizontalne i vertikalne sinhronizacione signale (koji kažu elektronskom topu kada da pređe na novi red piksela, kao i kada da počne iscrtavanje nove slike). U svrhu bržeg rada kartice, na nju se dodaje i njena sopstvena centralna procesorska jedinica (CPU), koja u zavisnosti od tipa kartice može biti grafički koprocesor (koji radi simultano sa CPU-om kartice) ili grafički akcelerator (koji izvršava zadatke po instrukcijama sa CPU-a kartice). Takođe, svaka grafička kartica poseduje na sebi i mali ROM čip koji sadrži osnovne informacije o načinu međusobnog funkcionisanja sastavnih komponenti kartice. Digitalno-analogni konverter (DAC) poznat pod imenom RAMDAC uzima podatke iz RAM-a kartice, prevodi ih u analogni signal i šalje na video interfejs, odakle se ovi signali šalju na katodnu cev monitora. Najstarija grafička karticu koju je napravio IBM (avgusta 1981. godine) bila je 2-bojni *Monochrome Display Adapter* (MDA), a displeji koji su koristili ovu karticu, mogli su samo da iscrtavaju zelena ili bela slova na crnoj pozadini. Kasnije su se pojavili 4-bojna *Hercules* grafička kartica (HGC), pa 8-bojni *Color Graphics Adapter* (CGA), pa 16-bojni *Enhanced Graphics Adapter* (EGA), 266-bojna *Video Graphics Array* (VGA) kartica (1987.), da bi zatim nastala *Super Video Graphics Array* (SVGA) kojoj su razni proizvođači na različite načine dodavali rezoluciju i paletu boja. Nakon toga, *Video Electronics Standards Association* (VESA) se složila na standardnom primenjivanju SVGA kartica sa paletom od

16,8 miliona boja i rezolucijom od 1280 x 1024 piksela. Danas, većina grafičkih kartica podržava *Ultra Extended Graphics Array* (UXGA) koji osim 16,8 miliona različitih boja poseduje rezoluciju od 1600 x 1200 piksela.

### - Šta su to zvučne kartice?

Pre nego što su kao jednu od svojih sastavnih komponenti, kompjuteri počeli da koriste zvučne kartice, svi zvuci koji su dolazili sa kompjutera bili su ograničeni na bi-bip zvuke koje su pravili mali zvučnici montirani direktno na matičnoj ploči. Međutim, 1989. godine je kompanija *Creative Labs* napravila prvu *SoundBlaster* karticu, nakon čega su i mnoge druge kompanije lansirale izume svojih muzičkih kartica na tržište. Tipična zvučna kartica poseduje: digitalni signalni procesor (DSP) koji barata sa najvećim brojem informacija; digitalno-analogni konverter (DAC) iz koga zvuk izlazi iz kompjutera; analogno-digitalni konverter (ADC) radi prevođenja spoljašnjeg zvuka u kompjuter; ROM ili Fleš memoriju radi čuvanja podataka; MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) za povezivanje sa spoljnom muzičkom opremom, čiji bi se zvuk prevodio u digitalnu informaciju; džekove za povezivanje sa zvučnicima i mikrofonom, kao i *line-in* (preko koga se mogu povezati sa radijom, kasetofonom, CD plejerom, DAT-om ili CD-ROM drajvom) i *line-out* (preko koga se zvuk može izvoziti na kasetofon, DAT, CD-ROM drajv ili druge zvučnike); i port za povezivanje sa džojstikom ili *gamepad*-om. Zvučne kartice se najčešće ubacuju u PCI (*Peripheral Component Interconnect*) prorez, dok neke starije kartice koriste ISA (*Industry Standard Architecture*) bus. Takođe, mnogi današnji kompjuteri poseduju ugrađenu zvučnu karticu direktno na matičnoj ploči, čime se drugi otvori ostavljaju slobodnim za neke druge periferne uređaje. Pomoću zvučne kartice možemo: puštati prethodno snimljenu muziku (sa CD-ova ili audio fajlova kao na primer WAV, MP3 ili VQF fajlova), kao i igre i DVD filmove; snimati zvuke sa različitih izvora (preko mikrofona, kasetofona ili bilo kog električnog instrumenta priključenog na *line-in* ulaz); sintetizovati različite zvuke; i procesovati postojeće zvuke. Pošto se DSP kartice orijentiše na procesovanje zvuka, glavni kompjuterski procesor obavlja sve ostale zadatke. Nekadašnje zvučne kartice su se koristile FM sintezom radi stvaranja zvuka, u okviru koje se uzimaju tonovi različitih frekvencija i kombinuju kako bi se dobila aproksimacija određenog zvuka, kao što je na primer zvuk trube ili odjek harfe. Iako je FM sinteza napredovala do te mere da proizvedeni zvuci zvuče prilično realno, kvalitet zvuka ipak ne može da se poredi sa sistemom *wavetable* sinteze pri kome se snima mali sempl nekog instrumenta pomoću koga se zatim stvaraju svi mogući tonove koje taj instrument može da proizvede.

### - Šta su to tečno-kristalni displeji?

Tečno-kristalni displeji (LCD – *Liquid Crystal Display*) se nalaze svuda oko nas – u portabl kompjuterima, digitalnim satovima, mikrotalasnim pećnicama, CD plejerima i mnogim drugim elektronskim uređajima. Četiri fizičke činjenice se koriste za izradu LCD-a, a to su: 1.) svetlost se može polarizovati (tj. moguće je menjati ravan duž koje se prostiru svetlosni talasi); 2.) tečni kristali mogu prenositi i menjati pravac polarizovane svetlosti; 3.) struktura tečnih kristala se može menjati pod dejstvom električne struje i 4.) postoje providne supstance koje provode električnu struju. Da biste napravili jedan LCD, uzmite dva parčeta polarizovanog stakla. Specijalni polimer koji stvara mikroskopske brazde na površini, utrljava se na strani stakla koja na svojoj površini ne poseduje polarizujući film. Brazde moraju biti usmerene isto kao i polarizujući film. Dodajte sloj nematičnog tečnog kristala (tzv. uvrćućeg nematika koji se pod dejstvom električne struje raspliće do određenog stepena koji zavisi od primenjenog napona) na jedan od filtera. Brazde će dovesti do toga da se prvi sloj molekula

usmeri isto kao i orijentacija filtera. Drugi sloj stakla se postavlja tako da je njegov polarizujući film pod pravim uglom u odnosu na prvo parče. Svaki sledeći sloj molekula uvrćućeg nematika će postepeno da se uvrće sve dok najviši sloj ne bude bio postavljen pod uglom od  $90^\circ$  u odnosu na najniži sloj, poklapajući se sa polarizujućim staklenim filterom. Kada svetlost pogodi prvi filter, ona se polarizuje, a svetlost zatim prolazi kroz slojeve tečnog kristala, pri čemu molekuli, takođe, menjaju ravan oscilovanja svetlosti u zavisnosti od svog položaja. Kada svetlost dođe do najnižeg sloja tečno kristalne supstance, ona će oscilovati pod istim uglom kao i poslednji sloj molekula. Ukoliko se orijentacija ovog, poslednjeg molekuskog sloja poklapa sa drugim polarizujućim staklenim filterom, svetlost će proći kroz filter. Međutim, kada primenimo električno polje na tečni kristal, njegovi molekuli će se rasplitati, pri čemu će menjati ugao pod kojim svetlost prolazi kroz njih pa se ovaj ugao više neće poklapati sa uglom gornjeg polarizujućeg filtera i svetlost neće moći da prođe kroz tu oblast LCD-a, što će činiti tu njegovu oblast tamnijom od okolnih (kroz koje nije propuštena struja elektrona). Osim dva staklena polarizujuća sloja, kao i jednog sloja tečnog kristala, LCD poseduje i sloj ogledala ispod donjeg sloja stakla, kao i dve elektrode, koje se nalaze između slojeva stakla i sloja tečnog kristala. Tako, kada nema struje kroz tečni kristal, svetlost se odbija od ogledala i vraća nazad, a dovođenje napona na elektrode dovodi do rasplitanja molekulkih lanaca tečnog kristala što kao rezultat dovodi do zatamnjenja te oblasti na ekranu. Naravno, jednom ovakvom LCD-u je za funkcionisanje potreban još i izvor svetlosti. Pogledajte jedan LCD sat i primetićete da se brojevi pojavljuju tamo gde male elektrode napajaju tečni kristal i izazivaju rasplitanje njegovih molekula tako da oni u tom stanju na propuštaju svetlost kroz polarizujući film do reflektivne površine. Ovakvi LCD-i koriste spoljašnji izvor svetlosti. S druge strane, većina kompjuterskih tečno-kristalnih displeja poseduje ugrađene fluorescentne cevi iznad, pored, a ponekad i iza LCD-a, a bela difuziona ploča iz LCD-a preusmerava i rasipa svetlost kako bi se osigurala njena ravnomerna raspodela. LCD u boji poseduju na mestu svakog piksela po tri podpiksela u crvenim, zelenim i plavim filterima. Kombinovanjem intenziteta svakog podpiksela (koji poseduje 256 nivoa osvetljenosti) moguće je dobiti paletu od 16,8 miliona boja. Tipičan laptop kompjuter poseduje rezoluciju od 1024 x 768, a ako pomnožimo 1024 kolone sa 768 redova i sa 3 (broj podpiksela u svakom pikselu) dobićemo 2 359 296, što predstavlja broj tranzistora koji je zakačen za jedan ovakav LCD.

## **- Kako izgleda kompjuterski LCD?**

U kompjuterima današnjice se uglavnom koristi jedan od dva tipa tečno-kristalnih displeja, a to su: pasivno matrični ili aktivno matrični LCD. Pasivno matrični LCD koristi jednostavnu mrežu radi napajanja naelektrisanjem određenog piksela na displeju. Pravljenje ove mreže se počinje uz pomoć dva staklena sloja (tzv. supstrati). Jednom supstratu se daju kolone, a drugom redovi napravljeni od providnog provodnog materijala (najčešće indijum kalaj oksid). Redovi i kolone se povezuju sa integrisanim kolima kompjutera koji kontrolišu slanje naelektrisanja na određene redove i kolone. Tečno-kristalni materijal se stavlja između dva staklena supstrata, a polarizujući film se stavlja na spoljašnje strane svakog supstrata. Da bismo osvetlili određeni piksel, integrisano kolo šalje naelektrisanje na odgovarajuću kolonu na supstratu i povezuje sa zemljom odgovarajući red drugog supstrata. Svaki određeni red i kolona se presecaju na odgovarajućem pikselu, pa se na taj način dovodi napon koji raspliće tečni kristal na tom pikselu. Pasivni matrični sistem je veoma jednostavan, ali poseduje nekoliko slabosti kao npr. spor odgovor i nepreciznu kontrolu napona. Spor odgovor se odražava u nezadovoljavajućem osvežavanju slike na ekranu, što možete primetiti ukoliko brzo pomerate pokazivač miša po ekranu. Naime, primetićete niz odraza pokazivača miša koji prate njegovu stvarnu sliku. S druge strane, neprecizna kontrola napona onemogućava LCD

da osvetljava samo pojedinačne piksele. Kada se primeni napon za osvetljavanje samo jednog piksela, najčešće se pobude i okolni pikseli, što se odražava u malo zamagljenijoj slici i nedovoljno dobrom kontrastu. Aktivno matični LCD-i koriste za rad male film tranzistore, koji zapravo predstavljaju matični niz tranzistora i kondenzatora. Da bi se osvetlio određeni piksel na displeju, uključuje se odgovarajući red, a zatim se šalje struja na odgovarajuću kolonu. Pošto su svi drugi redovi koje preseca data kolona isključeni, samo kondenzator datog piksela prima naelektrisanje. Kondenzator ima tu osobinu da čuva naelektrisanje sve do sledećeg ciklusa osvežavanja. Ukoliko se pažljivo kontroliše količina napona koja se dovodi na kristal, moguće je rasplitati molekule u minimalnoj meri neophodnoj da propuste svetlost. Na ovaj način, većina današnjih displeja poseduje 256 nivoa osvetljenosti po pikselu.

## **- Kako neki monitori rade na dodir?**

Ukoliko ste držali u rukama jedan palmtop na kome se biraju moguće opcije direktnim dodirivanjem odgovarajuće slike na displeju ili ste na aerodromu ili železničkoj stanici birali moguće puteve na kompjuteru sa dodirnim ekranom, sigurno ste se zapitali kako ovi monitori funkcionišu. Naime, postoje tri osnovna sistema koje ovakvi monitori koriste za prepoznavanje dodira. Prvi je otpornički sistem koji se sastoji iz obične staklene ploče pokrivene sa dva sloja metala – jednim provodnim i jednim otpornim. Električna struja protiče stalno kroz ova dva sloja dok je monitor u radu, a kada korisnik dotakne ekran, u tački dodira dolazi do kontakta između ova dva sloja metala, što dovodi do promene električnog polja u koordinatama ekrana koje proračunava kompjuter i zatim šalje operativnom sistemu u obliku razumljive informacije. U kapacitivnom sistemu, sloj koji skladišti naelektrisanje stavlja se na staklenu ploču monitora. Kada korisnik dotakne monitor uz pomoć prsta, dolazi do prenosa naelektrisanja sa ekrana na korisnika, a ovaj pad u naelektrisanju kapacitivnog sloja meri se pomoću električnih kola lociranih na uglovima monitora. Iz relativne razlike u naelektrisanju na svakom uglu, kompjuter izračunava tačnu koordinatu ekrana na kojoj je došlo do dodira i zatim šalje informaciju *touchscreen* drajver *software*-u. Sistem površinskih akustičnih talasa sastoji se od dva pretvarača, jednog prijemnog i jednog emitujućeg, koji su postavljeni duž x i y osa ploče monitora. Na ploči se takođe nalaze i reflektori koji odbijaju električni signal poslat sa jednog pretvarača na drugi. Prijemni pretvarač je u stanju da primeti prekid talasa pod dejstvom dodira, kao i da identifikuje tačan položaj dodira prsta sa ekranom.

## **- Zašto je kompjuteru potrebna baterija?**

Većina kompjutera poseduje malu bateriju, koja je najčešće montirana na samoj matičnoj ploči ili se nalazi u nekom vidu držača tako da ju je lako zameniti kada se potroši. Kompjuteri nisu jedini elektronski uređaji koji rade na struju i poseduju bateriju - i kamkorderi i digitalne kamere najčešće imaju po jednu bateriju. Zapravo, svi elektronski uređaji koji vode računa o vremenu poseduju bateriju. Baterija u kompjuteru snabdeva električnom energijom *Real Time Clock* (RTC) čip, koji u suštini predstavlja jedan kvarcni sat koji radi bez prekida bilo da je kompjuter upaljen ili nije. Ovakav, mali kvarcni sat je najčešće u stanju da pomoću jedne baterije radi od 5 do 7 godina. RTC čip između ostalog sadrži i 64 (ili više) bajta RAM-a (*Random Access Memory*). Sat koristi 10 bajtova ove memorije, a ostala 54 ostaju slobodna za korišćenja u druge svrhe. Tako, na primer, ponekad BIOS skladišti razne vrste informacija u ovu memoriju, kao što su broj flopi diska i hard diska drajva, tipovi ovih drajvova itd. To je i jedan od razloga zašto može da se desi da kompjuter neće da se upali kada se baterija potroši. Stoga je sve više kompjutera koji ne zavise od CMOS RAM-a, jer celu postavku operativnog sistema skladište u tzv. neisparljivom RAM-u kome nije potrebna baterija.

## - Šta je to UPS?

Ono što jedan kompjuter očekuje da će dobiti od električne mreže predstavlja naizmeničnu električnu struju od 240 Volti (120 Volti u Americi) koja osciluje frekvencijom od 50 Herca (60 Herca u Americi), što znači da struja promeni smer kretanja 100 puta u sekundi (120 puta u Americi). Kompjuter je najčešće u stanju da toleriše blage promene u naponu u frekvenciji struje, ali će veće promene uzrokovati pad kompjuterskog sistema. UPS (*Uninterruptible Power Supply*) predstavlja uređaj koji štiti kompjuter od većeg ili manjeg napona od optimalnog radnog napona, od menjanja frekvencije struje, kao i od naglog nestanka struje. Danas se koristi jedan od dva uobičajena UPS sistema: *standby* UPS ili kontinualni UPS. *Standby* UPS koristi struju iz električne mreže za rad kompjutera sve dok ne detektuje neku promenu u naponu ili frekvenciji struje. Tada, u veoma kratkom vremenskom intervalu (oko 5 milisekundi) UPS pokreće inverter energije (koji prevodi jednosmernu struju iz baterije u dvosmernu struju koju zahteva kompjuter) pomoću koga počinje da napaja kompjuter pomoću sopstvenih baterija. S druge strane, kontinualni UPS stalno napaja kompjuter pomoću svojih baterija koje se kontinualno pune preko električne mreže. I sami veoma lako možete da napravite jedan kontinualni UPS pomoću većeg punjača baterija, baterije i invertora. Punjač baterija stalno proizvodi jednosmernu struju, koju inverter prevodi u dvosmernu struju od 120 Volti. Kada nestane struja, baterija će nastaviti da snabdeva energijom inverter, preko koga će se električna energija dovoditi kompjuteru. *Standby* UPS sistemi se najčešće koriste kod kućnih kompjutera, jer su dvostruko jeftiniji od kontinualnih UPS sistema koji napajaju uređaje sa veoma stabilnom snagom, pa se stoga koriste pri napajanju servera i važnih kompjutera velikih kompanija.

## - Zašto hard disk krči dok čita podatke?

Mnogim kompjuterima je, ukoliko kliknete na neku ikonicu sa *desktop*-a, potrebno oko 20 - 30 sekundi da otvori dati program, a za svo to vreme se iz unutrašnjosti kompjutera najčešće čuje krčeći ili bučkajući zvuk koji potiče iz hard diska. Sastavni deo svakog hard drajva je ručica koja pokreće glavu diska koja čita ili zapisuje podatke na površini diska. Tipični hard disk ima prečnik od oko 12,5 cm, a stoga se ova ručka pokreće u rasponu od oko 5 cm duž naličja diska. Ova ručica je veoma lagana, a elektronsko-mehanički sistem koji je pobuđuje je snažan i precizan, pa ručica može preći preko površine diska oko stotinak puta u sekundi. Ipak, da bi se startovao jedan program kao što je *Word* ili *Excel*, hard disk mora osim samog aplikacionog programa da učita i niz DLL-a (*Dynamic Link Libraries*) koji podržavaju aplikaciju. Ukupna veličina ovih različitih fajlova iznosi od 10-20 megabajta, a svi ovi fajlovi su rasuti po hard disku. Učitavanje 20 Megabajta podataka zahteva dosta vremena, a hard disku je potrebno da nekoliko hiljada puta pređe preko površine diska kako bi pokupio sve delove. Takođe, najčešće se zajedno sa aplikacionim programom, otvara i sam fajl sa podacima. U tu svrhu, operativni sistem mora da pomera glavu diska do direktorijuma diska kako bi pronašao folder, potvrdio postojanje fajla sa određenim imenom i zatim locirao fajl. Nakon toga, da bi otvorio fajl, operativni sistem mora da učita desetak traka rasutih po površini hard diska. Uz sve ovo, ukoliko je fizička radna memorija (RAM) ispunjena, tokom procesa učitavanja, operativni sistem će morati da prebacuje podatke sa RAM-a na *paging* fajl diska. Stoga, istovremeno dok operativni sistem učitava aplikacioni program zajedno sa DLL-ima i fajlom sa podacima, vrši se i prepisivanje miliona bajtova podataka na *paging* fajl kako bi se oslobodio prostor RAM-a za novu aplikaciju. Upravo usled ovog brzog i intenzivnog repozicioniranja glave diska, čuje se zvuk krčanja.

## - Da li je nasnimljeni hard disk teži od praznog?

Podaci koji se uskladište na hard disku utiču na njegovu energiju, a pošto masa predstavlja jedan vid energije, tada će sa promenom energije diska doći i do promene njegove mase. Ipak, nije jasno da li bi prazni ili nasnimljeni disk bio teži, jer to uglavnom zavisi od toga kako je namagnetisana površina i kako su podaci uskladišteni na disku predstavljeni preko ove magnetizacije. Ako pretpostavimo da je prazni disk dizajniran tako da su svi mali permanentni magneti orijentisani u istom pravcu (u ili van ravni diska), tada će prazan disk posedovati najveću vrednost magnetizacije, a stoga i najveću potencijalnu energiju. Ovakav prazni hard disk će stoga biti za nijansu teži od nasnimljenog diska. Ipak, ako je prazni disk dizajniran tako da su mu magneti nasumično orijentisani (kao kod prazne magnetne trake), tada će njegova magnetizacija u ovom stanju biti jednaka nuli, pa će i potencijalna energija u ovom stanju biti manja od potencijalne energije nasnimljenog diska, pa će stoga i prazan disk biti nešto lakši od nasnimljenog diska. Naravno, ova razlika u težini je toliko mala da je pitanje da li će ikada iko biti u stanju da je detektuje.

## - Šta su to modemi?

Modemi se koriste za slanje i primanje digitalnih podataka preko telefonske linije, a reč modem potiče od kombinacije reči modulator (jer modem modulira digitalni signal kako bi ga učinio kompatibilnim sa telefonskom linijom) i demodulator (jer se primljeni signal demodulira kako bi se preveo u digitalni format, razumljiv kompjuteru). Osim uobičajenih modema koji se kače za telefonsku liniju, postoje i bežični modemi koji digitalne signale prevode u radio formu i obrnuto. Modemi su prvi put počeli da se koriste šezdesetih godina 20.veka radi povezivanja terminala (najčešće samo tastature i monitora) sa kompjuterskom bazom. Kada bi korisnik otkucio neko slovo na terminalu, ASCII kod tog slova bi se preko modema prenosio do kompjutera, odakle bi se slovo vraćalo terminalu i ispisivalo na njegovom ekranu. Modemi su tada radili pri brzini od 300 bita u sekundi (300 bps) što odgovara prenosu od oko 30 slova u sekundi, a što je mnogo brže nego što smo u stanju da kucamo. Ipak, kada su kompjuteri preko svojih modema počeli da se povezuju na zajedničke *bulletin* ploče, mogli su se prenositi programi i mnogo veće informacije preko kompjutera, pa je brzina modema počela polako da se povećava i to od 1200 bps sredinom osamdesetih, preko 9600 bps početkom devedestih godina, pa sve do današnjih 56 Kbps u slučaju standardnih modema ili čak 10 Mbps kod ADSL modema. Modem od 300 bps predstavlja uređaj koji koristi FSK (*Frequency Key Shifting* sistem u kome se različiti bitovi predstavljaju različitim tonovima, odnosno različitim zvučnim frekvencijama) za prenos digitalnih informacija preko telefonske žice. Tako, u slučaju veze između terminala i kompjutera, terminal predstavlja bit 0 frekvencijom od 1070 Hz, dok se bit 1 predstavlja sa 1270 Hz. S druge strane, kompjuter koji šalje informaciju terminalu predstavlja 0 kao 2025 Hz, a 1 kao 2225 Hz, a pošto dva modema koji komuniciraju šalju signale na različitim frekvencijama, oni mogu istovremeno slati i primiti podatke. Kako bi povećali brzinu modema, njihovi dizajneri se umesto FSK-om koriste PSK-om (*Phase Key Shifting*) ili QAM-om (*Quadrature Amplitude Modulation*), čime je moguće ubaciti ogroman broj informacija na običnu telefonsku liniju opsega frekvencija od samo 3 kHz. Naravno, danas se umesto terminala i terminalskih emulatora koriste ISP-evi (*Internet Service Provider*) za povezivanje kompjutera. Umesto slanja pojedinačnih slova, modem prenosi TCP/IP pakete između kompjutera i njegovog ISP-a, a za slanje ovih paketa, modemi se koriste metodom poznatom i kao PPP (*Point-to Point Protocol*) – kompjuter pravi TCP/IP datagrame i daje ih modemu radi prenosa, a ISP prima svaki datagram i šalje ih na željeno mesto na Internetu.



## - Šta je to Internet?

Internet predstavlja planetarnu mrežu kompjutera koja podjednako pripada svim bićima - stanovnicima naše planete. Kompjuteri mogu pristupiti Internetu, tako što bi se preko modema povezali sa lokalnim Internet Servis Provajderom (ISP) koji je stalno povezan sa još većom mrežom kompjutera. ISP u svakom većem gradu poseduje po jedan POP (*Point of Presence*), odnosno mesto na kome lokalni korisnici pristupaju ISP-u, a time i Internetu. Pomoću optičkih vlakana, POP-ovi istog ISP-a iz različitih gradova su međusobno povezani. Različiti ISP-evi se međusobno povezuju kroz *Network Access Points* (NAP), kako bi bio moguć protok informacija između korisnika različitih ISP-eva. Najinteresantniji podatak u vezi sa Internetom je taj da kada pošaljemo neki podatak sa jednog kompjutera, ta informacija može obići pola planete kroz razne sisteme mreža i stići do nekog udaljenog kompjutera za manje od delića sekunde. Ruteri predstavljaju specijalizovane umrežene kompjutere koji povezuju različite mreže i imaju zadatak da usmeravaju informacije na svoja tačna odredišta. Svaki kompjuter na Internetu poseduje svoj identifikacioni broj u vidu IP (*Internet Protocol*) adrese koja se sastoji od 4 decimalna broja (tzv. okteta, jer se svaki decimalni broj sastoji od 8 cifara) razdvojenih tačkama. Pošto svaka od 8 cifara u jednom oktetu može biti 0 ili 1, ukupan broj mogućih kombinacija po oktetu je  $2^8 = 256$  (od 0 do 255). Kombinacijom 4 okteta dobija se  $2^{32} = 4\ 294\ 967\ 296$  kombinacija, što predstavlja približan broj kompjutera koji se mogu priključiti na mrežu. Od ovih 4,3 milijardi kombinacija, neke adrese su rezervisane za posebne namene, kao npr. 0.0.0.0. za *default* mrežu ili 255.255.255.255. za *broadcasting*. Okteti se dele u dve grupe: *Net* i *Host*. Prvi broj u IP adresi (*Net* oktet) je zajednički za sve kompjutere koji pripadaju istoj ISP mreži, dok je poslednji oktet (*Host* oktet) svojstven pojedinačnom kompjuteru sa mreže. *Domain Name System* (DNS) serveri predstavljaju sisteme koji prevode tekstualna imena sajtova (poznatija kao URL – *Uniform Resource Locator*) i *e-mail* adrese u njihove IP adrese i obrnuto. Tako, kada u nekom *Internet browser*-u (programu za surfovanje Internetom, kao što su na primer *Internet Explorer* ili *Netscape Navigator*) otkucamo ime sajta koji želimo da virtuelno posetimo, *browser* kontaktira DNS server da bi pronašao IP adresu traženog sajta. DNS server vrši pretragu po raznim *root* DNS serverima od kojih je svaki specifikovan za pronalaženje određenih tipova adresa (com, net, org...). Svi kompjuteri na Internetu se mogu podeliti na servere (koji stoje na raspolaganju drugim kompjuterima i na kojima su uskladištene stranice sajtova) i klijente (kompjuteri koji se koriste za uspostavljanje veze sa serverima). Serveri poseduju statične IP adrese, dok kućni kompjuteri kod svakog novog priključivanja na Internet od svog ISP-a dobijaju različitu IP adresu. Svi serveri nude svoje usluge preko nekoliko različitih portova, pri čemu svakom portu odgovara poseban protokol (FTP – *File Transfer Protocol* ili HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*), koji najčešće predstavlja tekstualan opis načina komuniciranja između kompjutera.

## - Zašto se podaci šalju u paketima kroz kompjuterske mreže?

Svi podaci koji se šalju preko Interneta, prenose se u vidu paketa. Tako, npr. kompjuteri primaju *Web* stranice u obliku niza paketa, a i svaka poslata *e-mail* poruka se šalje do vašeg prijatelja u obliku malih paketa, od kojih svaki sadrži određeni broj bitova informacije. U zavisnosti od tipa mreže kroz koju se prenosi poruka, paketi se još formalno mogu nazivati frejmovima, blokovima, ćelijama ili segmentima. Tipični paket sadrži oko 1000 do 1500 bitova informacije, a svaki paket obavezno sadrži IP adresu kompjutera (četiri broja koja predstavljaju neku vrstu identifikacionog broja kompjutera) sa koga je poslata poruka, IP adresu kompjutera kome je poslata poruka, poruku koja kaže mreži na koliko je paketa razbijena originalna poruka, kao i broj paketa. Svaki paket se šalje do svog odredišta

putem najdostupnije elektronske putanje, tj. putanje kojom su krenuli svi ostali paketi poruke ili nijedan od njih. Na ovaj način se postiže povećanje efikasnosti Interneta. Najveći broj paketa se deli na tri dela: *header* (zaglavlje ili naslov), *payload* (tj. telo poruke) i *footer* (tekst na dnu). *Header* sadrži instrukcije u vezi sa podacima koji se prenose, a uključuju: dužinu paketa, sinhronizaciju (paketa sa mrežom), broj paketa (njegov položaj u nizu poslatih paketa), protokol (definiše tip informacije koja se prenosi – *e-mail*, *Web* stranica, video zapis...), IP adresu odredišta i IP adresu porekla informacije. *Payload* paketa sadrži sve podatke koji se prenose u njemu, a ako su paketi fiksirane dužine, tada je *payload* dopunjen praznom informacijom kako bi se prilagodila (odneno korigovala) njegova veličina. *Footer*, koji se ponekad naziva i *trailer*, najčešće sadrži nekoliko bitova koji kažu prijemnom uređaju da je to kraj paketa. Footer često sadrži i neki vid provere grešaka, kao što je npr. CRC (*Cyclic Redundancy Check*), koji sumira sve jedinice u *payload*-u paketa i rezultat čuva u obliku heksadecimalnog broja u *footer*-u paketa. Prijemni uređaj takođe sabira sve jedinice u *payload*-u paketa i rezultat poredi sa uskladištenom vrednošću iz *footer*-a. Ukoliko se dve vrednosti ove sume ne poklapaju, prijemni kompjuter šalje zahtev kompjuteru-pošiljaocu da ponovi slanje datog paketa.

## - Kako se *e-mail* poruke šalju kroz Internet?

Svakoga dana na našoj planeti, ljudi ukupno pošalju i prime nekoliko milijardi *e-mail* (elektronska pošta) poruka. Pre 1971. godine kada je poslata prva *e-mail* poruka kroz kompjutersku mrežu, korisnici su među sobom mogli da razmenjuju elektronske poruke samo ukoliko su se nalazili na istom kompjuteru. Ipak, *e-mail* poruke od dana svog nastanka nisu mnogo evoluirale, s obzirom da i dalje predstavljaju tekstualne poruke, premda se danas za njih mogu zakačiti razne druge vrste fajlova. Za slanje i primanje *e-mail* poruka, neophodno je posedovati *e-mail* klijenta koji predstavlja neki program kao što je npr. *Microsoft Outlook*, *Outlook Express*, *Eudora* ili *Pegasus*. Ako koristimo neki od slobodnih *e-mail* servisa kao što su oni na sajtovima *Hotmail* ili *Yahoo*, tada koristimo *e-mail* klijent koji se pojavljuje na samoj *Web* stranici, a ukoliko posedujemo *AOL*, tada koristimo njegov *e-mail* program. U svakom slučaju, *e-mail* klijent nam pokazuje listu svih poruka u našem poštanskom sandučetu putem ispisivanja naslova ovih poruka, kao i imena pošiljaoca i vremena i datuma kada je poslata svaka od poruka, kao i veličinu poruka, omogućuje nam biranje određenog naslova i čitanje čitavih poruka, pisanje i slanje novih poruka, kao i slanje i primanje netekstualnih fajlova putem pripajanja (*attachment*-a) dodatnih fajlova originalnim tekstualnim porukama. Ukoliko na kompjuteru posedujemo *e-mail* klijenta, potreban nam je još samo *e-mail* server (za čije korišćenje najčešće plaćamo vreme kod lokalnog Internet provajdera) za koji će se *e-mail* klijent povezati. Serveri predstavljaju kompjutere koji pokreću posebne *software*-e i koji poseduju otvorene specifične portove preko kojih se ljudi ili programi mogu povezati sa njima. U *e-mail* serverima se jednostavno čuvaju sve poruke koje su usmerene ka korisnicima ovog servera, a koje oni *download*-uju prilikom povezivanja na ove kompjutere putem specifičnog porta. *E-mail* sistemi se danas najčešće sastoje iz dva različita servera: SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) servera koji usmerava poslate poruke i koji ima otvoren port broj 25 i POP3 (*Post Office Protocol 3*) servera koji usmerava pristiglu poštu i čiji je otvoreni port 110. Kad god pošaljemo neku *e-mail* poruku, SMTP server za koji smo povezani stupa u kontakt sa drugim SMTP serverima putem DNS-a (*Domain Name Server*) od koga traži IP adresu SMTP servera dela adrese ka kojoj je poslata poruka iza znaka *Ž*. Ukoliko naš SMTP server nije u stanju da pronađe IP adresu SMTP servera prijatelja kome šaljemo poruku, tada poruka odlazi u red za čekanje iz koga pokušava ponovo da se pošalje na svakih petnaestak minuta, a ukoliko ni nakon nekoliko dana poruka ne bude poslata, ona se vraća *e-mail* klijentu. Uloga POP3 servera je da sve pristigle poruke za određenog *e-mail* klijenta sakuplja

u okviru jednog odgovarajućeg tekstualnog fajla. Kada želimo da *download*-ujemo pristiglu poštu, mi se povezujemo za POP3 server preko porta 110, POP3 server traži od nas korisničko ime i lozinku, a kada se ulogujemo, POP3 server otvara naš tekstualni fajl i dozvoljava nam pristup njemu. *E-mail* klijent zatim pomoću niza komandi, preuzima kopije naših *e-mail* poruka koje zatim prenosi na naš kompjuter. Nakon ovog prenosa, poruke sa POP3 servera mogu biti obrisane ukoliko je to naznačeno u instrukcijama *e-mail* klijentu. Za obične tekstualne *e-mail* poruke se mogu zakačiti drugi tekstualni dokumenti, tablični proračuni, muzički i video fajlovi ili delovi *software*-a. U svrhu slanja dodatnih netekstualnih fajlova putem *e-mail* poruka koriste se *uuencode* programi koji izdvajaju po 3 bajta iz binarnog fajla i prevode ih u po 4 tekstualna znaka (uzimanjem 6 po 6 bitova i dodavanjem broja 32 na njihove vrednosti dobijaju se odgovarajući ASCII znakovi), čime se vrši šifrovanje poruka. Ovo uenkodiranje smo nekada morali sami da radimo pomoću posebnih *uuencode* programa da bi danas većina *e-mail* klijenata radila to automatski.

### - Šta je to ludo A (Ž)?

Malo, smešno slovo "a" sa repom koji ga okružuje predstavlja jedan od najčešće korišćenih znakova današnjice, iako njegovo zvanično i univerzalno ime još uvek nije formulirano. Iako postoji mnoštvo različitih imena koji se pridaju ovom slovu, najčešći pojam kojim se opisuje je "at" ( engleski priloga koji se u zavisnosti od smisla može prevesti kao: u, na, po, kod, pri, pored, ka, oko, kroz, prema, za...). Na mnogim jezicima, ovom simbolu je pridodato ime neke životinje: kod nas se često naziva majmunom, u Holandiji majmunovim repom, u Danskoj slonovom surlom, u Finskoj mačjim repom, u Nemačkoj majmunom koji visi, u Mađarskoj crvom, u Koreji pužem, u Norveškoj prasećom repom, a u Rusiji malom kucom. Pre nego što je počeo da se koristi u nazivima adresa elektronske pošte, ovaj simbol se koristio za označavanje cene ili težine nečega. Tako, npr. ako ste kupili 5 pomorandži po ceni od po dolar, mogli ste napisati kako ste kupili 5 pomorandži\$1\$. Pravo poreklo ovog simbola još uvek je nepoznato. Koristili su ga kaluđeri prilikom prepisivanja knjiga na engleskom pre 1537. godine, u vreme kada još nije bila izumljena tehnika štampanja. Tako se umesto sa tri pokreta perom, reč "at" pisala samo sa jednim pokretom kao "ž". Nakon toga, u 16. veku, u Italiji je uvedena oznaka Ž kao skraćenica za reč amforu, koja je u to vreme predstavljala jedinicu količine prilikom trgovine voćem, začinima i vinom.

### - Koliko je dugačak jedan paket od 1500 bajtova?

Kada šaljemo neke informacije kroz Internet, tada se pošiljka deli u niz paketa koji se pojedinačno šalju kroz kompjutersku mrežu, a na njihovom odredištu se ponovo kombinuju u celovitu informaciju. Bilo da šaljemo informacije kroz *Ethernet* kabl ili kroz bakarnu telefonsku žicu, signal će putovati određenim delom brzine svetlosti. Brzina svetlosti u vakuumu iznosi oko  $3 \cdot 10^8$  m/s, odnosno  $3 \cdot 10^5$  km/s. Kretanjem kroz staklo, svetlosni signal se usporava, dok se električni signal kroz žicu kreće još nešto sporije. Stoga možemo u aproksimaciji uzeti da u oba slučaja signal putuje brzinom od trećine brzine svetlosti, odnosno brzinom od  $10^5$  km/s. Memorijski kapacitet jednog paketa iznosi najčešće 1500 bajtova, a brzina prenosa signala, a time i njegova fizička dužina zavise od širine opsega kabla kroz koji prenosimo paket. Ukoliko koristimo modem koji poseduje brzinu prenosa podataka od 56 kilobajta u sekundi, tada ćemo vreme prenosa paketa od 1500 bajtova moći da izračunamo ako podelimo 1500 sa  $(56 \times 1024)$ , jer u jednom kilobajtu nema 1000, već 1024 bajta. Tako ćemo dobiti vreme prenosa od 0,026 sekundi. Množenjem ovog vremena sa pretpostavljenom brzinom prenosa signala od  $10^5$  km/s, izračunaćemo dužinu paketa od oko 2600 km. Ukoliko koristimo širi opseg prenosa, tada ćemo moći da izvršimo brži prenos podataka, pa će i

fizička dužina paketa biti manja. Tako, ako koristimo kablovski modem sa brzinom prenosa od 1,5 Megabajta u sekundi, tada će vreme prenosa iznositi samo oko 0,001 sekundu, pa će paket biti dugačak samo oko 100 kilometara.

## - Šta je to satelitski Internet?

Satelitski Internet ne koristi telefonsku liniju ili kablovski modem za povezivanje kompjutera u računarsku mrežu, već u tu svrhu koristi satelitski tanjir sa dvosmernom komunikacijom podataka (*upload* i *download*). Brzina odašiljanja podataka iznosi samo jednu desetinu od brzine primanja podataka koja je jednaka 500 kilobita u sekundi. Stoga, kablovski i DSL Internet poseduju veće *download* brzine (brzine uzimanja podataka sa Interneta od strane kompjutera), ali je satelitski Internet ipak 10 puta brži od običnog modema. Sve što vam je potrebno da biste priključili vaš kompjuter na Internet preko satelita su: satelitska antena sa tanjirom, dva modema (*uplink* i *downlink*) i koaksijalni kablovi koji spajaju tanjir i modem. Pošto se sateliti nalaze iznad oblasti ekvatora, neophodan vam je jasan pogled ka jugu (ukoliko se nalazite na severnoj hemisferi, a ukoliko ste na južnoj hemisferi, tada vam je potreban jasan pogled ka severu), a kiše, drveće i satelitska televizija mogu lako ometati vašu vezu sa Internetom. Dvosmerni satelitski Internet koristi Internet protokol (IP) multikasting tehnologiju, što znači da više od 5000 kanala komunikacije mogu istovremeno funkcionisati preko jednog satelita. IP multikasting istovremeno šalje kompresovane podatke (kompresijom se smanjuje veličina podataka i frekventni opseg) u mnogo tačaka na Zemlji. Naime, uobičajeni Zemljani sistemi poseduju ograničen frekventni opseg, što sprečava multikasting na nivou satelitske veze. Ako živite u nekom seoskom naselju, satelitski Internet je možda prava stvar za vas, s obzirom da je telefonska veza skuplja, a kablovsko povezivanje praktično neizvodljivo.

## - Šta je to HALO Network?

Nekoliko kompanija na planeti planira da uvede veoma brzo, bežično povezivanje na Internet putem postavljanja aviona u fiksirane putanje iznad Zemlje. HALO (*High Altitude Long Operation*) bi se koristio laganim avionima koji bi kružili iznad naših glava i snabdevali kompjutere sa podacima znatno brže od T1 poslovnih linija. Smatra se da bi se u ovu svrhu mogli koristiti solarni avioni bez ljudske posade ili čak i male vazdušne lađe za izviđanje morske obale. Naime, zemljani prenos podataka je ograničen samim tim što je prečnik optičkog kabla ili telefonske linije isuviše mali. HALO Internet će funkcionisati slično satelitskom Internetu, jer će oba sistema posedovati jednaku širinu opsega, premda će u slučaju HALO Interneta, signali putovati znatno kraće vreme do aviona (koji će leteti na oko 20 kilometara iznad Zemlje) i natrag, nego što je vremena potrebno signalu da ode do satelita (koji se nalazi na nekoliko stotina kilometara iznad površine Zemlje) i da se vrati natrag na Zemlju, pa će, stoga i kašnjenje HALO sistema biti zanemarljivo malo u odnosu na satelitski Internet. Naravno, pristup Internetu preko HALO sistema neće biti potpuno bežičan. Naime, neophodno je instaliranje antene na kući kako bi se primali signali sa aviona. Takođe, mreže različitih provajdera će se i dalje povezivati pomoću optičkih kablova. Smatra se da će se prvi HALO sistemi uvesti u 10 gradova tokom 2006. godine. Avioni, dizajnirani u svrhu slanja HALO signala će posedovati dugačka krila, kao i nisko opterećenje krila, što je neophodno za let na velikim nadmorskim visinama. Avioni će leteti na visinama između 15 i 18 kilometara, a svojim signalom će pokrivati kružnu oblast prečnika 120 kilometara. U srcu ovih aviona će se nalaziti tzv. *airborne-network* utikač, pomoću koga će avioni slati signale do stanica na Zemlji i do kućnih kompjutera. Niz antena na avionu će deliti Zemljane predele ispod sebe na stotine virtuelnih ćelija kako bi bilo moguće snabdevanje nekoliko hiljada korisnika Interneta

pomoću jednog aviona. Tanjir prečnika 6 metara, montiran sa donje strane aviona će se koristiti za reflektovanje signala sa Zemlje i usmeravanje ka kompjuterima korisnika. Svaki veliki grad će posedovati tri HALO aviona, pri čemu će svaki provoditi po 8 sati u letu iznad grada. Takođe, moguće je postojanje solarnih i izuzetno laganih aviona, koji bi snabdevajući se Sunčevom energijom mogli da lete iznad grada bez prestanka i po 6 meseci.

## - Šta je to DSL?

Ako želite da povežete kompjuter sa Internetom, možete to uraditi pomoću običnog modema, *local area network*-a u kancelariji, kablovskog modema, satelitske veze ili DSL (*Digital Subscriber Line*) veze. Korišćenjem DSL-a možete imati vezu sa Internetom, a istovremeno koristiti telefonsku liniju (za koju je zakačen DSL) za glasovne razgovore. Takođe, današnja brzina prenosa podataka DSL-a (1,5 Megabita u sekundi) je znatno veća od brzine običnog modema (56 kilobita u sekundi), premda se smatra da korišćenjem današnje tehnologije, maksimalna teorijska brzina prenosa podataka putem DSL-a iznosi oko 7 Megabita u sekundi, dok će se primenom nekih još modernijih tehnologija, ova brzina dodatno uvećati u budućnosti. Par bakarnih žica koje su skopčane za vaš telefon mogu prenositi znatno veći opseg frekvencija od onog koji stvaraju naši glasovi. DSL upravo koristi ovaj dodatni kapacitet telefonske linije za prenošenje informacija, a da pri tome ne remeti sposobnost linije da istovremeno prenosi razgovor. Ljudski glas može stvarati zvučne frekvencije između 0 i 3400 Herca (broja oscilacija u sekundi), zvučnici mogu stvarati frekvencije između 20 i 20 000 Herca, dok je jedna obična telefonska linija u stanju da prenosi frekvencije i do nekoliko miliona Herca. Jedna od najpopularnijih DSL veza koju koristi većina kućnih i kancelarijskih kompjutera predstavlja asimetrična DSL (ADSL) linija čija je podela dostupnih frekvencija omogućena činjenicom da većina kompjutera znatno više informacija prenosi na svoj kompjuter nego što ih šalje drugima. Ipak, ADSL se najčešće može koristiti samo na rastojanjima do 5,46 kilometara između kompjutera i telefonske centrale. Razlog ovome je u tome što telefonske centrale za pojačanje zvučnog signala koriste male pojačivače (tzv. učitavajuće kaleme) koji su nekompatibilni sa ADSL signalom.

## - Šta je to Ethernet?

Tehnologije kompjuterskog umrežavanja se mogu podeliti u zavisnosti od toga da li povezuju uređaje na manjim udaljenostima, najčešće u okviru jedne zgrade (LAN – *Local Area Network*) ili se povezuju uređaji koji mogu biti razdvojeni po nekoliko kilometara (WAN – *Wide Area Network*). Upotreba optičkih kablova omogućuje povezivanje i po desetak kilometara razdvojenih kompjutera putem LAN tehnologije, a istovremeno omogućava drastično povećanje brzine prenosa podataka (do 1000 Megabita u sekundi), kao i pouzdanosti u okviru WAN sistema. *Ethernet* je LAN tehnologija koja predstavlja najpopularniju i najrasprostranjeniju tehnologiju umrežavanja na planeti. Najvažniji pojmovi u *Ethernet* terminologiji su: medijum – za koji se kače svi *Ethernet* uređaji (koaksijalni bakarni kabl ili uvrnuti par optičkih kablova); segment – pojedinačni zajednički medijum; tačka grananja ili stanica – uređaj koji se kači za segment; i frejm – paketi informacija koje razmenjuju stanice. *Ethernet* protokol specificira niz pravila koji se primenjuju prilikom konstrukcije frejmova. Tako, na primer, postoji maksimalna i minimalna dužina frejma, a i svaki frejm mora posedovati određenu i izvornu adresu, pomoću kojih se identifikuju pošiljalac i primalac poruke. Osobina *Etherneta* je da njegovi frejmovi mogu umesto obične određene adrese posedovati tzv. *broadcasting* adresu, čime je dati frejm namenjen svim kompjuterima (stanicama) u mreži. Takođe, samo jedan zajednički kabl može služiti kao osnova za stvaranje kompletne *Ethernet* mreže. Međutim, pošto električni signali slabe

tokom putovanja kroz žicu, kao i usled interferencije sa signalima iz drugih uređaja, dužina *Ethernet* kabla je ograničena, a time i rastojanje između stanica mreže. Takođe, sa povećanjem veličine *Ethernet* mreže pojavljuje se problem zagušenja informacionog saobraćaja, jer nije moguće istovremeno slanje frejmova sa više od jedne stanice. Stoga se često u okviru *Ethernet* mreže prave mostovi koji povezuju dva ili više segmenata, povećavajući prečnik mreže i regulišući saobraćaj. Jedno od najmodernijih unapređenja *Ethernet* tehnologije umrežavanja je tzv. *Full-Duplex Ethernet* kod koja je za razliku od originalnog *Ethernet*-a, moguće istovremeno slanje podataka sa različitih kompjutera.

## - Šta su to digitalni potpisi?

Digitalni potpis predstavlja način za osiguravanje autentičnosti elektronskog dokumenta (*e-mail*-a, tabličnog proračuna, tekstualnog fajla...). Autentičnost dokumenta znači da je poznat njegov stvaralac, kao i da dokument nije u međuvremenu izmenjen od strane nekog drugog. Digitalni potpisi se zasnivaju na nekoliko tipova šifrovanja kako bi se osigurala autentičnost poruke. Šifrovanje predstavlja proces uzimanja podataka koje jedan kompjuter šalje drugom i prevođenja u formu koju će razumeti, tj. moći da dešifruje samo ovaj drugi kompjuter. Postoji nekoliko načina da se potvrdi autentičnost osobe ili informacije na kompjuteru. Korišćenje korisničkog imena i šifre predstavlja najuobičajeniju formu autorizovanja, odnosno overavanja. U ovom slučaju, ukucavamo korisničko ime i šifru kada drugi kompjuter to od vas zatraži. Ovaj par podataka se zatim proverava u odnosu na sigurnosni fajl, a ukoliko se ime ili šifra ne poklapaju, nije nam dozvoljen dalji pristup. Proverni zbir predstavlja jedan od najstarijih načina za osiguravanja ispravnosti podataka, a uz to predstavlja i oblik autorizovanja jer nevažeći zbir ukazuje na to da su se podaci na neki način izmenili. Proverni zbir se određuje na jedan od dva načina. Ukoliko proverni zbir predstavlja memorijski paket dužine jednog bajta, onda je njegova maksimalna vrednost 255. Ukoliko je suma drugih bajtova u paketu manja ili jednaka 255, onda proverni zbir poseduje tačnu vrednost. Međutim, ako je suma drugih bajtova veća od 255, tada proverni zbir predstavlja ostatak ukupne vrednosti pošto se ona подели sa 256. Ciklična provera redundancije (CRC - *Cyclic Redundancy Check*) je slična konceptu provernog zbira osim što koristi polinomsko deljenje za određivanje vrednosti CRC-a čija dužina obično iznosi između 16 i 32 bita. CRC metod je veoma precizan. Ukoliko samo jedan bit nije ispravan, neće doći do poklapanja CRC vrednosti. I proverni zbir i CRC predstavljaju dobar metod za sprečavanje slučajnih grešaka prilikom prenosa podataka, ali pružaju slabu zaštitu prilikom međunarodnih napada na zaštićene podatke. Tehnike šifrovanja na bazi privatnog i javnog ključa su znatno bezbednije i pouzdanije. Privatni ključ predstavlja tajni kod (šifru) koji koristi svaki kompjuter za šifrovanje paketa informacija pre nego što ih pošalje na drugi kompjuter preko elektronske mreže. Kako bi međusobno komunicirali, dva kompjutera moraju imati instalirane svoje privatne ključeve. Šifrovanje na bazi privatnog ključa predstavlja nešto slično tajnoj šifri koju moraju poznavati oba kompjutera kako bi dešifrovala informacije. Za razliku od privatnog ključa koji je poznat samo vašem kompjuteru, javni ključ se šalje svim drugim kompjuterima sa kojima vaš kompjuter želi bezbedno da komunicira. Da bi dešifrovao šifrovanu poruku, kompjuter mora koristiti svoj privatni ključ, kao i javni ključ koji mu je dao drugi kompjuter. Ključevi se zasnivaju na melanžnoj vrednosti, tj. vrednosti koja se računa iz osnovnog unosnog broja uz pomoć melanžnog algoritma. Važna stvar je ta da je skoro nemoguće izvesti originalni unosni broj bez poznavanja podataka koji su korišćeni za stvaranje melanžne vrednosti. Za stvaranje javnih ključeva najčešće se koriste složeni algoritmi i veoma velike vrednosti melanžnih vrednosti od oko 40 do 128-bitnih brojeva. Jedan 128-bitni digitalni broj poseduje  $2^{128}$  različitih kombinacija, a to je otprilike isto onoliko brojeva koliko ima molekula vode u olimpijskom bazenu. Za primenu šifrovanja javnih

ključeva na velikim elektronskim mrežama, kao prilikom pristupa javnom Web serveru, zahteva se nešto drugačiji pristup, tj. uvođenje digitalnog potpisa. Digitalni potpis, u suštini predstavlja bit informacije koji Web serveru kaže da je poveren nezavisnom izvoru, poznatom kao ovlašćeni autoritet, koji se ponaša kao posrednik kome se poveravaju oba kompjutera. Ovlašćeni autoritet potvrđuje identitet oba kompjutera i razmenjuje javne ključeve između ova dva kompjutera. Standard digitalnih potpisa (DSS – *Digital Signature Standard*) je odobren od strane američke vlade i zasniva se na metodi šifrovanja javnih ključeva koja koristi Algoritme digitalnih potpisa (DSA – *Digital Signature Algorithms*), koji se sastoje od privatnog ključa koji poznaje samo vlasnik dokumenta i javnog ključa koji se sastoji iz četiri dela.

### - Šta su to *firewall* programi?

*Firewall* je bilo koji program (kao npr. *ZoneAlarm*) ili delić *hardware*-a (npr. *Linksys Cable/DSL router*) koji filtrira informacije koje prolaze kroz Internet vezu i stižu do vaše kompjuterske mreže ili vašeg kompjutera. Ukoliko dolazeći paket informacija biva zaustavljen na filteru, njemu se ne dopušta dalji prolaz. Slično pravi vatrenim zidovima koji sprečavaju širenje vatre sa druge strane zida, isto tako i kompjuterski vatreni zidovi sprečavaju pristup našim fajlovima i programima sa nekih udaljenih kompjutera. *Firewall* programi se koriste jednim ili više od tri moguća načina za kontrolu saobraćaja kroz kompjuter, a to su: filterovanje paketa (paketići podataka se analiziraju pomoću niza filtera), *proxy* servis (informacije sa Interneta se primaju od strane *firewall* programa i zatim šalju do određeniog sistema i obrnuto) ili provera stanja (u okviru koje se ne ispituje sadržaj svakog paketa, već se određeni ključni delovi paketa porede sa bazom podataka koja sadrži informacije od poverenja). *Firewall* programi se mogu podešavati, što znači da im se mogu dodavati ili oduzimati filteri u zavisnosti od nekoliko uslova kao što su: IP adrese (*firewall* program može npr. blokirati sav protok informacija ka kompjuteru kome odgovara data IP adresa), imena Web sajtova (pa *firewall* program može dozvoliti ili blokirati pristup kompjutera određenom broju definisanih sajtova), protokoli (kompjuteru se može dozvoliti korišćenje samo određenih tipova protokola, od mnogo mogućih kao što su *Internet Protocol*, *Transport Control Protocol*, *Hyper Text Transfer Protocol*, *File Transfer Protocol*, *User Datagram Protocol*, *Internet Control Message Protocol*, *Simple Mail Transport Protocol*, *Simple Network Management Protocol*, *Telnet*...), portovi (onemogućavanje dostupnosti pojedinih portova na kompjuteru) i specifične reči ili fraze (*firewall* program može blokirati sve pakete koji sadrže određeni unapred definisani zabranjeni tekst).

### - Šta je to *Carnivore*?

*Carnivore* predstavlja treću generaciju (posle *Etherpeek*-a i *Omnivore*-a) detektivskog Internet *software*-a (kompjuterskog programa) koji od 1999. koristi FBI za nadgledanje sumnjivih informacija koje se prenose kroz Internet. Administratori kompjuterskih mreža već godinama koriste programe pod imenom njušači paketa za nadgledanje mreže, izvođenje dijagnostičkih testova i oklanjanje smetnji, a *Carnivore* predstavlja jedan tip programa njušača paketa. U normalnom slučaju, kompjuter posmatra samo pakete koji su adresirani na njega i ignoriše ostatak saobraćaja na Internetu. Međutim, kada je njušač paketa instaliran na kompjuteru, njušačev mrežni interfejs je postavljen na promiskuitetni mod, što znači da posmatra sve što prolazi kroz njega. Naravno, količina saobraćaja u mnogome zavisi od položaja kompjutera na mreži. Dok obični, kućni kompjuteri predstavljaju samo izolovanu granu kompjuterske mreže, jer ne prolazi mnogo informacija kroz njih, kompjuterski serveri predstavljaju prava raskršća u razmeni informacija, pa se instalacijom njušača paketa na

jedan ovakav kompjuter može videti mnogo podataka. Paketi koji sadrže određene podatke se kopiraju u memoriju ili na hard drajv u zavisnosti od konfiguracije programa. Ove kopije se zatim analiziraju radi zapažanja specifičnih informacija ili putanji. Takođe, poznajući Internet Servis Provajdera (ISP) nečijeg kompjutera, njušač paketa instaliran na kompjuteru Internet provajdera je u stanju da posmatra sve aktivnosti datog korisnika, uključujući i: koji Web sajt je posetio, šta je *download*-ovao i posmatrao na sajtu, kao i čitave *e-mail* poruke koje je poslao ili primio. Uz pomoć ovog programa se, takođe, može tačno znati koji kompjuteri su obilazili sajt. *FBI* često postavlja *Carnivore* kompjutere na lokalne ISP-e kako bi imala pristup informacijama koje se prenose kroz dati ISP. *Carnivore* kompjuter se sastoji od: *Pentium III Windows NT/2000* operativnog sistema sa 120 Megabajta RAM-a, komercijalnog komunikacionog *software*-a, C++ program koji omogućava njušenje i filterovanje paketa, tip fizičkog blokadnog sistema koji sprečava neovlašćene osobe da se koriste kompjuterom, mrežni izolacioni uređaj koji čini *Carnivore* sistema nevidljivim za kompjutere sa mreže, kao i 2 Gigabajta memorije za skladištenje podataka. Naravno, dekret o privatnosti u elektronskoj komunikaciji (ECPA - *Electronic Communications Privacy Act*) pruža zakonsku zaštitu privatnosti svih vidova elektronske komunikacije, pa je za špijuniranje nečijeg ISP-a neophodno posedovanje činjenica koje ukazuju na prenos nemoralnih i opasnih informacija putem datog ISP-a.

### **- Šta su to Web kamere?**

Jednostavna Web kamera se sastoji od digitalne kamere zakačene za vaš kompjuter preko USB porta (nekada su se kamere kačile preko posebne kartice ili preko paralelnog porta). Delić *software*-a se vezuje za kameru i s vremena na vreme preuzima od nje poneku sliku, prevodi je u JPG fajl i šalje do vašeg Web servera. Ove slike se mogu postaviti na neku Web stranicu odakle ih mogu posmatrati posetioци širom Interneta. Dakle, sve što vam je potrebno da biste napravili jednu Web kameru su: digitalna kamera, *software* koji preuzima slike sa kamere, Web server (postoje i neke kompanije koje nude slobodna mesta za postavljanje pokretnih slika na Internetu), sposobnost prenosa slika sa vašeg kompjutera na Web server (npr. putem *File Transfer Protocol*-a), kao i relativno postojana veza između vašeg kompjutera i Interneta (npr. putem telefonske linije ili kablovskog modema). Trenutno se na Internetu mogu naći snimci sa raznih Web kamera postavljenih širom planete. Neke od njih posmatraju poletališta *space shuttle*-ova, displeje meteoroloških stanica i njihove vetrokaze, ulice, zgrade, semafore, pa čak i čitave gradove.

### **- Kako se mogu špijunirati kompjuteri?**

Postoji 5 načina na koje se mogu špijunirati kompjuteri, i to pomoću: njušača paketa, log fajlova, *desktop* programa za nadgledanje, telefona ili kamera sa zatvorenim kolom. Administratori kompjuterskih mreža se radi nadgledanja kompjuterske mreže najčešće koriste programima pod nazivom njušači paketa, koji su u stanju da proslede do memorije sve informacije koje prolaze kroz mrežu za koju je program vezan. Njušač paketa može raditi u filtrirajućem (prosleđuje do hard diska samo informacije koje sadrže neke unapred zadate ciljne podatke) ili nefiltrirajućem (memoriše sve protočne informacije) modu. Svaki put kada unosimo neku novu informaciju u kompjuter, bilo da nešto kucamo na tastaturi ili otvaramo neki program, dolazi do prenosa električnih signala koji mogu biti registrovani od strane *desktop* programa za nadgledanje koji na samom kompjuteru može biti instaliran na nivou operativnog sistema ili na assemblerskom nivou. Osoba koja prima ove uhvaćene signale je u stanju da vidi praktično sve što se odigrava na ekranu špijuniranog kompjutera. Ovi programi se mogu instalirati fizički (tako što neko dođe do kompjutera i na njemu instalira program) ili



daljinski (slanjem *attachment*-a u *e-mail* poruci koju špijunirani korisnik sam aktivira). Hakeri se često koriste ovakvim programima radi prepoznavanja raznih personalnih informacija (šifre i korisnička imena ili brojevi kreditnih kartica) na osnovu ukucanih slova. Mnoge kompanije koriste ove programe radi špijuniranja kompjuterskih aktivnosti zaposlenih. *Desktop* replikativni *software* ovih programa im omogućuje da hvataju slike sa monitora kompjutera putem presretanja signala koji se šalje do grafičke kartice, a ove slike se zatim preko mreže šalju do kompjutera sa koga se vrši špijuniranje. Međutim, najčešće nije potrebno instaliranje posebnog *software*-a da bi se videlo šta se odigrava na kompjuteru. Naime, svi kompjuteri su prepuni log fajlova koji pružaju dokaz o tome šta se nedavno dešavalo u njemu. Log fajlovi se mogu naći u operativnom sistemu, *Web browser*-u (u vidu *cache*-a), programima (u vidu *back-up*-a) ili u *e-mail* porukama. Ukoliko je špijunski kompjuter povezan sa hard diskom špijuniranog kompjutera, tada se na osnovu daljinskog pregledanja log fajlova lako može videti koje Web sajtove je obilazio i kakve je *e-mail* poruke slao špijunirani. Naravno, kada je u pitanju prisluškivanje glasa, mikroodašiljači predstavljaju najstarije sredstvo elektronske špijunaže. Dovoljno je postaviti aparat (veličine zrna pirinča) u blizini osobe koju je potrebno prisluškivati: mikrofoni transformišu zvuke u električne impulse pa ih kao elektromagnetne talase emituje preko odašiljača, a ove emisije se hvataju prijemnicima koji su podešeni na istu frekvenciju. Moguće je takođe, usmeravati infracrvenu lasersku svetlost na neki predmet u sobi koji vibira pod dejstvom zvučnih talasa (na primer zavesa ili abažur lampe), a pri tom je zaštićen od spoljnih šumova. Najpoznatiji špijunski sistem podrazumeva diskretno instaliranje mikrofona i pojačivača u telefonski aparat ili negde na telefonskom vodu. Ova špijunska linija se može otvoriti jednostavnim okretanjem odgovarajućeg broja sa drugog telefona, i naknadnim slanjem signala (uz pomoć generatora frekvencija) koji blokira zvono i uključuje instalirani sistem, nakon čega se razgovor u sobi može slušati ili snimati. Međutim, ovaj sistem funkcioniše samo kada prisluškivana osoba ne telefonira, dok se za slušanje samih telefonskih razgovora na telefonsku žicu prikopča magnetofon pomoću koga se telefonski razgovori mogu direktno snimati.

## - Šta je to IP telefonija?

IP (*Internet Protocol*) telefonija, poznata u telefonskoj industriji kao *Voice-over IP* (VoIP), predstavlja prenos telefonskih razgovora preko neke od mreža za prenos podataka, sličnih onima od kojih je sačinjen Internet. U jednom običnom telefonskom razgovoru koji se u svakom pravcu prenosi brzinom od oko 64 kilobita u sekundi (ili eventualno 1024 bita u sekundi), najveći deo prenesenih podataka je beskoristan. Na primer, dok vi pričate a vaš prijatelj vas sluša, polovina veze se koristi za prenos tišine ili šuma. Tako se dvostrukim redukovanjem ovog beskorisnog prenosa, ukupan 10-minutni prenos od oko 9,4 Megabajta može svesti na oko 4,7 Megabajta. Takođe, tokom dosta dugog vremena, oba sagovornika čute pa bi se redukovanjem i ovog čutećeg vremena dodatno mogla smanjiti količina ukupno prenešenih podataka. Za razliku od običnih telefonskih linija, linije za prenos podataka se ne koriste sistemom sa prekidačima električnih kola kod koga je veza stalno otvorena, već metodom slanja paketa kojim se minimizira trajanje otvorene veze između dva sistema, čime se, između ostalog, smanjuje i opterećenje mreže. Drugim rečima, veza se otvara tek toliko da bi kroz nju bio poslat segment informacija poznat pod imenom paket. Metod slanja paketa je pogodan i zbog toga što dopušta istovremenu komunikaciju između većeg broja sistema. IP telefonija se upravo koristi sistemom slanja paketa informacija, čime se trostruko redukuje ukupan prenos podataka po razgovoru. Naravno, da bi telefoni mogli da preko linije za prenos podataka komuniciraju između sebe kao i sa drugim uređajima (npr. kompjuterima), neophodno je da se sporazumevaju na istom jeziku, poznatijem po imenu protokol. Postoje dva protokola koje koristi IP telefonija – H.323 i SIP (*Session Initiation Protocol*). Osim što

oba protokola definišu način na koji se uređaji povezuju između sebe, oni uključuju i specifikaciju poznatu kao kodeks (od *Coder-DECoder*), koja radi prenosa prevodi zvučne signale u digitalni oblik, a radi emitovanja primljenih informacija, primljene digitalne pakete prevodi u audio signal. Postoje 4 načina za vođenje telefonskih razgovora putem IP telefonije: kompjuter – kompjuter (za ovakvu, besplatnu telefoniju, potreban nam je samo specifikovan *software* kao na primer *MSN Explorer*, mikrofona, zvučnici, zvučna kartica i veza sa Internetom), kompjuter-telefon (slično prethodnom načinu, potreban je samo poseban *software* kao na primer *Net2Phone*, a cena je različita u zavisnosti od tarifa u državi iz koje zovemo), telefon – kompjuter (uz pomoć specijalnih kartica, sa običnog telefona možemo zvati kompjuter na kome je instalirana IP telefonija) i telefon – telefon (u ovom slučaju je neophodno najpre instalirati *Private Branch Exchange* –PBX, uređaj koji prevodi standardni telefonski signal u digitalne podatke koji se dalje mogu u malim paketima slati kroz Internet mrežu ka drugom telefonu)

### - Šta je to e-štampanje?

E-štampanje predstavlja proces štampanja vizit-kartica, razglednica ili zaglavljiva pisama putem Interneta, a osim znatno bogatijih mogućnosti prilikom dizajniranja šablona, e-štampanje je znatno jeftinije od običnog štampanja na malo. *VistaPrint.com* predstavlja jedan od *Web* sajtova na kome se mogu dizajnirati željeni šabloni koji se zatim naručuju po veoma jeftinoj ceni. Naime, 250 vizit-karti u boji košta samo \$5 (putni troškovi) pod uslovom da na poleđini bude napisano *VistaPrint.com*. U funkcije dizajniranja šablona spadaju repozicioniranje već postojećih grafičkih i tekstualnih elemenata, podešavanje osvetljenosti i kontrasta pojedinih delova teksta, standardne *Windows* funkcije (boje fontova, nagnuta, deblja slova itd.), brzina odgovora koja odgovara jednom *desktop* programu, niz pozadina, mogućnost postavljanja slika, logoa i druge grafike, kao i nekoliko stotina već postojećih dizajna, razmeštaja slova i slika. *VistaPrint.com* koristi *Heidelberg Quickmaster DI 46-6* štampače koji koštaju po \$400000, a u stanju su da odštampaju 10000 listova za sat vremena putem standardnog *offset* štampanja, u okviru koga se mastilo sa metalne ili papirne ploče prenosi na glatki gumeni cilindar koji prenosi mastilo na papir. U ovakvim štampačima postoji 4 para ploča/cilindar gde svaki postavlja 4 osnovne boje: cian, magentu, žutu i crnu. Kombinovanjem ovih boja u različitim odnosima, praktično sve druge boje i nijanse se mogu izvesti. Slično kao i kod laserskih štampača, 16 infracrvenih laserskih dioda greju vosak na svakom od 4 štampače jedinice štampača, uzrokujući tako lepljenje osnovnog materijala na bazi poliestera radi formiranja dela slike koji koristi datu od 4 boje. Kompjuter visokih performansi, zasnovan na *Intel Pentium III* procesoru (733 MHz) pokreće ceo sistem. Po štampanju svakog lista, oni prolaze kroz automatski sistem koji papiru skraćuje veličinu do dizajniranog okvira. Takođe, neki listovi, kao što su brošure, moraju biti savijeni što radi drugi automatski sistem. Putem velikog broja porudžbina, *VistaPrint.com* je u stanju da efikasno amortizuje troškove skupe opreme, pa je stoga i u stanju da ponudi veoma jeftine cene štampanja. Takođe, *VistaPrint.com* je razvila i inovativni sistem po imenu *VistaBridge* u okviru koga se kombinuju slične porudžbine od različitih mušterija. Tako, na primer, ako naručimo određeni broj razglednica, *VistaBridge* će naš posao odštampati zajedno sa još oko 150 drugih porudžbina sličnog tipa, što još više smanjuje troškove štampanja, a time i njegovu cenu.

### - Šta je to VIOS?

Internet na našoj planeti postoji više od 30 godina. Tokom prve dve decenije postojanja, Internet je bio uglavnom tekstualan, a od surfera je zahtevao izvesno poznavanje

kompjuterskih komandi kako bi se interagovalo sa nekim udaljenim kompjuterom. Sa razvojem HTML-a (*HyperText Markup Language*) i WWW-a (*World Wide Web*), Internet je postao dostupan svim kompjuterskim korisnicima, s obzirom da je postao vizuelniji i pošto koristi jednostavniji interfejs (miša). Međutim, VIOS (što je skraćenica od *Visual Internet Operating System*) predstavlja još vizuelniji operativni sistem s obzirom da se putnici kroz Internet u okviru ovog sistema sreću u virtuelnim gradovima ili raznim drugim predelima, gde mogu da igraju, pričaju, pecaju, igraju tenis itd. VIOS *browser* sadrži sve one mogućnosti kakve poseduju i današnji *Web browser*-i (kao npr. *Internet explorer*) kao što su vraćanje na prethodnu stranicu, odeljak sa omiljenim sajtovima i istorija obišenih mesta, a kroz VIOS *cyberspace* se krećemo pomoću tastature ili miša. U VIOS-u postoji 420 sadržajnih oblasti, od kojih svaka izgleda kao 3-D svet. Postoje VIOS gradovi sa po oko 15000 *Web* sajtova u koje se možemo ušetati i razgledati ih na najrazličitije načine. Tako će i kupovina stvari preko Interneta postati još vizuelniji virtuelni doživljaj, jer ćemo moći i da se šetamo pored polica i razgledamo artikule, pričamo sa animiranim prodavcima itd. Kompanije ili pojedinci imaju izbor pri lociranju svojih sajtova na mapi VIOS sveta, a mesta na kojima se mogu izgraditi sajtovi su gradovi (u kojima postoji najviše publike), tematski paviljoni (po mogućstvu u blizini suparničke kompanije), na vrhu planine ili duž reke, gde nema drugih sajtova u blizini. Kada se ulogujemo na VIOS, možemo da napravimo sopstvenu ličnost i da je povežemo sa avatarom (sanskritska reč koja označava božansku inkarnacija u svetu materije), odnosno našim animiranim grafičkim izgledom, što može biti ljudsko telo, ali može biti i delfin, veverica, neka ptica, brod, slika, predeo ili zapravo bilo šta što poželimo. Jedna od osobina VIOS-a je ta da omogućava ljudima da zajedno putuju kroz virtuelni svet Interneta. Naime, pomoću opcija *lead* (voditi) i *follow* (pratiti), korisnici se mogu naći sa svojim prijateljima na nekom mestu na karti VIOS-a odakle mogu zajedno obilaziti sajtove, časkati i deliti iskustva tokom puta. VIOS trenutno nudi niz načina komunikacije uključujući: tekstualne poruke, instant poruke, sobe za časkanje, video *mail* servis, servis za kontaktiranje prijatelja i porodice, privatno tekstualno časkanje, liste prijatelja, personalizacione alate i opcije *lead* i *follow*. Sobe za časkanje u VIOS-u izgledaju kao providne sobe sa mehurićima koji plutaju po vazduhu, a pomoću funkcije *build* je moguće i graditi konstrukcije, a zatim im dati određene osobine i funkcije. Takođe, u odeljku *preferences*, moguće je modifikovati razne osobine VIOS sveta, uključujući i samo nebo iznad nas.

## - Šta je to sveprisutna mreža kompjutera?

Sistem svuda prisutne kompjuterske mreže dozvoljava programskim aplikacijama da nas prate gde god da krenemo. Naime, pomoću malog radio predajnika i sistema specijalnih senzora, naš *desktop* se može nalaziti ne samo na kompjuteru sa našeg stola, već na bilo kom drugom kompjuteru. Pritiskom na jedno dugme, najbliži kompjuter u sobi se pretvara u naš *desktop*, a sličan sistem prepoznavanja se već koristi u nekim telefonima i digitalnim kamerama. Da bi kompjuterski program pratio svog korisnika, istraživači su razvili sistem koji je u stanju da locira kako ljude, tako i uređaje. Naime, istraživači iz AT&T-a su razvili ultrazvučni sistem lociranja koji se sastoji od tri osnovna dela: bubica (malih ultrazvučnih predajnika koje nose korisnici), prijemnika (detektora ultrazvučnog signala, koji su ugrađeni u plafon) i centralnog kontrolera (koji koordinira lanac bubica i prijemnika). Jedan predajnik u bubici emituje 48-bitni kod ka prijemnicima u plafonu, dok drugi predajnik komunicira sa centralnim kontrolerom pomoću dvosmerne radio veze na frekvenciji od 433 MHz. Bubice imaju dimenzije od 7,5 cm x 3,5 cm x 1,5 cm (slično dimenzijama pejdžera), a snabdevaju se energijom od strane jedne litijum tionil hloridne baterije od 3,6 Volti. Bubice još sadrže po dva dugmeta, dve LED lampice, piezoelektrični zvučnik (koji im dozvoljava da se koriste kako kao unosni, tako i kao izlazni uređaji) i voltažni monitor na kome se proverava status

baterije. Na plafonu AT&T laboratoriji u Kembridžu, na kojoj se eksperimentiše sa ovim sistemom, 929 m<sup>2</sup> je pokriveno sa 720 prijemnika. Položaj predajnika se (kao kod GPS sistema) određuje pomoću trilateracije, odnosno merenja rastojanja objekta do tri različite referentne tačke. Kada je potrebno da bubica bude locirana, centralni kontroler šalje ID bubice putem radio veze ka njoj. Detektujući ovaj signal, bubica šalje ultrazvučni puls. Pošto je poznata brzina zvuka kroz vazduh, množenjem ove brzine sa vremenom koje protekne od slanja pulsa do njegovog registrovanja na svakom od tri najbliža prijemnika, dobijaju se tri rastojanja, koji predstavljaju poluprečnike oko adekvatna tri prijemnika, a u tački preseka ove tri sfere se nalazi bubica. Svi senzori (prijemnici sa plafona) i bubice se nalaze u virtuelnoj mapi zgrade (jednog dana, možda i grada), a kompjuter koristi prostorni monitor kako bi detektovao trenutak kada se zona bubice preklopi sa zonom određenog uređaja. Kada se ove zone preklope, korisnik bubice postaje privremeni vlasnik, tj. korisnik bliskog uređaja. Tako, na primer, ukoliko korisnik, noseći na sebi bubicu, napusti svoju kancelariju i prošetala se do druge sobe, elektronski sistem zna gde se nalazi korisnik i svi telefonski pozivi ka njemu će zvoniti u sobi u kojoj se nalazi, a on će moći i da sedne za najbliži kompjuter u sobi koji će istog trenutka preuzeti sve programe sa njegove radne stanice. Slično tome, ukoliko je u sobi za videokonferenciju postavljeno nekoliko kamera, sistem lociranja će automatski usmeravati kamere ka korisniku koji se šeta po sobi.

### - Šta su to Internet kolačići?

*Cookie* (kolačić) je kratki tekstualni zapis koji Web server može stavljati na hard disk klijenata (kompjuteru koji se preko datog servera povezuju na Internet), a koji omogućava Web serveru da čuva određene informacije na kompjuteru korisnika i da ih kasnije ponovo preuzme. Tako, na primer, Web server može da napravi jedinstveni ID (identifikacioni) broj za svakog pojedinačnog posetioca sajta i da te brojeve skladišti na kompjuterima korisnika u obliku *cookie* fajlova. *Cookie* fajlovi se najčešće nalaze u *Windows* direktorijumu i svaki od *cookie* tekstualnih fajlova sadrži jedan ili nekoliko parova ime-vrednost (ime može biti *UserID*, a vrednost neki jedinstveni identifikacioni broj), a uz to, najčešće i ime sajta koji je poslao *cookie* fajl na naš kompjuter. Premda postoje neki loši Web sajtovi koji na kompjutere klijenata šalju *cookie* fajlove koji omogućavaju tzv. *backdoor*, tj. tajni pristup našim fajlovima sa nekog udaljenog kompjutera, Web sajtovi najčešće nemaju nameru da preuzmu sa kompjutera korisnika ništa osim sopstvenog *cookie* fajla, koji zapravo sam kompjuter korisnika šalje na dati sajt u trenutku kontaktiranja sajta preko *Web browser*-a. Pomoću *cookie* fajlova, Web sajtovi mogu da izračunaju koliko kompjutera posećuje njihov sajt, u kojoj meri se povećava broj novih posetilaca, kao i razne druge statistike u vezi sa popularnošću sajta. *Cookie* fajlovi dopuštaju prilagođavanje Web stranica (menjanje boje pozadine ili slova itd. što kompjuter čuva u *cookie* fajlu), kao i brzu proveru prilikom Internet kupovine. Postoje neki moderni infrastrukturni provajderi (npr. *DoubleClick*) koji su u stanju da naprave *cookie* fajlove koji su vidljivi na višestrukim sajtovima, a koji se učitavaju na kompjuter korisnika prolaskom kursora kroz GIF fajl veličine 1 x 1 piksel, nakon čega je moguće praćenje kretanja korisnika kroz niz sajtova, kao i posmatranje ukucanog teksta u *search* poljima.

### - Šta su to Internet arome?

Naučnici iz *DigiScience Inc.* iz Ouklenda u Kaliforniji su napravili prvi digitalni uređaj za stvaranje mirisa pod nazivom *ISmell*. Personalni sintisajzer mirisa *ISmell* se povezuje za kompjuter preko serijskog ili UBS porta, a sa druge strane se uključuje u običan zidni utikač. U *ISmell* uređaju se nalazi nekoliko hiljada uskladištenih mirisa koji se pomoću

kompjutera mogu kodirati i prevesti u digitalni fajl i zatim zakačiti za Web stranicu ili za *e-mail* poruku. Korisnici sa druge strane mreže koji za svoj kompjuter, takođe imaju instaliran uređaj za stvaranje mirisa, u stanju su da primljeni digitalni fajl prevedu u miris. *ISmell* uređaji poseduju kartridže sa po 128 osnovnih mirisa, čijom se kombinacijom može napraviti oko hiljadu raznovrsnih mirisa. Slično toneru štampača, i kartridži sa mirisima se moraju s vremena na vreme obnavljati kako bi se osvežila kolekcija mirisa. S druge strane, kompanija *TriSenx* iz Savane, najstarijeg grada u Džordžiji je izumela metodu štampanja *download*-ovanih aroma sa Interneta, koji se mogu okusiti. Ova, SENX (*Sensory Enhanced Net eXperience*) mašina sa dimenzijama od samo 14 x 20 x 6,4 cm, predstavlja uređaj sličan kompjuterskom štampaču koji je u stanju da na vlaknastom papiru štampa određene arome na osnovu podataka programiranih u Web stranici. Dva kartridža SENX-a poseduju po dvadeset komora ispunjenih aromama, a kombinacijom aroma iz ovih komora se može napraviti na hiljade različitih ukusa. SENX uređaj se priključuje za otvoreni spoljni COM port kompjutera, a snabdeva se električnom energijom pomoću baterije od 6 Volti. Uz pomoć ova dva uređaja, uskoro će biti moguće i posmatranje DVD filma zajedno sa mirisanjem okeana ili cveća iz filmske scene, a i mnoge video igre će biti obogaćene mirisima virtuelnih scena. Uskoro će i mnoge reklame sa Interneta posedovati i mirisne fajlove, pa će biti dovoljno da pređemo kursorom preko reklame pa da sa našeg digitalnog sintisajzera aroma osetimo miris parfema, soka, nekog slatkiša ili cveća.

## **- Kako kompjuterski fajlovi mogu da se spakuju?**

Ukoliko ste nekada *download*-ovali neke programe ili fajlove sa Interneta, verovatno ste se susreli sa fajlovima ZIP formata. Ovaj, kao i drugi kompresioni sistemi (ARJ, RAR i dr.) dozvoljavaju smanjenje ukupnog broja bitova i bajtova u fajlu tako da se spakovani fajl može brže preneti preko Interneta ili zauzeti manje prostora na hard disku. Kada *download*-ujemo spakovani fajl, kompjuter koristi program za otpakivanje fajlova (npr. *WinZip*) kako bi povratio fajl u svoje originalno, prošireno stanje i na taj način ga osposobio za upotrebu. Naime, najveći broj kompjuterskih fajlova je prilično redundantan, što znači da se iste informacije u fajlu ponavljaju po nekoliko puta. Program za kompresiju fajlova samo jednom izlista takve ponavljajuće informacije (koje mogu biti na primer iste reči ili isti slogovi koji se u tekstu više puta ponavljaju), a njeno ponovno izlistavanje zamenjuje jednostavnim pozivanjem na nju. Odnos memorije koju zauzimaju obični i kompresovani fajl zavisi od niza faktora, a pre svega od tipa fajla, njegove veličine, kao i kompresione šeme, odnosno specifičnih algoritama koje primenjuje dati kompresioni program. U većini jezika, određena slova i reči se često ponavljaju, i po određenim pravilima, pa se memorija tekstualnih fajlova može skoro dvostruko smanjiti nakon kompresije. Takođe, većina programskih jezika je veoma redundantna jer koristi relativno malu zbirku komandi. Međutim, fajlovi koji poseduju mnogo jedinstvenih informacija, kao što su grafike ili MP3 fajlovi, ne mogu se mnogo kompresovati. Osim ovakve kompresije “bez gubitaka”, postoji i kompresija “sa gubicima” koja krojeći manji fajl, trajno eliminiše “nevažne” bitove informacija, što je veoma efikasno kod kompresije skeniranih fotografija kod koje kompresija “bez gubitaka” nije preterano efikasna. Na primer, ako veliki deo slike obuhvata plavo nebo, svaki piksel slike će imati svojstvenu plavu boju. Kompresioni program će uzeti piksel jedne plave boje kao referentni, na šta će se pozivati kod pružanja informacije za sve druge plave piksele na slici. Možda ste primetili da se jednoboje slike (pogotovo one sa potpuno ujednačenom belom ili crnom pozadinom) posebno dobro kompresuju, jer je najveći broj piksela istobojan. Međutim, pošto kompresija “sa gubicima” ne poseduje opciju vraćanja fajla u svoje prvobitno stanje, u slučaju ovakvog tipa kompresije moramo se zadovoljiti sa programskom reprodukcijom slike koja nije baš verna kopija originala.

## - Kako anti-virus programi uklanjaju kompjuterske viruse?

Postoji nekoliko tipova samoreplicirajućih programa koji se ubacuju u kompjuterski *software*, a najpoznatiji od njih su virusi i crvi. Virusni su programi koji se zakače sa neki drugi program tako da se aktiviraju prilikom aktiviranja svog programa – domaćina, a slično biološkim virusima, oni se ne mogu replicirati bez aktiviranja programa za koji su zakačeni. Za razliku od njih, crvi su nezavisni programi koji se reprodukuju bez potrebe da budu vezani za neki drugi program. U zavisnosti od tipa, neki crvi su u stanju da se razmnožavaju po kompjuterovom *software*-u bez ikakve akcije korisnika. S obzirom na njihov različiti princip samorepliciranja, u borbi protiv virusa i crva su nam potrebni i različiti zaštitni mehanizmi. Virus skeneri (ili anti-virus programi) su kompjuterski programi koji traže tzv. potpise poznatih virusa i zatim ih eliminišu. Ovi potpisi su zapravo karakteristični programski šabloni koji se pojavljuju u svakoj kopiji virusa, a što može biti niz znakova (kao npr. poruka koju na ekranu ispisuje virus kada se aktivira), binarni kompjuterski kod ili neki karakterističan niz bitova koji je ugrađen u virus. Ove šablone pronalaze specijalni timovi stručnjaka koji zatim pronađeni šablon, zajedno sa programskim uputstvom za njegovo čišćenje, postavljaju na neki *Web* sajt odakle ga svaki program za skeniranje virusa može *download*-ovati. Međutim postoje tri mala problema u vezi sa ovakvim pristupom. Najpre, šablon koji se izabere kao karakterističan može se pojaviti u nekom drugom neinficiranom fajlu. Tako, na primer, reč *hello* ne bi bila dobar šablon, jer se sigurno pojavljuje u velikom broju zdravih tekstualnih fajlova, pa se stoga mora pronaći šablon koji je jedinstven postojećem virusu. Drugi problem je u tome što se virusi mogu čuvati u šifrovanom obliku, tako da ključ za dešifrovanje zavisi npr. od vremena i mesta aktiviranja ili od nekog dela programa za koji su zakačeni, pa su stoga dešifrovani šabloni (koje virus dešifruje prilikom aktiviranja) različiti na različitim kompjuterima. Virus skeneri tada traže deo programa koji dešifruje virus (ovaj kod mora biti nešifrovan) ili udvostručavaju proces dešifrovanja pre nego što izvrše poklapanje šablona. Treći problem je u tome što se virus može zakačiti za bilo koji program, a pošto moderni kompjuteri poseduju na stotine ili hiljade mesta na kojima se može zakačiti virus, skeniranje svakog od njih oduzima mnogo vremena. Stoga se virus skener ograničava na manju listu najverovatnijih programa – domaćina. Tako su npr. flopi diskete ili programi u *Windows/System* direktorijumu popularna ciljna mesta virusa, pa ih virus skener najpre i pregleda. Lista šablona na osnovu koje virus skener identifikuje viruse može sadržati i karakteristična mesta vezivanja određenih virusa. Pošto su crvi nezavisni programi, njih je znatno lakše identifikovati od virusa. Naime, pošto su nezavisni, oni moraju posedovati svoj sopstveni fajl koji je iskonstruisan tako da ga kompjuter automatski aktivira. Stoga, u slučaju crva, postoje karakteristična mesta na kojima se oni mogu nalaziti i kako se mogu zvati. Skener jednostavno proverava ova poznata mesta i zatim primenjuje istu tehniku poklapanja šablona koja se koristi i kod identifikacije virusa. Pošto se najveći broj crva replicira putem *e-mail* poruka, skener može biti podešen tako da proverava svaku pristižuću (i poslatu) *e-mail* poruku ili pošto stigne do korisnika ili na samom *Web* serveru pa se tada korisnik koji primi poruku obaveštava o crvu u njoj. Privatni fajlovi se najčešće ne mogu zameniti, premda je moguće obrisati samo zaraženi deo programa ili ga presnimiti sa nečim bezopasnim. Slično listi šablona koja anti-virus programu služi za detekciju, ona najčešće sadrži i instrukcije o načinu čišćenja zaraženih fajlova.

## - Šta je to parazitsko kompjutersko računanje?

Pouzdana komunikacija između kompjutera na Internetu se obezbeđuje pomoću standardnog niza protokola koji koriste svi kompjuteri. Ovi protokoli se mogu koristiti za

računanja u okviru komunikacione infrastrukture, pretvarajući tako Internet u raspodeljeni kompjuter u kome će serveri nesvesno obavljati proračune koje im zadaje udaljeni kompjuter, a ova ideja čini osnovu tzv. parazitskog kompjuterskog računanja. Naime, da bi naš kompjuter u radnim pauzama obrađivao signale iz Kosmosa i tragao za inteligentnim vanzemaljskim civilizacijama, potrebno je da odemo na sajt [SETI@home](#) i odatle *download*-ujemo specijalan *software*. Međutim, uz pomoć parazitskog sistema, neko može preuzeti naš kompjuter i pomoću njega obavljati proračune, a da mi za to uopšte ne znamo niti nam je za to potreban specijalan *software*. U suštini, parazitsko kompjutersko računanje se zasniva na deljenju složenog problema na manje delove koji se šalju do mnoštva servera širom planete, koji će zatim obrađivati delove problema i rezultate vraćati nazad do centralnog, tzv. parazitskog kompjutera. Na ovaj način bi možda mogli da se reše neki tzv. NP problemi, odnosno problemi koje nijedan poznati polinomsko-vremenski algoritam ne može da reši. Matematičari često izlaze na kraj sa NP problemima tako što naprave veliki broj potencijalnih rešenja koja se zatim mogu isprobavati u idealnom slučaju odjednom ili eventualno paralelno. Naučnici sa Notr Dam Univerziteta su nedavno dizajnirali specijalnu poruku koja se simultano šalje *Web* serverima tako da deo poruke sadrži moguće rešenje problema. Naučnici su ovaj sistem isprobali tako što su ciljnim serverima dali da isprobaju validnost odgovora putem kapitalizacije na računima koji serveri svejedno obavljaju, a to je jednostavni proverni zbir u TCP-u (*Transmission Control Protocol*) koji u uobičajenom slučaju proverava da li se poruka nije slučajno izmenila tokom puta. Jedna od osobina TCP funkcije je ta da predstavlja dovoljno moćnu logičku osnovu za implementaciju Bulove logike, a time i bilo koje aritmetičke operacije. Naučnici su dizajnirali poruku tako da izabrani proverni zbir šalje odgovor u slučaju da je provereno rešenje ispravno. U suprotnom slučaju, TCP proverni zbir ne nalazi rešenje ispravnim i kao posledica toga i ne šalje odgovor. Kada su ovu ideju tzv. parazitskog računanja sprovedli u stvarnosti i to na *Web* serverima duž severne Amerike, Azije i Evrope, sve je radilo kao pod konac. Inače, parazitsko kompjutersko računanje ne spada u hakerisanje, s obzirom da se primenom ove tehnike ne narušava bezbednost kompjutera, već se jednostavno šalju paketi ka njemu koje on nakon obrade ili odbacuje ili vraća odgovor ka pošiljaocu.

### **- Koji je to kompjuterski problem 2038. godine?**

Većina programa napisanih u kompjuterskom jeziku *C* relativno je imuna na problem 2000. godine, ali umesto toga kod njih postoji problem 2038. godine. Naime, *C* programi koriste zbirku naredbi koja se zove biblioteka standardnog vremena. Ova baza podataka uspostavlja standardni 4-bajtni format za skladištenje vremenskih vrednosti, a takođe pruža i niz funkcija za njihovo proračunavanje, konvertovanje i displej. U ovom standardnom 4-bajtnom formatu, početak računanja vremena podešen je na podne 1. januara 1970. godine. U tom trenutku, vrednost vremena je bila jednaka nuli, a svaka sledeća sekunda je dodavala na vremensku vrednost broj jedan. Tako, vremenska vrednost od 919642718 označava da je upravo toliko sekundi proteklo od podneva, 1. januara 1970. godine što odgovara Nedelji, 21. februaru 1999. godine i 16:38:18 po pacifičkom vremenu. Međutim, problem se javlja ako znamo da je maksimalna vrednost 4-bajtnog celog broja jednaka 2 147 483 648. Do ovog broja će se doći 19. januara 2038. godine, a zbunjeni kompjuter koji koristi neki od *C* programa sa bibliotekom standardnog vremena, verovatno će početi da ima probleme sa računanjem vremena. Ipak, ovaj problem će se lakše rešiti nego problem 2000. godine (posebno na *mainframe* kompjuterima), najverovatnije putem prevođenja *C* programa u nove verzije biblioteka vremena koje će koristiti 8-bajtnu vrednost za skladištenje vremenskih vrednosti. Inače, za *IBM PC*-e (*PC* - personalni kompjuteri) postoji još i problem 2116. godine. Naime, *PC* računaju početak vremena kao 1. januar 1980. godine i od tada svaku

novu sekundu dodaju 32-bitnom celom broju (slično *UNIX* vremenu). Ipak, i ovaj broj će doći do svoje kranje granice tokom 2116. godine. Takođe, *Windows NT* operativni sistem koristi 64-bitni ceo broj za merenje vremena, pri čemu svakih 100 nanosekundi (nanosekunda je milijarditi deo sekunde) povećava vrednost ovog broja za 1. Za njega je vreme počelo 1. januara 1601. godine, pa on stoga poseduje problem 2184. godine. S druge strane, *Macintosh* kompjuteri kompanije *Apple* su u pogledu na probleme sa merenjem vremena potpuno pouzdani sve do 29 940. godine.

## - Koji je najbrži kompjuter na Zemlji?

Trenutno najbrži kompjuter na Zemlji je IBM-ov RS/6000 SP superkompjuter, poznat i pod nazivom *ASCI White* koji je u stanju da izvrši čitavih 12,3 triliona računskih operacija u sekundi. Brzina ovog kompjutera koji se nalazi u američkoj Lorens Livermor nacionalnoj laboratoriji na hiljade puta je veća od brzine obrade podataka jednog prosečnog kućnog kompjutera. *Pentium*, npr. ima sposobnost obrade podataka od oko 100 miliona računskih operacija u sekundi. Međutim, svi veštački kompjuteri sveta su i dalje neuporedivo sporiji od najbržeg prirodnog kompjutera, odnosno našeg mozga koji u samo jednoj sekundi izvršava oko 10 kvadriliona operacija. Naime, i pored toga što kompjuteri današnjice imaju takt od oko  $10^{-9}$  sekundi, dok prosečno vreme stvaranja akcionog potencijala neurona (vreme za koje se izvrši prenos informacije duž jedne nervne ćelije) iznosi oko  $10^{-3}$  sekundi (što znači da je ljudski nervni sistem milion puta sporiji od elektronskog sistema kompjutera), ljudski mozak je i dalje superioran u odnosu na kompjutere kada su u pitanju za kompjutere komplikovani zadaci kao što su obrada i prepoznavanje slika, orijentacija i kretanje u prostoru promenljivih osobina, razumevanje govora itd., što je upravo posledica mogućnosti mozga da paralelno obrađuje informacije. Samo za proces pisanja diktata, ljudski mozak obavlja oko 100 miliona procesa u sekundi, a ovako jednostavan zadatak još uvek nije u stanju da izvrši ni najsavršeniji kompjuter na svetu. Takođe, u želji da izračunaju skladišni kapacitet, odnosno memoriju ljudskih bića, naučnici su pokušali da izračunaju sve moguće načine međusobnog povezivanja oko 100 milijardi neurona (nervnih ćelija) koliko ih ima u mozgu i došli su do zaključka da je potencijalna ljudska memorija praktično beskrajno velika, s obzirom da je procenjeno da naš mozak može da sadrži u sebi mnogo više informacija nego što ima elektrona u našem Kosmosu. Takođe, pošto svaka veza neuron – neuron može da učestvuje u više memorijskih konstrukcija, ovaj broj bi bio još mnogo veći. Naravno, kompjuteri sa svakim novim danom postaju sve brži, pa je u trenutku dok ovo čitate, titulu najbržeg kompjutera na našoj planeti možda preuzeo i neko drugi.

## - Šta je to PDA?

Mnogi ljudi danas umesto sveščica i agendi u kojima se zapisuju vremena zakazanih sastanaka ili lepe misli, u istu svrhu koriste male kompjutere koji mogu stati u šaku, a nazivaju se Personalnim digitalnim asistentima (*Personal Digital Assistants* - PDA) i za razliku od običnih sveščica mogu sami računati, planirati, obaveštavati nas na vreme sastanaka (putem sata ili alarma), procesovati reči, svirati muziku, puštati MPEG filmove ili video igre i *download*-ovati *e-mail*. 1984. godine se pojavio prvi PDA pod imenom *Psion 1* koji je mogao da pamti adrese i telefonske brojeve, a uz to je posedovao i kalendar, sat i digitron. Svi PDA-i se mogu podeliti na one koji se mogu držati u ruci i one koji se mogu držati na dlanu. Ipak, svim PDA-ima je zajedničko posedovanje: mikroprocesora, operativnog sistema, memorije, baterija, LCD displeja, ulaznog uređaja – dugmići u kombinaciji sa dodirnim ekranom ili tastaturom, ulazno/izlaznih portova, kao i *desktop PC software*-a. Mikroprocesor je mozak PDA, i on koordinira svim njegovim funkcijama u skladu sa



programiranim instrukcijama. Operativni sistem sadrži sve prethodno programirane instrukcije koje kažu mikroprocesoru šta treba da radi. PDA ne poseduje hard disk, već sve osnovne programe (adresar, kalendar, *memo pad* i operativni sistem) skladišti u ROM čipu, dok se naknadno dodati podaci i programi čuvaju u RAM-u uređaja čija memorija iznosi oko 32 MB. Stoga za razliku od standardnih PC-a, nije potrebno čekati određeno vreme nakon paljenja uređaja da se aplikacije učitaju. Neki modeli PDA se snabdevaju pomoću alkalnih (AAA) baterija dok neki koriste baterije koje se mogu ponovo puniti, kao npr. litijumske, niki-kadmijumske ili niki-metal hidridne baterije. Za razliku od LCD displeja *desktop* i *laptop* kompjutera, koji se uglavnom koriste kao izlazni uređaji, PDA koriste svoje ekrane, kako za iznos tako i za unos informacija. Osim aktiviranja određenih programa dodiranjem, uz pomoć posebnog penkala, moguće je direktno po ekranu ispisivati tekst koji specijalan *software* (na primer *Graffiti* ili *Jot*) prepoznaje kao slova ili brojeve i direktno ih prevodi u memoriju uređaja. Naime, ekran PDA predstavlja jedan višeslojni sendvič, na čijem vrhu se nalazi tanki plastični ili stakleni list sa otpornom presvlakom na svom dnu. Ovaj sloj pluta na tankom sloju neprovodnog ulja ispod koga se nalazi sloj stakla obložen sa sličnom otpornom oblogom. Tanke šipke srebrnog mastila oblažu horizontalne i vertikalne ivice stakla, a direktna struja se primenjuje naizmenično na svaki par šipki, stvarajući naponsko polje između njih. Kada penkalom dodirnemo ekran, gornji i donji sloj se dodiruju (tzv. *touchdown*), što uzrokuje promenu u naponskom polju, što se registruje pomoću *driver-a touch screen software-a* koji skenira ekran hiljadu puta u sekundi i šalje podatke trenutno aktivnom programu. Takođe, neki najnoviji PDA uređaji uključuju i tehnologiju prepoznavanja glasa, gde je dovoljno da pričamo u mikrofoni i *software* će prevoditi glasovne talase u podatke. Pošto su predodređeni da asistiraju PC-evima, PDA mogu slati podatke većim kompjuterima preko serijskog ili USB porta na PDA ili preko infracrvenog komunikacionog porta koji će na infracrvenim talasima slati informacije drugim kompjuterima. Inače, najlakši PDA na planeti je danas težak samo oko 50 grama.

### - Šta je to *Majestic*?

Kompanija *Electronic Arts* je nedavno napravila kompjutersku interaktivnu igru koja se ne odigrava samo na kompjuterskim ekranima, već se seli i u stvarni svet. *Majestic* stavlja svoje igrače u sred spletke u vezi sa kompanijom za pravljenje kompjuterskih igara čiji poslednji proizvod sadrži agendu sa misterioznim, *top-secret* političkim organizacijama tokom čijeg razotkrivanja igrač dolazi u interakciju sa drugim igračima putem uobičajenih sredstava svakodnevnog komunikacije, kao što su mobilni telefoni, faks mašine, ICQ itd. Ime ove igre potiče iz *Majestic* dokumenta koji je opisivao rad tajne američke organizacije koju je 1947. godine osnovao tadašnji američki predsednik Hari Truman (Harry. S. Truman) radi istraživanja pojava NLO-a (Neidentifikovanih Letećih Objekata) i vanzemaljskih bića i koja se zvala *Majestic-12*. Igrači *Majestica* interaguju sa izmišljenim likovima, razotkrivajući dokaze i tražeći odgovore koji bi rešili misteriju zavere. Igra se prilagođava svakom igraču tokom njegovog napredovanja u rešavanju misterije, a u stanju je i da primeti kada igraču ne polazi za rukom da prevaziđe određenu prepreku, pa tada igra pomaže igraču da reši igru i tako pređe na sledeći nivo. Igra se prikazuje po epizodama tokom sezona (jedna epizoda mesečno), a prvi set od 9 epizoda je bio lansiran jula 2001. godine. Tokom igranja *Majestica*, likovi iz igre vam mogu slati poruke preko *e-mail-a*, telefona, faksa, AOL *Instant Messenger-a* (AIM) i svih drugih komunikacionih sredstava, a sami igrači provode vreme igranja šetajući se po jednom od stotinak specijalizovanih Web sajtova gde traže neophodne dokaze. Sve što vam je potrebno za igranje *Majestic-a* su: kompjuter sa *Windows* operativnim sistemom, *Pentium* procesor od 166 MHz, 32 MB RAM-a, 3 MB slobodne memorije na hard disku, video kartica sa memorijom od 4 MB, modem sa minimalnom brzinom od 56 Kbps, *Flash 4*,

*RealPlayer 8, AOL Instant Messenger 3 ili 5, Internet browser, e-mail i program Majestic Alliance* koji se *download*-uje sa jednog od dva *Netscape enterprise* Web servera koji rade na *Sun Solaris* operativnim sistemima. Osim ova dva servera, platformu igre *Majestic* čini još *Oracle Enterprise* server sa bazom podataka u kome se nalaze svi podaci u vezi sa igrom, kao i sedam *BEA WebLogic* aplikacionih servera.

## **- Šta je to kompjuterizovana odeća?**

Za nekoliko godina ćemo možda biti u prilici da nosimo “pametne majice” koje će čitati brzinu otkucaja našeg srca ili pratiti ritam našeg disanja, “muzičke jakne” koje će u tkanini imati ugrađen čitav muzički studio ili odeću sa ugrađenim LED monitorima na kojima ćemo moći da gledamo TV ili neki film po izboru. Svi ovi primeri kompjuterizovane odeće će uskoro postati prvi korak ka pravljenju portabl kompjutera i elektronskih uređaja koje nećemo morati da vezujemo za naša tela ili nosimo u džepovima da bismo ih učinili pokretnim. Ipak, pamuk, poliester ili veštačka svila nisu dovoljno dobri prenosnici električne energije, što je neophodan uslov da bi se odeća digitalizovala. Međutim, metalna prediva se već dugo koriste u industriji odeće. U svrhu pravljenja digitalne odeće, istraživači iz *MIT Media* laboratorije se koriste svilenom organzom, vrstom tkanine koja se čitav vek koristi u Indiji za pravljenje raznih vrsta odeće. Svilena organza je skoro idealna za proizvodnju kompjuterizovane odeće, jer se pravi iz dve niti koje su elektroprovodne. Prvo vlakno predstavlja najobičniju svilu, dok se drugo vlakno, koje je postavljeno normalno na niti prvog vlakna, sastoji od svilenih niti obmotanih sa tankom bakarnom folijom. Upravo ovaj bakarni dodatak pruža svilenoj organzi sposobnost provođenja električne struje. Zapravo, metalna vlakna se prave slično telefonskim žicama. Isecite jedan telefonski kabl i primetićete tanku bakarnu žicu obmotanu oko niti najlona ili poliestera. Pošto metalna prediva mogu izdržati prilično visoke temperature, ona se mogu šiti ili vesti pomoću industrijskih strojeva, što omogućava masovnu proizvodnju kompjuterizovane odeće. Kada se tkanina sašije do željenog oblika, u nju se moraju ušiti dodatne komponente kao što su otpornici, kondenzatori i kalemi. Sve druge komponente kao što su LED lampice ili monitori, kristali, piezo pretvarači, kao i sve druge površinske komponente će morati da se leme direktno za metalno predivo za šta naučnici kažu da nije teško izvodljiv proces. Svi dodatni elektronski uređaju bi se mogli zakačiti za odeću pomoću specijalnih zihernadli kako bi se lako mogli skinuti pre pranja odeće. *Levi-eva* muzička jakna je napravljena od svilene organze i kontroliše se pomoću tkaninske kapacitivne tastature. Naštampana kola omogućavaju da kada pritisnemo neku dirku sa tastature, dolazi do povećanja kapacitivnosti elektrode koju dodirujemo. Tastatura je povezana sa MIDI sintisajzerom koji svira tonove pritisnutih dugmića. Energija za snabdevanje kola bi mogla da potiče iz Sunca, vetra, promene u temperaturi ili mehaničkoj energiji pod dejstvom okretanja navoja ili samo hodanja, a u budućnosti se očekuje i razvoj piezoelektrične tkanine koja bi mogla da stvara električnu energiju pod dejstvom savijanja. Prva pametna majica je napravljena na *Georgia Tech*-u, a u njoj su osim redova optičkih i električnih vlakana, ušiveni i specijalni senzori koji prate i daju informacije o tempu kucanja srca, telesnoj temperaturi, pulsu, krvnom pritisku, kao i brzini disanja.

## **- Šta su to štampači kompjuteri?**

Štampači kompjuteri predstavljaju proizvode spajanja konvencionalne tehnologije štampanja sa pravljenjem kompjuterskih čipova, a sve u svrhu dobijanja jeftinijih i fleksibilnijih kompjuterskih komponenti. Jedno prosečno postrojenje za proizvodnju mikroprocesora košta oko 2 milijarde dolara i potrebno mu je pune dve nedelje za izradu jednog jedinog mikroprocesora na bazi silicijuma. Međutim, danas se vrše intenzivna

istraživanja koja će nam jednog dana omogućiti da pravimo sopstvene kompjuterske komponente, ali ne na silicijumskim, već na plastičnim pločicama. Biće dovoljno da sa Interneta *download*-ujemo dizajn mikročipa i jednostavno ga odšampamo na plastičnoj podlozi pomoću *desktop* proizvodne mašine koja po izgledu podseća na običan, *ink jet* štampač. Smatra se da će kompjuteri naredne generacije biti praktično nevidljivi, odnosno stopljeni sa svakodnevnim predmetima oko nas, kao npr. na odeći. Pomoću mastila sačinjenog od suspenzije poluprovodničkih nanočestica (čestica reda veličine jednog nanometra, odnosno jednog milijarditog dela metra) u tečnosti, moguće je iscrtavati ili štampati komponente na plastičnim pločicama. Neke od elektronskih komponenti dobijenih ovom metodom u laboratoriji MIT-a su: termalni pobuđivači (kod kojih se toplota koristi za širenje komponenti i stvaranje pomeraja), linearni motori (kod kojih magnet ne kruži oko namotaja žice kao kod običnih električnih motora, već se kreće napred-nazad slično klipu), mikroelektromehanički sistemi (prekursori ili mostovi ka nanotehnologiji, a koriste se u nizu uređaja uključujući pejsmejkere, igre, akcelerometre itd. gde obavljaju razne funkcije, kao npr. očitavanje, raspoznavanje, komunikaciju i pobuđivanje na rad). Kompanija *MediaLab* je takođe, napravila čipove pomoću drugačije štamparske tehnologije. Naime, polimerni pečati sa urezanom strukturom tranzistora su umakani u nanočestično mastlo i zatim ručno pritiskani na supstrat. Ipak, kompanija, *Bell Labs Innovations* je 1997. godine napravila prvi štampani tranzistor. Korišćenjem plastičnih providnih listova, tečni plastični poluprovodnik se stavljao preko mreže od nerđajućeg čelika i tako formirao višestruke slojeve tranzistora. Nakon isparavanja rastvarača iz smeše, na mreži je ostajala samo plastika. Ipak, današnji *desktop* proizvodni uređaji mogu praviti plastične tranzistore reda veličine 25 mikrometara, što je isuviše veliko u odnosu na rezoluciju od 0,2 mikrometra koja je potrebna za izradu mikroprocesora. Kompanija *Intel* je npr. u stanju da na silicijumskom čipu spakuje oko 10 miliona tranzistora na kvadratiću osnovice nekoliko stotina nanometara. Takođe, štampani plastični tranzistori su oko 100 puta sporiji od konvencionalnih silicijumskih tranzistora, ali se i pored toga smatra da će kroz nekoliko decenija tehnika štampanja plastičnih kompjutera biti znatno unapređena, a oni će u svakom slučaju uskoro naći primenu u odeći, etiketama, igračkama, jeftinijim mobilnim telefonima, višestrukim displejima, digitalnim kamerama u okviru biznis kartica itd.

## - Šta su to DNK kompjuteri?

DNK molekuli spiralnog oblika nalaze su u srcima svih naših živih ćelija odakle upravljaju funkcionisanjem ćelija. Njihov memorijski kapacitet je toliko veliki da se procenjuje da se na jednom milionitom delu kubnog milimetra može uskladištiti oko milijardu bitova. Stoga, kada bismo uspeli da napravimo memoriju sa takvom gustinom podataka, tada bi sve knjige koje su ljudi napisali do danas mogle da stanu u zapreminu od  $100 \text{ cm}^3$ , što je zapremina koja otprilike odgovara jednoj fudbalskoj lopti. Umesto silicijumskih čipova i električne struje koje koriste konvencionalni kompjuteri današnjice, DNK kompjuteri upravo koriste nukleotide (adenin-A, guanin-G, citozin-C i timin-T koji spojeni između sebe preko po jednog cikličnog molekula šećera dezoksiriboze i fosfatne grupe –  $\text{PO}_4$  formiraju dva međusobno obmotana spiralna lanca u okviru molekula DNK) kao memorijske jedinice, dok rekombinujuće DNK tehnike predstavljaju osnovne računске operacije. Ulazne i izlazne informacije su niti DNK, čiji redosled nukleinskih kiselina predstavlja određenu informaciju. Tipičan program u DNK kompjuteru se izvršava nizom biohemijskih operacija, koje utiču na sintezu, izdvajanje, modifikaciju ili kloniranje DNK lanaca. Glavna razlika između elektronskih i DNK kompjutera je kapacitet memorijskih jedinica. Naime, dok elektronski kompjuteri imaju dve različite moguće pozicije (0 i 1), DNK kompjuteri imaju 4 dozvoljena položaja (A, G, C ili T), pa je stoga njihov memorijski kapacitet znatno veći. Uz to, svaki

molekul DNK može sadržati istu količinu informacija kao i čitav elektronski čip, a da pri tome zauzima 10 000 milijardi manje prostora od jednog silicijumskog čipa. Međutim, računarske biohemijske operacije su još uvek veoma spore, a i češće su podložne greškama, pa se ovakvi kompjuteri još uvek nalaze u fazi razvoja i verovatno još uvek daleko od realne primene.

### **- Šta je to elektronski nos?**

Ljudski nos koristi složeni sistem međusobno povezanih receptora i neurona (nervnih ćelija), koji reaguju na molekule iz pare mirisa i zatim provode adekvatan signal mozgu radi interpretacije. Kod elektronskog nosa, niz hemijskih senzora se koristi za imitiranje proteinskih receptora u ljudskom nosu. Svaki od ovih senzora odgovara specifičnim signalom na određeni miris, a senzori su elektronskim putem povezani sa mikroprocesorom ili kompjuterom, gde se vrši prepoznavanje mirisa uz pomoć specijalno programiranog *software*-a. Tehnologija elektronskog nosa, koju su izumeli naučnici sa Kalifornijskog Instituta za tehnologiju koristi niz senzora, pri čemu je svaki sensor sastavljen od polimera ispunjenog provodnim česticama. Kada senzori dođu u kontakt sa parom arome, dolazi do širenja polimera, što dovodi do promene otpora ovog kompozitnog materijala. Električni signal srazmeran promeni otpora prenosi se na kompjuter, gde se na osnovu signala sa čitavog niza senzora, određuje tip, količina i sastav registrovanog mirisa. Kao i u slučaju prirodnog nosa, proces učenja, odnosno navikavanja na određene mirise i njihovog prepoznavanja, je neophodan.

### **- Šta je to magnetski RAM?**

Za razliku od televizora, koji nam pruži sliku skoro istog trenutka kada ga upalimo, nakon paljenja kompjutera neophodno je pričekati nekoliko desetina sekundi ili nekoliko minuta da kompjuter "podigne" sistem, tj. da u svoj RAM učita sve informacije, neophodne za funkcionisanje operativnog sistema. Međutim, magnetski RAM poseduje mogućnost skladištenja veće količine podataka, kao i bržeg pristupa podacima uz manju potrošnju energije, a i čitav proces podizanja sistema će se primenom magnetskog RAM-a izvršiti za delić sekunde. Ukoliko bi se masovnom proizvodnjom MRAM čipova uskoro ovladalo, oni bi mogli da se pojave u kompjuterima, mobilnim telefonima i elektronskim igrama već oko 2004. godine, gde će zameniti znatno skuplji i manje efikasan dinamički RAM, kao i fleš memoriju. Naime, svaki kompjuter poseduje BIOS (*Basic Input/Output System*), tip *software*-a koji izvodi niz operacija tokom procesa podizanja sistema. Osim učitavanja operativnog sistema u memoriju kompjutera, BIOS izvodi proces zapisivanja i brisanja podataka na svakoj memorijskoj adresi, a prva stvar koju radi je provera informacija zapisanih na malom delu RAM-a (64 bajta) pod imenom CMOS (*Complimentary Metal Oxide Semiconductor*) čip. Međutim, za razliku od dinamičkog RAM-a, MRAM će radi skladištenja bitova podataka umesto elektriciteta, koristiti magnetizam. U MRAM čipu se samo mala količina naelektrisanja koristi za skladištenja podataka i to za menjanje polariteta svake memorijske ćelije na čipu. Slično fleš memoriji, a za razliku od DRAM-a, MRAM predstavlja oblik trajne memorije, što između ostalog znači da će njegova primena dovesti i do dužeg trajanja baterija koje napajaju čip.

### **- Šta su to dijamantski čipovi?**

Postoji realna mogućnost da bi se mikroelektronski čipovi u budućnosti mogli možda praviti od dijamanta, pre nego od silicijuma. Nemački naučnici sa Instituta u Ausburgu su

pronašli način za pravljenje tankih, visoko kvalitetnih dijamantskih filmova. Poznato je da dijamant ne provodi električnu struju baš najbolje ali ako se u njegovu kristalnu rešetku ubace strani elementi, kao na primer bor ili azot, onda se ovakvim dopingovanjem obezbeđuju dodatni elektroni u rešetci, čime dijamant postaje poluprovodnik sličan silicijumu. Dobre osobine dijamantskih čipova u odnosu na silicijumove su npr. da su postojani sve do temperature od 500 °C, za razliku od silicijumovih koji gube funkcionalnost već na 150°C. Zatim, dijamant može podneti znatno veći napon, pa bi dijamantski čipovi bili još manji od silicijumovih, a radili bi pri istom naponu. Ove i druge prednosti čine dijamantske filmove veoma atraktivnim za elektroniku budućnosti. Za sada postoji samo jedan problem, a to je nehomogenost kristalne strukture dijamantskog filma (granice između kristalnih zrna), što onemogućuje potpuno pravolinijski tok struje elektrona kroz kristal.

### **- Šta su to genetički algoritmi?**

Algoritmi u matematici predstavljaju načine rešavanja problema (tj. zadataka) putem korišćenja jednostavnijeg kompjuterskog metoda, tj. jednostavnijih naredbi. Algoritmi se danas koriste prilikom rešavanja raznih tipova problema kao jasno definisana uputstva koja vode rešenju zadatka po redosledu koraka koje oni prikazuju. Prvi korak u pravljenju nekog kompjuterskog programa koji će rešavati neki zadatak predstavlja pisanje algoritma, čija se struktura zatim prevodi na određeni kompjuterski jezik, koji zatim sam kompjuter prevodi u digitalne informacije. Logičko rasuđivanje kompjutera se nalazi na nivou algoritama, što znači da njegovi postupci uvek slede tačno definisan put koji je definisan algoritmom, pa na taj način za razliku od ljudskog rasuđivanja, kompjuteri ne poznaju intuiciju i procene. Međutim, genetički algoritmi su kompjuterski programi čiju su globalnu strukturu dizajnirali matematičari, odnosno programeri, ali čije fine detalje određuje sam kompjuter. Naime, izvesnim linijama u programu je dozvoljeno da mutiraju i evoluiraju slično pojedinačnim genima lanca DNK. Tako, od originalno programa-majke, kompjuter može generisati na hiljade programa-kćerki koji se svi po nečemu razlikuju usled slučajnih mutacija generisanih od strane kompjutera. Programe-kćerke kompjuter zatim koristi za rešavanje određenih zadataka. Mnogi od programa-potomaka budu neuspešni u rešavanju problema, ali onaj koji ode najdalje u rešavanju problema, može se dalje reprodukovati i kreirati novu generaciju mutiranih programa-kćerki. Borba za opstanak se interpretira u svetlu toga koji program priđe najbliže rešenju problema. Ponavljanjem ovog procesa, matematičari se nadaju da će bez spoljašnje intervencije, genetički algoritmi biti u stanju da evoluiraju i reše razne tipove problema, a u mnogim slučajevima je ovaj pristup već postigao veliki uspeh. Ipak, kada su u pitanju razni matematički dokazi koje na ovaj način rešavaju kompjuteri, potrebno je uzeti u obzir da dobijanje odgovora od strane kompjutera doprinosi znanju, ali često ne doprinosi i razumevanju, koje je zapravo istovremeno i suština i cilj znanja.

### **- Šta je to *fuzzy* logika?**

Standardna logika koju primenjuju digitalni kompjuteri današnjice koristi samo tri operacije (i, ili i ne), a primenjuje se na pojmove koji su ili potpuno istiniti, tj. imaju stepen istine jednak jedinici, ili su potpuno lažni, tj. imaju stepen istine jednak nuli. Tzv. nejasna ili *fuzzy* logika predstavlja uopštavanje principa standardne kompjuterske logike po kome bilo koji pojam ili tvrdnja može posedovati stepen istine jednak bilo kom broju između nule i jedinice, a smatra se da će se u budućnosti koristiti za kompjutersko rezonovanje u vezi suštinski nejasnih tvrdnji, koje se ne mogu precizno opisati putem matematičkih modela, a takve osobine bi mogle biti npr. visina, lepota, mudrost, razboritost, znanje, mašta... Iako ovaj tip logike već nalazi primenu u jezički kontrolisanim uređajima, kao i u svim kompjuterskim

sistemima koji poseduju, odnosno tolerišu izvestan stepen nesigurnosti ili suprotnosti, smatra se da ovaj tip logike neće naći vrhunac svoje primene u veštačkoj inteligenciji visokog nivoa, već u kontrolnim mašinama niskog nivoa, a posebno u potrošačkim proizvodima. U Japanu se još od 1980. godine započelo sa integrisanjem malih analognih *fuzzy* sistema u običnim digitalnim kućnim aparatima, kao što su usisivači, mikrotalasne pećnice, vozovi, liftovi ili video kamere, a ovakvi aparati imaju sposobnost automatskog adaptiranja na različite uslove. Tako, bi npr. usisivač sam po sebi jače usisavao prašinu na prljavijim mestima na tepihu.

### **- Kako kompjuteri stvaraju slučajne brojeve?**

Kompjuteri predstavljaju logičke mašine što znači da nijednu svoju odluku ne prepuštaju slučaju, već sve rezultate donose na osnovu unapred precizno definisanih naredbi. Stoga se problemu stvaranja potpuno slučajnih brojeva prilazi na jedan od dva načina. Moguće je npr. napraviti neku vrstu uređaja koji posmatra neki nepredvidljivi prirodni proces i šalje dobijene rezultate kompjuteru. Takav uređaj bi mogao biti radioaktivni materijal ispred Gajgerovog brojača ili pak, sam Gajgerov brojač koji uvek otkucava prisustvo jonizujućeg kosmičkog zračenja u svojoj blizini. Naime, radioaktivna čestica tokom leta kroz vazduh svojom velikom kinetičkom energijom jonizuje čestice vazduha, odnosno dovodi do pretvaranja neutralnih atoma na pozitivno i negativno naelektrisane jone, koji zatim bivaju privučeni ka elektrodama Gajgerovog brojača, a kada stignu na njih, brojač otkucava jedna impuls. Pošto je radioaktivni raspad jezgra atoma ili nailazak kosmičkih zraka relativno slučajan proces koji se nalazi izvan današnjih mogućnosti ljudskog predviđanja, pa stoga podleže zakonu verovatnoće, tako će brojevi na izlazu Gajgerovog brojača približno zadovoljavati kriterijum slučajnosti. Ipak, ovaj pristup dobijanju slučajnih brojeva je veoma redak, zbog svoje nepraktičnosti, pa se stoga najčešće dizajnira formula koja stvara pseudo-slučajne brojeva, a njene karakteristike su sledeće: neponavljanje (nizovi brojeva se ne smeju vrteti u krug i neprekidno ponavljati); dobra raspodela brojeva (svi brojevi od 0 do 9 bi trebalo da budu podjednako zastupljeni tokom dužeg perioda vremena) i nedostatak predvidljivosti (nemogućnost predviđanja sledećeg broja, osim ukoliko ne znamo formulu i početnu ulaznu vrednost, koja takođe mora biti slučajan broj, a za čije dobijanje se u većini slučajeva koriste datum i vreme). Stoga, kada sledeći put budete videli kompjuterski program kako baca kockicu, znajte da ovaj proces ne poseduju ni približno toliko različitih faktora koji deluju presudno na dobijeni rezultat (izlaznu vrednost) kao što je slučaj prilikom stvarnog bacanje kockice u prirodi.

### **- Šta je to teksturno mapiranje?**

Najveći broj trodimenzionalnih objekata koji se dizajniraju za potrebe kompjuterskih igara, sastoje se od mnoštva poligona. Da biste nacrtali jedan poligon, neophodno je da nacrtate barem tri neparalelne linije, a zatvoreni oblik koji će ove linije oivičavati predstavljaće jedan poligon. Stranice poligona povezuju niz koordinata u trodimenzionalnom "prostoru" koji kreira kompjuter, a svaka ivica poseduje po jednu X (definiše relativno rastojanje na desno ili na levo u virtuelnom prostoru), Y (definiše relativno rastojanje na gore ili na dole u virtuelnom prostoru), i Z (definiše relativno rastojanje ka napred ili ka nazad u virtuelnom prostoru) koordinatu. Kada se definiše oblik svakog poligona, neophodno je i obojiti ga u željenom maniru, što se može uraditi na jedan od četiri načina. Ravno senčenje pridaje samo po jednu boju svakom poligonu, što predstavlja veoma brz način bojenja, ali će obojeni objekti izgledati pomalo veštački. Guroovo (*Gouraud*) senčenje se znatno češće koristi – željene boje se nanose na svaku od ivica pojedinačnih poligona i zatim se mešaju duž površine poligona. Pošto je ivica svakog poligona povezana sa najmanje tri druga poligona,

ovaj način bojenja čini kompjuterske objekte znatno prirodnijim. Još složeniji tip senčenja predstavlja Fong (*Phong*) bojenje koje se retko koristi u igrama. Naime, tamo gde se pomoću Guroovog senčenja interpoliraju boje putem usrednjavanja intenziteta boja ivica, *Phong* senčenje usrednjava boju svakog piksela na bazi boje susednih piksela. Još jedna uobičajena tehnika za definisanje izgleda poligona predstavlja tzv. teksturno mapiranje koje možete lako zamisliti kao umotavanje poklona u ukrasni papir. Poklon koji zavijamo je ustvari bezbojni poligon, a ukrasni papir je željeni dizajn i izgled našeg poligona. Teksturno mapiranje zahteva korišćenje druge slike koja se presvlači preko objekta. Većina konzola za video igre i adaptera kompjuterske grafike sadrži posebnu memoriju u kojoj se čuvaju slike koje se koriste za teksturno mapiranje i specijalan čip pomoću koga se slike primenjuju na svaki poligon u pokretu. Ovakav način bojenja pokretnih i pozadinskih kompjuterskih objekata pruža izuzetno realnu i detaljnu trodimenzionalnu animacionu virtuelnu grafiku.

### **- Kako se likovi kompjuterskih igara kreću tako fluidno?**

Pokretni likovi kompjuterskih igara poseduju tzv. kosture, koji slično našem skeletu, predstavljaju niz skrivenih objekata koji su međusobno povezani i kreću se jedni u odnosu na druge. Korišćenjem tzv. *parenting* (roditeljske) tehnike, ciljni objekat - "dete" se dodeljuje drugom objektu - "roditelju". Svaki put kada se pokrene "roditelj", pokrenuće se i "dete" u skladu sa osobinama koje su mu dodeljene. Kompletna hijerarhija se postiže time što svi pokretni objekti poseduju i svoju "decu", kao i svoje "roditelje". Kada se napravi skelet pokretnog karaktera i unesu sve njegove roditeljske kontrole, vrši se animacija lika. Jedan od najpopularnijih načina animacije kompjuterskih likova se zasniva na inverznoj kinematici, u okviru koje se objekti - "deca" pomeraju tamo gde ih postavi animator, što uzrokuje pomeranje i objekta - "roditelja" kao i čitavog niza drugih objekata. Druga tehnika koja je popularna kod kompjuterskih igara jeste tzv. hvatanje kretanja, u okviru koje igrač koristi mnoštvo senzora radi prenošenja niza koordinata kompjuterskom sistemu. Ove koordinate su mapirane u skeletu pokretnog virtuelnog lika i prevode se u fluidno kretanje po ekranu, a opseg kretanja svakog pokretnog lika je programiran u igri. Ceo proces iniciranja kretanja lika po ekranu bi izgledao ovako: pritiskate dugme na kontroleru signalizirajući pomeranje unapred; dugme kontrolera predstavlja prekidač koji u trenutku pritiska dugmeta zatvara električno kolo; kontroler šalje rezultujuće podatke konzoli; čip kontrolera u konzoli obrađuje primljene podatke i šalje ih logičkom (aplikacionom) procesoru igre koji prepoznaje određenu signaliziranu akciju karakteru u tom trenutku igre (pomeranje unapred); isti logički procesor analizira sve faktore uključene u pravljenje pokreta (senke, sudaranje ili preklapanje modela, promena ugla posmatranja) i zatim šalje nove koordinate skeletu lika (kao i sve druge promene) pomoćnoj mašini, koja tumači scenu sa novim poligonima za svaki objekat na koji se utiče signalom sa kontrolera, ponovo iscrtavajući scenu oko 60 puta u sekundi. Naravno, nakon svih ovih elektronskih procesa, vidite kako se kompjuterski lik pomera unapred.

### **- Kako se kreću roboti?**

Tipičan robot poseduje pokretnu fizičku strukturu, motor, sistem senzora, izvor napajanja, kao i kompjuterski "mozak" koji kontroliše sve pomenute elemente. Zapravo, robotička definicija robota nam kaže da oni zapravo predstavljaju reprogramirajuće mozgove (kompjutere) koji pokreću telo. Po ovoj definiciji, roboti se razlikuju od drugih pokretnih mašina, kao što su npr. automobili koji premda u novije vreme najčešće poseduju kompjuter, ne kreću se samostalno. Roboti mogu biti različitog izgleda, oblika i funkcija, pa stoga mehanizam njihovog pokretanja zavisi od tipa do tipa robota. Tako, neki roboti poseduju motorizovane točkove, dok neki poseduju nizove pokretnih delova, napravljenih najčešće od

metala ili plastike. Slično našim kostima, i pojedinačni pokretni delovi tela robota su povezani zglobovima. Roboti okreću svoje točkove i upravljaju povezanim pokretnim segmentima uz pomoć neke vrste pokretača koja može biti električni motor uz solenoide, hidraulični sistem, pneumatički sistem (kod koga se sistem pokreće dejstvom kompresovanih gasova), a većina robota koristi nekoliko pokretača istovremeno. Robotu je pokretan i izvor energije za napajanje pokretača, pa stoga u slučaju da se robot snabdeva električnom energijom, on mora posedovati ili baterije ili se mora uključiti u zidni utikač. Hidrauličnim robotima je takođe potrebna i pumpa za sabijanje hidrauličnog fluida, dok je pneumatskim robotima potreban vazdušni kompresor ili rezervoari sabijenog vazduha. Svi pokretači su povezani za električno kolo putem koga se motor i solenoidi snabdevaju električnom energijom, a putem koga se istovremeno i aktivira hidraulični sistem i to pomoću električnih ventila. Naime, ventili određuju putanju fluida pod pritiskom kroz mašinu. Tako, na primer, ako želi da pomeri hidrauličnu ruku, kompjuter robota bi otvorio ventil koji vodi od fluidne pumpe do klipnog cilindra zakačenog za ruku. Fluid pod pritiskom bi proširio klip, tako da se ruka ispruži unapred. Najčešće, da bi pomerali svoje ruke ili noge u oba smera, roboti poseduju klipove koji se mogu pomerati u oba smera. Kompjuter robota kontroliše sve što je povezano sa električnim kolima u njemu. Da bi se pokrenuo robot, kompjuter pomoću prekidača aktivira sve neophodne motore i ventile. Takođe, većina robota je reprogramirajuća – da bismo promenili njegovo ponašanje, dovoljno je da napišemo novi program njegovom kompjuteru. Nemaju svi roboti senzorske sisteme, premda neki od njih mogu da vide, čuju i mirišu. Najčešće čulo robota je povezano sa njegovom sposobnošću da posmatra sopstveno kretanje. Standardni dizajn uključuje točkiće sa prorezima na svakom zglobovima. LED svetiljka sa jedne strane svakog točkića sija svetlošću koja kroz rupice pada na svetlosni senzor sa druge strane točka. Kada robot pokrene određeni zglob, odgovarajući točak sa rupicama se obrne, a rupice na točku prekidaju kontinuitet snopa svetlosti dok se točak okreće. Svetlosni senzor čita ovu informaciju koju nosi promenljiv intenzitet svetlosti i prenosi je do kompjutera koji stoga na osnovu ove putanje svetlosti tačno zna koliko se pomerio zglob. Inače, isti ovaj sistem se koristi i u kompjuterskim miševima. Naziv robota potiče od ruske reči *robot* što znači “rad” (premda je češki pisac Karel Čapek prvi uveo pojam robota u drami *R.U.R.* iz 1920. godine), a što solidno opisuje i potencijalnu primenu robota, s obzirom da je najveći broj njih predodređen da obavlja teške i ponavljajuće proizvodne poslove. Najčešći industrijski robot je upravo robotska ruka koja se u tipičnom slučaju sastoji od sedam metalnih delova povezanih sa šest zglobova. Kompjuter kontroliše robota putem rotiranja pojedinačnih stepeničastih motora (koji se za razliku od običnih motora okreću u tačnim razmacima, što omogućava preciznu koordinaciju pokreta) povezanih sa svakim zglobovima (neke veće robotske ruke koriste i hidrauliku ili pneumatiku). Kada robotske ruke služe za premeštanje predmeta (na svojim vrhovima, one mogu imati i svetiljke, burgije, šrafčigere, sprej boje i sl.), one često poseduju ugrađene i senzore na pritisak koji kažu njegovom kompjuteru koliko snažno je ruka zgrabila određeni objekat, čime se sprečava ispuštanje nošenog tereta. Da bi naučio robota kako da obavlja svoj posao, programer vodi njegovu ruku kroz tačnu sekvencu pokreta koju bi robot trebalo da izvršava i to uz pomoć ručnog kontrolera. Ovaj niz pokreta robot skladišti u svojoj memoriji i primenjuje ga dokle god predmatu kao npr. puter od kikirikija silaze niz pokretnu traku ka njemu. Međutim, robotske ruke koje se kreću u ograničenom opsegu prostora je relativno lako napraviti u odnosu na robote koji bi trebalo da se slobodno šetaju. Tada se kao npr. u slučaju robotskih rovera koji su se pre nekoliko godina prošetalu Marsom, točkovi ili pokretne trake pokazuju kao najpogodnija opcija (kao npr. NASA-in robot *FIDO*). Mnogi roboti sa nogama poseduju i sitem za uravnotežavanje koji se sastoji od niza žiroskopa koji šalju kompjuteru signale za uravnotežavanje položaja. Kretanjem mnogih robota se upravlja pomoću daljinskih upravljača (tzv. lutkasti roboti), npr. radio signala (i radio prijemnika ugrađenom u robotu) ili snopova infracrvene svetlosti. Ovakvi roboti su



veoma korisni prilikom ispitivanja morskih predela, unutrašnjosti vulkana ili drugih planeta. Neki roboti zahtevaju samo delimično daljinsko upravljanje u okviru koga samo možemo locirati mesto na koje robot treba da stigne i on će sam tamo stići bez našeg vođstva. Kada robot naiđe na prepreku, udarac sa njom aktivira senzor na udarce na osnovu čijeg signala robot skreće u stranu, zaobilazi prepreku i nastavlja svoj put. Međutim, neki roboti koriste i infracrvene ili ultrazvučne senzore (slično radarskim ili sonarskim uređajima za lociranje) pomoću kojih ne moraju da se sudare sa preprekom da bi je zaobišli. Mnogi moderni roboti poseduju dve kamere koje im pružaju stereo vid pomoću koga imaju dubinsko vidno polje, na osnovu koga mogu da iscrtavaju mape svoje okoline) a često poseduju i mikrofone, kao i razne senzore za miris pomoću kojih analiziraju svoju sredinu.

## **- Šta je to veštačka inteligencija?**

Pod veštačkom inteligencijom se podrazumeva osobina nekog predmeta da obavlja funkcije koje su na našoj planeti samo ljudska bića u stanju da urade. Uporedo sa napretkom moderne nauke, mnogi naučnici posvećuju svoje vreme istraživanju veštačke inteligencije i to najčešće se koristeći jednim od dva ucrtana pravca: fiziološkim - koji se bavi proučavanjem tokova misli u ljudskoj svesti, i tehnološkim - koji radi na razvoju kompjutera. Pojam veštačke inteligencije se često odnosi na kompjuterske sisteme i programe koji su u stanju da obavljaju neke složenije zadatke od samog čitanja i primene programskih naredbi. Iako su ovakvi, veštačko inteligentni programi i dalje beskrajno daleko od toka ljudskih misli, primetan je napredak u rezonovanju kompjutera. Tako danas postoje kompjuteri koji su u stanju da prepoznaju pisane ili izgovorene informacije, kao i da formiraju zaključke (ili skraćene opise) iz određenih informacija, daju odgovore na specifična pitanja, ili da preraspodeljuju informacije među korisnicima zainteresovanim samo za posebne oblasti date informacije. Važnom osobinom ovih programa se smatra njihova osobina stvaranja gramatički pravilnih rečenica, kao i uspostavljanje veza između ideja, reči, kao i asocijacija sa drugim idejama. Kompjuter sa veštačkom inteligencijom bi mogao da uči, rezonuje, koristi jezik i eventualno formuliše originalne ideje (odnosno, da donosi ideje koje se nadovezuju na posojeći napredak u datom polju nauke). Ipak, svakom kompjuteru je potreban čovek koji će uneti u njega ulazne informacije, a njegov sistem rada se zasniva na brzom pronalaženju posledica svakog dejstva i zatim predviđanja koja će informacija ostaviti najpogodnije posledice, što se često ilustruje na principu programa za igranje šaha. Neki roboti danas poseduju sposobnost učenja, odnosno mogućnost skladištenja informacija koje su nastale njegovim iskustvom, odnosno interakcijom sa okolinom putem senzora. Međutim, još uvek se ne zna da li će ovakav razvoj inteligencije zaista dovesti do toga da će kompjuteri jednoga dana samo na bazi gomilanja znanja posedovati inteligenciju sličnu našoj. Uostalom, danas ne postoji nijedan poznati način da se od kompjutera naprave androidi (kompjuteri sa emocijama), koji bi i čitavom njihovom znanju pružili smisao postojanja, kao što je slučaj sa ljudskim bićima.

## **- Kako kompjuteri mogu da igraju šah?**

Za razliku od nas, misaonih bića, koji se igrajući šah služimo kako logikom, tako i intuicijom, kompjuter koji igra šah, zapravo rešava niz matematičkih formula koje mu dopuštaju da tako brzo pronalazi odlične poteze. Iz ovako različitih pristupa šahu između misaonih bića i kompjutera, proizilazi da dok ljudi više vode računa o opštoj strategiji i formiranju plana igre, mašina poklanja pažnju redosledu poteza, odnosno taktici. Na početku svake šahovske partije, beli ima na raspolaganju 20 mogućih poteza: 8 pešaka mogu zakoračiti za po jedno ili po dva polja unapred, a dva konja imaju po dva polja na koja mogu

skočiti. Nakon što beli odigra svoj prvi potez, crni takođe ima na raspolaganju 20 mogućih poteza, nakon čega se broj mogućih poteza belog nešto povećava i tokom cele partije, prosečan broj mogućih poteza za svakog igrača iznosi oko 38 po potezu. Kompjuter posmatra šahovsku partiju kao jedno drvo, čije grane su mogući potezi. Ukupan broj mogućih poteza u jednoj šahovskoj partiji iznosi oko  $10^{128}$ , što je veoma veliki broj, pogotovo ako uzmemo u obzir da je naš Kosmos star oko  $10^{17}$  sekundi, a da ukupan broj atoma u Kosmosu iznosi oko  $10^{75}$ . Stoga, verovatno nikada neće biti napravljen kompjuter koji će biti u stanju da izgradi celo drvo mogućih poteza i da nam da odgovor na ključno šahovsko pitanje: ukoliko bi i beli i crni vukli najbolje moguće poteze, da li bi partiju dobio beli ili bi se ona završila remijem. Nekada se smatralo da će šah prestati da se igra kada se bude našao odgovor na ovo pitanje i kada bi se pronašli potezi te savršene partije, ali kada se uzme u obzir broj od  $10^{128}$  šahovskih kombinacija, najverovatnije je da će se šah ipak još dugo igrati. Ono što kompjuter računa igrajući partiju je zapravo drvo mogućih poteza za 5 do 20 poteza unapred. Pošto je prosečan broj mogućih pozicija po potezu jednak 38, kompjuter koji računa 5 poteza unapred imaće posao da proračuna  $38^5 =$  oko 80 miliona šahovskih pozicija, dok će jedan kompjuter koji računa 10 poteza unapred, pamtit 6,27 triliona pozicija. Najbrži šahovski kompjuteri današnjice izračunavaju oko milion pozicija u sekundi. Nakon što napravi drvo mogućih poteza, kompjuter mora da proceni svaku od pozicija, odnosno da odredi koliko je u svakoj poziciji povoljan položaj njegovih figura u odnosu na figure protivnika. Kompjuter ovo vrši rešavanjem izuzetno komplikovane funkcije procene koja za svaku proračunatu poziciju daje kao rešenje jedan broj. Što je ovaj broj veći, to je pozicija povoljnija za kompjuter i kompjuter će povući potez čija pozicija odgovara maksimumu funkcije procene. Kada protivnik odigra svoj potez, kompjuter ponovo stvara drvo mogućih poteza, računa vrednost funkcije procene za svaku moguću poziciju i povlači nov potez. Savremeni šahovski kompjuteri poseduju mogućnost usavršavanja funkcije procene sa svakom novom partijom, tako da kompjuter zahvaljujući ovoj tehnici učenja, sa svakim novim danom igra šah sve bolje i bolje.

## - Šta su to cvetni kompjuteri?

Najvažnije komponente kompjutera budućnosti se možda nalaze u laticama cveća, lišću drveća i stabljikama svih drugih biljaka. Naime, molekuli hlorofila - biljni pigmenti koji apsorbuju određene talasne dužine koje uglavnom odgovaraju plavoj i narandžastoj boji, te stoga biljkama daju zelenu boju, imaju sposobnost da razdvoje naelektrisanje, odnosno da stvore razliku električnog potencijala koja se naziva naponom, a upravo se ovaj napon koristi za "napajanje", odnosno predavanje energije hemijskim reakcijama u okviru kojih se od vode i ugljen dioksida u procesu fotosinteze stvaraju molekuli ugljenih hidrata, odnosno hranljive materije. Biofizičari iz američke Nacionalne laboratorije u gradu Ouk Ridžu u Tenesiju smatraju da bi molekuli hlorofila zahvaljujući sposobnosti razdvajanja naelektrisanja mogli da imaju funkciju dioda, osnovnih komponenti elektronskih kola koje propuštaju električnu struju samo u jednom smeru te stoga imaju važnu ulogu u okviru implementacije tzv. Bulove logike kod svih digitalnih kompjutera. Ovi molekuli koji imaju sposobnost razdvajanja naelektrisanja su dugački samo oko 5 nanometara (odnosno 5 milijarditih delova metra), pa bi stoga mogli da čine delove mikročipova koji bi bili 1000 puta manji od današnjih poluprovodničkih čipova. Istraživači iz laboratorije u Ouk Ridžu su već izolovali pojedinačne molekule hlorofila iz biljnog sveta i ugradili ih u platinom presvučene pločice - baze tzv. cvetnih čipova budućnosti. Merenjem napona koji su stvarali pojedinačni molekuli hlorofila došlo se do vrednosti od jednog Volta po molekulu, što je više nego dovoljan napon za funkcionisanje hlorofilnih dioda u budućim čipovima koji će se graditi na molekularnom

nivou, a prvi primerci ovih zelenih čipova će se verovatno već tokom prve decenije 21. veka pojaviti oko nas.

## - Šta su to kvantni kompjuteri?

Kompjuteri današnjice rade na principu manipulisanja bitovima, tj. binarnim brojevima koji se sastoje samo od jedinica i nula. Pokazalo se da prenošenje informacija putem bitovi dosta dobro odgovara načinu na koji klasična fizika vidi svet. Tako, npr. električni prekidači mogu biti otvoreni ili zatvoreni (0 ili 1), električna struja može proticati ili ne proticati (1 ili 0), objekti mogu biti na nekom mestu ili ne (1 ili 0) itd. S druge strane, kvantni kompjuteri nisu ograničeni binarnom prirodom tvrđenja u klasičnom fizičkom svetu, već se zasnivaju na posmatranju stanja kvantnih bitova (tzv. *qubita*) koji osim što mogu da predstavljaju nulu i jedinicu, mogu predstavljati kombinaciju nule ili jedinice, kao i broj koji se nalazi negde između nule i jedinice. Po zakonima kvantne fizike, ne možemo sa potpunom preciznošću reći da li subatomska čestica postoji – ona, zapravo, poseduje izvesnu statističku verovatnoću postojanja na nekom određenom mestu u određenom trenutku vremena, ali ne postoji način da saznamo da li je ona stvarno tamo sve dok je ne osmotrimo (tj. dok ne izvršimo merenje), a pošto činom merenja utičemo na našu česticu, tako ćemo joj od nekoliko stanja koje ona može zauzeti pridati samo jedno (kaže se da je talasna funkcija čestice iz superponiranih stanja više funkcija kolabirala samo u jednu). Drugim rečima, čestica se istovremeno nalazi na svim mestima u Univerzumu sve dok ne izvršimo merenje njenog položaja i ne pridamo joj izmerenu vrednost. Naučnici iz IBM-a su napravili prve kvantne kompjutere uz pomoć korišćenja nuklearne magnetne rezonance (NMR), tj. metode za merenje i menjanje spinova jezgara individualnih atoma. Elektromagnetni talasi iz radio-frekventnog opsega menjaju energetske nivoe atoma putem dejstva na spinove njihovih jezgara, a ovi atomi dalje reaguju sa drugim atomima na kontrolisan način tako da se između individualnih atoma uspostavlja tok informacija kojim se mogu dobiti podjednako ispravni odgovori i proračuni kao i uz pomoć običnih, mikroprocesorskih kompjutera. Postoji čitav niz prednosti koje će posedovati kvantni kompjuteri budućnosti u odnosu na današnje kompjutere. Naime, atomi menjaju svoja energetska stanja veoma brzo, pa će informacije u kvantnim kompjuterima moći da se prenose znatno brže nego u najbržim mikroprocesorima današnjice. Takođe, za određeni tip proračuna, jedan *qubit* će moći da zameni čitav procesor, tj. 1000 jona nekog elementa će zauzeti mesto 1000 kompjuterskih procesora. Nažalost, trenutno se smatra da veliki kvantni kompjuteri neće u skorije vreme naći primenu za procesovanje tekstova ili prenos *e-mail* poruka, već će se uglavnom koristiti za kriptografiju, modelovanje, kao i indeksiranje velikih baza podataka. Najveći problem sa kojim se suočavaju graditelji kvantnih kompjutera je kako održavati jedan atom na istom mestu dok stalno utičemo na njega menjajući mu energetske nivoe i pravac spina. Trenutno se, u ovu svrhu, radi hlađenja pojedinačnih jona do skoro apsolutne nule, kao i njihovog izdvajanja iz grupe atoma, koriste laserski snopovi. Takođe, postoji i problem posmatranja stanja atoma i kolabiranja njegove verovatnoće stanja u pojedinačno stanje, što narušava sva međustanja (između 0 i 1) koja su tako važna za prenos i skladištenje informacija. NMR tehnika koja se koristi u IBM-u predstavlja jedan od načina da se indirektno određuje energetska stanje jona (što znači da ne dolazi do kolabiranja verovatnoće) putem posmatranja efekata energetskog stanja jona.

## 18. Automobili

### - Kako motor pokreće automobil?

Skoro svi automobili današnjice koriste tzv. četvorotaktne cikluse sagorevanja radi prevođenja slobodne hemijske energije goriva u energiju kretanja vozila. Ova četiri zamaha (takta) klipa se nazivaju: usisavajući (tj. dovodni), kompresioni (tj. sabijajući), sagorevajući i ispustni zamah. Na početku rada motora, klip (koji je povezan sa obtom osovnom motora) se nalazi na vrhu cilindra, dovodni ventil se otvara i klip pada nadole dopuštajući motoru da preuzme cilindar napunjen vazduhom i gorivom. Klip se zatim pomera nazad nagore kako bi sabio smešu goriva i vazduha. Kada se klip nađe na najvišoj tački zamaha, svećica emituje varnicu koja pali gorivo. Gorivo u cilindru eksplodira, pomerajući klip nadole. Kada klip dosegne svoju najnižu tačku zamaha, otvara se ispustni ventil i izduvni gasovi odlaze iz cilindra kroz izlaznu cev i auspuh (prigušivač) u okolinu. Klip se ponovo penje na svoju najvišu tačku u cilindru, dovodni ventil se opet otvara i ceo četvorotaktni ciklus se nastavlja tokom rada motora. Pošto se klip tokom ciklusa sagorevanja stalno kreće gore-dole, tako se i menja veličina zatvorene komore u kojoj se dešava sagorevanje. Razlika između maksimalne i minimalne zapremine komore naziva se pomerajem motora i meri se u kubnim santimetrima, tj. kubicima. Tako, npr. ukoliko motor poseduje 4 cilindra, od kojih svaki ima pomeraj od po pola litre, tada je pomeraj celog motora jednak 2 litra, a od veličine pomeraja zavisi i snaga motora. Linearno kretanje klipa se pretvara u rotaciono kretanje pomoću osovine, a njeno rotaciono kretanje se prevodi u rotaciju točkova. Vazduh ulazi u cilindar preko vazdušnog filtera, a mnogi moderni automobili poseduju turbo i super punjače koji kompresuju vazduh, kako bi veća količina vazduha mogla da stane u cilindar. Turbo punjač koristi malu turbinu koja je zakačena za izlaznu cev i koja pokreće kompresujuću turbinu u dovodnoj vazdušnoj cevi, a super punjači su direktno zakačeni za motor, pod čijim dejstvom okreću kompresor. Gorivo se iz rezervoara dovodi u cilindar putem: karburatora (uređaja koji meša gas i vazduh) ili putem ubrizgavanja goriva, koje se može vršiti direktno u cilindar ili iznad dovodnog ventila. Automobili današnjice koriste motore sa unutrašnjim sagorevanjem, jer su oni: relativno efikasni (u poređenju sa motorima sa spoljašnjim sagorevanjem, kod kojih se sagorevanjem nekog spoljašnjeg izvora energije - drveta, uglja, ulja...- proizvodi npr. para koja pokreće motor), relativno jeftini (u odnosu na gasnu turbinu) i relativno ih je lako iznova puniti gorivom (za razliku od električnih automobila).

### - Kako petnaestak kilograma vazduha u gumama može da nosi dve tone automobila?

Ako ste se ikada zagledali u automobilske gume, sigurno ste primetili da njihova površina nije glatka, već je prepuna malih streličastih ispupčenja. Dodirnu površinu automobilskih guma i puta možete izmeriti ako uvučete dva lista papira ispod jedne gume, sve dok svaki od njih ne bude više mogao da se zavlači. Izvucite ova dva lista i na njima ćete primetiti šare od prašine, koje odgovaraju dodirnoj površini između gume i puta. Izračunajte površinu jedne ovakve šare, pomnožite je sa brojem šara na oba podmetnuta papirna lista, dobijeni broj pomnožite sa 4 (pošto se automobil oslanja na 4 gume) i dobićete dodirnu površinu čitavog automobila sa tlom. Ukoliko sada podelite težinu automobila sa vazdušnim pritiskom u gumama dobićete da je dobijeni količnik približno jednak dodirnoj površini između kola i puta. Ipak, u najvećem broju slučajeva je dodirna površina između puta i automobila veća od količnika težine kola i pritiska u gumama, a razlog ovome je u tome što

pritisak kojim kola deluju na put nije veliki na prednjim i zadnjim ivicama dodirne površine. U tačkama u kojima gume jedva da dodiruju Zemlju, skoro da se uopšte ne podržava težina, a kako se pomeramo ka centru dodirne površine, sve više i više težine se podržava. (Drugim rečima, težina koju nose gume je precizno izbalansirana). Ukoliko smanjimo pritisak u gumama za jednu četvrtinu, primetićemo da se dodirna površina nije povećala četiri puta, što je posledica krutosti bočnih zidova šara sa površine guma. U slučaju ovako sniženog pritiska, struktura gume počinje da nosi jedan deo težine automobila. Gume sportskih automobila poseduju kratke i krute bočne zidove gumenih šara, pa se stoga ovakve gume manje savijaju od velikih guma na točkovima putničkih automobila i kamiona. Postoje i neke gume (tzv. ravne gume) koje su toliko krute da mogu podržavati težinu vozila bez pritiska vazduha u njima.

### **- Koja je razlika između automobila sa ručnim i automobila sa automatskim prenosom brzina?**

Kao što bicikli poseduju prenosnike brzina i po jedan slobodan točak između pedala i zadnjeg točka, tako i automobili poseduju prenosnike brzina između motora i točkova. Prenosnici prihvataju torziju (kao što sila menja linearnu brzinu tela, tako torzija menja rotacionu brzinu tela) sa motora i predaju je točkovima, premda u opštem slučaju pružaju mehaničke pogodnosti kolima (što znači da se pomoću njih kola mogu popeti i na brdo), a i oslobađaju točkove dejstva motora kada je to neophodno (npr. kada stajemo na semaforu). Postoje dva tipa prenosa brzina: ručni (u okviru koga vozač ima zadatak da prilagodi mehaničke prednosti kolima i da oslobodi točkove rada motora) i automatski (kod koga sam automobil obavlja ova dva zadatka). Kod automobila sa ručnim prenosom brzina, oslobađanje točkova dejstva motora se vrši od strane kvačila koje se sastoji od dva diska, pri čemu jedan disk pokreće motor, dok drugi disk pokreće točkove. U običnom slučaju, tokom vožnje, ova dva diska su snažno pritisnuta jedan uz drugi tako da im trenje između njih omogućava da se zajedno okreću. Međutim, kada pritisnemo pedal kvačila u kolima, pokrećemo mehanizam koji razdvaja ova dva diska tako da oni više nisu prislonjeni jedan uz drugi i motor se tada može okretati nezavisno od točkova. Kada otpustimo pedal, dva diska se ponovo spajaju i trenje između njih počinje da ujednačava njihove ugaone brzine, nakon čega oni nastavljaju da se zajedno okreću. Između ostalih stvari, kvačilo dopušta kolima da se pokrenu postepeno bez potrebe da motor zaustavi svoje obrtanje. Kvačilo prenosi torziju sa motora na prenosnu kutiju u kojoj pridošla torzija pokreće niz zupčanika. Svaki rotirajući zupčanik će preneti torziju bilo kom drugom zupčaniku koji se okreće zajedno sa njim. Točkovi su povezani sa drugim nizom zupčanika koji u običnom slučaju nije povezan sa obrćućim zupčanicima. Međutim, pokretanjem ručke pored vozača, uključuje se u rad poseban par zupčanika tako da motor počinje da okreće točkove. U tipičnim kolima sa 5 stepena prenosa brzine unapred i jednim unazad, vozač može izvesti 5 različitih kombinacija rada zupčanika za kretanje unapred. Najmanji stepen prenosa (1. brzina) je ona u kojoj se motor okreće mnogo brže nego sami točkovi. Premda se točkovi okreću polako, oni primaju veliku torziju sa prenosne kutije. Tako prvi stepen prenosa najčešće koristimo samo za pokretanje kola ili za penjanje uz strmu ravan. S druge strane, u najvećem stepenu prenosa, točkovi se okreću podjednako brzo ili čak i brže nego sam motor. Dok se brzo okreću, točkovi primaju malu torziju sa prenosne kutije, pa stoga petu brzinu koristimo samo kada vozimo kola velikom brzinom ili kada se vozimo niz strmu ravan. U slučaju stepena prenosa koji odgovara rikvercu, odnosno kretanju unazad, točkovi se okreću u suprotnom smeru od smera obrtanja prednjih zupčanika. Prenosna kutija ovo postiže jednostavnim dodavanjem jednog ekstra zupčanika između motora i točkova. Naime, svaki put kada se okrene zupčanik, zupčanik koji se spojen sa njim se okrene u suprotnom smeru, pa se stoga dodavanjem samo jednog zupčanika u niz, postiže kretanje

unazad. Kod automobila sa automatskom transmisijom, jedan ili više fluidnih kuplunga zamenjuje kvačilo, a prenosna kutija je dizajnirana tako da kola mogu automatski menjati stepene prenosa torzije. U ovom slučaju, torzija se prenosi sa motora na točkove pomoću fluida koji cirkuliše između dva krilasta impelera. Motor pokreće prvi impeler, koji gura prenosni fluid ka drugom impeleru, a pokretni fluid pokreće drugi impeler koji pokreće točkove. Ovakvo indirektno kuplovanje motora i točkova je korisno jer ne troši snagu čak i kada se dva impelera okreću različitim brzinama. Kada se drugi impeler zaustavi kada zaustavimo kola na semaforu, prenosni fluid ne može da izvrši nikakav rad nad njim. Kada pokrenemo kola, drugi impeler počinje da se okreće i postepeno povećava brzinu obrtanja sve dok se njegova ugaona brzina ne izjednači sa prvim impelerom. Tokom ovog procesa izjednačavanja brzina, snaga teče od prvog ka drugom impeleru i kola se lagano ubrzavaju unapred. Ovakav sistem rada je i razlog zašto se kola sa automatskim prenosom brzina manje trzaju prilikom promene stepena prenosa brzina nego kola sa ručnim prenosom. Prenosnik brzina u ovom sistemu radi hidraulički. Naime, hidraulični fluid gura ploče da se dodiruju tako da zaustavlja različite delove prenosnika da se okreću. Složeni niz zupčanika se koristi tako da zaustavljanje jednih zupčanika prenosi torziju na druge zupčanike. Mehanizmi u kolima su osetljivi na brzinu i biraju koji će parovi ploča biti razdvojeni, a koji splepljeni. Ovi tanjirići određuju relativnu brzinu rotacije između osovine koja prenosi torziju ka automatskom prenosniku i osovine koja odnosi torziju sa nje. Postoje takođe i neki automatski prenosnici brzina koji kombinuju funkcije fluidnog kuplunga i delove prenosne kutije i predstavljaju mehanizam poznat kao konvertor torzije. Konvertor torzije je fluidni kuplung koji se sastoji od dva impelera (krila koja pokreću druge delove automobila) različitog oblika. Prvi impeler se okreće brzo, jednakom brzinom kao i motor, dok se drugi impeler okreće sporije premda prenosi više torzije točkovima.

### **- Kako benzinska pumpa zna kada je rezervoar napunjen do vrha?**

Mehanizam punjenja automobilskog rezervoara za benzin do vrha se koristi još od kada su izgrađene prve benzinske stanice, pa stoga znamo da u pumpama sigurno ne postoji mala kamera koja snima nivo tečnosti u rezervoaru i šalje informacije mikroprocesoru u pumpi. Naime, u blizini otvora cevi pumpe kroz koju ističe benzin, nalazi se mali otvor i jedna uža cev koja povezuje ovaj otvor sa ručkom. Kroz ovu malu cev se primenjuje vakuumsko usisavanje uz pomoć venturija, odnosno cevi koja je uža na svojoj sredini, nego na krajevima, tako da fluid koji teče kroz njega doživljava pad u pritisku čime se postiže efekat usisavanja. Kada rezervoar nije napunjen do vrha, vazduh lako prolazi od otvora male cevi do izlaza na ručki. Međutim, kada nivo benzina u rezervoaru poraste tačno toliko da prekrije otvor male cevi, pritisak kojim se usisavao vazduh postaje isuviše mali da bi povukao tečnost i duž male cevi se formira vakuum koji aktivira mehanizam kojim se prekida dalji dotok benzina kroz veliku cev pumpe.

### **- Koja je razlika između benzina, kerozina i dizela?**

Nafta predstavlja tečnost koja sadrži smešu raznih alifatičnih ugljovodonika, tj. molekula koji su sastavljeni samo od atoma vodonika i ugljenika u kojima se ugljenikovi atomi međusobno povezuju gradeći lančane (neciklične) molekule različitih dužina. Ugljovodonični molekuli različitih dužina poseduju i različite osobine i ponašanje. Tako, npr. metan ( $\text{CH}_4$ ) predstavlja gas koji je toliko lak da pluta na helijumu. Takođe, i etan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) i butan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) su takođe gasovi, a sa povećanjem dužine ugljovodoničnog lanca raste i tačka ključanja ugljovodonika, pa tako pri atmosferskom pritisku, metan ključa na  $-107^\circ\text{C}$ , etan na  $-66^\circ\text{C}$ , propan na  $-43^\circ\text{C}$ , a butan na  $-18^\circ\text{C}$ . Tako su ugljovodonicci sa

brojem ugljenikovitih atoma u lancu od 5 do 19 tečnosti na sobnoj temperaturi, dok se svi ugljovodonici sa više od 19 ugljenikovitih atoma u lancu nalaze u čvrstom stanju na sobnoj temperaturi. Usled povećanja tačke ključanja sa dužinom ugljovodoničnog lanca, svi ugljovodonici iz nafte se mogu razdvojiti destilacijom, a upravo se ovaj proces koristi u rafinerijama nafte prilikom njene prerade – sirova nafta se zagreva i lanci različitih dužina jedni za drugima isparavaju sa postepenim povećanjem temperature. Tečnosti sa ugljovodoničnim sastavom između  $C_5H_{12}$  i  $C_7H_{16}$  veoma su lagane i lako isparljive, a nalaze primenu kao rastvarači. Iz ovih tečnosti se mogu napraviti brzo isparavajuće tečnosti za čišćenje, kao što su npr. rastvarači za boje i drugi brzo-isparavajući proizvodi. Ugljovodonici od  $C_7H_{16}$  do  $C_{11}H_{24}$  zajedno čine benzin. Svi benzinski ugljovodonici isparavaju na temperaturama ispod tačke ključanja vode. Opseg od  $C_{12}H_{26}$  do  $C_{15}H_{32}$  sačinjava smešu pod imenom kerozin, a svi teži ugljovodonici do  $C_{19}H_{40}$  sačinjavaju dizel gorivo i teža gorivna ulja (kao što je npr. ulje za grejanje kuća). Još teže smeše ugljovodonika na prelazu između tečnih i čvrstih ugljovodonika na sobnoj temperaturi sačinjavaju ulja za podmazivanje. Ova ulja ne isparavaju na uobičajenim temperaturama, pa tako npr. mašinsko ulja može ceo dan raditi na oko 120 °C, a da pri tome ni malo ne ispari. Ova ulja se mogu kretati od veoma lakih (npr. 3-in-1 ulje), preko različito gustih motornih i veoma gustih alatnih ulja do polučvrstih masti, u koje spada i vazelin. Ugljovodonici sa lancima od po više od 20 ugljenikovitih atoma predstavljaju čvrste supstance, počevši od parafinskog voska, katrana i na kraju asfaltnog bitumena koji se koristi za pravljenje asfaltnih puteva. I tako, sve ove različite supstance dolaze iz sirove nafte, a jedina razlika među njima je u dužini ugljovodoničnog lanca.

### **- Ako su dizel motori efikasniji i koriste jeftinije gorivo, zašto onda svi automobili ne rade na dizel?**

Iako su dizel motori efikasniji od benzinskih motora, postoji nekoliko problema usled kojih oni nikada nisu postali toliko zastupljeni i korišćeni na našoj planeti kao benzinski motori. Osim što su skuplji od benzinskih motora, motori koji rade na dizel imaju i znatno veći odnos kompresije (20:1 za tipični dizel motor u poređenju sa 8:1 za tipični benzinski motor), pa su zato i teži od ekvivalentnih benzinskih motora. Usled veće težine i odnosa kompresije, dizel motori imaju niži maksimalni broj obrtaja osovine motora od brzine obrtaja benzinskih motora. Ovo doprinosi povećanoj torziji dizel motora u odnosu na konjsku snagu, pa se automobili sa dizel motorima sporije ubrzavaju. Takođe, u dizel motore se gorivo mora uštrcavati, a ovakav tip unosa goriva je skuplji i nije toliko pouzdan. Dizel motori teže da stvaraju više dima i “čudnih mirisa”. Dizel motore je između svega ostalog i teže upaliti zimi, a i ukoliko sadrže svetleće svećice, neophodno je sačekati neko vreme pre nego što se pokrene motor kako bi se svetleće svećice zagrejale. Uz sve ovo, dizel motori su znatno bučniji i više vibriraju od benzinskih motora, a dizel gorivo je u opštem slučaju, manje dostupno od benzina. Ipak, tri stvari koje idu u korist dizel motorima su korišćenje jeftinijeg goriva, bolja efikasnost, kao i duži radni vek motora. Takođe, najnoviji dizel motori koriste naprednu kompjutersku tehnologiju kako bi redukovali neke nepovoljnosti kao što su prisustvo dima, buke i vibracija, a i njihova cena se nalazi u padu, pa ćemo u budućnosti možda biti u prilici da vidimo više dizel automobila na putevima.

### **- Da li se kuhinjsko ulje može pretvoriti u dizel?**

Ukoliko sipate obično biljno ulje u rezervoar dizel vozila, njegov motor će normalno raditi, osim što će životni vek motora biti nešto kraći, a i cena opravke vozila nakon kvara će verovatno biti nešto veća. Međutim, kuhinjsko ulje je lako prevesti u dizel gorivo ukoliko možete da nabavite sve potrebne hemikalije. Proces se sastoji u transesterifikaciji triglicerida

iz kuhinjskog ulja u estar, pri čemu se mora izbeći dobijanje monoacilglicerida (čija koncentracija mora biti ispod 0,05 %) koji će se u slučaju prisustva u vidu taloga izdvajati iz dobijenog goriva na niskim temperaturama. U Austriji, Novom Zelandu i još nekim drugim zemljama postoje specijalna postrojenja u kojima se biljna ulja prevode u dizel gorivo. Najčešći katalizatori (supstance koje iniciraju izvođenje reakcije u više stupnjeva čime se energetska barijera reakcija lakše prevazilazi) koji se koriste za transesterifikaciju triglicerida su natrijum hidroksid (NaOH) – koji je jeftiniji od ostalih, ali često može dovesti do stvaranja sapuna u reakcionoj smeši, natrijum metoksid ili kalijum karbonat ( $K_2CO_3$ ). Pomešajte 22 grama metanola ( $CH_3OH$ ) koji sadrži 0,6 grama natrijum hidroksida (katalizatora) sa 100 grama zagrejane masti ili ulja. Nakon hlađenja ove smeše, izdvojite sloj glicerola i ostatku smeše dodajte još 0,2 grama natrijum hidroksida, nakon čega je potrebno dobro mešati smešu oko 5 minuta (po mogućstvu u mešalici). Dolazi do ponovnog razdvajanja faze glicerola i faze estra koja se zatim ispira sa vodom kako bi se odstranili ostaci katalizatora, glicerola i metanola.

### **- Zašto je konjska snaga motora kamiona manja od konjske snage motora trkačkih automobila?**

Sagorevanje goriva u motoru izaziva pomeranje klipa koji vrši pritisak na osovinu koja se okreće pod dejstvom pritiska klipa, što osovini, pa i samom motoru pruža izvesnu torziju (slično sili koja svojim dejstvom menja linearnu brzinu kretanja tela, torzija svojim dejstvom menja rotacionu brzinu tela). Postoje tri promenljive koje utiču na torziju, a to su: veličina osnove klipa, pritisak kojim zapaljeno gorivo deluje na osnovu klipa i rastojanje koje klip pređe tokom svakog zamaha, a stoga i prečnik osovine – što je veći prečnik osovine, veća je i njena torzija. Kamionski dizel motori poseduju dugačak zamah, što znači da klip prelazi veoma dugo rastojanje gore-dole tokom svakog obrta cilindra. S druge strane, trkački motori imaju veoma kratak zamah, što znači da je klip kod ovakvih motora veoma velikog prečnika u odnosu na veličinu motora i stoga prelazi relativno malo rastojanje gore-dole tokom svake rotacije cilindra, zahvaljujući čemu motor trkačkog automobila može raditi znatno brže – do 15 000 revolucija u minuti. Međutim, zbog kratkog zamaha klipa, motor trkačkog automobila poseduje veoma malu torziju. Veliki kamionski dizel motori najčešće ne mogu raditi brže od 2000 revolucija u minutu, ali zato imaju veliku torziju usled velikog zamaha njihovih klipova, a upravo visoka torzija dopušta motorima da prenose veliki teret. Jedna konjska snaga je jednaka radu od 33 000 stopa-funti u minutu. Drugim rečima, po ovakvom merilu, jedan konj može da podigne 33 funte tereta na visinu od hiljadu stopa za jedan minut ili 330 funti na visinu od 100 stopa za jedan minut ili 3300 funti na visinu od 10 stopa za jedan minut (1 funta je jednaka 453,5 grama, a 1 stopa je 30,48 cm) itd. Konjska snaga motora se može izračunati kao proizvod torzije i broja obrtaja osovine u minutu podeljen sa 5,252. Motori trkačkih automobila poseduju malu torziju, ali pošto se njihova osovina tako brzo obrće i njihova izlazna konjska snaga će biti veoma velika. S druge strane, i pored velike torzije motora kamiona, na njihovu snagu presudno utiče mala brzina rotiranja osovine što dovodi i do niske konjske snage.

### **- Kako se može povećati konjska snaga motora?**

Postoji mnogo različitih načina za povećanje snage automobilskog motora. Ponekad je moguće poboljšati performanse automobila ukoliko promenite kompjuterski ROM čip u kontrolnoj jedinici motora. Takođe, snaga motora će se povećati ukoliko mu olakšate pristup vazduhu. Kako se klip pomera nadole tokom dovodnog zamaha, otpor vazduha može oduzimati snagu motoru. Neki noviji automobili koriste uglačane dodirne površine klipa kako



bi smanjili otpor vazduha. Takođe, veći vazdušni filteri i redukovano usisavanje mogu povećati dovod vazduha. Takođe, što se lakše ispuštaju izduvni gasovi iz motora, to je njegova snaga veća. Ukoliko otpor vazduha ili povratni pritisak (nastaje ukoliko je ispušna cev isuviše mala ili uska ili kada prigušivač, odnosno auspuh poseduje veliki otpor vazduha) otežavaju ispušt izduvnih gasova, smanjuje se snaga motora. Većina motora poseduje po jedan unosni i ispušni ventil. Montiranje glave koja se sastoji od četiri ventila po cilindru, drastično će povećati tok vazduha u motor i iz njega, što će doprineti povećanju njegove snage. Zamenom palčeva točkova može se poboljšati performans motora. Naravno, ukoliko biste mogli da nabijete više vazduha (a time i goriva) u cilindar date veličine, mogli biste da dobijete više snage iz cilindra. Tako, turbo i super punjači potiskuju i sabijaju unosni vazduh u cilindar, što doprinosi većoj snazi motora. Međutim, kompresovanje (sabijanje) vazduha povećava njegovu temperaturu, a što je vazduh u motoru topliji, to će se on i manje širiti prilikom sagorevanja goriva. Stoga, mnogi turbo i super punjači poseduju interkuler, tj. specijalni radiator kroz koji prolazi vazduh i u njemu se hladi pre nego što uđe u cilindar. Laganim automobilski delovi doprinose boljem performansu motora i vozila. Svaki put kada klip promeni svoj pravac kretanja, potrebno je uložiti energiju da se njegovo kretanje zaustavi i ubrza u suprotnom pravcu. Stoga, na osnovu Njutnovog zakona inercije, što je laganim klip, manje će se energije trošiti prilikom menjanja njegovog pravca kretanja. Takođe, lakši delovi motora dopuštaju brže rotiranje njegove osovine, pa će tada i konjska snaga motora biti veća. Takođe, do određene tačke, veći odnos kompresije stvara više snage. Međutim, što više sabijate smešu vazduha i goriva veća je verovatnoća da će se smeša spontano zapaliti (pre nego što je svećica zapali). Visoko-oktanski benzini sprečavaju ovakvu vrstu ranog sagorevanja, pa je to i razlog zašto svi motori visokih performansi koriste baš ovaj tip goriva. Uz sve ovo, ukoliko povećate cilindre, povećaćete i pomeraj (razlika između maksimalne i minimalne vrednosti zapremine komore za sagorevanje goriva), što znači da će se i sama snaga motora povećati, jer će veća količina goriva moći da sagori prilikom svakog obrtaja motora.

### **- Da li postoji brzina automobila pri kojoj se postiže maksimalna efikasnost potrošnje goriva?**

Što brže vozimo automobil, to će njegov motor trošiti veće količine goriva. Drugim rečima, što sporije budemo vozili automobil, to ćemo manje goriva potrošiti u putu. Međutim, tada bismo možda isuviše dugo putovali, pa je stoga potrebno izvesti kompromis i pronaći najbrže moguće vreme putovanja sa potrošnjom najmanje količine goriva (tzv. miljarina). Naime, snaga koja gura automobil niz put zavisi od brzine kretanja automobila i jednaka je:  $av + bv^2 + cv^3$ .  $v$  je brzina automobila,  $a$  je konstanta koja zavisi od otpora guma pri kotrljanju (tj. od težine automobila) i trenja između komponenata kola, kao što je trenje u kočnicama ili ležajevima točkova.  $b$  je konstanta koja osim što zavisi od otpora guma pri kotrljanju i trenja u komponentama automobila, zavisi i od snage koju koriste razne pumpe u kolima, a  $c$  predstavlja konstantu koja zavisi od svih stvari koje utiču na aerodinamičko podizanje, kao što su prednja površina automobila, koeficijent trenja i gustina vazduha. Iako su ove tri konstante različite za različite tipove automobila, očigledno je da ako udvostručimo brzinu, moraćemo više od dva puta da povećamo snagu koja gura kola niz put. Ukoliko je brzina jednaka nuli i snaga guranja će biti jednaka nuli, pa bismo na prvi pogled mogli očekivati da ćemo tada trošiti najmanje goriva. Ipak, situacija je obrnuta. Ukoliko je motor upaljen, a brzina je jednaka nuli, u takvom stanju postićemo najslabiju miljarinu (tj. putni trošak, odnosno efikasnost potrošnje goriva), jer se izvesna količina goriva koristi za kretanje cilindra, kao i raznih ventilatora, pumpi, generatora i farova, a mi se pri tome uopšte ne krećemo. Ukoliko stavimo kola u pokret do brzine od jednog kilometra na sat, motor će tada

koristiti samo nešto malo više goriva nego kada stoji, jer je snaga potrebna za guranje kola pri ovoj brzini veoma mala. Ova promena predstavlja drastičnu promenu miljarine, jer uz samo malo veću potrošnju goriva nego kada mirujemo, mi prelazimo prilično rastojanje. Ako sada ubrzamo kola do brzine od dva kilometra na sat, snaga guranja se neće mnogo povećati, a mi ćemo se kretati dvostruko brže, pa će se naša miljarina dodatno povećati. Ipak, kada prekoračimo brzinu od oko 60 kilometara na sat, svako dalje ubrzavanje za po jedan kilometar na sat zahteva dodatno ulaganje mnogo veće snage nego pri malim brzinama, što znači da će sa daljim povećanjem brzine opadati miljarina. Stoga se kod najvećeg broja automobila, maksimalna efikasnost potrošnje goriva postiže u rasponu brzina od 60-90 kilometara na sat, što naravno zavisi od odnosa snage potrebne da gura automobil (tj. od konstanti a, b i c) i efikasnosti samog motora. U opštem slučaju, manji, laganiji i aerodinamičniji automobili postižu najbolju miljarinu pri većim brzinama, dok veći, teži i manje aerodinamični automobili postižu najbolju miljarinu pri manjim brzinama.

### **- Da li kola deluju većim pritiskom na Zemlju kada se kreću brže ili sporije?**

Pritisak kojim automobil deluje na podlogu jednak je količniku težine automobila i dodirne površine između njegovih guma i tla. Ovaj pritisak se, naravno, ne može promeniti sve dok se bilo težina automobila ili kontaktna površina između točkova i Zemlje ne promene. U najvećem broju slučajeva, ove dve veličine se ne menjaju sa promenom brzine automobila. Međutim, neki automobili poseduju spojler na svom zadnjem kraju čija je uloga da sprečavaju podizanje (odnosno, poletanje) automobila tokom kretanja pri velikim brzinama, a ove automobilske komponente su posebno primetne kod formula. Oblik spojlera je takav da omogućava povećani protok vazduha sa njegove gornje strane (s obzirom da je nakrivljen nadole u pravcu kretanja vozila), pa se tako i težina automobila povećava sa povećanom brzinom vazдушnih strujanja oko njega. Na taj način se težina automobila sa spojlerima povećava kada se ona ubrzavaju pa će se tada i pritisak kojim ovakva kola deluju na podlogu povećavati sa brzinom njihovog kretanja.

### **- Po čemu su posebne formule?**

Formule predstavljaju trkačke automobile koji su predodređeni da dostižu brzine i do 400 km/h. U formulama ima mesta samo za jedno ljudsko biće, one poseduju otvorenu kabinu, kao i otvorene (nezavrnut) točkove, krila koja sprečavaju poletanje vozila, kao i motor postavljen iza vozača. Šasija formula je napravljena od ugljeničnih vlakana i aluminijumske matrice, što je čini izuzetno snažnom i laganom (samo oko 455 kg bez motora i elektronike). Kada se fabričkoj (tzv. *rolling*) šasiji teškoj oko 400-500 kg, dodaju nedostajući elementi (motor i elektronika, s obzirom da današnje formule predstavljaju prave kotrljajuće kompjutere), ona postaje teža za oko 200 kg, dok zajedno sa težinom vozača i goriva, masa čitave formule iznosi oko 800-900 kg. Motor formule za samo deset sati vožnje stvori sagorevanjem metanola (7,5 litara u minutu ili litar po kilometru) dovoljno toplote za grejanje kuće od 200 kvadratnih metara tokom cele zime, pa su stoga formule, osim vazdušne crpke za direktno hlađenje motora, opremljene i radiatorom montiranim za vazdušni tunel kroz koji prolazi oko 3 miliona litara vazduha u svakom minutu. Kako bi se u što je moguće većoj meri smanjilo trenje, formule su izuzetno glatke kako bi vazduh što lakše proticao pored njih. Izbrzdane gume običnih automobila su široke oko 20 santimetara, dok su glatke, tanke i mekane prednje gume formula široke 30, a zadnje 40 santimetara. Međutim, dok su gume običnih automobila predviđene da izdrže između 70 i 100 000 kilometara vožnje, gume formule su predviđene da traju oko 100 km, pa se stoga oko 60 guma promeni tokom jedne

vožnje od 800 km. Kompjuter u vozilu konstantno meri 200 različitih parametara (kao što su na primer brzina, temperatura motora i broj obrtaja u minuti, brzina vetra, temperatura goriva i različitih delova izduvnog sistema, pritisak u gumama, visina vozila iznad staze u 4 tačke, položaj formule na stazi...) i izmerene podatke skladišti u svojoj memoriji, a istovremeno poseduje 72 kanala preko kojih može slati podatke članovima tima koji su u pitstopu. Formula poseduje tri pneumatička džeka integrisana u šasiji koji omogućavaju da se povezivanjem sa izvorom azota pod pritiskom, gume napumpaju u pitstopu za delić sekunde. Motor formule poseduje 2-3 puta veću konjsku snagu (oko 900 konjskih snaga) od motora automobila visokih performansi, radi pri brzini od oko 15000 obrtaja u minuti, a poseduje 6 stepena prenosa brzina, kao i dugačke i lagane klipove sa kratkim zamahom.

### **- Zašto trkački automobili ne koriste običan vazduh za pumpanje guma?**

Mnogi timovi trkačkih automobila koriste u gumama azot umesto vazduha, jer se azot u znatno manjoj meri skuplja i širi prilikom malih promena temperature i pritiska nego što je to slučaj sa običnim vazduhom. U najvećem broju slučajeva, promena pritiska od samo četvrtine Paskala (atmosferski pritisak je jednak 101 325 Paskala) je dovoljna da se odrazi na promene u upravljanju vozilom, pogotovo ukoliko se ono kreće velikim brzinama, kao što je to slučaj sa trkačkim automobilima. Pošto se temperatura podloge i gume menjaju tokom trke, male promene pritiska u gumi mogu uticati na vučnu snagu i manipulisanje vozilom, pa stoga vozilu, odnosno gumama pogodi temperaturna postojanost azota. Pritisak azota je znatno stabilniji od vazdušnog pritiska, jer vazduh obično sadrži i određenu količinu vode u zavisnosti od vlažnosti vazduha na dan trke, a upravo je voda uzrok ove nestabilnosti brzine širenja i skupljanja vazduha pri promenama temperature, odnosno pritiska. Korišćenje azota za pumpanje guma omogućava doslednije upravljanje vozilom, jer kada se gume vozila ne bi pumpale sa azotom već sa okolnim vazduhom, postojala bi, između ostalog i velika razlika u manipulisanju vozilom na trci koja bi se održavala na vlažnoj Floridi (ili Monaku, kao i bilo kom drugom primorskom mestu), ili na reliju Pariz-Dakar kada bi se u gume upumpavao suvi pustinjski vazduh.

### **- Kada će se pojaviti leteća kola?**

Verovatno ste nekada tokom zastoja na nekoj gradskoj raskrsnici razmišljali kako bi bilo fino da možete da podignete kola u vis i preskočite raskrsnicu. Ne samo što bismo ranije stigli na odredište, već što bi i sam put bio atraktivniji. Danas postoji više od 80 američkih patenata na temu letećih automobila, a mnogi od ovih, osmišljenih automobila su stvarno poleteli. Još 1917. godine se pojavio prvi leteći automobil pod nazivom *Autoplane* koji je bio izrađen od aluminijuma, imao je tri krila raspona 12,2 metara i 4-krilni propeler na zadnjem delu kola. Nakon *Autoplane*-a su se pojavili mnogi drugi leteći automobili kao npr: *Arrowbile* (1937.) – trotočkaš koji je leteo pomoću propelera; *Airphibian* (1946.) koji je bio zapravo avion (max. 200 km/h) koji se mogao i voziti po putu (max. 80 km/h) pošto bi mu se prethodno skinula krila, propeler i rep; *ConvAirCar* (1940.) – kola sa dvoja vrata za koja su se mogli zakačiti nepohodni avionski delovi; *Avrocar* – vozilo oblika letećeg tanjira koje je moglo i da leti; *Aerocar* (1970.) – najpoznatiji leteći automobil obložen ljuskom od staklenih vlakana. I danas u prodaji postoje mnogi leteći automobili kao što je npr. *SkyCar* (osim njega, popularni su još i *SkyRider* i *CityHawk*), koji ima 4 sedišta, pokreće ga 8 rotirajućih motora sa zajedničkom snagom od 720 konjskih snaga, dizajniran je da sleće i uzleće vertikalno, može da dostigne brzinu leta od 644 km/h, ima domet od 1449 km, a kao gorivo se mogu koristiti benzin, dizel, alkohol, kerozin ili propan. Kako bi se učinio bezbednim za običan drumski saobraćaj, *SkyCar* je u potpunosti kontrolisan posredstvom GPS prijemnika koji je u stalnoj

vezi sa satelitima. Ipak, današnja cena *SkyCar*-a iznosi oko milion dolara, premda će sa početkom masovne proizvodnje, njegova cena pasti na \$60000.

## **- Da li automobili mogu da rade na vazduh?**

Pošto benzin kao gorivo za pokretanje automobila postaje sve skuplji (jer se planetarne zalihe nafte iz koje se on dobija sve više smanjuju), a i pošto se njegovim sagorevanjem u atmosferi formiraju mnogi štetni gasovi, sve više se vrše istraživanja na alternativnim izvorima energije u automobilima, pa su tako 2000. godine prva dva tipa hibridnih automobila počela da se voze planetarnim putevima, dok se očekuje da će se za nekoliko godina pojaviti na putevima i prvi automobili koji će se napajati gorivnim ćelijama. Takođe, već za par godina bismo lako mogli da vidimo na ulicama i prve automobile koji će raditi na vazduh, a najverovatnije će to biti *e.Volution*, kola na kojima rade radnici kompanije *Zero Pollution Motors* iz Brinjola u Francuskoj. Meksička vlada je već potpisala ugovor o kupovini 40 000 modela ovog automobila kako bi zamenila benzinske i dizel taksije u veoma zagađenom Meksiko Sitiju. Ipak, i ova kola zahtevaju električnu energiju kako bi kompresovala vazduh u rezervoaru, a ova energija se dobija sagorevanjem nekog fosilnog goriva. *e.Volution* pokreće dvocilindrični motor na kompresovani vazduh. Kompresovani vazduh se skladišti u rezervoarima od ugljeničnih ili staklenih vlakana pod pritiskom od 306 kg/cm<sup>2</sup>. Vazduh se zatim putem vazdušnog injektora uvodi u motor gde otiče u malu komoru u kojoj se vazduh širi. Prilikom širenja, vazduh potiskuje klipove koji pokreću osovinu koja pokreće točkove. Kompanija *Zero Pollution Motors* radi takođe i na hibridnoj verziji ovog automobila koja će kombinovati unutrašnje sagorevanja (kao kod običnih motora) sa pokretanjem na bazi kompresovanja i širenja vazduha. Promene u izvoru snabdevanja pokretačkom energijom će se automatski smenjivati elektronskim putem. Tako, kada se kola kreću brzinom ispod 60 km/h, ona rade samo na vazduh, dok pri većim brzinama rade na gorivo, kao što je benzin, dizel ili prirodni gas. Rezervoari za vazduh u kolima su u stanju da uskladište oko 300 litara vazduha, što je dovoljno za pokretanje *e.Volution*-a tokom puta od 240 km sa maksimalnom brzinom od 95 km/h. Kada nam se rezervoar sa vazduhom skoro isprazni, možemo ga napuniti na najbližoj ne benzinskoj, već vazdušnoj pumpi. U običnom slučaju, potrebno nam je oko 4 sata da se u potpunosti napuni i kompresuje rezervoar sa vazduhom. Međutim, uz pomoć vazdušnih pumpi visokog pritiska, moguće je i samo za tri minuta napumpati rezervoar ovog automobila. Motoru je za rad neophodna i mala količina ulja od oko 0,8 litara koju je potrebno obnavljati na svakih 50 000 km pređenog puta. Automobil je opremljen sa automatskim prenosnicima, biće težak 700 kg, dugačak 3,81 metar, a širok 1,71 metar. Jednu drugu verziju automobila na vazduh razvijaju naučnici sa Univerziteta u Vašingtonu koristeći se konceptom parne mašine, osim što u njoj nema sagorevanja. Naime, naučnici koriste tečni azot kao propelant za prototip vazdušnog automobila pod imenom LN2000. Motor ovog automobila sadrži 5 komponenti: rezervoar izgrađen od nerđajućeg čelika kapaciteta 90 litara, komora sa razmenjivačem toplote, pumpa koja pokreće tečni azot iz rezervoara do komore sa razmenjivačem toplote, razmenjivač toplote koji zagreva tečni azot do ključanja i tako stvara gas pod visokim pritiskom, i sistem za širenje u okviru koga se gas azota visokog pritiska prevodi u korisnu energiju. Naime, tečni azot koji se čuva na temperaturi od -196°C, isparava pod dejstvom toplote koju mu predaje razmenjivač toplote koji predstavlja srce kriogenog motora LN2000-a, koji je dobio ovo svoje ime po veoma hladnoj temperaturi na kojoj se mora držati azot da bi se nalazio u tečnom stanju. Vazduh koji se kreće oko vozila, koristi se za zagrevanja azota do tačke ključanja. Gas azota koji se formira, zauzima 700 puta veću zapemenu od tečnog azota, a ovakav gas pod visokim pritiskom se dovodi do sistema za širenje, gde se sila kojom molekuli azota deluju na zidove suda prevodi u mehaničku silu, odnosno pokretanje klipova motora. Jedini gas koji

izlazi iz motora je azot, a pošto ovaj gas već čini 78 % vazduha, onda on, naravno, nimalo ne remeti sastav naše atmosfere. Međutim, slično *e.Volution* automobilu, i LN2000 mora posedovati izvor električne energije kako bi sabijao vazduh, a ova električna energija se najlakše dobija opet sagorevanjem nekog fosilnog goriva. Naučnici iz Vašingtona su napravili prvi prototip ovog automobila uz pomoć prerade *Grumman-Olson Kubyana* poštanskog kamiona iz 1984. godine. Ovaj kamion poseduje radijalni petocilindrični motor koji radeći na tečni azot poseduje snagu ekvivalentnu 15 konjskih snaga. Uz to, poseduje i ručni menjač sa 5 brzina, a ovo vozilo je danas u stanju da se kreće maksimalnom brzinom od samo 35,4 km/h, ali pošto će obični automobili pokretani tečnim azotom biti lakši od ovog kamiona, smatra se da će rezervoar od 227 litara dati mogućnost ovakvom automobilu da odjednom (bez dodatnog punjenja rezervoara) pređe put od 321,8 km.

### **- Kako se neka vozila mogu voziti i pod vodom?**

Da bi bilo koji motor na sagorevanje funkcionisao i pod vodom, neophodno je da poseduje izvor vazduha, kao i sposobnost da oslobađa izduvne gasove. Ukoliko voda nije isuviše duboka (do jednog metra), izduvni gasovi će se lako izbacivati jer su i dalje pod pritiskom. Problem unosa vazduha se često rešava putem uvođenja disaljke (kao kod maski za ronjenje) pomoću koje se motor može zaroniti do dubine od 1-2 metra, a naravno pod uslovom da su motor i ostatak vozila otporni na vodu. Da bi se napravilo jedno vodo-otporno vozilo, neophodno je da svi električni uređaji, kao što su rezervoar sa gorivom, instrumenti, kontrolni kompjuteri motora, drugi motori (kao npr. oni za ventilatore, *air condition* sistem ili brisače), svetla, baterije itd. budu dobro zaptiveni i da poseduju ispravno regulisane izlazne i ulazne ventile (po mogućstvu u nivou sa disaljkom). Takođe, sve komore ili pukotine koje se mogu napuniti vodom, moraju posedovati drenažnu cev. Najveći broj podvodnih motora koristi dizel gorivo za sagorevanje, a razlog tome je što motori na dizel ne poseduju svećice i sistem za paljenje kao benzinski motori, a ove komponente motora je veoma teško zavariti jer rade na visokom naponu. Takođe, mnogi dizel motori koriste mehaničke pumpe za ubacivanje goriva u motor, kao i mehaničke prenosnike, te stoga u njima nema kontrolne elektronike motora koju je veoma teško čvrsto prikovati.

### **- Kako rade brisači na vetrobranu?**

Za razliku od prvih brisača automobilskih stakala koji su se pokretali ručno putem pomeranja poluge u kolima napred-nazad, današnji brisači održavaju šofer-šajbnu nezamagljenom koristeći se električnom strujom iz kola. Osim na vetrobranima (šofer-šajbnama), brisači se koriste i na nekim automobilskim farovima, avionima, pa čak i na *space shuttle*-ovima. Brisači se pokreću pomoću električnog motora i niza zupčanika koje pokreće po jedna mala šipka sa spiralnim navojima, tako da se sa pokretanjem šipke napred-nazad, okreće zupčanik na koji naleže spiralni navoj šipke. Ovaj sistem zupčanika je, inače, u stanju da poveća impuls motora 50 puta, a da pri tome smanji izlaznu brzinu motora za istih toliko 50 puta. Izlaz zupčanika je preko spoja povezan sa brisačima koji se pokreću napred-nazad. U sistemu motor/zupčanici, nalazi se elektronsko kolo koje je u stanju da registruje kada su brisači spušteni. Ovo kolo propušta električnu energiju do zupčanika sve dok se brisači ne spuste, kada kolo prekida dovod energije. Za izlaznu osovinu zupčanika je zakačen mali jezičak koji se okreće zajedno sa motorom brisača. Ovaj jezičak je povezan sa dugačkom polugom, tako da se sa okretanjem jezička, poluga pomera napred-nazad. Ova poluga je povezana sa jednom još kraćom polugom koja pobuđuje na kretanje brisač na vozačevoj strani vetrobrana. Još jedna poluga prenosi silu sa brisača na vozačevoj strani na brisač sa suvozačeve strane vetrobrana. Brisači predstavljaju tanke gumene trake koje imaju za cilj da

spuštaju vodu sa vetrobrana nadole. Najveći broj automobila poseduje po dva brisača, premda npr. Mercedesovi automobili poseduju samo jedan brisač. Većina brisača se može podesiti da briše prozor sporo ili brzo, ali neki automobili poseduju i više od 10 različitih brzina rada brisača. Naime, kada je brzina prespora u odnosu na kišu, na vetrobranu će biti previše kišnih kapi, a kada je brzina brisanja prebrza, tada će brisači prolaziti preko još suvog vetrobrana, pa će škripati. Naravno, i brzina automobila je važan faktor, jer će sa povećanjem njegove brzine, više kišnih kapi padati na vetrobran, što ne važi i za krov automobila.

### **- Kako se neki brisači sami pokrenu kada počne da pada kiša?**

Proizvođači automobila su u prošlosti težili ili da eliminišu brisače sa vetrobrana ili da automatski kontrolišu njihovu brzinu brisanja. Neki od ranijih pokušaja su uključivali detektovanje vibracija prouzrokovanih padanjem pojedinačnih kapi kiše na staklo, specijalne prevlake stakala koje nisu dozvoljavale kapima da se dugo zadrže na površini stakla ili čak i ultrazvučno vibriranje vetrobrana radi razbijanja kišnih kapi na manje delove koji bi se slivali nadole ili postali isuviše mali da bi se svetlost značajno prelamala na njima. Ipak, svi ovi sistemi su bili suočeni sa nizom poteškoća, pa nikada nisu postali preterano zastupljeni na tržištu automobila. Ipak, najnoviji tip brisača koji se aktiviraju čim počne da pada kiše, pojavio se na tržištu, a jedan od njih je napravljen od strane *TRW Inc.* Ovaj model koristi optičke senzore radi detektovanja vlage na vetrobranu. Senzor je montiran tako da je u kontaktu sa unutrašnjim staklom vetrobrana, blizu centralnog ogledala u kolima. On emituje infracrvenu svetlost ka vetrobranu pod uglom od 45° u odnosu na nju. Ukoliko je staklo suvo, najveći deo svetlosti će se reflektovati od stakla nazad ka senzoru. Međutim, kada se vodene kapi nalaze na vetrobranu, one će rasipati svetlost u različitim pravcima, a što je vlažnije staklo, to će se manje svetlosti odbijati nazad ka senzoru. Elektronska kola (*hardware*) i *software* u senzoru aktiviraju brisače kada količina svetlosti koja se vraća ka senzoru padne ispod unapred određenog nivoa. *Software* senzora podešava brzinu rada brisača u zavisnosti od toga koliko se vlage ponovo pojavi na staklu nakon svakog obrisa. Ovaj, *TRW* sistem se nalazi na mnogim automobilima proizvedenim od strane kompanije *General Motors*, uključujući i sve modele Kadilaka.

### **- Kako rade vazdušne torbe u kolima?**

Na prednjem delu automobila postoje senzori koji su u stanju da detektuju sudar i pošalju električni signal kanisteru koji sadrži oko 130 grama natrijum azida ( $\text{NaN}_3$ ). Električni signal detonira malu količinu zapaljivog jedinjenja, a toplota dobijena iz njenog paljenja se koristi za razlaganje natrijum azida na atome natrijuma i molekule azota. Ovako formirani gas azota u vremenskom intervalu od 0,03 sekunde nakon sudara dostiže zapreminu od oko 67 litara, što je dovoljno da napumpa vazdušnu kesu koja prihvata kinetičku energiju vozača u pravcu kretanja automobila, dobijenu pod dejstvom inercije nakon naglog zaustavljanja automobila. Dobijeni natrijum je vrlo reaktivan metal, koji se veoma brzo vezuje za molekule vode gradeći jaku bazu natrijum hidroksid, pa da bi se izbegla ova reakcija, početna količina natrijum azida se meša sa određenim hemijskim jedinjenjima koji mogu da reaguju sa natrijumom gradeći manje toksično jedinjenje.

### **- Za šta se sve koristi kompjuter u kolima?**

Svi moderni automobili koji se danas proizvode sadrže barem po jedan kompjuter, koji služi za kontrolu emisije motora i njegovo podešavanje kako bi se što je moguće više smanjile emisije gasova. Ovaj kompjuter prima informacije od nekoliko različitih senzora, a to su:

senzor za kiseonik, senzori za temperaturu i pritisak vazduha, senzor za temperaturu motora, senzor za pozicioniranje auspuha, kao i senzor na mehaničke udarce. Uz pomoć informacija sa ovih senzora, kompjuter je u stanju da kontroliše razne stvari kao što su: gorivne štrcaljke, svećice i brzina kretanja, a sve u svrhu dobijanja najboljeg i nejefikasnijeg mogućeg performansa pri što je moguće manjim motornim emisijama. Kompjuter je u stanju da primeti kada se nešto pokvarilo i da o tome obavesti vozača preko *Check Engine* lampice. Auto-mehaničar se može koristiti dijagnostičkom šifrom sa kompjutera kako bi brže ustanovio i opravio kvar. U zavisnosti od tipa automobila, mogu biti ugrađeni razni dodatni kompjuteri, kao što je npr. kompjuter koji kontroliše automatski prenos brzine. Takođe, kompjuter može očitavati brzinu točkova i usklađivati je sa kontrolom kočnica, pa tako i prilagođavati brzinu putu. Mnogi sistemi vazdušnih torbi poseduju svoje sopstvene kompjutere, a i sigurnosni sistem može posedovati kompjuter koji reaguje na poseban otpornički ili mikroprocesorski ključ za paljenje motora. Sistemi uređaja za klimatizaciju često poseduju kompjuter, a neki automobili poseduju kompjutere koji pamte i podešavaju položaje sedišta i orijentacije retrovizora za različite vozače na istim kolima. Takođe, svi radio i CD plejeri sa digitalnim displejom sadrže sopstveni kompjuter, a i kontrolni sistem krstarenja koristi kompjuter.

### **- Kako rade kola na struju?**

Kola koja za funkcionisanje koriste električnu struju sadrže električni motor koji snabdeva točkove energijom, kao i baterije koje snabdevaju motor. Trenutno su na našoj planeti znatno zastupljeniji hibridni automobili koji osim električnog motora sa baterijama, sadrže i motor na benzin, koji služi da pokreće generator koji puni baterije. Električni motor je veoma mali, snage od 10 do 20 konjskih snaga, a dizajniran je za kretanje pri samo jednoj brzini kako bi postigao maksimalnu efikasnost. Njegova uloga je da savlađuje otpor podloge i otpor vazduha, kao i da napaja energijom dodatne automobilske uređaje kao npr. alternator, pumpu za benzin i *air condition* sistem. Razlog zašto automobili poseduju motore od 100-200 konjskih snaga je u tome što je ovako velika dodatna snaga potrebna samo tokom početnog ubrzavanja, kao i prilikom penjanja uz brdo. Zapravo, samo tokom 1 % automobilskog putovanja se koristi maksimalna snaga motora, dok je za savlađivanje otpora podloge i vazduha sasvim dovoljan električni motor male snage. Tokom ubrzavanja, baterije dopunjuju motor svojom energijom, a kada se automobil usporava ili kada miruje, baterije se ponovo pune. Najveći problem starijih modela hibridnih automobila je njihova velika težina, jer ona moraju da nose električni motor, generator, benzinski motor, kao i baterije. U novije vreme, izrađeni su i znatno lakši modeli hibridnih automobila koji koriste veći električni motor i na njega priključen benzinski motor, koji daje dodatnu snagu motoru prilikom ubrzavanja. Oslanjajući se više na korišćenje električne struje, a manje na korišćenje sagorevanja goriva, moderni hibridni automobili postižu veću efikasnost goriva, kao i manju emisiju toksičnih gasova.

### **- Šta su to katalitički konverteri?**

Izduvni gasovi automobilskih motora sadrže nekoliko gasova koji zagađuju životnu sredinu, kao što su: ugljen monoksid koji nastaje usled nepotpunog sagorevanja goriva (tj. usled neispunjavanja zahteva za brzom i dovoljno dostupnom količinom kiseonika koja bi izreagovala sa svim ugljenikom iz goriva); oksidi azota koji nastaju u uslovima visokog pritiska i temperature unutar cilindra; nesagoreli ugljovodonici; i oksidi sumpora (sumpor se nalazi u gorivu kao nečistoća). Tokom toplih letnjih dana ovi gasovi se mogu primetiti u obliku smoga ili ozona blizu nivoa Zemljinog tla. Naime, azotovi oksidi i ugljovodonici se mešaju sa vazduhom stvarajući smog, a pod dejstvom ultraljubičastog zračenja sa Sunca,

oksidi azota otpuštaju jedan atom kiseonika koji reaguje sa molekularnim dvoatomskim kiseonikom iz vazduha stvarajući ozon (O<sub>3</sub>) na niskim nadmorskim visinama. Katalitički konverter predstavlja uređaj koji koristi određeni katalizator radi ubrzanja procesa reakcije kiseonika sa gorivom te tako dovodi do efikasnijeg prevođenja štetnih gasova u neškodljive supstance. Katalizator (tj. najčešće platina ili paladijum, premda se pokazuju kao perspektivni i katalizatori na bazi kobalta) se oblaže oko keramičkog saća ili pločica i ovakva pakovanja se kače za izduvnu cev između motora i auspuha (prigušivača). Katalizator povećava efikasnost procesa prevođenja ugljen monoksida u ugljen dioksid, prevodi nesagorele ugljovodonike u ugljen dioksid i vodu, kao i azotove okside u azot i kiseonik, pa na ovaj način doprinosi zdravijoj životnoj sredini.

### **- Čemu služi termostat u kolima?**

Svi automobili koji za hlađenje motora koriste tečnosti sadrže i termostat, mali uređaj prečnika oko 5 cm, koji se nalazi između motora i grejača. Uloga termostata je da sprečava protok supstance za hlađenje do grejača pre nego što se motor dovoljno zagreje. Kada motor dostigne svoju radnu temperaturu od oko 95 °C, termostat se otvara. Dopuštajući motoru da se što je moguće brže zagreje, termostat redukuje trošenje, depoziciju i emisije motora. Ako razmontirate automobil i uspete da prepoznate njegov termostat, možete ga ubaciti u ključalu vodu i posmatrati kako se njegov ventil polako proširuje sa zagrevanjem. Tajna funkcionisanja termostata leži u malom cilindru lociranom u delu termostata na strani motora. Cilindar je napunjen voskom koji počinje da se topi na oko 180 °C. Štapić povezan sa ventilom pritiska ovaj vosak. Kada vosak počne da se topi, između ostalog se i širi i pritiska štapić ka spoljašnjosti cilindra, te tako otvara ventil. Ista ova tehnika se koristi i kod automatskih ventilacionih sistema staklenih bašti i staklenih krovova, samo što se tada koristi vosak koji se topi na nižim temperaturama.

### **- Zašto se zimi kola teško pale?**

Postoje tri osnovna razloga zašto se automobili teže pale po hladnom vremenu. Pre svega, benzin, kao i sve druge tečnosti, znatno manje isparava na nižoj temperaturi. Sipajte malo vode na osunčani trotoar i sigurno ćete primetiti kako voda u tom slučaju brže isparava nego da ste je prosuli na trotoar u hladu. Kada je napolju prilično hladno, benzin isparava u znatno manjoj meri pa se teže pali (benzin mora da isparava da bi se zapalio). Možda ste nekada tokom zimskih dana primetili ljude kako prskaju etar u motore automobila. Naime, etar bolje isparava od benzina po hladnom vremenu pa se njegovim prisustvom inicira paljenje smeše goriva i vazduha. Takođe, ulje postaje gušće i čvršće sa snižavanjem temperature. Kao što sirup ili med postanu gušći kada stoje u frižideru, ista stvar se dešava i sa uljem. Stoga, kada pokušavate da upalite hladna kola, motor mora da pogura hladno i viskozno ulje koje znatno otežava početak obrtanja motora. U prilično hladnim predelima, ljudi koriste sintetička motorna ulja koja ostaju tečna i na izuzetno niskim temperaturama. Uz sve ovo, i baterije često mogu predstavljati uzrok teškog paljenja hladnog motora. Naime, baterije predstavljaju kantu ispunjenu hemikalijama koje stvaraju elektrone, a po hladnom vremenu hemijske reakcije u unutrašnjosti baterije se odigravaju znatno sporije nego po toplom vremenu, pa baterije stvaraju slabiju električnu struju. Iz ovih razloga se automobili tokom hladnih dana drže u toplijim garažama ili se u njih stavljaju blok grejači koji se uključuju u struju i održavaju motor dovoljno toplim.

### **- Kako neki automobili imaju plava svetla?**



Automobili sa farovima koji emituju plavu ili zelenu svetlost još uvek nisu česta pojava iako ovakvi farovi stvaraju mnogo jaču svetlost od običnih farova, a da pri tome koriste znatno manju količinu energije. Najveći broj automobila današnjice poseduje farove u vidu halogenih ili nekih drugih gasnih lampi. U ovim farovima se nalazi para nekog plemenitog gasa, čiji se atomi pobuđuju na emitovanje svetlosti putem toplote. Ipak, plavičasti farovi koriste tehniku visokoenergetskog pražnjenja pare natrijuma ili žive pod visokim pritiskom, a ovakve lampe se već ponegde koriste kao ulična ili stadionska osvetljenja. Iako lampe na bazi pražnjenja para žive ili natrijuma stvaraju vidljivu svetlost na sličan način kao i fluorescentne lampe (osim što je rastojanje između elektroda znatno kraće i svetlost se proizvodi direktno tako da nema potrebe za fosfornom oblogom), njihova efikasnost je dvostruko veća od efikasnosti uobičajenih fluorescentnih lampi. Pored halogenih i gasnih farova koji su za sada najzastupljeniji na tržištu automobila, postoje i druge tehnologije koje koriste različite vrste električne struje ili svetlosti za pobuđivanje atoma u unutrašnjosti fara. Za sada postoji samo jedna mana plavih farova, a to je nešto duže vreme potrebno za paljenje (tzv. *start-up* vreme kao kod fluorescentnih lampi koje se ne upale istog trenutka kada dovedemo napon na njene elektrode). Ipak, mala količina gasa ksenona u funkciji specijalnog regulatora lako rešava ovaj problem.

### **- Zašto su levi i desni retrovizor na kolima različiti?**

Na retrovizorima sa desne, suvozačeve strane automobila, često je napisana poruka da su objekti posmatrani na njemu bliži kolima nego što izgleda da jesu. Tokom osamdesetih godina 20. veka, proizvođači automobila su počeli da uvode ogledala različitih oblika, ravna za levi, a zakrivljena (konveksna) za desni retrovizor. Naime, reflektujuća površina spoljašnjeg ogledala koje se vozaču nalazi sa njegove leve strane je najčešće ravna tako da se predeo iza automobila u retrovizoru ogleda što realnije. S druge strane, reflektujuća površina spoljnog ogledala koje se nalazi sa desne strane automobila je blago zakrivljena, tako da slično kao kada se ogledamo na ispupčenoj strani kašike, posmatrani predmeti izgledaju malo uži i kraći nego što stvarno jesu, pa nam stoga i izgledaju dalje nego što stvarno jesu. Naime, kada bismo hteli da i desno ogledalo na kolima pruža podjednako dobar vidik vozaču kao i levo ogledalo, tada bismo morali ili da ga načinimo većim od levog (jer se desno ogledalo nalazi dalje vozaču od njegovog levog ogledala) ili da ga nekako nateramo da malo sabije odraz predela ispred sebe kako bi se vozaču pružio podjednako dobar pregled desne pozadine automobila, a upravo ova druga kombinacija se postiže primenom konveksnih desnih retrovizora. Razlog uvođenja zakrivljenih desnih retrovizora je i u tome što se pomoću njih znatno bolje vidi onaj deo pozadine automobila sa njegove desne strane, koji je praktično nevidljiv pomoću glavnog, središnjeg ogledala, kao i pomoću desnog retrovizora u slučaju kada je površina njegovog ogledala ravna. Naime, spoljna (dalja od nas) iskrivljena strana ove ogledalske površine se postavlja tako da je tačno usmerena ka ovom često nevidljivom predelu pored i iza automobila, a da reflektovanu svetlost šalje ka našim očima.

### **- Kako se na nekim ogledalima u kolima mogu eliminisati zaslepljujući bljeskovi?**

Kada noću stojite naspram običnog prozora u kući sa upaljenim svetlima, verovatno možete videti vaš odraz na prozoru. Ogledala u kolima koja poseduju posebnu regulaciju svetlosnih bljeskova koriste se istim ovim principom. Naime, površina ogledala nije potpuno ravna, već je prednja površina stakla pod određenim uglom u odnosu na zadnju (ogledalsku) površinu. Tako, kada pogledate u ovo ogledalo bez njegovog rama, ono će biti klinastog oblika sa debljim krajem na vrhu. Kada se ogledalo prebaci u tzv. *glare resistant* mod, zadnja

površina ogledala postaje usmerena ka tamnijem krovu automobila, tako da ne vidimo odraz slike. Ipak, ono što vidimo predstavlja sliku koja je reflektovana sa prednje površine ogledala, a ova slika je znatno manje svetla od potpuno reflektovane slike, pa nam po veoma sunčanom vremenu neće zaslepiti oči svojim bljeskom. Da biste dokazali mehanizam ovog procesa, probajte jedne noći da sedeći u kolima, usmerite svetlost iz baterijske lampe ka krovu automobila (ponekad je moguće i ka podu) i potpuno reflektovana slika će prekriti refleksiju sa prednje površine tako da ćete moći da vidite krov na ogledalu.

### **- Zašto su prozori na automobilima manje lomljivi od prozora na kući?**

Sigurnosno staklo je nešto kroz šta često gledamo kada se vozimo u nekom prevoznom sredstvu ili kada se nalazimo u nekoj javnoj zgradi. U automobilima se koriste dva tipa sigurnosnog stakla: lisanato (laminirano) i odgrevano. Proizvođači automobila su 1927. godine proizveli prvo lisanato sigurnosno staklo za pravljenje vetrobrana. Ovakvo staklo se sastoji iz dva sloja stakla između kojih se nalazi tanki sloj elastičnog i prozirnog filma polimera polivinil butirala (PVB), koji pruža dodatnu jačinu na savijanje celom prozoru. Uz blagu elastičnost, lisanato sigurnosno staklo smanjuje prenos zvukova visokih frekvencija i blokira 97 % ultraljubičastih talasa sa Sunca, a koristi se još i u: termometrima, staklenim baštama, pregradama kancelarija i tuš kabinama. Odgrevano sigurnosno staklo je obično parče stakla koje je prošlo kroz proces odgrevanja, odnosno držanja na temperaturi koja se nalazi ispod temperature kristalizacije stakla, a na kojoj se dešavaju strukturne transformacije u staklu pri čemu staklo prelazi iz neravnotežnog u metastabilno energetska stanje (tzv. strukturna relaksacija), a pri čemu dolazi do očvršćavanja stakla, povećavanja njegovog modula elastičnosti, otpornosti na habanje, sposobnosti viskoznog tečenja itd. Proces odgrevanja povećava jačinu stakla za 5 do 10 puta. Kada se ovakvo staklo ipak polomi, ono se ne razbija na oštre, zupčaste parčiće kao obično staklo, već biva razbijeno na male šljunkaste parčiće bez oštih ivica.

### **- Zašto se helijumom napunjen balon u kolima ponaša tako neobično?**

Ako ste nekada videli balon vezan za menjač brzina automobila ili za bilo koji drugi deo njegove unutrašnjosti, verovatno ste primetili da se sa pokretanjem automobila balon pomera napred, a ne unazad, a i prilikom skretanja automobila, balon se naginje na stranu ka kojoj skreću kola. S obzirom na ovako neobično ponašanje jednog balona, možete zaključiti da je on napunjen nekim gasom koji je lakši od vazduha (najverovatnije helijumom) pa kao takav predstavlja i najređi predmet na automobilu, pa i u najmanjoj meri odgovara na primenjenu silu, što kao posledicu ima ovako naizgled neobično ponašanje. Naime, kada se kola pokrenu unapred, inercija (koja je srazmerna masi) pokušava da spreči ubrzavanje tela, jer kao što znamo telo koje miruje i teži da ostane u stanju mirovanja, a i telo koje se kreće konstantnom brzinom teži da nastavi da se kreće istom brzinom. Vazduh u kolima podleže istom procesu ubrzavanja kao i sama kola i vi u njima. Pošto mi i vazduh težimo da ostanemo u stanju mirovanja, kola moraju da nas guraju unapred kako bi nas ubrzali. Kako nas kola guraju unapred, i mi (saglasno Njutnovom zakonu akcije i reakcije) guramo sedište unazad sa istom silom. S druge strane, vazduh iz prednjeg dela automobila ne poseduje u svojoj okolini ništa što bi ga poguralo unapred osim vazduha iza sebe, pa stoga ovaj vazduh teži da sabije vazduh iz zadnjeg dela kola, što kao rezultat dovodi do blagog pomeranja vazduha ka zadnjem delu automobila, odnosno da povećanja vazdušnog pritiska u zadnjim delovima automobila u odnosu na njegov prednji deo. Pošto je helijum izuzetno lagan, gustina balona je znatno manja od gustine okolnog vazduha. Kada kola počnu da se ubrzavaju unapred, inercija uzrokuje pomeranje vazduha unazad, a skoro bestežinski, pa stoga i skoro bezinercijalni

helijumski balon se pomera unapred kako bi ostavio više mesta za vazduh koji struji unazad. Takođe, nastali povećani pritisak vazduha u zadnjem delu automobila dodatno potiskuje balon ka prednjem delu automobila. Kada kola prestanu da se ubrzavaju i kada dostignu određenu stalnu brzinu kretanja, vazdušni pritisak u prednjem i zadnjem delu automobila se izjednačava, a kao posledica toga, balon prestaje da se potiskuje unapred, pa se stoga vraća u svoj normalni položaj. Prilikom usporavanja automobila, balon se naravno pomera unazad, jer opet kao posledica inercije, vazduh se pomera unapred, što stvara sada povišeni pritisak u prednjem delu automobila, a što uzrokuje pomeranje balona unazad. Takođe, kada biste probali da ubrzavate čašu piva, primetili biste isti efekat - laganiji mehurići pene bi se pomerali unapred tokom ubrzavanja, a unazad tokom usporavanja čaše, a sve to kao što smo već rekli, kao posledica zavisnosti inercije tela od njegove mase.

## **- Kako rade daljinski ključevi za kola?**

Daljinski ključ za kola, kao i daljinski ključ od garaže predstavljaju dva privezka koji sve više zamenjuju tradicionalne ključeve. Oba ova daljinska ključa su radio predajnici koji komuniciraju sa radio prijemnikom u kolima ili na mehanizmu garaže. Pedesetih godina 20. veka, daljinski otvarači garaže su koristili signal na tačno određenoj frekvenciji, pa smo mogli vozeći se u kolima, da otvaramo garaže u prolazu. Sedamdesetih godina, daljinski otvarači garaže su počeli da poseduju 8 dodatnih prekidača (tj. samo 256 kombinacija) čijim se podešavanjem šifrirala poruka. Ipak, kontrolni čipovi u današnjim daljinskim ključevima kola koriste tzv. *hopping* (ili *rolling*) kod kako bi korisnicima pružili sigurnost da ne može bilo ko sa drugim daljinskim ključem da otvori vrata njihovog automobila. Naime, predajnik kontrolnog čipa poseduje memoriju u kojoj su sadržani 40-bitni kodovi (odnosno digitalni brojevi sa 40 cifara koji poseduju  $2^{10}$ , tj. oko trilion kombinacija, pa je stoga verovatnoća da daljinski ključ otvori neka druga kola jednaka 1: trilion). Kada pritisnemo dugme na ključu, predajnik emituje 40-bitni kod zajedno sa funkcijskim kodom koji kaže čipu u kolima šta treba da uradi (zaključa ili otključa vrata, otvori gepek...). Prijemnik kontrolnog čipa u kolima takođe poseduje memoriju sa istim 40-bitnim kodovima i ukoliko primi neki od ovih 40-bitnih kodova, onda inicira naređenu funkciju, dok u suprotnom ne reaguje. Osim ovoga, i predajnik i prijemnik koriste isti generator pseudo-slučajnih brojeva. Kada predajnik pošalje 40-bitni kod, generator pseudo-slučajnih brojeva bira novi kod koji zatim postavlja u memoriju umesto poslatog koda. Na ovaj način se nijedan kod ne koristi dva puta, pa je time onemogućeno otkrivanje koda pomoću radio skenera. S druge strane, kada prijemnik primi ispravan kod (koji već postoji u njegovoj memoriji), on koristi isti generator pseudo-slučajnih brojeva (istu matematičku funkciju sa istim ulaznim podatkom) kao i predajnik da bi popunio upražnjeno mesto u memoriji, pa tako predajnik i prijemnik ostaju sinhronizovani. Međutim, ako se nalazimo više od nekoliko stotina metara od naših kola i pritisnemo dugme na ključu, predajnik i prijemnik prestaju da budu sinhronizovani. Međutim, prijemnik rešava ovaj problem tako što prihvata bilo koji od narednih 256 mogućih ispravnih kodova u sekvenci pseudo-slučajnih brojeva. Ako 256 puta pritisnete dugme dok ste udaljeni od vaših kola, sve će biti u redu, ali ukoliko pritisnete dugme i 257. put, prijemnik će ignorisati sve naredne signale sa predajnika (doći će do potpune desinhronizacije) i jednostavno više neće funkcionisati. Ipak, većina automobila poseduje određeni način resinhronizacije. Najčešće je potrebno okrenuti ključ za paljenje automobila 8 puta za manje od 10 sekundi, čime se sigurnosnom sistemu signalizira da aktivira programirajući mod. Zatim, pritisnemo dugme na svim predajnicima (najčešće je 4 maksimum) koje želimo da kola prepoznaju i zatim izvučemo ključ za paljenje.

## **- Kako neki semafori snimaju kada automobil prođe na crveno?**

Sve je više gradova na planeti u kojima su semafori povezani sa tzv. *red-light* kamerama, koje su u stanju da naprave video snimak prolaska automobila kroz raskrnicu uprkos signaliziranom crvenom svetlu na semaforu, a sastoje se iz: po jedne ili nekoliko kamera, po jednog ili više prekidača, kao i po jednog kompjutera. Najčešće se postavlja po jedna kamera na svakom od četiri ugla raskrsnice, na prečagama visokim nekoliko metara. Kamere su usmerene tako da mogu fotografisati kola u trenutku prolaska kroz raskrnicu. Najčešća tehnologija koja stoji iza prekidača koji aktivira paljenje kamere je indukciona petlja (niz namotaja žice) koja se nalazi na putu ispod sloja asfalta i koja je u vezi sa kompjuterom u stanju da na osnovu promene u sopstvenom magnetnom polju (što menja induktivnost petlje) detektuje prisustvo kola na putu iznad nje. Jedan od modernijih mehanizama za prepoznavanje prolaska automobila kroz raskrnicu predstavlja primena video petlje. U ovom sistemu, kompjuter analizira video snimak raskrsnice i na osnovu određenih promeni na slikama sa video snimka, u stanju je da prepozna kada su kola prošla kroz crveno. Takođe, radari, laseri, kao i senzori sa vazдушnim tubama se često koriste u svrhu detektovanja nedozvoljenog prolaska automobila kroz raskrnicu. Kompjuter je povezan sa kamerom, prekidačem i električnim kolom samoga semafora. Prolazak automobila kroz crveno svetlo aktivira prekidač, na šta kompjuter uzima dve slike. Prva slika pokazuje kola na uglu raskrsnice, dok se na drugoj slici vide kola na sredini raskrsnice. U nekim zemljama se kazna za ovakav prekršaj naplaćuje vlasniku automobila, pa tada kamere najčešće snimaju kola otpozadi kako bi se jasno video njihov registarski broj, dok se u nekim zemljama kazna naplaćuje vozaču koji je prošao kroz crveno, a tada se kamera postavlja ispred vozila kako bi se na slici prepoznalo lice vozača.

## **- Kako neki semafori menjaju svetla kada im prilazi automobil?**

Većina semafora ne poseduje nikakve vrste detektora. U velikim gradovima, semafori najčešće rade na vreme, jer je u svako doba dana gužva u saobraćaju. Međutim, u predgrađima i seoskim raskrnicama, semafori sa detektorima su česta pojava. Oni mogu primetiti kada im kola prilaze, kada je gužva ispred semafora (radi kontrole dužine svetla) ili kada kola skreću na raskršću (kako bi upalili streličastu lampicu). Premda postoji mnoštvo patentiranih i primenjivanih tehnologija za detekciju automobila na semaforu (od lasera do gumenih creva napunjenih vazduhom), najčešći način za detektovanje prisustva automobila u blizini semafora podrazumeva prisustvo indukcionog kalema ugrađenog u asfalt sa površine puta. Indukcioni kalem (provodna žica obmotana oko komada gvožđa) detektuje promene induktivnosti, a osim njega u električnom kolu semafora postoji paralelno vezana sijalica i redno vezane baterija i prekidač. U ovakvom kolu, sijalica se ponaša neobično. Kada zatvorimo prekidač, sijalica jako zasvetli i zatim se njena svetlost postepeno gasi. Kada otvorimo prekidač, sijalica zasvetli i brzo se ugasi. Razlog ovom neobičnom ponašanju sijalice je prisustvo kalema. Kada struja počne da teče kroz kalem, stvara se magnetno polje, a sa porastom ovog polja, kalem zaustavlja tok struje. Međutim, kada magnetno polje dostigne stalnu vrednost, struja može normalno teći kroz namotaje žice. Kada se prekidač otvori, magnetno polje oko kalema podržava tok struje neko vreme, nakon čega polje kolabira. Upravo ova struja održava sijalicu upaljenom tokom određenog vremena čak i kada je prekidač otvoren. Induktivnost kalema zavisi od broja namotaja žice, kao i od materijala oko koga je žica obmotana. Pa sada zamislite da smo napravili rupu na putu i u nju ubacili jedan indukcioni kalem, za njega zakačili jedan induktometar i izmerili induktivnost kalema. Ako sačekamo da neka kola stanu blizu našeg kalema, primetićemo da se induktivnost povećala usled prisustva velikog čeličnog tela u magnetnom polju kalema. Kola parkirana pored kalema ponašaju se kao deo gvozdene ploče kalema i stoga menjaju njegovu induktivnost.

Semaforški senzor koristi indukcionu kalem ugrađen u put na isti ovaj način. Konstantno proverava induktivnost kalema i kada registruje njen porast, zna da su kola u blizini.

### **- Koliko brzo bi trebalo da se kreću kola da bi za posmatrača u njima crveno svetlo na semaforu izgledalo kao zeleno?**

Boje prema kojima se ovako brzi automobil kreće pomeraće se ka većim frekvencijama (tj. manjim talasnim dužinama) kao posledica Doplerovog pomaka, dok će se boje od kojih se kola udaljavaju pomerati ka nižim frekvencijama (tj. većim talasnim dužinama). Naime, u skladu sa tzv. Lorencovim relativističkim jednačinama imamo da je:

$$f' = f \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}}$$

$f'$  predstavlja frekvenciju svetlosti koju registruju posmatrača koji se

kreću ka izvoru brzinom  $v$ , a  $f$  predstavlja frekvenciju svetlosti za posmatrača koji je u stanju mirovanja u odnosu na svetlosni izvor.  $c$  je naravno, brzina svetlosti (oko 300 000 km/s). Ako uzmemo da frekvencija crvene svetlosti iznosi oko  $4,5 \cdot 10^{14}$  Hz, a frekvencija zelene svetlosti oko  $5,5 \cdot 10^{14}$  Hz, uz malo matematike možemo izračunati da će brzina  $v$  iznositi jednu petinu brzine svetlosti, što je isuviše velika brzina da bi se mogla postići uz pomoć savremene tehnologije. Naime, jedan ovakav super-brzi automobil bi za samo 3/4 sekunde mogao da obiđe čitavu Zemljinu kuglu.

### **- Šta znače znaci sa procentima na putu?**

Kada putujete ka nekoj planini, veoma često možete primetiti trouglaste znake pored puta na kojima je označen nagib puta u procentima. Naime, ukoliko se nadmorska visina puta poveća za sto metara na svakom kilometru njegove dužine, tada će na oznaci za nagib puta biti ispisano 10 % ( $100/1000 = 0,1$  tj. 10 %), što zapravo predstavlja tangens ugla koji put zaklapa sa nivoom mora. I sami možete izračunati procentualni nagib puta ukoliko izmerite razliku u visini neke dve tačke na putu i zatim je podelite sa rastojanjem između te dve tačke. Ukoliko želite da procentualni nagib puta prevedete u lučne stepene, dovoljno je da pomoću računara ili trigonometrijskih tablica izračunate  $\arctan$  (arkus tangens) od procentualnog nagiba. Tako ćete saznati da nagibu od 10 % (tj. 0,1) odgovara ugao od 5,7 lučnih stepeni ( $^{\circ}$ ). Jedan od razloga zašto se na putevima primenjuje procentualno označavanje nagiba puta je u lakoći računanja. Naime, ukoliko ste prešli jednu milju po putu koji je nagnut nadole za 10 %, onda ćete znati da ste za jednu desetinu milje približili nivou mora.

### **- Kako policajci koriste laser za merenje brzine automobila?**

Laserski pištolji koje koriste policajci za merenje brzine automobila sadrže pulsni diodni laser. Kada policajac okine obarač, laser emituje kratak puls infracrvene svetlosti, koji se pomoću sočiva fokusira tako da putuje u veoma uskom snopu. Puls se reflektuje od kola u pokretu, a mali deo energije početnog pulsa prima drugo sočivo i fokusira u brzi i osetljivi detektor, kao što je npr. neka fotodioda, nakon čega elektronsko vremensko kolo meri vreme koje je prošlo od ispaljivanja pulsa do njegovog ulaska u detektor. Množenjem ovog vremena sa brzinom svetlosti u vazduhu i deljenjem sa 2 (zbog pređenog dvostrukog puta između lasera i automobila) dobija se rastojanje od pištolja do automobila. U sledećoj polovini sekunde laserski sistem ponovi još desetak opisanih merenja rastojanja do automobila, nakon čega kompjuter crta grafik rastojanja od detektora do automobila u funkciji vremena ispaljivanja laserskog pulsa, a gde naravno, nagib krive predstavlja brzinu kretanja automobila.

## **- Kako policija meri brzinu automobila pomoću radara?**

Uz pomoć radara, policija koristi Doplerov efekat da bi izračunala kojom brzinom se kreće automobil. Doplerov efekat je pojava porasta frekvencije emitovanog zvuka ili svetlosti od strane izvora koji se približava ka nama, i smanjenje frekvencije zvuka ili svetlosti kada se izvor udaljava od nas. Policajac ispaljuje zrak svetlosti poznate frekvencije (iz opsega radio talasa) na automobil u pokretu. Ako se automobil udaljava od svetlosnog izvora, prvi talasni breg koji udari u automobil će se reflektovati normalno. Kada drugi talasni breg dostigne kola, ona će biti nešto dalja, pa će se stoga ovaj drugi reflektovani breg stići do prijemnika nešto kasnije. Sa svakim sledećim reflektovanim bregom radio talasa, desiće se ista pojava, a kao rezultat toga, antena pored policajca će primati reflektovani talas čija će talasna dužina biti veća, a frekvencija manja od frekvencije odaslatog radarskog impulsa, srazmerno brzini udaljavanja automobila. Isto tako, ukoliko se automobil približava izvoru radarskog svetlosnog izvora, prvi talasni breg koji udari u automobil, reflektovaće se normalno. Međutim, svaki sledeći reflektovani talasni breg će stići do automobila kada on bude bio nešto bliže svetlosnom izvoru, što znači da će svetlosnim talasima trebati manje vremena da se odbiju od automobila i stignu do prijemne antene. Kao rezultat toga, talasna dužina primljenog svetlosnog signala će biti manja od talasne dužine emitovanog signala, a isto tako će i frekvencija primljenog signala biti veća od frekvencije emitovanog signala, pa će kompjuter, koji se nalazi u sklopu opreme, moći da na osnovu zavisnosti promene frekvencije od brzine približavanja ili udaljavanja izvora izračuna brzinu kretanja automobila u odnosu na policajca koji drži radar.

## **- Kako policajci određuju nivo alkohola u krvi vozača?**

Alkohol se ne vari u želucu, niti se hemijski menja u krvi. Pošto krv prolazi kroz pluća, određena količina alkohola prolazi kroz plućne alveole u vazduh, što je posledica visoke isparljivosti alkohola. Koncentracija alkohola u izdahu je proporcionalna koncentraciji alkohola u krvi i to sa odnosom 2100:1, što znači da će 2100 mililitara izdahnutog vazduha sadržati istu količinu alkohola kao 1 mililitar krvi. Američko medicinsko udruženje smatra da nivo alkohola u krvi koji je veći od 0,05 promila (tj. 0,05 grama u 100 mililitara krvi) utiče na vozačke sposobnosti. Postoji nekoliko različitih uređaja pomoću kojih policajci testiraju vozače na alkohol. Tako, analizator daha koristi hemijsku reakciju pri kojoj alkohol menja boju, intoksilajzer koristi infracrveni spektroskop kako bi detektovao alkohol, dok alkosenzor detektuje hemijsku reakciju alkohola u gorivnoj ćeliji. U analizatoru daha, vozač duva vazduh kroz tečnu smešu sumporne kiseline, kalijum dihidromata, srebro nitrata i vode. Sumporna kiselina izdvaja alkohol iz vazduha i odvlači ga u rastvor gde alkohol reaguje sa kalijum dihidromatom stvarajući hrom sulfat, kalijum sulfat, sirćetnu kiselinu i vodu. Tokom ove reakcije, crvenkasto-narandžasti dihidromatni jon prelaze u zelene hromatne jone, a stepen promene boje direktno zavisi od koncentracije alkohola u vazduhu. Da bi se procenila tačna koncentracija alkohola u izdahnutom vazduhu, reakciona smeša se posredstvom propuštanja električne struje poredi sa delom aparature u kome se nalazi neizreagovana smeša. Svi atomi u molekulima stalno vibriraju oko međuatomskih veza, a frekvencije ovih vibracija su jednake frekvenciji elektromagnetnog zračenja koje pri tome emituju i karakteristične su za svaki tip veze. Alkohol koji se stavlja u alkoholna pića je etanol ( $C_2H_6OH$ ) i u njemu postoje C-C, C-H, C-O, kao i O-H veza gde svaka od ovih veza poseduje svoju karakterističnu vibracionu frekvenciju u infracrvenom delu spektra. Stoga, intoksilajzer poseduje lampu koja stvara kontinualni spektar infracrvenog zračenja koji se propušta kroz komoru sa izdahnutim vazduhom vozača. Specijalni filter sa suprotne strane komore propušta samo zračenje onih

talasnih dužina koje postoje kod etanola, a propuštena infracrvena svetlost pada na fotoćeliju odakle se pretvara u električni puls. Električni puls se odvodi do mikroprocesora koji izračunava nivo alkohola u krvi vozača u zavisnosti od apsorpcije emitovanog infracrvenog zračenja. Naime, ukoliko postoji alkohol u komori, on će apsorbovati jedan deo emitovanog zračenja i stoga će električni puls biti manji nego u slučaju kada ništa ne stoji na putu svetlosti. Alkosenzori poseduju dve platinske elektrode između kojih se nalazi porozni elektrolitički materijal. Kada alkohol dođe do gorivne ćelije, platina oksiduje alkohol iz vazduha stvarajući sirćetnu kiselinu, fotone i elektrone. Oslobođeni elektroni se kreću kroz provodnu žicu za koju je vezana platinska elektroda do ampermetra koji meri broj elektrona koji u jedinici vremena prođe kroz njega, tj. jačinu električne struje. Što je više alkohola prisutno u vazduhu, to će se veća količina alkohola i oksidovati, pa će i registrovana jačina struje biti veća. Mikroprocesor do koga stiže električni impuls poređi jačinu registrovane struje sa jačinom struje u vazduhu bez alkohola i na osnovu toga određuje nivo alkohola u vazduhu.

### **- Zašto u nekim filmovima točkovi automobila rotiraju u suprotnom smeru od smera kretanja automobila?**

Točkovi koje vidimo na ekranu, izgledaju nam ponekad kao da rotiraju unazad iako se kola kreću unapred, usled takozvanog strob efekta. Ako točak koji se okreće brzinom od 50 obrtaja u sekundi snimamo kamerom koja ima brzinu snimanja od 50 slika u sekundi, onda će nam na snimku izgledati kao da se točak uopšte ne okreće. Ako zatim malo usporimo točak, izgledaće nam kao da se točak okreće suprotno od pravog smera rotacije, jer mi na snimku ne vidimo kontinualno kretanje točka kao u prirodi, već svaki pedeseti deo sekunde njegovog kretanja. Sličnu pojavu možemo primetiti ukoliko posmatramo rotirajući točak ili propeler pod tačno podešenom brzinom svetlosnih fleševa stroboskopa. U određenim okolnostima, objekti osvetljeni nekom vrstom fluorescentne svetlosti izgledaće kao da rotiraju suprotno pravom smeru rotacije, usled svetlucanja svetlosne lampe brzinom od oko 60 puta u sekundi, što je isuviše kratak interval osvetljavanja da bi ga ljudsko oko primetilo. Tako, ulične svetiljke na bazi živinih i natrijumovih para svetlucaju 120 puta u sekundi, što je mnogo brže nego što naše oči mogu da primete svetlucanje. Stoga, kada se vozimo na auto-putu, možemo da pogledamo točkove drugih automobila (ali, samo ukoliko mi ne vozimo), pogotovo onih koji nam idu u susret i primetićemo da na nekima od njih, izgleda kao da im točkovi rotiraju u suprotnom smeru od stvarnog smera rotacije ili čak izgleda kao da uopšte ne rotiraju.

### **- Šta je to *E-ZPass*?**

*E-ZPass* predstavlja elektronski sistem prikupljanja putarine čijom primenom se znatno ubrzava funkcionisanje saobraćaja. U svrhu detektovanja i elektronskog procesovanja putarine, *E-ZPass* sistem koristi pretvarač koji je montiran na vozilu i koji se aktivira u blizini antene (tj. elektronskog čitača) postavljene na konstrukciji rampe. U pretvaraču koji je veličine špila karata i koji se montira iza ogledala u kolima, čuvaju se identifikacioni broj ili informacije o računu vlasnika vozila, koje antena čita i zatim skida novčanu vrednost putarine sa vašeg računa. Pretvarač predstavlja dvosmerni radio sa mikroprocesorom koji radi na frekvenciji od 900 MegaHerca, a detekciona zona antene je duga i široka po 2-3 metra. Neki elektronski sistemi prikupljanja putarine koriste tzv. papučice i svetlosne zaveses. Svetlosna zavesa predstavlja snop svetlosti koji se usmerava duž rampe, a kada kola preseku put ove svetlosti, sistem zna da su kola tu. S druge strane, papučice predstavljaju senzorske trake koje su ugrađene u put i koje prepoznaju da li je vozilo dvo-osovinsko ili tro-osovinsko, kako bi se vrednost putarine prilagodila veličini vozila. Ukoliko je račun automobila validan,

vozaču se signalizira zeleno svetlo da može da nastavi put, a neki sistemi poseduju i displeje na kojima se uz razne tekstualne poruke ispisuje i vrednost računa automobila koji upravo prolazi kroz rampu. Brzina kojom se prolazi kroz rampu zavisi od sistema do sistema. Tako, neki sistemi dozvoljavaju da kola prolaze kroz njih brzinom do 86 km/h, dok neki sistemi zahtevaju usporavanje do oko 5 km/h. Takođe, video kamera snima kola koja prođu kroz rampu bez pretvarača na njima, zbog čega kasnije dobijaju novčanu kaznu.

### **- Koja će se goriva koristiti u automobilima budućnosti?**

Glavne vrste goriva koja se koriste u automobilskoj industriji današnjice su benzin i dizel, koji se dobijaju izdvajanjem određenih ugljovodonika iz nafte. Uz pomoć raznih tehnologija na današnjoj planeti, moguće je dobijanje goriva istog hemijskog sastava (tečni ugljovodonici) i iz raznih drugih izvora (umesto nafte), kao npr. iz žitarica (npr. kukuruza). Pod alternativnim izvorima energije u automobilskoj industriji se danas uglavnom smatraju ili nefosilna goriva koja mogu koristiti i automobili koji su predodređeni da rade na benzin ili dizel, ili goriva (fosilna ili ne) koja zahtevaju izvesne izmene u dizajnu automobila. U perspektivne izvore energije za pokretanje automobila budućnosti se danas ubrajaju: metanol, etanol, vodonik, kompresovani prirodni gas (CNG – *Compressed Natural Gas*), petroleum, tzv. biodizel i vodonik, a sva ova alternativna goriva zadovoljavaju zahteve za neoslanjanjem na fosilna goriva kojih je inače sve manje na Zemlji, smanjenom emisijom gasova koji se inače javljaju kao posledica sagorevanja fosilnih goriva i ukupnim porastom efikasnosti goriva. Etanol i biodizel se dobijaju iz kukuruza pa tako zadovoljavaju zahtev za nezavisnošću od fosilnih goriva, ali je njihova proizvodnja trenutno znatno skuplja od cene naftnih proizvoda koje bi oni potencijalno zamenjivali. Sagorevanjem CNG-a i petroleuma se smanjuje i koncentracija gasovitih proizvoda sagorevanja benzina i dizela, pa stoga, mnogi autobusi i kamioni u Evropi i Aziji koriste ova goriva. Međutim, neke od prepreka koje se pojavljuju u okviru pokušaja prelaska automobila na ova dva tipa goriva su: niska gustina uskladištene energije (odnosno milijarina po punom rezervoaru), kao i obavezno prilagođavanje motora sa unutrašnjim sagorevanjem ovim gorivima. Prelazak na gasovita goriva kao što je prirodni gas (plin) zahteva menjanje infrastrukture benzinskih pumpi, kao i povećanje mera bezbednosti u poređenju sa današnjim pumpama koje toče uglavnom benzin i dizel. Moguće je da bi u budućnosti motori sa unutrašnjim sagorevanjem mogli da budu zamenjeni sa gorivnim ćelijama koje bi radile na vodonik, verovatno u kombinaciji sa električnim motorom. Postoje i neke tehnologije koje rade na razvoju procesa prevođenja benzina u vodonik kojim bi se hranile gorivne ćelije, tako da bi i benzinske pumpe ostale u upotrebi. Vrlo je verovatno da će se jednog dana svi automobili kretati pomoću gorivnih ćelija, a benzinske pumpe neće više prodavati ugljovodonočina goriva, već samo vodonik. U svakom slučaju, smatra se da će barem do 2010. godine, automobili još uvek raditi na benzin i dizel.



## 19. Kovnica za budućnost

### - Šta sprečava moderne vozne šine da se šire tokom leta?

Železničke pruge se sastoje od para paralelnih čeličnih šina na rastojanju od 143,51 santimetara, postavljenih na železničkom pragu, odnosno podnoj konstrukciji od drveta i betona. Stare vozne šine su pod dejstvom toplote letnjih dana počinjale da se šire horizontalno, a zatim i da se ispučavaju (onog trenutka kada bi se dotakle, odnosno popunile prazan prostor između njih). Moderne, zavarene železničke pruge se postavljaju uz naprezanje tako da svaki porast temperature izaziva samo pad mehaničkog napona, ali ne i termičko širenje. U ovom slučaju nije potreban prazan prostor između šina, ali ukoliko temperatura nastavi da se povećava i pošto napon padne na nulu, šine će početi da se šire slično starim šinama. Međutim, zavarene šine se pod dejstvom toplote ne šire horizontalno, već vertikalno, odnosno ne u dužinu, već u visinu i to talasasto. Ukoliko ste nekada posmatrali voz dok prolazi preko šina, možda ste primetili kako se šine blago ugibaju pod dejstvom tereta voza, da bi se zatim opet podigle nakon što voz prođe. Pošto je krutost pruge proporcionalna njenoj površini u pravcu dejstva sile, odnosno tereta voza, horizontalna krutost je oko 60 puta veća od vertikalne, pa se skoro svo termičko širenje šina tokom leta odigrava vertikalno, stvarajući tako talasiće koji idu u visinu sa površine šina. Kada dođe zima, ova talasastost pruge se gubi i ona ponovo postaje prava i ravna. Takođe, za slučaj horizontalnog širenja šina, one se u različitim dužinama (od po nekoliko metara do pola kilometra) nadovezuju jedne na druge tako da je početak svakog dela pruge povezan sa krajem prethodnog dela, a šine u spoju pod dejstvom širenja (leti) ili skupljanja (zimi) mogu kliziti jedna preko druge, pa na taj način njene unutrašnje granice uvek ostaje na istim rastojanjima.

### - Zašto mastilo prestaje da bude tečno kada ga stavimo na papir?

Mastilo iz penkala se sastoji iz tri komponente: nosača, tj rastvarača, od kojih se najčešće koriste glikol, glikol etar ili neki aromatični alkohol, dok se ponekad koristi i smeša nekoliko različitih rastvarača; pigmentne boje, koja mora biti kompatibilna sa primenjenim rastvaračem, i koja čini do 50 težinskih procenata ukupne mase mastila; i aditiva, koji pružaju dodatne specifične osobine mastilu, i čiji tajnoviti sastavi su odgovorni za niz patenata iz oblasti mastila. Jednom naneto na papir, mastilo se suši usled isparavanja higroskopnog rastvarača (higroskopnost znači da za sebe vezuje vlagu što je neophodno kako se rastvarač ne bi osušio dok stoji u boci, odnosno pre nego što se izlije na papir) kao i eventualne vlage koju sadrži, a upravo otpuštanje ovih komponenti mastila u vazduh, dopušta boji da se praktično trenutno inkorporira u celulozna vlakna papira, čime se sprečava mrljanje mastila, odnosno njegovo razmazivanje po papiru. Aditivi se između ostalog, dodaju u mastilo i kako bi usaglašavali higroskopnost rastvarača sa njegovom težnjom ka isparavanju. Mastilo se zatim nakon određenog perioda vremena potpuno isuši usled isparavanja rastvarača i penetracije mastila unutar mreže vlakana celuloze u papiru, gde ostavlja trajni trag ispisanih slova i misli.

### - Kako pišu hemijske olovke?

Hemijske olovke predstavljaju penkala koja koriste malu rotirajuću kuglicu napravljenu od mesinga, čelika ili tungsten karbida, koja razmazuje mastilo po površini papiru. Sva penkala koja su prethodila hemijskim olovkama, bilo da su to ptičja pera, metalna pera ili naliv-pera, koristila su vodeno, tamno, indigo mastilo koje se provodilo kroz pero

putem kapilarnog dejstva (pojava podizanja nivoa tečnosti u tankoj cevi kada su molekulske sile između tečnosti i zidova cevi – adhezione sile veće od međumolekulskih sila u samoj tečnosti – kohezionih sila). Međutim, nedostaci nekadašnjih tipova penkala su u tome što se mastilo neravnomerno troši, veoma sporo se suši (mastilo je izloženo vazduhu dok prolazi kroz kapilarnu cev, pa stoga ne može da se brzo suši, jer bi u tom slučaju začepilo penkalo), a kada očvrstne u penkalu, neophodno je pedantno čišćenje čitavog penkala. Takođe, naliv-pera imaju često običaj da iscuru dok se sa njima vozimo u avionu. Stoga, kuglica u hemijskim olovkama se ponaša kao neka vrsta kape, s obzirom da sprečava prodor vazduha ka mastilu u penkalu, što bi izazvalo njegovo sušenje i očvršćavanje, a uz to ona predstavlja i mehanizam pomoću koga se mastilo izvozi iz patrona olovke na papir. Naime, kada počnemo da pišemo hemijskom olovkom po nekoj podlozi, kuglica olovke počinje da se okreće, a sila gravitacije spušta mastilo iz patrona ka kuglici, koja ga razmazuje po papiru. Upravo je to taj čudesni mehanizam koji dozvoljava mastilu da se pomoću loptice prenosi na papir, dok je istovremeno rezervoar sa mastilom u olovci zaštićen od vazduha, tako da mastilo ne može da se suši. Interesantno je da i *stick* dezodoransi, poseduju isti mehanizam kao i hemijske olovke, samo sa mnogo većom kuglicom, a s obzirom da oni takođe teže da nimalo vazduha ne uđe u rezervoar sa parfemom.

### **- Kako gumica za brisanje briše slova ispisana olovkom?**

Jedna obična olovka sastoji se grafitnog cilindričnog “srca” okruženog drvetom, a prilikom pisanja po papiru, sa grafitnog “srca” se pod dejstvom mehaničkog pritiska i trenja sa papirom, odvajaju granule grafita veličine oko nekoliko mikrometara i inkorporiraju u polimernu mrežu vlakana celuloze od kojih se sastoji papirni list. Gumica za brisanje predstavlja najčešće polimer ugljenog hidrata izoprena ( $C_5H_8$ ), koji je nerastvoran u vodi, bazama i slabim kiselinama, ali se lako rastvara u benzinu. Izrazito meka gumica za brisanje uvlači se svojom površinom između vlakana celuloze i adsorbuje grafitne čestice na svojoj površini, a uz to i skida nekoliko gornjih slojeva celuloze sa papira.

### **- Koliko puta se može reciklirati papir?**

Recikliranje uzrokuje propadanje papira na dva načina: prvo, dolazi do skraćivanja dužine vlakana celuloze, što dovodi do opadanja jačine papira, kao i njegove savitljivosti, prozirnosti, trajanja i otpornosti na cepanje; drugo, nakupljene nečistoće, a pre svih mastilo štampača, čine da više puta reciklirani papir gubi svoju prirodnu belinu. Da bi se sprečilo cepanje više puta recikliranog papira, tokom proizvodnje početnoj smeši staroga papira se dodaje oko 25-35 težinskih procenata svežih vlakana celuloze. Ipak, za izradu najkvalitetnijeg papira koji poseduje izvrsnu postojanost boja, najčešće se koristi smeša od 25 % čistih vlakana celuloze, 65 % pre-potrošnog otpadnog papira (tj. recikliranog papira iz mlina) i oko 10 % izbeljenog posle-potrošnog otpada (tj. papira bačenog u kantu za otpatke). Na ovaj način se papir može reciklirati nebrojeno puta.

### **- Zašto novine vremenom požute?**

Papir se pravi od drveta, a drvo se uglavnom sastoji iz bele celuloze. Međutim, drvo takođe sadrži i dosta tamne supstance koja se zove lignin, a koja često završi u papiru zajedno sa celulozom. Izlaganje lignina vazduhu i Sunčevoj svetlosti dovodi do toga da papir vremenom požuti. Lignin je polimerna supstanca koja povezuje celulozna vlakna i daje drvetu krutost i sposobnost da stoji uspravno. Bez prisustva lignina, drveća bi mogla da rastu samo nekoliko stopa u visinu. Proizvođači papira koriste lignin na razne načine. Kartonski papir i

braon papir koji koriste prodavnice za voće imaju u sebi više lignina pa su zato krutiji i čvršći od običnog belog papira. S druge strane, kvalitetniji beli papiri sadrže što je moguće manje lignina, dok se dnevne novine najčešće, radi ekonomičnosti, štampaju na papiru koji sadrži prilično velike količine lignina (ali ipak manje od kartonskih kesa za voće). Kada postanu izloženi kiseoniku iz vazduha, molekuli lignina počinju da se oksiduju, apsorbujući više svetlosti i tako postaju tamniji. Kada bi se novine mogle držati u prostoru bez kiseonika i Sunčeve svetlosti, one bi ostale bele. Međutim, nakon samo nekoliko sati na vazduhu i Suncu, novine već počinju da menjaju boju.

### **- Koliko listova papira se može napraviti od jednog drveta?**

Broj papirnih listova koji se mogu dobiti iz jednog drveta najviše zavisi od veličine drveta. Najveći broj papirnih svezaka se pravi iz borovine. Prosečne razmere borova su oko 30 santimetara u prečniku i oko metar i 80 santimetara u visini. Stoga, množenjem kvadrata poluprečnika drveta sa brojem  $\pi$  i sa visinom možemo izračunati zapreminu jednog prosečnog bora, koja iznosi oko 1334 litara (1,334 kubna metra). Težina jednog prosečnog bora iznosi oko 730 kilograma. Tokom proizvodnje papira, drvo se prevodi u pulpu (čistu celulozu), koja čini oko polovine težine drveta, dok druga polovina otpada na kvrge, lignin i druge supstance koje čine papir nekvalitetnim. Stoga se iz jednog prosečnog bora može koristiti oko 365 kilograma mase borovine za proizvodnju papira. Težina jednog kvalitetnog lista papira iznosi oko 4,5 grama, pa deljenjem efektivne težine drveta sa težinom jednog lista papira dobijamo vrednost od 81111,111, što predstavlja broj papira koji se može dobiti iz jednog drveta bora prosečne veličine.

### **- Kako se pravi javorov sirup?**

Javorov sirup predstavlja verovatno jedinu "marmeladu" koja se dobija iz jednog drveta, tačnije iz biljnog soka drveća iz porodice javora. Ukoliko tokom ranog proleća, isečemo koru određenih vrsta javorovog drveća, bistri sok će poteći iz njih. Najveći deo ovog soka čini voda, premda 2 % pripada šećeru saharozi. Ukoliko zatim zagrevamo ovaj sok sve dok ne ispari najveći deo vode, dobićemo gusti javorov sirup. Najčešće je oko 30-40 litara javorovog soka potrebno da bi se dobio litar sirupa, a crpljenjem jednog javorovog drveta tokom 4 nedelje, može se dobiti oko 40 litara soka. Šećeri iz kamenog javora (*acer saccharum*) i crnog javora (*acer nigrum*) daju najkvalitetnije sirupe, mada se često koristi sok iz vrste crvenog javora. Pre četrdesetih godina 20. veka, javorov sok se prikupljao u kofama putem bušenja drveta i zatim stavljanja drvene cevi kroz koju je tekao sok u kofu. Danas se u ovu svrhu najčešće koriste plastične slavine i creva kroz kojih teče sok iz više drveća i sliva se u zajedničko odredište, gde se sok odliva u velike plitke posude koje se zagrevaju putem loženja drveta, gasa ili putem struje. Najbolji dani za prikupljanje javorovog soka su rani prolećni dani pre pojave pupoljaka, tokom kojih je temperatura preko dana nešto veća, a tokom noći nešto niža od temperature mržnjenja vode (0° C pri atmosferskom pritisku).

### **- Kako se prave olovke?**

Olovka, kako joj ime kaže podrazumeva nešto što se sastoji iz olova. Ipak, olovke se sastoje iz grafita, a ne olova, a ova zabuna potiče još iz 16. veka, kada je jedna velika oluja u Engleskoj srušila nekoliko stabala u kojima je pronađena izvesna količina crne supstance za koju se tada mislilo da je olovo i od koje su se pravile prve drvene olovke za pisanje. Tek 200 godina kasnije, engleski naučnici su zaključili da ta materija ustvari nije olovo već jedna vrsta ugljenika kojoj su dali ime grafit, što na grčkom znači "pisati". Prve olovke su bili komadići

grafita koje su koristili stolari i zanatlije kako bi obeležavali radni materijal. Zatim su se parčići grafita počeli obmotavati najpre sa kozjim krznom, zatim sa nitima konopca, a italijanskim pronalazačima se pripisuje ideja pravljenja prvih drvenih olovaka. Oni su ubacivali grafit u prethodno napravljene rupe na drvetu kedra, a zatim su isecali gotove grafitne olovke. Danas se većina drvenih olovaka proizvodi iz greda kedrovog drveta, na kojima mašina napravi nekoliko brazdi oblika poluvaljka. U ove brazde se stavlja grafit, nakon čega se na sve to lepi duplikat donje brazde. Pošto se lepak osuši, mašina za sečenje iseca gredu kako bi iz nje izdvojila olovke. Na Zemlji se svake godine napravi više od 14 milijardi olovki, čija bi ukupna dužina mogla da obuhvati Zemljinu loptu 62 puta. Olovke se razlikuju po tamnoći slova, a broj odštampan na olovci određuje čvrstoću srca od grafita. Što je veći ovaj broj, to je tvrdi grafit, a pošto čvrsto srce ostavlja manje grafitno – glinene smeše na papiru, to će slova koja ispisuje čvrst grafit biti manje vidljiva od mekog.

### **- Šta je to iverica?**

Šper-ploča ili iverica je jedno od često korišćenih drvenih građevinskih materijala. Neke od prednosti iverice nad običnim daskama su: standardna veličina, niska cena, jačina, kao i stabilnost (savijanje i lom se dešavaju samo pri neuobičajeno velikim opterećenjima). Kada šper-ploče standardne veličine ne bi postojale, verovatno bi građevinski radnici testerisali daske do drvenih komada jednake veličine što bi predstavljalo dodatni veliki posao prilikom izgradnje kuće. Da bi se napravila iverica, drvena klada se najpre omekšava u pari, a zatim se montira na strug. Dugački nož secka montirano deblo na tanke furnirne listove koji nakon sušenja postaju veoma jaki u jednom pravcu (duž ose zrna), a veoma slabi u drugom pravcu (kroz osu zrna). Nekoliko ovakvih tankih slojeva (najčešće od 5 do 7) naležu jedan na drugi, tako da se usmerenost drvenih zrna menja od sloja do sloja. Između slojeva se stavlja i lepak, i niz tankih slojeva se zatim zagreva i presuje kako bi se dobila kruta ploča. Pošto su drvena zrna u različitim slojevima različito usmerena, šper-ploča je veoma jaka u svim pravcima.

### **- Zašto je super lepak tako super?**

Super lepak verovatno zaslužuje svoje ime, jer je jedna kap ove tečnosti dovoljna da vam trajno zalepi palac za kažiprst pre nego što kažete “Ups”, a nekoliko kapi su dovoljne da vežu čitavu tonu. Glavni sastojak super lepka je cianoakrilat ( $C_5H_5NO_2$ ), akrilna smola koja skoro trenutno formira snažne polimerne hemijske veze među sobom. Jedina supstanca koju super lepak zahteva su hidroksilni joni, kojih ima na gotovo svakoj površini u prirodi. U toku lepljenja, super lepak podleže procesu anjonske polimerizacije. Cianoakrilatni molekuli se u prisustvu vode, odnosno hidroksilnih jona ( $OH^-$ ) međusobno povezuju i stvaraju lance, formirajući tako trajnu plastičnu mrežu. Lepak očvršćava sve dok gumeni molekulski lanci ne prestanu u potpunosti da se pokreću. Razlog zašto se super lepak ne zalepi za zidove tube u kojoj se nalazi, je u tome što unutrašnjost tube sadrži kiseonik i nimalo vlage. Naime, dok voda katalizuje proces polimerizacije, kiseonik ga inhibira. Uzgred, ako vam se desi da se slučajno ulepate super lepkom, malo acetona za skidanje laka za nokte pomoći će vam da se odlepate.

### **- Kako se prave polimeri?**

Sintetički polimeri se prave u hemijskim reakcijama polimerizacije. koje podrazumevaju hemijsko povezivanje mnoštva individualnih molekula, odnosno monomera. Dejstvom toplote, pritiska i katalizatora možemo uticati na formiranje veza između

monomera, a neke reakcije polimerizacije dovode do povezivanja svih monomera, dok se kod nekih reakcija javlja i nus-proizvod. Jedan od postupaka dobijanja linearnog polietilena (...-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-...), najprisutnijeg veštačkog polimera na planeti, podrazumeva tri stupnja: inicijaciju, propagaciju i terminaciju. Na početku procesa se određenoj količini etilena dodaje katalizator, koji je najčešće benzoil peroksid, koji ima osobinu da se prilikom zagrevanja deli na dva dela, od kojih je svaki slobodan radikal, što znači da poseduje po jedan nesporen electron, pa je stoga veoma reaktivan. Ovi takozvani inicijacioni molekularni fragmenti sa nesporenim elektronima napadaju veze između dva ugljenikova atoma u molekulu polietilena, uzimaju elektron iz njega i na taj način se vezuju za po jedan od monomernih ugljenikovih atoma. Početni katalizatorski radikali se tada nalaze u energetski stabilnijem stanju, ali novoformirani slobodni radikali iz molekula etilena usled svoje reaktivnosti počinju da se povezuju u lance, stvarajući nove radikale i produžavajući polimerni lanac. Ovaj stupanj se naziva propagacija, a u okviru njega može doći i do povezivanja različitih linearnih polimernih molekula u čitavu razgranatu mrežu polimera. Polimerizacija slobodnih radikala se prekida u okviru stupnja terminacije, kada ugljenični radikal umesto uzimanja elektrona iz dvostruko vezanog ugljenika ili iz bliskog propagirajućeg lanca, veže za sebe čitav atom vodonika sa kraja drugog lanca. Kraj polimera bez svog vodonikovog atoma, lako se vezuje za susedni atom ugljenika i polimerizacija se zaustavlja.

### **- Zašto se drške šoljica za čaj prave od plastike?**

Postoji mnogo razloga zašto se drške šoljica za čaj prave od plastike, a ne od metala ili stakla. Naime, proizvodnja plastičnih predmeta je znatno jeftiniji proces od pravljenja istih predmeta od metala, pa će stoga i sama šolja moći da bude jeftinija. Zatim, najveći broj plastičnih materijala provodi toplotu znatno slabije od metalnih ili staklenih predmeta, pa će stoga drška biti dovoljno hladna da se može držati u ruci i pored toga što smo u šolju sipali vrući čaj ili mleko. Keramike se takođe odlikuju slabom toplotnom provodljivošću, ali su znatno gušće od plastike, pa su stoga i teže od nje. Plastike poseduju znatno manje gustine i od metala ili stakla, pa će zato i čitava šolja biti nešto lakša ukoliko se njena ručka izradi od što laganije plastike. Takođe, plastiku je znatno lakše oblikovati od metala ili stakla, pa se stoga uz podjednaki rad, plastični predmeti mogu izoblikovati i obojiti detaljnije i preciznije od metala. Uz sve ovo, plastika se lakše lomi i topi od metala, pa tako, ona ne mora biti bačena, već se može reciklirati u novi plastični proizvod.

### **- Kako su loptice iz kugličnih ležajeva tako glatke?**

Prvi stupanj u procesu pravljenja ovih skoro savršeno uglačanih i obliih loptica, predstavlja hladno i toplo oblikovanje. Metalna žica čiji je prečnik otprilike jednak prečniku željene lopte, provodi se kroz mašinu koja na svoja dva kraja poseduje metalne šupljine čiji oblik odgovara svakoj hemisferi kugle. Procesom mašinskog sečenja žice dobija se metalna kugla sa metalnim prstenom oko sebe, te ona tada podseća na planetu Saturn. Loptica ovakvog oblika zatim odlazi u mašinu koja je obrće između dve veoma čvrste čelične i izbrazdane prstenaste ploče, čime se uklanja prsten, kao i neravnine oko nje. Jedna od ove dve ploče je stacionarna (ne pomera se), a druga se obrće. Prolaskom loptice preko izbrazdanih ploča, glačaju se svi njeni neravni delovi i njen oblik postaje skoro savršeno sferičan. Ovakvo gnječenje loptice kompresuje metal i daje kuglici još tvrđu površinu. Pošto su loptice metalne, ovaj proces stvara dosta toplote, pa se kuglice i ploče polivaju vodom kako bi se ohladili. Promenljive veličine u ovom procesu su pritisak pod kojim se gnječe loptice između dve izbrazdane čelične ploče, brzina obrtanja ploča, kao i vreme držanja loptice u glačajućoj

mašini. Podešavanjem ove tri promenljive, moguće je dobiti kuglice raznih veličina. Nakon završenog procesa glačanja, kuglice se izlažu dejstvu toplote kako bi dodatno očvršle. Međutim, tokom zagrevanja, loptice pomalo promene svoj oblik, a pošto moraju biti savršeno glatke do jednog milionitog dela inča (1 inč je jednak 2,54 cm), one tada ponovo podležu procesu mrvljenja između metalnih ploča, ali se ovoga puta umesto vode, za hlađenje koristi nagrizajuća supstanca. Na kraju, loptice prolaze kroz proces brušenja za šta se koristi ista mašina kao i za prethodna glačanja, ali su ovoga puta ploče napravljene od mekšeg metala i mašina koristi niži pritisak za gnječenje loptica, a umesto vode ili nagrizajuće supstance koristi se polirajuća (glačajuća) pasta. U ovom finalnom procesu se sa površine loptica uklanja sav suvišan metal, i one postaju savršeno glatke i sjajne. Ipak, poslednji korak u procesu proizvodnje loptica za kuglične ležajeve je provera. Naime, u skladu sa standardom koji je postavilo Udruženje za proizvodnju ležajeva protiv trenja (AFBMA – *Anti-Friction Bearings Manufacturing Association*), kuglica trećeg stepena mora biti sferična u okviru 3 milionita dela inča, a prečnik joj mora biti tačan u 30 milionitih delova inča, što znači da bi trostepena loptica od četvrt inča morala da poseduje prečnik između 0,24997 i 0,25003 inča, a najmanji izmereni prečnik lopte ne bi smeo da bude za više od 3 milionita dela manji od najvećeg izmerenog prečnika.

### **- Šta je to kaljeno staklo?**

Kaljeno staklo je oko četiri puta jače od običnog, brzo ohlađenog (kako supstanca ne bi stigla da kristališe, već ostaje u amorfnom stanju) i zatim odgrevanog (kako bi staklo prešlo iz neravnotežnog u metastabilno stanje, čime se poboljšavaju njegove mehaničke osobine) stakla i za razliku od običnog stakla koje se prilikom lomljenja pretvara u prilično velike i nazubljene komade, kaljeno staklo se prilikom loma raspršava u relativno male i neškodljive komadiće. Stoga se kaljeno staklo koristi za izradu prozora putničkih vozila, ulaznih vrata u zgradama, tuš kabina, teniskih terena, kućnog nameštaja, mikrotalasnih pećnica i staklenih krovova. Da bi staklo podleglo procesu kaljenja, ono se najpre mora izoblikovati. Oblikovano staklo se zatim pregleda radi eventualnog pronalaženja većih strukturnih nepravilnosti koje bi lako mogle da uzrokuju njegovo lomljenje prilikom procesa kaljenja. Nagrizajuće sredstvo, kao npr. šmirgl-papir, koristi se u svrhu skidanja oštih ivica sa površine stakla. Nakon toga, započinje proces zagrevanja u kome staklo putuje kroz peć za kaljenje. Peć zagreva staklo do temperature od preko 600°C (industrijski standard je 620°C), nakon čega se staklo hladi pod dejstvom visokog pritiska. Tokom hlađenja koje traje svega nekoliko sekundi, vazdušne struje visokog pritiska se kroz niz cevčica u blizini stakla dovode do njegove površine. Kaljenjem (što u opštem slučaju podrazumeva naizmenično zagrevanje i hlađenje, a u ovom slučaju označava proces brzog hlađenja nakon zagrevanja do određene temperature) se spoljašnja površina stakla hladi znatno brže nego unutrašnji delovi stakla. Kako se središte stakla hladi, ono teži da se odmakne od spoljašnje površine. Kao rezultat, centralni delovi stakla ostaju u stanju napetosti, dok se spoljašnja površina kompresuje što kaljenom staklu daje izuzetnu jačinu. Staklo se pri naprezanju lomi pet puta lakše nego pri sabijanju. Obično staklo se lomi pri pritisku od 420 kg/cm<sup>2</sup>, dok se kaljeno staklo lomi pri pritisku od oko 1700 kg/cm<sup>2</sup>. Drugi pristup kaljenju stakla predstavlja tzv. hemijsko kaljenje i podrazumeva upotrebu raznih supstanci koje razmenjuju jone sa površinom stakla u cilju stvaranja kompresije.

### **- Šta je to stereolitografija?**

Tehnika stereolitografije, poznata i kao 3-D oslojavanje ili 3-D štampanje, pruža mogućnost stvaranja stvarnih tela iz kompjuterskih crteža. Nekada je bilo potrebno nekoliko meseci da bi se napravio stvarni prototip nekog kompjuterski konstruisanog tela, dok je

pomoću stereolitografije danas potrebno svega nekoliko sati da bi se otelotvorio crtež nacrtan u CAD programu. Stereolitografska mašina poseduje 4 osnovna dela: rezervoar napunjen sa desetak litara tečnog fotopolimera; izreckana platforma koja je potopljena u tečnost i koja se tokom procesa štampanja može pomerati gore-dole; ultraljubičasti laser; i kompjuter koji pokreće laser i platformu. Fotopolimer predstavlja jednu prozirn i plastičnu tečnost koja pod dejstvom ultraljubičaste svetlosti sa lasera očvršćava. Nakon što napravimo 3-D model tela u CAD programu, *software* deli naš CAD model u slojeve debljine od jedne petine do jedne desetine milimetra. Na osnovu ovih odlomaka modela, laser stereolitografske mašine iscertava svaki sloj putem izlaganja fotopolimerne tečnosti ultraljubičastim snopovima koherentne svetlosti. Nakon iscertavanja svakog sloja, platforma se spušta tačno za debljinu iscertanog sloja, nakon čega laser počinje da iscertava sledeći sloj. Tako, laser iscertava čitav model, sloj po sloj. Laseru je potrebno oko minut do dva za iscertavanje svakog sloja. Fotopolimer koji se najčešće koristi u stereolitografiji poseduje fabričko ime *CibaTool SL5170* i prodaje se po ceni od oko \$220 po litru, što uz cenu stereolitografske mašine od oko \$220000 ograničava upotrebu ove tehnike isključivo na velike kompanije.

### **- Kako rade laserski štampači?**

Za razliku od *inkjet* štampača koji pomoću malih mlazeva mastila iscertavaju na papiru slova i slike, laserski štampači brže, preciznije, ekonomičnije, ali i skuplje iscertavaju papir pomoću specijalnog laserskog sistema, koji se sastoji od lasera, pokretnog ogledala i sočiva. Pre nego što laserski štampač započne svoj posao, on mora da primi podatke o strani, što se vrši posredstvom printer kontrolera – glavnog kompjutera u štampaču, koji kroz komunikacioni port (paralelni ili UBS port) preuzima zadatke od kompjutera za koji je priključen. Laser, zatim prima podatke o strani (male tačkice koje se boje na stranici) i to jednu po jednu horizontalnu liniju. Središte laserskog štampača pripada fotoreceptoru - rotirajućem dobošu ili valjku, koji je napravljen od svetlosno provodnog materijala, koji se pod dejstvom laserske svetlosti prazni emitujući elektrone. Na početku fizičkog procesa štampanja, naelektrisana korona žica (ili naelektrisani roler) predaje dobošu pozitivno naelektrisanje. Kako se doboš okreće, laser šalje snop koherentne svetlosti duž njegove površine kako bi pobudio određena polja doboša na emitovanje elektrona. Ipak, ne iscertava sam laser polja na dobošu, već se njegov snop svetlosti odbija od pokretnog ogledala koje šalje lasersku svetlost kroz niz sočiva. Na ovaj način, laser “iscrtava” na dobošu slova i slike kao naelektrisane putanje, što predstavlja tzv. elektrostatičku sliku. Nakon što se postavi šablon na valjku, on se zatim presvlači sa pozitivno naelektrisanim tonerom – finim, crnim prahom (koji se sastoji iz pigmenta i plastike) koji se kači za suprotno naelektrisana polja na dobošu, ali ne i za pozitivno naelektrisanu “pozadinu”. Ovo pomalo podseća na ispisivanje konzerve sa lepkom i zatim njeno uvaljivanje u brašno. Zatim se tonerom obložen valjak prevlači preko lista papira koji se ispod valjka pokreće zajedno sa pojasom. Međutim, pre nego što se papir provuče ispod valjka, on se pozitivno naelektriše pod dejstvom korona žice (ili naelektrisanog rolera). Ovo naelektrisanje je jače od negativnog naelektrisanja elektrostatičke slike, tako da papir može da odbacuje toner od sebe, a pošto se kreće istom brzinom kao i sam doboš, papir precizno preuzima šablon. Da bi se sprečilo vezivanje papira za doboš, on se, čim pokupi sav toner sa doboša, razelektriše pod dejstvom druge korona žice. Na kraju, papir prolazi kroz fuzer – par zagrejanih rolera (koji su radi svoje inertnosti obloženi Teflonom i koji se greju pomoću kvarcne cevaste lampe), pri čemu se nepričvršćeni prah tonera topi i spaja sa papirnim vlaknima. Prolazeći kroz fuzer, odštampani papir se izbacuje iz štampača, što je i razlog zašto je sveže laserski odštampan ili fotokopiran papir uvek vruć. Nakon što ostavi trag tonera na papiru, čitav doboš se osvetljava jakom svetlošću čime se potpuno briše elektrostatička slika sa njegove površine.

## - Kako se sakupljaju mirisi cveća?

Premda je mirisanje i posmatranje živog cveća neuporedivo lepši doživljaj od pravljenja koncentrata cvetnih aroma, mnogi ljudi vole da se namirišu nekim opojnim, cvetnim mirisom. Tradicionalni postupak ekstrakcije esencijalnih ulja i komponenti parfema iz ruža, jasmina i drugog cveća naziva se *enfleurage*, što na francuskom znači “namirisati mirisom cveća”. Ovom tehnikom se može izdvojiti znatno više cvetnih aroma, nego u slučaju jednostavnog natapanja i ekstrakcije u vrućoj masti, rastvaraču (koji se dobija iz nafte) ili pari. U *enfleurage* procesu se koristi prečišćena mast čijih 40 % čini goveđa slanina, dok ostalih 60 % čini salo. Ove dve masti se tope zajedno i zatim se glačaju pod hladnom vodom i aluminatnim rastvorom kako bi se pročistili. Takođe, smeši masti se dodaje benzoin kako bi se sprečila njegova biološka degradacija. Smeša masti se zatim rasprostire na staklenoj ploči sa drvenim okvirom, tako da debljina masnog sloja iznosi oko 4 milimetra. Cveće se zatim presuje preko masnog sloja i ostavlja tako 1-3 dana. Nakon toga, na mesto ovog cveća koje je isпустиo u mast najveći deo svojih sokova dolazi novo cveće i nakon 30-35 ciklusa promene cvetnog sadržaja, mast postaje zasićena sa parfemom, a ovako cvetno zasićena mast se naziva pomadom. Masni sloj se zatim skida sa staklene ploče, a zatim se ispira sa alkoholom kako bi se iz masti izdvojio parfem. Alkoholni rastvor se zatim hladi i filtrira kako bi se iz njega izdvojila sva rastvorena mast. Alkoholni rasvor parfema se naziva alkoholnim ekstraktom, a ukoliko ovaj ekstrakt počnemo da zagrevamo na ne previše visokoj temperaturi, sav alkohol će ispariti, dok će u vidu tečnosti ostati *enfleurage absolute*, odnosno čisti cvetni parfem. Inače, jedan od prvih parfema na našoj planeti je bilo ružino ulje, a potrebno je oko 4000 kvadratnih metara leje zasejane ružama da dobijemo tonu latica ruže od kojih možemo da dobijemo samo 500 grama esencije.

## - Šta je to dinamit?

Dinamit je jedna vrsta hemijskog eksploziva, a eksploziv je bilo koja supstanca koja kada se zapali, veoma brzo izgori stvarajući veliku količinu toplog gasa koji se širi i stvara talase pritiska u vazduhu ili bilo koj drugoj okolnoj materiji. Dinamit predstavlja neki upijajući materijal, npr. piljevinu utopljenu u nitroglicerinu ( $C_3H_5(ONO_2)_3$ ). Kada se ova smeša zapali dolazi do burne reakcije kiseonika iz vazduha sa ugljenikom i vodonikom iz ugljovodoničnih lanaca nitroglicerina pri čemu se oslobađaju gas ugljen dioksida i pare vode (slično kao kod sagorevanja benzina ili bilo kog ugljenog hidrata), zajedno sa veoma velikom količinom toplote, koja se oslobađa u vidu visokih kinetičkih energija čestica, proizvoda eksplozivnog sagorevanja. Topli gasovi se šire stvarajući talase pritiska koji su ponekad u stanju da raznosi stvari oko sebe, što se često primenjuje kod iskopavanja rudnika ili razbijanja leda na rekama. Osim nitroglicerina, tj. dinamita, česti eksplozivi su trinitrotoluol (TNT), benzin, amonijum nitrat itd.

## - Kako funkcionišu stadioni sa pokretnim krovom?

Ovakvi novi konvertibilni stadioni dozvoljavaju održavanje raznih sportskih nadmetanja po kišnom vremenu, jer se njihov krov u tom slučaju za čas može navući ili ponovo otvoriti kada sine Sunce. Prvi stadion ovoga tipa izgrađen na našoj planeti je *Skydome* u Torontu. Otvoren je 1989. godine i na njemu igra bejzbol tim “Plave ptice” (*Blue jays*). Iako su se pre njega gradili mnogi stadioni sa pokrivačima (po prototipu Olimpijskog stadiona u Montrealu), ovo je bio prvi izgrađeni stadion sa potpuno pokretnim krovom. Sastoji se iz 4 čelične table koje se pomoću 72 motora kreću po čeličnim šinama brzinom od 21 metra u



minutu, a potrebno im je 20 minuta da pokriju, odnosno otkriju ceo stadion. Osim ovog stadiona sa pokretnim krovom, u protekloj deceniji izgrađeni su mnogi stadioni ovakvog tipa, kao npr. *Bank one ballpark* u Feniksu (izgrađen 1998. godine, na njemu igra bejzbol tim *Diamondbacks*, a koristi sistem pokretnog mosta, gde par motora od 200 konjskih snaga pokreće krovne ploče preko 7 kilometara kablova, pri čemu je samo 4 minuta potrebno da se krov zatvori ili otvori), *Safeco field* u Sijetlu (na kome igra bejzbol tim *Mariners*, a izgrađen je 1999. godine), *Enron field* (izgrađen 2000. godine, a sastoji se od tri ploče koje se potpuno uklanjaju sa vrha stadiona dozvoljavajući da bejzbol loptica tima *Astros* može da odleti van stadiona prilikom *homerun-a*) i *Reliant stadium* u Hjustonu (izgrađen 2002. godine, na njemu igra ragbi tim *Texans*, a njegov krov se sastoji od dve ploče napravljene od staklenih vlakana presvučenih providnim Teflonom) i mnogi drugi.

### **- Kako se prave travnati tepisi?**

Kada počne da se pravi travnjak koji bi trebalo da podseća na zeleni tepih kao npr. na fudbalskim terenima ili terenima za golf, buldožer najpre pravi rupu dubine 30 do 40 cm duž cele površine travnjaka. Ova rupa se iscrtava plastikom, a zatim se dodaju šljunak, cevi za drenažu i pesak. Na taj način, trava raste u sterilnoj peščanoj sredini, a pažljivo projektovanje površine terena (blago zakrivljen) kao i dobro postavljene cevi za drenažu stvaraju uslove da se nakon kiše ne pojavljuju bare na površini travnjaka. Mesto na kome se sadi trava takođe je važno jer zahteva što je moguće više Sunčeve svetlosti i protoka vazduha, kao i velike količine vode. Ipak, pošto ovakva trava raste u sterilnoj peščanoj sredini, njen razvoj u potpunosti zavisi od ljudi koji će je hraniti i zalivati. Često se travnjaku osim vode i komposta (prirodnog đubriva) dodaju razni herbicidi koji uništavaju korenje, pesticidi koji uništavaju insekte i fungicidi koji uništavaju gljive i održavaju travu zdravom. Kada trava izraste, počinje njeno održavanje, koje uključuje redovno šišanje (košenje), navodnjavanje, đubrenje, eventualno nanošenje hemikalija, provetravanje i grabuljanje, odnosno maženje.

### **- Kako se prave šahovska polja i štrafte na travnjaku?**

Fudbalski tereni često poseduju travnjake koji su ošišani tako da poseduju kockice, dijamante, zvezde (kao na *Coors Field-u* u Denveru 1998. godine za potrebe *All-Star* utakmice američkog fudbala) ili pruge različitih nijansi na svojoj površini. Pravljenje ovakvih oblika na travnjaku nije uopšte mnogo komplikovano i može se izvesti na bilo kom travnjaku putem tehnike tzv. trakastog košenja, za čije izvođenje su nam potrebni samo kosilica za travu i jedan valjak. U ovu svrhu mnogi profesionalni čuvari travnjaka koriste staromodne kosilice sa točkicama za koje je tačno ispod oštrica koje seku travu zakačen valjak koji savija travu nadole. Neki proizvođači kosilica za travu su počeli da prave i kosilice-vozila sa valjcima za savijanje trave montiranim za zadnji deo vozila. Ipak, ne treba zaboraviti da koji god šablon želeli da napravimo na travnjaku, on će moći da se vidi tek nakon reflektovanja svetlosti sa njega. Šahovski dizajn se postiže prolaskom sa kosilicom duž terena po trakama u pravcu sever-jug, a zatim prolaskom duž pravca istok-zapad, tako da se na kockicama jedne boje unakrsno ošišane trake presecaju, dok kod suprotno obojenih kockica to nije slučaj. Kada pogledamo travnjak, trake trave koje su savijene u suprotnom pravcu od nas, izgledaće svetlije, jer se Sunčeva svetlost reflektuje sa čitavih površina travki. S druge strane, kod tamnijih kockica, travke su savijene ka nama, pa se Sunčeva svetlost reflektuje samo od vrhova travki. Različite vrste trava se mogu koristiti u svrhu naglašavanja prelaza svetlo-tamno, kao npr. ražana trava, fesna trava ili plava trava. Veliki kontrast se najčešće na primećuje kod trava toplih sezona, kao što su bermudska trava ili zojsija. Takođe, polivanje

trave nakon košenja će doprineti da kontrast između različito reflektujućih traka ili kockica bude još očigledniji.

### **- Kako se pravi veštački sneg?**

Mašine za pravljenje snega predstavljaju standardnu opremu na skijaškim i klizačkim stazama širom naše planete. Zahvaljujući veštačkom snegu, mnogi skijaški centri su otvoreni i po više od četiri meseca godišnje, a postoje i neke zatvorene staze na kojima možemo klizati i skijati tokom cele godine. Naravno, ovaj veštački sneg se od prirodnog snega razlikuje samo po tome što nije nastao pod dejstvom atomsferskih prilika, već se pravi od strane mašina. Pošto je na visinama na kojima plutaju oblaci veoma hladno čak i tokom leta, molekuli vode se kondenzuju u kapi vode i kristaliće leda, a kada ove čestice ili kapi dovoljno otežaju, one počinju da padaju ka Zemlji. Mnogo povezanih kristalića leda čini jednu snežnu pahulju, a ukoliko je i na površini Zemlje dovoljno hladno, tada se snežne pahuljice ne istope i padaju u obliku kiše, već padaju na nas kao sneg. Tradicionalni tipovi snežnih tuševa stvaraju ledene kapi putem kombinovanja hladne vode i kompresovanog vazduha. Na mnogim skijalištima se mogu videti ovi snežni tuševi za koje su vezane po dve cevi kroz koje se upumpavaju voda i vazduh pod visokim pritiskom. Kompresovani vazduh prolaskom kroz tečnu vodu dovodi do raspršivanja malih čestica vode u vazduh (tzv. atomizacija), odnosno do stvaranja aerosola. Takođe, kompresovani vazduh hladi vodene kapi tokom njihovog leta. Voda se najčešće kondenzuje na česticama prašine, bakterijama i raznim česticama koje plutaju atmosferom, a pošto najčešće voda od koje se pravi sneg nije potpuno čista, iste stvari će poslužiti i za nukleaciju veštačkim putem dobijenog snega, premda se u vodu često ubacuje i prirodni protein pod fabričkim imenom *Snowmax*, koji posebno dobro privlači molekule vode i time olakšava njihovu kristalizaciju. Postoje i snežni tuševi koji ne koriste kompresovani vazduh, već poseduju samo štrcaljku (slično sprej bocama) pomoću koje se raspršuje voda. Postoje, opet i neki snežni tuševi koji vrše atomizaciju vode pomoću rada veoma brzih ventilatora. Voda se sporije hladi kada je u atmosferi veća vlažnost, pa se stoga prilikom pravljenja snega vodi računa o vlažnosti okolnog vazduha. Ukoliko je vlažnost dovoljno niska, možemo dobiti sneg kada je temperatura vazduha nekoliko stepeni ispod tačke mržnjenja vode (0°C). S druge strane, kada je relativna vlažnost stoprocentna, veća je verovatnoća da ćemo dobiti kišu umesto snega jer je vazduh zasićen sa vodenom parom što usporava proces isparavanja vode, odnosno odnošenja toplote sa nje. Tako, kada je temperatura vazduha jednaka -1°C, potrebna nam je niska vlažnost (manje od 30 %) vazduha za pravljenje snega, dok kada je temperatura ispod -6,7 °C, kolika god da je vlažnost, možemo dobiti sneg. Za skijaške staze se najčešće pravi suvi sneg, koji je lagan i vazdušast, jer poseduje malu gustinu, a pogodan je jer skije prolaze preko njega bez zaglibljivanja u vodenu lapavicu. S druge strane, vlažan sneg je gušći pa se stoga koristi za podizanje nivoa staza, nakon čega se površina uvek oblaže sa suvim snegom. Osim skijaških staza, veštački sneg se često koristi prilikom snimanja snežnih filmskih scena, a često se koristi i u zemljoradnji kao toplotno izolacioni sloj. Naime, snežni pokrivač sprečava rasipanje Zemljine toplote u atmosferu. Pošto avioni lete u veoma hladnim oblastima atmosfere, ispitivanje dejstva hladnoće na njegove sastavne delove i konstrukciju se vrši pomoću veštačkog snega. Snežni tuševi se mogu primetiti i po nekim dvorištima, jer pomoću njih možemo napraviti snežni pokrivač u dvorištu kada to poželimo, ali za pravljenje snega debljine 16 cm na površini od 61 x 61 metar, potrebno nam je 285 000 litara vode. Jedan sistem snežnih tuševa na skijaškoj stazi u svakoj minuti pretvori između 20 000 i 40 000 litara vode u sneg.

### **- Kako se prave igloi?**

Eskimi u Severnoj Americi i na Severnom polu žive zimi u zasvođenim kolibama koje se nazivaju igloi (što na eskimskom znači kuća), a koje su u potpunosti izgrađene od vode. Proces građenja jednog igloa počinje oblikovanjem čvrstog snega u pravilne kockice ili kvadre, odnosno cigle. Prve cigle se zatim ređaju tako da oblikuju jednu šuplju poluloptu (sa malim ulazom) iznad snegom pokrivene zemlje. Pukotine između zakrivljenih cigli se, zatim, popunjavaju mekim snegom. Kada je izgradnja igloa završena, u njoj se naloži peć (koja najčešće sagoreva kitovo ili fokino ulje), a vrata se zatvore blokovima snega. Unutrašnji vodeni zidovi počinju da se tope pod dejstvom toplote plamena, ali je iglo oblikovan (zasvođen) tako da voda ne curi na njegov pod, već se vraća u građevne blokove. Kada zidovi postanu raskvašeni pod dejstvom topljenja, vrata se otvore i u unutrašnjost igloa se pušta hladan vazduh. Cela građevina igloa se time zamrzava u čvrst led koji je dovoljno čvrst da čak i polarni medved može preći preko njega.

### **- Zašto ne možemo da napravimo Sneška Belića po mnogo hladnom vremenu?**

Ako u našem dvorištu ima snega, ali je uz to temperatura vazduha veoma niska, nećemo moći da napravimo Sneška, pa čak ni grudvu snega. Sneg prosto neće da se “lepi” koliko god ga mi pritiskali. Naime, voda zauzima manje prostora kada je tečna nego kad je čvrsta. Ako led ili sneg jako pritismo, on je prisiljen da zauzme manje prostora, a najlakši način da to izvede je da pređe u tečnost. Prema tome, ako je led samo malo hladniji od 0°C, pri snažnom pritisku, jedan njegov deo će se istopiti. Upravo se to dešava kada pravimo grudvu snega po ne mnogo hladnom vremenu. Ako je uz to vazduh ipak malo hladniji od 0°C, tečnost koju smo tako dobili uskoro ponovo mrzne i led sada drži na okupu sneg koji se nije smrznuo pod pritiskom. Kao rezultat toga, imamo čvrstu grudvu. Međutim, ukoliko je sneg mnogo hladniji od 0°C, one se skoro uopšte neće topiti (i kasnije mrznuti) pod našim pritiskanjem, pa nećemo moći ni da dobijemo grudvu. Sneg će se jednostavno rasipati i neće hteti da se “slepi”. Tako, u severnim delovima naše planete, sneg tokom zime skoro nikada nije dovoljno “topao” da bismo se mogli grudvati ili praviti snežne figure.

### **- Ko su to nobelovci?**

Nobelovci su dobitnici nobelove nagrade, a svake godine, počev od 1901. dodeljuje se po jedna nobelova nagrada u oblastima hemije, fizike, medicine, književnosti, ekonomije, kao i nagrada za mir. Nagrada je dobila ime po šveđaninu Alfredu Nobelu, pronalazaču dinamita, koji je veliki deo svoje imovine poklonio u fond za dodelu ove nagrade, a želeo je da se nagrada da onima koji “daruju čovečanstvo sa najvećom dobrobiti” i koji su “napravili najznačajnija otkrića ili izume u oblasti fizike”. Nobelove nagrade daje Nobelova fondacija u jesen svake godine nakon detaljnih procesa selekcije. U dobitnike Nobelove nagrade za fiziku spadaju Albert Ajnštajn (za otkriće fotoelektričnog efekta), Nils Bor (za istraživanje strukture atoma i emisije svetlosti iz njih), Robert Miliken (za radove o elementarnom naelektrisanju), Luj De Broj (za otkriće talasne prirode elektrona), Verner Hajzenberg (za ostvarenja na području kvantne mehanike), Volfgang Pauli (za otkriće principa isključivosti), Maks Born (za statičku interpretaciju talasne funkcije), Marija i Pjer Kiri (za zajednički rad na istraživanje pojave radioaktivnosti), Maks Plank (za otkriće kvanta energije), Vilijam Brag (za istraživanje strukture kristala pomoću x-zraka), Čandrasekar Venkata Raman (za istraživačke radove na disperziji svetla), Ervin Šredinger (za otkriće novih puteva u atomskoj teoriji, odnosno za formulisanje talasne funkcije), Hideki Jukava (za dokaz o nužnosti postojanja mezona), Lev Landau (za radove o superfluidnosti) i druga poznata imena, a novčana nagrada danas iznosi tačno milion dolara.

## - Šta su to pametne zgrade?

Destruktivna i pustošeća snaga zemljotresa je u stanju da sruši čitave gradove u samo jednoj sekundi, ostavljajući iza sebe ruševine i tugu. Iz ovoga razloga, naučnici pokušavaju da naprave nove tehnologije koje će smanjiti razarajuća dejstva zemljotresa. Istraživači iz laboratorije korporacije Lord u saradnji sa Univerzitetom Notr Dam izneli su na svetlo dana novi proizvod koji bi mogao da smanji štetu uzrokovanu zemljotresom. Kompanija Lord je naime jedan od najvećih proizvođača supstance koja se zove magnetoreološki fluid. Ovaj tzv. MR fluid ima jedinstvenu karakteristiku da pod dejstvom magnetne sile prelazi u čvrsto stanje, a po prestanku dejstva magnetnog polja opet se vraća u tečno, fluidno stanje. U budućnosti, visoke zgrade bi se mogle praviti tako što bi se duž visine zgrade montirao niz velikih prigušivača ispunjenih ovim fluidom. Tokom zemljotresa, MR fluid u ovim amortizerima bi spontano pod dejstvom magnetnog polja indukovano potresom Zemlje prelazio iz čvrstog u tečno stanje i na taj način dozvoljavao znatno elastičnije i fleksibilnije talasanje zgrade prilikom potresa.

## - Kako se pravi kafa bez kofeina?

Kofein se u prirodi nalazi u više od 60 biljaka, uključujući arabiku - biljku čiji su plodovi zrna kafe, zatim drvo *Theobroma cacao* - čiji su zrnasti plodovi glavni sastojci čokolade, zatim zrna kole - pomoću kojih se prave kola napitci i biljku *Thea sinensis* - od čijih lišća se pravi jedna vrsta čaja. Kada se izdvoji iz svojih prirodnih izvora, kofein predstavlja beli prah gorkog ukusa, a za ovo odvajanje koristi se najčešće jedna od četiri sledeće metode. Metilhlorid je veštačka hemijska supstanca koja se koristi za ekstrakciju kofeina (kao i mnogih drugih aroma i ulja) iz prirodnih izvora, dok je etil acetat prirodna supstanca koja se nalazi u mnogim voćima, a koja se najčešće koristi za vezivanje molekule kofeina i njihovo izdvajanje iz sirovih materija. Slično tome, ove dve supstance se često koriste kao rastvarači za ekstrakciju (izdvajanje) kofeina iz kafe. Takođe, postoji metoda po kojoj se vodom omekšana sirova materija toplo presuje u prisustvu ugljen dioksida (CO<sub>2</sub>). Na visokim pritiscima i temperaturama, CO<sub>2</sub> se nalazi u superkričnom stanju, ponašajući se istovremeno kao gas i kao tečnost. CO<sub>2</sub> se rastvara u vodenom rastvoru sirovog materijala i svojom nepolarnošću (ravnomernom raspodelom elektronskih oblaka duž molekula) privlači male molekule kofeina. Pošto su molekuli koji daju ukus kafi znatno veći od molekula kofeina, oni ostaju netaknuti od strane molekula CO<sub>2</sub>. Ipak, ekstrakcija kofeina uz pomoć vode predstavlja najčešće primenjivani postupak za dekofeinizaciju kafe. Ovaj postupak podrazumeva kvašenje polaznog materijala u toploj vodi, a nakon toga prolazak rastvora kroz ugljenične filtere radi odvajanja kofeina. Voda se zatim vraća zrnima kafe radi ponovne apsorpcije aroma i ulja. U *Swiss* vodenom procesu, koristi se sličan metod, samo umesto što se umaču u vodu, zrna kafe se potapaju u rastvor supstanci koje daju ukus kafi. Kofein se ne može u potpunosti ukloniti nijednom od ovih metoda, ali da bi se na jedan proizvod mogla nalepiti nalepnica na kojoj piše "bez kofeina", njegov sadržaj kofeina mora biti manji od 2,5 %. Kofein ekstrahovan iz prirodnih izvora se najčešće koristi u gaziranim napitcima, kao što je npr. koka-kola (koja osim kofeina, u jednoj limenci od oko četvrt litre poseduje 12 kafenih kašičica šećera - svaka kašičica stvara oko 16 kalorija, a litar koka-kole sadrži punu šolju šećera). Naime, manje od 5 % kofeina u koka-koli potiče iz zrna kole, dok je najveći deo kofeina dobijen u procesu dekofeinizacije.

## - Kako se pravi pivo?

Stari Egipćani su još pre 5000 godina poznavali recepte za pravljenje 3 različite vrste piva, dok su Vavilonci 4000. godine pre nove ere pravili čak 16 različitih vrsta piva (glinene pločice stare više od 8000 godina opisuju proces pravljenja piva), Kinezi su 2300. godine pre nove ere pravili piće slično pivu koje se zvalo kljun, a ovo piće se spominje i u epu o Gilgamešu, jednoj od najstarijih knjiga na našoj planeti. Za pravljenje piva, potrebna su nam 4 osnovna sastojka: ječam (seme žitarice koja podseća na pšenicu), voda, hmelj i kvasac. U prvom delu procesa, semenke ječma moraju proklijati što se postiže držanjem ječma u vodi nekoliko dana, a zatim ceđenjem i sušenjem ove smeše na oko 15,5 °C tokom 5 dana. Na ovaj način, ljuska semenki se otvara, i semena klica počinje da klija, a proklijali ječam se naziva sladom. Tokom procesa klijanja, oslobađaju se enzimi koji prevode hranljive sastojke iz ječma (uglavnom skrob, koji predstavlja umrežene lance molekula glukoze) u jednostavnije šećere kojim se hrani biljka u rastu. Ključna stvar u sladnom procesu je da se klijanje zaustavi u trenutku kada se ovi enzimi pojave, ali kada najveći deo skroba koji oni razlažu ostane još uvek čitav. Slad se zatim suši putem postepenog podizanja njegove temperature, a jačina ukusa i boja slada u najvećoj meri zavise od maksimalne temperature prilikom ovog sušenja. Zatim se svo korenje nastalo u procesu klijanja mora ukloniti, nakon čega je slad spreman za proces varenja. Mnoge pivare tek odavde počinju proces pravljenja piva, s obzirom da se snabdevaju ne klicama ječma, već sladom. Sladni ječam se zatim, najpre razbija na sitne komadiće (što se ova zrna razbija na sitnije komadiće, to će više šećera moći da se izdvoji), nakon čega se izvodi njihovo potapanje u toplu vodu precizno podešene temperature. U sladnom ječmu se nalaze dve vrste enzima: alfa amilaze koje razlažu linearne veze između molekula glukoze u skrobu i koje su najaktivnije na temperaturama između 65 i 67 °C, kao i beta amilaze koje razlažu unakrsne veze između molekula glukoze u skrobu, a najaktivniji su na temperaturama između 52 i 62 °C. Ova čvrsto-tečna smeša se zatim sipa u velike sudove u kojima se zagreva do ključanja, nakon čega se u sudove dodaje hmelj. Hmelj koji se dodaju pivu predstavlja zapravo cvetove hmelja, koji je član biljne familije konoplje (*Cannabaceae*), a sadrži kiseline koje pivu daju gorčinu, kao i ulja koja doprinose njegovom ukusu. Smeša ključa tokom 90 minuta, pri čemu se hmelj dodaje opet nekoliko minuta pre završetka ključanja, s obzirom da je aroma rano dodatog hmelja davno isparila. Smeša se zatim ispumpava iz suda i kroz tanak otvor u vidu mlaza ponovo vraća u njega tako da se u sudu formira vir. Ako ste nekada mešali čaj sa kašičicom sigirno znate da se svi čvrsti, nerastvoreni sastojci tokom intenzivnog mešanja skupljaju u blizini centra šolje. Ista stvar se dešava i u sudu sa provrelim pivom, tako da se svi čvrsti sastojci kondenzuju u središtu dna suda, pa se tečnost lako može ocediti. Ova tečnost se zatim provodi duž cevi čiji se zidovi hlade vodom, tako da se pivo brzo hladi, nakon čega se u pivo dodaju kvasci. Kvasci predstavljaju jednoćelijske gljive koje se hrane šećerima koje su iz skroba oslobodili enzimi iz proklijalog ječma, pri čemu se ovi šećerni molekuli u glikolizi, biohemijskom procesu od 10 stupnjeva, razlažu do 2 šećera (sa po 3 ugljenikova atoma), koji se nazivaju piruvatima i nešto ATP-a (adenozin trifosfata koji predstavlja glavni izvor energije svih živih ćelija), nakon čega se dva piruvata prevode u ugljen dioksid i etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  - alkohol iz svih alkoholnih pića, pa i piva). Ovaj proces pretvaranja glukoze u etanol i ugljen dioksid se naziva fermentacijom, a u slučaju piva, ona traje nekoliko, a najmanje dve nedelje. Merenjem gustine piva određuje se procenat alkohola u njemu, pa se tako i proces fermentacije završava kada gustina tečnosti dostigne unapred određenu vrednost. Sud u kome se odigrava fermentacija, zatvoren je i poseduje samo jednu usku cev sa ventilom kroz koju može izlaziti iz suda gas ugljen dioksida. Sa postizanjem željene gustine, ovaj ventil se zatvara i svi molekuli ugljen dioksida koji dalje stvaraju kvasci, ne izbacuju se iz suda, već se rastvaraju u pivu, čime doprinose njegovoj gaziranosti i penušavosti. Kada se proces fermentacije približi kraju, kvasci se skupljaju na dnu suda koji je najčešće kupastog oblika, pa se sa njegovog dna lako izdvajaju i zatim koriste u sledećem ciklusu varenja (sve dok ne mutiraju i ne počnu da stvaraju pivo različitog ukusa).

Pivo se zatim hladi do oko 0°C, nakon čega se pretače u sledeći rezervoar gde se kroz porozni kamen ubacuje još CO<sub>2</sub> sve dok se ne postigne željena gaziranost, a nakon toga pivo odlazi ili u krigele ili u rezervoare sa pivom ili u flaše na koje se zatim lepi određena etiketa.

### **- Šta su to homogenizacija i pasterizacija mleka?**

Pasterizacija mleka zahteva polučasovno držanje mleka na temperaturi od 63°C ili grejanje mleka do temperature od 72°C i držanje mleka samo 15 sekundi na toj temperaturi. Ovako vremenski ograničeno zagrevanje je dovoljno za uništavanje bakterija koje postoje u pomuženom mleku. Moguće je izvršiti pasterizaciju mleka i na temperaturama između 138 i 150°C, pri čemu tada vreme zagrevanja iznosi samo sekundu ili dve, a pri čemu se dobija tzv. ultrapasterizovano mleko. Zapakovano u sterilne i hermetički zatvorene posude, pasterizovano mleko može stajati u frižideru nešto više od nedelju dana, dok ultrapasterizovano mleko može nekoliko meseci stajati van frižidera. Za razliku od pasterizacije koju je otkrio Luj Paster (*Louis Pasteur*) u 19. veku, homogenizacija mleka je znatno skoriji postupak. Ukoliko uzmete bocu svežeg, tek pomuženog mleka i stavite je u frižider, na površini mleka će se izdvojiti kajmak (mlečna mast), dok će ispod sloja masti ostati tzv. obrano mleko. Međutim, ako želimo da izdvojimo 2 %-tno mleko (mleko sa 2 % masti), moraćemo da rastvorimo nešto kajmaka u obranom mleku (koje sadrži oko pola procenta mlečnih masti). Homogenizacija predstavlja proces razbijanja globula masti (putem istiskivanja vrućeg mleka kroz male cevčice) do toliko malih razmera da one umesto da plutaju na površini, ostanu ravnomerno suspendovane u mleku.

### **- Šta je to hidraulični čekić?**

Mnoge seoske kuće ispod čijeg nadmorskog nivoa se nalazi prirodni izvor vode, koriste hidraulični čekić za pumpanje vode ka kućama. Hidraulični čekići (ili hidraulične pumpe) su posebni po tome što im nije potreban nikakav spoljašnji izvor energije, jer ih napaja sila pokretne vode, a i poseduju samo dva pokretna dela. Princip rada hidrauličnog čekića je veoma jednostavan: pumpa koristi kinetičku energiju dovoljno velike količine vodenog toka da bi jednu manju količinu vode pumpala naviše. Da bismo koristili hidraulični čekić, moramo imati izvor vode koji se nalazi ispod čekića. Na primer, ukoliko imamo jezerce na brežuljku, možemo sprovesti cev od jezera do pumpe u podnožju brega. Pumpa poseduje ventil pomoću koga se dozvoljava vodi da teče kroz cev i da poveća svoju brzinu spuštajući se nadole. Kada voda dostigne svoju maksimalnu brzinu, ventil se zatvara, što stvara visok pritisak u pumpi usled njene inercije. Povećanje pritiska izaziva otvaranje drugog ventila kroz koji prolazi voda pod visokim pritiskom i ulazi u cev kroz koju se voda isporučuje korisnicima. Pre ove cevi se najčešće nalazi i vazдушna komora koja dozvoljava da se što je moguće više vode pod visokim pritiskom prikupi tokom jednog mlaznog ciklusa. Nakon prolaska vode kroz drugi ventil, pritisak u pumpi opada, što izaziva zatvaranje drugog, ponovno otvaranje prvog ventila, propuštanje vode nadole kako bi joj se povećala energija kretanja i čitav ciklus se nastavlja. Otpustna cev (cev kroz koju se voda iz jezera ili potoka isporučuje korisnicima) se može pružati u veću visinu od samog izvora vode. Tako, na primer, ako se hidraulična pumpa nalazi 3 metra ispod nivoa izvora, otpustna cev se može popeti na oko 30 metara iznad visine izvora. Međutim, jedan od nedostataka hidrauličnog čekića je taj da samo oko 10 % vode nađe svoj put do česmi korisnika. Ostatak vode istekne iz pumpe tokom spuštanja, odnosno povećanja energije vodenog toka. Dizajn hidraulične pumpe sa više pokretnih delova bi mogao da se sastoji i u sledećem: voda padajući nadole pokreće mlinski točak za koji je povezana neka osovinska pumpa (npr. recipročna, centrifugalna...), koja pokreće vodu naviše.

## **- Kako se dobijaju gvožđe i čelik?**

U modernoj industriji, gvožđe i čelik predstavljaju najviše korišćene materijale jer su izuzetno snažni u odnosu na drvo ili bakar, lako se mogu oblikovati na povišenim temperaturama, mogu se namagnetisati i mogu izdržavati visoke temperature pa se stoga od njih prave motori, konstrukcije svih prevoznih sredstava, mostova, zgrada, kao i skoro svi mašinski delovi, a za razliku od aluminijuma koji je najprisutniji metal u zemljinoj kori (premda se nikada ne nalazi u elementarnom obliku, već uvek u obliku jedinjenja), nije potrebno koristiti elektrolizu u postupku dobijanja. Gvožđe se dobija iz gvozdenih ruda i to: hematita, ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), limonita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) i siderita ( $\text{FeCO}_3$ ). Ovi minerali se najčešće nalaze u kamenju pomešani sa silicijumom. U najstarijem postupku za dobijanje čistog gvožđa, vrši se sagorevanje uglja i neke gvozdene rude. Ugljenik iz uglja se jedini sa kiseonikom iz gvozdenih minerala i odlazi u vazduh u vidu ugljen dioksida i ugljen monoksida ostavljajući sirovo gvožđe, odnosno smešu gvožđa i silikata (koji su prisutni i u najčistijim gvozdenim mineralima). Grejanjem i čekićanjem sirovo gvožđa, staklasti silikati se mešaju sa metalom gvožđa stvarajući tako kovano gvožđe, koje se u kovnicama koristi za pravljenje oruđa i raznih gvozdenih predmeta i delova. Nešto savremeniji način za dobijanje skoro čistog gvožđa iz prirodnih minerala podrazumeva sagorevanje gvozdene rude, uglja i krečnjaka ( $\text{CaCO}_3$ ) u visokim pećima. Kalcijum iz krečnjaka se jedini sa silikatima iz gvozdene rude formirajući šljaku, dok se na samom dnu peći izdvaja čisto vruće gvožđe, koje se povremeno pušta da ističe iz peći i da se hladi u peščanim ležajevima. Ovako ohlađeno gvožđe se naziva sirovim gvoždem, a za dobijanje jedne tone ovakvog sirovog gvožđa, potroši se 2 tone rude, 1 tona uglja, pola tone krečnjaka i 5 tona vazduha i sve to na temperaturi od oko  $1600^\circ\text{C}$ . Međutim, sirovo gvožđe sadrži 4-5 % ugljenika usled čega je ono veoma tvrdo i krto, pa se stoga sirovo gvožđe topi, meša sa šljakom i čekića kako bi se eliminisalo što je moguće više ugljenika (do ispod 0,3 %) i napravilo kovano gvožđe, koje se zatim koristi za pravljenje raznih gvozdenih predmeta. S druge strane, čelik predstavlja gvožđe koje ne sadrži nimalo nečistoća osim 0,5-1,5 % ugljenika. Naime, sve primese u vidu atoma silicijuma, fosfora ili sumpora znatno slabe čelik, pa se stoga moraju ukloniti. U postupku dobijanja čelika, u peć sa otvorenim ognjištem se stavljaju sirovo gvožđe, krečnjak i gvozdena ruda i zatim zagrevaju do oko  $870^\circ\text{C}$ . Krečnjak i ruda formiraju šljaku koja pluta na površini, a sve nečistoće, uključujući i ugljenik se oksiduju i iz gvozdenog sloja isplivavaju na površinu smeše. Postoje takođe i neki još moderniji i brži postupci za dobijanje čelika uključujući i Besemerov proces, kao i sagorevanje u osnovnim kiseoničnim pećima.

## **- Zašto su dna sprej boca udubljena ka unutrašnjosti?**

Najveći broj sprej boca poseduje donju stranu svog metalnog okvira udubljenu ka unutrašnjosti boce, a razlog ovakvog dizajniranja je u tome što ovakav oblik pruža strukturi boce dodatnu jačinu. Kada bi boca imala ravno dno, sila kojom gas pod pritiskom deluje na tečnost ispod sebe, a samim tim i na metalni omotač boce, bila bi dovoljno velika da počne da savija metalno dno ka spoljašnjosti boce. Zakrivljeno dno poseduje znatno bolji strukturni integritet, slično arhitektonskom luku ili svodu. Sa ovakvim oblikom, najveći deo sile koji se primeni na dno boce se provede i ravnomerno raspodeli do ivica okruglog dna. Takođe, ovako izoblikovano dno omogućava da se praktično i poslednja kap proizvoda izbaci u obliku aerosola u okolinu. Kod sprej boce sa ravnim dnom bismo morali da okrećemo i nagnjemo bocu kako bi poslednje kapi došle u blizinu otvorenog dna plastične cevčice. S druge strane, kod boca sa udubljenim dnom, poslednje kapi tečnosti se skupljaju oko ivica dna, tako da su uvek u blizini cevčice koja ih izbacuje u vazduh.

## **- Zašto se savremeni tuneli izgrađuju od keramičkih pločica?**

Premda nisu svi moderni veštački tuneli popločani iznutra, u novije vreme se za potrebe podzemnih železnica širom planete sve više koristi ovakav tip izrade unutrašnjih površina tunela. Glavni razlog popločavanja tunela je sličan pogodnostima pločica u kupatilu. Glatke keramičke pločice se izrazito lako čiste, jer se čestice prašine i čađi ne inkorporiraju duboko u materijal, već se skupljaju na samoj površini pločica, pa se stoga lako skidaju samo uz pomoć sunđer (ili četke), deterdženta i vode. Otpornost na upijanje čađi i vlage čini keramičke pločice veoma trajnim i lako održivim materijalom, a uz to one su veoma pogodne za oblaganje tunela bilo kojeg oblika. Dok bi se za oblaganje jednog cilindričnog tunela metalom morali seći ogromni metalni listovi adekvatnog oblika, pojedinačne keramičke pločice se slažu jedna po jedna, pa stoga mogu pravilno oblagati površine najraznovrsnijih oblika. Takođe, renoviranje tunela je znatno jeftinije nego kod metalnih obloga, jer se umesto ponovnog montiranja metalnog lista, pojedinačne oštećene pločice mogu izvaditi i zameniti sa novima. Uz sve ovo, površine keramičkih pločica odlično reflektuju svetlost, što doprinosi boljoj vidljivosti u tunelima, a time i bezbednijoj vožnji.

## **- Zašto se mnoge građevinske konstrukcije sastoje iz trouglova?**

Građevinske strukture imaju zadatak da svaku spoljašnju silu primenjenu na njih što bolje rasporede kroz konstrukciju do zemlje kako se ova sila ne bi nagomilavala na pojedinim mestima strukture, te tako eventualno dovela do loma i rušenja konstrukcije. Napon (sila po jedinici površine) koji deluje na neku građevinu može biti istežajući (kada se vuče) ili sabijajući (kada se gura). Istežajućim naponom delujemo kada se penjemo ili vučemo kanap, dok sabijajućim naponom delujemo na pod kuće kada hodamo preko njega i na strukture mostova kada se šetamo ili vozimo preko njih. Elementi jedne građevinske strukture se često uklapaju tako da međusobno preuzimaju i raspoređuju primenjeni napon na jednom od elemenata, a upravo radi stabilnosti pod dejstvom kompresionog, odnosno sabijajućeg napona, mnogi sastavni elementi građevina su upravo oblika trougla, odnosno piramida. Uzmite jedno parče kartona i isecite od nje dve trake dugačke po 3 cm, dve trake dugačke po 4 cm i jednu traku dugačku 5 cm, pri čemu je širina svake od pravougaonih traka jednaka. Izbušite zatim po jednu rupu na krajevima svakog od kartonskih pravougaonika i od prva 4 načinite jedan kvadar (samo sa bočnim stranicama) položen na Zemlji tako što ćete kratkim žičicama povezati susedne rupice. Primenite sada napon na ovu malu građevinu tako što ćete prstom ili olovkom gurnuti strukturu pod pravim uglom u odnosu na neku od stranica kvadra. Ukoliko zatim primenite isti (ili približno isti) napon ali ne pod pravim uglom, videćete da će se građevina mnogo lakše srušiti. A ukoliko primenite napon na uglove građevine videćete da će se struktura najlakše srušiti. Drugim rečima, pravougla građevine su stabilne prilikom primene napona normalnog na njene zidove, međutim, postaju veoma nestabilne kada primenimo napon pod ostrim (ili tupim) uglom u odnosu na njihove stranice. Ubacite sada pravougaonu traku dužine 5 cm kao dijagonalu u okviru kvadarske građevine i primetićete da će ona postati znatno stabilnija kako na delovanje napona pod uglom na stranice, tako i pod delovanjem napona na spojeve strana. Razlog tome je postojanje dijagonale koja preuzima silu koja deluje na stranice i raspoređuje ih po sebi i prenosi zemlji, pa tako celoj građevini daje dodatnu krutost. A ubacivanjem dijagonale, našu građevinu smo pretvorili ne više u kvadar, već u dva trougla. Trougao, odnosno piramida predstavlja figuru koja je sama po sebi kruta, jer se sile kojima delujemo na bilo koji njen deo odlično raspoređuju kroz figuru i šalju do zemlje. Upravo zato, mnoge građevine poseduju trouglove, odnosno piramide u svojoj konstrukciji. Tako, zgrade poseduju dijagonalne podupirače na podu koji služe za pružanje



otpora vetru, rešetkasti mostovi se sastoje od niza trouglova koji služe radi prenošenja napona od središnjeg svoda do krajeva strukture. Geodezijski svod, takođe predstavlja loptu napravljenu od trouglova povezanih preko svojih uglova, a ova konstrukcija je posebna po tome što poseduje najveći odnos unutrašnje zapremine sa spoljašnjom površinom konstrukcije. Tornjevi sa vetrovskim turbinama predstavljaju piramide napravljene od po tri ili četiri poluge. Međutim, prostor unutar piramide nije baš toliko efikasan za življenje kao kvadar, pa se stoga sobe izuzev potkrovlja retko kada grade u obliku piramide ili kupe.

## **- Kako rade nuklearni reaktori?**

U nuklearnim reaktorima se pod dejstvom kontrolisane fisije atomskih jezgara stvara toplota iz koje se zatim stvara električna energija. Svi hemijski elementi koji su teži od gvožđa oslobađaju energiju prilikom cepanja njihovih atomskih jezgara na manje fragmente, što je posledica činjenice da je suma masa fragmenata na koje se raspalo određeno jezgro (teže od gvožđa) manja od mase tog atomskog jezgra, a ova razlika u masama se u skladu sa Ajnštajnovom jednačinom  $E=mc^2$  pretvara u toplotnu energiju. Nasuprot ovome, suma masa atomskih jezgara elemenata lakših od gvožđa je uvek veća od mase jezgra koje bi nastalo stapanjem ovih jezgara u jedno jezgro, što je i razlog zašto svi elementi lakši od gvožđa oslobađaju energiju u procesu fuzije. U slučaju kada masa fisionog materijala prevazilazi tzv. kritičnu masu, fisija je lančana reakcija, jer se u svakom procesu fisije oslobađa nekoliko neutrona koji sudaranjem sa drugim atomskim jezgrima iniciraju cepanja sve većeg broja jezgara, pa tako dovode i do eksplozivne reakcije. Neposredno ispod kritične mase za dati fisioni materijal, svaka fisija pojedinačnog jezgra stvara još samo jednu fisiju, tako da se u tom slučaju reakcija fisije odigrava konstantnom brzinom, a upravo se ovolike količine fisionog materijala održavaju u jezgrima nuklearnih reaktora. Naime, ubacivanjem ploča (tzv. kontrolnih ploča koja se najčešće sastoje od natrijum borata, jer jezgra bora odlično zahvataju neutrone) koje apsorbuju neutrone (koji iniciraju pojedinačne procese fisije), u jezgrima reaktora se brzina fisije održava konstantnom. Sa povećanjem broja kontrolnih ploča u jezgru reaktora, smanjuje se verovatnoća da će pojedinačni neutron inicirati pojedinačnu fisiju, pa se tako i smanjuje brzina fisije, dok se sa smanjenjem broja ovih ploča u jezgru reaktora, povećava verovatnoća neutronskog iniciranja fisije, a time se povećava i brzina fisije, odnosno brzina oslobađanja toplotne energije. Svako jezgro uranijuma-235 (koje se najčešće koristi kao fisioni materijal u nuklearnim reaktorima) tokom fisionog raspada oslobodi u proseku 2,47 neutrona koji za manje od hiljaditog dela sekunde indukuju novu fisiju, dok fisija U-235 stvara i neke atome koji se takođe radioaktivno raspadaju i oslobađaju neutrone, tako da fisija jednog atoma U-235 oslobodi u proseku i 0,0064 zakasnelih neutrona kojima je nakon fisije U-235 potrebno nekoliko sekundi ili minuta da bi se pojavili i inicirali novu fisiju, a upravo se o ovoj zakasneloj reakciji mora voditi računa prilikom ubacivanja ili vađenja kontrolnih ploča iz jezgra reaktora jer ne možemo očekivati da će odgovor reaktora, odnosno brzina fisije trenutno opasti čim ubacimo ploče ili trenutno porasti čim izvadimo neke od ploča. Neki nuklearni reaktori poseduju automatsku kontrolu postavljanja ploča u jezgru kako bi kontrolisali brzinu odigravanja fisije. Fisioni materijal koji se nalazi u jezgrima najvećeg broja nuklearnih reaktora na našoj planeti je prirodni uranijum (koji se sastoji od 99 % U-238 i 0,71 % U-235, a samo U-235 lako podleže procesu fisije) i supstance koja se zove moderator (vodonik, deuterijum, helijum ili grafit između čijih atoma se neutroni elastično odbijaju tako da se usporavaju i iz moderatora izlaze posedujući tzv. termalnu brzinu, odnosno prosečnu brzinu za datu temperaturu) i koja ima zadatak da uspori neutrone koje oslobađaju fisiona jezgra, jer U-235 najbolje zahvata neutrone koji se kreću veoma sporo. Kada se ne bi koristio moderator, tada ni prirodni uranijum ne bi mogao da se koristi u reaktorima (već samo čisti U-235 ili eventualno prirodni uranijum obogaćen sa 25-50 % U-

235 što se i koristi u tzv. brzim fisijom reaktorima), jer U-238 znatno bolje zahvata brže neutrone od U-235, pretvarajući se ponekad pri tome (ukoliko su zahvaćeni neutroni dovoljno brzi da se u zahvaćenom jezgru U-238 pretvore u po jedan proton i elektron) u plutonijum-239, jedan od uvek prisutnih nus-produkata reakcije fisije koji je takođe sklon fisiji. Jezgro tipičnog nuklearnog reaktora se sastoji od niza naizmenično poređanih poluga uranijum dioksida ( $UO_2$ ) i moderatora, pri čemu na svakih nekoliko poluga dolazi prazno mesto na kome se može ubaciti kontrolna ploča. U najvećem broju reaktora, veoma brze vodene struje se propuštaju kroz cevi koje prolaze kroz jezgro reaktora. Voda koja se greje pod dejstvom toplote oslobođene fisijom, pod pritiskom se odvodi iz jezgra reaktora u posebnu komoru u kojoj ključa (kod nekih reaktora voda ključa u samom jezgru, a ova voda tada često predstavlja i sam moderator) tako da njena para pokreće turbinu električnog generatora koja stvara električnu energiju koja se vodi direktno kod potrošača.

### **- Zašto je kanap jači od ukupne jačine svih pojedinačnih niti u njemu?**

Čitav kanap je jači od ukupne jačine svih pojedinačnih paralelnih vlakana u njemu, upravo usled njihovog uvrtanja prilikom uvijanja u kanap. Na ovaj način se prilikom delovanja mehaničkog napona na kanap (kao npr. kada obmotamo neki predmet njime i zatim ga nosimo), mehanički napon (sila po jedinici površine) na istezanje pretvara u napon na savijanje koji se veoma dobro raspoređuje po uvijenoj strukturi kanapa. Naime, pod dejstvom tereta, ose vlakana sa spoljašnje površine (one koja je izložena naponu) se pomeraju ka unutrašnjoj površini za pola navoja duž kanapa i obrnuto. Na ovaj način se primenjena sila na kanap podjednako raspoređuje do svih vlakana u njemu, što održava kanap zategnutim i jakim. Kada kanap ne bi bio uvijen (odnosno, kada bi njegova vlakna bila postavljena međusobno paralelno), male neravnomernosti u položaju tereta bi dovele do toga da mehanička sila znatno većim intenzitetom deluje na neka vlakna, što bi dovelo do njihovog eventualnog pucanja na mestima gde su oni najtanji (gde sila prevazilazi međumolekulske privlačne sile u kanapu), te tako i do slabljenja čitavog kanapa. Kada su u pitanju staklena vlakna kojima se često ojačavaju plastične ili betonske strukture, njihovim uvijanjem se jačina vlakava dvostruko povećava u odnosu na jačinu paralelno postavljenih vlakana. Takođe, prilikom uvijanja kanapa i drugih vlakana, veoma je važno postići optimalnu uvijenost. Premala uvijenost će rezultovati u neadekvatnoj jačini na sabijanje, kao i nedovoljnom trenju između vlakana čime se onemogućava kuplovanje slabih mesta na pojedinačnim vlaknima, odnosno njihovo ojačavanje. S druge strane, prevelika uvijenost kanapa dovodi do međusobne orijentacije vlakana tako da se sila tereta prevodi u smicanje, što takođe, smanjuje jačinu strukture. Kod mnogih tekstilnih tkanina se povećanje jačine na istezanje postiže unakrsnim postavljanjem vlakana (dva međusobno normalna paralelna niza niti). I u ovom slučaju je slično kao kod postizanja optimalne uvijenosti niti kanapa, potrebno postići optimalnu gustinu umreženosti vlakana, kako bi se našao kompromis između nedovoljog trenja i jačine na sabijanje s jedne strane kada je gustina vlakana premala i preteranog smicanja sa druge strane kada je gustina vlakana prevelika.

### **- Šta je to plavo štampanje?**

Ako ste ikada posmatrali ili učestvovali u građenju kuće, sigurno ste primetili da se standardni metod komunikacije između arhitekata i graditelja odvija preko listova papira koji se nazivaju plavim otiscima ili plavom štamptom. Plavo štampanje predstavlja standardni način za kopiranje velikih arhitektonskih i konstrukcionih nacrti, a plavo štampane skice se sastoje od belih linija na plavoj pozadini, ili eventualno u skorije vreme od plavih linija na beloj pozadini. U metodi plavog štampanja koja je izmišljena 1842. godine, nacrt koji je

ispisan na providnom papiru, stavlja se preko papira koji sadrži smešu gvožđe amonijum citrata i kalijum ferocijanida i izlaže svetlosti. Tamo gde oblasti osetljivog papira nisu zaklonjene linijama gornjeg crteža, svetlost dovodi do reagovanja dve hemijske supstance i do stvaranja plave boje. Eksponirani papir se zatim pere u vodi i na ovaj način se dobija negativ crteža – tamne linije na originalnom crtežu pretvaraju se u bele linije na kopiji, dok se providna kopija originala pretvara u plavu pozadinu na kopiji. U diazotipnom metodu, tj. jednoj vrsti plavog štampanja koja se tek odnedavno koristi, papir se čini osetljivim na svetlost uz pomoć dodavanja smeše diazonijumovih soli (koje se koriste u proizvodnji boja), reagensa i kiseline koja sprečava reagovanje dizonijumovih soli i reagensa. Poluprovodni originalni nacrt se stavlja preko osetljivog papira i izlaže svetlosti. Svetlost dovodi do uništavanja dizonijumovih soli, a oslobođeni gas ili rastvor amonijaka se koristi kao razvijач nakon izlaganja svetlosti. Naime, amonijak neutralizuje kiselinu i dozvoljava da se očuvana dizonijumova so kombinuje sa reagensom pri čemu se stvara plava boja i to samo na mestima koja nisu bila izložena Sunčevoj svetlosti. Stoga se diazotipnim metodom plavog štampanja dobijaju kopije plavih linija na beloj pozadini. Razlog zašto se plavo štampanje još uvek koristi leži u njegovoj eleganciji, kao i jeftinoći. Naime, plavo štampanje je znatno jeftinije od kopiranja na fotokopir mašini.

### **- Zašto su mostovi različitih oblika?**

Ako ste ikada postavili barem jedno deblo ili niz kamenčića da biste suvi prešli preko potoka, onda ste i sami napravili jedan most. Mostovi predstavljaju puteve preko kojih se zaobilaze određene prepreke, kao npr. reke, jezera, doline, putevi, šine vozova i slično. U opštem slučaju rastojanje prepreke koju zaobilazi most definiše i njegov oblik, a postoje tri glavna tipa mostova: ravni, lučni i viseći mostovi. Najveća razlika između ova tri tipa mostova se ogleda u veličini razmaka između susednih podupirača mosta, bilo da su to stubovi, tornjevi ili zidovi kanjona. Tako, npr. ravni mostovi poseduju razmak između susednih podupirača od oko 60 metara, lučni između 240 i 300 metara, dok kod visećih mostova ovaj razmak može iznositi i do 2100 metara. Kod dobro konstruisanih mostova ne dolazi do ispupčenja (kada kompresiona sila prevazilazi sposobnost mosta da ovu silu raspoređuje do zemlje bez svoje trajne deformacije) ili do pucanja (kada zatezna sila prevazilazi sposobnost mosta da je rasipa duž velike površine ili prenosi do zemlje). Naime, rezultat kompresije na gornjem delu mosta je istežanje na donjem delu mosta, a osim ove dve osnovne mehaničke sile, prilikom izgradnje mosta se uzimaju u obzir i druge u ne tolikoj meri (kao prethodne dve) značajne sile kao npr. torzija (odnosno, uvrtnje koje uglavnom potiče od vetra), zatim rezonantna sila (odnosno sila koja u harmoničnim razmacima u odnosu na prirodnu frekvenciju pri kojoj vibriraju čestice mosta u njegovoj kristalnoj strukturi, deluje na most i koja stoga dovodi do intenzivnijeg vibriranja čestica mosta, što lako može dovesti i do loma mosta, slično kao kada pevač otpeva odgovarajući visokofrekventni ton i njime slomije čašu ili prozor, a usled čega se u mostove često ugrađuju i prigušivači koji prigušuju rezonantne talase). Ravni mostovi predstavljaju krute horizontale strukture koje leže na dvema stubovima na krajevima mosta. Što je veća visina čelične (premda su nekada bile drvene ili gvozdene) ploče ravanskog mosta, to će se u većoj meri rasipati napon (sila po jedinici površine) na istežanje, a u svrhu povećanja visine mosta, on se često podupire rešetkama kroz koje se prenosi kompresiona sila kojom deluju tela koja se kreću preko mosta. Lučni mostovi predstavljaju polukružne strukture sa potpornim zidovima na krajevima. Lučni mostovi se nalaze uvek pod kompresijom, a ova sabijajuća sila se prenosi duž krive luka do dna potpornih zidova. S druge strane, tenzija (sila zatezanja) je u lučnim mostovima zanemarljiva, a što je veća zakrivljenost luka (odnosno, što je veći polukrug ispod njega), to će zatezna sila na njemu biti veća. Lučni mostovi su posebni po tome što im sam oblik pruža

jačinu, a ovakvim mostovima nisu potrebni dodatni podupirači ili kablovi, a neki lučni mostovi (kao i akvadukti) iz starog Rima su još uvek postojani, što nam govori o njihovoj prirodnoj jačini koja se zasniva upravo na obliku. Viseći mostovi su oni mostovi kod kojih su kablovi (ili kanapi ili lanci) razvučeni duž reke (ili neke druge prepreke za put), a platforma mosta visi vezana za ove kablove. Moderni viseći mostovi poseduju i dva visoka tornja kroz koje se provlače kablovi, pa tada upravo ovi tornjevi nose težinu čitavog mosta. Kompresiona sila gura nadole platformu mosta, ali pošto je put viseći, kablovi prenose kompresiju tornjevima koji predaju ovu energiju zemlji u kojoj su čvrsto utemeljeni. Potporni kablovi koji se kreću između uporišta sa kraja mosta, primaju zateznu silu i pri tome je prenose ovim uporištima koja su uzemljena slično tornjevima, pa ovu primljenu energiju prenose zemlji. Takođe, skoro svi viseći mostovi, osim kablova poseduju i sistem rešetki koji ukrućuje platformu i sprečava težnju mosta da se ljulja i zanosi u stranu. Za razliku od ravnih mostova u okviru kojih postoji mnogo posebnih tipova i lučnih mostova kod kojih postoji samo jedan jedini tip, viseći mostovi mogu biti oblika slova M ili mogu biti manje uobičajeni mostovi oblika slova A kada ne poseduju dva tornja i četiri uporišta, već umesto toga, kablovi idu ispod puta gde su vezani za jedan jedini toranj koji održava čitav most.

## 20. Moderna vremena

### - Šta je to veštački vid?

Danas na Zemlji živi više od 10 miliona ljudi kojima je mrežnjača oštećena i koji su zbog toga na putu da čulno oslepe, ali uskoro bi im se pomoću ugradnje malih čipova na mesto mrežnjače, mogao povratiti vid. Naime, kada posmatramo neke predmete u svetu oko nas, naše oči registruju svetlost koju ti predmeti reflektuju. Ovu svetlost sočiva u našim očima prelamaju i fokusiraju u mrežnjaču, gde ih detektuju pigmentne ćelije oblika štapića (koje su osetljive na pojedinačne fotone i formiraju crno-belu sliku) i kupi (koje su osetljive na boje). Informacija koju primaju štapići i kupe, prenosi se dalje duž oko milion nervnih ćelija u mrežnjači odakle se ovaj signal dalje vodi do mozga. 1988. godine, Mark Hjumazun je pokazao da slepi ljudi mogu videti slike iz stvarnog sveta putem stimulacije nervnih ćelija u mrežnjači putem električne struje, čime je dokazano da ove, nervne ćelija funkcionišu normalno čak i kada su pigmentne ćelije u mrežnjači oštećene kao što je slučaj kod slepih ljudi. Na osnovu ove činjenice, naučnici danas pokušavaju da naprave biomedicinske uređaje koji bi nakon implantacije u mrežnjači slali odgovarajuće električne impulse ka nervnim završecima u mrežnjači, a ovi bi se dalje putem nervnih vlakana prenosili do centra za vid u mozgu. Jedan od takvih uređaja je i veštačka silicijumska mrežnjača, koju je napravila kompanija *Optobionics*, a koja ima oblik valjka sa prečnikom osnove od samo 2 mm, a sa visinom manjom od prečnika ljudske kose. Ovaj aparat sadrži oko 3500 mikroskopskih solarnih ćelija koje su u stanju da prevode svetlost u električne impulse (bez ikakvog spoljašnjeg izvora energije) imitirajući na taj način funkciju kupastih i štapićastih ćelija. Na nekoliko Univerziteta u Severnoj Karolini se trenutno razvija jedan drugi aparat koji bi mogao da povрати vid slepim ljudima, a njegovo ime je veštački komponentni mrežnjačni čip, koji predstavlja silicijumski kvadar sa stranicom od 2 mm, a visinom od 0,02 mm. Međutim, ovom uređaju je potreban i spoljašnji izvor energije, u čiju svrhu se danas koristi laser koji je montiran na paru naočara, a koji se napaja pomoću malog baterijskog pakovanja, montiranog takođe na okviru naočara. Ovaj aparat danas daje mogućnost posmatranja slika razmera 10 x 10 piksela, dok će se u budućnosti razmera ovih slika povećati do 250 x 250 piksela što će sasvim sigurno omogućiti ljudima oštećenog vida da čitaju knjige.

### - Šta je to nanotehnologija?

Nanotehnologija se bavi nanostrukturama koje se mogu definisati kao atomski i molekularni sistemi dimenzija reda veličine nanometra, odnosno jednog milijarditog dela metra. Da vas podsetimo, jedan nanometar se prema jednom metru odnosi kao zrno grožđa prema Zemljinoj kugli, a istovremeno, jedan nanometar je dužina koja je 80 000 puta tanja od prečnika vlasi ljudske kose. Smatra se da ćemo tokom narednih 50 godina (ili manje, a najverovatnije kroz između 5 i 15 godina), početi da koristimo nanomašine koje će biti toliko male (ne veće od nekoliko nanometara) da će na hiljade njih moći da stane u prostor između ove dve reči. Ove nanomašine će moći da prave razne uređaje tako što će graditi atom po atom (ili molekul po molekul), a naučnici smatraju da će nanotehnologije preko minijaturizacije elektronskih (i drugih) uređaja, izvršiti na našu civilizaciju sličan uticaj kao što su tokom prošlog veka izvršili pronalasci aviona, televizije ili kompjutera. Istraživači iz IBM-a su 1990. godine prvi uspeli da putem *atomic force* mikroskopa pozicioniraju logo "IBM" tako što su redali atom po atom ksenona na površini kristala nikla. Sledeći korak je razvoj nanoskopskih mašina (tzv. assemblera) koji mogu biti programirani da manipulišu

pojedinačnim atomima i molekulima. Pošto bi jednom assembleru bilo potrebno hiljade godina da sam izgradi jedan prosečno veliki elektronski uređaj, ovaj posao bi zajedno obavljalo nekoliko milijardi assemblera kako bi se željeni proizvod napravio u doglednom vremenu. Posao stvaranja assemblera bi obavljale posebne nanomašine pod imenom replikator. Milijarde assemblera i replikatora će moći da stane na zapreminu od jednog kubnog milimetra, a da pri tome nećemo biti u stanju da ih (kao skupinu) prepoznamo golim okom. Nanomašine će biti u stanju da repliciraju bilo šta, uključujući vodu, dijamante i hranu. Pomoću njih će se napraviti i prvi molekularni kompjuteri koji će sve knjige ikada napisane na našoj planeti moći da uskladište na prostoru veličine kocke šećera. Nanoroboti će sami moći da izvode složene hirurške operacije, da uklanjaju masti iz krvotoka, naftne mrlje i otpadne materije iz mora ili da u vazduhu izgrađuju ozonski omotač nad našom planetom, a zavisnost naše civilizacije od neobnovljivih sredstava (npr. drveća i fosilnih goriva) bi nestala sa razvojem nanotehnologije, jer bi nanomašine mogle da sintetizuju bilo koju supstancu.

### **- Kako neki foto-aparati sami fokusiraju sliku?**

Autofokusirajući (AF) foto-aparati (i kamere) se često nazivaju i *power*-fokus aparatima, jer kompjuter foto-aparata pokreće minijaturni motor koji fokusira sočivo aparata umesto nas. Fokusiranje predstavlja proces pomeranja sočiva napred-nazad sve dok se ne projektuje najoštija moguća slika na film. U zavisnosti od rastojanja od predmeta koji slikamo do aparata, sočivo mora zauzimati određeno rastojanja do filma kako bi slika koja ostavlja trag na njemu bila jasna. Na modernim foto-aparatima, autofokusiranje predstavlja samo jednu od nekoliko automatskih funkcija aparata koje uključuju još i automatsko premotavanje filma, automatski blic, kao i automatsku ekspoziciju. Postoje dva tipa autofokusirajućih sistema: aktivni i pasivni, a neki aparati koriste i kombinaciju ova dva principa. Najčešće, jeftiniji *point&shoot* foto-aparati koriste aktivni sistem, dok nešto skuplji SLR (*single-lens reflex*) aparati sa premeštajućim sočivima koriste pasivni sistem. Slično podmornicama i delfinima koji šalju ultra-zvučne talase oko sebe i na osnovu primljenih ehoa lociraju prepreke na putu, i prvi autofokusirajući foto-aparat je koristio isti ovaj princip (*Polaroid*, 1986.) radi podešavanja položaja sočiva. Međutim, ukoliko biste pomoću jednog ovakvog aparata želeli da slikamo nekoga kroz prozor, aparat bi se fokusirao prema prvoj svojoj prepreci, tj. prozoru, pa bi slikani lik ostao mutan na slici. Ovakav sistem je klasični aktivni sistem, jer aparat emituje nešto kako bi odredio rastojanje do predmeta koji fotografiramo. Današnji aparati sa aktivnim sistemom, umesto zvučnih talasa, koriste infracrvene talase i pokazuju se odličnim za slikanje predmeta do rastojanja od 6 metara. Međutim, i ovakvi sistemi ponekad nailaze na poteškoće. Tako, npr. neki izvor infracrvenih talasa (npr. rođendanska svećica ili kamin) može zbuniti infracrveni senzor u aparatu, crna površina može u potpunosti apsorbovati sve infracrvene talase koje izemituje aparat, a slično ultrazvučnim sistemima, i infracrveni talas se može odbiti od nečega na svom putu ka fotografisanom objektu. S druge strane, pasivni autofokusirajući sistem određuje rastojanje do predmeta koji želimo da slikamo putem kompjuterske analize samog lika. Tipični pasivni autofokusirajući senzor je CCD (*charge-coupled device*) koji pruža unosne podatke za algoritme pomoću kojih kompjuter proračunava kontrast između elemenata slike. CCD je, u ovom slučaju, najčešće jedna traka sa između 100 i 200 piksela. Svetlost pogađa ove piksele i mikroprocesor brojevno označava boju i osvetljenost svakog piksela. Ukoliko je scena van fokusa, susedni pikseli će imati slične intenzitete. Mikroprocesor tada pomera sočivo i ponovo procenjuje razlike u intenzitetima između susednih piksela, ponavljajući ovaj proces sve dok ne pronađe maksimalnu razliku u intenzitetima, što odgovara i najboljem fokusu. Za razliku od aktivnog sistema koji se može koristiti i u mraku, pasivni sistem mora posedovati svetlost kako bi procenjivao kontrast lika. Pasivni sistem se, takođe, dobro snalazi prilikom slikanja

kroz prozor, jer on za razliku od aktivnog sistema, vidi samo predmet iza prozora, a ne samo prozorsko staklo. Pasivni sistem najbolje reaguje na vertikalne detalje. Stoga će on malo teže fokusirati brod na horizontu, ali će se lako snaći sa fokusiranjem motke za zastavu. Ukoliko ne znate koji tip fokusiranja koristi autofokusirajući foto-aparat, usmerite fokusnu oblast (između dve pravouglo zgrade) ka nebu na kome nema oblaka. Pritisnite zatim kapak aparata do pola puta nadole. Ukoliko dobijemo indikaciju koja kaže “fokus OK”, onda znamo da aparat poseduje aktivni sistem, dok u slučaju indikacije “fokus nije OK” znamo da aparat poseduje pasivni autofokusirajući sistem, s obzirom da CCD nije u stanju da pronade kontrast, odnosno razliku u intenzitetima piksela na ravnomerno plavoj površini kao što je nebeska sfera bez oblaka.

## **- Šta je to maglev voz?**

Smatra se da će isto onako kako su avioni uneli revoluciju u transportu ljudi tokom 20. veka, maglev vozovi predstavljati revolucionarno prevozno sredstvo za 21. vek. Do sada su u nekoliko zemalja (Nemačka, Japan...) uz pomoć snažnih elektromagneta napravljeni maglev (od “MAGnetna LEVitacija”) vozovi koji kako im samo ime kaže, plutaju u vazduhu, odnosno lebde iznad magnetnih šina. U sistemu maglev vozova postoje tri osnovne komponente: veliki izvor električne energije, metalni kalemi koji oblažu kolosek, i veliki magneti-vodiči zakačeni za dno voza. Najveća razlika između maglev vozova i vozova današnjice je u tome što maglev vozovi ne poseduju motor. Umesto korišćenja fosilnih goriva, kombinacijom magnetnog polja koje nastaje u naelektrisanim namotajima žice sa donje strane voza i koloseka, pokretaće se voz. Naime, namagnetisani kalem koji je postavljen duž koloseka (koji se naziva vodični put - *guideway*) će odbijati magnete voza dozvoljavajući tako vozu da lebdi (tj. levitira) na 1 do 10 santimetara iznad (vodičnog) puta. Kada voz počne da lebdi, električna energija se dovodi na kaleme koloseka stvarajući tako jedinstveni sistem magnetnih polja koji će vući voz u pravcu njegovog kretanja. Električna struja koja se dovodi na kaleme koloseka stalno menja svoj pravac prostiranja kako bi menjala polaritet indukovano magnetnog polja. Ove promene polariteta (sever-jug) su podešene tako da magnetno polje ispred voza privlači voz ka sebi, dok magnetno polje ispod i iza voza odbija voz od sebe. Maglev vozovi plutaju na sloju vazduha, pa se na taj način eliminiše trenje sa šinama koje ograničava brzinu kretanja vozova, a i smanjuje efikasnost potrošnje goriva. Stoga, maglev vozovi dostižu brzine od oko 500 km/h, što je za samo 289 km/h manje od brzine leta *Boeing-a 777*. Tako biste uz pomoć jednog ovakvog voza mogli da pređemo rastojanje od Pariza do Rima za samo dva sata. Iako je ideja o Maglev transportu prvi put predložena pre više od jednog veka, javni *debut* Maglev voza se ne očekuje pre 2005. godine. Nemački naučnici grade maglev vozove na principu sistema elektromagnetne suspenzije, poznate pod imenom *Transrapid*, dok japanski naučnici prave maglev vozove na principu sistema elektrodinamičke suspenzije. Ključna razlika između japanskih i nemačkih maglev vozova je u tome što se japanski konstruktori služe super-ohlađenim superprovodnim elektromagnetima, dok nemački naučnici koriste standardne elektromagnete. Takođe, za razliku od nemačkih maglev vozova koji mogu da levitiraju i u stanju mirovanja, japanski maglev vozovi se moraju ubrzati do određene brzine kako bi mogli da počnu da lebde, pa stoga poseduju i gumene točkove, za razliku od nemačkih vozova čije je dno obmotano oko koloseka.

## **- Kako se pokreću pokretne stepenice?**

Pokretne stepenice se često nazivaju i eskalatorima, a ovo njihovo ime je nastalo kao kombinacija engleske reči za lift (*elevator*) i latinske reči za stepenik (*scala*). Jezgro

eskalatora predstavlja par lanaca obmotanih oko dva para zupčanika. Električni motor od oko 100 konjskih snaga na vrhu konstrukcije pokreće gornji par zupčanika koji zauzvrat pokreće lančanu petlju. Motor i lančani sistem su ugrađeni u krovu, metalnoj strukturi koja se prostire između dva sprata. Umesto pomeranja ravne površine kao kod pokretnih traka, u ovom slučaju lanci pokreću niz stepenika. Svaki stepenik eskalatora poseduje dva seta točkića, gde se svaki set vozi na po jednoj traci (lancu). Set točkića koji je bliži vrhu stepenika je povezan za rotirajuće lance i na taj način se povlači pod dejstvom zupčanika sa vrha stepenica. Drugi set točkića jednostavno klizi na svojoj traci, prateći prvi set. Svaki stepenik poseduje izbrazdanu površinu, kako bi se uklopio sa stepenikom ispred i iza sebe prilikom poravnavanja na dnu i na vrhu eskalatora. Osim što pokreće glavne lance eskalatora, motor pokreće i traku za pridržavanje, koja zapravo predstavlja ravnu pokretnu traku obmotanu oko niza točkova. Brzina kretanja ovog pojasa je precizno konfigurisana tako da se poklapa sa brzinom kretanja stepenica koja je najčešće između 27 i 55 metara u minutu. Naime, eskalator koji se kreće brzinom od 44 metara u minuti je u stanju da preveze 10000 ljudi sa sprata na sprat za jedan sat što je mnogo više od kapaciteta bilo kog lifta. Međutim, sistem eskalatora nije toliko efikasan koliko liftovi kada je u pitanju prevođenje ljudi na rastojanja od više spratova.

### **- Šta su to pokretne kartice?**

Pokretne kartice poseduju na svojoj površini nekoliko različitih slika koje vidimo ili ne vidimo u zavisnosti od ugla posmatranja. Nekada su se pravile kartice koje su imale kombinacije dve ili tri slike, npr. slike automobila i ime firme, ali se danas prave kartice koje poseduju više od 20 vidljivih slika, tj. praktično čitav jedan kratki video zapis. Ovakve kartice koriste specijalnu tehnologiju koja se zove lentikularno štampanje. U ovom procesu se uzima nekoliko različitih slika koje se štampaju u naizmeničnim trakama na poledini providnog plastičnog lista. Plastični list poseduje niz iskrivljenih brazdi širokih oko 0,3 milimetra, koje se nazivaju lentikulama, a koje možemo osetiti na dodir. Pošto svetlost prođe kroz plastični list, dolazi do njenog reflektovanja sa glatkog belog papira koje nalazi ispod sloja plastike. Odbijena svetlost prolazi kroz trake slika odštampane na plastičnoj pločici, a zatim kroz lentikulu. Svaka lentikula je napravljena tako da prelama odbijenu svetlost pod određenim uglom i na taj način uvećava svaku sliku u određenom ugaonom intervalu. Sve trake slika su poredane tako da se svaka slika prelama u istoj meri, ali pod različitim uglom. Na taj način, menjanjem ugla pod kojim posmatramo karticu, u naše oči će postupno stizati svetlost reflektovana sa različitih slika odštampanih na kartici.

### **- Šta su to pametne kartice?**

Pametne kartice po svojoj veličini i obliku podsećaju na kreditne kartice, samo što za razliku od kreditnih kartica koje za skladištenje podataka koriste magnetnu traku, pametne kartice u svojoj unutrašnjosti neposredno ispod malog zlatnog kontaktnog jastučića vidljivog na površini kartice, sadrže ugrađen 8-bitni mikroprocesor. Pametne kartice najčešće poseduju do 1 kilobajt RAM-a, 16 kilobajta PROM-a, 24 kilobajta ROM-a, a njihov 8-bitni procesor radi pri brzini od 5 MegaHerca. Pametne kartice poseduju serijski interfejs, a napajaju se električnom energijom sa automata - čitača kartice. Kada se ubace u odgovarajući kompjuter ili automat, pametne kartice pružaju kompjuteru na uvid podatke zapisane u njihovoj memoriji. Magnetni zapis na običnim kreditnim karticama se može lako prepravljati ili brisati uz pomoć odgovarajuće opreme, pa su stoga neke evropske zemlje nedavno uvele znatno pouzdanije i sigurnije pametne kartice koje nalaze primenu kao elektronski novac, identifikacione kartice, kreditne kartice, a primenjuju se i u kompjuterskim sistemima



obezbeđenja, bežičnoj komunikaciji, satelitskoj televiziji, mobilnim telefonima i raznim drugim elektronskim uređajima.

### **- Kako bankomati prepoznaju račune i novčanice?**

Bankomati koriste niz različitih tehnoloških dojetki kako bi prepoznali ispravne račune, a i kako bi razlikovali prave novčanice od falsifikovanih. Najstariji tipovi bankomata se koriste činjenicom da se bankovni računi u SAD-u štampaju pomoću magnetskog mastila, pa oni stoga za prikupljanje signala sa površine računa koriste magnetne glave, slične onima u kasetofonima. Određeni delovi novčanice će stvarati signal specifične frekvencije, a detekcija ovih frekvencija će potvrđivati valjanost novčanice i određivati njenu vrednost. Takođe, ispravne novčanice poseduju izvesnu električnu provodljivost, pa stoga neki bankomati vrše merenje upravo ove fizičke veličine na novčanici. Takođe, mastilo i papir poseduju različite fluorescentne osobine, a i druge optičke osobine (apsorpcija ili refleksija svetlosti od strane određenih delova novčanice) menica ili nekih njenih karakterističnih delova mogu se meriti pomoću osetljive fotoćelije ili kamere i zatim upoređivati sa ispravnim vrednostima koje se čuvaju u memoriji automata. Mnogi moderni bankomati se koriste kombinacijom izloženih principa kako bi odredili vrednost i potvrdili validnost novčanica.

### **- Šta su to pametne etikete?**

Danas se smatra da će dugački redovi za kasama u prodavnicama iščeznuti do 2005. godine, jer se do tada najavljuje uvođenje pametnih etiketa koje će zameniti današnje UPC bar kodove na prodajnim proizvodima. Ove pametne etikete predstavljaju zapravo radio-frekventne identifikacione (RFID) nalepnice koje su u stanju da komuniciraju sa mrežnim sistemom koji prati kretanje svakog proizvoda od stajanja na polici, preko ubacivanja u korpu i izlaska iz prodavnice, pa sve do korišćenja i bacanja, odnosno recikliranja njegovog omota. Umesto da radnik za kasom kompjuterski očitava svaki bar kod, elektronski sistem će nakon našeg izlaska iz prodavnice sa određenim proizvodima koji poseduju RFID etiketu, cenu kupovine automatski skinuti sa našeg bankovnog računa. Danas postoje dva osnovna tipa RFID etiketa, a to su: induktivno skopčane RFID etikete (koje osim silicijumskog mikroprocesora poseduju i namotaje bakarne ili aluminijumske žice koji se ponašaju kao antena etikete, s obzirom da šalju signal ka čitaču, a kalem i čip su obmotani staklenim ili polimernim materijalom) i kapacitivno skopčane RFID etikete (koje osim silicijumskog mikroprocesora koji može da skladišti 96 bitova informacija – u koje spadaju ime proizvođača, ime proizvoda i 40-bitni serijski broj - što je dovoljno da se jedinstveni kodovi pridaju trilionima različitih proizvoda, poseduju i provodno ugljenično mastilo koje je zajedno sa čipom zalepljeno za papirni supstrat). Za razliku od induktivno skopčanih RFID etiketa koje napaja magnetno polje, kapacitivno skopčane RFID etikete napaja električno polje koje stvara čitač, a iako su kapacitivno skopčane RFID etikete dvostruko jeftinije od induktivno skopčanih RFID etiketa, njihov domet za sada iznosi samo oko 1 santimetar, a da bi se napravio globalni sistem trilionima komunicirajućih etiketa, potrebno je da njihov pojedinačni domet iznosi barem jedan ili više metara.

### **- Šta su to pametni prozori?**

U jednu od tehnologija čijom bi se implementacijom smanjile energetske kućne potrebe spadaju i pametni prozori koji su u stanju da po potrebi blokiraju ili propuštaju prolaz Sunčeve svetlosti ka unutrašnjosti kuće i na taj način smanje električne troškove za osvetljenje, kao i za grejanje tokom zime i hlađenje kuće tokom leta. Do danas su se samo

zavese i “venecijaneri” koristili za zatamnjene sobi, ali *Research Frontiers* je trenutno jedina kompanija koja radi na novoj vrsti prozora koji sadrže mikroskopski male čestice koje su u stanju da apsorbiraju ili propuštaju svetlost u zavisnosti od toga da li postoji tok struje kroz njih. Uređaji na bazi ovih čestica se često nazivaju svetlosnim ventilima ili SPD-ima (*Suspended Particle Device*). Jedan pametni prozor na bazi SPD-a se sastoji od dve providne staklene ili plastične ploče provodnog materijala (koji oblaže ove dve ploče), SPD-a (miliona tamnih čestica raspoređenih između dve ploče), tečne suspenzije ili filma (koji dozvoljava česticama da slobodno plutaju između dve ploče), kao i od kontrolnog uređaja. Kada se dovede struja na provodni materijal kojim su obložene dve granične ploče prozora, uspostavlja se tok struje kroz čestice rastvorene između dve ploče. Ova struja izaziva ređanje čestica duž pravih linija i na taj način, svetlost prolazi kroz prozor. Kada se isključi dovod struje ka prozoru, čestice u njegovom središtu gube jednostranu orijentaciju i prestaju da propuštaju svetlost. Napon na prozoru se može podešavati pomoću potencijometra tako da se intenzitet svetlosti koji propušta prozor može podešavati. Fotoćelije ili neki drugi senzori se mogu koristiti radi automatskog podešavanja nivoa propuštene svetlosti. Osim kućnih prozora, ovakvi pametni prozori se mogu koristiti i na sunčanim krovovima, sunčanim vizirima, retrovizorima, naočarima za skijanje i pločastim displejima kompjutera. Osim tehnologije SPD-a, i tečni kristali se mogu koristiti u pametnim prozorima. Tečni kristali se takođe ispravljaju i ređaju paralelno pod dejstvom struje (pa tada propuštaju svetlost), dok se slučajno raspoređuju po prostoru bez prisustva električnog polja (tada blokiraju prolaz svetlosti), ali kod njih ne postoji mogućnost podešavanja intenziteta propuštene svetlosti. Oni ili propuštaju svu svetlost ili blokiraju prolaz svim fotonima. Ipak, za razliku od čestične suspenzije i tečnih kristala koji zahtevaju električnu energiju da bi propuštali svetlost, elektrohromatski pametni prozori su providni bez prisustva struje, a zatamnjuju se tek kada provodimo struju kroz njih. Elektrohromatski prozori se prave putem usendvičavanja nekoliko slojeva materijala između dve staklene ploče, a presek jednog ovakvog prozora bi izgledao ovako: staklena ili plastična ploča, provodni oksid, elektrohromatska supstanca kao npr. tungsten oksid, jonski provodnik, odnosno elektrolit, sloj materijala koji skladišti jone, drugi sloj provodnog oksida i drugi stakleni ili plastični sloj. Kada se uspostavi tok struje između dve oksidne provodne ploče, joni se kreću od sloja koji skladišti jone kroz sloj elektrolita ka elektrohromatskom sloju, a ovaj proces čini prozor neprozirnim. Kada prekinemo struju kroz prozor, joni počinju da se kreću od elektrohromatskog sloja ka sloju koji skladišti jone, što polako vraća prozoru njegovu providnost.

## - Šta je to *Power Paper*?

U bliskoj budućnosti će postojati knjige čiji će listovi biti digitalni papiri na kojima će moći da se ispisuju tekstovi bilo koje knjige na svetu koju želimo da čitamo. Ove knjige, koje će se štampati sa elektronskim mastilom, moći će pritiskom na dugme da menjaju ispisani tekst, a u njima će postojati i mikroprocesori, kao i druga elektronska kola koja će obavljati različite funkcije. Uz sve to, u ovom mastilu će biti ugrađene male i kao papir tanke baterije koje se zovu *Power Paper*. *Power Paper* ćelija poseduje debljinu od samo pola milimetra i mogućnost stvaranja napona od 1,5 Volti, što je otprilike jednako naponu koji stvaraju baterije u satovima ili digitronima. Takođe, više *Power Paper* baterija je moguće povezati u niz kako bi se dobila veća izlazna snaga. Katoda *Power Paper* baterije je napravljena od cinka, a anoda od mangan dioksida ( $MnO_2$ ). Standardne *silkscreen* štamparske prese se koriste za štampanje baterija na papir ili na neke druge supstrate, pa se na taj način, *Power Paper* baterije integrišu u same elektronske uređaje. S obzirom da se *Power Paper* baterije štampaju direktno na papir, one su mnogo fleksibilnije od bilo kojih drugih baterija. Pošto se elektrode baterije prave od mastila koje se brzo suši, one mogu biti raznovrsnih oblika, a i za razliku od

običnih baterija, ne moraju da poseduju metalne omotače, koje obične baterije mogu učiniti škodljivim. Pošto u svrhu proizvodnje ne zahtevaju specijalnu opremu, cena pravljenja *Power Paper* baterija će iznositi manje od jednog centa po kvadratnom inču (1 inč je jednak 2,54 cm). *Power Paper* baterije se trenutno koriste u pametnim karticama, interaktivnim etiketama i specijalnim pozivnicama, nekim senzorskim medicinskim uređajima, kao i raznim elektronskim igrama.

## - Šta je to elektronsko mastilo?

Na prvi pogled, boca sa elektronskim mastilom bi mogla da izgleda potpuno isto kao i boca običnog mastila, premda bi pažljivije ispitivanje ipak pokazalo da je elektronsko mastilo sasvim različito od običnog, pigmentnog mastila. Premda različite kompanije (*E ink* iz Kembriđža, *MA* i *Xerox* iz Palo Altoa, nedaleko od San Franciska u Kaliforniji) prave različite vrste elektronskog mastila, sve ove vrste ipak poseduju neke zajedničke osobine koje im omogućavaju da se preuređuju po naredbi, a to su: milioni malih mikrokapsula, mastilo ili neka uljana supstanca koja ispunjava ove kapsule i pigmentisani čipovi ili loptice sa negativnim naelektrisanjem koje pluta u njihovoj unutrašnjosti. Elektronsko mastilo se može nanositi na iste materijale na kojima se štampa i obično mastilo, a u slučaju digitalnih knjiga, stranice su napravljene od ultra-tanke plastike, a elektronsko mastilo pokriva celu površinu stranica, pri čemu je svaka stranica podeljena na male ćelije koje su malim žicama povezane sa mikroelektronikom koja je ugrađena u plastični list. Ova mikroelektronika primenjuju na svaku ćeliju posebnu struju kako bi se na listu knjige pojavio željeni tekst ili slika. U elektronskom mastilu kompanije *E ink*, milioni mikrokapsula se porede sa mnoštvom providnih loptica za plažu. U svakoj od ovih loptica za plažu se nalazi po nekoliko stotina još manjih ping-pong loptica, a umesto vazduhom, lopte za plažu su napunjene plavom bojom. Kada biste ovakvu jednu lopticu za plažu pogledali odozgo, videli biste ping-pong loptice kako plutaju u tečnosti, a cela loptica za plažu bi bila bela. Međutim, ukoliko biste istu lopticu pogledali odozdo, njena boja bi bila plava. Kada biste poređali loptice za plažu na jednu poljanu ili prostranu peščanu plažu, menjanjem njihove orijentacije biste mogli da ispisujemo tekst na plaži. U slučaju stvarnog elektronskog mastila, mikrokapsule su široke oko 100 mikrometara, a oko 100 000 mikrokapsula može stati na jedna kvadratni inč papira (1 inč je jednak 2,54 cm). U svakoj od ovih mikrokapsula se nalazi oko stotinak malih pigmentisanih čipova. Kada se primeni električno polje na kapsulu, u zavisnosti od znaka polja, čipovi će preći na gornju ili na donju stranu kapsule. U prvom slučaju, kapsula će imati belu, a u drugom slučaju, plavu boju. S druge strane, kompanija *Xerox* radi na tzv. elektronskom papiru na kome su poređane loptice sa jednom tamnom i jednom svetlom polovinom, a pod dejstvom električnog polja, ove loptice rotiraju i posmatraču se pokazuju u željenoj boji. U *Xerox*-ovim digitalnim knjigama, ove mikroskopske loptice su umočene u uljani sloj koji je povezan sa gumenim listom knjige. Digitalne knjige ispisane elektronskim mastilom će moći da na svojim listovima ispisuju tekstove bilo koje knjige na svetu. Jedna od velikih prednosti elektronskog mastila je da troše veoma malo struje, jer za razliku od kompjuterskih i TV displeja koji kontinualno obnavljaju sliku, struja se primenjuje na elektronsko mastilo samo kada je potrebno "okrenuti" stranu knjige (što zahteva oko 0,1 Vat), nakon čega napajanje radi održavanja ispisanog teksta nije potrebno. Takođe, prve stranice digitalnih knjiga poseduju rezoluciju od 200 tačaka po inču (200 dpi), što je dvostruko veće od rezolucije LCD displeja, a što čini digitalne knjige znatno prijemčivijim za čitanje.

## - Šta su to elektronski ključevi?

Mnogi moderni automobili poseduju elektronske ključeve za paljenje, a oni se mogu prepoznati po tome što sa obe svoje duže strane poseduju ugrađen modul. Premda će uskoro ovi moduli, kod nekih modela ključeva predstavljati čipove ili mikrokomputere, kod *PASS* ključeva (jednog tipa popularnih elektronskih ključeva) ovaj modul predstavlja jedan običan mali i precizni otpornik. Kada ovakav ključ ubacimo u bravu, otpornik sa njegove površine postaje deo jednostavnog električnog kola koje uključuje još tri otpornika iz automobila. Ukoliko ključ ne poseduje otpornik ili ukoliko je vrednost otpora ovog otpornika pogrešna, električno kolo blokira deo električnog sistema automobila kako bi se sprečilo paljenje motora, odnosno startovanje automobila. Razlog zašto se još uvek ne ugrađuju čipovi u ključeve je u tome što bi ovakvi ključevi bili znatno skuplji od ključeva sa otpornikom, a i moralo bi znatno više da se vodi računa o čipu na ključevima, što znači da nema više nošenja ključeva u džepu punom novčića, bacanja o sto ili čak i otvaranja flaše sa njim, pa bi onda pouzdanost ovakvih ključeva brzo bila dovedena u pitanje. Kako *PASS* ključevi, tako i ključevi sa čipom, predstavljaju samo načine za borbu protiv krađe.

### **- Šta su to elektronski kompas?**

Elektronski kompas u vidu žirokompasa se koriste na našoj planeti već 60 godina, što je znatno duže od vremena od oko 7 godina tokom koga se koriste GPS prijemnici koji su takođe jedna vrsta elektronskog kompasa, ali kojima su sateliti neophodni za rad. Stoga se pod pojmom elektronskih kompasa danas podrazumevaju senzori magnetnog polja na bazi magnetootporničkog (MR) efekta. Ovakvi kompas se mogu naći u okviru jeftinih pakovanja (od po nekoliko desetina dolara), a neke od njihovih povoljnih strana su te da lako stupaju u međuvezu sa mikroprocesorom ili drugim tipom navigacione opreme, a i njihov rad ne može biti ometen visokim zgradama ili krovom iznad nas, kao što je slučaj sa GPS prijemnicima. Magnetootpornički (MR) efekat kojim se koriste ovi kompas podrazumeva menjanje električne otpornosti nekog materijala sa promenom magnetnog polja u kome se on nalazi. Kao magnetootpornički materijal se u elektronskim kompasima koristi permalegura (legura sa visokom vrednošću magnetne permeabilnosti – odnosa magnetne indukcije i jačine magnetnog polja, pri maloj magnetnoj indukciji i pri malim histerezisnim gubicima) koja se sastoji od 19 % gvožđa i 81 % nikla. Sastavni delovi jednog elektronskog kompasa su: dvodimenzionalni MR senzor (koji registruje promene u jačini struje kroz MR leguru), signalna jedinica stanja, jedinica za određivanje pravca i displej. Na tankom filmu MR legure, postavljena su 4 MR senzora tako da formiraju kvadrat. Ovakvo kolo se u elektronici naziva mostom i predstavlja jedan od najpreciznijih načina za merenje promena u otpornosti. Pošto je svaki od 4 MR senzora postavljen pod uglom od 90° u odnosu na susedne senzore, par senzora koji je usmeren duž pravca sever-jug pružaće maksimalan, dok će drugi par senzora pružati minimalan signal. Kada kompas menja svoju orijentaciju, signalna jedinica stanja će pojačavati slabu MR struju, kompenzovati temperaturske efekte i slati signal do jedinice za određivanje pravca koja će iz primljenih informacija izvoditi ugao pod kojim je kompas orijentisan u odnosu na spoljašnje, Zemljino magnetno polje i ove informacije će slati na displej. Najjednostavniji tip displeja elektronskih kompasa se sastoji od 8 LED lampica poređanih tako da pokazuju 4 strane sveta, zajedno sa 4 pravca između svakog od njih (severoistok, severozapad, jugoistok i jugozapad). U slučaju nešto složenijih displeja, na ekranu se ispisuje tačan ugao (sa preciznošću od jednog stepena) pod kojim se nalazimo u odnosu na linije sila magnetnog polja Zemlje koje se pružaju između njenog severnog i južnog magnetnog pola.

### **- Šta je to elektronski mikroskop?**

Za razliku od običnog, optičkog mikroskopa koji za uvećanje predmeta koristi svetlost, i koji postiže uvećanja do hiljadu puta, elektronski mikroskop koji koristi visokoenergetske elektrone za formiranje uvećane slike posmatranih predmeta, postiže uvećanja veća od milion puta. Naime, minimalna talasna dužina vidljive svetlosti iznosi oko 300 nanometara, pa se stoga pomoću nje mogu u najboljem slučaju nazirati predmeti čije su razmere nešto veće od 300 nanometara. S druge strane, ubrzavanjem elektrona u katodnoj cevi, njihova talasna dužina se može učiniti znatno manjom, pa je stoga i rezolucija elektronskog mikroskopa (od 0,1 do 2 nm u tipičnom slučaju) u proseku oko 1000 puta veća od rezolucije tipičnog optičkog mikroskopa (oko 1000 nm). Međutim, uzorci koji se posmatraju na elektronskom mikroskopu moraju biti pažljivo pripremljeni kako bi izdržali visoki vakuum unutar aparature. Tako se biološki uzorci moraju dobro osušiti kako se ne bi smežurali ili isparavali tokom posmatranja, a i svi posmatrani uzorci moraju biti elektroprovodni, što se postiže naporavanjem tankog sloja zlata na njihovu površinu. U suprotnom, elektroni bi se odbijali od površine i posmatranje predmeta ne bi bilo moguće. Mikroskopi koji sliku objekta formiraju analizom elektronskog snopa propuštenog kroz objekat zovu se transmisioni elektronski mikroskopi (TEM), dok postoje i skenirajući elektronski mikroskopi (SEM) koji formiraju lik objekta na bazi reflektovanog snopa upadnih ili sekundarnih elektrona (izbijenih iz atomskih polja materijala pod dejstvom upadnog elektronskog snopa). Elektronski mikroskopi su često povezani sa dodacima za spektroskopiju rasutog rendgenskog zračenja ili elektrona izbijenih iz atoma materijala, čime se istovremeno sa posmatranjem uzorka, može analizirati i njegov hemijski sastav. U jednom TEM-u, elektronski top emituje elektrone iz usijane volframske niti i ubrzava ih u električnom polju čija je jačina između 50 000 i 100 000 Volti. Kondenzorsko sočivo fokusira elektronski snop na objekat, a elektroni koji prođu kroz objekat nose sa sobom informaciju o objektu u obliku intenziteta (amplituda) i faznih razlika na osnovu čega se posle prolaska elektrona kroz sočivo objektiva rekonstruiše lik objekta u vidu nešto uvećane slike (tzv. međulik). Glavno uvećanje se postiže pomoću projekcionog sočiva koje međulik projektuje na fluorescentni ekran. Da bi se neka supstanca posmatrala na TEM-u, ona mora biti dovoljno transparentna za elektrone, što zavisi kako od energije elektrona tako i od mase atoma u uzorku. Tanjenje uzoraka se vrši rezanjem i brušenjem, nakon čega se primenjuje neka još finija metoda tanjenja kao što su na primer elektrohemijsko ili hemijsko nagrizanje ili jonsko bombardovanje u vakuumu. S druge strane, glavna odlika SEM-a je da se objekat u njemu može posmatrati direktno u reflektovanom snopu elektrona. Naime, reflektovani elektroni sa površine uzorka, hvataju se elektronskim multiplikatorom, a dobijeni naponski impuls se vodi na rešetku katodne cevi. Ako tačka koju pogađa elektronski snop dobro reflektuje elektrone, to preko pojačivača elektronskog multiplikatora izaziva dobru propustljivost rešetke katodne cevi, pa se na odgovarajućoj tački ekrana dobija jače osvetljenje. Postoje i skenirajući tunnel mikroskop (STM), čiji rad koristi činjenicu da su površine čvrstih tela prekrivene mikroskopskom "atmosferom" elektrona. STM spušta sićušnu metalnu iglu do na milijarditi deo santimetra od površine, gde se elektronske "atmosferae" čvrstog tela i igle prepliću. Elektroni tada preskaču (tunneliraju) između igle i površine, dajući električnu struju koja zavisi od rastojanja između vrha igle i površine i na osnovu koje se kompjuterski rekonstruiše površina elektroprovodnog čvrstog tela. AFM (*Atomic Force Microscope*) je jedina vrsta elektronskog mikroskopa na kome se mogu posmatrati i površine koje nisu elektroprovodne. Kod AFM-a, vrh igle dodiruje površinu uzorka slično gramofonskoj igli koja dodiruje gramofonsku ploču, samo sa milion puta manjim pritiskom. Prilikom skeniranja površine, vertikalni položaj vrha igle se stalno menja kako bi se pritisak na podlogu održao konstantnim, a ova promena položaja daje nam informaciju o topografiji površine.

## - Šta je to SET?

Uz pomoć ugljeničnih nanotuba, holandski naučnici sa Univerziteta za tehnologiju u Delftu su nedavno napravili prvi jednoelektronski tranzistor (SET – *Single-Electron Transistor*) koji funkcioniše na sobnoj temperaturi. Ovakav tranzistor će moći da u digitalnim kompjuterima budućnosti zauzme *on* ili *off* stanje u zavisnosti od protoka samo jednog elektrona, a primena ovakvih tranzistora će smanjiti proizvode celokupne današnje kompjuterske tranzistorske tehnologije do svojih potencijalno minimalnih dimenzija. Obični tranzistori današnjih kompjutera se zasnivaju na protoku miliona elektrona, a kada se mnogo tranzistora spoji zajedno, onda se kao rezultat ovakvog kretanja proizvodi i velika količina toplote. Upravo usled pojave zagrevanja računarske konfiguracije sa zbližavanjem tranzistora, naučnici misle da nije moguće smanjenje dimenzija postojećih kompjuterskih komponenti do još manjih razmera. Ipak, jednoelektronski prekidači će biti u stanju da premoste ovu barijeru. Ovakvi uređaji se sastoje od metalnih ostrva odvojenih od dveju elektroda putem okružujućeg “mora” materijala. Napon koji se dovodi na kapije ostrva omogućava elektronima da tuneliraju kroz more i da skaču na ostrvo tako da formiraju *on* signale, kao i da skaču sa ostrva nazad u more formirajući *off* signale. Međutim, i toplota je u stanju da preda elektronima dovoljno energije za skok na ostrvo, što je i razlog zašto su svi dosadašnji jednoelektronski tranzistori funkcionisali samo na veoma niskim temperaturama. Međutim, grupa holandskih naučnika je prevazišla ovaj problem time što je napravila veoma mali SET koji je jedan nanometar širok i 20 nanometara dugačak, tako da se dejstvo toplote pokazalo zanemarljivim. Korišćenjem vrha *atomic force* mikroskopa, oni su napravili male krivine u jednoj ugljeničnoj nanotubi, a upravo su ove krivine u nanotubi imale ulogu mora materijala u pređašnjim uređajima, regulišući broj elektrona koji prolazi kroz SET.

## - Šta su to jednomolekulska elektronska kola?

Naučnici iz *IBM*-a su nedavno napravili prvo jednomolekulsko kompjutersko kolo koje je bilo sastavljeno od jedne ugljenične nanotube. Jednu nanotubu možemo da zamislimo kao list međusobno povezanih ugljenikovih atoma (u fullerenskoj modifikaciji) koji je savijen tako da obrazuje ultra-malu slamčicu. Ovakav molekul su naučnici iz *IBM*-a pretvorili u naponski invertor, odnosno *NOT* kapiju, jednu od tri osnovne logičke kapije na kojima se zasnivaju svi kompjuteri današnjice. Ugljenične nanotube se danas smatraju glavnim potencijalnim naslednikom silicijumskih čipova koji će svoje maksimalne brzine i minimalne dimenzije dostići za 10 do 15 godina. Primenom nanotuba kao jednoelektronskih tranzistora i monomolekulskih logičkih kapija, dimenzije kompjutera će moći da se smanje do nezamislivo malih razmera. Nanotube predstavljaju jedan vid tranzistora p-tipa, odnosno struktura u kojima se struja ne provodi elektronima, već šupljinama, odnosno upražnjenim mestima u elektronskoj strukturi materijala. Da biste napravili jednu *NOT* kapiju koja zapravo pretvara unosni bit informacije iz nule u jedan ili obrnuto, potreban nam je i n-tranzistor, odnosno struktura koja provodi struju elektronima. Ovaj problem je bio prevaziđen kada je otkriveno da se nanotube mogu jednostavnim zagrevanjem u vakuumu prevesti iz tranzistora p-tipa u tranzistore n-tipa. Međutim, da bi se jedna nanotuba prevela u *NOT* kapiju, neophodno je jedan deo tube prevesti iz p u n-tip, što su naučnici i uspeali. Naime, nanotuba je najpre bila postavljena preko zlatnih elektroda kako bi se formirala redna veza dva tranzistora p-tipa. Preko strukture je zatim postavljen izolacioni sloj PMMA-a, da bi se nakon toga otvorio prozor na krajnjem delu strukture koji je zatim bio izložen dejstvu jona kalijuma, te se tako jedan p-deo nanotube pretvorio u n-tranzistor. Što je najvažnije, struja koja izlazi iz transistora je za 1,6 puta jača od struje koja ulazi u njega, što je neophodan uslov za funkcionisanje nanotube kao jedne logičke kapije.

## - Šta su to magnetski frižideri?

Za razliku od uobičajenih hladnjaka i klima-uređaja koji se koriste freonima (hlorofluorouglicima) ili fosilnim gorivima (čijim sagorevanjem se u atmosferu oslobađaju gasovi koji dovode do pojačanog efekta staklene baše, a time utiču na globalno zagrevanje), magnetni hladnjaci koriste čvrste magnetne materijale kao rashlađivačke agense, a vodu (ili antifriz) ili gasoviti helijum kao prenosnika toplote. Kao što u običnim frižiderima, pod dejstvom kompresije dolazi do zagrevanja, a pod dejstvom širenja do hlađenja freona, tako se u magnetnim frižiderima, posebni magnetni materijal zagreva pod dejstvom magnetnog polja (kada se magnetni momenti usmeravaju u pravcu polja), dok se hladi u njegovom odsustvu (tj. kada magnetni momenti u materijalu postanu nasumično orijentisani). Kao magnetni materijal se koristi gadolinijum, hemijski element iz porodice retkih zemalja, čije se magnetno uređenje (tj. prelaz u feromagnetno stanje) dešava na temperaturi od 21°C. Jedna ploča gadolinijuma se nalazi u magnetnom polju, pod čijim dejstvom se zagreva, dok se druga ploča nalazi izvan polja. Voda ili neki drugi fluid se koristi kao razmenjivač toplote između ove dve ploče. Voda preuzima toplotu dok prolazi preko (ili kroz) magnetizirane ploče gadolinijuma, a rasipa toplotu (tj. hladi se) prolaskom kroz topli razmenjivač toplote. Ova emitovana toplota se skuplja od strane vode iz hladnog razmenjivača toplote i zatim se ponovo rasipa tokom prolaska kroz demagnetizirani (hladni) sloj gadolinijuma. Ovakav, kompletan ciklus se izvrši za oko 2 sekunde, nakon čega, gadolinijumske ploče zamenjuju mesta. Ona koja se nalazila u magnetnom polju, izlazi iz njega, dok se druga, razmagnetisana ploča prebacuje u magnetno polje. Snaga hlađenja magnetskih frižidera iznosi između 200 i 600 Vati u zavisnosti od jačine primenjenog magnetnog polja i drugih radnih parametara. Pošto zapremina dve ploče iznosi ukupno oko 600 ml, specifična snaga hlađenja iznosi oko 1 Vat/ml.

## - Šta su to isparavački hladnjaci?

Isparavački hladnjaci su uređaji koji za sniženje temperature okoline, tj. redukovanje njene toplotne energije koriste isparavanje neke tečnosti, a najčešće vode. Sistem koji se sastoji od molekula vode može postojati u tri različite faze (čvrsta, tj. led, tečna, tj. voda i gasovita, tj. vodena para). Molekuli vode imaju veće energije kretanja u gasovitoj, nego u tečnoj fazi, a prelaz između ova dva faza stanja vode se postiže oduzimanjem toplotne energije iz okoline, tj. iz vazduha i iz stvari koje se nalaze u jednom ovakvom hladnjaku. Međutim, da bi se postiglo isparavanje vode i na nižim temperaturama od 100°C, što je temperatura ključanja vode pri normalnom atmosferskom pritisku, aparatura stvara nizak pritisak u vazduhu iznad površine tečnosti, pa molekuli vode u znatno većoj meri isparavaju i na temperaturama bliskim sobnoj. Voda je veoma efikasna supstanca za ovakve tipove rashlađivačkih uređaja, jer poseduje veliku toplotu isparavanja od oko 42 kilodžula po molu. Takođe, isparavački hladnjaci zahtevaju da okolni vazduh bude niske relativne vlažnosti, jer je brzina isparavanja obrnuto proporcionalna relativnoj vlažnosti. Tako, npr. pri stopostotnoj relativnoj vlažnosti vazduha, nimalo vode ne bi isparavalo i hladnjak ne bi uopšte hladio okolinu.

## - Zašto neka piva u konzervi imaju lopticu unutra?

Većina piva je gazirana sa ugljen dioksidom (CO<sub>2</sub>). Dok je pivo u konzervi, jedan deo CO<sub>2</sub> je rastvoren u pivu, a drugi deo se nalazi na vrhu konzerve. Kada je konzerva zatvorena, unutrašnji pritisak (pritisak piva) je veći od spoljašnjeg (atmosferskog pritiska), ali kada otvorimo konzervu, dolazi do naglog pada unutrašnjeg pritiska i oslobađanja CO<sub>2</sub> čiji

mehurovi napuštaju tečnost i privremeno se zadržavaju na površini piva, stvarajući penu. Međutim, *Guinness* piva (koja poseduju lopticu u sebi) su konzervisana sa mešavinom CO<sub>2</sub> i azota. Azot se ne rastvara u pivu tako dobro kao CO<sub>2</sub>, pa su ova piva nešto manje penušava jer sadrže manje CO<sub>2</sub>. Kada biste sipali *Guinness* pivo iz konzerve u kome nema loptice, pena na pivu ne bi bila isuviše velika, jer bi prilična količina CO<sub>2</sub> ostala rastvorena u pivu. Svrha loptice u konzervama *Guinness* piva je upravo da oslobodi CO<sub>2</sub> rastvoren u pivu kako bi se dobila pena. Ova loptica koja se stavlja u konzervu pre nego što se konzerva (ili boca) zatvori, predstavlja jednu plastičnu sferu napunjenu azotom, sa malom rupicom na površini. Ona pliva u pivu, sa rupicom malo ispod površine piva. Pre nego što se konzerva hermetički zatvori, pivu se dodaje malo tečnog azota koji isparava tokom zaptivanja konzerve stvarajući dodatni pritisak u konzervi, a pivo (pod dejstvom povećanja pritiska) ulazi u lopticu i sabija azot u njoj. Kada otvorimo konzervu, dolazi do naglog pada pritiska u njoj, a sabijeni gas u loptici istiskuje pivo kroz mali otvor. Sa burnim izbacivanjem male količina piva iz loptice, dolazi do oslobađanja CO<sub>2</sub> koji u vidu mehurova izlazi na površinu piva gde stvara penu.

### **- Kako alkohol deluje na ljude?**

Ako ste nekada primetili ljudsko biće koje je popilo malo više nekog alkoholnog pića, sigurno ste primetili očiglednu promenu u njenom ponašanju. Ljudska bića sa alkoholom u krvi najčešće ne koordiniraju svojom komunikacijom ispravno, već pričaju prvo što ima padne na pamet, poseduju poremećenu ravnotežu i eventualno, postanu sanjivi. Alkoholi su providne tečnosti na sobnoj temperaturi, lako se rastvaraju u vodi, poseduju nižu temperaturu isparavanja od vode i veoma su zapaljivi, pa se mogu koristiti i kao gorivo. Alkoholi se mogu dobiti putem fermentacije voća ili zrnevlja (kao na primer vino ili pivo, respektivno), destilacijom fermentisanog voća (viski, rum, vodka ili džin), hemijskom modifikacijom fosilnih goriva kao što su prirodni gas, nafta ili ugalj (industrijski alkohol), i reagovanjem vodonika i ugljen monoksida (metanol). Svim alkoholima je zajedničko posedovanje OH grupe u molekulu, a alkohol koji se nalazi u alkoholnim pićima je etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). Kada popijemo čašu piva, oko 20 % alkohola se apsorbuje u želucu, dok se ostalih 80 % apsorbuje u tankom crevu. U opštem slučaju, što je veća koncentracija alkohola u piću, to se alkohol brže apsorbuje, a rastvoreni gasovi u piću ubrzavaju apsorpciju. Nakon što se apsorbuje, alkohol se rastvara u krvi koja ga prenosi do drugih tkiva u telu. Nakon dolaska alkohola u krv, počinje eliminacija alkohola iz tela brzinom od oko 15 mililitara na sat, pri čemu bubrezi i pluća eliminišu po 5 % alkohola, dok se ostali alkohol u jetri razgradi najpre do acetaldehida, a zatim do sirćetne kiseline (CH<sub>3</sub>COOH), dva protona i dva elektrona. Sirćetna kiselina se dalje može koristiti za stvaranje masnih kiselina ili može biti razložena na ugljen dioksid i vodu. Alkohol najviše deluje na nervne ćelije u mozgu, smanjujući aktivnost pobuđivačkih nervnih putanja (pre svih neurotransmitera glutamina), a povećavajući aktivnost inhibitorских nervnih putanja (pre svih neurotransmitera GABA), što dovodi do karakterističnog osećanja opijenosti. Alkohol takođe iritira zidove želuca i tankog creva, što dovodi do mučnine u stomaku; povećava priličnu krv u stomak što dovodi do povećanog lučenja želudačne kiseline (HCl); povećava priličnu krv ka koži, što uzrokuje povećani gubitak telesne toplote, a ljudi koji popiju previše alkohola najpre osećaju vrućinu, a zatim im postaje hladno; a i povećava priličnu krv ka mišićima, što dovodi do osećanja umora, odnosno tzv. mamurluka.

### **- Kako kafa deluje na mozak?**

Mnogi ljudi imaju običaj da piju kafu jer imaju utisak da ih ona razbuđuje. Hemijska supstanca kofein koja se nalazi u kafi, blokira akciju određenih supstanci koje signaliziraju



mozgu da je vreme za spavanje. Vezivanje hemijske supstance adenzina za adenzinske receptore u mozgu usporava aktivnost nervnih ćelija, što interpretiramo kao stanje pospanosti. Vezivanje adenzina, takođe, uzrokuje proširivanje krvnih sudova u mozgu. Adenzin se u našim telima stvara tokom dnevnih aktivnosti (mišićne ćelije ga stvaraju tokom naprezanja, tj. vežbe ili rada). Međutim, nervni receptori u mozgu nisu u stanju da razlikuju adenzin od kofeina, a vezivanje kofeina ne usporava rad nervnih ćelija već ga čak i ubrzava. Kofein, takođe, za razliku od adenzina, uzrokuje sužavanje krvnih sudova. Ako sa kofeinom blokiramo adenzinske receptore u mozgu, povećavamo aktivnost neurona (nervnih ćelija) u mozgu. Hipofiza posmatra sve aktivnosti u mozgu i misli kako se dešava neka uzbuna pa stoga signalizira nadbubrežnim žlezdama da povećaju lučenje adrenalina (epinefrina), hormona koji uzrokuje širenje zenica i disajnih puteva, ubrzavanje kucanja srca, priliv krvi u stomak, zatezanje mišića, sužavanje krvnih sudova na površini tela kako bi se povećao priliv krvi ka mišićima, kao i oslobađanje šećera iz jetre u krv kako bi se obezbedila ekstra energija. Kofein, takođe, povećava nivo dopamina (neuroprenosnika koji aktivira centre za pobuđivanje osećaja zadovoljstva) u mozgu, za šta se smatra da uzrokuje pojavu zavisnosti od kafe prilikom svakodnevnog konzumiranja. Osim neprirodno izazvanog stanja budnosti, kofein stvara i niz drugih neprilika tokom dugotrajnog konzumiranja. Tako, na primer, ako često pijemo kafu, onda smo se verovatno navikli da veštačkim putem izazivamo lučenje adrenalina u krv, pa ćemo postati umorni i depresivni čim nivo adrenalina u krvi opadne. Mnogi ljudi tada opet popiju kafu, ali držanje tela čitav dan u stanju uzbune nije veoma zdravo, a i čini nas napetim i razdražljivim. Međutim, najveći problem u vezi sa dugotrajnim konzumiranjem kofeina je njegov uticaj na san. Poluživot kofeina je oko 6 sati. To znači da ako ste oko 3 sata popodne popili kafu od oko 200 miligrama kofeina, u 9 sati će još oko 100 miligrama kofeina biti prisutno u vašoj krvi. Moći ćete da zaspate, ali ćete propustiti odmaranje u stanju dubokog sna. Probudićete se ne toliko sveži, i možda ćete pomisliti kako će vas jedna jutarnja kafa sigurno razbuditi i tako će se čitav krug zatvoriti i proces pijenja kafe nastavljati. Ovo je i razlog zašto oko 90 % stanovnika naše planete svakodnevno pije kafu. Kada dugotrajni konzumenti kafe odluče da prestanu da je piju, mogu imati problema sa umorom i depresijom usled smanjenog lučenja adrenalina u krv, kao i sa glavoboljom usled širenja krvnih sudova u glavi. Iz razloga zavisnosti kofein se nažalost, stavlja i u mnoga osvežavajuća pića (npr. koka-kole, pepsikole...) kako bi se konzumenti navikli na njih i sve više ih kupovali.

### **- Zašto se povrće pakuje?**

Razne vrste hrane koje danas kupujemo su spakovane u plastične omotače koji se često nazivaju Modifikovanim atmosferskim pakovanjem (MAP), a sadrže smešu gasova u čijem prisustvu je omogućeno duže očuvanje spakovane hrane. Naime, mnogo je hranljivih namirnica koje traju duže ukoliko se ne drže u atmosferi kiseonika ( $O_2$ ). Takođe, mnogi mikroorganizmi se znatno sporije razmnožavaju u atmosferi sa visokom koncentracijom ugljen dioksida ( $CO_2$ ). Prema tome, ideja MAP-a se sastoji u eliminisanju kiseonika i dodavanju ugljen dioksida u vazdušni sloj koji okružuje hranu. Tako, MAP može produžiti rok trajanja mesu sa 3 na 21 dan, siru sa 7 na 180 dana, a sveže skuvanim špagetima sa 3 na 60 dana. Ovakav način pakovanja hrane mogao bi u skorije vreme dovesti do opadanja cene hrane, kao i do šire razmene hrane između udaljenih predela naše planete. Takođe, i sezona određenih vrsta voća i povrća bi se mogla produžiti. Sa biohemijske tačke gledišta, pakovanje povrća je korisno jer ovako modifikovana atmosfera sa niskom koncentracijom kiseonika i visokom koncentracijom ugljen dioksida: blokira akciju i biosintezu etilena, biljnog hormona koji dovodi do starenja; usporava proces truljenja jer sprečava rast patogenih mikroorganizama; usporava žućenje zelenog biljnog tkiva jer sprečava degradaciju hlorofila;

održava hranljive sastojke, pre svega vitamine i šećere; usporava taloženje sekundarnih metaboličkih produkata, kao što je amonijak; i usporava degradaciju ćelijskih membrana. S druge strane, jedan od najmodernijih načina za očuvanje voća i povrća se sastoji u njihovom oblaganju sa tankim slojem smeše soja proteina, stearinske kiseline (jedne vrste masnih kiselina) i pululana (lepljivog šećera koji stvaraju pečurke).

### **- Zašto se čaj ne zagreje, a supa ne ohladi kada se nalaze u termos-boci?**

U prirodi, toplota spontano prelazi sa toplijih na hladnija tela, pa će se stoga, temperatura bilo koje stvari koja je toplija ili hladnija od temperature vazduha u sobi (ili uopšte u okolini u kojoj stoji ovaj predmet), pod dejstvom spontanog prenosa toplote, izjednačiti sa temperaturom vazduha u sobi. Toplota se prenosi putem sudara između čestica (pri čemu se slično sudarima između bilijskih kugli, brže čestice usporavaju, a sporije ubrzavaju, pa nakon određenog vremena, srednje kinetičke energije čestica obeju materija u kontaktu postaju jednake), putem zračenja (atomi vibrirajući duž hemijskih veza u molekulu u kome naelektrisanje nije sferno simetrično raspoređeno, emituju infracrvene talase, a primajući iste, pobuđuje se njihovo intenzivnije vibriranje, a time i temperatura kao mera intenzivnosti kretanja konstitutivnih čestica materijalnog sistema) ili putem strujanja (kada se zajedno sa energijom prenosi i materija od toplijeg ka hladnijem telu, pa tako i topla supa greje okolni vazduh, koji postavši topliji i ređi od okolnog, hladnijeg vazduha počinje da se penje u visinu da bi na njegovo mesto došao hladniji, gušći i teži vazduh, što je i razlog zašto duvamo u toplu supu kako bi se ona što pre ohladila). Stoga, ukoliko sprečimo ova tri načina provođenja toplote, moći ćemo da održavamo temperaturu tela konstantnom. Starije termos-boce su predstavljale staklene boce u koje se sipala tečnost, a koje su bile obavijene sa plastičnom penastom plastikom, s obzirom da su kako plastika tako i vazduh zahvaćen u mehurićima plastike, slabi provodnici toplote. Međutim, najslabiji provodnik toplote je sam vakuum, pa stoga moderne termos-boce poseduju između dva plastična omotača tečnosti i sloj sa vakuumom. Pošto je staklo lomljivo, onda se staklena boca nalazi još u plastičnom ili metalnom pakovanju. Staklo termos-boce je takođe i posrebrano tako da nazad ka tečnosti (ili ka spoljašnjosti u slučaju posrebrene spoljašnje površine staklene boce) reflektuje sve infracrvene talase. Ipak, i termos-boce poseduju izvesne toplotne gubitke i to na vrhu, odnosno otvaraču boce gde ne postoji vakuumirana izolacija, kao i na vrhu boce gde se sastaju unutrašnja i spoljašnja staklena površina.

### **- Šta znače brojevi i pruge na bar kodovima?**

Skoro svaki proizvod koji se može kupiti u samoposlugama, robnim kućama ili tržišnim centrima, poseduje na sebi ili na svom omotu utisnut UPC bar kod (prugasti kod) u obliku niza štrafti različitih debljina i brojeva ispod njih. UPC (*Universal Product Code*) je osmislila kompanija UCC (*Uniform Code Council*) kako bi se izbegao proces tipkanja cene svakog proizvoda na kasi, i umesto toga se koristili skeneri koji znatno brže rade, elektronski čitajući informaciju enkodiranu u bar kodu koja se zatim prenosi do centralnog POS (*Point Of Sale*) kompjutera prodavnice, gde se nalazi cena svakog bar koda koja se zatim šalje nazad na kasu. Svaki bar kod poseduje prugasti deo koji prepoznaje kompjuter i 12-cifreni broj koji i mi možemo prepoznati. Kada određeni proizvođač dobije od UCC-a dozvolu za korišćenje bar kodova, on zajedno sa uputstvom za korišćenja, dobija i 6-cifreni identifikacioni broj (proizvođača), koji uvek predstavlja prvih 6 cifara na svakom UPC bar kodu (*Coke* – 049000, *Quaker Oats* – 030000, *Del Monte* – 024000, ...). Sledećih pet cifara na bar kodu su brojevi koji označavaju dati artikal. UPC koordinator, zaposlen od strane proizvođača ima posao da obezbedi da dva proizvoda istog tipa ne dobiju isti ovaj petocifreni broj. Poslednji, 12. broj na

UPC bar kodu predstavlja proverni broj, pomoću koga skener sa kase proverava da li je skenirani broj ispravan ili nije. Ova, 12. cifra se može odrediti na sledeći način: saberimo najpre sve cifre na neparnim položajima u kodu (1., 3., 5., 7., 9. i 11. cifra), pomnožimo zatim dobijenu sumu sa 3, a dobijenom broju zatim dodajmo sumu svih cifara na parnim položajima u kodu (2., 4., 6., 8. i 10. cifru). Da bi kod bio ispravan, kada se poslednja cifra doda dobijenom broju u prethodnom proračunu, mora dati broj deljiv sa 10. Svaki put kada se skenira artikal, proračunava se ispravnost ove poslednje cifre, a kada ona, dodata sumi iz prethodnog računa ne daje broj deljiv sa 10, onda skener signalizira da nešto nije u redu sa bar kodom. U okviru prvih 6 cifara koji označavaju proizvođača, najviše ima nula, te se stoga, one često eliminišu iz koda, pa se dobija npr. 8-cifreni kod (kao npr. na dvolitarskim flašama Koka Kole ili Sprajta). Prvi broj u 6-cifrenom identifikacionom broju proizvođača, takođe, može označavati nešto. Naime, 0, 6 i 7 su standardni UPC brojevi, a prva cifra mora biti nula kako bi ovaj deo koda mogao da se skрати putem oduzimanja nula; 1, 8 i 9 su rezervisani brojevi; 2 označava raznovrsne proizvode (najčešće hranu); 3 označava farmaceutske proizvode; 4 koriste prodavnice kada su samo one u stanju da prepoznaju kod, a 5 odgovara kuponima. Ipak, ako želite da dešifrujete pruge na bar kodovima, uočite najpre najtanju prugu i uzmite da je njena debljina jedinična. Sve ostale pruge deblje od nje, poseduju proporcionalno veću širinu, koja može biti dvostruko, trostruko ili četverostruko deblja u odnosu na jedinično debelu prugu, a isti odnos debljina važi i za praznine između pruga. Na početku svakog koda se nalaze "1-1-1", što se označava kao crna pruga široka jednu jedinicu, praćena belom prugom širokom jednu jedinicu, praćena crnom prugom širokom jednu jedinicu. Nakon početnog dela, sve cifre iz 12-cifrenog broja ispod pruga se označavaju kao: 0 = 3-2-1-1, 1 = 2-2-2-1, 2 = 2-1-2-2, 3 = 1-4-1-1, 4 = 1-1-3-2, 5 = 1-2-3-1, 6 = 1-1-1-4, 7 = 1-3-1-2, 8 = 1-2-1-3, 9 = 3-1-1-2 (interesantno je da je suma uvek jednaka 7), pri čemu se svaka od cifara obeležava pomoću pruge, praznine, pruge i praznine odgovarajućih debljina, a između 6. i 7. cifre se nalazi standardni kod 1-1-1-1-1 koji se naravno, sastoji od pruge-praznine-pruge-praznine-pruge jediničnih debljina.

## **- Na kom principu rade sistemi protiv krađe u prodavnicama?**

Elektronsko nadgledanje artikala (EAS – *Electronic Article Surveillance*) predstavlja najčešće primenjivani sistem protiv krađe u prodavnicama. EAS sistemi rade na raznim principima, nisu međusobno kompatibilni, a i različiti sistemi imaju svoje prednosti i mane u odnose na ostale sisteme. Tri tipa EAS sistema dominiraju u današnjoj samouslužnoj industriji. U radiofrekventnim sistemima, etikete sadrže minijaturno električno kolo i antenu koja odgovara na specifičnu frekvenciju emitovanu od strane antene predajnika koja se nalazi na jednoj bazi na ulazu, odnosno izlazu prodavnice. Odgovor etikete se zatim skuplja na anteni prijemnika koja se nalazi na susednoj bazi na ulazu prodavnice. Moguće je zadati razne kriterijume za uključenje alarma na osnovu radiofrekventne veze između etikete i nepokretne baze, a najčešće je to prolaz etikete između dve baze. U okviru elektromagnetnog sistema, gvozdена, magnetska traka sa lepljivim slojem se kači na robu. Antena predajnika odašilje niskofrekventno magnetno polje, a kada traka prođe kroz prostor između antena predajnika i prijemnika, dolazi do stvaranja karakterističnog signala frekvencija, koji prepoznaje antena prijemnika i uključuje alarm. Magnetne trake se ne skidaju prilikom kupovine, već se deaktiviraju pomoću skenera koji koristi specifično, jako magnetno polje. Akustično-magnetni sistem se koristi za zaštitu robe brzog kretanja kod širokih izlaza. Predajnik šalje pulsni radiofrekventni signal, koji predaje energiju svim etiketama u zoni prolaza. Po završetku pulsa, etiketa šalje odgovor u obliku elektromagnetnog signala koji prima prijemnik. Mikrokomputer zatim proanalizira signale frekvencija sa etiketa, i ukoliko ustanovi prisustvo etikete u zoni prolaza, aktivira alarm.

## **- Šta su to detektori laži?**

Poligrafi, poznatiji pod imenom detektori laži, predstavljaju instrumente koji snimaju fiziološke reakcije bića tokom iniciranja određenih misli u njima. Poligrafi, zapravo, predstavljaju kombinaciju nekoliko različitih medicinskih uređaja koji se koriste za nadgledanje promena koje se dešavaju u određenim delovima tela, kao što su npr. ritam otkucaja srca, krvni pritisak, brzina disanja, elektrostatički naboj kože ili njena oznojenost. Premda poligrafi nikada ne mogu biti u stanju da sa apsolutnom sigurnošću nagoveštavaju istinitost ili neistinitost iskaza ispitivane osobe, oni su ipak često korisni kada su u pitanju snimanja nevoljnih fizičkih reakcija na spominjanje određene teme ili pitanja u razgovoru. Prilikom poligrafskog eksperimenta, na ispitanika se postavlja nekoliko cevi i žičica koje snimaju njegove spontane telesne reakcije. Dva pneumografa (gumene cevi ispunjene vazduhom) se stavljaju na grudi i stomak ispitanika. Kada se grudi ili trbušni mišići prošire, dolazi do premeštanja vazduha u cevi, što je u nekadašnjim analognim poligrafima delovalo na mehove – uređaj sličan harmonici koji se skuplja kada se vazduh u tubi sabije. Ovi mehovi su bili zakačeni za mehaničku polugu koja je pomoću penkala iscrtavala promene u disanju na pokretnom papiru. U današnjim, digitalnim poligrafima, mehovi su zamenjeni pretvaračima koji promene u energije nastale pod dejstvom pomeraja vazduha u tubi prevode u električne signale. Takođe, manžeta za merenje krvnog pritiska se stavlja oko gornjeg dela ruke ispitanika. Kako krv prolazi kroz krvne sudove u ruci, stvara se jedva čujan zvuk, a zvučne promene pritiska pod dejstvom ovog zvuka se prenose na vazduh u cevi pričvršćenoj za manžetu, što se opet pomoću mehova ili pretvarača prevodi u grafik na papiru ili u fluktuacije električne struje. Uz ova dva aparata, i dva galvanometra (uređaja za merenje jačine električne struje) se stavljaju na dva prsta ispitanika, čime se meri provodljivost kože. Kada je koža oznojena, ona provodi struju mnogo bolje nego kada je suva, pa se merenjem provodljivosti kože može znati nivo njene oznojenosti.

## **- Kako rade detektori metala?**

Ukoliko nekome spomenete detektor metala, možda će prvo pomisliti na traganje za starim novčićima ili zakopanim blagom na nekoj plaži ili na traganje za zakopanim cevima i kablovima pre početka izgradnje kuće, pa tek onda na one svakodnevne detektore na aerodromima, koncertima, na ulazu javnih zgrada, škola ili stadiona koji počinju da pište ukoliko u džepu ili u torbi nosimo neki metalni predmet, kao npr. ključ. Tipični metalni detektori su veoma lagani, mogu se držati u ruci, a sastoje se od svega nekoliko delova: stabilizatora (koji sprečava lelujanje aparata), kontrolne kutije (koja sadrži elektronska kola, kontrole, zvučnik, baterije i mikroprocesor), osovine (koja povezuje kontrolnu kutiju sa kalemom) i kalema (koji reaguje na blisko prisustvo metala). Neki detektori poseduju i male slušalice, kao i displej, na kome se ispisuje vrsta detektovanog metala, kao i udaljenost do njega. Metalni detektori za svoj rad koriste jednu od tri tehnologije. Veoma nisko-frekventni detektori metala su najpopularniji tip i oni poseduju dva odvojena kalema: prijemni (antena) i predajni. Propuštanjem struje kroz kalem predajnika, stvara se elektromagnetno polje u njegovoj okolini sa polaritetom magnetnog polja u normalnom položaju u odnosu na kalem. Pošto se kroz kalem propušta dvosmerna (naizmjenična) struja, magnetno polje sa promenom smera struje menja svoj polaritet, pa stalno udara i odbija se od Zemlje, pri čemu interaguje sa svim metalima koje susretne. Prilikom ovog susreta, stvara se magnetno polje u metalnom predmetu koje je suprotnog polariteta u odnosu na magnetno polje predajnika, što se detektuje pomoću prijemnog kalema. Metali sa većom induktivnošću imaju veći fazni pomeraj (kašnjenje magnetnog polja metala u odnosu na magnetno polje detektora), dok će fazni

pomeraj metala sa većom otpornošću biti manji, pa se stoga merenjem ovog pomeraja pomoću para električnih kola (fazni demodulatori) može identifikovati tip detektovanog metala. Pulsno-indukovani detektori metala šalju oko 100 strujnih pulseva kroz kalem, pri čemu svaki puls stvara kratkotrajna magnetna polja koja sa završetkom pulsa menjaju polaritet i nestaju pri čemu nastaje oštri nekoliko mikrosekundi dugačak električni pik koji zatim generiše oko 30 mikrosekundi dugačak reflektovani puls itd. Ukoliko se metalni predmet nalazi u magnetnom polju detektora, pulsevi će stvarati suprotno usmereno magnetno polje u metalu, koje će dovesti do dužeg trajanja reflektovanog pulsa, što će inicirati pištanje detektora. Tonsko-frekventni oscilirajući detektori, takođe poseduju dva kalema povezana sa oscilatorom koji stvara hiljade pulseva u sekundi, pri čemu je frekvencija oscilovanja struje različita u dva kalema. Propuštanjem naizmjenične struje kroz kalem stvaraju se radio signali koji se skupljaju na malom prijemniku na kontrolnoj kutiji koji ih prevodi u različite tonove u zavisnosti od razlike u frekvencijama između kalema. Indukovano magnetno polje u metalnom telu interferira sa frekvencijom emitovanih radio talasa što dovodi do promene visine tonova.

### **- Kako detektori požara prepoznaju vatru?**

Požarni alarmni detektori se sastoje iz dve paralelne ploče na međusobnom rastojanju od oko jednog santimetra, između kojih se nalazi mala količina radioaktivnog elementa americijuma-241 koji emituje alfa čestice, tj. jezgra helijumovih atoma koja se sudaraju sa atomima iz vazduha. Tokom ovih sudara, pod dejstvom prilično velikih kinetičkih energija alfa čestica, atomi i molekuli vazduha se jonizuju, prelazeći tako u pozitivno i negativno naelektrisane čestice. Na dve ploče između koji se nalazi radioaktivni element, dovodi se napon, tako da jedna ploča (anoda) postaje pozitivno, a druga (katoda) negativno naelektrisana. Svaka od ove dve naelektrisane ploče privlači jonizovane vazdušne čestice suprotnog naelektrisanja, što stvara električnu struju u kolu nadovezanom na ploče. U slučaju požara, prisustvo čestica dima između dve ploče alarmnog detektora redukuje električnu struju u kolu, jer se čestice dima sudaraju sa jonizovanim atomima iz vazduha i neutralizuju ih. Ovaj prestanak električne struje u kolu detektora požara pokreće glasni alarmni mehanizam.

### **- Šta sadrže vatrospremi?**

Aparati za gašenje požara sadrže različite hemijske supstance u zavisnosti od njihove primene. Ručni vatrospremi sadrže smešu azota i ugljen dioksida pod visokim pritiskom, dok aktivni materijal može biti prah kalijum bikarbonata ( $\text{KHCO}_3$ ), tečna voda ili isparljivi fluorougljenik, od kojih se najefikasnijim smatra bromhlordifluormetan ( $\text{CF}_2\text{ClBr}$ ), poznat i pod nazivom halon 1211. Brom i fluor su izrazito efikasni u gašenju požara jer neverovatno brzo vezuju atome vodonika, koji su glavni element u lancu reakcija sagorevanja. Atomi broma i fluora se oslobađaju u atmosferu prilikom razgradnje halona pod dejstvom toplote plamena, stvarajući tako katalitički ciklus koji uključuje molekule  $\text{HBr}$  i  $\text{HCl}$ , a ovaj ciklus pretvara aktivne atome vodonika u stabilne dvoatomske molekule vodonika, prekidajući tako lančanu reakciju gorenja. Ipak, 1994. godine je otkriveno da haloni oslobađaju atome fluora i bora koji odlaze u visoke slojeve atmosfere, gde smanjuju koncentraciju molekula ozona u jednom katalitičkom ciklusu. I pored intenzivnih istraživanja, još uvek se nije pronašlo tako efikasno sredstvo za gašenje požara kao što su haloni, a da su pri tome neškodljivi za životnu sredinu. Trenutno se vrše istraživanja na hidrofleurougljenicima koji slično azotu i ugljen dioksidu, deluju tako što apsorbuju toplotu i redukuju kiseonik iz okoline, a da pri tome ne

uništavaju ozonski omotač, ali im ipak nedostatak atoma broma i fluora ne dozvoljava da prekinu lančanu reakciju sagorevanja i ugase vatru tako brzo kao haloni.

### **- Šta su to sigurnosne šibice?**

Šibice koje se danas uglavnom koriste nazivaju se sigurnosnim šibicama, s obzirom da se mogu upaliti samo ako sa njima delujemo trenjem na tačno određenu površinu. Tako se uobičajene sigurnosne šibice sastoje od drvenog štapića na čijem vrhu se nalazi antimon sulfid, oksidaciono sredstvo, najčešće u vidu kalijum hlorata, sumpor (koji se lako oksiduje što izaziva sagorevanje šibice), neki lepak kao vezivno sredstvo sastavnih komponenti palidrvca i boja. Često se sloj drveta neposredno ispod vrha šibice oblaže sa parafinom koji znatno lakše (a i na nižim temperaturama) počinje da gori nego drvo. Sama ova smeša nije u stanju da započne reakciju sagorevanja, već joj u tu svrhu moramo predati energiju. Ipak, trljanjem o bilo kakvu površinu ćemo teško uspeti da joj predamo dovoljno energije za iniciranje reakcije sagorevanja, već na vrh šibice moramo delovati trenjem pomoću specijalne naborane površine koja je prevučena fosforom, kao i staklastim prahom i lepkom koji drži ovaj prah i fosfor u mestu. Kada se šibica kresne, toplota trenja izaziva prelazak crvenog fosfora u beli fosfor, što dovodi do paljenja čitavog vrha šibice, a plamen sa nje se zatim prenosi i na drvenu dršku. Za razliku od njih, prvim drvenim šibicama koje su se dobijale umakanjem drvenih štapića u neku sumpornu (ili fosfornu) rastopljenu masu, za paljenje nije bila potrebna tačno odgovarajuća površina, već su se one mogle trenjem upaliti o bilo šta kao npr. o kremen, šmirgl-papir, trotoar, farmerke ili čak i čizmu kao u kaubojskim filmovima. Postoje takođe i tzv. hemijske šibice koje se prave presvlačenjem vrha drvenog štapića sa sumporom i smešom kalijum hromata i nekog šećera, a one se pale potapanjem njihovog vrha u sumpornu kiselinu.

### **- Šta je to kamena hartija?**

Pre nego što su stari Kinezi 105. godine nove ere izumeli proces dobijanja hartije iz drveća (vodena smeša celuloznih vlakana kore dudu se prostirala preko kalupa od bambusovih trski, gde se nakon sušenja smeše nalazila meka papirna prostirka), Sumerci su pisali na glinenim pločicama, Egipćani na papirusu, Grci na pergamentu, Rimljani na bronzi i olovu, Indijci na školjkama, Inke na palminom lišću, srednjovekovni Evropljani na daščicama obloženim voskom, Rusi na brestovoj kori... Tokom 3. veka, skupi pergament je počela da potiskuje jeftinija hartija koja se tada dobijala iz starih krpa, konopaca i ribarskih mreža, a nešto kasnije iz materija bogatih celulozom (vezivnim ćelijskim tkivom kod biljaka u okviru koga se nalazi najveći deo ugljenika sa naše planete), kao što su drveća. Tek u 19. veku, hartija je prestala da se izliva u pojedinačnim listovima, jer se izumeo proces kontinualne proizvodnje traka hartije koje su se namotavale na valjke. Naime, drvene daske su se pritiskale uz kameno točilo, a tako dobijena kaša se kuvala u vodi i izlivala u trake. Ipak, za dobijanje hartije se nažalost, još uvek koriste živa drveća, koja se često nazivaju plućima planete, jer bez njihov život ljudskih bića na Zemlji ne bi bio moguć. Međutim, postoji razvijena, premda i malo korišćena tehnologija dobijanja hartije iz kamenja, tačnije iz bazalta, tufa (vulkanski kamen) ili peska. Naime, iz mašine u kojoj se rastapa bazalt, izvlače se snopovi tankih neprekidnih niti brzinom od dva kilometra u minutu. Izravnati sloj vlakana se impregnira (ojačava) sa jeftinim formaldehidnim smolama čime se dobija tanka traka hartije slična indigo-papiru, ali mrke boje. Na ovu, mrku hartiju se zatim nanosi kaolinski prah čime se dobija hartija snežno bele boje, pet puta tanja, ali i mnogo čvršća od običnog papira. Kamena hartija, usled svoje velike otpornosti na kidanje omogućava da se brzina rada štamparskih rotacionih mašina poveća nekoliko puta, slike na njoj su mnogo oštrije, a boje su

podjednako kvalitetne kao i na običnom papiru. Kamena hartija je na dodir svilasta i meka, tako da se teško može poverovati da je dobijana iz kamena. Osim toga, kamena hartija može da izdrži nekoliko hiljada puta više previjanja od obične hartije, otpornija je na vatru, dejstvo vode i bakterija. Zastupnici tehnologije kamene hartije smatraju da bi se uvođenjem ove tehnologije mogli spasti desetine miliona hektara šuma, a i reke bi postale mnogo čistije, jer se pri proizvodnji kamene hartije ne stvaraju otpadne materije. Ova nova vrsta hartija će možda jednog dana naći široku primenu u svetu oko nas i to kao: dugovečni papirni dokumenti, tanke antikorozivne cevi, tapeti koji se mogu prati, odeća, termoizolacione građevinske konstrukcije itd.

### **- Šta su to mirišljave razglednice?**

Ukoliko ste nekada u poštanskom sandučetu pronašli razglednicu na kojoj je između ostalog postojao i obojeni kvadratić na kome je pisalo “zagrebi i pomiriši” onda ste se već susreli sa tehnologijom mikroenkapsulacije. Naime, u okviru ove tehnologije, aromatična hemijska supstanca se pakuje u male želatinozne ili plastične loptice prečnika nekoliko mikrona (hiljaditih delova milimetra). Svaki put kada zagrebemo datu površinu, mi zapravo lomimo nekoliko ovih mirišljivih loptica (od nekoliko miliona loptica) iz kojih se oslobađa isparljiva supstanca koja dolazi do našeg nosa i izaziva mirisni doživljaj. S obzirom da prilikom svakog grebanja otvorimo svega nekoliko kapsula sa mirisom od oko nekoliko miliona prisutnih kapsula, ovakvi proizvodi su u stanju da desetinama godina stvaraju mirise nesmanjene svežine. Mikroenkapsulaciona tehnologija se prvi put koristila za pravljenje indigo papira, odnosno neugljeničnog papira za kopiranje. Naime, gornji sloj indigo papira je obložen sa mikrokapsulama koje sadrže bezbojno mastilo. Kada pišemo po papiru, lomimo određeni broj ovih kapsula iz kojih se oslobađa mastilo koje se zatim meša sa razvijanjem (specijalnom hemijskom supstancom) sa sledećeg sloja papira prilikom čega se stvara tamna boja koja ostavlja trag na donjem sloju papira. Tehnologija mikroenkapsulacije se danas koristi i u mnogim mirišljivim slikovnicama ili knjigama, kartonskim “bocama” parfema, a nalaze i niz drugih primena u elektronici, hemijskoj industriji, industriji tekstila, deterdženata, hrane itd.

### **- Kako sprej-boce raspršuju tečnosti?**

Fluidi (tečnosti i gasovi) su supstance čije čestice se slobodno kreću po zapremini fluida, a u sprej bocama se jedan fluid (propelant) koji se čuva pod visokim pritiskom koristi za izbacivanje drugog fluida (proizvoda) iz boce. Temperatura ključanja propelanta se nalazi ispod sobne temperature, dok proizvod ključa na znatno višim temperaturama. Prilikom izrade jednostavnijih sprej-boca, tečni proizvod se sipa u bocu, koja se zatim dobro zatvori, nakon čega se gasoviti propelant upumpava u bocu kroz sistem ventila. Gas se unosi u bocu pod visokim pritiskom, tako da potiskuje nadole tečni proizvod. U unutrašnjosti boce se osim donjeg sloja tečnog proizvoda i gornjeg sloja propelanta, nalazi i dugačka plastična cevčica koja povezuje dno boce sa sistemom ventila sa njenog vrha. Ventil na vrhu poseduje malo kompresibilno dugmence sa uskim kanalom koji prolazi kroz njega. Kada pritisnemo ovo dugmence, otvara se prolaz između unutrašnjosti i spoljašnjosti boce, a gas propelanta pod visokim pritiskom potiskuje tečni proizvod od dna do vrha plastične cevi i dalje kroz mali ventil na vrhu boce. Izuzetno uzak otvor na izlazu boce služi za atomizaciju proizvoda, odnosno za formiranje malih kapljica proizvoda rastvorenih u okolnom vazduhu, a ovako fine kapljice rastvorene u vazduhu se još nazivaju aerosolom. Moderniji sprej aparati, umesto gasovitog, koriste tečni propelant, koji se ubacuje u bocu u gasovitom stanju, ali njegov pritisak u boci toliko poraste da se on kondenzuje, tj. pređe u tečno stanje. Prilikom

pritisakanja dugmića sa vrha boce, pritisak tečnog propelanta se smanjuje, i propelant počinje da ključa, pa čestice počinju da formiraju gasoviti sloj na vrhu unutrašnjosti boce. Ovaj gasoviti sloj pod pritiskom počinje da potiskuje tečnost ispod sebe kroz cevčicu ka otvoru boce. Neke sprej-boce, kao npr. one sa bojama, sadrže u sebi kuglične ležajeve koji pomažu da se tokom mešanja propelant i proizvod dobro pomešaju tako da se proizvod izbacuje u vidu fine magle. Kako tečnost počinje da napušta bocu, u sve većoj meri se povećava gasoviti sloj na vrhu unutrašnjosti boce, što kod nekih boca dovodi do pojave još finijeg aerosola, dok kod nekih izaziva pojavu pene na izlazu boce. Sve do osamdesetih godina 20. veka, u svrhu propelanta su se koristili hlorofluorouglenici (CFC), ali kada je otkriven njihov uticaj na razaranje ozonskog omotača Zemlje, kao propelant je u najvećoj meri počeo da se koristi kondenzovani gas petroleuma.

### **- Šta su to svetleći štapići?**

Svetleći štapići predstavljaju male duguljaste štapiće koji počinju da emituju svetlost kada se malo saviju, a njihova esencijalna osobina leži u tome da se uopšte ne zagrevaju tokom svetljenja, pa se stoga mogu slobodno držati u ruci. Za emitovanje svetlosti, svetleći štapići koriste energiju dobijenu iz hemijske reakcije, koja se odvija u nekoliko koraka. Tipični komercijalni svetleći štapići sadrži u sebi rastvor vodonik peroksida ( $H_2O_2$ ), rastvor koji sadrži fenil oksalat estar, kao i fluorescentnu boju. Na početku hemijsku reakcije, vodonik peroksid oksiduje fenil oksalat estar, a kao rezultat se dobijaju fenol i nestabilni estar peroksidne kiseline, koji se veoma brzo razlaže na dodatni fenol i ciklično peroksidno jedinjenje, koje se zatim razlaže na ugljen dioksid pri čemu se oslobađa određena količina energije koja se predaje fluorescentnoj boji. Pod dejstvom primljene energije, elektroni iz atoma fluorescentne boje skaču na više energetske nivoe, a prilikom povratka na osnovna energetska stanja emituju po jedan foton. Mnogo ovako emitovanih fotona daje svetlost određene boje. Pre nego što aktiviramo lampu, dva rastvora se drže u odvojenim komorama. Fenil oksalat estar i boja ispunjavaju najveći deo plastičnog štapića, a rastvor vodonik peroksida koji se naziva aktivatorom se nalazi u maloj, lomljivoj staklenoj ampuli na sredini štapića. Kada savijemo plastični štapić, staklena ampula se prelama i dva rastvora počinju da se mešaju, što kao rezultat daje svetlost. U zavisnosti od jedinjenja koje se koriste u hemijskoj reakciji, ona može trajati nekoliko minuta ili nekoliko časova. Ukoliko želimo da već aktivirani svetleći štapić sačuvamo za sledeći dan, onda je najbolje da ga stavimo u frižider, jer će snižena temperatura usporiti odigravanje hemijske reakcije, pa će štapić duže svetleti. Isto tako, štapić će u toplijoj sobi svetleti znatno svetlije, jer će se reakcija na povišenoj temperaturi brže odigravati.

### **- Šta su to mezonske vage?**

Kada biste imali zadatak da izmerimo masu neke velike građevine, sasvim sigurno ne biste ni pomislili na mogućnost njenog razmontiranja i stavljanja pojedinačnih potpornih stubova, betonskih armatura i sličnih delova konstrukcije na vagu. Naučnici moskovskog Instituta za geološka istraživanja su pronašli način merenja masa raznih građevina uz pomoć tzv. kosmičke ili mezonske vage koja u sebi ne poseduje nikakve mehaničke dosetke. Naime, umesto mehaničkih delova, ova vaga koristi energetske atomske čestice koje stižu na Zemlju iz dalekih kosmičkih prostranstava, odnosno tzv. kosmičko zračenje. Visokoenergetsko primarno kosmičko zračenje u sudarima sa česticama iz visokih slojeva atmosfere proizvodi niz novih, sekundarnih čestica uključujući i mi-mezone, veoma prodorne čestice koje se sastoje od po jednog kvarka i jednog antikvarka i koje mogu da prodru i do nekoliko stotina metara ispod Zemljinog tla. Naravno, što prepreka na njihovom putu raspolaže većom masom,



to će njihov intenzitet (odnosno ukupan broj mezona koji pristignu na detektor u jedinici vremena) po izlasku iz prepreke biti manji. Stoga, određujući stepen slabljenja snopa mi-mezona koji su prošli kroz neku građevinu, brdo ili rudnik, možemo da zaključimo koliko materije sadrži prepreka na njihovom putu. Da biste to učinili, moramo da upotrebimo osetljive nuklearne detektore – brojače mi-mezona od kojih jedan postavljamo ispod temelja građevine, pod brdo ili u okno rudnika čiju masu želimo da odredimo, dok se drugi nalazi u vazduhu po mogućstvu neposredno iznad građevine. Primenjujući ovakvu metodu merenja, ruski naučnici su izračunali da hotel “Moskva” u Moskvi ima masu od 45 000 tona, a istom tehnikom merenja, određen je i sadržaj pojedinih minerala na nekim mestima na Zemlji, kao i količina vode u snežnim pokrivačima itd.

### **- Kako bakterije mogu biti i baterije?**

Naučnici su nedavno identifikovali izvesne bakterije iz porodice *Geobacteraceae* koje hraneći se organskom hranom stvaraju električnu energiju. Smatra se da će se uskoro naftne mrlje u morima eliminisati od strane ovih bakterija, a da će one pri tome i stvarati elektricitet koji bismo mogli da koristimo. Naime, bakterije izdvajaju elektrone iz atoma ugljenika iz morskih sedimenata kako bi pravili molekule ugljen dioksida koji su im neophodni za metabolizam i rast. Ovi odbačeni elektroni, zatim, najčešće odlaze u gvozdene ili sulfatne minerale koji čine morsko dno. Međutim, ukoliko jednu elektrodu na koju će dolaziti elektroni postavimo preko morskog tla, a drugu elektrodu postavimo u morsku vodu, dobićemo jednu bateriju koja će stvarati električnu energiju na osnovu elektrona koje oslobađaju bakterije. Električna energija koja bi se dobijala iz jedne ovakve baterije bi bila posebno velika u zagađenim vodama, gde se bakterije mogu bogato hraniti, a što se više hrane, to će oslobađati više elektrona, pa će i dobijena struja biti veća. Uz to, ove bakterije bi bile u stanju da znatno redukuju otpadne materije i naftu iz reka i mora, što bi doprinelo čistijoj životnoj sredini. Ovakve bakterijske baterije niske snage bi mogle da se koriste i za napajanje podvodne opreme, kao npr. uređaja koji mere jačine morskih struja i temperature vode, a koji se koriste kao pomoć u pomorskoj navigaciji.

### **- Kako se čisti odeća na hemijskom čišćenju?**

Kada peremo odeću u mašini za pranje veša, voda predstavlja rastvarač koji obavlja proces čišćenja. Međutim, mnoge vrste tkanine se ne mogu dobro oprati pomoću vode. Na primer, vuna i voda se uopšte ne mešaju, a postoje i razne vrste mrlja koje voda ne može efikasno da ukloni. Hemijsko čišćenje se često naziva i suvim čišćenjem, a u okviru njega, umesto vode, rastvarač predstavlja neka supstanca koja potiče iz nafte. Nekada je ovaj rastvarač bio kerozin ili benzin, a danas se u hemijskoj industriji i u servisima za hemijsko čišćenje koristi rastvarač u vidu supstance perhloroetilena. Odeća se najpre ispira u ovom rastvaraču, a zatim se rastvarač izdvaja iz odeće pomoću ekstraktora, tako da se isti perhloroetilen može ponovi koristiti. Na ovaj način se, između ostalog, izbegava isparavanje perhloroetilena u vazduh i zagađivanje okoline. Pošto se odeća na ovaj način očisti, ona se zatim pegla kako bi izgledala kao nova.

### **- Šta su to špijunske muve?**

Špijunske muve za razliku od drugih tipova mikro letelica, lete imitirajući pokrete insekata. Ovi robotski insekti su veliki između 10 i 25 milimetara, a mahanjem krila stvaraju vazdušne virove koji im omogućavaju da se održavaju u vazduhu. Na kraju svakog zamaha, krilo se rotira unazad stvarajući tako *backspin* koji omogućava podizanje tela, slično teniskoj

loptici koja se podiže u vazduhu pod dejstvom *backspin*-a. Danas postoje dva tipa špijunskih muva, a to su: mikromehanički insekti koji se proučavaju na Univerzitetu u Berkliju u Kaliforniji i tzv. entomopteri koje prave istraživači sa Instituta za tehnologiju u Džordžiji. Entomopter je u stanju da se kreće kroz holove, ventilacione sisteme, kao i da prolazi ispod vrata, a osnovni delovi od kojih se sastoji su: trup (kućište motora i primarnog rezervoara za gorivo), dva krila (prednje i zadnje krilo napravljeno od tankih filmova, a koji su povezani za trup u X konfiguraciji), dodatni motor bez unutrašnjeg sagorevanja (koji je zakačen za krila i izaziva njihovo mahanje), senzori (za posmatranje napred, nadole i sa strane), kamere (osetljive na mirise), površinski mehanizmi kormilarenja (koji pružaju pomoć navigaciji kada se letelica nalazi na zemlji), radio antena, ruke i noge (koji se zajedno nazivaju površinskim lokomotorima koji se suprotstavljaju inerciji i predstavljaju dodatno skladište goriva). Entomopter se snabdeva energijom iz hemijske reakcije. Naime, monopropelant se ubacuje u telo letelice gde izaziva hemijsku reakciju pri kojoj se oslobađa gas, čiji pritisak pokreće klipove u telu, koji su povezani sa krilima i izazivaju njihovo mahanje. Nešto gasa se ispušta kroz ventile u krilu, pa se na ovaj način izvodi okretanje ili podizanje letelice u prostoru. S druge strane, *Robofly* (jedan tip mikromehaničke letelice), napravljen je od *Plexiglass*-a, a modelovan po izgledu voćne mušice sa krilima umočenim u mineralno ulje. 6 motora (po 3 na svakom krilu) pokreću krila napred, nazad, gore i dole. Naredni tip *Robofly*-a će biti napravljen od nerđajućeg čelika, imaće masu od 43 miligrama, raspon krila od 10 do 25 milimetara, krila napravljena od *Mylar* filma, a biće napajan Sunčevom energijom pomoću piezoelektričnog pobuđivača koji će pokretati krila. Smatra se da će nam mikroletelice uskoro davati mnogo brže i detaljnije informacije o nebeskim telima (npr. planetama, satelitima i asteroidima) od savremenih, velikih kosmičkih letelica. One će takođe imati pristup mnogim mestima u koje ljudi i velike mašine nisu u stanju da kroče (npr. u blizini erupcije vulkana, zemljotresa, tornada itd.), a korišćiće se i za nadgledanje saobraćaja, raznih zemaljskih predela, ispitivanje strujovoda, pravljenje fotografija iz prirode i dr.

### - Šta je to Peningova klopka?

Peningova zamka predstavlja uređaj koji koristi električna i magnetna polja za hvatanje i čuvanje naelektrisanih čestica, tj. jona, a najvažniju primenu u poslednje vreme nalazi kao aparatura za čuvanje antimaterije u vremenu od po nekoliko dana. Poznato je da se antimaterija i materija prilikom susreta anihiliraju, tj. pretvaraju u čiste elektromagnetne talase, pa je stoga čuvanje antimaterije i sprečavanje njenog kontakta sa materijom pravi problem i izazov za naučnike. U Peningovoj klopki, dve baterije na krajevima proizvode električno polje, dok magnetno polje putuje normalno na linije sila električnog polja. Ovakvo uzajamno dejstvo električnog i magnetnog polja omogućava ravnotežu sila u središtu aparature i stoga dugotrajno čuvanje naelektrisanih čestica, npr. antiprotona, u praznom prostoru između dve baterije. U novijim eksperimentima uvedeno je i dodatno električno polje koje rotira oko linija sila magnetnog polja, a ovaj izum omogućava neodređeno dugo čuvanje jona, a osim toga, u mnogim eksperimentima uključen je i plavi laser koji hladi jone do vrlo niskih temperatura i tako usprava njihovo kretanje, pa im na taj način i smanjuje verovatnoću bekstva iz klopke.

### - Šta je to Džozefsonov spoj?

Džozefsonov spoj predstavlja ime sendviča napravljenog od dva sloja superprovodnih materijala između kojih je umetnut tanak sloj nekog provodnog materijala koji nije superprovodnik električne struje. Ovaj spoj je dobio ime po Brajanu Džozefsonu (*Brian Josephson*) koji je 1962. godine predvideo da bi superprovodni elektroni mogli da "tuneliraju"

kroz središnji sloj, krećući se tako slobodno između dva superprovodna kraja, a za ovo otkriće mu je 1973. godine pripala i Nobelova nagrada za fiziku. Ispod kritične temperature svakog superprovodnika, sila između dva elektrona prestaje da bude odbojna i postaje blago privlačna kao rezultat specifične nisko-temperatureske interakcije elektrona sa jonskom rešetkom metala. Ovo blago privlačenje im dozvoljava da se spuste u niže energetske stanje, stvarajući tako energetske praznine, što dopušta struji elektrona da se kreće bez sudaranja sa jonima rešetke, pa je stoga električni otpor ovakvih materijala jednak nuli. U jednom Džozefsonovom spoju, sve dok se ne postigne određena kritična vrednost struje, parovi elektrona nesmetano prolaze kroz središnji sloj pri čemu zbog odsustva magnetnog polja ne nailaze ni na kakav otpor, a kao rezultat toga pad napona u spoju je jednak nuli. Međutim, kada jačina struje premaši kritičnu vrednost (ili ako se stvori magnetsko polje), dolazi do pojave drugog, vremenski zavisnog napona duž spoja i do narušavanja superprovodnosti barijere, a upravo prelaz između ova dva stanja Džozefsonovog spoja (superprovodno stanje - 1 i otporno stanje - 0) i njegova detekcija leže u srži mnogih dizajniranih elektronskih uređaja budućnosti.

### - Šta je to SQUID?

SQUID (*Superconducting QUantum Interference Device*) je akronim za "superprovodni kvantni interferirajući uređaj", koji predstavlja veoma osetljivo električno kolo sastavljeno od dva Džozefsonova spoja koji prekidaju strujnu petlju. Ovaj uređaj predstavlja osnovu komponentu raznih tipova magnetometara i voltmetara koji su u stanju da izmere napon i od samo nekoliko pikovolti (i struju jačine od  $10^{-15}$  A), što ih čini 1000 puta osetljivijim od drugih dostupnih vrsta voltmetara. Rad SQUID-a se bazira na veoma velikoj osetljivosti na ukupnu količinu magnetnog polja koje prolazi kroz petlju, a mereni napon je blisko povezan sa vrednošću ovog magnetnog polja. Zahvaljujući svojoj izuzetno velikoj osetljivosti, SQUID je u stanju da vrši merenja magnetskih pojava čak do nivoa kvanta magnetne energije (tzv. Borov magneton). SQUID se koristi u najrazličitijim vrstama istraživanja. Tako, npr. pošto mozak funkcioniše električno, moguće je praćenjem magnetnih polja nastalih pod dejstvom neuroloških struja, posmatrati aktivnost mozga ili srca. U geološkim istraživanjima, SQUID magnetometar je u stanju da detektuje ostatke iz istorijskih geofizičkih promena u Zemljinom magnetnom polju u kamenju. Takođe, i podmornice u prolazu deluju na promenu ambijentalnog magnetnog polja, pa se SQUID može koristiti za detekciju položaja raznih vrsta podmornica, brodova i drugih vozila, a napravljen je i SQUID skenirajući mikroskop, kod koga se SQUID šeta po površini uzorka, a na osnovu promena u magnetizmu uzorka stvara se njegova slika.

### - Šta su to spintronici?

Spintronici su elektronski uređaji budućnosti koji će za svoje funkcionisanje koristiti osim naelektrisanja elektrona i njegov spin. Spin je fundamentalna karakteristika svih elementarnih čestica i predstavlja ugaoni momenat čestice, što po klasičnoj predstavi odgovara rotaciji čestice oko svoje ose. Međutim, na osnovu kvantne mehanike, smatra se da čestice nemaju neku određenu osu. Ono što nam spin govori je ustvari, kako čestica izgleda posmatrana iz različitih pravaca. Tako, čestice sa spinom 0 (fotoni) odgovaraju tačkama, jer izgledaju iste iz svih pravaca; čestice sa spinom 1 (gluoni i virtuelni fotoni) odgovaraju strelama, jer izgledaju iste samo ako se okrenu za ceo krug ( $360^\circ$ ); čestice sa spinom 2 (graviton) odgovaraju obliku dvostrane strele, jer izgledaju isto ako se okrenu za pola kruga ( $180^\circ$ ); dok čestice sa spinom jednakim jednoj polovini (protoni, neutroni, elektroni) se sa stanovišta spina teško mogu zamisliti jer izgledaju isto tek kada se okrenu za dva puna kruga ( $720^\circ$ ). S obzirom na to, spin protona, neutrona i elektrona može imati samo dve vrednosti:

+1/2 i -1/2, odnosno može biti usmeren na "gore" i na "dole". Iako još uvek nije u potpunosti prevaziđen problem održavanja elektrona u određenom spinskom stanju, napravljeni su prvi elektronski uređaji koji koriste spin polarizovane struje, odnosno struje elektrona čiji su spinovi orijentisani u istom smeru. Ovakva spin polarizovana struje elektrona se dobija propuštanjem kružno polarizovane svetlosti kroz određeni nanostrukturni materijal.

### **- Šta su to optička vlakna?**

U poslednjih dvadeset godina, u telefonskoj industriji i u Internet saobraćaju, optička vlakna intenzivno zamenjuju bakarne žice, čime se znatno smanjuju troškovi prenosa informacija. Da biste razumeli kako rade optička vlakna, probajte da zamislite jednu široku cev dugačku nekoliko kilometara čija je cela unutrašnjost obložena ogledalima. Ako bi vaš drugar sa baterijskom lampom bacio snop svetlosti u cev, vi biste na drugom kraju cevi sigurno videli tu svetlost. Za obostranu komunikaciju pomoću baterijskih lampi verovatno biste morali da koristite Morzeovu azbuku, ali biste sasvim sigurno bili u stanju da se sporazumevate. Pravljenje ovakvih cevi male veličine bi bilo veoma teško, pa se stoga optička vlakna prave od izuzetno čistog stakla (najčešće 90 % SiO<sub>2</sub> i 10 % GeO<sub>2</sub>). Ovo staklo je toliko čisto da kada biste od njega napravili prozor debeo nekoliko kilometara i dalje biste mogli da gledamo kroz njega. Od dugačke staklene niti se formira kabl debljine ljudske kose, koji se zatim oblaže sa dva sloja plastike. Oblaganjem staklenog vlakna sa plastikom dobijamo ekvivalent ogledala oko vlakna, jer se i pomoću plastičnog omota postiže totalna unutrašnja refleksija. Probajte da usmerite svetlost iz lampe na prozor pod pravim uglom i videćete da će najveći deo svetlosti proći kroz prozor. Međutim, usmerite svetlost iz lampe pod malim uglom (skoro paralelno sa površinom prozora) i videćete da će se najveći deo svetlosti odbiti od prozora i pasti na zid sobe. Slična stvar se dešava i dok svetlosni signali putuju kroz optičko vlakno. Svetlost se odbija pod malim uglovima i stalno ostaje u vlaknu. Da biste poslali telefonski signal kroz kabl sa optičkim vlaknom, analogni zvučni signal se prevodi u digitalni signal. Laser se na jednom kraju vlakna pali i gasi kako bi slao jedinice i nule, tj. bitove informacije. Moderni sistemi vlakana sa jednim laserom mogu prenositi i do nekoliko milijardi bitova u sekundi, jer se laser može uključivati i isključivati nekoliko milijardi puta u sekundi. Najnoviji sistemi koriste višestruke lasere sa različitim bojama kako bi uklopili različite signale u isto vlakno. Moderni kablovi sa optičkim vlaknom mogu prenositi signal na rastojanje od oko 100 km. Za prenos informacija na veća rastojanja, koristi se dodatna oprema koja na svakih 100 km prima signal i ponovo ga šalje na cilj.

### **- Kolika je energetska efikasnost optičkih vlakana?**

Iako optička vlakna danas predstavljaju najefikasniji put prenosa informacija na daljinu, ona ipak nisu savršeno efikasna. Kod optičkih vlakana, postoji dva osnovna izvora gubitka energije. Najveći deo svetlosti se izgubi na granici dodira izvora svetlosti i početka vlakna, a ovaj gubitak definiše tzv. efikasnost spoja koja retko kada prelazi 20 %, što znači da samo jedna petina fotona koji nose informaciju uspe da se ukrca iz svetlosnog izvora u vlakno. Kada se svetlost nađe u vlaknu i započne svoj put kroz njega, dodatni gubici postaju znatno manji i tada se opisuju prigušenjem svetlosti (koja se najčešće definiše kao broj decibela po kilometru pređenog puta) na šta utiče nekoliko faktora uključujući materijal od koga je napravljeno optičko vlakno (plastična optička vlakna proizvode veće prigušenje signala od staklenih optičkih vlakana), tip jezgra (ili debljine), tip vlakna (jednomodna vlakna stvaraju manja prigušenja od multimodnih vlakana kod kojih se više od jednog signala istovremeno šalje kroz vlakno, što može izazvati interferenciju između signala pa i pojavu prigušenja), razliku između indeksa prelamanja jezgra vlakna kroz koji putuje svetlost i

omotača vlakna (ako se ova razlika postepeno menja tada je prigušenje manje nego kada postoji oštar prelaz), krivljenje vlakna (što je optički kabl savijeniji, to su veći gubici, premda je ovakvo prigušenje najčešće zanemarljivo malo, ali kada se kabl zakrivi više od tzv. specifičnog poluprečnika krivine, tada dolazi do prekida optičke niti i do njenog znatno slabijeg funkcionisanja), kao i eventualne popravke na njemu. Tako, plastično multimodno optičko vlakno poseduje prigušenje od oko 15 dB/km, stakleno multimodno optičko vlakno oko 5 dB/km, a stakleno jednomodno optičko vlakno oko 0,5 dB/km, premda se ove vrednosti stalno smanjuju usled svakodnevnog poboljšanja kvaliteta ovih vlakana.

### **- Koja je razlika između analogne i digitalne tehnologije?**

U analognoj tehnologiji, talas se snima i koristi u svojoj originalnoj formi. Tako, na primer, u analognom *tape recorderu*, električni signal se direktno sa mikrofona prenosi na magnetnu traku. Električni signal sa mikrofona je analogan originalnom zvučnom talasu, pa je stoga i zvuk sa magnetne trake isto analogan. Talas sa trake se može učitati, pojačati i poslati na zvučnik kako biste čuli zvuk. U digitalnoj tehnologiji, analogni talas se sempluje, tj. deli na određene intervale koji se zatim pretvaraju u digitalne brojeve, odnosno brojeve koji se sastoje od određenog broja jedinica i nula, i skladište u memoriji digitalnog uređaja. Na kompaktnom disku, brzina semplanja iznosi 44 100 semplova u sekundi, što znači da je svaka sekunda analognog zvuka na CD-u pretvorena u 44 100 brojeva. Da biste čuli muziku, brojevi se pretvaraju u određeni naponski signal koji odgovara originalnom analognom talasu. Dve velike prednosti digitalne tehnologije se nalaze u tome što digitalni snimci ne propadaju sa vremenom (poseduju *high fidelity*, kao i dobru reprodukciju jer isti brojevi uvek daju isti signal), a i brojevi se uvek mogu kompresovati pomoću kompjutera, pa se na taj način digitalni podaci mogu efikasnije skladištiti.

### **- Kako neki diskovi mogu više puta da se presnimavaju?**

Unutrašnja površina kompaktnog diskova se sastoji od spiralnih rupica ugraviranih na plastičnom supstratu presvučenom sa reflektivnim slojem aluminijuma. Topografija ove površine uzrokuje moduliranje reflektovane laserske svetlosti, od tamnih do svetlih delova. Da bi se napravio tzv. *recordable* CD koji se mogu samo jednom nasnimati, počinje se sa plastičnim supstratom koji ne poseduje ucrtane rupice, već prazne brazde, a preko toga tanak sloj boje. Pulsirajući visokim intenzitetom, laser u CD drajveru sagoreva svojom svetlošću otiske u boji, a ovako napravljena razlika između otisaka može se kasnije očitavati pod dejstvom laserskog snopa manjeg intenziteta. Međutim, kod tzv. *rewriteable* CD-ova, koji se mogu više puta nasnimavati i presnimavati, tanak sloj takozvanog fazno-promenljivog metala zamenjuje sloj boje, a ovaj materijal zahteva dva dodatna dielektrična, odnosno staklena zaštitna sloja. CD drajver koristi laserski snop velikog intenziteta za ucrtavanje amorfni otisaka u metalnom sloju, snop srednje jačine radi ucrtavanja kristalnih otisaka i snop male jačine za čitanje prethodno ispisanih podataka. Prilikom čitanja, kristalno ucrtani otisci su svetliji od amorfni, pa to drajver prepoznaje slično rupicama i ravninama na površini običnog CD-a. Kristalno-amorfni prelazi su reverzibilni, a ovakvi diskovi se mogu oko 1000 puta presnimavati. Postoje tendencije za zamenom današnjih lasera u CD plejerima, koji emituju infracrvene fotone talasnih dužina od 820 nanometara sa plavim laserima koji emituju koherentnu svetlost talasne dužine 460 nanometara, čime bi se znatno povećala količina podataka koja se može smestiti na jedan disk. Tako bi umesto jedne Betovenove simfonije, na jedan CD moglo da stane svih njegovih 9 simfonija, dok bi u MP3 formatu na jedan CD mogla da stanu skoro sva napisana i izvedena Betovenova dela.

## - Šta je to DVD?

DVD (Digitalni Video Disk) predstavlja trenutno najpouzdanije sredstvo za čuvanje podataka, od tekstova do zvuka, a pogotovo visoko kvalitetnih video zapisa. Iako je memorija DVD-a velika, nekompresovani dugometražni film ipak ne bi mogao da stane na jedan DVD. U ovu svrhu, grupa koja se zove *Moving Picture Experts Group* (MPEG) ustanovila je standarde za kompresovanje pokretnih slika. Kada se filmovi snimaju na DVD, oni se dešifruju u MPEG-2 format i skladište na disk. Tokom kompresije, MPEG enkoder analizira svaku od 26 slika u sekundi filma i odlučuje kako će je dešifrovati, pri čemu se služi standardnim tehnikama eliminacije redundancije i irelevantnih podataka, a koristi se i delovima prethodnih slika u slučajevima kada se scenografija ili pejzaž ponavljaju na više slika (npr. vesti kod kojih se pozadina ne menja). Svaka slika se može enkodirati na jedan od tri načina: kao intraslika (koja sadrži podatke celokupne slike), kao predviđena slika (koja sadrži podatke koji plejeru kažu koliko se slika promenila u odnosu na neku od prethodnih) ili kao bidirekciona slika (u slučaju koje, plejer interpolacijom podataka sa dve okolne slike projektuje boju svakog piksela). DVD plejer sadrži MPEG-2 dekomder, koji je u stanju da dekompresuje ove podatke dovoljno brzo da bi se film mogao gledati. Za ovo dekodiranje je potrebna velika procesorska snaga, pa stoga neki kompjuteri sa ugrađenim DVD plejerima nisu u stanju da puštaju DVD filmove, jer im je brzina procesovanja nedovoljno velika. Svaki minut filma u slučaju MPEG-2 kompresije zauzima 30 Megabajta memorijskog prostora diska. Lako se može izračunati da jedan dvočasovni film zahteva u slučaju ovakve kompresije 3600 Megabajta memorije, što je znatno veće od maksimalnog skladišnog kapaciteta CD-a od 750 Megabajta. Razlog velike razlike u memorijskom kapacitetu između CD-a i DVD-a je u tome što DVD poseduje na svojoj površini rupice (koje je izgoreo laser prilikom snimanja) na rastojanjima od 0,4 mikrometra, dok ovaj razmak kod CD-a iznosi 0,83 mikrometara. Razmak i razlika u osvetljenju ovih spiralno ugraviranih rupica predstavljaju informacije koje čita DVD plejer kao jedinice i nule i prevodi ih u razumljivu informaciju. Dok disk rotira u unutrašnjosti DVD plejera, optička glava lasera šalje svetlosne snopove na površinu diska, a ova svetlost se reflektuje do detektora kada pogodi razmak između rupica, a kada pogodi rupicu rasipa se unaokolo i ne stiže do detektora. Na taj način, razmak između rupica odgovara jedinici u digitalnom zapisu, dok sama rupica predstavlja nulu. U lokalnim video klubovima su najzastupljeniji DVD-5 diskovi, što znači da imaju memoriju od 5 Gigabajta. Osim njih postoje i DVD-8 koji se sastoji od dva preklapljena diska, tako da laser koji "čita" informacije najpre interpretira podatke sa gornjeg diska, a zatim menja ugao osvetljavanja i prevodi podatke sa donjeg diska. DVD-18 se sastoji od dva preklapljena diska, gde je svaki nasnimljen sa obe strane.

## - Šta su to mini diskovi?

Mini diskovi veoma podsećaju na flopi diskete dimenzija 3,5 inča, premda su nešto manji od njih, jer imaju po 7 santimetara (2,75 inča) u dužini i širini. Međutim, na jednom mini disku se može smestiti 100 puta više podataka nego na jednoj flopi disketi. Naime, memorija mini diska iznosi oko 140 Megabajta u modu za podatke, a 160 Megabajta u zvučnom modu, dok memorija flopi diskete iznosi 1,44 Megabajta. Premda se svi podaci zapisani na mini diskovima mogu menjati, mini diskovi se mogu naći u dva oblika: kao prethodno nasnimljeni ili kao prazni. Prethodno nasnimljeni mini diskovi predstavljaju umanjenu verziju kompaktnih diskova, iako se na jednom CD-u može smestiti 650 Megabajta podataka u modu za podatke, a 740 Megabajta u zvučnom modu, CD-ovi i mini diskovi mogu uskladištiti podjednaku dužinu muzike (oko 75 minuta). Ovako efikasnije skladištenje muzike na mini diskovima u odnosu na CD-ove omogućeno je primenom kompresione tehnike koja

se zove ATRAC (*Adaptive TRansform Acoustic Coding*) koja petostruko smanjuje memoriju muzičkih fajlova i predstavlja *lossy* kompjuterski algoritam, što znači da veoma malo menja zvuk prilikom kompresije. Mini diskovi koji se mogu presnimavati i koji se kupuju kao prazni predstavljaju magnetno-optičke uređaje na kojima može stati 140 Megabajta informacija. Muzika na njima može biti rasuta svuda po površini, a mini disk plejer će pravilno povezivati ove odvojene delove prilikom puštanja muzike. To znači da za razliku od snimanja CD-ova kod koga se svaki put mora presnimavati cela površina, sa mini diska se pojedinačne pesme mogu brisati i neke nove nasnimavati.

### **- Kako na CD može stati 800 puta više podataka?**

Današnji kompakt diskovi se prave putem injektiranja tečnog polimera preko kalupa koji poseduje kodirajuće “grebene” na svojoj površini. Ovi grebeni – odrazi u ogledalu udubljenja koja se u navojima pojavljuju u polimeru, seku se putem litografije, istog procesa koji se koristi i za proizvodnju kompjuterskih čipova. Međutim, u litografiji se koriste snopovi svetlosti koja nije u stanju da napravi ove grebene na većim razmacima od talasne dužine svetlosti (koja ih ucrtava). Takođe, i površinski napon u tečnom polimeru ograničava mu sposobnost prilagođavanja grebenima ispod određenih dimenzija. Da bi prevazišao ove prepreke, Stiven Čou sa Univerziteta u Princetonu je umesto snopa svetlosti koristio snop brzih elektrona za ucrtavanje putanja na disku. Naime, ubrzavanjem elektrona do velikih kinetičkih energija, njihova talasna dužina se može učiniti znatno manjom od talasne dužine vidljive svetlosti. Čou takođe ima ideju da se u okviru ovog procesa koji je nazvao *nanoimprint* tehnologijom, kalup ubaci u omekšan, ali dovoljno čvrst polimer, jer bi se na taj način eliminisali problemi povezani sa visokim površinskim naponom tečnog stanja. S obzirom da memorijska gustina ovako dobijenih CD-ova iznosi 62 Gigabita na jednom kvadratnom santimetru, primenom ovakve metode bi na CD običnih dimenzija moglo da stane 800 puta više podataka nego na običnom CD-u, dok bi na jednom disku prečnika bakarnog novčića moglo da se uskladišti pet sati filma. Međutim, rastojanja između udubljenja u polimernoj strukturi ovakvog CD-a su manja od talasne dužine laserske svetlosti pomoću koje CD plejeri čitaju informacije enkodirane u ovim rastojanjima i prevode ih u muziku. Stoga se za čitanje ovakvih diskova koriste gramofoni sa iglom jednog *atomic force* mikroskopa (ovakvi mikroskopi se koriste za pomeranja pojedinačnih atoma prilikom dizajniranja materijala na atomskom i molekularnom nivou) čiji je vrh širok samo nekoliko atoma. Ona ne mora da dodiruje površinu CD-a da bi ga čitala. Naime, na dovoljno malim rastojanjima, formira se dovoljno jako elektrostatičko polje između površine diska i igle gramofona tako da sa vibriranjem igle i njenim približavanjem površini CD-a, sila između atoma dovodi do menjanja frekvencije vibriranja igle. Kada igla prođe preko udubljenja u polimernoj strukturi diska, intenzitet vibriranja (odnosno amplituda vibracije) blago opada jer na ovakvim mestima postoji veći razmak između igle i površine diska nego što je to slučaj kada igla prolazi iznad mesta na disku na kome nema udubljenja. Merenjem promena frekvencije vibriranja igle ovog specijalnog gramofona sa njenim prolaskom preko površine diska, čitaju se podaci i prevode u muziku.

### **- Kako rade kvarcni satovi?**

Kada su se kvarcni satovi prvi put pojavili na našoj planeti sedamdesetih godina 20. veka, predstavljali su najnovije tehnološko dostignuće, premda su posedovali isključivo crvene LED displeje, a koštali su čitavih 500 dolara. Danas je njihova cena znatno manja, a umesto LED lampica poseduju LCD (tečno kristalni displej) ili obične kazaljke. Ručni satovi na navijanje koji se na Zemlji koriste od 14. veka, sastoje se od opruge čijim skupljanjem se

skladišti energija, oscilujuće mase kao vremenske baze, kazaljki, kruga sa obeleženim satima, kao i zupčanika koji usporavaju brzinu otkucaja oscilujuće mase i povezuju masu i oprugu sa kazaljka. Tokom šezdesetih godina 20. veka, prvi put su napravljani satovi sa tranzistorskim oscilatorom koji održava zvučnu (rezonantnu) viljušku, koja bruji pri frekvenciji od nekoliko stotina Herca (broj oscilacija u sekundi), ali su zupčanici i dalje prevodili ovo mehaničko brujanje u kretanje kazaljki. Ipak, balansni točkić i opruga su tada po prvi put bili zamenjeni zvučnom viljuškom i baterijom. Sledeći korak je bio pronalazak tehnologije koja će davati još preciznije vreme od zvučne viljuške, a upravo to je bilo uvođenje oko hiljadu puta preciznijih kvarcnih kristala. Kvarcni kristali (silicijum dioksid –  $\text{SiO}_2$  koji čini najveći deo peska) se veoma dugo koriste za davanje preciznih frekvencija u svim radio predajnicima, prijemnicima i kompjuterima, nerastvorljivi su i ostaju kristalni do temperatura od nekoliko stotina Celzijusovih stepeni. Međutim, osobina zbog koje se koriste u satovima je ta da kada se kompresuju ili saviju, dolazi do stvaranja slobodnog naelektrisanja (tj. napona duž kristala) na njihovim površinama, što predstavlja pojavu poznatu kao piezoelektrični efekat. Slično tome, ukoliko primenimo napon na kristal, doći će do promene njegovog oblika. Ukoliko oblikujemo zvono od kristala kvarca (posebno kada je ono oblikovano duž glavne kristalne ose), ono će zvoniti nekoliko minuta nakon što ga kucnemo. Na površini zvona će se pojaviti naelektrisanje, a povezivanjem zvona sa elektrodama moći ćemo da registrujemo napon, pojačamo ga putem tranzistora ili integrisanog kola i ponovo primenimo na zvono kako bi ono nastavilo da zvoni. Ipak, kvarcno zvono nije najpovoljniji oblik, jer se velika količina oscilujuće energije rasipa u vazduh, pa je stoga najzgodnije oblikovati kristal kvarca u ravnu šipku ili disk. Kvarcna šipka u kvarcnim satovima najčešće osciluje pri relativno niskoj frekvenciji od 32 kHz, što je povoljno ne samo zbog oblika kristala (odnos dužine i širine šipke mora ostati isti kako se ne bi promenila frekvencija), već i zbog toga što je elektronskom kolu (koje deli ovu frekvenciju oscilovanja na svega nekoliko pulseva u sekundi radi ispisivanja na displeju ili jednog pulsa u sekundi radi pokretanja malog električnog motora povezanog sa standardnim zupčanicima koji pomeraju kazaljke) potrebno mnogo više snage za procesovanje viših frekvencija. Osnovni uslovi za postizanje dobre preciznosti kvarcnih satova su što preciznije poznavanje početne frekvencije oscilovanja, kao i što preciznije poznavanje ugla pod kojim se seku kvarcni listovi u odnosu na kristalografske ose, a i primese u kristalu mogu uzrokovati nepreciznost časovnika.

### **- Kako rade samonavijajući satovi?**

Za razliku od mehaničkih i kvarcnih satova, samonavijajućim satovima nisu potrebne baterije, niti ih moramo navijati svaki dan kako bi normalno funkcionisali. Ukoliko se zagledamo u providnu pozadinu jednog samonavijajućeg sata, lako možemo primetiti jedno polukružno parče metala, koje u neku ruku, predstavlja srce ovih satova. Naime, ovo polukružno metalno parče je veoma masivno u odnosu na druge komponente sata, pa stoga na njega najviše deluje Zemljina gravitacija. Ukoliko pomeramo sat, ovo metalno parče će se okretati tako da je uvek usmereno u pravcu Zemlje. Kada hodamo sa satom na ruci i naše ruke se klate napred-nazad, pa se ovo parče metala u satu isto tako blago pokreće. Pokretno parče metala u satu je povezano sa nizom zupčanika koji navijaju sat. Svaki pokret ruke navija pomalo oprugu u satu, a što su nam pokretnije ruke, to će se i sat više navijati. Ukoliko posle nošenja ostavimo sat na polici ormana, navojna opruga koja ima sposobnost skladištenja energije, u stanju je da pokreće kazaljke na nepokretnom satu još oko jedan i po dan.

### **- Šta su to radio satovi?**



Radio satovi su vrste satova koji na osnovu radio signala pokazuju tačno vreme. Ovi satovi su najčešće povezani sa vremenom nekog atomskog časovnika u svetu, kao što je npr. atomski sat u američkom nacionalnom Institutu za standarde i tehnologiju u Fort Kolinsu u Koloradu, u SAD-u. Ovaj atomski sat poseduje radio stanicu (*WWVB* – stanica koja šalje vremenske kodove) snage od 50 000 Vati i niske frekvencije od samo 60 000 Herca (radi poređenja tipična AM radio stanica šalje signale na frekvenciji od oko 1 MHz, dok su FM radio stanice locirane na frekvencijama od oko 100 MHz) pomoću koje šalje vreme radio satovima u Severnoj i Centralnoj Americi. U svrhu radio odašiljanja vremenskih kodova, *WWVB* radio stanica koristi jedan od najjednostavnijih poznatih sistema, a i radi pri veoma niskoj brzini slanja podataka od samo jednog bita u sekundi (radi poređenja, tipični modemi prenose desetine hiljada bitova u sekundi, a jedna *Web* stranica bi se brzinom prenosa *WWVB*-a učitala više od 10 dana). Signal frekvencije 60000 Hz se stalno emituje, ali se njegova snaga periodično menja, tako da signal slabije snage u trajanju od 0,2 sekunde označava binarnu nulu, u trajanju od 0,5 sekundi označava binarnu jedinicu, a u trajanju od 0,8 sekundi predstavlja razmak (kao *STOP* u telegrafskim porukama, što označava kraj prethodne i početak nove rečenice). Emitovani vremenski kod sadrži informacije o minutu, času, danu u godini, kao i o samoj godini, uključujući i informacije o višku vremena u njoj (s obzirom da godina traje približno 365,24 dana), kao i o prestupnim godinama. Tačno vreme se prenosi pomoću 53 bita i 7 razmaka, pa mu je stoga potreban tačno jedan minut da prenese signal časovnicima. Za razliku od običnih satova, radio satovi sadrže malu antenu i radio prijemnik pomoću koga primaju i dešifruju vremenski signal i podešavaju precizno vreme. Da biste namestili na radio satu tačno vreme, sve što je potrebno da uradite je da izaberete vremensku zonu u kojoj se nalazite i sat će automatski pokazati tačno vreme na svom displeju. Jedini način da dobijete još tačnije vreme je da pronađete časovnik koji bi radio signalima bio povezan sa atomskim satom na jednom od Zemljinih satelita, a takvi satovi se nalaze npr. u okviru GPS prijemnika.

### **- Koliko je širok radio spektar?**

Radio spektru pripadaju svi elektromagnetni talasi koji kroz prostor i vreme osciluju frekvencijama manjim od 300 GigaHerca, što je manje od frekvencija kojom osciluju mikrotalasi ili još energetskiji infracrveni talasi. Po definiciji, talasne dužine radio talasa se nalaze u opsegu između 1 mm i 100 km, dok se njihove frekvencije nalaze u opsegu od 3 kiloHerca do 300 GigaHerca. Kada posredstvom zvučnika našeg radio prijemnika čujemo spikera koji nam kaže kako slušamo datu FM stanicu na frekvenciji od 92 MegaHerca, onda znamo da predajnik u datoj radio stanici osciluje sa frekvencijom od 92 MegaHerca (92 miliona amplituda u sekundi), a frekventnom modulacijom ovog signala se postiže prenos informacija (u vidu muzike, govora itd.) preko elektromagnetnog talasa upućenog ka anteni našeg prijemnika. Sve frekventno modulirane (FM) radio stanice prenose signale u frekventnom opsegu između 88 i 108 MegaHerca i ovaj opseg se ne koristi ni u jednu drugu svrhu osim za rad FM radio stanica. Na isti način, AM radio stanice su dogovorno ograničene na opseg frekvencija između 535 i 1700 kiloHerca, kratkotalasne radio stanice na opseg između 5,9 i 26,1 MHz, CB (*Citizens Band*) radio stanice na između 26,96 i 27,41 MHz, televizijske stanice na opseg između 54 i 88 MegaHerca (od 2. do 6. kanala, najčešće) ili između 174 i 220 MHz (od 7. do 13. kanala, najčešće). Takođe, i svi bežični aparati poseduju svoje posebne frekventne opsege, pa tako daljinski otvarači garažnih vrata i daljinski alarm ključevi za kola komuniciraju preko signala frekvencije od oko 40 Hz, standardni bežični telefoni koriste opseg između 40 i 50 MHz, a novi bežični telefoni rade na frekvenciji od 900 MHz, bebi monitori na 49 MHz, radio aviončići na oko 72 MHz, a radio automobilčići na oko 75 MHz, ogrlice za kućne ljubimce od 215 do 220 MHz, svemirska stanica *MIR* je tokom

svog petnaestogodišnjeg orbitiranja oko Zemlje, pre nego što je pala u Tihi Okean, komunicirala sa Zemljom u opsegu između 145 i 437 MHz, mobilni telefoni koriste frekvencije između 824 i 849 MHz, radari za kontrolu vazdušnog saobraćaja između 960 i 1215 MHz, GPS sistem između 1,227 i 1,575 GHz, a komunikacije sa svemirskim letelicama namenjenim za put kroz daleki Kosmos se obavljaju na frekvencijama od 2,29 do 2,3 GHz.

### **- Kako neki radio aparati na svom displeju pokazuju poruke sa radio stanice?**

Radio aparati koji na svom displeju prikazuju tekstualne poruke koje emituje radio stanica, poseduju ugrađeni *Radio Data System* (RDS) koji je razvio švedski *Telecom* 1976. godine kao način slanja podataka radio pejdžerima. U Evropi, FM radio stanice emituju svoj program u frekventnom opsegu od 100 kiloHerca (u Americi, 200 kHz). Stanica, naravno ne mora da ispunjava ceo svoj frekventni opseg sa radio programom, već jedan deo opsega može koristiti za simultano emitovanje radio poruka u vidu RDS signala. RDS prenosi digitalnu informaciju na frekvenciji od 57 kiloHerca, sa brzinom prenosa podataka od 1187,5 bps (bitova u sekundi). Pomoću RDS-a, radio stanice često emituju imena pesama, pozivne poruke ili obaveštavaju o gužvama u saobraćaju ili vremenskim prilikama.

### **- Šta je to satelitski radio?**

Za razliku od zemaljskih radio stanica čiji signali mogu da putuju na rastojanja od samo oko 50-70 kilometara od mesta izvora (pre nego što bivaju apsorbovani u atmosferi ili otpušteni u Kosmos), satelitski radio šalje svoje signale sa visine od 35 000 kilometara (geostacionarna orbita na kojoj sateliti stalno stoje iznad istog mesta na Zemlji), a muzika sa njega poseduje kristalno čist zvuk i nije u stanju da upadne u interferenciju sa bilo kojim drugim signalom (kao kada se u kolima ili kada zazvoni mobilni telefon, prekida muzika sa radija usled preklapanja radio talasa različitog porekla). Takođe, slušaoci satelitskog (koji se često naziva i digitalnim) radija neće morati da traže muziku sa lokalnih radio stanica, već imaju pristup stotinama svetskih radio stanica sa najrazličitijim tipovima muzike, radio drama, vesti, priča, a bez reklama. Proizvođači automobila su u modelima kola za 2001. i 2002. godinu ugradili prijemnike satelitskih radio talasa, a elektronske kompanije su nedavno lansirale na tržište nekoliko modela portabl prijemnika satelitskog radija. Danas, na našoj planeti postoje tri satelitska radija: *Sirius*, *XM* (koji su dostupni u SAD-u) i *WorldSpace* (koji je trenutno dostupan u Africi, Aziji i Južnoj Americi). Komponente svakog od ova tri satelitska radio sistema su: sateliti, zemaljski ponavljači signala (ripiteri) i radio prijemnici. *XM* radio koristi dva *Boeing HS 702* satelita (*Rock i Roll*) postavljena u geostacionarnoj orbiti, jedan na 85, a drugi na 115 stepeni zapadne geografske dužine. Zemaljska stanica *XM* radija šalje signale satelitima koji ih dalje odbijaju do radio prijemnika širom Zemlje. Radio prijemnici su programirani tako da dešifruju (*unscramble*-uju) digitalne signale koji sadrže oko 100 digitalnih audio kanala, a uz enkodiran zvuk, signal sadrži i dodatne informacije, kao što su ime pesme, izvođača, vremenska prognoza itd. koje se emituju na displeju radio prijemnika. U gradovima, gde zgrade lako mogu blokirati satelitske signale, *XM* radio-difuzni sistem je obogaćen sa dodatnim zemaljskim predajnicima. *Sirius* je po svom sistemu slanja digitalnih enkodiranih signala sličan *XM* radiju, osim što za razliku od *XM*-a, *Sirius* ne koristi satelite u geostacionarnoj orbiti, već tri SS/L-1300 satelita formiraju nagnutu eliptičku satelitsku konstelaciju, tako da svaki satelit dnevno provede oko 16 sati iznad severnog dela američkog kontinenta. Takođe, *Sirius* nudi i adapter pomoću kojih je običan radio prijemnik moguće preobraziti u prijemnik digitalnih signala sa satelita. *WorldSpace* predstavlja najstariju satelitsku radio industriju koja je svoj satelit *AfriStar* lansirala u geostacionarnu

orbitu još 1998. godine, *AsiaStar* satelit je bio lansiran 2000., a *AmeriStar* 2001. godine. Svaki od ovih satelita šalje po tri snopa radio talasa, gde svaki od snopova prenosi oko 50 kanala audio i multimedijalnih programa na segmentu radio spektra od 1467-1492 MHz, koji je posvećen digitalnom audio brodkastingu.

### **- Čemu služe rupice na satelitskom tanjiru?**

Uloga satelitskog tanjira je da u što je moguće većoj meri reflektuje satelitske talase i usmerava ih na antenu tanjira. Kada se pomoću postavki teorije elektromagnetnog polja reše jednačine za raspodelu polja u i oko provodne površine, nalazimo da se elektromagnetni talasi ne prostiru daleko kroz rupe čije su razmere manje od talasnih dužina elektromagnetnih talasa. Isto tako, rupe ili druge nepravilnosti koje se nalaze na površini provodnika, a po razmerama su manje od talasne dužine elektromagnetnog talasa, ne utiču na refleksiju elektromagnetnih talasa sa provodne površine. Ovakav mrežasti zaklon od elektromagnetnih talasa naziva se Faradejev kavez. U slučaju satelitskog tanjira, pomoću rupa, razmera manjih od talasne dužine radio talasa, održavaju se refleksione karakteristike tanjira, a u slučaju samog Faradejevog kaveza koji se često montira oko snažnih emitera elektromagnetnih talasa, pomoću rupica adekvatne veličine, postiže se blokiranje emisije elektromagnetnih talasa aparata koji u svom radu emituju ovo zračenje. Ukoliko se talasna dužina zračenja smanji do te mere da talasna dužina postane manja od razmera rupa, onda bi se ovakva pojava značajno odrazila na funkcionalnost satelitskog tanjira ili Faradejevog kaveza. Tako, za određeni tip mreže, Faradejev kavez prestaje da predstavlja štitić od zračenja iznad neke granične frekvencije. Slično tome, i satelitski tanjiri prestaju da funkcionišu efikasno iznad neke određene frekvencije prijemnih talasa.

### **- Kako se obavljaju telefonski razgovori na velikim razdaljinama?**

U prvim danima telefonije, telefonska kompanija bi izgradila centralnu kancelariju u sred grada i povezala sve telefonske korisnike sa centralom pomoću po para bakarnih žica. Telefonski operator bi sedeo u centralnoj kancelariji ispred utikačne ploče u koju bi bile utaknute žice iz svih telefona u gradu. Ako biste tada hteli da pozovete prijatelja putem telefona, podigli biste slušalicu u kući i tada bi se u centrali upalila lampica pored utikača sa parom žica iz vašeg telefona. Operator bi priključio svoju slušalicu na vaš kabl i pitao vas sa kim želite da razgovarate. Kada bi saznao vaše željeno telefonsko odredište, operator bi povezo svoju slušalicu sa parom žica koji vodi do telefona vašeg potencijalnog sagovornika, poslao signal koji inicira zvoncu, i kada neko podigne slušalicu sa druge strane linije, rekao bi da vi želite da razgovarate sa njim. Operator bi zatim posredstvom utikača uspostavio vezu između vašeg para žica i para žica vašeg sagovornika. Kada bi se ugasila lampica iznad vašeg utikača, to bi značilo da ste prekinuli vezu i operator bi tada uklonio vezu između vaših dva telefona. Da ste u to vreme želeli da razgovarate sa prijateljem iz nekog udaljenog grada, vaš gradski operator bi vas najpre povezo sa jednom od linija koje idu do međugradske centrale. On bi tada najpre operateru iz međugradske, a zatim i operateru iz centrale grada u kome vaš prijatelj živi rekao traženi telefonski broj tako biste uspostavili vezu sa udaljenim prijateljem. Međutim, danas je sistem prenosa telefonskih signala znatno drugačiji. Prva stvar koja se uvela u starom telefonskom sistemu bili su mehanički prekidači koji su zamenili misleće operatere. Ipak, danas su kompjuteri dozvolili zamenu mislećih i mehaničkih prekidača sa kompjuterizovanim prekidačima. Umesto ljudi, danas kompjuteri povezuju telefone i izračunavaju i čuvaju zapise o telefonskim računima. Bakarne žice i dalje povezuju telefone sagovornika ali vas kompjuteri povezuju u svakoj centrali. Ipak, u najmodernijim delovima naše planete, bakarne žice više ne povezuju telefonske centrale, jer je takav sistem telefonije

izuzetno skup. Umesto bakarnih žica, uvode se linije optičkih vlakana koje prenose digitalizovanu verziju našeg glasa. Naš glas se prevodi u tok bajtova, tj. niz signala sastavljen od "jedinica" i "nula" koje se kreće kroz optičko vlakno između centrala, a razlika u isplativosti izgradnje para žica kojim se može prenositi samo jedan razgovor i jednog optičkog vlakna kojim se može istovremeno prenositi oko hiljadu razgovora je neverovatno velika. Kada danas poželimo razgovor sa prijateljem iz nekog drugog grada, prekidač u lokalnoj centrali pristupa bazi podataka koja sadrži zapise o svim telefonskim brojevima povezanim na taj priključak. Baza podataka sadrži ono što se zove PIC (*Primary Interchange Carrier*) kod koji ukazuje na to koja je međugradska ili međudržavna centrala pozvana. Drugim rečima, kada okrenete brojeve koji ukazuju na zemlju (381, 311...) ili mesto (011, 021...) PIC kod se menja. Prekidač zatim traži PIC kod za vaš traženi broj telefona i povezuje vas sa međugradskim prekidačem, koji vas povezuje sa lokalnim prekidačem telefona vašeg prijatelja. Ceo ovaj proces se uz pomoć kompjutera, prekidača, žica i optičkih vlakna obavlja u treptaju oka.

### **- Da li je mobilni telefon ustvari radio?**

Mobilni telefon stvarno jeste radio. Ako ste ikada rasklopili mobilni telefon, verovatno ste primetili da su njegovi sastavni delovi: antena, tečno kristalni displej (LCD), tastatura, mikروفon, zvučnik, baterija, i naravno, ploča sa elektronskim kolima na kojoj se nalazi digitalni signalni mikroprocesor koji rukovodi svim zadacima, zatim radiofrekventni pojačivači, kao i nekoliko čipova, a to su dva čipa za prenos izlaznog zvučnog signala iz analognog u digitalni, i ulaznog signala u obrnutom smeru, kao i čipovi sa stalnom i fleš memorijom. Relativno savremene preteče mobilne komunikacije su bili automobilski radio telefoni. Postojala je po jedna centralna antena u svakom gradiću i na njoj samo oko 25 dostupnih kanala. Telefonu u automobilu je stoga bio potreban neobično jak predajnik koji bi mogao da prenosi radio signal na razdaljinu i do sedamdesetak kilometara. Takođe, pošto je postojao mali broj dostupnih kanala, nije mogao veliki broj ljudi da koristi mobilne telefone. Deobom grada na manje oblasti, tj. tzv. "ćelije" (eng. - *cells*, odakle je i nastala engleska reč za mobilni telefon - *cell phone*) omogućila se proširena raspodela frekvencija tako da milioni ljudi mogu istovremeno koristiti mobilne telefone. Tipični nosilac mobilne komunikacije prima 832 radio frekvencija duž grada i deli grad u manje oblasti, tzv. "ćelije" (oko 26 kvadratnih kilometara), gde svaka "ćelija" ima svoju baznu stanicu, koja se sastoji od tornja i male zgrade sa radio opremom. Svaki mobilni telefon koristi dve frekvencije po pozivu (tzv. dupleks kanal), pa stoga postoji 395 glasovnih kanala po nosaču, jer se ostale 42 frekvencije koriste kao kontrolni kanali. Svaka "ćelija" ima oko 56 dostupnih glasovnih kanala. Drugim rečima, u svakoj "ćeliji", oko 56 ljudi može istovremeno pričati preko mobilnog telefona. Uz pomoć metoda digitalnog prenosa, broj dostupnih kanala se može povećati. Osim radio prijemnika, mobilni telefoni poseduju i radio predajnike niske jačine (0,6 ili 3 Vata), isto kao i same bazne stanice, što svodi baterijske troškove na minimum, a i razmena frekventno moduliranih (FM) radio signala između stanice i telefona ne odlazi daleko van "ćelije". U prosečno velikom gradu postoji oko stotinak baznih stanica, kao i mobilna telefonska kancelarija date kompanije, koja raspodeljuje sve mobilne telefonske pozive na obični, zemljani telefonski sistem, i kontroliše rad svih baznih stanica u oblasti.

### **- Zašto je nije preporučljivo koristiti mobilni telefon na benzinskoj pumpi?**

Postoji jako mala, ali i realna opasnost prilikom korišćenja mobilnih telefona na benzinskoj pumpi. Baterije koje koriste mobilni telefoni predaju dovoljno energije da bi mogle da zapale bilo koje gorivo. Zatim, zvono telefona najčešće koristi izvor od preko 100

Volti za pobuđivanje. Mobilni telefoni, takođe, emituju radiofrekventne talase od oko 5 Vati, što može izazvati pojavu električne struje u nekom okolnom metalu. Eventualna varnica iz električnog kola telefona bi takođe mogla da uzrokuje eksploziju goriva, a i podzemni tankovi goriva bi mogli da stupe u rezonanciju sa signalom mobilnog telefona. Iako statički elektricitet na spoljašnjosti automobila poseduje za nekoliko redova veličine veću verovatnoću za uzrokovanje požara, mnoge benzinske pumpe na Zemlji zabranjuju korišćenje mobilnih telefona u okolini benzinske pumpe. Pre tri godine, u gradu Adelejdu, u Južnoj Australiji, eksplodirala je benzinska pumpa, srećom bez ljudskih žrtava, a za uzrok požara proglašen je mobilni telefon.

## **- Koja je razlika između analognih i digitalnih mobilnih telefona?**

Danas, na našoj planeti, tri najpopularnija tipa mobilne telefonije predstavljaju obična analogna mobilna telefonija (AMPS), digitalna mobilna telefonija i PCS. Postoje dva popularna digitalna mobilna sistema. Jedan je poznat kao "digitalni servis", a drugi kao PCS. Digitalni servis koristi novije, digitalne telefone koji komuniciraju preko običnih AMPS tornjeva. Poziv se vrši putem uobičajenog AMPS protokola, a zatim se razgovor prenosi digitalno. Digitalni telefoni dele jedan AMPS zvučni kanal na tri digitalna kanala pomoću tehnike poznate pod imenom TDMA (*Time Division Multiple Access*), što znači da tri telefona mogu deliti isti kanal, pri čemu svaki telefon koristi kanal delić sekunde, zatim isto toliko vremena kanal koristi drugi, pa zatim treći telefon, pa opet prvi itd. Stoga, digitalni mobilni telefoni predstavljaju hibride između postojećih analognih telefona i digitalne tehnologije. S druge strane, PCS telefoni su u potpunosti digitalni. Oni koriste svoje posebne tornjeve, kao i potpuno odvojeni raspon frekvencija (između 1,85 i 2,16 GigaHerca). S obzirom na ovako visoku frekvenciju komunikacije, tornjevi moraju biti postavljeni na znatno manjim međusobnim rastojanjima nego što je to slučaj kod tornjeva za analognu komunikaciju. S obzirom da je prenos informacija potpuno digitalan, greške kod dešifrovanja su potpuno izostavljene, što znači da je prekid veze skoro nemoguć, a i veza je znatno razgovetnija. Ipak, PCS se koristi drugim servisima kada su u pitanju pejdžiranje, ID pozivi ili slanje *e-mail* poruka.

## **- Šta su to pejdžeri?**

Pejdžeri su mali radio aparati koji sve vreme slušaju samo jednu radio stanicu. Radio predajnik prenosi signale na specifičnoj frekvenciji, a svi pejdžeri sa mreže datog predajnika imaju ugrađene prijemnike koji primaju ove signale. Svaki pejdžer poseduje specifičnu identifikacionu sekvencu koja se naziva *Channel Access Protocol* (CAP) kodom. Kada čuje ovaj kod, pejdžer obaveštava korisnika i uz to eventualno, pruža neku dodatnu informaciju. Postoji 5 osnovnih tipova pejdžera: biperi – prvi i najjednostavniji oblici pejdžiranja koji obuhvataju samo različite zvučne, svetlosne ili vibrirajuće signale; glasovni/tonski – koji omogućavaju slušanje snimljene glasovne poruke nakon njenog primanja; numerički – imaju mogućnost slanja samo telefonskih brojeva i brojevnih poruka, gde svaki broj predstavlja neku tekstualnu poruku u skladu sa uputstvom za korišćenje; alfanumerički – koji osim brojeva mogu slati i tekstualne poruke; i dvosmerni – koji osim primanja, imaju mogućnost i slanja poruka. Regionalne i državne pejdžing mreže postavljaju tornjeve, slične onima koje koriste mreže mobilne telefonije, kako bi svojim signalom pokrile određene predele. S druge strane, *on-site* pejdžing sistemi koriste male, *desktop* predajnike, jer su predodređeni da signalom pokrivaju znatno manju oblast. Ako ste nekada došli u restoran u kome vam je konobarica odmah pružila u ruke jednu napravu radi alarmiranja u slučaju pojave slobodnog mesta, onda možete znati da je ova naprava ustvari jedan *on-site* pejdžer čijom primenom se

sprečava gužva u samom restoranu, već se možemo šetati negde po okolnim ulicama, dok nas pejdžer ne obavesti o slobodnom mestu. Tipičan pejdžer se sastoji iz: baterija, zvučnika, LED-a, motora, radio antene i mikroprocesora. Jednostavna radio antena, napravljena od namotaja žice oko metalnog jezgra, prikuplja signal koji šalje predajnik. Ovaj signal se zatim šalje do mikroprocesora, koji ga poređi sa CAP kodom. Ukoliko se primljeni signal poklopi sa CAP kodom, pejdžer se koristi zvukom, LED svetiljkom ili vibriranjem da bi obavestio korisnika o pristigloj poruci. Zvučni signal se stvara posredstvom malih piezoelektričnih zvučnika, montiranih direktno na ploči sa elektronskim kolima. U svrhu vibriranja, pejdžeri, slično mobilnim telefonima, koriste mali jednosmerni motor za koga je zakačen mali teg. Kada se motor zavrti, teg se odvaja od centra i počinje da udara o zidove komore u kojoj je postavljen motor, a s obzirom da se teg obrće sa brzinama između 100 i 150 obrtaja u sekundi, ovakvo kretanje izaziva snažnu vibraciju celog pejdžera.

### - Šta je to univerzalni prevodilac?

Na našoj planeti danas postoji više od 6000 različitih jezika, a ovolika raznovrsnost lako može predstavljati poteškoću u sporazumevanju sa nekim ko ne govori nijedan od jezika koje mi poznajemo. Ideju o univerzalnom prevodiocu smo videli u "Zvezdanim stazama", a ViA, kompanija koja proizvodi kompjutere kao delove odeće, razvila je Zemljanog univerzalnog prevodioca. Univerzalni prevodilac ViA je veličine dva špila karata (24,77 cm x 7,95 cm x 3,18 cm), podeljen je u dve polovine koje su povezane pokretljivim zglobovima, a težak je 0,63 kg i lako se može zakačiti za kaiš ili staviti u džep od jakne. Univerzalni prevodilac je opremljen sa mikroprocesorom od 600 MHz koji pokreće *Windows 2000* operativni sistem, a kompatibilan je sa tastaturom ili *software*-om za prepoznavanje glasa. Osnovni delovi ViA univerzalnog prevodioca su: mikrofoni (koji se drže u rukama ili stavljaju oko glave), zvučnik (ugrađen u prednjem delu uređaja), hard disk drajv (2,5-inčni IBM hard drajv sa oko 6,2 Gigabajta memorije), kontrole (na gornjem desnom delu uređaja), priključak za baterije (koji pokreće litijum-jonske baterije na punjenje), dva ulaza za dve PC kartice tipa II ili jednu PC karticu tipa III, USB port (preko koga se neki periferni uređaj može povezati sa ViA uređajem), AC/DC džek (preko koga se uređaj može napajati u kolima putem automobilskih baterija ili u kući putem struje iz električne mreže), integrisani ulazno/izlazni džekovi (za priključivanje za digitalni displej) i magnezijumova legura koja prolazi duž uređaja kako bi rasipala toplotu iz sistemskog procesora. Kada korisnik priča (na engleskom), njegov glas detektuje *software* za prepoznavanje glasa koji zatim prepoznaje šta je korisnik rekao i prevodi to na jezik za koji je uređaj podešen. 5 sekundi nakon govora korisnika, prevedene reči se projektuju na zvučnik uređaja odakle se čuje prevod. Odgovor osobe sa kojom pričamo će zatim biti preveden na engleski jezik, što znači da univerzalni prevodilac poseduje mogućnost dvosmernog prevoda, pri čemu je jedan od jezika uvek engleski. Današnja verzija univerzalnog prevodioca može prevoditi na desetine jezika uključujući italijanski, francuski, španski, portugalski, srpski, nemački, korejski, arapski, tai, kineski i mnoge druge jezike. Univerzalni prevodilac ViA ipak, najčešće ne prevodi reč po reč, već pokušava da izrazi suštinu onoga što je korisnik rekao. Istovremeno je u stanju da razlikuje akcente engleskog koji se govori u Hjustonu i engleskog koji se priča u Bostonu, a poseduje i stožnu funkciju u rečniku, omogućavajući tako dodavanje žargona i slenga u standardne rečnike instalirane na uređaju.

### - Kako neki foto-aparati odmah izbacuju sliku?

Fotografski film predstavlja plastičnu traku koja je presvučena nekim jedinjenjem srebra (najčešće srebro bromid – AgBr) koje je osetljivo na svetlost. Crno-beli filmovi

poseduju jednoslojnu prevlaku, dok filmovi u boji poseduju tri ovakva sloja – gornji sloj, koji je osetljiv na plavu svetlost; srednji sloj, osetljiv na zelenu i donji sloj, osetljiv na crvenu svetlost. Kada škljocnemo dugme na foto-aparatu, blenda kamere se otvara, film se izlaže dejstvu svetlosti i osetljiva zrna u svakom sloju reaguju na svetlost određene boje, ostavljajući trajan zapis od slici. Fotoni reagujući sa jedinjenjem srebra iz filma uzrokuju njegovu disocijaciju na pozitivne jone srebra i anjone drugog elementa (npr. broma). Da biste preveli ovakav zapis u sliku, neophodno je razviti film. Razvijajući predstavljaju hemikaliju koja prevodi disosovane jone srebra u neutralne srebrne atome. Film se dalje izlaže dejstvu tri različita razvijajuća boja koji sadrže tzv. kuplere boja. Tri boje su cian (kombinacija zelene i plave svetlosti), magenta (kombinacija crvene i plave svetlosti) i žuta (kao kombinacija zelene i crvene svetlosti). Svaka od ova tri tipa kuplera boja reaguje sa po jednim slojem filma. U običnom filmu, kupleri boja se kače za eksponirane čestice, dok se u diapozitivnom filmu, kupleri boja kače za ne-eksponirane oblasti na filmu. Običan razvijeni film u boji poseduje negativnu sliku – boje na njoj su obrnute od boja u originalnoj slici, dok se u razvijenom diapozitivnom filmu, dve boje kače za ne-eksponirane oblasti na filmu formirajući određenu stvarnu boju na svakom sloju. Tako, na primer, ako je zeleni sloj eksponiran, žuta i cian boja će se zakačiti na obe strane zelenog sloja, ali se magenta neće zakačiti za zeleni sloj. Žuta i cian će se kombinovati formirajući zelenu boju. Kamere i foto-aparati koji su u stanju da sami razvijaju slike (tzv. instant kamere), koriste boje na isti način kao i diapozitivni film. Međutim, osim istih svetlosno osetljivih slojeva kao u diapozitivnom filmu, filmovi instant kamera poseduju i nekoliko dodatnih slojeva koji sadrže sve neophodne hemikalije koje učestvuju u procesu razvijanja. Svi ovi slojevi stoje na crnom osnovnom sloju i poređeni su po sledećem redosledu: osnovni crni sloj, razvijajući cian boje, sloj osetljiv na crvenu svetlost, sloj razmaka, razvijajući magenta boje, sloj osetljiv na zelenu svetlost, sloj razmaka, razvijajući žute boje, sloj osetljiv na plavu svetlost, sloj reagensa, sloj slike, *timing* sloj, kiseli sloj i sloj čiste plastike. Reagens (smeša neprovidne supstance, baze, belog pigmenta i drugih elemenata) predstavlja ključnu komponentu u procesu razvijanja. Pre slikanja, materijal reagensa je udaljen od svetlosno osetljivog materijala i sakupljen u grudvici na granici plastičnog sloja, što štiti film od razvijanja pre eksponiranja. Nakon što škljocnemo kamerom, rolna filma prolazi izvan kamere kroz par valjkova koji ravnomerno razmažu reagens kroz celi film. Kada se reagens raširi između sloja slike i drugih svetlosno osetljivih slojeva, on reaguje se drugim hemijskim slojevima u filmu. Neprovidni materijal sprečava prodiranje svetlosti u slojeve ispod, tako da film nije potpuno eksponiran pre nego što se razvije. Reagens se kreće nadole kroz sve slojeve prevodeći eksponirane čestice u svakom sloju u metalno srebro. Hemikalije zatim rastvaraju razvijajuće boje tako da one počinju da difunduju nagore ka sloju slike. Oblasti neutralnog srebra u svakom sloju (zrna koja su bila eksponirana svetlosti) zahvataju boje i sprečavaju njihovo dalje kretanje. Samo boje iz neeksponiranih slojeva će se kretati do sloja slike. Tako, na primer, ukoliko je zelena boja bila eksponirana, magenta neće naći put do sloja slike, ali žuta i cian hoće. Ove boje će se kombinovati dajući poluprovidan zeleni film na površini slike. Svetlost koja se reflektuje sa belog pigmenta u reagensu svetleće kroz ove slojeve boja isto onako kao što sijalica svetli kroz diapozitiv. U isto vreme, dok se hemikalije reagensa kreću nadole kroz svetlosno osetljive slojeve, druge hemikalije reagensa sa probijaju nagore kroz gornje slojeve filma. Kiseli sloj filma reaguje sa bazom i neprozirnom supstancom iz reagensa čineći tako da ova neprovidna supstanca postane providna, što nam omogućava da vidimo sliku ispod. *Timing* sloj usporava reagens na svom putu do kiselog sloja što daje filmu dovoljno vremena da se razvije pre nego što se izloži svetlosti. Kada posmatramo postepeno pojavljivanje slike na aparatu, mi zapravo posmatramo ovu završnu hemijsku reakciju (slika je tada već razvijena u donjim slojevima) u kojoj kiseli sloj razbistrava neprozirnu supstancu tako da slika postaje vidljiva.

## - Kako su CCD zamenili fotografske filmove?

CCD (*Charged Coupled Device*) su moderni elektronski uređaji za primanje slika, a sastoje se od poluprovodnog silicijuma, koji ima osobinu da oslobađa elektrone kada svetlosni fotoni padnu na njegovu površinu (fotoelektrični efekat). Da bi se sačuvala putanja svetlosti koja pada na CCD, fotoni se registruju na malim delićima slike (pikselima – 2048 x 2048), definisanim položajima elektroda (tzv. kapija). Oslobođeno naelektrisanje sa svakog piksela se, sistematskim menjanjem napona na elektrodama, pojačava, broji i prevodi u oblik koji može biti zapamćen od strane kompjutera i emitovan na ekranu. Za razliku od fotografskih filmova, CCD-evi su znatno osetljiviji na svetlost, pa se na njima mogu snimati i znatno manje sjajna tela, njihov šum je takođe mnogo manji od fona fotografskih filmova, poseduju veliki opseg frekvencija svetlosti duž kojih se može snimati slika, poseduju veliki dinamički opseg (što znači da se na istoj slici mogu snimiti i veoma svetli i malo sjajni objekti), visoku linearnost izlaznog signala (što znači da je broj izbijenih elektrona direktno srazmeran broju apsorbovanih fotona), a i za razliku od fotografskih filmova, stvaraju digitalne slike.

## - Koja je razlika između CCD i CMOS senzora svetlosti u digitalnim kamerama?

I CCD (*Charged Coupled Device*) i CMOS (*Complimentary Metal Oxide Semiconductor*) senzori digitalnih foto-aparata i kamkordera imaju za cilj prevođenje svetlosti u elektrone i mogu se zamisliti kao dvodimenzionalni niz solarnih ćelija. U CCD uređajima, naelektrisanje iz ćelija senzora se prenosi duž čipa i čita na jednom uglu tzv. niznog procesora, a konverter prebacuje vrednost jačine struje iz analogne u digitalnu vrednost. S druge strane, u većini CMOS uređaja, za svaki piksel je povezano nekoliko tranzistora koji pojačavaju strujni signal. U svrhu nedeformisanog prenosa naelektrisanja duž čipa, koriste se posebni procesi proizvodnje CCD senzora, dok pravljenje CMOS čipova uključuje sasvim uobičajene procese proizvodnje (kao kod običnih mikroprocesora), te su stoga CMOS senzori i jeftiniji od CCD senzora. Upravo zbog razlike u procesu proizvodnje, pojavljuju se razne razlike između ova dva tipa svetlosnih senzora. Tako, npr. CCD senzori stvaraju visokokvalitetne i visoko-rezolutivne (tj. sa velikom gustinom piksela) slike sa malo šuma, dok su CMOS senzori podložniji na šum. Pošto svaki piksel CMOS senzora poseduje u svojoj blizini nekoliko tranzistora, mnogi fotoni koji padnu na čip, pogode transistor umesto fotodiode, pa to doprinosi manjoj svetlosnoj osetljivosti CMOS senzora. CCD senzori troše stotinak puta više snage za napajanje od CMOS senzora.

## - Šta je to Segway?

*Segway*, koji je pre nego što je bio javno otkriven, bio poznat i pod imenom *IT* (ili *Ginger*), predstavlja prvo samo-balansirajuće prevozno sredstvo koje po svom spoljašnjem izgledu pomalo podseća na skuter ili trotinet. Za razliku od automobila, *Segway* poseduje dva točka, a kada želite da se na njemu pomerate napred ili nazad, dovoljno je samo da se nagnete na željenu stranu, dok za skretanje levo ili desno morate povući desnu ručku napred ili nazad. A što je najvažnije, šta god da na njemu uradite, *Segway* se neće prevrnuti. Interesantno je da je pronalazačev model za konstrukciju *Segway*-a bilo upravo ljudsko biće. Naime, ukoliko se stojeći nagnemo unapred tako da izađemo iz ravnoteže, fluid u unutrašnjim ušima će signalizirati mozgu naš položaj, pa ćemo znati kako da reagujemo (odnosno da ispružimo nogu unapred) da biste povratili ravnotežu. *Segway* čini praktično istu stvar, samo pomoću točkova umesto nogu, motora umesto mišića, skupa mikroprocesora umesto mozga i niza



osetljivih senzora umesto sistema za uranotežavanje unutrašnjeg uha. Kao što naš mozak signalizira nogama da naprave korak kada se nagnemo unapred, isto tako mikroprocesori *Segway*-a signaliziraju okretanje točkova u pravcu u kome se nagnemo stojeći na vozilu. Osnovu senzorskog sistema *Segway*-a čini niz žiroskopa. Žiroskop u suštini predstavlja rotirajući točak unutar stabilnog okvira. Rotirajuće telo se opire promeni svoje ose rotacije jer se primenjena sila pomera zajedno sa rotirajućim telom. S obzirom na pružanje otpora pri dejstvu spoljašnje sile, žiroskop zadržava svoj položaj u prostoru (u odnosu na Zemlju) kada ga pomeramo ili okrećemo. Međutim, okvir žiroskopa se slobodno pomera u prostoru. Merenjem položaja rotirajućeg točka u odnosu na nepomični okvir, precizni senzor nam može izračunati nagib tela, kao i brzinu naginjanja. Pošto su uobičajeni žiroskopi glomazni i teški za održavanje u ovakvom tipu vozila, *Segway* koristi specijalne silicijumske senzore koji određuju rotaciju tela preko Koriolisovog efekta na malim razmerama. Ovi senzori se sastoje od malih silicijumskih tanjirića montiranih na okviru-držaču. Čestice silicijuma se pomeraju pod dejstvom elektrostatičke struje primenjene duž tanjira. Čestice se pomeraju na određeni način, što uzrokuje vibriranje tanjira. Međutim, kada se tanjir zarotira duž svoje ose (tj. kada se *Segway* zarotira u istoj toj ravni), čestice se iznenada pomeraju u odnosu na tanjir, što menja način vibriranja, čija je promena srazmerna stepenu rotacije. Žiroskopski sistem meri promenu u vibraciji i prosleđuje informaciju kompjuteru, koji iz dobijenih podataka lako prosuđuje duž koje ose *Segway* rotira. *Segway* poseduje 5 žiroskopskih senzora, premda su mu samo tri potrebna za detektovanje pravca naginjanja, dok ostala 2 senzora doprinose pouzdanosti vozila. Kompjuter *Segway*-a se sastoji iz 10 mikroprocesora, čija je snaga 3 puta veća od običnog PC-a. Električni motor *Segway*-a se napaja od strane para nikel-kadmijumskih (Ni-Cd) ili nikel-metal hidridnih (NIMH) baterija, koje pokreću svaki točak nezavisno od drugog, i brzinom koja zavisi od signala sa žiroskopskih senzora. Kada stanemo na *Segway*, senzor težine automatski pali vozilo (pošto smo prethodno ubacili elektronski ključ u njega). Ukoliko stojimo mirno i pravo na *Segway*-u, kontrolni program će pokretati točkove tek toliko da se postigne ravnoteža sa silom gravitacije. Današnja verzija *Segway*-a je teška 36 kilograma, kreće se maksimalnom brzinom od 20 kilometara na čas, a potrebno joj je šestočasovno punjenje baterija kako bi izdržala vožnju maksimalnog dometa od 28 kilometara. Međutim za razliku od automobila, *Segway* se može voziti i po trotoaru, pa se uskoro očekuje njegovo pojavljivanje i na aerodromima, zabavnim parkovima i raznim drugim velikim naseljenim predelima.

### **- Da li bi hologramska lupa mogla da uvećava stvari oko nas?**

Hologram (trodimenzionalna virtuelna slika) lupe, odnosno uveličavajućeg sočiva bi mogao da uvećava detalje slike istog holograma u okviru koga se i ona nalazi. Na javnim demonstracijama holografije, često se pravi hologram u okviru koga se između ostalih stvari nalazi i uveličavajuće sočivo kroz koga svi ostali delovi slike istog holograma stvarno ispadaju uvećani. Ova pojava je posledica činjenice da hologram zapravo reprodukuje jednu scenu iz mnoštva različitih uglova. Naime, jedan hologram dobijamo usmeravanjem laserske svetlosti ka polupropustljivom ogledalu koje jedan deo svetlosti propušta prema sočivu, dok drugi deo odbija ka ravnom ogledalu. Svetlosni talasi koji prolaze kroz sočivo obasjavaju predmet i delom se odbijaju od njega i predstavljaju tzv. svetlost predmeta. Svetlost koja je pogodila ravno ogledalo i odbila se od njega naziva se referentnom svetlošću, a kombinovanjem, odnosno interferencijom svetlosti predmeta i reflektovane svetlost direktno na foto-osetljivoj ploči formira se informacija čiji trag biva zabeležen i uskladišten, a na osnovu njega se kasnije reprodukuje hologram. Slično kao što na fotografiji uveličavajućeg stakla možemo videti uvećani predeo kroz staklo, tako je ista stvar moguća i kod statičnog holograma koji predstavlja milijarde ukombinovanih slika fotografisanih iz različitih uglova,

pri čemu se slično običnoj fotografiji, na svakoj od njih osim uveličavajućeg stakla vidi i uveličana njegova pozadina. Stoga, ovakvo uveličavajuće staklo zapravo ne uveličava stvarno, već posmatrajući kroz njega, mi samo posmatramo trodimenzionalnu sliku kako sočiva tako i predela koji je ono uvećalo. Međutim, postoje dva slučaja kada hologramsko (tj. virtuelno) sočivo može uveličavati stvarne predmete oko nas. Ukoliko napravite hologramsko sočivo, a zatim mračnu sobu osvetlite sa laserskom svetlošću, tada je moguće pronaći položaj ovog virtuelnog sočiva u kome će ono isto kao i stvarno sočivo savijati putanju laserske svetlosti. Ono će istovremeno uvećavati i umanjivati posmatrani objekat. Ovo je posledica toga što su svi hologrami zapravo sočiva. Svaki put kada se pravi hologram, pravi se ustvari veoma komplikovano sočivo koje šalje upadnu svetlost ka trodimenzionalnom liku, a pošto svi hologrami predstavljaju istovremeno i pozitivna i negativna sočiva (s obzirom da istovremeno uvećavaju i umanjuju predmete), oni stvaraju dva lika: jedan je virtuelni lik fotografisanog predmeta, a drugi je izvrnuti lik koji se često naziva i pseudoskopskom slikom. Drugi slučaj uveličavanja predmeta iz stvarnog sveta materije je tzv. refleksioni hologram neke zakrivljene i uglačane površine kao što je npr. oko. U slučaju posmatranja ovakvog holograma možemo da vidimo minijaturene slike reflektovane sa hologramske površine. Refleksioni hologrami veoma plitkih tela se mogu ponašati kao sočiva čak i za nekoherentnu (u kojoj za razliku od laserske, koherentne svetlost, svi fotoni nemaju iste frekvencije ili se ne kreću u fazi) belu svetlost kao što je Sunčeva.

## - Šta su to DNK i geni?

Naša tela se sastoje od oko  $10^{12}$  ćelija čije se razmere kreću od jedne desetina prečnika dlake kose do jednog prečnika kose. U srcu svake ćelije nalazi se dugački i neprekidni spiralni molekulski lanac koji se zove dezoksiribonukleinska kiselina (DNA ili DNK). I pored toga što različite ćelije obavljaju različite funkcije, sve ćelije jednog organizma poseduju identične lance DNA u kojima su uskladištene informacije o načinu funkcionisanja datih ćelija. Lanac DNA koji kod čoveka poseduju dužinu od oko jednog metra, sastoji se od dva jedan oko drugog uvijena spiralna lanca, a svaki od lanaca se sastoji od oko 3,8 milijardi nukleotida pri čemu se svaki nukleotid sastoji iz purinske ili pirimidinske (ciklične azotne) baze (tzv. nukleotidna baza, od čije molekulske strukture zavisi kako ćemo nazivati dati nukleotid, s obzirom da su svi ostali delovi nukleotida identični) za koju su vezani dezoksiriboza (vrsta šećera) i fosfatna grupa ( $-PO_4$ ), preko koje se povezuju susedni nukleotidi. Nukleotidne baze koje ulaze u sastav nukleotida, gradivnih jedinica DNA, predstavljaju petougane prstenove, a kada biste posmatrali jedan lanac DNA duž njegove ose, videli biste deset petougona poređanih u krug. Tako se na svakih deset nukleotida, struktura lanca DNA (ali ne i redosled nukleotida) ponavlja. U sastav DNA ulazi samo 4 tipa nukleotida: Adenin, Guanin, Timin i Citozin, pri čemu se putem dvostrukih ( $A=T$ ) ili trostrukih ( $G=C$ ) vodoničnih veza uvek povezuju Adenin i Timin iz suprotnih lanaca, kao i Guanin i Citozin. Zbog ovakvog karakterističnog načina sparivanja nukleotida, poznavanjem njihovog redosleda u jednom spiralnom lancu, moguće je automatski znati i redosled baza u komplementarnom lancu istog molekula DNA. Upravo ovaj redosled nukleotida u DNA nosi genetsku, odnosno naslednu informaciju. Naime, čitav lanac DNA je neprekidan, premda se može podeliti na 46 podoblasti koje se nazivaju hromozomima, pri čemu smo 23 hromozoma nasledili od oca, a 23 od majke. Niz od 100 000 nukleotidnih parova čini jednu "rečenicu", tj. jedan gen, a duž celog lanca DNA kod čoveka postoji oko 38 000 gena, pri čemu 31 000 gena preslikava svoju strukturu na lanac RNK (sličan DNA, osim što je jednostruk, i umesto Timina poseduje Uracil) koji dalje predstavlja model za sintezu proteina u ćeliji (određeni tripleti nukleotidnih baza znače određenu aminokiselinu u polipeptidnoj sekvenci proteina), dok 740 gena

preslikava svoju nukleotidnu sekvencu na RNK koja zatim ne učestvuje u sintezi proteina, već daje tzv. *housekeeping* instrukcije.

## - Šta je to genetski inženjering?

U središtu svake ćelije naših tela, nalazi se dugačka spirala (DNK) sastavljena od 2 međusobno obavijena molekulska lanca, povezana vodoničnim vezama. U svakom od ova 2 spiralna lanca ljudske DNK se nalazi oko 3,2 milijarde nukleotida (Adenozin, Guanin, Citozin, Timin), sparenih tako da svaki čovek ima svoj posebni redosled. Ukoliko poznajemo redosled nukleotida u jednom lancu, mi automatski možemo znati i redosled nukleotida u drugom lancu, jer se A iz jednog lanca uvek sparuje sa T iz drugog, a G iz jednog sa C iz drugog. Pojedine sekvence ovog dugačkog životnog lanca (poznatog i kao genom) su poznati kao geni, a njihova osnovna funkcija je pružanje šablona za sintezu enzima u ćeliji. Pod genetskim inženjeringom se smatra modifikacija redosleda nukleotidnih parova u pojedinim genima kako bi se uticalo na proizvodnju enzima u datoj ćeliji. Jedan od prvih poduhvata genetskog inženjeringa je bilo modifikovanje (tj. dodavanje gena koji inicira sintezu dodatnog enzima) lanca DNK bakterije *Escherichia Coli* tako da ona uz svoje enzime počne da proizvodi lekovite supstance kao što su na primer ljudski hormon rasta, insulin ili interferon. Mnoge druge bakterije se danas genetski modifikuju kako bi se dobile razne korisne i lekovite supstance i enzimi (enzimi su katalizatori biohemijskih reakcija, koje najmanje milion puta ubrzavaju specifične hemijske reakcije u telu). Takođe, genetskom modifikacijom biljaka, moguće je povoljno uticati na njihovu osetljivost na razne prirodne pojave, napade stranih tela ili pesticide, pa tako i povećati prinos osetljivih biljnih vrsta. Tako, na primer, paradajz postaje potpuno otporan na gljive ukoliko se njegovom genomu doda sekvenca koja inicira stvaranja enzima čitinaza u ćeliji. Ovaj enzim razlaže čitin, supstancu od koga su izgrađene ćelijske membrane gljiva i na taj način ih uništava. Takođe, pesticid *Roundup* uništava sve biljke, ali se genetskom modifikacijom biljaka, one lako mogu učiniti otpornim na njega.

## - Šta je to somatska rekombinacija?

Somatska rekombinacija predstavlja naziv za proces koji se dešava u ćelijama imunog sistema (mreže molekula i ćelija čiji je cilj da razlikuju naše ćelije od ćelija stranih tela, odnosno tzv. antigena), a koji je odgovoran za stvaranje beskrajne raznolikosti antitela. U biohemiji se antitelima (tj. imunoglobulinima) nazivaju proteini koje luče plazmene ćelije koje stvaraju bela krvna zrnca (tj. limfociti). Antitela se sastoje od 4 proteinska lanca, 2 duga i 2 kratka, pri čemu čitav molekul antitela poseduje oblik dvostrukog slova Y u kome su susedni lanci povezani disulfidnim mostovima (-S-S-). Za razliku od dva paralelna, vertikalna lanca koja su skoro jednakog sastava kod svih tipova antitela, dva gornja kraja antitela mogu posedovati raznovrstan redosled aminokiselina, što se specifikuje za svaki posebni antigen ili haptenu (strani molekuli, npr. enzimi antigena). Interakcija između antitela i haptena ili antigena podseća na reakciju enzima i supstrata koja funkcioniše po principu ključ-brava. Naime, gornji krajevi antitela poseduju karakteristična mesta za koja se posredstvom vodoničnih veza, van der Valsovih interakcija (interakcije između dipola), slabog elektrostatičkog privlačenja i hidrofobnih interakcija, vezuju hapteni i antigeni, nakon čega bivaju razloženi i onesposobljeni za dalje funkcionisanje. Imunologe i genetičare je dugo mučilo pitanje kako je moguće da živa bića sa svojom ograničenom zalihom gena (oko 38 000 kod nas) proizvode neograničen broj raznih antitela. Naime, ne postoji takav uljez, bilo prirodnog ili laboratorijskog porekla, kome se organizam neće suprotstaviti odgovarajućim antitelom. Suzumu Tonegava je 1976. godine primetio da se raspored gena (koji kodiraju proteine od kojih su sastavljeni neki delovi antitela) u ćelijama embriona razlikuje od

rasporeda istih gena u ćelijama odraslih tela (kada ćelije počinju da proizvode antitela). Tonegava je otkrio "somatsku rekombinaciju", kako se stručno naziva proces mešanja gena (slično mešanju špila od karata kako bi se promenio redosled karata, odnosno nukleotidnih parova u genu) koji omogućuje beskrajnu raznovrsnost u proizvodnji antitela. Na ovaj način je takođe dokazano i da spiralni lanac DNK nije statičko skladište informacija, već se neki njegovi delovi stalno menjaju omogućavajući stvaranje antitela protiv svakog antigena. Danas se smatra da ovaj princip mešanja gena postoji i u drugim slučajevima kada dolazi do velike raznovrsnosti, kao npr. kod nervnog sistema. Zahvaljajući ovom svom otkriću, Suzumu Tonegava je 1987. godine dobio Nobelovu nagradu za medicinu.

## **- Kako se vrši kloniranje?**

Svako živo biće na Zemlji, u svojim ćelijama poseduje sebi svojstven i karakterističan lanac molekula dezoksiribonukleinske kiseline (DNK). Kloniranje predstavlja postupak dobijanja živog bića (klona) čiji je ćelijski sastav DNK identičan sa DNK iz ćelija kloniranog organizma (donora). Naučnici sa Roslin Instituta iz Edinburga klonirali su februara 1997. godine prvo biće, čuvenu ovcu Doli. Tehnika koju su primenjivali u procesu kloniranja naziva se somatsko-ćelijskim transferom jezgra, a podrazumeva izdvajanje jezgra ćelije u kome se nalazi lanac DNK sa genetskim informacijama, i njegovim ubrizgavanjem u jajnu ćeliju, čije je jezgro prethodno bilo izdvojeno. Rezultujući embrion koji u svakoj svojoj ćeliji sadrži lanac DNK donorskog organizma, implantira se zatim u matericu ženke, gde se razvija sve do trenutka porađanja. Iako bi telo donora i telo klona bili isti po rođenju, ne zna se uolikoj meri bi različito prirodno okruženje uticalo na eventualne međusobne razlike u osećanjima, izgledu, razmišljanjima i ponašanju, odnosno načinu interakcije sa svetom oko sebe.

## **- Kako se izvodi identifikacija pomoću DNK?**

U jezgru svake od naših ćelija se nalazi dugačak lanac DNK koji se prostire duž 46 hromozoma, od kojih smo 23 nasledili od naše majke, a 23 od oca. Premda je 99,9 % lanca DNK u našim ćelijama identično kod svakog ljudskog bića, svako od nas poseduje sebi svojstveni redosled parova nukleotidnih baza (Adenin = Timin i Guanin ≡ Citozin) koji čini ostalih 0,1 % molekula DNK, tj. oko 3 miliona jedinstvenih parova nukleotidnih baza. Postoje dve vrste polimorfni oblasti (oblasti u kojima postoji mnogo raznolikosti) u genomu (kompletnom lancu DNK) i to su: sekvencioni i dužinski polimorfizmi. Sekvencioni polimorfizmi najčešće predstavljaju zamene samo jedne do dve nukleotidne baze u čitavom genu. Da vas podsetimo, geni predstavljaju nizove od po oko 100 000 parova nukleotidnih baza koji čine jednu informaciju, odnosno šablon po kome se stvaraju odgovarajući proteini u ćeliji, a interesantno je da geni čine samo oko 5 % čitavog genoma. Naime, ostalih 95 % lanca DNK (tzv. nekodirajuća DNK) ne predstavlja šablon po kome se sintetizuju proteinski molekuli, već pomaže u regulaciji ekspresije gena, u prepoznavanju početka i završetka gena, a čini i gradivne delove hromozomske strukture. Upravo je ovih 95 % lanca DNK prepuno dužinskih polimorfizama, koji ne predstavljaju ništa drugo do varijacije u dužini lanca DNK. Prilikom identifikacije ljudskih bića na osnovu DNK, upravo se koriste određene vrste ovih, dužinskih polimorfizama i to tzv. VNTR (*Variable Number Tandem Repeats*) koji predstavljaju identične ponavljajuće sekvence parova nukleotidnih baza u okviru nekodirajuće DNK. Interesantno je da broj ponavljanja ovih tandemata (VNTR-a) na specifičnim delovima hromozoma (tzv. loci) varira kod različitih ljudi. U okviru RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*) analize, istraživači određuju broj ponavljanja VNTR-a na specifičnim delovima hromozoma. U ovu svrhu, džinovski molekul DNK se najpre izdvaja iz ćelije, zatim se pomoću restrikcionih enzima secka na oko milion manjih fragmenata (dugačkih između

100 i 10 000 baznih parova) koji sadrže poznate VNTR oblasti, nakon čega se ovi fragmenti sortiraju po veličini, da bi se zatim upoređivali DNK fragmenti iz različitih uzoraka. Radi razdvajanja, fragmenti DNK se umaču u želatinoznu agarozu i postavljaju na traku za elektroforezu. Na krajevima ove trake se nalaze dve elektrode, a stvaranjem razlike potencijala između njih, formira se električno polje duž trake, koje pozitivno naelektrisane molekule iz smeše privlači ka negativno naelektrisanjoj elektrodi, dok će se negativno naelektrisani molekuli kretati polako ka pozitivno naelektrisanjoj elektrodi. Međutim, brzina kretanja molekula iz smeše neće zavisiti samo od njihovog naelektrisanja, već i od njihove mase, odnosno pokretljivosti. Tako će se lakši molekuli kretati brže od težih molekula i pored toga što su jednako naelektrisani. Molekuli DNK su negativno naelektrisani, pa se stoga oni u električnom polju kreću ka pozitivnoj elektrodi, a pošto su različiti fragmenti različitih veličina, veći i masivniji fragmenti će se sporije probijati kroz agarozu ka pozitivnoj elektrodi. Na taj način će se fragmenti DNK različitih veličina postepeno razdvajati na traci i formirati pravougaona polja zastupljenosti. Fragmenti DNK bi na ovoj traci počeli da se razlažu nakon dan-dva, pa se stoga oni trajno fiksiraju za najlonsku membranu. Naime, dvostruki spiralni lanac DNK se najpre odvaja na dva komplementarna lanca, a zatim se pozitivno naelektrisana najlonska membrana pritiska na vrh gel trake, tako da se za nju lepe negativno naelektrisani fragmenti DNK. Da bi se sada locirale specifične VNTR sekvence na jednostrukom DNK fragmentu, moramo najpre napraviti komplementaran lanac DNK onoj iz VNTR dela (jer se uvek T sa jednog lanca vezuje za A iz drugog, a G iz jednog se vezuje za C iz drugog i obrnuto, pa znajući redosled baza u jednom lancu, možemo konstruisati redosled baza u drugom lancu), zatim ovaj komplementarni lanac VNTR dela obeležavamo sa određenim radioaktivnim jedinjenjem, a zatim je puštamo da se zakači za odgovarajuću sekvencu DNK sa membrane. Da biste sada odredili mesto na kome se komplementarni lanac VNTR dela DNK zakačio za odgovarajući fragment DNK sa membrane, vršimo fotografisanje membrane sa specijalnim filmom osjetljivim na X-zrake. U ovu svrhu nam nije potreban nikakav foto-aparat, već je dovoljno da prilepimo najlonsku membranu za specijalni film osjetljiv na X zrake. Ono što vidimo na ovom filmu nakon dovoljno dugog držanja uz membranu sa DNK fragmentima su tamne trake koje nam indiciraju mesta na membrani na kojima se komplementarni lanac VNTR dela zakačio za DNK, što nam indicira tačno mesto na kome se nalazi traženi VNTR deo. DNK istog ljudskog bića će uvek ostaviti obojeni trag na istom mestu na membrani, a ova činjenica i predstavlja osnovu na kojoj se bazira cela prethodno opisana analiza. Međutim, rezultati na samo jednom VNTR delu podsećaju na određivanje samo prve cifre u broju lične karte, pa je stoga u svrhu precizne identifikacije, neophodno izvršiti istu analizu na nekoliko fragmenata DNK iz različitih hromozoma. Uz pomoću 4 ovakve analize (premda FBI vrši 13 analiza), dobijamo 8 delića informacije o individualnom biću, pošto svako od nas poseduje po dve odvojene kopije svake VNTR oblasti (jednu nasleđujemo od majke, a drugu od oca). Takođe, svaki od ovih VNTR odlomaka najčešće sadrži oko 30 različitih varijanata dužine (tzv. alele), a verovatnoća da će dva čoveka pokazati iste rezultate na ovakvoj analizi iznosi 1: 5 miliona

### - Šta su to *Jetpack* letelice?

*Jetpack* letelice predstavljaju uređaje koje je dovoljno da zakačimo za naša tela da bi pomoću njih mogli da letimo kroz vazduh. U jednom filmu o Džejsmu Bondu (*Thunderball* iz 1965. godine), kao i na otvaranju olimpijskih igara u Los Angelesu 1984. godine, imali smo priliku da vidimo ljude-rakete koji su koristili *Bell* raketne pojaseve, jedan vid personalne *jetpack* tehnologije koji nikada nije našao svoj put ka komercijalnom tržištu. Naime, pomoću *Bell* raketnog pojasa ne biste mogli da letimo, već samo da pravimo dvadesetosekundne skokove. Ipak, današnja verzija *Bell* raketnih pojaseva (*RB 2000 Rocket Belt*) nam omogućava

da pravimo poluminutne letove, a raketna pakovanja sadrže tri supstance koje zajedno učestvuju u hemijskoj reakciji u kojoj nastaje energija koja se zatim koristi za let, a to su: vodonik peroksid ( $H_2O_2$  - propelant u količini od 23 litre raspoređene u dva bočna pakovanja), gas azota pod visokim pritiskom i srebro obloženo samarijum nitratom (katalizator). Oslobođanjem azota, potiskuje se vodonik peroksid ka komori sa katalizatorom, gde reaguje sa srebrnim materijalom, pri čemu se tečni vodonik peroksid prevodi u pregrejanu paru temperature 743 °C. Ova para se izbacuje kroz dve savijene cevi koje idu od vrha rezervoara do ispod vozačevih ručki. Ove cevi su obmotane izolatorom, tako da se toplota skoro uopšte ne gubi, a usled ovako velike toplote pare, vozač mora da nosi specijalno odelo koje je u stanju da podnosi veliku toplotu. S druge strane, kompanija *Millennium Jet* je razvila *SoloTrek Exo-Skeletor* leteće vozilo (XFV – *eXo-skeletor Flying Vehicle*) koje za razliku od mlaznog pogona, poseduje propelere pomoću kojih se postiže podizanje vozača i vozila u vazduh. Kada biste ušli u (odnosno privezali se za) jedno ovakvo personalno vozilo, koje se ponekad naziva i vazdušnim skuterom, četvorocilindrični motor jačine 130 konjskih snaga bi počeo da obrće propelere do brzine od između 3500 i 4000 obrtaja u minutu, kako bi se izvelo podizanje letelice visoke 2,3 metra i teške između 52 i 125 kilograma. Kada se podignemo u visinu, XFV biste mogli da vozimo maksimalnom brzinom od 129 kilometara na čas tokom 241 kilometra, nakon čega biste morali ponovo da napunimo benzinski rezervoar od 40 litara. Pošto XFV može da dostigne visine od preko 3 kilometra, on može deliti visinu sa drugim manjim avionima, pri čemu biste za razliku od aviona, sa XFV-om mogli da sletimo na prostor veličine jednog kuhinjskog stola. XFV-om se upravlja pomoću dve ručke, kao i putem pomeranja težišta (radi skretanja ulevo i udesno), slično kao kod upravljanja paraglajderom ili *segway*-om. Uvrtanjem leve ručke, povećavamo brzinu rotiranja propelera, a time i brzinu vozila, a desna ručka nam omogućava podešavanja nagiba propelera radi kretanja napred ili nazad, kao i rotiranja vozila duž vertikalne ose. Slično helikopteru, XFV može lebdeti u mestu do tri sata, a vozilo je snabdeveno padobranom koji se automatski aktivira u slučaju kvara na letelici.

## **- Kako rade merači pređenog puta na biciklu?**

Merači pređenog puta bicikla su brojčanici, najstariji uređaji za merenje brzine, koji zapravo predstavljaju niz zupčanika sa što je moguće većim odnosom brzina. Prosečan brojčanik pri svakom obrtaju zupčanika registruje po jedan pređeni metar puta. Mali točkić koji dodiruje gumu bicikla, okreće se u suprotnom smeru od smera obrtanja točka, što izaziva okretanja kabla za koji je zakačen ovaj točkić, a ovaj kabl se uvrće sve do pokazivača brojčanika, čija je skala izkalibrisana prema razmerama malog točkića. S obzirom da su brojčanici samo nizovi zupčanika, ukoliko biste vozili bicikl unazad (ili samo obrtali unazad njegove podignute prednje točkove), njegov merač pređenog puta bi počeo da se pomera unazad. Međutim, ukoliko bicikl poseduje jedan od modernijih elektronskih brojčanika, tada ovaj trik sa obrtanjem točkova unazad neće uspeti. Naime, većina modernih bicikala poseduje kompjutere, zajedno sa magnetom zakačenim za jedan od točkova, kao i detektor (*pickup*) zakačen za okvir bicikla. Tokom svakog obrtaja točka, magnet prolazi pored detektora, pri čemu izaziva stvaranje napona duž njega. Kompjuter sabira ove naponske pulseve i pomoću njih računa pređeni put, kao i brzinu kretanja u odnosu na podlogu. Kompjuterski programi bicikla koji ovo izračunavaju, najčešće se moraju re-programirati u zavisnosti od dimenzija, odnosno obima točka. Obim točka je jednak rastojanju koje bicikl pređe tokom svakog obrtaja točka. Stoga, nakon svakog registrovanog naponskog pulsa, kompjuter dodaje po jedan obim točka na već pređeni put i koriguje podatke ispisane na displeju.

## **- Šta je to GPS?**

GPS (*Global Positioning System*) je navigacioni sistem koji se sastoji od 24 satelita koji su u orbiti oko Zemlje (sa periodima orbitiranja od po 12 sati) i koji dozvoljavaju onima koji nose sa sobom specijalne GPS prijemnike da u svakom trenutku poznaju geografsku dužinu, širinu i nadmorsku visinu (kao i položaj i pređeni put na umemorisanoj interaktivnoj mapi u okviru kompjuterskog sistema prijemnika) na kojoj se nalaze. Mnogi putnici kroz šumu, mornari i noćni piloti nose sa sobom ove prijemnike pomoću kojih ne mogu da zalutaju. Pomoću kvarcnih satova koji su ugrađeni u njima, GPS prijemnici mere vreme koje potrebno radio signalu da stigne sa satelita (u kojima se nalaze atomski satovi) do prijemnika, nakon čega izračunavaju precizno rastojanje od prijemnika do satelita. Naime, pošto se radio signali kao i svi drugi vidovi elektromagnetnih talasa kreću brzinom svetlosti, poznavajući vreme koje signal proputuje, množenjem ove dve vrednosti (brzine svetlosti i vremena puta signala od satelita do prijemnika) dobijamo rastojanje između satelita i prijemnika. Naravno, u vazduhu elektromagnetni talasi putuju nešto malo sporije od brzine svetlosti, pa se stoga GPS prijemnici služe složenim matematičkim formulama koje uzimaju u obzir i atmosfere uslove koji utiču na usporavanje svetlosti. GPS prijemnici istovremeno primaju signal sa najmanje četiri bliska satelita, a pomoću signala sa svakog pojedinačnog satelita moguće je nacrtati sferu čiji je poluprečnik jednak izmerenom rastojanju, a u kojoj se satelit nalazi u centru. Ukoliko iscrtamo 4 ovakve sfere za 4 različita satelita, tačka preseka sve 4 sfere će predstavljati naš tačan položaj u prostoru, a koordinate ove tačke se lako mogu izraziti pomoću geografskih koordinata. Iako se najčešće 8 satelita nalazi u prijemnom polju GPS prijemnika, ponekad se desava da je GPS prijemnik u stanju da izmeri rastojanje do samo 3 satelita. Tada, Zemljina sfera predstavlja 4. sferu pomoću koje se mogu izračunati svi podaci o trenutnom položaju osim nadmorske visine. Pošto GPS sateliti orbitiraju na oko 20 000 kilometara iznad nas, njihov signal je često veoma slab kada stigne do nas, pa je neophodno biti sa GPS prijemnikom ispod otvorenog neba kako bi on imao dobar prijem. Uz pomoć stalnog poznavanja koordinata GPS prijemnika na Zemlji, oni nam mogu dati podatke i o dužini i vremenskom trajanju pređenog puta, o trenutnoj i srednjoj brzini kretanja, kao i procenu vremena potrebnog da stignemo do određene lokacije na interaktivnoj mapi.

### **- Šta je to augmentirana stvarnost?**

Poznato je da istraživači planiraju da tokom naredne decenije izvuku grafiku sa TV ekrana i kompjuterskih monitora, i da je integrišu sa stvarnom okolinom. Na liniji između virtuelne stvarnosti (koja kompjuterski imitira stvarni, materijalni svet) i materijalnog sveta oko nas, augmentirana stvarnost se nalazi bliže stvarnom svetu. Ona zapravo, dodaje grafiku, zvuk, dodir i miris našim čulima. Uz pomoć displeja augmentirane stvarnosti u obliku običnih naočara, moći ćemo da se šetamo, a da nam pri tome, informativna grafika uplivava u vidno polje i stapa se sa okolinom. Takođe, ova grafika će se menjati tako da se prilagodi kretanju očiju i glave korisnika, kako bi grafika uvek bila uklopljena u perspektivu. Postoje tri osnovne komponente ovih sistema koje mnogi nazivaju *Walkman*-ima za 21. vek, a to su: displej montiran na glavi, sistem praćenja i mobilni kompjuter, a cilj istraživača koji rade na razvoju augmentirane stvarnosti je da se ove tri komponente uklope u sistem koji će moći da se zakači za kaiš, a čiji će displej što više podsećati na obične naočare. Danas postoje dva osnovna tipa displeja augmentirane stvarnosti: video providan (koji blokira pogled na stvarni svet, tako što pomoću kamera sa spoljašnje strane naočara snima sliku sveta koja se istovremeno, zajedno sa dodatnom grafikom, pušta na displeju) i optički providan (postoji mnogo prototipova ovakvih sistema, a jedan od njih koristi svetlost koja putem brzog pokretanja izvora svetlosti iscrtava slike po mrežnjači očiju). Najveći trenutni izazov razvoju augmentirane stvarnosti je razvoj sistema koji bi stalno znao gde se korisnik nalazi u odnosu na njegovu okolinu, a pri

tome i pratio njegove pokrete očiju i glave. Da bi augmentirana stvarnost mogla svuda da se koristi, ona mora biti funkcionalna kako pod otvorenim nebom, tako i u kućama. GPS predstavlja trenutno najprecizniju tehniku lociranja na otvorenom prostoru (GPS prijemnici se ne mogu se koristiti u kućama). Međutim, preciznost određivanja položaja pomoću satelita (tj. GPS sistema) iznosi oko 10 do 30 metara, a za potrebe augmentirane stvarnosti, neophodna je preciznost manja od milimetra, jer naravno ne biste imali mnogo koristi ako bi nam projektovana grafika bila prikazivana kao da se nalazi na udaljenosti od 10 metara, a u stvari nam se nalazi ispred nosa. Ipak, pomoću tehnike poznate kao diferencijalni GPS, pri kojoj GPS prijemnik sa antenom čiji je položaj precizno poznat (npr. putem višestrukih merenja) prati položaj korisnikovog GPS prijemnika, moguće je odrediti položaj korisnika sa manjom greškom od jednog metra. Takođe, današnji kompjuteri koji se uklapaju u delove odeće su još uvek isuviše spori da bi mogli da procesuju izuzetno zahtevnu stereo 3-D grafiku. Kompanija *Toshiba* je nedavno dodala *NVidia* GPU (*Graphics Processing Unit*) na svoj kompjuter – notnu sveščicu, koji je sada u stanju da procesuje više od 17 miliona trouglova u sekundi i 286 miliona piksela u sekundi, što znači da se na njemu mogu igrati 3-D igre. S druge strane, *NVidia* je za *Microsoft*-ovu *Xbox* konzolu razvila 3-D grafički procesor koji je u stanju da procesuje 150 miliona poligona u sekundi, a pošto ovako preciznu grafiku koriste ogromne konzole za igranje igara, pre 2005. godine se ne očekuje razvoj sličnih ili još kvalitetnijih sistema koji će moći da budu mobilni. Augmentirana stvarnost će naći niz primena u stvarnom svetu, počev od održavanja i konstruisanja, igranja i turizma.

### - Šta je to *Bluetooth* tehnologija?

*Bluetooth* predstavlja moderni standard bežične radio komunikacije između bilo koja dva elektronska uređaja. Ime ovog standarda potiče od danskog kralja Haralda Blututa sa kraja prošlog milenijuma, a osim *Bluetooth*-a, danas postoji nekoliko drugih standarda bežičnog prenosa informacija između različitih komponenata (od kompjutera, mobilnih telefona do klavijatura i slušalica) jednog sistema elektronskih uređaja, uključujući prenos informacija na infracrvenoj svetlosti (nedostaci ovog sistema su jednosmernost i prostorna ograničenost – kao kada morate daljinski upravljač da usmerite direktno ka televizoru da biste promenili kanal) i sinhronizovanje kablova. *Bluetooth* komunicira na frekvenciji od 2,45 GigaHerca, na kojoj komuniciraju i mnogi bebi monitori, otvarači garaže, pa i neki tipovi bežičnih telefona. Međutim, interferencija *Bluetooth* signala sa drugim sistemima je onemogućena jer *Bluetooth* uređaji emituju signal čija je snaga samo 1 miliVat. U poređenju sa njima, mobilni telefoni emituju signal snage 3 Vata, a radio stanice signale snage nekoliko desetina hiljada Vati. Ipak, ovako mala snaga emitovanog signala, ograničava komuniciranje između *Bluetooth* komponenti na samo desetak metara u prečniku. Sa nekoliko *Bluetooth* uređaja u istoj sobi, interferencija među njima je sprečena primenom tehnike poznate kao skakanje duž širokog spektra frekvencija. U ovom sistemu, uređaj koristi 79 slučajno odabranih frekvencija u određenom opsegu, a *Bluetooth* predajnik menja frekvenciju emisije 1600 puta u sekundi, što dozvoljava mnoštvu uređaja da istovremeno koristi isto parčence radio spektra za komunikaciju bez pojave interferencije. Primenom ove tehnike se minimizira i interferencija sa drugim kućnim aparatima koji rade na istoj frekvenciji, jer će eventualna interferencija među njima trajati samo 625 mikrosekundi. Takođe, kada različiti *Bluetooth* uređaji dođu blizu jedan drugom, doći će do automatske elektronske konverzacije i određivanja da li oni mogu da razmenjuju podatke ili su predodređeni tako da jedan uređaj kontroliše drugi. Čim se dogodi konverzacija, uređaji, bilo da su deo kompjuterskog, televizijskog ili stereo sistema, formiraju komunikacionu mrežu.

### - Šta je to digitalni nakit?



Naučnici iz IBM-a (i *Charmed Technology*-a) smatraju da će mobilni telefoni uskoro dobiti novi oblik. Naime, umesto pojedinačnih uređaja, svaki mobilni telefon će moći da se razbije na svoje sastavne komponente, a svaki komad nakita će sadržati pojedinu komponentu konvencionalnog mobilnog telefona, pri čemu će razdvojene komponente komunicirati najverovatnije putem *Bluetooth* radio bežičnog prenosa. Minduše će predstavljati prijemnike signala i imaće ugrađene zvučnike, preko kojih ćemo moći da čujemo našeg sagovornika, ogrlica će imati u sebi ugrađen mikrofon koji će pretvarati naš glas u strujni signal i zatim ga slati ka našem telefonskom sagovorniku, na prstenu će se nalaziti LED lampice koje će u svrhu signalizacije poziva svetleti u raznim bojama u zavisnosti od osobe ili bića koje nas zove, a narukvica će biti opremljena sa VGA (*Video Graphics Array*) displejom na kome će se ispisivati telefonski broj i ime sagovornika. U okviru jednog ovakvog nakitnog telefona, dugmići sa brojevima i pozivne funkcije će ili biti ugrađene u narukvicu ili će razgovori biti u potpunosti glasovno kontrolisani. Takođe, digitalni nakit će moći da nas obaveštava i kada nam je pristigla *e-mail* poruka, a uskoro će na prstenu biti ugrađena i *TrackPoint* tehnologija (mala loptica) pomeranja kursora po ekranu, koja će moći po potrebi da se montira za glavu, na primer, kao obične naočare ili će se nalaziti na samoj narukvici. Inače, u *Celebration* školi (inovativnoj K-12 školi) u okolini Orlando na Floridi, počeli su da se koriste tzv. Java prstenovi, tj. prstenovi izrađeni od nerđajućeg čelika sa 16 mm u prečniku i sa procesorom od milion tranzistora koji se zove *iButton* i na kome je uskladišten niz podataka karakterističnih za svakog studenta. Prsten poseduje 134 kilobajta RAM-a, 32 kilobajta ROM-a, *real-time* sat, kao i *software* koji prepoznaje Java kompjuterski jezik i prevodi ga za potrebe prenosa u kompjuterski sistem. U ovim prstenovima koje nose studenti *Celebration* škole, upisani su broj bonova za ručak, ključ koji automatski otvara vrata, informacija putem čijeg prenosa se upisuju na čas, broj knjiga uzetih iz biblioteke, kao i druge personalne informacije o studentima koje koriste školi.

## - Šta je to LASIK?

Kada svetlost dođe do naših očiju, ona prolazi kroz rožnjaču i zenicu, a zatim se prelama na očnom sočivu, koje uz pomoć rožnjače svetlost fokusira u mrežnjaču. Međutim, u slučaju kratkovidosti se kao posledica prevelike fokusirajuće snage sočiva i isuviše izdužene očne jabučice, svetlost fokusira ispred, a u slučaju dalekovidosti, kao posledice premale očne jabučice ili preslabe fokusirajuće snage sočiva, iza mrežnjače. U slučaju astigmatizma, oblik rožnjače ili sočiva je iskrivljen tako da svetlost pada u dve žiže u mrežnjači, a u slučaju tzv. staračke dalekovidosti, rožnjača i sočivo postaju manje savitljivi, pa se svetlost sa bliskih predmeta teško fokusira u mrežnjaču. LASIK (*Laser-Assisted In-situ Keratomileusis*) predstavlja najpopularniji hirurški način za eliminisanje dioptrije (dalekovidosti ili kratkovidosti) putem preoblikovanja rožnjače. Laserska hirurgija oka se vrši pod dejstvom pulsirajućeg fino-fokusiranog snopa laserske svetlosti usmerenog na površinu oka. Prilikom kontakta laserske svetlosti sa delom rožnjače, dolazi do isparavanja njenog mikroskopskog dela. Kontrolisanjem dimenzija, položaja i broja laserskih pulseva, rožnjača se može problikovati. Kratkovidost se najlakše leči pomoću laserske hirurgije, jer je tada rožnjača isuviše iskrivljena, a uklanjanjem njenog malog dela, popravljaju se vid. S druge strane, korekcija dalekovidosti zahteva zaokrugljivanje, tj. preoblikovanje, a ne samo uklanjanje dela rožnjače, pa stoga predstavlja nešto komplikovaniju operaciju. Kao laseri se koriste *Excimer* laseri koji su hladni, što znači da ne zagrevaju okolni vazduh ili neku drugu površinu i koji se mogu fokusirati duž prečnika od 0,25 mikrometara, što je 200 puta manji prečnik od prečnika ljudske kose. Oni emituju veoma fini snop ultraljubičaste svetlosti koji dovodi do raskidanja

veza u okviru i između organskih molekula sa površine. Toplota koja nastaje u ovom procesu se raspoređuje samo duž površinskog sloja debljine jednog nanometra.

## **- Šta je to lasetron?**

Ukoliko ste nekada videli fotografije kapi vode kako pada sa krova snimljene pomoću stroboskopske svetlosti, tada vam je sigurno poznato kako fizičari snimaju fotografije najbržih međuatomskih procesa. Naime, dovoljno kratak svetlosni ili elektronski puls može uhvatiti delić putanje kretanja molekula ili čak i atoma. Međutim, još uvek nije predložen način na koji bi se mogli snimati i atomski procesi koji su odgovorni za procese kao što su fuzija, fisija, emisija gama talasa i slično. Međutim, pomoću lasetrona, uređaja koji će se koristiti jednim od najmoćnijih lasera koji se trenutno prave na našoj planeti, moći će da snimi događaje koji traju reda veličine zeptosekunde ( $10^{-21}$  sekundu). Najkraći pulsevi lasera na Zemlji današnjice se nalaze u opsegu od oko  $10^{-15}$  sekundi, što je dovoljno kratak vremenski interval da bi se mogle posmatrati atomske vibracije u molekulima. Početkom devedesetih godina 20. veka, naučnici su teorijskim putem došli do zaključka da bi linearno polarizovani laserski snopovi fokusirani na inertnom gasu mogli da podele elektromagnetne talase na još manje deliće. Elektroni u atomima zahvaćenim laserskom svetlošću bi oscilovali emitujući aptosekundne ( $10^{-16}$  sekundi) ili još kraće bljeskove svetlosti. Međutim, naučnici iz američkog državnog Njujorškog Univerziteta iz grada Stouni Bruka izračunali su da bi kružno polarizovana svetlost iz petavatih ( $10^{15}$  Vati) lasera koji se trenutno prave na našoj planeti, mogla da stvori izuzetno kratke pulseve sinhotrone radijacije, a aparate koji će stvarati ovako kratke svetlosne pulseve po predloženom mehanizmu, naučnici su nazvali lasetronima. Elektroni zahvaćeni u snopu kružno polarizovane laserske svetlosti visokog intenziteta bi počeli da brzo okreću zajedno sa rotirajućim električnim poljem laserske svetlosti, što bi ih nateralo da emituju uske radijacione kupe. Posmatrano sa ivice, oni bi izgledali kao da zasvetle u periodu od jedne zeptosekunde i to poput minijaturnih svetionika tako da nas zaslepe svetlošću svaki put kada nas ova kupa obasja. Kada bi se elektroni nalazili na tankoj žici, uređaj bi se ponašao kao antena emitujući zeptosekundne svetlosne bljeskove po dva puta tokom svakog kružnog ciklusa laserske svetlosti i to svaki put pod pravim uglom u odnosu na položaj žice i pravac laserskog snopa. U skladu sa Hajzenbergovim principom neodređenosti, ovi ultrakratki pulsevi bi imali veoma širok energetska spektar pri čemu bi neki fotoni pripadali i gama opsegu elektromagnetnog spektra sa energijama od po preko 1 MeV. Jedan od problema će se naravno ticati detekcije (odnosno merenja trajanja) ovako kratkih pulseva. Ipak, elektroni u pokretu će tokom perioda od nekoliko femtosekundi emitovati snažno magnetno polje reda veličine milion Tesli, što je otprilike jednako magnetnom polju koje okružuje bele patuljke. Ovo polje bi u velikoj meri rasejavalo snop neutrona što bi predstavljalo način za detektovanje kratkih svetlosnih pulseva.

## **- Šta su to plazmeni displeji?**

Tokom poslednjih 75 godina, najveći broj televizora koristi istu tehnologiju u okviru koje elektronski top katodne cevi emituje elektrone koje par horizontalnih i par vertikalnih elektroda (na jedan par elektroda se dovodi tzv. testerasta, a na drugi tzv. stepeničasta zavisnost napona od vremena) katodne cevi šeta po ekranu koji se sastoji od niza fosfornih tačkica koje svetle u određenoj boji kada ih pogodi mlaz elektrona. Jedan od nedostataka TV prijemnika sa katodnom cevi je taj što su oni veoma veliki. Naime, da biste povećali širinu ekrana, moramo mu povećati i dužinu katodne cevi (kako biste elektronskom topu dali dovoljno mesta da može da osvetli svaku tačku ekrana). Kao posledica toga, ukoliko želimo da na osnovu ove tehnologije napravimo TV koji će biti velik kao zid sobe, tada će on morati

da bude težak barem tonu, a uz to će i zauzeti veliki deo sobe. Međutim, ukoliko vidite tanak i ravan televizor, onda je on verovatno napravljen na bazi tehnologije tečnih kristala (LCD – *Liquid Crystal Display*, premda za razliku od plazmenih displeja, LCD imaju relativno sporu brzinu osvežavanja ekrana tako da i nisu baš najzgodniji za gledanje TV-a) ili predstavlja upravo plazmeni displej koji najčešće nije deblji od desetak santimetara. Međutim, većina plazmenih displeja zapravo nisu televizori, jer ne poseduju TV tjuner, odnosno uređaj koji prevodi televizijske signale i interpretira ih radi stvaranja video slike. Slično LCD monitorima, i plazmeni displeji su samo monitori koji emituju standardni video signal. Da biste posmatrali TV program na jednom plazmenom displeju, morali biste da ga priključimo na posebni aparat (npr. video-rekorder) koji poseduje svoj sopstveni TV tjuner. Svaki piksel plazmenog displeja poseduje tri fluorescentna svetla – crvenu, zelenu i plavu svetlost. Slično kao i u slučaju TV aparata sa katodnom cevi, i plazmeni displeji variraju intenzitet pojedinačnih boja kako bi formirali željenu sliku. Plazma predstavlja stanje materije koje postoji na veoma visokim temperaturama kada se atomi toliko često i intenzivno sudaraju da stalno izbijaju elektrone iz atomskih polja tako da supstanca postoji u stanju odvojenih elektrona i jona. Međutim, prilikom susretanja elektrona i jona (koji se privlače jer su raznoimeno naelektrisani) dolazi i do čestih prelaza elektrona između energetskih stanja u atomima, pri čemu se emituju fotoni. U plazmenim televizorima se koristi plazma gasova ksenona i neona koji su postavljeni u stotinama hiljada malih ćelija poređanih između dve staklene ploče. Dugačke elektrode su takođe usendvičene između staklenih ploča sa obe strane ćelija. Adresne elektrode su postavljene iza ćelija duž zadnje staklene ploče. Transparentne displejne elektrode, koje su okružene sa izolacionim dielektričnim materijalom i obložene sa magnezijum oksidnim zaštitnim slojem, postavljene su iza ćelija duž prednje staklene ploče. Oba niza elektroda se protežu duž čitavog ekrana, pri čemu su displejne elektrode poređane u horizontalnim redovima, dok su adresne elektrode postavljene po vertikalnim kolonama tako da zajedno formiraju mrežu. Da bi se jonizovao gas u određenoj ćeliji, kompjuter plazmenog displeja napaja elektrode koje se presecaju na mestu date ćelije, čime se formira tok struje kroz gas u datoj ćeliji, a energija struje se koristi za pobuđivanje i relaksiranje atoma u ćeliji koji pri tome emituju ultraljubičaste fotone koji reaguju sa fosforom kojim su obložene sve ćelije sa svoje spoljašnje strane koja je okrenuta posmatraču u sobi. Fosfor prima energiju ultraljubičastih fotona iz zauzvrat emituje vidljive fotone. Svaki piksel je podeljen na tri podpiksela koji emituju crvenu, zelenu i plavu boju, respektivno. Variranjem strujnih pulseva kroz svaku ćeliju (odnosno svaki podpiksel) televizora formiraju se pokretne slike.

## **- Šta su to toplotni ispravljači?**

U skladu sa drugim zakonom termodinamike, toplota se uvek kreće od toplijeg ka hladnijem telu, nezavisno od orijentacije tela. S druge strane, električna struja može biti ograničena na protok u samo jednom smeru, što se i odigrava u ispravljačima i poluprovodničkim diodama. Međutim, danas na našoj planeti postoje ideje i o izgradnji prvih toplotnih ispravljača koji bi dopuštali protok toplote samo u jednom smeru, a smatra se da će biti izgrađeni od niti DNK ili od nekog nanomaterijala. Kada biste zapalili vatru iznad šerpe sa špagetima oni se veoma dugo ne bi skuvali, dok ukoliko postavimo istu vatru ispod šerpe, oni će se brzo skuhati. Međutim, ovom jednosmernom protoku toplote doprinosi gravitacija, jer se topliji i lakši vazduh podiže naviše pri čemu predaje toplotu šerpi ukoliko se ona nalazi iznad vatre. Ipak, u toplotnim ispravljačima ili čak i toplotnim tranzistorima budućnosti, toplota bi i bez pomoći gravitacije mogla da uvek teče u istom smeru, a ovakvi uređaji bi našli izuzetno primenu u elektronici i biotehnologiji. Prenos toplote se vrši rasipanjem međuatomskih vibracijama među sobom. Naime, ukoliko zagrevamo jedan kraj nekog tela,

čestice na toplijem kraju će početi da znatno intenzivnije vibriraju oko svojih ravnotežnih položaja, dok se amplitude atomskih vibracija na hladnom kraju šipke neće povećavati. Kada bi ove oscilacije bile harmonične, u slučaju kojih bi srednji položaj svake oscilujuće čestice odgovarao ravnotežnom položaju čestice (položaju kome odgovara minimum potencijalne energije u električnom polju susednih atoma), tada bi se sa predavanjem toplote, povećavale i amplitude oscilacija, a ove amplitude bi se u talasima prenosile do drugih atoma i ovakvo telo bi posedovalo beskonačnu toplotnu provodljivost, a i ne bi se nimalo širilo sa zagrevanjem. Međutim, oscilacije atoma kristalnih tela u našem svetu nisu harmonične, već anharmonične, što znači da se čestice više udaljavaju jedne od drugih tokom svake oscilacije nego što se približavaju. Ovo je posledica toga što odbojne sile između atoma (kao posledice preklapanja njihovih elektronskih oblaka) rastu sa smanjivanjem rastojanja između atoma mnogo brže nego što rastu privlačne međuatomske sile sa udaljavanjem atoma. Kao posledica toga, i srednji položaj oscilujuće čestice u slučaju anharmoničnih oscilacija ne odgovara ravnotežnom položaju i oscilacije kristalnog tela se rasejavaju jedne na drugima, odnosno međusobno interaguju i stoga se toplotna energija prenosi manje efikasno. Tim naučnika iz Univerziteta u Komu u Italiji i iz *Ecole Normale Supérieure* iz Liona u Francuskoj su u svrhu pravljenja toplotnog ispravljača teorijski razmatrali sendvič napravljen od dva harmonična poklopca (jedan zategnutiji koji vibrira pri višim frekvencijama i jedan opušteniji) između kojih se nalazi lanac anharmoničnih oscilatora (svaki oscilator predstavlja par oscilujućih atoma). Prilikom velikih amplituda vibracije (što odgovara visokim temperaturama), atomi u središtu sendviča su se talasali (odnosno ljuljali gore-dole) sporije i bili su usaglašeni sa opuštenijim oscilatornim poklopcem. Međutim, pri nižim temperaturama, oscilujući atomi središnjeg sloja su se bolje slagali sa atomima iz zategnutijeg i krućeg poklopca. Tako, ako se na fleksibilnijem kraju sendviča izazove intenzivnije oscilovanje (npr. putem zagrevanja ovog kraja sendviča), ove oscilacije će se preneti kroz središnju liniju postajući pri tome kraće ali brže, i preneće se na krući kraj sendviča, premda sa ne baš savršenom efikasnošću. S druge strane, zagrevanjem krućeg poklopca, izazivamo vibriranje (inače, vibracije su samo kvantovane oscilacije, pa se stoga sve međuatomske i međumolekulske oscilacije nazivaju vibracijama) anharmoničnog lanca sa većim amplitudama i pri višim frekvencijama, što ovaj lanac nije u stanju da prenosi pa se tako prekida prenos toplote u ovom smeru. Naučnici smatraju da bi njihov jednodimenzionalni model (jer je središnji sloj ispravljačkog sendviča jednodimenzionalan) trebalo da bude podjednako primenljiv i na trodimenzionalni, realni slučaj. Ovakvi toplotni ispravljači bi u kompjuterima budućnosti bili u stanju da preusmeravaju prenos toplote kroz čip, a niz toplotnih tranzistora bi bio u stanju da pokreće mikrolaboratoriju na čipu, pri čemu bi temperatura kontrolisala razne biohemijske reakcije.

## **- Kakvi su to sublimacioni štampači?**

Štampači sa sublimacionim bojama omogućavaju kućnu izradu slika čiji kvalitet odgovara jednoj fotografskoj laboratoriji. Pošto cene štampača ovoga tipa sve više padaju, mnogo korisnika digitalnih foto-aparata biraju prednosti ove nove tehnologije. Za razliku od običnog, odnosno tzv. *inkjet* štampanja gde se boje u obliku mlaza nanose na papir kao pojedinačne tačke koje se mogu razlikovati sa malog rastojanja, čineći tako digitalnu sliku manje realnom, kod sublimacionog štampanja izvodi se isparavanje boja putem toplote. Kada biste zavirili u jedan ovakav štampač primetili biste dugački kotur providnog filma koji liči na međusobno povezane trake crvenog, plavog, žutog i sivog celofana. Glava štampača se zagreva prolazeći preko filma uzrokujući sublimaciju, tj. isparavanje odgovarajućih boja i njihovo nanošenje na papir gde se boje kondenzuju, tj. prelaze iz gasnog u čvrsto stanje i na taj način ostavljaju trajni trag. Prema tome, glavna odlika ovakvog štampanja je prisustvo

toplote. S obzirom da se ovim postupkom boja praktično uliva u papir, na ovaj način dobijene slike su manje podložne bleđenju i deformaciji pod dejstvom vremena.

### **- Šta su to lava lampe?**

Lava lampe predstavljaju svetiljke koje u sebi poseduju pokretne tečnosti koje se prelivaju jedne preko drugih dok je sijalica upaljena, stvarajući tako lep vizuelni doživljaj. U tipičnoj lava lampi se obično nalaze dve raznobojne tečnosti, čija je gustina veoma bliska i koje se međusobno ne rastvaraju. Ulje i voda se ne mogu pomešati, ali im je gustina veoma različita pa se ova smeša ne bi mogla koristiti u lava lampama. Međutim, smeša mineralnog ulja (eventualno sa malo parafinskog voska) i vodenog rastvora nekog alkohola (ili glicerol, premda se najčešće koristi propilen glikol) čije bi gustine bile vrlo bliske, mogla bi se lako koristiti u lava lampama. Kada upalimo lava lampu, užareno vlakno njene sijalice stvara određenu količinu toplote koja se provodi do dna smeše dve nemešljive tečnosti. Teža tečnost (tj. ona koja je na dnu) apsorbuje toplotu i širi se, pa se stoga njena gustina smanjuje. Pošto dve tečnosti poseduju veoma slične gustine, pod dejstvom naglog širenja, donja tečnost će iznenada postati ređa od gornje i težiće da se popenje na vrh smeše. Tokom podizanja, tečnost će se hladiti, njena gustina će se povećavati i ona će opet padati na dno. Apsorpcija i rasipanje toplote su prilično spori procesi, a kao posledica toga dolazi do laganog presipanja dve raznobojne tečnosti u sudu lava lampe.

### **- Kako neke tečnosti mogu same da se prospu iz čaše?**

Možda ste nekada bili u prilici da vidite neobične tečnosti koje je dovoljno da samo malo pustimo da cure niz spoljašnji zid suda i one će potpuno isteći iz njega čak i pored toga što sud normalno stoji na podlozi. Ova neobična pojava se naziva efektom otvorenog sifona i može biti demonstrirana pomoću tečnosti napravljene rastvaranjem pogodnog dugolančanog polimera, kao što je npr. polietilen oksid koji je rastvoran u vodi i poseduje molekulska masu od 100 000 do 5 miliona grama po molu (u jednom molu materije postoji  $6,02 \cdot 10^{23}$  molekula). Ovakvi viskoelastični materijalni sistemi (visko jer su viskozni, odnosno pružaju visok otpor kretanju slično medu koji je viskozniji od vode, a i elastični su s obzirom da se pod dejstvom sile vraćaju u početni položaj) se mogu zamisliti kao činija prepuna kuvanih špageta. Naime, izdvajanje pojedinačnih niti testenine je uvek teško jer se ona lepi i ukršta sa ostalim nitima. Slično tome, malo izlivanje jedne ovakve polimerne tečnosti će usled snažnih sila u okviru polimernog lanca, kao i između različitih polimernih lanaca, dovesti do privlačenja neizlivena tečnosti ka izlivenoj koja se nalazi na nižem nivou (odnosno u stanju niže potencijalne energije u Zemljinom gravitacionom polju) nego tečnost u sudu, pa će kao težnja ka postizanju minimalnog energetske stanja i ostatak tečnosti u sudu isteći napolje. Takođe, isticanje tečnosti iz suda, ovaj fluid podleže istezanju što dovodi do ispravljanja (svi ugljenični polimerni lanci se ne pružaju u potpunosti linearno, već u cik-cak) i ređanja lanaca polimera u red što izaziva porast šireće viskoznosti u odnosu na smicajuću viskoznost, pa kada se istegne, ovaj polimerni fluid postaje veoma jak (slično kristalnoj čvrstoj supstanci). Međutim, pošto su molekuli tačno jedni iznad drugih, oni mogu i teći jedni preko drugih, pa se tako i izlivati iz suda. Sa padanjem tečnosti van suda, njeno istezanje se povećava, a time i izvlačenje ostatka fluida iz suda. S druge strane, šireća viskoznost običnih (tzv. Njutnovih) fluida kao što je npr. voda, ne povećava se sa povećanjem tečenja. Tok fluida se u ovom slučaju brzo izdužuje i pretvara u kapljice pre nego što sifonska akcija i započne. Kod ovakvih tečnosti se sifonski efekat može postići samo putem vešačkog zaustavljanja naglog izduženja tečnosti pomoću cevi. Tečnosti koje imaju sposobnost izvođenja sifonskog efekta su veoma slične nekuvanom belancetu koje usled prisustva dugačkih polipeptidnih lanaca

pokazuje slična viskoelastična svojstva, slično nekim bojama, lepkovima itd. Slična pojava (poznata i kao Vajsenbergov efekat) se primećuje prilikom rotiranja šipkastog tela u viskoelastičnom fluidu. Naime, slično rotiranju viljuške u čini sa špagetima, i u ovom slučaju se pojedinačni polimerni lanci međusobno povlače, što dovodi do porasta lokalnog pritiska koji izaziva penjanje fluida duž rotirajućeg tela ka njegovoj slobodnoj površini. Rastvori poliakrilamida ili polietilen oksida u smeši glikola i vode pružaju mogućnost slikovitog opisivanja niza interesantnih viskoelastičnih svojstava polimera. Naravno, karakteristika svih viskoelastičnih tečnosti je njihova osobina da se nakon deformacije vrate u početni položaj (tj. elastičnost). Jedan od načina da odredimo da li je fluid elastičan je da ga promučkamo i da se zatim zagledamo u oblik mehurića rastvorenih gasova u njemu. Naime, ukoliko ovi mehurići nisu oblika sfera ili elipsoidnih figura, već su oblika suze, tada je fluid elastičan.

### - Šta je to *MagnaDoodle*?

*MagnaDoodle* je popularna dečija igračka za crtanje koja poseduje beli zastor po kome se može crtati uz pomoć specijalne pisaljke, a zatim se samo pomeranjem klizača sa dna zastora mogu obrisati nacrtani detalji. Deca vole ovu igračku jer nije potrebno izvršiti veliki pritisak sa pisaljkom da bi se iscrtale veoma jasne linije, a i roditelji je vole jer pisaljka ne poseduje ni mastilo ni boje, već predstavlja obično parče metala sa kojim se nigde drugde ne može pisati. Ekran *MagnaDoodle*-a se sastoji iz dva sloja plastike, postavljenih jedan preko drugog, pri čemu je gornji sloj providan i predstavlja površinu po kojoj se kreće pisaljka. Između ova dva sloja nalazi se šupljikava mrežica koja održava dva plastična sloja na određenom međusobnom rastojanju i istovremeno deli prostor između dva sloja na jednake elementarne ćelije u kojima se nalazi bela neprozirna tečnost (slična mleku) u koju su umočene veoma fine tamne magnetne čestice gvožđe oksida. Kada delujemo malim magnetom, tj. pisaljkom na površinu ekrana, pisaljka privlači tamne čestice gvožđe oksida ka površini tečnosti i one postaju vidljive. Nakon što iscrtamo liniju, magnetne čestice se ne vraćaju ponovo u dubinu tečnosti, usled pažljivo podešene debljine tečnog sloja, kao i zbog jednake gustine čestica gvožđe oksida i tečnosti. Ako želimo da obrišemo ekran, dovoljno je da povučemo specijalni brisač (tj. dugački magnet) preko njegove zadnje strane, i on će povući magnetne čestice unazad i opet ih uroniti u belu tečnost, pa će ekran opet dobiti belu boju.

### - Šta je to digitalni ram za slike?

Digitalni ram za slike predstavlja uređaj čiji su oblik i veličina slični običnom okviru za slike, ali umesto samog postolja za slike, on poseduje tečno-kristalni displej (LCD) na kome se prikazuju slike u *slideshow* formatu, a uz to se i pomoću telefonske linije priključuje na Internet kako bi *download*-ovao nove slike ili druge vizuelne informacije. Nekoliko kompanija na našoj planeti danas proizvodi ovakve uređaje, uključujući i *Polaroid*, *Kodak*, *Kensington* i *Cevia*-u. Svake noći, digitalni ram za slike se povezuje na određeni Web sajt odakle *download*-uje nove slike (*upload*-ovanje personalnih slika na Web sajt kako bi se i one mogle prikazivati na digitalnom ramu vrši se preko običnog kompjutera) da bi sledećeg jutra automatski pokazivao slike po principu *slideshow* rotacije. Preko odgovarajućeg Web sajta se mogu podešavati razne opcije u vezi sa prikazivanjem slika uključujući i vreme tokom koga se emituju određene slike, *slideshow* interval (koliko vremena prolazi između svake dve slike), telefonski broj za priključenje na odgovarajući Web sajt (za slučaj da se digitalni ram pomeri u oblast sa drugim pozivnim brojem), kao i neke dodatke običnim slikama kao npr. njihova imena ili usputno prikazivanje trodnevne vremenske prognoze. Digitalni ram za slike

predstavlja zapravo jedan mali kompjuter, s obzirom da poseduje skoro sve glavne komponente kao i običan *desktop* kompjuter, premda je svaka od ovih komponenti znatno jednostavnija (nego u slučaju *desktop* kompjutera) jer je digitalni ram za slike, za razliku od *desktop* kompjutera predodređen za obavljanje samo jednog posla. U osnovne komponente digitalnog rama za slike kompanije *Cevia* spadaju: centralna procesorska jedinica (koje je slična kao kod malih, elektronskih video igara), memorija (i to ROM memorija u kojoj se čuva operativni sistem, kao i nešto malo fleš memorije u kojoj se nalaze slike, postavke i određeni delovi operativnog *software-a*), modem (sa brzinom prenosa podataka od 33,6 kilobita u sekundi), displej (pasivno-matrični LCD rezolucije 640 x 480 piksela i dimenzija 13 x 18 cm sa 12-bitnim spektrom boja što znači da se na displeju može pojaviti 4100 različitih boja, pri čemu displej zajedno sa ramom nije ništa deblji od običnog rama za slike), kontrole (jedina dva kontrolna dugmeta su jedno za podešavanje osvetljenosti slike, a drugo za paljenje displeja ili za priključivanje na Internet) i operativni sistem (tzv. PSOS koji je dizajniran za upotrebu u uređajima kao što su PDA-ovi, oprema za elektronsko testiranje i sl.). Digitalni ramovi za slike naredne generacije će biti u stanju da odštampaju slike po izboru (ili na specijalnom lokalnom štampaču ili na štampaču Web sajta kompanije proizvođača digitalnog rama odakle će nam slike biti poslate poštom), da puštaju snimljenu muziku zajedno sa svakom slikom, posedovaće *CompactFlash* memorijski otvor u svrhu prikazivanja slika direktno sa digitalnog foto-aparata, kao i daljinski upravljač za podešavanje rama.

## - Kako se pravi vatromet?

Svetleće rakete, baklje, prskalice i svi drugi svetleći emiteri koji se mogu primetiti na vatrometima predstavljaju samo razne tipove pirotehničkih sprava. Tako se svetleće rakete sastoje od baruta (smeše uglja, sumpora i kalijum nitrata) u zaptivenoj papirnoj cevi sa fitiljem na jednom svom kraju. Da bi se dobila što svetlija eksplozija, ugalj u barutu se u određenoj meri zamenjuje sa aluminijumom. Takođe, da bi se dobila dimna zavesa, dovoljno je samo zapaliti smešu kalijum nitrata i nekog šećera. Za razliku od raketa koje prave veoma kratkotrajne i intenzivne bljeskove svetlosti, prskalice stvaraju dugotrajnije (i do po nekoliko minuta) izrazito svetle tuševe svetlosti. Zbog čitave loptice varnica koja okružuje zapaljenu prskalicu, one se često nazivaju i "pahuljastim prskalicama". Svaka prskalica se sastoji od goriva, oksidansa, praha gvožđa ili čelika i nekog vezivnog sredstva. Oksidujuće sredstvo često može biti kalijum nitrat, gorivo je najčešće smeša uglja i sumpora, dok vezivno sredstvo može biti običan kuhinjski šećer (glukoza) ili škrob. Pomešane sa vodom, ove hemikalije formiraju kašu kojom se oblažu metalne žice. Bitno je da gorivo i oksidans budu zastupljeni u tačno određenom odnosu kako prskalica ne bi isuviše brzo izgorela (kada je previše oksidansa prisutno) ili kako se ne bi ugasila. Sušenjem žice, prethodno natopljene u zapaljivu smešu, dobija se prskalica. Takođe, pirotehničke naprave koje se koriste u vatrometima veoma često sadrže i prahove aluminijuma, gvožđa, čelika, cinka ili magnezijuma. Ove metalne pahulje se tokom gorenja prskalica zagreju do usijanja tako da i same počinju da emituju svetlost raznovrsnih boja. Na vatrometima se najčešće koriste specijalne sprave koje se sastoje od suda u obliku čelične cevi u kojoj eksplodira barut što dovodi do lansiranja loptice koja se sastoji od središnje cevi (čiji sastav odgovara sastavu jedne svetleće rakete) umočenoj u smešu baruta i tzv. zvezda (malih kuglica čiji sastav odgovara sastavu prskalica). Sa trenutkom lansiranja, fitilj sprave se pali i na odgovarajućoj nadmorskoj visini varnica sa fitilja dolazi u kontakt središnjom cevi što izaziva eksplozivno paljenje baruta, a zatim i cele sprave. Eksplozija pali zvezde koje počinju da emituju iskre svetlosti u svim pravcima. Putanja koju opisuje svetlost ovakve sprave na nebu zavisi od rasporeda zvezda u njoj. Tako, ako su zvezde raspoređene u krugu sa barutom u unutrašnjosti kruga, dobićemo na nebu kišu svetlosti raspoređenu po krugu.

## **- Šta su to sintetičke morske školjke?**

Jedna vrsta morskog puža pod imenom abalon već milenijumima marljivo grade svoje kućice kombinujući kalcijum karbonat (krečnjak) i prirodni polimer stvarajući pri tome materijal koji je 1000 puta jači od materijala koji bi nastao nasumičnim kombinovanjem ove dve komponente. Naučnici iz američke Nacionalne laboratorije Sandia u Albuquerkiju uporno pokušavaju da imitacijom prirode naprave identični školjkasti materijal koji bi mogao da nađe izuzetnu primenu u raznim uređajima budućnosti, počev od sočiva otpornih na ogrebotine pa sve do nesalomivih vetrobrana. Abaloni se nalazi na obalama svih toplih mora osim zapadnog Atlantika, a njihove kućice se često koriste za pravljenje ogrlica. Abalon kreira svoju kućicu uz pomoć organskih polimernih molekula koji upravljaju strukturnim raspoređivanjem neorganskih molekula (odnosno krede) dizajnirajući tako izuzetno otpornu strukturu praktično molekul po molekul. Naučnici iz Sandia laboratorije su dugo tragali za polipeptidnim molekulom koji bi u formiranju imitacije školjke odigrao ulogu koordinatora neorganskih molekula. Ovi, neorganski molekuli ne bi trebalo da budu molekuli kalcijum karbonata već komponente mikročipova koji bi u slučaju da ovaj projekat uspe bili toliko mali da bi mogli da predstavljaju komponente kompjutera koji će moći da stane u jednu morsku školjku. Sistemom eliminacije, naučnici su došli do samo nekoliko polipeptidnih molekula koji bi mogli da igraju ulogu potencijalnog koordinatora u strukturnoj izgradnji materijala. Neke gradivne jedinice ovih proteina su se pokazale izuzetno selektivnima u vezi sa materijalom sa kojim se kombinuju. Tako su pronađeni peptidi koji bi se vezali za jedinjenje određenog kristalnog poretka, ali ne i za isto jedinjenje druge polimorfne modifikacije. Ovi peptidni konstruktori zatim međusobno povezuju zakačene mikroskopske parčiće u slojeve jedinstvenog materijala. Na taj način se uz pomoć peptidnih molekula kao nosača pojedinačnih molekula od dna do vrha formira materijal koji po načinu izgradnje potpuno imitira način izgradnje oklopa školjki ili kućica puževa.

## **- Šta su to polimerne perle?**

Slično perlama koje se nižu na ogrlici, i mikroskopske polimerne loptice se mogu povezivati tako da formiraju dugačke malecne ogrlice koje će nalaziti izuzetne primenu u materijalima budućnosti, a pre svega u optoelektronskim i magnetnim uređajima. Poluprovodnički i drugi neorganski kristali (kao što je npr. silicijum) predstavljaju osnovu elektronskih i drugih tehnologija, ali izuzimajući male promene koje se dešavaju sa dodavanjem stranih atoma u njihovu kristalnu strukturu, njihove hemijske osobine su u suštini fiksirane. S druge strane, modifikovanjem monomernih jedinica u polimernim molekulima na bazi ugljenika mogu se neograničeno menjati osobine materijala, a time i nalaziti nova polja njihove primene. Naučnici iz američke Nacionalne laboratorije u Ouk Ridžu u Tenesiju pronašli su način za mešanje rastvora dva polimera koji se inače ne privlače. Naime, oni su izazvali toliko brzo isparavanje vode tako da polimerni molekuli nisu bili u stanju da se odvoje i umesto toga su se zajedno grupisali u mikroskopske sfere. Naučnici su takođe otkrili i da se ove polimerne sfere u procesu mogu nanizati jedne na druge tako da formiraju prave mikroskopske ogrlice. Smatra se da sa isparavanjem vode, krajevi molekulskih lanaca koji vire iz sfera mogu da se povezuju gradeći tako strukturu ogrlice. Ove molekulske sfere su dovoljno glatke i lagane da se svetlost može odbijati u njima. Na taj način se one ponašaju kao minijaturne laserske šupljine. Naime, svetlost prave talasne dužine može napraviti oko stotinak kružnih puteva oko svake mikrosfere. Pošto su mikrosfere povezane, ove optičke rezonancije mogu prolaziti između njih i kretati se duž ove lančane strukture. Ovaj efekat bi bio veoma koristan u optičkim "žicama" senzora i drugih svetlosnih uređaja koji mogu biti



podešeni na posebnu frekvenciju. Osim u optoelektronici, polimerne perle bi mogle da budu korisne i u magnetnim prevlakama. Naime, hvatanje magnetnih čestica u okviru mikrosfera bi moglo da pruži novi način za oblaganje magnetnih uređaja za skladištenje informacija kao što su npr. hard diskovi: dovoljno je da samo obojimo namagnetisane polimerne perle.

## **- Šta su to hologrami?**

Hologrami predstavljaju fotografije snimljene pomoću laserske svetlosti, u kojima se čuvaju informacije o kompletnoj trodimenzionalnoj slici snimljenog tela. Na film na čijoj površini se snima izgled predmeta, direktno se usmerava jedan laserski snop, dok se drugi snop (najčešće bez sočiva) usmerava na film tek nakon reflektovanja od posmatranog predmeta. Dva snopa laserske svetlosti se prilikom pristizanja na film razlikuju u fazama (jer su se kretali različitim putem) i stoga interferiraju (preklapaju se) i na filmu, tj. hologramu ostavljaju rezultujuće tragove - rezultate njihove interferencije. Celokupna informacija takvog trodimenzionalnog snimka nalazi se u svakoj tački površine, odnosno u samom "interferencionom obrascu". Drugim rečima, na fotoploči (hologramu) se ne vide konture predmeta, već figure interferencije dva svetlosna polja – izvornog koherentnog (laserskog) polja i raspršenog polja koje potiče od snimanog predmeta. Svetle i tamne linije "interferencionog obrasca" sadrže sve informacije o smeru, intenzitetu i fazi svetla sa snimljenog objekta. Na hologramu je sačuvana i perspektivnost predmeta, pa se iz jednog holograma mogu dobiti različite fotografije predmeta u zavisnosti od željenog ugla posmatranja. Da bi se rekonstruisala snimljena slika, dovoljno je da hologram osvetlimo koherentnom svetlošću koja će se difraktovati (pojava rasipanja svetlosnih ili nekih drugih talasa u svim pravcima prilikom prolaska kroz uzan otvor) od strane interferencionog obrasca holograma, nakon čega ćemo dobiti sliku snimljenog predmeta u trodimenzionalnom prostoru. Jedno od ključnih osobina holograma je to da on u svakom svom delu sadrži kompletnu informaciju o celom predmetu. Naime, ukoliko osvetlimo bilo koji deo holograma, biće rekonstruisana celokupna slika, premda će ona pokazivati manje detalja nego slika dobijena sa celog holograma. Prema shvatanju mnogih naučnika i filozofa, stvarni svet je ustrojen prema istim "hologramskim" principima tako da je Celina skrivena u svakom od svojih delova, kao na primer Kosmos u zrnu peska ili šumu mora.

## **Umesto pogovora, pitanje broj 1001:**

### **- A šta je to ljubav?**

Dragi čitaocē, postoje pitanja na koja nam niko drugi do nas samih ne može dati pravi odgovor. I ne samo to, već postoje pitanja koja i nemaju odgovore, ili barem ne odgovore koji bi bili fiksnog i nepromenljivog karaktera. Kada bismo bili u stanju da pružimo odgovor na svako pitanje u Kosmosu, sve za šta znamo da postoji izgubilo bi svoj smisao i lepotu svoga postojanja. Zamislimo samo kako bi siromašno druženje sa drugim bićima i naše upoznavanje sveta kroz nadanja i verovanja koja ispunjavaju svaki novi zavijutak našeg života, kada bismo mogli da unapred poznajemo sve posledice naših dejstava. Stoga je u nepredvidljivosti i neznanju, u radoznalim susretima sa beskrajnim morem nepoznatog, novim otkrićima i saznanjima prisutno izvoriste sreće ljudskih bića. Ne u nalaženju, već u lepoti traganja; ne u cilju, već u putu prisutna je Tajna odgovora na ovo pitanje. I nauka sa svim odgovorima kakvi

su pruženi u ovoj knjizi, a koji naravno predstavljaju samo jedne od mnogih, predstavlja jednu takvu beskrajnu potragu.

Najlepši odgovori nikada ne poseduju pretenzije finalnosti koja bi zatvorila polja našeg radoznalog istraživanja Prirode, već su oni upravo usmereni ka širenju našeg čuđenja, ka buđenju novih susreta i interesovanja, ka postavljanju starih pitanja u nove, sve veće i sve dublje saznavne okvire. Najlepši odgovori nas podstiču ne da otkrivajući ih postajemo mnogo važni, već da se sve jače i sve radosnije divimo čudesima sveta svuda oko nas. I još nešto. Najlepši odgovori nikada ne otkrivaju za nas ono što čeznemo da saznamo, već predstavljaju samo blage zvezde vodilje, puteve koji vode do naših samostalnih otkrića.

Dragi čitaocē, došao si tako do samog kraja ove knjiga, ali to ustvari i nije kraj. Ovo je početak jedne druge knjige, veće nego ova knjiga, veće nego sve druge knjige na svetu, knjige koja se nalazi u Tvome srcu. Čitanje ove knjige napisane božanskim jezikom, bilo u sebi tiho, nečujno ili ponekad i na sav glas nazivamo ljubavlju. Tamo gde se spajaju svet duha – svet naših toplih unutrašnjih težnji ispunjenih brižnošću prema svetu, njegovom ulepšavanju i prosvetljenju, i svet materije – našeg znanja i mudrog razmišljanja, rađa se ljubav zbog koje i usled koje i postoji čitav ovaj veliki svet. Negujmo ljubav kao jedan cvet svetlosti u našim srcima i dajmo više nego što imamo i čitav svet će tada biti naš. Jer stvari zaista imaju onakav izgled kakav im dadne naša duša.



*uživajte u svijetu knjiga*