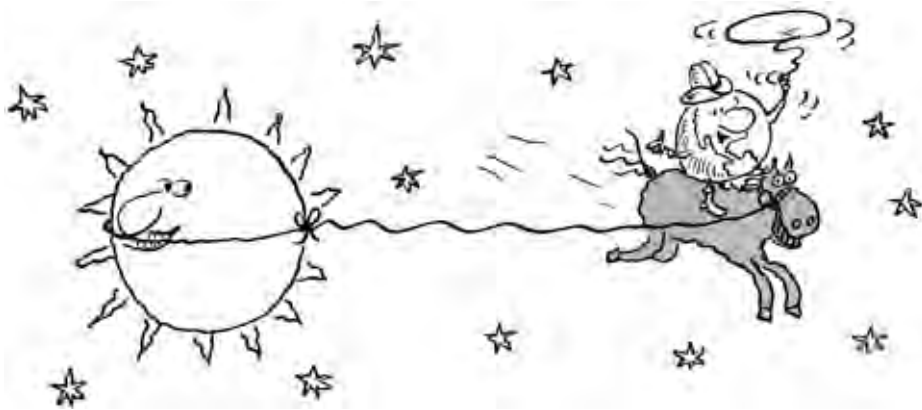


A zašto?



A zašto?



Keti Volard

Ilustrovala Debra Solomon

Preveo
Nenad Milojković

■ Laguna ■

Naslov originala

Kathy Wollard
How COME?

Copyright © 1993 by Kathy Wollard

Illustrations Copyright © 1993 by Debra Solomon

Translation Copyright © 2006 za srpsko izdanje, LAGUNA

Published by arrangement with Workman Publishing Company, New York

A ZAŠTO? A ZAŠTO? A ZAŠTO? A ZAŠTO? A ZAŠTO? A ZAŠTO? A ZAŠTO?

Zahvalnost

*S ljubavlju
posvećujemo
ovu knjigu
Evanu Morisu,
Aronu Volardu i
Aleksanderu Gorlinu.*

Želimo da zahvalimo nekadašnjim i sadašnjim saradnicima *Njuzdeja*: B. D. Koulenu, koji je na početku oblikovao ovu rubriku; Antoniju Marou, koji je verovao u nju; Liz Bes i Žaklini Segal za stručnost i ohrabrivanje; i Majklu Maskalu koji nas je na sve načine podsticao da *A zašto?* objavimo kao knjigu. I na kraju, zahvaljujemo Roju Hensonu, prvom uredniku ove rubrike, koji nije dočekao objavljivanje knjige. Ketii Volard bi htela da zahvali i svom mužu Evanu Morisu; Karen Ficdžerald; Džulijeti Ajisi-Agjei; Džefu Kolmenu; Stivu Keliju; i Dženifer Veman za pomoć i podršku svih vrsta. Posebno zahvaljujemo Džerlu Vokeru, koji nikada ne propušta da odgovori na telefonske pozive i uvek savršeno razumljivo objašnjava sve što se tiče fizike. Takođe zahvaljujemo svom agentu Meg Ruli. Konačno, kada je u pitanju izdavačka kuća *Vorkmen*, zahvalne smo uredniku Suzan Rejfer, umetničkom direktoru Robinu Gurliju, a naročito svom uredniku Margo Herera za naporan rad koji je uložila da bi naša knjiga ugledala svetlo dana.

Ketii Volard i Debra Solomon

Sadržaj



Kako je nastala knjiga <i>A zašto?</i>	X
BOJA SVETLOSTI I SVETLOSNE VARKE...	1
Zašto je nebo plavo?	2
Zašto lišće u jesen menja boju?.....	4
Kako nastaje duga?	6
Zašto je plamen najčešće narandžast?.....	8
Zašto su neki okeani zeleni, a neki plavi?	10
Zašto nam se čini da Mesec i Sunce menjaju boju?	12
Otkud zvezdama boja?	15
Šta je <i>aurora borealis</i> i šta je izaziva?	17
Zašto nam se po vrućini pričinjava da na putu ispred nas ima vode?	20
Zašto zvezde trepere?	23
SILE I ČESTICE	25
Zašto su mehurići okrugli?	26
Zašto na dnu i zidovima prevrnute mokre čaše ostaju kapi vode?	28
A zašto su planete, Sunce i druge zvezde okrugli?	31
A zašto zvezde ne padnu?.....	34
Kako naučnici uopšte znaju da atomi postoje?	36
Koliko su mali molekuli vazduha?.....	40

Ako su čvrsti materijali kao što su staklo i led sastavljeni od gusto zbijenih molekula, zašto su providni?.....	42
A zašto su neki atomi radioaktivni?	44
Kako se rendgenskim zracima snimaju kosti?.....	46
A zašto se bumerang vraća kad ga baciš?.....	49
Šta je uzrok statičkog elektriciteta u tvojoj kosi?	52
A zašto te prodrma struja kad mokrim ruka- ma dodirneš neki električni uređaj?	54
Kako magneti privlače?	56
A zašto naučnici kažu da je nemoguće stvoriti ili uništiti energiju?	58
A zašto neon sija?.....	60
Šta je Doplerov efekat?	62
Kako se raketa kreće kroz svemir, gde nema vazduha od kog bi se otiskivala?	64
Da li je moguće putovati kroz vreme? Ako jeste, kako?	66
Šta se dešava s nekim telom kad se njegova brzina približava brzini svetlosti?.....	68
TAMO DALEKO I JOŠ DALJE	71
Zašto zvezde obrazuju slike?	72
Šta su galaksije i koliko ih ima?	75
Kako se zovu galaksije?	78
Zašto je svemir crn?.....	80

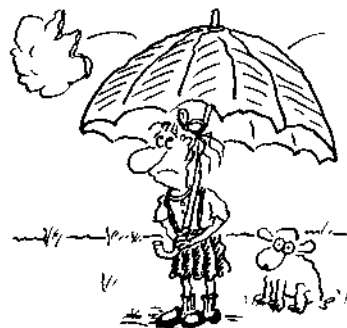
Šta su to pulsari i kako nastaju?	83
Šta je to crna rupa i zašto usisava nebeska tela?	86
Ako svetlost nema masu, pa prema tome ni težinu, zašto ne može da pobegne od gravitacije crne rupe?.....	88
Da nema zvezda, da li bi bilo života?	90
Da li naučnici još uvek misle da je svemir nastao „velikom praskom“?	92



SUNČEV SISTEM	95
Kako je nastalo Sunce? Šta će se s njim desiti kroz milion godina?	96
Da li se Sunce obrće?	100
Kako Sunce zadržava planete u orbiti?.....	102
Da li Sunce obasjava svih devet planeta?	104
Ima li i drugih sunčevih sistema osim našeg?.....	107
Da li je naša prva susedka Venera slična Zemlji?.....	110

Zašto je planeta Mars crvena?.....	113
Zašto Jupiter ima crvenu pegu?	116
Zašto je Saturn opasan prstenovima? Koliko ih ima?.....	118
Zašto Pluton i Neptun menjaju orbite?	122
A zašto je Zemlja nagnuta?	124
Otkuda dolaze komete, i od čega su?	127
Šta su zvezde padalice?	130
Zašto nastaju pomračenja?.....	133
Odakle je došao Mesec?.....	136
Kad je na nebu samo pola Meseca, gde je ostatak?.....	139
Zašto na površini Meseca i planeta kao što su Merkur i Venera ima kratera?	142
Zašto je Mesec tako daleko?	145
Šta bi se desilo ako bi veliki meteorit pogodio Zemlju?.....	148
A zašto se obrtanje Zemlje nikada ne uspori niti zaustavi?	150
NAŠA RODNA PLANETA	153
Kako da odredimo koliki je obim Zemlje?..	154
Kako Mesec uzrokuje plimu i oseku okeana?..	157
Je li tačno da se kontinenti pomeraju? Da li je nekad postojalo samo jedno veliko kopno?.....	160
Kako naučnici mogu da odrede starost Zemlje?.....	163

Kako su se kosti dinosaurusu sačuvala više od šezdeset pet miliona godina?	166
A zašto je središte Zemlje tako vrelo?.....	170
Šta je to ozonski omotač? Zašto je i za nas štetno ako se on ošteti?.....	173
Ako je kiseonik toliko važan za život, zašto atmosfera sadrži samo jednu petinu kiseonika?	176



KAKVO JE VREME?	181
Zašto kiša pada u kapljicama umesto da teče u mlazovima?	182
Od čega nastaje grad?	185
Kako nastaju snežne pahulje?	188
Zašto duva vetar?	190
Pada li kiša i na drugim planetama?	192
Odakle oblacima elektricitet od kog nastaju munje?.....	195
Da li zaista postoji loptasta munja?	198
Odakle dolaze tornada?	200

U ZOOLOŠKOM VRTU	203
Zašto se kaže da mačke imaju devet života?..	204
Zašto neke životinje imaju četiri noge, a neke samo dve?	207
Kako slepi miševi love noću i kako lete u mraku ne sudarajući se s preprekama?..	210
A zašto pauk crna udovica pojede svog mužjaka?.....	213
Zašto pauci pletu mrežu?	216
Zašto psi vide crno-belo?	218
A zašto žirafe imaju dug vrat?	220
Da li je panda medved? I zašto su pandine bebe toliko male?.....	223
Kako je zebra dobila pruge?	226
Zašto neke životinje padaju u zimski san?.....	228
Zašto je zrelije voće slađe?.....	232
Kako svetle svici?	234
Kako pčele prave med?	236
Zašto neke ptice ne znaju da lete?.....	238
Zašto pingvini imaju krzno umesto perja? ..	240
Kako papagaji oponašaju reči? Da li zaista razumeju šta kažu?	242
Zašto su izumrli dinosaurusi?	245
Ako su gmizavci bili prve kopnene životinje, kako su nastali sisari?.....	248
Ako ljudska bića potiču od majmuna, zašto se majmuni u džungli ili zoološkom vrtu ne pretvore u ljude?.....	250

ZAŠTO SMO OVAKVI?	255
Zašto postoje različite boje kože?.....	256
Zašto nam zvoni u ušima?.....	259
Kako to da čujemo zvuk okeana u morskoj školjci čak i pošto smo je doneli kući? ...	262
Kako rastu nokti?	264
Zašto ljudske oči imaju različite oblike?.....	266
Kako to da imamo dva oka, a vidimo samo jednu sliku svega što gledamo?	268
Zašto komarci ujedaju ljude? I zašto ujedi svrbe?	271
Zašto ljudi zevaju, i zašto je zevanje zarazno?.....	274
Zašto ljudi imaju mučninu na brodu ili u automobilu?	276
Šta izaziva klaustrofobiju i druge fobije?	278
Šta izaziva štucavicu?.....	280
Zašto kosa sedi?	282
Zašto ljudi s godinama dobijaju bore?.....	284
Kako se dobija rak kože?	287
Zašto nam oči suze kad plačemo?.....	290
Zašto ljudi imaju različite krvne grupe?.....	292
Zašto nam je ponekad teško da zaspimo?	295
Kako i zašto sanjamo?	298
Registar pojmova	301

Kako je nastala knjiga



U početku je *A zašto?* bila samo ideja kojom smo se poigrali u redakciji jednog od najdinamičnijih i najpopularnijih njujorških dnevnih listova, *Njuzdeja*, koja se nalazi u Melvilu na Long Ajlendu. Kako bi bilo da napravimo nedeljnu rubriku za decu koja bi objašnjavala zagonetke s kojima se svakodnevno susreću? A možda bi i deca mogla da postavljaju pitanja? Već nekoliko nedelja posle prvog pojavljivanja rubrike *A zašto?* u odeljku *Njuzdeja* „Otkrića“, u junu 1987. počele su da pristižu gomile pisama s pitanjima i dece i odraslih. Uskoro je ove članke počela da ilustruje Debra Solomon, koja im je dodala element nadahnute otkačenosti. Danas

ovu rubriku preuzimaju novine širom Sjedinjenih Država i u celom svetu.

Otvaranje stotina pisama koja se slivaju u redakciju, s bezbrojnim divnim pitanjima, često i sa crtežima, jedno je od zadovoljstava koja donosi pisanje ove rubrike. (Neka od pitanja se ovde ne pojavljuju: Ako je staklo providno, zašto ima senku? Kada umre neko koga volite, zašto vas boli srce?)

Ponekad, pošto se rubrika objavi, deca šalju sopstvene teorije, na primer s pretpostavkom da su gromovi istrebili dinosauruse. Pitaju i o budućnosti: brine ih da li će kada odrastu imati dovoljno životnog prostora i vazduha za disanje. I veoma često se pokaže da je gotovo

nemoguće odgovoriti na neka naizgled jednostavna pitanja: „Kako bicikl u pokretu stoji uspravno?“ samo je jedno od onih koja još uvek zbunjuju naučnike.

Od samog početka je predviđeno da se svaki članak čita kao nezavisna celina, i trudili smo se da taj princip zadržimo i u knjizi. Zato nije moguće izbeći neka ponavljanja, ali to vam kao čitaocu takođe pruža mogućnost da ovu knjigu otvorite u sredini i da skačete s teme na temu kako vam se prohte. Međutim, čitajući na taj način, verovatno ćete početi da primećujete veze između naizgled nesrodnih tema, kao što su boja kože, neobična konstrukcija paukove mreže i procesi unutar zvezda.

A zašto?

Ponekad je prostor od 500 reči, koliki pripada rubrici, bio tesan za potpuno objašnjenje. Format knjige omogućava sveobuhvatnija objašnjenja, dopunske tekstove i „Proverene podatke“. Ali namera mi nije bila da bilo šta od toga podseća na enciklopediju. Nadam se da će čitalac biti podstaknut da potraži neku drugu knjigu, poseti prirodjački muzej ili nekog predusretljivog profesora prirodnih nauka.

Trudila sam se da knjiga *A zašto?* bude što tačnija i savremenija, i sa što manje grešaka. To je podrazumevalo prepravke do poslednjeg trenutka, da bi se uvrstila najnovija otkrića o razređenoj Merkurovoj atmosferi,

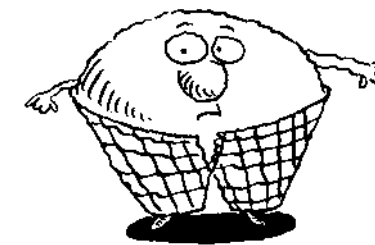
temperaturi Zemljinog središta, ili krateru u Meksiku koji je stvorio asteroid i koji možda označava mesto gde je počeo kraj dinosaurusa. Ali nauka stalno iznova ocenjuje, proverava i premišlja. Sledeće godine ćemo možda saznati da, na primer, teorija o asteroidu koji je istrebio dinosauruse ima velike nedostatke.

Na sreću, nauka je pre način upoznavanja sveta nego skup činjenica uklesanih u stenu. To je otvoren proces, koji će postojati dok postojimo i mi. U rubrici „A zašto?“ pre svih je objavljen članak „Zašto je nebo plavo?“. To je i dalje pitanje koje se najčešće postavlja. Mada je Džon Rejli razradio opšteprihvaćenu teoriju još

1899. „A zašto?“ još uvek dobija pisma od ljudi koji se ne slažu s njegovim odgovorom. I to je sasvim u redu.

I na kraju, da ne bismo zaboravili, svako pitanje, pa i ovo o boji neba, uvek u sebi zadržava element najdublje misterije. Nauka, ipak, samo pokušava da stvori predstavu o svetu. Sam svet uvek ostaje na odstojanju; sasvim malo nam nedostaje da ga dosegne.

*Keti Volard
Njujork*



Boja svetlosti i svetlosne varke



Svetlost se sastoji od malih čestica energije, fotona, koji se u vakuumu kreću ogromnom brzinom od 300.000 kilometara u sekundi. Nauka nam kaže da se ništa ne može kretati brže od svetlosti.

Mada je čestica, svetlost se ponaša i kao talas, a javlja se u više talasnih dužina. Naše oči vide svetlost samo u određenom opsegu talasnih dužina, koje pripadaju vidljivoj svetlosti (kao što je ona koju zrače sunce ili lampa). Ali gama zraci, rendgenski zraci i ultraljubičasta svetlost takođe su vrste svetlosti. Njihovi fotoni imaju preveliku energiju (a suviše malu talasnu dužinu) da bi ih naše oči videle. Fotone infracrvene svetlosti, mikrotalase i radio-talase takođe ne možemo da vidimo, jer im je energija suviše niska, a talasna dužina prevelika.

Vidljiva svetlost može imati bilo koju duginu boju, a bela svetlost, na primer sunčeva, u stvari je mešavina ovih boja. Ako zrak jake bele svetlosti propustiš kroz prizmu, svetlost će se razdvojiti na boje koje je sačinjavaju, a svaka od njih ima određenu talasnu dužinu. Prva je crvena, koja ima veću talasnu dužinu, zatim sledi narandžasta, žuta, zelena, plava i ljubičasta, a ona od vidljivih svetlosti ima najmanju talasnu dužinu. (Duga se javlja jer prizma ne prelama u istoj meri svetlosti različitih talasnih dužina, tako da se svaka od njih pojavljuje izdvojeno.) Ako se svetlosti duginih boja propuste kroz drugu, naopako okrenutu prizmu, ona će ih ponovo sjediniti u zrak bele svetlosti.

Zašto je nebo plavo?

Ponekad je na najjednostavnija pitanja najteže odgovoriti. Naučnici su tokom godina dali mnoga objašnjenja o plavoj boji neba. Ali najbolje je dao britanski naučnik lord Džon Rejli, pre skoro sto godina.

Da počnemo od početka. Sunčeva svetlost koja osvetljava nebo po danu je bela – prema tome, nebo bi trebalo da bude blistavo belo, zar ne? Da bi nebo izgledalo plavo, nešto mora da se dogodi sa svetlošću dok prolazi kroz Zemljinu atmosferu.

Bela svetlost sastoji se od duginih boja, koje možemo videti kad posmatramo svetlost kroz prizmu. Prizma cepa svetlost na raznobojne pruge: crvenu, narandžastu, žutu, zelenu, plavu i ljubičastu. Kad

se spoje, ove boje daju svetlost koju vidimo kao belu.

Prema tome, belu svetlost koja dotiče sa Sunca nešto sigurno cepa na sastavne boje. A zatim, plavi deo svetlosti na neki način potiskuje sve ostale boje.

Šta bi mogao biti uzrok tome? Ima nekoliko mogućnosti.

Vazduh koji okružuje Zemlju sastoji se od gasova – azota, kiseonika, argona i drugih – pomešanih s vodenom parom i kristalima leda. Takođe ima prašine i hemijskog zagađenja, a na najvećim visinama je sloj ozona. Svi ovi sastojci vazduha bili su optuživani da nebu daju plavu boju.

Na primer, i voda i ozon upijaju crvenkastu svetlost, a propuštaju deo spektra oko plave boje. Neki naučnici su

mislili da ovo možda objašnjava zašto je nebo plavo.

Ali ispostavilo se da vode i ozona jednostavno nema dovoljno da upiju toliko crvene svetlosti da bi nebo postalo plavo.



Bela svetlost sastoji se iz duginih boja.

Britanski naučnik Džon Tindal pretpostavio je 1869. godine da prašina i druge čestice u vazduhu rasipaju svetlost, pri čemu plava boja nadjačava ostale. Da bi dokazao ovu ideju napravio je malo smoga, a zatim kroz njega propustio snop bele svetlosti. Pri pogledu sa strane smog je postao tamnoplav.



Tindal je zaključio da bi, ako bi se nebo ispunilo savršeno čistim vazduhom, bela svetlost kroz njega prošla bez cepanja. Nezagađen vazduh imao bi za posledicu blistavo belo nebo.

U početku je i Rejli tako mislio – ali ne zadugo. Godine 1899. objavio je sopstveno objašnjenje: rekao je da sâm vazduh, a ne prašina ili smog, daje nebu plavu boju.

Evo šta se dešava: pošto prođe između molekula gasa u atmosferi, deo Sunčeve svetlosti stiže do tla u potpunosti

zadržavajući belu boju koju je imao na izvoru. Ali Sunčeva svetlost koja naleti na molekule gasa, na primer kiseonika, upija se, a zatim rasipa na sve strane.

Atomi u molekulima gasa pobuđuju se pod uticajem upijene svetlosti i ponovo odašilju fotone svetlosti svih talasnih dužina – od crvene do ljubičaste – s „prednje“ i „zadnje“ „strane“ kao i s „bočnih“ „strana“ molekula. Tako deo svetlosti nastavlja put prema tlu, deo se šalje u nebo, a jedan deo hita nazad prema Suncu.

Rejli je otkrio da sjaj svetlosti koju zrače molekuli zavisi od boje. Na jedan foton crvene svetlosti dolazi osam fotona plave. Prema tome, plava svetlost koja izbija iz molekula jača je osam puta od crvene.

A šta je rezultat? Jaka plava svetlost sliva se na nas s neba, iz svih pravaca; odašilju je molekuli gasa kojih ima tušta i tma. Nebo nije „čisto“ plavo, jer do naših očiju stižu i druge boje. Ali one su veoma blede jer ih preplavljuje izrazito sjajna plava.

Zašto lišće u jesen menja boju?



Uobičajeno zelenilo lišću daje hlorofil, pigment koji se nalazi u biljnim ćelijama.

(Pigment je svaka materija koja upija vidljivu svetlost.) Hlorofil upija Sunčevu svetlost i pomoću njene energije stvara hranu za biljku. Ali u jesen, lišće na drveću izgubi jarkozeleno boju. Lišće topole postane zlatno, a severnoameričkog javora crveno kao vatra. Ove promene boje znače da u lišću nastaju hemijske promene: nešto se dešava s hlorofilom.

Na prelasku iz leta u jesen, svako drvo počinje da se priprema za zimu. Hranljive materije iz lišća polako prelaze u grane, stablo i koren drveta, gde su bezbedne od jakog mraza koji predstoji. Kad dođe proleće, na drvetu će od ovih hranljivih materija izrasti novo lišće.

Kad hranljive materije napuste lišće, ono prestane da stvara hlorofil. Hlorofil koji ostane u lišću postepeno se raspada, što dozvoljava drugim

Prohladno vreme izaziva hemijske reakcije koje u nekim listovima stvaraju pigmente crvene kao rotkvice.

pigmentima da izađu iz skrovišta. Kod nekog drveća pojavljuju se žuti i narandžasti pigmenti. (Uključujući i karotene, hemijske supstance zbog kojih je šargarepa narandžasta.) Tako lišće breze i belog oraha, kad mu hlorofil izbledi, požuti kao maslac.

Lišće drugog drveća dobija divne crvene prelive. Jarkocrvena boja, boja vina i ljubičasti prelive kod lišća potiču od pigmenata koji se zovu antocijanini. Oni boje i rotkvice i crveni kupus, ruže i muškatile.

Za razliku od karotina i drugih žučkastih pigmenata, antocijanina u lišću uopšte nema do

jeseni. Ove hemijske supstance stvaraju se kad zahladni.

Boja koju lišće dobija uglavnom je nasledna, kao boja naše kose, ali od vremena zavisi hoće li ona biti zagasita ili jarka.

Najjače, najsajnije nijanse nastaju posle nekoliko nedelja prohladnog sunčanog jesenjeg vremena. Na primer, kad je temperatura u rasponu od 0 do 7°C, stvara se više antocijanina. Za lišće koje oduzima dah idealni su vremenski uslovi u Vermontu i njemu sličnim mestima. U Engleskoj, gde je jesen kišovita i blaža, lišće može dobiti žutu ili smeđu boju blata.

PROVEREN PODATAK

Drveće skladišti hranu za zimu, baš kao veverice i prugaste veverice. Samo što drveće, umesto da zakopava lešnike u zemlju, skladišti hranljive materije u svojim granama, stablima i korenju.



S odlaskom jeseni odlaze i boje, a listovi počinju da podižu sidra. Listovi su za grane pričvršćeni peteljka. Sa zahlađenjem, ćelije na kraju svake peteljke se raspadaju. Na kraju se svaki list za granu drži samo tankim žilicama kroz koje su nekad proticale hranljive materije i voda. Dašak vetra ili kiša mogu da pokidaju ove tanušne niti i ponesu list prema tlu, gde ga već čeka raznobojni tepih.

Kad list padne na zemlju, žuti i crveni pigmenti mogu se zadržati u njemu danima. Ipak, ovi živopisni pigmenti postepeno se raspadaju. Ostaju samo tanini – hemijske supstance smeđe boje od kojih potiče i boja čaja.

Sad već smeđi listovi suše se bez dotoka vode. Kad ih podigne vetar, kovitlaju se kroz vazduh kao lisnati vrtlozi i pred kraj oktobra pucketaju pod nogama.

Kako nastaje duga?

Engleski pesnik Vilijem Vordsvort, koji je živeo u devetnaestom veku, napisao je:

*Srce mi poskoči kad na nebu
Ugledam dugu...*

Zbog nečega uzdrhtimo pri pogledu na dugu. Te obojene pruge koje se u luku spuštaju s neba tako su lepe i retke.

Ljudi su nekad mislili da je pojava duge znak koji im daju bogovi. Tome se ne treba čuditi. Duga se na nebu pojavljuje naizgled niotkuda, a zatim, takođe tajanstveno, iščezava.

Danas znamo ponešto o tome kako nastaje duga, ali zbog toga ne bi trebalo da joj

se manje divimo. Naučnici koji odgonetaju tajne duge uz pomoć matematike kažu da je čak i matematika što objašnjava dugu izuzetno lepa (mada takođe i veoma složena).

Dugine boje imaju uvek isti raspored: prvo crvena, pa narandžasta, žuta, zelena, plava i ljubičasta. Najjarkija je crvena traka na spoljnom obodu luka. Zatim slede ostale boje, od kojih je svaka sledeća bleđa. Unutrašnja ljubičasta traka najnejasnija je i najteže se uočava.

Od čega je duga? Recept je jednostavan: kapljice vode u vazduhu, svetlost i posmatrač. Međutim, nije dovoljno da se Sunce pojavi za vreme pljuska. Sve mora da bude u tačno određenom poretku. Sunce mora biti nisko iznad horizon-

ta ili čak sasvim malo ispod njega, a ti okrenut leđima Suncu, tako da gledaš tamo gde kiša pada ili je upravo prestala.

Evo kako nastaje duga: zrak Sunčeve svetlosti na dugom putovanju iz svemira zagnjuri se u srce kišne kapi. Pri ulasku u kap nastaje malo prelamanje. Ponašajući se kao prizma, kišne kapi prelamaju (refraktuju) svaku boju skrivenu u beloj svetlosti malo više ili malo manje nego boje koje se s njom

PROVEREN PODATAK

Za dugu nisu uvek neophodne kišne kapi. Svetlost se može prelamati i pri prolasku kroz maglu ili sitne kapljice morske vode.

graniče. Zato se u trenutku ulaska u kišnu kap beli svetlosni snop odjednom cepa na divne obojene zrake.

U kišnoj kapi ovi obojeni zraci udaraju u njen unutrašnji zid, koji se ponaša kao ogledalo i odbija ih. Sada, s još više izmenjenim pravcem, hitaju nazad i izlaze iz kišne kapi s iste strane s koje su i ušli.

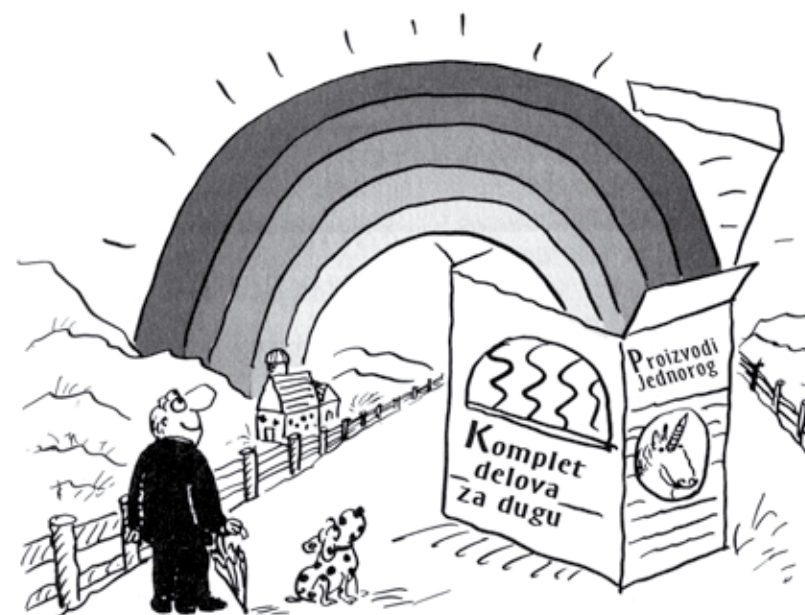


Kišne kapi se mogu ponašati kao sićušne prizme cepajući belu svetlost na spektar boja.

Sunce, izvor ove svetlosti, nalazi se iza tebe. Sad se izmenjena svetlost vraća prema tebi. Tvoje oči vide dugine boje koje se u luku pružaju preko neba. To je svetlost koju su prelomile i odbile hiljade sićušnih kišnih kapi.

Samo ponekad, veoma retko, možeš imati izuzetno zadovoljstvo da vidiš pojavu dve duge odjednom. Druga, veća i tako bleđa da se jedva vidi, ima obrnut raspored boja. Spoljna traka je ljubičasta, a unutrašnja crvena. Dvostruka duga nastaje tako što se svetlosni zraci odbijaju dva puta unutar svake kapljice.

Duga nije „stvar“ na nebu, kao ptica ili oblak, jer je svetlosna varka. Svaki posmatrač vidi drugačiju dugu (ili, ako ima sreće, dvostruku dugu), sačinjenu od svetlosnih zraka koji mu dolaze s leđa i kišnih kapi koje su ispred njega. Kad vidiš dugu, ona je samo tvoja.



Zašto je plamen najčešće narandžast?

Plamen može imati bilo koju boju. Kad gori drvo u kaminu, to je igra žutih, narandžastih, crvenih, belih i plavih plamenova. Boja plamena zavisi od materijala koji gori i od temperature sagorevanja. Ako želiš da shvatiš kako boja zavisi od temperature, zamisli grejač električnog šporeta. Pre uključivanja, kružni namotaji grejača hladni su i crni.

Sad zamisli kako hoćeš da podgreješ supu. Uključuješ grejač. Namotaji se zagrevaju i počinju da zrače mutnu crvenu svetlost. S daljim zagrevanjem još više pocrvene. Na kraju, kad grejač postigne najvišu

temperaturu, namotaji su jarkonarandžastocrveni.

Grejač, naravno, ne gori – nije *zaista* u plamenu. Samo je veoma vruć. Kad bi se mogao zagrejati i više, promena boje bila bi izrazitija. Umesto da se zaustavi na narandžastocrvenoj, postao bi žut, zatim beo i na kraju plav.

Plava boja pokazivala bi da je dostigao najvišu moguću temperaturu.

Nešto slično dešava se kod plamena. Na primer, kod plamena sveće. Dok fitilj sagoreva u istopljenom vosku, u plamenu treperi nekoliko boja.

Vatri je neophodan kiseonik. (Ako sveću poklopiš teglom, plamen će se ugasi.)

Kad sveća gori, donji unutrašnji deo plamena ne dobija mnogo kiseonika. Zato je tamniji.



Drvo sagoreva na nižoj temperaturi nego sveća.

Ali spoljni deo i vrh plamena dobijaju mnogo vazduha. Tu je plamen blistav. Dok fitilj sagoreva a vosak se topi i pučka, majušni komadići ugljenika – delići potpuno sagorele sveće – lete u vazduh. (Ćumur je vrsta ugljenika.) Ovi majušni komadići ugljenika toliko su



vrući da zrače svetlost – baš kao grejač na tvom šporetu.

U stvari, njihova temperatura je viša od temperature grejača – preko 1370°C. Tako umesto crvene svetlosti zrače žutu. Zato je plamen sveće uglavnom žut. U blizini upaljenog fitilja, plamen je plav. To je zato što je tu gde se zapravo sve dešava još *vrelije*.

U kaminu ili logorskoj vatri može se videti još više boja. Drvo sagoreva na nižoj temperaturi nego sveća. Zato obično ima više narandžaste nego žute. Međutim, neke čestice ugljenika u vatri veoma

su vruće, pa dodaju žutu boju. (Kasnije, kad se ohlade, možemo ih videti kao crnu čađ u dimnjaku.)

PROVEREN PODATAK

Boje vatrometa potiču od minerala i metala kao što su kalcijum, natrijum i bakar, zagrejanih do visoke temperature.

Druge boje u vatri potiču od različitih hemijskih elemenata u zapaljenom drvetu. Na primer, u vatri može biti natri-

juma. (Natrijum ulazi u sastav soli.) Kad se zagreje, on zrači jasnu žutu svetlost.

U vatri može biti i minerala kalcijuma. (Svi smo čuli za kalcijum – ima ga dosta u mleku.) Zagrejan kalcijum zrači tamnocrvenu svetlost. Ako ima fosfora (i to je mineral), on će zračiti zelenkastu svetlost. Svi ovi elementi mogu se nalaziti u drvetu ili drugim materijalima koji se ubacuju u vatru.

Konačno, mešavina svih ovih boja u vatri može da stvori belu – baš kao što spektar sjedinjenih duginih boja čini belu sunčevu svetlost.

Zašto su neki okeani zeleni, a neki plavi?

Plavi okeani. Zeleni okeani. Bezbojna bistra voda za piće. Pa koje je zapravo boje voda? Odgovor je neočekivan: čista voda je plava. Ali pošto je u čaši ima sasvim malo, boja joj je suviše bleđa da bi se videla. Napuni istom tom vodom zgradu od bezbojnog stakla i videćeš njenu pravu plavičastu boju.

Boja uglavnom zavisi od načina na koji molekuli vode upijaju i odbijaju svetlost. Bela svetlost, na primer Sunčeva, sastoji se od duginih boja, koje se zovu spektar. Kad svetlost prolazi kroz molekule vode, oni upijaju veći deo spektra od crvene do zelene boje. Plavi

deo spektra se odbija, pa ga mi vidimo.

Ali nema svaka voda istu boju. Daleko na okeanskoj pucini voda je tamnoplava, skoro ljubičasta.

Međutim, u blizini kopna – uz obale okeana – boja vode se menja od plave preko zelene do žutozelene.

Otkud ta razlika? Odgovor ima veze s dubinom i sadržajem vode.

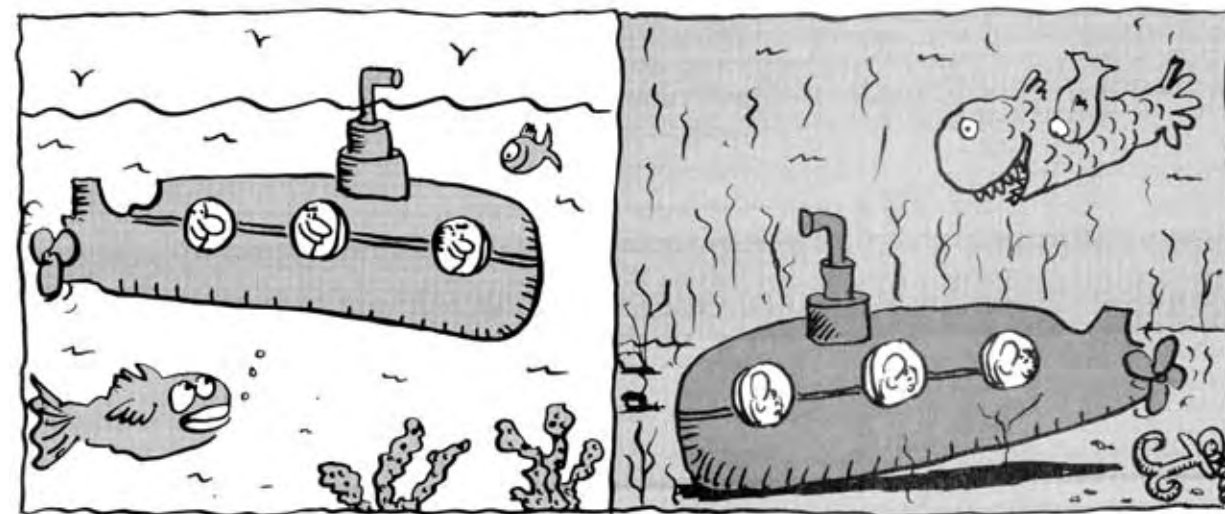
U blizini obala, okeanska voda je puna sićušnih biljaka i komadića organske materije spranih s kopna. Kao i zelene biljke na kopnu, ove sićušne biljke, koje se zovu fitoplankton, sadrže hemijsku supstancu nazvanu hlorofil.

Hlorofil upija veći deo crvene i plave svetlosti, a odbija veći deo zelene. Zato nam se čini da je voda pored obala okeana zelena.

Kad se gleda iz svemira, boje okeana, kao i boje kopna, pokazuju kolika je gustina živog sveta na planeti. Zelene vode su pune života, isto kao i tropske prašume na kontinentima. Tamnoplave vode s malo živog sveta slične su golim belim pustinjama na kontinentima.

Boje se menjaju i ispod površine, jer voda i materije koje u njoj lebde na poseban način upijaju svetlost. Zamisli da upravljaš žutom podmornicom. Kad je neposredno

"Svi živimo u _____ podmornici?"



ispod površine, tvoja podmornica je besprekorno žuta. Međutim, što dublje zaranjaš, svetlost mora da prolazi kroz sve deblji sloj vode kako bi dosegla podmornicu. Kad se podmornica nađe na dubini od trideset metara, molekuli vode upijaju najveći deo žute, narandžaste i crvene svetlosti iz Sunčevih zraka koji do njih dopiru kroz okean. Preostaju uglavnom



Tamnoplave okeanske vode slične su golim belim pustinjama na kontinentima.

plava i zelena. Zato se čini da je tvoja podmornica plavozelena, a ne žuta. Ako se spustiš još dublje, nestaće i najveći deo zelene svetlosti, a ostaće samo nejasna plava.

Mutna okeanska voda – s više materijala koji u njoj lebdi – upija više svetlosti nego bistra voda. Prema tome, u zamućenim vodama brže se smračuje kad se spuštaš u dubinu.

Zašto nam se čini da Mesec i Sunce menjaju boju?



Kao što pokazuju fotografije koje su iz svemira snimili astronauti, naš Mesec je sivobela lopta blistavo obasjana Suncem. A samo Sunce, koje se žari na kao čađ crnoj pozadini svemira, izgleda gotovo belo.

Ali kad Mesec gledamo sa Zemlje, njegova boja zavisi od položaja na nebu. Kad tek proviri iznad horizonta, može se činiti da je jarkonarandžast. S obrtanjem Zemlje i podizanjem Meseca na horizontu njegova boja postepeno bleedi. Narandžasta pređe u žutu, koja zatim izbledi do žućkastobele, sve dok, kad se nalazi baš iznad nas, ne dobije boju gotovo istovetnu svojoj pravoj sivobeljoj.

Slične vragolije izvodi i Sunce. U podne je obično žućkastobelo, ali u svitanje i suton može da bude crveno, narandžasto ili ružičasto. Otkud to?

Naši Mesec i Sunce ne menjaju zaista boje iz sata u

sat, tamo daleko u svemiru. Rešenje je u atmosferi. Samo kad neko od ovih nebeskih tela posmatramo kroz nju, čini nam se da im se boja menja. Mesec ili Sunce kroz vazduh se vide kao kroz veo. Svetlost se na putu do naših očiju menja prolazeći kroz vazduh.



Prašina, dim i materije koje zagađuju vazduh daju crvenu boju svetlosti koja stiže do nas.

Azot, kiseonik i drugi gasovi od kojih se sastoji naš vazduh, kao i sitne čestice prašine, dima i zagađivača što lebde u njemu, daju crvenu boju svetlosti koja do nas dolazi.

Kako se to događa? Svetlost koja se stvara u unutrašnjosti

Sunca je bela. A svetlost Meseca samo je odbijena svetlost Sunca.

PROVEREN PODATAK

Za vreme šumskih požara, kad se dim danima diže u vazduh, Mesec često bude kao krv crven, a sutoni i svitanja su čudesni.

Ali bela svetlost sadrži mnogo boja – sve dugine boje.

Prema tome, mada mi to ne vidimo, svetlost je puna boja dok brzinom od 300.000 kilometara u sekundi šiba kroz svemir. Kad uđe u Zemljinu atmosferu, jedan deo svetlosti probije se do tla bez ijednog dodira s molekulima vazduha – ostajući beo.

Ali pošto je vazduh oko Zemlje sastavljen od molekula gasa, deo svetlosti će na svom putu naniže naleteti na njih i pri tom se rasuti.

Iz spektra koji se nalazi u belom zraku najviše se rasipa deo oko plave boje. (Zašto? Pogledaj stranu 2.) Zato do naših očiju dopiru preostale boje, koje su tople. Sunce je, u stvari, manje žuto nego što se nama čini.

Kad nam se nalazi tačno iznad glave, najbliže je svojoj pravoj boji. Tada njegova svetlost mora da prođe samo kroz vazduh iznad nas, koji je s povećanjem visine sve ređi. Zato se veliki deo Sunčeve svetlosti ne rasipa, nego stiže do naših očiju.

Ali kad je Sunce blizu horizonta, boja mu se dramatično menja. Tada njegova svetlost mora da prođe kroz gusti vazdušni pokrivač koji se od nas pruža sve do horizonta. Dolazeći u dodir s mnogo više molekula vazduha nego obično, s više prašine i materije koji zagađuje vazduh, svetlosni zrak rasipa još više svetlosti iz plavog dela spektra. Zato u njemu, do trenutka kad





Napravi pun mesec samo za sebe



Evo načina da se uveriš kako Mesec ili Sunce menjaju boje. Napuni vodom veliku posudu od bezbojnog stakla. Na primer, prazan akvarijum. Zatim uzmi baterijsku lampu. Zamrači sobu, uključi baterijsku lampu i uperi je prema vodi. Videćete svetlost normalne, gotovo bele boje.

Sada sipaj malo mleka u vodu i ponovo uperi baterijsku lampu. Videćeš kako svetlost postaje crvena prolazeći kroz mleko koje se kovitla. Nešto slično događa se i kad gledamo Mesec ili Sunce kroz sloj gustog ili zagađenog vazduha.



stigne do naših očiju, ostanu uglavnom narandžasta i crvena svetlost. I tako u svitanje i u suton vidimo Sunce kao užarenu narandžastu loptu.

S Mesecom je isto. Sad nam je jasno zašto u rano predvečerje, kad je Mesec nisko na horizontu, možemo da izađemo i divimo se jarkonarandžastoj boji koju pun Mesec ima u vreme jesenje ravnodnevica. Zatim, dok noć odmiče a Mesec se penje visoko na nebu, boja mu izbledi do bele. Vidi-mo veći deo celokupnog spektra Sunčeve svetlosti – i zato je ona bela.

Što je vazduh zagađeniji, to su neverovatnije boje Sunca i Meseca kad izlaze i zalaze. (To je jedina prednost života u gradovima punim smoga, kao što je Los Angeles.)

Otkud zvezdama boja?



Naše Sunce je sasvim blede žute boje. Ali niz boja koje mogu imati zvezde oduzima dah. Jedno sazvežđe zove se Kutija dragulja. To je jato zvezda plavih kao safir rasutih po crnom somotu svemira, a među njima postoji jedna koja se narandžasto žari.

Razlika u bojama zvezda zavisi od njihovih veoma različitih temperatura. Evo kako.

Svetlost je zračenje koje se kreće u obliku talasa. Rastojanje od vrha jednog do vrha sledećeg talasa zove se (naravno) talasna dužina. Svetlosni talasi su veoma kratki. Koliko kratki? Zamisli da je jedan centimetar podeljen na 100.000 beskonačno malih

delova. Nekoliko ovakvih delova u nizu predstavljaju dužinu svetlosnog talasa.

Mada je talasna dužina neverovatno mala, ono što mi vidimo veoma zavisi od toga da li je talas malo duži ili malo kraći. To je zato što naše oči vide talase različitih dužina kao različite boje. Na primer, talasi crvene svetlosti su približno jedan i po put duži od talasa



plave svetlosti. (Bela svetlost je sastavljena od više različitih talasnih dužina, ili boja.)

PROVEREN PODATAK

Na površini našeg žućkastog Sunca vlada temperatura od oko 5500°C. Spoljašnjost plavih zvezda, koje su najvrelije, ima preko 33000°C.

Iz svakodnevnog iskustva znamo da se boja nekog predmeta može menjati s njegovom temperaturom. Uzmimo za primer gvozdeni žarač stavljen u vatru. Kako se hladno crno gvožđe zagreva, po njegovoj površini širi se nejasno crvenkasto svetlucanje. S daljim zagrevanjem gvožđe pocrveni još više. Kad bi bilo moguće zagrejati gvožđe još više a da se ono ne otopi, boja žarača bi iz crvene prešla u narandžastu, zatim u žutu, belu, i na kraju u plavobelu.

Naučnici su otkrili prirodne zakone koji pokazuju kako su boja i temperatura povezani. Kad je materijal vreliji, najveći deo njegovog zračenja ima veću energiju i manje talasne dužine.

Znamo da plava svetlost ima manju talasnu dužinu nego crvena. Prema tome, zagrejan predmet koji zrači plavu svetlost biće vreliji od crveno užarenog predmeta.

Atomi vrelih gasova na zvezdama odašilju svetlosne čestice, koje se zovu fotoni. Što je gas vreliji, to je energija fotona veća, a talasna dužina svetlosti manja. Zato najvrelije, najmlađe zvezde zrače plavobelu svetlost. Kad potroše svoje nuklearno gorivo, zvezde se najčešće hlade. Zato starije zvezde, koje se hlade, obično zrače crvenu svetlost. Sredovečne zvezde kao što je Sunce imaju žut sjaj.

Naše Sunce udaljeno je svega sto pedeset miliona kilometara; lako možemo da vidimo koje je boje. Ali

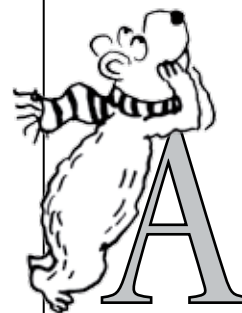


Na osnovu boje zvezde možeš proceniti njenu starost.

zvezde iza Sunca udaljene su bilionima kilometara, pa i više. Zato je njihovu boju teško odrediti čak i pomoću najjačih teleskopa. Otuda naučnici svetlost koja dolazi sa zvezda propuštaju kroz posebne filtere ili kroz instrument koji se zove spektrograf. Pomoću njih otkrivaju koliko svetlosti određenih talasnih dužina dolazi s neke zvezde.

Astronomi određuju ukupnu boju zvezda na osnovu talasne dužine najjače izmerene svetlosti. Kad znaju boju, mogu da izračunaju i temperaturu površine primenom jednostavne matematičke formule. A iz temperature mogu prilično tačno da odrede i starost zvezde.

Šta je *aurora borealis* i šta je izaziva?



Aurora je raznobojni sjaj na noćnom nebu. Ona najčešće izgleda kao treperava zavesa od plavozelene svetlosti, s ružičastim i crvenim mrljama. Ove svetlosne trake mogu biti široke preko 160 kilometara i pružati se preko 1.600 kilometara. Plamena igra aurore na tamnom nebu je lični lajt-šou naše planete.

Aurora se javlja na Zemlji, ali je uslovljena onim što se dešava daleko na Suncu. Evo kako.

Sunce je usijana lopta gasa, sastavljena uglavnom od atoma vodonika i helijuma. U središtu svih atoma nalaze se čestice koje se zovu protoni. Oko

njih obleću čestice nazvane elektroni. Protoni su pozitivno naelektrisani, a elektroni negativno.



Aurora se na Severnom polu može videti skoro svake noći.

Oreol od veoma vrelog gasa što obavlja Sunce – koji se zove *korona* – bez prestanka se širi u svemir šaljući krš i lom od atoma na sve strane. To se zove solarni vetar. Njega sačinjavaju

uglavnom protoni i elektroni što šibaju brzinom koja dostiže oko hiljadu kilometara u sekundi. Povremeno iz Sunca silovito izbijaju vatrene eksplozije šaljući mlazeve novih čestica u „vetar“.

Kad se čestice sa Sunca približe Zemlji, na njih deluje jako magnetno polje naše planete. Zemlja je kao džinovski magnet, s krivim linijama magnetne sile koje se pružaju kroz svemir i stiču u blizini Severnog i Južnog pola. (Veruje se da je Zemljin magnetizam posledica električnih struja koje nastaju rotacijom njenog gvoždenog jezgra. Ako želiš da



vidiš dejstvo magnetnih sila, pokrij magnet u obliku šipke parčetom papira. Zatim po papiru pospi gvozdene opiljke ili sitne gvozdene klinove. Oni će se oko magneta rasporediti u obliku krivih linija i pokazati oblik polja magnetne sile.)

Linije Zemljine magnetne sile privlače naelektrisane čestice sa Sunca i uvlače ih u sebe. Uvučene čestice kreću se u obliku „snopova“ duž linija koje se u luku vraćaju prema Zemlji i stižu u magnetnim po-

lovima (koji su blizu Severnog i Južnog pola, ali se ne poklapaju s njima).

PROVEREN PODATAK

Zemlja nije jedina planeta s blistavim nebom. Jupiter ima ogromnu auroru koja se nadvija nad njegovim Severnim polom.

Linije po kojima se čestice kreću neučtivo ih izručuju u

Zemljinu atmosferu na dalekom severu i jugu. Zabava počinje.

Naša atmosfera sastavljena je uglavnom od azota i kiseonika. Kad elektroni i protoni dolete sa Sunca, gore visoko u vazduhu sudaraju se s atomima azota i kiseonika. Neki od ovih atoma izgube pojedine od svojih elektrona, a neki dobiju energiju i pređu u „pobuđeno“ stanje.

Pri povratku u normalno stanje posle sudara s protonima i elektronima sa Sunca oni

ispuštaju fotone svetlosti. Azot koji je izgubio elektrone odašilje ljubičastu i plavu svetlost, a pobuđeni azot ima tamnocrven sjaj. Pobuđeni kiseonik zrači zelenu i crvenu svetlost. Tako naelektrisane čestice sa Sunca izazivaju raznobojno treperenje u vazduhu. To je aurora. Sjaj koji se javlja u blizini Severnog pola zove se *aurora borealis* (poznat je i pod imenom severna polarna svetlost.) Sjaj koji se javlja u blizini Južnog pola zove



Naelektrisane čestice sa Sunca izazivaju raznobojno treperenje u vazduhu.

se *aurora australis* (poznata je – pogađaš već – i pod imenom južna polarna svetlost).

Aurora se na Severnom polu javlja skoro svake noći, a dvadeset do dve stotine puta godišnje u severnoj Skandinaviji i Severnoj Americi. Čak pet do deset aurora javlja se svake godine i južnije, čak do geografskih širina na kojima su London, Pariz i Sijetl – a sablasna svetlost viđena je čak i u Meksiku.

