

FLORIЈAN FRAJŠTETER

KOMETA U ČAŠI KOKTELA

KAKO ASTRONOMIЈA ODREĐUJE
NAŠU SVAKODNEVICU

Preveo s nemačkog
Slobodan Damnjanović

■ Laguna ■

Naslov originala

Florian Freistetter

DER KOMET IM COCKTAILGLAS

Copyright © 2013 Carl Hanser Verlag, Munich/FRG

All rights reserved.

Illustrations by Gottfried Müller

Authorised translation from the original Germain language edition published by Carl Hanser Verlag, Munich/FRG

Translation copyright © 2014 za srpsko izdanje, LAGUNA



Kupovinom knjige sa FSC oznakom
pomažete razvoj projekta odgovornog
korišćenja šumskih resursa širom sveta.

SW-COC-001767

© 1996 Forest Stewardship Council A.C.

*Za Fabijana.
Stalno mislim na tebe.*

Sadržaj

UVOD	9
PRVI DEO: NA ULICI	13
Vetar iz prošlosti	13
Mesec pritiska kočnicu	20
Satelitska televizija: cela istina	25
Sat na nebu	42
Probitačni sudari.	52
DRUGI DEO: U PARKU.	59
Prašina polako pada	59
Proleće, leto, jesen & tras	64
Živeo efekat staklene bašte.	69
U potrazi za vanzemaljskim drvećem.	72
Kosmička voda	76
Gde dinosaurusi danas žive.	79
Mnogo očiju astronoma	92

TREĆI DEO: U BARU	103
Sunce u činiji čorbe	103
Sve dolazi od zvezda	121
Sumrak zavisi od mesta na kome se dešava.	126
Prvobitni prasak na mutnoj staklenoj ploči	133
Potraga za tamom.	144
ČETVRTI DEO: POD ZVEZDANIM NEBOM	151
Taksijem kroz prostor i vreme	151
Na najkraćem putu od A do B	163
Znaš li koliko je zvezdica...?	171
Mesec i ljudi.	177
Na kraju se smrkava.	189
UNIVERZUM U POLICI SA KNJIGAMA	193
O autoru	199

UVOD

Astronomija: to je ono što se dešava daleko u svemiru. Astronomija je nauka koja operiše gigantskim brojevima i nezamislivim rastojanjima. Astronomija: to su udaljene zvezde, neobične planete, nepoznate galaksije i crne rupe. Astronomija je ono što se dešava na nebu iznad naših glava, u tamnom kosmosu. Astronomija je silno udaljena. Astronomija nema ništa sa našom svakodnevicom.

Ovo je sve tačno. Sve osim poslednje rečenice. Astronomija igra značajnu ulogu u našem svakodnevnom životu. Tačno je da se astronomija bavi udaljenim zvezdama i još udaljenijim galaksijama sa crnim rupama u dubini svemira, stvarima koje su se desile pre više milijardi godina, i nebeskim telima koja su nezamislivo daleko od nas. Ali mi nismo odvojeni od ostatka univerzuma, mi se nalazimo usred njega. Ni kosmos nije toliko udaljen koliko se to može činiti. On počinje 100 km iznad naših glava, na udaljenosti koju na Zemlji

automobilom možemo prevaliti za manje od sat vremena. Uticaj događaja u kosmosu na naš svakodnevni život doživljavamo kao nešto što se samo po sebi razume. Kako bi i moglo biti drukčije? Zemlja je deo univerzuma. Ona je planeta koja se kreće kroz svemir. Planeta koja se okreće oko jedne zvezde – našeg Sunca, a ono je, sa svoje strane, sasvim normalna zvezda, koja zajedno sa stotinama milijardi drugih sačinjava našu galaksiju: Mlečni put. A Mlečni put je samo jedna od stotine milijardi galaksija koje nastanjuju vidljivi univerzum. Mi smo samo delić nezamislivo velikog kosmosa. I sve što se u njemu dešava pogađa i nas ljude, u našem svakodnevnom konkretnom životu.

Bilo da sedimo u kući ili se šetamo kroz šumu, koračamo niz ulicu ili putujemo automobilom ili motociklom, bilo da smo u parku ili u kancelariji – astronomske pojave svuda imaju određenu ulogu. Sve što se dešava u univerzumu dešava se i nama ljudima. Astronomija je svuda! Moramo samo da otvorimo oči i malo razmislimo o stvarima koje vidimo.

Senka koju drvo baca i vetar od koga šušti lišće u njegovoj krošnji govore nam o tome kako se kreće naša planeta. Prašina na tlu priča o strahovitim katastrofama, a rascvetalo cveće i cvrkut ptica pokazuju nam posledice ovih katastrofa. Hleb koji za doručak jedemo govori nam o svom poreklu koje leži u moćnoj vatri u unutrašnjosti zvezda. Tamna noć nam pokazuje početak univerzuma, a blistava sunčeva svetlost budućnost Zemlje. Na Zemlji nema mesta bez astronomije. Nigde. Univerzum nije nešto što postoji negde napolju, u dubini vasiona; on je

tu iza ugla, neposredno pred našim očima. Da bismo to utvrdili, ne treba nam kosmički brod, dovoljne su nam samo noge: zato krenimo odmah sa ulaznih vrata u šetnju kroz univerzum.



Juwelirska radu

PRVI DEO: NA ULICI

Krenimo u grad. Najpre niz stepenice, pa na vrata, u spoljašnji svet. Na svakom koraku srešćemo univerzum. Već prvi korak ispred glavnog ulaza vraća nas na početak Sunčevog sistema! Pred našim vratima na prvi pogled sve je kao što je oduvek i bilo: normalna ulica, kuće, prozori, automobili parkirani ispred ulaza. Sve nam je potpuno poznato, ali danas ćemo te stvari posmatrati na drukčiji način. Jer svuda u svakodnevicu skriva se univerzum.

Vetar iz prošlosti

Dok stojimo na trotoaru i posmatramo ulicu u kojoj živimo, vetar duva i mrsi nam kosu. To je takođe jedan sasvim uobičajen događaj. Ipak, ovaj vetar nam donosi poruku iz doba nastajanja Sunčevog sistema; iz prošlosti starije od 4,5 milijardi godina, iz doba kada planeta Zemlja još nije postojala. Ovo zvuči neobično, ali to nije

razlog da ne bude istinito. Moramo pogledati iza fasade svakodnevnog života.

Šta je vetar? Vetar je vazduh koji se kreće. Oko naše Zemlje nalazi se vazdušni omotač. Ovaj vazduh ne miruje, već se stalno kreće. Uzrok tome leži u razlici u vazdušnom pritisku. Vazduh teži izjednačenju tih pritisaka, i iz oblasti sa visokim kreće se ka oblastima sa nižim vazdušnim pritiskom. Temperatura vazduha koja se tokom dana i tokom godine menja stalno stvara nove razlike u vazdušnom pritisku.

Topliji vazduh se širi i kreće naviše, hladniji se skuplja i pada naniže, pa se količina vazduha koja se nalazi na određenoj tački na Zemlji menja. I pošto zbog toga Zemlju ne pritiska stalno ista količina vazduha, menja se i vazdušni pritisak.

Na krupnom planu, oblasti sa visokim i niskim pritiskom određuju vremenske prilike. Oblast visokog vazdušnog pritiska zove se tako jer u njoj vlada vazdušni pritisak viši od prosečne vrednosti; u oblasti niskog pritiska vazdušni pritisak je manji od prosečnog.

U obe ove oblasti duvaju vetrovi. Međutim, to se ne dešava sasvim proizvoljno. Postoje određena pravila: na severnoj Zemljinoj polulopti, vazduh se u oblastima sa visokim pritiskom uvek kreće u smeru kazaljki na satu, a u oblastima niskog pritiska u suprotnom smeru. Na južnoj polulopti, stvari stoje upravo obrnuto. Ovo treba pripisati rotaciji Zemlje. Da bismo to razumeli, napravićemo mali misaoni eksperiment.

Zamislimo da negde na ekvatoru ležimo na obali mora. Mada mirujemo na našoj ležaljci, mi se ipak krećemo. Jer, Zemlja se tokom dana jednom okrene oko svoje ose. Ako

u svojoj ležaljci ostanemo 12 h, Zemlja će nas okrenuti jedanput oko svoje ose.* I pri tome prelazimo put koji odgovara celokupnoj dužini ekvatora. To znači da smo prešli tačno 40.000 km a da nismo bili prinuđeni da napustimo naše udobno mesto. Preći 40.000 km za 24 h znači kretati se brzinom od 1.700 km/h! Ako imamo tu nevolju da ne možemo ležati na plaži svojih snova već da moramo biti u svojoj kancelariji, mi se i onda okrećemo zajedno sa Zemljom. Ali onda ne prelazimo 40.000 km. Uzmimo, na primer, da se naša kancelarija nalazi u Berlinu. Ovaj grad leži na 52° severne geografske širine.** Ako odavde povučemo krug oko Zemlje, onda, ako se krećemo na zapad, prvo prolazimo kroz Minster i Rotterdam, zatim presećamo London i krećemo se preko Atlantskog okeana. Ako ostanemo i dalje na 52° severne geografske širine, na kopno ćemo naići tek u kanadskom Nju Faundlendu. Na zapadu američkog kontinenta prvo nailazimo na Vankuver, a onda stižemo do Pacifika. Prolazimo pored Japana i Kine, i na evroazijskom kontinentu stižemo do Sibira. Prelazimo preko Rusije, i preko Belorusije opet dolazimo do našeg kontinenta – do Evrope. Još jedna kratka poseta Varšavi i evo nas opet u Berlinu. Kretali smo se duž 52° severne geografske širine, i naš put iznosi 24.700 km. Toliko pređemo za jedan dan ako sedimo za svojim radnim stolom. Na ekvatoru smo, okrećući se zajedno sa

* Taj proces, zapravo, traje nekoliko sekundi manje. Zavisi od toga kako ćemo definisati izraz „jedanput oko“. Razliku ćemo kasnije podrobnije objasniti.

** Sam ekvator nalazi se na nultom stepenu geografske širine; Severni pol se nalazi na 90° geografske širine. Četrdeset peti stepen nalazi se tačno na sredini između ekvatora i Severnog pola. Na 52° severne geografske širine, u Berlinu, mi smo, dakle, bliži Severnom polu nego ekvatoru.

Zemljom, za 24 h prešli 40.000 km. U Berlinu, prešli smo samo 24.700 kilometara. To znači da smo se u Berlinu sporije kretali nego na ekvatoru. Dvadeset četiri hiljade kilometara za 24 h znači da smo putovali brzinom od oko 1.000 km/h. Što više idemo na sever, to se sporije krećemo. Onaj ko, na primer, živi u Nju Alesundu, na ostrvu Špicbergenu u Severnom ledenom okeanu, taj zahvaljujući rotaciji Zemlje dnevno pređe samo 7.700 km i stoga se kreće brzinom od 320 km/h. Na samom Severnom polu mi se uopšte ne krećemo, već se u toku 24 h samo jednom obrnemo oko svoje ose.

Kakve to veze ima sa vremenom? Brzina kojom se krećemo zajedno sa Zemljom ne igra nikakvu ulogu. Mi je ionako ne zapažamo! To je tačno. Ali samo dok se nalazimo na obali mora, na ekvatoru, u našoj kancelariji u Berlinu ili na Špicbergenu. Zamislimo ponovo kako ležimo na obali mora na ekvatoru. Brzinu od 1.700 km/h, kojom se Zemlja okreće oko sebe, mi ne zapažamo. Jer, i sve ostalo oko nas kreće se tom brzinom. Sada se u mislima prebacimo u Berlin. Tamo nas čeka šef. On mirno sedi za svojim radnim stolom i uopšte ne zapaža brzinu od 1.000 km/h kojom se Zemlja okreće oko svoje ose. Zamislimo da smo se tamo iznenada pojavili i da se i dalje krećemo brzinom od 1.700 km/h, dakle 700 km brže od svojih kolega. Naš šef može na nas da baci samo kratak pogled pre nego što nestanemo sa njegovog vidika, zbog one razlike u brzini kretanja. Brzina kojom se krećemo zajedno sa Zemljom nema nikakvu ulogu sve dok se sve ostalo oko nas kreće tom istom brzinom. Ali pri munjevitoj promeni mesta, to više nije slučaj.

Naravno, u stvarnosti se tako nešto ne događa. Mi ne možemo da se tek tako premeštamo tamo i ovamo. Ali vazduh se bez problema kreće oko Zemlje. On se od ekvatora kreće ka severu ili jugu i tada se suočava sa istim problemom sa kojim smo se mi suočili u svom misaonom eksperimentu. Sa stanovišta vazduha koji se od ekvatora brzo kreće ka severu, Zemlja se, što on ide dalje na sever, sve sporije kreće. I kao što smo mi idući na istok prozujali pored svog šefa kad smo se sa ekvatora premestili u Berlin, tako se sada i vazduh kreće na istok brže od Zemlje pod sobom. Gledano sa površine Zemlje, čini se da vazduh koji se kreće ka severu utoliko više skreće na istok ukoliko je bliži Severnom polu. Ako se negde iznad Evrope nalazi oblast niskog pritiska, onda ka njemu struji vazduh iz svih pravaca. Vazduh koji dolazi sa juga skreće na istok. Vazduh sa severa skreće na zapad. Vazduh se, dakle, ne kreće direktno ka oblasti niskog pritiska, već pravi spiralu koja se kreće suprotno od kretanja kazaljki na satu.*

Ovo skretanje se naziva Koriolisov efekat. On je odgovoran za vetar koji se kreće oko oblasti visokog i niskog pritiska. Ali nije odgovoran za pravac u kome voda pravi vrtlog. Često se tvrdi kako voda na severnoj polulopti otiče u smeru suprotnom od kretanja kazaljki na časovniku, a na južnoj u smeru u kome se one kreću. Teorijski, Koriolisov efekat ima isti uticaj na vodu kao i na vazduh. Lavabo ili kada suviše su mali da bi ova pojava mogla da proizvede bilo kakvo dejstvo. Na koju će stranu voda otići, to zavisi od oblika posude i pravca u kome se sasvim slučajno kreće voda koja otiče.

* Isto se dešava i na južnoj polulopti, ali u obrnutom smeru.

I vreme i vetar koji nam mrsi kosu zavise od rotacije Zemlje. Ali zašto se Zemlja okreće? Zar stvari, bar teorijski, ne bi mogle stajati onako kako su to zamišljali naučnici antike? Tada se mislilo da je Zemlja nepokretni centar svemira, oko koga se sve okreće. Kako je došlo do toga da se Zemlja i sve ostale planete okreću oko svoje ose?

Razlog za to leži u prošlosti, u stanju kakvo je bilo pre otprilike 4,5 milijardi godina. Tada planete nisu postojale. Nije postojalo ni Sunce. Tamo gde se nalazi naš Sunčev sistem postojao je samo ogroman oblak gasa i prašine. A onda se nešto desilo. Možda je neka zvezda prošla blizu tog oblaka. Ili je eksplodirala u njegovoj blizini. Šta se tada tačno dogodilo, to danas nismo u stanju da kažemo. Ipak, znamo da je taj oblak bio uzdrman. Gas i prašina su se uskovitlali i izmešali. Materija u oblaku više nije bila ravnomerno raspoređena. U nekim njegovim delovima prašine i gasa bilo je više nego u nekim drugim. Oblasti sa većom gustinom raspolagale su većom silom gravitacije nego ranije, pa su počele da privlače gas i prašinu iz svog okruženja. U oblaku su nastajale grudve, koje su rasle utoliko brže ukoliko su bile veće.

Sabijanje oblaka u grudve uticalo je na kretanje sitnih delova. Oni su se kretali oko tih grudvi. Što su bliže prilazili tim grudvama, to je snaga privlačenja bila veća, pa su oni postajali brži. I same grudve su se kretale. Što je gustina grudve bila veća, to se ona brže kretala. Svi smo gledali klizače na ledu. Što neki klizač više stegne uz telo noge i ruke, to postaje kompaktniji, pa se brže okreće oko sebe. Budući da se energija ne može ni stvoriti ni uništiti, ni energija okretanja oko sebe ne može da nestane. Isto se dešavalo i u našem oblaku. Što su grudve privlačile više

gasa i prašine, to su njihova gustina i kompaktnost bile veće, pa su se utoliko brže kretale oko sebe. Grudve su, dakle, imale sve veću i veću gustinu, i privlačile su sve više materije. U njihovoj unutrašnjosti postajalo je sve toplije. One su postajale „protozvezde“ (to jest nedovršene zvezde), i svaku od njih okruživao je rotirajući kolut sastavljen od gasa i prašine.

Od jedne od ovih protozvezda nastalo je naše Sunce. Pomenute grudve su se, usled sopstvene sile privlačenja, sve više sabijale i postajale sve kompaktnije. Što je u protozvezdi bilo više topline, to su se atomi u njenoj unutrašnjosti brže kretali. Pri tome su se međusobno sudarali i odbijali jedni od drugih. Tek kada je pređena kritična temperaturna granica od otprilike deset miliona stepeni, atomi su postali tako brzi da su se prilikom sudara stapali jedni sa drugima. Ovaj se proces naziva „nuklearna fuzija“, proces pri kome se oslobađa energija. Protozvezda tada počinje da zrači. Zračenje koje se širi iz njene unutrašnjosti sprečava neprestano sabijanje i ne dozvoljava propadanje grudve. Protozvezda se učvršćuje – naše Sunce je rođeno.

Međutim, mlado Sunce i dalje je okruženo velikim kolutom gasa i prašine. U tom kolutu odvija se isti proces koji se odvijao u oblaku. Delići prašine se međusobno sudaraju i spajaju u veće celine. Te celine se uvećavaju sve dok od koluta prašine ne nastane ogroman prsten sastavljen od komada stena. I ovi komadi se međusobno sudaraju i uvećavaju. Neki se uvećavaju brže od drugih, ispoljavaju sve veću snagu privlačenja i sebi privlače sve više drugih komada. Iz njih konačno nastaju planete. I za planete važi isto – što su kompaktnije i imaju veći stepen

gustine, to se brže kreću oko svoje ose. Jedna od ovih planeta jeste i Zemlja. Turbulentna istorija njenog nastanka razlog je zašto se ona ne nalazi u stanju mirovanja, već se okreće oko svoje ose.

Živimo, dakle, na gigantskoj lopti sačinjenoj od metala i stena, na lopti koja se stalno okreće oko sebe. Ovo okretanje direktni je uzrok onoga što se dešavalo kada je oblikovan Sunčev sistem. Danas ono određuje ponašanje vetra i vremena. Vetar koji nam, dok stojimo na trotoaru, tako snažno duva u lice posledica je nastanka naše planete pre 4,5 milijardi godina.

Mesec pritiska kočnicu

Budući da se okrećemo zajedno sa Zemljom, mi ne primećujemo njenu rotaciju. Nama se čini da se čitav univerzum okreće oko nas. Sunce, koje predstavlja nepomičnu tačku našeg Sunčevog sistema, mi vidimo kako se svakog dana kreće preko neba. Dok smo stajali ispred kuće i razmišljali o nastanku Zemlje, ono je već prevalilo dobar deo svog nebeskog puta. Senke susednih kuća, balkona, drveća i satelitskih antena takođe su se malo pomerile. Još je rano jutro. Kada se sunce popne više na nebu, na Zemlji će senke postati kraće. U podne, kad ono bude tačno iznad naših glava, senke će biti najkraće. A onda počinju ponovo da se izdužuju, sve dok sunce uveče ne zađe iza horizonta. Ova se igra ponavlja iz dana u dan. Svakih 24 h sunce izlazi i zalazi. U stvarnosti, naravno, to je Zemlja koja se za 24 h okrene oko svoje ose. Ali to nije uvek bilo tako.

Na osnovu svakodnevnog iskustva znamo da svako okretanje u jednom trenutku, ako ga neka sila ne održava, mora da prestane. Čigra koju smo zavrtili neko vreme stoji uspravno a onda pada. Razlog tome leži u činjenici da se čigra okreće *unutar* Zemljine atmosfere i da u svom okretanju stalno savladava otpor vazduha. Što se tiče Zemlje, ona se okreće u svemiru u kome nema vazduha. Tu onda nema ni trenja ni otpora koji bi mogli da zaustave okretanje Zemlje. Jednom započeto okretanje oko svoje ose ona zauvek nastavlja. Ona se tako oduvek ponaša; tačnije, već 4,5 milijardi godina. Ali Zemlja ipak u okretanju oko svoje ose postaje sve sporija, i to treba pripisati Mesecu.

Da se ne nalazimo ispred svoje kuće, već da stojimo na obali nekog mora, mogli bismo da posmatramo plimu i oseku. Nivo mora svakih 12 do 13 sati opada, odnosno raste; ove pojave nazivamo „oseka“ i „plima“. Razlog plime i oseke leži u privlačnoj sili Meseca. Često čujemo kako bi Mesec mogao stalno da privlači vodu na Zemlji i tako dovede do trajne plime. Ali, pošto se Zemlja okreće oko svoje ose, plima se, gledano iz našeg ugla, svaki dan pojavljuje i povlači. Međutim, ovo objašnjenje je pogrešno. Kada bi ono bilo tačno, plima bi se pojavljivala samo jednom u toku dana. Ali mi vidimo da se ona pojavljuje dva puta dnevno. Ne postoji samo jedna plima, koja se nalazi neposredno ispod Meseca; postoji još jedna, smeštena sa suprotne strane Zemlje. Pitanje plime i oseke je, dakle, malo složenije.

Da bismo razumeli pojavu plime i oseke, moramo se podsetiti da je sila gravitacije ona sila koja sa udaljenošću tela postaje sve manja. Odnos između veličine sile i

udaljenosti tela „kvadratni“ je odnos. To znači: ako se udvostruči udaljenost između dva tela, sila između njih neće biti dva puta manja, biće četiri puta manja nego što je bila ($2^2 = 4$). Ako se rastojanje poveća tri puta, sila se smanjuje devet puta ($3^2 = 9$) i tako dalje. Ako hoćemo da utvrdimo veličinu sile koju Mesec vrši na Zemlju, moramo uzeti u obzir njegovu udaljenost od Zemlje. Na Zemljinoj površini u svakom trenutku postoji jedna tačka na kojoj je Mesec najbliži našoj planeti. Ako na trenutak zanemarimo visoke planine, to je uvek tačka naspram koje se nalazi Mesec. Budući da smo na toj tački najbliži Mesecu, na njoj je sila Mesečeve gravitacije najveća. Tačno na suprotnoj strani globusa nalazi se tačka koja je najudaljenija od Meseca. Ona je od njega udaljena još oko 13.000 km; i ova se dodatna udaljenost stara da na toj tački privlačna snaga Meseca bude najmanja. Prema tome, Mesec jednu stranu Zemlje privlači jače nego njenu suprotnu stranu.

Sila gravitacije nije jednostrana. Svako nebesko telo privlači svako drugo. Kad kažemo „Mesec se kreće oko Zemlje“, nismo sasvim u pravu. Mesec privlači Zemlju i Zemlja privlači Mesec. Stoga oba nebeska tela kruže oko zajedničkog težišta, ličeći na dva klizača na ledu koji se, držeći se za ruke, okreću ukруг. Da su Zemlja i Mesec podjednako teški, oni bi kružili oko jedne tačke koja se nalazi tačno na sredini između njih. Međutim, Zemlja je mnogo teža od Meseca. Zato se težište nalazi znatno bliže Zemlji nego Mesecu. Tačnije, ono je od središta Zemlje udaljeno samo 4.700 km, pa se stoga nalazi *unutar* same Zemlje. Zbog toga se ona samo malo pomera, a Mesec se okreće oko nje.

Posmatrajmo sada privlačnu silu Meseca u odnosu na centar Zemlje. Iz ove sile proizilaze plima i oseka. Na onoj tački Zemljine površine koja se nalazi tačno ispod Meseca, ta sila je najveća. Ona je, pre svega, veća od sile koja deluje na centar Zemlje, udaljen 6.500 kilometara. Ako sada silu koja deluje u centru Zemlje oduzmemo od sile koja deluje na njenoj površini, onda dobijamo čistu silu koja deluje u pravcu Meseca. On deluje na vodu koja se nalazi direktno ispod njega, i tako stvara plimu. Na drugoj strani Zemlje udaljeni smo 13.000 km više od Meseca, a takođe i 6.500 km više od središta Zemlje. Sila koja deluje u centru Zemlje veća je od sile koju Mesec vrši na najudaljenijoj tački Zemljine površine. Kada od sile koja deluje u centru oduzmemo silu koja deluje na površini, dobijamo silu bez koje je Mesec ostao.

Ovo se može pojednostaviti na sledeći način: Mesec privlači Zemlju a samim tim i vodu okeana. Na onoj strani Zemlje koja je najbliža Mesecu sila privlačenja je najveća i Mesec stvar plimu. Na strani koja je najudaljenija od Meseca ta sila je najmanja. Prosto rečeno, ovde se ne odvlači voda od Zemlje, već Zemlja od vode. Na tom mestu sila Meseca koja deluje na Zemlju jača je od sile koja deluje na vodu (voda je najudaljenija od Meseca). Zbog toga se voda pomalo pokreće i obrazuje drugu plimu. U principu, obe plime proizilaze iz okretanja Meseca. Kada se Zemlja ne bi okretala, onda bi obe plime, prateći kretanje Meseca, prešle preko Zemlje.* Ali Zemlja ne stoji na jednom mestu. Ona

* Pod pretpostavkom da zanemarimo obale i kontinente, koji zadržavaju kretanje plime. Tačno gledano, plima i oseka ne deluju samo na vodu već na čitavu Zemlju, ali kopno Zemlje nije tečno i reaguje znatno sporije od vode, koja se lakše može pokrenuti.

se svakog dana okrene oko svoje ose, a sa njom se okrenu i vode okeana. Zajedno sa Zemljom koja se okreće, okreću se i plime, mada to zapravo ne žele. Plima se ne nalazi baš „direktno“ ispod Meseca, već se, zbog rotacije Zemlje, po pravilu malo pomera unapred. Isto tako, plima na suprotnoj strani pomalo zaostaje jer je ovde koči rotacija Zemlje.

Ovo trenje usporava rotaciju Zemlje! Mesec stvara plimu i oseku, koje obilaze oko Zemlje i pritom ne mogu slobodno da prate rotaciju Zemlje jer ih zadržava privlačna sila Meseca. Stoga dolazi do trenja, koje sasvim polako usporava kretanje Zemlje. Efekat je izrazito mali, ali se može izmeriti. Zemlja se zbog delovanja plime i oseke svake godine okreće oko svoje ose 17 μ s duže. To je malo, ali se s vremenom uvećava. Pre 400 miliona godina Zemlji za okretanje oko svoje ose nije trebalo 24 h već 22 h. Godina stoga nije imala 365 dana već 400 dana!

Ovo kočenje nastaviće se i u budućnosti. Zemlja će se sve sporije kretati, ali u stanje mirovanja neće nikada dospeti. U dalekoj budućnosti Mesec će je toliko usporiti da će joj za okretanje oko svoje ose biti potrebno onoliko vremena koliko Mesecu treba da obiđe oko Zemlje. Kada se dostigne ovo stanje, prestaje dejstvo plime i oseke. Zemljina rotacija i vreme obilaska Meseca oko Zemlje postaće identični, pa će plima biti uvek ispod Meseca, odnosno na suprotnoj strani Zemlje. Plime, Zemlja i Mesec kretaće se istom brzinom i više neće biti kočenja i usporavanja. (Na Mesecu se, kao što ćemo kasnije videti, to već dogodilo.) Međutim, do tog dana proteći će još mnogo, mnogo vremena.* Za sada, dan još traje 24 h.

* To će trajati toliko dugo da se ovo stanje neće nikada dostići, jer pre nego što se to dogodi, Sunce će, za 6 milijardi godina, već uništiti Zemlju.

Zemlja se i dalje okreće oko svoje ose i senke se svakog dana iznova pojavljuju.

Satelitska televizija – cela istina

Još stojimo ispred kuće i razmišljamo o Mesecu. Za to vreme senke su se ponovo pomerile. Senka susedove satelitske antene sada se nalazi na sasvim različitom mestu. Dok posmatramo prozore i balkone susednih kuća, još nešto nam pada na pamet. Gotovo svi imaju televizor i većina ljudi program prima preko satelitskih antena. Ako pažljivo pogledamo, zapazićemo da te satelitske antene nisu proizvoljno usmerene. Većina njih upravljena je na jedno te isto mesto na nebeskom svodu. To nije slučajno! Razlog za to leži u samoj strukturi prostora i vremena. Satelitske antene nas obaveštavaju o fundamentalnim osobinama univerzuma u kome živimo.

Satelitske antene su usmerene prema određenom mestu na nebu da bi mogle da prime signale satelita koji se u kosmosu okreće oko Zemlje. Da bismo gledali televizijski program, moramo znati gde se taj satelit nalazi, inače će naš ekran ostati bez slike. Dakle, znanje o kretanju nebeskih tala sačinjava osnovu našeg televizijskog programa. Skloni smo da ne razmišljamo o onome sa čime se svaki dan susrećemo. Kada bismo naučili da svakodnevicu posmatramo na nov način, videli bismo da se prava priroda sveta mnogo razlikuje od onoga što mi po navici smatramo svetom. Satelitske antene, koje deluju banalno, predstavljaju sjajan primer u prilog ovom tvrđenju. U normalnim okolnostima o njima uopšte ne

razmišljamo, a kada to činimo, onda je to zato što nas ljuti način na koji kvare lepotu fasada. Ipak, ako hoćemo da shvatimo zašto su one tu gde jesu, čemu služe i zašto moraju biti usmerene na određenu tačku na nebu, onda opet moramo zaroniti u daleku prošlost, ali ovoga puta ne u prošlost univerzuma, već u ljudsku prošlost. Satelitska antena rezultat je višemilenijumskog bavljenja nebom. Ona je rezultat naučnih revolucija i promenjene slike sveta. Usmerena je na određenu tačku na nebu zato što temelj našeg univerzuma – prostor i vreme – ima sasvim određenu strukturu. Zato što se nebeska tela, pa i veštački sateliti, u čitavom univerzumu pokoravaju određenim prirodnim zakonima i što se planete kreću na sasvim određen način.

Da se nebeska tela kreću, to je ljudima oduvek bilo jasno. Treba samo podići glavu i pogledati: tokom noći iznad nas se kreće čitavo zvezdano nebo. Dakle, nešto mora biti u kretanju. Ranije se smatralo da je to nebo; i to zato što se prvo moglo direktno *videti* da se ono kreće zajedno sa zvezdama. Isto tako, moglo se direktno *osetiti* da se tlo pod nogama nalazi u stanju mirovanja. Zbog toga Zemlja mora da se nalazi u centru univerzuma, dok se sve drugo kreće oko nje. To je bilo sasvim logično i zato što je Bog Zemlju stvorio pre svega radi čoveka. A koje mesto treba kruna Njegovog stvaranja da zauzme ako ne mesto u centru sveta?

Međutim, već u antici neki mislioci su posumnjali u tezu o nepokretnosti Zemlje. Već tada se, posle pažljivog posmatranja i pametnog izračunavanja, moglo utvrditi da je Sunce znatno veće od Zemlje. Zar onda nije logičnije da se manja Zemlja okreće oko velikog Sunca? Ipak, tada

se nije znalo zašto bi se nešto uopšte nalazilo u stanju kretanja. Istina, kretanje nebeskih tela moglo se videti i u određenoj meri i predviđati. Te prognoze bile su svakako vrlo netačne, a budući da niko nije znao uzrok kretanja, niko nije znao ni da li je postojeći model neba ispravan ili nije. U antici se polazilo od pretpostavke da materija teži ka centru univerzuma. Budući da sve što bacimo na kraju padne na tlo, sasvim je logično da zaključimo da taj centar mora biti u središtu Zemlje. Filozofi su tada bili ubeđeni da je Zemlja središte kosmosa i da se zato sve okreće oko nje.

Ali osim okretanja neba ljudi su posmatrali i druga nebeska tela koja se kreću. Svetle tačke na nebu – zvezde – uvek su se nalazile na istom mestu. Istina, nebo se kao celina okreće oko Zemlje, ali međusobni položaj zvezda na njemu uvek ostaje isti. Međutim, neke svetle tačke na nebu odstupale su od ovog pravila. One se nisu kretale sa nebom već *preko* neba! Grci su ova tela nazvali *planetes*, što znači „lutalica“. Ova nebeska tela i danas zovemo planete. Za razliku od zvezda, njihovo kretanje moglo se jasno utvrditi. Tačno ispitivanje ovog kretanja konačno je dovelo do velikog napretka. Stečena znanja su naše razumevanje kosmosa više puta okretala naglavce; a ta saznanja određuju na koje mesto moraju satelitske antene da se usmere. Šta je to otkriveno?

Ljudi koji su posmatrali nebeski svod pratili su od samog početka i put „lutalica“. Neobične svetlosti na nebu povezivane su sa bogovima. Razlozi za pokušaj predviđanja njihove putanje zato nisu bili naučne, već religiozne prirode. Sve do kraja srednjeg veka ptolomejevski slika sveta smatrana je za najbolji opis kosmosa.

Klaudije Ptolomej (Claudius Ptolomaeus) bio je grčki naučnik koji je pre 2.000 godina napisao knjigu danas poznatu uglavnom po svom arapskom imenu – *Almagest*. Ptolomej opisuje kretanje planeta i pritom rešava dva problema. Budući da se nebo smatralo carstvom bogova, polazilo se od pretpostavke da je na njemu sve savršeno uređeno. Kretanje nebeskih tela moralo je da bude zakonomerno i u skladu sa savršenim oblicima. Ali stvarnost je bila drukčija.

Planete su se nebeskim svodom kretale čas sporije, čas brže. Ponekad su se, pre nego što nađu svoju uobičajenu putanju, kretale i unazad. Slika sveta po kojoj se Zemlja nalazi u centru a planete kruže oko nje nije bila u stanju da objasni ova zapažanja.

Ptolomej je morao da upotrebi silne matematičke majstorije da bi zahtev za redom i savršenstvom doveo u sklad sa onim što se vidi na nebu.* On je Zemlju postavio u središte kosmosa i okružio je sa više različitih sfera. Međutim, planete se ne kreću duž ovih savršenih kružnih puteva, već duž manjih krugova čije središte pravi velike krugove oko Zemlje. Ipak, ni ova komplikovana takozvana teorija epicikla nije uspela da opiše zapažena kretanja. Ptolomej je morao da tu i tamo doda još poneki veliki ili mali krug i da menja mesto tačaka oko kojih se planete kreću. Na kraju je dobio jedan izrazito komplikovan model koji je bio u stanju da, na osnovu tadašnjih merila, relativno tačno izračuna položaj nebeskih tela. Taj se model mogao koristiti, ali nije bio jednostavan. Bila je to jedna komplikovana i nezgrapna slika za koju

* Pri tome se poslužio teorijama koje su razvili njegovi prethodnici, na primer Hiparh ili Apolonije iz Pergama.

se moglo reći da je prosto sklepana. Ona se zasnivala na pogrešnoj pretpostavci, pa se zato stalno morala menjati. Mada su se empirijska zapažanja mogla donekle uskladiti sa proračunima, ipak čitava stvar nije ostavljala lep utisak. Kastiljanski kralj Alfonso prilikom razgovora sa jednim astronomom rekao je: „Da sam imao prilike da razgovaram sa Bogom dok je stvarao svet, preporučio bih mu da to učini na jednostavniji način!“

„Jednostavniji način“ bio bi onaj u kome se u centru više ne bi nalazila Zemlja već Sunce. Ako se Zemlja zajedno sa drugim planetama okreće oko Sunca, onda se, na primer, kretanje unazad nekih nebeskih tela može objasniti kao efekat projekcije: budući da se Zemlja kreće, menja se pozicija iz koje gledamo druge planete, pa se ponekad čini da se one jedan deo svog puta kreću unazad. Ali do uspostavljanja ovog shvatanja trebalo je da prođe još neko vreme. Prvo je moralo da dođe do kopernikanske revolucije, koja je geocentričnu sliku sveta zamenila heliocentričnom slikom renesanse.

Nemojmo zaboraviti da smo ovu digresiju iz oblasti istorije nauke napravili samo zato da bismo mogli shvatiti zašto su satelitske antene sve okrenute u određenom pravcu. Na prvi pogled, čini se da to nema mnogo veze sa velikim događajima iz istorije nauke. Međutim, jučerašnje revolucije postaju današnja svakodnevnica! Znanje koje nam danas služi za tako banalnu stvar kao što je postavljanje satelitske antene pre nekoliko vekova angažovalo je najveće naučnike na svetu. Uslov da se uključi televizor bila je korenita promena stare slike sveta.

Iz današnje perspektive može delovati čudno što ljudi hiljadama godina nisu uspeali da utvrde da se Zemlja

okreće oko Sunca. Šta ih je sve vreme sprečavalo da pro-
nađu ovo jednostavno rešenje? Ne smemo zaboraviti da
u to doba nauka u današnjem smislu te reči nije postojala.
Umesto posmatranja prirode i saobražavanja sa njenim
rezultatima, u prvom planu su stajale filozofske i religio-
zne dogme. Ishodišna tačka saznanja nisu bile iskustve-
ne činjenice, već filozofske hipoteze. Teza o Zemlji kao
centru sveta nije bila samo deo grčke filozofije. Nju je
zastupala i Katolička crkva; a smatralo se da je ona iznad
prirode. Zato se dugo čekalo na promenu koja je dovela
do pojave moderne nauke, a sa njom i do nove slike sveta,
pa konačno i do satelitskih antena.

Do promene je došlo 1543, kada je objavljena knjiga
De Revolutionibus Orbium Coelestium. Njen autor je
bio Nikola Kopernik, a delo je ugledalo svetlo dana tek
posle njegove smrti. Smrt ga je spasla od lavine gneva,
koja se obušila i na sve one koji su se usudili da prihvate
njegovu teoriju. Kopernik je tvrdio da se Sunce nala-
zi u središtu univerzuma a da planete kruže oko njega.
To je pojednostavilo stvari, ali je Kopernik ipak i ovom
modelu morao priključiti komplikovane dokaze, slične
Ptolomejevim epiciklima, da bi mogao do kraja objasniti
rezultate posmatranja.

Ako se Sunce nalazi direktno u sredini kružnih putanja
kojima se planete kreću, onda se Kopernikovim mode-
lom ne može objasniti zašto se planete ponekad sporije
a ponekad brže kreću nebeskim svodom. Objašnjenje
je moguće samo ako Sunce stoji malo pored centra, što
remeti temeljnu jednostavnost kopernikanskog modela.

Ali njegovi savremenici nisu bili skeptični samo zbog
tog razloga. Kopernikova slika sveta odbacivana je pre

svega iz religioznih razloga. Crkveni ljudi su smatrali da se iz Biblije može izvesti da je Zemlja nepokretna i da se nalazi u centru sveta. Martin Luter je, na primer, Kopernika nazvao „budalom“ jer u knjizi Isusa Navina* piše da je Bog zaustavio ne kretanje Zemlje, već kretanje Sunca. Dakle, Sunce je to koje se okreće oko Zemlje. Međutim, naučnici su brzo prihvatili Kopernikov jednostavniji prikaz nebeskog svoda.

Posebno slavan zastupnik heliocentrične slike sveta bio je Galileo Galilej. On je prvi pokušao da ovaj problem reši na osnovu posmatranja. Umesto da se upušta u filozofska nagađanja o sistemu sveta, on je hteo da posmatranjem prirode utvrdi šta jeste, a šta nije istina. I tako je postao jedan od osnivača moderne prirodne nauke. Galilej je, osim toga, imao još jednu prednost koju niko pre njega nije imao. Godine 1609. on je imao na raspolaganju instrument koji nije posedovao nijedan njegov prethodnik – teleskop. Teleskop je pronađen tek nekoliko godina ranije. Galilej je bio prvi koji ga je usmerio na nebo. Tamo je video stvari koje niko pre njega nije video: na primer, mala nebeska tela koja se okreću oko Jupitera. Naime, Galileo je otkrio četiri Jupiterova meseca – Io, Evropa, Ganimed i Kalisto – koje danas zovemo Galilejevim mesecima. Zemlja, prema tome, nije centar svih kosmičkih tela koja kruže oko nje. Ako se otkrivena

* „Tada progovori Isus Gospodu onaj dan kad Gospod predade Amorejca sinovima Izrailjevim, i reče pred sinovima Izrailjevim: stani Sunce nad Gavaonom i Mjeseče nad dolinom Elonskom. I stade Sunce i ustavi se Mjesec, dokle se ne osveti narod neprijateljima svojim. Ne piše li to u knjizi Istinitoga? I stade Sunce nasred neba, i ne naže k zapadu skoro za cio dan“ (Is. 10, 12–13).

mala nebeska tela mogu okretati oko Jupitera, zašto se onda druga nebeska tela ne mogu okretati oko Sunca? „Zato što se teleskopom mogu videti samo besmislice!“, odgovarali su mnogi Galilejevi savremenici. Filozofi i sveštenstvo tog doba nisu hteli da prihvate kako se teleskopom mogu videti stvari koje su skrivene golom oku. Zašto bi Bog stvorio nešto što oči, koje je takođe Bog stvorio, ne bi mogle da vide? Teleskop je samo optička varka i stvari u njemu nisu realne.

Mada su neke njegove kolege u početku oklevale da pogledaju kroz teleskop i prihvate ono što se kroz njega vidi, Galilej je nastavio da ide svojim putem. Otkriće Jupiterovih meseca bilo je samo početak. Posle toga, Galilej je počeo da posmatra Veneru. Ovu planetu osvetljava Sunce i, u zavisnosti od odnosa u kome Zemlja stoji prema Suncu, mi vidimo veći ili manji deo njene osvetljene strane. Kada je Mesec u pitanju, to nam je poznato. Ponekad vidimo samo polovinu osvetljene strane, koju nazivamo „polumeseć“. Drugi put vidimo ceo Mesec, mladinu, a neki put samo uzan i svetao mesečev srp. Venera, kao i Mesec, ima svoje faze. Kad bi se Venera zajedno sa Suncem okretala oko Zemlje, mogli bismo da vidimo samo njene srpove, ali nikad „poluveneru“, ili „punu Veneru“. Ako se zajedno sa Zemljom i ona okreće oko Sunca, onda mora isto kao i Mesec proći kroz sve faze – od srpa, preko „poluvenera“ do „pune Venera“. Galilej je sve to znao.

Naravno, golim okom se faze Venere ne mogu videti. Ali Galilej je kroz teleskop posmatrao te faze. On nije video samo Veneru u obliku srpa već i druge njene faze! Stara Ptolomejeva slika sveta pokazala se kao pogrešna. Nažalost, iz toga nije sledilo da je nova Kopernikova slika

sveta istinita. Jer, pojavio se jedan „kompromisni model,“ koji je razvio danski astronom Tiho Brahe.

Brahe je bio izuzetno sposoban astronom. Njemu je bilo savršeno jasno da je ptolomejevska slika sveta u poređenju sa Kopernikovim modelom znatno komplikovanija. Uprkos tome, nije hteo da napusti uverenje prihvaćeno u poslednja dva milenijuma, po kome se Zemlja nalazi u centru sveta. Da bi spasao Kopernikovu teoriju, on je tvrdio da se Sunce okreće oko Zemlje, ali da se sve ostale planete okreću oko Sunca. Prema Braheu, Zemlja se nalazi u centru, a oko nje kruži Sunce, praćeno ostalim nebeskim telima koja kruže oko njega. Ovaj model nije ni jednostavniji ni lepši, a nije ni prihvatljiviji od Ptolomejeve slike sveta. Međutim, Tiho Brahe je njime izbegao korak koji su u to doba svi smatrali dramatičnim: Zemlja nije proterana, već je i dalje ostala u centru sveta. Zbog toga je njegova teorija neko vreme među astronomima imala dosta sledbenika. Rezultati Galilejevih posmatranja nisu govorili protiv te teorije. Budući da se i kod Brahea Venera okreće oko Sunca (mada ne i Zemlja), ova teorija je u pogledu sposobnosti objašnjavanja utvrđenih pojava bila jednaka Kopernikovom modelu.

Tiho Brahe je pokušao da svojim modelom antičku sliku sveta prenese u renesansu. Ali su tu sliku na kraju oborili upravo rezultati njegovih posmatranja: u Braheovo doba, u svesti mnogih naučnika još su vladale dogme antike. Tako su i Kopernik i Brahe smatrali da je krug, zbog svoje savršenosti, osnova kretanja planeta; i u tome su se slagali sa Ptolomejem. Ovoj geometrijskoj figuri, zbog njene izuzetnosti i značaja, pripisivana je jedna od centralnih uloga u izgradnji sveta. Međutim, priroda

je ravnodušna prema čovekovim željama. Ona je takva kakva jeste, pa naše dogme i smisao za lepotu nemaju nikakav uticaj na stvarnost.

To je shvatio Braheov učenik Johan Kepler. Kepler je dugo radio sa Braheom, ali se nije usuđivao da koristi rezultate posmatranja danskog astronoma. Tek kad je Brahe umro (1601) i Kepler preuzeo njegovo mesto matematičara na dvoru Rudolfa II u Pragu, on je mogao da raspoláže svim rezultatima istraživanja.* Sledećih osam godina Kepler je procenjivao vrednost i domet tih rezultata. Godine 1609. on je konačno dovršio svoj posao: iste godine u kojoj je Galilej izveo prva posmatranja teleskopom, Kepler je objavio knjigu *Astronomia nova*. To i jeste bila „nova astronomija“. U uvodu svoje knjige Kepler je napisao:

Na zahtev Vašeg veličanstva, konačno sam uspeo da pred Vas izvedem sužnja za koga ste mi pre izvesnog vremena naredili da ga zarobim, bez obzira na težak i mučan rat koji ću ostvarujući taj zadatak morati da vodim.

Taj „rat“ Johan Kepler je vodio oružjem matematike, a „sužanj“ koga je izveo pred cara bio je planeta Mars. U svojim višegodišnjim izračunavanjima Kepler se, pre svega, oslanjao na rezultate Braheovih istraživanja koja su se bavila položajem Marsa. Kepler je ustanovio da se kretanje ove planete najbolje može opisati ako se ne počde od kružne, već od elipsaste putanje.

* Za glasine koje se stalno ponavljaju, da je Kepler otrovao Brahea, ne postoji nijedan valjan istorijski dokaz.