

4530

BRANISLAV ŠEVARLIČ



PUTEVI SAZNAVANJA O VASIONI



Mlado pokolenje

B. ŠEVARLIČ PUTEVI SAZNAVANJA O VASIONI ∞

BIBLIOTEKA
ČOVEK I PRIRODA



8.

Urednik
BORISLAV RADOVIĆ

172 1. 2804
BRANISLAV ŠEVARLIĆ

PUTEVI SAZNANJA O VASIONI



MLADO POKOLENJE
BEOGRAD, 1967.

Glava prva

OD ŠTAPA DO RADIO-TELESKOPA

* KAKO SU LJUDI POMOĆU
ŠTAPA POKUŠAVALI DA OD-
GONETNU TAJNE DALEKIH
SVETOVA

Izložen udaru prirodnih po-
java mnogo jače no danas,
čovjek je na primitivnom
stupnju svoga razvoja mno-
go bolje uočavao prirodne
pojave kojima je bio neposredno izložen. Ima tragova koji sve-
doče o tome da je još primitivni čovjek razlikovao pojavu
prividnog dnevnog obrtanja nebeskog svoda i Sunca, čija je
posledica smena dana i noći, kao i prividno Sunčevo godišnje
kretanje, koje prouzrokuje smenu godišnjih doba.

U prvim organizovanim državama — Kini, Asiru, Vavilo-
nu i Egiptu — mnogobožački sveštenici, žreci, bili su prvi
posmatrači nebeskih pojava. Oni su za položaje nebeskih tela
i njihovo kretanje vezivali sudbine ljudi i država, a proricanje
tih sudbina, kao unosan posao, rezervisali za svoju povlašće-
nu društvenu klasu.

Naučno posmatranje nebeskih tela i pojava smatra se da
datira iz onog perioda kad se sa opšteg praćenja položaja i
kretanja Sunca, Meseca, planeta i drugih nebeskih tela prešlo
na *merenje* i zapisivanje njihovih položaja na nebu. Oдавde
je bio potreban samo jedan korak do proučavanja promena
ovih položaja i do tačnijeg upoznavanja njihovih prividnih
kretanja. To je bilo nekih 3 000 godina pre naše ere.

Prema dosad dešifrovanim pločicama s klinastim pismom,
otkrivenim u iskopinama starih gradova Mesopotamije, po svojoj
prilici je prvi instrument kojim je čovjek odredio položaje ne-
beskih tela bio *gnomon*, vertikalna šiljka ili stub pobijen

u ravnu podlogu. Najkraća njegova senka određivala je pravac podnevačke linije, a ugao ove senke prema podnevačkoj liniji u svakom trenutku određivao je pravac Sunca na nebu. Razmera između visine štapa i dužine senke određivala je visinu Sunca nad horizontom, a na osnovu dva podatka navišnji astronomi proučili su prividno godišnje obilaženje Sunca oko Zemlje.

Ovaj instrument je kasnije prešao u Egipat i Grčku i doživeo raznovrsne preobražaje. Kao šiljat prut u šupljom metalnoj zdeli, koji baca senku u njenu šupljinu izdijelenu koncentričnim krugovima, pod imenom *skafiona*, poslužio je aleksandrijskom astronomu Eratostenu da njime premeri čitavu Zemlju. Egipatski i grčki astronomi znali su da upotrebe gnomon i da njime odrede geografsku širinu svoga mesta i tako dođu do prvih primitivnih karata. Oni su takođe umeli da odrede nagib Sunčeve prividne godišnje putanje — ekliptike — prema ekvatoru, kao i druge elemente potrebne za odgo-
netanje kretanja nebeskih tela. U to vreme gnomon je našao važnu primenu i kao *sunčani časovnik*.

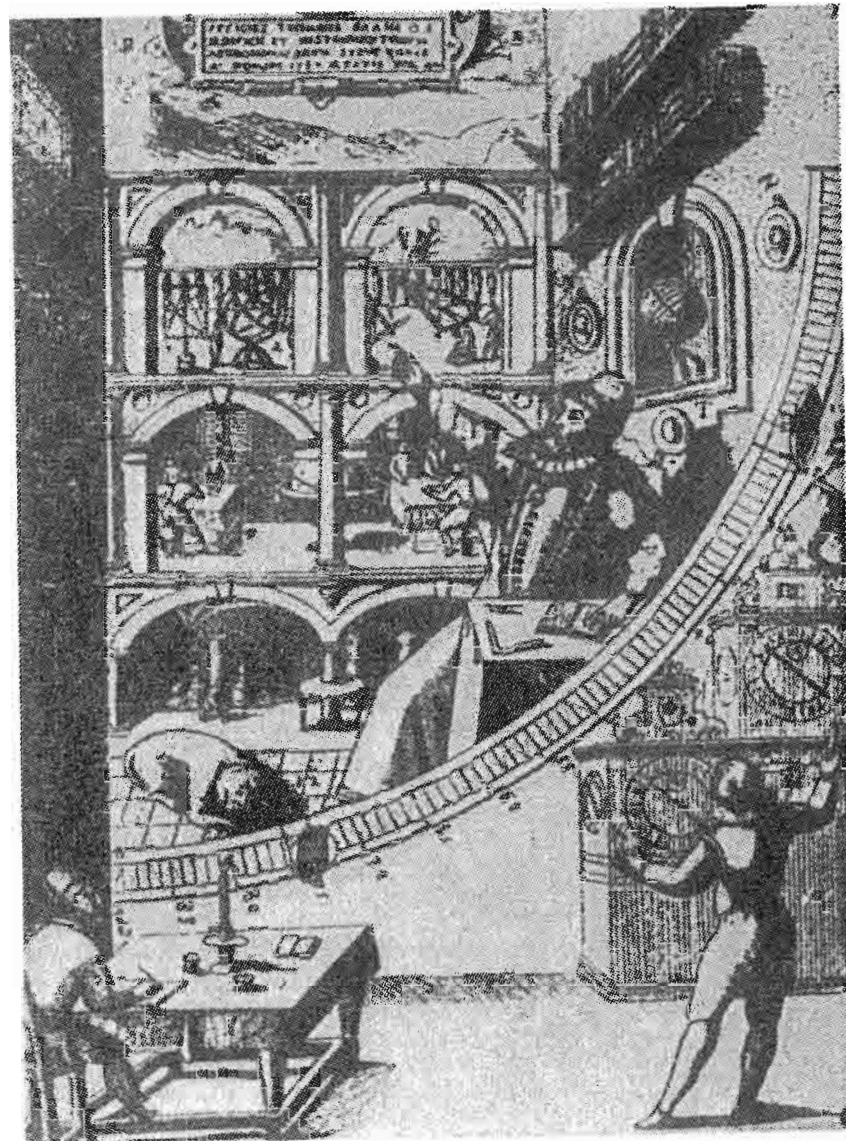
No gnomon se razvijao i u drugom pravcu. Tako je on na svom stubu najpre dobio razmernik, a zatim polugu sa dva nišana, utvrđenu za vrh oko koga se mogla obrtati. Preko nišana su vizirana nebeska tela. Na razmerniku, preko donje poluge, koja je uvek bila u vodoravnom položaju, mogla se čitati visina posmatranog nebeskog tela. Takav instrument zvao se *paralaktički razmernik*, koji se kasnije razvio u *kružni sekstant* i *kvadrant*.

Ova dva instrumenta, koji su već pokazivali znatnu tačnost, upotrebljavali su Arabljani i srednjovekovni evropski astronomi.

*** JEDAN ASTRONOMSKI
KRALJ I NJEGOV ARSENAL**

U doba renesanse, pored dvorskih astronomskih osmatračnica srednjeg veka, počinju da se javljaju i prve astronomske opservatorije, koje su, da bi obezbedile svoj opstanak, još uvek morale primati na sebe i astrološki deo posla za račun kakvog dvora koji ih je izdržavao. Danski astronom Tiho Brahe, najznačajniji među posmatračima neba ove velike istorijske epohe, doista je bio kralj među astronomima, a njegova opservatorija »Uranienborg« ili »Nebeski zamak« bila je prva moderna astronomska opservatorija u Evropi, pravi arsenal svih starih i novih astronomskih instrumenata (sl. 1).

Vaspitan na univerzitetima u Vitembergu i Rostoku, po povratku u otadžbinu uredio je malu opservatoriju u domu svoga ujaka i toliko se proćuo posmatranjem jedne nove zvezde u sazvežđu Kasiopeje, da mu je danski kralj Fridrih II na



»URANIENBORG« (sl. 1)

ostrvu Hvenu, u Danskom arhipelagu, podigao veliku opservatoriju pod uslovom da sastavlja horoskope i čita sudbine njemu i članovima njegove porodice. Tiho Brahe je, koristeći se dobivenim sredstvima, sagradio velike instrumente: gno-

mone, skafione, armile, sekstante i kvadrante, od kojih je neke sam zamislio i projektovao. Oni su ostali čuveni kao poslednji instrumenti kojima su posmatranja vršena golim okom, a koji su davali zadivljujući tačne rezultate.

Na sl. 1 prikazana je unutrašnjost »Nebeskog zamka« s Braheovim najvećim instrumentom — *zidnim kvadrantom*. Oslonac njegov sazidan je od glačanog tesanika. Sam instrument obuhvatao je četvrtinu punoga kruga s poluprečnikom od 10 stopa. Na periferiji kruga bila je uglovna podela na kojoj su se uglovi mogli čitati do na lučnu minutu. Duž jednog poluprečnika posmatrač je vizirao zvezdu, a visak koji je iz središta kruga padao pored kvadranta pokazivao je na njegovoj skali visinu nebeskog tela. Postavljen u meridijanskoj ravni, on je služio da posmatrač jednovremeno može da oceni i trenutak prolaza posmatrane zvezde kroz meridijan, a iz ova dva podatka, visine i trenutaka prolaza kroz meridijan, lako da izračuna njen položaj na nebu.

*** VELIKA ASTRONOMSKA REVOLUCIJA I NJENE POSLEDICE**

Kada su uslovi razvoja materijalne kulture bili toliko sazreli da je moglo doći do pronalaska durbina u Evropi, nastala je prava revolucija u veštini odgonetanja tajni zvezdanog neba. Ona je, kao što ćemo videti, imala dalekosežne posledice na razvoj našeg pogleda na svet.

Prema jednoj legendi iz sredine XVII veka, durbin je pukim slučajem pronašao u optičkoj radionici svoga oca, u Middelburgu, sin holandskog majstora Liperheja, igrajući se sočivima za dalekovidne i kratkovidne. Jednoga trenutka, kako veli legenda, dečko je stavio izdubljeno staklo iza ispupčenog i pogledao »petla« na zvoniku. »Petao« se, za divno čudo, zajedno sa zvonikom »primakao« Liperhejevoj radnji. Dete je uzviknulo, otac pritrčao, ponovio ogled, i — durbin je bio pronaden. U istome mestu imao je optičku radionicu i Zaharije Jansen. Prema izjavi njegovog sina starim istoričarima nauke, njegov otac je došao na istu ideju još 1590. godine. No, zahvaljujući novim istraživanjima, ova se legenda rasprsla kao mehur od sapunice.

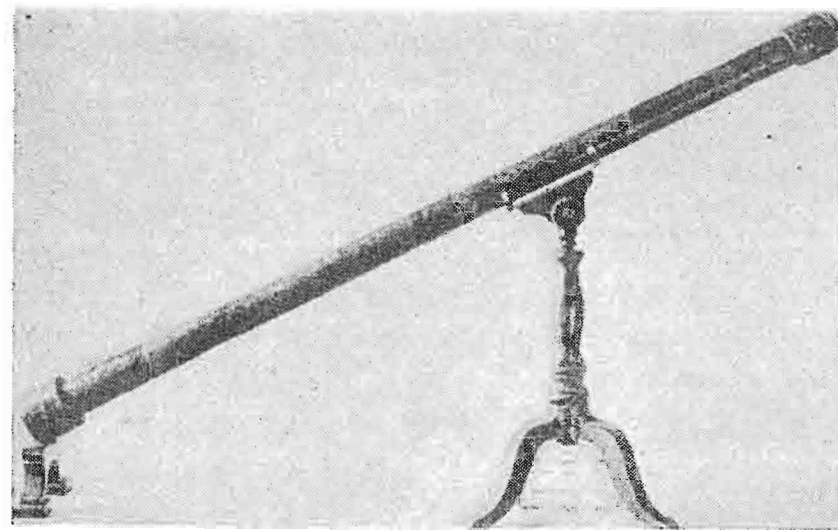
Nađeni su dokumenti koji govore da je Italijan Porta, još 1580, u blizini Venecije, gde su se tada sa virtuoznošću izradivali predmeti od stakla, vršio svoje prve ogledne. Već 1590. u Italiji se izrađuju durbini po njegovom uzoru. Pošto se dobro mogao koristiti u vojne svrhe, Liperhej i Jansen kopirali su ovaj »patent« i nemirnih godina na početku XVII veka pokušali su da ga što bolje unovče.

Galilej je 1609. saznao za ovaj »patent« od jednog svog učenika i pošlo mu je za rukom da izradi jedan primerak. Slika 2. prikazuje prvi od dva njegova durbina, koji se čuvaju

u Firentinskom muzeju, od kojih je veći uvećavao 30 puta. Galilejeva je glavna zasluga u tome što je prvi od svih ljudi znao da uperi ovo novo moćno oruđe nauke u zvezdano nebo.

Iste godine on otkriva da i na Mesecu ima planina, klisura, dolina i kratera kao i na Zemlji, meri visine njegovih planinskih venaca iz senki koje bacaju, otkriva da su Vlašići vasijsko zvezdano naselje sastavljeno od velikog broja zvezda i dolazi do zaključka da je Demokrit bio u pravu kad je svojom genijalnom pronicljivošću tvrdio da je Mlečni Put samo skup ogromnog broja zvezda.

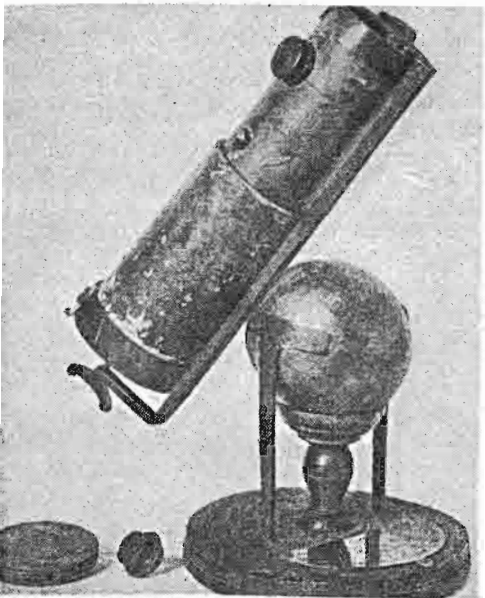
Naredne godine on otkriva četiri najveća Jupiterova pratioca i dolazi do saznanja da nebeska tela mogu obilaziti i oko drugih središta u vasioni, a ne samo oko Zemlje. Na osnovu



PRVI GALILEJEV DURBIN (sl. 2)

toga odmah se opredeljuje za heliocentrični sistem sveta, po kome je središte oko koga nebeska tela obilaze Sunce, a ne Zemlja. Ovaj sistem tada je već bio vaskrsao iz zaostavštine starih grčkih astronoma i u novoj svetlosti prikazao veliki poljski astronom Nikola Kopernik.

No kad je Galilej sagledao kroz svoj durbin da i planeta Venera pokazuje mene kao Mesec, sumnje više nije moglo biti da i ona i sve velike planete, među koje spada i Zemlja, obilaze oko Sunca. Ovo je učinilo da stane na Kopernikovu stranu i brani njegov pogled na svet sa tolikom žestinom da je došao u sukob sa »Svetom inkvizicijom«. Mučenjem je prisiljen da se odrekne svoje nauke i osuđen na doživotno progonstvo.



NJUTNOV TELESKOP (sl. 3)

Tako je ovaj veliki pronalazak doprineo da se utvrdi i razvije naš današnji pogled na svet. U Francuskoj (Pikar), a zatim i u drugim evropskim zemljama durbin uskoro počinje da se stavlja na sprave za merenje uglova i da se koristi za precizna određivanja položaja nebeskih tela i tačaka na Zemlji.

Na ideju da se sočivo u durbinu može zameniti sfernim ogledalom prvi je došao Galilej. No prvi teleskop izradio je tek 1663. god. Englez Gregori, a 1672. Njutu prikazuje Kraljevskom društvu u Londonu teleskop koji je, na nešto prostijem principu, izradio svojom rukom (sl. 3). Otada se ovaj instrument sve više uvodi u arse nale astronomskih opservatorija, pošto se pri fizičkom izračunavanju nebeskih tela u poslednje vreme on pokazuje sve korisnijim i pogodnijim od durbina, a može se osim toga izgraditi znatno lakše i uz skromnija materijalna sredstva.

*** DURBINI BEZ CEVI**

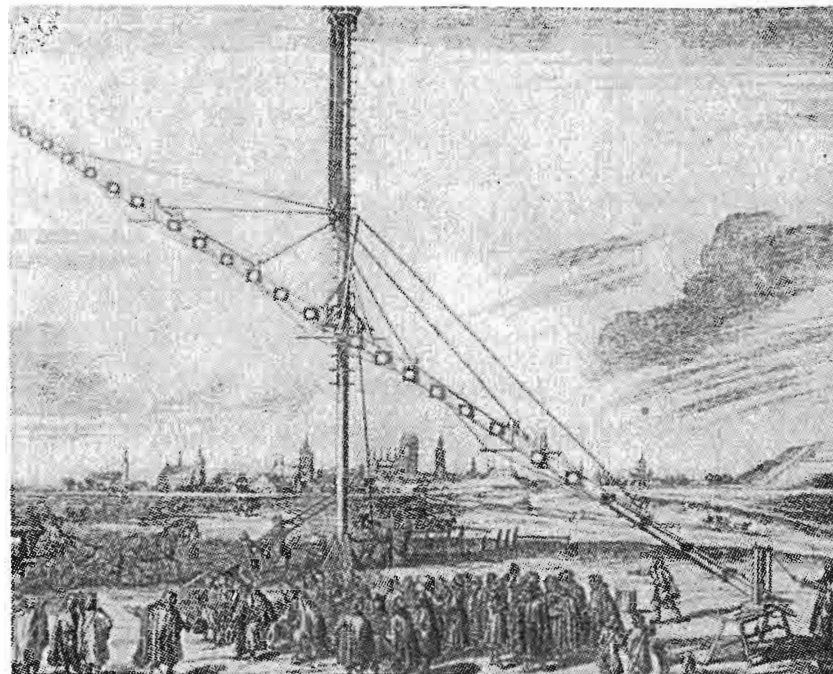
U toku XVII veka, posle mnogih oglada postaje jasno da su slike u durbinu čistije ukoliko su krivine sočiva manje. Stoga se grade durbin sa pljosnatim sočivima i veoma dugačkim cevima. Najzad se uviđa da sama cev i nije neophodna za durbin, već su bitni delovi objektiv ili sočivo okrenuto predmetu i okular ili sočivo na koje posmatrač stavlja oko. Tako dolazi do veoma dugačkih durbina sa sočivima utvrđenim za krajeve kakve gvozdene šine, uzdignute na visoke jarbole. Ceo ovakav instrument mogao se smestiti samo pod vedrim nebom, u vrtu ili na krovu kakve opservatorije. Slika 4 prikazuje Hevelijusov durbin, dugačak 49 m, na jarbolu visokom 29 m. Ovaj instrument sagradio je Hevelijus na svojoj opservatoriji u Gdansku i njime izvršio svoja čuvena posmatranja Meseca, koja su dovela do njegovih prvih karata rađenih u bakru i objavljenih u njegovoj »Sele-nografiji«.

U XVIII veku, podesnim kombinovanjem dva i više sočiva različite krivine, otklanjaju se greške sočiva i dolazi do konstruisanja prvih durbina današnjeg tipa. Ovo povlači za sobom značajna otkrića manjih i udaljenih tela Sunčeve

naseobine i znatno povećava tačnost merenja uglovnih pomeranja nebeskih tela po nebu. Ova tačnost omogućuje nemačkom astronomu Beselu da po prvi put, pre nešto više od sto godina, iz izmerenih najsićušnijih prividnih pomeranja zvezda odredi njihove daljine. Ovim otkrićem on čini drugi veliki skok u razvoju današnjeg pogleda na svet i pozitivnim činjenicama doprinosi usvajanju gledišta da je Sunce, sa svojom porodicom planeta, kometa i drugih sićušnih nebeskih tela, jedna, za naše pojmove, usamljena zvezda u vasion-skom prostoru, a da su i najbliže zvezde posle njega toliko daleko od nas da i sama svetlost, kao najbrži glasnik u pri-rodi, koji se kreće blizu 300 000 km/sec., mora putovati neko-liko godina da sa najbližih zvezda dospe do Sunca i Zemlje.

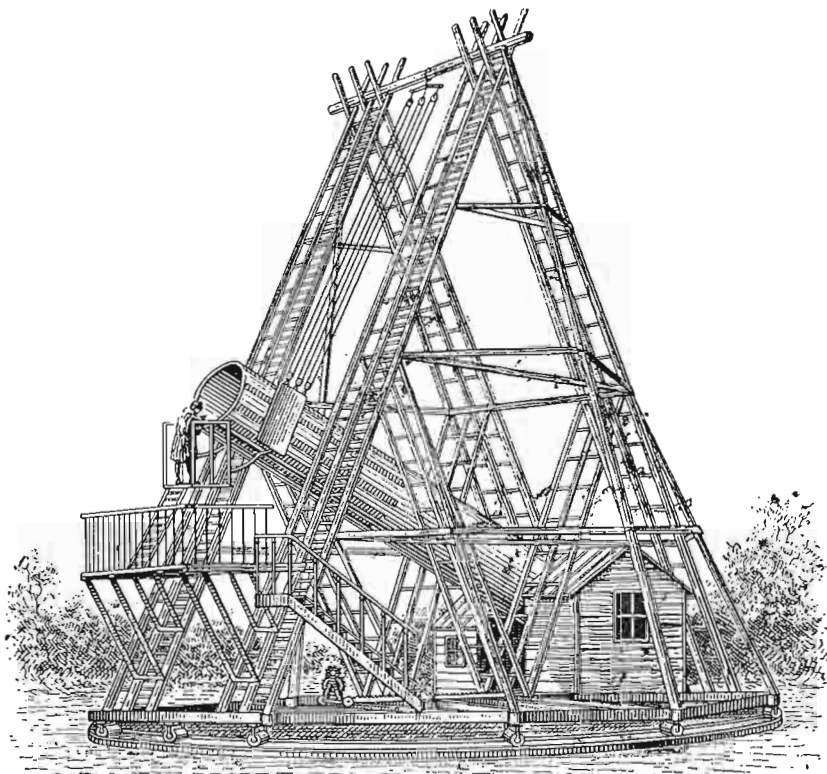
*** JEDAN VELIKI MAJSTOR I NJEGOVA DELA**

Treći skok u razvoju oruđa kojima je čovek odgonetao tajne dalekih svetova učinio je nemački muzičar koji se nastanio u Engleskoj i potpuno posvetio nauci o nebu, kojom se sa toliko predanosti bavio godinama. To je bio Vilijam Heršel, drugi nekrunisani astronomski kralj u Evropi na prekretnici XVIII i XIX veka.



HEVELIJUSOV DURBIN (sl. 4)

Još 1774, u nedostatku sredstava da kupi mali teleskop, on započinje da glača svoje prvo bronzano ogledalo. Neza-dovoljan njime, prelazi na brušenje tri nova, veća ogledala za teleskope Njutnovog tipa. Kad ih je završio, kao vatreni ljubitelj neba, stavlja sebi u zadatak njegovo pretraživanje do poslednjega kutka. Već 1781. njegov neumorni trud i istraj-nost bivaju nagrađeni jednim velikim otkrićem. Naime, on primećuje na izgled sićušno nebesko telo koje se kreće među



HERŠELOV TELESKOP S OTVOROM od 150 cm. (sl. 5)

zvezdama i u početku smatra da je to nova kometa. Međutim, to je bio Uran, prva velika planeta, još dalja od Saturna, pro-nađena u istorijskom razdoblju. Ponet ovim otkrićem, on ulaže nečuvane napore da izbrusi još dva velika ogledala sa otvorom od pola metra. No neumorni radnik ni tu se nije mogao zau-staviti. Posle niza novih borbi i neuspeha polazi mu za rukom da 1789. završi svoj, za ono vreme doista džinovski, teleskop, s otvorom od 150 cm, dugačak preko 12 m. Samo ogledalo bilo mu je teško 960 kg (sl. 5).

Svojim divovima on otkriva Uranove pratioce Oberona i Titaniju i Saturnove pratioce Encelada i Mimasu. Otkriva zatim dvojne zvezde i počinje da izračunava njihove putanje. Svojom herojskom istrajnošću preduzima statističko brojanje zvezda u Mlečnom Putu, i prvi načinje ozbiljno zasnovan naučni rad na ispitivanju njegovog sklopa.

Džinovski teleskopi mu takođe omogućuju da prvi otkrije zvezdana jata i magline i da pokuša izradu njihovog kataloga. Raznovrsnim oblicima spiralnih maglina koje je sagledao, on pruža francuskom matematičaru i mehaničaru Laplasu bogat materijal da na ozbiljan naučni način pristupi rešavanju pitanja o mogućnosti postanka nebeskih tela.

*** SAVREMENE OPSERVATO-
RIJE I NJIHOVI GIGANTI**

U prošlom veku izgrađene su velike astronomske opservato-rije u prestonicama svih većih evropskih država. Nji-hovim radom započinje i razumljiva utakmica u pravljenju sve većih durbina. Godine 1835. Grinička opservatorija kod Lon-dona izgrađuje veliki instrument ovog tipa s otvorom od 30 cm, za njom Pulkovska opservatorija kod Petrograda gradi durbin s otvorom od 38 cm, a polovinom prošloga veka Pariska i Harvardska opservatorija (SAD) grade durbine iste tolike veličine. Otada počinje takmičenje između evropskih i ame-ričkih opservatorija. Godine 1885. Pulkovo dobija veliki durbin s otvorom od 76 cm, a naredne godine Nica isti takav. Uzalud Pariska opservatorija 1891. izgrađuje veliki refraktor otvora 81 cm, pošto već 1888. Amerika preuzima vođstvo, koja za opservatoriju Lik gradi durbin s otvorom od 91 cm, a 1897. najveći dosad izgrađeni durbin, otvora 102 cm, za Jerkes opservatoriju.

Za poslednjih sto godina ove utakmice novi i sve veći astronomski durbinovi dovodili su do novih i novih otkrića. Ot-krivana su sve sićušnija nebeska tela i time je upotpunjeno upoznavanje i najzabačenijih kutaka Sunčeve države, a isto-vremeno se prešlo i daleko preko njenih granica. Otkrivene su najdalje zvezdane naseobine i zakonitosti njihovog kretanja i života, o kojima će tek biti govora. Tako se s razvojem teh-nike instrumenata i ulaganjem sve većeg truda u čitanje knjige neba došlo i do današnjeg pogleda na svet.

No u prošlom veku pronadna je mogućnost izrade sfernih i paraboličnih ogledala od stakla. Kako za ta ogledala nije bilo potrebno tako fino i homogeno staklo kao za sočiva jednog durbina i kako su se ona znatno lakše izrađivala, to je u izradi teleskopa počela još žešća utakmica. I ovde američke opserva-torije ubrzo odnose prvenstvo. Teleskop s otvorom od 2,5 m kalifornijske Maunt-Vilson opservatorije zadugo je držao ovaj

rekord i nizom otkrića doprineo upoznavanju građe spiralnih maglina, najdaljih zvezdanih naseobina u vasioni.

Godine 1928. američki astronom Hejł, za čije je ime vezan i najveći durbin, daje inicijativu za projektovanje teleskopa s otvorom od 5 metara. Ovaj projekt je radio od 1928. do 1938. čitav štab najistaknutijih američkih stručnjaka. Za to vreme ekipe astronoma, snabdevene potrebnim instrumentima, vršile su ispitivanja atmosfere i drugih uslova na vrhovima američkih planina u cilju određivanja najpovoljnijeg mesta za buduću opservatoriju. Ovaj rad je trajao do 1935. godine. Tada je izbor pao na planinu Maunt-Palomar, južno od Pasadene, u Kaliforniji. Pri projektovanju i izradi teleskopa javila su se dva velika problema: izrada ogledala i izrada čelične konstrukcije. Oba problema su rešena na potpuno originalan način u odnosu na sva dotadanja iskustva.

Posle neuspelih pokušaja da se ogledalo izlije od kvarca ili od čelika koji ne rđa i prevuče staklom, odlučeno je da se lije od borosilikatnog »pireks« stakla, koje ima izvanredno malo širenje na toploti, i da mu se da oblik tanke ploče, pozadi osigurane mrežom rebara sa 114 čelija, kako bi se sa tačnošću stohiljaditog dela milimetra, ogledalu obezbedio nepromenljiv geometrijski oblik obrtnog paraboloidea, uprkos njegovoj sopstvenoj težini (oko 40 tona) i temperaturnim promenama. Tek drugo livenje, decembra 1934, potpuno je uspelo. Hlađenje ploče trajalo je puna 22 meseca kako se naglom promenom temperature ne bi stvorili naponi i mehurići u staklu, koji bi, uprkos svoj pažnji pri brušenju, mogli da dovedu do izobličenja u ogledalu i do još težih posledica.

Iz države Njujork, gde je livenje izvršeno, džinovska ploča je naročitim vozom prevezena preko celog kontinenta u radionice opservatorije u Pasadeni. O tačnosti s kojom je brušenje vršeno može se steći izvestan sud tek kad se kaže da je sa izlivenne ploče u prvim mesecima izrade skinuto četiri tone stakla, a u toku naredne godine manje od 1 kg. Ogledalo je prevučeno aluminijumom koji odlično odbija svetlost.

Za ogledalo je izrađena rešetkasta cev dužine 18,5 m i prečnika 6 m, teška 88 tona. Ona je podignuta i usadena na džinovsku viljušku oslonjenu na oba kraja. Onaj njen kraj koji je upravljen Severnom nebeskom polu izrađen je u vidu potkovice, kako bi i ova oblast neba bila pristupačna posmatračima. U »jastučice«, na koje je ovaj kolos oslonjen, ubrizgano je ulje pod pritiskom od 21 atmosfere, pa je za njegovo pokretanje dovoljna sila samo od 1/1 200 konjske snage.

Da bi se ovakvo džinovsko ogledalo moglo racionalno koristiti, teleskop je snabdeven sa još nekoliko dopunskih ogledala pomoću kojih se dobijaju kombinacije raznih žižnih daljina, a svetlosni zraci sa dalekih vasionских svetova mogu se skretati u raznim pravcima i upućivati u komore sa posebnim

aparaturama, gde se ova svetlost analizira na razne načine. Na vrhu se nalazi glavna kabina sa posmatračima. Posmatrati se može i s donjeg kraja, jer glavno ogledalo nosi u sredini kružni otvor. Svetlost se još može uputiti i kroz šuplju nagnutu osovinu u donji sprat zgrade, gde se na stalnoj temperaturi nalaze instrumenti za spektarsku analizu. Svetlosni snop upućuje se najzad i bočno prema krajevima osovine oko koje se cev okreće, gde su smeštene kabine sa posmatračima za posebna astrofizička istraživanja.

Ovaj kolos u stanju je da sakupi blizu pola miliona puta veću količinu svetlosti od slobodnog oka i tako prodre na oko milijardu svetlosnih godina u dubinu vasionе. Pri povoljnim atmosferskim prilikama kolos može koristiti i povećanje od 10 000 puta.

Ovim reflektorom se može gledati Mesečeva površina kao slobodnim okom sa daljine od 40 km, mogu se videti i najsitnije pojedinosti na velikim planetama. No on je prvenstveno namenjen da prodre u tajne najdaljih zvezdanih naseobina — spiralnih maglina, na čijem se upoznavanju danas najviše radi.

Međutim, poslednjih godina i Evropa nastavlja da se takmiči u izgradnji sve većih teleskopa. Tako je nedavno na novoj opservatoriji u Herst Monsou, u Engleskoj, u spomen tristote godišnjice Njutnova rođenja, postavljen novi džinovski teleskop sa otvorom od 3 m. Isto tako, nedavno je postavljen na velikoj astrofizičkoj opservatoriji Sen Mišel, u Gornjoj Provansi, džinovski teleskop sa otvorom od 2 m, izgrađen u radio-nicama Pariske opservatorije. Sada se upravo gradi u Lenjingradu teleskop sa otvorom od 6 m, koji će biti najveći na svetu i krasice jednu od novih velikih opservatorija na Kavkazu. Puštanjem u rad ovih novih kolosa otvaraju se nove i neslućene perspektive astronomskih otkrića.

Pored džinovskih durbina i teleskopa za istraživanje zakona koji vladaju u vasioni i za upoznavanje prirode nebeskih tela, danas se upotrebljava još čitav niz većih i manjih instrumenata namenjenih specijalnim zadacima. Ovi instrumenti su ponekad korisniji i od samih kolosa, koji se mogu upotrebiti samo pri izvanredno povoljnim atmosferskim uslovima. Osim toga, za njihovo racionalno korišćenje izgrađene su bogate zbirke pomoćnih aparata bez kojih nam ni ovi kolosi ne bi bili od velike koristi.

*** STA SVE MOŽE DA NAM
ISPRIČA JEDAN ZRAK SVET-
LOSTI**

Astronomске opservatorije raspolažu već dosta davno instrumentima koji, pored svetlosnog zračenja Sunca i zvezda, koje je samo po sebi složeno, otkrivaju i njihova nevidljiva zračenja, kao što je toplotno ili infracrveno, na nešto dužim talasima od svetlosnog zračenja. Proučavanjem tih zra-

čenja astrofizika je uspela duboko da prodre u prirodu dalekih nebeskih tela, o kojoj će docnije biti govora.

Prvi od pomoćnih pribora koje valja pomenuti je svakako *fotografska komora*. Ona služi za masovno određivanje preciznih položaja zvezda i drugih nebeskih tela pomoću naročitih mikroskopa kojima se mogu meriti razmaci njihovih likova od likova zvezda čiji su nam položaji već poznati. Ovo se merenje vrši do na deseti deo mikrona.

Fotografska ploča služi još u mnoge druge svrhe. Sa nje smo doznali pojedinosti o površinama Meseca i velikih planeta. Dalje, iz veličine likova raznih zvezda, koja se meri specijalnim instrumentima — *mikrofotometri*ma, zaključujemo o prividnoj veličini posmatrane zvezde. Sistematskim merenjima prividnih veličina zvezda možemo zaključiti da li su one promenljive ili nisu. Kod jedne vrste promenljivih zvezda možemo zatim pomoću ovih merenja izračunati gustinu i putanje po kojima se one kreću, a kod drugih i same njihove daljine.

Iz sjajnosti zvezde možemo odrediti njenu prividnu veličinu i pomoću drugih instrumenata koji se pričvršćuju na astronomski durbin — to su *fotometri*. Kod najprostijeg fotometra kroz snopić svetlosnih zrakova u okularu provlači se tanak klin od tamnog stakla. Ukoliko svetlost prolazi kroz njegov deblji kraj, utoliko će nam izgledati slabija. U okularu se, pored posmatrane zvezde, vidi i svetlost električne sijalice propuštena kroz mali otvor — veštačka zvezda. Klin se provlači kroz snop svetlosti ove veštačke zvezde dok se ona po sjaju ne izjednači s pravom zvezdom, a tada se na njegovoj skali pročita prividna veličina posmatrane zvezde koja odgovara sjaju sijalice.

Najnoviji i najtačniji su tzv. *fotoelektrični fotometri*. Njihov osnovni sastavni deo je fotoelektrična ćelija. To je stakleni balon obložen jednim delom iznutra slojem metala osetljivog na svetlost (jedinjenja kalijuma ili cezijuma, na primer). Ove ćelije imaju osobinu da svetlosnu energiju pretvaraju u električnu. Zato iz balona izlaze dva električna provodnika koji se odvođe na osetljivi galvanometar, kojim se meri jačina nastale struje. Ukoliko je jača svetlost nebeskog tela na koje je instrument upravljen, utoliko je jača i struja. Teškoća kod ovakvog merenja zvezdanog sjaja je u tome što je svetlost zvezda veoma slaba, pa zahteva neobično velika pojačanja. Pri tom se javljaju i neke druge smetnje koje je teško odstraniti.

Čovek je pokazao vrhunac oštroumnosti kad je došao na misao da sagradi instrument za merenje toplote kojom daleke zvezde zagrevaju Zemlju, da sagradi tzv. *termoelement*. To je spoj dva provodnika od različitih metala. Njihov presek iznosi samo stoti deo milimetra, a težina trimilionita miligrama. Kad se njihov spoj obasja toplotom zračenja zvezde, u provodnicima

se javlja izvanredno slaba struja, koja se meri krajnje osetljivim instrumentima.

Ovakvim su instrumentima izmerene temperature najsjajnijih zvezda. Za primer o kakvim je finim merenjima ovde reč, neka posluži sjajna zvezda Betelgez u sazvežđu Orion. Najveći astronomski instrument na svetu primi za godinu dana od nje toplotu kojom bi se vodi u naprsku temperatura mogla povisiti samo za dva stepena. Za slična merenja služe još *bolometar* i *radiometar*.

* LEGITIMACIJE ZVEZDA

Međutim, upravo su zadivljujuća znanja o prirodi neizmerno dalekih nebeskih tela kojima nas je obogatio *spektroskop*. On je za astrofizičara bio i ostao najmoćnije oružje koje mu omogućuje da iz jednog slabog svetlosnog zraka dozna sastav materije dalekih nebeskih tela, kojih elemenata na svakom od njih ima više, a kojih manje, njihov raspored, kojom se brzinom zvezde okreću, da li se u svom kretanju približavaju ili udaljuju od Zemlje, i kojom brzinom, da li na onom mestu gde nenaoružano oko vidi jednu zvezdu postoje dve ili više, koliko su udaljene, kakve temperature i pritisci na njima vladaju i još niz pojedinosti veoma dragocenih za stvaranje potpunije slike o prirodi dalekih svetova.

Osnovni deo spektroskopa je trostrana staklena prizma. Pri prolazu svetlosnih zrakova koji dolaze od Sunca ili kakve druge zvezde kroz prizmu, oni skreću i razlažu se u dugine boje. Ovi zraci različitih boja imaju i različitu dužinu talasa kojima se prostiru — crveni najdužu, žuti kraću, zeleni i plavi još kraću, a ljubičasti najkraću. Osim toga, skretanje zrakova pri prolazu kroz prizmu utoliko je veće ukoliko je njihova talasna dužina manja. Zato u spektroskopu i dobijamo onoliko likova posmatranog nebeskog tela poređanih jedan do drugog koliko je boja u njegovim zracima. Ova traka raznobojnih likova koja se zove *spektar* može se uhvatiti na zaklonu, snimiti na fotografsku ploču ili posmatrati kroz okular.

Laboratorijskim ispitivanjem spektara raznih tela, Kirhov i Bunzen, osnivači spektarske analize, došli su do zaključka da čvrsta i tečna tela daju neprekidan svetao spektar, dok usijane razređene pare i gasovi spektar sastavljen iz većeg ili manjeg broja svetlih linija, već prema tome iz kojih je elemenata telo sastavljeno. Ovakav spektar zove se *emisioni*. U slučaju da je čvrsto ili tečno telo usijano, koje daje spektar obavijeno gasom na nižoj temperaturi, dobijamo svetli spektar tela isprekidan nizom tamnih linija, i to baš onih koje bi bile svetle da spektar potiče samo od usijanog gasa koji obavlja telo. Ovakav spektar se zove *apsorpcioni*. Takav je spektar Sunca i tipičan spektar zvezda.

Ispitujući u laboratoriji spektre različitih hemijskih elemenata, dolazimo do podataka koje linije daje svaki element i kakvog su one sjaja. Zahvaljujući takvom pregledu linija, pri ispitivanju spektara zvezda svaki put tačno možemo odrediti o kojoj je materiji reč. Do danas je posmatrano stotine hiljada spektara raznih zvezda i prema njima su one i klasifikovane. Ovaj džinovski astrofizički posao obavljen je na Harvardskoj opservatoriji.

Kad budemo govorili o tome šta je sve čovek dokučio o ovim dalekim izvorima svakovrsnog zračenja, videćemo kako se iz spektra i položaja, strukture i sjaja njegovih linija može zaključiti o fizičkom stanju najsitnijih čestica iz kojih su sagrađene zvezde i drugi oblici materije u najdaljim dubinama vasione. Spektar svakog nebeskog tela predstavlja tako neku vrstu legitimacije u koju su upisane sve njegove glavne osobnosti.

*** I ZVEZDE NAM ŠALJU RADIO-EMISIJE**

Sasvim neočekivano, uoči drugog svetskog rata, mladi američki radio-inženjer Janski, izučavajući smetnje na kratkim radio-talasima, otkriva izvesne »sumnjive« pravce u vasijskom prostoru iz kojih nam dolaze dosta jake radio-emisije. Ubrzo se ispostavlja da Mlečni Put, a zatim i Sunce, neki oblaci međuzvezdanog gasa, neke na izgled beznačajne zvezde i, najzad, spiralne magline, naseljene i same ovakvim stanovnicima, emituju radio-talase čija se dužina kreće od nekoliko santimetara do nekoliko desetina metara. Za njihovo ispitivanje konstruisale su posle rata engleske, francuske, holandske i australijske opservatorije, a u poslednje vreme i američke i sovjetske, nekoliko džinovskih instrumenata sasvim novoga tipa. To su tzv. *radio-teleskopi*. Jedan od njih prikazan je na sl. 6. Veliki paraboloid služi za to da sakupi što širi snop radio-talasa s nebeskog tela i koncentriše ga na malu antenu u žiži. Od antene polaze provodnici do naročito osetljivog prijemnika s velikim pojačanjem, koji ovo zračenje registruju i prate. Poslednjih godina, u astrofizičkoj laboratoriji Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu, I. Atanasijević je završio konstrukciju našeg prvog domaće radio-teleskopa, koji je sa uspehom pušten u rad.

U Mančesteru je pre nekoliko godina izgrađen jedan od najvećih današnjih radio-teleskopa, čiji paraboloid ima 80 metara u prečniku, a teži 800 tona. Očekuje se da će nam on pružiti isto toliko podataka o nevidljivoj vasioni koliko nam pruža maunt-palomarski teleskop o vidljivom svetu vangalaktičkih maglina. Upravo sada se u Sjedinjenim Američkim Državama nalazi u izgradnji jedan veliki radio-teleskop, dok se u Francuskoj, u Nanseju, gradi jedan džinovskih razmera.



RADIO-TELESKOP
HARVARDSKE OPSERVATORIJE (sl. 6)

Na sl. 6 prikazan je radio-teleskop Harvardske opservatorije s otvorom paraboloida 25 m.

Na ovom principu izrađeni su poslednjih godina još moćniji instrumenti — *radio-interferometri*. Do kakvih su nas interesantnih zaključaka o proučavanju Sunca i našeg Zvezdanog sistema oni doveli, videćemo malo kasnije.

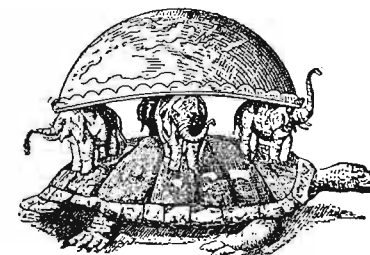
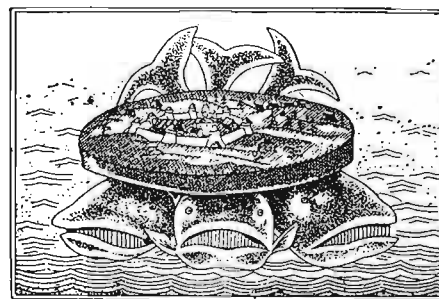
Naposletku, radarski uređaji, ponikli iz praktičnih potreba za vreme drugog svetskog rata, takođe spadaju u vrstu radio-instrumenata koji se koriste u astronomiji. Oni se naročito uspešno primenjuju za proučavanje meteora i meteorskih potoka, kao i za određivanje daljina bliskih nam nebeskih tela, kao što su naš pratilac Mesec i najbliže planete.

Glava druga

PLANETA NA KOJOJ ŽIVIMO

* **EPPUR SI MUOVE...**

U detinjско doba svoga duhovnog razvoja čovek se podavao prvom utisku i smatrao da je Zemlja ravna ploča poklopljena nebom u vidu staklenog zvona za koje su prikačene zvezde kao malene svetiljke, koje su bogovi stvorili da ukrase i osvetle nebo. Neka primitivna plemena mislila su da ovu ploču na leđima nosi džinovski kit (sl. 7) koji plovi po beskrajnom okeanu, druga opet da je nosi kakav džinovski slon ili titan. Stari Asirci i Vavilonci smatrali su da Zemlja ima oblik poluloptastog brega (sl. 8), dok su Grci u VI veku pre n.e. prvi istakli misao da je Zemlja loptasta. Oni su u razvoju nauke otišli tako daleko da je slavni upravnik Aleksandrijske biblioteke Eratosten, već u II veku pre n. e, uspeo i da premeri Zemljinu loptu. Za njen



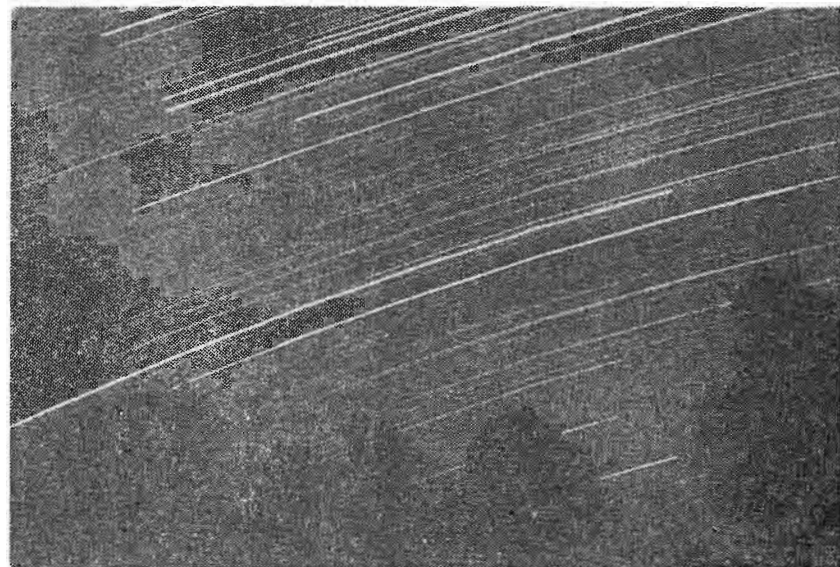
DVA STARA PRIMITIVNA SHVATANJA ZEMLJINOG OBLIKA (sl. 7 i 8)

obim našao je broj koji se od najnovijih merenja razlikuje samo za oko 50 km.

Sa velikom seobom naroda sa istoka, a zatim sa nazadnim shvatanjima i nasilnim metodama svemoćne srednjovekovne crkve, pale su u zaborav sve tekovine starih kultura, pa je kroz čitav srednji vek preovladavalo shvatanje da je Zemlja ravna ploča u središtu neba. Tek početkom novoga veka započinju ponovo velika premeravanja Zemlje, najpre u Francuskoj, a zatim i u drugim evropskim zemljama. Ovim merenjima se došlo ne samo do tačne veličine Zemlje već i do saznanja da je Zemlja blago spljoštena na Polovima — kao pomorandža. Videlo se da je Zemlja toliko velika da su njene najviše planine i najveće okeanske dubine ništavno male u poređenju sa njenim poluprečnikom. Ako bismo Zemlju predstavili kao loptu prečnika 1,5 m, najviši vrh Himalaja bio bi predstavljen neravninom od 1 mm. Čitav reljef Zemlje mogao bi se na ovoj lopti predstaviti zrnima prašine, a svi njeni okeani i mora u istoj razmeri zameniti količinom vode koju upije jedna veća četka kojom bismo ovu loptu premazali. Čovek na njoj nije ni kao mrav na ogromnoj kupoli, na kojoj može sagledati samo nekoliko centimetara njene površine. Nije, dakle, nikakvo čudo što je prošlo toliko vekova dok je čovek upoznao oblik i veličinu planete na kojoj je nastanjen. Njena zapremina iznosi preko milion miliona km^3 . Približnu sliku o tome koliku zapreminu iznosi 1 km^3 dobićete ako zamislite kocku u koju može da stane oko 10 000 građevina kao što je Narodna skupština u Beogradu. Međutim, najnovijim izučavanjima pokazalo se da Zemlja malo odstupa i od ovog oblika i da je njen oblik daleko složeniji. Taj oblik se u nauci zove *geoid* i još ni do danas nije u celini proučen.

Današnja izučavanja Zemljinog oblika iz poremećaja putanja Zemljinih veštačkih satelita pokazuju da opšti Zemljin oblik nije obrtni, već *troosni elipsoid*, tj. da je i sam Zemljin ekvator elipsa, čija je velika osa duža od male za oko 400 m. Tako je moreplovac u Indijskom okeanu za 200 m bliži Zemljinom središtu nego onaj u Atlanskom. Još preciznija ispitivanja ovim metodama tokom poslednjih godina pokazala su da je Zemljina južna polulopta nešto više spljoštena no severna, te da Zemljin opšti oblik nije ni troosni elipsoid, već *apioid* ili oblik sličan kruški.

Još su prastari pastirski narodi primetili da sva nebeska tela izlaze na istoku, da se penju po nebeskom svodu, a zatim spuštaju i zalaze na zapadu. Stari kulturni narodi, sa malim izuzetkom nekih grčkih filozofa, smatrali su da se sva nebeska tela i čitavo nebo obrću oko Zemlje. Ovo primitivno shvatanje starih naroda išlo je u srednjem veku u prilog crkvi i njenom gledištu da je Zemlja nepromenljivo i nepomično središte sveta, koje je ona nasilno održavala sve do XVI veka. Da je dnev-



PRIVIDNO DNEVNO KRETANJE NEBESKE SFERE (sl. 9)

no kretanje neba sa istoka na zapad samo prividno (sl. 9) i da dolazi otud što se Zemlja obrće oko sebe sa zapada na istok, prvi je potkrepio ozbiljnim naučnim razlozima poljski astronom Nikola Kopernik. U to vreme je pronađen i prvi durbin. Kad je 1609. god. veliki fizičar Galilej prvi uperio ovo novo moćno oružje nauke u zvezdano nebo, sagledao je da se i druga nebeska tela okreću oko svojih osa, pa su time Kopernikovi dokazi da se Zemlja obrće dobili životnu snagu. No još je mnogo godina proteklo dok je Zemljino obrtanje očigledno dokazano. Zar i sami niste u nedoumici kad iz svoga voza gledate drugi voz koji je krenuo — da li se to vaš ili susedni voz kreće? Tek pre jednog veka, francuski fizičar Fuko, koristeći osobinu klatna da zadržava ravan svoga klaćenja ma kako se obrtala njegova tačka vešanja, ogledom je dokazao da se Zemlja obrće. On je o kupolu pariskog Panteona obesio veoma dužaćko klatno s metalnim šiljkom na kraju i zaklatio ga pošto je ispod njega prethodno posuo pesak. Brazde koje je klatno iscrtavalo ređale su se zrakasto i na očigledan način dokazivale da se Zemlja pod njim obrće (sl. 10). Danas imamo mnogo načina da Zemljino obrtanje dokažemo i izmerimo.

Još su posmatrači neba u staroj Mesopotamiji i Egiptu primetili da Sunce svaki put zalazi sa drugom zvezdom, da se pomera među zvezdama i da se za godinu dana vraća u svoj prvobitan položaj. Oni su smatrali, podajući se prvom utisku,

da Sunce obilazi oko Zemlje. Pošto se ovo gledište podudaralo sa shvatanjem da je Zemlja središte vasiona, stari astronomi su u njemu našli još jedan dokaz više da sva nebeska tela obilaze oko Zemlje. Tako se pojavio tzv. *geocentrični sistem sveta*. Ali već u III veku pre n. e. grčki astronom Aristarh sa Samosa, podесnim merenjem uglova na nebu, izmerio je daljine Meseca i Sunca, kao i njihove veličine. Neuporedivo veće od Zemlje, Sunce je privuklo njegovu pažnju, pa je on sasvim ispravno shvatio da je Sunce središte porodice planeta, među kojima Zemlja zauzima samo jedno skromno mesto. Shvatio je da je Sunčevo godišnje kretanje oko Zemlje samo prividno, da je samo slika stvarnog Zemljinog obilaženja oko Sunca. Čoveku se samo činilo da se »Sunčev voz« kreće usled kretanja našeg »sopstvenog voza«. U srednjem veku, pod pritiskom crkve, ovo učenje je ugušeno i vratilo se geocentričnom sistemu sveta.

Zasluga pripada Koperniku što je vaskrsao Aristarhovo učenje po kome Zemlja, kao i sve druge planete, obilazi oko Sunca. Kad je Galilej kroz svoj prvi durbin sagledao Venerine méne i Jupiterove mesece, koji obilaze oko njega, postalo mu je jasno da u vasioni ima i drugih središta, sem Zemlje, oko kojih se vrše kretanja nebeskih tela, pa je s neopisivim oduševljenjem stao na Kopernikovu stranu. Zbog ovog svog stava, suprotnog učenju biblije, Galilej je, kao što je poznato, od inkvizicije bio mučen i prognan, a nešto pre njega, zbog sličnog učenja, filozof Đordano Bruno spaljen na lomači. No jedanput sagledana istina više se nije dala prikriti! Nizali su se sve noviji i sigurniji dokazi da je Sunce središte oko koga obilaze Zemlja i ostale planete.

Nemački astronom Kepler, dugogodišnjom računskom obradom posmatranih planeta, utvrđuje zakone njihovih kretanja oko Sunca. On pokazuje da se Zemlja ne kreće po krugu, već po elipsi, koja se vrlo malo razlikuje od kruga (sl. 11). Srednja daljina Zemlje od Sunca prema najnovijim merenjima

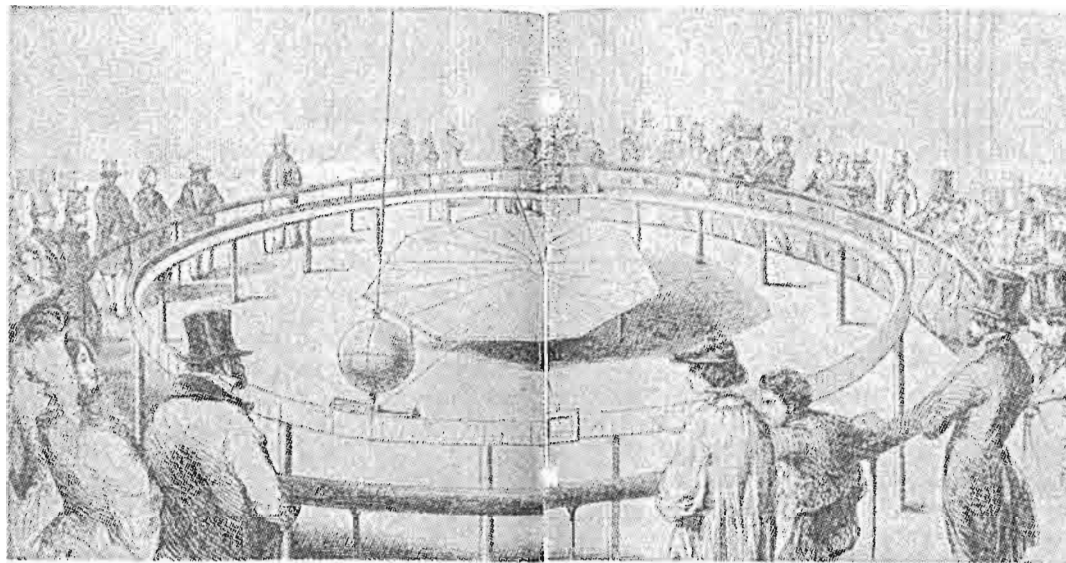
iznosi 149 674 000 km. Vozu koji se kreće brzinom 100 km na čas trebalo bi 173,5 godine da prevali ovu razdaljinu. Zemlja prevali čitavu svoju putanju, dugu blizu milijardu kilometara, za godinu dana. Odatle proizilazi da se ona kreće prosečno 30 puta većom brzinom od puščanog metka. Dva osnovna Zemljina kretanja, njeno obrtanje oko sopstvene ose i obilaženje oko Sunca, ličila bi, po rečima jednog britanskog astronoma, na igru valcera pri kojoj par igrača obrćući se obilazi po periferiji dvorane.

Ubrzo posle Keplera, veliki engleski matematičar, fizičar i astronom Njutn pokazao je da Zemlja i ostale planete obilaze oko Sunca pod uticajem njegovog privlačenja — *gravitacije*. Sunčevim i Mesečevim privlačnim dejstvom na Zemljino ekvatorsko ispupčenje on je objasnio i treće, manje poznato, Zemljino kretanje, tzv. *precesiono kretanje*. Tu se, u stvari, Zemljina osa zajedno sa Zemljom veoma polako koleba u prostoru, da bi za nekih 26 000 godina opisali kupu. No površina ove kupe nije ravna, već blago zatalasana. Ovo talasasto kretanje Zemljine obrtne ose naziva se *nutacija*.

Kao što vidite, pored ona dva osnovna Zemljina kretanja o kojima ste učili u školi, Zemlja ima još dva, koja mnogima nisu bila poznata. Ali ni tu nije kraj! Kako na Zemlju, pored Sunca, svojom privlačnom silom dejstvuju i ostale planete, ona je primorana da vrši još mnoga druga kretanja. Nađeno je da se ekscentričnost Zemljine eliptične putanje oko Sunca iz godine u godinu smanjuje i da će se Zemlja kroz 40 000 godina kretati po krugu. Ali, osim toga, Zemljina se putanja i sama pola-

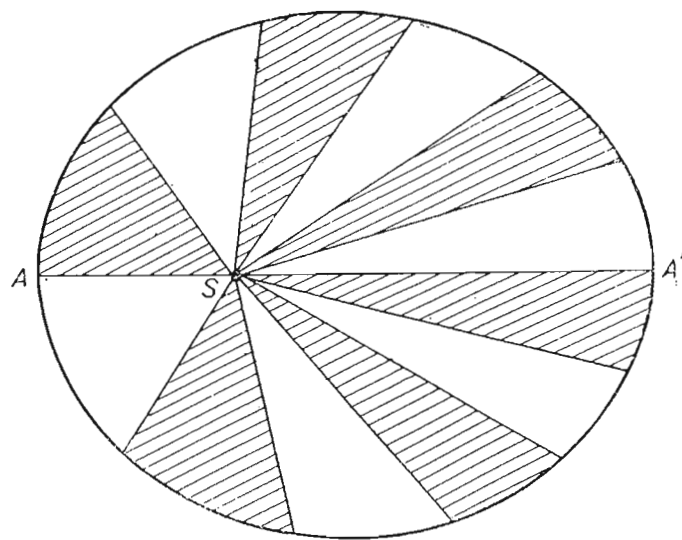
ko okreće u svojoj ravni, da bi za 110 000 godina načinila jedan pun obrt. Čak se i sama ravan Zemljine putanje polako njiše. Pa i Sunce, zajedno sa Zemljom, putuje kroz vasioni prostor. Kako Zemlja pri tom obilazi oko Sunca, to ona u zvezdanom prostoru opisuje putanju sličnu lozi na zavrtnju (sl. 12).

I to još nije sve! Astronomija je do danas izučila i matematičkim jezikom opisala nekoliko desetina Zemljinih kretanja.



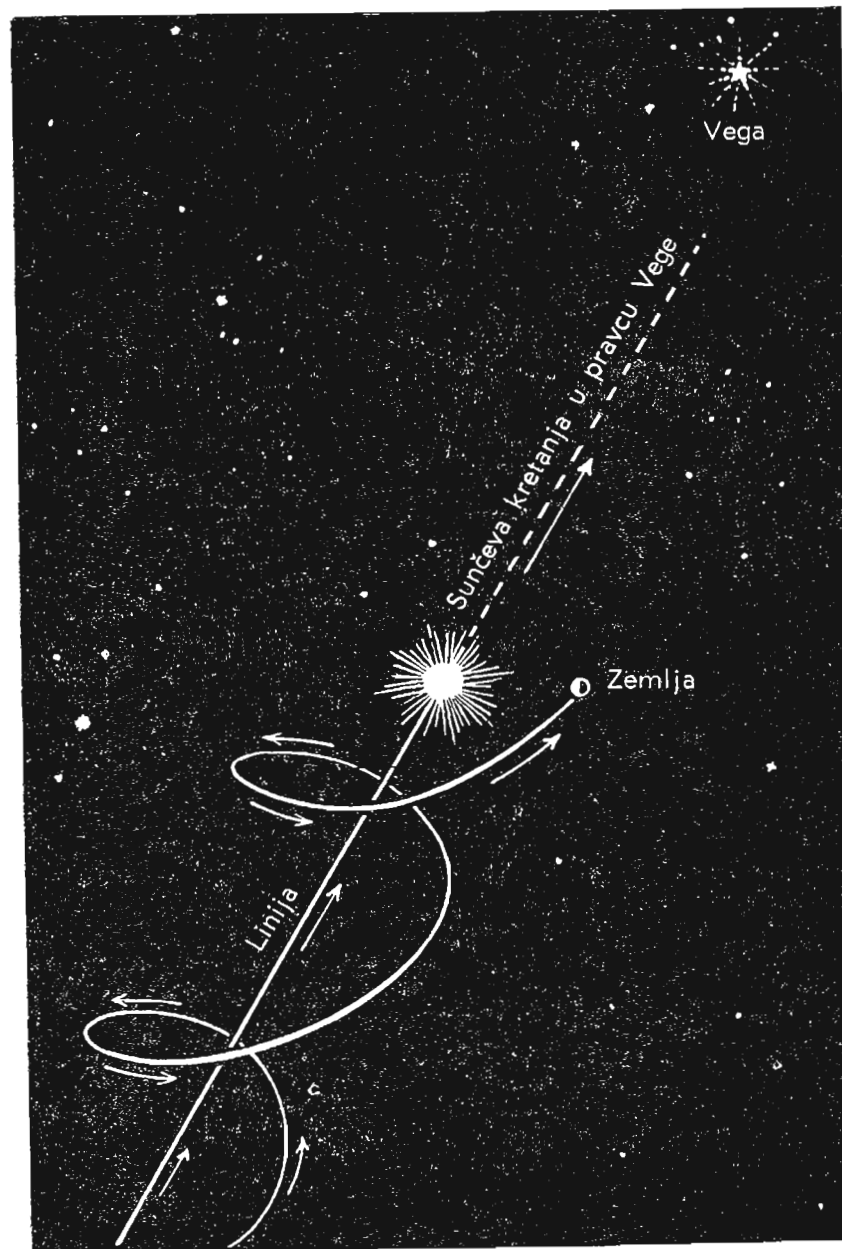
IZVOĐENJE FUKOO- VOG OGLEDA (sl. 10)

Kao što vidite, nepokretnost planete na kojoj živimo veoma je varljiva. Ona vrši izvanredno veliki broj veoma složenih kretanja, ne uzimajući u obzir ona koja još ne poznajemo. Neizmeran broj vasionских kolosa, koji se i sami pokoravaju istim prirodnim zakonima, titra se njome, po beskrajnom vasionском prostoru, kao najsitnijom trunkom prašine na tačno određen, ali za naše pojmove veoma složen, način, stavljajući neprekidno čoveka pred nove zagonetke. Njima on često pristupa sa više hrabrosti no što je i sam svestan i pod nesalomljivom voljom i snagom njegovog uma iz dana u dan dojučerašnje prirodne tajne prestaju za njega da budu zagonetne.



UZ PRVA DVA KEPLEROVA ZAKONA (sl. 11)

Postupnim izučavanjem Zemljinih kretanja došlo se do zaključka da se u vasioni sve menja, kako je lepo istakao naš naučnik Ruđer Bošković, i da je nemoguće utvrditi apsolutno mirovanje ili kretanje, ma kako se preciznim posmatranjima služili. Tako se došlo do pojma *relativnosti kretanja*, koji je u novije vreme poslužio kao začetak jedne nove grane prirodnih nauka, koja se sada razvija i osvetljava nam novom svetlošću i one pojedinosti u slici sveta koje su za nas do danas ležale u najdubljoj tami.



PUTANJA ZEMLJE PRI NJENOM KRETANJU ZAJEDNO SA SUNCEM MEĐU ZVEZDAMA (sl. 12)

Pre no što je uspeo da pro-
dre u tajne koje u svojim
nedrima kriju daleki sveto-
vi, čovek je sticajem okolnosti bio upućen na to da se prvo
upozna sa bićem i životom planete na kojoj je nastanjen, kao
i sa tajnama njene utrobe. Ali ni ovo nje bio nimalo lak
posao. Preko 6 miliona puta manjeg stasa od planete na kojoj
je nastanjen, čovek se u pogledu njenog istraživanja našao u
četiri puta težem položaju od komarca koji bi, sletevši na vrh
Himalaja, stavio sebi u zadatak da pretraži ovu najveću pla-
ninu od vrha do dna i upozna svaki njen kutak.

Trebalo je zato da prođe mnogo milenija da bi se, tek u re-
nesansi, prividno dnevno kretanje neba i promena njegovog iz-
gleda kroz godišnja doba objasnili Zemljinim obrtanjem i obi-
laženjem oko Sunca pod uzajamnim dejstvom njihovih privlač-
nih, gravitacionih sila, koje su glavni uzročnici svih vasijskih
kretanja. Poznato je da su ovako sporom napredovanju čove-
kovog poznavanja vasiona bile velika kočnica i konzervativne
društvene sile. Međutim, za poslednja dva veka čovek je uči-
nio džinovski napredak u svojim saznanjima. Pored izučenih
i opisanih nekoliko desetina Zemljinih kretanja, tako reći iz
dana u dan otkrivaju se nova lutanja. Zar nije tek nedavno
Stojko otkrio da se Zemlja ne obrće ravnomerno, uprkos tome
što se njena brzina promeni tek za $0^{\circ}.001$ za godinu dana, što
je izazvalo čitavu revoluciju u astronomiji. Zar isti autor nije
otkrio sezonske promene Zemljinog oblika? Zar holandski astro-
nom Ort nije otkrio obrtanje čitavog Zvezdanog sistema i po-
kazao da Zemlja zajedno sa Suncem i celom njegovom poro-
dicom obilazi oko središta našeg Zvezdanog sistema brzinom
koja daleko prevazilazi brzinu pušćanog metka i da, zbog
ogromnosti ovog sistema, obiđe svoju putanju tek za nekih 250
miliona godina.

Manje je poznata, međutim, čitava jedna grupa interesant-
nih Zemljinih kretanja u kojima često učestvuju samo poje-
dini njeni delovi ili slojevi, a koja se događaju pod dejstvom
njihovih unutrašnjih sila. I ovakvih proučenih Zemljinih kre-
tanja ima mnogo. Zadržaćemo se ovom prilikom na nekoliko
najznačajnijih u čijem su izučavanju učestvovali i učestvuju
i naši naučnici.

Ne interesujući se za stanje Zemljinog jezgra, navikli smo
da Zemljinu koru smatramo za čvrsto telo. Ali, stvar stoji sa-
svim drukčije. Ona se prilikom brzih kretanja, kao što je tre-
perenje čestica, izazvanih kratkotrajnim silama, ponaša doista
kao čvrsto telo. Pri sporim, vekovnim kretanjima izazvanim
dugotrajnim silama, ona se ponaša slično tečnim telima, kao što
to čine i neka plastična tela: čvrsta smola, pečatni vosak i dr.
Kao najočiglednija potvrda ovog njenog stanja neka posluže
neobično blaga, ali neprestana pomeranja pojedinih velikih de-

lova Zemljine kore, ili čak i čitavih kontinenata, koja su geolozi
i geofizičari nesumnjivo utvrdili. Skandinavsko poluostrvo,
npr., penje se u toku jednog veka za 1 m, dok se zapadna obala
Francuske spušta. Grenland se vodoravno udaljuje od Evro-
pe brzinom od nekoliko metara godišnje. Postoje, dalje, po-
daci o periodičnom približavanju i udaljavanju američkog i
evroazijskog kontinenta, podaci o spuštanju naše jadranske
i izdizanju istočne, italijanske obale Jadranskog mora, podaci
o kolebanju čitavog Balkanskog poluostrva između Crnog i
Jadranskog mora, koje je ispitao Jovan Cvijić, zatim o izdizanju
obala Belog mora, o periodičnom izdizanju i spuštanju obala
Kaspijskog mora itd. Ovakva kretanja u Zemljinoj kori, nezna-
tna za jedan čovečji vek, postaju u toku vekova veoma znatna i
upadljiva. Za potvrdu plastičnog, još ne sasvim čvrstog stanja
Zemljine kore, neka najzad posluži i zapažanje da su u ledeno
doba severni delovi evropskog i američkog kontinenta ležali
pod teretom debelog ledenog sloja (koji i sad na Grenlandu
dostiže 2 km), da su ti delovi kontinentalnih santi utonuli u
svoju podlogu, a kada se ledeni sloj koji ih je pokrivaio otopio,
da su se počeli opet uzdizati uvis, i da to njihovo izdizanje
traje i dan-danas.

No ova kretanja ni blizu ne iscrpljuju broj Zemljinih unu-
trašnjih kretanja. Polovinom XVIII veka, veliki švajcarski
matematičar Ojler pokazao je da po zakonima mehanike, zbog
nepoklapanja Zemljine obrtne osovine sa osovinom simetrije
njenih masa, mora postojati još jedno fino kretanje Zemljine
obrtne osovine u njenoj masi, kojim ova osovina opisuje oko
osovine simetrije naše planete jednu malu kupu čiji se polu-
prečnik može odrediti jedino putem astronomskih posmatra-
nja. Usled ovog kretanja, u pomenutom periodu morale bi se
menjati geografske širine mesta na Zemlji za oko $0^{\circ}.2$. No ova
matematička teorija izvedena je pod pretpostavkom da je
Zemlja čvrsto telo.

Tek krajem prošloga veka astronomi sa opservatorija u
Pragu, Berlinu i Potsdamu primetili su da se geografske širine
zaista stalno menjaju, i to uvek u istom smeru, kao da im se
Severni Zemljin pol neznatno približuje. Međunarodno geo-
detsko udruženje je odmah rešilo da rasvetli ovo pitanje, po-
slavši svoju ekspediciju na Havajska ostrva, u Honolulu, na
istu geografsku širinu s Berlinom, ali tačno na suprotnoj strani
Zemljinog elipsoida. Utvrdivši da se u istoj meri Severni Zem-
ljin pol udaljuje od stanice u Honolulu u kojoj se on približava
Berlinu, kretanje Zemljine polarne osovine u njenom telu, koje
je matematički predvideo Ojler vek i po ranije, nesumnjivo je
potvrđeno. Danas postoji čitava međunarodna mreža observa-
torija, u koje spada i Beogradska, koje se bave ovim posma-
tranjima i ispitivanjima.

No posmatranja su pokazala da jedno obilaženje Zemljinog pola traje 430 umesto 305 dana, a zatim da se u ovom kretanju zapaža i jedna perioda od tačno godinu dana. Ovo poslednje kolebanje Zemljine osovine objašnjeno je promenom opterećenja Zemljine površine u toku godine, jer se leti veće mase zgusnutog vazduha nalaze iznad morskih i okeanskih površina, koje su tada hladnije od kopnenih, dok se zimi veće i gušće mase vazduha nalaze iznad kopna, jer je ono zimi hladnije od Zemljinog vodenog omotača. Razlika u težini ovih masa je oko 14 milijardi tona, dakle, iznos koji bi doista mogao izazvati pomenuti efekat. Što prva perioda iznosi 430 a ne 305 dana, pokazalo se kasnije da dolazi usled toga što je Ojler svoje račune izveo pod pretpostavkom da je Zemlja čvrsta. Ona je međutim elastična, te se računi izvedeni na osnovu ove pretpostavke dobro slažu s posmatranjima.

Ovakvo šetanje Zemljinih polova po njenoj površini, kako reče jedan francuski astronom, oduzima zadovoljstvo polarnim istraživačima da pobijanjem zastave označe mesto na kome se stalno nalazi Zemljin pol. Jer ako zastavu pobiju na mesto gde se on danas nalazi, sutra dan se on tu već neće nalaziti. Jedino što mogu da učine, to je da pobiju 4 koca u kvadratu, sa stranom od nekih 15 m, i da sa sigurnošću tvrde da se Pol u svakom trenutku mora negde u tome kvadratu nalaziti. Ukoliko, razume se, svako obeležavanje u ovoj oblasti nije efemerno zbog neprekidnog kretanja polarnog leđa.

Međutim, čim se potvrdila pretpostavka o Zemljinoj elastičnosti, začela se misao da i Zemljina kora, kao i Zemljin vodeni omotač, pod dejstvom Meseca i Sunca mora pokazivati plime i oseke, razume se, u znatno manjoj meri zbog veće otpornosti i čvrstine kore. Početkom ovog veka geofizičari su hteli ovu pretpostavku i ogledima da potvrde. Oni su razmišljali ovako: Ako se čitava Zemljina kora diže i spušta u toku dana, ako Zemlja »diše«, onda vertikalna svakog mesta, koja se može materijalizovati pravcem viska, mora stalno menjati svoj pravac. Stoga je dosta uzeti dovoljno dugo klatno, umiriti ga i posmatrati kako se ono u toku vremena polako pomera prema donjoj podlozi i tako otkriti na koji se način menja pravac vertikalne, tj. kako se pomera sama Zemljina kora. No kako je uticaj Meseca i Sunca na Zemljinu koru, usled njene čvrstine i drugih činilaca, veoma mali, na ovaj način se nisu mogli primetiti očekivani pokreti Zemljine kore uprkos velikim dužinama klatana. Tada su geofizičari došli na ideju tzv. *horizontalnog klatna*. Ovim duhovitim instrumentom oni su na prost način zamenili klatno izvanredno velike dužine, tj. velike osetljivosti i sporog klaćenja. Čak najmanje izvedeno iz svog ravnotežnog položaja naginjanjem podloge, ovo klatno je počinjalo sasvim polako da se pomera i otkriva i najmanji pokret koji je klaćenje izazvalo. Sa dva ovakva klatna, jednim koje je zamenji-

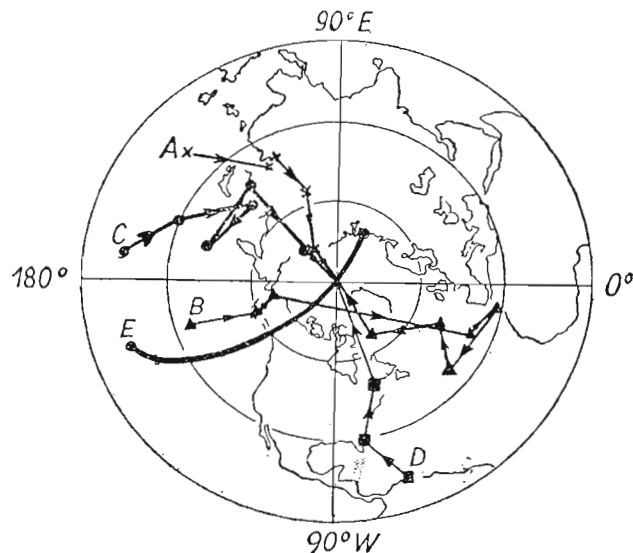
valo obično klatno dužine 175 m i drugim koje je zamenjivalo obično klatno dužine 117 m, Heker je 1907. godine otkrio plimu i oseku Zemljine kore, odredio period njihovog trajanja i veličinu izdizanja i spuštanja tla, koja je iznosila oko 15 cm. Najpre 1913. godine, a zatim 1917. američki fizičar Majkelsn na sasvim drugi način potvrdio je ovu vrstu kretanja Zemljine kore. On je, osim toga, primetio i zakašnjenje između plime i astronomskih sila koje je prouzrokuju. Ovo zakašnjenje pripisao je trenju među česticama Zemljine kore, koje se javlja kad nastupi njeno kretanje i koje se suprotstavlja tom kretanju. Videćemo odmah kako je, koristeći se ovom činjenicom, naš astronom, akademik Milanković, u razdoblju između dva poslednja rata, otkrio još jedno, dotle neslućeno, Zemljino okretanje.

I pored svih napora i uspeha egzaktne nauke da otkrije i objasni ovako raznovrsna Zemljina kretanja, doskora je geologija stavljala pred astronomiju još jednu neobjašnjenu zagonetku. Bogate naslage kamenog uglja na Špicberškim ostrvima (koje se i danas koriste) jasno su govorile da su ovi Zemljini predeli u vreme karbona, kad se stvarao kameni ugalj, morali ležati daleko od Pola, negde u tropskoj oblasti. I drugi bogati geološki nalazi govorili su u prilog tome da se kroz dugu Zemljinu istoriju pol Zemljinog obrtanja, preko svakog očekivanja, daleko pomerao po Zemljinoj površini, mnogo dalje no što to dopušta njegovo periodično kretanje, o kome je napred bilo govora. Tako je geologija postavila astronomiji pitanje: Da li postoje mehanički razlozi za progresivno ili bar vekovno pomeranje Zemljinih polova i da li se ono može pratiti u stopu oruđem matematičke analize? Slavni geofizičar Vegener postavio je ovaj problem pred našeg astronoma i podsticao ga u njegovom radu. Evo šta Milanković sam piše o tom svom velikom otkriću:

»Ja sam u to doba baš dovršio svoja dva odeljka za Gutenbergov Priručnik geofizike i otpočeo treći koji se bavio pomeranjem Zemljinih polova. Radeći na njemu mislio sam mnogo na Vegenera, video u mislima njegovo blago lice i čuo njegov glas. Imao sam osećanje da je on moj nevidljivi saradnik. A kada sam naišao na teškoće koje su mi izgledale nesavladljive, bio sam podstrekavan na dalji rad njegovom uspoimenom. I dvojica mojih kolega, profesori Bilimović i Žardecki, pomagali su me u mome radu. Oni su mi svojim raspravama, izrađenim na moj poziv, pružali dragocenog materijala za mnoga pitanja u vezi s mojim problemom. Pored sveg toga, izgledalo mi je više puta da je postavljeni problem nerešljiv ili da će dati negativan rezultat. No odjedanput, kao što se to u matematskim problemima često dešava, zamršeno klupče počelo se naglo odmotavati. 12. januara 1932. problem je bio rešen,

otkriven ne samo mehanizam pomeranja Polova nego nađena i jednačina njihove putanje.

Moja ispitivanja dokazala su ovo. Nepravilnost Zemljine kore, oličena njenim kontinentima i okeanima, i popustljivost podloge na kojoj ta kora počiva, imaju za posledicu da ta kora



SEKULARNA PUTANJA SEVERNOG ZEMLJINOG POLA PO TEORIJI MILUTINA MILANKOVIĆA (sl. 13)

ne leži u ravnoteži na toj podlozi, nego se postepeno pomera sve dotle dok ne stigne u svoj položaj ravnoteže. Iz konfiguracije Zemljine kore može se, vrlo komplikovanim računom, izračunati to pomeranje, pa time i putanja koju su Polovi prešli u davnini po licu Zemljinom...

Moji računi govorili su ovo: Za vreme karbonske periode geološke prošlosti nalazio se Severni Zemljin pol u Tihom okeanu, u blizini Havajskih ostrva, a Južni pol u blizini Južne Afrike. U to je doba Zemljin ekvator prolazio kroz sadašnje najsevernije krajeve našeg kontinenta, gde je onda bilo, prirodno veoma toplo, pa iz toga doba potiču na primer i naslage uglja koje se danas eksploatišu na Špicbergu. Onda je Grenland, sada ledena pustinja, bio topao i obrastao lisnatim šumama. Južna Afrika, nalazeći se neposredno u blizini Južnog pola, preživljavala je onda svoje ledeno doba. Tokom vremena, Polovi su se pomerili sporo, neopisano sporo, ali su prolazili milioni i milioni godina, pa je, pored sve svoje sporosti, to pomeranje postajalo sve vidljivije. Severni pol krenuo je od Havajskih

ostrva iz početka na istok, pa je onda, zaokrećući, pošao prema severu, približavajući se severozapadnom kraku Amerike. Tek u tercijeru stigao je i prešao taj krak i svojom blizinom izazvao tercijerne glacijacije zbog kojih su još mnogo miliona godina čitavi delovi ovog kontinenta ležali pod kilometarskim naslagama leda. Tada su astronomske promene Zemljine putanje i nagiba njene ose diferencirale to ledeno doba u njegove faze, a između drugog i trećeg talasa hladnoće pojavio se ljudski rod u Evropi« (sl. 13).

Konačna potvrda Milankovićeve teorije neposrednim astronomskim posmatranjima ostaje međutim otvoren naučni problem koji će budućnost rešiti. U tom smeru Međunarodna služba polarnog kretanja preuzima stalne napore. No ne samo Milankovićeve teorija već i pojava periodičnog pomeranja Zemljinih polova i pojava neravnomernosti Zemljinog obrtanja, pojava plime i oseke Zemljine kore, pojava pomeranja Zemljinih kontinenata, pojava periodičnih promena geografskih dužina i još mnoge druge, skopčane sa malo poznatim i ispitanim Zemljinim kretanjima, čekaju na svoje definitivno rešenje.

*** U ZEMLJINOJ UTROBI I NJENOM VAZDUŠNOM OKEANU**

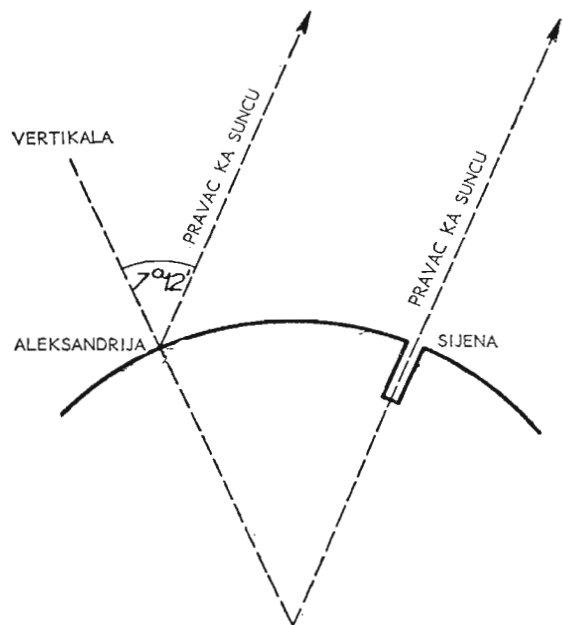
Svedoci smo da u naše dane čovek pokušava i to sa uspehom, da prodre u tajne koje u svojim nedrima kriju daleki svetovi. Da bi se naoružao znanjem koje mu je za ovo potrebno, čovek je bio primoran da se najpre upozna sa utrobom planete na kojoj je nastanjen.

Pre no što je svojim umom mogao zaroniti u nedosežne Zemljine dubine, morao je rešiti dva osnovna pitanja: odrediti Zemljinu veličinu i njenu masu. Način na koje je rešio ova dva velika problema, a koji su mu zatim u osnovi poslužili da stvori sliku o čitavoj Zemljinoj građi, i danas po svojoj duhovitosti i jednostavnosti predstavljaju neprevaziđene primere.

Veličinu Zemlje prvi je odredio Eratosten u II veku pre n. e. Doznajući da se u mestu Sijeni, južno od Aleksandrije, nalazi jedan kladenac u kome se Sunce ogleda samo jedanput u godini — i to u podne najdužeg dana, on je jednog takvog trenutka izmerio iz Aleksandrije uglovnu daljinu Sunca od zenita, koja je jednaka uglu što ga u Zemljinom središtu zaklapaju pravci ka Sijeni i Aleksandriji (sl 14), i našao za nj 1/50 punog kruga. Dužina puta od Sijene do Aleksandrije iznosila je 5 000 stadija (stara grčka mera). Odatle je Eratosten izračunao da obim Zemlje iznosi 50 puta 5 000 ili 250 000 stadija, izraženo našim merama 40 625 km, rezultat koji vanredno dobro odgovara modernim geodetskim premerima, koji za Zemljin poluprečnik daju 6 373 km.

Čoveku je tek tada postalo jasno da su sve neravnine na Zemljinoj kori, najveće planine i okeanska korita, prema Zemlji kao celini ništavno male. Čovek na Zemlji nije ni kao mrav na ogromnoj kupoli Beogradskog sajmišta!

Da bi se došlo do prvog podatka o Zemljinoj građi, do njene *gustine*, trebalo je izmeriti njenu ukupnu masu. Ovaj se problem, međutim, nije mogao rešavati sve do XVIII veka, dok nije pronađen zakon po kome dejstvuje Zemljina privlačna sila — *gravitacija*. Zato nam danas izgleda naivno staro Aristotelovo shvatanje o »centralnoj vatri« u Zemljinoj utrobi,



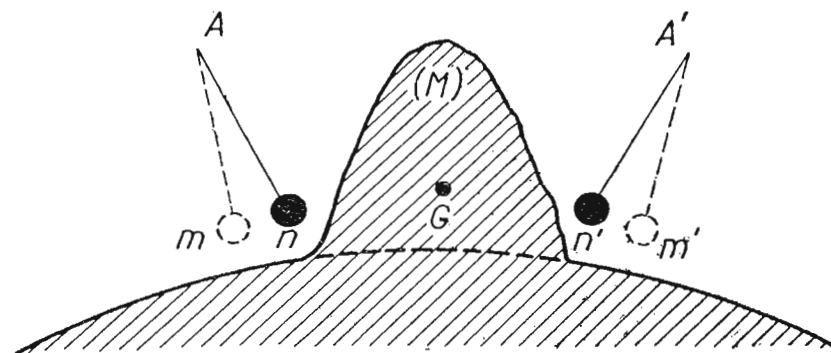
PRINCIP ERATOSTENOVOG PREMERA ZEMLJE (sl. 14)

koju ova bljuje kroz vulkanske kraterne, a da i ne govorimo o srednjovekovnom shvatanju Zemljine unutrašnjosti sa paklom i carstvom umrlih. Modeli koje su nam ostavili naučnici renesanse samo su nešto složenije slike Aristotelovog shvatanja.

Tek krajem XVII veka, Njutnov zakon opšte gravitacije tačno je formulisao način na koji dejstvuje Zemljina privlačna sila i omogućio da se odredi Zemljina masa — da se, tako reći, čitava Zemlja »stavi na kantar« i izmeri. Da bi se ovo postiglo, treba imati u vidu dva tela, jedno velike, drugo veoma male mase, i odrediti silu kojom se ova dva tela uzajamno privlače. Težina manjeg tela je sila kojom Zemlja privlači to telo. Uporedimo li ovu silu sa silom kojom ga privlači veće telo, može-

mo lako izračunati koliko je puta Zemljina masa veća od mase većeg tela.

Ovaj veličanstveni eksperiment prvi su izvršili Buge i Lakondamin, koje je Francuska akademija poslala polovinom XVIII veka u Peru da premere Zemlju. Za veću masu oni su izabrali vulkanski vrh Čimboraso, čiju su zapreminu izmerili a prosečnu gustinu odredili geološkim ispitivanjem, pa su odatle izračunali njegovu masu. Za manje telo izabrali su obično klatno, čiju su masu našli prostim merenjem na terazijama. Ostalo je još da se odredi sila kojom Čimboraso privlači ovo klatno. Nju je najteže bilo odrediti. Odredili su je iz razlike geografskih širina merenih geodetskim i astronomskim metodama s jedne i druge strane planine, jer baš ta razlika nastaje usled skretanja vertikalne pod privlačnom silom planine (sl. 15).



SKRETANJE VERTIKALA POD GRAVITACIONIM DEJSTVOM PLANINSKOG MASIVA (sl. 15)

Zemljina masa ovako određena, i kasnije na razne načine proverena, iznosila je 6 100 triliona tona (61 sa 20 nula), broj koji prevazilazi svaku ljudsku predstavu.

Kad je čoveku pošlo za rukom da odredi i veličinu i masu Zemlje, nije bilo teško izračunati njenu gustinu kao količnik ova dva broja. Tako se došlo do zaključka da je Zemlja prosečno 5,5 puta teža od vode. Kako je prosečna gustina njenih površinskih stena 2,5, to znači da je Zemljino jezgro znatno veće gustine, koja se u središtu kreće do 10 ili 12, dakle dostiže gustinu metala, najpribližnije gvožđa. Tako su nas merenja Zemljine veličine i mase dovela do prvog na nauci zasnovanog podatka o Zemljinoj utrobi.

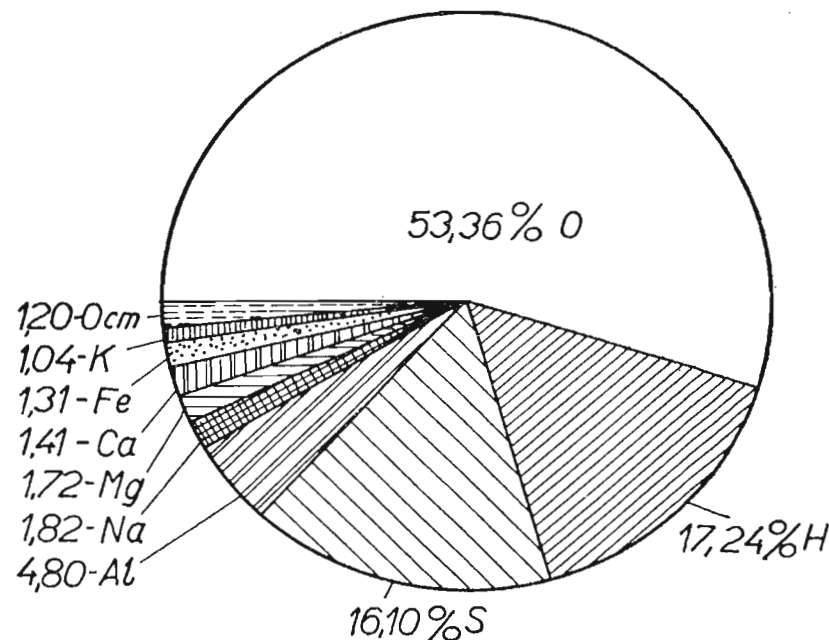
Posle ovoga, računom se došlo do temperature od 3 000°C i pritiska od 3,5 miliona atmosfera u središtu Zemlje, pa je nastao spor da li se pod ovim uslovima, neostvarivim na Zemljinoj površini, materija u Zemljinom jezgru mora nalaziti u tečnom ili čvrstom stanju. Bilo je mnogo razloga i za i protiv.

Protivurečnosti su u novije vreme otklonile seizmološka ispitivanja. Kad se u jednoj tački desi potres, njegovi se talasi šire kroza Zemljinu unutrašnjost i kod njenih čestica izazivaju uzdužne talase, u pravcu prostiranja, a i poprečne, upravne na taj pravac. Zato do seizmoloških stanica, koje potrese registruju, od svakog potresa dolaze po dva impulsa, sa izvesnim međusobnim zakašnjenjem, jer se ova dva talasa prostiru različitim brzinama. Osim toga, talas koji je registrovala dalja stanica morao je proći kroz veću dubinu i do ove stanice doneti podatke o dubljim slojevima Zemlje.

Ispitivanjem seizmograma došlo se do zaključka da brzina prostiranja talasa raste sa dubinom, što znači da i gustina raste ka središtu Zemlje. Dok je na površini Zemlja prosečno 2,5 puta gušća od vode, na 1 000 km dubine već je 4,5 puta gušća, na 2 900 km dubine oko 7 puta, a u središtu oko 12 puta. Dalje je utvrđeno da se poprečni talasi, karakteristični samo za čvrsta tela, prostiru do dubine od 2 900 km, a dublje samo uzdužni. Iz toga je zaključeno da je Zemljino jezgro u tečnom stanju i da ima poluprečnik od 3,5 hiljade kilometara, a da je njegov čvrsti omotač — Zemljina kora — debeo 2 900 km. Da bi se izbegao nesporazum, napomenimo odmah da pod pritiskom od nekoliko miliona atmosfera Zemljino jezgro, iako tečno, ima čvrstinu čelika, tj. stanje koje nismo navikli da vidimo na Zemljinoj površini. Treći važan zaključak do koga se došlo sličnim ispitivanjima jeste da i sama kora nije homogena, već da je sastavljena iz više slojeva raznih gustina i raznih fizičkih i hemijskih osobina (sl. 16).

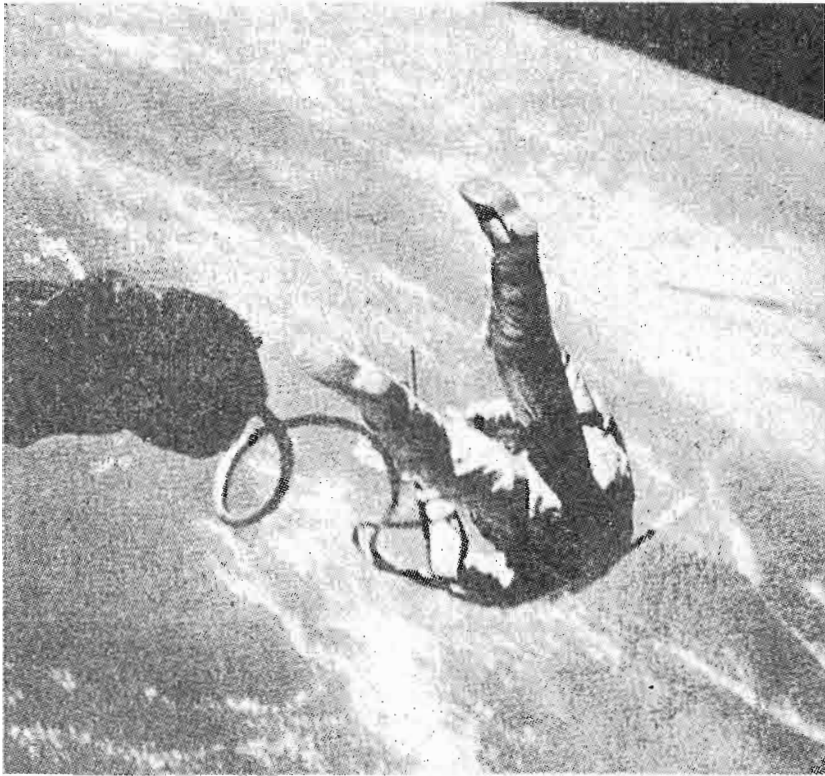
Čitava Zemlja obavijena je vazdušnim okeanom na čijem dnu se odvija čovekov život. Ovaj gasoviti omotač težak je »samo« 5 200 biliona tona, te ne predstavlja ni jedan milioniti deo njene mase. Njemu čovek poklanja naročitu pažnju zbog višestruke koristi koju od njega ima. Kad budu obrađeni svi podaci koje nam donose veštački Zemljini sateliti, znaće se još mnogo više o njemu. Danas se već zna da se on prostire na nekoliko hiljada kilometara, mnogo dalje no što se do juče smatralo. Do 13 km visine proteže se *troposfera*, sloj u kome se događaju vremenske pojave. Iznad toga je relativno miran sloj *stratosfere*, koji je na visini od 50 km presečen tankim slojem od koga se odbijaju zvučni talasi. Dok se temperatura donje stratosfere kreće od -50° do -80° , u gornjoj se zapaža jak porast — i do 70°C . Iznad 100 km proteže se gornji, veoma redak sloj vazduha, nazvan *jonosfera* zbog nastanjenosti jonizovanim, naelektrisanim česticama. U njemu se nalaze dva tanka sloja od kojih se odbijaju radio-talasi, pa se izučavanju jonsfere poklanja velika pažnja i iz čisto praktičnih razloga. Danas se smatra da gornje granice atmosfera i nema, već da ona postupno prelazi u međuplanetski prostor.

U najnovije vreme instrumenti za registrovanje, koje su američki i drugi fizičari u raketama slali do visine od 160 km, potvrdili su uglavnom zaključke do kojih je čovek ranije došao pomenutim posrednim opažanjima i merenjima i otkrili čitav niz novih pojedinosti. Sa ove visine oni su uspeli da dobiju i snimke Zemlje na kojima se jasno očitava njen planetarni lik, sličan liku Mesečeve površine kroz veliki teleskop (sl. 17).



SEMATSKI PRIKAZ UČEŠĆA POJEDINIH HEMIJSKIH ELEMENATA U ZEMLJINOJ KORI (sl. 16)

Nove podatke o atmosferi iznad 160 km pružili su nam sovjetski i američki veštački sateliti. Iz poremećaja njihovih putanja, brižljivo određivanih mnogobrojnim posmatranjima, pokazalo se da je na visinama iznad 320 km gustina atmosfere znatno veća danju nego noću. Iznad 650 km ona može biti i 12 puta veća. Maksimum gustine pada oko 2 časa posle mesnog podneva, a minimum oko 2 časa posle mesne ponoći. Utvrđeni su i godišnji ekstremi. Maksimum nastupa u oktobru, a minimum u julu. I sama struktura, naročito vertikalni raspored gustine, menja se periodično u toku dana i godine. Veličina dnevnog kolebanja gustine zavisi i od Sunčeve aktivnosti. Sem toga, ovo kolebanje pokazuju i periodi od 27 dana i od 11 godina, koji su očigledno u tesnoj vezi sa Suncem. Godine 1960. proučena je promena gustine atmosfere posle velike hromo-



IZGLED ZEMLJE IZ KOSMIČKE RAKETE (sl. 17)

sferske erupcije Sunca od 12. novembra, pa je nađeno da ova-
kve emisije jonizovanih čestica utiču na povećanje gustine vi-
soke atmosfere. Od posebnog su značaja podaci koje su nam
veštački sateliti dali o *jonosferi* u vezi sa njihovim korišće-
njem za poboljšanje radio-veza, kao i o najvišem sloju Zemlji-
ne atmosfere — o *magnetosferi*. Tu su upravo poslednjih go-
dina otkrivena nova, dosad nepoznata carstva i neslućene isti-
ne koje će doneti niz praktičnih koristi.

Godine 1958. iz podataka koje su pružili »Eksplorer 1«
i »Eksplorer 3« Van-Alen je otkrio na visini od oko 1 000 km
pojas jakog zračenja, tzv. *unutrašnji magnetni prsten* Zemljine
atmofere. On se ne prostire dalje od $\pm 40^\circ$ geomagnetne ši-
rine; nad geomagnetnim ekvatorom počinje na zapadnoj he-
misferi od 600 km visine, a na istočnoj od 1 600 km i dostiže
visinu reda veličine Zemljinog poluprečnika. Njegove su če-
stice protoni energije od oko sto miliona elektron-volti, ali on
ima i jednu slabiju komponentu, s energijom od oko milion

elektron-volti. U istoj meri on sadrži i elektrone. Smatra se
da ove čestice potiču od raspadanja Zemljine atmosfere pod
uticajem kosmičkih zrakova.

Vernov, Čudakov i dr. pomoću drugog i trećeg sovjetskog
sputnjika i prve i druge kosmičke rakete, otkrili su i ispitali
drugi magnetni prsten Zemljine atmosfere, koji, nakon iz-
vesnog praznog polja, počinje iznad geomagnetnog ekvatora
od 20 000 km visine i proteže se do oko 45 000 km. I njegove
granice su, kao i granice prvog prstena, linije sila Zemlji-
nog magnetnog polja. On sadrži takođe naelektrisane česti-
ce, ali slabije energije, i to opet dve komponente — jednu
s energijom od nekoliko desetina hiljada elektron-volti i drugu
s energijom od oko milion elektron-volti. Zato se one mogu
kretati u njemu veoma dugo. On, u stvari, predstavlja »mišo-
lovku« za naelektrisane, jonizovane čestice, koje u Zemljinu
atmosferu dospevaju sa Sunca — od njegovih tzv. *korpusku-
larnih zračenja*.

Grinhaus, Šklovski i dr., analizom posmatranja izvršenih
pomoću naročitih »kaveza« za naelektrisane čestice na kosmič-
kim raketama, došli su nedavno do zaključka da se na visi-
nama 55 000—75 000 km iznad Zemlje nalazi i *treći magnetni
prsten* zračenja, sastavljen iz elektrona relativno malih ener-
gija (oko 200ev), koji se upravo sada ispituje.

Istraživanja prostora kosmičkim raketama dovela su nas
za poslednjih desetak godina do saznanja da su magnetni pr-
stenovi u visokoj Zemljinoj atmosferi samo mesta jačeg zgu-
šnjavanja naelektrisanih čestica, a da je, u stvari, ceo taj
prostor ispunjen česticama jonizovanih gasova u kojima je
podjednak broj pozitivnih protona i negativnih elektrona.
Takav gas nazvan je plazmom, i danas se smatra četvrtim
agregatnim stanjem materije. Ovaj gas ispunjava ceo prostor
između Zemljinih magnetnih linija sila, koje spajaju Zemljine
magnetne polove, i zato je nazvan Zemljinom magnetosferom.
On se takođe naziva i *Zemljinom komom*. U pravcu od Sunca
Zemljina koma je izdužena u tzv. *Zemljin rep*. Po sredini toga
repa, tamo gde strujanje naelektrisanih čestica dolazi iz razli-
čitih smerova, nalazi se prazan »hodnik«.

Sunce, pored toplotnog, svetlosnog, ultraljubičastog, rend-
genskog i radio zračenja, odašilje i jonizovane čestice svoje
materije. Njih ima tri vrste. Jedne potiču sa čitave velike Sun-
čeve površine, odakle se neprekidno šire do same Zemlje, i
dalje. To je tzv. »Sunčev vetar«. Druge dolaze iz naročito *ak-
tivnih oblasti* Sunčeve površine. Treće iz njegovih *hromosfer-
skih erupcija*, koje se iz još nedovoljno objašnjenih uzroka
javljaju s vremena na vreme u njegovoj atmosferi iznad ovih
aktivnih oblasti, i koje su, kao što ćemo kasnije videti, izvori
raznih veoma značajnih pojava na Zemlji i u njenoj atmofe-
ri. Pomenimo ovde samo one čestice koje prodiru kroz prazna

mesta iznad Zemljinih polova, gde su magnetne linije sila proređene i izazivaju *polarnu svetlost*, kao i one koje dopiru do donjih slojeva Zemljine atmosfere kroz »hodnik« u Zemljinom repu.

Mada se ove pojave još ispituju, već sada su jasne dve stvari. Prvo, naša rodna planeta se ne kreće i ne živi u praznom prostoru, kao što smo dosad mislili, već u gornjim, perifernim slojevima zvezde od koje je postala — u Sunčevoj koroni. Drugo, bližim proučavanjem ovog stanja razjasniće se niz dosad neobjašnjenih geofizičkih pojava, od kojih će čovek uskoro izvući neočekivane praktične koristi. Ali, na tome ćemo se više zadržati kada se budemo pobliže upoznali sa samim Suncem.

* KOLIKO JE STARA ZEMLJA

Na osnovu ispitivanja otkamenjenih ostataka biljaka, životinja i čoveka, nađenih u raznim slojevima Zemljine kore, čoveku je pošlo za rukom da rekonstruiše Zemljinu prošlost od onog trenutka kad se na njoj uhvatila prva čvrsta kora. Mnogo je teže, međutim, bilo da se odredi njena starost. Najpre je utvrđeno da rezerve soli u svim okeanima i morima iznose oko 15 000 biliona tona (ili 15 sa 15 nula) — čitav jedan mali kontinent od soli, upravo onoliko koliko bi moglo dovući 50 000 teretnih vozova. Kad je ovaj broj podeljen godišnjim prilivom soli, došlo se do starosti od 300 miliona godina, koja je, prema drugim podacima, bila suviše mala. Zatim su engleski geolozi starost kore procenili po debljini taložnih stena, koja iznosi oko 30 000 metara. Zna se, međutim, da od 3 000 do 30 000 godina, prema vrsti taloga, treba da se dobiju taložne stene od 1 metra debljine. No kako se ni ovaj proces ne vrši ravnomerno i kako u osnovi Zemljine kore leže arhajske stene, postale pre taloženja, ovom metodom došlo se do starosti od oko 1 000 miliona godina. Geofizičari su sračunali površinu svih Zemljinih neravnina i našli da iznosi 15 hiljaditih delova Zemljine površine, što bi odgovaralo skraćanju Zemljina poluprečnika za 40—50 km. Znajući brzinu Zemljina skupljanja iz toplote koju ona otpušta, oni su našli da starost kore iznosi 2 000 miliona godina, što su potvrdili i ostaci raspadanja radioaktivnih minerala nađenih u Švedskoj, Britaniji i Americi.

Ako bismo ovaj, za naše pojmove, neizmerno dug vremenski period hteli da učinimo razumljivim, zamislimo veliku biblioteku od 2 000 knjiga, u kojoj svaka knjiga ima 500 strana, a svaka strana po 400 reči od 5 slova. Svako slovo u toj biblioteci predstavljalo bi po jednu godinu Zemljine prošlosti. Ako bismo brojem slova u jednoj knjizi hteli da označimo Zemljinu starost, onda bi svako slovo odgovaralo periodu od 2 000 godina. Kako su prvi znaci čoveka stari tek 1/7 000 Zemljine

istorije, to bi se oni mogli prikazati sa tri poslednja reda ili sa 30 reči na kraju ove knjige. Istorija naše ere stala bi u njeno poslednje slovo, a tek vek jednog čoveka!? Najstariji tragovi čovekove nauke, asirske i vavilonske tablice s nebeskim pravcima stare su 6 000 godina — sve ostale naučne tekovine daleko su novijeg datuma, pa bi se čitava čovekova nauka mogla izreći sa tri poslednja slova u toj knjizi!

ZEMLJINI SUSEDI — PRVE METE ČOVEKOVA LETA U VASIONU

* ZEMLJIN PRIRODNI PRATILAC

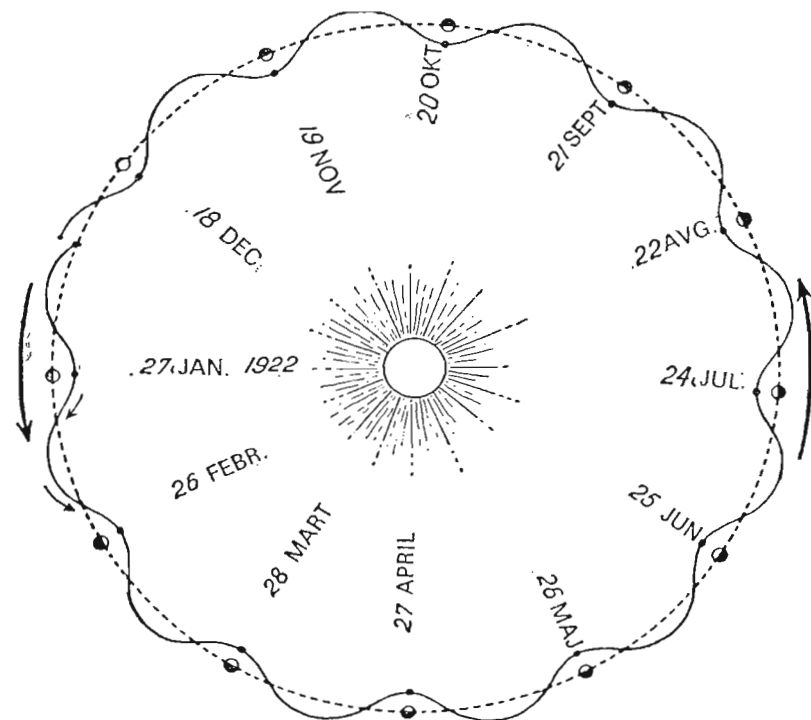
Još je primitivnom čoveku naš prirodni pratilac — Mesec, privlačio najveću pažnju posle Sunca. Za njega su oduvek bili veoma zagonetni kako njegovo brzo kretanje među zvezdama, tako i brza promena njegovog izgleda. Ovu promenu njegovog oblika, koju danas nazivamo menama, čovek je ubrzo objasnio time što je Mesec, kao i Zemlja, tamno nebesko telo osvetljeno Suncem i činjenicom da obilazi oko Zemlje.

Posle faze mladog meseca, kada se on vidi kao tanak svetao srp obasjan Sunčevom svetlošću, vrlo jasno se zapaža i ostatak njegovog kotura obasjan blagom tzv. *pepeljavom svetlošću*. To je svetlost koju on dobija od Zemlje obasjane Suncem, slično mesečini koja obasjava Zemljinu površinu na kojoj je noć.

Mereći iz dana u dan Mesečeve visine nad horizontom u trenutku njegovog prolaza kroz meridijan i njegove prividne prečnike, nije teško pokazati da se Mesec kreće oko Zemlje ne po krugu, već po elipsi, i to po Keplerovim zakonima. Zajedno sa Zemljom on se kreće oko Sunca prosečnom brzinom od 30 km/sec., tako da njegova putanja prema Suncu predstavlja vijugavu liniju prikazanu na sl. 18.

No, da bismo stvorili sliku o njegovoj putanji u prirodnoj veličini, bilo je potrebno izmeriti njegovu udaljenost od Zemlje. Još je Aristarh u III veku pre n. e. našao geometrijsku metodu po kojoj je ovu daljinu približno izmerio. Međutim, tačnom geodetskom metodom prvi su je odredili u XVIII veku

francuski akademici Laland i Lakaj. Prvi je posmatrao Mesec iz Berlina, a drugi sa Rta dobre nade, dakle, sa krajeva jedne osnovice duge oko deset hiljada kilometara. Oni su odredili, uproščeno govoreći, uglove A i B koje su njihove vizure ka Mesecu zaklapale sa ovom osnovicom, a pošto su znali dužinu osnovice, izračunali su i daljine Mesečeve od jedne i druge stanice kao nepoznate strane u trouglu Mesec — Berlin — Rt dobre nade. Tako se došlo do saznanja da srednja



MESEČEVA PUTANJA U ODNOSU NA SUNCE (sl. 18)

Mesečeva daljina od Zemlje iznosi 384 400 km ili 30 Zemljinih prečnika. Drugim rečima, da je ta razdaljina mnogo manja od udaljenosti ostalih nebeskih tela, te bi je mlazni avion mogao prevaliti za 16 dana. Dve dosad poslate sovjetske rakete prešle su ovaj put za samo tri dana, te se tako nalazimo uoči značajnog datuma čovekovog leta na Mesec. No o tome ćemo malo kasnije više govoriti. Svetlost, međutim, kao najbrži glasnik u prirodi, prevali ovu razdaljinu za jedva nešto više od jedne sekunde.

Čovek je oduvek pokušavao da odgonetne tajnu kako Mesečevog kretanja, tako i njegove prirode, pa su se i istraživanja

odvijala u ta dva pravca. Zadržimo se kratko i mi na njima, pridržavajući se ovog reda.

Pokazalo se da položaji Mesečevi, izračunati pod pretpostavkom da se on kreće oko Zemlje po Keplerovoj elipsi, odstupaju od njegovih posmatranih ili izmerenih položaja na nebu. Ova odstupanja brižljivo se izučavaju već dva i po veka. To dolazi otuda što je Mesečevo kretanje daleko složenije no što je ovde prikazano. Na Mesec ne deluje svojom privlačnom silom samo Zemlja, već i Sunce, a u znatno manjoj meri i bliske velike planete, kao što su Merkur, Venera i Mars, a u neznatnoj meri i ostale.

No Mesečevi položaji dobiveni računanjem čak i na osnovu poslednje, najsavršenije teorije, donedavno su dosta odstupali od njegovih merenih položaja usled jedne sekularne (vekovne) nejednakosti Mesečevog kretanja, koju je tek u skorije vreme objasnio Spenser-Džons. Ona se sastoji u neprestanom, tj. progresivnom ili *sekularnom ubrzanju srednjeg Mesečevog kretanja*. Usled tog ubrzanja, za 1 vek Mesec isprednjači na svojoj putanji 10", što za 2 000 godina iznosi više od 2 njegova prividna prečnika, s obzirom na to da raste s kvadratom vremena.

Danas je utvrđeno da je ovo ubrzanje samo prividno, a da se u stvari dužina dana neosetno progresivno povećava, da se Zemlja obrće sve sporije. Uzrok ovom usporenju je kočenje koje Zemlja trpi usled pojave plime. Naime, usled privlačnog Mesečevog dejstva, na Zemljinim okeanima i morima, kao što smo već videli, u pravcu Meseca i u suprotnom pravcu izdižu se plimski bregovi. Obrćući se Zemlja teži da ove bregove povuče za sobom, dok Mesec teži da ih zadrži u svom pravcu. Usled ovoga nastaje pomeranje ovih bregova po okeanskim površinama, a posledica ovog pomeranja je trenje između okeanske vode i okeanskih dna, koje dovodi do pomenutog kočenja i neosetnog usporenja Zemljina obrtanja.

Pre no što pređemo na zanimljiva istraživanja Mesečevog reljefa i njegove prirode, zadržaćemo se ukratko na još nekim interesantnijim osobenostima njegovog kretanja.

Stavimo li s vremena na vreme oko na omanji durbin uperen ka Mesecu, videćemo uvek isti izgled Mesečeve površine s karakterističnim rasporedom njegovog reljefa, s tamnim i svetlim oblicima. To znači da je Mesec uvek okrenut istom svojom stranom Zemlji. Kako on obilazi oko nje, njegovo obrtanje mora trajati isto onoliko koliko i obilaženje oko Zemlje. Ako u to ne verujete, pokušajte da obilazite oko stola u svojoj sobi okrećući uvek lice prema sredini stola. Kad obiđete oko njega, videćete da ste se jedanput obrnuli i oko sebe! Otkud ovako neobična podudarnost u trajanju Mesečevog obrtanja i obilaženja oko Zemlje? Mi smo napred već pomenuli plimu koju Mesec izaziva na Zemlji, kao i plimске bregove

koji igraju ulogu ogromnih kočnica Zemljinog obrtanja. U svojoj dalekoj prošlosti i Mesec je bio u žitkom stanju, pa je Zemlja svojim privlačnim dejstvom na njemu izazivala ogromne plimске bregove. Upravo su oni odigrali ulogu džinovskih kočnica u Mesečevom obrtanju dok nisu izjednačili vreme obrtanja s vremenom obilaženja oko Zemlje.

Ništa manje nisu bila zanimljiva nastojanja da se odgonetnu tajne izgleda Mesečeve površine i postanka njenih oblika, koji su umnogome slični oblicima Zemljine površine, a umnogome različiti od njih.

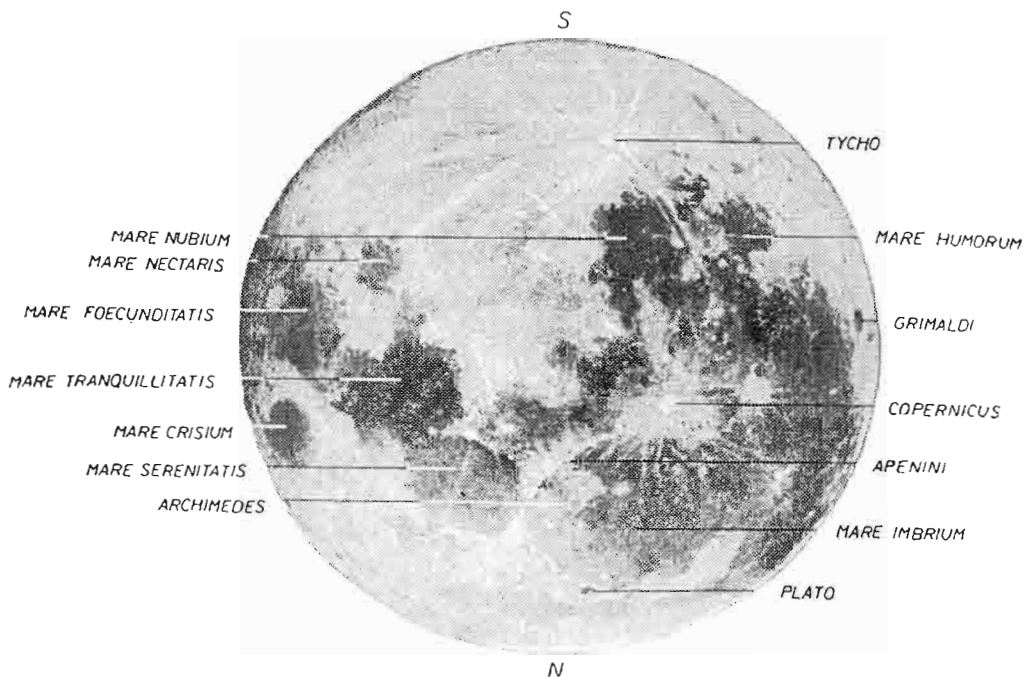
Prvim durbinom uperenim u zvezdano nebo 1609. godine Galilej je otkrio da su tamne mrlje na Mesecu njegova *mora*, a svetle pruge *planinski venci i visije* posute mnogobrojnim većim i manjim prstenastim brdima, nazvanim još tada *cirkovima i kraterima*. Prvi opis Mesečeve površine s njegovom kartom objavio je danciški astronom Hevelijus 1647. godine. Krupnijim oblicima on je dao i imena, koja su se zadržala do danas. Sitnije pojedinosti reljefa s njihovim nazivima, većinom po imenima naučnika, srećemo kod Ričiolija (1651). Najpodrobniju i najbolju fotografsku kartu Meseca dali su francuski astronomi Levi i Piize početkom ovog veka. Pre nekoliko godina pojavila se u Americi Kajperova karta Meseca, koja se danas može smatrati za najpotpuniju.

Čim su se astronomske istraživačke metode razvile, utvrđeno je da na Mesecu nema vode i da su Mesečeva »mora« u stvari samo prostrane nizije, koje ni izdaleka nisu sasvim ravne, već su na nižem nivou od svetlih Mesečevih visija i planinskih predela. Ipak je i do danas za ove tamne oblike zadržan naziv »mora«. Ona na Mesecu obrazuju čitav jedan pojas. Mesečevom sredinom nižu se mora Izobilja, Spokojstva, Vetrine, Kiša i Okean bure. Severnom stranom njegovom ređaju se More hlada, Zaliv rose i severoistočni deo Okeana bure, a južnom: More nektara, More para, Središni zaliv, More oblaka i More vlažnosti. Najtamnije mesto Mesečeve površine je More spokojstva, a najsvetlije od svih je More nektara. Pored ovih, ima još nekoliko manjih »mora« i »jezera«, od kojih su neka pravilna, ovalna oblika. Sva ova mora, kao i drugi oblici Mesečevog reljefa, lepo se vide na priloženoj Mesečevoj slici (sl. 19), sa pregledom naziva važnijih objekata njegove površine.

Od planina na Mesecu jasno se zapažaju mnoge gromade, a naročito planinski venci, koji obično opasuju njegova mora. Oni nose nazive planinskih venaca na Zemlji: Alpi, Apenini, Pirineji, Karpati, Kavkaz itd. Prema dužinama njihovih senki Galilej je još izmerio njihove visine. Danas raspoložemo sa toliko podataka da možemo načiniti detaljnu reljefnu kartu Meseca sa gotovo istom onolikom tačnošću sa kojom izrađujemo karte Zemlje. Najviši vrh na Mesecu — Lajbnic — ima oko 8 000 m, što pokazuje da je površina Meseca mnogo ne-

ravnija od Zemljine površine. Ovo je upravo u skladu s odsustvom vode na njegovoj površini, koja na Zemlji vrši neprekidno zaobljavanje reljefa.

Pojedina mora ispresecana su veoma dubokim kanjonima, čija se širina kreće od nekoliko stotina metara do 3 km, a dužina i po nekoliko stotina kilometara. Njihove dubine nisu se mogle izmeriti, a i način njihovog postanka objasniti, pa će i ova Mesečeva tajna biti odgonetnuta tek kada čovek svojom nogom stupi na Mesečevo tle.



MESEČEV SNIMAK ASTRONOMSKIM DURBINOM · SREDNJE JAČINE
(sl. 19)

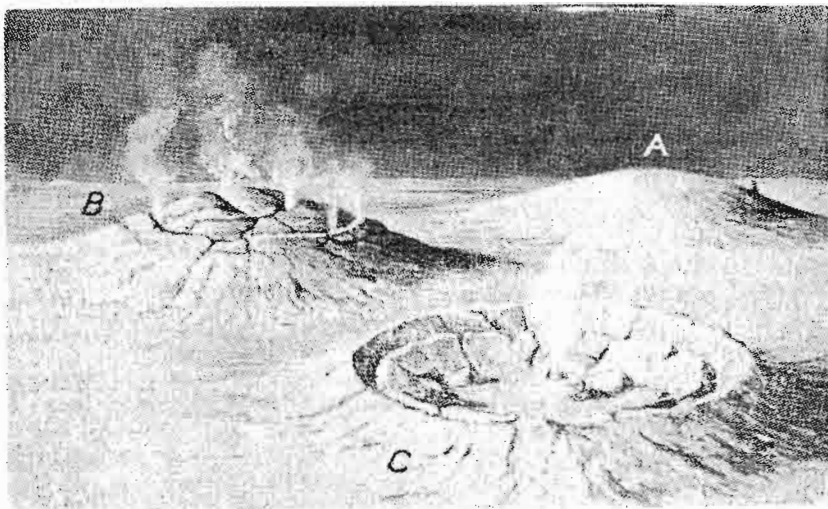
No najtipičniji oblici Mesečevog reljefa su njegovi čuveni krateri i cirkovi, brda prstenasta oblika čije se spoljne padine blago spuštaju ka Mesečevoj površini, a unutrašnje strmo obrušavaju ka samoj areni cirka. Dno arene je znatno niže od Mesečeve površine i često je posuto sitnim kraterima ili ima u sredini kupasti breg, koji podseća na vulkanski vrh. Broj dosad otkrivenih cirkova i kratera prelazi 30 000. Njihovi prečnici kreću se od nekoliko stotina metara do preko 200 km. Postoji više hipoteza o njihovom postanku, no svaka od njih može da objasni samo postanak manjeg broja ovih kratera. Tako se

nekadašnjom Mesečevom vulkanskom aktivnošću očevidno može objasniti samo postanak najmanjih kratera. Ova hipoteza sve više je padala u zaborav dok u naše dane Kozirev, na velikoj Krimskoj astrofizičkoj opservatoriji, spektarskom analizom nije otkrio vulkansku aktivnost kratera Alfons.

Postanak većih kratera pripisuje se padovima velikih meteorita. Ti padovi su na Mesecu česti i obilati, jer on nema atmosfere gde bi sagoreli meteori koji inače pokušavaju da prodru i do Zemljine površine. Čak je i na Zemlji nađeno nekoliko velikih kratera meteoritskog porekla. Najveći takav je Đavolji krater u Arizoni, prečnika od nekih 1 300 m i dubine 190 m. Smatra se da se ogromna energija udara ovih meteorita o Mesečevu površinu trenutno pretvarala u toplotnu i tako dovodila do džinovskih eksplozija koje su oko mesta pada izbacivale materijal u vidu grudobrana i obrazovale kružne vence. Eksperimenti izvršeni na Zemlji idu u prilog ovoj hipotezi. Oko nekih većih kratera, kao što su: Tiho, Kopernik, Kepler, Aristarh i dr., lepo se vide svetli zraci, koji se protežu veoma daleko. Smatra se da oni predstavljaju ostatke materijala razasutog u ovakvim eksplozijama. Spektarska analiza podupire ovaj zaključak. No i ovu zagonetku ostaje konačno da reši čovek kad stupi na Mesečevo tle.

Postanak velikih cirkova ne može se objasniti nijednom od dve iznete hipoteze. Danas se za njihov postanak smatra najverovatnijom ona hipoteza koju su postavili Levi i Piize. Cirkovi su, po njima, postali još u doba kada je Mesečeva kora bila veoma tanka, a njegova utroba usijana i žitka. Usijani gasovi svojim naponima stvarali su ogromne klobuke na Mesečevoj površini. Neki od njih, gde su naponi bili veći, prskali su i survivali se u usijanu žitku utrobu. Negde se ovaj proces ponavljao i više puta, što potvrđuje stepenasta struktura na obodu nekih cirkova. Ima cirkova na Mesečevoj površini koji doista odgovaraju raznim fazama i intenzitetima ovakvih procesa. Na sl. 20 vidi se prikaz nekih faza kojima odgovaraju stvarni oblici cirkova nađениh na Mesečevoj površini. Međutim, veliki broj snimaka koje nam je nedavno slala raketa »Rendžer« sve do samog svog pada na Mesečevu površinu potvrdio je hipotezu po kojoj poreklo kratera treba tražiti u razaranju Mesečeve površine meteoritima.

Oštrine senki Mesečevog reljefa, pojave posmatrane za vreme pomračenja i, najzad, spektarska analiza govore nam jasno da na Mesecu nema atmosfere. Ako i ima kakvih ostataka, to može biti samo u najređim tragovima. Odsustvo erozije i druga ispitivanja pokazala su, kao što smo videli, da nema ni vode, dakle ni druge osnovne životne supstance. Najzad, merenja temperature Mesečeve površine pokazuju da je ona vrlo različita. Dok na osunčanim delovima ona dostiže i + 130°C, na neosvetljenim se spušta i do -150°C. Štaviše, i ove pro-



MESEČEVI KRATERI U RAZNIM FAZAMA FORMIRANJA (sl. 20)

mene su s prelaskom iz osvetljenog na neosvetljeni deo veoma nagle i oštre. Ovakvi uslovi očigledno onemogućuju život visokoorganizovanih bića. No ipak nije isključeno da i tamo ima živih ćelija ili najprimitivnijih oblika živih bića, koji su veoma otporni i veoma skromni u svojim životnim potrebama. I ovo pitanje biće rasvetljeno tek sa čovekovim dolaskom na Mesec. Prema dosadašnjim ispitivanjima, smatra se da je Mesec бесплодна, kamena i prašna pustinja, lišena svakog života. Ako je to tako, otkud toliko interesovanje čoveka za let na Mesec?

* PUTOVANJE NA MESEC

Sa razvojem čovekovog intelekta razvijala se i težnja da upozna sve što ga okružuje. Krug njegovog interesovanja neprestano se proširivao, da bi na današnjem stupnju nauke i tehnike i sama Zemljina kugla postala prilično tesna za njegovo interesovanje. Čovek je upravo pogled prema vasioni i učinio prve korake ka njoj. Maštao je on o tome još veoma davno.

Prvu teoriju raketnog kretanja sa konkretnim predlogom plana za osvajanje vasionie dao je Ciolkovski 1903. godine. U tome projektu reč je o višestepenoj raketi izbačenoj sa veštačkog Zemljinog satelita u pravcu Meseca sa tehničkim pojednostojima koje se jedna po jedna u naše vreme privode u stvarnost. U toj težnji glavni problem je bio dostići tako veliku početnu brzinu koja će projektil odvojiti od Zemlje i izneti ga van domašaja njene teže, da se više na nju ne vrati. Telo

bačeno početnom brzinom od 7,9 km/sec., pri odsustvu vazdušnog otpora, mora se kretati oko Zemlje po krugu kao njen satelit. Ova se brzina naziva *prvom kosmičkom brzinom*. Poveća li se početna brzina na 11 km/sec., veštački satelit može dostići polovinu Mesečeve daljine i kretati se po elipsi u čijoj se jednoj žiži nalazi Zemlja. Ako se sada poveća brzina samo za 0,1 km/sek., satelit će dostići Mesečevu putanju, a ako se dostigne brzina od 11,2 km/sec., satelit će napustiti Zemlju po paraboličkoj putanji, i na nju se neće vratiti. Ova brzina naziva se *paraboličkom* ili *drugom kosmičkom brzinom*. Obe ove brzine dostigli su sovjetski i američki naučnici zahvaljujući čvrstom hemijskom gorivu upotrebljenom u višestepenim raketama. Sa osvajanjem druge kosmičke brzine načelno je omogućeno putovanje čoveka na Mesec i sva druga nebeska tela u Sunčevom sistemu.

Da bi se savladala gravitaciona sila ovog sistema i jedno telo uputilo izvan njega na planetarni sistem jedne od obližnjih zvezda u našem Zvezdanom sistemu, biće potrebno u bližjoj ili daljoj budućnosti ovu brzinu još više povećati i ostvariti *treću kosmičku brzinu*. Za njom će doći *četvrta kosmička brzina*, koja će naše rakete — kosmičke laboratorije — sa instrumentima, zatim sa robotima i, najzad, sa ljudima uputiti daleko van našeg Zvezdanog sistema, prema drugim galaksijama, dakle u ma koji željeni kutak vasionie. Nije daleko vreme kada će i ova brzina biti dostignuta.

Još jula 1955. godine američki naučnici su stavili u program Međunarodne geofizičke godine (1957—1958), najvećeg dosadašnjeg kolektivnog naučnog poduhvata u istoriji nauke, lansiranje prvog veštačkog Zemljinog satelita sa instrumentima za automatsko ispitivanje visokih slojeva Zemljine atmosfere. Sovjetski naučnici, radeći u tišini, iznenadili su 4. oktobra 1957. godine naučnu javnost, pa i ceo svet, puštanjem prvog veštačkog Zemljinog satelita, teškog 83,6 kg, pomoću mnogostepene rakete. Zatim se pojavio drugi, 3. novembra 1957. god., od preko 500 kg, pa onda treći, 14. maja 1958, od preko 1 300 kg, koji je skoro dve godine kružio oko Zemlje kao nebesko telo. Danas postoji niz sovjetskih i američkih veštačkih satelita koji kruže oko Zemlje — neki, na žalost, u vojne svrhe, mnogi od njih u tehničke, a neki sa zadacima fundamentalnih naučnih istraživanja.

Iako nas na ovom mestu interesuje napose putovanje na Mesec, ne možemo a da se sa nekoliko reči ne osvrnemo na ogroman naučno-tehnički značaj samih Zemljinih veštačkih satelita. Balon prečnika nekoliko desetina metara, načinjen od tkanine sa utkanim sličnim fotoćelijama koje pretvaraju svetlosnu energiju u električnu, lansiran sa jednog veštačkog satelita, mogao bi proizvesti više hiljada kilovata električne energije i predstavljao bi moćnu električnu centralu. Nije

daleko dan kada će Zemlju osvetljavati vasijski elektricitet. Ovakve nagoveštaje već je učinio poznati sovjetski astronautičar Sjedov. Na velikim udaljenostima od Zemlje, gde je znatno slabija njena teža, moguće je obrazovanje džinovskih kristala. Analiza njihovog postanka i građe može se prenositi televizijskim sistemom na Zemlju. Tako će biti otkrivena tajna unutrašnjeg sastava kristala, što će nam omogućiti, na primer, da stvorimo hiljadu puta tvrdi čelik i tako postignemo neprocenjive uspehe u građevinarstvu i tehnici uopšte.

Ogroman je značaj satelita za upoznavanje Zemljine atmosfere, njene građe, njenih kretanja i njenih zakonitosti koje upravljaju vremenskim prilikama na Zemlji. Na taj način oni će omogućiti sigurne i dugoročne prognoze vremena. Poznavanje visokih slojeva atmosfere — jonosfere — otkriće nam još nepoznate zakonitosti u prostiranju radio-talasa i omogućiti nam nesmetane radio-emisije na različitim talasnim dužinama. Sami veštački sateliti poslužiće uskoro kao idealne relejne stanice da se televizijskom mrežom obuhvati ceo svet.

Mnogi od ovih zadataka postavljenih veštačkim Zemljinim satelitima i njihovim aparaturama za automatska registrovanja i emitovanja podataka na Zemlju već su i ostvareni. Veštački sovjetski sateliti sa geodetskim i geofizičkim zadacima već su dali nove, tačnije podatke o Zemljinom obliku i veličini, omogućujući tako stvaranje jedne neprekidne trigonometrijske mreže, koja će dovesti do jedinstvene svetske karte. Ovi sateliti otkrili su i niz anomalija Zemljine teže i ukazali na mesta gde se nalazi voda, nafta i druga mineralna ležišta u Sibiru i drugim pustim oblastima Sovjetskog Saveza.

Istraživanje procesa fotosinteze, koji u biljkama kao kakvim magičnim štapićem pretvara Sunčevu energiju u hemijsku, te tako od vode i atmosferskih gasova stvara šećer, skrob, celulozu i druge materije od velikog značaja za našu industriju, u veštačkim Zemljinim satelitima neće biti omeđano zemaljskim uslovima. Tako će nam sateliti omogućiti da odgonetnemo i ovu veliku tajnu prirode i rešimo problem ishrane čovečanstva.

Uskoro će u sovjetskim veštačkim satelitima biti poslate i amino-kiseline izložene kosmičkim zracima, koje treba da reše pitanje postanka žive materije. Ima još mnogo naučnih i tehničkih zadataka koji će u najskorijoj budućnosti biti rešeni zahvaljujući veštačkim Zemljinim satelitima.

Nov podvig u osvajanju vasiona učinili su sovjetski naučnici 2. januara 1959. godine puštanjem prve kosmičke višestepene rakete u pravcu Meseca. Poslednji njen stepen težio je 1472 kg. Kada se i on odvojio, ostala je samo čahura sa naučnom aparaturom za registrovanje podataka i radio-tehničkom aparaturom za njihovo odašiljanje na Zemlju, koja je težila 361,3 kg. Na visini od 1500 km raketa je imala brzinu od

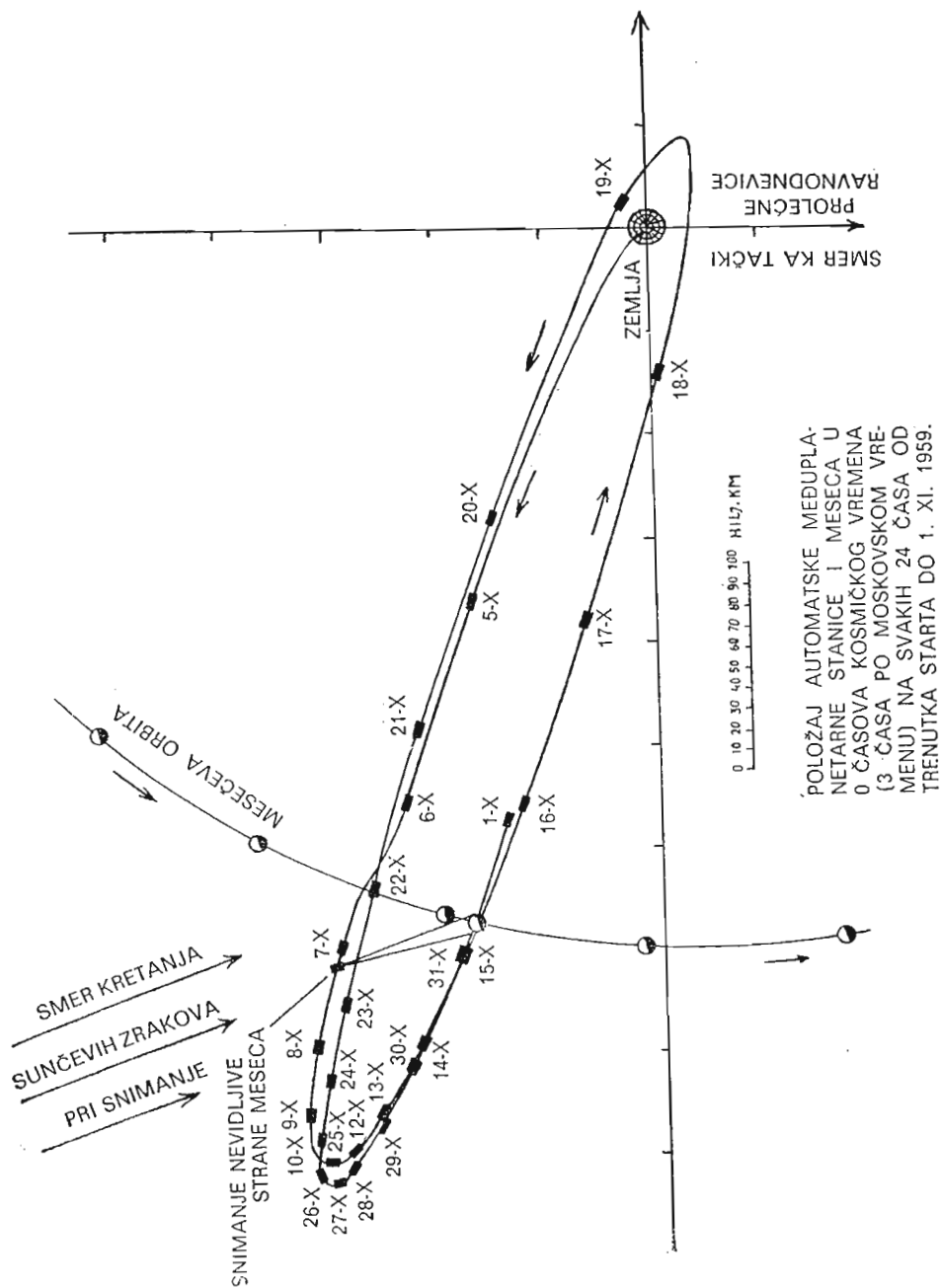
10 km/sec. Na visini od 100 000 km oko 3,5 km/sec. U oblast Meseca doletela je za 34 časa. Kao što je bilo predviđeno, prošla je pored Meseca na daljini 5—6000 km i produžila u pravcu Sunca, postavši tako prvom veštačkom planetom.

Dvanaestog septembra 1959. godine sovjetski naučnici pustili su drugu kosmičku raketu, koja je pogodila samu Mesečevu površinu. Njen pad registrovan je pomoću radija, a opažen je i džinovski oblak koji je ona u tom trenutku podigla na Mesečevoj površini. To se dogodilo 14. septembra 1959. u 0^h 2^m 24^s po moskovskom vremenu. Poslednji stepen rakete težio je 1511 kg, a čahura sa naučnom aparaturom koja je slala podatke do pada na Mesec 390,2 kg. Činjenica da je Mesečeva površina pogođena svedoči o izvanredno velikoj preciznosti u odašiljanju raketa. Greška u početnoj brzini od 1 m/sec. ili u pravcu od 1 lučne minute izaziva grešku u pogađanjima na Mesečevoj daljini od preko 200 km. Podaci koji su ovom prilikom emitovani pokazali su, između ostalog, odsustvo magnetnog polja u blizini Meseca, odsustvo pojasa zračenja sastavljenog iz nabijenih čestica visoke energije, suprotno onome što je ustanovljeno u Zemljinoj neposrednoj okolini pomoću veštačkih satelita. Ovi podaci su od dragocenog značaja za dalje upoznavanje Sunčevog sistema i korišćenja njegovog prostora u naučne i tehničke svhre — u krajnjoj liniji za poboljšanje čovekovog života.

Od ogromnog naučnog značaja bilo je puštanje treće sovjetske kosmičke rakete 4. oktobra 1959. god., koja je imala za zadatak da obleti Mesec i da snimi njegovu suprotnu stranu, koju čovek nikada dotle nije mogao sagledati. Da bi ova međuplanetska stanica mogla da obleti Mesec i da se vrati na Zemlju, raketi je data brzina nešto manja od 11,2 km/sec. Njena putanja bila je sračunata tako da ona obleti Mesec, da se vrati u Zemljinu blizinu, da nastavi da obilazi oko Zemlje i da, pomoću automatske elektronske i televizijske aparature, emituje na Zemlju kako sakupljene podatke, tako i fotografije Mesečeve suprotne strane. Njena putanja prikazana je na sl. 21. Sedmog oktobra u 6^h i 30^m po moskovskom vremenu stanica je stigla na suprotnu stranu Meseca, kada su se automatski dve fotografske komore okrenule prema nevidljivoj mesečevoj strani. Za 40 minuta snimljen je veliki broj fotografija, među kojima i ona koja se vidi na sl. 22. One su automatski razvijene na samoj stanici, a zatim televizijskim putem prenete na Zemlju. Načinjene su sa daljine 60—70 km od Mesečeve površine.

Rad ove automatske međuplanetske stanice pokazao je da su rešena tri krupna tehnička problema koja će nam omogućiti da uskoro zakoračimo na Mesec:

1. Uspešno je obezbeđen let kosmičkog objekta po složenoj, ranije izračunatoj putanji.



PUTANJA RAKETE KOJA JE SNIMILA SUPROTNU STRANU MESECA (sl. 21)

2. Uspješno je rešen zadatak orijentacije objekta u kosmičkom prostoru.

3. Ostvarena je radio-telemetrijska veza i predaja televizijskih slika na kosmičkim daljinama.

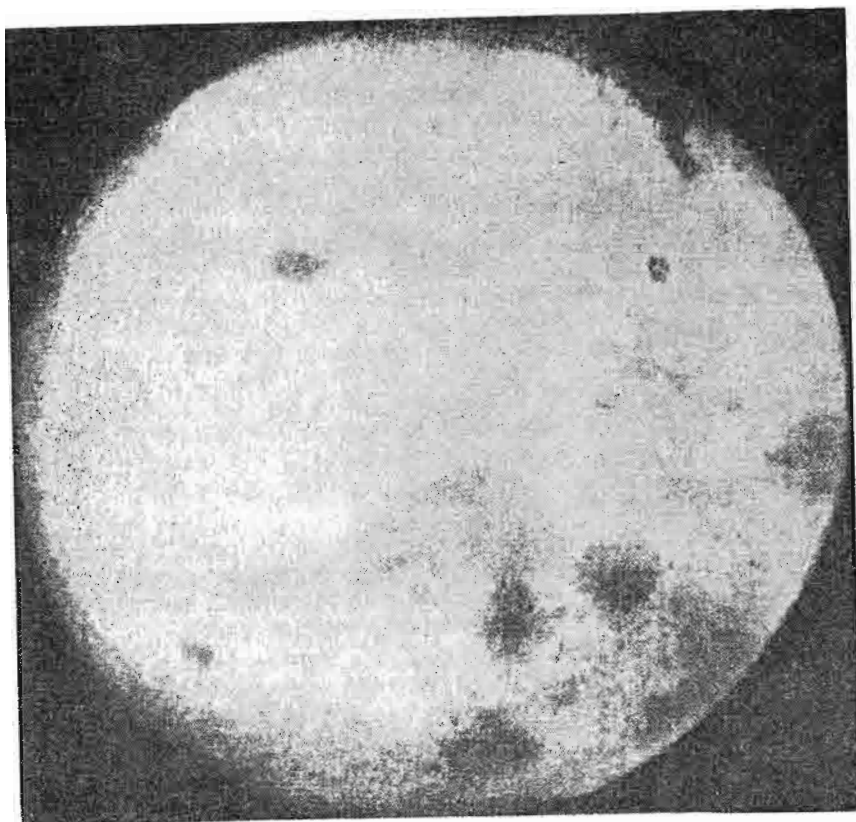
Po rečima poznatog sovjetskog astronoma Kukarkina, ovaj napor se može izjednačiti sa naporom da se Atlantski okean iscrpe kafenom kašičicom.

Dobiveni snimci nevidljive strane Meseca podvrgnuti su odmah fotogrametrijskoj i kartografskoj obradi na trima velikim sovjetskim opservatorijama, odakle je proizišla nedavno objavljena detaljna karta nevidljive Mesečeve strane. Sa nje se vidi da je ta strana znatno oskudnija morima i kraterima i da se sastoji iz nekoliko planinskih grebena i velikih visoravni. Međunarodna astronomska unija već je dodelila i nazive svima važnijim objektima sa nevidljive Mesečeve strane, među kojima najvažnije mesto zauzimaju Sovjetski greben i Moskovska dolina, nazvani u čast prvih osvajača Meseca i vasionkog prostora.

Godine 1962. i američki astronautičari poslali su svoju prvu raketu na Mesec. Posle trodnevnog putovanja ona je stigla u blizinu Meseca i, s obzirom na tok njenih emisija, smatra se da je pala na nevidljivu stranu Meseca.

U cilju ispitivanja nevidljive strane Meseca Sovjeti su 18. jula 1965. poslali još jednu automatsku međuplanetsku stanicu. Ona je snimila nevidljivu stranu Meseca sa udaljenosti između 11 570 i 9 960 km. Rad uređaja za snimanje počeo je na komandu sa Zemlje, a onda se sve odvijalo automatski. Izabrani su povoljni uslovi osvetljenosti, tako da su snimci izvanredne kakvoće, mnogo bolji nego sa »Lunjikom 3«. Snimci pružaju mogućnost za detaljnu kartografiju nevidljive strane Meseca i sigurne zaključke o nesimetriji reljefa u odnosu na liniju koja deli vidljivu stranu Meseca od nevidljive.

Seriya američkih letilica »Rendžer 7«, »Rendžer 8« i »Rendžer 9«, koje su lansirane 7. jula 1964, 8. februara i 9. marta 1965, imala je za cilj određivanje najpovoljnijeg mesta za spuštanje čoveka na Mesec. Prva je snimala izabranu oblast Mora spokojstva, druga Mora oblaka, a treća oblast oko kratera Alfons i njegovo dno. Dobijeno je ukupno 17 700 snimaka. Na snimku načinjenom 1/3 sekunde pre pada razdaljina je 25 cm. Snimci pružaju mogućnost za proučavanje fine strukture Mesečeve površine. Prvi naredni zadatak bio je ispitivanje mogućnosti »mekog spuštanja« na Mesec. Posle nekoliko neuspelih eksperimenata prethodnih letilica, sovjetska međuplanetska letilica »Luna 9«, izbačena 3. februara 1966, uspešno se spustila na Mesec. Fotografisana je panorama Meseca u punom krugu oko vasionkog broda, u ravničarskoj oblasti Okeana



SNIMAK SUPROTNE STRANE MESECA (sl. 22)

bure, istočno od kratera Rajner, gde se letilica spustila. Fotografisano je pri različitim uslovima osvetljenosti u toku Mesečevog dana (visina Sunca nad Mesečevim horizontom 7° , 13° , 27°). Razdvojna moć na snimcima dostigla je 1—2 mm. Tako je izveden siguran zaključak da u oblasti gde se letilica spustila ne postoji sloj prašine, kao i da je sastav Mesečeve površine vrlo porozan. Na površini se nalaze razbacani oblici slični kamenju. Američka letilica »Servejor 1« izbačena je posle pet meseci, tj. 2. jula 1966. Rezultati su bili isti kao i kod eksperimenta »Luna 9«. Sem toga, novost je bila prva fotografija zvezda (Sirijus i Kanopus) sa Meseca. Mesto njenog spuštanja bilo je oko 500 km od mesta gde se spustila »Luna 9«.

U toku 1966. pušteno je nekoliko Mesečevih veštačkih satelita sa zadatkom da nas u toku dužeg obletanja podrobno obavestavaju o mogućnostima čovekovog spuštanja na Mesec.

»Luna 10« izbačena je 4. aprila 1966. Najveća njena udaljenost na putanji bila je 1 000 km, a najmanja 350 km. »Luna 12« poslata je novembra 1966, a američki satelit »Orbiter« lansiran je gotovo u isto vreme. »Luna 10« pružila je rezultate koji govore da je magnetno polje u okolini Meseca ipak veće nego u međuplanetskom prostoru, što je od velike važnosti za dalja ispitivanja prirode Mesečeve površine, njene unutrašnjosti i fizičkih pojava u prostoru oko Meseca. Ovaj problem je danas u takvom stadijumu da, tako reći, ne prođe nijedan dan, a kamoli mesec, da ne saznamo nešto novo.

U najskorije vreme očekuje se slanje rakete koja će na Mesec padobranom spustiti robot-čoveka sa određenim naučnim zadacima, a u veoma bliskoj budućnosti i samog čoveka.

Letovi Gagarina, Šeperda, Titova, Glena i drugih u raketama i veštačkim satelitima oko Zemlje pokazali su da je ovo potpuno izvodljivo: čovek podnosi uslove ovakvog leta (ograničen prostor, bestežinsko stanje, veštačka ishrana i dr.), u stanju je da svesno upravlja ovakvim letilicama, da sakuplja određene podatke, a kada se njegov kosmički brod ponovo približi Zemlji, da se padobranom spusti na njenu površinu.

S obzirom na ono što smo ranije rekli o uslovima koji vladaju na Mesecu, čovek koji zakorači na njegovu površinu moraće se kretati u spretnom ali čvrstom oklopu, koji će ga štititi od nedostatka atmosfere, od meteorita, kosmičkih zrakova, ultraljubičastog zračenja i drugih njegovih neprijatelja. Zato će njegov dolazak na Mesec omogućiti da se reši niz naučnih i tehničkih problema: da se odgonetnu mnoge tajne Mesečeve površine, da se ispita njegova građa i stanje, da se na njemu nađu sirovine od koristi za čoveka, da se sa njegove površine bez atmosfere, na čijem potpuno crnom nebu sjaje, pored Sunčevog kotura, čeličnobelim sjajem i zvezde, prouče mnoga Sunčeva zračenja koja ne dopiru do Zemljine površine, jer ih upija Zemljina atmosfera. Među zračenjima jedno od najvažnijih mesta zauzima ultraljubičasto zračenje, od koga velikim delom zavisi i klima na Zemlji. U prvi plan istraživanja doći će isto tako još uvek zagonetno kosmičko zračenje, kao i neka druga zračenja. Čovek će takođe moći mnogo lakše da ispita zračenja zvezda, jer mnoga od njih, ometana atmosferom, i ne dopiru do Zemlje. Tako će čoveku biti mnogo pristupačnije džinovske zvezdane laboratorije u kojima se neprekidno događaju atomske reakcije, o kojima će nešto kasnije biti više govora, a koje čovek nije u stanju da veštački proizvede u svojim laboratorijama na Zemlji. Sve ovo stvorice neslućenu perspektivu razvoja nauke i tehnike, kako u cilju upoznavanja vasiona tako i u cilju stvaranja boljeg života ljudi.

*** SUNČEV SATELIT — MERKUR**

Krenemo li od samog Sunca sve dublje kroz njegovu »državu«, naići ćemo prvo na veliku planetu Merkur.

To je najbliža planeta Suncu, koja oko njega obilazi po relativno maloj, ali dosta izduženoj elipsi, tako da se u perihelu približuje Suncu do 46 miliona kilometara, a u afhelu se udaljuje od njega do 70 miliona kilometara. Prema tome, Merkur možemo smatrati za pravi Sunčev satelit. Videćemo malo posle da i po mnogim drugim osobinama Merkur podseća na Zemljin satelit — Mesec.

Pošto se nikad ne udaljuje mnogo od Sunca, po danu ga je teško uočiti durbinom srednje moći, jer je njegov sjaj zasenjen Sunčevim. Dobro se vidi kada je istočno od Sunca, samo neposredno posle Sunčeva zalaza, i to nisko nad horizontom, a isto tako kada je na svojoj putanji zapadno od Sunca, ujutru, neposredno pre njegovog izlaza. Ovim, kao i teškim uslovima posmatranja objašnjava se to što imamo vrlo malo podataka o njegovoj fizičkoj prirodi. Njegov obilazak oko Sunca traje 88 dana, a za to vreme sa Zemlje se može videti u raznim svojim menama, slično Mesecu.

Pouzdana merenja su pokazala da je Merkur, kao i Mesec, lišen atmosfere. Ukoliko je ona nekad i postojala, morala je napustiti planetu zbog njene vrele klime i slabe privlačne sile, koja na Merкуру iznosi ispod polovine Zemljine gravitacije. No, ipak su se s vremena na vreme mogla primetiti manja zamućivanja postojanog rasporeda Merkuriovih tamnih i svetlih predela, pa se smatra da ovo može služiti kao potvrda izvesnih tragova atmosfere, u kojoj usled strujanja izazvanih nejednakim rasporedom toplote na njegovoj površini, pod izvesnim uslovima i na izvesnim mestima, dolazi do podizanja većih slojeva prašine koja lebdi i kreće se u ovoj oskudnoj atmosferi.

Druga ispitivanja su pokazala da je Merkur malo nebesko telo, jedva veće od Meseca, i da je relativno velike gustine, koja prelazi prosečnu gustinu Zemlje.

Po nekim indicijama, Šreter, Besel i Dening u prošlom veku smatrali su da je trajanje Merkuriovog obrtanja bezmalo jednako trajanju Zemljinog obrtanja. Ovu je zabludu razbio 1889. godine Skijapareli, pokazavši da se konfiguracija tamnih i svetlih pruga, žutih i crvenkastih površina, koje se na Merkuriovoj površini vide u velikim durbinama, ne menja ili, tačnije, da se menja samo koliko to dolazi od njegove libracije, koja je, zbog velike ekscentričnosti njegove putanje, još veća od Mesečeve. Skijapareli je utvrdio da je vreme njegovog obrtanja jednako vremenu njegovog obilaženja oko Sunca. Zbog toga Merkur okreće uvek jednu istu stranu Suncu, kao što i naš pratilac Mesec okreće uvek istu stranu Zemlji. Razlog

za ovo isti je kao i kod Meseca. Kasnije su tačnija merenja potvrdila ovaj zaključak. Posledica ovoga je vrlo visoka temperatura na Merkuriovoj strani okrenutoj Suncu (oko 400°C) i vrlo niska, bliska apsolutnoj nuli, na suprotnoj strani, gde vlada večita noć. Planeta u velikom astronomskom durbinu pokazuje tamne i svetle pege. Tamne se smatraju za uvale, a svetle za visoravni na Merkuriovoj površini, slično kao i kod Meseca. Iz nekih drugih finih merenja izveden je zaključak da na njemu moraju postojati i planine, koje su čak mnogo više nego na Zemlji.

Prema odbojnoj moći za Sunčeve zrake — *albedu*, koji je približno isti kao i Mesečev, i prema drugim merenjima, smatra se da je njegova kora sastavljena iz pretežno krečnjačkog materijala i, možda, iz vulkanskog pepela kao i Mesečeva.

Još u XVII veku primećeno je da se *posmatrani* trenuci Merkuriovog prolaza ispred Sunčevog kotura ne poklapaju sa *izračunatim* trenucima, polazeći od pretpostavke da se Merkur kao i ostala nebeska tela kreće oko Sunca po Keplerovim zakonima, odnosno po Njutnovom zakonu gravitacije. Kasnije je utvrđeno da ovo dolazi usled toga što se perihel Merkuriove putanje pomera, i to znatno više no kod drugih planeta. Leverije je posle napornih računanja došao do zaključka da se ovo može pripisati samo dvama uzrocima: ili je Venerina masa znatno veća no što se smatra, ili se između Merkura i Sunca nalazi još jedna planeta koja remeti Merkuriovo kretanje. Prvi razlog ubrzo je otpao, a za tzv. *intramerkurskom planetom* dugo se tragalo. U jedan mah čak je primećen prolaz jednog sićušnog nebeskog tela ispred Sunčevog kotura, ali se tek mnogo kasnije utvrdilo da je u pitanju bila jedna mala planeta koja se, izuzetno, daleko izdvojila iz svoje porodice koja obilazi oko Sunca uglavnom u pojasu između Marsove i Jupiterove putanje. Intramerkurska planeta nikada nije bila pronađena. Tek je relativno nedavno pomeranje Merkuriovog perihela gotovo u potpunosti objašnjeno Ajštajnovom teorijom relativnosti, pa je ova pojava postala čak probni kamen za ovu teoriju.

Danas je konačno utvrđeno da Merkur nema nijednog pratioca.

*** BOGINJA LJUBAVI I NJENE ČARI**

Odvojimo li se od Merkura i krenemo li još dublje u »Sunčevu državu«, nailazimo na drugu po redu udaljenosti od Sunca veliku planetu, koju su zbog neobičnog sjaja stari Grci nazivali Fosforom, Homer — Kalistom (lepoticom). Kasnije, ona dobija ime rimske boginje ljubavi — Venere. I doista, kad je u najvećem sjaju, ona je 12 puta sjajnija i od najsjajnije zvezde — Sirijusa. U narodu je poznata kao Večernjača ili Zornjača (Danica), jer se kao veoma sjajno ne-

besko telo vidi na zapadu odmah posle Sunčevog zalaza, a u izvesnim periodima na istoku, pre njegovog izlaza. Još su stari astronomi utvrdili da je to u stvari jedno isto nebesko telo. Ona, slično Merkuru, obilazi oko Sunca po putanji koja je u celosti obuhvaćena Zemljinom putanjom, pa kad dođe istočno od Sunca, vidi se uveče pred njegov zalaz i posle njega, a kad pređe zapadno od Sunca, onda se vidi ujutru pre Sunčevog izlaza i neko vreme posle njega. I u najmanjem durbinu lepo se mogu zapaziti njene mene. Veliki matematičar Gaus pokazao je jednom ovu planetu svojoj majci, koja nimalo nije bila upućena u tajne neba. Nije se malo začudio kada ga je mati upitala zašto je u durbinu Venerin srp »izvrnut«, suprotno onome što se vidi golim okom. Smatra se, dakle, da ljudi izuzetno oštra vida Venerine mene mogu sagledati i slobodnim okom. Ugao pod kojim se vidi njen prividni kotur menja se od 10" do 65", u zavisnosti od njene daljine od Zemlje, a razdvojna moć normalnog oka iznosi oko 60", čime se ova činjenica u potpunosti objašnjava. Venerine mene, kao što smo videli, otkrio je Galilej prvim durbinom uperenim u zvezdano nebo, pa su mu one poslužile i kao jedan od očiglednih dokaza da sve planete, pa i Zemlja, obilaze oko Sunca. I ovaj je dokaz on kasnije upotrebio za odbranu Kopernikovog heliocentričnog sistema.

Danas se zna da je Venera po svojoj veličini, prema tome i po zapremini, masi, gustini i privlačnoj sili, jedva nešto manja od Zemlje — da joj je prava sestra bliznakinja. Ona obilazi oko Sunca po gotovo kružnoj putanji, na srednjoj daljini od 108 miliona kilometara, pa je tako znatno bliža Zemlji no Merkuru. Svoju putanju obiđe za blizu 225 dana. Danas, kada se uveliko vrše pokušaji da čovek zakorači i na druge planete, ona je od naročitog interesovanja za nas, jer nam se u izvesnim trenucima približuje i do 40 miliona kilometara, dakle najviše od svih velikih planeta, a više i od svih nebeskih tela posle Meseca i nekih planetoida, koji su od manjeg interesa. U poređenju s Mesečevom srednjom daljinom od 384 400 km putovanje na Veneru predstavlja osetan skok, koji donosi neuporedivo veće teškoće od putovanja na Mesec. Zato smo upravo svi i bili iznenađeni kada su nedavno sovjetski astronautičari izbacili prvi kosmički brod na Veneru, a ubrzo zatim i Amerikanci poslali automatsku kosmičku stanicu raketom »Mariner II«, koja je posle nekoliko meseci putovanja prošla pored same Venere i poslala na Zemlju dragocene izveštaje o njenoj prirodi. Međutim, izgleda da će duže potrajati dok svi ovi izveštaji i eventualni fotografski snimci budu dešifrovani, a još duže dok budu objavljeni. Stoga se zasad zadovoljimo znanjima koja su kako stari, tako i savremeni astronomi, sakupili svojim strpljivim i napornim merenjima sa Zemlje.

Da bi se upoznale osnovne osobenosti Venerine klime i drugih uslova koji vladaju na njenoj površini, tri veka (XVII, XVIII i XIX) mučila su astronome dva osnovna pitanja: koliko traje dan na Veneri, ili koliko je trajanje njene rotacije, i koliko je nagnuta njena obrtna osovina prema ravni njene putanje oko Sunca? Iz pomeranja pojedinih karakterističnih pega na njenom prividnom koturu Kasini, Bjankini, De Viko, Šreter, Brener, Furnije i dr. smatrali su da Venerin dan traje blizu 24 časa, dakle gotovo koliko i na Zemlji. Tek pred kraj prošlog veka Skijapareli, koji se bavio i proučavanjem Merkura, prvi je izrazio ozbiljnu sumnju u ovako kratko trajanje Venerine rotacije. Brižljivim merenjima našao je da je vreme njene rotacije jednako vremenu njenog obilaženja oko Sunca, dakle blizu 225 dana, tako da i ona, kao i Merkur, okreće uvek jednu istu stranu Suncu. Kasnija, mnogo složenija posmatranja i merenja, koja su uz pomoć modernih moćnih instrumenata u naše vreme izvršili Ros, Kajper, Danžon, Vokuler i, nedavno, Dolfus potvrdila su ovaj zaključak.

Drugo sporno pitanje o velikoj nagnutosti Venerine obrtne osovine prema ravni putanje, koje je dovelo do zaključka o njenoj ekstravagantnoj klimi, otklonili su isti autori pokazujući da je njena obrtna osovina gotovo upravna na ravni njene putanje. No činjenica da je na Venerinoj jednoj strani večiti dan, a na drugoj večita noć, na njenoj površini stvara veoma teške uslove, na primer temperaturu od oko -100°C na tamnoj polulopti. Isto su tako jaka strujanja njene guste atmosfere, izazvana ovako velikim razlikama u temperaturi. Tek najnovija merenja temperature Venerine tamne polulopte usavršenim termo-elementima pokazala su da ona ne pada mnogo ispod -23°C , što je ponovo dovelo u sumnju zaključak o njenoj dugačkoj rotaciji i nametnulo pretpostavku da njen dan verovatno ne traje duže od nekoliko Zemljinih dana.

O postojanju guste i visoke Venerine atmosfere prvi je, na osnovu posmatranja njenog prolaza preko Sunčevog kotura, izveo zaključak Lomonosov 1761. god. Ovo su potvrdili i svi astronomi koji su se bavili ovom planetom posle njega. Iako je posmatranje Venere otežano zbog njene blizine Suncu, većina astronoma je otkrila na toj planeti izvesne, više ili manje postojeane, tamne oblasti razdvojene svetlim belim oblacima. Smatrali su da tamne oblasti predstavljaju obrise same Venerine površine, koji se vide između oblaka. Jedan od najlepših starih crteža Venere načinio je Nisten, 1891. godine. Kasnije se uvidelo da su oblaci u Venerinoj atmosferi pokretni i da se izgled tamnih oblasti menja u zavisnosti od rasporeda oblaka, pa su se astronomi trudili da na tamnim delovima Venerine »površine«, koji se vide između oblaka, zapaze nepromenljive konfiguracije njenog reljefa. Ovo je, međutim, izvanredno teško zbog veoma slabe slike koju Venera pruža i u najmoć-

nijim instrumentima zbog svoje guste atmosfere u pokretu. Tek je Danžon 1943. godine uspeo da utvrdi s dovoljno pouzdanja izvesne tamne oblasti nepromenljivog izgleda.

Pariski astronom Dolfus je u poslednjih deset godina posmatrao i snimao Venerinu površinu instrumentima raznih moći i na raznim opservatorijama, od kojih su mu najviše podataka dala posmatranja moćnim instrumentima sa otvorom od 60 cm na Pirenejskoj opservatoriji Pik di Midi (2870 m iznad mora). Upoređivanjem više stotina svojih i tuđih snimaka načinjenih u beloj svetlosti i sa različitim filtrima, došao je do zaključka da je Venerina atmosfera visoka više kilometara, no ipak manja od Zemljine, da se u visokoj atmosferi nalaze beli pokretni oblaci, a da se između njih vide tamni gusti oblaci puni sitnih čestica prašine. U tamnim oblastima on nije uspeo pouzdano da otkrije oblike reljefa same površine, ali je o njoj zaključio na osnovu stabilnih formacija tamne niske atmosfere, koje su se obrazovale pod mesnim uticajima reljefa i klime. Kao što na Zemlji iznad pustinjskih oblasti postoje skoro neprekidne vedrine, a iznad tropskih gust omotač oblaka, tako se, po njegovom mišljenju, i iz konfiguracije stabilnih niskih formacija u atmosferi može suditi o oblicima same planetske površine. Stari astronomi pretpostavljali su da na ovoj planeti, s obzirom na temperaturne uslove koji na njoj vladaju i na njenu starost manju od Zemljine, uslovi moraju biti slični uslovima iz karbonske epohe Zemljine prošlosti (sl. 23). Kako današnja posmatranja i merenja savršenijim sredstvima pokazuju odsustvo kiseonika i vodene pare u Venerinoj atmosferi i obilje ugljen-dioksida i azota, savremeni astronomi smatraju da je Venerina površina i po izgledu i po sastavu bliža Mesečevoj i Merkurovoj, približno onako kako je prikazuje reprodukcija na sl. 24.

Zanimljivi su podaci o Veneri koje nam je pružio »Mariner 2«. Iz poremećaja njegove putanje određena je s izvanredno visokom tačnošću Venerina masa, za koju je dobiveno 0,81 485 Zemljine mase. Jačina magnetnog polja na daljini od oko 25 000 km od površine planete bila je ispod praga osetljivosti magnetometra, što je znak da je Venerino magnetno polje znatno slabije od Zemljinog, a možda je i njegova konfiguracija drukčija usled jačeg uticaja »Sunčevog vetra«. Zato je vrlo verovatno da će orijentacija busolom, kada se čovek iskrca na Veneru, biti nemoguća.

Zbog male razdvojne moći radio-teleskopa astronomi su, mereći Venerino radiozračenje, bili doskora u dilemi — ili je temperatura površine planete slična Zemljinoj, a ona ima jonosferu sa oko 100 000 puta većom koncentracijom naelektrisanih čestica no Zemlja, ili nema jonosfere, a površinska temperatura joj je u tom slučaju preko + 300°C. »Mariner 2» je rešio i ovu zagonetku registrovanjem Venerinog sopstvenog

radiozračenja na talasnim dužinama 19 i 35 mm. Danas znamo da planeta praktično nema jonosfere i da je njena površinska temperatura doista toliko visoka. Sem toga, nije primećena ni razlika u radiozračenju sa osvetljenog i neosvetljenog dela planete, kao što je već utvrđeno i iz sličnih merenja sa Zemlje u raznim Venerinim menama. To pokazuje da Venerino obrtanje ne traje koliko i obilaženje oko Sunca. Međutim, pitanje Venerine nastanjenosti još nije moglo da se reši, iako se prema današnjim našim znanjima može reći da mogućnost postojanja izvesnih oblika života na ovoj planeti ipak nije isključena.

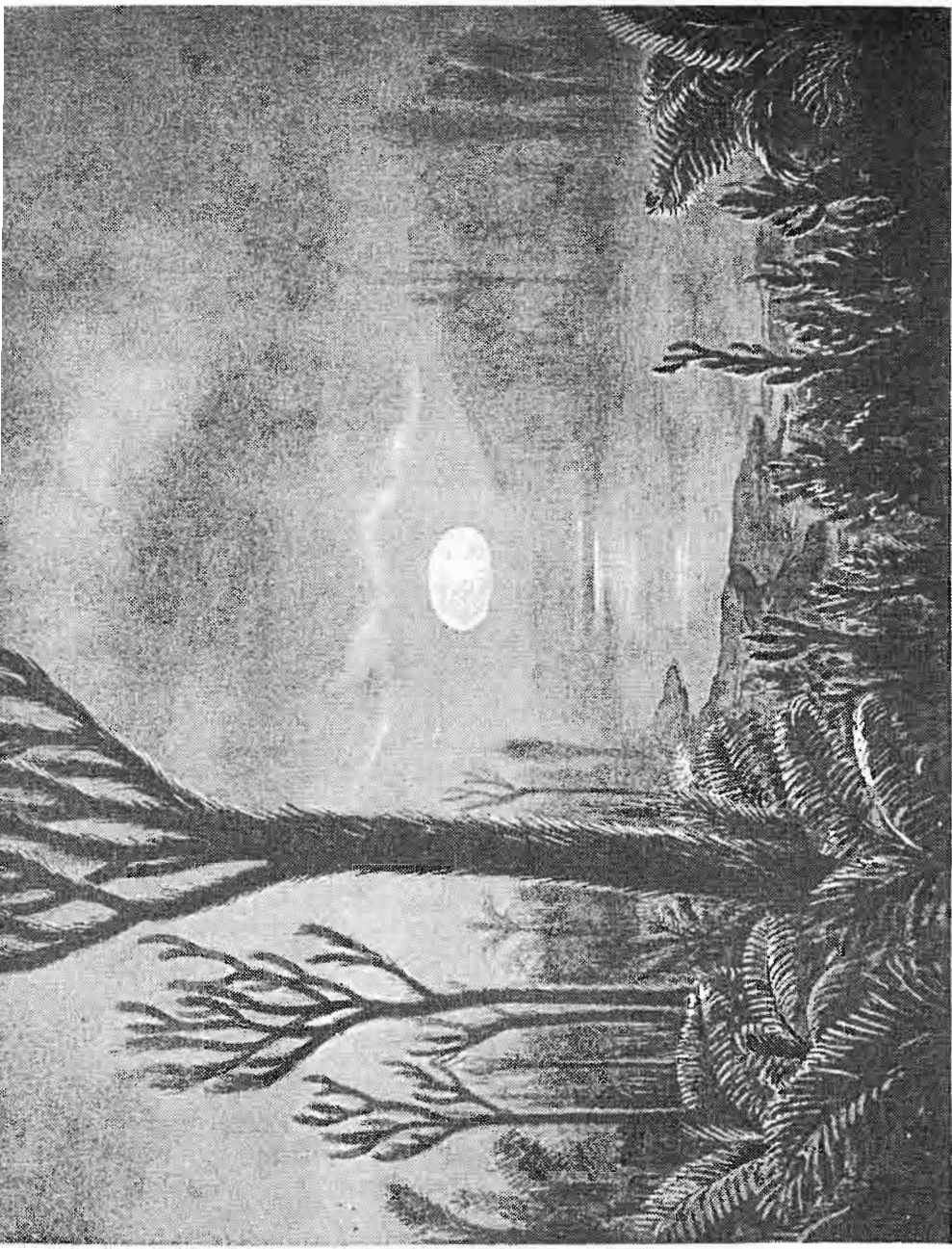
* NA DRUGOM SVETU

Krenemo li sa planete Venera još dalje od Sunca, nailazimo na našu rodnu planetu

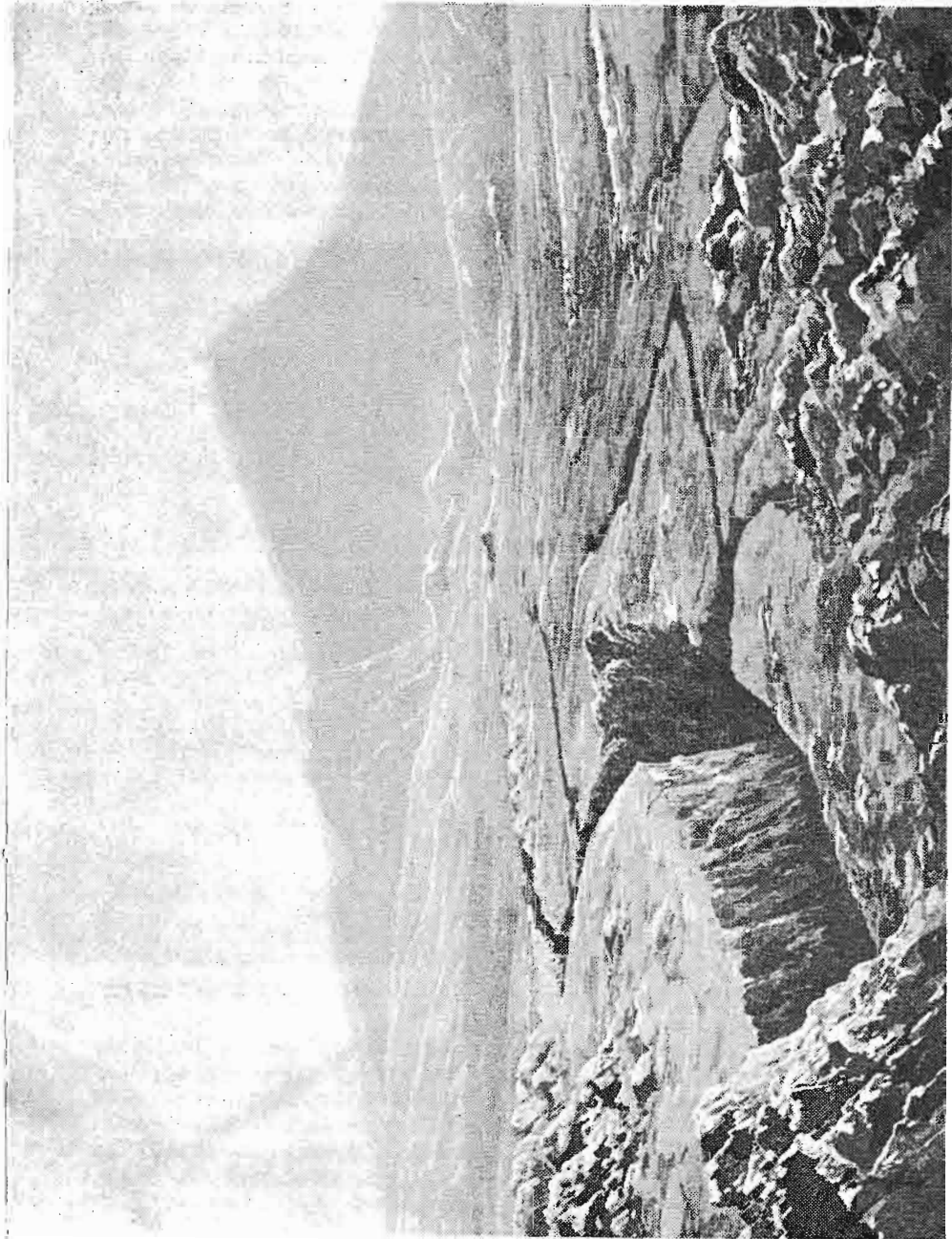
— Zemlju, sa kojom smo se već detaljnije upoznali. No, ako nastavimo naš put u još veće dubine »Sunčeve države«, naići ćemo na jedan drugi svet — na planetu Mars, najsirodniju Zemlji, koja je kroz čitavu istoriju nauka privlačila osobitu pažnju čoveka. Po svom izvanrednom sjaju i krvavoj boji, po kojoj je i dobila ime antičkog boga rata, ona je poznata danas svakom pastiru.

Sa velikim interesovanjem merio je njene položaje Tiho Brahe, a upravo sa njihovim proučavanjem Kepler je početkom XVII veka otkrio prva dva svoja znamenita zakona planetskog kretanja, koja čine osnovu čitave savremene astronomije. Veliki Galilej, čim je uperio durbin u zvezdano nebo, otkrio je baš na ovoj planeti da i ona pokazuje mene kao i Mesec i time dao jedan od neoborivih dokaza u prilog Kopernikovog heliocentričnog sistema, koji je i danas u osnovi našeg pogleda na svet.

Pošto čovek i nehotice sve osobine ove planete poredi sa Zemljinim, možda će najupečatljivije biti ako osobenosti njenoga globa i putanje damo u poređenju sa Zemljinim. Prečnik Marsov je približno dvaput veći od Mesečevog, a dvaput manji od Zemljinog. Zato mu je zapremina samo 1/6, a masa samo 1/9 Zemljine zapremine i mase. Marsova gustina nešto je manja od Zemljine, pa je, s obzirom na sve to, i teža na njegovoj površini samo 1/3 Zemljine teže. Mars se obrne jedanput oko svoje osovine za 24^h, 37^m, 22^s, 58, pa dan na njemu traje skoro isto koliko i na Zemlji. Nagib njegove obrtne osovine prema ravni putanje gotovo je isti kao i nagib Zemljine osovine. No zbog toga što je od Sunca udaljen skoro dvaput više no Zemlja, vreme njegove obilaska oko Sunca iznosi 687 dana. Zbog izduženosti njegove putanje, koja je znatno veća od izduženosti Zemljine elipse, godišnja doba na Marsu, nasuprot onom na Zemlji, vrlo su nejednaka trajanja. Tako, na južnoj polulopti, na primer, proleće traje 146 dana, leto 160 dana, jesen 199 dana a zima 182 dana. Količina zračenja koju prima od



KAKO SU DOSKORA ASTRONOMI ZAMIŠLJALI IZGLED VENERINE POVRŠINE (sl. 23)



... A KAKO GA DANAS ZAMIŠLJAJU (sl. 24)

Sunca kreće se u granicama između 36% i 52% u poređenju sa Zemljom. Ovo će umnogome objasniti uslove njegove klime, o kojima će kasnije biti govora. Daljina Marsova od Zemlje menja se od 400 do 55,5 miliona kilometara. Najbliži je Zemlji, kao i sve planete, kada je u *opoziciji* sa Suncem, tj. kada je suprotno od Sunca u odnosu na Zemlju. Ovo se događa približno svake dve godine. Ova je daljina najmanja kada se desi da je Mars u isto doba i u perihelu svoje putanje, dakle, u tački najbližoj Suncu. To su tzv. Marsove *velike opozicije*. Tada je on najpogodniji za posmatranje, pa su upravo u takvim trenucima i sakupljeni najvažniji podaci koje danas imamo o Marsovoj prirodi, na osnovu kojih su izrađene i detaljne karte njegove površine. Na njima se vide i neobični nazivi Marsovih predela koji potiču iz XIX veka. Najpovoljnije velike opozicije Marsa dogodile su se 1924, 1939. i 1956. godine. Prva koju očekujemo desiće se tek 1971. godine. Da se čitalac ne bi ograšio o astronome, prebacujući im što već nisu rešili sve tajne ove bliske planete, odmah treba reći da je, i pored tolike »blizine« Zemlji, Mars udaljen od nje 150 puta više no Mesec. Zato se on i u najvećim teleskopima može videti samo kao jабuka na pola kilometra ili kao Mesec u omanjem ručnom dogledu. Brzom vozu trebalo bi 70 godina da stigne na Mars, mlaznom avionu 7 godina, a kosmičkim raketama cela jedna godina.

U velikoj opoziciji Marsovoj, Hal je 1877. godine otkrio dva njegova satelita — Fobos (Strah) i Dejmos (Užas), koji su dobili imena dostojna pratilaca boga rata. Za astronome oni su od naročitog interesovanja po svojoj blizini planeti pošto usled toga imaju veoma brzo kretanje. Fobos, na primer, obiđe oko Marsa za 7^h i 39^m, dakle mnogo brže no što se sama planeta obrne oko svoje ose. Zato se on, za razliku od drugih planet-skih pratilaca, sa Marsa vidi da obilazi planetu sa zapada na istok, i to dvaput iziđe i dvaput zađe u jednom istom danu. Zbog njegove majušnosti i blizine planeti, neki astronomi su

nedavno izrazili sumnju da je to možda kakav veštački satelit koji su u davnim epohama pustili sa Marsove površine njegovi hipotetični stanovnici, čija je civilizacija bila na višem nivou no naša današnja. Bliža razmatranja, međutim, ovu hipotezu čine neodrživom.

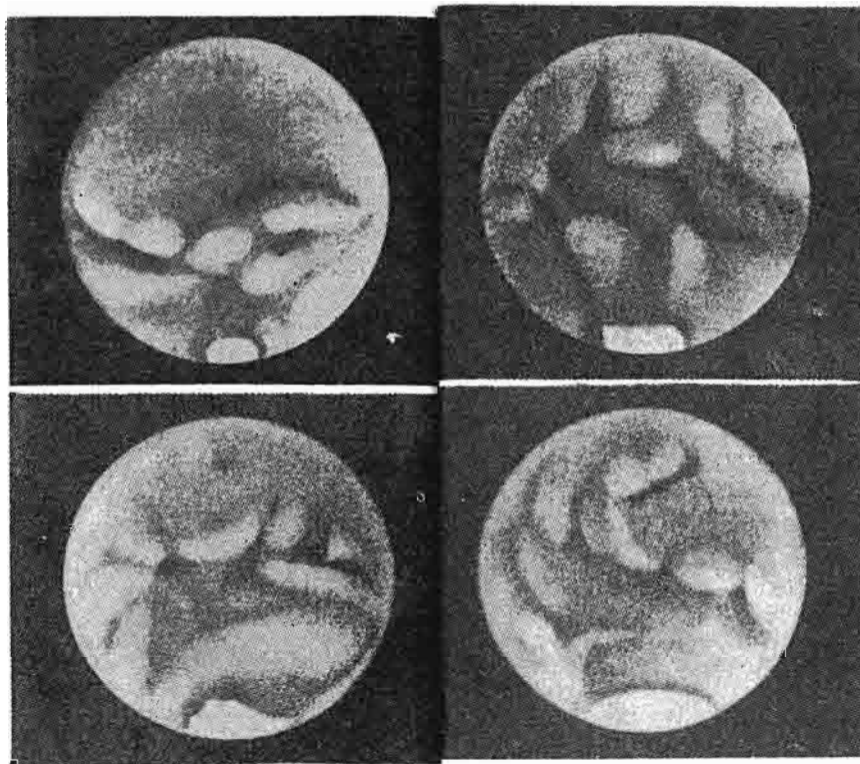
Zadržimo se sada malo na izgledu Marsove površine i njegovim fizičkim osobinama, koje astronomi pažljivo ispituju već tri veka svojim teleskopima, fotografskim metodama, fotometričnim, spektroskopima i drugim oruđima, kako bi što uspešnije pobedili veliku daljinu koja nas od njega razdvaja.

I u najmanjim durbinama jasno se mogu zapaziti bele Marsove polarne kape. Na kraju Marsove zime one se proširuju na površinu od nekih desetak miliona kvadratnih kilometara. Početkom proleća one počinju da se povlače, u leto se raspadaju i svode na majušne bele pege oko samih polova, da bi s početkom zime ponovo počele da se šire (sl. 25). Infracrveni spektar pokazuje da se one sastoje od vode u kristalnom stanju. Njihova debljina međutim ne prelazi nekoliko centimetara. Smatra se da postaju sublimacijom vodene pare u kojoj je Marsova atmosfera toliko oskudna da se ova ne može dokazati ni najsuptilnijim spektroskopskim metodama. Zanimljivo je, međutim, da se i mnoge druge pojave na Marsovoj površini podvrgavaju ritmu godišnjih doba.

Ostali deo Marsove površine može se podeliti u svetle naranđastocrvene i tamne zelenkasto-sive površine. Prve su posmatrači XIX veka nazvali »kontinentima«, a druge »morima«. Svetle

površine, od kojih i dolazi opšta boja ove planete, zauzimaju oko 2/3 ukupne njene površine. Mnogobrojna posmatranja ukazuju na to da su ovo prostrane pustinjske visoravni pokrivena slojem prašine, koju jaki vetrovi izdižu do neslućenih visina i raznose u vidu oblaka na hiljade kilometara.

Na granicama »kontinenta« i »mora« dolazi u nepravilnim vremenskim razmacima do promena nepoznatog porekla,



MARSOVE POLARNE KAPE

U RAZNA GOD. DOBA (sl. 25)

koje se ispoljavaju na taj način što svetle površine po ivici postaju tamnije, da bi se posle izvesnog vremena njihova boja vratila na prvobitni intenzitet.

No svakako su najzanimljivije sezonske promene koje trpe tamne Marsove površine. S početkom proleća one postaju sve intenzivnije zelene, da bi se sa početkom zime vratile na svoju sivkastu boju. Ove su promene utoliko zanimljivije što počinju od ivica polarnih kapa i u toku leta se šire na čitavu Marsovu površinu. Neka posmatranja ukazuju na to da ove promene izaziva vodena para koja se na početku proleća kroz planetinu atmosferu prostire preko čitave njene površine. Ima i takvih pojava koje ukazuju na mogućnost da se jedan deo vode preko same površine sliva sa polarnih kapa prema nižim Marsovim širinama. Savremena fotografija i spektrofotometrija u infracrvenom delu spektra upućuju na zaključak da uzrok promeni boje Marsovih »mora« ne može biti biljni svet sa hlorofilom, ali ne isključuju mogućnost da taj uzrok može biti biljni svet niže vrste (kome ne treba hlorofila), kao što su gljive, neki lišajevi, alge i druge biljne vrste. Međutim, intenzivna spektroskopska istraživanja koja su poslednjih godina vršena u SSSR-u (škola astrofizičara Tihova) pokazala su, pak, da više biljne vrste sa Zemljinih surovih visoravni, napose izvesni četinari, ne odbijaju infracrvene zrake u potpunosti, kao što to čine ravničarske biljke, već dobar deo ovih tamnih zrakova upijaju. Kako je odavno poznato da živi svet na Zemlji raspolaze izvanredno velikim mogućnostima prilagođavanja, to se danas smatra da su se i hipotetične više biljne vrste na Marsu mogle u toku više miliona godina prilagoditi surovim životnim uslovima, prvenstveno vrlo oskudnoj toploti, koja je posledica planetine velike udaljenosti od Sunca. Sem toga, nije isključena ni mogućnost da ove biljne vrste za razmenu materije ne koriste hlorofil, kao biljke na Zemlji, već kakvu drugu supstancu.

No od presudnog značaja da li i na Marsu ima živog sveta svakako je poznavanje osobina Marsove atmosfere i njegove klime. Poslednja četvrt veka pružila nam je usavršene instrumente za spektarsku analizu, pa su novija posmatranja, pomognuta kinetičkom teorijom gasova i nekim hemijskim teorijama, dovela do zaključka da Mars ima veoma retku atmosferu, koja se sastoji od 98% azota, 1,5% ugljen-dioksida i 0,5 argona. Kiseonik je otkriven samo u tragovima, pa se smatra da je postao sastojak Marsove kore posredstvom ozona, koji se, pod uticajem Sunčevih ultraljubičastih zrakova, u Marsovoj retkoj atmosferi stvara lakše no u Zemljinoj. Računi pokazuju da vodena para koja nastaje isparavanjem polarnih kapa može stvoriti samo relativnu vlažnost od 1%, što nije dovoljno da bi se pod datim uslovima otkrilo čak i spektroskopom.

Fotografije kroz monohromatske filtre pokazuju da na visini od 10 do 15 km postoji rastresit sloj nepoznatog sastava, koji upija 60—80% Sunčevog plavog, ljubičastog i ultraljubičastog zračenja, a propušta žute, crvene i infracrvene zrake. Po mišljenju S. Hesa iz 1950. godine u pitanju su fini kristali ugljen-dioksida koji se kondenzuje na visini od 45 km, gde vlada temperatura od -160°C , pa se zatim spuštaju u nešto niže slojeve. Njegovi kristali se ponekad skupljaju u fine ciruse. Na nižim visinama, između 2 i 5 km, zapaženi su, međutim, žućkasto-crvenkasti oblačići, koji se pripisuju prašini o kojoj je bilo reči.

Fotometrijskim i polarimetrijskim metodama izmeren, atmosferski pritisak na samoj površini planete dostiže jedva 6—7 cm živina stuba. Zbog ovako niskog pritiska, Marsova atmosfera je sasvim druge građe no Zemljina. Njoj, na primer, pritisak opada sa visinom daleko sporije, da bi se već na 30 km izjednačio sa pritiskom u Zemljinoj atmosferi.

Radiometrijskim merenjima nađeno je da je srednja godišnja temperatura Marsove površine oko -20°C , dakle znatno niža od Zemljine ($+10^{\circ}\text{C}$). No zato se ona, kad je planeta najbliža Suncu, penje u svetlim oblastima i do $+30^{\circ}\text{C}$. Nasuprot tome, kad je najdalje od Sunca, temperatura polarnih oblasti spušta se i do -100°C . Atmosfera je zbog svoje razređenosti takođe znatno hladnija od Zemljine na odgovarajućim visinama.

Posmatranja izvršena u Japanu, u poslednjoj Marsovoj velikoj opoziciji 1956. god., upoznala su nas sa novim zakonitostima u opštoj cirkulaciji njegove atmosfere, a posmatranja izvršena na velikim američkim opservatorijama i do mnogih pojedinosti njegove površine.

Vidi se da je surova, pustinjska Marsova klima još manje povoljna za životinjski svet nego za biljni, pa se o njegovom postojanju neće moći ništa pouzdanije reći sve dok uskoro čovek ne zakorači i na ovu planetu.

Zanimljivo je ipak pomenuti jedan »dokaz« o postojanju razumnih bića na Marsu, koji je u prošlom veku uzdrmao svet. To su njegovi famozni »kanali«. Ispitujući pažljivo njegovu površinu, Skijapareli je 1877. godine primetio da su pojedini njeni svetli delovi izbrazdani tamnim prugama, a ubrzo zatim otkrio i čitavu njihovu »mrežu«. Smatralo se da su ove kanale podigli razumni Marsovi stanovnici da bi iskoristili oskudnu vlagu za navodnjavanje obradivih površina. Prve sumnje u njihovo postojanje ponikle su kad je račun pokazao da ovi kanali moraju biti široki više desetina kilometara. Sumnja je postala još opravdanija kada, pod izvanredno povoljnim posmatračkim uslovima, ove »kanale« drugi astronomi nisu mogli zapaziti. Duskora se smatralo da su oni optička obmana nastala spajanjem izdvojenih sitnih pojedinosti planetine povr-

šine pod veoma teškim uslovima vidljivosti, pa je i niz eksperimenata izvršenih na Zemlji išao ovome u prilog. No, 1924. godine dobiveni su snimci moćnim teleskopima koji su potvrdili postojanje izvesnih kanala. Danas se smatra da su ovo raseline planetine površine, ali ni u njima se, na žalost, ne može naći nikakav pouzdan dokaz o postojanju razumnih živih bića. Ostaje da i ovu tajnu odgonetne prvi čovek koji se spusti na Marsovu površinu.

Za ovo, doskora pusto maštanje, danas nam pruža opravdane nade čitav jedan kalendar uspešnih čovekovih kosmičkih letova koji su već izvršeni. Setimo se, ne bez uzbuđenja, 12. aprila 1961. godine, kada je u 9^h 0^m i 7^s poleteo u kosmos prvi čovek — Jurij Gagarin. Obletevši oko Zemlje stazu od 41 000 km, srećno se spustio u određenom rejonu. Setimo se zatim 6. avgusta iste godine, kada je German Titov za 25^h i 18^m obleteo 17 puta oko Zemlje. Dvadesetog februara 1962. godine poleteo je i prvi američki kosmonaut Džon Glen u kosmičkom brodu »Friendšip-7« i triput obleteo Zemlju. Posle toga nizali su se sve češći i sve duži kosmički letovi. Dvadeset četvrtog maja 1962. godine, na kosmičkom brodu »Aurora-7«, drugi američki kosmonaut Karpenter tri puta je obleteo zemlju. Jedanaestog avgusta iste godine poleteo je u »Istoku-III« Nikolajev, koji je 64 puta obleteo Zemlju, prevalivši 2 600 000 km. Sutradan je već na »Istoku-IV« startovao Popovič, koji je proveo u kosmosu 71 čas i uspostavio vezu sa »Istokom-III«. Trećeg oktobra lansiran je u putanju oko Zemlje američki kosmički brod »Sigma-VII« sa kosmonautom Širom, koji je 6 puta obleteo Zemlju.

Maja 1963. Amerikanci su poslali svemirski brod »Fejt-7« sa kosmonautom Kuperom, čiji je let trajao 34 časa. Četrnaestog juna iste godine poleteo je »Istok-5« s Valerijom Bikovskim, koji je postavio nov rekord u dužini kosmičkog leta — 119 časova. Za to vreme »Istok-5« obleteo je 81 puta Zemlju i prevalio 3 300 000 km. Šesnaestog juna 1963. godine u kosmos je poletela prva žena — Valentina Terješkova. Njen let je trajao 71 čas.

Prvog novembra 1962. godine lansirana je sovjetska međuplanetska automatska stanica »Mars-I«, teška 893,5 kg, snabdevena instrumentima za merenje i foto-kamerama za snimanje Marsove površine iz velike blizine. Krajem 1963. ona je prispela u blizinu Marsa, odakle je trebalo da putem bežične telegrafije i televizije prenese niz dragocenih podataka. Na žalost, iz nepoznatih razloga, tada je sa njom izgubljena radio-veza. Zahvaljujući nedavno, radarski precizno, izmerenim daljinama, kako Marsa, tako i Venere i Meseca omogućeno je pouzdanije proračunavanje putanja kosmičkih brodova koji se šalju u blizine ovih nebeskih tela s aparaturom za automatska merenja, koja se radio i TV sistemima odmah prenose na Zemlju.

»Mariner 4«, koji je 14. jula 1965. prošao na oko 10 000 km od Marsove površine, te joj se približio pet i po hiljada puta više no Zemlja u najboljem slučaju, pružio nam je prve snimke jedne planete izbliza. Načinjena su 22 snimka, od kojih neki nisu uspeali ili su promašili Mars. Snimanje je vršeno naizmenično kroz plavo-zeleni i crveno-narandžasti filter. Snimci su pre svega potvrdili veliku prozirnost planetine atmosfere. Sem toga, na njenoj površini otkrili su niz kratera, sličnih onima na Mesecu. Ovo je bilo veliko iznenađenje i za naučnu javnost, jer je dosad samo jedan astronom (Fred Huipl) tvrdio da se tako nešto može očekivati zbog blizine Marsove putanje planetoidnom prstenu. Viđeni su krateri prečnika 4—120 km. Oni su plići i oblji od Mesečevih zbog erozivnog uticaja atmosfere, te, po svemu sudeći, predstavljaju neku sredinu između kratera na Zemlji i onih na Mesecu. Hipotetični kanali na Marsu nisu viđeni, mada je niz snimaka obuhvatio baš one oblasti koje su na starim kartama bile njima bogate (Amazonis i Mezozea). Slobodne vode nisu otkrivene ni u jednom obliku iako, treba reći, polarne oblasti nisu obuhvaćene snimcima. Ni život nije primećen ni po jednoj njegovoj manifestaciji, mada i tu treba reći da su ovi snimci po kakvoći slični snimcima Zemlje iz meteoroloških satelita tipa »Tiros«, a od više hiljada takvih snimaka izvesne odlike života zabeležila su samo dva. Rezultati kolorimetrije Marsove površine, koji će takođe dati niz novih obaveštenja, još nisu objavljeni. Ali danas možemo pouzdano očekivati da će već kroz nekoliko godina prvi ljudi zakoračiti na Mesec, a ubrzo posle toga i na najbliže nam planete — Veneru i Mars, i da će tada ne samo odgonetnuti i poslednje njihove tajne već će i izvući neslućene koristi za čovečanstvo.

Glava četvrta

PLANETE PATULJCI

* INTRA MARTEM ET IOVEM...

Još je veliki Kepler prime-
tio, ređajući Sunčeve prati-
lice planete po njihovim da-
ljinama od Sunca, da izme-
đu Marsa i Jupitera postoji velika praznina, pa je u svojoj
knjizi »Tajne neba« pisao: »Između Marsa i Jupitera vero-
vatno postoji još jedna planeta.« Nemački astronom Ticijus
u svojoj knjizi »Izučavanje prirode« istakao je neobičnu
sličnost između niza brojeva koji dobijamo kad brojevima

0 3 6 12 24 48 . .

dodamo po 4, i svaki podelimo sa 10, dakle, između niza

0,4 0,7 1,0 1,6 2,8 5,2 10,0

i niza udaljenosti planeta od Sunca izraženih u Zemljinoj
daljini:

0,4 0,7 1,0 1,5 — 5,2 9,5.

Bez nekog ozbiljnog razloga Ticijus je takođe pretpostavio
da između Marsa, koji oko Sunca obilazi na daljini od 1,5 astro-
nomskih jedinica, i Jupitera, koji obilazi na 5,2 jedinica, mora
postojati još jedna planeta, i to baš na daljini od 2,8 astro-
nomskih jedinica od Sunca, jer je tako zahtevala pravilnost
njegovog niza.

Italijanski astronom Pijaci, radeći na sastavljanju svog
zvezdanog kataloga, primetio je prve noći XIX veka jedno

sićušno nebesko telo za koje se sutradan uverio da se pomerilo
među zvezdama. Pijaci je pomislio da je otkrio novu kometu
i pomno ju je iz noći u noć pratio tokom šest nedelja mereći
njene položaje na nebu. Usled teške bolesti, od koje se tek
posle dužeg vremena oporavio, Pijaci je morao da prekine
svoja posmatranja i njegova »komet« bila je izgubljena u
beskrajnom zvezdanom moru. Uzalud se za njom tragalo i u
Francuskoj i u Nemačkoj.

Mladi, slavom ovenčani matematičar Gaus, koji je tada
već bio završio svoju »Teoriju najmanjih kvadrata« i svoju
»Metodu za računanje planetskih putanja iz tri posmatrana
položaja planeta na nebu«, jedva je dočekao ovu priliku da
oprobe oštricu svoje metode. Iz Pijacijevih posmatranja izra-
čunao je verovatnu putanju ovog nebeskog tela, a zatim i nje-
gove položaje na nebu u toku te (1801) godine, pa je zamolio
svog prijatelja, astronoma Caha, da telo potraži na predviđe-
nim položajima u određene dane.

Dugotrajne oblačine i magle na kraju 1801. godine ome-
tale su kao zainat ovaj trudni posao. No posle upornog tra-
ganja, tačno na dan godišnjice otkrića, ovaj astronom ulazi
u trag ovoj zalutaloj planeti — jer više sumnje nije moglo biti
da je to telo planetica. A iz Gausovih računa je izlazilo da se
njena daljina od Sunca u potpunosti slaže sa Ticijusovim
predviđanjima. Eto jedne puke slučajnosti koja je dovela do
otkrića nove planete! Mi ćemo docnije videti još jednom kakvu
je uslugu Ticijusov niz učinio astronomima u traganju za pla-
netama.

Pijaci, kao srećan roditelj, podario je novorođenoj planeti
ime Cerera za spomen na zaštitnicu njegove rodne Sicilije.

* HAJKA ZA PLANETAMA

Lekar i ljubitelj neba Ol-
bers, docnije slavni astro-
nom — istraživač kometa,
zainteresovao se za ovaj slučaj. An je tako pažljivo pratio Pija-
cijevu Cereru da je do tančina upoznao sve slabe zvezde u obla-
sti kojom se planeta kretala. Dvadeset osmog marta 1802, ne-
daleko od Cerere primetio je jednu slabačku zvezdu za koju mu
se učinilo da ranije nije bila na tom mestu. Ubrzo se uverio
da se ova »zvezdica« doista kreće. Tako je bila otkrivena dru-
ga mala planeta između Marsa i Jupitera, kojoj je Olbers na-
denuo ime Palada.

Gaus je za nju izračunao putanju i, za divno čudo, našao
da se obe planete kreću jedna za drugom gotovo po jednoj istoj
putanji. Tako su njihove elipse bile po veličini jednake, a malo
nagnute jedna prema drugoj. U Olbersu se tada začela misao
da su ove dve planetice ostaci jedne celovite velike planete,

koja se u svojoj dalekoj prošlosti, usled neke nebeske katastrofe, raspala u komade.

Ako je pretpostavka tačna, morale bi se i putanje ostalih planetica, nastalih u ovoj katastrofi, presecati na istom mestu gde i putanje Cerere i Palade. Tri godine je Olbers tragao za novim planeticama u sazvežđu Devojke, gde se jedna od ovih tačaka nalazila. No, 1 807. njegov trud je bio nagrađen otkrićem treće male planete — Veste. Ali još 1804. godine Harding je u blizini druge tačke preseka našao još jednu planeticu, koju je nazvao Junona.

U prvi mah je izgledalo da će se Olbersova pretpostavka obistiniti, jer kroz 40 narednih godina nije otkrivena više nijedna planeta.

Poštanski činovnik Henke, strasni ljubitelj neba, 15 godina je bezuspešno tragao za ovim neobičnim podanicima Sunčeve države, pa ipak ga oduševljenje ni za časak nije napustilo. Ono je najzad i nagrađeno uspehom, jer Henke, posle otkrića Astree, nalazi čitav niz malih novih planeta. Njihove su putanje bile toliko različite da je Olbersova hipoteza morala biti napuštena.

* U POMOĆ DOLAZI NOVO ORUŽJE

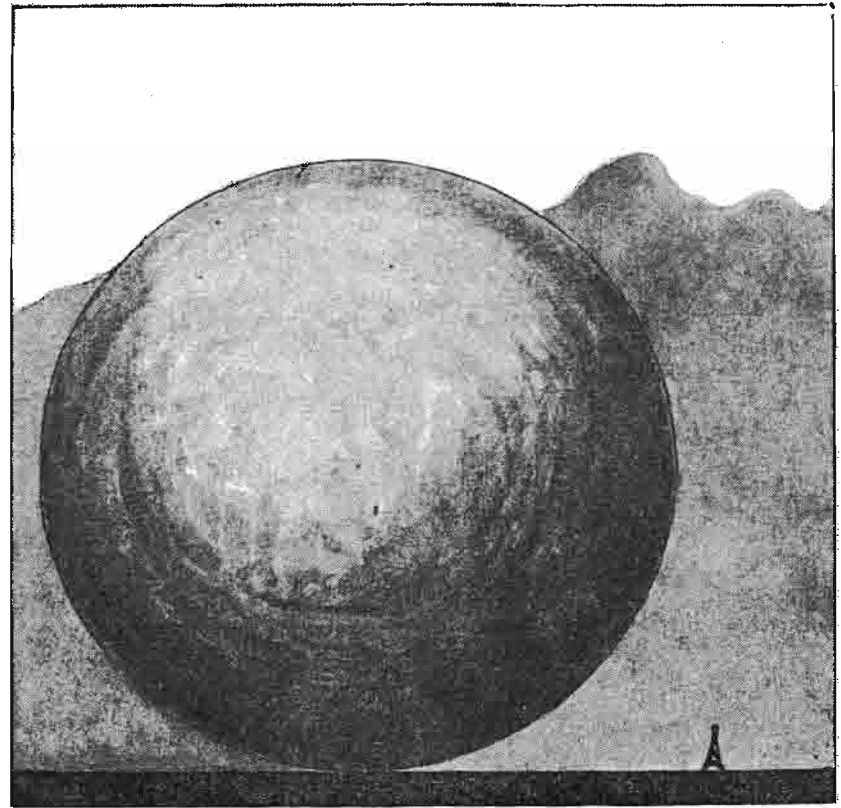
Godine 1891, znameniti astronom Volf primenjuje prvi put fotografsku ploču u potrazi za malim planetama.

Doista, na njoj se pri izlaganju od 1,5 do 2 časa jasno isticao trag planete kao pokretnog nebeskog tela među zvezdama kao svetlim tačkama. Koliko je ova metoda traganja bila plodnosna vidi se po tome što Volf njome otkriva blizu 600 novih planetica, a njegov učenik Rajnmüt blizu 1 000.

Zahvaljujući ovoj metodi, do danas je posmatrano preko 6 000 novih malih planeta, od kojih su preko 1 700 dobile svoje putanje i nazive.

Na Beogradskoj opservatoriji M. Protić sa uspehom traga za ovim čudnim telašcima od 1936. godine, pa je jednim relativno malim instrumentom otkrio oko 25 novih malih planeta. Sedam ih je dobilo putanje, a četiri su svrstane među definitivno ispitane. To su: Srbija, Jugoslavija, Beograd i Tito.

Sada se svake godine otkrije po 200 i više novih planetica, no iz godine u godinu otkrivaju se planetice sve slabijeg i slabijeg sjaja, tako da tu danas ima posla samo za moćne instrumente. Zahvaljujući radovima astrofizičara Fesenkova, danas se zna da planetoida ima beskrajno mnogo i da oni neprekidno prelaze u kosmičku prašinu, kojom je ispunjen čitav Sunčev sistem.



PROSEČNI PLANETOID I AJFELOVA KULA KRAJ NJEGA U ISTOJ RAZMERI (sl. 26)

* I MEĐU PATULJCIMA IMA RAZLIKE

Kad je prostor između putanja Marsa i Jupitera, na širini od nekih 225 miliona kilometara, поближе ispitan u pogledu njegovog neobičnog stanovništva, zapažena je jedna zanimljivost. Na izvesnim karakterističnim daljinama od Sunca postoje prazni pojasevi u prstenu malih planeta. Nebeska mehanika je objasnila da to dolazi usled poremećajnog dejstva džinovske planete Jupitera, koje je naročito jako na tim mestima, pa kao da su se planetice sa tih pojaseva razbegle.

Samo nekoliko najvećih planetica u moćnim đurbinama vide se kao sićušni koturići, čiji se prečnik može premeriti finim zavrtanjem paukove niti. Veličine ostalih cene se prema njihovoj daljini i sjaju.

Tako se, na primer, zna da Cerera ima u prečniku oko 770 km, te da je od Meseca manja otprilike koliko i Mesec od Zemlje, da Palada ima prečnik od 490 km, Junona od 190, a Vesta od 380 km. Ostale su planetice znatno manje. Većina ih nema ni 1 km u prečniku. Slika 26 prikazuje jednu prosečnu planeticu u poređenju sa Ajfelovom kulom.

*** EKSTRAVAGANTNI SUSEDI
I KORIST OD NJIH**

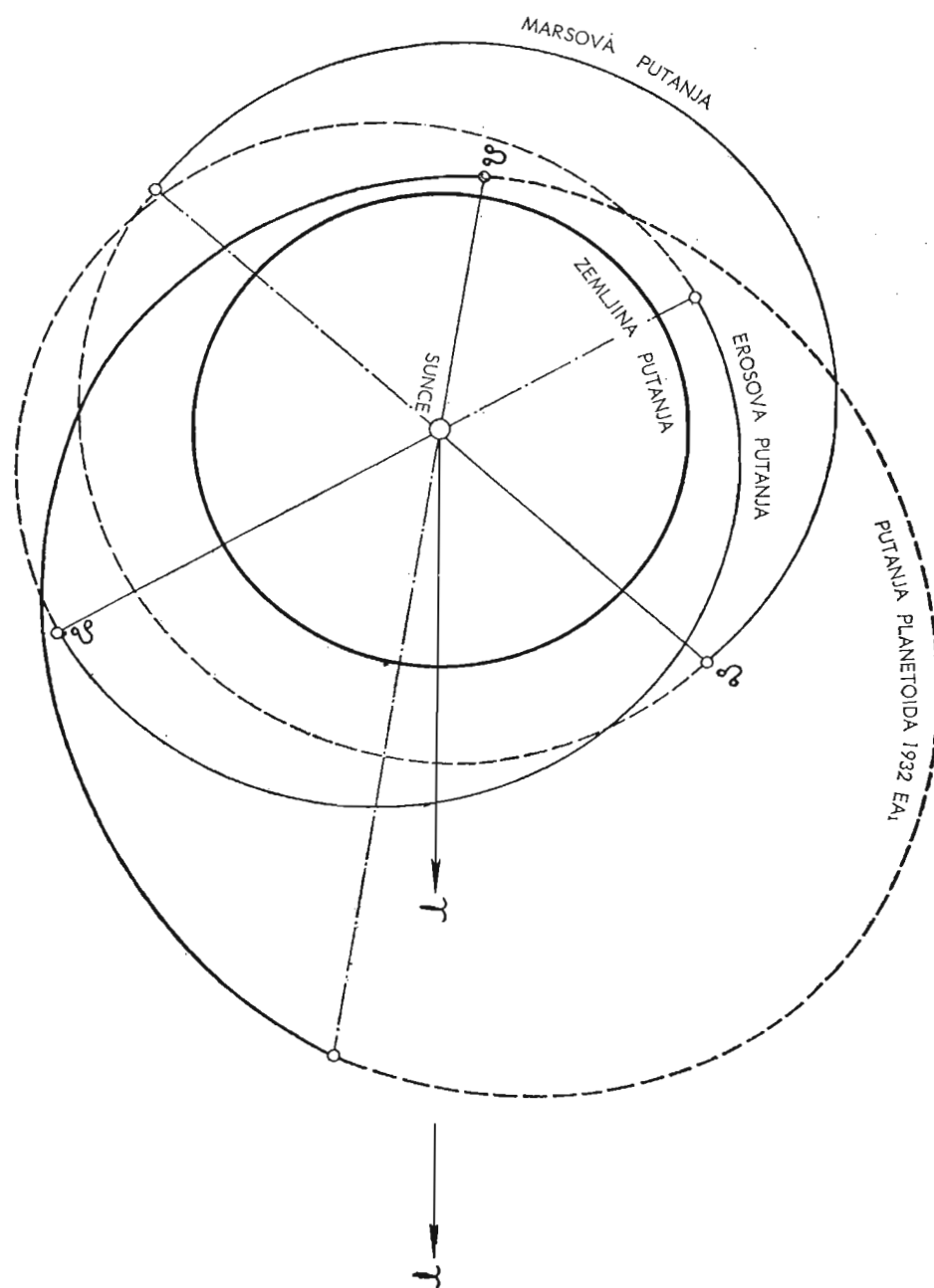
između Marsove i Jupiterove putanje. Godine 1898. otkrivena je, međutim, jedna planetica, nazvana Eros, za koju je kasnijim računanjem putanje utvrđeno da može prići Zemlji 2,5 puta bliže od samoga Marsa. Ovu okolnost astronomi su iskoristili da odrede Zemljinu daljinu od Sunca — nebeski metar — kojim se premeravaju sve daljine u Sunčevoj državi.

Godine 1931. Eros je prišao na svoju najmanju daljinu Zemlji. Tada su ga posmatrale mnoge opservatorije iz sasvim suprotnih tačaka Zemljine lopte. Položaj Erosa među zvezdama posmatran sa ovako različitih tačaka na Zemlji razlikovao se za čitavu lučnu minutu. Iz poznatog Zemljinog prečnika i ove razlike izračunata je Erosova daljina u kilometrima, na način na koji se računa daljina nepristupačnih predmeta na Zemlji — trigonometrijski. No kako je njegova putanja bila poznata, ova daljina se mogla izraziti i u rastojanju Zemlje od Sunca. Upoređivanjem ova dva rezultata, za Sunčevu daljinu od Zemlje dobivena je vrednost od 149 674 000 km, sa tačnošću do 15 000 km ili sa greškom od 0,01%. Ovo je ujedno i najveća tačnost koja je dosad postignuta u određivanju ove osnovne astronomske jedinice za dužinu.

Eros se pokazao neobičnim susedom i po tome što u toku vremena znatno menja svoj sjaj, i to ne uvek na isti način. O uzroku njegove promenljivosti prvi je postavio hipotezu francuski astronom Andre, tvrdeći da je Eros dvojna planetica čija oba tela obilaze oko zajedničkog težišta. On je izračunao i elemente njihovih putanja, pa se, na osnovu ovako izračunatih elemenata, promena Erosovog sjaja dobro slagala s posmatranom. Posle toga bilo je i drugih pretpostavki — da je Eros sastavljen iz materijala s veoma različitom odbojnom moći, ili iz kristala koji odbijaju Sunčevu svetlost kao ogledalo, ili da je sasvim nepravilnog oblika. No posmatranja su jednu po jednu od ovih hipoteza demantovala. Ines, sa Johannesburške opservatorije, prvi je 1924. zapazio da je Eros izduženog oblika. Van den Bos i Finzen su 1931. sa iste opservatorije uporno posmatrali ovu planeticu velikim teleskopom i zapazili da se u jednom peridu vidi izdužena, zatim u vidu osmice i, najzad, kao dva tela koja tek što se nisu razdvojila.

Sve do pred kraj prošloga veka smatralo se da su male planete pitoma nebeska tela koja se kreću u pojasu

PUTANJE NEKIH PLANETOIDA PREMA ZEMLJINOJ PUTANJI (sl. 27)



Ova posmatranja snažno su potkrepila Andreovu hipotezu, no ni do danas još nije sasvim raščišćeno pitanje da li je Eros dvostruka planeta ili je samo kruškastog oblika, jer se u oba slučaja njegove izračunate promene sjaja mogu složiti sa posmatranim. Definitivno rešenje problema očekuje se u skoroj budućnosti. Ono je utoliko interesantnije, što je u novije vreme promenljivost sjaja primećena i kod nekih drugih planetoida. Kod nekih je ona vrlo nepravilna, pa se smatra da potiče od njihovog nepravilnog oblika, koji je opet posledica njihovog postanka od većih planetoida raspadanjem u međusobnim sudarima.

U razdoblju između 1932. i 1949. godine pronađeno je još nekoliko planetica koje se još više približuju Zemlji. Jedna od njih, Amor, može joj prići do na deseti deo Sunčeve daljine, druga — Apolon — do tri miliona kilometara, treća — Adonis — do 1,5 milion kilometara, a četvrta — Hermes — do 500 hiljada kilometara, dakle na 1,5 Mesečeve daljine. Godine 1949. pronađen je naš najneobičniji sused — mala planeta Ikar, koja zalazi u samu unutrašnjost Merkurove putanje.

Još ranije su, međutim, otkrivene neke planetice koje imaju toliko izdužene putanje da se mogu udaljiti od Sunca više i od Saturna, te tako iz Sunčeve blizine preći u najdalje oblasti njegove države. Po ovoj osobini, a i po svom izgledu i sastavu, ove planetice predstavljaju vezu između planeta i kometa, pa su vrlo značajne sa gledišta kosmogonije — nauke o postanku nebeskih tela (vidi sl. 27).

Ovi naši neobični susedi, mala nebeska tela slična našem pratiocu Mesecu, samo znatno manjih dimenzija, nisu ništa drugo do velike vasionke stene bez vode i vazduha, s vrlo malom privlačnom silom. Iako sama po sebi nisu mnogo interesantna, poslužiće nam možda u bližoj ili daljoj budućnosti kao nebeski brodovi na koje ćemo se našim raketama lako ukrcati kad nam se približe, a koje će nam pružiti izvanredno retku priliku da se, zaštićeni tekovinama naše civilizacije, provozamo kroz Sunčevu državu, od njenog središta do periferije, i da u prolazu iz neposredne blizine osmotrimo Sunce, velike planete i ostale njene stanovnike, i tako otkrijemo mnoge njene tajne.

Glava peta

PLANETE DŽINOVI

* IZA PATULJAKA KOLOSI

Još su prastari narodi dobro poznavali sjajnu žutu »zvezdu«, sjajniju i od Sirkusa, koja često svojim mirnim ali jakim sjajem ukrašava naše nebo i koja se polako kreće iz jednog zodijskog sazvežđa u drugo. To je planeta Jupiter. Prateći njene položaje prema Zemlji i Suncu, oni su utvrdili da ova sjajna planeta obiđe oko Sunca za nepunih 12 godina, po čemu se cenilo da je veoma udaljena od Sunca. No kad je Kepler našao svoje čuvene zakone planetarnih kretanja, od kojih treći vezuje poluosovinu planetine putanje za vreme njenog obilaska oko Sunca, moglo se lako proračunati da je Jupiter preko pet puta dalje od Sunca no Zemlja. A kad su astronomi počeli svojim mikrometrima da mere uglove pod kojima vidimo prečnike planeta, našli su da Jupiterov prečnik iznosi oko 40 lučnih sekundi. Telo koje se pod ovim uglom vidi na prosečnoj daljini od nekih 780 miliona kilometara mora biti po zapremini 1 300 puta veće od same planete na kojoj smo nastanjeni. Kad kroza Sunčevu državu krenemo dalje i od planeta patuljaka, naići ćemo na pravi kolos među planetama. Videćemo da ćemo, udaljavajući se sve više od Sunca, na našem daljem putu pokraj planeta nailaziti odsad na same džinove. No Jupiter je neuporedivo veći od svih njih i on bi doista u jednom trenutku kada bi nestalo Sunca svojom masom preuzeo vlast nad svima podanicima Sunčeve države.

Kad je Njutn, posle otkrića zakona gravitacije, našao da u treći Keplerov zakon ulazi i masa planete, i sam Jupiter mogao se lako staviti na nebeski kantar i njemu se lako mogla

odrediti masa. Nađeno je da ona iznosi hiljaditi deo Sunčeve mase, ili da je 318 puta veća od Zemljine mase. S obzirom na ogromne Jupiterove dimenzije, ovo znači da je njegova prosečna gustina četiri puta manja od Zemljine, što opet znači da je sastavljen od retke materije.

*** STA SE VIDI KROZ DURBIN**

I u omanjem durbinu se na Jupiterovom koturu jasno razlikuju njegove tamne pruge, paralelne ekvatoru, sa svetlim i tamnim mrljama. Zbog njegove velike udaljenosti, i najsitnija njegova pega koja se vidi u moćnom teleskopu velika je nekoliko hiljada kilometara. Sitnije pojedinosti se zasad na njemu ne mogu zapaziti. No već po njegovom jakom sjaju i odbojnoj moći za Sunčeve zrake, po tome što mu sjaj opada idući od središta ka periferiji kotura i po brznoj promeni izgleda njegove površine, jasno je da to nije površina planete koju vidimo, već samo njena gusta atmosfera.

Spektroskop je nedavno pomogao Danhemu da dokuči da u njoj ima vrlo malo vodene pare, da preovlađuje vodonik i helijum i da naročito mnogo ima gasova koje ne srećemo u Zemljinom vazдушnom okeanu — amonijaka i barskog gasa metana. Spektroskop nam iz pomeranja pruga otkriva još i brzinu Jupiterovog obrtanja, koja je vrlo velika. Ova džinovska planeta obrne se oko sebe za nepunih 10 časova. Osim toga, on nam pokazuje da se pojedini njegovi pojasevi obrću različitom brzinom, i to utoliko sporije ukoliko su bliži polovima. Ovo još jednom potvrđuje da je Jupiter obavijen debelim slojem guste atmosfere.

Njegove tamne pege predstavljaju silazna, a svetle uzlazna atmosferska strujanja. Belina ovih poslednjih dolazi verovatno od amonijačnih kristala u ovoj hladnoj atmosferi, gde većito caruje temperatura oko 120°C ispod nule.

Godine 1878. primećena je na južnom Jupiterovom polu džinovska crvena pega, koja je naknadno nađena i na Kasinijevim crtežima. Široka 11 a duga 50 hiljada kilometara, po svojoj veličini ona nekoliko puta prevazilazi samu Zemljinu loptu i ostavlja utisak moćne očvrsle sante koja plovi po rastopljenoj planetinoj površini, koja se na tom mestu nazire kroz oblake (sl. 28). Ona ne rotira brzinom kojeg pripada, menja svoju brzinu kretanja i boju. Druga zanimljiva pojava planetine površine je takozvana »velika južna perturbacija«, ili veoma tamna mrlja, koja se nalazi u istom pojasu gde i velika crvena pega. Ova mrlja opisana je prvi put 1901. godine. Ona se kreće brže od svoje zone i svake 2 do 2,5 godine dolazi do susreta između nje i crvene pege. Kada dostigne



IZGLED JUPITERA U ASTRONOMSKOM DURBINU (sl. 28)

pegu, ona se razliva oko nje, usporava svoje kretanje a ubrzava kretanje crvene pege, zatim je zaobilazi i nastavlja svoj put.

Još je hipotetičnije stanje u kome se nalazi sama površina planete, koju ne vidimo. Nekada se, sudeći po njenoj maloj gustini, verovalo da je čitava planeta u tečnom stanju i postavljalo da je temperatura ispod njenih gustih oblaka znatno viša. Kasnije se smatralo da se ispod visoke i guste atmosfere, koja se pod džinovskim pritiskom ponaša kao tečni omotač, krije malo čvrsto jezgro. Danas preovlađuje mišljenje da je površina Jupitera u toplom plastičnom stanju, koje čini prelaz iz tečnog stanja u čvrsto. I doista, ovo jezgro ne zrači sopstvenu svetlost, jer su senke koje njegovi pratioci bacaju na planetinu površinu potpuno tamne, a i za vreme njihovih pomračenja u Jupiterovoj senci ne pokazuju ni trunke osvetljenja.

*** ŠTO VEĆI DŽIN, TO VIŠE PRATILACA**

Videli smo da planete bliske Suncu, Merkur i Venera, putuju usamljene kroz vasioni prostor, da Zemlju prati samo jedan, a Mars dva pratioca. Jupiter, međutim, ima čitavu svitu od 12 satelita i tako predstavlja Sunčev sistem u malom. Videćemo da su i ostale džinovske planete praćene svitama satelita, no Jupiter u ovome, kao i u veličini, nosi pravi rekord.

Januara 1610. godine Galilej je opazio oko Jupitera tri sitne »zvezdice«. Sutradan je primetio da se one kreću oko planete, pa je ubrzo otkrio i četvrtu. To su bila četiri najveća Jupiterova pratioca: Io, Evropa, Ganimed i Kalisto, koje mi danas vidimo kad i najmanji dogled upravimo na ovu zanimljivu planetu.

Ovo Galilejevo otkriće imalo je u svoje vreme veliki ideološki značaj. Setimo se da je ono učinjeno u doba kada se borba oko Kopernikovog sistema sveta počela sve više zaoštravati. Deset godina pre toga spaljen je Đordano Bruno, upravo zato što je tvrdio da je, nasuprot učenju katoličke crkve, Sunce središte Planetskog sistema, da je samo jedna od mnogobrojnih zvezda u svemiru, da i oko ostalih zvezda obilaze planete i da su i ove po svoj prilici nastanjene živim i razumnim bićima. Galilej je odmah shvatio važnost otkrića Jupiterovih satelita u borbi za Kopernikov sistem sveta. Objavljajući 1610. godine u svom »Zvezdanom vesniku« rezultate ovih svojih otkrića, Galilej kaže da »iz svega izloženog dobijamo sjajan argument protiv onih koji su, prihvatajući u Kopernikovom sistemu kretanje planeta oko Sunca, toliko zbunjeni godišnjim obilaženjem Meseca i Zemlje oko Sunca, da odbacuju taj sistem sveta. No sada postoji ne samo jedna planeta koja se kreće oko druge a zajedno s njom oko Sunca, nego ih je četiri koje putuju oko Jupitera i zajedno s njim oko Sunca«. Poznato je s kakvim je oduševljenjem Galilej branio Kopernikov stav uprkos sudbini koju mu je inkvizicija namenila.

Godine 1892. Barnard otkriva svojim velikim teleskopom u samoj blizini Jupiterovoj izvanredno sićušan peti satelit, koji po načinu svoga kretanja i danas zadaje muke nebeskim mehaničarima. U našem veku, sa razvitkom tehnike instrumenata, a naročito sa upotrebom fotografije, nižu se otkrića i ostalih sedam Jupiterovih pratilaca. Dvanaesti je otkrio Nikolson tek posle drugog svetskog rata.

Dok su tri od prva četiri pratioca veći od Meseca, a Ganimed i Kalisto dostižu Merkurovu veličinu i predstavljaju svetove za sebe, ostali su majušna nebeska telašca poput malih planeta. Šesti, sedmi i deseti obilaze oko Jupitera po izduženim putanjama na daljini od nekih 160 planetinih poluprečnika. Osmi, deveti, jedanaesti i dvanaesti, pak, predstavljaju treću grupu, koja oko planete kruži na dvaput većoj udaljenosti. Ne samo po izgledu već i po putanjama ovi sateliti podsećaju na male planete. Uz to, prva tri obilaze oko Jupitera u smeru kazaljke na časovniku, dakle suprotno od smera u kome se sve planete obrću i obilaze oko Sunca, i u kome kruži većina satelita. Zbog ovoga je još dosta davno istaknuta pretpostavka da je ovu grupu satelita džinovska planeta stekla

»zarobljavanjem«, tj. privlačenjem onih nestašnih planetica koje su se usudile da joj se suviše približe. No ova pretpostavka nije mogla biti konačno potvrđena.

★ NA JUPITERU I NJEGOVIM PRATIOCIMA

Zbog guste, pune oblaka atmosfere, kakvu nismo navikli da vidimo na Zemlji pa čak ni na Veneri, kojom ona skriva svoje lice, teško možemo govoriti o fizičkom stanju Jupiterove površine. Osim toga, neizmerne hladnoće u njegovoj atmosferi i njegova vrela površina ne ostavljaju nam mnogo nade da je nastanjen ma i najprimitivnijim oblicima života. Ali život je vrlo neobična i otporna tvorevina prirode. Znamo da ima jednoćeličnih i drugih živih organizama na Zemlji koji mogu da se održavaju i na vanredno visokim i na neobično niskim temperaturama, pa čak i bez prisustva vode i vazduha. Znamo i za moć živih organizama za svakovrsna prilagođavanja. Zašto ne bismo onda svojoj mašti dopustili i taj luksuz da zamislimo živa bića koja, recimo, umesto ugljenika, za svoj glavni sastojak imaju silicijum ili kalcijum i koja su prilagođena uslovima koji vladaju na planeti kakva je Jupiter. Sudeći po njegoj starosti, koja znatno prevazilazi starost Zemlje, pa i Marsa, smemo pretpostaviti da ovakvi živi oblici mogu biti, iako potpuno različiti od ovih na Zemlji, znatno savršeniji od njih. Da li je i za njih, možda, zagonetka ima li života na slabačkoj planetici Zemlji, koja se za njih gubi u Sunčevoj blizini kao najsićušnija zvezdica? Ne misle li možda i oni, kao doskora čovek, da su središte čitave vasione?

Šta tek ostaje da mislimo za Jupiterova četiri velika satelita, na kojima su uslovi, po svoj prilici, slični onima na Zemlji, izuzev preoštire zime? Možda će čovek odgonetnuti tajnu života na drugim svetovima baš u naše vreme, kada se snagom svoga genija i svoje tehnike vine daleko van planete čijom je težom prikovan za njenu površinu.

Zamislimo u bližoj ili daljoj budućnosti vasijskog putnika u naročitoj odelu, koje može po volji hladiti i zagrevati, izvanredno otpornom na velike pritiske, snabdevenog hranom i aparatom za disanje, obezbeđenog od promena u atmosferskim pritiscima i u jačini teže. Zamislimo da se tako opremljen putnik, u naročito podešenoj raketi, vinuo sa našeg stalnog veštačkog satelita za međuplanetska putovanja na jednu od onih malih planeta koje nam se približuju »nadomak ruke« i da ga je ona odnela u Jupiterovu blizinu. Sa planetice mu neće biti teško da se odvoji, jer ga za nju vezuje neznatna privlačna sila, i da pređe na džinovsku planetu. Koristeći vertikalne struje u njenoj atmosferi za usporavanje, spustiće se lako i na samu njenu površinu, gde će već morati da se koristi

aparatom za hlađenje i za obezbeđenje od prevelike teže, pod kojom bi se njegovo trošno telo smrvilo.

Tu će on biti svedok mnogih neobičnih novosti, a imaće i prepune ruke posla. Koliko će biti posla samo oko skupljanja uzoraka Jupiterove materije za ispitivanja u laboratorijama na Zemlji, a koliko li tek brige da se živi primerci obezbede od štetnog dejstva vazduha i vode, od retke atmosfere i male privlačne sile kojima će biti izloženi kad budu preneti na Zemlju!?

Pa, i pored svega posla i brige i pored svih zanimljivosti na neobičnoj površini ovoga kolosa, čovek neće moći a da ne pogleda u instrument za gledanje kroz gustu atmosferu i na taj način postane svedok prizora kakvi se na našem nebu nikad ne vide. Dvadeset sedam puta manji po površini, mali Sunčev kotur toliko puta slabije obasjava i greje ovu daleku golemu planetu. Još neobičnija za ovog posmatrača biće brzina kojom Sunce juri po Jupiterovom nebu i kojom od izlaza do zalaza prelazi svoj put za samo 4 časa i 25 minuta. Pored blede dnevne svetlosti posmatrač će biti u potpunosti lišen i prizora zore i sutona sa njihovim prelaznim senkama i prelivima boja.

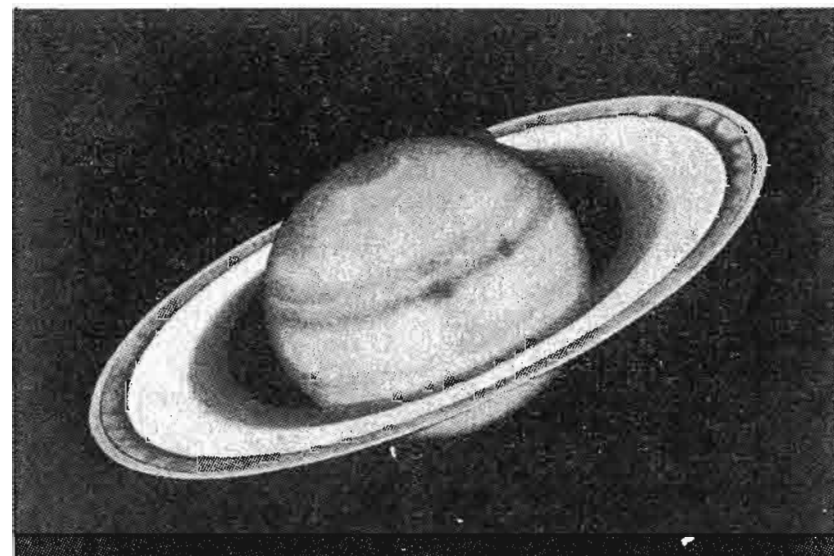
Zato će biti bogato nagrađen neobičnim i neviđenim prizorima noćnog neba. Dvanaest mesecâ koji jure jedan za drugim, prelazeći veoma brzo iz jedne faze u drugu, doista predstavljaju neočekivani prizor, a naročito četiri najveća, koji sa Jupitera izgledaju koliki i Mesec sa Zemlje. Oni se pri svakom svom uštupu pomračuju, a pri mladini na mnogim delovima planetine površine dočaravaju čarobni prizor potpunih Sunčevih pomračenja, toliko redak za jedno mesto na Zemlji.

* PLANETA SA SESIROM

sjajnu »lutalicu«, koja svojim crvenkastim sjajem ukrašava noćno nebo. To je planeta Saturn (sl. 29). Po tome što se sporo pomera iz sazvežđa u sazvežđe, oni su cenili da je veoma daleko od Zemlje. Iz toga što joj treba blizu 30 godina da obiđe oko Sunca, Keplerovi nas zakoni uče da je skoro 10 puta dalja od njega no Zemlja i da oko Sunca obilazi po eliptičnoj putanji na srednjoj daljini od blizu milijardu i po kilometara od naše centralne zvezde. Mereći veličinu njenog kotura u durbinu i znajući njenu daljinu od Zemlje, astronomi su našli da je po zapremini 800 puta veća od Zemlje.

Ono što ih je najviše iznenadilo kod ove džinovske planete bila je njena mala gustina, koja je 8 puta manja od prosečne Zemljine gustine, što će reći da je ova planeta ređa i od same vode. Njena velika spljoštenost, koja se zapaža i u

omanjem astronomskom durbinu, ide ovom u prilog. Ona se objašnjava velikom brzinom obrtanja ovoga džina, koji, uprkos svojoj glomaznosti, nije nimalo trom: oko sebe se obrne za desetak časova. Kako se njegove pruge, paralelne ekvatoru, s karakterističnim tamnim pegama, iz časa u čas menjaju, nije bilo teško utvrditi i to da se ovaj džin, kao i Jupiter, ne obrće kao celina, već mu se svaki pojas obrće za sebe. Ekvatorski, koji je po sredini, obrće se najbrže. Stari astronomi su zato mislili da se ova velika planeta još nije sasvim ohladila. Danas se smatra da ona ima čvrsto, ali malo jezgro, koje je obavijeno gustom i veoma visokom atmosferom. Ono što mi kroz durbin vidimo to su upravo gornji slojevi njene atmosfere sa oblacima amonijaka i metana. Zbog njene udaljenosti od Sunca, u atmosferi joj caruje večna zima, od 150°C ispod nule. Na toj tem-



IZGLED SATURNA U VELIKOM ASTRONOMSKOM DURBINU (sl. 29)

peraturi svi su laki gasovi u čvrstom stanju, pa i samog amonijaka ima veoma malo u obliku gasa, te prevladuje metan. O temperaturi same površine ne može se još ništa pouzdano reći, no svakako da mora biti znatno toplija pod gustim oblačnim omotačem.

Oko Saturna obilazi deset satelita, od kojih je najveći, Titan, veći i od samoga Merkura. To je prvi satelit u Sunčevoj državi na kome je otkrivena atmosfera. Ona je po sastavu slična Saturnovoj. Najdalji Saturnov pratilac Febe obilazi oko njega suprotno smeru njegovog obrtanja, pa se i za nj, kao i za

četiri Jupiterova satelita, smatra da je, u stvari, samo jedna »zarobljena« mala planeta i da nije postao od samog Saturna.

No ako malo bolje zagledamo u jači poljski durbin, videćemo po sredini planete tanki obod, pa će nam izgledati kao da je planeta pod šeširom. To je Saturnov prsten — najzanimljivija pojava u celoj Sunčevoj naseobini.

* PRIČA O PRSTENU

Još je Galilej 1610. prime-
tio kroz svoj primitivni durbin dva svetla tela pored Saturna. On je pomislio najpre da su to njegovi bliski sjajni pratioci, no kad je slika u toku vremena počela da se menja i pratioci da liče na »drške«, našao se i sam u nedoumici. Ne usuđujući se odmah da objavi svoje otkriće, on je objavio šifrovani anagram iz latinskih slova, kako je to u ono vreme u sličnim prilikama bilo uobičajeno, pa je čekao da daljim posmatranjima potvrdi otkriće i tek tada da slova uredi u rečenicu koja ovo otkriće jasno saopštava. Anagram je glasio: »Smaisnermielmbpobtalcvmiibvneuvgttaviras.«

Ukoliko bi neko hteo zagonetku pre vremena da odgonetne, morao bi izvršiti sve moguće permutacije slova dok ne bi dobio rečenicu sa logičkim smislom. Međutim, kao što iz matematike znamo, od ovih 39 slova može se izvršiti ogroman broj permutacija, broj koji ima 35 cifara.

Znameniti astronom Kepler, čuven po svom natčovečanskom strpljenju koje je uložio da otkrije svoje znamenite zakone planetskog kretanja, latio se ovog teškog posla da dešifruje anagram i posle mnogo muka sastavio je (ispuštajući tri slova) rečenicu: »Salve umbestineum geminata Martra proles«, ili na našem jeziku: »Zdravo, bliznaci, Marsov porode.« Kepler je mislio da je Galilej otkrio dva Marsova saputnika. (Ovo se otkriće zaista i ostvarilo, ali tek dva i po veka kasnije. Međutim, Galilejev anagram značio je: »Altassimam planetam tergeminum observavi!« (Najdalju planetu video sam utrostručenu!«

Zbog tridesetogodišnjeg obilaženja oko Sunca, ono dva puta dolazi u ravan prstena, te ga bočno osvetljava, pa za posmatrača sa Zemlje, usled svoje izvanredno male debljine, prsten prividno iščezava svake petnaeste godine. To se desilo i Galileju nekoliko godina posle otkrića Saturnovog prstena. Srednjovekovna sredina počela je tumačiti ovo iščezavanje božjim gnevom, koji je razbio planetu i čiji delovi lete i prete propašću i samoj Zemlji.

Veliki fizičar Hajgens prvi je, međutim, pouzdano utvrdio postojanje zagonetnog prstena oko ove džinovske planete. On je objavio da je prsten pljosnat, da slobodno lebdi i da je nagnut prema Sunčevoj prividnoj putanji — ekliptici.

Godine 1675, prvi direktor Pariske opservatorije Kasini otkriva da se prsten sastoji iz dva prstena, razdvojena tamnom razdelnicom. Kasnije je nađena još jedna razdelnica, kao i prozračni, paučiniasti deo prstena, koji je najbliži planeti, i kroz koji se lepo može videti njen svetli kotur. Veliki fizičar Meksvel, čuven po svojoj elektromagnetskoj teoriji svetlosti, matematički je dokazao da prsten ne može biti kompaktan, već da se mora sastojati iz sitnih čestica, meteora. Teoriju je valjalo, kao i uvek u prirodnim naukama, potvrditi posmatranjima ili eksperimentom pre no što se smela usvojiti.

Astrofizičar Miler, sa Potsdamske opservatorije, otkrio je da sjaj prstena opada kada je on bočno osvetljen. Po Zeligero-
vom tumačenju ovo je moguće samo ako se prsten sastoji iz čvrstih delova, jer u tom slučaju jedni delići bacaju svoje senke na druge deliće.

Najneposredniji dokaz da se prsten sastoji iz roja meteora dali su početkom ovoga veka, na osnovu spektarske analize, Belopoljski u Rusiji i Kiler u Americi, služeći se poznatim Doplerovim principom. Prema ovom principu, linije u spektru svetlosnog izvora pomeraju se ka ljubičastom delu spektra ako nam se on približava, ili ka crvenom ako se udaljuje od nas. Kad bi se prsten okretao kao čvrsto telo, pomeranje spektarskih linija dobivenih od spoljašnjih pojaseva prstena bilo bi veće. Posmatranja su, međutim, pokazala obrnuto, tj. da je brzina kojom udaljeniji delovi prstena kruže oko Saturna manja, što je moguće jedino ako se on sastoji iz posebnih delića koji, po Keplerovim zakonima, kruže oko planete svaki za sebe.

Još u prošlom veku francuski matematičar Roš pokazao je da svaka planeta ima granicu koja opasuje tzv. »zonu opasnosti« u njenoj neposrednoj blizini. Dođe li koje nebesko telo u unutrašnjost ove zone, privlačna sila planete, koja je tu veoma jaka, može ga u toku vremena raskomadati. Zanimljivo je da se Saturnov prsten nalazi baš u Saturnovoj »zoni opasnosti«. Zato se i pretpostavlja da je on postao od njegovog najbližeg satelita, koji mu se u toku mnogih miliona godina postupno približavao i najzad prekoračio »demarkacionu liniju«.

Kako astrofizička ispitivanja pokazuju, delići iz kojih se prsten sastoji veoma su sitni. Njegov unutrašnji, prozračni deo, sastoji se iz tako sitnih delića da se može smatrati da je to jedan oblak kosmičke prašine. Njegova širina iznosi 18 000 km. Glavni prsten širok je 26 000 km. Zatim dolazi prazan prostor Kasinijeve razdelnice u širini od 5 000 km i, najzad, spoljni uski prsten, širok 16 000 km. Ukupna širina svih prstenova zajedno premaša na taj način 10 puta prečnik Zemljine lopte. Debljina prstenova iznosi svega 15 000 km. Ako bismo hteli ovu planetu da predstavimo modelom koji bi se mogao

smestiti u jednu sobu, njegov prsten u toj razmeri bio bi tanji od najtanjeg papira.

Prazni prostori koji dele prsten u više užih obruča nalaze se na mestima koja su po računima najviše ugrožena privlačnom silom Saturnovih satelita. Iz ovih pojaseva sitni meteori iz kojih se sastoje prstenovi rasturili su se i grupisali u posebne obruče na mestima koja su manje ugrožena. Na sličnu pojavu naišli smo i u svetu malih planeta.

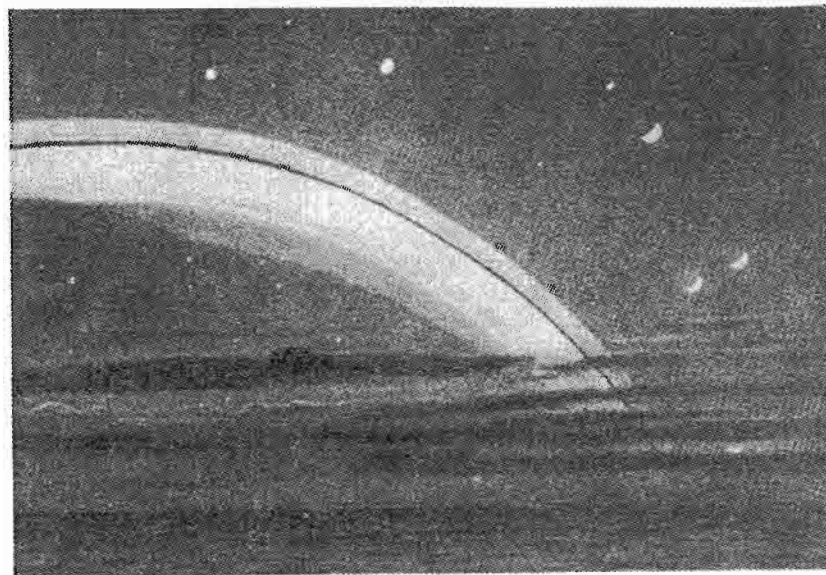
Ukupna masa svih prstenova, sudeći po poremećajima koje oni izazivaju u kretanjima Saturnovih pratilaca, ne iznosi ni $\frac{1}{4}$ mase našeg Meseca. Kad bismo $\frac{1}{4}$ našeg suseda usitnili u meteore i ove rasporedili u vidu prstena oko Zemlje, ovaj bi hiljadu puta silnije obasjavao našu planetu no njen skromni pratilac. Prenesimo se zato u mislima na Saturn i njegove pratiocce, da bismo se izblize mogli diviti njegovim prstenovima, najzanimljivijem prizoru u svetu planeta!

* U SVETU SATURNOVIH PRSTENOVA I PRATILACA

uspeo neko vreme da se zadrži na ovoj džinovskoj planeti, jedva bi videli kroz njen gusti atmosferski omotač slabačko Sunce kako sto puta slabijim sjajem obasjava ovaj daleki svet no što smo naučili da obasjava Zemlju. Uprkos tome, ova svetla tačka strahovito brzo juri po nebu. Suprotno onome što smo videli sa Jupitera, dan i noć se u toku godine izrazito menjaju po dužini, a godišnja doba, koja su izražena kao i na Zemlji, traju sedam puta duže. Sa Saturnovog pola četrnaest i po godina se ne vidi Sunce, a drugih četrnaest i po godina traje dan.

Zbog krivine same planete, prsten joj se vidi tek ako se spustimo na 63° širine nad ekvatorom. Ovaj prsten za vreme ravnodnevice baca usku senku duž ekvatora, a s produženjem dana ova senka se sve više izdužuje prema polu. Za posmatrača koji bi se nalazio negde na sredini između pola i ekvatora, kao što je na Zemlji posmatrač u Beogradu, Sunčevo potpuno pomračenje trajalo bi preko četiri godine. Kakva povoljna okolnost da se dokuče one tajne o sastavu i građi Sunčevih slojeva koje se čovek bori da odgonetne za ona kratka 3—4 minuta, koliko prosečno traje jedno potpuno Sunčevo pomračenje za posmatrača sa Zemlje!

Saturnove noći u toku jedne polovine njegove godine ukrašava džinovska, izvanredno sjajna jednobojna duga, izbrazdana tamnim prazninama, koja se s istoka na zapad proteže čitavim nebom. To je deo njegovog prstena koji se uzdiže iznad horizonta. Preko njegove sredine sama planeta baca džinovsku senku koja se proširuje sa dužinom dana. Uz



IZGLED PRSTENA SA SATURNOVE POVRŠINE (sl. 30)

to, pratnja njegovih mnogobrojnih satelita pruža neobičan prizor. Odjednom se vidi nekoliko mesecâ iznad horizonta, i to u raznim fazama. Njihova pomračenja veoma su retka i događaju se jedanput u 14 i po godina. Jupiter kao svetla »zornjača« ili »večernjača« ne napušta Sunčevu blizinu, a Zemlja kao jedva vidljiva tačkica gubi se potpuno u Sunčevim zracima.

Sa jednog od njegovih meseca džinovska Saturnova lopta, opasana tankim pojasom i menjajući polako svoje faze kao Mesec, videla bi se kako lebdi i ispunjava dobar deo neba. Za međuplanetskog putnika ovo će svakako biti najdramatičnija etapa čitavog putovanja kroz Sunčevu državu (sl. 30).

* NA GRANICAMA SUNČEVE DRŽAVE

Za stare i srednjovekovne astronome Sunčeva država se graničila putanjom neobične planete Saturna. Katalogizirajući nebo jednim od svojih džinovskih teleskopa, Heršel je, 13. marta 1781, primetio slabačko telašce magličasta izgleda koje menja svoj položaj među zvezdama. Posumnjao je da je u pitanju kometa, no dugim ispitivanjem je utvrđeno da je to nova velika planeta koja je nazvana Uran. Na blizu tri milijarde kilometara od Sunca on obiđe našu zvezdu za oko 84 godine. Iako jedva vidljiv koturić, na toj ogromnoj daljini on

predstavlja džinovsku planetu s prečnikom od 50 000 km, daleke četiri puta širu, a po zapremeni 63 puta veću od Zemlje. Nešto veće gustine od vode, on ima slične fizičke odlike s Jupiterom i Saturnom. Daskora se mislilo da ima četiri pratioca: Arijela, Umbrijela, Titaniju i Oberona. Međutim, tek 1948. američki astronom Kajper otkriva i petog pratioca, koji dobija ime Miranda. Ova izvanredno slabačka nebeska telašca mogu se uočiti samo najmoćnijim teleskopima.

Kod Urana najzanimljivija je činjenica da mu je nagib obrtne osovine prema ravni putanje vrlo mali, i to takvog smera da za posmatrača sa Zemlje izgleda da se planeta obrće poput kazaljke na časovniku, suprotno od obrtanja svih ostalih njenih sestara.

Četiri stotine puta slabije obasjan Suncem no Zemlja, ovaj se daleki svet nalazi u većitoj polutami. Temperatura pada na oko 150°C ispod nule, pa ne samo što je mogućnost za život minimalna, čak i za vrlo otporna bića, već su gotovo i sva poznata tela na njemu u čvrstom stanju. Zbog položaja svoje obrtne osovine, Sunce je za vreme ravnodnevice u zenitu njegovih polova, dok se ekvatorske oblasti pretvaraju u polarne. Četrdeset dve naše godine na jednom polu traje noć, a na drugom dugi dan. Iz srednjih širina vidi se Sunce kao kakva sjajna planeta gde nad horizontom po 20 godina kruži ne zalazeći.

Izračunavajući putanju planete Urana, astronomi su primetili da se ova nova planeta ne ponaša »pitomo« i ne povernuje u potpunosti Keplerovim zakonima. Oni su najpre pomislili da je razlog tome što na nju svojom privlačnom silom ne dejstvuje samo Sunce već i relativno bliske joj džinovske planete, čije se mase ne mogu zanemariti. Obračunavši i njihove poremećaje, direktor Pariske opservatorije Leverije našao je da se posmatrani Uranovi položaji i pored toga ne slažu s izračunatim njegovim položajima na nebu, polazeći od ovako nađene njegove putanje. Tada je došao na ideju da daleko izvan granice Uranove putanje mora postojati još jedna velika planeta koja svojom privlačnom silom remeti Uranovo kretanje. Odmah je postavio sebi težak problem, da iz poremećaja Uranove putanje odredi putanju nepoznate planete, a iz ove i njene položaje na nebu. Više od godine dana bilo je potrebno ovom velikom astronomu da reši ovaj teški račun. Položaji nove planete bili su matematički nađeni i saopšteni Francuskoj akademiji 31. avgusta 1846. godine. Ogromni svežnjevi njegovih računa čuvaju se i danas u naučnoj arhivi Pariske opservatorije. Već 23. septembra, na određenom mestu pronalazi novu planetu astronom Berlinske opservatorije Gale. Tako je, kako se obično kaže, vrhom Leverijeovog pera bila otkrivena velika planeta Neptun. Direktor Griničke opservatorije setio se tada da mu je siromašni kembrički student Adams podnosio još

ranije slične račune, kojima on nije poklonio nikakvu pažnju. Kada su oni revidirani, utvrđeno je da je ovaj vredni i daroviti mladić isti istorijski posao obavio još pre samog Leverijeja, pa danas za ovaj podvig oba astronoma podjednako dele slavu.

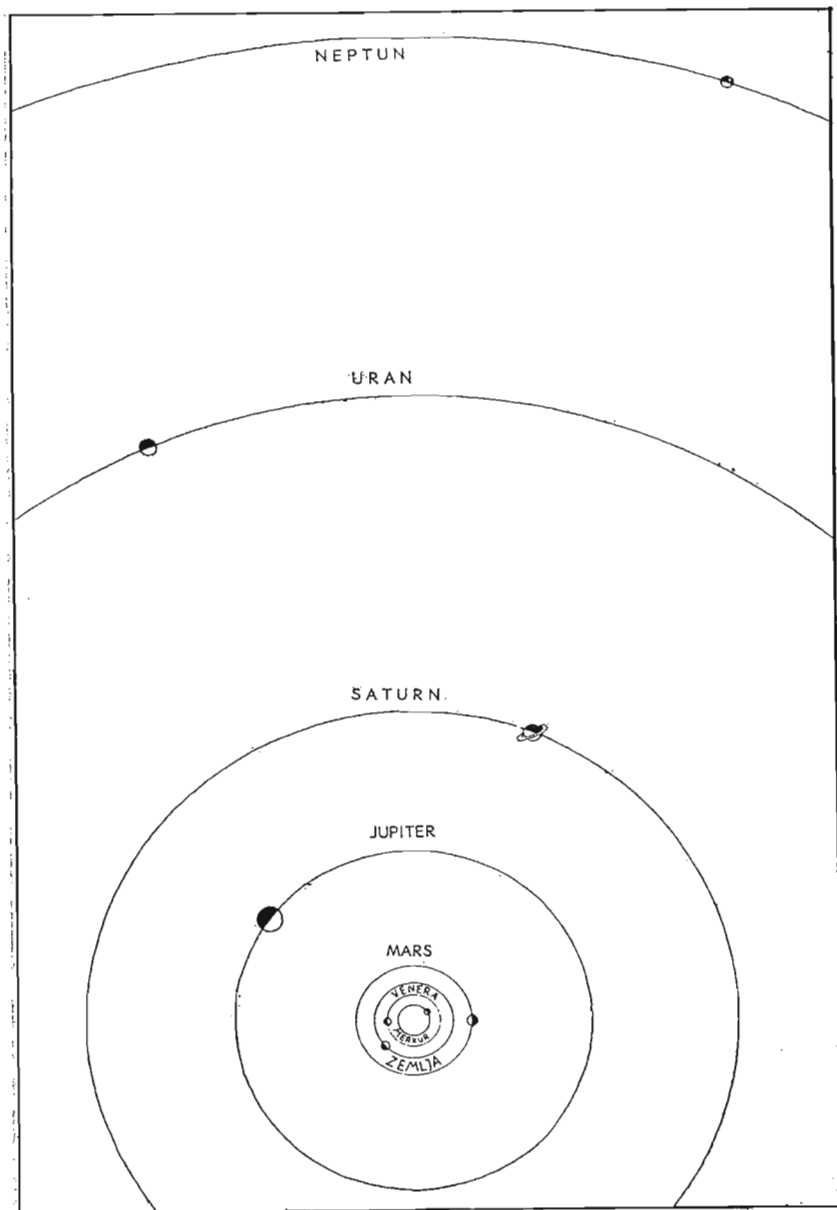
Pristupačan samo teleskopima, Neptun je dugo bio neispitan. I danas se malo zna o njegovoj površini. Po svemu sudeći, ona je vrlo slična površinama ostalih džinovskih planeta. Udaljen oko 4,5 milijarde kilometara, Neptun obide oko Sunca sa svoja dva pratioca otprilike za 165 godina. Izgubljen u većitoj tami, na mrazu od 200°C ispod nule, Neptun za nas predstavlja interesovanje samo sa gledišta kretanja nebeskih tela.

Polazeći od poremećaja Neptunove putanje, američki astronom amater Lovel izračunao je da daleko iza Neptuna mora postojati još jedna velika planeta koja remeti Neptunovo kretanje. Svojim računima potvrdili su ovo i drugi poznati astronomi, pa je Lovel, kao imućan čovek, podigao u Arizoni veliku opservatoriju, kojoj je prvobitni zadatak bio traganje za ovom nepoznatom velikom planetom izgubljenom u neizmernim dubinama vasiona. Služeći se Leverijeovom metodom, američki astronomi su ovaj posao uspešno priveli kraju i mladi asistent Lovelove opservatorije Tombo našao je 13. januara 1930. godine na jednom fotografskom snimku nepoznatu planetu, koja je dobila ime Pluton.

Koristeći 2 000 puta manje Sunčevu toplotu i svetlost, ova velika planeta, za koju se po nekim merenjima smatra da ne prelazi mnogo veličinu Merkura i da se unekoliko razlikuje po svojim fizičkim osobinama od svojih suseda, nalazi se u večnom mraku i na hladnoći bliskoj apsolutnoj nuli, gde prestaje svaki život. Ona je večni stražar na granici Sunčeve države.

* JEDAN OSVRT NA PLANETSKI SISTEM

Na svome putu kroz Sunčevu državu već smo se suviše udaljili od naše dobre zvezde koja zauzima njeno središte i, evo, dospeli do same granice. Osvrnimo se posednji put na ovu neobičnu porodicu svetova pre no što prekoračimo njene granice i zakoračimo u beskrajni vasioni prostor. Prvo što nam pada u oči to je sićušnost ovih džinova prema prostoru koji zauzimaju njihove putanje. Ili, drugim rečima, retka naseljenost Sunčeve države. Da bi nam ona bila još jasnija, smanjimo ceo put koji smo dosad prevalili do nama pristupačnih razmera i od planeta koje smo posetili i njihovih putanja načinimo model. Zamenimo Sunce velikom fudbalskom loptom koju ćemo postaviti usred Trga Dimitrija Tucovića u Beogradu. Najveća planeta Jupiter biće tada predstavljena klikerom, a njegova putanja ispuniće ceo trg. Za Saturn bi u tom modelu mogli uzeti zrno bisera, a za Uran i Neptun sitne perle. Naša Zemlja bila bi zrno peska, a najdalja planeta — Pluton — zrno



MODEL SUNČEVOG SISTEMA (sl. 31)

prašine koje oko »Sunca« obilazi negde na daljini Meteorološke opservatorije. Male planete i planetski pratioci ne bi se mogli predstaviti u ovom modelu (sl. 31) ni najsitnijom prašinom. Pa ipak, kad nastavimo put, videćemo da ima i takvih neobičnih podanika u Sunčevoj državi za koje je i ovaj prazan prostor tesan i koji s vremena na vreme daleko prekoračuju njene granice — to su komete i meteorski potoci. Ostavljajući za sobom i ove čudne podanike, videćemo da ćemo morati dugo da putujemo kroz prazan prostor dok se ne približimo prvoj zvezdi. U našem modelu to bi bila druga fudbalska lopta, postavljena negde u Njujorku. Međutim, videćemo da ni ovaj beskrajni prostor među zvezdama, i daleko iza njih, nije sasvim prazan, kao što se doskora mislilo.

Glava šesta

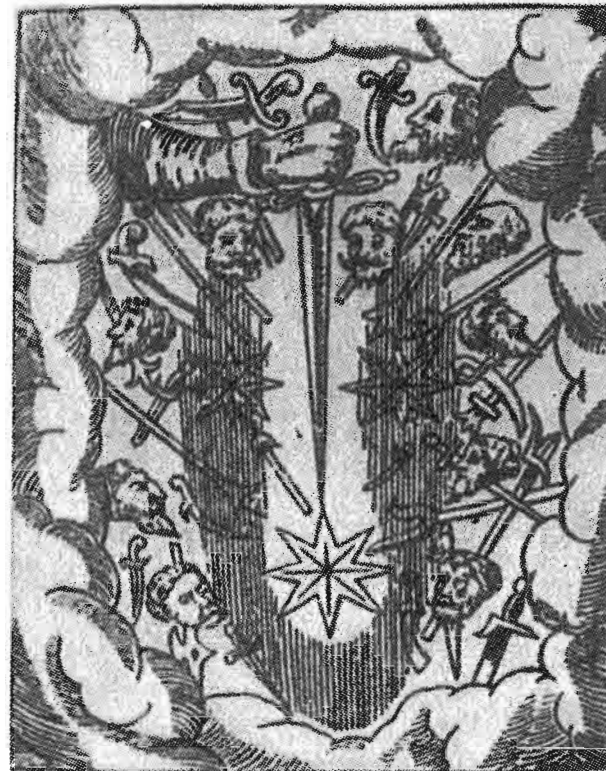
ZVEZDE REPATICE I KAMENJE KOJE PADA S NEBA

* ZVEZDE REPATICE

Svojim iznenadnim pojavljivanjem i neobičnim izgledom komete su u starom veku, a naročito u srednjem, izazivale strah i trepet i, uz sujeverje i verske predrasude koje su tada carevale, tumačene su kao zli predznaci pomora, gladi, bolesti ili ratova. Na sl. 32 predstavljena je gravura kako su kometu iz 1527. god. videli sujeverni Evropljani. U starim zapisima mnogo je ovakvih svedočanstava. I naš narod je pojavu Halejeve komete vezivao za pad Beograda 1453. godine.

Sjajne, magličaste, s glavom ili komom koja može dostići pa i premašiti prividni prečnik Sunca, sa svetlim jezgrom mahom zvezdasta izgleda u sredini, bez repa ili sa repom koji ponekad može dostići i više stotina miliona kilometara (sl. 33), pa se prividno protegnuti preko celog neba, komete su doista neobična nebeska pojava, tim pre što se veoma retko javljaju velike i sjajne, vidljive golim okom. Mahom su to teleskopska tela ili se pak mogu dobiti samo na fotografskoj ploči sa više časova izlaganja. Često se iz svetlucavog jezera kod ponekih kometa može primetiti povremeno oslobađanje magličastog omotača koji se s vremena na vreme iz jezgra širi niz kometin rep. Komete su neobične i po svojim brzinama. One mogu dostići, pa i prevazići brzinu od 40 i 50 km u sekundi. U poređenju s brzinom puščanog metka na ustima cevi, koja iznosi samo 1 km u sekundi, pa čak i u poređenju sa brzinom Zemljinog kretanja oko Sunca (30 km u sekundi), brzine komete su doista vrlo velike.

Uprkos svojoj veličini i sjaju, komete imaju sasvim malu masu raspoređenu na veliku zapreminu, te su veoma male prosečne gustine. Posmatrane kroz jezgro komete, ni najslabije zvezde ne gube nimalo od svog sjaja. Da komete imaju veoma neznatne mase, vidi se i iz slučaja Bruksove komete, koja je 1886. godine prošla kroz sistem Jupiterovih mesecâ, veoma



KOMETA IZ 1527. G. KAKO SU JE VIDELI SUJEVERNI EVROPLJANI (sl. 32)

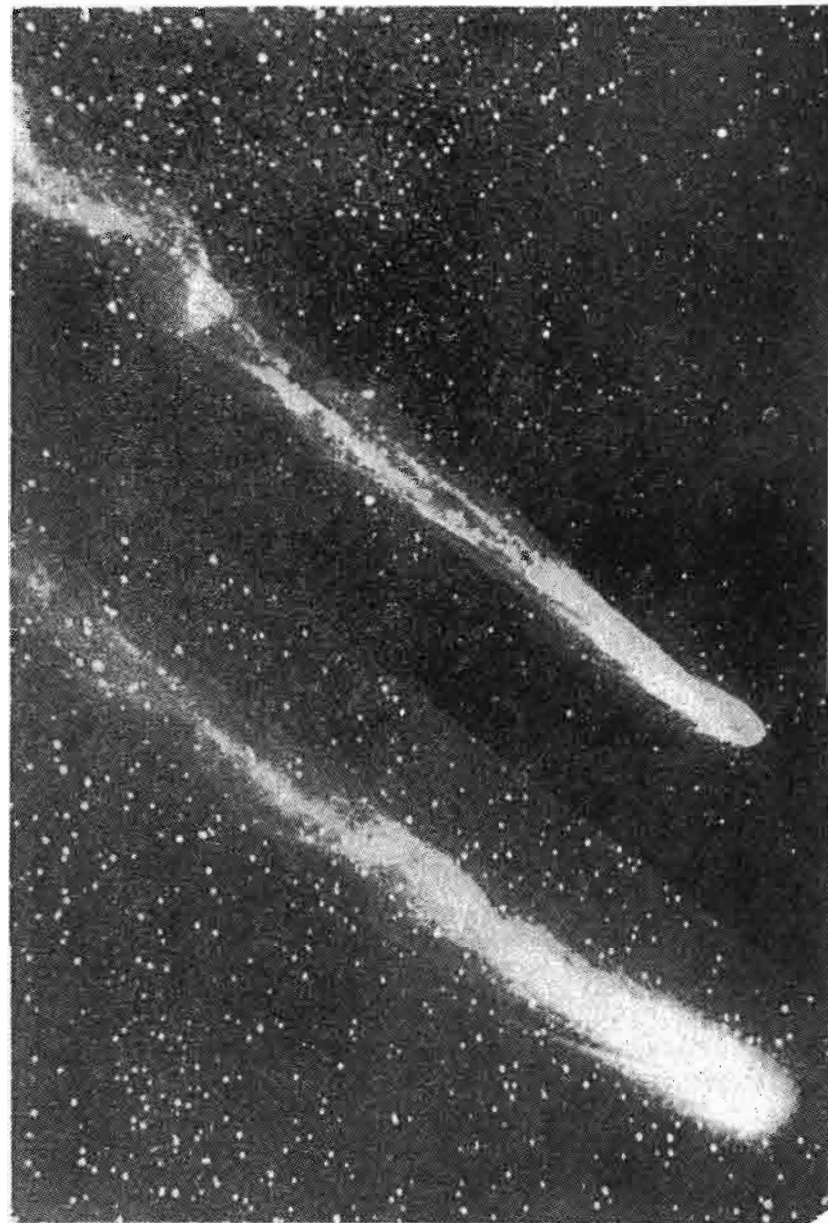
malih nebeskih telašaca, ne izvršivši na njih svojom privlačnom silom ni najmanji vidljivi uticaj. Lekselova komete, koja je 1770. godine prošla na dva miliona kilometara od Zemlje, dakle veoma blizu sa gledišta rastojanja među nebeskim telima, nije izvršila ni najmanji poremećaj u Zemljinom kretanju. Halejeva komete, koju su mnogi naši savremenici videli 1910. godine, prema izučavanju znamenitog ruskog istraživača komete Orlova, ima masu koja ne dostiže ni 30 miliona tona. dakle masu koja se sasvim može zanemariti prema Zemljinom, koja je preko milion puta veća, a ovo je jedna od većih

kometa. Gustina njena bila je 9 000 puta manja od gustine vazduha, a sva materija iz koje je bio sastavljen njen džinovski rep mogla bi se, sabijena na gustinu vazduha, smestiti u kutiju za šibice. Prečnici kometskih jezgara obično ne prelaze ni nekoliko desetina kilometara. Da bi vam predstava o tanoj kometskoj materiji bila jasnija, zamislite, kao Voroncov, da ste od zrnca pšenice odbili jedan milioniti deo i razvejali ga u fini prah kojim ste ispunili najveću pozorišnu dvoranu. Zar nije onda s pravom Babine govorio da su komete — vidljivo ništa!?

Spektralna analiza njihove svetlosti, kao i izučavanje zakona po kome se menja njihov sjaj, pokazali su da su komete sastavljene iz čvrstih komada veoma različite mase, sličnih meteoritima — kamenju koje »pada s neba«. Među njima ima stena teških i po nekoliko tona, a i najsitnijih delića, tzv. kosmičke prašine, koji odbijaju Sunčevu svetlost. Došavši u Sunčevu blizinu, oni naglo počinju da isparavaju i obrazuju oko jezgra pomenutu komu koja ima svoj sopstveni sjaj. Jedan njen deo, u vidu svetlog pramena, izdvaja se kad se kometa u njegovom pravcu dovoljno približi Suncu, a zatim ga svetlosni pritisak Sunčevih zrakova povija i od njega obrazuje svetli rep koji se proteže za kometom i ostaje uvek orijentisan suprotno od Sunca. No kako se i koma i rep pojavljuju gotovo redovno kad se kometa nalazi još daleko od Sunca i kad ne može biti ni govora o jakom zagrevanju nekih delova u jezgru, Delandr je zaključio da njen sjaj dolazi jednim delom od prolaska Suncem emitovanih elektrona kroz njene veoma razređene gasove.

Sjajni kometski repovi pokazuju neprekidan spektar, što je znak da se sastoje iz kosmičke prašine, no preko ovoga zapaža se i emisioni spektar gasova ugljen-monoksida (CO) i azota (N), koji kod slabih repova preovlađuju. Način na koji se gasovi CN, CH, NH i OH pri prelazu iz kome u rep pretvaraju u gasove CO i N hemičari još nisu mogli da objasne. Možda je ovde u pitanju raspadanje samih jezgara pod dejstvom Sunčevih zračenja. Gasovi u kometskim repovima jonizovani su, pa i elektroni koji se iz njih oslobađaju uvećavaju njihov sjaj.

Po svom obliku kometski repovi mogu biti veoma različiti. Poznati ruski astronom Bredihin, koji se ovim pitanjem bavio dugi niz godina, postavio je teoriju kometskih repova, po kojoj njihov oblik zavisi od jačine odbojne sile svetlosnog pritiska. Ukoliko je ona veća, utoliko je manja krivina repa (koja je uvek okrenuta u pravcu kretanja komete), i on se proteže u vidu pravolinijskog snopa zrakova iza komete, na suprotnu stranu od Sunca. Bredihin je izveo i obrasce po kojima se iz oblika repa može izračunati veličina ove sile. Njegov naučni sledbenik S. V. Orlov nedavno je usavršio ova izračunavanja i dao metodu za izračunavanje ovih sila prema načinu



KOMETA MORHAUS (sl. 33)

kretanja oblaka u kometskim repovima, kada ovi postoje (za ovaj rad autor je nagrađen Lenjinovom nagradom).

Ne samo po svom izgledu, fizičkom sklopu i hemijskom sastavu već i po načinu svoga kretanja komete nisu ništa manje neobična i zanimljiva nebeska tela. Polazeći od osnovnog zakona nauke o kretanju nebeskih tela, Njutnovog zakona opšte gravitacije, po kome se sva tela Sunčevog sistema kreću pod dejstvom njegove privlačne sile, Njutnov prijatelj i učenik Halej izračunao je prvu putanju za veliku kometu iz 1682. i utvrdio da se kreće po elipsi, kao i planete, samo da je ova elipsa veoma izdužena i da je kometa obiđe za 76 godina. Na osnovu toga ustanovio je da je ova kometa identična sa onima koje su se pojavile 1607. i 1531. godine, i predvideo je njen povratak za 1759 godinu, koji se i obistinio. Otada ova kometa nosi njegovo ime, a vraća se i dalje u blizinu Zemlje i Sunca svakih 76 godina. Poslednji put viđena je 1910, dok se njen naredni povratak očekuje 1986. godine. Otada se sa sve većom sigurnošću izračunavaju putanje komete koje se pojavljuju, a nema godine da se ne pojavi bar jedna ili više novih, dotle neposmatranih komete (sl. 34).

Prema Baldeovoj listi, objavljenoj pre nekoliko godina, od 2315. godine pre naše ere pa do danas posmatrano je ukupno 1412 različitih komete, od kojih 293 za poslednjih 50 godina. Njih 738 imaju dosad izračunate putanje, iz kojih se vidi da je među njima samo oko 120 periodičnih, čije su putanje elipse, a ostale komete imaju otvorene putanje — parabole ili hiperbole. Od 120 periodičnih komete 39 ih je posmatrano u najmanje dva povratka, pa je njihova periodičnost i posmatranjima potvrđena (sl. 35).

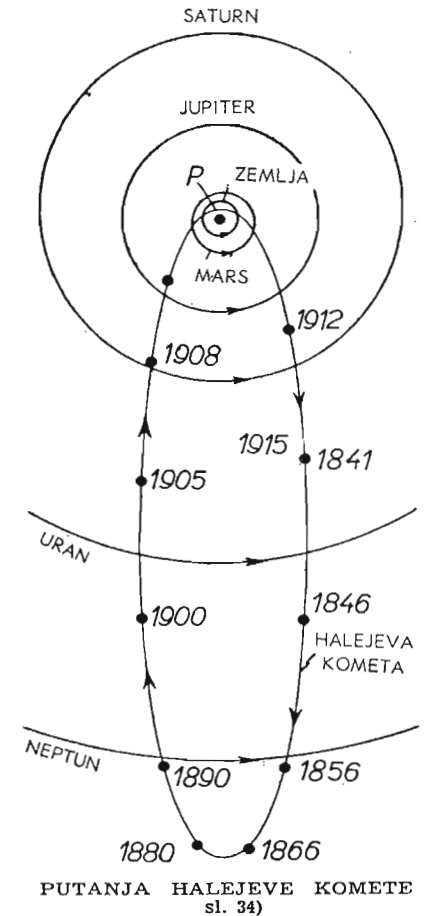
Najzanimljivije su svakako periodične komete, koje možemo posmatrati u više povrataka. Među njima ima i onih sa putanjama veoma različitih razmera i ekscentričnosti. Na primer, putanja komete Švasman—Vahman (1925 II) gotovo je kružna i cela leži između putanja Jupitera i Saturna. Po svom izgledu, bez repa i s jedva primetnom komom, kao i po obliku svoje putanje, ova je komete u velikoj meri slična asteroidima. Ova sličnost je još veća kod komete Oterma, otkrivena 1943. godine, čija se putanja cela nalazi između putanja Marsa i Jupitera. Ona uz to ne pokazuje ni velike promene u sjaju kao ona prva.

Putanje ostalih komete više su izdužene, te se otuda dešava da seku putanje velikih planeta i protežu se veoma daleko kroz Sunčev sistem. Među njima ima nekoliko čije se periode kreću i do 10 000 godina.

Iako se zbog nedovoljno prikupljenih podataka astronomi danas još uzdržavaju da zauzmu konačan stav u vezi sa postankom komete, ipak, prema dosad prikupljenom i sređenom posmatračkom materijalu, počinje da prevlađuje mišljenje

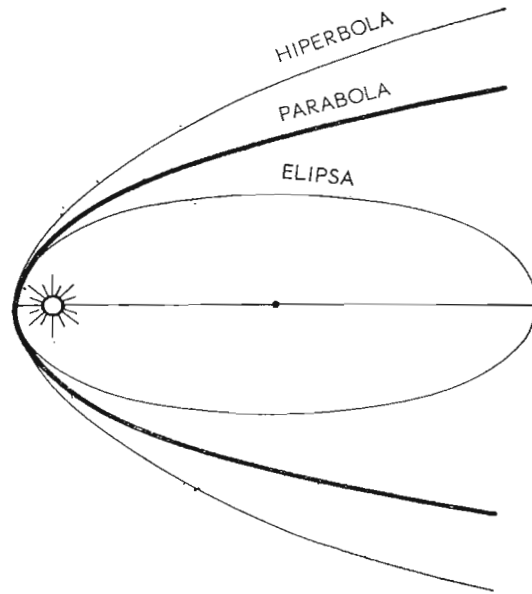
da su komete stalni stanovnici našeg Planetskog sistema — Sunčeva deca kao i planete. Orlov, na osnovu srodnosti periodičnih komete s asteroidima i još nekih činjenica, pretpostavlja da komete postaju međusobnim sudarom asteroida ili sudarima malih asteroida s meteorima, kojima je ispunjen čitav prostor Sunčevog sistema. Svojim eruptivnim dejstvom, koje podseća na eruptivno dejstvo Zemljinih vulkana, samo u nesrazmjerno većoj razmeri, neobično aktivna usijana Sunčeva površina u svakom trenutku izbacuje ogromne količine materije, raspršuje je svojim zračnim pritiskom i odbacuje u vidu kosmičke prašine, u daleke dubine vasionkog prostora. Po najnovijoj naučnoj pretpostavci ova se kosmička prašina može grupisati u komade, u meteorite, koji se dalje grupišu i obrazuju kometska jezgra. Po toj pretpostavci komete, kao i ostala tela Sunčevog sistema, vode poreklo od samog Sunca. Sudeći, opet, po brzinama koje dostižu, za neke se smatra da mogu dolaziti i iz dubina međuzvezdanog prostora.

Ovu hipotezu poslednjih godina zastupa grupa sovjetskih astronoma koja iznosi dokaze u prilog shvatanju da su komete sastavljene od tzv. antimaterije. Ideja je u izvesnoj meri fantastična, jer je antimaterija do sada posmatrana samo u laboratorijama u obliku elementarnih čestica ili u obliku najprostijeg sistema atomskog tipa koji se sastoji od elektrona i čestice sa masom elektrona i to suprotno, pozitivno, naelektrisanje — tzv. pozitrona. Ovakav sistem nazvan je pozitronijum. I samostalne čestice i pojedinačni atomi pozitronijuma posmatraju se kao kratkotrajne pojave. Na primer, atom pozitronijuma uvek se javlja u metastabilnom stanju i egzistira od jednog desetmilijarditog do jednog desetmillionitog dela sekunde.



Par: elektron — pozitron nastaje u interakciji gama zračenja velike energije (preko 1MeV) sa jezgrom nekog atoma, a ređe u interakciji sa slobodnim elektronom.

Obrnut proces: spajanje pozitrona i elektrona naziva se *anihilacija*. Ovde celokupna masa čestica prelazi u energiju



ELIPTIČNA, PARABOLIČNA I HIPERBOLIČNA PUTANJA (sl. 35)

dva ili tri fotona gama zračenja velike energije. Anihilacija je najefikasniji proces oslobađanja energije neke mase. (On je oko 100 puta efikasniji od procesa nuklearne fuzije koja se koristi u termonuklearnim bombama.)

Kad se ovo ima u vidu, zadivljuje smelost kojom je sovjetski naučnik Konstantinov pretpostavio koegzistenciju makroskopskih tela antimaterije u našoj Galaksiji u kojoj smo navikli da srećemo samo običnu materiju. Polazeći od pretpostavke da zvezde ili zvezdani sistemi izgrađeni od antimaterije nisu tako retki u vasioni, Konstantinov zamišlja da iz ovakvog sistema mogu biti izbačena tela asteroidskog tipa (raznih dimenzija) koja, putujući svemirom, zalaze u Sunčev sistem, prolaze kroz njega, ili bivaju zarobljena na nekoj zatvorenoj putanji oko Sunca.

Postepena anihilacija čestica sa površine ovog tela u sudarima sa česticama međuplanetske materije stvarala bi, posmatrano sa Zemlje, uobičajenu sliku komete. Ova hipoteza i kvantitativno objašnjava formiranje tzv. glave i repa komete.

Postepeno povećanje sjaja komete sa približavanjem Suncu objašnjava se kako jačim osvetljavanjem komete od strane Sunca, tako i pojačanom anihilacijom usled veće gustine međuplanetske materije u blizini Sunca. Uspešno se objašnjavaju i iznenadna nagla povećanja sjaja komete koja su u nekim slučajevima bila posmatrana i za koja je zapaženo da su u korelaciji sa Sunčevom aktivnošću. Naime, pojačano Sunčevo korpuskularno zračenje (na primer, posle hromosferskih erupcija) moglo bi da bude uzrok intenzivnije anihilacije i iznenadnog porasta sjaja komete.

Konstantinov je takođe izračunao da takvo hipotetično telo, prečnika oko 1 km, na daljini od 150 000 000 km od Sunca (a to je daljina Zemlje) može da egzistira stotine hiljada godina.

Štaviše, sovjetski naučnici otišli su još dalje. Oslanjajući se na sasvim verovatnu mogućnost da mnogi meteori koji ulaze u Zemljinu atmosferu potiču od nekadašnjih komete, oni su vršili radarska posmatranja meteora i istovremeno merili zračenja velike energije u gornjim slojevima Zemljine atmosfere. Posmatrački podaci koje je ispitivao Bredov pokazuju da postoji korelacija između porasta gama zračenja velike energije i prolaska meteorskih čestica kroz Zemljinu atmosferu. Ovo bi mogao da bude znak anihilacije delova meteora i čestica u Zemljinoj atmosferi, ali sa definitivnim zaključkom ne bi trebalo žuriti. Uostalom, i sam autor zadovoljio se konstatacijom da ove činjenice nisu u protivrečnosti sa hipotezom o antimateriji. Za eventualno dokazivanje hipoteze svakako će biti potrebno još dosta napora.

Ukoliko se dokaže da antimateriju srećemo blizu Zemlje, tako reći nadohvat ruke, fizika i astrofizika dobiće nov podstrek za intenzivna i opsežna proučavanja ovih pojava. Svakako bi usledili i novi i značajni rezultati. Međutim, vasijska putovanja predstavljaju veći rizik, jer u susretu letilice i komada antimaterije neće doći samo do oslobađanja njihovih kinetičkih energija već i do katastrofalnog razaranja sličnog kakvoj većoj nuklearnoj eksploziji.

* METEORI I METEORSKI POCI

No dok je način postanka komete još uvek neizvestan, njihova nam je sudbina mnogo bolje poznata. Najpre je zapaženo da periodične komete pri novim prolazima kroz perihel imaju sve manji i manji sjaj, kao da su negde daleko na svojoj putanji ostavile jedan deo svoje materije i energije. Dogodilo se zatim da nam se periodične komete, čije su putanje pouzdano izračunate, više ne vrata. Istina, ovde su često bili u pitanju nepredviđeni ili neobračunati poremećaji, pa su neke od njih naknadno prepoznate u ko-

metama za koje se smatralo da su nove, dotada neposmatrane. No da se može desiti da kometa završi svoj život, i na kakav način, postalo je jasno tek kad se pre 100 godina sa čuvenom Bijela kometom, koja se vraćala svakih 6 godina, desila vrlo zanimljiva pojava. Prilikom njenog povratka 1846. godine, astronomi su, na svoje veliko iznenađenje, umesto jedne komete zapazili dve, veoma blizu jednu drugoj, tako da se i materijalna veza među njima mogla nazreti. One su se, međutim, počele sve više razdvajati, dok je u narednom povratku rastojanje među njima iznosilo preko dva miliona kilometara. Kretale su se jedna za drugom po istoj putanji. Otada se ova kometa nije više pojavila, a 1872, na mestu gde je trebalo da se pojavi, osuo se dotle neviđeni pljusak sjajnih meteora, koji su se kretali po putanji Bijeline komete. Ona se, tako reći, pred našim očima rasprsla u svoje sastavne delove — meteore. I Bruksovu kometu iz 1889. pratila su četiri njena »otpatka«, dok se od veličanstvene komete, koju su naši dedovi posmatrali 1882, na očigled posmatrača nije odvojio znatan deo nje.

Postalo je jasno da se komete raspadaju kad se na svojoj putanji suviše približe kakvom velikom nebeskom telu, kao što je Sunce, Jupiter ili Saturn, kad uđu u njihovu zonu opasnosti. Pojedinačni komadi iz kojih se sastoji jezgro komete podleže tada privlačnoj sili različite jačine — oni koji su planeti ili Suncu bliži jačoj nego oni koji su od njih dalje — pa ova sila, nadjačavajući daleko privlačnu silu među njegovim delovima, cepa kometско jezgro i pretvara ga u roj odelitih stena (koje se još neko vreme skupno kreću po putanji raspale komete), tj. pretvara ga u roj meteora. Ovi meteorski rojevi ili potoci postaju vidljivi tek kad na svojoj putanji oko Sunca ulete u Zemljinu atmosferu i kad im se stene iz kojih se sastoje usijaju od trenja kroz vazduh. Tada ih narod naziva »kiša zvezda padalica«, ili »zvezdani pljusak«. Pojedinačne meteore iz roja narod naziva »zvezdama padalicama«. Tačka iz koje nam izgleda da izvire meteorski potok naziva se *radijant* (sl. 36) i nosi naziv po sazvežđu u kome ga sa Zemlje vidimo. Vezu između kometa i meteorskih potoka otkrio je Skijapareli još krajem prošlog veka. Novija ispitivanja pokazuju da se i putanje drugih meteorskih rojeva poklapaju s putanjama nekadašnjih kometa.

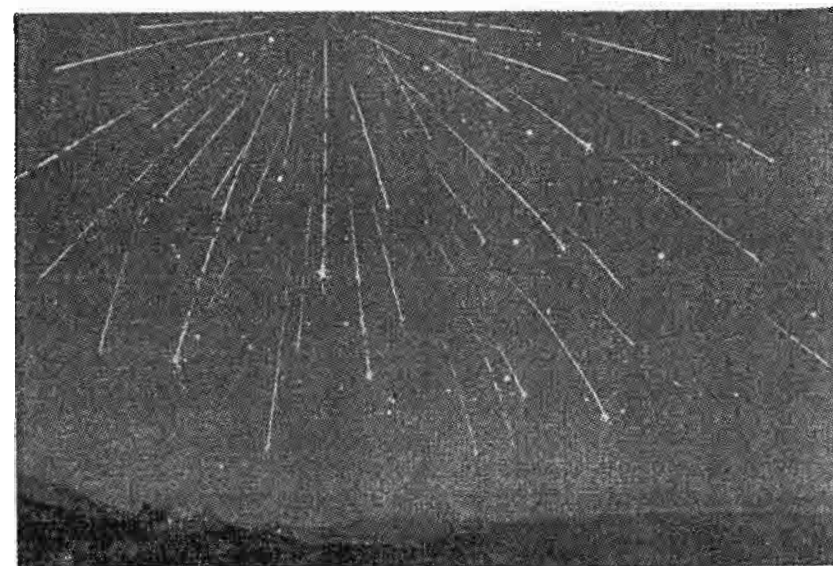
Tako meteorski potok postao od Bijeline komete nosi naziv Bijelidi. Meteorski potok Leonidi, koji se može posmatrati u novembru, postao je od komete iz 1866. godine. Perseidi, koji se vide u avgustu, od komete iz 1862. Potok majskih Akvarida dovodi se u vezu sa Halejevom kometom, Pons-Vinekida sa kometom Pons-Vineke, potok Geminida s velikom kometom iz 1680. itd. Do danas je zapaženo oko 1 200 meteorskih potoka, no podrobno je izučeno samo 15 najbogatijih meteorima. Danas

se smatra da je veza između kometa i meteorskih rojeva nesumnjivo utvrđena. Ovi se, pak, rojevi tokom nekoliko decenija rasturaju po svojim putanjama u slabo nastanjenom prostoru Sunčevog sistema u sporadične *meteore*, koje vidamo da zasvetle s vremena na vreme na vedrom noćnom nebu kad na svom putu oko Sunca naiđu u Zemljinu atmosferu.

Merenjem njihovog položaja sa dve stanice može se trigonometrijski odrediti njihova visina, a zatim i brzina. Najveći procenat meteora ima masu manju od jednog grama i on sagoreva već na visini 130—80 km nad zemljom. Masivniji meteor, koji se spuštaju i do 40 km, svetli su i obično ostavljaju sjajan trag kosmičke prašine dug i do 30 km, koji se može videti i više časova posle njihovog prolaska. Najkrupnije od ovih stena, brzinom od više stotina metara u sekundi, mogu pasti i na samu Zemlju. Tada ih nazivamo *meteoritima*. Oni najčešće eksplodiraju u usijanom stanju u atmosferi, a na Zemlju padaju samo sićušni njihovi ostaci.

Posmatranja meteorskih potoka i meteora danas sa uspehom obavljaju i amateri, a ona su predmet zanimanja i đakih astronomskih kružoka. Tek iz masovnih posmatranja, primenom statističkih metoda, mogu se izvoditi ozbiljniji zaključci o njihovom broju, rasporedu, načinu kretanja, postanku i raspadanju.

Za njihovo posmatranje se od 1946. s izvanrednim uspehom primenjuje radar. Opservatorija Džodrel Benk kod Man-



RADIJANT METEORSKOG ROJA (sl. 36)

čestera, poznata po svom velikom radio-teleskopu, vrši naročito opsežna posmatranja meteora radarskim postrojenjima. S Lovelom na čelu, poslednjih godina ona je doprinela otkriću mnogih novih meteorskih potoka i upoznavanju ovih zanimljivih sićušnih stanovnika Sunčeve države. Prednost radara je u tome što se on za ovu vrstu posmatranja može primeniti i po danu i po oblačnom vremenu. Rad na radarskom posmatranju meteora naročito je bio pojačan u toku Međunarodne geofizičke godine (1957/58). Kad ovaj ogromni sakupljeni posmatrački materijal bude obrađen, doći će do niza novootkrivenih zakonitosti u životu i kretanju ovih tela. Ova je metoda danas već rešila jedan važan problem — dokazala je da sporadični meteori pripadaju Sunčevom sistemu i da ne dolaze iz većih dubina vasiona.

Poslednjih godina meteori privlače naročitu pažnju zbog značaja koji im se pridaje u vezi sa vasijskim putovanjem, na kome se danas uveliko radi. No već dosadašnja istraživanja su pokazala da oni ne predstavljaju nikakvu ozbiljniju prepreku.

*** KAMENJE KOJE »PADA S NEBA«**

a grčki i rimski pisci pominju nekoliko takvih slučajeva. I u bibliji se govori o »kamenju koje Gospod baca s neba«. U svojoj neprosvećenosti ovi narodi su tome kamenju pridavali naročiti značaj, gledali ga kao znak božanskog gneva, pa je poznato više meteorita koje su narodi obožavali.

Najpre se smatralo da ovo kamenje izbacuju Mesečevi vulkani, no kad se dokazalo da je Mesec potpuno ugašeno nebesko telo, ova je pretpostavka morala otpasti. Bilo je i drugih pretpostavki, koje su se pokazale nemoguće i ubrzo bile odbačene. Kad su astronomi pre nepunih sto godina počeli brižljivo posmatrati pojave meteora i kad je baš u to vreme viđena čuvena Bijelina kometa koja se naočigled posmatrača raspala, postalo je jasno da »kamenje koje pada s neba« nije ništa drugo do ostaci raspalih kometa koje su, krećući se po svojim putanjama oko Sunca, prošle sasvim blizu kakvog velikog nebeskog tela i bile raskomadane. Takođe je postalo jasno da se delovi takvih kometa mogu zbog njihovog usijavanja videti na prolazu kroz Zemljinu atmosferu i da su to, u stvari, pojave meteora koje narod naziva »zvezde padalice«. Pokazalo se zatim da manji meteori potpuno sagorevaju u Zemljinoj atmosferi, a veći samo delimično, pa se njihovi ostaci, kad napuste Zemljin vazdušni omotač, ponovo gase i nastavljaju kretanje oko Sunca kao i sva tela Sunčevog sistema. Samo oni meteori koji se suviše približe Zemlji podležu njenoj privlačnoj sili — sili Zemljine teže, tj. istoj onoj sili koja izaziva padanje

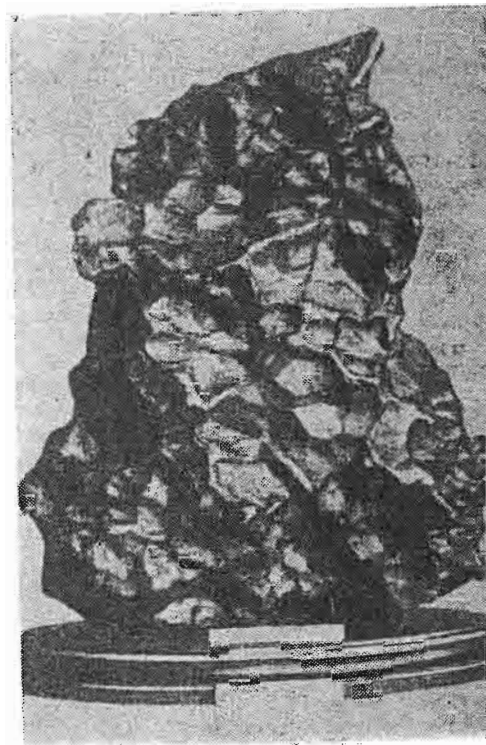
i drugih tela, te i ona padaju u vidu meteorita na Zemljinu površinu.

Dosad je nabrojano na desetine hiljada meteoritskih pojava, a veći meteoriti smešteni su u zbirke koje se čuvaju po muzejima. Od meteorita koji su pali na teritoriji naše zemlje vredni pomenuti Hrašćinski meteorit (sl. 37), koji je 1751. pao kod Zagreba. U Prirodnjačkom muzeju srpske zemlje, u Beogradu, čuva se meteorit koji je oktobra meseca 1872. god. pao kod Sokobanje, i još neki manji.

Naknadnim istraživanjem pronađeno je u raznim predelima Zemlje više velikih stena za koje je dokazano da su meteoriti. Tako je u Meksiku nađen meteorit težak 1 000 kg, kod grada Darenga meteorit težak 22 000 kg, u Teksasu jedan od 900 kg, koji su Indijanci obožavali, zatim u Brazilu meteorit težak 7 000 kg i dr. Dvanaestog februara 1947. viđen je a zatim ispitani, džinovski meteorit koji je pao blizu Vladivostoka, poznat pod imenom Sihote-Alinski meteorit. Pri svome padu on je izbacio 5 000 tona materijala, a izgleda da se raspao u manje komade, jer glavni njegov deo, za koji se pretpostavljalo da leži ispod najvećega kratera, uprkos dugom kopanju nije pronađen.

Krajem prošlog i početkom ovog veka otkriveno je nekoliko velikih kratera u zabačenim predelima Zemlje, za koje se pokazalo da potiču od davno palih meteorita. Takav jedan krater u Arizoni poznat je pod imenom Đavolji krater. Njegov prečnik iznosi 1 200 m, a dubina 130 m. Smatra se da ga je prouzrokovao meteorit koji je tu pao pre 5 000 godina. Njegov izgled sličan je izgledu mnogobrojnih kratera koji se vide na Mesečevoj površini posmatranoj kroz astronomski durbin, pa zato i postoji mišljenje da su Mesečevi krateri tragovi padova meteorita na još nepotpuno ohlađenu, plastičnu Mesečevu površinu.

Hemijska analiza meteoritskog kamenja pokazala je da je ono sastavljeno iz istih elemenata iz kojih i naša Zemlja. U



HRAŠĆINSKI METEORIT (sl. 37)

njima ima najviše gvožđa koje je praćeno niklom i kobaltom, a ima i sitnih dijamanta. Drugi su pretežno stenovite prirode, a treći najvećim delom sastavljeni od ugljenika. Podvrgnuti fizičkim uslovima sličnim onima koji vladaju u kometama, meteoriti oslobađaju gasove koje srećemo u kometskim spektrima i tako, zahvaljujući njihovim padovima, imamo mogućnosti i fizičko-hemijsko-mineraloškom analizom da potvrdimo ono što su nam već davno otkrila naporna i dugotrajna neposredna posmatranja. Ostaci raspadanja radioaktivnih elemenata u njima potvrđuju njihovu starost istog reda veličine kao i Zemljina.

Meteoriti danas nisu više »kamenje koje pada s neba«, to su ostaci raspadnutih kometa koje su preživele svoje živote, kao što ih prežive i sva druga bića u prirodi, no ipak su nam korisni kao vesnici sa dalekih nebeskih tela, koji su nam, između ostalog, pokazali da su sva ona sastavljena iz jedne iste materije koja se na raznim mestima u prirodi samo nalazi pod različitim fizičkim uslovima, pa se stoga različito i odražava.

U današnjem veku raketnih aviona, obojenog ton-filma, radija, televizije u boji, kosmičke televizije, transmutacije elemenata i korišćenja atomske energije, u veku kad smo tako duboko pronikli i u prirodu samih kometa, kulturna sredina je daleko od pomisli da ovim, nekad tajanstvenim nebeskim telima, pripisuje mističnu prirodu ili značaj. Pa ipak, svedoci smo glasova koji su se pre godinu-dve proneli o neočekivanom sudaru Zemlje sa sjajnom kometom koja joj se približava i o Zemljinoj propasti koja će odatle neminovno proizići. Po tragu ovih »vesti«, zagonetka je odgonetnuta na sledeći način: Na dečjem času Pariskog radija pročitano je na umetnički način odlomak jednog Flamarionovog romana, u kome piščeva mašta govori o prizoru sudara Zemlje s jednom kometom i o njegovim posledicama. Neki malodušni slušalac stranih stanica, koji ne vlada dobro francuskim jezikom, verovatno je otvorio radio u sredini emisije, i to je bilo dovoljno da se pronese vest o sudaru Zemlje s kometom u kome će ona uskoro dočekati svoju žalosnu sudbinu.

Pošto smo se donekle upoznali s prirodom kometa i njihovim nekada zagonetnim putanjama kroz daleki vasioni prostor i pošto smo videli da to nisu nimalo opasna tela kako po gustini i čvrstini, tako i po ukupnoj masi, odgovorimo i na poslednje pitanje, koje i danas ponekog onespokojava, a to je: može li se Zemlja sudariti sa kojom kometom i, ako može, šta bi iz toga moglo proizići?

Pre svega, može li se zemlja sa takvom kometom uopšte susreti? Može — jer se putanje nekoliko kometa seku sa Zemljinom putanjom, ali odmah, radi umirenja, za sudar je potreban još jedan preduslov, koji se teško može ispuniti: da se

i Zemlja i kometa u istom trenutku nađu baš u toj tački u kojoj se njihove putanje seku. Račun verovatnoće kaže, međutim, da ima 281 milion verovatnosti da se sudar neće desiti prema jednoj jedinici da hoće. Ovo opet, drugim rečima, znači da se ovakav sudar može dogoditi samo jedanput u nekih 100 000 godina. Danas se međutim zna da je vek kometa nekoliko hiljada ili desetina hiljada godina, u najboljem slučaju, posle koga se komete raspadaju, te do ovakvog sudara, posmatrano sa toga gledišta, uopšte ne može ni doći.

Ako pretpostavimo da uprkos svemu ovome do sudara pukim slučajem i dođe, da od 281 000 000 belih kuglica i jedne crne, promešanih u kakvoj džinovskoj vreći, naša Zemlja izvuče crnu kuglicu — čak i onda Zemlji od ovakvog »sudara« ne pretili nikakva opasnost. Sudar bi se morao odigrati otprilike ovako: Približujući se Zemlji, kometa bi bila sve veća i sjajnija i svojom prividnom veličinom ispunila bi dobar deo neba. No kad bi došla blizu Zemlje, u opasnu zonu njenog privlačnog dejstva, kometa bi se raspala na svoje sastavne delove i odjednom bi se iz nje prosuo vatromet vanredno sjajnih meteora. Najviše bi ih sagorelo u atmosferi, a na Zemlju bi palo nekoliko desetina, možda onih najkrupnijih. Ali zar na Zemljinu loptu iz dana u dan ne padaju čitavi rojevi sitnih meteorita, sitnih kao zrno graška, kao orah ili kao gušćije jaje? Padovi velikih meteorita istina su retki, ali je ipak zabeležen, kao što smo videli, izvestan broj otkako se na ove pojave obratila naročita pažnja. No meteorit koji je juna 1908. godine kišom kamenja zasuo predeo srednjeg Sibira, severno od reke Potkamene Tunguske, može se u potpunosti smatrati za pad čitave jedne komete na Zemlju, pa možemo reći da je Zemlja već oprobala šta znači sukobiti se s jednom kometom. Da vidimo šta očevici pričaju o ovom slučaju i kakve je on posledice izazvao.

Tridesetog juna 1908. godine pojavilo se u našoj atmosferi kosmičko telo, dotle neviđene veličine i sjaja, koje je letelo ogromnom brzinom (kasnija izračunavanja pokazala su da je ona iznosila oko 70 kilometara u sekundi i blistalo uprkos Sunčevoj svetlosti. Iz njega su vrcale mnogobrojne iskre i s tutnjavom, koja je ličila na topovske plotune, približavalo se Zemlji. To telo palo je u stoletnu sibirsku prašumu — tajgu, izazvavši ognjeni stub nekoliko desetina metara visok i stub crnog dima ogromnih razmera. Zemljotres se osetio na nekoliko hiljada kilometara, a vazdušni pritisak je imao takvu jačinu da je prašuma na površini od nekih 8 000 kvadratnih kilometara bila oborena kao kosom pokošena. Ukupno je palo oko 80 miliona stabala. Izbacena zemlja i parčad kamenja razleteli su se na površini od 2 kvadratna kilometra. Po krateru koji je ovaj džinovski meteorit (ili, bolje, kometa) izdubio u zemlji, čeni se da je razvijao 14 milijardi konjskih snaga, iz čega se može zaključiti da je bio težak preko 2 000 tona.

Eto, otprilike takve posledice može izazvati sudar komete sa Zemljom. Posledice su nesumnjivo teške za najbližu okolinu, ali se vidi da za čitavu Zemlju one nemaju nikakvog značaja. Ovakav je događaj, kako kaže Sergejev, za planetu koju nastanjujemo epizoda slična susretu velikog topovskog čuleta s rojem komaraca.

Danas, kada se mnoge pojave u astronomiji tumače s astronautičkog gledišta, neki sovjetski pisci pokušavaju i ovaj događaj da objasne kao brodolom kakvog kosmičkog broda prispelog sa neke hipotetične nastanjene planete, ali sa minimalnim izgledom na uspeh.

*** KOSMIČKA PRAŠINA U ME-
DUPLANETSKOM PROSTORU**

Početkom ovog veka, Cera-
ski je usred noći primetio
srebrno-svetle oblake na se-
vernoj strani neba, koji se

nisu kretali. Godine 1863. Stermer je utvrdio da se njihova visina kreće oko 80 km i da pokazuju spektar odbijene Sunčeve svetlosti od sitnih čvrstih čestica. Kasnije je utvrđeno da je reč o najsitnijim delićima raspadnutih meteora, zapravo o kosmičkoj prašini koja lebdi na graničnoj visini, gde najveći broj ovih telašaca sagoreva, gasi se i raspada. Otuda delimično potiče i sjaj noćnog neba.

I pojava *zodijačke svetlosti*, koja se u tropskim predelima vidi s proleća na zapadu posle Sunčevog zalaza, a u jesen na istoku pred njegov izlaz, kao srebrnastobeli konus, podvrgnuta je u prvoj polovini našega veka spektarskoj analizi. Tada se pokazalo da je i ovde reč o Sunčevoj svetlosti odbijenoj od čestica kosmičke prašine i sasvim sitnih meteora. Ispitivanjem oblika osvetljenih oblasti neba došlo se do zaključka da su kosmička prašina i sasvim sitni meteori grupisani u vidu džinovskog sočiva oko Sunca i da se gustina njihovog polja pojačava u blizini velikih planeta.

U retkim slučajevima je zapaženo da se visoko na južnom nebu spajaju vrhovi istočnog i zapadnog konusa zodijačke svetlosti u jedinstven beo pojas s pojačanim sjajem na vrhu, dakle u oblasti koja leži tačno suprotno od Sunca. Ova pojava se objašnjava jačim odbijanjem Sunčeve svetlosti od čestica kosmičke prašine koje se nalaze suprotno od Sunca, baš kao što nam i Mesec odbija veću količinu svetlosti kada se nalazi suprotno od Sunca (pun mesec) no u drugim svojim položajima. Nedavno su, međutim, Fesekov i Astapovič ukazali, na osnovu niza posmatračkih podataka, na mogućnost da je ovde u pitanju dosad nepoznata pojava — *Zemljin rep*, sastavljen od najsitnijih čestica visoke Zemljine atmosfere, koji se proteže suprotno od Sunca, slično kometskim repovima. Ova pojava sada je predmet dublje analize i proveravanja.

Činjenica što je Planetski sistem ispunjen kosmičkom prašinom nimalo nas ne iznenađuje, jer smo videli da ova u velikoj meri nastaje pri sudarima brojnih malih planeta, kao i prilikom raspadanja kometa i sudara ogromnog broja meteora kojima je ispunjen prostor među nebeskim telima oko Sunca. Zanimljivo je, međutim, da nam na Zemlju padne dnevno sličnih meteorita mnogo desetina, a možda i koja stotina tona, da se na visini oko 80 km iznad Zemlje nalazi pojas kosmičke prašine i da je prostor oko Zemlje gusto ispunjen meteorima, a da ipak, zbog njegovih ogromnih dimenzija i vrlo retke pojave većih meteora, oni ne predstavljaju nikakvu smetnju kosmičkim letovima. Ovo su u poslednje vreme pokazala i mnogobrojna ispitivanja raketama sondama, veštačkim satelitima i raketama kosmičkim brodovima.

Glava sedma

KAKO JE POSTALA SUNČEVA PORODICA

* STARA SHVATANJA O POSTANKU SVETA

Pitanje kako je postala Zemlja gotovo je staro koliko i ljudski rod. Evo u najkraćim crtama kako su se

razvijale misli o postanku Zemlje i Sunčevog sistema u glavnim razvojnim etapama nauke i društva.

Govoreći o planeti na kojoj živimo, upoznali smo već neka stara primitivna shvatanja o Zemljinom obliku. Na osnovu ovako shvaćenog sveta, nije se mogla ni razviti savršenija ideja o njegovom postanku od one koju su gajili stari narodi. Tako su Hindusi smatrali da je najpre postalo zlatno jaje, koje je izišlo iz svetskog okeana. Iz ovog jajeta izlegla se boginja Prajanani, pramajka svega sveta.

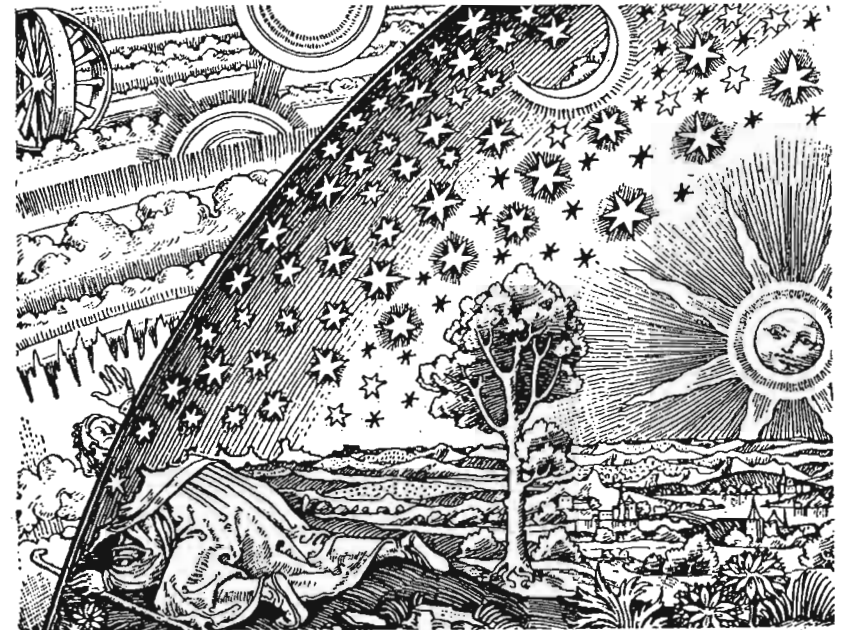
Egipćani su verovali da je vrhovno božanstvo Šu, koje je takođe izišlo iz prvobitnog okeana, položilo boginju Sibū i od nje načinilo Zemlju, a uzdiglo boginju Nuit, razapelo je nad Zemljom i od nje načinilo nebeski svod.

Po najstarijim grčkim legendama o postanku sveta, u početku »svega« bio je Haos. Pod Haosom su Grci, kao i Vavilonci i Jevreji, podrazumevali »bezdani«, tj. nešto bez oblika i neuporedivo veliko. Zatim se javila Gea, koja se izdvojila iz Haosa, »Zemlja hraniteljka«, kako su je nazivali grčki pesnici. Kao deca Haosa i Gee javljaju se Noć i Erebus (mrak, magla). Erebus i Noć rađaju Dan i Eter. Zatim se pojavljuje Helios — bog Sunca, Selena — boginja Meseca, Eos — boginja zore itd. Eos je rodila »sjajne« zvezde kojima je ukrašeno vedro nebo.

Međutim, već u staroj Grčkoj Heraklit je istakao pažnje dostojni princip večne promenljivosti materije, koji je u osnovi i našeg savremenog pogleda na svet, a Leukip i Demokrit

svoje materijalističko prilaženje kosmogoniji. Oni su smelo još u ono doba tvrdili da su Zemlja i nebo postali iz skupova atoma, najsitnijih delića materije, bez učešća ikakvih tajanstvenih sila i bogova.

U srednjem veku, pod uticajem svemoćne crkve, vratilo se prastarom, primitivnom shvatanju Zemlje kao ravne ploče u središtu vasiona s čvrstim poklopcem, nebeskim svodom, na kome su zvezde male svetiljke stvorene radi čovekovog uživanja. Iznad ovog poklopca smešten je presto božji s anđelima i dušama umrlih i sa svima mašinama koje upravljaju kreta-



SREDNJOVEKOVNI POGLED NA SVET (sl. 38)

njima nebeskih tela oko naše Zemlje. Učenje o čoveku kao slici i prilici božjoj nije se moglo ni zamisliti bez učenja o izuzetno značajnom Zemljinom položaju u vasioni (sl. 38).

Savremeno naučno poznavanje prirode počinje sa revolucionarnom epohom renesanse, kojom je na tako veličanstven način počeo novi vek. S ekonomskim razvojem i dubokim promenama u njemu, koje su nastale s otkrićem novih i nepoznatih Zemljinih predela i sve daljim putovanjima preduzimanim u cilju traganja za novim prirodnim bogatstvima, a kasnije i za novim tržištima, naročito posle pronalaska Amerike i Magelanovog puta oko sveta, cela privreda, a u vezi s njom i sve

nauke koje su joj mogle biti od koristi, dobijaju nezapamćen podsticaj i počinju se naglo razvijati. Od nauka je na prvom mestu astronomija, koja je bila neophodna moreplovstvu. Vaskrsavaju dela starih grčkih prirodnjaka koja, obogaćena novim elanom i podacima naučnih istraživanja, dovode do novih pogleda na Zemlju i druga nebeska tela, kao i na sklop vasiona. Brahe, Kopernik, Kepler, Njutn i dr. udaraju temelje današnje astronomije.

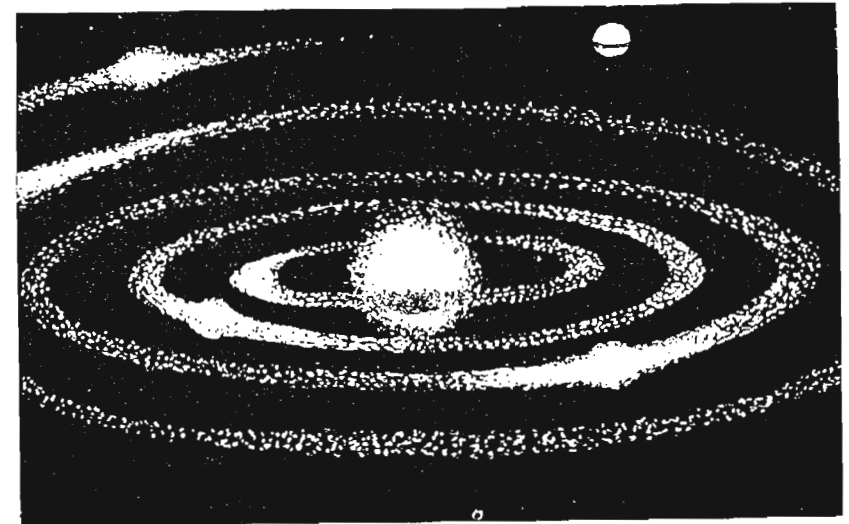
Razume se da su i ovi pioniri današnje nauke morali izdržati žilavu borbu s crkvenim predstavnicima, ovoga puta suroviću od svih dotad zabeleženih. Poznat je svima slučaj spaljivanja Đordana Bruna i proganjanja Galileja zbog odbrane iznetih pogleda koje je zastupala tadanja nauka i koji se nisu dali ničim opovrgnuti.

No iako je još u XVII i početkom XVIII veka bila u glavnim crtama stvorena naša današnja slika o svetu, o položaju i kretanju Zemlje i ostalih planeta, o prirodi, veličinama, a kasnije i o udaljenostima i rasporedu zvezda kao elementima neophodnim za postavljanje naučnih pretpostavki o postanku nebeskih tela, ipak je, i pored sveg tog skupljenog materijala, nedostajao još jedan korak pa da se dođe do ideje o razvoju nebeskih tela i vasiona, u čijem se sklopu moglo rešavati i pitanje o načinu postanka Zemlje. »... Priroda se u celini, piše Engels, nije onda smatrala za nešto što se istorijski razvija, što ima svoju istoriju u vremenu. Vladalo je samo interesovanje za prostorno prostiranje; različiti oblici grupisali su se ne jedan za drugim, nego jedan pored drugog, prirodna istorija smatrala se za nešto nepromenljivo, večno, slično eliptičnim putanjama planeta. Revolucionarne po svom početku, prirodne su se nauke našle pred skroz konzervativnom prirodom, u kojoj se smatralo da je sve i sad kako je bilo i u početku sveta i u kojoj će sve ostati do kraja sveta onako kako je bilo u početku...« Prvi prelom čine Kant i Laplas.

*** KANT-LAPLASOVA HIPOTEZA**

Reč je o hipotezi kojom je prvi put u novom veku, na savremen način i s ozbiljnim naučnim obrazloženjem, odgovoreno na pitanje kako je mogla postati Zemlja i ceo Sunčev sistem — o hipotezi nemačkog filozofa koju je pre jedan i po vek genijalni francuski matematičar i mehaničar Laplas nezavisno postavio u novijem i savremenijem obliku. Iz istovetnosti kretanja svih, u ono vreme poznatih, nebeskih tela Sunčevog sistema, iz toga što se sva ona kreću u približno istoj ravni i iz nekih drugih sličnosti, Laplas je zaključio, oslanjajući se na onda poznate prirodne zakone, da su sva ta tela morala postati iz centralne mase toga sistema, tj. od samoga Sunca, koje je u vreme Zemljinog postanka, pre više hiljada miliona

godina, bilo u usijanom, razjedinjenom gasovitom stanju i verovatno ispunjavalo približno ceo prostor koji danas zauzima Sunčeva porodica. Ova usijana, gasovita masa nalazila se u ravnotežnom loptastom obliku i polako se okretala oko ose koja je prolazila kroz njeno težište. Zračenjem ova masa se postupno hladila i zgušnjavala. Sa smanjenjem zapremine povećavala se, po fizičkim zakonima, brzina njenog obrtnog kretanja, usled koje je opet ova maglina postajala sve spljoštenija i spljoštenija, jer se u njoj počela javljati sve jača i jača centrifugalna sila koja se javlja kod svakog obrtnog kretanja. Kad je ova sila toliko porasla da je nadvladala silu gravitacije, koja je držala na okupu deliće ove mase, nastupio je trenutak kad se iz oblasti njenog ekvatora odvojio jedan prsten gasa, koji je



POSTANAK SUNČEVOG SISTEMA PO LAPLASU (sl. 39)

produžio da se kreće oko centralne mase. Kako zračenje nije simetrično u svim pravcima prostora, u jednom trenutku ono je bilo jače u jednom delu prstena. U tom delu je stoga došlo do bržeg hlađenja i skupljanja materije, obrazovalo se jezgro oko koga se postepeno, pod privlačnim gravitacionim dejstvom njegovim, skupila u toku vremena sva masa prstena i obrazovala novu loptu, koja je produžila da se kreće oko Sunca. Tako se rodila Zemlja, a na sličan način i ostale planete. (sl. 39).

Osnivajući svoju hipotezu na fizičkim zakonima i podacima o kretanju nebeskih tela čitavog Sunčevog sistema, Laplas u svoju rekonstrukciju postanka Sunčevog sistema, pa i Zemlje, nije uneo samo naučnu maštu i pronicljivost. Baš u njegovo vreme Heršel je sagradio svoj prvi teleskop i njime

sagledao mnogo stotina novih maglina, najdaljih nebeskih naseobina van našeg Zvezdanog sistema. Među njima bilo je i novih, dotle nepoznatih tipova. Kad ih je poređao po njihovom obliku, Laplas je video da među njima ima svih mogućih prelaza, od loptastog do najspljoštenijeg, u kome je već počelo odvajanje pojedinih delova iz centralne razređene mase i obrazovanje zvezda i njihovih porodica. On je na taj način bio i očevidac procesa koji je opisao. On nam je skrenuo pažnju da se proces postanka Zemlje i ostalih tela Sunčevog sistema obnavlja i događa stalno u dalekim dubinama vasijskog prostora.

Ali u toku XIX i početkom ovog veka astronomija je jako napredovala. Pronađena su mnogobrojna nebeska tela Sunčevog sistema koja u Laplasovo vreme nisu bila poznata. Na nekim od njih primećeno je da po nagibu obrtne ose, a i po smeru kretanja, odstupaju od velikih planeta koje je Laplas uglavnom posmatrao. Zatim su sagrađeni novi instrumenti i nova teorijska oruđa. Sve je to doprinelo da se postave nekolike zamerke Laplasovoj nebularnoj hipotezi.

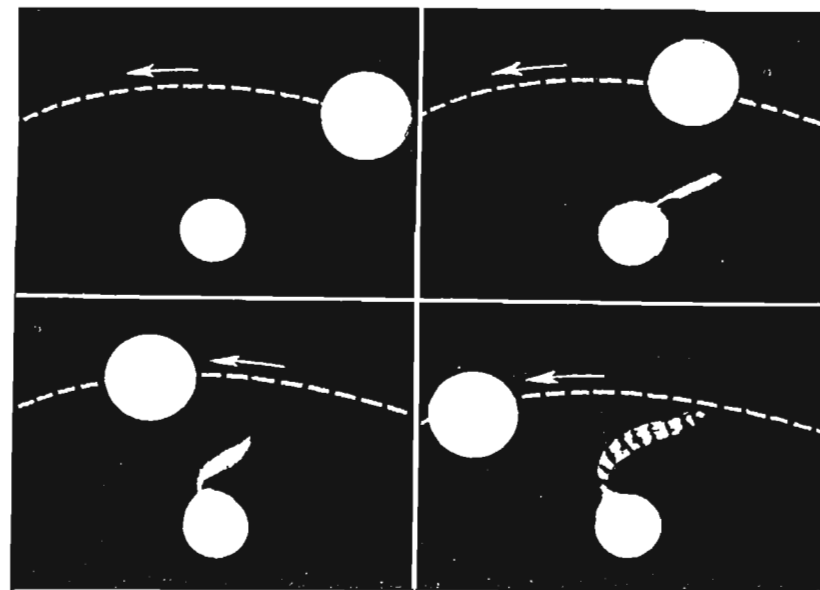
Nju su kasnije dopunjavali, uzimajući u obzir ove zamerke, Faj, Roš, a delimično i Poenkare, sa manje ili više uspeha, ali su nicali i nove hipoteze, poneke zasnovane na sasvim drugim principima. No značaj Kant-Laplasove hipoteze, tako jasno istaknut Engelsovim rečima, nije ovim ništa umanjen. Ona se i danas uči u školama kao prva moderna etapa u rešavanju tako složenog pitanja kao što je postanak Zemlje i Sunčevog sistema, koje se nije ni moglo rešiti potezom jednoga čoveka, već se razvija uporedo s razvojem astronomskih i drugih prirodnih nauka i rešiće se konačno onda kad za njegovo rešenje ove nauke budu pribavile sve potrebne podatke.

* DZINSOVA I SRODNE HIPOTEZE

ke njihovog postanka u spoljnim silama koje su delovale na Sunce.

Najpotpuniji oblik ove hipoteze dao je savremeni engleski astronom Džins. On pretpostavlja da su planete postale raspadanjem pramena gasova koje je svojim privlačenjem izvukla iz Sunca jedna hipotetična zvezda koja je prošla kraj njega pre nekoliko milijardi godina (sl. 40).

Dok Džefrejs ne isključuje mogućnost postanka Sunčevog sistema iz sudara sa pomenutom zvezdom, Litlton smatra da je Sunce prvobitno bilo dvojna zvezda, čija je porodica nastala raspadanjem njegovog pratioca pod dejstvom nekog nebeskog tela kome se Sunce približilo.



POSTANAK SUNČEVOG SISTEMA PO DZINSOVOJ PLIMSKOJ HIPOTEZI (sl. 40)

Rasel je, međutim, 1935. godine računski pokazao da se Džinsova hipoteza ne može održati, jer se dejstvom zvezde ne može objasniti tako veliki talas plime planetskih dimenzija. Takođe, ni Litltonova hipoteza se nije mogla održati pred kritikama Lajtona (1937) i Pariskog (1939).

* NEKE NOVIJE HIPOTEZE

se da, u stvari, i nema različitih zvezda, da su sve one sastavljene od iste materije, a što se razlikuju među sobom po veličini, temperaturi, gustini, i drugim fizičkim i hemijskim osobinama, uzrok je samo različita starost. Naime, pokazalo se da postoje različite faze kroz koje one prolaze u toku svoga života i razvoja. Kad je poslednjih godina fizika pronikla u tajnu izgrađivanja i raspadanja atoma i pretvaranja jednih elemenata u druge, Edington, s jedne, i Fesenkov, s druge strane, pokazali su da je ceo proces razvoja jedne zvezde u tesnoj vezi baš s izgrađivanjem i raspadanjem njenih atoma i pretvaranjem jednih elemenata na njoj u druge. Tu baš i jeste glavni izvor neizmerne energije koju zvezda zrači u vasijski prostor u toku svoga života. Isti je slučaj i sa Suncem, koje nije ništa drugo do jedna prosečna zvezda.

Ove najnovije tekovine nauke omogućile su Fesenkovu da se poslednjih godina njima posluži i objasni postanak Zemlje i drugih tela Sunčevog sistema normalnim razvojem Sunca, a nikako katastrofom. Po njemu se život zvezde sastoji iz relativno dugih perioda u toku kojih se izgubljena energija zračenjem zvezde nadoknađuje energijom koja nastaje u procesima koji se odigravaju u njenim atomima. No ovih reakcija u atomskim jezgrima ima više vrsta i svaki od takvih perioda odgovara određenoj vrsti reakcije u atomskim jezgrima. Ovi su periodi, međutim, razdeljeni relativno kraćim vremenskim razmacima u toku kojih se u atomima zvezde vrši prelaz sa reakcije jednog tipa na reakciju drugog tipa. Za to vreme zvezda ne nadoknađuje u dovoljnoj meri energiju izgubljenu zračenjem i jače se hladi. Usled hlađenja ona se u tim prelaznim vremenskim razmacima jače skuplja, postaje manja, zbog čega se opet povećava brzina njenog obrtanja. Usled povećane brzine obrtanja dolazi do njene spljoštenosti i sad ponovo Laplasova hipoteza, nešto izmenjena, postaje dovoljna da objasni postanak Zemlje i planeta od Sunca u ovakvim prelaznim vremenskim razmacima njegovog života.

Pre petnaestak godina, poznati polarni istraživač i matematičar Šmit objavio je svoju hipotezu o postanku Sunčevog sistema i Zemlje, zasnovanu na najnovijim podacima o obrtnju našeg Zvezdanog sistema — Galaksije — i o tamnim maglinama. Postanak planeta on objašnjava skupljanjem spoljne materije koju je Sunce povuklo za sobom pri prolazu kroz tamne magline na svome putu kroz međuzvezdani prostor.

* DANAS NJE SHVATANJE

Danas je posmatranjima nepobitno utvrđeno da se, kao što ćemo kasnije podrobno razmotriti, zvezde neprekidno rađaju iz tamne međuzvezdane kosmičke materije grupisane u oblake, u difuzne magline. Proces postanka Zemlje i drugih planeta koje prate Sunce smatra se da nije usamljen, već da je to proces prirodne evolucije zvezda u njihovom prvobitnom obrazovanju iz vrtložnih vlakana tamne kosmičke materije, kada za takav proces postoje u prirodi podesni uslovi.

S obzirom na približno jednaku starost Sunca i Zemlje, kao i ostalih planeta, koja za sve iznosi nekoliko milijardi godina, smatra se da su planete morale nastati ako ne jednovremeno sa Suncem, a ono ubrzo posle njegovog izdvajanja iz jednog mesnog nestabilnog zgušnjavanja u difuznom oblaku kosmičke materije iz koga je i samo postalo. U to vreme ono je bilo telo sa 8—10 puta većom masom no danas, koje se brzo obrtalo oko svoje ose.

U toku svog naglog zgušnjavanja Sunce je u oblasti svog ekvatora moralo ostaviti znatan deo materije, koja se zbog

velike obrtne brzine nije mogla koncentrisati. Nju je uvećavala i ona materija koja je izvirala iz centralne oblasti prvobitnog Sunca u jakim korpuskularnim zračenjima ili strujama. Tako je nastalo jako centralno zgušnjavanje, sa približno istom tolikom količinom razređene gasovite materije u ekvatorskoj oblasti prvobitnog Sunca. Usled vrlo niskih temperatura koje su vladale u oblasti ove razređene materije, ona se počela koncentrovati u čestice kosmičke prašine nepravilnog rasporeda i bila je zahvaćena zajedničkim obrtnim kretanjem oko centralnog zgušnjavanja, tako da su se malo po malo izravnale nejednake brzine i prvobitni smerovi kretanja pojedinih delića.

Veći deo ove materije, koji je bio u dovoljno razređenom stanju, rasturio se u prostor u vidu korpuskularnih zračenja i erupcija materije, koje posmatramo i danas na nekim tipovima veoma vrelih zvezda. Međutim, na malom broju mesta u ovom pljosnatom oblaku gasa i kosmičke prašine morala su postojati jača mesna zgušnjavanja koja su odolela rušilačkoj plimskoj snazi prvobitnog Sunca. Ova zgušnjavanja su tada nastavila da obilaze oko Sunca prikupljajući svojim gravitacionim dejstvom deliće rasturene materije.

Račun pokazuje da su putanje ovih jezgara, budućih planeta, morale u toku svog obrazovanja postati približno kružne. Isto tako, on pokazuje da se morala obrazovati najpre planeta najdalja od Sunca — Pluton, a zatim nešto bliža Sunca — Neptun, i tako redom. Pri obrazovanju Neptuna, a naročito pri stabilizovanju njegove udaljenosti od Sunca, odigrale su svoju ulogu ne samo rušilačke plimske sile Sunca već i obrazovanog Plutona, pa je daljina Neptunova morala biti ona na kojoj ove sile i jednog i drugog tela imaju najmanje dejstvo. Isto to važi i za konačno uspostavljeni poredak u daljinama ostalih planeta od Sunca.

U početku su sve planete morale biti sastavljene od materije jednakog sastava, gde je preovlađivao vodonik a posle njega helijum, dok su teži elementi bili u manjoj meri zastupljeni u njihovim jezgrima. Iz kondenzacija manjih razmera laki gasovi su otišli u prostor i to je razlog što se na zemljolikim planetama, Zemljinim susetkama, danas uglavnom nalaze teži elementi. Jupiter i Saturn bili su u stanju, zbog svoje veće mase i jače gravitacije, da sačuvaju i ove lake gasove. Njihov središnji položaj među planetama po ovoj teoriji takođe se računski lako objašnjava. Isto tako i veće obrtne brzine kod masivnijih planeta i još mnoge pojedinačne karakteristike Planetskog sistema.

Pomenimo najzad veoma smelu, ali vrlo zanimljivu, hipotezu o postanku sistema Zemlja—Mesec, koju je tek pre nekoliko godina postavio švedski astronom Alfven. Prema njegovim ispitivanjima Mesec je nekad bio planeta Sunčevog

sistema, koju je Zemlja pre nekih 3 milijarde godina »zarobila« i primorala da obilazi oko nje (slično pojavi »zarobljavanja« kometa o kojoj smo ranije govorili). Kada je Mesec prišao Zemlji na »kritično rastojanje«, raspao se na dva dela. Jedan je produžio da se kreće kao Zemljin satelit, a drugi se razbio, pao na Zemlju i tu obrazovao njene kontinente. Sitni delići ove materije rasturili su se u međuplanetski prostor odakle i danas padaju na Zemlju u vidu meteorita. Alfven smatra da su tragovi živih mikroorganizama nađeni na nekim meteoritima zemaljskog porekla. Spoljašnji slojevi Zemljine kore, smatra autor, moraju biti identični po sastojcima i gustini sa Mesečevim površinskim slojevima, što će utvrditi prvi kosmonauti koji se budu iskrcavali na Mesec. Autor isto tako smatra da bi izvesna skokovita razlika između plićih i dubljih slojeva Zemljine kore išla u prilog njegovoj hipotezi i da se ona može proveriti dubinskim bušenjima na dnu Tihog okeana (plan »Moho«).

Iz svega ovoga se vidi da pitanje o postanku Zemlje i Sunčevog sistema nije ni do danas konačno rešeno. Nije ni čudo kad se zna koliko je ono složeno. Ali danas je svakome već jasno da se uzrok i način postanka Zemlje ne mogu tražiti u natprirodnom i mističnom, već da se objašnjavaju prirodnim zakonima, zakonima do kojih smo došli izučavajući pojave na materiji koja nas okružuje. Danas nam jedne hipoteze bolje objašnjavaju jedne osobine Sunčeve porodice i Zemlje, druge hipoteze druge osobine. Nijedna od njih nije definitivna, ali nam nove tekovine nauke omogućuju da problemu prilazimo na nov način. To se vidi i iz toga što je svaka nova hipoteza, počev od Laplasove, sve savršenija i dublja. Novi podaci naučnog iskustva prečišćavaju stare hipoteze, koje su u svakom slučaju korisne, jer služe kao putokaz i kostur oko koga se grupišu nova saznanja. A ova saznanja nam, po Engelsovim rečima, pomažu da neke od tih starih hipoteza odbacimo, druge opet da ispravimo, i tako sve dok se ne utvrdi pravi prirodni zakon.

Glava osma

MLEČNI PUT I NAŠ ZVEZDANI SISTEM KROZ LEGENDU I NAUKU

Nema čoveka koji nije
* MLEČNI PUT POSMATRAN uživao u veličanstvenom pri-
GOLIM OKOM zoru koji nam pruža vedra
noć bez mesečine sa mno-

štvom sjajnih zvezda i svetlim beloplavičastim rečkastim pojasom koji se proteže s kraja na kraj neba. To je Mlečni Put. Ovaj veličanstven i uzbudljiv prizor pružao je vekovima inspiracije čovekovoј mašti i bio izvor problema čovekovom istraživačkom duhu. Oko njega su ispletene nebrojene legende, koje su predanjem i danas ostale u narodnim verovanjima i umotvorinama svih naroda. Prelistajmo te legende i zadržimo se na tumačenjima koje je nauka iz svoje velike riznice posmatračkih i računskih podataka izvukla za ovu pojavu.

Ako se u vedre decembarske večeri udaljimo od gradskih svetlosti i ispnemo na kakav brežuljak na kraju grada, možemo posmatrati Mlečni Put do najsitnijih pojedinosti. Iz samog temena nebeskog svoda spušta se on pravo ka zapadu, prolazeći kroz upadljiva sazvežđa: Kasiopeju, Cefej i Labud. U Labudu se on grana u dve račve koje se ponovo slivaju u jednu. U ovom svom delu on je naročito zanimljiv i svetao. Zatim se, prolazeći kroza sazvežđe Orla, spušta pored sjajne zvezde Vege i zalazi pod zapadni horizont. S druge strane zenita spušta se on ka istoku, prolazeći kroz sazvežđa Persej, Bik i Blizanci i dodirujući velikog i sjajnog Oriona.

Za letnjih noći, recimo jula, kada se mogu videti i sazvežđa koja su u decembarskim večerima pod zapadnim horizontom, vidi se gde Mlečni Put iz sazvežđa Orla prelazi u

sazvežđe Strelca, postaje kitnjast, bogat i sjajan. Ovde se opet razdvaja u dve grane, od kojih jedna prelazi neposredno na južnu nebesku poluloptu, a druga, tek pošto prođe kroz sjajno sazvežđe Skorprije sa crvenim džinom Antaresom, takođe prelazi na južnu stranu.

Kako su posmatrači južne Zemljine pole zabeležili njegov trag preko južnog neba, zna se da se Mlečni Put, prelazeći južno nebo, na drugom kraju horizonta sastaje sa svojom severnom granom i da u vidu svetlog prstena opasuje celo nebo deleći ga na dve polovine.

Dignete li pogled visoko ka nebu ili, još bolje, sagledate li njegovu sliku u ogledalu mirne površine kakvog jezera ili mora, videćete u celini vidljivu polu Mlečnog Puta, otprilike onako kako to prikazuje slika 41.

*** STARA VEROVANJA I LEGENDE**

Po mišljenju sudanskog plemena Dinka to je ogromno stablo podeljeno u dve grane. Po eskimskom shvatanju to su tragovi heroja koji je nekada hodao po nebeskom svodu. Kvinlandani, opet, smatraju da je Mlečni Put dim od neke vrste trava koju na nebu pale čarobnice za orijentaciju duša umrlih. Po shvatanju plemena Ngai to je mnoštvo bezbrojnih stada. Po Kinezima to je put Crvene Reke. Meksikanci ga poetično nazivaju Belom Sesticom Šarene Duge. U francuskom narodu zovu ga Putem sv. Jovana, u slovenačkom narodu Rimskom Cestom, a u Srba i Hrvata poznat je kao Kumovska Slama.

Ovidije u »Metamorfozama« kaže da preko Mlečnog Puta »besmrtnici odlaze u uzvišeno boravište gospodara groma«, a to isto tvrdi i Makrobije. Još se veli da se tamo gde se Mlečni Put grana deli dobro od zla.

Kod starih naroda nailazi se i na tragove drugačijeg tumačenja Mlečnog Puta. Tako su neki od njih smatrali, uprkos shvatanju o savršenstvu Zemlje i neba, da je Mlečni Put pukotina na sastavima nebeskog krova kroz koju se naziru daleki odsjaji odozgo.

Najlepši od svih legendi vezanih za tumačenje Mlečnog Puta nesumnjivo je stari grčki mit o Junoni i Herkulu. Vrhovni bog Zevs, pored svih božanskih osobina, bio je u očima starih Grka, pun ljudskih navika i strasti. Tako se jednom zaljubio u lepu feničansku kraljicu. Od svoje zakonite žene, boginje Junone, krio je, razume se, brižljivo tajnu da će od lepe kraljice dobiti sina. Kako je feničanski kralj imao još jednu ženu koja je u isto vreme očekivala prinovu, to se sa

nestrpljenjem nagađalo koji će od dva novorođenčeta biti naslednik carstva. Zevs, da bi obezbedio presto svome sinu, odredi da se ovaj prvi rodi. Okretna Junona, puna ženskih osobina, od koje se ništa nije dalo sakriti, saznajući za ovu intrigu, uspe da pomuti Zevsove račune, te se desi obrnuto od onoga što je vrhovni bog želeo i očekivao. Da bi svom sinu Herkulu obezbedio bar besmrtnost, Zevs naredi da Herkula krišom odnesu Junoni da ga podoji, podmetnuvši ga umesto



MLEČNI PUT (sl. 41)

zakonitog naslednika. Međutim, Junona primeti podvalu i, pošto je dete već povuklo prvi gutljaj, otrgne mu dojkicu, te božansko mleko poprska nebo i tako na njemu ostavi večni trag o ovoj đavoliji dokonih bogova.

Slika velikog majstora Tintoreta, koja se nalazi u Nacionalnoj galeriji u Londonu, ovekovečila je ovu lepu priču.

★ STARE NAUČNE PRETPO-
TAVKE U SVETLOSTI NOVIH
POSMATRAČKIH ČINJENICA

Slavni Aristotel smatrao je da je Mlečni Put sastavljen od usijanih para, dok ga je Parmenid smatrao za mešavinu vazduha različitih gustina. Pitagora, a zatim Demokrit iz Abdere, u V veku pre n.e., smatrali su Mlečni Put kao neizmerno velik skup dalekih i, na izgled, majušnih i zbijenih zvezda, čiju svetlost ne možemo razdvojiti okom, jer se sliva i pruža sliku neprekidnog beličastog svetlog oblaka.

Kad je Galilej svoj astronomski durbin upravio prema Mlečnom Putu, ovim moćnim oruđem nauke svukao je sa njega prvi tajanstveni veo. Njime je on sagledao u beličastoj svetlosti na desetine hiljada zvezda slabog sjaja, dakle, mnogo više no što ih je mogao sagledati na *čitavom ostalom nebu*, i time je Demokritova pretpostavka bila potvrđena.

No još dugo posle Galileja, Mlečni Put je smatran kao tanka svetla traka. Kao sliku našeg Zvezdanog sistema na nebeskom svodu astronomi ga počinju shvatati tek u drugoj polovini XVIII veka — najpre Tomas Rajt, zatim filozof Kant, pa astronom Lamberti, najzad, veliki Vilijam Heršel.

Svojim moćnim instrumentom otvora 1,2 m on preduzima sistematsko prebrojavanje zvezda, kako bi ispitao zvezdanu naseobinu kojoj pripadamo. Na taj način on još pre vek i po dolazi do zaključka da je Mlečni Put samo posledica perspektive, da je on projekcija na nebeski svod naše zvezdane naseobine, u kojoj je i naše Sunce samo jedna od mnogobrojnih zvezda. Po njegovom shvatanju ova naseobina predstavlja jedan sistem zvezda u obliku dvogubo ispupčenog sočiva ili točka. U njemu su zvezde raspoređene tako da se u pravcima koji leže u ravni što polovi Mlečni Put prostiru 10 puta dalje no u pravcu upravnom na ovu ravan. Ako gledamo ma u kom pravcu koji leži u ovoj ravni, naš će pogled uz put susresti mnogo veći broj zvezda i mi ćemo ih projektovati na zaleđe neba mnogo gušće no ako gledamo u pravcu osovine ili paralelno osovini ovoga točka. U tom pravcu naš će pogled naići na 10, pa i više puta manji sloj zvezda, susrešće ih daleko manje, i na zaleđe neba projektovaće ih samo kao relativno retke, pojedinačne zvezde. Ovo nam postaje očigledno ako uporedimo zvezdano polje u sazvežđu Strelca, dakle u Mlečnom Putu, sa onim u sazvežđu Bereničine Kose. Po Heršelovom shvatanju naše je Sunce u središtu ovoga točka.

Tako nam je tačnim posmatranjima Heršel pokazao ono što je već Galilej naslućivao — da se zvezde ne nižu u beskraj, da su grupisane u jedan sistem, koji ima svoje granice, dao nam približni oblik toga sistema i definitivno objasnio pojavu Mlečnog Puta.

Otada je težište izračunavanja prešlo sa analize Mlečnog Puta na analizu građe našeg Zvezdanog sistema — sa *izučavanjima prividnog na izučavanje prâvog*. Sve do 1920. astronomi su ulagali ogromne napore da dođu do detaljnije slike o građi našeg Zvezdanog sistema, držeći se u suštini Heršelovog puta. Tačnim prebrojavanjima pokazali su najpre da broj zvezda naglo opada ukoliko se udaljujemo od Mlečnog Puta. Ako uzmemo zvezde do granice pristupačnosti našim posmatračkim sredstvima, nalazimo da ih u ravni Mlečnog Puta na 1 kvadratnom stepenu površine nebeskog svoda ima oko 115 000, a na njegovim polovima, tj. u oblastima koje su od njega najviše udaljene, samo oko 4 000. Osim toga, broj zvezda raste ukoliko uzimamo u obzir sve slabije, i to naročito u oblastima Mlečnog Puta. Tako je, na primer, u njemu na jednom kvadratnom stepenu samo jedna zvezda osme prividne veličine, već oko hiljadu zvezda 15. prividne veličine, a oko 74 000 onih 21. prividne veličine. Koncentracija zvezda raste ukoliko se približavamo Mlečnom Putu, i to utoliko više, ukoliko uzimamo u obzir zvezde sve slabijeg i slabijeg sjaja. Dok je u Mlečnom Putu oko 3,5 puta više zvezda vidljivih golim okom no na polovima našeg Zvezdanog sistema, 44 puta je više onih koje su na granici vida naših današnjih instrumenata.

No ni broj zvezda u svim oblastima Mlečnog Puta nije jednak. Dok u izvesnim njegovim delovima nailazimo na guste zvezdane oblake, kao što su oni u Labudu, Strelcu ili Orлу, dotle imamo i takvih mesta gde se zvezde znatno proređuju. (Kao dokaz prelistajmo nekoliko strana Barnardovog fotografskog atlasa Mlečnog Puta.) Ovo je navelo astronome na radove koji su pokazali da Heršelov zaključak o centralnom položaju Sunca u našem Zvezdanom sistemu nije tačan, već da ono leži daleko od njegovog središta. Oni su nam pokazali da se njegovo središte mora nalaziti negde u zvezdanom oblaku koji se vidi u sazvežđu Strelca, tamo gde je Mlečni Put najsjajniji i tamo gde je naš Zvezdani sistem najbogatiji zvezdama.

No sva ova istraživanja, i pored nešto jasnije slike koju su dala o našem Zvezdanom sistemu, nisu bila dovoljna da nam potpuno osvetle njegovu građu i da nam stvore dovoljno jasan pojam o njegovoj veličini. Dva su razloga za ovo važnija od ostalih. Prvo, u našem Zvezdanom sistemu postoje mnoge oblasti bogate tamnom kosmičkom prašinom koja nam zaklanja zvezde koje se iza nje nalaze. Drugo, po svojoj prirodi zvezde su veoma različitog sjaja. Dok ih ima 50 000 puta sjajnijih od Sunca, ima ih i 50 000 puta slabijeg sjaja. Prema tome, jačina sjaja ne može nam poslužiti kao merilo udaljenosti zvezda, kao što su stari astronomi mislili, i po njoj ne možemo doći do saznanja o prostornoj strukturi Zvezdanog sistema

*** NOVA ISTRAŽIVANJA NA-
SEG ZVEZDANOG SISTEMA,
NJEGOVE DIMENZIJE I BROJ
ZVEZDA**

Potrebno je, znači, bilo iz-
meriti udaljenosti zvezda.
Poznato je sa kakvim je
velikim teškoćama ovo me-
renje bilo skopčano zbog

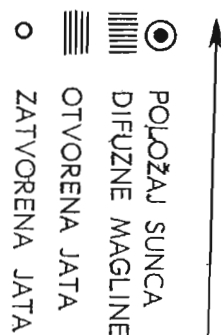
ogromnih daljina koje nas razdvajaju od zvezda (bilo je mo-
guće odrediti daljine samo nekoliko najbližih zvezda) sve dok
Livitova nije našla zakon koji vezuje periodu promene sjaja
promenljivih zvezda cefeida za njihov apsolutni sjaj. Kad je
čuveni savremeni američki astronom, Šepli, ovaj zakon prak-
tično primenio da iz izmerene prividne veličine i periode odre-
di daljinu zvezde, onda je to bio prvi korak ka bližem upo-
znavanju arhitekture našeg Zvezdanog sistema.

Izmerena je najpre daljina nekih zvezda u našoj zvezda-
noj naseobini, a zatim je Šepli primetio da ovih zvezda ima u
izobilju i u zbijenim zvezdanim jatima, za koja se doskora nije
znalo da li pripadaju našem Zvezdanom sistemu ili su to za-
sebni zvezdani sistemi. On je odredio daljine za većinu ovih
jata i našao da su simetrično raspoređena prema Mlečnom
Putu. Sumnje, dakle, nije više moglo biti da i ona pripadaju
našem Zvezdanom sistemu. Kako su njihove daljine iznosile
od 20 000 do 200 000 svetlosnih godina, Šepli je našao da preč-
nik Galaksije iznosi 200 000 svetlosnih godina. Ovaj broj da-
leko je premašio vrednosti koje su pre Šeplija našli Zeliger
i Njukomb 1905. (70 000 svetlosnih godina), Volki 1914. (14 000
svetlosnih godina) i Edington 1915. (15 000 svetlosnih godina).
Za debljinu Zvezdanog sistema Šepli nalazi 12 000 svetlosnih
godina. Zbijena zvezdana jata rasuta su ravnomerno svuda
oko njega kao roj pčela u loptastoj strukturi. Središte ovog
loptastog skupa poklapa se, po Šepliju, sa središtem Zvezda-
nog sistema.

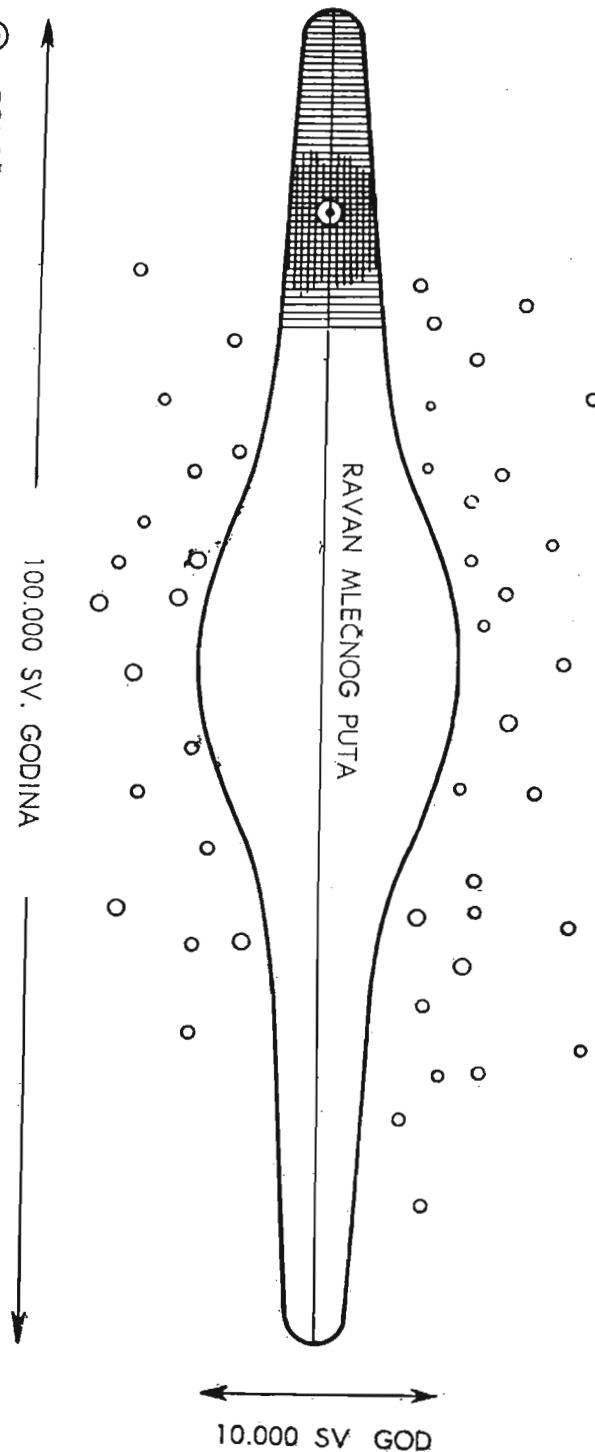
Tokom poslednjih godina astronomi su u našem Zvezda-
nom sistemu otkrili znatno veće mase tamne kosmičke prašine
no što se to moglo očekivati, a isto tako i van njega, u prostoru
u kome su rasute vangalaktičke magline ili drugi zvezdani si-
stemi. Stoga su morali znatno da smanje sve izmerene zvez-
dane daljine, daljine zvezdanih jata i maglina, pa se danas
smatra za najverovatnije da prečnik naše zvezdane naseobine
iznosi oko 100 000 svetlosnih godina, a njena debljina u sre-
dištu blizu 10 000 svetlosnih godina.

Poblize su ispitani i zvezdani oblaci, pa je utvrđeno da se
u jednom takvom oblaku nalazi i Sunce. To je naš Mesni zve-
zdani sistem. Kroza nj Sunce putuje brzinom od 20 km u se-
kundi u smeru ka jednoj tački u sazvežđu Herkula.

Sunčev položaj u Zvezdanom sistemu je otprilike na 2/3
puta od središta ka periferiji (sl. 42). Na mestu gde se nalazi
Sunce, Zvezdani sistem je debeo oko 3 000 svetlosnih godina.



SUNČEV POLOŽAJ U NAŠEM ZVEZDANOM SISTEMU (sl. 42)



Ako bismo želeli da stvorimo jasniju sliku o dimenzijama našeg Galaktičkog sistema, mogli bismo za premeravanje njegovog prečnika sa Plasketom da upotrebimo najtanji dosad poznati konac — konac paučine. Trebalo bi nam pedeset milijardi tona toga konca da bismo ovaj premer izvršili. Kad bismo krenuli na put s kraja na kraj Galaksije, trebalo bi nam 5 000 miliona železničkih vagona da ovaj konac natovarimo.

Ništa nije manje zanimljivo ni pitanje o ukupnom broju zvezda u našoj zvezdanoj naseobini, jer do njega ne možemo doći neposrednim brojanjem, pošto pored zvezda koje sačinjavaju vidljivo zvezdano nebo ima nesravnjivo više onih koje nisu pristupačne ni najjačim teleskopima. Mnoge od njih još su zaklonjene tamnom kosmičkom materijom.

Kad je broj zvezda prve prividne veličine u našem Zvezdanom sistemu podelio brojem zvezda druge prividne veličine, a ovaj podelio brojem zvezda treće prividne veličine i tako redom, Sirs je došao do zaključka da svi količnici predstavljaju niz brojeva koji konverguje i verovatno opada ka nuli. Iako je broj zvezda svake naredne prividne veličine veći, broj zvezda ne raste neograničeno. Kako ovi količnici pokazuju da je zvezde moguće prebrojati, tj. da je naš Zvezdani sistem konačan i ograničen, Sirs je izračunao (proširujući zakonitost po kojoj iz veličine u veličinu broj zvezda raste i na one zvezde koje ne vidimo) da se njihov broj u našoj zvezdanoj naseobini kreće oko 30 milijardi.

* OBRATANJE NAŠEG ZVEZDANOG SISTEMA

Merenjem zračenja međuzvezdanog vodonika metodom savremene radio-astronomije, Ivn, Parsel, Miler, Ort, a zatim i drugi, utvrdili

su da naš Zvezdani sistem ima oblik spiralne magline. Njegove grane, kao i kod drugih spiralnih maglina, odvijaju se iz središta ka periferiji. U ravni simetrije on obiluje tamnom kosmičkom materijom kao i ostale spiralne magline, a u svom neposrednom susedstvu ima dva mala zvezdana sistema kao i neke druge spiralne magline. To su Veliki i Mali Magelanov Oblak, koji se vide sa južne Zemljine polulopte. No, i pored svega, ostala su otvorena još dva važna pitanja. Prvo, da li se u njegovom središtu nalazi kakvo veliko centralno sunce ili samo gust roj zvezda. I drugo, da li ova spiralna maglina pokazuje obrtno kretanje, kao što je to poslednjih decenija utvrđeno za ostale spiralne magline.

Na prvo pitanje odgovorili su nedavno Nikonov, Kalinjak i Krasovski, koji su infracrveno zračenje središta Galaksije analizirali elektronskim pretvaračem slika. Sa ovim oruđem oni su prodrli kroz guste oblake tamne kosmičke materije do sa-

mog središta Galaksije. U njemu nisu naišli ni na kakvo centralno sunce, već na zbijeno jezgro sastavljeno od pojedinačnih zvezda. Dakle, i u ovom pogledu naša zvezdana naseobina slična je ostalim spiralnim maglinama, jer se zna da je Hablu poslednjih godina pošlo za rukom da pomoću najvećeg teleskopa današnjice rastavi jezgra i drugih spiralnih maglina na zvezde.

Spljošteni oblik Galaksije i njeno ravnotežno stanje bez težnji zvezda da padnu u središte, kao i mnogi drugi manje pristupačni razlozi, odavno su išli u prilog tome da čitava Galaksija mora imati obrtno kretanje. U ovo se nikada nije mnogo sumnjalo, no trebalo je ovo kretanje otkriti i dokazati ga činjenicama.

Već je Halej (1718) pokazao da se i zvezde, dotle nazivane »nekretnicama«, kreću. No tek 1905. Kaptajnu je pošlo za rukom da razbije verovanje da u ovim kretanjima slučaj igra najvažniju ulogu i da pokaže da sva ona podležu izvesnim zakonitostima. On je iz svoje obrade kretanja zvezda izveo zaključak da postoje dve suprotne zvezdane struje, tj. da su zvezde podeljene u dve ogromne grupe koje se kreću jedna kroz drugu u suprotnom smeru. Ovo je, međutim, bio samo prvi korak ka otkriću prave zakonitosti opšteg kretanja zvezda.

Godine 1924. Stremberg je pokazao da su pravci kretanja zvezda s velikim brzinama svi upravni na pravac ka središtu Galaktičkog sistema. No tek pre tridesetak godina Lindblad i, Ort naročito, pokazali su da se čitav Zvezdani sistem obrće oko jednog središta, za koje su našli da se poklapa sa središtem koje je Šepeli odredio. Zvezde najbliže središtu Galaksije kreću se pri tom najbrže, dok se sve sporije kreću one koje su dalje od njega. Zbog toga nam mora izgledati da se zvezde između nas i ovog središta kreću u jednom smeru pošto nas prestižu, a zvezde još dalje od središta no što smo mi da se kreću u suprotnom smeru, jer zaostaju za nama. Ovakvo kretanje »nekretnica« i posmatranjima je potvrđeno.

Isto tako, pod pretpostavkom da se čitav Zvezdani sistem okreće, mora nam izgledati da zvezde koje se nalaze na istoj udaljenosti od središta Galaksije, kao i one na istom poluprečniku sa nama, ne pokazuju nikakve radialne brzine, a da ih ostale pokazuju, i to utoliko veće ukoliko su dalje od nas u jednu ili drugu stranu. I ovaj teorijski zaključak potvrđen je u poslednje vreme izmerenim radialnim brzinama zvezda.

Sunce sa svojom porodicom planeta i njihovih satelita, planetoida, kometa i meteora, koje je od središta Galaksije udaljeno oko 30 000 svetlosnih godina, obilazi oko njega brzinom od blizu 300 km u sekundi, krećući se tako 10 000 puta brže od brzog voza. No zbog velike putanje koju zatvara, treba mu preko 200 miliona godina da obiđe oko središta Galaksije. Ovo vreme astronomi nazivaju »kosmičkom godinom«.

Da bismo ove dimenzije sveli na nama razumljivu meru, zamenimo Sunce truncom prašine prečnika od 1 stotog dela milimetra. Zemljina putanja od blizu milijarde kilometara biće u tome modelu predstavljena čiodinom glavom. Suncu najbliža zvezda biće slična trunki prašine udaljenoj oko pola kilometra od Sunca, a čitava Galaksija biće velika koliko Azija. Teško je i zamisliti u ovome modelu Zemlju koja je 1 300 000 puta manja od Sunca. Nju bismo mogli jedino uporediti sa kakvim sićušnim virusom, jednim od nedavno otkrivenih najsitnijih živih bića. Čovek bi u tome modelu bio manji od jednog elektrona, najsitnije poznate materijalne čestice. Sad više nije teško shvatiti zašto smo tek poslednjih godina prodrli dublje u tajne koje krije naša Zvezdana naseobina i zašto ni danas još mnoge nismo otkrili ni objasnili.

*** NOVA, DINAMIČKA PROCENA BROJA ZVEZDA**

određena je i ukupna masa zvezda u ovom sistemu na osnovu zakona gravitacije. Ova masa je procenjena na 300 milijardi sunaca. Pa kako su prosečne zvezde nešto veće mase od Sunca, danas se smatra da se broj zvezda u našem Zvezdanom sistemu kreće između 200 i 300 milijardi, dakle broja koji daleko prelazi Sirsovu statističku procenu i koji je mnogo bliži stvarnosti. Sasvim tačnom podatku teško je približiti se, jer se iz najnovijih istraživanja zna da je čitav Zvezdani sistem prepun tamne kosmičke materije raznih dimenzija, koja, kako izgleda, neprekidno prelazi u kosmičku prašinu iz koje se ponovo rađaju zvezde.

U poređenju sa 3 000 zvezda, koliko ih na nebu može sagledati najoštrije ljudsko oko, ovo je doista veliki broj, koji je isto tako teško zamisliti kao i dimenzije Zvezdanog sistema. Poslužimo se zato poznatim modelom jednog engleskog astrofizičara! Zamislimo da svaka od 3 000 zvezda koje vidimo predstavlja novo nebo puno zvezda. Taj veliki podvig naše mašte daće nam samo 9 000 000 zvezda, no i to je još uvek samo jedan delić ukupnog broja zvezda na nebu. Ovaj delić bi mogao biti prikazan brojem slova u 40 prosečnih knjiga. Da bismo predstavili ukupan broj zvezda na nebu, moramo zamisliti ogromnu biblioteku sa najmanje pola miliona knjiga. Broj štampanih slova na svima stranama svih ovih knjiga bio bi otprilike jednak broju zvezda na nebu. Kad bismo, čitajući jednu stranu u minuti, čitali osam časova dnevno, bilo bi potrebno 700 godina da pročitamo knjige iz ove biblioteke. Kad bismo na isti način brojali 1 500 zvezda u minuti ili 25 u sekundi, trebalo bi nam 700 godina da ih sve izbrojimo. Naša Zemlja je samo majušni dodatak jednoj, i to prilično neznatnoj

Kad je ispitan način kretanja zvezda u našem Zvezdanom sistemu pod njihovim međusobnim privlačenjem,

zvezdi iz ove ogromne množine. Ona je manja — i to znatno manja — od tačke nad slovom j u našoj biblioteci od pola miliona knjiga; zgodnije bi bilo porediti je sa mikroskopskom truncom prašine zarobljenom između dva lista. Zemlja je ta trunka prašine čiji su stanovnici do pre 300 godina mislili da je ona centar vasiona, da sve druge zvezde kruže oko nje — i da su upravo i bile stvorene samo zato da bi mogle kružiti oko nje i katkad je pomalo obasjavati, u odsustvu Sunca i Meseca.

Kad je broj zvezda u Galaksiji već tako velik, može se steći utisak o njenoj prenaseljenosti unrkos njenim ogromnim dimenzijama. Zato se postavlja pitanje: koja je između dve beskrajnosti veća — broj zvezda ili veličina mase zvezdane naseobine. Ako masu Zvezdanog sistema podelimo zapreminom koju zauzima, dobijamo za prosečnu gustinu materije u Galaksiji izvanredno mali broj, manji od težine jednog atoma vodonika po kubnom centimetru. I pored prisustva onako gustih zvezdanih oblaka, naša zvezdana naseobina, prosečno uzevši, ne samo da nije prenaseljena već je u pravom smislu pusta.

Još jasniju sliku o njenoj naseljenosti dobićemo ako računom verovatnoće ispitamo mogućnost Sunčevog sudara sa nekom drugom zvezdom. Tada dolazimo do zaključka da je ova verovatnoća isto tako mala kao i mogućnost da pogodimo metalni dinar na daljini od 200 kilometara ako ga gađamo jedanput u 200 hiljada godina, i to ne znajući gde se cilj nalazi, nego gađajući nasumce.

*** ISTRAŽIVANJA NASE ZVEZDANE NASEOBINE NAJNOVIJIM ASTROFIZIČKIM METODAMA**

Astronomi su poslednjih godina potražili nove, efikasnije metode da se dublje upoznaju s arhitekturom našeg Zvezdanog sistema i njegovim fizičkim osobinama. Tako je danas sa sigurnošću utvrđeno da Galaktički sistem kao celina ima, istina veoma slabo, svoje zasebno magnetno polje, kao što ga imaju Zemlja i Sunce. Jačina i struktura ovog polja još se ispituju. U tom cilju nam stoje na raspolaganju samo veoma posredne metode ispitivanja kosmičkih zrakova, ispitivanja kako se u našem Zvezdanom sistemu ponašaju one najsitnije čestice kosmičke materije koje nam stižu sa drugih, neizmerno dalekih zvezdanih naseobina.

Nove mogućnosti za upoznavanje naše zvezdane naseobine nastale su otkrićem radio-talasa koji dolaze iz dubina svemira. Ovaj pravac istraživanja razvio se za srazmerno vrlo kratko vreme u posebnu i veoma razgranatu oblast astrofizike. Najkrupniji rezultat do koga se došlo jeste saznanje da, pored već poznatih tela, naš Zvezdani sistem naseljavaju i neobični sta-

novnici — tela koja jedva ili nikako ne svetle, nego ispuštaju radio-talase. Ta tela se ponekad nazivaju i »radio-zvezde«. Njihovo zračenje najbolje se može ispitati na talasnim dužinama od nekoliko metara. Usmeravajući sve svoje napore na pronalaženje i istraživanje novih radio-zvezda, astrofizičari su možda malo izgubili iz vida treći izvor vasionkog zračenja na kratkim radio-talasima. Taj izvor su oblasti razređenih gasova koje se nalaze u prostoru između zvezda.

Merenje zračenja međuzvezdanog neutralnog vodonika na talasnoj dužini od 21 cm posebno su značajna, jer su dozvolila da se po prvi put jasnije sagleda spiralna struktura našeg zvezdanog sistema.

Da su naše oči, umesto na svetlosne, osetljive na radio-talase, nebo bi nam izgledalo znatno drukčije. Taj izgled bi se štaviše menjao i u zavisnosti od toga na kojoj talasnoj dužini vidimo. Na talasnoj dužini od nekoliko centimetara pozadina neba bila bi potpuno tamna, sa retkim i dosta slabim radio-izvorima. Sunce nam ne bi izgledalo mnogo drukčije nego posmatrano okom. Ukoliko bismo prelazili na sve duže talase, zapažali bismo niz krupnih promena u izgledu neba. Pozadina neba bivala bi sve svetlija, pojas Mlečnog Puta isticao bi se sve više, a u celoj oblasti središte Galaksije. Postajali bi vidljivi novi i sve brojniji radio-izvori, Sunce bi bledele, postajući u isti mah sve veće i sve nepravilnijeg oblika. Uz to bi njegov sjaj bio prilično promenljiv.

Slika bi se i dalje menjala u istom smislu ka sve dužim talasima, da bi u području dekametarskih talasa postala sasvim neobična. Na veoma sjajnoj pozadini neba Sunce i pojas Mlečnog Puta izgledali bi tamni. Mnogobrojni radio-izvori isticali bi se preko čitavog nebeskog svoda kao sjajne tačke.

Povest koju si pročitao, dragi čitaocu, napisana je prema podacima koje su nam svojim velikim trudom stavile na raspolaganje mnoge generacije naučnih radnika što u dugim noćima, dok se ti zabavljaš ili mirno predaješ odmoru, pronaći u beskrajne dubine vasiono otkrivajući tajne dalekih svetova. Ako si je shvatio, moći ćeš odat, pozivajući u pomoć i svoju maštu, sa više razumevanja da posmatraš sliku jednog od najuzbudljivijih prizora koje je ikad videlo ljudsko oko.

Glava deveta

RAZNOLIKOSTI NAŠE ZVEZDANE NASEOBINE, NJENA PRIRODA I POSTANAK

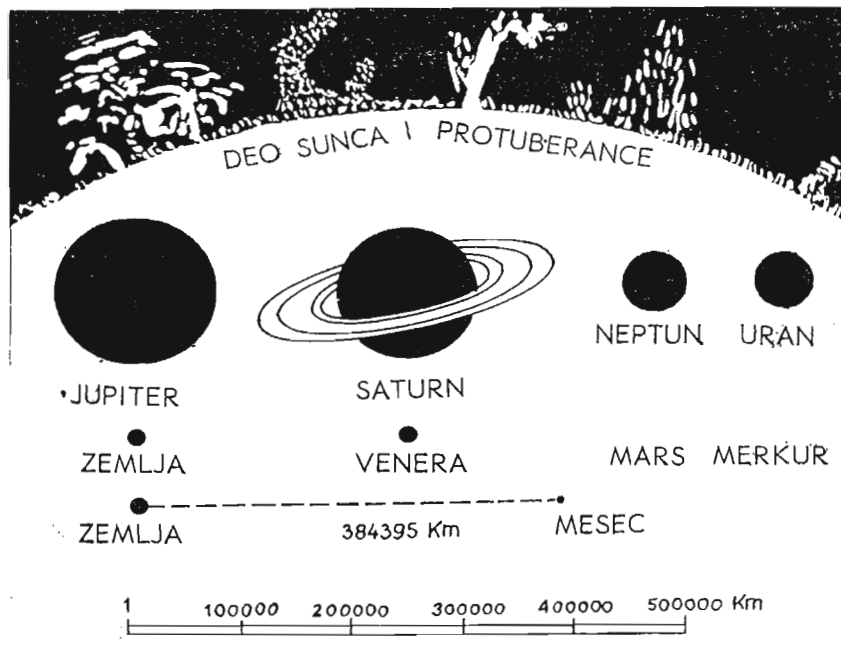
* NA NAJBЛИŽOJ ZVEZDI

Haldejci, Egipćani i svi stari narodi širom istoka i zapada obožavali su Sunce.

Oni su još osetili da je Sunce regulator naših dana i noći, naših godišnjih doba, da je izvor života na Zemlji. Mi danas znamo i to da gotovo sva energija koju koristimo u raznim oblicima potiče od Sunca.

Videli smo da je daljinu Sunca od Zemlje prvi izmerio svojom geometrijskom metodom još Aristarh. Njegova daljina, kao osnovni metar kojim merimo sve daljine u Sunčevom sistemu, prvi put je precizno određena u XVII veku. Danas je poznajemo s greškom koja nije mnogo manja od 15 000 km. U poslednje vreme ova tačnost nije dovoljna. Da bi se sa sigurnošću mogle slati rakete i kosmički brodovi na nebeska tela koja nas okružuju, potrebno je mnogo tačnije poznavati njihove daljine. Upravo sada nalazimo se u periodu kada se traže nove, znatno tačnije metode i za određivanje daljine Sunca, za koju je vezano poznavanje i svih ostalih daljina u našoj najbližoj nebeskoj naseobini. Kako Sunčeva daljina iznosi 23 000 Zemljinih poluprečnika, ona je 380 puta veća od Mesečeve. Mlaznom avionu bi trebalo, znači, skoro 17 godina da prevali ovu razdaljinu. Svetlost je pređe za nešto više od 8 minuta.

Znajući Sunčevu daljinu, nije teško odrediti i njegove dimenzije. Odmaknemo li jedan metalni dinar na daljinu od oko 1 m u pravcu Sunca, videćemo da Sunčev lik tačno pokriva površina toga dinara. Prečnik metalnog dinara prema 1 m ima



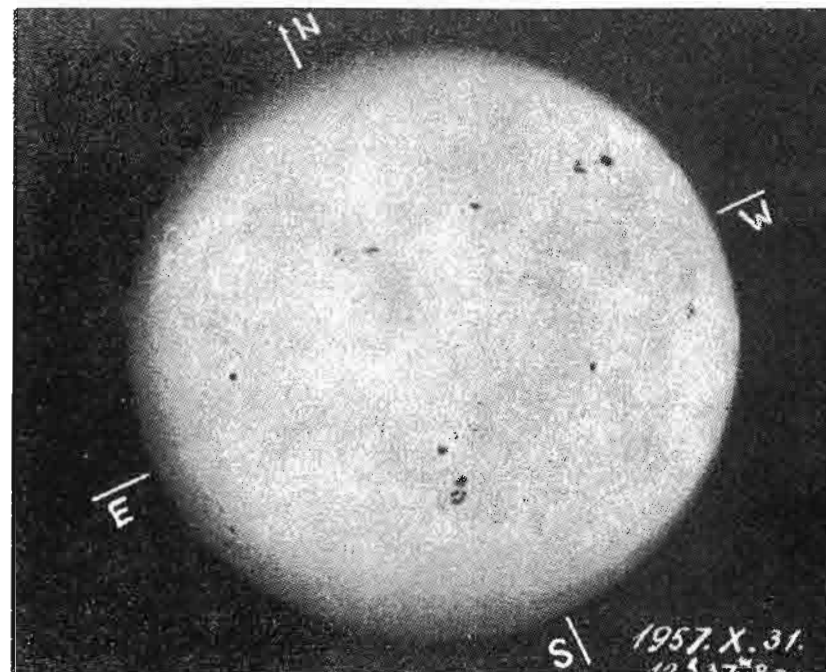
VELIČINA TELA SUNČEVOG SISTEMA PREMA SAMOM SUNCU (sl. 43)

se, dakle, kao Sunčev prečnik prema njegovoj udaljenosti od nas. Na ovom principu, samo preciznijim instrumentima, njegov se prečnik da i vrlo tačno izmeriti. On iznosi oko 110 Zemljinih prečnika. Ovo opet znači da bi u Sunčevu kuglu moglo stati oko 1 300 000 Zemljinih (sl. 43).

Poznavajući daljinu Zemlje od Sunca i vreme njenog obilaženja, nebeskoj mehanici je pošlo za rukom računski da odredi i Sunčevu masu, koja iznosi 330 000 Zemljinih masa. S obzirom na veličinu Sunca, znači da je njegova prosečna gustina jedva nešto veća od gustine vode.

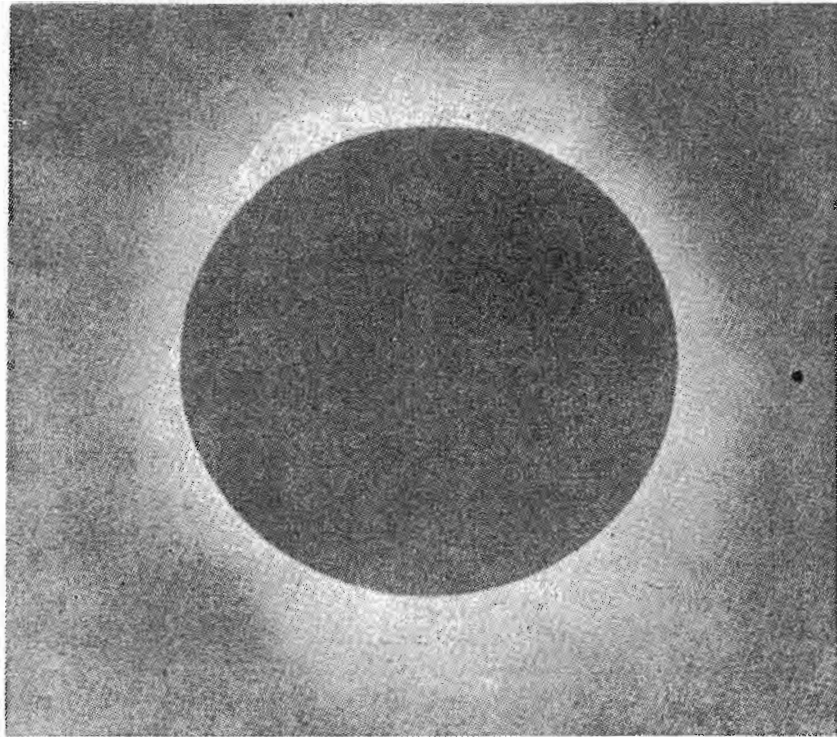
Prva posmatranja Sunca još u Galilejevo doba otkrila su na njemu tamne oblasti nazvane pegama, koje se katkad protežu i na desetine hiljada kilometara. Ubrzo je zapaženo da se one kreću po Sunčevoj površini iščezavajući na jednom i ponovo se pojavljujući na drugom rubu. Odatle je izveden zaključak da se i Sunčeva lopta obrće oko jednog svog prečnika kao osovine. Kasnije je zapaženo da se pege bliže ekvatoru kreću brže, pa je brižljivom statističkom analizom nađeno da se različiti pojasi Sunčevi paralelni ekvatoru obrću različitim brzinama — otkrivena je tzv. *zonska rotacija* Sunca.

Sa razvojem spektarske analize, koja je u astronomiji prvo bila primenjena na Sunce, utvrđeno je još kasnije da je Sunce



NORMALNI SNIMAK SUNČEVE FOTOSFERE VELIKIM REFRAKTOROM BEOGRADSKE OPSERVATORIJE (sl. 44)

u stvari jedna usijana gasovita lopta. Videli smo već da nam spektar omogućuje da po najintenzivnijoj boji u njemu odredimo temperaturu tela od koga potiče. Tako je nađeno da temperatura Sunčevog površinskog sloja — *fotosfere* (sl. 44) — iznosi 6 000°C. Debljina ovog sloja iznosi nekoliko stotina kilometara ili tek 1 hiljaditi deo Sunčeva prečnika. Ova temperatura proverena je na još jedan način. Na visokim temperaturama, osnovne sastavne čestice materije — atomi — nalaze se u neobično živom kretanju. Krećući se tako, oni se međusobno sudaraju i pri ovim sudarima gube pojedine elektrone koji se kreću oko atomskih jezgara. Kaže se da atomi bivaju jonizovani. Sem toga, njih jonizuje i samo zračenje. Što je temperatura viša, atomi gube sve veći broj elektrona i bivaju dva, tri i više puta jonizovani. Gasovi koji se nalaze iznad fotosfere i koji su nešto hladniji od gasova u njoj pokazuju u Sunčevom spektru tamne Fraunhoferove linije. Linije koje potiču od jonizovanih atoma imaju različit položaj od onih koje potiču od običnih neutralnih atoma istog elementa. Što je temperatura viša a pritisak manji, to su intenzivnije linije koje potiču od jonizovanih atoma u poređenju s linijama koje potiču od neutralnih atoma

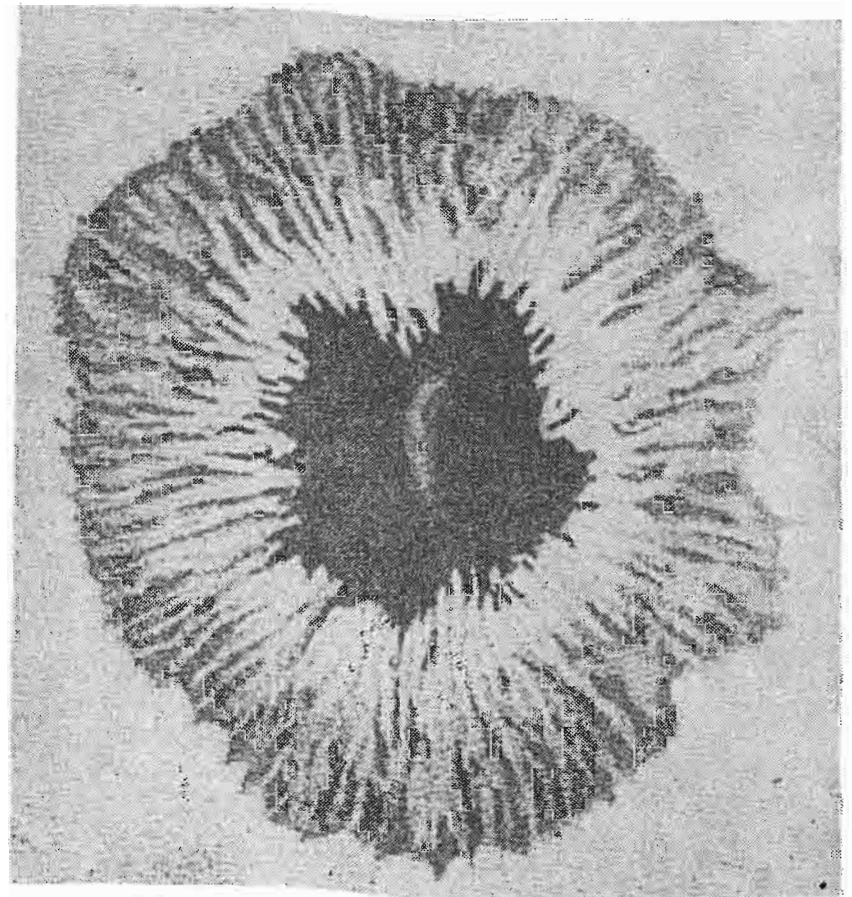


SUNČEVA HROMOSFERA S PROTUBERANCAMA I KORONA ZA VREME JEDNOG POTPUNOG POMRAČENJA SUNCA (sl. 45)

istog elementa, recimo gvožđa. Njihovim međusobnim upoređivanjem može se odrediti temperatura i pritisak gasa od koga potiču. Tako je za površinsku temperaturu Sunca nađeno $5\ 000^{\circ}\text{C}$, što se slaže s prvobitnim određivanjima. Ovako određen pritisak iznosi do 1 cm žive. On je, dakle, oko 100 puta manji od atmosferskog pritiska na Zemljinoj površini. To znači da je gustina Sunčevog površinskog sloja oko 10 puta manja od gustine naše atmosfere.

Da sa spuštanjem sve dublje u fotosferu temperatura raste, pokazala je i činjenica što je Sunce po sredini kotura znatno sjajnije no po krajevima, gde zbog apsorpcije ne možemo toliko duboko da zavirimo u njegovu atmosferu. Još neka merenja pokazala su da i temperatura i pritisak i gustina naglo rastu kad sa Sunčeve površine počne da se prodire dublje u njegovu unutrašnjost. Spektar nam je još pokazao da je Sunce sastavljeno iz istih elemenata iz kojih i Zemlja, ali da je vodonik njegov glavni sastojak. Posle njega dolazi helijum, dok svi ostali elementi predstavljaju samo neznatne primese.

Za vreme potpunih Sunčevih pomračenja, kada Mesec na svojoj putanji oko Zemlje dođe tačno ispred Sunca i pokrije Sunčev bleštavi kotur, primećen je još veoma davno oko Sunca beličast prsten slabog sjaja iz koga katkad izbijaju svetliji pramenovi. To je Sunčeva korona. Njen ukupan sjaj je 100 miliona puta slabiji od Sunčevog i jedva dostiže sjaj punog Meseca. Godine 1840. Arago je otkrio pri dnu ovog prstena, uza sam pomračeni Sunčev fotosferski rub, svetao crven uzan prsten. Njegov spektar je pokazao emisione linije na istim mestima na kojima spektar Sunca pokazuje tamne apsorpcione linije. Ovaj prsten sastavljen je od izvanredno retkih gasova, prvenstveno vodonika i helijuma, i predstavlja Sunčevu atmo-



STRUKTURA JEDNE VELIKE SUNČEVE PEGE (sl. 46)

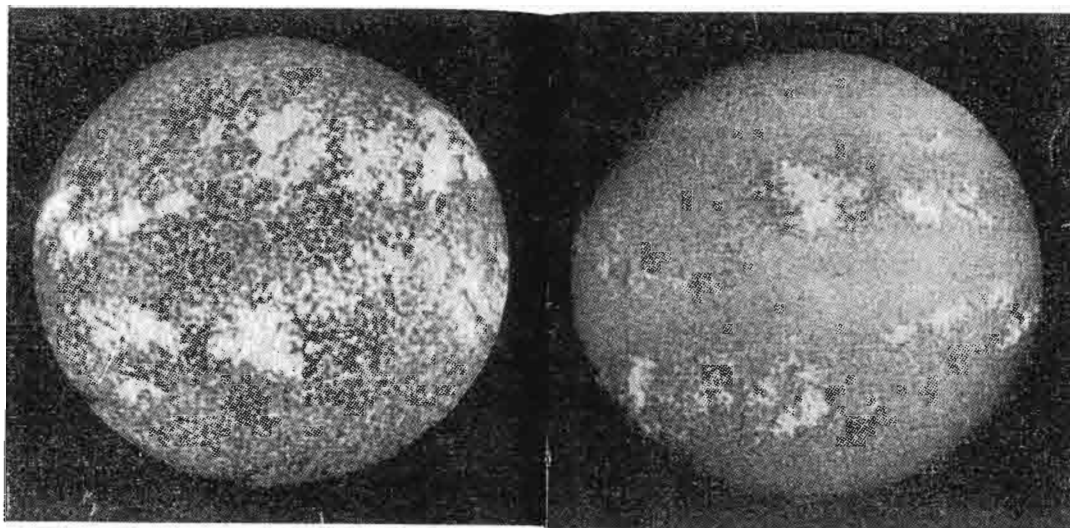
sferu u užem smislu. Zbog svoje izrazite crvene boje, nazvan je *hromosfera* (sl. 45). On je sedište vrlo živih erupcija usijanih gasova, koji se katkad izdižu iznad fotosfere i po više stotina hiljada kilometara — to su Sunčeve *protuberance*. U jednom vrlo upečatljivom filmu koji je snimio francuski astronom Lio jasno se zapažaju mirne protuberance, koje se povlače po Sunčevoj površini u vidu džinovskih pramenova gasa, i brze, eruptivne protuberance, koje vidimo kao džinovske gejzere koji izbijaju iz fotosfere, zatim se ponovo survivavaju na nju, najčešće u grotla većih pega (sl. 46).

Pomoću spektroheliografa koji su početkom ovog veka pronašli Hejl i Deland, možemo da izdvojimo zračenje koje odgovara jednom uskom opsegu talasnih dužina, recimo samo jednoj liniji Sunčevog spektra, i da posmatramo raspored ovog elementa na čitavom Suncu. Sl. 47 prikazuje raspored kalcijuma na Suncu ili, kako se kaže, Sunce u kalcijumovoj svetlosti (i to u dvema spektarskim linijama). Spektroheliografom smo u stanju da i van pomračenja posmatramo strukturu hromosfere. U njoj se vide protuberance nad Sunčevim koturom u vidu tamnih vlakana.

Hromosfera je sedište i *hromosferskih erupcija*, koje se u dubinu specijalnim instrumentima vide kao tačke na Suncu čiji je sjaj naglo porastao, a zatim se postupno gasio. One su naročito značajne za izučavanje Sunčeve veze sa fizičkim procesima u Zemlji, na Zemlji i u njenoj atmosferi.

Još dva značajna instrumenta, koja je Lio pronašao pred drugi svetski rat, omogućila su nam da posmatramo hromosferu, odnosno koronu i van Sunčevih pomračenja. To su *Lioov monohromatski filter* i *koronograf*.

U spektru korone još ranije su primećene izvesne linije koje ne daje nijedan hemijski element na Zemlji, pa se smatralo da je ovo neki nov, još nepoznat element, otkriven u Sunčevoj koroni pre nego na Zemlji, slično helijumu, koji je bio prvo otkriven u Sunčevom spektru, pa tek onda na Zemlji. Taj zagonetni element tada je dobio i svoje ime — *koronijum*.



SUNCE SNIMLJENO
SPEKTROHELIOGRAFOM

Misteriju je (1942. god.) objasnio švedski fizičar Edlen, pokazavši da nepoznate linije pripadaju gvožđu i niklu, no pod specijalnim uslovima pri kojima su oni čak i 15 puta jonizovani. Račun je pokazao, pak, da je ovo moguće samo na temperaturi od milion i više stepeni, pa se sada traga za ovako zagonetnim temperaturama Sunčeve korone. Sada se smatra da ona potiče od velikih energija koje veoma razređenim sastojcima korone saopštavaju pojedina zračenja iz ultravrele

Sunčeve unutrašnjosti koja su se probila kroz fotosferu i rasula u hromosferi i koroni.

U najnovije vreme sa uspehom se ispituju fizički procesi u hromosferi i koroni putem radiozračenja koja one emituje. Od posebnog značaja za Zemlju je Sunčevo ultraljubičasto zračenje, koje se poslednjih godina ispituje sa visokih balona u kosmičkim raketama. Kada rezultati ovih ispitivanja budu otkriveni, smatra se da će doneti velika iznenađenja i velike koristi čoveku.

U DVEMA RAZLIČITIM KALCIJUMOVIM LINIJAMA (sl. 47)

Rezultati posmatranja pojava na Suncu brižljivo se sakupljaju od Galileja do naših dana. Sada se ta posmatranja vrše intenzivnije i primenom sve savršenijih instrumenata donose sve bogatije podatke i rezultate. Periodičnost Sunčevih pega otkrio je Švabe već 1849. godine. Na osnovu ovih posmatranja i merenja danas se zna da su sve pojave na Suncu međusobno povezane i da se sve povinuju jednom jedanaestogodišnjem ritmu. Svaki 11—11,5 godina smenjuje se ciklus bogat pegama sa približno istim tolikim ciklusom koji je vrlo siromašan pegama. Za intenzivne i velike pege vezana su i sjajna tzv. *fakularna polja* (oko njih i iznad njih u hromosferi), a isto tako i eruptivne protuberance, pa mestimično i same hromosferske erupcije. Iz jezgara pega, kao džinovskih magnetnih polova, šire se zrakasto magnetne linije sila duž kojih se raspoređuju i čestice eruptivnih protuberanaca. Po cepanju linija u spektrima pega utvrđeno je da magnetna polja velikih pega dostižu 2 000—4 000 gausa, prevazilazeći

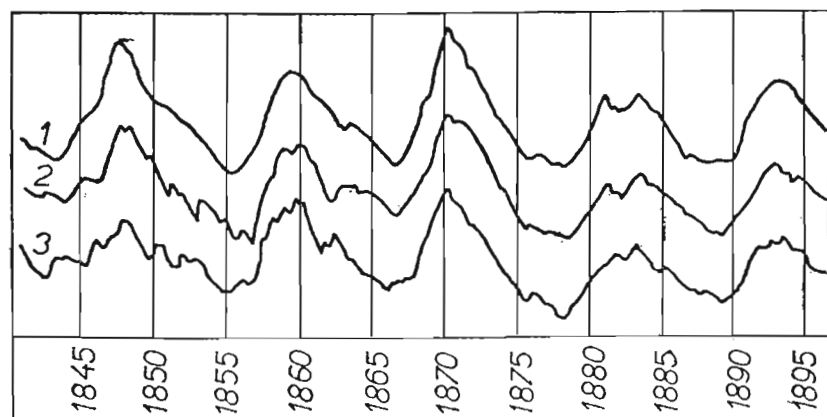
tako oko 10 000 puta horizontalnu komponentu Zemljinog magnetnog polja.

I sama korona povinuje se ovom ritmu. Pri mirnom stanju Sunca, u vreme minimuma pega, ona ima nepravilnu, zrakastu i pramenastu građu. U vreme maksimuma Sunčeve aktivnosti ona je više ili manje pravilnog prstenastog oblika. Najnovija istraživanja pokazuju da se njeni izvanredno razređeni delovi protežu čak do Zemlje, pa i dalje od nje. Smatra se da iz Sunčeve unutrašnjosti, kroz jezgra pega kao kroz akceleratoru prodiru moćne struje elektrona, predajući energiju hromosferi i povećavajući jonizaciju i sjaj čestica u koroni, a s ovim i sjaj njenih spektarskih linija.

*** NEVIDLJIVE SUNČEVE VEZE
SA ZEMLJOM**

ne svetlosti i ritma Sunčevih pega (sl. 48). Danas se pouzdano zna da pojava svake hromosferske erupcije izaziva nagle i nepravilne promene u Zemljinom magnetizmu, poznate kao *magnetske bure*. Isto tako izaziva promenu u jonosferskim slojevima, a s ovim u vezi i promenu u uslovima radio-veza, one-

Početak ovog veka zapažena je velika sličnost između kolebanja Zemljinog magnetizma, učestanosti polarne svetlosti i ritma Sunčevih pega (sl. 48).



SLAGANJE RITMA SUNČEVIH PEGA SA RITMOM ZEMLJINOG MAGNETIZMA I UČESTANOŠĆU POLARNE SVETLOSTI (sl. 48)

mogućavajući katkad u potpunosti, za kraće ili duže vreme, radio-veze na kratkim radio-talasima. Njihova pojava je vezana i za iznenadne struje nepravilnog toka u Zemljinoj kori, tzv. *teluričke struje*, koje unose katkad znatne poremećaje i u žičane telekomunikacije.

Moćne emisije elektrona koje Sunce pri tom odašilje dopiru do visokih slojeva Zemljine atmosfere, gde se kanališu

duž linija sila Zemljinog magnetnog polja i u retkoj gasovitoj sredini visoke atmosfere postaju vidljive. Tu one izazivaju pojavu tzv. *polarne svetlosti*, koja ima izgled nabrane draperije ili, katkad, raširene džinovske ruke sa crvenim prstima.

Danas se u cilju praktične primene uveliko istražuje ne samo veza između Sunčeve aktivnosti i pomenutih električnih i magnetskih pojava već i između Sunčeve aktivnosti i meteoroloških pojava.

Iz kretanja ciklona i anticiklona, tj. mesta s naročito smanjenim ili povišenim atmosferskim pritiskom, danas se može vršiti sigurna prognoza vremena, ali samo na 1—2 dana unapred. Tek poslednjih godina primećeno je da je dolazak potoka korpuskularnog zračenja iz tri pomenuta Sunčeva izvora u Zemljinu atmosferu praćeno na izvesnim mestima na Zemlji povećanjem atmosferskog pritiska. Zato se danas pretpostavlja da su upravo potoci pojačanog Sunčevog korpuskularnog zračenja uzročnici anticiklona.

Ima izgleda da će se, kada se ova veza bolje upozna, moći obezbediti sigurnija i dugoročnija prognoza vremenskih prilika, koja je od ogromnog značaja za život čoveka i njegove organizacione zajednice na Zemlji.

Kako meteorološki uslovi imaju dosta jak uticaj i na nervni sistem čoveka i njegovu fiziološku prirodu uopšte, postoji osnova za verovanje da se i čovekov organizam povinuje neposredno ili posredno ritmu Sunčeve aktivnosti. Već i danas ima hirurških klinika u nekim zemljama koje raspored svojih važnijih operacija prilagođavaju stanju Sunčeve aktivnosti.

Na biljni svet ovaj uticaj je i neposredno dokazan. Preseci svih velikih stabala pokazuju prstenove koji su sad deblji sad tanji. Njihova debljina se takođe povinuje ritmu Sunčeve aktivnosti.

Kada mehanizam ovog ritma bude bolje upoznat, približićemo se njegovim vezama sa mnogim pojavama na Zemlji i tada će se one moći po volji kontrolisati i usmeravati.

Najzagonetnije su i najmanje ispitivane pojave koje se odigravaju u dubini Sunca — u njegovoj unutrašnjosti, jer su one i najmanje pristupačne našim posmatranjima i ispitivanjima. Tu, međutim, izgleda treba tražiti ključ za odgonetanje i onih pojava koje se odigravaju na Sunčevoj površini, u njegovoj atmosferi i koroni, pa i na samoj Zemlji preko energije koju nam Sunce zrači. Tu se srećemo s teškim problemom Sunčeve građe, fizičkog stanja njegove unutrašnjosti i s problemom održavanja neiscrpnog izvora Sunčeve energije. Kako ovi problemi nisu specifični samo za Sunce, no i za svaku drugu zvezdu, to ćemo se na njima detaljnije zadržati malo kasnije kada se budemo uputili u veće dubine vasione.

* **BOGATSTVA ZVEZDANE
RIZNICE**

Jedan pogled na nebo u vedroj letnjoj noći dočarava nam sliku bezbrojnog mnoštva zvezda. Ali ovo je samo privid! Već su stari narodi prebrojali sve zvezde vidljive golim okom i našli da se na vidljivoj poli neba može videti samo oko 3 000 zvezda. Sa primenom sve većih teleskopa ovaj se broj naglo povećavao. Kad bude završen najnoviji zvezdani katalog Maunt-Palomarske opservatorije, zajedno s kartom neba, sadržaće položaje preko milijarde zvezda.

Već slobodnim okom zapažamo da ima vrlo raznolikih zvezda kako po sjaju, tako i po boji. Astronomski instrumenti — fotometri, spektroskopi i dr. — pokazuju nam pravo bogatstvo u raznolikosti zvezdane riznice. Zahvaljujući njihovom današnjem savršenstvu, prošetajmo kroz ovu džinovsku riznicu prirode i upoznajmo se sa njenim bogatstvima. Posebnu pažnju poklonimo njenim muzejskim retkostima. Ova šetnja će nam biti od koristi kad se malo kasnije budemo potrudili da shvatimo šta zvezde u suštini znače, kad budemo govorili o njihovoj građi i energiji, ili o njihovom postanku, životu i razvoju.

Mereći položaje zvezda na nebu u razna doba godine sa raznih Zemljinih položaja na njenoj putanji oko Sunca, nalazimo da su položaji zvezda malo promenjeni. Ovo prividno pomeranje, iako vrlo fino, može se meriti, a iz njega izračunati daljine zvezda. Astrofizika nam danas pruža još niz metoda za merenje daljina i veoma udaljenih zvezda, koje geometrijska metoda nije mogla da domaši. Tako znamo da se najbliža zvezda, Proksima Centauri, nalazi daleko izvan granica naše Sunčeve naseobine. Svetlosti, koja putuje blizu 300 000 km u sekundi, treba samo 8 minuta da stigne sa Sunca, sa Proksime joj je potrebno 4,5 godine, a sa Sirijusa, prividno najsjajnije zvezde na nebu, 8 godina. Međutim, ima i tako udaljenih zvezda u našoj zvezdanoj naseobini — Galaksiji, sa kojih svetlost putuje preko 100 000 godina.

Pošto su izmerili daljine velikog broja zvezda, astronomi su se uverili da su njihove razlike u jačini svetlosti, kako ih mi sa Zemlje vidimo, samo prividne. Njihov pravi sjaj ne zavisi od njihove daljine. Oni su zato izračunali koliki bi sjaj svih ovih zvezda bio kad bi se nalazile na jednakoj daljini i tako našli da one pokazuju ogromne razlike u sjaju.

Naše Sunce, na primer, koje je po svojim osobinama prosečna zvezda i koje je od nas udaljeno prosečno oko 149,5 miliona kilometara, ima sjaj od 3 sa 27 nula normalnih sveća — broj koji prevazilazi i najbujniju maštu. Sirijus, čiji nam sjaj izgleda mnogo slabiji od Sunčevog, zato što je oko pola miliona puta dalji, po svome sjaju oko 26 puta nadmašuje naše Sunce. Njegov jedva vidljivi pratilac — zvezda patuljak, koja je na približno istoj daljini od nas, oko 400 puta je slabijeg sjaja od

Sunca. Zvezda Volf 359 ima bar 100 puta slabiju svetlost i od slabog Sirijusovog pratioca, a zvezda S Doradus sjajnija je preko 300 000 puta od Sunca. Bogatstvo zvezda po sjaju, dakle, veliko je. Ako Sunce uporedimo sa svećom, najsjajnije zvezde možemo porediti s jakim reflektorima, a najslabije sa slabim svicima.

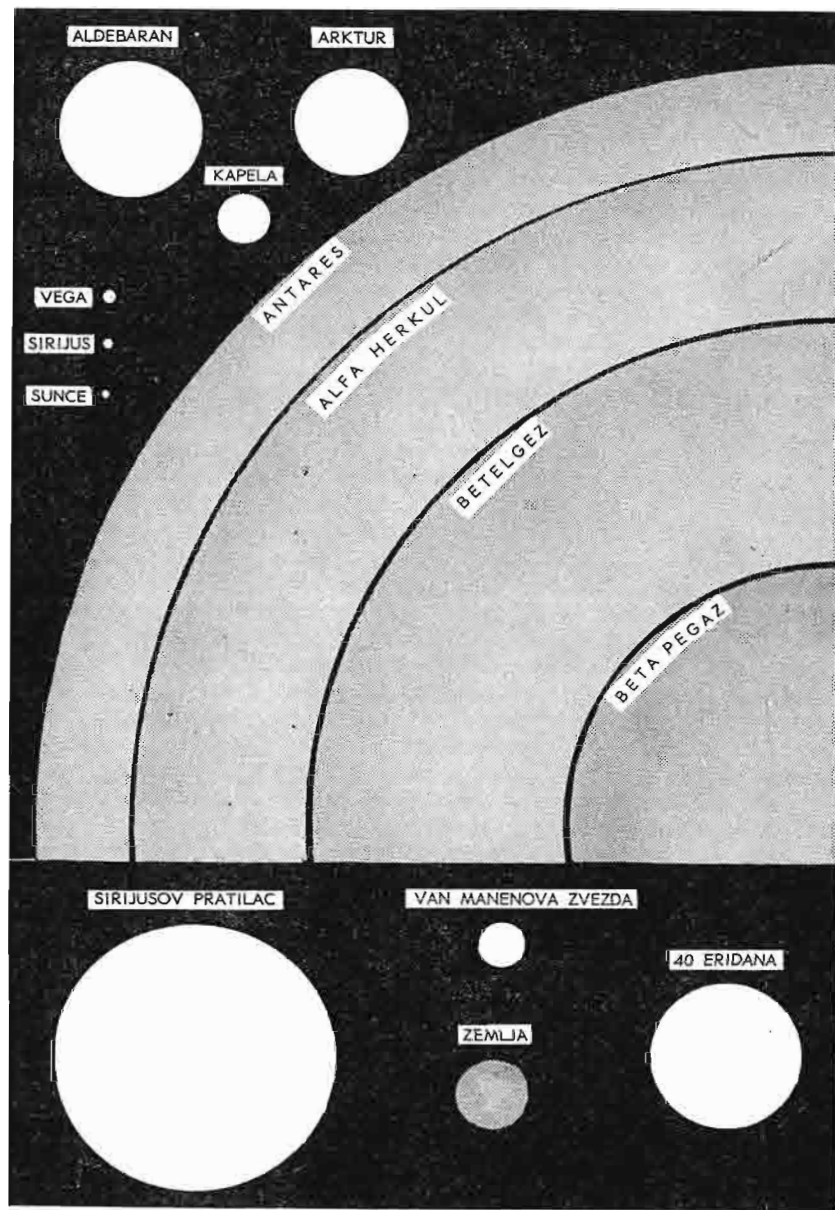
Razlike u pravom sjaju zvezda potiču od različite jačine njihovog zračenja. Očevidno je da ono zavisi od jačine samog procesa koji ga izaziva. Međutim, količina njihovog zračenja zavisi i od njihove površine koja zrači. Krenimo zato dalje kroza zvezdanu riznicu i obratimo pažnju na razlike u pravim veličinama zvezda. Neposredno merenje zvezdanih prečnika može se izvršiti samo za nekoliko najbližih zvezda jednim veoma sitnim instrumentom — *interferometrom*, dok ostale, zbog njihove velike daljine, i u najvećim teleskopima vidimo samo kao svetle tačke. Zato astronomi veličine zvezda računaju posredno.

Već golim okom zapažamo da ima zvezda različitih boja — od crvene, preko žute, do plavičaste. U spektroskopu se to izrazito poznaje po najsjajnijem delu njihovog spektra, a po njihovoj boji može se odrediti i temperatura na njihovoj površini. Tako je nađeno da crvene zvezde imaju temperaturu od nekih 1 400°C, žute kao Sunce oko 6 000°C, a bele i plavičaste i do 20 000°C, slično komadu gvožđa koji izlažemo sve višoj temperaturi i koji od crvenog, preko žutog, dolazi do belog usijanjanja. Kad znamo temperaturu, možemo izračunati koliko je zračenje zvezde po 1 cm² njene površine koje ovu temperaturu izaziva. S druge strane, posebnim instrumentima možemo izmeriti ukupnu količinu zračenja jedne zvezde. Ako podelimo ukupnu količinu zračenja količinom zračenja po 1 cm², dobićemo broj kvadratnih centimetara ili površinu zvezde, a odatle i njenu zapreminu, odnosno pravu veličinu.

Tako je nađeno, na primer, da je od svih dosad poznatih zvezda Van Manenova zvezda tek nešto veća od Zemlje. Preko milion takvih moglo bi stati u naše Sunce. Naprotiv, u zvezdu Betelgez moglo bi se smestiti preko milion Sunčevih lopti. Ako bismo Sunce uporedili sa zrnom graška, najmanje zvezde bile bi okom nevidljive trunke prašine, a najveće — lopte s prečnikom od oko 2 metra (sl. 49).

Zvezdana riznica, dakle, pokazuje veće raznolikosti u veličinama zvezda nego u njihovim temperaturama, pa i u njihovom sjaju.

Da bismo se približili objašnjenju ovih raznolikosti, ostaje još da pogledamo kako stoji stvar sa masama zvezda. Nebeska mehanika nam je pružila sigurnu metodu da izračunamo masu jednog nebeskog tela ako oko njega obilazi drugo telo i ako smo izmerili brzinu ovog poslednjeg. Tako je za Sunce, oko koga obilazi čitava porodica planeta, među kojima i Zemlja,



RAZLIKE U PRAVIM VELIČINAMA ZVEZDA (sl. 49)

nađeno da je oko 330 000 puta teže od Zemlje, tj. da na svakih tridesetak grama Zemljine mase dolazi po čitava tona Sunčeve mase. Snažan čovek bi na Suncu jedva mogao podići telo koje na zemlji teži 3 kg. Veliki broj zvezda ima kao pratiocje manje zvezde. Zato se njihova masa može izračunati. Ovi računi pokazuju da je naše Sunce osrednje i po masi. Plasketova zvezda, na primer, ima ukupnu masu oko 140 puta veću od Sunčeve, no ovo je pravi izuzetak. Retko se nađe zvezda koja je čak i 10 puta masivnija od Sunca, a nema nijedne koja bi imala samo deseti deo Sunčeve mase. Odatle možemo zaključiti da se zvezde međusobno najmanje razlikuju po masama.

Otkuda ovolike različitosti u bogatoj zvezdanoj riznici? Pokušajmo odmah delimično da odgovorimo na ovo pitanje.

Kad su pokušali da sve poznate zvezde uredi po jednoj od pomenutih njihovih osobina, astronomi su uvideli da su one samim tim uređene i po ostalim osobinama i da uglavnom ima tri tipa zvezda: zvezde patuljci, prosečne zvezde i zvezde džinovi.

Da bismo razumeli zašto su se ovako podelile, setimo se sklopa atoma, koji se sastoji od pozitivno naelektrisanog jezgra, nosioca skoro čitave mase atoma, i niza izvanredno sićušnih, negativno naelektrisanih čestica — elektrona, koji obilaze oko njega po vrlo složenim putanjama. No da bi nam slika bila jasnija, uprostimo je i povećajmo do te mere da jezgro zamenimo zrnom prosa, a elektrone jedva vidljivim trunkama prašine. Postavimo li sada jezgro na sredinu Trga Marksa i Engelsa u Beogradu, a elektrone pustimo da kruže oko njega na raznim daljinama sve do periferije trga, videćemo da je atom pretežno sastavljen iz praznog prostora, sa jedva nešto malo materije.

Kada se na temperaturama koje vladaju na zvezdama periferni elektroni otkidaju i napuštaju atom, kaže se da je atom *jonizovan*. No ukoliko se spuštamo dublje u zvezdinu unutrašnjost, računi pokazuju da temperatura naglo raste. U središtu Sunca, na primer, ona dostiže oko 20 miliona stepeni. Tamo su svi elektroni otkinuti od atoma, osim 2 koji se drže najbliže jezgru. Međutim, ima zvezda i sa 50 puta višom temperaturom u središtu. Atomi su tamo potpuno razdvojeni na jezgra i elektrone, a pod neizmernim pritiskom zvezdine mase, koji tamo dostižu nekoliko stotina milijardi atmosfera, sve ove čestice sabijene su čvrsto jedna uz drugu. Pošto tamo nema praznog prostora u atomima, njihova masa je izvanredno zbijena. Sirijusov slabi pratilac na primer, koji je samo 30 puta veći od Zemlje, sadrži 300 000 puta više materije, pa je zato 10 000 puta zbijeniji od nje. Po rečima jednog engleskog astronoma, gustina njegove materije mogla bi da se poredi sa gustinom 10 vagona duvana sabijenog u jednu tabakeru. Usled velike zbijenosti materije ove su zvezde patuljaste, no baš

usled te zbijenosti one moraju da zrače ogromne količine energije. Svaki kvadratni centimetar njihove površine zrači oko 40 konjskih snaga prema 8,5, koliko zrači Sunce. Zbog toga su ove zvezde dovedene do belog usijanja, i nazivamo ih *beli patuljci*.

No, oko 80 odsto zvezda pripada *prosečnim zvezdama*, kao što je na primer Sunce. Na nižoj temperaturi, njihovi atomi su ipak zadržali po koji elektron, te im se materija nije mogla toliko sabiti i zato su one znatno veće. U poređenju sa belim patuljcima one bi ličile na paukovu mrežu. Ako bismo ih uredili po masama, obrazovao bi se čitav niz uređen i po drugim osobinama. Boje se u njemu ređaju od najotvorenije ljubičaste, preko plave, zelene i žute, do najzagositije crvene. Ljubičaste i plave su najteže, žute lakše, a crvene najlakše. Isto tako postupno opada i njihov sjaj — od ogromnih i vrelih plavih do majušnih i relativno hladnih crvenih zvezda.

Zvezde treće klase, kojih je vrlo malo, kao i belih patuljaka, odlikuju se niskim temperaturama — oko 2 miliona stepeni u središtu. Tu su atomi sačuvali mnoge elektronske omotače i zato su te zvezde vrlo male gustine a velike zapremine. Njihova materija je neuporedivo ređa od vazduha koji dišemo. Poznata zvezda Mira Ceti, na primer, velika je kao 30 miliona sunaca. Zbog svoje ogromne površine, ove zvezde zrače samo polovinu konjske snage po kvadratnom centimetru. Zbog toga su im i temperature niske, a otud i njihova crvena boja. Zato ove zvezde zovemo *crveni džinovi*.

Među svim opisanim zvezdama postoje manje ili više postupni prelazi obuhvaćeni takozvanom spektarskom klasifikacijom zvezda, koja nas je u najnovije vreme dovela do saznanja da su razni tipovi zvezda, s malim izuzecima, u stvari samo različite faze u njihovom životu i razvoju — u *zvezdanoj evoluciji*. Uređene po boji i temperaturi, sve zvezde se mogu svrstati u jedan mali ali veoma poučni dijagram, poznat pod imenom Hercšprung-Raselovog dijagrama. Sa njega se mogu čitati i ostale karakteristike zvezda iz zvezdane riznice i jasno uvideti da ona ni izbliza nije u onako haotičnom stanju kako nam je to na prvi pogled izgledalo.

Zahvaljujući dostignućima fizike atomskog jezgra, u čiji su temelj uzidale svoj kamen i astrofizika i zvezdana astronomija, nađen je ključ za razumevanje ovakvog stanja u svetu zvezda putem izučavanja zračenja njihove energije.

* RAZNOVRSNOST ZVEZDA

razlikovale od ostalih, a koje su se u astronomskom durbinu videle kao dvojne ili višestruke. Bilo je odmah jasno da su u pitanju međusobno veoma bliske zvezde na nebeskoj sferi, te da razdvojna moć oka nije dovoljna da bi ih na njihovim

golemim daljinama videla odvojeno. Prvi katalog od oko 700 ovakvih zvezda sastavio je Vilijam Heršel 1784. godine. Još je veća njegova zasluga što je upornim posmatranjem položaja ovakvih zvezda otkrio 1803. da ogromna većina njih predstavlja parove čije su komponente doista međusobno bliske u prostoru i koje obilaze oko zajedničkog težišta po Keplerovim zakonima. To su takozvane *fizičke dvojne i višestruke zvezde*, za razliku od *optičkih dvojnih zvezda*, koje su na raznim daljinama a vide se samo u istom pravcu. Kako su Keplerovi zakoni posledica Njutnovog zakona opšte gravitacije, tom prilikom je prvi put dokazano da Njutnov zakon važi i daleko van granica Sunčevog sistema — u čitavoj vasioni. Ovaj zakon je zatim omogućio da se iz vremena obilaska i poznatih putanja dvojnih zvezda oko zajedničkog težišta izračunaju i njihove mase. Tako su dvojne zvezde poslužile i još uvek služe kao jedini »kantar« za neposredno merenje zvezdanih masa. Već i po ovome značaj njihovog izučavanja za pogled na svet je ogroman. No one ujedno predstavljaju i probni kamen mnogih kosmogoničkih hipoteza.

Na katalogizovanju i izučavanju dvojnih zvezda kasnije su radili V. Struve, O. Struve, Etken, Barnhejm, Van de Kamp i mnogi drugi. Zvezde koje se astronomskim durbinom mogu videti kao dvojne, bez ikakvih posebnih pribora, nazvane su *vizualno-dvojne zvezde*. Do danas je ispitano i izmereno preko 30 000 ovakvih zvezda.

Pomenimo, međutim, da su ova merenja vrlo delikatna zbog velikih zvezdanih daljina. Na primer, putanja jedne dvojne zvezde na udaljenosti od 7 svetlosnih godina, velika kao Zemljina putanja oko Sunca, izgleda toliko sićušna da njena slika u jednom od najvećih astronomskih refraktora današnjice (kakav je, recimo, onaj na Astronomskoj opservatoriji u Beogradu) zauzima samo 50 mikrona. Ako još dodamo da su periodi obilaženja mnogih dvojnih zvezda po više stotina i hiljada godina, postaje jasno zašto imamo određene mase samo za njih pedesetak.

Dvojne zvezde su veoma različite kako po masama, tako i po međusobnim rastojanjima i po trajanju obilaska oko zajedničkog težišta. Dvojna zvezda α Aurigae, npr., sastoji se iz dve džinovske zvezde četiri, odnosno tri puta masivnije od Sunca. Njihova revolucija traje 3,5 meseca, a međusobni razmak im je samo 0,8 Zemljine daljine od Sunca. Dvojna zvezda θ Eridani sastoji se pak iz patuljaka dva, odnosno pet puta manje mase od Sunčeve. Njihova revolucija traje 248 godina, a njihov međusobni razmak je 34 puta veći nego Zemljina daljina od Sunca. Zvezda Σ Lyrae naročito je interesantan primer. Ona se sastoji iz dve dvojne zvezde, od kojih su dve i dve veoma bliske. Periodi obilaženja svakog od ova dva bliska para traju po više stotina godina. Pri tom i sami parovi obilaze

oko zajedničkog težišta, i njihovo obilaženje traje više hiljada godina. Najsajjnija od ove četiri zvezde takođe je dvojna, no s pratiocem koji se ne vidi ni u najjačem teleskopu. Njega je otkrio tek spektroskop.

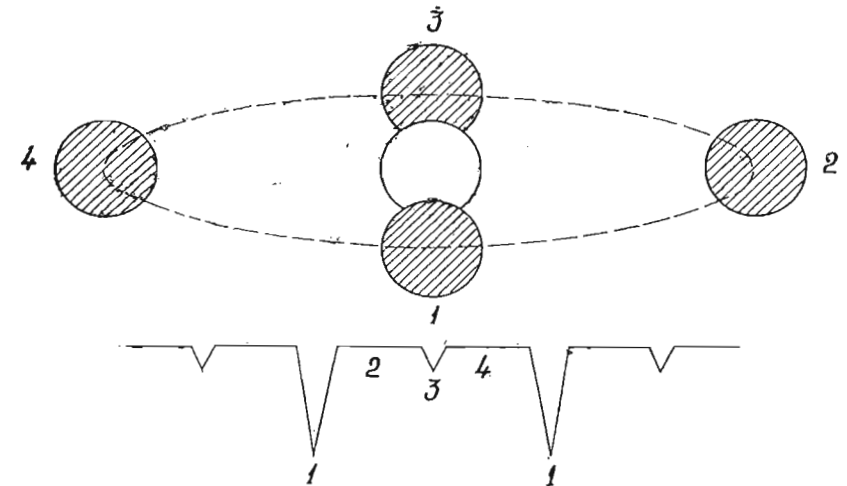
Godine 1889. prvi put je primećeno da se *radijalne brzine* ili brzine kretanja u vidnom pravcu kod nekih zvezda menjaju. Zatim je primećeno da su linije u njihovim spektrima u stvari dvostruke, dakle, da tu imamo posla sa tako međusobno bliskim parovima dvojnih zvezda da se njihove komponente mogu samo spektroskopom otkriti. Zapaženo je zatim da se u svakom paru spektarskih linija ove periodično približuju i udaljuju jedna od druge, pa je to značilo da se njihova kretanja vrše na taj način što se u periodu kad nam se jedna zvezda približuje, druga udaljuje od nas. Ovo se, međutim, periodično ponavlja, što je moguće samo ako je u pitanju obilaženje obe zvezde oko zajedničkog težišta. Ova je pretpostavka potvrđena kada su kasnije, u većim teleskopima, neke spektroskopske dvojne zvezde mogle da se vide kao vizualne (Kapela, H. Pegaza i dr.).

Iz pomeranja linija u spektru može se odrediti kretanje ovakvih zvezda po njihovim putanjama. Navedimo kao primer Plasketovu zvezdu s periodom od 14 dana. Razmak njenih komponenata približno je jednak Zemljinoj daljini od Sunca, a svaka ima masu oko 100 puta manju od Sunčeve.

Još mnogo pre otkrića *spektroskopskih dvojnih zvezda* (1669. god.), primećeno je da zvezda Algol (β Perseja) periodično menja svoj sjaj s periodom od $2^d20^h49^m$. U tom vremenu on se promeni za 3 prividne veličine i vrati na prvobitnu vrednost, i to na taj način što 2^d11^h sjaj ostaje nepromenjen, zatim nastaje brzi pad sjaja koji traje 5^h , da se kroz narednih 5^h vrati na polazni iznos. Godine 1782, mladi ljubitelj astronomije Džon Gudrajk izneo je sledeće oštroumno tumačenje ove pojave. Zvezda se sastoji iz dve komponente koje obilaze oko zajedničkog težišta. Jedna od njih je vrlo slabog sjaja, tako da se ni u kakvom teleskopu ne može videti. Ravan njihove putanje prolazi blizu našeg oka, pa kad tamnija zvezda naiđe između nas i sjajne komponente, ona pomrači ovu poslednju, pa joj zato naglo opadne sjaj (sl. 50). Ovakvo tumačenje kasnije je potvrđeno i podrobnije objašnjeno drugim posmatranjima, a otkriveno je oko 2,5 hiljade ovakvih zvezda. One su donedavno klasifikovane kao promenljive zvezde, a u poslednje vreme se stalo na stanovište da se pod promenljivim zvezdama podrazumevaju samo one koje stvarno menjaju svoj sjaj usled izvesnih fizičkih procesa na njima i u njima. Zvezde Algolova tipa prebačene su u treću vrstu dvojnih zvezda, pod nazivom *fotometrijske* ili *eklipsne (pomračne) dvojne*, jer je promena njihovog sjaja samo prividna.

Danas se smatra da bar polovina od ukupnog broja zvezda u našem Zvezdanom sistemu spada u dvojne zvezde, među kojima je takođe ogroman broj višestrukih zvezda.

Sirijusov pratilac, poznati beli patuljak, koji se zbog svoje majušnosti nije mogao videti ni u jednom teleskopu, otkriven je 1844. po sitnim periodičnim poremećajima ili promenama koje je prouzrokovao u Sirijusovom položaju. Kasnije je on i viđen džinovskim teleskopima.



EKLIPSNA PROMENLJIVA ZVEZDA ALGOL I DIJAGRAM PROMENE NJENA SJAJA (sl. 50)

Pre petnaestak godina, po istim posledicama, ovoga puta zapaženim na zvezdi 61 Labuda, istoj onoj koja je u istoriji astronomije ostala čuvena po tome što je Besel na njoj prvi put izmerio daljinu jedne zvezde, utvrđeno je da ima sićušnog tamnog pratioca. Van de Kamp je nedavno otkrio da zvezda 99 Herkula opisuje elipsu s periodom od 56 godina. Iz njenih karakteristika izveo je zaključak da je reč o dvojnoj zvezdi, čija jedna komponenta ima masu 1,3 puta veću od Sunca, a druga, tamna, samo 0,7 Sunčeve mase. Kod zvezde Lalande 21185 tamni pratilac je još manje mase — samo 0,03 mase Sunca. Proučavanje dvojnih zvezda dovelo nas je, dakle, do značajnog otkrića da ima i drugih zvezda osim Sunca koje imaju svoje planete. Poslednjih godina otkriveno je pet ovakvih nebeskih tela među 40 najbližih zvezda. Ovo ukazuje na to da je njihov broj ogroman, pa se danas smatra da su planetski sistemi gotovo opšta karakteristika zvezda. Ovo otkriće je od neizmernog naučnog i ideološkog značaja, jer se sa njim do neograničenih razmera povećala verovatnoća na-

stanjenosti čitave vasionne živim bićima. U svakom slučaju, problem je još otvoren za mnoga ispitivanja, a postoje izgledi da će u najskorije vreme biti bolje osvetljen.

Već se iz dosad iznetog vidi da postoji velika raznovrsnost zvezda ne samo po njihovoj veličini, gustini, masi, boji i sastavu već i po njihovom spoljnom izgledu i manifestacijama. Ona se još znatno povećava postojanjem mnogobrojnih vrsta i podvrsta zvezda koje na ovaj ili onaj način menjaju svoj sjaj i koje su jednim imenom nazvane *promenljive zvezde*. Zadržimo se samo na najtipičnijim vrstama.

Prva promenljiva zvezda otkrivena je 1596. godine. D. Fabricijus primetio je u sazvežđu Kita zvezdu 2. prividne veličine, koja ranije nije bila vidljiva. Naredne godine zvezda se izgubila. Dužim praćenjem utvrđeno je da joj se prividna veličina periodično menja, a tek kada je pronađen durbin, shvatilo se da je zvezda uvek na istom položaju, samo da njen sjaj s vremena na vreme toliko oslabi da više nije pristupačna slobodnom oku. To je bila zvezda Ω Kita, koja je zbog svoje čudne i dotad neviđene osobine zvezda dobila naziv Mira Ceti ili »Čudnovata u Kitu«, naziv koji joj je i danas ostao. Naročito intenzivna posmatranja promenljivih zvezda vršena su u prošlom veku, pa ih je do danas zabeleženo preko 15 000. Promenljive zvezde označavaju se velikim slovima latinske azbuke uz oznaku sazvežđa, i to ovim redom: R, S, ... Z; RR, RS, ... RZ; SS, ST, ... SZ; ZZ; AA, AB, ... AZ;; QQ, QR, ... QZ. Ako broj otkrivenih zvezda u jednom sazvežđu pređe 334 (koliko ima ovih oznaka), onda se naredne označavaju rednim brojem počev od 335 uz oznaku sazvežđa. Kolebanja njihovog sjaja kreću se od 0,1 do nekoliko prividnih veličina, a periodi ove promene od nekoliko minuta do nekoliko vekova, ako su u kategoriji promenljivih zvezda obuhvaćene i tzv. »nove« i »supernove« zvezde. Izuzmemo li ove poslednje, da bismo se na kraju na njima posebno zadržali, sve fizičke promenljive zvezde, u klasičnom smislu, možemo podeliti u dve velike vrste: *periodične promenljive* i *neppravilne promenljive*.

Periodične promenljive dele se dalje na *cefeide* i *dugoperiodične promenljive*. Prva zvezda cefeid tipa koja je otkrivena bila je δ Cephei (1784), po kojoj je ova podvrsta i dobila ime. Sjaj im se menja neprekidno i periodično s amplitudom od oko jedne prividne veličine, pri čemu je porast sjaja nagao, a opadanje na prvobitnu vrednost znatno postupnije. Najveća njihova radijalna brzina odgovara maksimumu sjaja, a najmanja minimumu. Temperatura im se menja naporedno s promenom sjaja. Periodi promene sjaja kreću se od nekoliko desetina minuta do 45 dana. Sve pripadaju ranim spektarskim tipovima džinovskih i vrelih zvezda i u toku promene sjaja toliko im se menjaju fizičke osobine da prelaze

iz jednog spektarskog tipa u drugi (sa opadanjem sjaja uvek u pozniji spektarski tip).

Uzrokom promeni sjaja cefeida smatra se pulsiranje zvezde, tj. njeno periodično širenje i skupljanje usled fizičkih procesa u njenom jezgru. Ova pretpostavka, međutim, nije dovoljna da objasni sve podatke dobivene posmatranjima, pa se u poslednje vreme ističe da i kod cefeida, kao i kod još nekih promenljivih zvezda, do promene sjaja dolazi usled džinovskih erupcija usijanih gasovitih masa iz zvezdine unutrašnjosti, koja nastaje usled procesa u atomskim jezgrima (Oskanjan).

Periodi promene sjaja od 45 do 90 dana veoma su retki. Međutim, periodi od 90 do 700 dana češće se sreću. Zvezde ovog tipa svrstane su u podvrstu dugoperiodičnih promenljivih, u koju spada i Mira Kita. Kao i kod cefeida, njihov sjaj znatno brže raste no što opada, samo je krivulja sjaja manje pravilna i ne ponavlja se na savršeno isti način kao kod cefeida. I ove su zvezde džinovi, samo poznijih hladnijih spektarskih klasa. Njihova temperatura menja se od 1900 do 2500°C.

Uzrok promene njihovog sjaja takođe se smatra da je pulsacija ili »disanje« zvezde praćeno erupcijama u maksimumima, od kojih se javljaju sjajne linije u njihovim spektrima.

U vrstu *neppravilnih promenljivih* spadaju i hladnije džinovske zvezde poznih spektarskih klasa čiji se sjaj menja na sasvim nepravilan način. One se mogu podeliti u više podvrsta, među kojima se mogu naći i promenljive s polupravilnom promenom sjaja. On se kod njih menja od nekoliko stotih, do nekoliko celih prividnih veličina.

Poslednjih godina naročitu pažnju privukle su tzv. *nestacionarne promenljive zvezde* — crveni patuljci, na kojima se u neravnomernim vremenskim razmacima zapaža nagao i velik, ali veoma kratak porast sjaja, koji se objašnjava erupcijama usijanih gasova iz zvezdine unutrašnjosti. Istraživanja ove vrste zvezda sa uspehom se vrše i na Beogradskoj opservatoriji (V. Oskanjan i dr.).

Posvetimo najzad nešto više pažnje tzv. *novim* i *supernovim zvezdama*, koje se zbog nekih svojih osobina primećenih tokom poslednjih godina sada svrstavaju među promenljive zvezde.

Godine 125. pre n.e. aleksandrijski astronom Hiparh otkrio je u sazvežđu Skorpije sjajnu zvezdu koja ranije nikada nije bila primećena. To ga je nagnalo da izvrši jedno od prvih popisivanja zvezdanog neba. Godine 1572. astronomi su bili iznenađeni sličnom pojavom u sazvežđu Kasiopeje. Za nekoliko dana ova zvezda je dostigla takav sjaj da se mogla vi-

deti i usred dana. Posle nekoliko dana njen sjaj je počeo da slabi, a posle 2 godine je sasvim iščezla iz vida. Slične pojave ponovile su se u Zmijonoši 1604, a u novije vreme, na primer, u Perseju 1901, u Orlu 1918, u Slikaru 1925, u Herkulu 1934. i u Krmi 1942. No kad je pronađen durbin, pokazalo se da se opadanje sjaja ovakvih zvezda može pratiti i pošto postanu nepristupačne slobodnom oku. Ponekad se on promeni i za oko 11 prividnih veličina. To znači da zvezda za vreme svog raspaljivanja poveća sjaj i do 25 000 puta, da bi se zatim vrlo postupno, kroz nekoliko godina, vratila na svoj skromni i često za golo oko nepristupačni stupanj. Kod nekoliko novih zvezda primećena je posle perioda razbuktvavanja mala maglina koja je omotava i čiji spektar govori da se ova maglina hladi i neprekidno i ravnomerno širi u vasioni prostor. I druga posmatranja govore da se u vreme maksimuma sjaja kod novih zvezda događaju džinovske erupcije, pri kojima se od njih odvajaju mase reda veličine od 10^{-4} do 10^{-5} Sunčeve mase, koje se oslobađaju u vasioni prostor. Statistika pokazuje da se svake godine pojavi oko 25 novih zvezda u našem Zvezdanom sistemu, no zbog velike udaljenosti tih zvezda mi vidimo samo jedan mali broj.

Najsajnije pojave novih zvezda, kao što su bile one iz 1054, 1572, ili 1604. nazivaju se »supernove«. U svome maksimumu one imaju sjaj više milijardi običnih zvezda. Supernova iz 1054. ostavila je posle svoje džinovske erupcije, koju možemo pre nazvati eksplozijom zvezde, poznatu lepu difuznu Rak-maglinu.

Otkrivene su i tzv. povratne nove zvezde, kao što je, recimo, T Kompara, čija se razbuktvavanja ponavljaju sa izvesnom periodičnošću. Kod pomenute zvezde ona su se dogodila 1891, 1902, 1920. i 1944. godine. Parenago i Kukarkin utvrdili su da i kod njih, kao i kod novih zvezda, srednji razmak između dva razbuktvavanja raste uporedo s jačinom sjaja u trenutku razbuktvavanja. Moglo se zato očekivati da se i razbuktvavanja novih periodično ili bar povremeno ponavljaju. To je i zapaženo kod nove zvezde iz 1866, koja se ponovo razbuktvala 1946. godine. Upravo zato danas i svrstavamo nove zvezde u jednu vrstu promenljivih zvezda.

Mehanizam razbuktvavanja novih i supernovih zvezda još nije sasvim ispitan. Svakako je u pitanju jedna još nedovoljno poznata vrsta reakcije u atomskim jezgrima elemenata u zvezdinoj unutrašnjosti, kao što će se iz daljeg izlaganja videti. Sudbina, pak, jedne nove ili supernove zvezde isto je tako nepoznata. No pretpostavlja se da posle niza gubitaka mase, ovakva zvezda može završiti kao beli patuljak.

S obzirom na to da nove i supernove zvezde pripadaju klasi vrelih, džinovskih belih i plavih zvezda, jasno je da na-

šem Suncu, koje spada u klasu zvezda niskog sjaja, ne pretrpava ovakva sudbina.

Na kraju, *kvazari*, ili kako ih još nazivaju »nadzvezde«, jesu najzagonetniji objekti koje današnja astronomija poznaje. Oni nisu obične zvezde ni obične galaksije, već možda predstavljaju posebnu klasu nebeskih tela.

Otkriveni su 1963. godine od strane radio-astronoma Džodrel Benka, Kalifornijskog tehničkog instituta i australijskih naučnika. Istorija ovog otkrića je veoma zanimljiva i poučna. Naime, osnovni problem koji je pred astronomijom stajao od 1932. godine, kada je prvi put registrovano radio-zračenje nebeskih tela bio je: kako utvrditi da li posmatrani radio-izvor predstavlja neko nebesko telo poznato iz vidljivog dela spektra. Ovaj problem je bio težak za rešavanje iz dva razloga: prvo, broj radio-izvora je mnogo manji od broja optičkih objekata i, drugo, razdvojna moć radio-teleskopa je mnogo manja od moći optičkih teleskopa. Iz ovog poslednjeg razloga položaji radio-izvora nisu bili poznati sa potrebnom tačnošću, pa se u datoj oblasti neba mogao naći veliki broj optičkih objekata koji bi mogli odgovarati posmatranom radio-izvoru.

Tek kada su, zahvaljujući razvoju instrumentske tehnike, radio-astronomi uspeali da utvrde tačnije položaje nekih radio-izvora, moglo se ozbiljnije pristupiti identifikaciji radio-izvora sa optičkim objektima. Godine 1963. utvrđeno je da 5 radio-izvora moraju biti identifikovani sa objektima koji se na fotografijama vide kao slabe zvezde. Ovakav zaključak je izgledao tako neverovatan da su novootkrivenim objektima data imena *kvazara*, što znači tobožnje zvezde. Kvazar je kovanica reči kvazi, što znači tobožnji, i engleske reči star, što znači zvezda.

Dalja ispitivanja su pokazala da su linije u spektrima kvazara jako pomerene ka crvenom delu. Pretpostavljajući da to pomeranje dolazi kao posledica Doplerovog efekta, dobija se da brzine udaljavanja nekih kvazara dostižu i do 80% brzine svetlosti. Udaljenja izračunata na osnovu tih pomeranja pokazuju da su kvazari udaljeni od nas milijardama svetlosnih godina. Oni spadaju među najdalja nebeska tela koja poznajemo.

Kako se na osnovu snimaka može zaključiti, kvazari su manji od prosečnih galaksija, ali su sigurno mnogo veći od zvezda.

Pošto nam od kvazara, čak i sa tako velikih udaljenosti, stiže velika količina zračenja, oni moraju biti najsjajniji objekti koje smo do sada posmatrali. Odakle kvazarima tolika energija, kakvi se to procesi odigravaju na njima — potpuno je nepoznato. O tome postoje razne pretpostavke i na rešavanju tog problema se intenzivno radi.

★ ZVEZDE — ATOMSKI REAKTORI PRIRODE

U prirodi oko nas možemo posmatrati razna tela koja svetle. Usijano gvožđe ili nit u električnoj sijalici na visokoj temperaturi zrače svetlost. Sveća ili petrolejska lampa svetle usled toplote sagorevanja ili oksidacije. Noću se u travi svetle svici, morska površina za letnjih večeri tajanstveno svetluca, a naši gradovi u poslednje vreme osvetljavaju se sve više lepim gasnim cevima. Uzrok svetljenja ovih tela je fluorescencija i fosforescencija. Izvora svetlosti drugih vrsta na Zemlji, može se reći, i nema.

Ali zašto svetle zvezde kojima je u tolikom broju osuto nebo? Kao usijane gasovite lopte, koje izolovano lebde u prostoru, očigledno moraju predstavljati samostalne izvore zračne energije koja se stvara u njihovoj dubokoj unutrašnjosti i kroz njihovu površinu zrači u vasioni prostor. Kažemo, zračne energije, jer osim svetlosti one zrače i toplotu i niz drugih vrsta zračenja.

Nama je najbliža zvezda Sunce. Njegovi zraci donose na Zemlju svetlost i toplotu kao izvore života. Od njega, u krajnjoj liniji, potiču i ostali izvori energije koju čovek koristi — energija vode, vetra, svih vrsta goriva... Čovek se odavno pitao otkud potiče i kolika je energija koju zrači Sunce, a zatim i ostale zvezde?

Na prvo pitanje čovek je uspeo tek nedavno da odgovori, i o njemu će ovde biti detaljnije govora. Na drugo pitanje, međutim, astronomi su sa potrebnom tačnošću odgovorili još mnogo ranije. Merenjima su utvrdili da svaki gram Sunčeve materije oslobađa prosečno 1,5 gram-kaloriju godišnje ili da svaki kvadratni centimetar njegove površine ispušta oko 8,5 konjskih snaga zračne energije. S obzirom na to da je ta energija nagomilana na dubini od 695 553 km ispod te male površine, koliko iznosi Sunčev poluprečnik, ova količina ne mora izgledati velika. No pomnožimo li je brojem kvadratnih centimetara Sunčeve površine, dobijamo, po Abou, da Sunčevo zračenje u toku godine iznosi 3 sa 33 nule gram-kalorija — broj koji prelazi svaku mogućnost ljudske predstave. Kad bi se ovolika energija, koju Sunce zrači u svim pravcima, koncentrisala prema Zemlji, bila bi dovoljna da u sekundi izazove ključanje svih naših okeana i mora. Da bi se ona nadoknadila, bilo bi potrebno svake sekunde sagoreti mnogo hiljada biliona tona najboljeg uglja.

Odskora znamo da se materija može pretvarati u energiju, a poznat nam je i odnos po kome se to vrši. Ako bi, prema proceni jednog poznatog engleskog astrofizičara, Sunčeva zračna energija poticala od utroška njegove mase, ono bi je trošilo brzinom od 4 miliona tona svake sekunde ili 350 000 miliona tona dnevno, baš kao kada bi se na njegovoj površini

nalazilo 10 pukotina iz kojih bi neprestano isticalo 10 reka kao što je Sava ili 650 puta više od težine vode koja struji kroz Nijagarin vodopad. Kad bi zračilo istom brzinom kroz 3 milijarde godina, koliko je stara Zemlja, ono bi do danas moralo izgubiti oko 400 000 triliona tona ili jedan petohiljaditi deo svoje mase, a ostalo bi mu materije za život bar još za 50 milijardi godina.

Kad se ovi podaci dovedu u vezu sa starošću Sunca i nekim drugim činjenicama, jasno je da izvor zračne energije Sunca i zvezda uopšte treba tražiti samo u gubitku njihove mase, tj. u pretvaranju njihove materije u energiju. No ova mogućnost izvora energije postala je tek nedavno poznata, a zračenje Sunca i zvezda izmereno je približno još pre više od jednog veka. Baš u to vreme Robert Majer je otkrio svoj znameniti zakon o održanju energije, po kome se energija ne može stvarati ni iz čega, već samo može menjati oblike. Zato su se već tada astronomi i fizičari zapitali odakle potiče ovako ogromno zračenje energije Sunca — nama najbliže i najbolje poznate zvezde — i kako se ono nadoknađuje?

Izračunavanja su pokazala da ova energija ne potiče ni od sagorevanja, ni od skupljanja zvezde, niti od eventualnih radioaktivnih procesa u njoj.

Godine 1920. Rezerford je bombardovao alfa česticama, dobivenim spontanom raspadanjem radioaktivnih materija, atome lakih elemenata, pa je našao da neposredni pogoci mogu izmeniti jezgre atoma, pretvarajući, na primer, jezgru atoma azota u jezgru kiseonika. Kasnije je ostvareno i pretvaranje drugih elemenata jednih u druge, a danas se ovo redovno vrši u jakim električnim poljima akceleratora ili u atomskim reaktorima, pri čemu se oslobađaju ogromne količine energije iz atomskih jezgara.

Žan Peren je nešto kasnije prvi postavio hipotezu po kojoj se Rezerfordov ogled i mnoge druge slične reakcije neprekidno odigravaju u usijanim unutrašnjostima zvezda, koje su prave alhemijske laboratorije u kojima se hemijski elementi neprekidno pretvaraju jedni u druge. To su, u stvari, džinovski atomski reaktori prirode u kojima se prilikom ovog pretvaranja stalno oslobađaju neizmerne količine energije na račun gubitka mase.

Spektarskom analizom je utvrđeno da se Sunce, kao i sve zvezde, sastoji iz istih hemijskih elemenata iz kojih i Zemlja, da je materija u čitavoj prirodi jedinstvena. Razlika je samo u količinama pojedinih elemenata. Tako je na Suncu i ostalim zvezdama, naročito u površinskim slojevima, vodonik element koji po količini daleko prevazilazi sve ostale. Posmatranjima je zatim utvrđeno da se površine Sunca i zvezda nalaze u zračnoj ravnoteži, tj. da zračenjem oslobađaju samo onoliko energije u prostor koliko prime iz svojih dubljih slojeva, pošto

tom prilikom ne nastupa ni naglo skupljanje niti širenje ovih nebeskih tela. Znajući masu i prosečnu gustinu Sunca, možemo izračunati da temperatura Sunčevog središta iznosi oko 20 miliona stepeni, pritisak 200 milijardi atmosfera, a da je gustina oko 100 puta veća od gustine vode. Dalje možemo izračunati i kako se ove veličine menjaju idući ka površini Sunca i tako doći do njegove strukture. Kada smo tako dobili podatke i za ostale zvezde, kako za one znatno veće i vrelije tako i za one znatno manje i hladnije od Sunca, bilo je moguće razmotriti sve reakcije atomskih jezgara ispitanih u zemaljskim laboratorijama i videti koja bi od ovih reakcija, s obzirom na različite temperature zvezdanih unutrašnjosti, mogla predstavljati izvor zračne energije za Sunce i za svaku pojedinu vrstu zvezda. To je učinio Bete 1939, a najnovija istraživanja unekoliko su ispravila njegove zaključke.

Tako se danas zna da se na temperaturi Sunčevog jezgra, u kome su atomi lišeni spoljnih elektronskih omotača, pod uslovima koji tamo vladaju, neprekidno događaju sudari vodonikovih jezgara ili protona. Pri sudaru ovakva dva jezgra obrazuje se jezgro teškog vodonika, *deuterijuma*. Jezgro teškog vodonika gotovo trenutno stupa u reakciju s drugim jezgrom običnog vodonika obrazujući laki izotop helijuma. Njegovo jezgro sjedinjuje se s jezgrom helijuma u jezgro berilijuma, koje je nestabilno i prelazi u jezgro litijuma. Kada se jezgro litijuma sjedini s još jednim jezgrom vodonika, raspada se u dva jezgra helijuma. Pri svim ovim reakcijama jedan mali deo materije pretvara se u ogromne količine energije. Tako se izvor Sunčevog zračenja, tj. njegove energije, može i po količini i po trajanju danas potpuno objasniti pretvaranjem vodonika u teži element helijum u njegovoj unutrašnjosti pod dejstvom izvanredno visoke temperature.

Izvor energije zvezda belih i plavih džinova, znatno većih i vrelijih od Sunca, može biti druga reakcija, tzv. *ugljenikov ciklus*, sposobna da oslobodi znatno veće količine energije. Pri ovoj reakciji jezgro običnog ugljenika, sudarajući se s jezgrom vodonika, pretvara se u laki izotop azota, čije je jezgro nestabilno i, uz oslobađanje energije, prelazi u laki izotop ugljenika. Kada se ovaj sudari s jezgrom vodonika, pretvara se u jezgro običnog azota, ispuštajući opet energiju zračenja. Ako se dalje jezgro azota sudari s novim jezgrom vodonika, nastaje nestabilni izotop kiseonika, koji se, ispuštajući energiju, pretvara odmah u stabilni izotop azota. Jezgro ovog poslednjeg, spojivši se s četvrtim po redu jezgrom vodonika, raspada se na jezgro ugljenika, od koga je reakcija i počela, i na jezgro helijuma, koje je konačni proizvod ove reakcije. Na još mnogo većim temperaturama, koje vladaju u zvezdama džinovima no u Sunčevom središtu, energija oslobođena ovom drugom vrstom nuklearne reakcije dovoljna je, kako računi

pokazuju, da podmiri njihove ogromne utroške energije koju one oslobađaju rasipničkim zračenjem.

Ispitivanja vršena poslednjih godina pokazuju da je i kod zvezda crvenih džinova izvor energije ugljenikova reakcija, samo što je količina ove energije manja, a njihovo slabije zračenje posledica njihove drukčije unutrašnje strukture no kod belih i plavih džinova. Kako računi pokazuju, tu imamo posla s malim gasovitim gustim jezgrima i džinovskim omotačima od izvanredno razređenog gasa, što se slaže i s posmatranjima.

Kod zvezda crvenih patuljaka, s temperaturom od 11 do 13 miliona stepeni u središtu, čija je gustina veća a zračenje slabije no što je Sunčevo, takođe imamo posla s obrazovanjem helijuma iz vodonika preko teškog vodonika, kao i kod Sunca.

Najzad, izvanredno zbijene i vrele zvezde — beli patuljci, sastoje se uglavnom od degenerisanog zbijenog gasa, koji se više ne povinuje osnovnim zakonima za idealne gasove. Izvor njihove energije može biti ili jedna od pomenutih reakcija, što zavisi od količine preostalog vodonika u njima, ili skupljanje na račun gravitacije.

Kao što vidimo, i pored velike raznolikosti zvezda o kojoj smo ranije govorili, izvor energije je kod svih jedan isti — pretvaranje vodonika u helijum različitim putevima, uz delimično pretvaranje materije u energiju. Njihove spoljašnje razlike dolaze samo od njihove različite fizičke strukture.

Posle svega, logički se nameću pitanja: šta će se dogoditi kada se, posle mnogo milijardi godina, sav vodonik u zvezdi pretvori u helijum; da li će tada usled sažimanja i promene uslova u njoj unutrašnjosti stupiti u dejstvo međusobne reakcije samih helijumovih jezgara, odnosno reakcije helijumovih jezgara s jezgrima težih elemenata za koje su potrebne daleko veće temperature od 20 i 30 miliona stepeni; da li će doći do eksplozije zvezde, ili do ovih reakcija neće doći, već će se zvezda sve više hladiti i ugaziti — to je pitanje na koje zasad još ne možemo tačno odgovoriti. Ono je samo jedan beočug u lancu problema evolucije zvezda, čije je ozbiljno rešavanje omogućeno tek u poslednje vreme napretkom nuklearne fizike i astrofizike, koje sada tesno saraduju. Ovi problemi nalaze se danas na poprištu astronomske nauke i jedva da se mogu sagledati siluete njihovih rešenja. O njima će u nastavku biti još govora.

*** KOSMIČKA MATERIJU U
MEĐUZVEZDANOM PROS-
TORU**

Pogledamo li zvezdano nebo jedne vedre noći, na njemu možemo nabrojati oko 3 000 zvezda. Gotovo isto toliko imali su već i stari narodi u svojim zvezdanim katalozima. No ako pogledamo i na omanji astronomski durbin, možemo ih videti na stotine hiljada.

Savremeni zvezdani katalogi sadrže položaje preko milion zvezda. Uporedo s čovekovim naporima da sagradi sve veće durbine i upotrebi osetljive fotoploče, ovaj broj se u novije vreme naglo i skokovito povećavao. Na Maunt-Palomarskoj opservatoriji, u Kaliforniji, kao što smo videli, upravo se završava fotografska karta neba koja će sadržati položaje i druge podatke za milijardu zvezda. Suptilnim astronomskim metodama saznali smo da naš Zvezdani sistem, koji nam se tako veličanstveno prikazuje na tamnom nebu kao Mlečni Put, sadrži ništa manje no oko 300 milijardi zvezda. Svetlosti, koja prevaljuje u sekundi blizu 300 000 km, potrebno je preko sto hiljada godina da s najudaljenije zvezde stigne do našeg oka. Tek pre dve-tri decenije saznali smo da u neizmernim dubinama, od kojih nas razdvajaju milioni i milijarde svetlosnih godina, postoje i drugi zvezdani sistemi, slični našem, za koje smo mislili da su mnogo beznačajnije, loptaste, spljoštene ili spiralne magline. Prošlo je svega nekoliko godina otkako su najveći teleskopi upereni u njih, a već su odgonetnute mnoge njihove tajne korisne i za upoznavanje našeg Zvezdanog sistema.

No sve doskoro zamišljali smo da je čitav međuzvezdani prostor potpuno prazan. Napori velikih savremenih astronoma i njihove oštromne metode, potpomognute doista veličanstvenim tehničkim dostignućima današnjice, skinuli su poslednjih godina tajanstveni veo i sa ove »nevidljive vasion«, da tako nazovemo one oblike materije koji se kriju u većitoj tami međuzvezdanog prostora i koji nam zasvetle tek u retkim prilikama, ili koje čovek samo osvetli svojim genijalnim umom.

Danas, kada je on i neposredno zakoračio u međuplanetski prostor i kad se priprema da sutra i lično krene na put da bi ispitao njegove tajne, poznavanje ove, međuplanetske i međuzvezdane, uglavnom nevidljive i teško dostupne materije, od naročitog je interesovanja i aktuelnosti. Zadržimo se stoga baš na ovoj materiji.

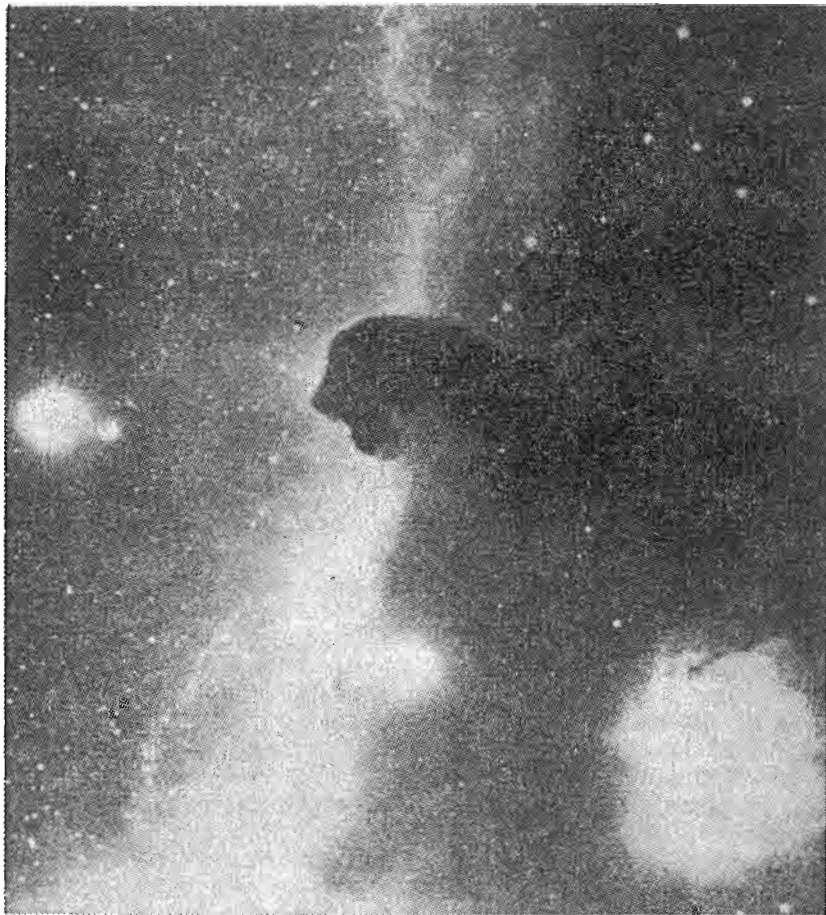
Već je bilo govora o materiji koja ispunjava Sunčev sistem. Iako manje pristupačna čovekovom istraživanju, ništa nije manje zanimljiva ni materija koja ispunjava prostor između zvezda. Pretražite li manjim durbinom središne oblasti divnog zimskog sazvežđa Oriona, možete lako naići na njegovu čuvenu razvejanu maglinu, koja ostavlja utisak svetlog gasovitog oblaka. Ima više stotina ovakvih maglina na nebu u regionima bliskim Mlečnom Putu. Godine 1921. Habl je spektroskopski utvrdio da neke od njih odbijaju svetlost susednih zvezda i da se sastoje od sićušne kosmičke prašine. Bouen i Canstra su zatim otkrili da su druge magline gasovite i da svetle na taj način što primaju nevidljive ultraljubičaste zrake sa obližnjih veoma vrelih zvezda i pretvaraju ih u vidljivu svetlost.

U istom sazvežđu možete lako naći i veliku tamnu mrlju u vidu konjske glave (sl. 51). Početkom ovog veka Barnard je, pretražujući Mlečni Put, otkrio u njemu niz ovakvih tamnih maglina na svetloj pozadini. Otada su razrađene metode merenja njihovih daljina, dimenzija i apsorpcione moći upoređivanjem zvezda određenog sjaja u oblasti magline i van nje. Pokazalo se da su to ogromni oblaci tamne kosmičke materije, koji se protežu na desetine, pa i stotine svetlosnih godina. Najbliža od njih udaljena je od nas 300 svetlosnih godina. Pri svemu tome, njihova pojedinačna masa ne premašuje ni tripud masu Sunca, što znači da im je gustina čudovišno mala. Ceneći da li apsorbuju svetlosne zrake svih boja u istoj meri ili apsorbuju u većoj meri zrake kraćih talasnih dužina, Mi je utvrdio veličinu čestica u tamnim maglinama. Danas se zna da je jedan njihov deo veličine meteorita kojima je ispunjen i Sunčev sistem, pa nije ni čudo što se pomišlja na njihovo srodstvo. Najveći deo ovih čestica, međutim, ne prelazi po veličini desetohiljaditi deo milimetra i predstavlja veoma retku kosmičku prašinu u pravom smislu reči. U mnogim regionima Mlečnog Puta ne nailazi se retko ni na mesta ispunjena mešavinom gasova i kosmičke prašine, koja se spektarskom analizom, uprkos velikim teškoćama, može utvrditi.

No doskoro se smatralo da su svetle i tamne razvejane magline samo sporadična pojava u našem Zvezdanom sistemu. Danas se smatra da su one po svojoj prirodi istovetne, da se vide samo kad se nalaze blizu veoma sjajnih zvezda, a da je u većoj ili manjoj meri veoma retkim gasom i kosmičkom prašinom ispunjen čitav Zvezdani sistem, i to najgušće u ravni Mlečnog Puta.

Godine 1930. Trempler je ispitivao rasturena zvezdana jata (tipa Plejada) (sl. 52) u regionima Mlečnog Puta, pa je utvrdio da je jato utoliko veće ukoliko se nalazi na većoj daljini od nas. Daljine je izvodio iz odnosa pravog i prividnog sjaja zvezda. Pokazalo se, međutim, kasnije da je ova pojava samo prividna i da dolazi otud što nas od daljih zvezdanih jata razdvajaju gušći oblaci tamne kosmičke materije, pa zato potcenjujemo sjaj njihovih zvezda. Debljina sloja ove materije u ravni Mlečnog Puta ceni se na 600 svetlosnih godina. Nedavna Parenagova ispitivanja pokazala su da njena gustina u svima pravcima i oblastima nije jednaka. Najgušći njeni oblaci nalaze se baš u pravcu sazvežđa Strelac, gde se nalazi i središte našeg Zvezdanog sistema koje bi nas inače zasenilo sjajem svoje guste zvezdane naseobine. Rascepljenost Mlečnog Puta u dve grane dolazi od tamne kosmičke materije koja razdvaja njegove dve spirale.

Tamna međuzvezdana materija, međutim, nije samo osobenost našeg Zvezdanog sistema. Upravimo li veliki astronomski teleskop u mnogu spiralnu maglinu, tj. daleki zvezda-



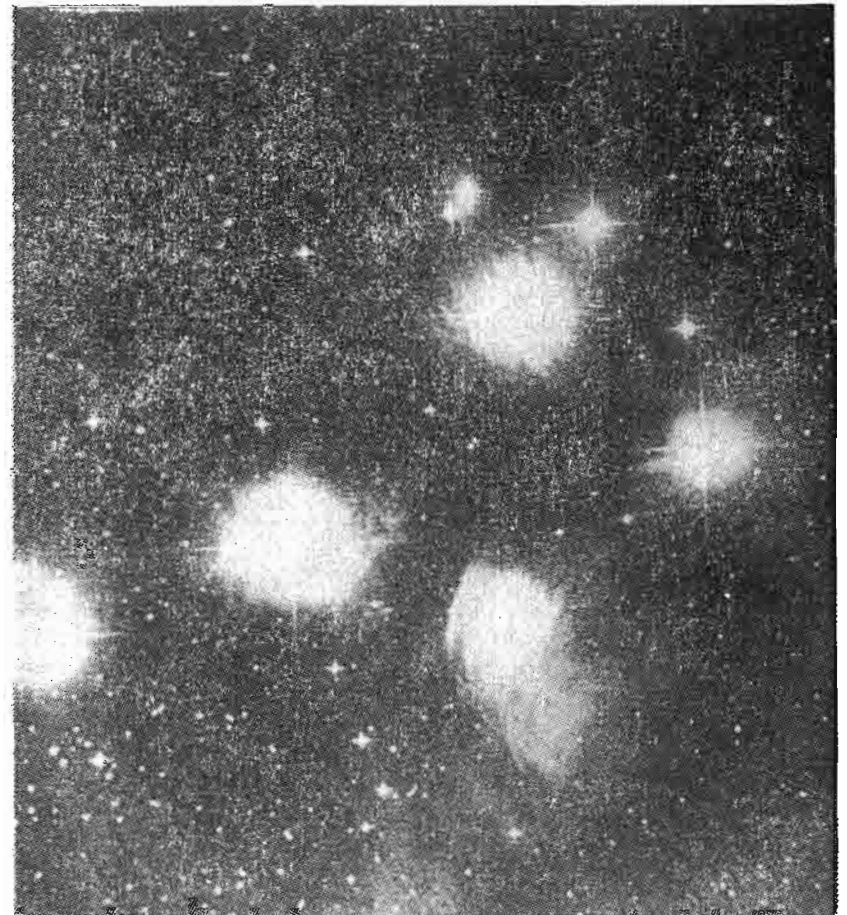
VELIKA TAMNA MAGLINA »KONJSKA GLAVA« U ORIONU (sl. 51)

ni sistem, videćemo da je po sredini presečen tamnim pojasom. Savremena precizna istraživanja pokazuju da je i to tamna međuzvezdana materija.

*** PRIRODA MEĐUZVEZDANE
MATERIJE I ZNAČAJ NJE-
NOG IZUČAVANJA**

da je ona oko hiljadu puta manja od ukupne mase usijanoga gasa uobličenog u zvezde.

Veoma je teško oceniti ukupnu masu međuzvezdane materije u našem Zvezdanom sistemu. Pa ipak, po nekim računima se smatra



TIPIČNO RASTURENO ZVEZDANO JATO — PLEJADA. NAJSJAJNIJE NJEGOVE ZVEZDE U DŽINOVSKOM TELESKOPU VIDI SE DA SU DIFUZNE MAGLINE (sl. 52)

Prirodno se dalje nameće pitanje: iz čega se sastoji ova tamna međuzvezdana materija i kolika je njena gustina?

Izučavajući kretanje spektroskopske dvojne zvezde δ Oriona, Hartman je još 1904. otkrio da dve linije koje odgovaraju jonizovanom kalcijumu ne učestvuju u ovom kretanju. Poznija Slajferova istraživanja su pokazala da one pripadaju tamnoj međuzvezdanoj materiji, naime, da se ona sastoji iz jonizovanog kalcijuma. Plasket i Pirs su zatim pokazali da i ova materija učestvuje u obrtanju čitavog našeg Zvezdanog sistema. Danas su najfinijom metodom spektarske analize i uz pomoć znanja o građi atoma, otkriveni u ovoj materiji i drugi

elementi, kao npr. natrijum i vodonik, pa čak i jedinjenja ugljenika i vodonika, ugljenika i azota, natrijuma i vodonika, koja se ne javljaju pod uslovima koji vladaju na Zemlji.

Danas, kad poznajemo strukturu atoma i njihovu moć upijanja zrakova, možemo oceniti i njihov broj na putu zvezdanog zraka, a poznavajući daljinu zvezde, možemo izračunati i gustinu međuzvezdane materije koja nas od nje razdvaja. Po Edingtonovim proračunima gustina ove materije iznosi 1 atom na cm^3 . Teško je zamisliti ovu gustinu, milijardama puta manju od gustine vazduha u najređem vakuumu koji se može ostvariti na Zemlji. Ništa je neće biti lakše zamisliti ni ako kažemo da u kubnom centimetru vazduh ima oko deset milijardi milijarda atoma gasa.

Možemo se takođe zapitati otkud gas i prašina u međuzvezdanom prostoru? Zatim, šta je starije — međuzvezdana materija ili same zvezde? I naposljetku, kakav je smisao i značaj velikih napora na izučavanju tamne kosmičke materije?

Nije lako odgovoriti kratko i jasno na ovako krupna pitanja, a nimalo se ne ogrešiti o strogu naučnu istinu zanemarivanjem i uprošćavanjem mnogih pojedinosti. No ipak, pokušajmo da zadovoljimo opravdanu čovekovu naučnu radoznalost!

Nije tako davno utvrđeno da vrele zvezde Volf-Rajeova tipa, i još neke, izbacuju u svojim džinovskim erupcijama ogromne količine usijanih gasova. Još u skorije vreme utvrđeno je da iznenadne pojave novih i supernovih zvezda nisu ništa drugo do procesi atomskih eksplozija u nekim vrstama mladih zvezda, prilikom kojih se njihovi gasovi oslobađaju, a zatim u toku mnogih miliona godina šire i rasturaju u međuzvezdani prostor, prolazeći kroz faze prstenastih, a zatim razvejanih maglina. Lindblad je nedavno pokazao da se međuzvezdani gas može kondenzovati na retkim jezgrima, kojih uvek ima u prostoru, i tako preći u međuzvezdanu prašinu. Jedan deo gasnih atoma malih brzina može i neposredno stupiti u jedinjenja koja su u međuzvezdanoj materiji posmatrana. Po računima Voroneova, s kojima su se složili Miln i Džins, ukupna količina ove međuzvezdane materije zajedno s drugim, nedavno otkrivenim, tamnim oblicima bliži se količini raspoređenoj u zvezde, dok se približno ista količina može dobiti i iz pomenutih zvezdanih erupcija u razdoblju od neke tri milijarde godina. Kosmička međuzvezdana materija postaje, dakle, iz zvezda.

S druge strane, Korlin je pokazao da se kosmička materija može grupisati u meteorite, a Šmit je nedavno istakao svoju, mnogo kritikovanu, hipotezu u postanku planeta iz ovakve materije koju je u svojoj dalekoj prošlosti Sunce povuklo za sobom pri prolazu kroz jedan taman kosmički oblak.

Iz kosmičke međuzvezdane materije, znači, mogu, postajati nova nebeska tela.

I najnovija posmatranja, zasnovana upravo na izučavanju tamne kosmičke materije, idu za tim da se odbace stare pretpostavke o postanku Sunčevog sistema, pa i našeg i drugih zvezdanih sistema, prostim zgušnjavanjem »haotične gasovite pramaterije«, koja se usled obrtanja raspada u zvezde, odnosno planete, i da se usvoji, na pouzdanijim naučnim činjenicama zasnovan, savremeni pogled na svet, po kome se u jednom dugotrajnom procesu iz zvezda rađa kosmička međuzvezdana materija, a iz ove opet u toku mnogih milijardi godina postaju nova nebeska tela. Izučavanje kosmičke međuzvezdane materije pokazalo je da je ovo zatvoren kružni proces, koji nam omogućuje da odbacimo prapočetak i prauzrok sveta i da prihvatimo njegovu beskonačnost kako u prostoru, tako i u vremenu. U tome i jeste najveći značaj izučavanja kosmičke međuzvezdane materije.

*** SAVREMENA SHVATANJA O
POSTANKU I RAZVOJU
ZVEZDA**

Pitanje postanka i razvoja zvezda tesno je povezano s pitanjem postanka Zemlje, odnosno Sunčeve porodice planeta. Ovo poslednje pitanje veoma je staro i iz razumljivih razloga budilo je uvek živo interesovanje.

Već je Heršel primetio da se najdalja vasionaska ostrva, tzv. *vangalaktičke magline*, po svom obliku mogu svrstati u pravilan niz koji započinje loptastim, a završava najsploštenijim spiralnim oblicima. Povezujući mnogobrojne podatke sakupljene tokom stogodišnjeg posmatranja i proveravajući ih dosad poznatim prirodnim zakonima, veliki engleski astrofizičar Džins stvorio je pre tridesetak godina ovakvu sliku o postanku zvezda u krilu vangalaktičkih maglina: Svaka vangalaktička maglina na početnom stupnju svoga razvoja, tj. u svom detinjstvu, ima oblik džinovske retke gasovite lopte, koja ima veoma sporo obrtno kretanje. U toku milijardi godina, usled hlađenja, mlada maglina se skuplja i povećava se brzina njenog obrtanja, a usled brzog obrtanja raste i centrifugalna sila zbog koje maglina počinje da dobija sve spljošteniji oblik. Najpre blago spljošten, kao pomorandža, zatim sve spljošteniji, da se jednog trenutka, kad brzina obrtanja dovoljno poraste, pojavi na njenom ekvatoru oštro rebro. Maglina tada dobija izgled dvogubog ispupčenog sočiva. U daljoj fazi razvoja, sa još većim povećanjem brzine njenog obrtanja, maglina počinje iz predela svoga ekvatora da izbacuje pojedine mase relativno zgusnutoga gasa. U ovoj fazi, iz vangalaktičke magline rađaju se prva zbijena zvezdana jata, koja se razilaze u rasturena jata, a ova zatim u oblake spiralnih grana i najzad

u pojedine zvezde zvezdanog sistema, kao što je i naš Zvezdani sistem.

I doista, sa stupanjem u rad džinovskog teleskopa Mount-Vilsonske opservatorije, Hablu je pošlo za rukom da grane najbližih spiralnih vangalaktičkih maglina rastavi u pojedinačne zvezde, dok je Eade 1944. god. razložio na zvezde i same centralne oblasti Andromedine spiralne magline. Štaviše, novija spektralna istraživanja istakla su još jednu veoma interesantnu i značajnu činjenicu — da se sve vangalaktičke magline, pa čak i one potpuno loptaste, sastoje iz pojedinačnih zvezda, a ne iz gasovite pramaterije i kosmičke prašine. Ovaj i još neki posmatrački podaci neopozivo su oborili shvatanje o razvojnem putu vangalaktičkih maglina, vezanom za njihove oblike, i istakli svu naivnost doskorašnjeg shvatanja o načinu postanka zvezda. Opterećeno verovanjem u jednovremenost postanka zvezda u zvezdanim sistemima, takvo shvatanje oboreno je, kao što ćemo odmah videti, najnovijim posmatranjima.

No i pitanje razvoja ovako jednovremeno postalih zvezda, koje je u novije vreme dovedeno do primamljive zaokrugljene teorije, najnovijim otkrićima iz temelja je uzdrmano.

Pomenuli smo ranije da se sve zvezde mogu podeliti u tri velike klase: na zvezde crvene džinove, retke mase i niske temperature, zvezde glavnog niza, gušće mase i više temperature i, najzad, na bele patuljke, izvanredno velike gustine i temperature. Zvezde glavnog niza, kojima pripada ogromna većina, kad se uredi po boji i temperaturi, pokazuju postupni prelaz od plavih, veoma velikih i vrelih zvezda retke gasovite mase, preko gušćih i znatno hladnijih žutih zvezda Sunčevog tipa, do još gušćih i hladnijih crvenih patuljaka.

Mnoge posmatrane činjenice i teorijska razmatranja naveli su astronomi u prvoj polovini ovog veka na misao da ovako svrstane zvezde, u stvari, predstavljaju njihov razvojni proces — da crveni džinovi postaju sažimanjem i zagrevanjem međuzvezdane materije do temperature 2—3 000°C i predstavljaju detinjski uzrast, bar za najveći broj zvezda, da daljim sažimanjem i zagrevanjem one postupno prelaze u plave džinove, mladićsko doba zvezde, kada njihove površinske temperature dostižu i prelaze 40 000°C. Nuklearne reakcije koje se odigravaju u njihovim još daleko vreljim utrobama nadoknađuju njihovu energiju koja se troši zračenjem. No usled promene fizičkih uslova u toku mnogih miliona godina, jedna reakcija smenjuje drugu, zvezda se i dalje skuplja, ali usled gubitka znatne mase i izvora energije, njena temperatura sad počinje da opada. Kada zvezda dostigne 6 000°C i dobije žutu boju kao Sunce, smatralo se da je njeno zrelo doba već odmaklo i da se kloni svom opadanju i gašenju. Kada posle mnogo milijardi godina izgubi glavnu rezervu svoje energije i još se više sma-

nji i ohladi, te dobije crvenu boju i temperaturu od oko 2 000°C, ona dobija naziv crvenog patuljka. Smatralo se da je to doba starosti svake zvezde iz glavnog niza, posle kojeg nastupa njeno gašenje i prividna smrt.

Danas je sve manji broj astronoma koji su pristalice ovog shvatanja o razvoju zvezda. Nedavno podignute velike visinske astrofizičke opservatorije na vrhovima planinskih masiva Kalifornije, Kavkaza i sovjetske jugoistočne Azije, opremljene velikim teleskopima i savremenim priborom koji pruža vanredne posmatračke mogućnosti, iz osnova su izmenile shvatanje o postupku i razvoju zvezda.

Proučavajući jednu klasu promenljivih zvezda u sazveždima Bika i Orla, Ambarcumjan je pre petnaestak godina otkrio da u izvesnim delovima neba postoje grupe fizički srodnih zvezda, koje je nazvao *zvezdanim asocijacijama*. Zvezde iz jedne asocijacije karakterišu mnoge zajedničke osobine, kao što su: isti način kretanja, isti energijski nivo, odnosno spektarski tip, sve imaju veoma brzo obrtno kretanje i sposobnost oslobađanja velikih gasovitih masa, tzv. jako korpuskularno zračenje. Sve se one razilaze brzinama do 10 km/sek. Pomenute zajedničke osobine govore da su to veoma mlade zvezde, mlađe od deset miliona godina, a način njihovog kretanja pokazuje ne samo da su skoro postale već i da su postale u neposrednoj blizini mesta na kome se sada nalaze.

Kasnije su otkrivene i takve asocijacije po čijim se osobinama nesumnjivo može zaključiti da nisu starije od sto hiljada godina, da su postale, tako reći, juče, u kosmičkom smislu. Odavde je Ambarcumjan izveo važan zaključak; nema razloga da pojedine zvezdane asocijacije ne postaju i danas, pred našim očima.

Nedavna posmatranja strukture mnogih difuznih gasovitih maglina u našem Zvezdanom sistemu, izvršena savremenim instrumentima na Krimskoj opservatoriji i u Alma Ati, otkrila su da i ove magline pokazuju izvestan razvojni proces. Dok je, na primer, poznata velika Orionova Maglina sastavljena iz gasova i kosmičke prašine u kojoj se tek naziru izvesna vrtložna kretanja i obrazovanje izvesnih pramenova i vlakana, dotle je kod drugih maglina ova struktura znatno razvijenija. Mestimično se u vlaknima ovakvih maglina, po Fesenkovu i Roškovskom zapaža već i njihovo raspadanje na izdvojene gasovite lopte, a ponegde već i na definitivno obrazovane zvezde, o čemu nas uveravaju ne samo spektarska analiza svih ovih oblika materije već i njihova gustina i još neka teorijska razmatranja i proračuni.

Sa otkrićem pojave jakog isticanja gasova iz supernovih i novih zvezda, Volf-Rajeovih zvezda i plavih džinova, pa i iz zvezda nižeg energijskog nivoa kao što je naše Sunce (gde smo svedoci eruptivnih protuberanaca i korpuskularnog zra-

čenja i njegovih mnogih posledica na Zemlji), s jedne strane, i s očigledno pokazanim postankom zvezda iz gasovitih maglina i oblaka međuzvezdane prašine, s druge strane, veoma se ubedljivo zatvara krug evolucije materije, o kome su se već odavno činile pretpostavke. To je krug koji nas oslobađa potrebe za pretpostavkom o početku i kraju sveta. Protagoniste ovog shvatanja su sovjetski astrofizičari Fesenkov, Voroncov-Veljaminov i drugi.

Ambarcumjan, međutim, polazeći od nekih teorijskih razmatranja, pretpostavlja da u našem Zvezdanom sistemu može biti i takvih oblika materije koji još nisu otkriveni zbog svojih zračenja nepristupačnih našim instrumentima, a koji imaju izvanredno veliku gustinu, sličnu onoj u atomskim jezgrama. Ovakve oblike materije on naziva *protozvezdama* i pretpostavlja da su jednim početnim procesom, koji je doveo do njihovog naglog razređenja, u njima izazvane nuklearne reakcije uz oslobađanje ogromnih količina energije. Tako su iz ovih protozvezda postale, nekom vrstom eksplozije, zvezdane asocijacije, koje su se i dalje naglo razilazile i prelazile u oblake pojedinačnih zvezda našeg Zvezdanog sistema.

Zasada se još ne može reći na kojoj je strani apsolutna istina, no nema ni prepreka shvatanju da zvezde mogu postati na oba opisana načina.

Ovakva shvatanja o postanku zvezda smatra se da mogu važiti i za više stupnjeve u organizaciji materije, pa se već traži za postankom i samih zvezdanih sistema iz međugalaktičke tamne kosmičke materije.

S druge strane, sledeći shvatanja o postanku zvezda raspadanjem vlakana difuznih maglina, već se razrađuje i teorija o postanku višestrukih zvezda i planetskih sistema iz ovako nastalih zvezda, okruženih preostalim oblacima magline iz koje su postale. Ovakva istraživanja, kao što smo videli, usmeravaju se i prema postanku Sunčevog sistema i Zemlje i dovode do interesantnih zaključaka.

No još jedno novije otkriće neočekivano je izmenilo naša shvatanja o daljem razvoju nastalih zvezda. Otkrivene su zvezdane asocijacije čije su zvezde ne samo plavi džinovi već i žute zvezde Sunčevog tipa, pa čak i crveni patuljci, za koje se smatralo, kao što smo videli, da predstavljaju poslednji stupanj u razvoju zvezda. Time su ozbiljno poljuljani temelji teorije o razvoju zvezda, koju smo napred izložili u najkraćim potezima, pa danas ovo pitanje, strogo uzev, ponovo postaje otvoreno.

Neki astronomi pomišljaju i na to da razlog što neke zvezde postaju kao plavi džinovi, druge kao žute zvezde, a treće kao crveni patuljci, treba tražiti u tome što se i sama difuzna kosmička materija iz koje zvezde postaju nalazi u različitim fizičkim stanjima, pošto potiče iz erupcije zvezda razli-

čitih energijskih nivoa, u kojima je i sastav zvezda, nastao nuklearnim procesima, različit.

Za sada nam ne ostaje ništa drugo već da smatramo da svaka zvezdana asocijacija, kao i zvezde u njoj, počinje od energijskog nivoa na kome je postala, doživljava dalji razvoj po istoj shemi koja je i ranije važila, završava kao crveni patuljak a zatim se gasi potpuno. No s obzirom na nezapamćeni tempo razvoja savremene nauke, izgleda da ćemo već u skoroj budućnosti moći da damo određeniji i bolje argumentovan odgovor u pogledu novog shvatanja zvezdanog razvoja.

NA GRANICAMA VIDA I SAVREMENOG SAZNANJA O VASIONI

*** VANGALAKTIČKE MAGLINE
— NAJDALJE ZVEZDANE
NASEOBINE**

Ako vedre jesenje večeri, u šetnji van gradskih svetlosti, bacite pogled na jugoistočno nebo, zapazićete visoko nad horizontom đerdan od sjajnih zvezda. To je sazvežđe Andromeda. Iznad srednje zvezde pašće vam u oči »zvezdica« veoma slabog sjaja, pomalo magličastog izgleda. Verovatno i ne slutite da je zrak svetlosti od nje do vašeg oka putovao milion i po godina. To je čuvena Andromedina Spiralna Maglina (sl. 53) — jedina od najdaljih vasijskih naseobina pristupačnih slobodnom oku.

Kada je Heršel pre jedan i po vek izradio prve velike teleskope, otkrio je čitav jedan svet ovakvih magličastih nebeskih tela, veoma različitog oblika: loptastog, elipsoidnog i nepravilnog. Lord Ros, pre jedan vek, svojim džinovskim teleskopom, otkriva u sazvežđu Lovački Psi prvo ovakvo telo spiralnog oblika (sl. 54). Zbog svog izgleda, sličnog izgledu gasovitih maglina u našoj zvezdanoj naseobini — Galaksiji — o kojima smo ranije govorili u vezi sa postankom zvezda, ova tela nazvana su »maglinama«. A kad se kasnije pokazalo da njihove daljine daleko premašuju daljine i najdaljih zvezda u našem Zvezdanom sistemu, nazvane su »vangalaktičkim maglinama«.

Još polovinom XVII veka Kant je posumnjao da su ova nebeska tela magline, pretpostavljajući da su to daleki zvezdani sistemi slični našoj Galaksiji, dakle, neke druge galaksije, a to što ih vidimo kao magline, smatrao je da dolazi usled



SPIRALNE MAGLINE U ANDROMEDI (sl. 53)

njihovih neizmerno velikih daljina, zbog kojih se zvezde ne mogu »rastaviti« ni najmoćnijim teleskopom. Tek krajem prve četvrti XX veka Hablu, na Maunt-Vilson opservatoriji, pošlo je za rukom da na jednom uspelom snimku, dobivenom teleskopom od 2,5 metra otvora, rastavi veliku Andromedinu Maglinu u zvezde, izuzimajući samo njenu najušuću, centralnu oblast. Tako se pokazalo da naš Zvezdani sistem nije jedini u vasioni, već da su sve spiralne magline, u stvari, slični zvezdani sistemi. Kad je isti astronom u Andromedinoj Spiralnoj



SPIRALNE MAGLINE U LOVAČKIM PSIMA (sl. 54)

Magline kasnije otkrio difuzne magline, zvezdana jata i oblake, zvezde džinovske svih vrsta, promenljive zvezde raznih tipova, a naročito nove i cefeide i, najzad, kad je nedavno otkrivena spiralna struktura i naše Galaksije, tek tada je definitivno postalo jasno da naša Galaksija nije ništa drugo do jedna od mnogobrojnih spiralnih maglina, koje su i same džinovski i veoma udaljeni zvezdani sistemi.

No mnogi astronomi donedavna bili su skloni shvatanju da je naš Zvezdani sistem najveći i da zauzima izuzetno mesto

u vasioni. Međutim, odskora pouzdano znamo da je on osrednje veličine, čak znatno manji i od velike Andromedine Spiralne Magline. Tamna kosmička materija u našem Zvezdanom sistemu uzrok je što su prividne veličine njegovih zvezda potcenjivane, pa je odatle i izvođen zaključak da se nalaze na znatno većim daljinama. S druge strane, tek najvećim današnjim teleskopom od pet metara otvora, sa Maunt-Palomarske opservatorije, otkrivene su najdalje spiralne grane Andromedine i grane drugih sličnih maglina, odakle je izveden zaključak o znatno većim njihovim dimenzijama no što se doskora mislilo. Pomenuli smo da je Bade, napokon, uspeo da i samu centralnu oblast velike Andromedine Magline rastavi u zvezde, a najzad i centralne regione naše Galaksije.

Zahvaljujući svom moćnom instrumentu i svom majstorstvu u korišćenju pomoćnim sredstvima, Bade je mogao u ovim regionima, koji su donedavna za nas predstavljali samo magličaste mrlje, da sagleda pojedinačne zvezde i odredi njihove spektarske tipove. Njegov zaključak da tamo nema plavih superdžinova i drugih mladih zvezda bio je epohalan. Kada je nedavno zavirio u elipsoidne magline koje prate veliku Andromedinu Spiralnu Maglinu, pokazalo se da su i one naseljene isključivo starijim zvezdama, takozvanim *zvezdanim populacijama druge vrste*. Međutim, brižljivim pregledom spiralnih grana, kako naše tako i drugih galaksija, on je u njima otkrio obilje plavih superdžinova i drugih mladih zvezda. Ovom, takozvanom *zvezdanom populacijom prve vrste*, bili su naseljeni naročito oni regioni koji su obilovali tamnom kosmičkom materijom.

Slaba razdvojna moć instrumenata za spektarsku analizu, doskora je, kao što smo videli, držala astronome u zabludi da su loptaste i elipsoidne vangalaktičke magline gasovite, pa se smatralo da su loptaste prvobitni oblik u kome ove magline postaju, da se usled obrtanja spljoštavaju i prelaze u elipsoidne, da najzad dobijaju spiralni oblik i raspadaju se u zvezde, to jest prelaze u zvezdane sisteme. Danas je, međutim, astronomima pošlo za rukom da, posle niza usavršenja ovih instrumenata, utvrde da sve vangalaktičke magline predstavljaju zvezdane sisteme, pa je pomenuto shvatanje o ovakvom načinu njihovog razvoja moralo biti napušteno.

Prema vrsti zvezda koje ih naseljavaju, danas se smatra da su nepravilne vangalaktičke magline, kao što su Veliki i Mali Magelanov Oblak u blizini južnog nebeskog pola, najmlađi zvezdani sistemi, koji, pošto dostignu određenu brzinu obrtanja, dobijaju spiralne grane, i to ako sadrže određenu količinu tamne kosmičke materije iz koje postaju zvezde, da zatim prelaze u elipsoidne i najzad u loptaste oblike, koji su, prema tome, najstariji.

Pored pitanja o postanku i razvoju zvezdanih sistema nametalo se još jedno važno pitanje, a to je pitanje o njihovim daljinama, to jest o njihovom rasporedu u vasioni, zatim o njihovim veličinama, masama i načinu kretanja. Već iz činjenice što se samo mali broj galaksija mogao rastaviti u zvezde, čak i najmoćnijim teleskopom današnjice, naslućivalo se da su one grupisane u jata i da su Bade i drugi savremeni astrofizičari u stvari mogli dublje zaviriti samo u naše *mesno jato* od dvadesetak galaksija grupisanih oko našeg Zvezdanog sistema.

Videli smo da je još 1912. Livitova otkrila da promenljive zvezde cefeide utoliko sporije menjaju svoj sjaj ukoliko su masivnije, i da se ovo događa po određenom zakonu. Pošto su u svim galaksijama našeg mesnog jata otkrivene cefeide, astronomi su se koristili ovim zakonom, pa su iz promena njihovog sjaja odredili njihove apsolutne veličine. Kako od dve cefeide iste veličine sjajnija mora biti bliža, to im je pošlo za rukom da iz odnosa apsolutne i prividne veličine odrede njihove daljine, pa, prema tome, i daljine svih galaksija našeg mesnog jata. Tada se videlo da su one grupisane u jedno jato elipsoidnog oblika. Velika osa tog elipsoida upravljena je baš negde u blizinu velike Andromedine Galaksije i proteže se na oko dva miliona svetlosnih godina.

Sad se postavilo pitanje kako ispitati one udaljene galaksije koje i u najmoćnijem teleskopu vidimo samo kao magline, u kojima se ne mogu zapaziti pojedinačne cefeide. Kotve spašenja bile su baš plave superdžinovske zvezde koje su se u mnogim dalekim galaksijama ipak mogle sagledati. Upoređujući njihov prividni sjaj sa njihovim pravim sjajem, koji znamo iz njihove konstitucije, pošlo nam je za rukom da premerimo i ove najveće dubine vasijskog bezdana.

Čim se od našeg mesnog jata galaksija krenulo u veće dubine vasijskog prostora, zapaženo je da se i tamo galaksije grupišu u jata, počev od malih jata od dve, tri i više jedinki, preko malo većih, kao što je naše, pa do džinovskih jata od više stotina, pa i hiljada galaksija. Po mnogim svojim karakteristikama i koristima koje nam je ispitivanje donelo, značajno je bilo jato od više stotina galaksija u sazvežđu Devojka. Na nebeskoj sferi ono se proteže preko 60 stepeni, pa se s obzirom na njegov poluprečnik, koji na osnovu mernih daljina njegovih galaksija iznosi oko 15 miliona svetlosnih godina, pruža sve do našeg mesnog jata galaksija. Nije isključeno da je i ovo poslednje samo jedno mesno zgušnjeno u perifernim regionima džinovskog jata galaksija iz Devojke. Pored toga što nas je utvrdilo u uverenju o grupisanju galaksija u jata, ovo jato odigralo je još jednu značajnu ulogu koja još nije završena.

U prvoj četvrti ovog veka astronomi su primetili da su linije u spektrima galaksija sistematski pomerene ka crvenom

delu spektra. Ovo je protumačeno po Dopler-Fizoovom zakonu time što se ova nebeska tela fantastičnim brzinama udaljavaju od nas, ili, tačnije, što se međusobno razilaze. Habi je 1928. iz velikog broja merenja izveo čak i zakon po kome se i galaksije razilaze sve većom brzinom što su više udaljene. Jedna grupa astrofizičara, oslanjajući se i na teoriju relativnosti, protumačila je ovo širenjem samog prostora.

S druge strane, niz priznatih sovjetskih astronoma zastupa mišljenje da se razlog pomeranju spektarskih linija ka crvenom delu spektra može tražiti svuda, samo ne u širenju vasiona, koja je prema materijalističkom shvatanju beskrajna kako u prostoru, tako i u vremenu, i to u običnom smislu reči. Svi su izgledi da će već bliska budućnost na osnovu novih posmatračkih činjenica rešiti i ovaj krupan i otvoren naučni problem.

Merenjem sjaja galaksija već iz našeg mesnog jata utvrđeno je da najsjajnije, kao Andromedina, zrače svetlost koliko bi zračilo pet milijardi sunaca, dok najslabije zrače samo kao pet miliona sunaca. Kako se mase zvezda mnogo ne razlikuju, to smemo pretpostaviti da su ovo, u stvari, i granice u kojima se kreću njihove mase. Prelaskom na ispitivanje rasporeda i kretanja galaksija iz jata u Devojci, a zatim na Keplerovo kretanje dvojnih galaksija, pokazalo se da približno jedna trećina poznatih galaksija ima masu reda veličine sto milijardi sunaca, baš kao i naš Zvezdani sistem, a dve trećine nešto manju masu, koja se kreće oko pet milijardi sunaca. Još manje galaksije su retke. Ispitivanja koja se danas vrše na drugim jatima upotpuniće i ova naša znanja u bliskoj budućnosti.

Sve dok do pre nekoliko godina na Maunt-Palomarskoj opservatoriji nije ušao u tekuću upotrebu veliki Šmitov teleskop s korisnim otvorom od 1,20 metara, bilo je poznato trideset i nekoliko velikih jata galaksija sličnih onom u Devojci, čiji je raspored prema našoj galaksiji bio dosta nesimetričan, ostavljajući veći broj njih na severnoj galaktičkoj hemisferi. Upotrebom ovog moćnog instrumenta otkriveno je oko 500 miliona novih galaksija, raspoređenih u novih 600 jata, i time potvrđena činjenica njihovog grupisanja u jata. Dokazano je zatim da su ona veoma velikih dimenzija i da se skoro granice jedna s drugim i, što je najinteresantnije, da nijedan pravac u prostoru nije naročito privilegovan, to jest da se jata galaksija po svoj prilici ređaju homogeno u vasioni do u beskraj ili bar do daljine od 750 miliona svetlosnih godina, do koje dopire moć velikog Šmitovog teleskopa. Katalogizovanje ovih galaksija sada je u toku. Kada ovaj posao bude završen, imaćemo tačniju sliku o rasporedu materije u vasioni. Palomarski teleskop od pet metara otvora može dopreti u vasijske dubine i do dve milijarde svetlosnih godina, ali on zbog svog malog

vidnog polja nije podesan za ova istraživanja. No, već prema onome koliko je na njemu urađeno, izgleda da se zakon homogenosti rasporeda jata galaksija sve više potvrđuje što više prodiremo u vasijske dubine, i tako ide u prilog shvatanju da je vasijski prostor euklidovski, to jest onakav kakvog ga znamo iz svakodnevnog života, bar u granicama tačnosti naših merenja, a koja nije mala.

Upotrebom sve moćnijih teleskopa i specijalizovanih pribora otkrivene su poslednjih godina i veoma fine galaksije koje ranije nisu bile zapažene u jatima, kao i veoma retka kosmička materija u prostoru između galaksija. Time je za oko hiljadu puta povećana gustina materije u vasioni, koja se cenila doskora na 10^{-29} grama po kubnom centimetru.

Za merenje ovih najdaljih galaksija u kojima se ni najvećim teleskopom više ne mogu pojedinačno razlikovati ni superdžinovske zvezde, za određivanje njihove daljine služi njihov ukupni prividni sjaj upoređen s njihovim prosečnim apsolutnim sjajem koji izračunavamo na osnovu prosečne mase i sastava jedne galaksije. No Stebins je nedavno pokazao da može doći do veoma pogrešnih zaključaka ako ne povedemo računa o tome da su galaksije na 750 miliona svetlosnih godina sastavljene iz zvezda koje su za toliko starije, pa zato moraju izgledati crvenije no galaksije koje su nam bliže. Ovo smanjuje njihov prividni sjaj i unosi velike greške u određivanje njihovih daljina. I ovdje su kotve spasenja bile spiralne magline bogate tamnom kosmičkom materijom, iz koje se i danas rađaju plave superdžinovske zvezde i koje se stoga neprestano podmlađuju, i na čiji prividni sjaj starenje praktično ne utiče. Zato se one neposredno mogu uporediti sa bliskim galaksijama i poslužiti za objektivniji premer najvećih vasijskih dubina.

* DA LI VASIONA IMA STEPENASTU STRUKTURU

Videli smo da je Zemlja, za koju je čovek vezao svoju sudbinu, samo jedna beznačajna planeta, koja sa ostalih osam i sa mnogobrojnim malim planetama, kometama i meteorima obilazi oko Sunca sačinjavajući tako prvu naseobinu nebeskih tela kojoj pripada. Zatim smo videli da Sunce sa većim brojem susednih mu zvezda sačinjava jedno mesno zvezdano jato. Veći broj ovakvih jata obrazuje zvezdani oblak iz kakvih su izgrađene spiralne grane našeg Zvezdanog sistema.

Dalje smo videli da ni naš Zvezdani sistem sa svojih 300 milijardi zvezda, od kojih mnoge, kao i Sunce, imaju svoje porodice planeta i njihovih pratilaca, nije usamljena pojava u prirodi niti je u nekom izuzetnom položaju prema mnoštvu drugih sličnih zvezdanih sistema, koji predstavljaju naše mesno jato galaksija. Ono sa svoje strane opet pripada

jednom ogromnom jatu galaksija, koje smo nazvali po sa-zvežđu Devojke, u kome sa Zemlje vidimo većinu njegovih članova.

Pretpostavlja se, ne bez osnova, da su sva jata galaksije grupisana u jedan još veći sistem nazvan u savremenoj astronomiji *Metagalaksija*.

Očevidno je, dakle, da je materija u vasioni organizovana stepenasto. To možemo jasno zapaziti i ako od Zemlje pođemo na suprotnu stranu, u nove organizacione jedinice materije — u mikrokosmos. Da li su Metagalaksija, s jedne strane, i čestice atomskog jezgra, s druge strane, najveća i najmanja jedinka u organizaciji materije ili se ova organizacija i dalje nastavlja, možda čak niže i u beskraj — na ovo pitanje današnja nauka još nije dala svoj konačan i pouzdan odgovor.

* NEKA PITANJA KOSMOLOGIJE

Kosmologija je astronomska disciplina koja se bavi izučavanjem zakonitosti kojima se povinuje vasiona kao celina, kao i pojedini njeni delovi. Bavi se pitanjem rasporeda masa i strukture vasiona, njegovog uzajamnog dejstva i kretanja, pitanjem pretvaranja energije u vasioni, kao i pitanjem geometrijskih osobina vasijskog prostora. Ona koristi zakone klasične i relativističke fizike, kao i poznavanje strukture materije. Graniči se kosmogonijom i filozofijom. Poprište je bespoštedne borbe između idealističkog i materijalističkog shvatanja sveta.

Na njenom području ova borba je vođena još u starom veku, gde se javilo Demokritovo učenje o beskrajnosti vasiona i bezbrojnosti nebeskih tela, Heraklitovo učenje o večnosti vasiona i Aristarhovo učenje o kretanju Zemlje oko Sunca nasuprot idealističkom shvatanju Platona, Aristotela i Ptolomeja o ograničenosti vasiona u prostoru i vremenu, koje je bilo zasnovano na Geocentričnom sistemu sveta, inspirisanom fideističkim učenjem o božanskom poreklu vasiona i njene harmonije sa čovekom u njenom središtu kao slikom i prilikom božjom.

Sa renesansom, Kopernikovo učenje o Heliocentričnom sistemu sveta i Brunovo učenje o bezbrojnosti sunaca i nastanjenih svetova, a zatim radovi Galileja, Keplera, Njutna i dr. klasika mehanike i astronomije, zadaju težak udar fideističkom shvatanju. Iz ovih učenja osvanula je zora savremenih prirodnih nauka u kojima trijumfuje materijalističko učenje o prirodi.

Uprkos tome, ova borba se vodi i na poprištu savremene kosmologije, iako sa sve manje izgleda za idealističko shvatanje. Sagledajmo tu borbu kroz nekoliko problema. Formalnom primenom drugog zakona termodinamike, Klauzijus je izveo

zaključak o težnji vasiona za termičkom ravnotežom (»toplotna smrt prirode«), koja je logički dopunjena zaključkom o početku vasiona potekle od natprirodnih sila. Međutim, Bolemanovo statističko tumačenje termodinamičkih pojava pokazalo je granice primenljivosti termodinamičkih zakona i oborilo Klauzjusov zaključak.

Formalni račun ukupnog zračenja zvezda, pod pretpostavkom da ih je beskonačan broj, doveo je do zaključka da čitavo nebo treba da ima sjaj Sunca (»fotometrijski paradoks«). Bližim izučavanjem apsorpcije svetlosti u tamnoj kosmičkoj materiji, Fesenkov je otklonio ovaj paradoks.

Formalna primena zakona gravitacije na čitavu vasionu s beskrajnim brojem nebeskih tela, dovela je, na sličan način, do zaključka da on ne daje određene i konačne vrednosti za silu gravitacije (»gravitacioni paradoks«). Šarlike je, međutim, pokazao da ovaj paradoks ne protivreči ideji o beskrajnosti vasiona ako se uzme u obzir njena stepenasta struktura, a najnovija posmatranja su ovu strukturu potvrdila, jer je nađeno da se zvezde grupišu u jata, ova u populacije, populacije u galaksije, galaksije u galaktička jata, a ova u metagalaksiju...

Zatim je Ajnštajn, polazeći od ideje relativnosti ubrzanja, došao do modela konačne vasiona. No, Fok je pokazao neodrživost ideje relativnosti ubrzanja sa gledišta nove teorije gravitacije. Zaključak o konačnosti vasiona i materije u njoj opovrgao je i fizičar Fridman, i pokazao da vasioni prostor nije ni euklidovski, već da ima osobine beskonačnog prostora Lobačevskog.

Najzad, otkriće pomeranja spektarskih linija u spektrima galaksija ka crvenom delu spektra, za koje je Habl našao da je utoliko veće ukoliko su one dalje, jednostranom primenom nekih fizičkih zakona i njihovim nedopuštenim uopštavanjem dovelo je do zaključka o širenju vasiona, odakle je pogrešno izveden zaključak da je ona morala postati odjednom i ni iz čega, i to samo pre nekoliko milijardi godina. Ovaj zaključak je, međutim, opovrgnut mnogim nalazima o starosti nebeskih tela, a pogotovu otkrićem zvezdanih asocijacija.

Sve ovo pokazuje sa kolikom se oprežnošću mora pristupati uopštavanju prirodnih zakona kada se prelazi s konačnih oblasti vasiona i materije na vasionu kao celinu. No već pri današnjem stanju njenog ispitivanja jasno se ističu preimущества materijalističkog shvatanja o beskrajnosti vasiona u prostoru i vremenu i o stepenastoj strukturi u organizaciji njene materije.

VAŽNIJI POJMOVI

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Adams 88 | Bredov 99 |
| Ajnštajn 57, 172 | Brener 59 |
| Akvaridi 100 | Broj zvezda u Zvezdanom sistemu 126 |
| Aktivne oblasti Sunca 39 | Bruks 93 |
| Alfven 115 | Bruno 24, 80, 110, 171 |
| Alfvenova kosmogonička hipoteza 115 | Buge 35 |
| Ambarcumjan 161, 162 | Bunzen 17 |
| Andre 74 | Canstra 154 |
| Anihilacija 98 | Cah 71 |
| Antimaterija 97 | Ceraski 106 |
| Apioid 22 | Cefeide 146 |
| Apsorpcioni spektar 17 | Ciolkovski 48 |
| Arago 133 | Crveni džinovi 142 |
| Aristarh 24, 42, 129, 171 | Cvijić 29 |
| Armila 8 | Čemberlen 112 |
| Astapović 106 | Čudakov 39 |
| Atanasijević 18 | Danhem 78 |
| Babine 94 | Danica 57 |
| Bade 160, 167, 168 | Danžon 59, 60 |
| Balde 96 | Delandri 94, 134 |
| Barnard 80, 121, 155 | Demokrit 9, 108, 120, 171 |
| Barnhejm 143 | Dening 56 |
| Beli patuljci 142 | Deuterijum 152 |
| Besel 11, 56, 145 | De Viko 59 |
| Bete 152 | Doifus 59, 60 |
| Bijelidi 100 | Dopler 85 |
| Bikovski 68 | Dopler-Fizoof efekt 149, 169 |
| Bilimović 31 | Dugoperiodične promenljive 146 |
| Bjankini 59 | Dvojne zvezde 143 |
| Bjelopoljski 85 | Džefrejs 112 |
| Boje zvezda 142 | Džins 112, 158, 159 |
| Bolometar 17 | Džinsova hipoteza 112 |
| Bolcman 172 | Davolji krater 103 |
| Bošković 26 | |
| Bouen 154 | |
| Bredihin 94 | |

Edington 113, 122, 158
 Edlen 135
 Emisioni spektar 17
 Encelad 13
 Engels 112, 116
 Eratosten 6, 21, 33
 Etken 143

 Faj 112
 Fakularna polja 135
 Fesenkov 72, 106, 113, 161, 172
 Fesenkovičeva kosmogonička hipoteza 114
 Finzen 74
 Fizičke dvojne 143
 Flamarijon 104
 Fok 172
 Fosfor 57
 Fotoelektrični fotometar 16
 Fotografska komora 16
 Fotometar 16
 Fotometrijske (eklipsne) dvojne 144
 Fotometrijski paradoks 172
 Fraunhoferove linije 131
 Fridman 172
 Fuko 23
 Furnije 59

 Gagarin 55, 68
 Gale 88,
 Galilej 8, 9, 23, 24, 58, 61, 80, 84, 120, 171
 Gaus 58, 71
 Geminidi 100
 Geoid 22
 Geocentrični sistem 24
 Glen 55, 68
 Gnomon 5
 Gravitacija 25, 34
 Gravitacioni paradoks 172
 Gregori 10
 Grinhaus 39
 Gudrajk 144
 Gustina Zemlje 34
 Gutenberg 31

 Habl 125, 154, 160, 169, 172
 Hajgens 84
 Halej 96, 125
 Harding 72
 Hartman 157
 Hejl 14, 134
 Heker 31
 Henke 72

Heraklit 108, 171
 Hercšprung-Raselov dijagram 142
 Heršel 11, 87, 111, 120, 143, 159, 164
 Hes 67
 Hevelijus 10, 45
 Hiparh 147
 Homer 57
 Horizontalno klatno 30
 Hromosferske erupcije 37, 39, 134
 Huipl 69

 Ines 74
 Interferometar 139
 Intramerkurska planeta 57
 Istraživanja veštačkim satelitima 49, 50
 Ivn 124

 Jansen 8
 Janski 18
 Jonosfera 36, 38
 Jupiter 77
 Jupiterova crvena pega 78
 Jupiterova građa 78
 Jupiterova rotacija 78
 Jupiterova tamna mrlja 78
 Jupiterovi sateliti 79

 Kajper 59, 88
 Kalinjak 124
 Kalisto 57
 Kant 110, 120, 164
 Kant-Laplasova hipoteza 110
 Kaptajn 125
 Karpenter 68
 Kasini 59, 78, 85
 Kepler 24, 42, 57, 61, 70, 77, 84, 110, 143, 169, 171
 Kiler 85
 Kirhof 17
 Klauzijus 171
 Kometa Bijela 100, 102
 Kometa Bruks 93, 100
 Kometa Halej 92
 Kometa Leksell 93
 Kometa Morhauz 95
 Kometa Oterma 96
 Kometa Pons-Vineke 100
 Kometa Švasman-Vahman 96
 Komete 92
 Kometska građa 94
 Kometske putanje 96

Kometski repovi 94
 Konstantinov 98
 Kopernik 9, 23, 24, 58, 61, 80, 110, 171
 Korlin 158
 Koronijum 134
 Kosmička godina 125
 Kosmička prašina međuplanietska 106
 Kosmičke brzine 49
 Kosmički brodovi za Veneru 60
 Kosmički brodovi za Mars 68
 Kosmogonija Sunčevog sistema 108
 Kosmologija 171
 Kozirev 47
 Krasovski 124
 Kružni kvadrant 6
 Kružni sekstant 6
 Kukarkin 53, 148
 Kuper 68
 Kvazari 149

 Lajbnic 45
 Lajten 113
 Lakaj 43
 Lakondamin 35
 Laland 43
 Lambert 120
 Laplas 13, 110, 111, 112, 114
 Lovel 89, 102
 Leonidi 100
 Leverije 57, 88
 Levi 45
 Lindblad 125, 158
 Lio 134
 Lioov koronograf 134
 Lioov monohromatski filter 134
 Liperhej 8
 Littlton 112
 Litvit 122, 168
 Lomonosov 59

 Magelan 109
 Magnetosfera 38
 Magnetske bure 136
 Majer 151
 Majkelsn 31
 Male planete 70
 Mali Magelanov oblak 124
 Mars 61
 Marsova površina 64, 65, 67
 Marsova revolucija 64

Marsova temperatura 67
 Marsova veličina 61
 Marsove opozicije 64
 Marsovi »kanali« 67
 Marsovi sateliti 64
 Masa Zemlje 34
 Maulton 112
 Maunt-Palomar 14
 Međunarodna geofizička godina 49
 Međuzvezdana materija 156
 Međuzvezdani vodonik 128
 Meksvel 85
 Merkur 56
 Merkurovi prolazi ispred Sunca 56
 Merkurovo albedo 57
 Mesec 42
 Mesečeva mora 45
 Mesečeva temperatura 47
 Mesečeve planine 45
 Mesečevi cirkovi 45
 Mesečevi krateri 45
 Mesečevi vulkani 47
 Mesni zvezdani sistem 122
 Mesno jato galaksija 168
 Metagalaksija 171
 Meteor 99
 Meteorit hrašćinski 103
 Meteoriti 101
 Meteorit sihote-alinski 103
 Meteorit sokobanjski 103
 Meteorski rojevi (potoci) 100
 Mi 155
 Mikrofotometar 16
 Milanković 31, 33
 Miler 85, 124
 Miln 158
 Mimas 13
 Mlečni Put 117
 Model Sunčevog sistema 89
 Model Zvezdanog sistema 126

 Nepravilne promjenljive 146
 Neptun 88
 Nestacionirane promjenljive 147
 Nikolajev 68
 Nikolson 80
 Nikonov 124
 Nisten 59

Nove 147
Nutacija 29
Njukomb 122
Njutn 25, 34, 57, 77, 110, 143, 171
Oberon 13
Ojler 29, 30
Olbers 71, 72
Optičke dvojne 143
Orlov 93, 94
Ort 28, 124, 125
Oskanjan 147
Paralaktički razmernik 6
Parenago 148, 155
Pariski 113
Parmenid 120
Parsel 124
Pepeljava svetlost 42
Peren 151
Periodične promenljive 146
Perseidi 100
Piize 45
Pijaci 70
Pikar 10
Pirs 157
Pitagora 120
Planetoidi 70
Planetoidi izuzetna značaja 74, 76
Planetski sistem 89
Plasket 124, 157
Plasketova zvezda 141, 144
Platon 171
Plazma 39
Pluton 89
Poenkare 112
Polarna svetlost 40, 137
Pons-Vinekidi 100
Popović 68
Porta 8
Pozitron 97
Pozitronijum 97
Prave veličine zvezda 139
Pravi sjaj zvezda 139
Precesija 25
Pretvarač slika 124
Promenljive zvezde 146
Protić 72
Protozvezde 162
Prvi veštački Zemljini satelit 49
Ptolomej 171
Putovanje na Mesec 48

Radijalne brzine 144
Radijant 100
Radiointerferometar 20
Radiometar 17
Radioteleskop 18
Radio-zvezde 128
Rajnmūt 72
Rajt 120
Raketa »Rendžer« 47
Rakete izbačene na Mesec 55
Rasel 113
Relativnost kretanja 26
Rezeford 151
Ričioli 45
Ritam pojava na Suncu 135
Ros 59, 85, 112, 164
Roš 85, 112
Saturn 82
Saturnova revolucija 83
Saturnova rotacija 82
Saturnovi sateliti 83
Saturnov prsten 84
Sekularno ubrzanje Meseca 44
Sekularno usporenje Zemljina obrtanja 44
Sirijusov pratilac 145
Sirs 124
Sjaj noćnog neba 106
Sjedov 50
Skafion 6
Skijapareli 56, 59, 67, 100
Slajfer 157
Snimanje suprotne strane Meseca 51
Spektar 17
Spektroskop 17
Spektroskopske dvojne 144
Spenser Džons 44
Stebins 170
Stepenasta struktura vasione 170
Stermer 106
Stojko 28
Stratosfera 36
Stremberg 125
Struve 143
Sudar Zemlje s kometom 104
Sunce 129
Sunčani časovnik 6
Sunčeva aktivnost i meteorološke pojave 137
Sunčeva energija 150
Sunčeva fotosfera 131
Sunčeva hromosfera 134

Sunčeva korona 133
Sunčeva korpuskularna zračenja 39
Sunčeva rotacija 130
Sunčeva temperatura 131
Sunčev vetar 39
Sunčeve karakteristike 130
Sunčeve pege 130
Sunčeve protuberance 134
Sunčeve veze sa Zemljom 136
Sunčevo rendgensko zračenje 135
Supernove 147
Šarlijje 172
Šeperd 55
Šepi 122, 125
Šira 68
Širenje vasione 172
Šklovski 39
Šmit 114, 158
Šmitova kosmognička hipoteza 158
Šmitov teleskop 169
Šreter 56, 59
Švabe 135

Teluričke struje 136
Teorija relativnosti 57
Terješkovska 68
Termoelement 16
Težina atmosfere 37
Ticijus 70
Ticijus-Bodovo pravilo 70
Tiho 6, 7, 8, 61
Tihov 66
Tintoreto 119
Titanija 13
Titov 55, 68
Tombo 89
Trempler 155
Troosni elipsoid 22
Troposfera 36

Ugljenikov ciklus 152
Uran 87
»Uranienborg« 6

Van Alen 38
Van de Kamp 143, 145
Van den Bos 74
Vangalaktičke magline 159, 164
Van Manen 139
Večernjača 57
Vegener 31
Veličina Zemlje 34
Veličine planetoida 73
Veliki Magelanov oblak 124
Venera 57
Venerina atmosfera 59
Venerina daljina 58
Venerina revolucija 60
Venerina temperatura 59
Venerine mene 58
Venerini prolazi ispred Sunca 58
Venerin prividni prečnik 58
Vernov 39
Vizualno-dvojne 143
Vokuler 59
Volf 72
Volf-Rajeove zvezde 158, 161
Volki 122
Voroncov 158, 162

Zeliger 85, 122
Zemljina koma 39
Zemljina starost 40
Zemljini magnetni prsteni 38, 39
Zemljini rep 39, 106
Zidni kvadrant 8
Zodijačka svetlost 106
Zornjača 57
Zvezdana evolucija 142
Zvezdana klasifikacija 141
Zvezdane asocijacije 161
Zvezdane daljine 138
Zvezdane mase 139
Zvezdane populacije 167
Zvezdane temperature 139

Žardecki 31
Život na Marsu 66
Život na Mesecu 47

SADRŽAJ

<i>Glava prva:</i> Od štapa do radio-teleskopa — — —	5
<i>Glava druga:</i> Planeta na kojoj živimo — — —	21
<i>Glava treća:</i> Zemljini susedi — prve mete čovekova leta u vasionu — — — — — — —	42
<i>Glava četvrta:</i> Planete patuljci — — — — —	70
<i>Glava peta:</i> Planete džinovi — — — — —	77
<i>Glava šesta:</i> Zvezde repatice i kamenje koje pada s neba — — — — — — — — —	92
<i>Glava sedma:</i> Kako je postala sunčeva porodica —	108
<i>Glava osma:</i> Mlečni Put i naš Zvezdani sistem kroz legendu i nauku — — — — — — —	117
<i>Glava deveta:</i> Raznolikosti naše zvezdane naseobine, njena priroda i postanak — — — — —	129
<i>Glava deseta:</i> Na granicama vida i savremenog saznanja o vasioni — — — — — — —	164
<i>Važniji pojmovi</i> — — — — — — — — —	173

Tehnički urednik: Branko Uzelac * Korektor: Olga Rajkov *
Za izdavača: Danilo Grujić * Štampa: Beogradski grafički zavod,
Beograd, Bulevar Vojvode Mišića br. 17.