

RATIMIR GAŠPAROVIĆ, MUHAMED MUMINOVIĆ

ASTRONOMIJA

PRIRUČNIK ZA IZBORNU NASTAVU ZA VII RAZRED
OSNOVNE ŠKOLE

»SVJETLOST«, OOUR ZAVOD ZA UDŽBENIKE I NASTAVNA SREDSTVA,
SARAJEVO 1982.

Recenzenti:

dr Vladis Vujnović, profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Zagrebu,
ing Esad Teftedarija, Zavod za izgradnju grada Sarajevo,
Gojko Topalović nastavnik Osnovne škole 1. proletarska brigada, Rudo

Odgovorni urednik:

Vesna Sarajlić

Lektor:

Janja Vanovac

Likovna oprema:

ing Dean Kladnik

Tehnički urednik:

Ružica Riorović

Korektori:

Biba Ibrahimagić i autori

Naslovna strana:

Mira Gogić

Tiraž:

4000 primjeraka

Izdavač:

Svjetlost, OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo

Za izdavača:

Savo Zirojević

Štampa:

RO »INFORMATOR« OOUR TISKARA »ZAGREB«

Pedagoški savjet Bosne i Hercegovine, na sjednici održanoj 8. jula 1981. godine,
pod brojem 07-58/81, preporučio je da se ovaj priručnik može upotrebljavati u
osnovnoj školi.

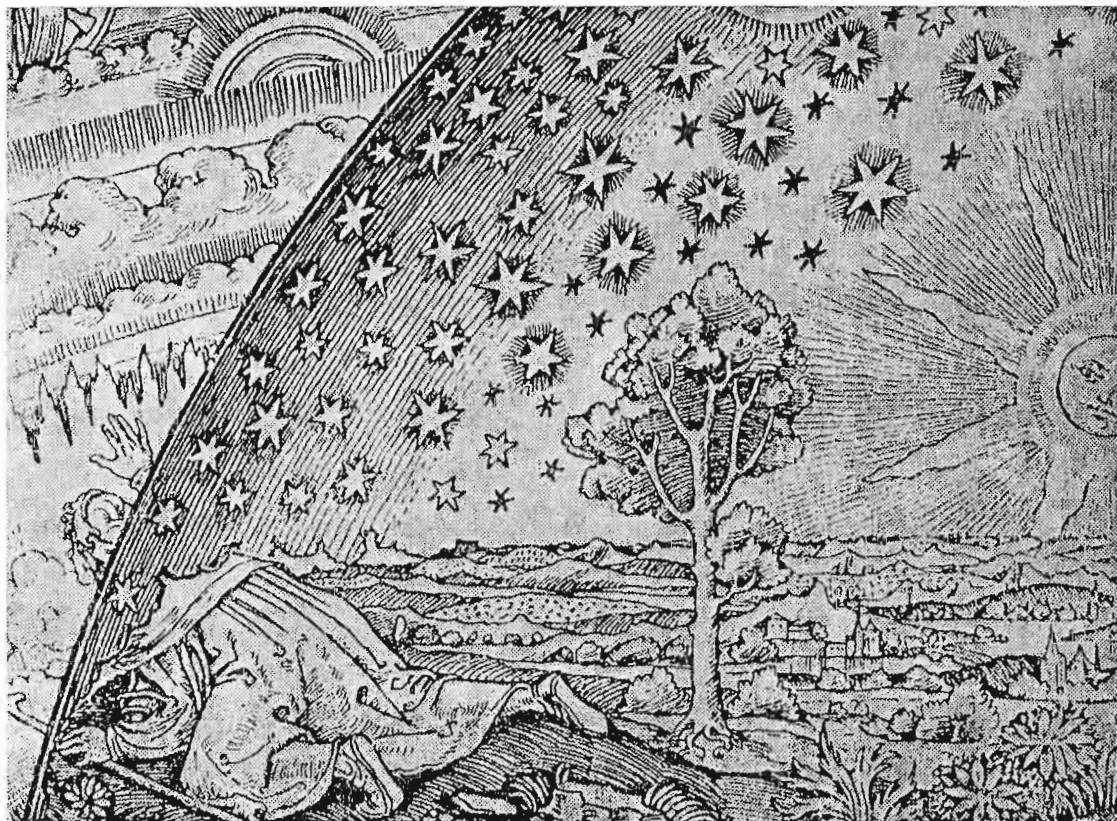
U V O D

PREDMET I ZADACI ASTRONOMIJE

Astronomija je nauka o nebeskim tijelima. Ona je najstarija nauka, a njeno ime potiče od grčkih riječi astron, što znači zvijezda i nomos, što znači zakon. Astronomija proučava kretanje, sastav i razvoj nebeskih tijela, njihove fizičke i hemijske osobine. Ona pokušava da sazna kako su postala nebeska tijela i kakav će im biti kraj. Predmet izučavanja astronomije ne predstavljaju samo pojedina tijela već i njihovi sistemi, kao i svemir u cjelini.

Posmatranja neba i pojava na njemu počela su veoma davno, s počecima ljudske civilizacije. Savremena astronomska posmatranja usmjerena su kako na nama bliska, tako i na ona najudaljenija svemirska tijela, čija svjetlost do nas putuje i desetak milijardi godina.

Prvo nebesko tijelo koje je čovjek mogao upoznati bila je Zemlja. Ona je samo jedna od devet planeta koje kruže oko Sunca i sačinjavaju porodicu poznatu kao Sunčev sistem. Astronomi izučavaju



Sl. 1. — Srednjovjekovni crtež koji prikazuje vječnu čovjekovu želju da dopre do nebeskog svoda i vidi šta je »iza«.

sve ove planete, a pored njih i njihove satelite, među kojima je i naš Mjesec. Posmatraju se i proučavaju i mnoga druga tijela u Sunčevom sistemu, kao što su komete i meteori. Istraživanjima Sunca, nama najbliže zvijezde daje se posebna pažnja. Druge, daleke zvijezde posmatraju se raznovrsnim instrumentima kako bi se što više saznalo o fizičkim uslovima koji vladaju na njihovim površinama i unutrašnjostima.

Zvijezde se okupljaju u gigantske sisteme, koje zovemo galaksijama, a skupovi galaksija su najveći do sada opaženi organizovani oblici u kojima se materija pojavljuje u svemiru.

Sve ovo predstavlja ogromno polje istraživanja, u kome nam astronomija pokušava svojim saznanjima pružiti sliku svijeta koji nas okružuje.

ZNAČAJ ASTRONOMIJE I NJENA VEZA SA DRUGIM NAUKAMA

Značaj astronomije izvire, prije svega, iz njene praktične koristi za čovječanstvo. Ona se i pojavila u Babilonu, dolini Nila, Kini i drugim kolijevkama civilizacije, prije svega iz praktičnih potreba. Astronomskim posmatranjima moglo se mjeriti vrijeme. Mjereni su ne samo kraći razmaci kao dani i sati već se moglo doći do mjerenja vremena u dužim periodima. Računanje mjeseci i godina dovelo je do pojave prvih kalendara.

Savremena astronomija, uz korištenje veoma preciznih uređaja, omogućava nam da tačno mjerimo vrijeme. Astronomi se bave određivanjem datuma i vremena kada počinju pojedina godišnja doba. Dužine trajanja dana i noći u toku godine, izlasci i zalasci Sunca i Mjeseca lako se izračunavaju astronomskim metodama.

Mjerenje položaja pojedinih tačaka na Zemljinoj površini, odnosno njihovih geografskih koordinata zasnovano je u osnovi na astronomskim posmatranjima. Orijentacija na terenu pomoću Sunca, Mjeseca i zvijezda stara je koliko i ljudska civilizacija. Astronomski načini orijentacije i danas se primjenjuju u moreplovstvu, vazduhoplovstvu i svakodnevnom životu.

Razvoj astronautike, odnosno letova u svemir bio bi nezamisliv bez astronomskih saznanja. Prije spuštanja na Mjesec astronauti i naučnici koji su ih poslali znali su mnoge bitne podatke o ovom nebeskom tijelu, bez kojih bi ovakav poduhvat bio nemoguć.

Astronomija je u daljoj i bližoj prošlosti bila povezana i s raznim nenaučnim pogledima na svijet. Tako je astrologija, lažna nauka o proricanju ljudskih sudbina iz položaja zvijezda i planeta dugo bila isprepletena astronomijom. Mnoge religije su potvrdu svojih ideja o božanskom stvaranju svijeta tražile u astronomiji. Naučno objašnjavanje mnogobrojnih nebeskih pojava omogućava nam da se uvjerimo da u osnovi svijeta leži materija. Ona neprekidno prelazi iz jednih stanja u druga.

Astronomija je tijesno povezana sa drugim naukama. To su, prije svega, fizika i matematika, pa hemija itd. Astronomi se koriste dostignućima svih tih nauka, a sami, svojim istraživanjima, pomažu

njihovom razvoju. Mnogobrojni su primjeri saradnje astronomije s drugim naukama. Otkriće da se na zvijezdama i u njihovim unutrašnjostima odvijaju termonuklearni procesi vodila su primjeni nuklearne energije u reaktorima na Zemlji. Raznovrsne pojave u svemiru, koje astronomi izučavaju, pružaju mogućnost čovječanstvu za otkrića novih prirodnih zakona i njihovu primjenu.

Astronomija se povezuje i s raznim tehničkim granama nauke. Astronomske potrebe su dovele do pravljenja novih tipova fotografskih materijala, elektronske opreme, računara i slično.

SPECIFIČNOSTI ASTRONOMSKIH ISTRAŽIVANJA

Astronomija kao nauka ima i neke svoje specifične osobine. Fizičar, na primjer, većinu svojih eksperimenata može da obavlja u laboratoriji. On može da mijenja uslove pod kojima se neka pojava odvija. Svoj eksperiment može da ponovi koliko hoće puta. Za astronome svemir je jedina laboratorija koju imaju. Zapaženu pojavu na nebu astronom ne može po vlastitoj želji da ponovi ukoliko se ta pojava sama po sebi ne ponavlja.

Međutim, ove specifičnosti ne znače da su astronomska posmatranja ograničena. Astronomi se koriste raznovrsnim uređajima i metodama koje im omogućavaju da sakupe i izuče mnoge činjenice o svemiru. Ti posmatrački podaci, uz primjenu teorija dovode do saznanja koja su jednako precizna i ispravna kao bilo koja saznanja u drugim prirodnim naukama.

Sem posmatranja Sunca i mjerenja u radio-astronomiji, gotovo sva druga istraživanja astronomi obavljaju noću. To od ljudi koji se time bave traži strpljenje, izdržljivost i istinsku ljubav prema poslu koji obavljaju.

PODJELA ASTRONOMIJE NA POJEDINE GRANE

Raznolikost nebeskih tijela i pojava koje izučava astronomija dovela je do toga da se ova nauka podijelila na pojedine grane. Svaka od njih povezana je, u manjoj ili većoj mjeri, sa drugim granama. Među najvažnija pojedinačna polja rada u astronomiji ubrajaju se:

Astrometrija, koja obuhvata matematička pravila i teoriju kojima se određuju položaji i kretanja nebeskih tijela na nebeskoj sferi. U njoj se rješavaju zadaci vezani za koordinate nebeskih tijela, izrađuju katalozi zvijezda i vrše proračuni osnovnih astronomskih konstanti. U okviru ove grane takođe se vrše ispitivanja instrumenata i metoda za određivanje položaja tačaka na Zemlji.

Nebeska mehanika, polazeći od zakona mehanike, matematički izučava zakone pravih kretanja nebeskih tijela. Ona takođe izučava i oblike nebeskih tijela.

Teorijska astronomija na osnovu položaja nebeskih tijela, izmjerenih posmatranjima, izučava njihove putanje. Na osno-

vu izračunatih putanja moguće je dobiti položaj nebeskog tijela u bilo kom trenutku prošlosti, sadašnjosti ili budućnosti. Tablice koje sadrže takve i druge podatke nazivaju se e f e m e r i d e.

A s t r o f i z i k a izučava fizički i hemijski sastav svemirskih tijela, te fizičke uslove koji na njima ili u njihovim unutrašnjostima vladaju. Ona proučava i sve druge fizičke pojave koje se u svemiru odvijaju.

Z v j e z d a n a a s t r o n o m i j a se bavi zakonitostima života i kretanjima zvijezda i zvjezdanih grupa u našoj i drugim galaksijama.

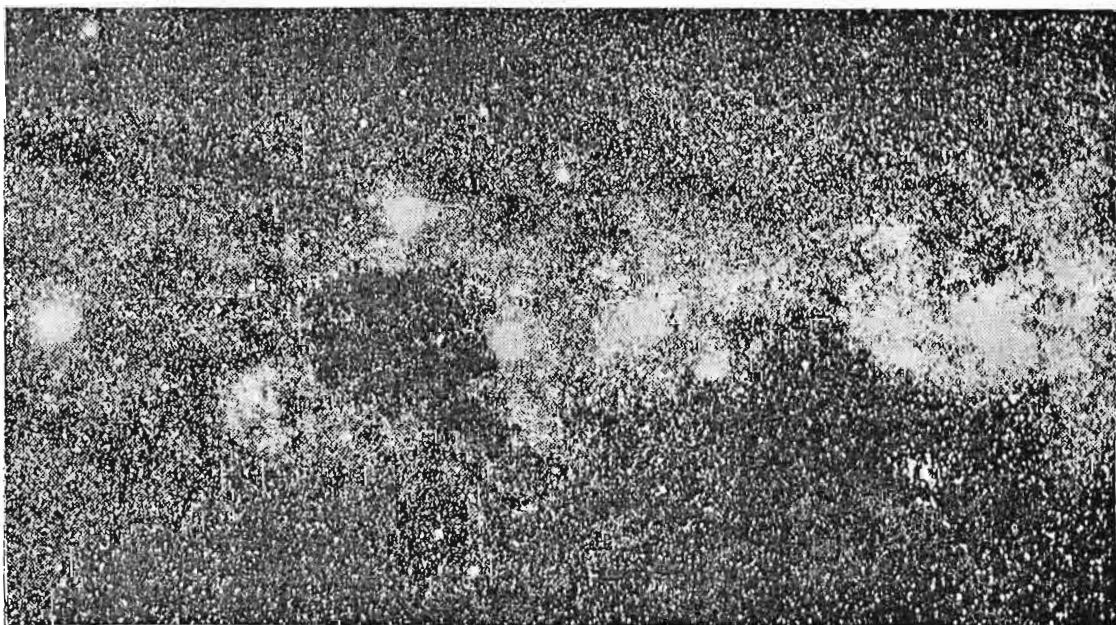
K o s m o g o n i j a obuhvata pitanja nastanka i razvoja pojedinih nebeskih tijela i njihovih sistema. U njoj poseban značaj ima istraživanje nastanka i razvoja Sunčevog sistema.

K o s m o l o g i j a posmatra zakonitosti svemira kao cjeline, njegovu prošlost, sadašnjost i budućnost.

KRATAK PRIKAZ STRUKTURE SVEMIRA (VASIONE)

Svoj pogled ka nebu čovjek je usmjerio veoma davno. Iz stoljeća u stoljeće proširivalo se njegovo znanje o svemiru i pojavama u njemu. Zahvaljujući tome, mi danas možemo da govorimo kakav je svemir u cjelini i kakva se sve tijela i skupovi tijela u njemu pojavljuju.

Svemir je ogromni, nezamislivo veliki prostor, u kome se odvijaju mnoge pojave za koje znamo, ali i one za koje ne znamo. On nema svoj početak niti kraj u vremenu i u njemu se neprekidno de-

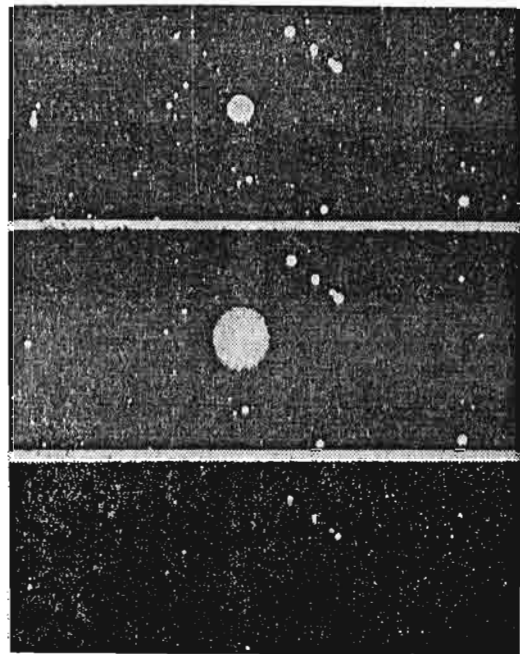


Sl. 2. — Snimak dijela zvjezdanog neba u pravcu sazvežđa Ofijuh. Desetine hiljada zvijezda koje vidimo ulaze u sastav naše galaksije Mliječnog Puta.

šavaju raznovrsne promjene. Mi smo, zajedno s našom planetom Zemljom, zatim s Mjesecom i Suncem samo članovi jednog planetarnog sistema, djelića svemira, koga astronomi nazivaju *Sunčev sistem*. Sunce, centralno tijelo tog sistema, svojom privlačnom silom okuplja oko sebe devet velikih planeta, njihove satelite, male planete ili asteroide, sitnije komade materije, koje nazivamo meteorima, komete i mnogobrojne sitne čestice prašine i gasova.

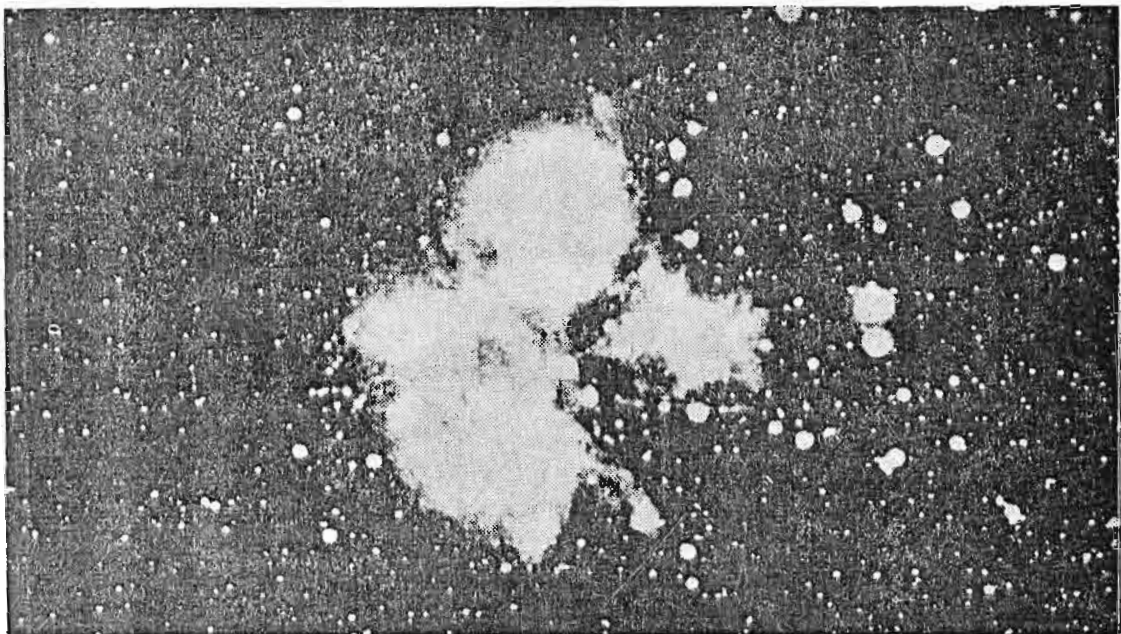
Sunce je jedna obična zvijezda, kakvih u svemiru ima nezamislivo mnogo. Pogledamo li noću nebo kada je vedro, pogled će nam se sresti s hiljadama treperavih tačkica svjetlosti. To su zvijezde, daleka sunca. Zvijezde su gasovite usijane lopte, različitog sjaja i fizičkih osobina. Površinske temperature im se veoma razlikuju, a od toga direktno zavisi njihova boja. Tako je naše Sunce žuto, a postoje bijele, plave, narandaste i crvene zvijezde. One su veoma daleko, pa se zato za mjerenje zvjezdanih udaljenosti koriste posebne jedinice — *svjetlosne godine*.* Svjetlosna godina je udaljenost koju pređe zrak svjetlosti za godinu dana krećući se brzinom od oko 300 000 km/s. Ako kažemo da je neka zvijezda od nas udaljena 25 svjetlosnih godina, onda je vidimo onakvu kakva je ona izgledala prije 25 godina, jer je toliko vremena bilo potrebno njenoj svjetlosti da stigne do nas.

Neke zvijezde su veoma male po svojim dimenzijama i nekad ne veće od Zemlje. Druge su pak velike poput Sunca ili čak mnogo veće. I njihove gustine se razlikuju. Većina ih ima uvijek isti sjaj, odnosno stalno svijetle istom jačinom. Međutim, postoji priličan broj zvijezda koje povremeno sijaju jače, a povremeno slabije. To su *promjenjive zvijezde*. Uzrok ove pojave može biti u samim unutrašnjostima zvijezda, ali i izvan njih. Promjene sjaja nekih zvijezda posve su pravilne i odvijaju se uvijek u istim vremenskim razmacima. Kod drugih su te promjene nepredvidljive, a ima zvijezda koje iznenada eksplodiraju i odbace vanjske slojeve svoje materije. Takve zvijezde zovemo *nove* i *supernove*.



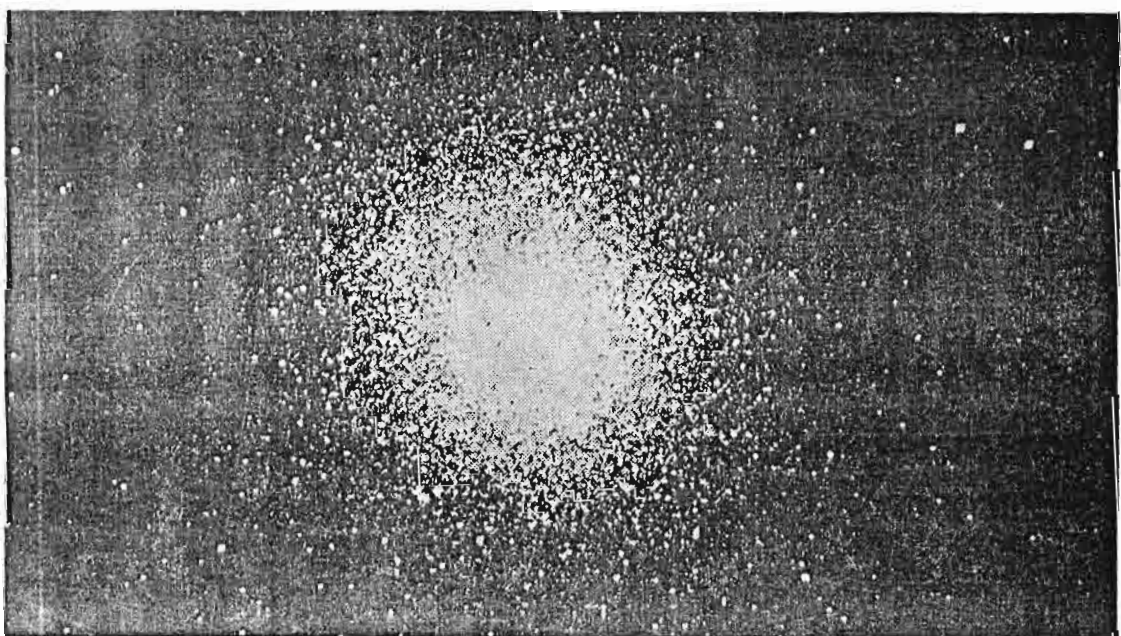
Sl. 3. — Niz fotografija prikazuje eksploziju jedne nove zvijezde. Njen sjaj je naglo porastao, a nakon izvjesnog vremena, kada je eksplozija prošla, zvijezda je postala veoma slabog sjaja

* U savremenoj astronomiji postoji i druga jedinica za mjerenje udaljenosti. To je *parsek*. Jedan parsek iznosi 3,26 svjetlosnih godina.



Sl. 4. — Rasijani zvjezdani skup - Plejade ili Vlašići. Golim okom se vidi samo 7 najsjajnijih zvijezda. Čitav skup je omotan prozračnom materijom.

Ako u tamne i vedre ljetne večeri usredsredimo svoj pogled na srednju zvijezdu u repu Velikog Medvjeda, opazićemo blizu nje jednu sićušnu, slabog sjaja. To je dvojna zvijezda. Istraživanja pokazuju da je gotovo svaka treća zvijezda dvojna. Astronome, naravno, interesuju samo one dvojne zvijezde koje su fizički povezane svojim privlačnim silama i kruže jedna oko druge. Nekada se dešava da su tri zvijezde tako povezane, a ima ne malo slučajeva da se sretnu sistemi građeni od pet, šest ili još nekoliko zvijezda.



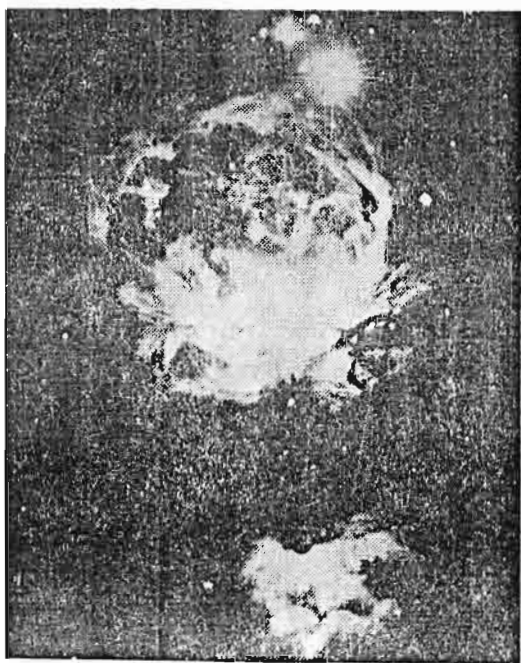
Sl. 5. — Kuglasti skup zvijezda u sazvežđu Herkul. On sadrži više stotina hiljada zvijezda.

Ono što poznajemo kao sazvježđa, samo su slučajno projektovane grupe zvijezda na nebu, a one nemaju nikakvu međusobnu fizičku vezu. Grupe od po nekoliko stotina pa do više hiljada ili čak miliona zvijezda obrazuju ove zvjezdane skupove. Tako su Plejade ili Vlašići, lako uočljiva grupica zvijezda, koje su vidljive u jesenjim noćima, u stvari jedan rasijani ili otvoreni skup zvijezda. Postoje skupovi sfernog oblika, koje nazivamo kuglasti skupovi, gdje su zvijezde zbijene poput roja pčela.

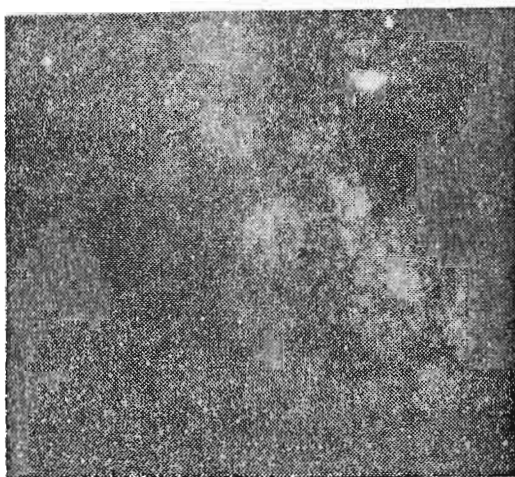
Kada gledamo u nebo, čini nam se da su sve zvijezde raštrkane po njemu bez ikakvog reda. U stvarnosti, sve su one nagomilane na nekim mjestima obrazujući ogromni sistem, koga nazivamo galaksija. To je ona svjetlucava traka svjetlosti što je u jezicima nekih od naših naroda nazivamo Mliječni Put, Kumovska Slama i slično.

I najmanji durbin koji uperimo ka Mliječnom Putu pokazuje nam da se taj magličasti pojas sastoji od zvijezda.

Naša galaksija je samo jedna od mnogobrojnih drugih u svemiru. Ona sadrži preko 200 milijardi zvijezda, koje su skupljene tako da grade sistem što izgleda kao sočivo kada se posmatra sa strane. Gledana »odozgo«, naša galaksija je spiralnog oblika, tj. zvijezde su joj raspoređene po spiralnim kracima, koji se uvrću oko središnjih dijelova.



Sl. 7. — Velika Maglina u sazvježđu Orion sastoji se od gasova i prašine



Sl. 6. — Mliječni Put u pravcu sazvježđa Strijelac. Snimka je načinjena s Astronomske opservatorije u Sarajevu.

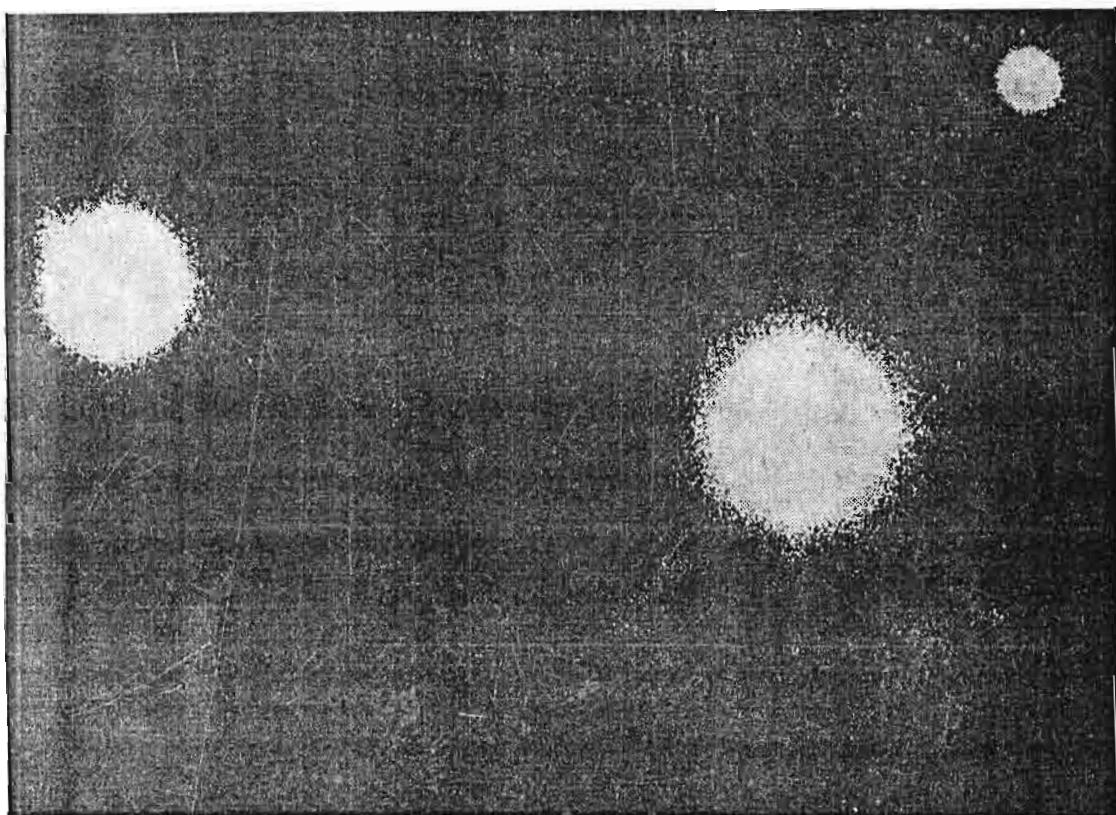
U Mliječnom Putu, pored zvijezda i zvjezdanih skupova, susrećemo i ogromne oblake prašine i gasova. To su galaktičke svijetle i tamne magline. Takvi oblaci često su mjesta gdje se zvijezde rađaju.

Druge galaksije, zvjezdane ostrva, nalaze se na ogromnim udaljenostima od nas. Jedna od najbližih, poznata Velika maglina u Andromedi udaljena je od nas preko 2 miliona svjetlosnih godina. Galaksije su skupljene u jata ili skupove galaksija.

U posljednje dvije decenije astronomi su otkrili još udaljenije objekte, koji se nalaze na samim granicama vidljivog dijela svemira. To su K v a z a r i, čija svjetlost putuje do nas i preko 10 milijardi godina. Oni raspoložu ogromnim energijama i vjerovatno predstavljaju tijela iz kojih su kasnije nastale galaksije.



Sl. 8. — Velika Maglina u Andromedi označena u astronomskim katalozima sa M 31 je galaksija odnosno zvjezdani sistem sličan našem Mliječnom Putu. Udaljena je nešto preko 2 miliona svjetlosnih godina.



Sl. 9. — Snimak Kvazara 3 C 273. Kvazari su najudaljenija tijela koje čovjek svojim teleskopima može opaziti. Ovaj je udaljen oko 2 milijarde svjetlosnih godina.

UPAMTITE :

1. Sunčev sistem, tj. Sunce sa svojim planetama, satelitima, kometama, asteroidima, meteorima i drugom materijom samo je mali djelić velikog zvjezdanog sistema, koji nazivamo Mliječni Put.
2. Sunce je obična zvijezda, kakvih u našoj galaksiji ima preko 200 milijardi.
3. Zvijezde su gasovite usijane lopte, različitih temperatura, veličina, sjaja, masa i gustina. Neke su zvijezde promjenljivog sjaja, neke su dvojne ili višestruke, a neke su okupljene u skupovima.
4. Mliječni Put sadrži, pored zvijezda i zvjezdanih skupova, i velike količine svijetle i tamne materije.
5. Mliječni Put je samo jedna od galaksija kakvih u svemiru ima na stotine miliona.
6. Najudaljenija tijela u svemiru su Kvazari, koji su ujedno i najstariji objekti koje možemo posmatrati.

PITANJA :

1. Šta je astronomija?
2. Zašto je astronomija značajna za čovjeka?
3. Koje su glavne grane astronomije?
4. Šta su to galaksije?

ZADACI :

1. Izračunaj koliko jedna svjetlosna godina ima kilometara.

Uputstvo : Koristi se formulom da je put jednak brzini pomnoženoj vremenom. Brzina svjetlosti je 300 000 km/s, vrijeme je godina dana (pretvori je u sekunde).

2. Zvijezda Vega u sazvežđu Lire udaljena je od Sunca oko 26 svjetlosnih godina. Koliko njena udaljenost iznosi u parsecima?

Uputstvo : Koristi se činjenicom da jedan parsek ima 3,26 svjetlosnih godina.

OSNOVNA ZNANJA IZ ASTRONOMIJE

NEBESKA SFERA

Kada za vedrih noći posmatramo nebo, čini nam se kao da smo u središtu jedne velike polulopte, na čijoj unutrašnjoj strani, kao pričvršćene, stoje zvijezde. I sa bilo koje tačke na Zemljinoj površini posmatrali nebo, uvijek će nam se isto činiti.

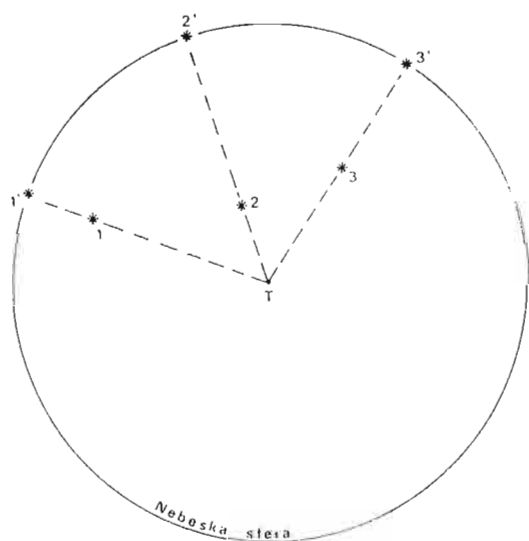
Izgleda kao da je Zemlja u sredini velike lopte, koju su astronomi nazvali *nebeska sfera* (grč. *sphaire* = lopta, kugla).

Nebeska sfera je zamišljena lopta, proizvoljno velikog poluprečnika, na čiju zakrivljenu plohu naše oko projicira nebeska tijela, koja se nalaze na različitim udaljenostima od nas. Tako se na nebeskoj sferi opažaju *prividni položaji* nebeskih tijela i prate njihova *prividna kretanja*.

U središtu nebeske sfere najčešće zamišljamo oko posmatrača, mada u tom središtu možemo zamisliti i središte Zemlje ili Sunca.

Nebesku sferu možemo nacrtati i nju ucrtati posmatrana nebeska tijela.

Na slici 10, u tački T je posmatrač, koji je u središtu nebeske sfere. Zvijezde 1, 2, 3 stvarno se nalaze na različitim udaljenostima od posmatrača, ali ih njegovo oko projicira na nebesku sferu u tačke 1' 2' 3', dakle, prividno na istu udaljenost.



Sl. 10. — Presjek kroz nebesku sferu s posmatračem u njenom centru

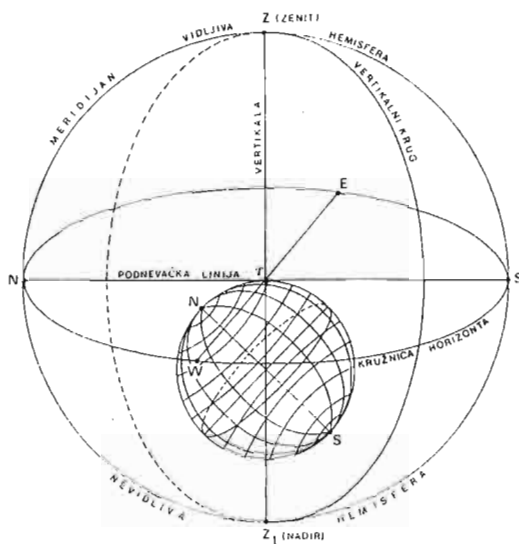
Osnovni elementi nebeske sfere

Izađimo za vedrog dana na ravan, otvoren prostor, gdje nam razni objekti (kuće, brda, drveće i sl.) ne zaklanjaju vidik. Stanimo i promatrajmo prostor oko sebe i nebo nad sobom.

Tačka T na kojoj stojimo je stojište. Ravan prostor oko nas je dio zamišljene ravnine, koja je horizontalna i dodiruje Zemljinu kuglu u tački stojišta. Ta se ravnina naziva **h o r i z o n t** (grč. orizon = koji ograničuje). Čini se kao da ravnina horizonta siječe nebesku sferu po kružnici, koju nazivamo **k r u ž n i c a h o r i z o n t a**. (Sl. 11.)

Zamislimo da je tačka stojišta T u središtu nebeske sfere. Tada i ravnina horizonta prolazi kroz središte sfere i dijeli je na dvije hemisfere (grč. emi = pola) ili polulopte: **vidljivu hemisferu iznad i nevidljivu hemisferu ispod horizonta**.

Na svakom horizontu nalaze se četiri glavne tačke, pomoću kojih se snalazimo ili orijentiramo. To su tačke: sjever N, istok E, jug S i zapad W. Nadite te tačke na svom horizontu. (Ako ste zaboravili načine pomoću kojih možete naći te tačke, podsjetićemo vas na kraju ovog poglavlja.)



Sl. 11. — Osnovni elementi nebeske sfere

Pogledajmo sad visoko iznad svoje glave. Zamišljena tačka na nebeskoj sferi iznad glave naziva se **z e n i t**, Z. To je najviša tačka iznad našeg horizonta.

Zamislimo liniju koja spaja zenit i tačku na kojoj stojimo. U mislima tu liniju produžimo kroz središte Zemlje i dalje, sve dok ne probije nebesku sferu na drugoj strani, ispod horizonta. Ta se linija naziva **v e r t i k a l a**. Tačka u kojoj vertikalna probija nebesku sferu ispod horizonta naziva se **n a d i r**, Z₁.

Vertikalna je zamišljena linija koja leži okomito na ravnini horizonta u tački stojišta i probija nebesku sferu u tačkama zenita i nadira.

Pogledajmo ponovo prema zenitu. Zamislimo da smo od zenita, preko nebeske sfere, sve do nadira i s druge strane horizonta ponovo do zenita, povukli jedan krug. Taj se krug naziva **v e r t i k a l n i k r u g** ili **v e r t i k a l**. Možemo zamisliti bezbroj vertikalnih krugova koji spajaju zenit i nadir. Od svih njih jedan je veoma važan. To je onaj koji prolazi kroz tačku zenita Z, sjevernu tačku horizonta N, nadir Z₁ i južnu tačku horizonta S, ponovo do zenita. Taj se vertikalni krug naziva **m e r i d i j a n s t o j i š t a** ili ukratko **m e r i d i j a n** (lat. meridies = podne).

Ravnina meridijana siječe ravninu horizonta po liniji koja se naziva **p o d n e v a č k a l i n i j a**

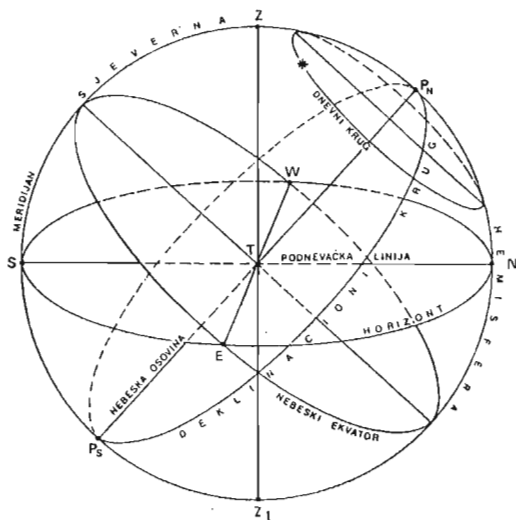
P o d n e v a č k a l i n i j a leži u ravnini horizonta i spaja sjevernu N i južnu S tačku horizonta.

Izađimo za vedre noći ponovo na već poznatu tačku stojišta. Okrenimo se prema istočnoj strani horizonta i posmatrajmo zvijezde. Zapazimo one koje izlaze na istočnoj strani horizonta. Ako sa strpljenjem, dovoljno dugo posmatramo iste zvijezde, vidjećemo da se one nakon izlaska dižu iznad horizonta po nebeskoj sferi i da pri tome ne mijenjaju međusobni položaj. U svom daljnjem kretanju po nebeskoj sferi, one će proći kroz meridijan i zaći na zapadnoj strani horizonta. Čini se kao da se čitava nebeska sfera sa zvijezdama na njoj okreće oko neke osovine od istoka prema zapadu.

Osovina oko koje se prividno okreće nebeska sfera od istoka prema zapadu naziva se nebeska osovina ili svjetska osovina. (sl. 12).

Nebeska osovina probija nebesku sferu u tačkama sjevernog P_N i južnog nebeskog pola P_S .

Nebeska sfera s nebeskim tijelima se jednom dnevno okrene oko nebeske osovine od istoka prema zapadu.



Sl. 12. — Horizont, nebeski ekvator i nebeska osovina

Posmatrajući zvijezde, primijetili smo da se svaka od njih kreće po svojoj putanji. Putanje zvijezda su međusobno paralelne. Te putanje se nazivaju dnevni krugovi ili dnevne paralele

Najveći od svih dnevnih krugova je nebeski ekvator (lat. aequus = jednak). Ravnina nebeskog ekvatora polovi nebesku sferu u dvije hemisfere: sjevernu hemisferu — između nebeskog ekvatora i sjevernog nebeskog pola, P_N i južnu hemisferu — između ekvatora i južnog nebeskog pola, P_S .

Nebeski ekvator siječe svaki horizont u istočnoj E i zapadnoj W tački i polovi ga. Samo su horizonti sjevernog i južnog geografskog pola paralelni s nebeskim ekvatorom.

Zamišljeni krugovi nebeske sfere koji prolaze kroz sjeverni, P_N i južni, P_S nebeski pol nazivaju se deklinacioni krugovi (lat. deklinatio = odklon). Možemo zamisliti bezbroj deklinacionih krugova. Onaj deklinacioni krug koji spaja nebeske polove, prolazi kroz zenit i nadir, te sjevernu i južnu tačku horizonta naziva se meridijan. S tim krugom smo se već upoznali kad smo govorili o vertikalnim krugovima. Prema tome, meridijan je i vertikalni krug i deklinacioni krug.

Veza između osnovnih elemenata nebeske sfere i Zemljine kugle

Svi navedeni elementi nebeske sfere (tačke, pravci, ravnine, krugovi) imaju iste takve elemente i na Zemljinoj kugli.

Tako je Zemljina osovina N — S dio nebeske osovine P_N — P_S .

Nebeski polovi (sjeverni P_N i južni P_S) projekcija su sjevernog N i južnog S, Zemljinog pola na nebesku sferu.

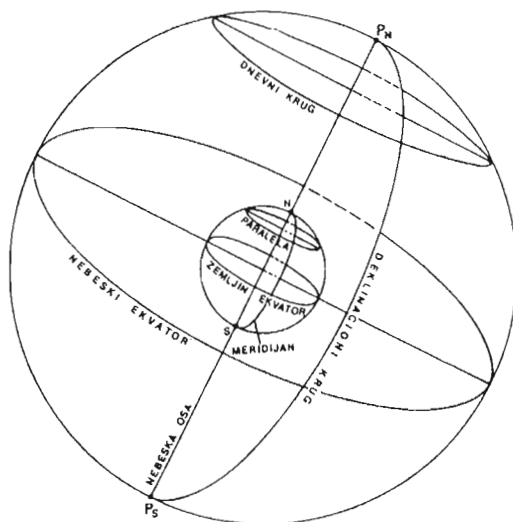
Zemljin ekvator leži u ravnini nebeskog ekvatora, pa je nebeski ekvator projekcija zemljinog na nebesku sferu.

Dnevni krugovi i deklinacioni krugovi na nebeskoj sferi projekcije su Zemljinih paralela i meridijana na nebesku sferu.

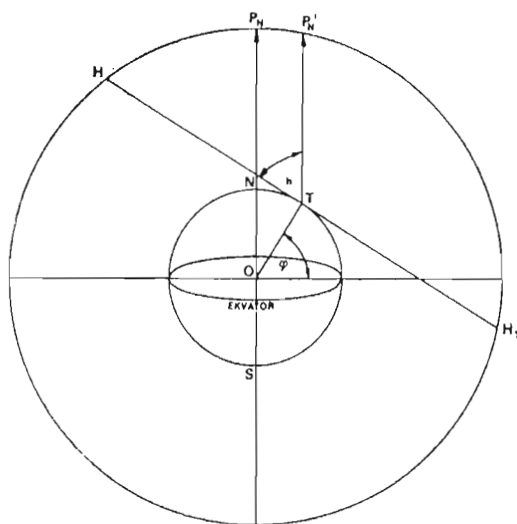
Iz veze osnovnih elemenata nebeske sfere i Zemljine kugle slijedi važan zaključak:

Geografska širina neke tačke na Zemljinoj površini jednaka je visini nebeskog pola iznad horizonta te tačke.

Već smo ranije učili da je geografska širina φ neke tačke T na Zemljinoj površini kut između ravnine Zemljinog ekvatora i pravac iz centra Zemlje O do te tačke (Sl. 14). Horizont tačke T je H—H'. Visina sjevernog nebeskog pola P_N nad horizontom tačke T je kut h koji leži između ravnine horizonta i pravca od tačke T ka nebeskom polu (T — P'_N). Zbog velike daljine nebeskog pola P_N smatra se da pravci posmatranja idu paralelno. Kutevi h i φ su jednaki jer su im kraci međusobno okomiti. To znači da se može odrediti geografska širina φ ma koje tačke na Zemljinoj površini ako se odredi visina pola iznad horizonta te tačke.



Sl. 13. — Veza između osnovnih elemenata nebeske sfere i Zemljine kugle



Sl. 14. — Visina pola h jednaka je geografskoj širini φ

UPAMTITE :

Nebeska sfera je zamišljena geometrijska veličina. Ona u stvari ne postoji. Sva nebeska tijela, koja su na različitim udaljenostima od nas, zamišljamo da se nalaze na nebeskoj sferi, dakle, prividno jednako udaljena od nas. To nam omogućava da lakše vršimo razna mjerenja i zapažanja u vezi s rasporedom i kretanjem nebeskih tijela.

U centru nebeske sfere možemo zamisliti centar Zemlje. Kako je poluprečnik Zemlje veoma malen u odnosu na poluprečnik nebeske sfere, to se Zemlja može smatrati kao tačka. Prema tome, i oko posmatrača je u centru nebeske sfere.

Vertikalna je zamišljena linija okomita na ravninu horizonta, a nebeska osovina je zamišljena linija okomita na ravninu nebeskog ekvatora.

Meridijan je onaj krug nebeske sfere koji prolazi kroz: zenit i nadir, sjeverni i južni nebeski pol, te sjevernu i južnu tačku na horizontu. Njegova ravnina siječe ravninu horizonta po podnevačkoj liniji. Sva nebeska tijela koja se prividno kreću od istoka prema zapadu prolaze kroz taj meridijan. Svi geometrijski elementi nebeske sfere: tačke, pravci, ravnine imaju svoje odgovarajuće tačke, pravce ravnine na Zemljinoj kugli.

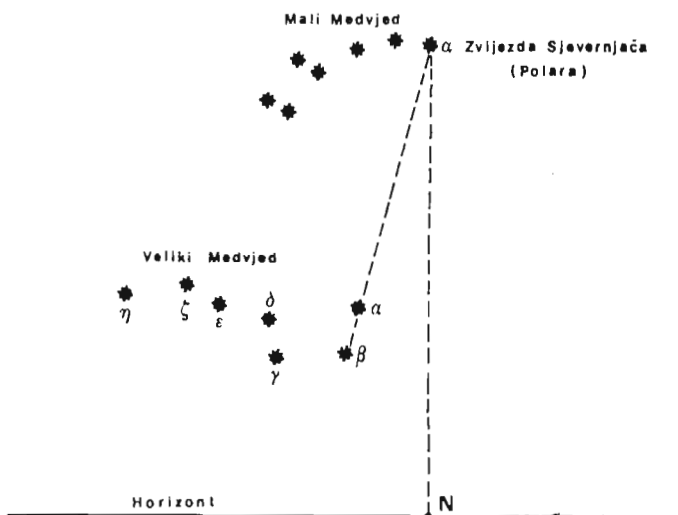
PITANJA I ZADACI :

1. Koji su osnovni elementi nebeske sfere? Predstavi ih grafički!
2. U nebesku sferu ucrtaj horizonte različitih geografskih širina, vodeći računa da je visina pola iznad horizonta jednaka geografskoj širini tog horizonta. Sjeverna tačka na horizontu mora biti ispod sjevernog nebeskog pola.
3. Na nebesku sferu ucrtaj jedan vertikalni i jedan deklinacioni krug s pripadajućim osovinama i tačkama. U sjecištu ta dva kruga ucrtaj zvijezdu. Razmotri položaj te zvijezde u odnosu na ravninu horizonta i nebeskog ekvatora.

POSMATRANJA I MJERENJA:

Na nekoliko načina možete naći četiri glavne tačke za orijentaciju na nekom horizontu.

1. Za vedre noći nađite na nebu sazviježđe Velikog Medvjeda ili, kako se u narodu još zove to sazviježđe — Velika Kola. Nebeske karte u prilogu pomoći će vam da to sazviježđe brzo nađete. Posmatrano s naših krajeva, ono je stalno nad horizontom. Nikad ne izlazi niti zalazi.



Sl. 15. — Određivanje zvijezde Sjevernjače pomoću sazviježđa Velikog Medvjeda

Velika Kola se sastoji od 7 zvijezda vidljivih prostim okom. Razmak između dvije krajnje zvijezde tog sazviježđa (zvijezde α i β) nanosite u mislima 5 puta prema gore. Doći ćete do najsajnije zvijezde α u sazviježđu Malog Medvjeda ili Malih Kola. To je zvijezda Sjevernjača ili Polara. U njenoj blizini je sjeverni nebeski pol. Spustimo od nje okomit pravac na horizont. U tom pravcu leži sjeverna tačka horizonta. Sad je ostale tačke (istočna je desno itd.) na horizontu lako naći.

2. Za vedrog dana okrenite malu kazaljku sata u pravcu Sunca. Simetrala luka između vrha male kazaljke i broja 12 na brojčaniku sata, usmjerena je prema južnoj tački horizonta. Ostale je lako naći. (Desno je zapadna tačka.)

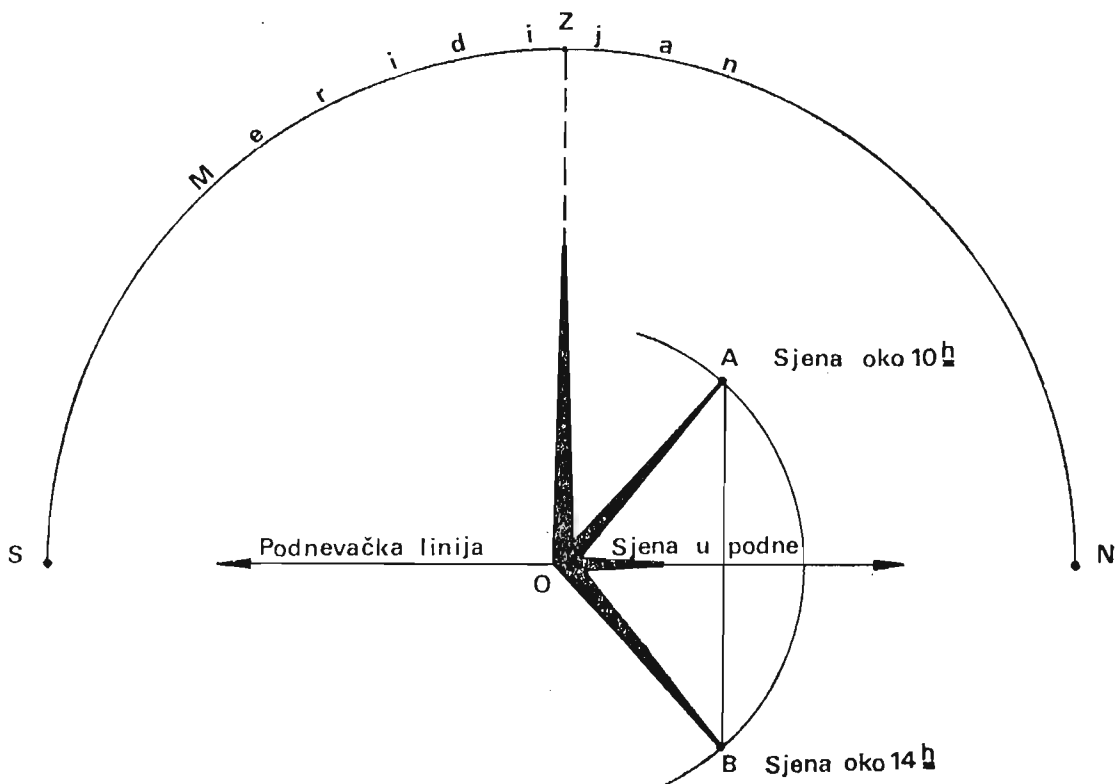
3. I pomoću kompasa se mogu naći 4 glavne tačke. Umirena magnetna igla kompasa svojim zatamnjanim krajem uvijek pokazuje u pravcu sjevera.

4. Pomoću najkraće sjene štapa zabodenog vertikalno u zemlju takođe se mogu naći 4 glavne tačke na horizontu. (O tome ćemo kasnije više govoriti.)

Kad ste odredili glavne tačke na horizontu, potrebno je da zapamtite one manje objekte na horizontu (žbun, drvo, kuća, brežuljak, stijena i sl.) koji su na zamišljenim pravcima što od vašeg stojišta idu ka glavnim tačkama. Tako ćete uvijek znati prilikom posmatranja neba gdje se na vašem horizontu nalazi sjever, istok, jug i zapad.

Kako naći meridijan i podnevačku liniju

U ravnu očišćenu zemljinu površinu zabodite štap visine do 0,5 m. Pomoću viska obezbjedite da je štap zaboden vertikalno. Visak ćete sami napraviti od tankog kanapa dužine do 1,5 m tako što ćete na kraj objesiti neki uteg. Drugi kraj kanapa držite u ruci. Uz zabodeni štap prislonite kanap i umirite ga. Ispravljajte štap dok ne bude paralelan s kanapom. Prava u produženju štapa ka nebu probija nebesku sferu u zenitu. Pratite sjenu koju baca štap na okolnu površinu u toku kretanja Sunca iznad horizonta. Sjene štapa biće najduže u vrijeme Sunčeva izlaza i zalaza. Najkraća sjena biće u podne. Pravac najkraće sjene leži u podnevačkoj liniji, a to znači da je usmjeren prema sjevernoj i južnoj tački horizonta. Ravnina koja okomito siječe horizont po podnevačkoj liniji i prolazi kroz sjevernu i južnu tačku horizonta i zenit je ravnina meridijana. Kako štap baca najkraću sjenu u podne, to znači da Sunce prolazi kroz meridijan vaše tačke stojišta. Do najkraće sjene zabodenog štapa možete doći i ne čekajući podne.



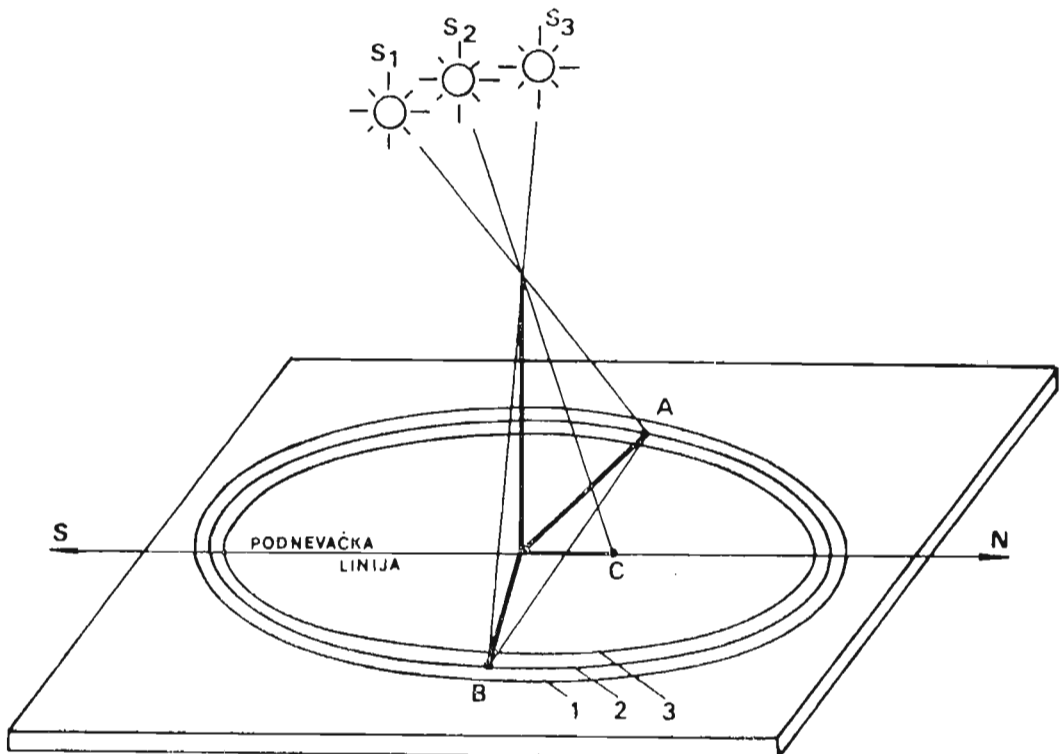
Sl. 16. — Određivanje podnevačke linije sjenom štapa na tlu

U bilo koje vrijeme prije podne (npr. oko 10 sati) zabilježite na zemlji mjesto gdje se nalazi vrh sjene koju štapa baca (A). Na kraćoj kanapi napravite omču (petlju) i navucite na štapa do njegovog podnožja. Nategnite kanapu i na nju vežite zašiljeno drvo ili čavao i to na dužini koja je jednaka dužini sjene. Opištite polukrug oko štapa. Njegov poluprečnik je dužina sjene, $O - A$. Poslije podne, u vrijeme koje odgovara razlici između prijepodnevnog vremena, kad ste obilježili sjenu i 12 sati (za ovaj slučaj oko 14 sati) zabilježite tačku u koju će pasti vrh sjene štapa kad sjena dodirne polukrug (tačka B). Spojite duži te dvije tačke (A i B). Od polovine te duži povucite pravac do podnožja štapa. U tom pravcu leži podnevačka linija. Ujedno je to i najkraća sjena štapa. (sl. 16).

Ako nemate mogućnost za praćenje sjene po tlu (ako je tlo neravno ili ako je pod vegetacijom i sl.), onda do podnevačke linije možete doći na drugi način.

Na ovcu, horizontalno postavljenu dasku, ucrtajte nekoliko koncentričnih krugova (krugove ucrtajte olovkom pomoću kanape) (sl. 17). U središte krugova učvrstite okomito na dasku drvenu ili metalnu šipku. Kad vrh sjene štapa (šipke) dodirne u neko vrijeme prije podne bilo koji ucrtani krug (npr. krug br. 2), tada na tom krugu zabilježite tačku u koju je pao vrh sjene (tačka A). Poslije podne sačekajte momenat kad će vrh sjene štapa (šipke) ponovo dodirnuti krug 2. To će približno biti u ono vrijeme koje je jednako prijepodnevnom dopunjenom do 12 sati. (Ako je prije podne vrh sjene dodirnuo krug u 9 sati i 40 minuta, onda će poslije podne vrh sjene dodirnuti krug oko 14 sati i 20 minuta.) Zabilježite tu tačku na krugu (tačka B). Ako polovište duži $A-B$ spojite s dnom štapa, dobićete liniju u kojoj leži podnevačka linija. Isto možete izvesti i sa bilo kojim ucrtanim krugom (1, 3 i dr.) tako da ne morate čekati da sjena dodirne samo jedan ucrtani krug.

Prema kretanju Sunca po njegovom dnevnom krugu, kad se nađe u tačkama S_1 , S_2 , S_3 , onda štapa baca sjenu u tačke A, C i B. Kad se Sunce nađe u tački S_2 , onda je sjena štapa najkraća i leži u podnevačkoj liniji, $S - N$.



Sl. 17. — Određivanje podnevačke linije sjenom štapa na dasci

Ovaj način određivanja podnevačke linije, pravcem najkraće sjene, još je jedan od načina pomoću kojih se mogu odrediti glavne tačke za orijentaciju na horizontu. U pravcu najkraće sjene štapa leži sjeverna tačka horizonta, N.

Određivanje podnevačke linije i meridijana pomoću viskova

Trebate najprije sami izraditi jednostavnu spravu na osnovu datog uputstva.

Prema sl. 18 izradite 3 letve. Vertikalnu letvu *a*, horizontalnu *b*, koja je pod kutem od 90° na letvu *a* i pod tim kutem na horizontalnu letvu *c*. Na krajeve letve *c* objesite dva viska, tako da sežu neposredno iznad tla.

Letvu *a* zabijte u zemlju, ali tako da se može okretati oko vertikalne osovine. Najbolje je prethodno u zemlju zabiti metalnu cijev sa dnom. Donji kraj letve *a* treba zaobliti na dimenzije širine cijevi u zemlji. Zatim se letva *a* utisne u metalnu cijev.

Kada se smrači, nađite na nebu zvijezdu Sjevernjaču. Sjedite na stolicu, jer su tada pomaci tijela znatno manji nego kad stojite.

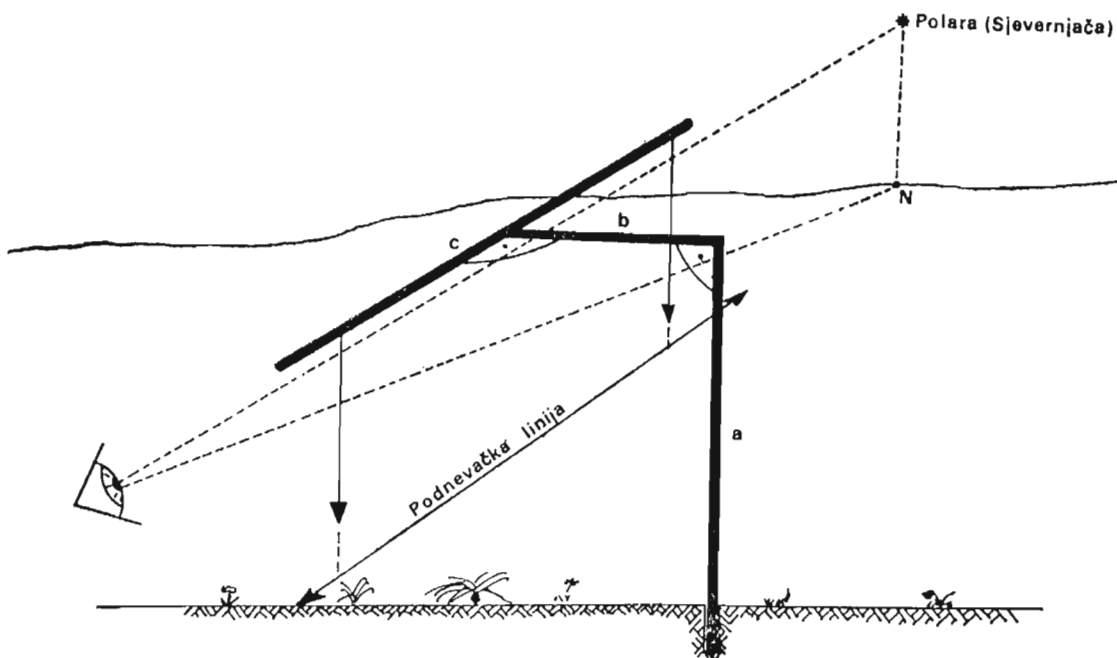
Viskove namjestite tako da pravac od vašeg oka preko oba viska pada na Sjevernjaču.

Ispod viskova povucite po zemlji liniju koja će spajati zamišljena probodišta produženih vrhova oba viska na zemlji. Dobili ste meridijansku liniju. Označite je bijelim kamenčićima utisnutim u tlo po liniji.

Kroz podnevačku liniju, okomito na ravninu horizonta prolazi i meridijan vaše tačke stojišta. Njegova ravnina prolazi i kroz viskove, kroz zenit i Sjevernjaču.

Zapamtite na horizontu tačku (drvo, stijena, žbun ili sl.) koja leži u ravnini meridijana, odnosno u pravcu od oka preko viskova, jer u tom pravcu leži i sjeverna tačka horizonta N.

Premjestite se na suprotnu stranu. Posmatrajte preko viskova južnu stranu. Nađite na horizontu karakterističnu tačku koju pokrivaju viskovi. U tom pravcu leži južna tačka horizonta S.



Sl. 18. — Određivanje podnevačke linije pomoću viskova

Kako odrediti geografsku širinu tačke stojišta

Za određivanje geografske širine postoje brojni načini i vrlo precizni instrumenti. Jedan od tih načina smo naučili. Treba odrediti visinu nebeskog pola nad horizontom, izraziti je u uglovim stepenima, i to je geografska širina vaše tačke stojišta. Kao instrument upotrijebimo najjednostavnije pomagalo za mjerenje uglova — veliki drveni školski uglomjer (sl. 19).

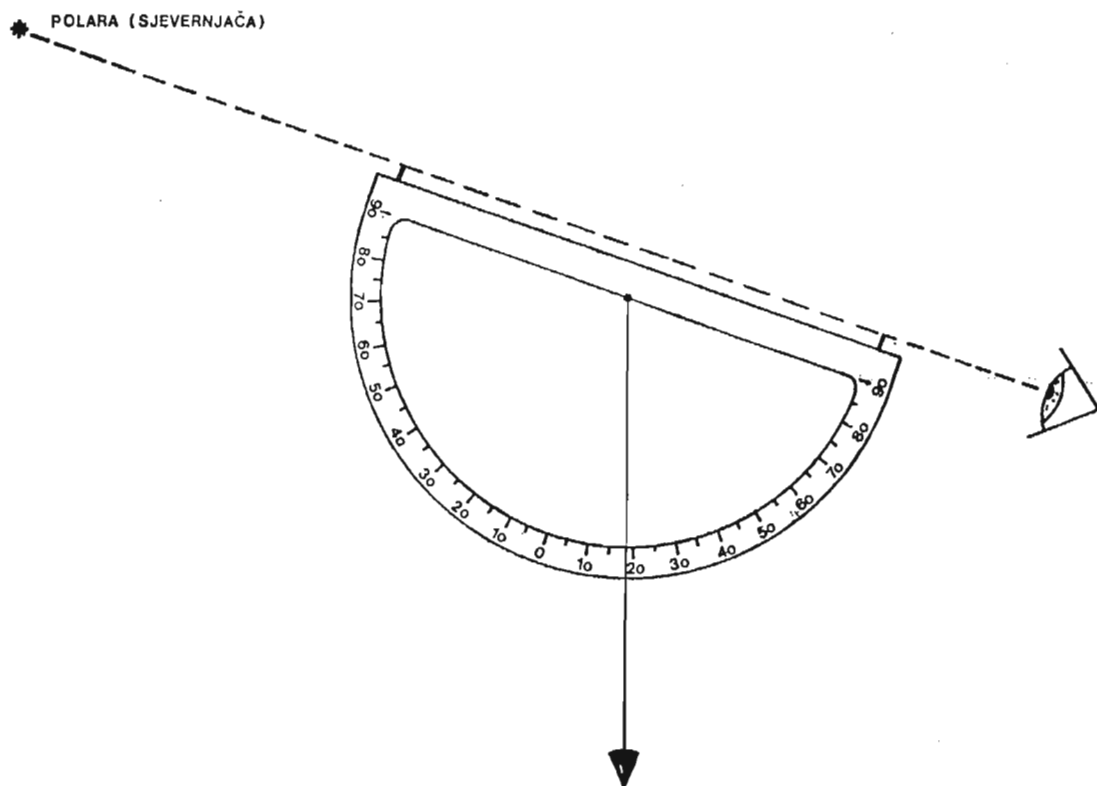
U sredini ravne strane uglomjera učvrstite kanapu dužu od poluprečnika uglomjera. Na kraju kanapa vežite uteg. Time ste dobili visak koji će obezbijediti da uglomjer pri mjerenju bude postavljen vertikalno i omogućiti očitavanje uglova. Pri krajevima ravnog brida uglomjera zabijte tanke kratke eksere (čavle). Preko njih usmjerite pogled jednog oka na zvijezdu Sjevernjaču, kao da na nju nišanište. Umirite se za trenutak. Vaš drug sa baterijom neka očita ugao na uglomjeru preko kojeg prelazi kanap viska. Ponovite mjerenje nekoliko puta i svaki put zabilježite očitani ugao. To neka učini i vaš drug ili više njih. Saberite sve očitane uglove i podijelite brojem mjerenja. Time ste dobili aritmetisku sredinu svih mjerenja i ujedno približnu geografsku širinu vaše tačke stojišta.

Pripazite! Prije upotrebe velikog školskog uglomjera morate prepraviti brojeve njegovih stepeni, kako to pokazuje sl. 19. (Mjesto oznake 90 treba zapisati oznaku 0°, mjesto 80° treba 10° i tako redom.)

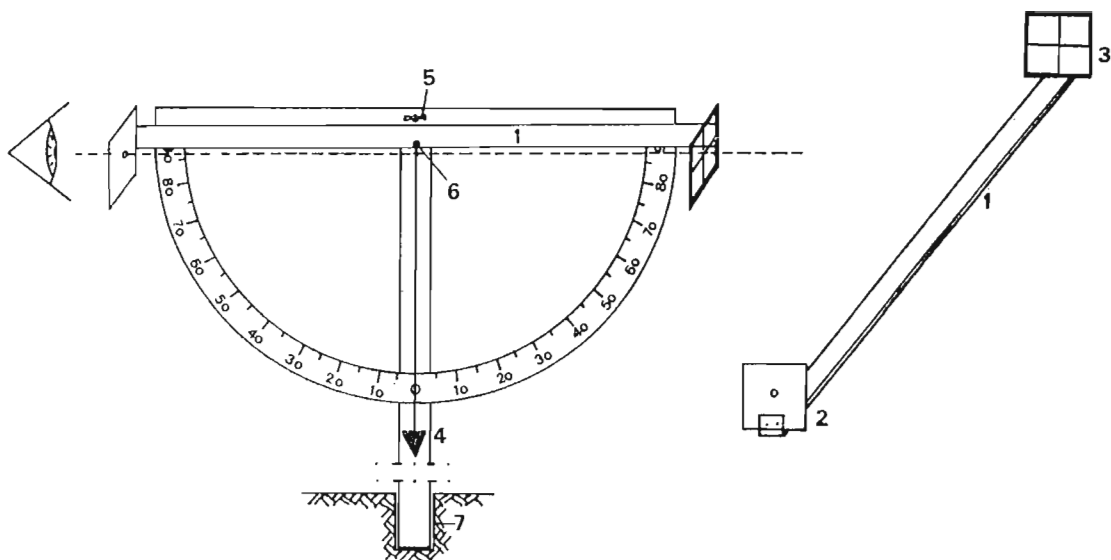
Ovim uglomjerom možete se koristiti za još neka mjerenja. Za tačnije određivanje visine nebeskih tijela i praćenje njihovog prividnog kretanja, po nebeskoj sferi, možete sami usavršiti uglomjer sa sl. 19.

Na letvu nešto dužu od ravne strane uglomjera (sl. 20-1) učvrstite okomito na letvu kvadratnu dašćicu. Dašćicu izrežite iz šperploče. U sredini dašćice izbušite rupicu prečnika 2-3 mm (2).

Na drugi kraj letve učvrstite okomito na letvu kvadratični ram (takođe od šperploče) i u ram nategnite dva jača konca tako da se sijeku pod uglom od 90° u sredini rama (3). Time ste dobili tzv. krst končića.



Sl. 19. — Određivanje geografske širine pomoću visine Sjevernjače



Sl. 20. — Konstrukcija uglomjera (kutomjera) za tačnija opažanja

Pričvrstite letvu na ravnu stranu uglomjera. Kroz sredinu ravne strane uglomjera izbušite rupu 5-8 mm prečnika.

Uzmite letvu nešto dužu od vaše visine (4). U gornjem kraju izbušite rupu istog promjera koji ima izbušena rupa u sredini ravne strane uglomjera (5-8 mm).

Uglomjer s dodatnom letvom sa daščicama postavite uz letvu da se izbušene rupe poklapaju i učvrstite ih šarafom s maticom-lepicom (5). U tački 6 učvrstite visak da slobodno visi. Dužina viska treba da je gotovo do tla.

U zemlju, na tački odakle ćete vršiti sva opažanja neba, zabijte metalnu cijev sa zatvorenim donjim krajem koji ulazi u zemlju (7). U nju usadite zaobljeni donji kraj letve s uglomjerom, tako da se može okretati. Viskom kontrolišite vertikalnost letve.

Pomičući uglomjer gore-dole i zaokrećući letvu, možete dovesti uglomjer u takav položaj da pogled iz vašeg oka kroz rupicu i središte konaca padne tačno u sredinu osmatranog nebeskog tijela (Mjeseca npr.). Pomoću leptir-matrice možete učvrstiti uglomjer u bilo koji položaj i prema potrebi ponovo opustiti. Na uglomjeru očitajte ugao preko kojeg prelazi kanapa viska.

IZLAZAK I ZALAZAK NEBESKIH TIJELA, KULMINACIJA

Mnoga nebeska tijela (neke zvijezde, Sunce, Mjesec, planete), posmatrana iz naših krajeva, svakodnevno izlaze na istočnoj, a zalaze na zapadnoj strani.

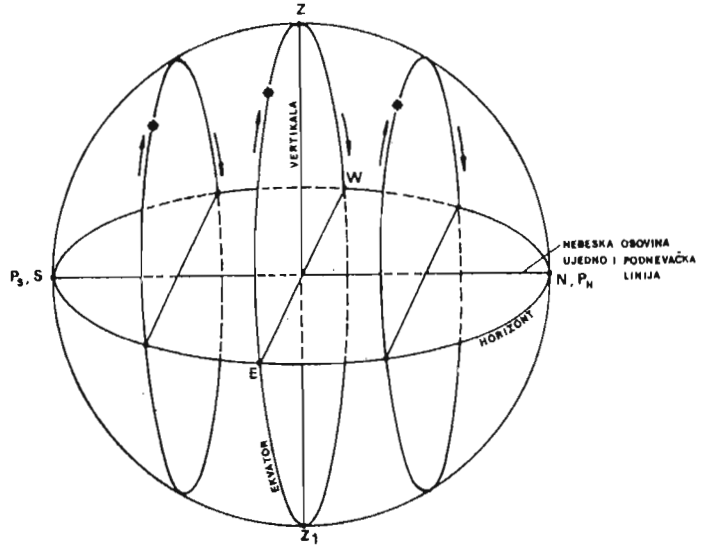
Međutim, ima zvijezda koje nikad ne zalaze ispod horizonta. One su stalno iznad horizonta. Takve zvijezde nazivamo *cirkumpolarnim* (lat. circo = oko, grč. polos = osovina).

Ima i zvijezda koje se nikad ne pojavljuju iznad horizonta, pa ih prema tome nikad ne vidimo. Nazivamo ih *anticirkumpolarnim* (grč. anti = protiv, nasuprot).

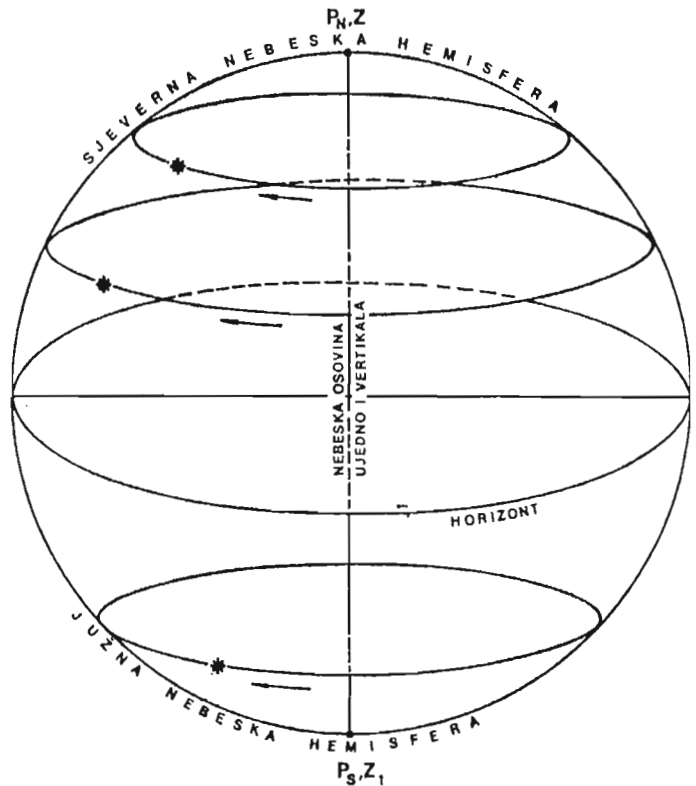
Koje će zvijezde biti stalno iznad horizonta, koje će izlaziti i zalaziti, a koje nikad ne možemo vidjeti jer su ispod horizonta, zavisi od položaja zvijezde na nebu i od geografske širine tačke sa koje se ona posmatra.

Za posmatrača na ekvatoru (geografska širina 0°) sve zvijezde svakodnevno izlaze i zalaze (sl. 21). Nebeska osovina oko koje se prividno okreće nebeska sfera leži u ravnini horizonta. Sjeverna, N i južna, S tačka horizonta poklapaju se sa sjevernim, P_N i južnim, P_S nebeskim polom.

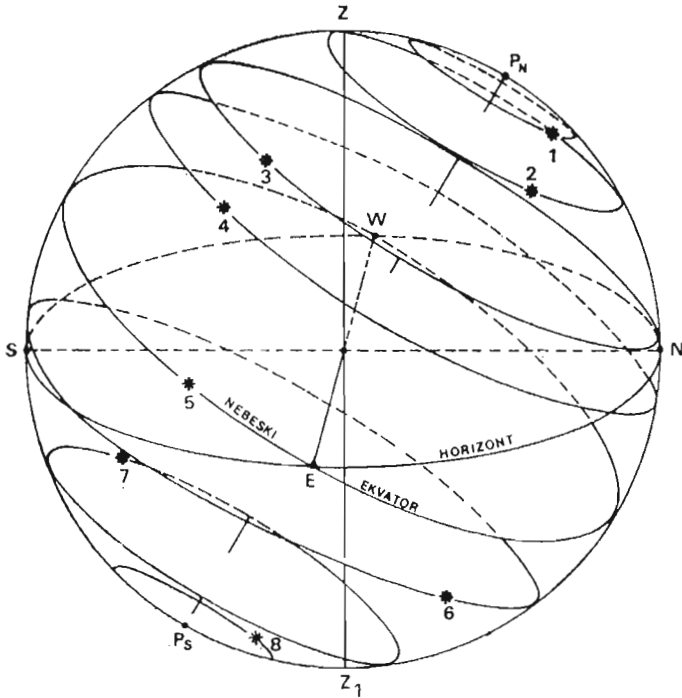
Za posmatrača na geografskom polu (geografska širina $\pm 90^{\circ}$) horizont leži u ravnini nebeskog ekvatora, pa prema tome i okomito na nebesku osovinu (sl. 22). Zato posmatrač na sjevernom polu vidi sve zvijezde koje su na sjevernoj nebeskoj hemisferi. Sve zvijezde koje vidi za njega su cirkumpolarne. One na južnoj hemisferi za njega su anticirkumpolarne. Nikad ih ne vidi.



Sl. 21. —Nebeska sfera posmatrana s horizonta na ekvatoru



Sl. 22. — Nebeska sfera posmatrana s horizonta na geografskom polu



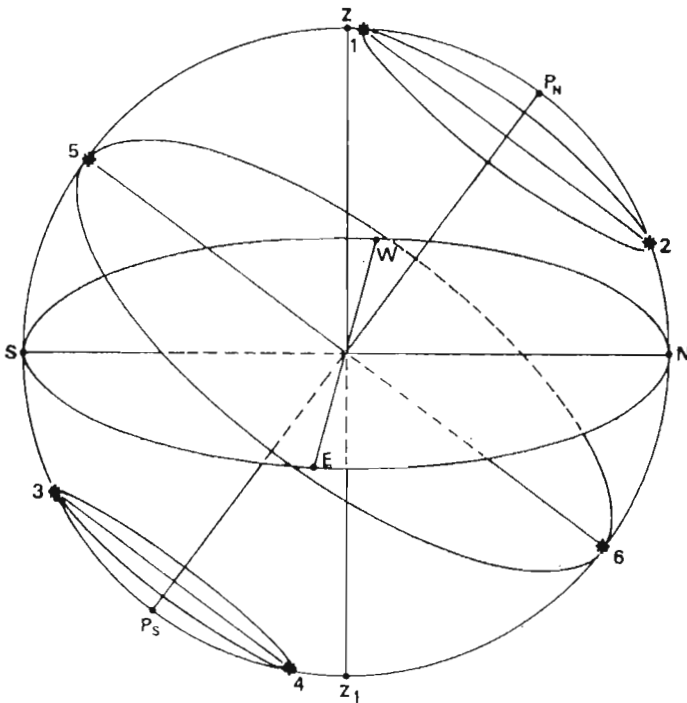
Sl. 23. — Nebeska sfera posmatrana iz naših geografskih širina

Na geografskim širinama između pola i ekvatora (a to znači i na našim geografskim širinama) neke su zvijezde stalno iznad horizonta, neke svakodnevno izlaze i zalaze, a neke su stalno ispod horizonta (sl. 23). Na sl. 23 zvijezde 1, 2, 3 su cirkumpolarne, zvijezde 4, 5, 6 izlaze i zalaze, a 7, 8 su anticirkumpolarne. U toku prividnog dnevnog kruženja oko nebeske osovine, sva nebeska tijela dva puta prolaze kroz meridijan.

Kad nebesko tijelo prolazi kroz meridijan, kažemo da kulminira (lat. culmen = vrhunac, tjeme).

Kulminacija nebeskog tijela je njegov prolaz kroz meridijan.

Postoje gornja i donja kulminacija nebeskih tijela. Gornja kulminacija je prolaz nebeskog tijela kroz polukrug meridijana na kojem je zenit (sl. 24: $P_N - Z - S - P_S$). Donja kulminacija je prolaz nebeskog tijela kroz polukrug meridijana na kojem je nadir ($P_N - N - Z_1 - P_S$).



Sl. 24. — Donja i gornja kulminacija nebeskih tijela

Cirkumpolarne zvijezde imaju obje kulminacije iznad horizonta (1 gornja, 2 donja). Anticirkumpolarne imaju obje kulminacije ispod horizonta (3 gornja, 4 donja). Zvijezde koje izlaze i zalaze imaju gornju kulminaciju iznad (5), a donju ispod horizonta (6).

Sunce je u gornjoj kulminaciji u podne, u donjoj u ponoć.

POSMATRANJA I MJERENJA

Opazanja gornjih i donjih kulminacija zvijezda.

Za opazanje kulminacija zvijezda poslužite se spravom s viskovima, koju ste sami izradili i već ranije upotrebljavali (sl. 18.).

Letvu s viskovima treba namjestiti tako da viskovi leže u ravni meridijana vašeg stojišta. To ćete postići onda kada umireni viskovi vise neposredno iznad već ranije određene podnevačke linije.

Posmatranja izvodite sjedeći na stolici. Okrenite se prema sjeveru. Zvijezda koju vidi vaše oko preko viskova između sjevernog nebeskog pola (zvijezda Sjevernjača) i horizonta jest u donjoj kulminaciji. Ta je zvijezda cirkumpolarna, pa će njena gornja kulminacija nastupiti nakon 12 sati.

Pređite na suprotnu stranu. Opazajte preko viskova od zenita prema jugu. Zapazite zvijezdu koja leži na pravcu od vašeg oka preko viskova. Ona je u gornjoj kulminaciji. Ona izlazi i zalazi. Njena donja kulminacija je ispod horizonta i nastupiće nakon 12 sati. Ne možete je vidjeti.

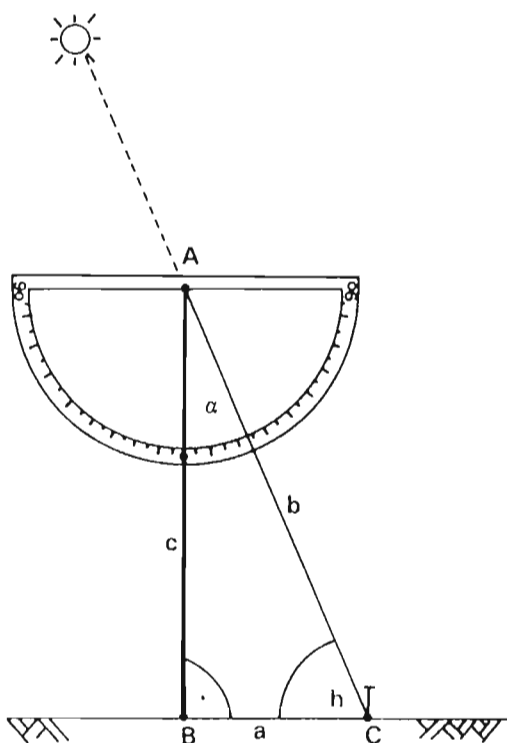
Mjerenje visine Sunca u času gornje kulminacije

Već ste vidjeli da pravac najkraće sjene vertikalno zabodenog štapa leži u podnevačkoj liniji. Najkraću sjenu daje štap u momentu kad Sunce prolazi kroz meridijan. Tada je Sunce u gornjoj kulminaciji, a njegova visina nad horizontom je najveća. Kako možemo odrediti tu visinu?

U tlo ili dasku na kojoj je vertikalno učvršćen štap (sl. 25) zabodimo čavla u vrh najkraće sjene C, koju baca štap u času gornje kulminacije Sunca. Koncem spojite vrh štapa A i podnožje čavla C. Dobićete pravokutni trokut A B C, koji ima stranice: a = sjena štapa, b = konac, c = štap. Kut h je visina Sunca u času njegove gornje kulminacije. Taj kut bi se mogao direktno izmjeriti, običnim malim kutomjerom. Ali pri tome smeta daska odnosno tlo, zbog kojeg ne možemo osnovu kutomjera postaviti u liniju sjene. Zato je jednostavnije postaviti kutomjer na vrh štapa i izmjeriti kut α (alfa) i očitane vrijednosti odbiti od 90° . To je kut h , a ujedno i visina Sunca u času gornje kulminacije.

Zbir kutova u trokutu je 180° . Prema tome je:

$$h + \alpha + 90^\circ = 180^\circ; \quad h = 180^\circ - 90^\circ - \alpha; \quad h = 90^\circ - \alpha$$

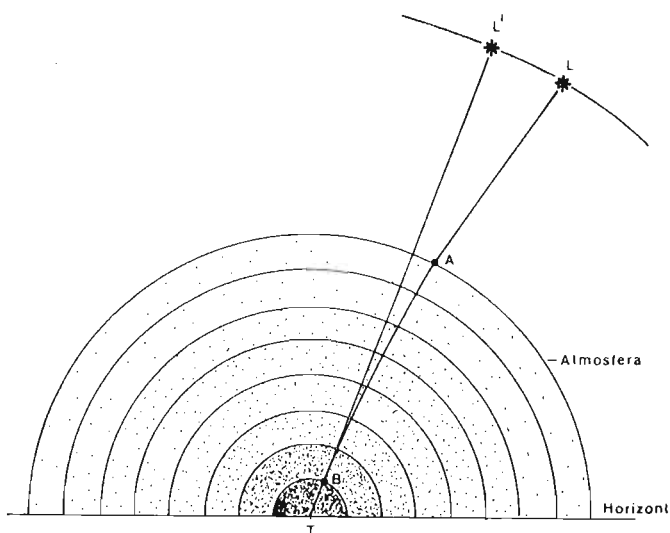


Sl. 25. — Mjerenje visine Sunca u času gornje kulminacije

PRIVIDNI POLOŽAJ NEBESKIH TIJELA

Kad posmatramo nebeska tijela, npr. neku zvijezdu, onda je njen položaj na nebu prividan. Drugim riječima, zvijezda se stvarno ne nalazi na onom mjestu na kojem je vidimo. Zašto je to tako?

Svjetlosni zrak koji dolazi s nekog nebeskog tijela (npr. zvijezde L, sl. 26) prolazi kroz svemirski prostor i ulazi u Zemljinu atmosferu, u kojoj nastaje prelamanje ili refrakcija svjetla.



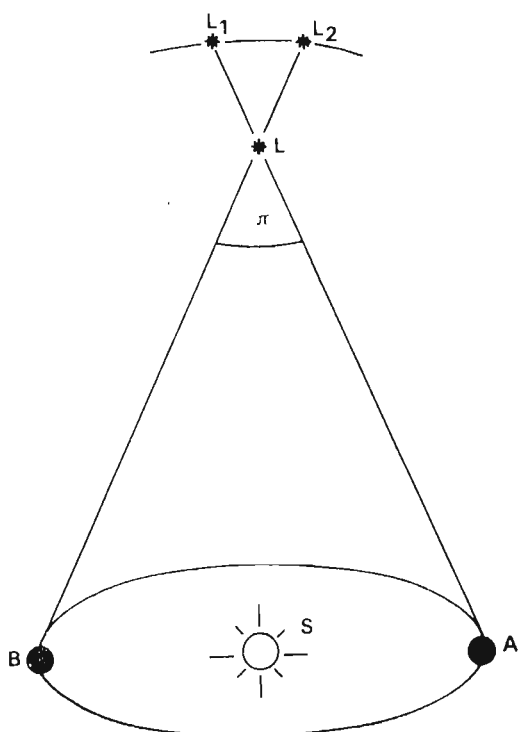
Sl. 26. — Refrakcija svjetla

Prelamanje svjetla je posljedica prolaženja zraka svjetla kroz slojeve Zemljine atmosfere, koji su različite gustoće. Kako se gustoća atmosfere postepeno mijenja (bliže Zemljinoj površini atmosfera je gušća) to put zrake svjetla nije izlomljena linija, nego blago zakrivljena (A — T). Kad zraka svjetla konačno stigne u oko posmatrača, stiže u završnom pravcu (B — T), pa zato posmatrač vidi zvijezdu na prividno višem položaju, u L'.

Najjača je refrakcija onih svjetlosnih zraka koje dolaze s nebeskih tijela koja su u blizini horizonta, a nema je kod tijela koja su u zenitu.

Zbog astronomske refrakcije nebeska tijela se prividno vide iznad horizonta i kada se stvarno nalaze ispod horizonta, u njegovoj neposrednoj blizini.

Kad se Zemlja na svom putu oko Sunca nađe u tački A (sl. 27), onda se zvijezda L vidi na nebeskoj sferi u tački L₁. Nakon 6 mjeseci Zemlja dođe u položaj B, a zvijezda L se vidi na nebeskoj sferi u tački L₂, pa je očito da je zvijezda prividno promijenila svoj položaj.



Sl. 27. — Paralaksa zvijezda

Ova prividna promjena položaja zvijezde kad se ona posmatra s raznih tačaka Zemljine putanje naziva se paralaksa zvijezda (grč. paralaksis = mijenjanje, promjena).

Ugao π koji nastaje usljed prividne promjene položaja zvijezde posmatrane s krajnjih tačaka Zemljine putanje je veoma malen i izražava se u desetim i stotim dijelovima uglovnih sekundi.

Pored prividnog mijenjanja položaja posmatranih nebeskih tijela, postoji i stvarno mijenjanje položaja zvijezda na nebu. Tako npr. postoji kretanje zvijezda oko centra naše galaktike, koje se zbog velikih udaljenosti od nas može primijetiti tek nakon dugog vremena posmatranja.

PITANJA :

1. Šta je to refrakcija?

2. Zašto je refrakcija najveća kod nebeskih tijela koja su blizu horizonta (izlaze odnosno zalaze), a najmanja ili je uopće nema kod tijela koja su blizu zenita ili u samom zenitu?

SAZVJEŽĐA (ZVIJEŽĐA)

Za vedrih noći može se prostim okom izbrojati oko 3000 zvijezda. One su na onoj polovini nebeske sfere koju vidimo iznad svoga horizonta. Približno isto toliko zvijezda mogli bismo izbrojati i na drugoj polovini nebeske sfere, koja je ispod našeg horizonta. Međutim, pomoću teleskopa (astronomskog durbina, kojim se može gledati daleko u svemir) i na fotografijama neba, otkrivaju se milijarde zvijezda.

Još su starovjekovni astronomi, radi lakšeg snalaženja na nebu, sve zvijezde koje su vidjeli prostim okom (tada nije bilo durbina odnosno teleskopa) grupisali u tzv. sazvježđa, zviježđa ili konstelacije (lat. con=sa, stella=zvijezda). Tim su sazvježdima dali imena svojih božanstava, mitoloških bića, životinja ili predmeta na koja su ih svojim izgledom podsjećale grupe zvijezda.

Tako su Grci još u II v. p. n. ere podijelili sve vidljive zvijezde na 48 sazvježđa. U savremenoj astronomiji sve su zvijezde podijeljene na 88 sazvježđa. Od njih se 28 nalazi na sjevernoj, 46 na južnoj nebeskoj hemisferi, a 14 oko nebeskog ekvatora.

Velikom broju sazvježđa na sjevernoj nebeskoj hemisferi imena su dali starovjekovni Grci, dok su sazvježdima južne hemisfere imena dali moreplovci koji su u novom vijeku plovili južnim morima ili učesnici ekspedicija u južne krajeve.

Sazvježđa se imenuju latinskim jezikom ili se prevode na naš. Pišu se velikim početnim slovom. Zvijezde pojedinih sazvježđa obilježavaju se malim slovima grčkog alfabeta, i to tako da se najsajnije zvijezde obilježavaju prvim slovima alfabeta. Kada se iscrpu slova grčkog alfabeta, onda se zvijezde obilježavaju i latinskim slovima (abecedom) i rednim brojevima.

Najsajnije zvijezde u pojedinim sazvježdima imaju i vlastita imena grčkog ili rimskog porijekla, kao npr. Castor, Pollux, Prokyon, Sirius, Antares ili arapskog porijekla kao npr. Betelgeuze, Rigel, Deneb, Mizar, Altair, Aldebaran i dr.

Sazvježđa su prva osnova za orijentaciju na nebu, zbog čega je korisno upoznati ona glavna, s najsjajnijim zvijezdama, koja su vidljiva prostim okom iz naših krajeva. Pri tome nam kao glavna pomagala služe zvjezdane karte.

U prilogu udžbenika data je pojednostavljena zvjezdana karta sjeverne hemisfere sa glavnim sazvježdima. Pomoću te karte i opisanih sazvježđa s najsjajnijim zvijezdama moguće je naći pojedina sazvježđa na nebeskoj sferi.

PRIVIDNA KRETANJA ZVIJEZDA, SUNCA, PLANETA I MJESECA

Kada posmatramo zvijezde, Sunce, planete i Mjesec, vidimo da ta nebeska tijela izlaze na istočnoj strani našeg horizonta, dižu se iznad horizonta, kulminiraju, zatim se spuštaju i zalaze na zapadnoj strani horizonta. Svoje kretanje nastavljaju ispod horizonta do ponovnog izlaza na istoku.

Čini se da se nebeska tijela okreću oko našeg horizonta od istoka prema zapadu i da za dan i noć naprave puni krug oko Zemlje. Stičemo pogrešan utisak da je naša planeta u središtu svemira i da se sva nebeska tijela okreću oko nje. Ovo prividno kretanje nebeskih tijela oko Zemlje zavaralo je mnoge astronome starog i srednjeg vijeka, kad se smatralo da Zemlja miruje u središtu vasione, a da se sva nebeska tijela okreću oko nje.

Prividno kretanje nebeskih tijela oko Zemlje od istoka prema zapadu posljedica je stvarnog okretanja Zemlje oko svoje osovine od zapada prema istoku.

Okretanje Zemlje oko svoje osovine naziva se rotacija Zemlje. (lat. rotatio = okretanje, obrtanje).

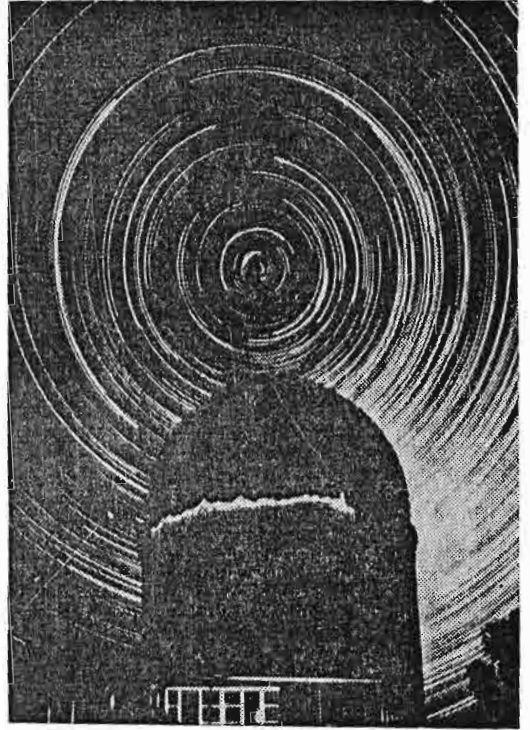
PRIVIDNA KRETANJA ZVIJEZDA

Prividna kretanja zvijezda, te oblike i položaje njihovih putanja na nebeskoj sferi najbolje se mogu uočiti na fotografskom snimku koji sami možete snimiti.

Ako običan foto-aparat učvrstite na stativ (nogare), usmjerite prema zvijezdi Sjevernjači i eksponirate (izložite) dovoljno dugo (oko 3 sata), dobićete nakon razvijanja sljedeći snimak (sl. 28).

Na snimku su svijetle zakrivljene linije, dijelovi putanja zvijezda. Te su putanje kružnice s centrom u sjevernom nebeskom polu, koji je u neposrednoj blizini zvijezde Sjevernjače. Zato Sjevernjača neće na snimku mijenjati svoj položaj ma koliko dugo snimali. Različita osvijetljenost krivulja posljedica je različitog sjaja snimljenih zvijezda.

Na snimku se vidi da su mnoge zvijezde cirkumpolarne (nikad ne zalaze), a ima ih koje izlaze i zalaze. To je najočitiji dokaz da se zvijezde prividno okreću oko Zemlje i da su im putanje međusobno paralelne (dnevni krugovi).

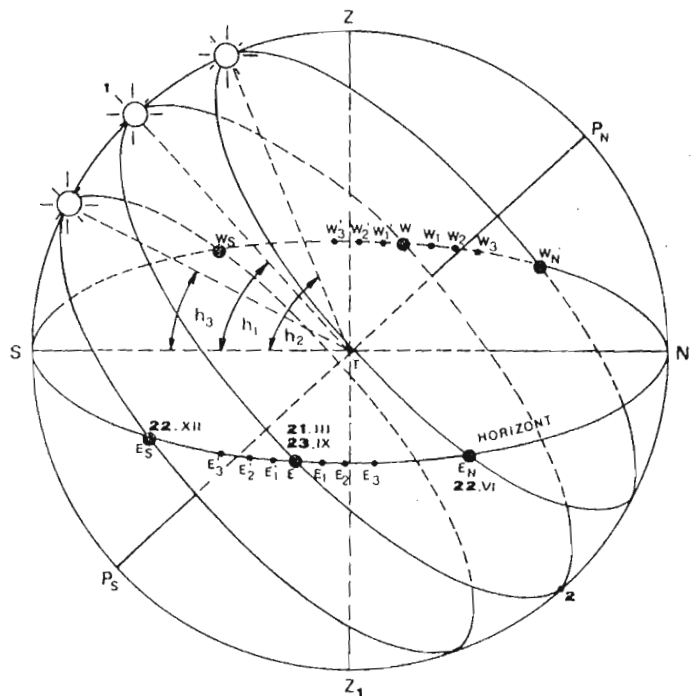


Sl. 28. — Fotografski dokaz za prividno kretanje zvijezda

PRIVIDNO DNEVNO KRETANJE SUNCA

I Sunce se kao i zvijezde prividno okreće oko Zemlje od istoka prema zapadu. Ali nasuprot pravilnom prividnom kretanju zvijezda u toku dana, odnosno godine, prividno dnevno i godišnje kretanje Sunca je drugačije.

Sunce u toku godine neprekidno mijenja tačke izlaza i zalaza na jednom istom horizontu. To znači da se mijenja i dužina vidljivog luka Sunca nad horizontom, a time i dužina dana. Ujedno se mijenja i visina Sunca nad horizontom, pa tako i kutjevi pod kojim padaju Sunčevi zraci na taj horizont.



Sl. 29. — Prividno kretanje Sunca na horizontu u toku godine

Razmotrimo to detaljnije pomoću slike 29.

Počnimo od datuma 21. marta. Toga datuma Sunce će na horizontu izaći u tački istoka E, a zaći u tački zapada W. Ravnina njegovog dnevnog kruga E, 1, W, 2 je nebeski ekvator. Ravnina horizonta N, E, S, W i ravnina nebeskog ekvatora uzajamno se polove, pa je vidljivi luk Sunca (iznad horizonta) jednak nevidljivom (ispod horizonta). Dan i noć traju jednako, po 12 sati. Visina Sunca u času gornje kulminacije (1) je h_1 . To je ugao pod kojim padaju Sunčevi zraci na horizont u podne.

Datum 21. mart naziva se danom proljetnjeg ekvinokcija (lat. aequus = jednak, nox = noć) ili proljetne ravnodnevice.

Od 21. marta Sunce će izlaziti i zalaziti na tačkama koje leže sve sjevernije od tačke istoka i tačke zapada. Na slici su to tačke: $E_1, E_2, E_3 \dots W_1, W_2, W_3 \dots$. Vidljivi lukovi Sunca postajaće sve veći (duži), nevidljivi sve manji (kraći). Dani će trajati duže od 12 sati, noći kraće. Sunčevi zraci padaće na horizont pod sve većim uglom.

22. juna Sunce će izaći i zaći na tačkama koje su najviše pomaknute prema sjevernoj tački horizonta (E_N, W_N). Vidljivi luk Sunca $E_N, 3, W_N, 4$ biće najduži od svih vidljivih lukova Sunca u toku godine, a nevidljivi najmanji. Prema tome, na sjevernoj Zemljinoj polukugli 22. juna dan će biti najduži, a noć najkraća u toku godine. Sunčevi zraci padaće na horizont pod najvećim uglom (h_2), pa će i zagrijavanje Zemljine površine biti najjače.

Datum 22. juna naziva se danom ljetnjeg solsticija (lat. sol = Sunce, sistere = stati) ili ljetnje dugodnevice.

Od 22. juna Sunce će izlaziti i zalaziti na tačkama koje leže sve bliže istoku i zapadu ($E_3, E_2, E_1 \dots, W_3, W_2, W_1$). Danji lukovi Sunca, iako duži od noćnih, biće sve kraći, a noćni sve duži. Prema tome, dani će, postajati kraći, a noći duže. Sunčevi zraci padaće na horizont pod sve manjim uglom. Zagrijavanje Zemljine površine biće sve slabije.

23. septembra Sunce će ponovo izaći i zaći u tačkama istoka i zapada E, W. Ponoviće se ista situacija kao i 21. marta. Dan i noć biće jednaki, po 12 sati.

Datum 23. septembar naziva se danom jesenjeg ekvinokcija ili jesenje ravnodnevice.

Od 23. septembra Sunce će izlaziti i zalaziti na tačkama koje leže sve južnije od tačaka istoka i zapada (sl. 29, tačke $E'_1, E'_2, E'_3 \dots W'_1, W'_2, W'_3$). Vidljivi lukovi Sunca postajaće sve kraći, nevidljivi sve duži. Dani će biti kraći od 12 sati, a noći duže. Sunčevi zraci padaće pod sve manjim uglom, pa će i zagrijavanje Zemljine površine biti sve slabije.

22. decembra Sunce će izaći i zaći na tačkama (E_S, W_S) koje su najviše primaknute južnoj tački horizonta S. Vidljivi (danji) luk Sunca tada će biti najmanji od svih vidljivih lukova, a nevidljivi (noć-

ni) najveći od svih nevidljivih lukova Sunca u toku godine. Na sjevernoj Zemljinoj polukugli 22. decembra dan će biti najkraći, a noć najduža u toku godine. Sunčevi zraci padaće na horizont pod najmanjim uglom (h_3), pa će i zagrijavanje Zemljine površine biti najmanje u toku godine.

Datum 22. decembar naziva se danom zimskog solsticija ili zimske kratkodnevice.

Od 22. decembra Sunce će ponovo izlaziti i zalaziti u tačkama koje će biti sve bliže tačkama istoka E i zapada W. Vidljivi lukovi Sunca, iako kraći od noćnih povećavaju se. Dani postaju sve duži, iako su još uvijek kraći od noći. Uglovi pod kojim padaju Sunčevi zraci postaju sve veći, pa i zagrijavanje Zemljine površine postaje sve jače.

I tako sve do ponovog datuma 21. marta, kad se prividno dnevno kretanje Sunca na horizontu ponavlja.

Datumi: 21. mart, 22. juni, 23. septembar i 22. decembar su četiri karakteristična datuma u godini.

Na južnoj Zemljinoj polukugli ova četiri karakteristična datuma zamjenjuju svoja značenja i nazive. 21. marta je jesenja ravnodnevica, 22. juna je zimska kratkodnevica, 23. septembra je proljetna ravnodnevica i 22. decembra je ljetna dugodnevica.

PRIVIDNO GODIŠNJE KRETANJE SUNCA — EKLIPTIKA

U toku prividnog godišnjeg kretanja Sunca oko Zemlje, projekcije Sunca posmatranog s neke tačke Zemljine površine padaju na razne tačke na nebeskoj sferi. To znači da Sunce neprekidno mijenja svoj položaj među zvijezdama. Kad se tačke projekcije Sunca na nebeskoj sferi spoje, dobije se kružnica koja predstavlja prividnu godišnju putanju Sunca oko Zemlje. Ta se putanja naziva *ekliptika* (grč. *ekleipo* = izostati). Međutim, stvarno se Zemlja okreće oko Sunca po putanji koja je u ravnini ekliptike.

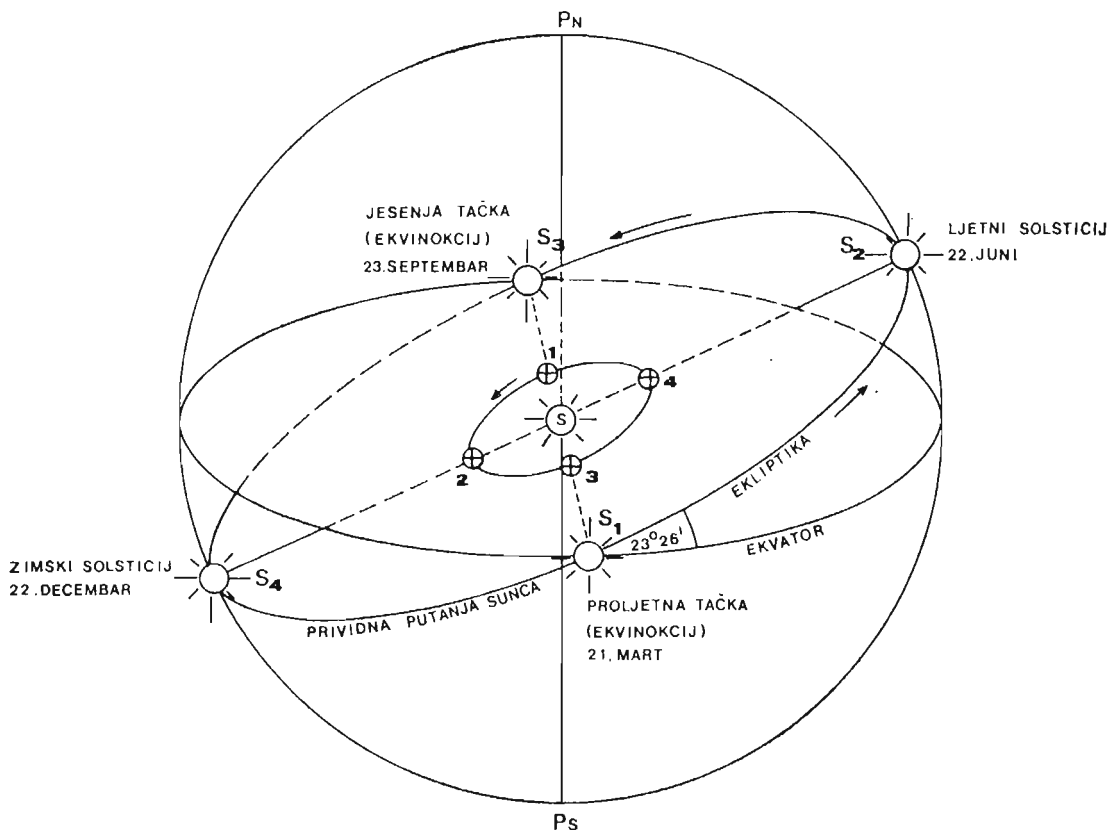
Kao što se vidi na slici 30, kad se Zemlja nađe u tački 1 svoje putanje, projekcija Sunca S pada na nebesku sferu u tačku S_1 . Kad se Zemlja nađe u tački 2 svoje putanje, projekcija Sunca pada u tačku S_2 . I tako redom.

Ekliptika kao prividna putanja Sunca oko Zemlje predstavlja veliku kružnicu na nebeskoj sferi. To je zamišljena putanja. Po njoj Sunce prividno obilazi oko Zemlje od zapada prema istoku i kroz godinu dana opiše puni krug.

Stvarna putanja Zemlje oko Sunca je elipsa. Po njoj Zemlja obilazi oko Sunca od zapada prema istoku i za godinu dana napravi puni okretaj. Obilaženje Zemlje oko Sunca naziva se *revolucijom Zemlje* (lat. *revolvere* = obrtati).

Ravnina ekliptike i ravnina nebeskog ekvatora sijeku se pod kutom od oko $23^\circ 26'$. Taj se kut naziva *nagib ekliptike*.

Ekliptika i nebeski ekvator sijeku se u dvije suprotne tačke nebeske sfere. Jedna od njih naziva se *proljetnom tačkom* ili *tačkom proljetnje ravnodnevice* (S_1). To je ona tačka



Sl. 30. — Prividno godišnje kretanje Sunca po nebeskoj sferi

u kojoj se Sunce nađe 21. marta u toku svog prividnog obilaženja oko Zemlje. Tada Sunce prelazi s južne na sjevernu nebesku hemisferu.

Druga tačka naziva se jesenja tačka ili tačka jesenje ravnodnevice (S_3). To je ona tačka u kojoj se nađe Sunce 23. septembra. Tada prelazi sa sjeverne na južnu nebesku hemisferu.

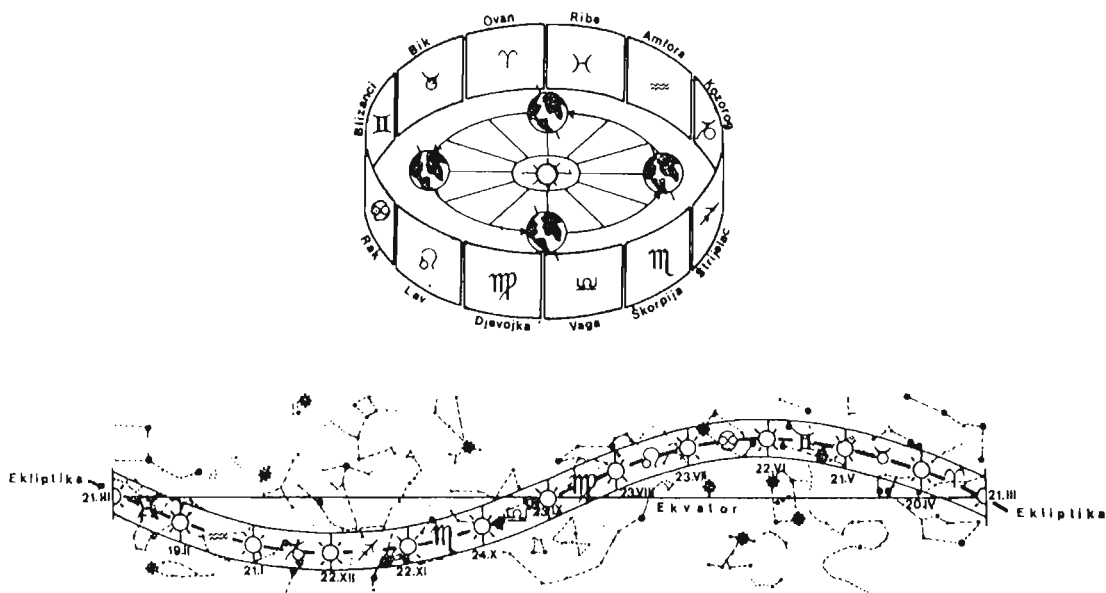
Krećući se prividno po ekliptici, Sunce dostigne najveću udaljenost od nebeskog ekvatora u tzv. solsticijskim tačkama. To su tačke ljetnjeg i zimskog solsticija S_2 i S_4 .

U tački ljetnjeg solsticija Sunce se nađe 22. juna i tada je na tački svoje putanje koja se najviše približila sjevernom nebeskom polu. U tački zimskog solsticija nađe se 22. decembra i tada je na tački svoje putanje koja se najviše približila južnom nebeskom polu.

Zodijak

Obilazeći prividno oko Zemlje, Sunce u toku godine prolazi kroz 12 sazvežđa koja su vidljiva iz naših krajeva. To su: Ribe (Pisces), Ovan (Aries), Bik (Taurus), Blizanci (Gemini), Rak (Cancer), Lav (Leo), Djevojka (Virgo), Vaga (Libra), Škorpija (Scorpius), Strijelac (Sagittarius), Kozorog (Capricornus), Vodolija (Aquarius).

U sazvežđu Riba Sunce se nađe 21. marta, u sazvežđu Blizanaca 22. juna, u sazvežđu Djevojke 23. septembra a u sazvežđu Strijelca 22. decembra (sl. 31).



Sl. 31. — Zodijak i sazvježđa u koja pada projekcija Sunca u toku godine

Ova sazvježđa obrazuju na nebeskoj sferi krug, koji se naziva zodijski krug ili zodijski krug (grč zoodios = životinja), jer u imenima sazvježđa preovladavaju životinjska.

ZADACI:

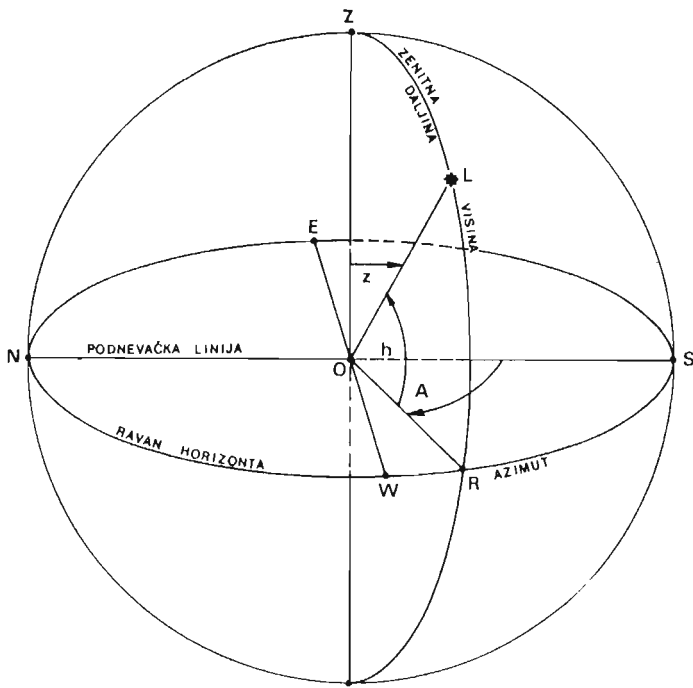
Otvorite zvjezdanu kartu sjeverne hemisfere, priloženu na kraju knjige. Na osnovu crteža (sl. 31) nađite na karti odgovarajuća sazvježđa zodijskog kruga. Kroz njih prolazi linija ekliptike. Upišite olovkom mjesec u koji pada projekcija Sunca u pojedinim sazvježđima.

KOORDINATNI SISTEMI

Položaj nebeskih tijela određuje se pomoću koordinatnih sistema. Kao najpogodniji u astronomiji se koristi sferni koordinatni sistem. Položaj nekog tijela na nebeskoj sferi može se lako odrediti mjerenjem dva ugla. Takva mjerenja se obavljaju posebnim instrumentima, koji imaju dodatke za precizno određivanje veličine uglova. U astronomiji se najčešće primjenjuju horizontski i ekvatorski koordinatni sistemi, s kojima ćemo se detaljnije upoznati.

Horizontski koordinatni sistem

Koordinatni početak ovog, kao i svih ostalih koordinatnih sistema, jest oko posmatrača. Osnovna ravan koja se ovdje koristi je ravan horizonta, a osnovni pravac je podnevačka linija. Na slici 32 prikazan je horizontski koordinatni sistem. Neka zvijezda (označimo je sa L) nalazi se negdje na nebeskoj sferi. Kroz tačku zenita Z i pomenutu zvijezdu L povučemo luk prema horizontu. Presjek ovog luka i linije horizonta daje tačku R. Na ravni horizonta uočimo podnevačku liniju N-S. Prva koordinata u horizontskom sistemu je azimut. Njega označavamo slovom A. To je ugao koji leži u ravni horizonta i mjeri se od južne tačke S pa sve do presjeka luka ZL s linijom horizonta, odnosno do tačke R. Na našoj slici to je ugao SOR.



Sl. 32. — Horizontski koordinatni sistem

na horizontu do 90° u zenitu. Često se u astronomiji upotrebljava drugi ugao za mjerenje ove koordinate. To je zenitna udaljenost. Na slici je to ugao ZOL. Ona se označava slovom z , a između nje i visine postoji veza: $h + z = 90^\circ$.

Zenitna udaljenost se mjeri od zenita, gdje iznosi 0° . Ako posmatrač promijeni mjesto posmatranja, horizontske koordinate se mijenjaju. One se takođe mijenjaju proticanjem vremena zbog prividnog dnevnog kretanja nebeske sfere.

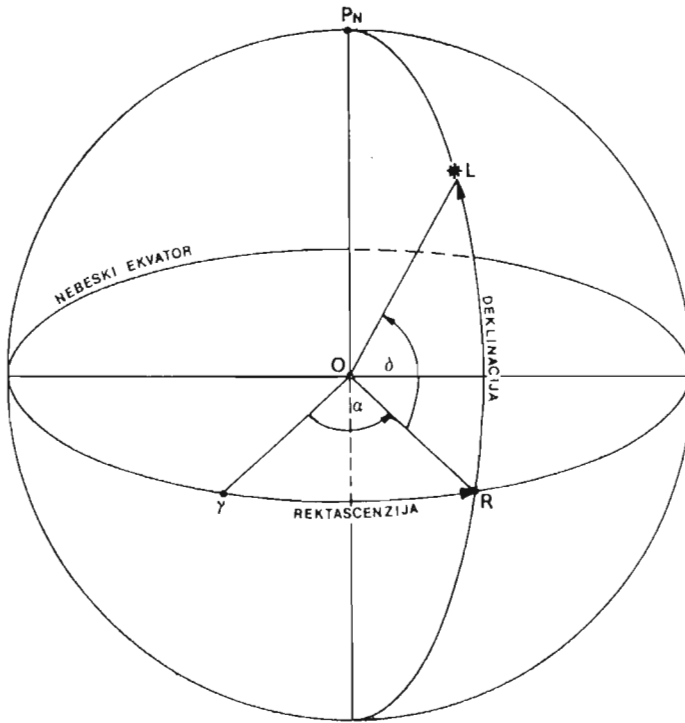
Ekvatorski koordinatni sistem

Osnovna ravan ovog koordinatnog sistema je ravan nebeskog ekvatora. Osnovni pravac je pravac od ishodišta koordinatnog sistema 0 ka tački proljetne ravnodnevice, koja se označava sa γ . Na slici 33 ponovo uočimo neku zvijezdu L. Povučemo luk iz nebeskog pola P_N kroz zvijezdu L i dobijemo tačku presjeka tog luka s nebeskim ekvatorom R. Sjetimo se da je ovaj naš luk P_NLR u stvari dio deklinacionog kruga zvijezde L. Iz ishodišta koordinatnog sistema 0 povučemo pravac ka proljetnoj tački γ . Ovim možemo uvesti dvije nove koordinate. To su rektascenzija, koja se označava grčkim slovom α i deklinacija, koja nosi oznaku δ .

Sa slike 33 je vidljivo da se rektascenzija mjeri u ravni nebeskog ekvatora, i to u smjeru suprotnom od smjera dnevnog obrtanja nebeske sfere. To je smjer od zapada prema istoku. Rektascenzija može da ima vrijednosti od 0° do 360° . Astronomi mnogo češće ovu

Azimut se mjeri uvijek u određenom smjeru, koji je jednak smjeru okretanja kazaljke na satu. Na našoj slici je to smjer od južne, preko zapadne, ka sjevernoj i istočnoj tački. Azimut se mjeri od 0° do 360° .

Druga koordinata se naziva visina i označava slovom h . To je ugao u vertikalnoj ravni koji se mjeri od horizonta do naše zvijezde. Na slici je to ugao LOR. Visina se računa od 0°



Sl. 33 — Ekvatorski koordinantni sistem

koordinatu izražavaju vremenom. Jednom obrtu nebeske sfere za 24 časa odgovara 360° . To znači da je $1^h = 15^\circ$.

Deklinacija se mjeri uglom od nebeskog ekvatora ka zvijezdi. Na slici je to ugao LOR. Ako je nebesko tijelo sjeverno od ekvatora, tada je deklinacija pozitivna i mjeri se od 0° do 90° . Kada je tijelo ispod ekvatora, tada je deklinacija negativna.

ZADACI:

1. Odredi azimute zapadne, istočne i sjeverne tačke horizonta.
2. U momentu posmatranja, visina h neke zvijezde iznosi 30° .
Kolika je zenitna udaljenost te zvijezde?
3. Odredi rektascenziju i deklinaciju tačke proljetne ravnodnevce?

POSMATRANJA I MJERENJA

Kako zapaziti prividno kretanje zvijezda?

Ako nemate durbin ili školski teleskop, onda prividno kretanje zvijezda od istoka prema zapadu možete lako zapaziti na sljedeći način.

Kad se pojave zvijezde, izađite na otvoren prostor. Okrenite se prema južnoj strani horizonta. Pronađite neki vertikalno postavljeni objekat nedaleko od vašeg stojišta (neki stub, rub dimnjaka i sl.). Stanite tako da veoma blizu ruba tog objekta, a lijevo, dakle istočno od njega vidite neku zvijezdu. Ostanite nekoliko minuta nepomični, posmatrajući naizmjenično rub i zvijezdu. Primijetićete kako se razmak između zvijezde i ruba objekta sve više smanjuje i kako za kratko vrijeme zvijezda zađe za objekat. Ona se prividno pomjerila od istoka prema zapadu. Za ovo posmatranje možete se poslužiti i spravom s viskovima, koju ste sami izradili (sl. 18). Ako imate durbin ili školski teleskop, onda ih učvrstite i kroz njih posmatrajte zvijezde. Primijetićete da se u vidnom polju uhvaćene zvijezde polako pomiču prema zapadu i nestaju iz vidnog polja. Pri tome zvijezde neće mijenjati međusobne razmake. Ako hoćemo da iste zvijezde zadržimo u vidnom polju durbina ili teleskopa, moramo durbin pomicati u istom smjeru i za isti pomak za koji se i zvijezde pomjeraju, tj. od istoka prema zapadu. Nacrtajte vjerno međusobni raspored zvijezda uhvaćenih teleskopom. Nakon nekog vremena (1–2 sata) pronadite teleskopom istu grupu zvijezda. Uporedite položaje zvijezda na nebu s ovim na crtežu. Ima li razlike?

Okrenite se prema sjeveru i ponovite posmatranje zvijezda na opisani način. Sada zvijezde nailaze s desne strane, ali opet od istoka.

Kako pratiti prividno dnevno kretanje Sunca na horizontu?

Najprije se mora naći najpogodnija tačka s koje se može u svako doba godine vidjeti istočna i zapadna strana horizonta. To može da bude tačka i u vašem stanu, ukoliko su prozori stana okrenuti prema tim stranama horizonta. Ako nemate takvu mogućnost, onda na otvorenom prostoru odaberite tu tačku.

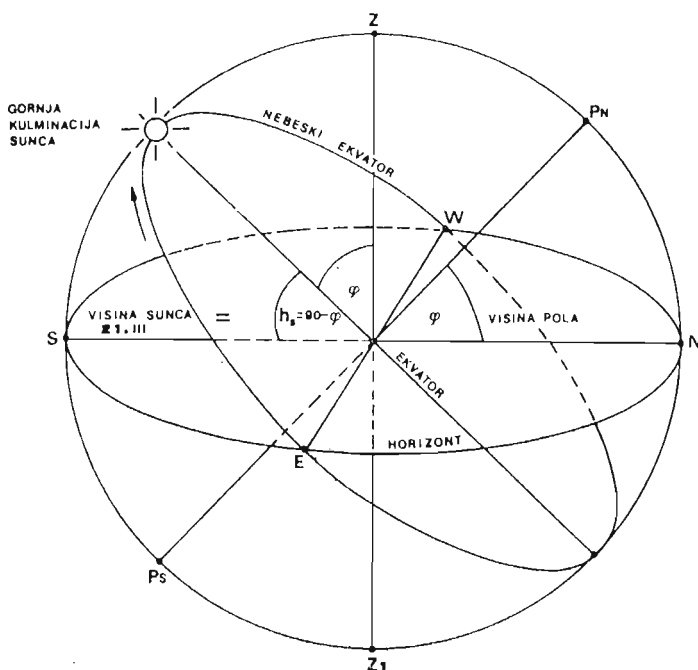
Potrebno je da najprije s odabrane tačke na većem papiru nacrtate što tačnije obrise brda koja se u daljini naziru na istočnoj i zapadnoj strani. Ako je horizont prema istoku i zapadu potpuno ravan i ako ništa ne zaklanja vaš pogled (nema brda), onda na papiru nacrtajte uočljive objekte na horizontu (stabla, kuće u daljini, grmlje električne ili telefonske stubove i sl.). Najbolje je ako istočnu i zapadnu stranu svog horizonta možete snimiti foto-aparatom s tačke stojišta, tako da dobijete dva snimka, na kojima će se jasno raspoznavati obrisi brda, odnosno objekti na horizontu.

Pripremite posebnu teku u koju ćete unositi sva opažanja i mjerenja.

Započnite posmatranje 21. marta, na datum proljetne ravnodnevce. Ako je taj dan oblačan, pa se Sunce ne vidi, sačekajte prvi vedar dan i počnite posmatranje.

Sunce će na taj datum izaći oko 6 sati. Ako su na istoku brda, onda će se nad horizontom pojaviti kasnije. Na foto-snimku ili na crtežu obrisa (kontura) brda koji ste pripremili, označite kružićem tačno mjesto izlaska Sunca. U bilježnicu zapišite vrijeme pojave Sunca i datum opažanja. To isto napravite i na snimku koji prikazuje zapadnu stranu horizonta u vrijeme kad Sunce bude zalazilo. To će biti oko 18 sati.

Tačke na kojima je Sunce izašlo odnosno zašlo jesu tačke istoka E i zapada W na vašem horizontu.



Sl. 34. — Visina nebeskog ekvatora nad horizontom

Osim ovih opažanja, možete tog datuma izvršiti i mjerenje visine Sunca u času gornje kulminacije kako je to već objašnjeno na slici 25.

Sjetite se kako ste kutomjerom (sl. 19) odredili visinu sjevernog nebeskog pola nad svojim horizontom i time dobili geografsku širinu. Visina Sunca koju ste izmjerili u času gornje kulminacije mora biti jednaka toj geografskoj širini dopunjenoj do 90° ($h = 90^\circ - \varphi$) (sl. 34).

Dnevni krug Sunca tog datuma je nebeski ekvator. Izmjerivši visinu Sunca u gornjoj kulminaciji, dobili smo ujedno i visinu nebeskog

ekvatora nad horizontom. Ravnina nebeskog ekvatora prolazi kroz istočnu i zapadnu tačku horizonta.

Novo opažanje izvršite nakon 10 dana. Sve ponovite. Obilježite tačke izlaza i zalaza Sunca na crtežima obrisa brda. Vidjećete da su se nove tačke u odnosu na već zabilježene tačke istoka i zapada pomakle prema sjeveru. Izmjerite visinu Sunca u času gornje kulminacije i vidjećete da je postala veća od one izmjerene 21. marta. Dnevni krug Sunca je iznad nebeskog ekvatora. Zabilježite vrijeme izlaza i zalaza Sunca i primijetite da je Sunce ranije izašlo i kasnije zašlo od vremena koje ste ranije zapisali. To znači da dan traje duže od onog 21. marta.

I tako, redom vršite opažanja i mjerenja svakih 10 dana. Pripazite na datum 22. juna. Izvršite sva potrebna opažanja i mjerenja i ponovite ih 10 dana kasnije. Objasnite razlike u mjerenjima.

23. septembra ponoviće se ista situacija koja je bila 21. marta. I tako uz pomoć objašnjenja datih u poglavlju o prividnom dnevnom kretanju Sunca, vršite opažanja i mjerenja kretanja Sunca nad svojim horizontom u toku godine. Sva opažanja i mjerenja bilježite. Uočavajte i objašnjavajte razlike između pojava i mjerenja.

Oponašajući sliku br. 29 možete grafički predstaviti sva svoja posmatranja i mjerenja. Uradite taj crtež na većem komadu papira. Potrebno je da kut između ravnine ucrtanog horizonta (to je vaš horizont) i nebeske osovine bude jednak geografskoj širini tačke s koje vršite osmatranje. Geografsku širinu odredite na već opisani način (Sl. 14). Okomito na pravac nebeske osovine stoji ravnina nebeskog ekvatora koja siječe horizont u tačkama istoka E i zapada W. Kut h je izmjerena visina Sunca u času gornje kulminacije. Izmjerene kutove visina nanosite na crtež pomoću malog kutomjera. Iz te visine možete na crtežu dobiti i tačke izlaza i zalaza Sunca za taj dan, a time i dnevni krug Sunca.

Kako pratiti prividno godišnje kretanje Sunca?

Veliki sjaj Sunca onemogućava da po danu na nebu vidite zvijezde u koje pada projekcija Sunca posmatranog s vašeg stajališta. Zato po danu ne možete primijetiti njegovo prividno kretanje među zvijezdama, koje se obavlja od zapada prema istoku. Međutim, odmah po zalasku Sunca možete primijetiti na zapadu iznad tačke na kojoj je Sunce na horizontu zašlo neku sjajniju zvijezdu. Da biste odredili njen položaj na nebeskoj sferi u času opažanja, poslužite se spravom s viskovima, koja je prikazana na sl. 18.

Namjestite viskove tako da umireni leže u ravnini vertikalnog kruga koji prolazi kroz zvijezdu i vaše oko. To će biti onda kad pravac od vašeg oka prolazi kroz viskove i zvijezdu. Ovo posmatranje izvodite sjedeći na stolici. Zabilježite vrijeme osmatranja. Nakon 2—3 dana, sa iste tačke i u isto vrijeme pogledajte preko viskova prema zvijezdi. Primijetite da se ona pomakla prema zapadu. Posmatrajući istu zvijezdu i u isto vrijeme svaka 2—3 dana uzastopno (ne pomjerajući pri tome letve, s viskovima), zapazite da se zvijezda sve više udaljava prema zapadu, što znači da joj se Sunce približava od zapada prema istoku. Uskoro će ona nestati na zapadu, a Sunce će se naći istočno od zvijezde. Pojaviće se nova zvijezda s kojom će se isto dešavati.

Ovo posmatranje možete izvesti prostim okom uočavajući smjenu sazvježđa. Osmotrite na zapadu mjesto zalaza Sunca. Sačekajte da se smrači i da se na zapadnom dijelu neba, iznad tačke zalaza Sunca pojave zvijezde. Pomoću zvjezdane karte odredite koje je sazvježđe. Treba da bude jedno od sazvježđa zodijskih. Zabilježite vrijeme kada ste sazvježđe osmotrili. Nakon oko mjesec dana izvršite ponovno posmatranje na isti način. Zapazite da se sada na mjestu ranijeg sazvježđa pojavilo novo, koje je u zodijskom bilo susjedno onom prvom. I tako redom. Kada vam se pruži prilika, možete pomoću karte neba pratiti položaje Sunca u toku njegovog prividnog obilaska oko Zemlje od zapada prema istoku.

PRIVIDNO KRETANJE MJESECA

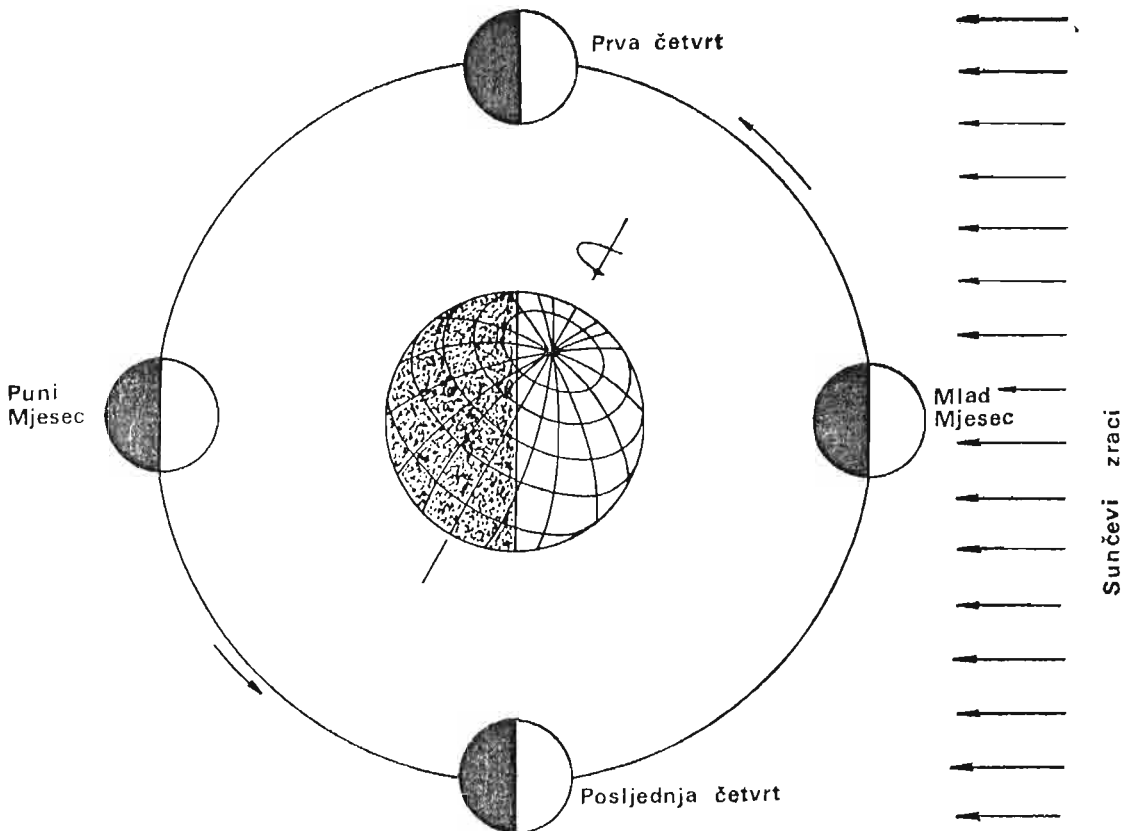
Mjesec je Zemljin satelit. Obilazi oko Zemlje u istom pravcu u kojem se i Zemlja okreće oko Sunca, tj. od zapada prema istoku. Uslijed Zemljine rotacije Mjesec kao zvijezde i Sunce prividno izlazi na istoku i zalazi na zapadu.

Sunce osvjetljava Mjesec, pa mu je jedna polovina uvijek osvjetljena, dok je druga u tami. Ako se dugo posmatra kretanje Mjeseca u odnosu na Sunce, onda se primjećuje da Mjesec svaki dan zaostaje za Suncem prema istoku. Njegovi izlasci, kulminacije i zalasci na horizontu kasne u odnosu na Sunce svaki dan oko 50 minuta.

U toku svog okretanja oko Zemlje Mjesec prividno mijenja svoj oblik. To mijenjanje oblika Mjeseca, kad se posmatra u različitim položajima u odnosu na Sunce, naziva se Mjesečevim fazama ili mijenama.

U nekom datumu, posmatrani s nekog horizonta, Mjesec i Sunce izlaze zajedno na istoku (jutro), kulminiraju u podne i zalaze na zapadu (večer). U odnosu na Zemlju, Mjesec se nalazi na istoj strani na kojoj i Sunce. Mjesec se uslijed jarkog Sunčevog sjaja ne vidi iako je iznad horizonta. Sunce osvjetljava onu polovinu Mjeseca koju nikad ne vidimo sa Zemlje. Ta se faza naziva mlad Mjesec ili mladina (sl. 35).

U toku narednih dana primijetiće se da izlasci, kulminacije i zalasci Mjeseca kasne u odnosu na Sunce. Mjesec izlazi sve bliže podnevu, a zalazi sve bliže ponoći.



Sl. 35. — Mjesečeve faze (mijenama)

Nakon 7 i po dana od početka posmatranja, Mjesec će izaći na istoku kad Sunce bude u gornjoj kulminaciji (podne), kulminiraće kad Sunce bude zalazilo i zaći će na zapadu kad Sunce bude u donjoj kulminaciji (ponoć). Nastupila je faza koja se naziva p r v a č e t v r t.

Tokom daljnjih 7 i po dana Mjesec će i dalje sve više zaostajati za Suncem, pa će se u odnosu na Zemlju naći na suprotnoj strani od njega. Mjesec će izaći navečer na istoku kad Sunce bude zalazilo na zapadu, kulminiraće u gornjoj kulminaciji kad Sunce bude kulminiralo u donjoj (ponoć), a zaći će na zapadu kad se Sunce bude rađalo na istoku. Sunce će osvjetljivati onu polovinu Mjeseca koju sa Zemlje stalno vidimo. Ta se faza naziva p u n M j e s e c ili u š t a p.

Nakon daljnjih 7 i po dana, tj. oko 22 dana od početka posmatranja, Mjesec će izaći na istoku oko ponoći, kulminiraće kad Sunce bude izlazilo i zaći će na zapadu kad Sunce bude u gornjoj kulminaciji (podne). Ta se faza naziva p o s l j e d n j a č e t v r t.

Nakon još 7 i po dana, odnosno 29 i po dana od početka posmatranja, ponoviće se istovremeno izlasci, kulminacije i zalasci Mjeseca i Sunca. Nastupiće ponovo faza m l a d o g M j e s e c a.

Ako se prati kretanje Mjeseca u odnosu na zvijezde, primjećuje se ista pojava njegovog unazadnog kretanja (prema istoku) u odnosu na neku zvijezdu. Svaki sat Mjesec se u odnosu na neku zvijezdu pomjeri za oko $0,5^{\circ}$ prema istoku, što za 24 sata iznosi oko 50 minuta. To znači da Mjesec danas izlazi, kulminira i zalazi u odnosu na neku zvijezdu za oko 50 minuta kasnije nego jučer.

Pun obilazak oko Zemlje Mjesec izvrši za 27 dana, 7 sati, 43 minute i 11,5 sekundi. Po isteku tog vremena Mjesec se ponovo nađe u istom položaju u odnosu na istu zvijezdu i posmatrača.

Vremenski period između dva uzastopna položaja Mjeseca u odnosu na neku zvijezdu naziva se s i d e r i č n i m j e s e c (lat. siderius = zvjezdani).

Vrijeme koje protekne između dva uzastopna položaja Mjeseca prema Zemlji i Suncu (npr. vrijeme između dvije iste faze) naziva se s i n o d i č n i m j e s e c (grč. sinodikos = zborni). To vrijeme zaokruženo iznosi 29,5 dana.

I planete imaju svoja prividna kretanja. O njima će kasnije biti više riječi.

POSMATRANJA I MJERENJA

Osim navedena četiri oblika: mlad, prva četvrt, pun i posljednja četvrt, Mjesec može da ima i razne druge oblike. Sve zavisi od toga koji dio njegove od Sunca uvijek osvjetljene polovine vidimo. Tako možemo vidjeti Mjesec u obliku osvjetljenog tankog srpa, dok je sav ostali dio Mjesečevog diska u tami. Ili Mjesec bude gotovo sav osvjetljen, a samo mali srpoliki njegov dio je u tami.

Nađite Mjesec na nebu. Okrenite se prema njemu. Ako je desna strana Mjeseca osvjetljena, onda se on kreće od faze mladog ka fazi punog Mjeseca. Dakle, osvjetljenost Mjesečevog diska raste. Ako je lijeva strana osvjetljena, onda se Mjesec kreće od faze punog ka fazi mladog Mjeseca, dakle osvjetljenost njegove površine opada.

Kad se Mjesec vidi u obliku tankog srpa, a vrhovi toga srpa su okrenuti prema istoku, onda se Mjesec kreće ka fazi prve četvrti. Ako su vrhovi tankog srpa okrenuti ka zapadu, onda se Mjesec kreće od posljednje četvrti ka mladom Mjesecu.

Zapazite Mjesec na nebu, bez obzira u kojem je obliku. Nađite na svom horizontu neki objekat (stub, rub dimnjaka, stablo i sl.) koji leži u ravnini vertikalnog kruga što prolazi kroz stojište, zenit i Mjesec. Možete uzeti i spravu s viskovima (vidi sl. 18) i njome, preko viskova, gledati Mjesec. Zapišite vrijeme opažanja. Nacrtajte oblik Mjeseca. Konstatujte, koja mu je strana osvijetljena. Sutradan dođite na isto mjesto i u isto vrijeme. Mjesec još neće biti u onoj ravnini u kojoj je bio prošle noći u to vrijeme, nego će zaostati na istoku. Trebaće da protekne gotovo 50 minuta da se Mjesec ponovo nađe u ravnini jučer određenog vertikalnog kruga. Ako sad nacrtate Mjesec i uporedite ga s ranijim crtežem, primijetićete da je postao puniji ili tanji, zavisno od faze ka kojoj ide. Od toga će i zavisiti koja će mu strana (desna ili lijeva) biti osvijetljena.

Kad vam se ukaže prilika da na nebu istočno od Mjeseca (s njegove lijeve strane) a u njegovoj neposrednoj blizini vidite zvijezde (to je onda kada Mjesec nije previše sjajan), nacrtajte Mjesec i te zvijezde u njihovom međusobnom položaju. Nakon 2 sata uporedite crtež s novim položajem Mjeseca u odnosu na iste zvijezde. Primijetićete da im se on pri-makao.

Ako je neka zvijezda bila sasvim blizu Mjeseca s njegove lijeve strane, on će brzo pokriti tu zvijezdu i nakon oko jednog sata zvijezda će se ponovo pojaviti, ali sa desne strane Mjeseca (sa zapadne strane). To je očiti dokaz da se Mjesec kreće među zvijezdama od zapada prema istoku.

Na osnovu priložene zvjezdane karte sjeverne nebeske hemisfere, nađite sazvježđe zodijska na nebu u kojem se nalazi Mjesec. Već treću noć nakon prvog posmatranja zapazićete da se Mjesec premjestio u susjedno sazvježđe zodijska. Ako tako češće pratite Mjesec, zapazićete da se i on kao i Sunce kreće unutar 12 sazvježđa zodijska, što znači da se njegova putanja gotovo podudara s prividnom putanjom Sunca (ekliptikom).

Izvedite sljedeće:








U zamračenoj prostoriji stavite na stol globus. Osvijetlite ga iz jednog izvora svjetla (stolna lampa) koji će biti u visini globusa, a udaljen od njega. Uzmite malu lopticu (ping-pong), koja će predstavljati Mjesec. Lampa je Sunce. Postavite lopticu na istu visinu sa globusom, na udaljenost od 30 do 40 cm od njega. Neka je loptica između vas i globusa, tako da je ugao optica — globus — izvor svjetla oko 90° . Posmatrajte koji je dio loptice osvijetljen. Olovkom na loptici označite granicu između osvijetljenog i neosvijetljenog dijela. Granica će poloviti lopticu. Odredite koji dio osvijetljene polovine Mjeseca vidite sa Zemlje. Označite olovkom granicu tog sa Zemlje vidljivog dijela osvijetljene polovine Mjeseca.

Odredite strane svijeta na modelu (Zemlja se okreće od zapada prema istoku, dakle u suprotnom smjeru kazaljke na satu) i zaključite o kojim se fazama Mjeseca radi mijenjajući položaj loptice u odnosu na istu tačku globusa.

Orijentacija na horizontu pomoću faza Mjeseca

Na horizontu se možemo orijentisati i pomoću izgleda Mjeseca (njegovih faza) uz uslov da je Mjesec vidljiv i da znamo koliko je sati kada ga gledamo.

Za to se služimo slijedećom tabelom:

| Faza Mjeseca | Izgled mjeseca | Mjesec se nalazi na: | | | | |
|---|---|----------------------|------------------|------|------------------|--------|
| | | istoku | jugo- -istoku | jugu | jugo- -zapadu | zapadu |
| | | h | h | h | h | h |
|  | Srpolik: vrhovi prema istoku | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 |
|  | I četvrt: osvijetljena desna strana | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
|  | Osvijetljena desna strana | 15 | 18 | 21 | 24 | 3 |
|  | Pun Mjesec: sav Mjesec osvijetljen | 18 | 21 | 24 | 3 | 6 |
|  | Osvijetljena lijeva strana | 21 | 24 | 3 | 6 | 9 |
|  | Posljednja četvrt: osvijetljena lijeva strana | 24 | 3 | 6 | 9 | 12 |
|  | Srpolik: vrhovi prema zapadu | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |

Sl. 36. — Orientacija pomoću faza Mjeseca

Ako npr. Mjesec vidimo u prvoj četvrti oko 21 sat, onda gledamo prema jugozapadu. Ako mu je osvijetljen veliki dio lijeve strane oko 21 sat, onda gledamo prema istoku itd.

Pomoću tabele možemo zaključiti u kojoj se fazi nalazi Mjesec. Ako ga npr. vidimo oko 18 sati na jugozapadu, znači da je u fazi srpa i da raste ka prvoj četvrti itd.

Određivanje gornje kulminacije Mjeseca i mjerenje visine te kulminacije

Za mjerenje trenutka prolaza Mjeseca kroz meridijan poslužite se spravom sa sl. br. 20, koju ste sami konstruisali.

Postavite ravninu kutomjera u ravninu meridijana. To ćete postići tako što ćete gledati kroz rupicu na kutomjeru i pomjerati ga da središte konaca padne na onu tačku na horizontu u čijem pravcu leži južna tačka horizonta, posmatrano s vašeg stojišta.

Mjesec mora biti u blizini meridijana (istočno od njega) i vidljiv. To može biti onda kada je u fazi oko prve četvrti, i to između 18 i 22 sata (pogledajte priloženu tabelu, sl. 36).

Neposredno prije nego što Mjesec naiđe s istoka na meridijan, pomičite kutomjer prema gore ili dole, da pravac od oka prolazi kroz rupicu i središte konaca, koji treba da padne u središte Mjesečevog kruga. U tom času Mjesec je u gornjoj kulminaciji. Zapišite to vrijeme. Na kutomjeru izmjerite ugao koji pokriva kanap viska. To je visina Mjeseca nad horizontom u času gornje kulminacije. Zabilježite tu visinu. Te elemente (visinu i vrijeme gornje kulminacije) izmjerite i zapišite još nekoliko dana uzastopno.

Ponovite isto posmatranje nakon oko 15 dana — kada se Mjesec nalazi u posljednjoj četvrti i kada je u blizini meridijana između 5 i 8 sati ujutro. Zapisujte sve elemente mjerenja nekoliko dana uzastopce. Uporedite podatke između prve i ove druge serije mjerenja. Zaključujte!

Posmatranje prolaza Mjeseca kroz meridijan možete izvesti i pomoću sprave s viskovima (sl. 18). Pomoću te sprave možete utvrditi samo čas gornje kulminacije Mjeseca, ali ne možete izvršiti mjerenje njegove visine u tom času.

UPAMTITE!

Sva kretanja nebeskih tijela posmatranih s nekog horizonta su prividna. Sva nebeska tijela se prividno okreću od istoka prema zapadu.

Prividno okretanje nebeskih tijela od istoka prema zapadu posljedica je stvarnog okretanja Zemlje oko svoje osovine od zapada prema istoku.

Zvijezde ne mijenjaju tačke izlaza i zalaza i visine kulminacije na nekom horizontu u toku godine.

Sunce u toku svog prividnog dnevnog kretanja mijenja tačke izlaza i zalaza i visine kulminacija na nekom horizontu u toku godine.

Prividno kretanje Sunca oko Zemlje je dvojako. U toku godine po ekliptici, a u toku svakog dana po drugom dnevnom krugu.

Ekliptika je prividna putanja Sunca oko Zemlje u toku godine. Putanja Zemlje oko Sunca leži u ravnini ekliptike. Ekliptika i nebeski ekvator sijeku se u proljetnoj i jesenjoj tački.

Mjesec u toku obilaska oko Zemlje neprekidno mijenja svoj položaj u odnosu na Zemlju i Sunce. Faze Mjeseca (mlad, prva četvrt, pun i posljednja četvrt) posljedica su promjene tog položaja.

PITANJA I ZADACI:

1. Objasni prividno dnevno kretanje Sunca.
2. Koja je razlika između prividnih dnevnih putanja zvijezda i putanje Sunca?
3. Koji su karakteristični datumi izlaza i zalaza Sunca na nekom horizontu?
4. Šta je zodijak?
5. Na priloženoj zvjezdanoj karti sjeverne nebeske hemisfere nađi sazvježđa kroz koja prolazi Sunce u toku prividnog godišnjeg obilaženja oko Zemlje.
6. Nacrtaj nebesku sferu s ravninama ekliptike i ekvatora. Obilježi tačke presjeka ekliptike i ekvatora i naznači ugao pod kojim se sijeku te ravnine.

7. Zašto kod Sunca, koje je zvijezda kao i milijarde drugih, zapažamo promjene tačaka izlaza, zalaza i visina kulminacija na nekom horizontu u toku godine, a to isto ne zapažamo kod ostalih zvijezda?
8. Koje su Mjesečeve faze ili mijene?

MJERENJE VREMENA

Zvezdano vrijeme

Još su najstariji narodi mjerili vrijeme prema kretanjima nebeskih tijela. Oni su zapazili pravilnost tih kretanja, jer se nebeska tijela jedanput okrenu oko Zemlje u toku dana i noći, što se ravnomjerno ponavlja.

I danas se za potrebe svakodnevnog, praktičnog života traži tačno određivanje vremena, pa je to jedan od važnih zadataka praktične astronomije.

Ako se vrijeme određuje prema kretanjima zvijezda, onda se govori o zvezdanom vremenu. Osnovna jedinica zvezdanog vremena je zvezdani dan.

Zvezdani dan je vrijeme koje protekne između dvije uzastopne gornje kulminacije proljetne tačke.

Zvezdanim vremenom najviše se služe astronomi prilikom svojih posmatranja. Na astronomskim opservatorijama ili zvezdarnicama upotrebljavaju se i satovi koji pokazuju zvezdano vrijeme.

Sunčevo vrijeme

Zvezdano vrijeme, sa svojom jedinicom zvezdanim danom, nije podesno za mjerenje vremena u svakodnevnom, praktičnom životu. Naime, u toku dana, kada je ljudska aktivnost najveća, zvijezde se uslijed jarkog sunčevog sjaja ne vide. Zato je za svakodnevni, praktični život podesnije određivanje vremena prema prividnom kretanju Sunca.

Vrijeme koje se određuje prema prividnom kretanju Sunca naziva se sunčevo vrijeme. Osnovna jedinica sunčevog vremena je sunčev dan.

Sunčev dan je vrijeme koje protekne između dvije uzastopne gornje kulminacije Sunca. To se vrijeme naziva pravi sunčev dan.

Ali svi pravi sunčevi dani nisu jednako dugi u toku godine. Zemlja oko Sunca kruži različitim brzinama (vidi Keplerove zakone). Zato se i Sunce po ekliptici ne okreće jednakom brzinom. Kada se Sunce kreće brže (zimi), onda su i prevaljeni putevi duži, pa su i pravi sunčevi dani duži od onih pravih sunčevih dana kada se Sunce kreće sporije (ljeti).

Ova nejednakost u dužini trajanja pravih sunčevih dana stvarala bi poteškoće pri svakodnevnom mjerenju vremena, jer bi vremenski razmaci između uzastopnih podneva bili različiti — jednom duži, jednom kraći. Posljedica toga bila bi neprekidno ispravljanje naših satova i njihovo prilagođavanje nepravilnom prividnom kretanju pravog Sunca u toku godine.

Zato se vrijeme u svakodnevnom životu mjeri ne prema pravom Suncu nego jednom zamišljenom suncu, tzv. srednjem suncu, koje je osnova za srednje sunčevo vrijeme.

Srednje sunce je zamišljena tačka koja se ravnomjernom brzinom kreće po nebeskom ekvatoru.

Osnovna jedinica srednjeg sunčevog vremena je srednji sunčev dan.

Srednji sunčev dan je vrijeme između dvije uzastopne istoimene (gornje ili donje) kulminacije srednjeg sunca.

Svi srednji sunčevi dani traju jednako u toku godine. Ukupan broj srednjih sunčevih dana jednak je broju pravih sunčevih dana u godini.

Srednji sunčev dan ima 24 sata, svaki sat 60 minuta, svaka minuta 60 sekundi srednjeg sunčevog vremena.

Lokalno (mjesno) vrijeme

Sva mjerenja vremena vezana su za prolaz nebeskih tijela kroz meridijan nekog mjesta. To vrijeme koje se ravna prema prolazu nebeskog tijela (Sunca, zvijezde, Mjeseca) kroz meridijan mjesta naziva se lokalno ili mjesno vrijeme.

Sunce prolazi kroz meridijane pojedinih mjesta u podne. Kako se Sunce prividno kreće od istoka prema zapadu, to će sva mjesta koja su istočnije imati ranije podne od mjesta koja su zapadnije. To znači da su lokalna vremena različita za razna mjesta, zavisno od njihovog geografskog položaja. Samo ona mjesta koja leže na istom geografskom meridijanu, tj. koja imaju istu geografsku dužinu imaju isto lokalno vrijeme.

Zvezdano i srednje sunčevo vrijeme

Ako se zapamti vrijeme prolaska jedne zvijezde kroz meridijan, onda se posmatranjem može saznati da će ona sutradan kroz taj meridijan proći oko 4 minuta ranije. To znači da postoji razlika u dužini trajanja između zvezdanog i srednjeg sunčevog dana. Zvezdani dan je kraći od srednjeg sunčevog dana za oko 4 minute. Zvezdani satovi, koji se ravnaju prema kretanju zvijezda, prednjače svaki dan za oko 4 minute u odnosu na satove koji se ravnaju prema kretanju srednjeg sunca. Za mjesec dana to iznosi 2 sata, za tri mjeseca 6 sati, a za 12 mjeseci 24 sata više u odnosu na sunčevo vrijeme. Tako se za godinu dana nabere jedan zvezdani dan više.

Građansko vrijeme

Građansko vrijeme po kojem se ravnamo u svakodnevnom životu je srednje sunčevo vrijeme. Građanski dan, koji je osnovna jedinica građanskog vremena, započinje od donje kulminacije srednjeg sunca (ponoć) i traje do ponovne donje kulminacije tog sunca. Građanski dan ima 24 sata, svaki sat 60 minuta, svaka minuta 60 sekundi. Tako građanski dan ima 1440 minuta ili 86400 sekundi srednjeg sunčevog vremena.

Godina

Vremenska jedinica za mjerenje dužih vremenskih razmaka je godina. Još u starom vijeku uspjelo je astronomima da odrede dužinu godine na osnovu kretanja Sunca. Takva godina koja se ravna prema kretanju Sunca naziva se sunčeva godina.

Sunčeva godina je vrijeme za koje se Sunce, prošavši prividno cijelu ekliptiku, vrati u isti položaj.

Kako stvarno Zemlja obilazi oko Sunca, onda sunčevu godinu možemo definisati i kao vrijeme jednog punog obilaska Zemlje oko Sunca.

Međutim, ovo vrijeme punog obilaska Sunca oko Zemlje možemo određivati prema nekoj zvijezdi ili prema proljetnoj tački.

Sunčeva godina određena prema nekoj zvijezdi naziva se zvjezdana godina, a određena prema proljetnoj tački naziva se tropska godina.

Zvjezdana godina je vrijeme koje protekne između dvije uzastopne kulminacije Sunca s jednom istom zvijezdom.

Tropska godina je vrijeme između dva uzastopna prolaza Sunca kroz proljetnu tačku. Tropska godina ima 365,2422 srednjih sunčevih dana, odnosno 365 dana, 5 sati, 48 minuta i 45,8 sekundi srednjeg sunčevog vremena.

Građanska godina

To je godina po kojoj se računa u svakodnevnom životu. Njena osnova je tropska godina. Vidjeli smo da tropska godina nema cijeli broj srednjih sunčevih dana, nego ima decimalni broj (365,2422). Otuda je tropska godina bila nepodesna za praktičnu upotrebu. Zato je broj srednjih sunčevih dana u građanskoj godini zaokružen na cijeli broj. Tako građanska godina ima 365 dana, a kada je prestupna ima 366 dana.

Kalendar

Kalendarom se vrši podjela vremena unutar većeg vremenskog perioda. Pri tome se nastoji da se napravi takav kalendar u kojem će se pojave kao što su npr. prolaz Sunca kroz proljetnu tačku, solsticij-

ski položaji i sl. raspoređivati tako da po mogućnosti padaju uvijek u iste datume godine, a da pri tome godina ima okrugao broj dana. Drugim riječima, trajanje zaokruženog zbira dana kalendarske godine (365 odnosno 366 dana) treba što manje da odstupa od decimalnog zbira dana tropske godine (365,2422). Postoje razne mogućnosti da se izvede takva podjela vremena. Zato i postoje različiti kalendari, ali je svima zajedničko da kao podlogu uzimaju one prirodne odsjeke vremena koji se podudaraju s ritmom kretanja nebeskih tijela. Od svih tih tijela najčešće su uzimani Sunce i Mjesec.

Osim mjesečevog kalendara, zasnovanog na kretanjima Mjeseca, još davno, u starom vijeku postojali su kalendari zasnovani na kretanju Sunca. Takvi se kalendari nazivaju *sunčevim kalendari*.

Julijanski kalendar

Julijanski kalendar je nastao na osnovu starorimskog sunčevog kalendara, a uveo ga je u javnu upotrebu rimski car Julije Cezar 46. god. p. n. ere. Po njemu se taj kalendar prozvaio *Julijanskim ili kalendarom starog stila*.

Julijanski kalendar ima za osnovu tropsku godinu, koja je, prema astronomima iz tog vremena, trajala 365,25 dana. Kako građanska godina Julijanskog kalendara ima 365 dana (obična godina), to se nakon četiri godine nabere jedan dan više nego kalendar ima dana. ($0,25 \times 4 = 1$). Zato se taj dan dodavao kalendaru svake četvrte godine, pa je to bila *prestupna godina* sa 366 dana.

Iako je Julijanski kalendar vrlo jednostavan i praktičan, imao je jednu grešku, koja je tokom vremena sve više dolazila do izražaja i dovodila do sve većeg neslaganja između astronomskih događaja i datuma njihovog dešavanja. Naime, godina Julijanskog kalendara je nešto duža od tropske godine. To je dovelo do toga da se datum prolaza Sunca kroz proljetnu tačku (21. mart) u Julijanskom kalendaru sve više pomicao unazad, pa je npr. god. 1582. ravnodnevice padala na 11. mart, dakle, bila je 10 dana ranije.

Gregorijanski kalendar

Da bi se otklonila nepravilnost Julijanskog kalendara, papa Gregur XIII je 1582. god. izvršio njegovu izmjenu i uveo novi kalendar, koji se prema njemu prozvaio *Gregorijanski kalendar ili kalendar novog stila*.

Glavna izmjena sastojala se u tome da je datum proljetne ravnodnevice vraćen na 21. mart.

Kao i u Julijanskom kalendaru, prestupna je svaka četvrta godina, i to ona čiji su brojevi djeljivi s četiri bez ostatka. (1600, 1664, 1728, 1792, 1856, 1920, 1984 itd.)

Osim toga, uvedeno je da od godina kojima završavaju stoljeća (1600-ta, 1700-ta, 1800-ta, 1900-ta, 2000-ta itd.) bude prestupna tek svaka četvrta iako su sve djeljive s četiri bez ostatka. Tako je prestupna 1600-ta, ali nisu prestupne 1700-ta, 1800-ta, 1900-ta, a prestupna je 2000-ta. I tako redom.

Ni Gregorijanski kalendar nije sasvim tačan, jer je i godina Gregorijanskog kalendara nešto duža od tropske. Ali je ta razlika tako mala da se tek nakon 3330 godina nakupi jedan dan.

Prema tome, pomjeranje ravnodnevice u Gregorijanskom kalendaru je gotovo neprimjetno i u toku mnogih daljnjih vijekova počeci godišnjih doba padaće u iste datume. Tako je tačnost Gregorijanskog kalendara dovoljna za njegovu upotrebu u svakodnevnom životu.

Prema Gregorijanskom kalendaru danas se ravna većina država i naroda u svijetu, pa i naša država. Međutim, ima naroda koji se ravnaju prema svojim kalendarima, koji se razlikuju od Gregorijanskog, npr. Izraelci, Indijci, Japanci.

PITANJA :

1. *Koja je jedinica zvjezdanog, a koja sunčevog vremena i kako se definišu?*
2. *Šta je srednje sunčevo vrijeme i srednji sunčev dan? Zašto su uvedeni u mjerenje vremena?*
3. *Šta je lokalno vrijeme?*
4. *Šta je građansko vrijeme i građanski dan?*
5. *Šta je zvjezdana, a šta tropska godina?*
6. *Zašto je važna tropska godina?*
7. *Koji je osnovni nedostatak Julijanskog kalendara? Kako je ispravljen?*
8. *Kolika je »greška« Gregorijanskog kalendara i ima li ona neki praktični značaj?*

POSMATRANJA I MJERENJA

Kako utvrditi razliku između dužine zvjezdanog dana i srednjeg sunčevog dana?

Upotrijebite spravu s viskovima (sl. 18), koju ste sami izradili.

Postavite spravu u ravni meridijana. To ćete postići tako što štap s viskovima, koji je zaboden u zemlju, zakrećete polako, tako da pravac od vašeg oka preko oba viska pada na ono mjesto na horizontu koje ste zapamtili kao južnu tačku (vidi str. 19). Ne dirajući viskove, pređite na suprotnu stranu i pogledajte prema sjevernoj tački horizonta. Ona takođe mora ležati na pravcu od vašeg oka preko viskova. Viskove možete namjestiti tačno iznad ranije određene podnevačke linije.

Kad se dovoljno smrači, zapazite neku svijetlu zvijezdu koja je u gornjoj kulminaciji, tj. koja prolazi kroz ravninu meridijana u kojoj leže viskovi. U tom času pravac od vašeg oka mora preko viskova da padne na tu zvijezdu. Vaš drug neka gleda na sat koji ima sekundnu kazaljku. U momentu kad mu kažete da je zvijezda u meridijanu, neka pogleda na sat, utvrdi i zabilježi tačno vrijeme, uzimajući u obzir i sekunde.

Sutradan dođite malo ranije i s istog mjesta posmatrajte kad će ona ista zvijezda proći kroz meridijan. Zabilježite i to vrijeme. Oduzmite ga od jučerašnjeg. Dobićete razliku od oko 4 minute ili tačnije 3 minute i 56 sekundi. To znači da je zvijezda prošla kroz meridijan oko 4 minute ranije nego jučer. Prema tome, zvjezdani dan je kraći od srednjeg sunčevog dana, po kome se ravna vaš sat. Treba da protekne još oko 4 minute pa da se završi jedan srednji sunčev dan, jer se zvjezdani dan već završio.

Kako konstruisati sunčani sat na osnovu prividnog kretanja pravog Sunca?

Uzmite ravnu dasku, glatke, svijetle površine, oblika pravougaonika (dimenzije 0,5 m × 0,8 m). Okomito u nju zabodite tanak štap (drveni ili metalnu šipku), visine oko 0,4 m (sl. 37. lijevo).

Postavite dasku na tlo gdje nikom neće smetati i gdje na nju neće padati sjena okolnih predmeta (kuće, drveta i sl.). Horizontirajte dasku pomoću libele ili, ako nemate libelu, pomoću vjaska. Pri tome štap (šipka) zaboden u dasku mora biti paralelan s umirenim vjaskom, koji je tik kraj njega.

Kraća ivica daske treba da leži u pravcu sjever—jug.

Od izlaza do zalaza Sunca štap će na dasku bacati svoju sjenu, koja će biti sve kraća od jutra do podneva, a sve duža od podneva do navečer. Najkraća sjena biće u podne, i ta će sjena ležati u podnevačkoj liniji.

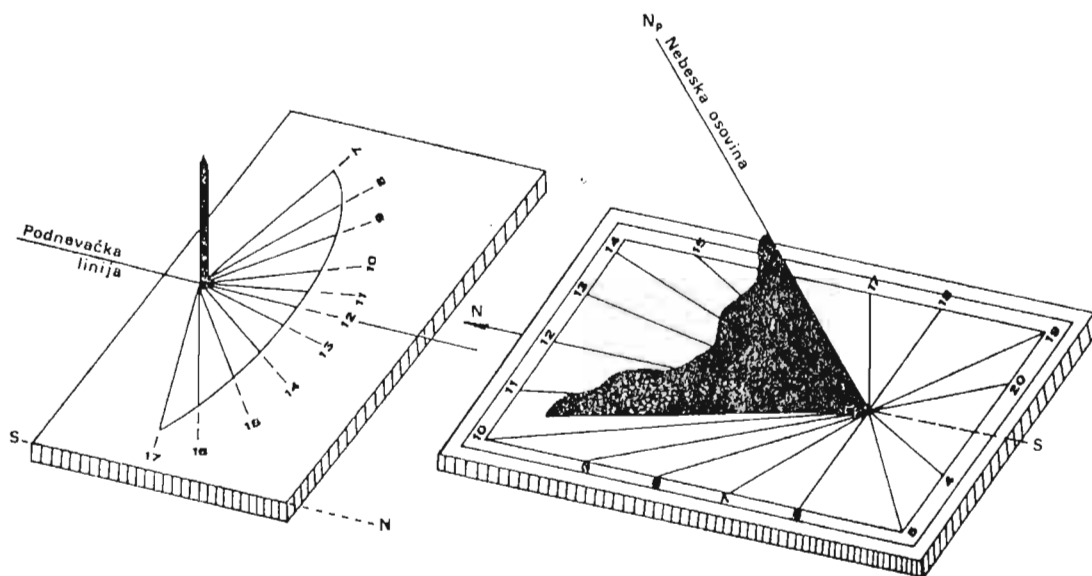
Osmotrite svakih pola sata ili sat gdje pada sjena štapa. Povucite po dasci olovkom pravac te sjene, a nedaleko od njenog vrha zapišite vrijeme. Ako ste dovoljno strpljivi i bilježite sve položaje sjena do podne (svakih pola sata ili puni sat), onda simetrično u odnosu na podnevnu liniju kao najkraću leže sve poslijepodnevne sjene štapa koje odgovaraju poslijepodnevnim vremenima. Tako poslije podne ne morate osmatrati, nego samo od podnevne linije prenesite na istim udaljenostima od nje, prijedpodnevne sjene. Time je sunčani sat gotov.

Kad god dođete do sunčanog sata, dovoljno je pogledati gdje pada sjena štapa i očitati koliko je sati.

Jasno, sunčani sat može »raditi« samo kad je vedro vrijeme ili sasvim malo oblačno.

Kako sjene štapa daje pravo Sunce, a vi te sjene obilježavate srednjim sunčevim vremenom, to postoji mala razlika između pravog i srednjeg vremena. Ta je razlika tako mala da s obzirom na tačnost vašeg sunčanog sata ne dolazi do izražaja.

Na sličan način možete napraviti sunčani sat i prema slici 37 desno. Okomito na dasku postavite tanki lim, čiji je jedan brid učvršćen za dasku, a drugi treba da leži u nebeskoj osovini. Prema tome, ugao između daske i gornjeg brida lima treba da bude jednak geografskoj širini mjesta gdje se sat nalazi. Dasku sata treba horizontirati (pomoću libele), a rub daske postaviti u pravac podnevačke linije (pomoću kompasa ili na neki drugi način). Podioci se bilježe na isti način kao i kod sata prikazanog na slici lijevo.



Sl. 37. — Sunčani sat

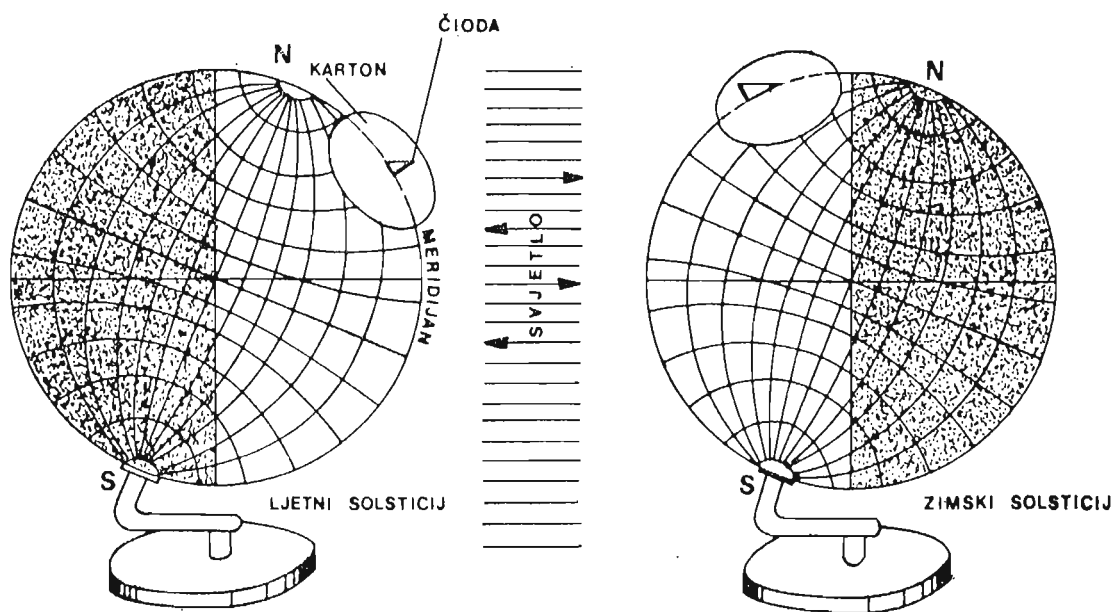
Kako modelom prikazati ovisnost smjera i dužine sjene štapa od položaja Sunca, u toku dana?

Uzmite veliki školski globus. Nađite približno geografski položaj svoga mjesta na njemu (sl. 38).

Isijecite okrugli bijeli karton s poluprečnikom oko 0,1 m. Sredinu probijte čiodom, tako da ona prođe sve do svoje glave. Na tačku svog mjesta na globusu prislonite glave čiode i karton, tako da ostatak čiode strši iznad kartona. Karton će predstavljati horizont vašeg mjesta, koji dodiruje, a čioda štapa koji smo zabili u zemlju prilikom određivanja strana svijeta, podnevačke linije, meridijana stojišta. Čioda je dio vertikale i u svom produženju prema gore ide do zenita, a prema dole do centra Zemlje (globusa). Karton pričvrstite za globus pomoću selotejpa ili tankom kanapom zategnutom između polova. Ispod kanapa postavite karton. Tako karton možete postavljati na razne geografske širine.

Na stolu u visini globusa postavite lampu (Sunce). Osovina globusa neka bude usmjerena prema lampi. To je imitacija ljetnjeg solsticija. Zamračite prostoriju i upalite lampu. Polako okrećite globus od zapada prema istoku, dakle u smjeru Zemljine rotacije. Kako budete globus okretali, čioda će kada dođe na osvijetljenu polovinu globusa (na istoku) baciti dugu sjenu prema zapadu. Sjena će se sve više skraćivati i kad čioda bude tačno prema lampi, njena će sjena biti najkraća. Tad će lampa (Sunce) biti u gornjoj kulminaciji i prolaziće kroz meridijan. Pravac najkraće sjene čiode na kartonu biće usmjeren u pravcu sjevernog odnosno južnog geografskog pola. Linija najkraće sjene ležat će u podnevačkoj liniji. U ravnini meridijana biće lampa, sjeverni geografski pol i južni i ravnina geografskog meridijana na kojem je tačka vašeg mjesta. Tada će biti i podne lokalnog vremena vašeg mjesta. Koje lokalno vrijeme (veće ili manje od 12 sati) će imati u tom času tačke na globusu koje su istočnije, odnosno zapadnije od tačke vašeg mjesta?

Prebacite globus na suprotnu stranu, odnosno ostavite ga na mjestu, ali sada njegovu osovinu okrenite u suprotan smjer od lampe. Time ćete imitirati zimski solsticij. Ponovite okretanje i pratite sjenu čiode i zaključajte. Kakve će biti sjene čiode u odnosu na one ranije?



Sl. 38. — Upotreba globusa u prikazivanju određivanja pravca i dužine sjene štapa i određivanja lokalnog vremena

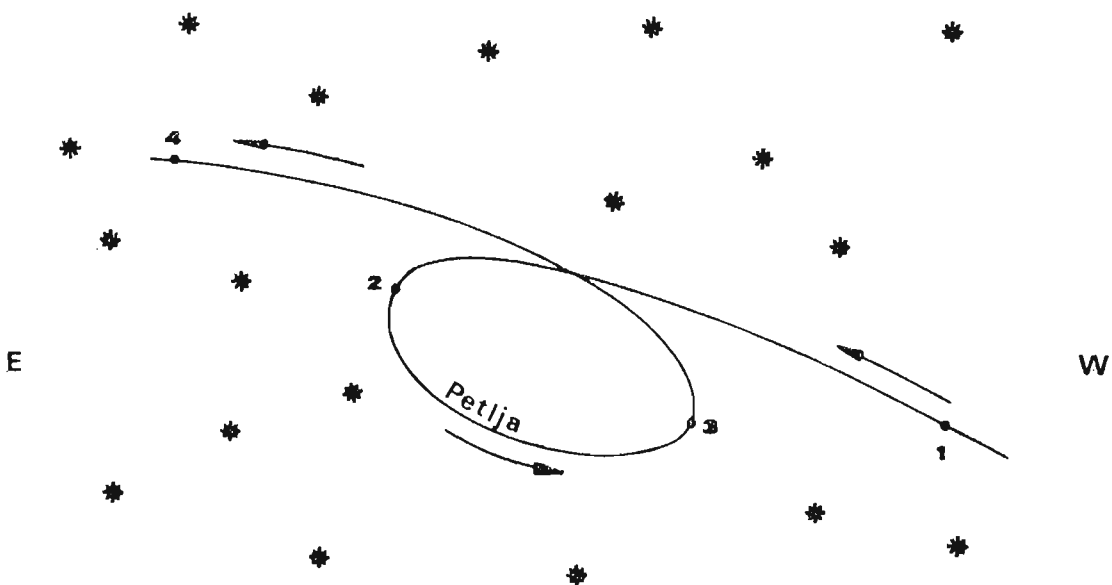
PRIVIDNA I STVARNA KRETANJA NEBESKIH TIJELA

PRIVREDNA KRETANJA PLANETA PO ZVJEZDANOM NEBU

Od devet planeta Sunčevog sistema, pet je vidljivo prostim okom, pa su ih zapazili još starovjekovni astronomi. To su: Merkur, Venera, Mars, Jupiter, Saturn. Ostale tri planete: Uran, Neptun i Pluton otkrivene su u posljednjih 200 godina.

Merkur i Venera kao planete najbliže Suncu, nikad se ne udaljavaju od njega. Zbog toga što su blizu Suncu, ne vidimo ih nikad oko pola noći, nego samo ujutro i navečer. Ostale planete: Mars, Jupiter, Saturn i dr. vidimo u različito doba godine i noći i na različitim mjestima neba. Sve planete se kreću u oblasti 12 zodijskih sazvežđa, ne udaljavajući se mnogo od ekliptike. To je zato što su im putanje pod malim nagibom u odnosu na ekliptiku.

Za razliku od zvijezda, koje se prividno kreću po istim, nepromjenljivim putanjama (dnevni krugovi), planete kao da lutaju među zvijezdama. I samo ime im potiče od starogrčke riječi planetes, što znači lutalica. Otuda su planete poznate i pod narodnim nazivom »zvijske lutalice«. To njihovo lutanje po nebu izgleda ovako:



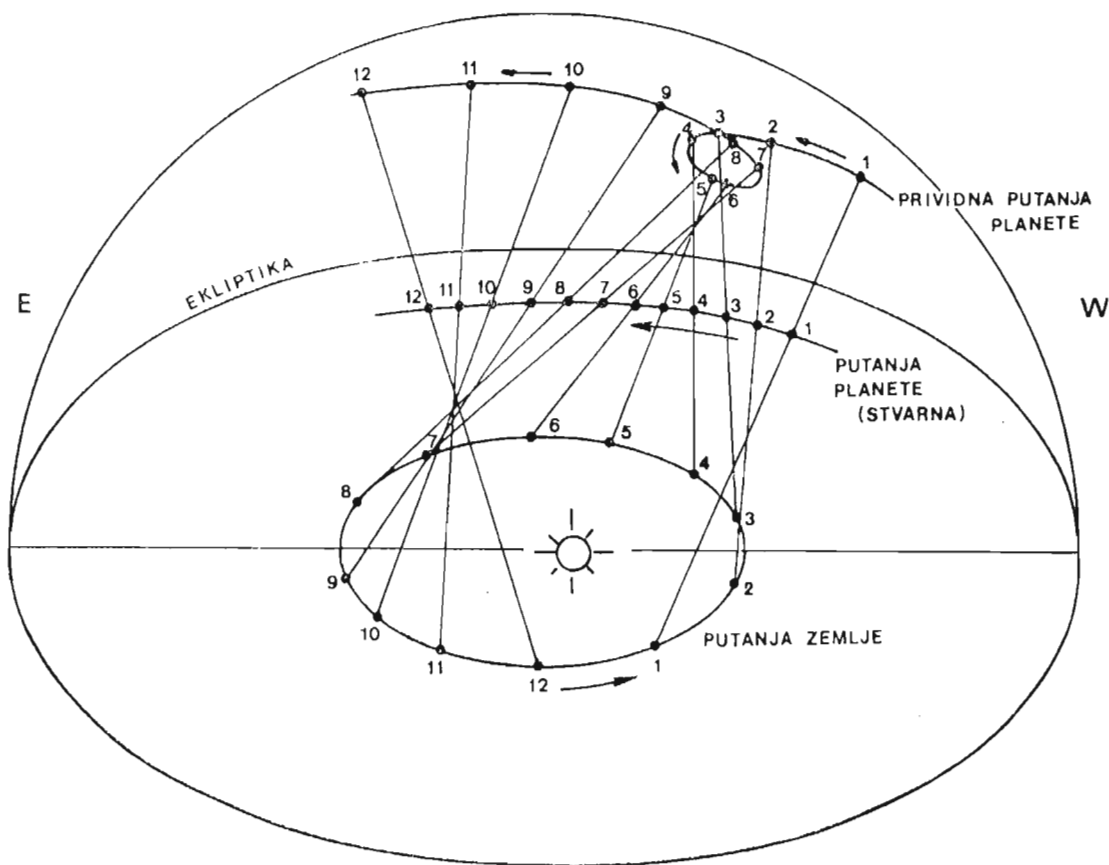
Sl. 39. — Prividna putanja planete po nebu

U jednom dijelu svoje putanje planeta se kreće od zapada prema istoku (sl. 39, tačke 1, 2), zatim zastane (oko tačke 2), pa se u drugom dijelu putanje kreće od istoka prema zapadu, dakle u suprotnom smjeru od dotadašnjeg (tačke 2, 3). Zastane oko tačke 3 i ponovo započne prvobitni pravac kretanja od zapada prema istoku (tačke 3, 4). Čini se kao da je planeta na jednom dijelu svoje putanje napravila neku vrstu petlje.

Ove prividne promjene pravca kretanja planeta i njihove petlje predstavljale su za mnoge astronome starog i srednjeg vijeka veliku zagonetku. Oni su izmišljali razne komplikovane krugove po kojima se, navodno, kreću planete i time su pokušali da objasne nepravilnosti u kretanju planeta.

Danas znamo da u stvarnom kretanju planeta nema zastoja ni unazadnog kretanja, pa, prema tome, ni petlji. To je samo privid, koji nastaje zato što posmatrač projicira na nebeskoj sferi planetu s različitih tačaka Zemljine putanje.

To objašnjava sl. 40. Kad se Zemlja prilikom obilaženja oko Sunca nađe u tački 1, svoje putanje, onda posmatrač projicira planetu koja je u tački 1 svoje putanje na nebeskoj sferi u tačku 1. I tako redom. Čini mu se da se planeta kreće od zapada prema istoku od tačke 1 do 4., a od tačke 4 do tačke 7 obratno: od istoka prema zapadu. Od tačke 7 do tačke 12 čini mu se da se ponovo kreće od zapada prema istoku. Planeta je napravila petlju.



Sl. 40. — Objašnjenje prividnog kretanja planeta

SISTEMI SVIJETA

U historiji astronomske nauke uvijek je bilo pokušaja da se na osnovu sabranih rezultata dugogodišnjih posmatranja neba i nebeskih tijela objasni izgled i sistem čitavog dotada poznatog svemira. U starom i srednjem vijeku nije bilo instrumenata koji bi omogućili čovjeku da pogledom prodre u dubine svemira, da shvati i objasni njegova tijela i pojave. Zato se on u tumačenju slike svijeta zaustavljao na onome što mu je bilo najbliže, što je mogao da posmatra golim okom, da mjeri, upoređuje i na taj način najbolje upozna. To su Sunce, Mjesec, planete, dakle članovi Sunčevog sistema. Zato je u svim ranijim objašnjenjima slike svijeta u stvari objašnjavan Sunčev sistem, i to položaj i kretanje glavnih tijela tog sistema: Zemlje, Mjeseca, Sunca i tada poznatih planeta.

Aristarhov sistem

Grčki astronom Aristarh (III vijek p. n. e.) bio je po svojim idejama o sistemu svijeta najveći astronomski genije starog vijeka. Njegovo shvatanje tog sistema u suštini se malo razlikuje od našeg, savremenog.

Rezultati do kojih je došao svojom metodom mjerenja udaljenosti između Mjeseca i Sunca omogućili su mu da objasni svoj heliocentrični sistem svijeta (grč. helios = Sunce, lat. centrum = središte), po kojem je Sunce u središtu svemira.

Ukratko objašnjen Aristarhov sistem svijeta izgledao je ovako: — sfera zvijezda nekretnica je nepomična, a u njenom središtu je Sunce,

— Zemlja se okreće oko Sunca po kružnoj putanji,

— Zemlja se okreće oko svoje osovine od zapada na istok, zbog čega nam se čini da se nebeska sfera okreće svakodnevno od istoka prema zapadu,

— Zemljina osovina je nagnuta prema ravnini svoje putanje i u tome je uzrok smjene godišnjih doba.

Ovakva Aristarhova slika svijeta, mada sasvim pojednostavljena, predstavljala je prvo tačnije tumačenje sastava i kretanja Sunčevog sistema.

Svojom genijalnom zamisli heliocentričnog sistema, Aristarh je »istrčao« punih 18 vijekova ispred svog vremena, pa ga zato nisu mogli razumjeti ne samo njegovi savremenici već ni mnogi naučnici narednih pokoljenja.

Ptolemejev sistem

Grčki astronom Klaudije Ptolemej (II vijek n. e.) sabrao je sva dotadašnja znanja starovjekovnih grčkih astronoma i na osnovu njih dao svoju sliku Sunčevog sistema, koja se sastoji u sljedećem:

1. po svom obliku Zemlja je okrugla,
2. Zemlja je u centru svemira,

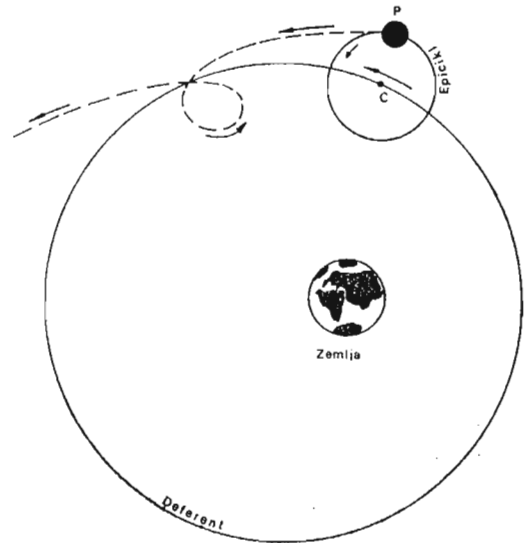
3. Zemlja je nepomična (ne okreće se oko svoje osovine niti oko Sunca),
4. sva nebeska tijela (Sunce, Mjesec, zvijezde) obilaze oko Zemlje po kružnim putanjama nepromjenljivim brzinama. Izuzetak su samo planete.

Ptolemejev sistem svijeta nazvan je **geocentrični sistem** (grč. ge = Zemlja, lat. centrum = središte). Nepromijenjen, prihvaćen je i tumačen od strane brojnih naučnika starog i srednjeg vijeka u toku 1300 godina. Zvanično je prihvaćen i od strane crkve, jer se podudarao s njenim shvatanjem svijeta.

Da bi objasnio nepravilno kretanje planete i njihove petlje, Ptolemej je pretpostavio da se svaka planeta kreće po obimu jednog malog kruga tzv. epicikla (grč. epi = iznad, kiklos = krug), čiji se centar kreće po obimu većeg kruga, tzv. deferenta (lat. deferre = premjestiti). Samo Mjesec i Sunce nemaju epicikle, nego se kreću oko Zemlje po deferentnim krugovima.

Prema sl. 41 planeta P se kreće po epiciklu u istom pravcu u kojem se centar epicikla C kreće po deferentnom krugu. Gledano sa Zemlje, koja nije u centru deferentnog kruga, planeta se kreće u jednom dijelu putanje suprotno od ranijeg pravca i pravi petlju.

Tako je Ptolemej u svom geocentričnom sistemu, pogodnim izborom poluprečnika epicikla i vremena kruženja planeta, objašnjavao nepravilnosti u kretanjima planeta.



Sl. 41. — Ptolemejevo objašnjenje prividnog kretanja planeta

Ptolemejev geocentrični sistem ljudi su lako prihvatili i smatrali ispravnim, jer je odgovarao njihovim subjektivnim doživljajima da je Zemlja nepomična, a da se sve oko nje okreće i da je, prema tome, ona u centru svemira.

Kritika Ptolemejevog geocentričnog sistema svijeta svodi se na sljedeće:

- prvi stav je tačan jer je okruglinu Zemlje i njene dimenzije (obim, poluprečnik i dr.) utvrdio još Eratosten u II vijeku n. ere,
- drugi stav je netačan, jer Zemlja nema nikakav centralni položaj u svemiru. Posmatrajući nebo i nebeska tijela, čini nam se da smo u centru svemira,
- treći stav je takođe netačan, jer Zemlja ima nekoliko kretanja u prostoru: rotaciju, revoluciju, kretanje zajedno sa Suncem unutar galaktike i brojna druga spora i teško uočljiva kretanja,

— četvrti stav, koji je i suština geocentričnog sistema, takođe je ne- tačan, jer se osim Mjeseca nijedno drugo nebesko tijelo ne okre- će oko Zemlje. Zemlja i ostale planete okreću se oko Sunca.

Kopernikov sistem

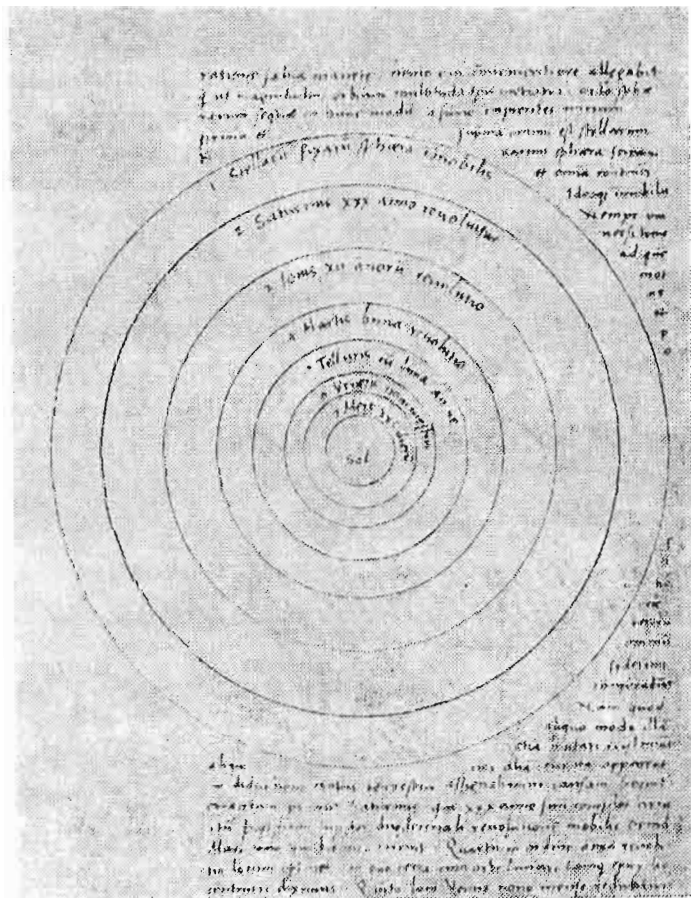
Pečetkom XVI vijeka, zahvaljujući razvoju astronomske nauke, sve više se sumnjalo u ispravnost Ptolemejeve geocentrične slike svi- jeta. Sredinom XVI v. poljski astronom Nikola Kopernik (1473—1543) dao je svoj sistem, kojim obara dotadašnja geocentrična shvatanja. Kopernikov sistem naziva se heliocentrični sistem (grč. helios = Sunce).

Osnova Kopernikovog sistema je u sljedećem:

1. u centru svemira ne nalazi se Zemlja, nego Sunce,
2. Zemlja je kugla, te kao i ostale planete kruži oko Sunca od zapada prema istoku,
3. putanje planeta oko Sunca su kružnice,
4. ukoliko je planeta bliže Suncu, utoliko je brzina kruženja te plane- te oko Sunca veća,
5. prividna dnevna vrtnja nebeske sfere od istoka prema zapadu po- sljedica je stvarne Zemljine rotacije oko svoje osovine od zapada prema istoku. Smjena godišnjih doba na Zemlji posljedica je kru- ženja Zemlje oko Sunca.

Sl. 42. je fotokopija jedne stranice iz Koper- nikovog djela, na kojoj on prikazuje svoj helio- centrični sistem.

U središtu je Sunce — Sol. Vanjski krug, označen brojem 1, pred- stavlja nepomičnu sferu sa zvijezdama. Krug br. 2 predstavlja putanju planete Saturn, čija re- volucija iznosi 30 godi- na, a krug br. 3 putanju planete Jupitera, čija je revolucija 12 godina. Krug br. 4. je putanja planete Mars, s revolu- cijom od 2 godine, a krug br. 5 putanja Zem- lje s njenim pratiocem Mjesecom. Revolucija Zemlje je jedna godina. Krug br. 6 predstavlja putanju Venere s re- volucijom od 9 mjeseci i krug br. 7. putanju Mer- kura, najbliže planete Sunca, čija je revoluci- ja 80 Zemljinih dana.



Sl. 42. — Fotokopija stranice Kopernikog djela s objašnjenjem njegovog heliocentričnog sistema

Pojavu nepravilnog kretanja planeta i petlji na njihovim putanjama, što je Ptolemej objašnjavao komplikovanim sistemom deferenata i epicikla, Kopernik je tačno objasnio tvrdeći da je to, privid koji nastaje usljed istovremenog kretanja Zemlje i planeta oko Sunca.

Značaj Kopernikovog učenja za razvoj nauke je veoma velik. To je učenje uslovalo naučnu revoluciju u astronomiji, pa se Kopernik smatra osnivačem moderne astronomije.

PITANJA :

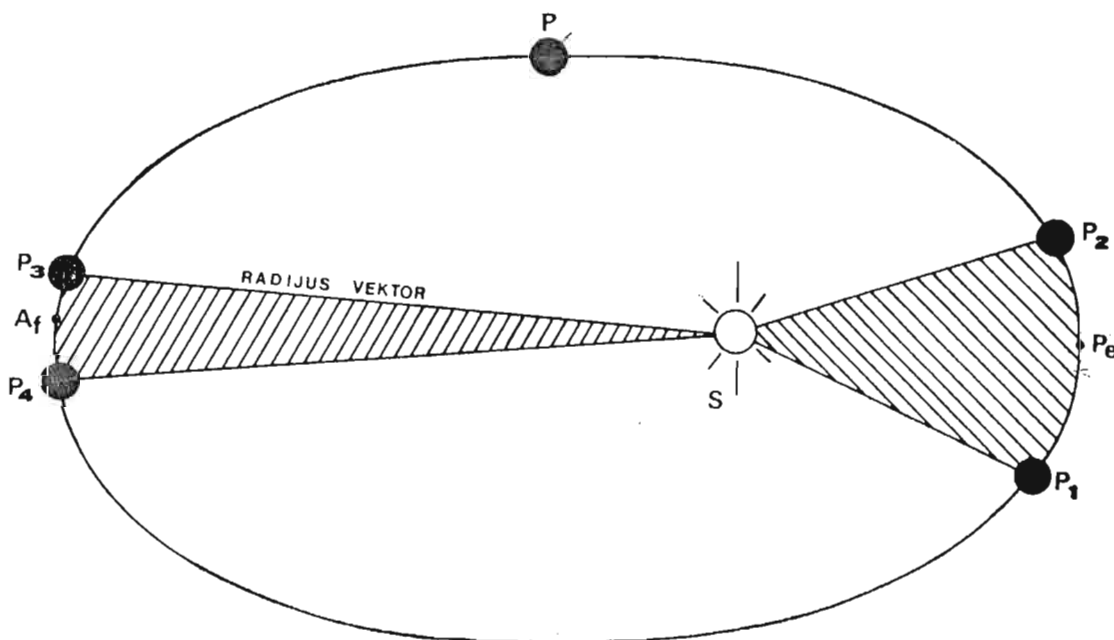
1. Koji su glavni stavovi Aristarhova heliocentričnog sistema svijeta?
2. Koji su glavni stavovi Ptolemejevog geocentričnog sistema?
3. Kako je Ptolemej objašnjavao nepravilnosti u kretanjima planeta?
4. Usljed čega stvarno nastaju te nepravilnosti? Objasni crtežom.
5. Koji su osnovni stavovi Kopernikovog heliocentričnog sistema svijeta?

KEPLEROVI ZAKONI

Nakon Kopernika, istraživanje prirode i njenih zakona krenulo je ubrzano naprijed. Njemački astronom Johan Kepler (1571—1630) prihvata Kopernikovo učenje o heliocentričnom sistemu i svojim astronomskim radom otkriva ono što nijedan njegov prethodnik nije uspio, pa ni sam Kopernik. Otkriva zakone kretanja planeta oko Sunca, i time udara temelje savremenoj nebeskoj mehanici.

Nakon dugogodišnjih proučavanja, Kepler je otkrio tri zakona kretanja planeta, koji su poznati kao Keplerovi zakoni.

Prvi Keplerov zakon



Sl. 43. — Putanje planeta su elipse

Putanje planeta su elipse, a u zajedničkoj žiži (fokusu) je Sunce.

Ovaj zakon objašnjava oblik putanja planeta i njihov položaj prema Suncu.

Na sl. 43. prikazana je putanja planete P, elipsa. (U žiži je Sunce S.) Tačka u kojoj se planeta najviše približi Suncu naziva se perihel (Pe), a u kojoj se najviše udalji od Sunca naziva se afel (Af).

Drugi Keplerov zakon

Radijus vektor planete u istim vremenskim razmacima opisuje jednake površine.

Ovaj zakon određuje brzinu kretanja planete u raznim tačkama njene putanje.

Na sl. 43. površina S—P₁—P₂—S, koju je opisao radijus-vektor neke planete u nekom vremenu t blizu perihela P_e, jednaka je površini S—P₃—P₄—S, opisanoj za isto vrijeme t, kada je planeta u blizini afela (Af).

Luk P₁ P₂ na putanji planete veći je od luka P₃ P₄ za isto vrijeme kruženja planete. To znači da je brzina kruženja planete veća u perihelu nego u afelu i, općenito, različita je u različitim tačkama putanje planete.

Radijus vektor je zamišljena linija koja povezuje centar Sunca s centrom planete.

Planete se oko Sunca kreću nejednoliko promenljivom brzinom. Brzina je najveća u tački perihela, a najmanja u tački afela. Udaljenost planeta od Sunca je obrnuto proporcionalna brzini te planete. Naime, što joj je brzina veća, udaljenost joj je manja i obratno.

Treći Keplerov zakon

Kvadrati revolucionarnih vremena dviju planeta stoje u pravom (direktnom) odnosu prema trećem stepenu (kubu) njihovih srednjih udaljenosti od Sunca.

Ovim zakonom određeni su odnosi između vremena obilaska pojedinih planeta oko Sunca i njihovih udaljenosti od Sunca.

Treći Keplerov zakon može se matematski izraziti:

$$T_1^2 : T_2^2 = a_1^3 : a_2^3$$

T₁ i T₂ predstavljaju vremenska trajanja revolucija planeta, a a₁ i a₂ srednje udaljenosti planeta od Sunca.

Svojim zakonima Kepler je dao osnove teoretskoj astronomiji. Oni vrijede ne samo za planete nego i za druga nebeska tijela: satelite, komete, dvojne zvijezde, pa i vještačke satelite i kosmičke brodice.

NJUTNOV ZAKON GRAVITACIJE

Kepler je svojim zakonima objasnio kako se planete kreću oko Sunca, ali nije ništa rekao o tome zašto se tako kreću. Šta je to što prisiljava planete da kruže oko Sunca, a da mu se ne približe niti pravolinijski udalje od njega?

Odgovor na to pitanje dao je engleski fizičar, matematičar i astronom Isak Njutn (Isaac Newton, 1642—1727), jedna od najznačajnijih ličnosti u historiji nauke uopće. Činjenicu da Mjesec kruži oko Zemlje, a planete oko Sunca, Njutn je u početku svog rada objasnio nekom silom koja ta nebeska tijela prisiljava da skrenu sa svojih inače pravolinijskih putanja i da se kreću kružno. U kasnijem svom radu Njutn je objasnio koja je to sila i po kom zakonu djeluje.

Njutn je znao da sva tijela, privučena silom Zemljine teže, padaju na Zemlju i privučena tom silom, ostaju na njenoj površini. Posmatrajući Mjesec u njegovom kruženju oko Zemlje, Njutn je postavio pitanje da li sila Zemljine teže djeluje i na udaljenju Mjeseca, privlači ga i tako uslovljava njegovo neprekidno kretanje oko Zemlje.

Njutn je znao da sila Zemljine teže daje tijelima koja pri njenoj površini slobodno padaju ubrzanje od $9,81 \text{ m/s}^2$ (okruglo 10 m/s^2).

Nakon složenih računanja Njutn je došao do rezultata da ubrzanje uslovljeno silom Zemljine teže na udaljenju Mjeseca iznosi $0,2725 \text{ cm/s}^2$.

Od zemljne površine do njenog centra, kojem je usmjerena privlačna sila Zemlje, ima 6370 km. To je poluprečnik Zemlje (R).

Od centra Zemlje do centra Mjeseca ima približno 60 Zemljinih poluprečnika (srednja udaljenost Zemlja — Mjesec iznosi 384 400 km, $384\,400 : 6\,370 = 60,34$). Na toj udaljenosti privlačna sila Zemlje smanjila se za 3 600 puta u odnosu na onu pri njenoj površini ($981 \text{ cm/s}^2 : 0,27 \text{ cm/s}^2 = 3\,600$).

Iz toga je Njutn izveo ispravan zaključak da sila Zemljine teže opada s kvadratom udaljenosti ($60^2 = 3\,600$).

Povezujući zakone kretanja, do kojih su ranije došli Galilej, Kepler, Hajgens, Njutn je otkrio zakon o uzajamnom privlačenju masa, a silu koja je uzrok tom privlačenju nazvao je silom gravitacije (lat. gravitatio = teža) ili silom privlačenja. Taj zakon glasi:

Dva tijela privlače se silom koja je upravo srazmjerna proizvodu njihovih masa, a obrnuto srazmjerna kvadratu njihove udaljenosti. Izražen matematički zakon glasi:

$$F = f \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

Taj je zakon poznat kao zakon opće gravitacije.

Sa F je označena privlačna sila ili gravitaciona sila, sa m_1 i m_2 označene su mase dvaju tijela, a sa r udaljenost između masa.

Sa f je obilježena konstanta gravitacije. Ona iznosi $6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$.

Gravitacija je sila uzajamnog privlačenja svih tijela u kosmosu, bez obzira na veličinu i raspored. Ona je osnovno svojstvo svake mase.

Što su dvije mase veće, to je i sila privlačenja između njih jača. Što su dvije mase međusobno udaljenije, to je i sila privlačenja između njih s kvadratom odstojanja slabija. Ako se dvije mase udalje u odnosu na prvobitni položaj pet puta, privlačna sila između njih oslabi 25 puta.

Svojim zakonom gravitacije Njutn je dokazao da su Keplerovi zakoni kretanja planeta posljedica zakona gravitacije. Kao što Zemlja svojom gravitacionom silom drži Mjesec na njegovoj kružnoj putanji, tako i Sunce svojom gravitacionom silom drži planete i sve članove svog sistema na njihovim revolucionim putanjama.

OSNOVNI ZADACI NEBESKE MEHANIKE

Keplerovi zakoni i Njutnov zakon gravitacije doprinijeli su razvoju nebeske mehanike.

Nebeska mehanika je grana astronomije koja proučava kretanje i poremećaje u kretanjima nebeskih tijela pod uzajamnim djelovanjem privlačne sile masa tih tijela.

Nebeska mehanika matematičkim putem određuje tačne putanje nebeskih tijela i izračunava mjesto i vrijeme na kojem će se neko nebesko tijelo naći, čak i za nekoliko desetina godina unaprijed.

Nebeska mehanika daje tačne podatke o koordinatama raznih nebeskih tijela, po kojima se ona mogu lako naći na nebu. Daje i podatke o počecima i trajanjima raznih pojava, kao npr. o pomračenjima Sunca i Mjeseca, vidljivosti pojedinih planeta, fazama Mjeseca i sl.

Izračunavanjem poremećaja u putanji i brzini poznatog nebeskog tijela, nebeska mehanika utvrđuje prisustvo i izračunava položaj nepoznatog nebeskog tijela, koje svojom gravitacionom silom remeti normalno kretanje poznatog tijela.

Posebnu ulogu i zadatke ima nebeska mehanika u astronautici. Lansiranje satelita i kosmičkih brodova, njihova kretanja u svemiru, međusobna spajanja, spuštanja na pojedine planete ili vraćanja na Zemlju određuje se na osnovu zakona nebeske mehanike.

U P A M T I T E :

Gravitacija je opća pojava međusobnog privlačenja svih tijela u kozmosu.

Sila kojom se tijela međusobno privlače naziva se gravitaciona sila ili sila privlačenja.

Sva kružna kretanja tijela u kozmosu dešavaju se pod uzajamnim gravitacionim uticajima tih tijela.

Sunčeva masa je 750 puta veća od mase svih ostalih tijela Sunčevog sistema zajedno. Gravitacionom silom, koja proizlazi iz te ogromne mase, Sunce drži na okupu sve članove svog sistema i određuje njihova kružna kretanja oko sebe.

Privlačna sila Zemlje (Zemljina teža) daje svim tijelima koja slobodno padaju u blizini njene površine ubrzanje od oko 10 m/s^2 .

PITANJA:

1. Kako glase Keplerovi zakoni?
2. Šta objašnjava svaki Keplerov zakon zasebno?
3. Za koja nebeska tijela važe Keplerovi zakoni?
4. Da li se Keplerovi zakoni mogu primijeniti i na vještačke satelite, koji kruže oko Zemlje?
5. Kako glasi Njutnov zakon opće gravitacije? Izrazi zakon formulom i objasni tu formulu.
6. Koliko je puta privlačna sila Zemlje slabija na udaljenju Mjeseca od one pri njenoj površini?
7. Ako se dva tijela različitih masa nalaze na udaljenosti od 10 m, onda između njih djeluje gravitaciona sila koja je srazmjerna umnošku njihovih masa. Ako se ta tijela odmaknu na udaljenost od 50 m, koliko će se puta smanjiti gravitaciona sila između tih tijela?
8. Kad bi gravitaciona sila Sunca u trenutku prestala djelovati, šta bi se desilo s planetama?

ZADACI:

1. Na osnovu sljedećih podataka dokaži matematski III Keplerov zakon. Ako uzmemo da je revoluciono vrijeme Zemlje, koje iznosi 365,242 dana, jednako jedinici, onda je:
 - revolucionarno vrijeme Merkura $T_1 = 0,241$,
 - revoluciono vrijeme Marsa $T_2 = 1,881$.Ako uzmemo da je srednja udaljenost Zemlja — Sunce, koja iznosi 149 600 000 km, jednaka jedinici, onda je:
 - srednja udaljenost Merkura od Sunca $a_1 = 0,387$,
 - srednja udaljenost Marsa od Sunca $a_2 = 1,524$.Ove vrijednosti treba uvrstiti u formulu III Keplerovog zakona i riješiti jednačinu.
2. Crtanje putanja planeta Sunčevog sistema:

Iako iz I Keplerovog zakona znamo da su putanje planeta elipse, u malom razmjeru, kakav je naš crtež, možemo ih predstaviti kao kružnice. U tu svrhu koristimo se tabelom datom u prilog udžbenika, gdje su navedene udaljenosti planeta od Sunca. Uzme li se da je srednja udaljenost Zemlja — Sunce 149 600 000 km jednaka jedinici, dobivamo ove podatke:

| Planeta | Udaljenost od Sunca |
|---------|---------------------|
| Merkur | 0,38 |
| Venera | 0,72 |
| Zemlja | 1,00 |
| Mars | 1,52 |
| Jupiter | 5,20 |
| Saturn | 9,54 |
| Uran | 19,20 |
| Neptun | 30,10 |
| Pluton | 39,80 |

Na većem komadu papira označite centar, koji će predstavljati Sunce. Neka jedinica koja predstavlja srednju udaljenost Zemlja—Sunce bude 20 mm. Putanja Zemlje će biti kružnica s poluprečnikom od 20 mm. Putanja najdalje planete Plutona imaće poluprečnik gotovo 800 mm. Na osnovu tog crteža dobićete tačniju predstavu o ogromnim udaljenostima između planetama.

KRETANJE VJEŠTAČKIH ZEMLJINIH SATELITA I KOZMIČKI LETOVI

Odavno je čovjek nastojao da savlada Zemljinu težu i poleti u kozmos. Ali je tek 1957. godine uspio da uputi prvi vještački satelit u putanju oko Zemlje. Četiri godine kasnije (1961) i sam je u kozmičkom brodu poletio u kozmos i napravio krug oko Zemlje na prosječnoj visini od 200 km. Bio je to sovjetski kozmonaut Jurij Gagarin.

Tim je događajima započela nova, astronautička era, koja pruža velike mogućnosti za nova upoznavanja naše planete, nama najbližih nebeskih tijela i za sticanje novih saznanja o kozmosu uopće.

Da bi se satelit ubacio u putanju oko Zemlje ili kozmički brod krenuo ka Mjesecu ili drugim planetama, potrebno je prije svega snažno transportno sredstvo, koje će taj satelit odnosno kozmički brod, savlađujući privlačnu silu Zemlje, odnijeti u velike visine izvan Zemljine atmosfere. Raketa je najpogodnije sredstvo za takvu svrhu. Burnim izgaranjem goriva u raketi, razvija se velika energija, koja tjera raketu naprijed, dajući joj sve veću i veću brzinu.

Transport satelita, odnosno broda do potrebnih visina obavlja se pomoću višestepenih raketa. Svaki stepen rakete daje konačnom, posljednjem stepenu, na vrhu kojeg je satelit odnosno brod, svoju brzinu. To omogućava da posljednji stepen rakete, savladavajući uticaj privlačne sile Zemlje, Zemljine teže, dođe u visine gdje nema otpora atmosfere. Tada se posljednji stepen rakete zakrene u horizontalan položaj (paralelan sa Zemljinom površinom) i izbacuje satelit u putanju oko Zemlje onom brzinom koja odgovara toj visini.

Kozmičke brzine

Da bi satelit stalno kružio oko Zemlje, potrebno je da ima određenu brzinu kruženja. Ta brzina ne smije biti tako velika da satelit odvoji od kružne putanje i uputi ga dalje u svemir, niti tako mala da satelit padne nazad na Zemlju.

Zamislimo da je Zemlja okrugla i bez atmosfere. Ako bismo pri samoj Zemljinoj površini izbacili satelit da stalno kruži oko Zemlje, onda on mora imati brzinu kruženja 7,9 km/s.

Brzina kojom bi satelit stalno kružio oko Zemlje pri samoj njenoj površini naziva se prva kozmička brzina.

U stvarnosti nikad ne možemo uputiti satelit da stalno kruži oko Zemlje tom brzinom neposredno iznad njene površine. Otpor zraka smanjio bi tu brzinu i satelit bi ubrzo pao na Zemljinu površinu.

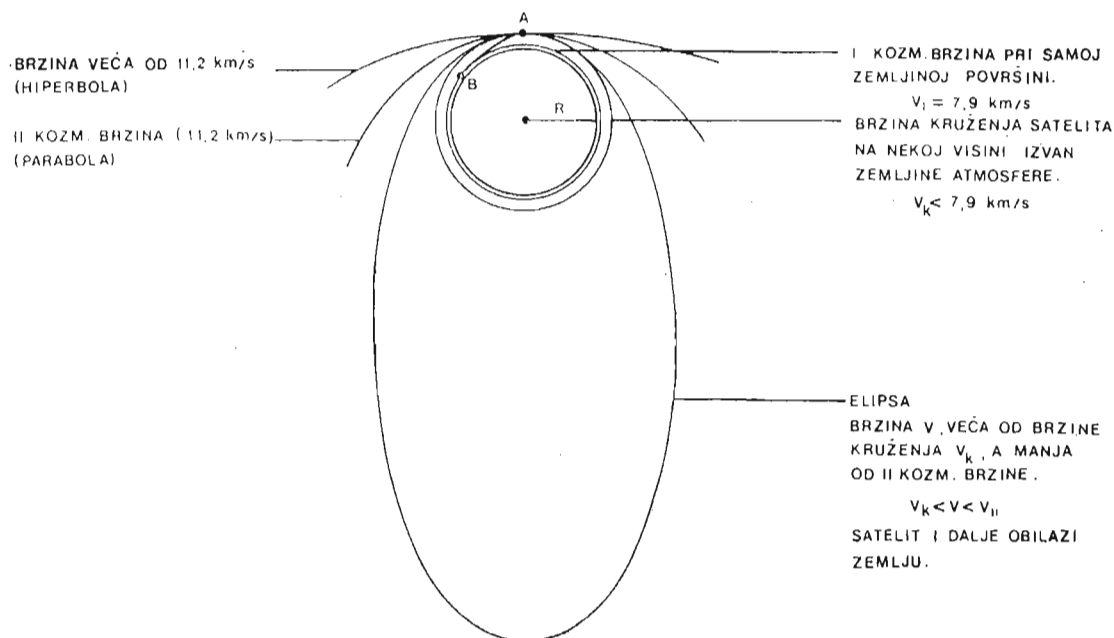
Ali ako satelit pomoću rakete podignemo na neku visinu iznad Zemljine atmosfere i u takvom bezvazдушnom prostoru mu damo onu brzinu kruženja koja odgovara toj visini, onda će on neprekidno kružiti oko Zemlje.

Brzina kruženja zavisi od visine na kojoj je satelit. Što je visina veća, to je brzina kruženja manja, a vrijeme obilaska satelita oko Zemlje veće. Na svaki kilometar visine brzina kruženja satelita smanjuje se prosječno za 0,6 metara u sekundi.

Npr. satelit na visini od 100 km kruži od Zemlje brzinom od 7,85 km/s, a puni krug oko Zemlje napravi za 1 sat i 26 minuta. Na visini od 10 000 km brzina kruženja je 4,93 km/s, a vrijeme jednog obilaska oko Zemlje je 5 sati i 47 minuta. Na visini od 35 880 km brzina kruženja je 3,07 km/s, a vrijeme obilaska oko Zemlje je 24 sata. To znači da se na toj visini satelit jednom okrene oko Zemlje za isto vrijeme za koje se Zemlja okrene oko svoje osovine. Ako se na toj visini i tom brzinom uputi satelit u pravcu Zemljine rotacije (zapad—istok), onda će satelit stalno ostati nad istom tačkom iznad Zemljine površine. To su tzv. stacionarni sateliti, koji najčešće služe za prenos televizijskih i radio-signala.

Ako na nekoj visini iznad Zemljine atmosfere brzina kruženja satelita postane manja od brzine kruženja određene za tu visinu, onda satelit ne može ostati na kružnoj putanji, nego će početi padati prema Zemljinoj površini, pri čemu će brzina približavanja Zemlji postajati sve veća. Kad satelit uđe u Zemljinu atmosferu, zagrijaće se i izgorjeti uslijed trenja s česticama atmosfere (sl. 44 A—B).

Ako na nekoj visini brzina kruženja satelita postane veća od brzine kruženja koja odgovara toj visini, onda putanja satelita postaje elipsa. Što je brzina veća, elipsa je razvučenija. Kad se dostigne brzina od 11,2 km/s, putanja satelita prelazi iz oblika elipse u parabolu. To je tzv. druga kozmička brzina ili parabolična brzina.



Sl. 44. — Oblici putanja satelita

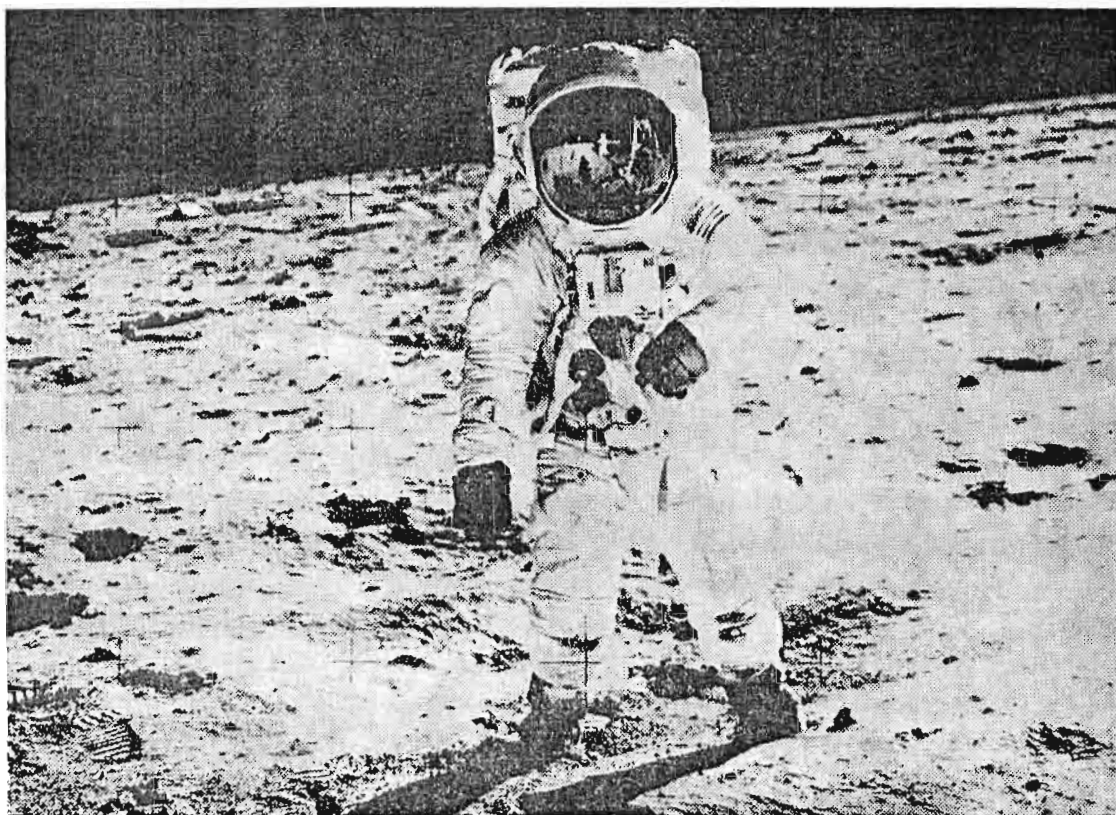
zina. Kad je dostigne, satelit prestaje da obilazi Zemlju i odlazi u kozmički prostor, ali ostaje unutar Sunčevog sistema.

Ako satelit ili kozmički brod dobije brzinu od 16,7 km/s, onda on odlazi izvan granica Sunčevog sistema. To je tzv. treća kozmička brzina. Ovu brzinu, koja iznosi oko 60000 km/h, čovjek još nije uspio da postigne kod tijela koja šalje u kozmos.

Značaj čovjekovog prodora u kozmos

Izvanredno su široke mogućnosti koje vještački sateliti i kozmički brodovi pružaju čovjeku u mnogim granama njegove djelatnosti. Tako telekomunikacioni sateliti omogućavaju direktne radio i televizijske veze sa suprotnim stranama Zemlje. Meteorološki sateliti otkrivaju ciklone i prate razvoj vremena nad širokim prostranstvima Zemljine površine. Na osnovu njihovih podataka, koje automatski šalju na Zemlju, izrađuju se tačne karte prognoze vremena. Postoje i navigacioni sateliti, pomoću kojih se tačno određuje položaj broda, aviona, rakete i sl. Geodetski sateliti služe za tačnije određivanje oblika Zemlje i za snimanje Zemljine površine. Na osnovu njihovih podataka izrađuju se precizne geografske karte i onih teško pristupačnih predjela koji do sada nisu bili kartirani.

Oko Zemlje u posljednje vrijeme kruže svemirske naučnoistraživačke laboratorije, u kojima borave ljudi i po nekoliko mjeseci. U tim laboratorijama oni izvode različite eksperimente kakvi su nezamislivi na Zemlji.



Sl. 45. — Oldrin koji se ogleda na viziru Armstrongovog skafandra, snimio je Armstronga za vrijeme njihovog kratkotrajnog boravka na Mjesecu.

Veliki je broj kozmičkih vještačkih tijela (sondi, brodova, stanica) upućen prema različitim nebeskim tijelima Sunčevog sistema. Tako su istraživačke sonde već bile na Veneri i Marsu, a svemirski međuplanetarni brod »Vojadžer 1« (voyager = putnik) prošao je marta 1979. god. pored Jupitera, a novembra 1980. pored planete Saturn, udaljene od nas 1,5 milijardi kilometara. Automatski aparati na toj le-tjelici poslali su na Zemlju velik broj fotografija i raznih drugih po-dataka ovih udaljenih planeta i njihovih satelita.

Veliki uspjeh kozmonautike i raketne tehnike postignut je 20. jula 1969. god., kada su prvi ljudi stupili na Mjesec (Nil Armstrong i Edvin Oldrin) i na taj način napravili prve korake ka direktnom upoznavanju dalekih svjetova (sl. 45).

PITANJA :

1. *Šta su to: prva, druga i treća kozmička brzina?*
2. *Koliko iznose druga i treća kozmička brzina u metrima u sekundu, a koliko u kilometrima na sat?*
3. *Kakve oblike putanja mogu imati sateliti i koje su brzine satelita na tim putanjama?*
4. *Kako se zvao čovjek koji je u satelitu prvi obišao Zemlju? Kada je to bilo?*
5. *Kako su se zvali ljudi koji su prvi stupili na tlo Mjeseca? Kada je to bilo?*
6. *Koliko je puta druga kozmička brzina veća od brzine zvuka pri Zemlji-noj površini?*
7. *Koje su praktične koristi od izbacivanja vještačkih satelita oko Zemlje?*

OSNOVI ASTROFIZIKE

ZADACI I USPJESI ASTROFIZIKE

Astrofizika je oblast astronomije koja se bavi izučavanjem fizičke prirode nebeskih tijela. Proučavanjem svjetlosti i raznih drugih zračenja koja dopiru do nas dolazimo do podataka o procesima koji se zbivaju na Suncu ili drugim zvijezdama. Na isti način upoznajemo hemijski sastav raznih tijela u svemiru. Astrofizičari se trude da iz tačkica svjetlosti izvuku što više podataka. Takav rad sa slabim izvorima svjetla i drugih elektromagnetskih talasa iziskivao je korištenje veoma osjetljivih uređaja.

Danas, zahvaljujući astrofizici možemo tačno reći koji hemijski elementi grade površinske slojeve zvijezde Sirijus, na primjer. Možemo izmjeriti temperaturu na njegovoj površini i doći do podataka o njegovoj masi. U stanju smo da tvrdimo da oko Sirijusa kruži pratilac, mala zvijezda ogromne gustine. Taj bijeli patuljak je sazdan od materije čija je gustina 40 000 puta veća od gustine vode na Zemlji.

Astrofizika nas je dovela do ruba vidljivog svemira. Mjerenja koja su sprovedena pokazuju da se svemir širi. Do tog podatka došlo se zahvaljujući primjeni, iz fizike poznatog, Doplerovog efekta. Tu, u beskonačnim ponorima prostora i vremena mogu da se provjeravaju istinitosti zakona do kojih smo došli i da se preispituju postojeće teorije o svijetu koji nas okružuje.

OSNOVNA FIZIČKA SVOJSTVA ATOMA I MOLEKULA

Kada govorimo o svemiru, odmah zamišljamo nešto beskonačno veliko. Međutim, ono što mi istražujemo i što srećemo, ma kako daleko u svemiru, jeste materija i oblici njenog kretanja. A materija je građena od nezamislivo malih čestica — a t o m a. Svoj naziv atomi su dobili prema grčkoj riječi atoms, što znači nedjeljiv. Da bismo shvatili šta se dešava unutar zvijezda ili oko njih, da bi nam bilo jasnije šta su to galaksije, kvazari i drugi svemirski objekti, moramo se upoznati s osnovnim fizičkim svojstvima atoma.

Svakodnevno iskustvo nas uči da materiju susrećemo u tri osnovna stanja. To su gasovito,

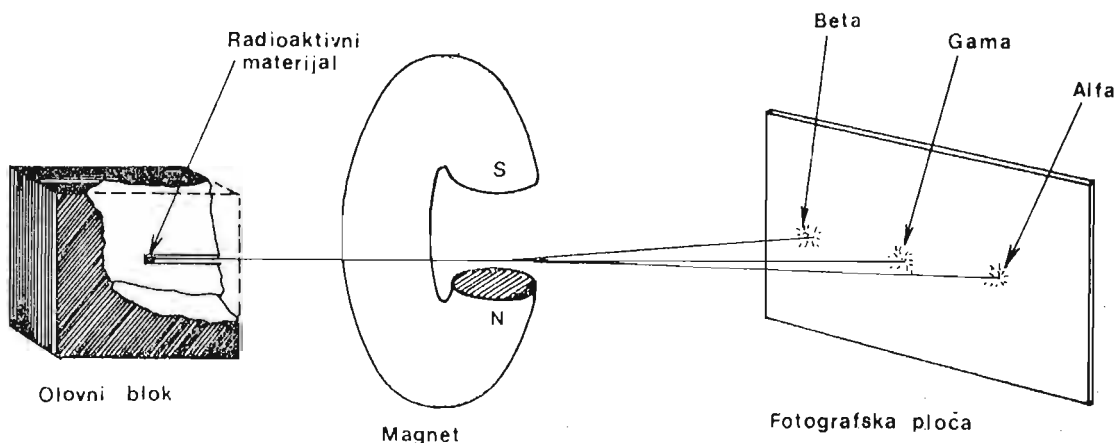
tečno i čvrsto. Još u antička vremena ljude je zanimalo pitanje šta će se desiti ako komadić neke tvari (supstance) dijelimo na sve manje i manje djeliće. Da li tome dijeljenju može doći kraj ili se ono može nastaviti beskonačno. Ovo, naizgled jednostavno razmišljanje dovelo je do začetka atomističke teorije.

Grčki filozofi *Leukip* i *Demokrit* prvi dolaze do ideje da dijeljenje tvari ne može teći beskonačno. Najsitnije, »konačne« čestice, od kojih je sve sazdan i koje se ne mogu dalje dijeliti, nazvaše atomima. Međutim, kasnije su ove i slične ideje zaboravljene. Istina, bilo je neznatnih pokušaja da se ovakvi problemi prodube i ispituju dalje. Krajem 18. stoljeća *Džon Dalton* (*Dalton John*) ponovo oživljava atomističku teoriju. Poslije njega, zahvaljujući razvoju nauke, posebno eksperimentalne, postepeno se prodire u svijet atoma.

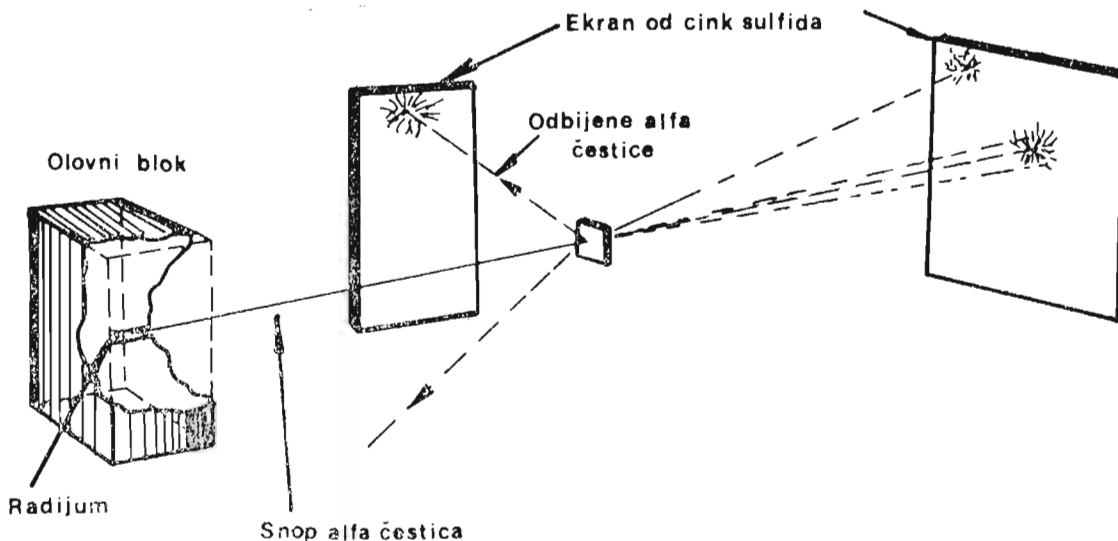
Pokazalo se da ono što se smatralo atomima sadrži još manje čestice. Vremenom je broj tih novootkrivenih čestica porastao. Prva atomska čestica čije je postojanje nepobitno utvrđeno nazvana je *elektron*. Elektron na grčkom znači ćilibar. Veoma davno je ustanovljeno da trljanjem ćilibara nastaje pojava koju znamo kao naelektrisanje tijela. Elektron nosi najmanji mogući električni naboj, koji nije moguće dalje dijeliti.

Otkriće *radioaktivnosti*, tj. pojave da određeni hemijski elementi, kao što su uran, radijum i drugi emituju nevidljiva zračenja dovelo je do daljeg razvoja saznanja o atomima. Radioaktivno zračenje moglo se u polju nekog magneta dijeliti na tri dijela. Kao što se vidi na slici 46, *alfa*-čestice ili *alfa*-zranci (α -zranci) skreću na jednu stranu. Ove *alfa*-čestice su pozitivno nabijene. Danas znamo da su *alfa*-čestice u stvari jezgra atoma helijuma. Takvo jezgro se sastoji od dvije pozitivno naelektrisane čestice ili dva *protona* i dvije neutralne čestice, odnosno dva *neutrona*. Na suprotnu stranu od *alfa*-čestica skreću *beta*-čestice (β -zranci). One su negativno nabijene i to su zapravo veoma brzi elektroni. *Gama* zranci (γ -zranci) uopšte ne skreću u magnetskom polju. To su elektromagnetski talasi velikih energija.

Godine 1911. engleski fizičar lord Raderford (*Rutherford Ernest*) izveo je svoj čuveni eksperiment. On je dokazao da su protoni smje-



Sl. 46. — Skretanje alfa i beta-zraka u magnetskom polju. Gama-zranci ne skreću. (Radioaktivni materijal smješten je u olovnom rezervoaru).



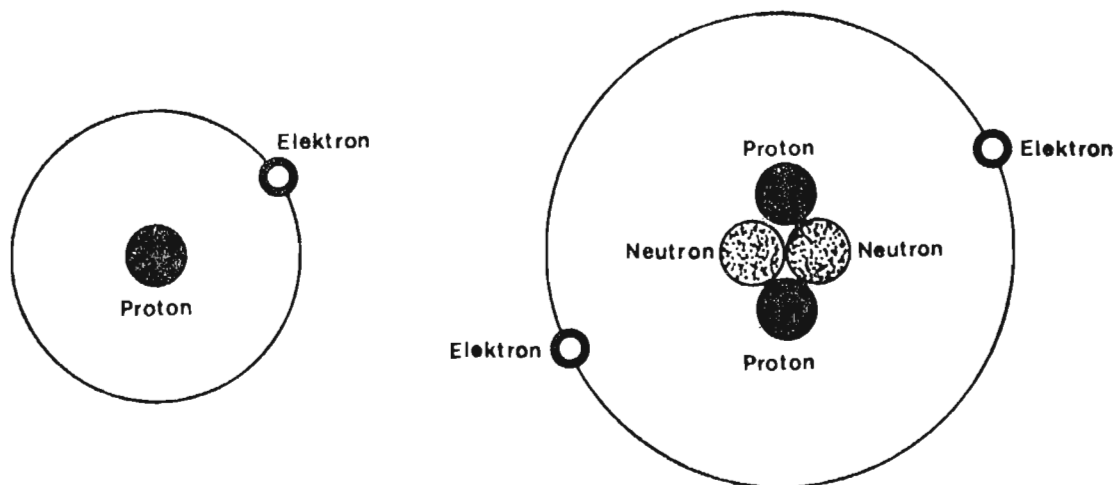
Sl. 47. — Raderfordov eksperiment. Nekoliko alfa-čestica iz snopa se odbije kada se sudari s jezgrima atoma

štenu jezgri atoma, koje je malih dimenzija i da oko tog jezgra kruže negativno nabijene čestice, elektroni. On je propuštao snop *alfa*-čestica kroz tanku zlatnu pločicu — slika 47. Najveći dio čestica slobodno je prolazio kroz pločicu i padao na ekran od posebnog materijala, koji je svjetlucao pri svakom »pogotku« *alfa*-čestice. Međutim, na više hiljada takvih bljeskova dešavalo se da jedna čestica bude odbijena od pločice. Ona je bila registrovana na drugom ekranu od istog materijala.

Već smo spomenuli da su protoni pozitivno naelektrisane čestice. Poznato je da se naboji iste vrste odbijaju, a suprotnih vrsta privlače. Pošto su u jezgrima atoma protoni smješteni jedni uz druge, trebalo bi da se odbijaju, i samim tim atomi bi se raspadali. Znamo, međutim, da se to ne dešava. Otkrićem neutralnih čestica — neutrona u jezgrima atoma došlo se do spoznaje o postojanju tzv. *n u k l e a r n i h s i l a* (nucleus, lat. jezgro), koje djeluju na malim rastojanjima i drže na okupu protone i neutrone.

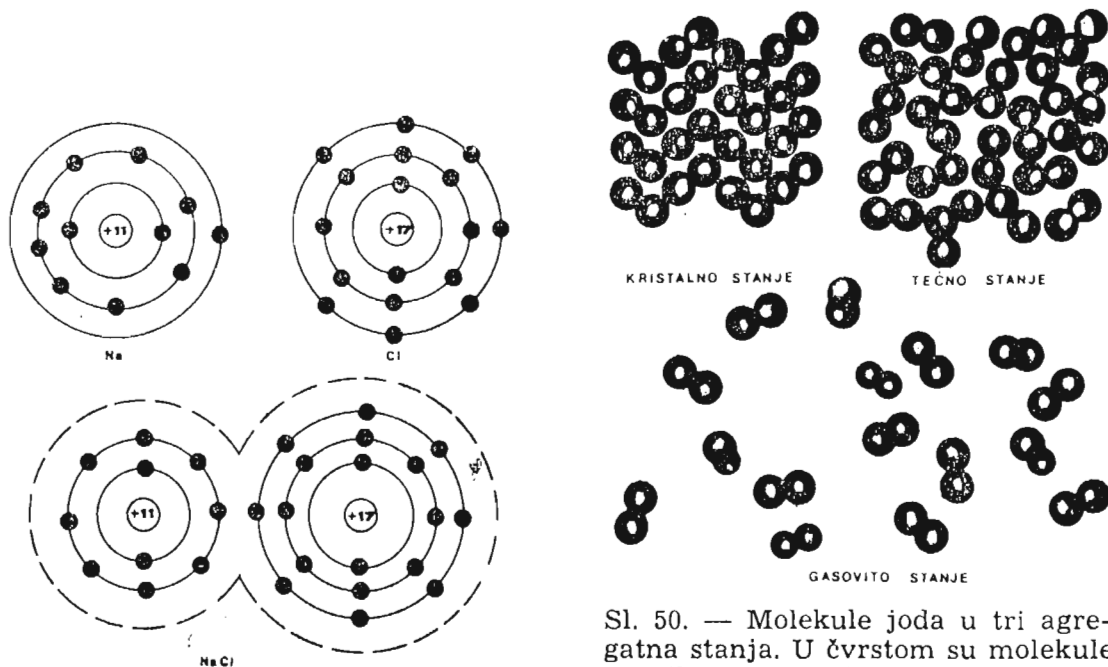
Pri opisivanju atoma fizičarima služe određene veličine, koje su karakteristične za atome svakog pojedinačnog hemijskog elementa. To su: atomski broj, atomska masa i dr. **A t o m s k i b r o j** je ukupan broj protona u jezgri. On mora biti jednak broju elektrona koji kruže oko toga jezgra. Tada kažemo da je atom u neutralnom stanju. **A t o m s k a m a s a** se definiše kao 1/12 mase jednog atoma ugljikovog izotopa 12. Taj izotop* sadrži 6 protona i 6 neutrona u jezgri i 6 elektrona, koji oko jezgra kruže.

* Elementi s jednakim brojem protona, a različitim brojem neutrona u jezgri atoma nazivaju se izotopi. Tako, na primjer, postoje tri izotopa vodonika. Obični vodonik sadrži jedan proton i jedan elektron. Teški vodonik ili deuterijum sadrži jedan proton, jedan neutron i jedan elektron. Postoji i superteški vodonik, s nazivom tricijum, koji u jezgri, pored protona, ima dva neutrona, a okolo kruži jedan elektron.



Sl. 48. — Modeli atoma vodonika i helijuma

Dalji napredak u istraživanju atoma dao je Borov model (Bohr, Niels Henrik David, danski teorijski fizičar). Ovaj model atoma omogućio je objašnjavanje mnogih pojava kao što su upijanje ili odašiljanje svjetlosti iz atoma i slično. Prema Borovom modelu elektroni su smješteni u određenim putanjama. Svaka putanja može da primi određen broj elektrona. Tako jezgru najbliža putanja može imati najviše dva elektrona. Na slici 48. prikazani su modeli atoma vodonika i helijuma. S obzirom da vodik ima samo jedan elektron u svojoj prvoj putanji, to on lako stupa u hemijske reakcije s atomima drugih elemenata. Takvim načinom spajanja nastaju hemijska jedinjenja. Jedan ili više atoma vodonika stvorice, na primjer, s atomom drugog elementa molekulu nekog hemijskog jedinjenja.



Sl. 49. — Shema (šema) nastanka molekule kuhinjske soli (NaCl) od atoma hlora (Cl) i natrijuma (Na)

Sl. 50. — Molekule joda u tri agregatna stanja. U čvrstom su molekule pravilno raspoređene, u tečnom — pomalo haotično sa slabim međusobnim vezama, a u gasovitom — svaka od molekula može se slobodno kretati.

Molekule su najmanji dijelovi nekog hemijskog jedinjenja. Na slici 49. prikazano je kako nastaje jedinjenje koje poznajemo kao kuhinjsku so, a koje hemičari nazivaju natrijev-hlorid.

Već smo ranije rekli da se materija javlja u čvrstom, tečnom i gasovitom stanju. Sile koje drže pojedine molekule gasova jače su od svih drugih sila koje bi privlačile molekule jednu drugoj. U tečnostima su molekule bliže jedna drugoj, te pojedini elektroni mogu biti privučeni molekulima kojima nedostaju elektroni. U tečnostima se molekule također kreću, ali mnogo sporije nego molekule gasova. Veze između molekula tvari u čvrstom stanju su najjače. Na slici 50. prikazane su molekule joda u tri agregatna stanja.

UPAMTITE:

1. **Čitav svemir, sva materija koja nas okružuje i od koje smo i sami građeni sastoji se od atoma i molekula.**
2. **Atomi su građeni od pozitivno naelektrisanih čestica-protona, negativno naelektrisanih čestica-elektrona i neutralnih čestica-neutrona. Postoje i druge, kasnije otkrivene čestice.**
3. **Molekule su najmanji dijelovi nekog kemijskog jedinjenja i one se ne mogu dalje dijeliti. Molekule se sastoje od dva ili više povezanih atoma.**

PITANJA I ZADACI:

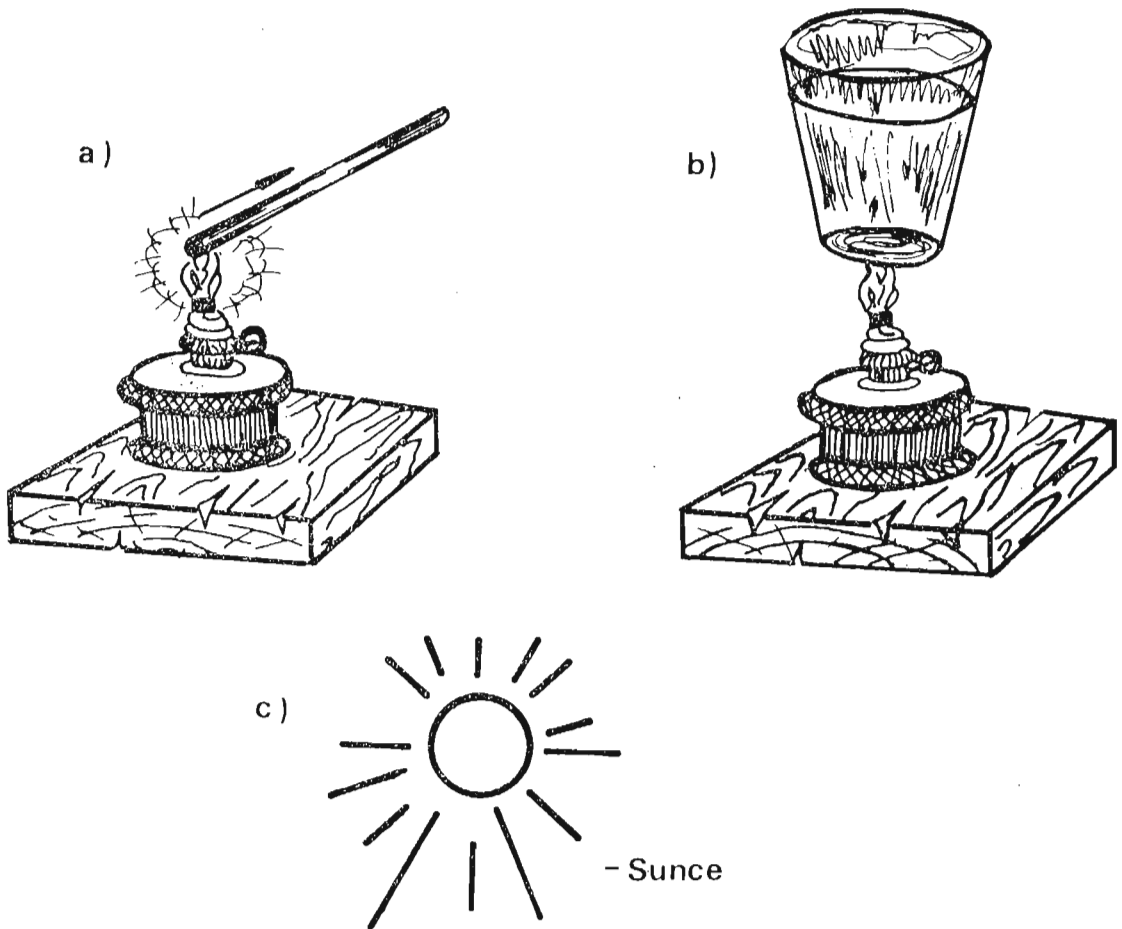
1. *Šta je to astrofizika?*
2. *Kako se zovu naučnici koji su prvi došli na ideju o postojanju atoma?*
3. *Nacrtaj model vodonikovog atoma.*

TOPLOTA I ENERGIJA

U svijetu koji nas okružuje neprekidno se susrećemo s jednom veoma važnom pojavom. To je toplota. Znamo da se ona može prenositi na više načina. Ako npr. hladnu kašičicu stavimo u čašu s vrućim čajem, i ona će ubrzo postati topla. Toplota se u ovom slučaju prenijela *provodjenjem*. Prilikom grijanja vode za čaj, najprije će se zagrijati donji slojevi vode, koji će putujući, prenijeti toplotu naviše. Ovakav način prenošenja toplote naziva se *toplотно strujanje* ili *konvekcija*. Ako nakon ovih malih eksperimenata izađemo napolje, primijetićemo da preuzimamo dio toplote koju nam šalje Sunce. Takav vid prenošenja toplote nazivamo *zračenje* ili *radijacija* (radiare, sijevati, zračiti — lat.).

S pojmom toplote povezan je pojam temperature. *Temperatura* je stepen zagrijanosti nekog tijela. Za predmete koji su topliji od drugih kažemo da imaju višu temperaturu.

Toplota kao fizička pojava, je energija kretanja atoma i molekula neke tvari. S porastom temperature raste i brzina kretanja atoma i molekula. *Temperatura* na kojoj, teorijski, svako kretanje prestaje naziva se ap-



Sl. 51. — Tri načina prenošenja toplote: a) provođenje, b) strujanje i c) zračenje

so lutna nula. Ona iznosi oko -273 stepena Celzijusova. Svi atomi i molekule u svemiru nalaze se u stanju neprekidnog kretanja. Energija kretanja naziva se kinetička energija (kineo, grč. okrećem, vrtim). Susrećemo i druge vidove energija, kao što su: hemijska, električna, nuklearna itd.

U astronomiji poseban značaj ima nuklearna energija. Njome se objašnjavaju izvori energije zvijezda (i Sunca). U njihovim unutrašnjostima se neprekidno odvijaju razne nuklearne reakcije. Najpoznatije takve reakcije su spajanja atoma ili fuzija i cijepanje atoma ili fisija. Ispravnije je u stvari reći da se spajaju ili cijepaju jezgra atoma. Fuzija što se dešava u unutrašnjosti Sunca pojednostavljeno se može opisati na sljedeći način:

Od po četiri atoma vodonika (tačnije jezgara atoma vodonika) nastaje jedan atom (jezgro) helijuma. Četiri atoma vodonika imaju atomsku masu od $1,008 \times 4 = 4,032$. Atomska masa jednog helijumovog atoma iznosi $4,003$. Razlika ove dvije atomske mase je: $4,032 - 4,003 = 0,029$. Određenom smanjenju mase m odgovara sasvim određena količina oslobođene energije E . Albert Ajnštajn, jedan od najvećih fizičara svih vremena, dao je jednačinu koja povezuje ove dvije veličine. Ajnštajnova jednačina glasi:

$$E = mc^2,$$

gdje je: m ukupno smanjenje mase, a c brzina svjetlosti, koja, kako znamo, približno iznosi 300 000 km/s.

UPAMTITE:

1. **Toplota je energija koja nastaje kretanjem atoma i molekula materije. Može se širiti, odnosno rasprostirati provođenjem, strujanjem ili konvekcijom i zračenjem ili radijacijom.**
2. **Temperatura je stepen zagrijanosti nekog tijela.**
3. **Energija zvijezda i Sunca potiče od nuklearnih procesa koji se zbivaju u njihovim unutrašnjostima.**

PITANJA I ZADACI:

1. *Šta je to apsolutna nula?*
2. *Kolika se energija oslobodi pri nuklearnoj reakciji ako je smanjenje mase 1 g.*

Rješenje: Raspoložemo sljedećim podacima:

$$m = 1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg}$$

$$c = 300\,000\,000 \text{ m/s}$$

$$E = ?$$

$$E = m c^2$$

$$E = 0,001 \text{ kg} \cdot (300\,000\,000 \text{ m/s})^2$$

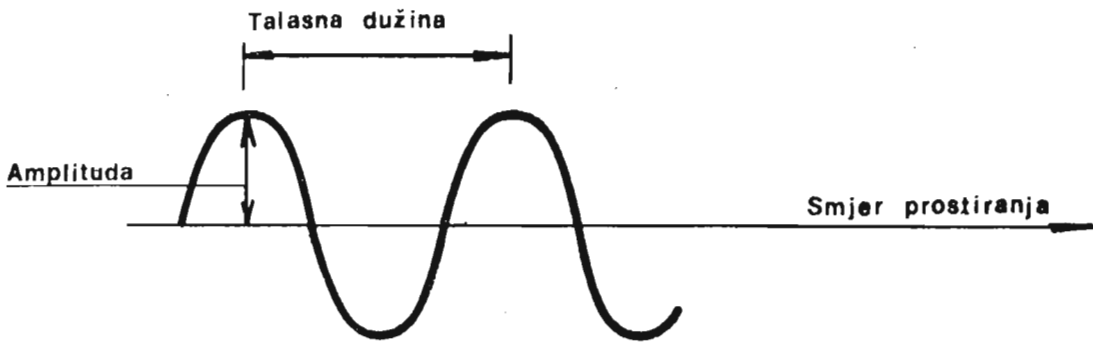
$$E = 9 \cdot 10^{13} \text{ džula.}$$

ZNAČAJ ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA ZA ASTRONOMIJU

Iz fizike je poznato da se u prostoru oko nekog električnog oscilatornog kola javlja elektromagnetsko polje. U elektromagnetskom polju se stvaraju elektromagnetski talasi, koji se šire u prostor brzinom svjetlosti. Često se umjesto pojma elektromagnetski talasi upotrebljava naziv elektromagnetska zračenja. Radi se o istoj pojavi.

Gotovo sve informacije koje imamo o svemiru i pojavama u njemu stižu nam putem elektromagnetskih talasa. Vidljiva svjetlost je samo dio spektra elektromagnetskih zračenja. Pored nje u elektromagnetska zračenja se ubrajaju i gama-zraci, rentgenski zraci, ultraljubičasto i infracrveno zračenje, te radio-talasi. Sva elektromagnetska zračenja (talasi) imaju dvojaku prirodu. Tu dvojnost možemo najlakše posmatrati na primjeru vidljive svjetlosti. Svjetlost pri svom širenju, odbijanju, prelamanju i nekim drugim pojavama ispoljava u potpunosti svoju talasnu prirodu. Jedan svjetlosni talas prikazan je pojednostavljeno na slici 52.

Važna veličina talasa je talasna dužina. Ona predstavlja udaljenost između dva susjedna brijega talasa. Vidljiva svjetlost je, kako ćemo kasnije vidjeti, sastavljena od niza boja. Svakoj boji odgovara određena talasna dužina. Tako crvena svjetlost ima veće talasne dužine od ljubičaste svjetlosti.



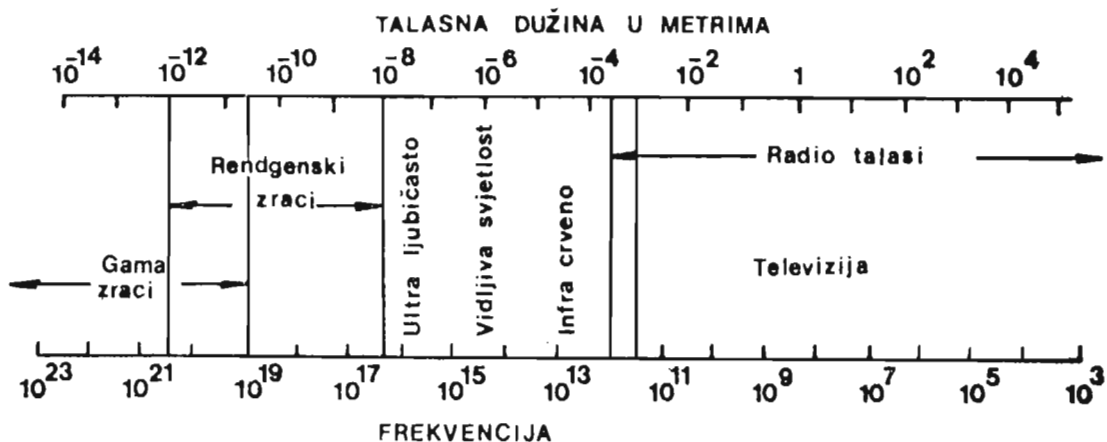
Sl. 52. — Shema jednog tipa talasa

Ako sva elektromagnetska zračenja koja smo pominjali poredamo u jedan niz, i to prema njihovim talasnim dužinama, dobićemo ono što zovemo **elektromagnetski spektar** vidi sliku 53.

Pored talasnih osobina, elektromagnetski zraci nam pokazuju i svoju **korpuskularnu prirodu**. Naime, izgleda nam kao da su ti zraci građeni od pojedinačnih »čestica«. Prilikom razmatranja nastanka, odašiljanja, upijanja ili energije svjetlosti, polazimo od toga da se ona sastoji od »čestica«. Te »čestice« nazivamo **fotoni**. Međutim, tu se ne radi o česticama poput onih koje srećemo u atomima. Fizičari kažu da su to veoma male količine energije, koje nazivamo **kvanti**. Fotoni su, dakle, kvanti vidljive svjetlosti. Isto tako postoje fotoni gama-zraka, rendgenskih, ultraljubičastih i drugih zraka. Pokazalo se da fotoni elektromagnetskih zraka koje imaju kraće talasne dužine nose mnogo veće energije od fotona zraka većih talasnih dužina.

Astronomi teže da svaku pojavu vezanu za emitovanje nekih zraka ispituju u svim mogućim dijelovima elektromagnetskog spektra. Istraživanja nekih dijelova tog spektra počela su tek s letovima prvih satelita van Zemljine atmosfere. To su npr. gama-zraci, rentgenski i najveći dio ultraljubičastih zraka.

Sada ćemo se upoznati s pojedinim elektromagnetskim zracima.



Sl. 53. — Elektromagnetski spektar: vidljiva svjetlost zauzima samo uski dio ovog spektra

Gama-zraci

Gama-zraci su veoma snažni i prodorni. Oni dolaze iz jezgara atoma u momentu kada ta jezgra prelaze iz stanja s većom energijom u stanje niže energije. Takođe se pojavljuju pri nuklearnim reakcijama, a i pri nekim drugim fizičkim procesima. Vidjeli smo da se prilikom radioaktivnog raspadanja atoma pojedinih elemenata pojavljuje i ovo zračenje.

Fotoni ili kvanti gama-zraka nose veoma velike energije. Zbog toga su gama-zraci izuzetno prodorni. Kroz neke materijale mogu da prodru do dubine od nekoliko metara. Kao što je vidljivo na slici 52, talasne dužine gama-zraka kreću se od jednog desetmilijarditog dijela metra naniže. Matematički bismo to izrazili na sljedeći način: od 10^{-10} do 10^{-14} m.*

Rendgenski zraci

Naziv ovih zraka nam je sigurno poznat iz svakodnevnog života. One se široko primjenjuju u medicini. Pomoću rendgen-aparata vrše se snimanja unutrašnjosti ljudskog tijela. Postoje dva tipa rendgenskih zraka. Jedne nastaju naglim kočenjem brzih elektrona. Druga vrsta nastaje kada elektron iz nižih putanja preskače u više. Rendgenski zraci imaju kratke talasne dužine, koje iznose od 10^{-8} do 10^{-12} m. Zemljina atmosfera ih u potpunosti upija. Jedini rendgenski izvor koji je s površine Zemlje moguće registrovati je Sunce. Danas se posmatranja rendgenskih izvora vrše pomoću satelita.

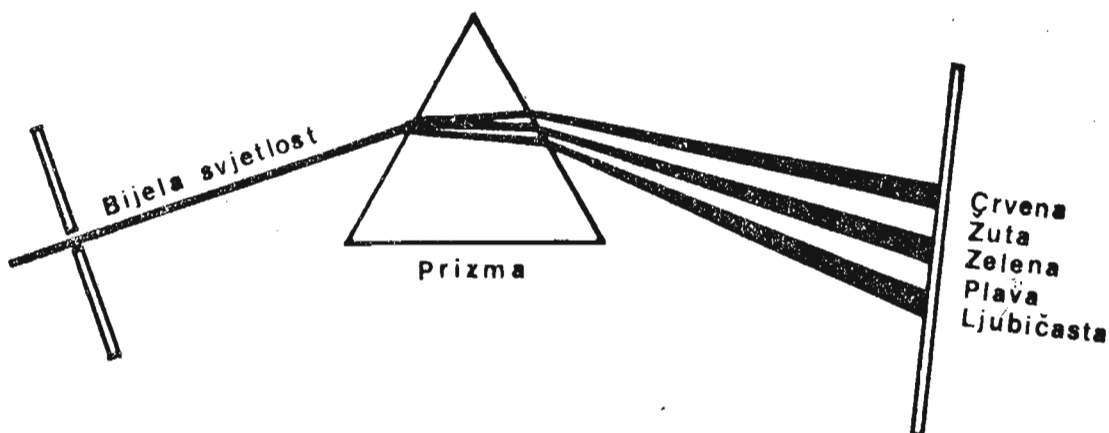
Ultraljubičasti zraci

Na našoj slici spektra elektromagnetskih talasa ultraljubičasti zraci se nalaze lijevo od vidljive svjetlosti. Njihovi fotoni posjeduju toliko energije da su, recimo, u stanju izbaciti elektrone iz nekih metala. Ovu pojavu poznajemo kao fotoelektrični efekat i ona ima ogroman značaj za nauku. Atmosfera djelimično upija ove zrake. Zbog toga se opservatorije podižu na većim nadmorskim visinama — gdje je upijanje znatno manje.

Vidljiva svjetlost

Vidljiva svjetlost je područje na koje se ljudsko oko u toku evolucije naviklo. Ona se sastoji iz niza boja, od kojih je svaka različite talasne dužine. Tu pojavu otkrio je Njuton (Newton Isaac) propuštajući bijelu svjetlost kroz staklenu prizmu, (vidi sliku 54). Nakon prolaska kroz prizmu, svjetlost se razlagala u spektar sastavljen od niza boja. Te boje su: ljubičasta, plava, zelena, žuta, narandžasta i crvena. Vidljiva svjetlost ima ta-

* Izražavanje velikih i malih brojeva u ovakvom obliku dato je u tabeli koja je u prilogu udžbenika.



Sl. 54. — Razlaganje vidljive svjetlosti na spektar boja

lasnu dužinu negdje između 380 i 750 nanometara (1 nanometar iznosi 10^{-9} metara). Vijekovima su se astronomska istraživanja vršila samo u oblasti vidljive svjetlosti. Danas, s razvojem novih tehnika, i to se mijenja.

Infracrveni zraci

Područje zraka s većim talasnim dužinama (preko 750 nm do blizu jednog mm), pripada infracrvenim zracima. Njih poznajemo i kao toplotne zrake. Kada neki metal dovodimo do usijanja, npr. željezo, tada će ono poprimiti najprije crvenu boju. Prije toga zračiće nevidljive infracrvene zrake (infra, lat. ispod, niže). Dio infracrvenih zraka koje dolaze sa Sunca dopire do površine naše planete, a dio upija atmosfera. Zbog toga se infracrveni teleskopi postavljaju na visokim planinama.

Radio talasi

Talasne dužine nešto manje od milimetra pa sve do više kilometara, pripadaju velikoj oblasti radio-talasa. U tu grupu spadaju i talasi koje koristimo u radio-aparatima, npr. ultrakratki, kratki, srednji i dugi. Emitovanje televizijskih programa vezano je takođe, za ovo područje. Iz svemira dopiru do nas najraznovrsniji radio-talasi. To je navelo astronome da konstruišu posebne uređaje za njihov prijem — radio-teleskope.

UPAMTITE :

1. Elektromagnetska zračenja su glavni izvor naših saznanja o svemiru. Ona se prostiru brzinom svjetlosti, a imaju različite talasne dužine i energije.
2. U elektromagnetske zrake se ubrajaju: gama-zraci, rendgenski zraci, ultraljubičasti zraci, vidljiva svjetlost, infracrvena svjetlost i radio-talasi.
3. Elektromagnetska zračenja u nekim pojavama ispoljavaju osobine talasa, a u drugim nam izgledaju kao da su građena od pojedinačnih čestica.
4. Vidljiva svjetlost, propuštena kroz staklenu prizmu, razlaže se u niz boja — od ljubičaste do crvene. Svaka boja ima drugu talasnu dužinu.

PITANJA:

1. Šta su to gama-zraci?
2. Koliko iznose talasne dužine infracrvenih zraka?

ASTROFIZIČKI METODI ISTRAŽIVANJA

VIZUELNI METODI

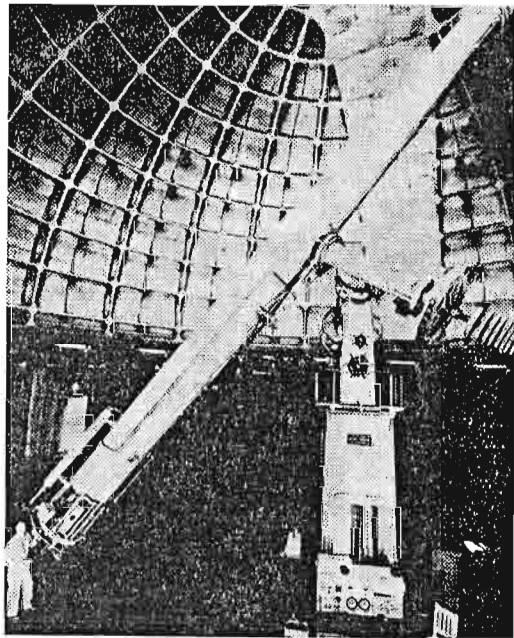
Još od prapočetaka ljudske civilizacije ljudsko oko je bilo prvi i jedini instrument korišten u astronomske svrhe. Ono je, kako znamo, najosjetljivije za prijem tzv. vidljive svjetlosti. Tokom miliona godina evolucije na Zemlji, oko se, kao organ za prijem elektromagnetskih zračenja, adaptiralo na one zrake koje su maksimalno prodorne kroz atmosferu.

Sva posmatranja koja se obavljaju okom, bez obzira na to da li se ono koristi samo ili uz pomoć teleskopa i drugih uređaja, nazivaju se vizuelna. I u astrofizici, kao posebnoj oblasti astronomije, vizuelni metodi posmatranja su još uvijek prisutni. Naravno, samo oko, bez teleskopa, više se ne upotrebljava.

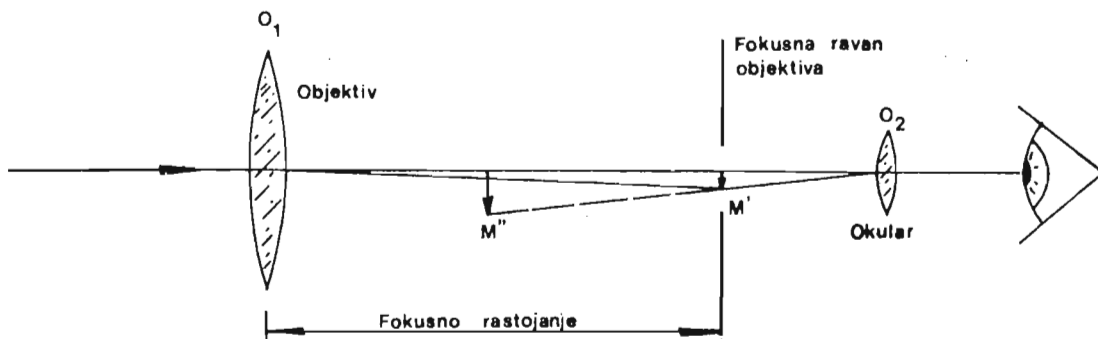
Teleskope koji se danas često primjenjuju u astrofizici dijelimo na dva osnovna tipa. To su refraktori i reflektori (sl. 55).

Koliko je poznato, prvi teleskop — refraktor (to je tada bio običan durbin) napravljen je u Holandiji krajem 16. stoljeća Galileo Galilej (Galilei Galileo) bio je prvi čovjek kome je palo na um da durbin upotrijebi za posmatranje neba. Samo ime refraktor (od lat. *frangere* — lomiti) označava da se takav teleskop zasniva na optičkoj pojavi prelamanja (refrakcije) svjetlosti. Na slici 56. dat je crtež glavnih dijelova refraktora i vidljivo je kako nastaje uvećana slika.

Objektiv O_1 prelama svjetlost nekog dalekog objekta i u fokusu (tj. tački gdje se presijecaju svi prelomljeni zraci koji prođu kroz objektiv) stvara umanjen i obrnut lik istog objekta. Taj lik ćemo označiti sa M' . S druge strane fokusa nalazi se okular O_2 , koji taj lik uvećava i proizvodi uvećani, obrnuti, imaginarni lik M'' . Objektivi refraktora su, u stvari, sabirna sočiva, koja se često grade od dva ili više pojedinačnih sočiva da bi se dobio bolji kvalitet likova. Time se smanjuju razne optičke greške. Okular se najčešće gradi od dva razdvojena sočiva. Od njegovog fokusnog rastojanja (žirine daljine) di-



Sl. 55. — Teleskop



Sl. 56. — Shema teleskopa refraktora

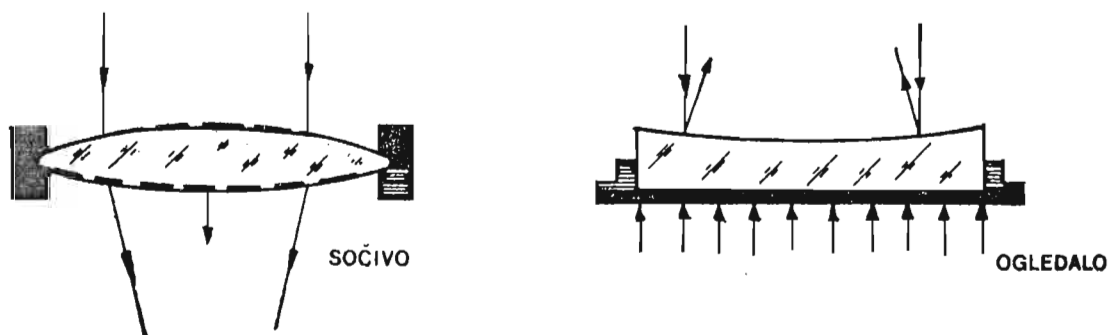
rektno zavisi mogućnost uvećanja teleskopa. Naime, uvećanje teleskopa jest količnik fokusnog rastojanja objektivna i fokusnog rastojanja okulara. Ako je, recimo, fokus nekog objektivna 100 cm, a okulara 1 cm, tada će uvećanje (U) pomoću takvog teleskopa biti:

$$U = \frac{100}{1} = 100 \text{ puta.}$$

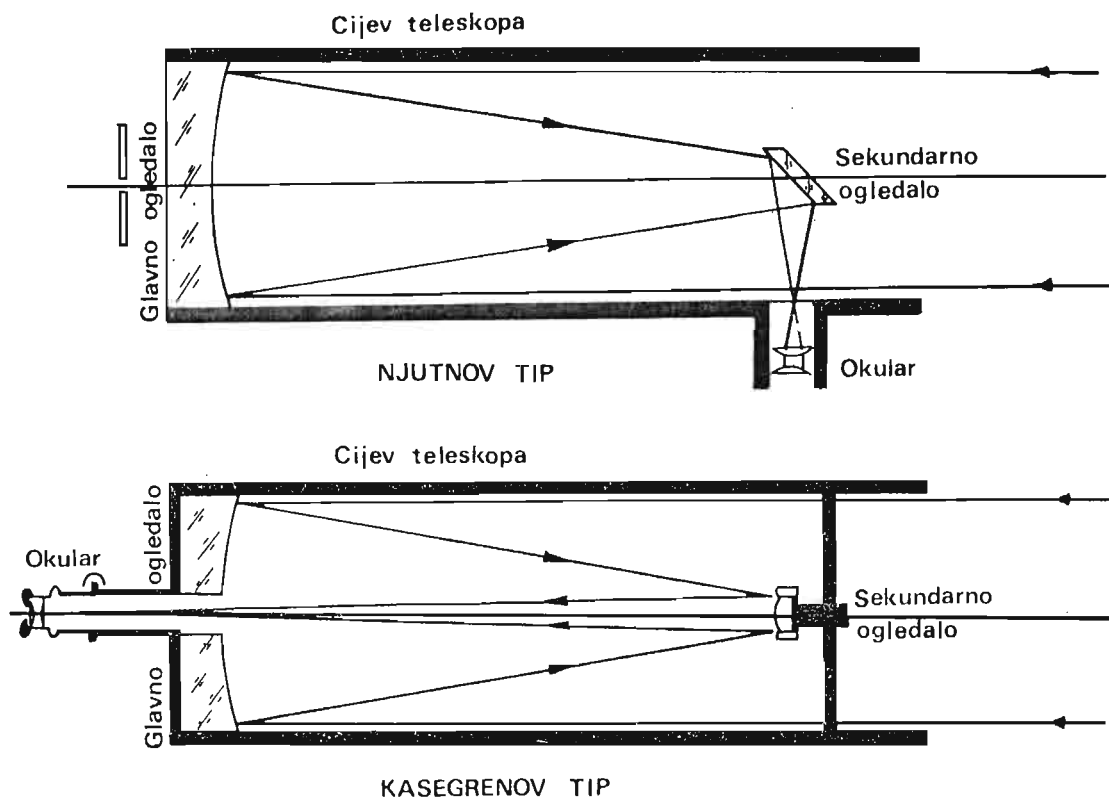
Naravno, ne treba misliti da se istim teleskopom mogu postići ma kakva uvećanja. Ograničenja su tehničke prirode.

Dugo su u astronomiji glavnu ulogu igrali upravo teleskopi refraktori. Svoj vrhunac i kraj doživjeli su u 19. vijeku. Tada je konstruisan do danas najveći teleskop ovog tipa, s prečnikom objektivna od 102 cm. On je smješten u američkoj opservatoriji Yerkes (Jerks). Zbog deformacije stakla (vidi sliku 57) nije bilo moguće graditi objektivne većih prečnika.

Teleskopi reflektori (od lat. reflectere, okrenuti, odbiti) sastoje se od ogledala koja se bruse iz okruglih staklenih ploča. Posebnim prahom i uz upotrebu veoma preciznih mašina ona se udubljuju. Kad takav posao rade amateri, oni se obično zadovolje time da dobiju sfernu površinu. Za astronomske potrebe slika je kvalitetnija ako se staklo izdubi tako da mu površina bude paraboloidnog oblika. Na takvu površinu se posebnim metodama (u vakuumu) nanese veoma tanki sloj aluminijuma. A aluminijum intenzivno reflektuje svjetlosne zrake. Ovakvo ogledalo je sada objektiv teleskopa reflektora. Svjetlosne zrake, padajući na njega, odbijaju se ka fokusu.



Sl. 57. — Sočiva većih prečnika savijaju se pod vlastitom težinom. Ogledala se ne savijaju jer su poduprta sa donje strane.



Sl. 58. — Sheme Njutnovog i Kasegrenovog tipa teleskopa reflektora

Da bi se pomoću ovakvih teleskopa mogla vršiti posmatranja, neophodno je da se pomoću malih ogledala skreće svjetlost i baca na okular. U zavisnosti od toga kakva se ogledala koriste, ima više vrsta teleskopa reflektora.

Njutnov tip teleskopa danas najčešće upotrebljavaju amateri. Glavni razlog je lakoća izrade. Pored Njutnovog postoji i Kasegrenov tip, koji se najviše upotrebljava u profesionalnoj astronomiji. Kao što se vidi na slici 58, glavno ogledalo je probušeno, tj. kroz njega je načinjena okrugla rupa. Svjetlost se odbija od tog ogledala i pada na sekundarno ogledalo, koje je opet vraća natrag kroz otvor do okulara.

U novije vrijeme konstruiše se veoma mnogo tipova teleskopa. Tako se za snimanje neba prave kombinovani instrumenti, koji se sastoje od ogledala i sočiva. Na njima se dobijaju znatno kvalitetniji likovi zvijezda i drugih nebeskih tijela.

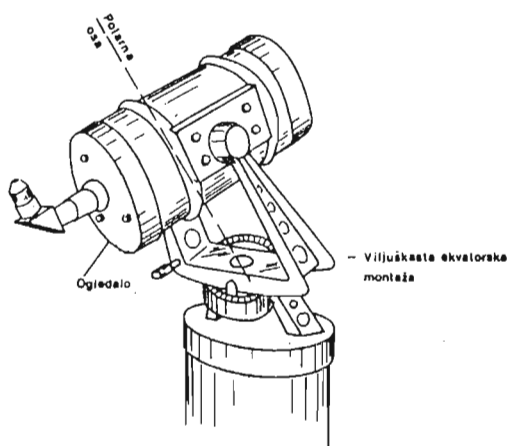
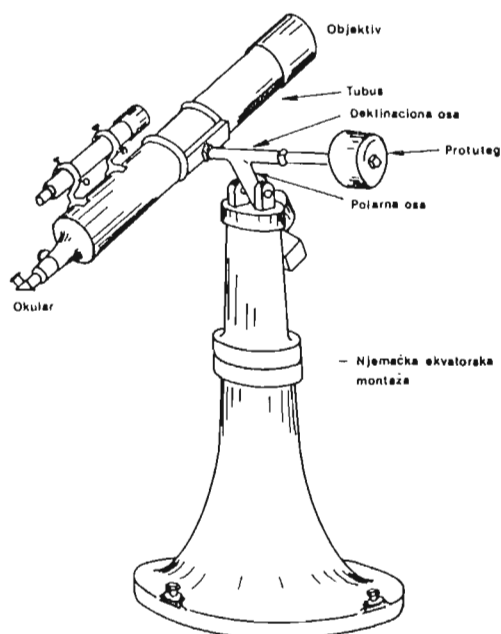
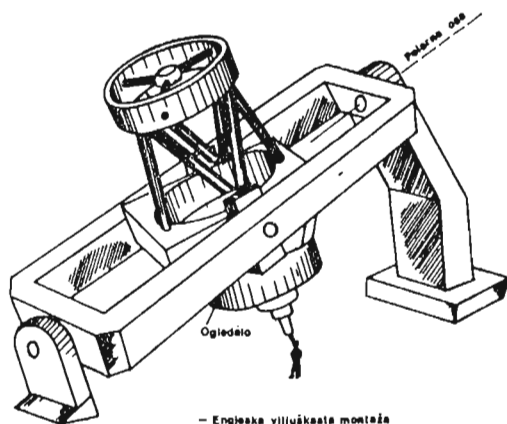
Da bi se teleskopi mogli nesmetano i lako upotrebljavati, moraju da posjeduju mehanizme. Već smo ranije vidjeli da se Zemlja okreće oko svoje ose jednom u 23 sata i 56 minuta. Da bi nam nebesko tijelo koga posmatramo ostalo u vidnom polju, to se mehanizam teleskopa mora okretati istom tom brzinom. Jedna njegova osovina je pri tome usmjerena ka nebeskom polu (približno prema zvijezdi Sjevernjači). Oko te osovine teleskop se okreće slijedeći prividno dnevno kretanje neba. Na drugoj osovini, koja je normalno postavljena na prethodnu, smješta se cijev teleskopa. Oko te osovine okreće se cijev teleskopa tako da se biraju različite deklinacije.

Da bi sve išlo kako treba, mehanizmi teleskopa posjeduju električne motore, koji sami obavljaju potrebna kretanja. Na osovina se također nalaze krugovi s podjelama kojima možemo očitavati nebeske koordinate — rektascenziju i deklinaciju. Rektascenzijski krug je izdijeljen u sate i minute, a deklinacijski u stepene. Poznavajući koordinate neke zvijezde ili ma kojeg drugog objekta, lako ga možemo pronaći na nebu pomoću tih krugova.

Za posmatranje služe okulari raznih fokusnih rastojanja, koji daju različita uvećanja. Posmatranja se uvijek započinju s najmanjim uvećanjem da bi se lakše pronašli traženi objekti. Zatim se stavljaju okulari koji daju veća uvećanja, kako bi se uočili pojedini detalji.

Za posmatranja Sunca primjenjuju se posebne metode i pomoćni pribor. Sunce se nikada ne smije posmatrati direktno kroz ma kakav đurbin ili teleskop jer bi se vid mogao nepovratno uništiti. Zbog toga se lik Sunca projektuje na poseban zaklon od bijelog kartona i na njemu se vrše posmatranja pjege. Takođe se mogu upotrijebiti posebno izrađeni filteri, koji upijaju najveći dio Sunčeve svjetlosti.

Na okularni dio teleskopa mogu se postavljati razni mjerni uređaji, kao što su *mikrometri*. Mikrometri sadrže tanke niti koje se pomjeraju posebnim zavrtnjima, tako da je moguće mjeriti uglovne razmake između zvijezda itd. Takođe se mogu postaviti fotografske kamere ili drugi pomoćni pribor.



Sl. 59. — Osnovni tipovi montaže teleskopa

ASTROFOTOGRAFIJA

Otkriće fotografije imalo je ogroman značaj za sve nauke, a posebno za astronomiju. Znamo da, osim Sunca, Mjeseca i nekoliko sjajnih planeta, na nebu vidimo samo objekte veoma slabog sjaja. Ljudsko oko, čak i uz pomoć velikih teleskopa, nije u stanju da opaža slabe izvore svjetlosti. Raspoloživa fotografska tehnika omogućava da se zabilježi i ono što ljudsko oko ne može registrovati. Pri tome se koriste teleskopi, i to tako da se na njihov kraj, na mjesto gdje se nalazi okular, postavlja film ili fotografska ploča.

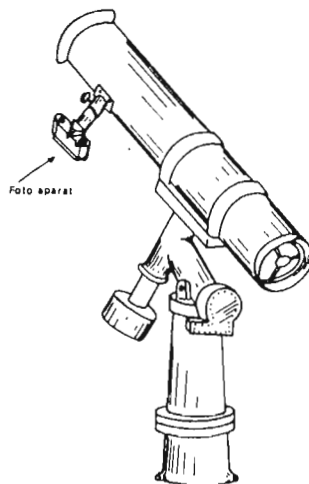
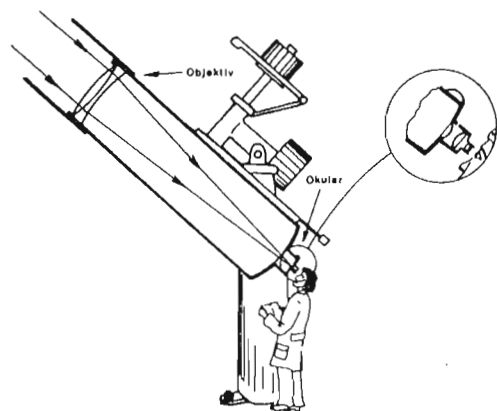
Astrofotografija kao metod astrofizičkih istraživanja i danas igra izuzetno značajnu ulogu. Od njenog otkrića pa do danas pronalaze se sve nove i nove fotografske ploče i filmovi. Naučnici teže da pronađu što osjetljivije i kvalitetnije materijale za ove svrhe. Osnovna prednost fotografije, pored već pomenute osjetljivosti, jeste da ima svojstvo trajnog dokumenta. Dio neba koji jednom snimimo možemo godinama čuvati u biblioteci i mjeriti u laboratoriji sve veličine koje nas interesuju. Upoređivanje snimaka koji su ranije načinjeni s najnovijim daje nam mogućnost da otkrijemo koje zvijezde mijenjaju sjaj, da li se u toj zoni neba pojavio neki asteroid i sl.

Prilikom snimanja zvijezda, galaksija i ostalih objekata slabog sjaja, fotografske ploče se izlažu (eksponiraju) od desetak minuta pa do više sati. Pri tome teleskopi, odnosno astro-kamere moraju imati kvalitetan elektronski sistem za okretanje. Njime se prati rotacija Zemlje. Što je ekspozicija duža, to ćemo na snimku dobiti objekte slabijeg sjaja.

Likovi zvijezda na snimcima su u obliku kružića. Što je zvijezda sjajnija, to je kružić veći. Mjereći prečnike ovakvih likova, možemo dobiti podatke o sjaju zvijezda (sl. 61).

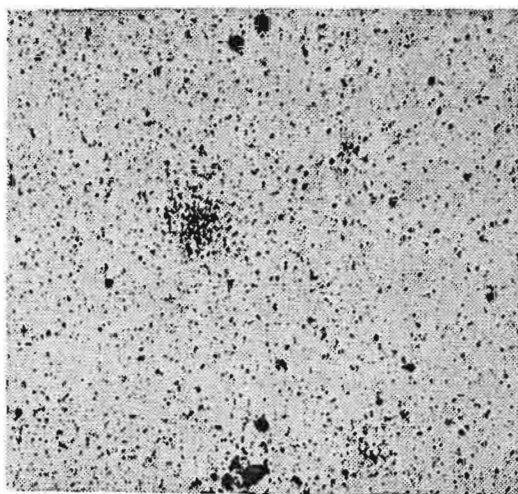
Fotografske emulzije su osjetljivije od ljudskog oka, pa je pomoću njih moguće vršiti snimanja u npr. ultraljubičastom ili infracrvenom dijelu spektra.

Mjereći položaje zvijezdanih ili drugih likova na foto-



Sl. 60. — Razlika između vizuelnog i fotografskog načina izučavanja nebeskih tijela

-ploči, lako dolazimo do podataka o rasporedu pojedinih planeta, kometa ili asteroida. U tu svrhu astronomi upotrebljavaju posebne uređaje, kojima se postiže tačnost od hiljaditog dijela milimetra.



Sl. 61. — Negativ fotografija dijela zvjezdanog neba. Crni kružići raznih prečnika su sjajnije i slabije zvijezde. (Snimljeno sa Astronomske opservatorije u Sarajevu)

ASTROFOTOMETRIJA

I neupućenim posmatračima neba lako pada u oči da sve zvijezde nisu istog sjaja. Ima ih vrlo sjajnih, ali su one vrlo rijetke. Zatim ima slabije svijetlih i u oblastima gdje se na nebu prostire Mliječni Put, one prelaze u nešto što nam liči na raspršenu maglovitu prašinu. Baš zbog ovih razlika u sjaju, još su stari astronomi podijelili zvijezde na posebne razrede, od kojih svakome odgovara određen sjaj. Najsjajnije zvijezde, one koje su prije svih ostalih zasjale na večernjem nebu poslije zalaska Sunca, nazvane su zvijezdama prve veličine. Za njima slijede zvijezde druge, pa treće i sve tako do šeste veličine. (Zvijezde šeste veličine se jedva vide golim okom.)

Riječ »veličina« ne odnosi se, naravno, ovdje na neku geometrijsku veličinu zvijezde, već na njen vidljivi sjaj. S razvojem astronomije i pronalaskom teleskopa utvrđeno je da postoje i zvijezde slabijeg sjaja od onih iz šeste veličine. Tako se ukazala potreba da se ova opisana skala sjaja naučno zasnuje i tačnije mjeri. Ustanovljeno je da je odnos sjaja dvije zvijezde iz susjednih veličina stalan. Tako su zvijezde druge veličine 2,5 puta slabijeg sjaja od zvijezda prve veličine. Zvijezde treće veličine su 2,5 puta slabijeg sjaja od onih iz druge veličine itd. Lako dolazimo do zaključka da su zvijezde šeste veličine 100 puta slabijeg sjaja od zvijezda prve veličine.

Ovako uvedena skala sjaja se produžava na obje strane. Tako postoje zvijezde 7,8. i sve do oko 23. veličine, koliko je u stanju registrovati najveći teleskop na svijetu. Isto tako postoje zvijezde koje su sjajnije od onih prve veličine pa se zbog toga uvodi oznaka nulta veličina. Za zvijezde koje su sjajnije od zvijezda prve veličine uvodi se znak minus. Zvijezde koje po sjaju ne pripadaju nijednom od razreda, već se nalaze između dva susjedna, imaju oznaku izraženu

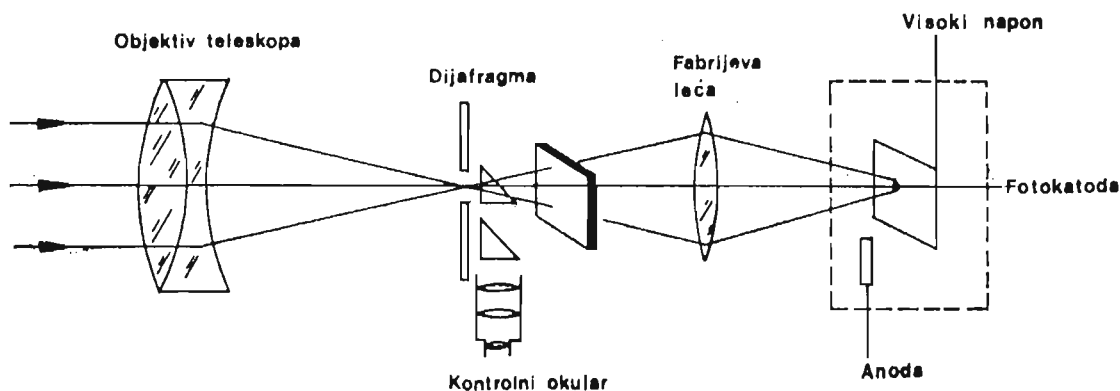
decimalnim brojem. Tako Sirijus, najsjajnija zvijezda koju vidimo na nebu, ima veličinu od $-1,56$. Inače, astronomi umjesto riječi »veličina« upotrebljavaju i riječ prividni sjaj, koja znači to isto. Pravi, istinski sjaj zvijezda izražava se na drugi način.

Astrofotometrija se bavi mjerenjem zračenja nebeskih tijela i daje podatke o prirodi i mnogim drugim osobinama tih tijela. Kao prijemnici zračenja, odnosno instrumenti pomoću kojih mjerimo intenzitet sjaja mogu poslužiti: oko, fotografska ploča, fotoelektrična cijev, termoelement itd. Naravno, ljudsko oko je najnepreciznije mjerilo.

Oko je osjetljivo na području elektromagnetskog spektra od 380 do 750 nanometara. Maksimum osjetljivosti je u oblasti žute svjetlosti, tj. na oko 550 nm.

Obične fotografske ploče su osjetljive u oblasti ljubičaste svjetlosti (440 nm). Drugi navedeni prijemnici zračenja osjetljivi su svaki u drugoj oblasti. Zavisno kojim načinom mjerimo sjaj nebeskih tijela, dobijamo i različite podatke. Tako npr., ako na nebu posmatramo dvije zvijezde, od kojih je jedna crvene, a druga plave boje, može se desiti da nam izgledaju približno istog sjaja. Ukoliko načinimo snimak te oblasti neba i posmatramo iste zvijezde, tada će nam plava izgledati sjajnije od crvene, jer je foto-ploča osjetljivija u tom području.

Instrumenti kojima se neposredno mjeri sjaj zvijezda i drugih nebeskih tijela zovu se fotometri. Danas se najviše primjenjuju fotoelektrični fotometri. Odlikuju se izvanrednom tačnošću u odnosu na druge metode. Shema fotoelektričnog fotometra data je na slici 62. Podaci koji se dobiju mjerenjem zvijezda fotometrima su interesantni iz više razloga. Tako za svaku zvijezdu koja mijenja sjaj u određenim vremenskim razmacima možemo tačno izmjeriti za koju veličinu i za koliko vremena traje promjena sjaja. Ovom metodom proučavanja došlo se, recimo, do saznanja da zvijezda Algol u sazvežđu Perzeju ima tamnog pratioca (zvijezdu koja je slabijeg sjaja od nje). Taj tamni satelit je pokriva kružeći oko nje.



Sl. 62. — Shema fotoelektričnog fotometra. Svjetlost zvijezde prolazi kroz dijafragmu i filter, pa preko sočiva pada na osjetljivu foto-čeliju. Tu se svjetlost pretvara u električnu struju, koja se pojačava i mjeri na nekom instrumentu.

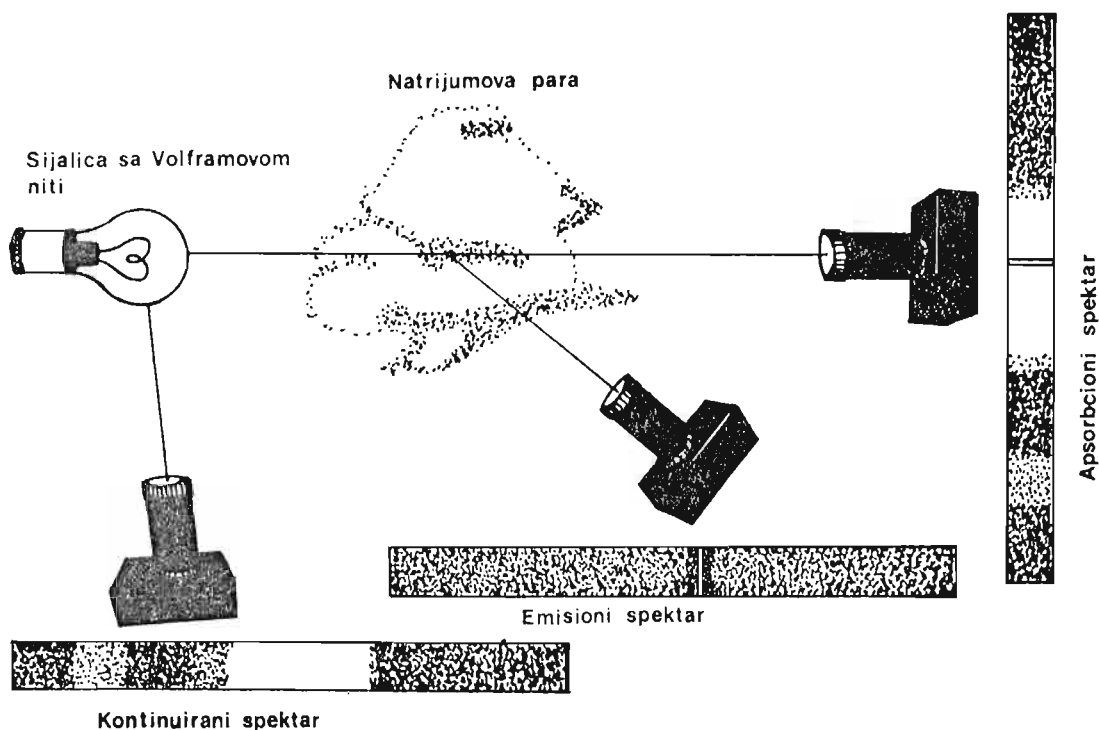
S obzirom na ogromnu udaljenost ovih zvijezda, nije ih moguće vidjeti pojedinačno. Od njih nam je dostupan samo ukupan sjaj. Kada se pratilac nađe ispred zvijezde, on je pomrači i njen sjaj biva slabiji.

ASTROSPEKTROSKOPIJA

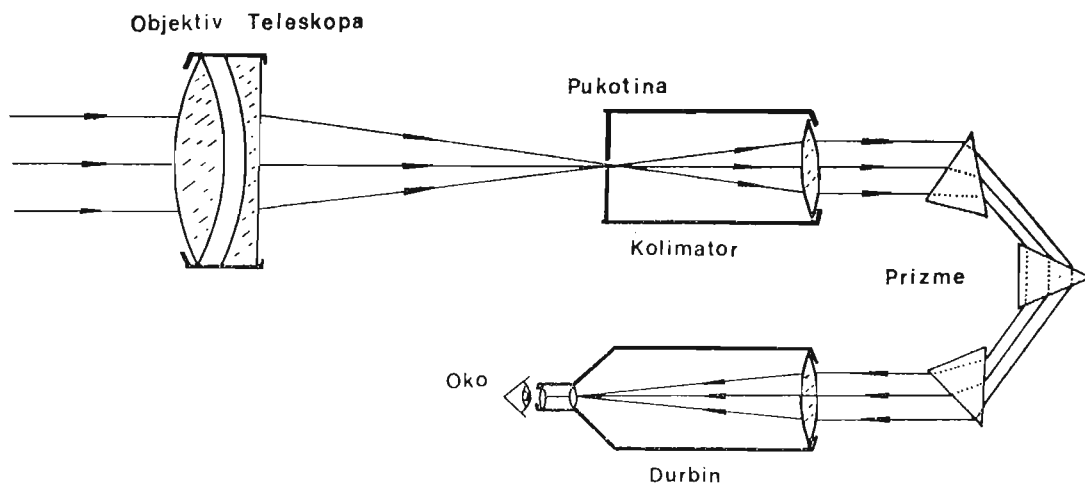
Govoreći o elektromagnetskom spektru, pomenuli smo vidljivu svjetlost. Njeno razlaganje na osnovne boje ili, tačnije, na spektar vidljive svjetlosti ima u astrofizici posebnu ulogu. Spektralna analiza nam, pored ostalog, omogućava da saznamo hemijski sastav nebeskih tijela, brzinu njihova kretanja u prostoru, postojanje magnet-skih polja, temperaturu i druge podatke.

Postoje tri vrste spektara. Nепrekidni ili kontinuirani spektar predstavlja traku u kojoj su prisutne sve boje, koje se prelijevaju jedna u drugu. Emisioni spektri se sastoje od sjajnih linija na tamnoj pozadini. Treća vrsta spektra je apsorpcioni (od lat. apsorbere — upijati). Kod njih na pozadini neprekidnog spektra zapažamo tamne linije. Nепrekidne spektre isijavaju užarena čvrsta i tečna tijela, a mogu i gasovi. Emisioni spektri (od lat. emittēre — odaslati, poslati) potiču od razrijeđenih gasova koji imaju visoku temperaturu. Kao što je sa slike 63. vidljivo, apsorpcioni spektar nastaje kada se ispred izvora svjetlosti, koji inače tvori neprekidni spektar, pojavi gas koji je od tog izvora nešto hladniji.

U domenu spektralne analize važan je Kirhofov zakon, koji kaže da svaki gas upija one talasne dužine koje bi u zagrijanom



Sl. 63. — Osnovni tipovi spektara. Svjetlost sijalice pada na oblak natrijumove pare. Sama sijalica daje neprekidni spektar, oblak natrijuma — emisioni, a svjetlost sijalice koja prolazi kroz oblak daje nam apsorpcioni spektar.



Sl. 64. — Spektroskop

stanju sam emitovao. Na slici 62. prikazani oblak natrijumove pare upravo upija dvije žute linije natrijuma, kakve on inače emituje kada je zagrijan — uslijed čega su one tada sjajne.

Kada je neki hemijski element u gasovitom stanju, on odaje emisioni spektar. Svaka linija toga spektra (nekada su to šire trake) zauzima određeno mjesto, odnosno ima određenu talasnu dužinu. Atomi i molekule, zavisno od toga u kakvom se fizičkom stanju nalaze, zrače različite spektralne linije. Mjerenjem njihovog sjaja i talasne dužine dolazimo do podataka o tome kakav je hemijski sastav i fizičko stanje svakog svijetlećeg tijela u svemiru.

Postoje tijela i oblaci materije koji ne isijavaju vlastitu svjetlost. Takvi su, na primjer, planete, Mjesec, asteroidi, zatim galaktičke magline. Svi oni u stvari svijetle odbijenom svjetlošću susjednih zvijezda. Mjesec i planete odbijaju Sunčevu svjetlost, tako da su njihovi spektri zapravo spektri Sunca. Ako je neka planeta okružena atmosferom, tada se Sunčevo zračenje upija djelimično u njoj, te tako možemo saznati i nešto o sastavu dotične atmosfere i o pojavama u njoj.

U astrospektroskopiji se primjenjuju uređaji za posmatranje i snimanje spektara. To su spektroskopi i spektrografi. Samo spektri veoma sjajnih objekata, kao što su Sunce, Mjesec i najsjajnije zvijezde mogu se posmatrati direktno okom pomoću spektroskopa učvršćenog na teleskop. Izgled jednog jednostavnog spektroskopa prikazan je na slici 64. Da bi se u astrofizici vršila precizna mjerenja spektara, oni se uvijek snimaju na fotografske ploče. Tada se durbin na slici 63, kojim se posmatra spektar, zamjenjuje jednom fotografskom kamerom. Tako dobijamo uređaj koji se naziva spektrograf. Ovim načinom mogu se snimiti i spektri objekata veoma slabog sjaja. Tada se fotografska ploča izlaže slaboj svjetlosti po više časova. Dobijeni spektri se mjere preciznim instrumentima i dobijaju se podaci o talasnim dužinama pojedinih linija u spektru, njihovoj jačini, širini itd.

RADIO-ASTRONOMIJA

Radio-astronomija je novija oblast astronomije, a pripada području astrofizike. Već smo vidjeli da nebeska tijela ne emituju isključivo vidljivo svjetlost, na koju naša čula reagiraju. Među mnogobrojnim elektromagnetskim talasima koji nas zapljuskuju posebno mjesto pripada radio-talasi. Talasne dužine ovakvih talasa su veće, pa se mjere centimetrima, metrima, pa čak i kilometrima.

Naša planeta je neprekidno izložena brojnim radio-talasi, koji dopiru iz svemira. Da bi ih registrovali, radio-astronomi se služe radio-teleskopima. Ne postoji bitna razlika između radio-aparata i radio-teleskopa. Objee ove vrste uređaja namijenjene su prijemu radio-talasa. Našim radio-aparatom primamo vještačke izvore radio-talasa, a oni su dovoljno jaki, tako da se talasi primaju malom antenom ili čak bez nje. Signali (talasi) koji dopiru do nas iz svemira su vrlo slabi. Zato je neophodno konstruisati džinovske antene radio-teleskopa kako bi se omogućio prijem, sl. 65.

Radio-teleskopa ima više vrsta. Najčešće su u upotrebi oni koji imaju prijemnik zračenja izgrađen od metalnih ploča ili rešetki, čiji je oblik tanjirast. Radio-talasi padaju na udubljenu površinu prijemnika, a on ih šalje u fokus. U samom fokusu smještena je jedna mala antena, koja predstavlja prijemnik zračenja.

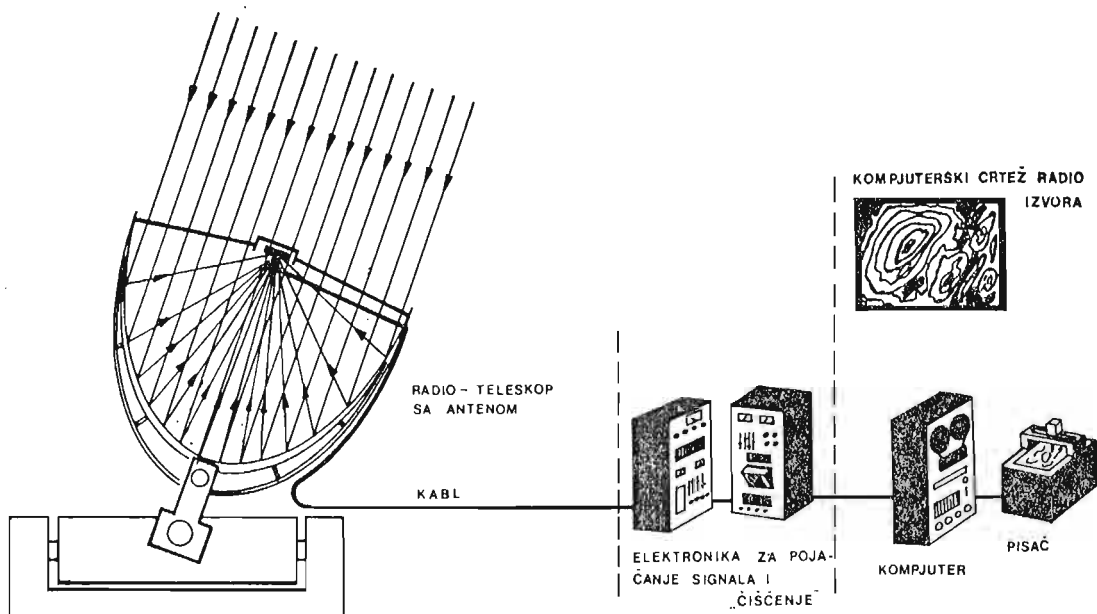
Astronomi neslušaju zvukove koji dopiru iz svemira, već se trude da ih analiziraju posredstvom raznih elektronskih uređaja. Signali se bilježe u kompjuteru i kasnije analiziraju.

Zakrivljena površina radio-teleskopa, dakle, prima talase i šalje ih anteni u fokusu. Kada radio-talasi padnu na tu antenu, kroz nju poteče struja. Struja jednim kablom vodi k laboratoriji, u kojoj su smješteni razni instrumenti i sami radio-astronomi. Pošto su signali slabi, u laboratoriji se pojačavaju. Zatim se šalju u kompjuter, koji primljene podatke obrađuje i daje u nekom pisanom ili crtanom obliku (sl. 66).

Radio-teleskopima se može tačno odrediti jačina kosmičkog izvora radio-zračenja, njegove dimenzije i sl.



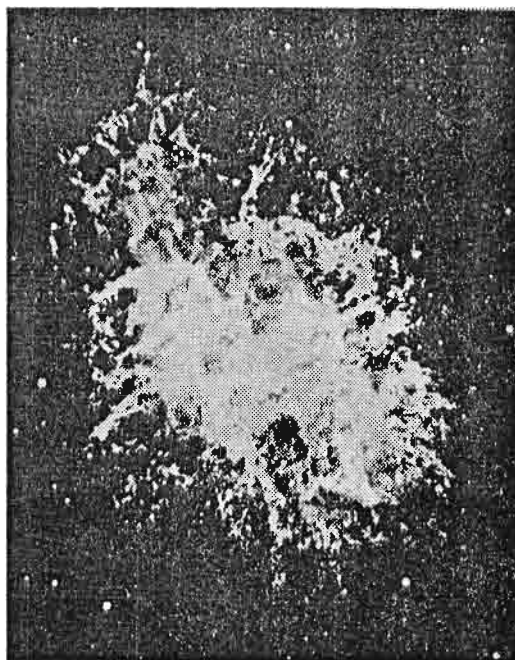
Sl. 65. — Radio-teleskop prečnika 100 metara smješten u Zapadnoj Njemačkoj



Sl. 66. — Skica rada radio-teleskopa

Radio-astronomija je umnogome proširila oblast čovjekovog istraživanja svemira. Pokazalo se da gotovo svaki objekat na nebu ima svoje radio-zračenje. Sunce, nama najbliža zvijezda, odaje raznovrsna zračenja u ovoj oblasti. Sunce je, zbog blizine Zemlje za nas jak izvor dok od većine drugih zvijezda, bez obzira na njihovu veličinu, ne primamo radio-talase, jer su suviše daleko. Sunce isijava radio-talase naročito u periodu svoje maksimalne aktivnosti. Od ostalih članova Sunčevog sistema značajan izvor radio-talasa je planeta Jupiter.

U našoj galaksiji — Mliječnom Putu, postoje ogromni oblaci vodonika, koji zrače radio-talase dužine od 21 cm. Na osnovu mjerenja ustanovljeno je da je naša galaksija spiralnog oblika. Među najjače izvore radio-talasa u njoj spadaju ostaci eksplodiranih supernovih zvijezda. (Poznato je da neke zvijezde iznenada eksplodiraju i tako gube najveći dio svoje materije.) Materija koja je odbačena eksplozijom širi se u svemir ogromnom brzinom. Pri tome se oslobađaju velike količine zračenja svih vrsta, pa i radio-talasa. Jedan takav izvor potiče od eksplozije supernove zvijezde, koja se desila 1572. godine. Nalazi se u sazviježđu Kasiopeja i astronomi ga nazivaju Kasiopeja A.



Sl. 67. — Maglina Rakovica u sazviježđu Bik. Na tom mjestu je prije gotovo 1000 godina eksplodirala zvijezda od koje je ostao oblak materije što se širi te i danas šalje jako radio-zračenje.

Od vangalatičkih izvora posebnu pažnju privlače radio-galaksije i kvazari. Radio-galaksije izgledaju kao obične galaksije, poput Mliječnog Puta, a odlikuju se intenzivnim radio-zračenjem. Ono dopire iz njihovog jezgra, gdje se često dešavaju eksplozije džinovskih razmjera.

Kvazari su zagonetni objekti smješteni na rubu vidljivog svemira, na udaljenostima od jedne pa do preko deset milijardi svjetlosnih godina. Gledajući njih, mi u stvari gledamo u daleku prošlost svemira, u doba prije no što su nastali Zemlja i Sunce. Oni su ogromni izvori energije, koji još uvijek nisu objašnjeni.

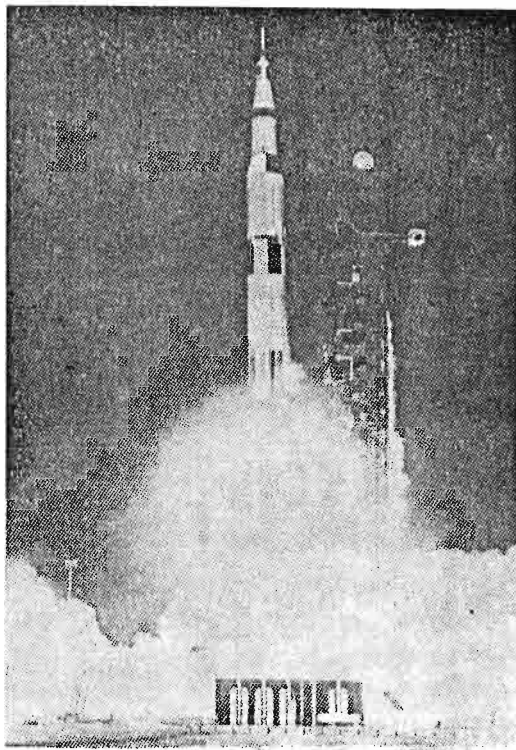
Danas širom naše planete ima mnogo velikih radio-teleskopa. Najveći pokretni teleskop ovog tipa nalazi se kod Bona, u Zapadnoj Njemačkoj. Prečnik mu iznosi 100 m. Najveći nepokretni radio-teleskop smješten je na Kavkazu, u SSSR-u, i ima prečnik od 600 metara. U Portoriku su Amerikanci sagradili radio-teleskop u krateru ugašenog vulkana.

KOSMIČKA ISTRAŽIVANJA

Već smo pomenuli da su astronomska istraživanja djelimično ograničena zbog postojanja gustog sloja Zemljine atmosfere. Stoga je oduvijek postojala težnja da se nađu načini koji bi omogućili posmatranja iznad tog sloja vazduha. U početku se moglo ići samo na podizanje opservatorija na što višim planinskim vrhovima. Tako je danas jedna od najmodernijih opservatorija, posebno pogodna za izučavanje u infracrvenoj oblasti spektra, podignuta na ugašenom vulkanskom vrhu Mauna Kea, na Havajima.

S druge strane, pojedini instrumenti, osobito oni namijenjeni proučavanju Sunca, podizani su balonima na visine od 30 kilometara. Razni uređaji su stavljani i u rakete koje su dosežale određene visine.

Tek je lansiranje prvog Zemljinog vještačkog satelita, 1957. god. izazvalo pravu revoluciju i otvorilo vrata kosmičkim istraživanjima. Prilikom svakog kosmičkog eksperimenta, u letjelice, sa ili bez ljudske posade, postavljeni su aparati i



Sl. 68. — Lansiranje rakete sa satelitom namijenjenim istraživanju svemira.

vršena mjerenja. Tako je već jedan od prvih lansiranih satelita otkrio postojanje tzv. radioaktivnih Van Alenovih (Van Allen) pojaseva oko Zemlje. Kasnije dolazi do izgradnje i lansiranja satelita posebno namijenjenih za pojedina ispitivanja. Postoje orbitalne stanice za rendgensku astronomiju, ultraljubičastu, infracrvenu i sl. Pojedini sateliti vrše neprekidno opažanje Sunca, drugi istražuju međuplanetarnu materiju itd.

Postoje planovi za nove astronomske projekte u svemiru. Jedan od njih je lansiranje teleskopa prečnika 2 m u orbitu oko Zemlje. Uz sve to, ispitivanja s površine Zemlje ne odumiru. Naprotiv, ona su u razvoju jer se uporednim mjerenjem dolazi do još značajnijih podaju međuplanetarnu materiju itd.

U P A M T I T E :

1. **Osnovni astronomski instrumenti su teleskopi. Postoje dva osnovna tipa teleskopa. To su teleskopi sa sočivima ili refraktori i teleskopi s ogledalima ili reflektori.**
2. **Astrofotografija predstavlja snimanje raznih nebeskih tijela na fotografske ploče i filmove. Za snimanja zvijezda i drugih slabo vidljivih objekata potrebne su veoma duge ekspozicije.**
3. **Pomoću snimaka s fotografskih ploča astronomi mogu mjeriti sjaj pojedinih zvijezda i drugih objekata, kao i njihove tačne položaje.**
4. **U astrofotometriji se mjeri sjaj nebeskih tijela. Taj sjaj se može određivati okom, fotografski, fotoelektričnim putem itd.**
5. **Sve zvijezde su prema svom sjaju svrstane u klase. Najsjajnije zvijezde koje na nebu vidimo zovemo zvijezdama prve veličine.**
6. **Spektralna analiza je izučavanje spektra vidljive svjetlosti, koji dobijamo razlaganjem pomoću staklene prizme ili nekim drugim načinom. Osnovni tipovi spektara su: neprekidni, emisijski i apsorpcijski.**
7. **Spektr Sunca je apsorpcijski, što znači da je ono okruženo nešto hladnijom, gasovitom atmosferom.**
8. **Instrumenti kojima se »hvataju« radio-talasi nazivaju se radio-teleskopi.**
9. **Među najsjajnije izvore radio-zračenja ubrajaju se ostaci eksplodiranih supernovih zvijezda. Takođe su snažni izvori zračenja kvazari.**
10. **Kosmička istraživanja se vrše izvan Zemljine atmosfere. Ona su omogućila da se dođe do novih saznanja, naročito onih o Sunčevom sistemu. Takođe se istražuju i druga svemirska tijela u onim dijelovima spektra elektromagnetskih zračenja koje atmosfera Zemlje upija.**

P I T A N J A :

1. *Kako se zvao naučnik koji je prvi okrenuo teleskop u pravcu neba?*
2. *Nabroj osnovne tipove teleskopa reflektora.*
3. *Reci koliko su puta zvijezde treće veličine sjajnije od zvijezda četvrte veličine.*
4. *Koji svjetlosni zraci imaju veću talasnu dužinu — žuti ili plavi?*
5. *Šta je to radio-astronomija?*

ZADACI:

1. Teleskop ima fokusno rastojanje 2,4 metra. Ako se posmatranje vrši pomoću okulara s fokusom od 12 mm, koliko iznosi uvećanje teleskopa.

2. Izrada jednostavnog teleskopa

Veoma jednostavan teleskop možete izraditi od stakla za naočale. Nabavite neko staklo za naočale od onih koji su dalekovidni (dakle, sabirno sočivo). Poželjno je da je fokusno rastojanje tog sočiva barem 500 milimetara. Nađite negdje kartonsku cijev poput onih oko kojih su namotani štofovi. Na jedan kraj cijevi učvrstite sočivo. To se može izvesti pomoću nekog ljepila, kao što je selotejp. Na drugi kraj cijevi, čija dužina treba da je oko 450 mm, postavite drugu cijev koja se u ovoj može pomjerati. Na kraj te manje cijevi učvrstite jedno malo sočivo, kratke fokusne razdaljine, od recimo 10 do 20 mm. Time je naš prvi mali teleskop završen. Izoštavanje se vrši laganim pomjeranjem male cijevi naprijed ili natrag. Naravno, kvalitet slike dobijene ovakvim teleskom neće biti naročito dobar. Ali, za prva posmatranja, posebno Mjeseca, biće sasvim u redu. Sunce nemojte pokušavati gledati direktno zbog opasnosti da oštetite vid. O tome kako se ono posmatra učićete kasnije.

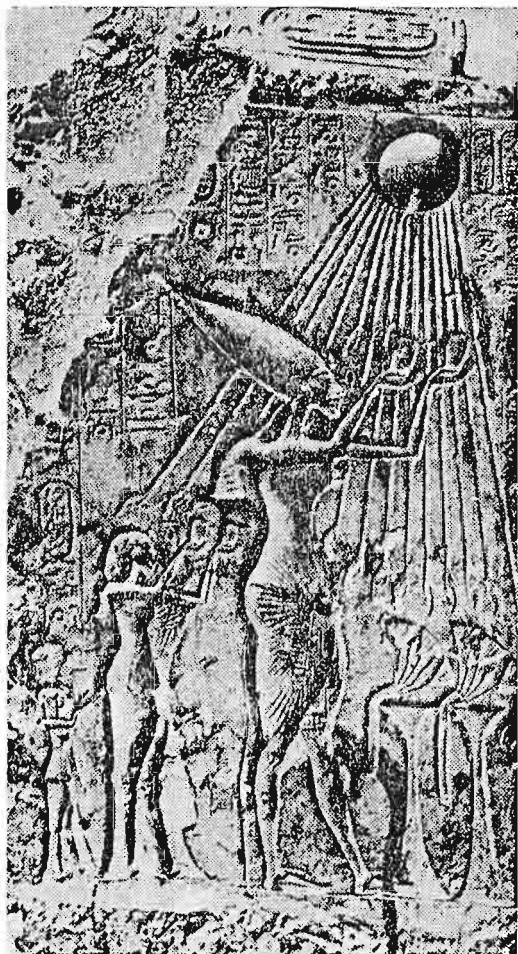
SUNCE

OPŠTI PODACI O SUNCU

Sunce je centralno tijelo našeg planetskog sistema i nama najbliža zvijezda. Ono je osnovni uzrok mnogobrojnih kretanja na Zemlji, kao što je kruženje vode, kretanje vazduha i proticanje rijeka. Postojanje biljnog i životinjskog svijeta bilo bi nezamislivo bez ovog izvora toplote. Energija Sunca je tokom miliona godina pretočena u naslage uglja i nafte. Sunce je, jednom rječju, neraskidivo vezano sa sudbinom čovječanstva i planete na kojoj ono živi.

Iz svih nabrojanih razloga, ljudi su još u najranijim periodima civilizacije obožavali Sunce, i to putem raznih religioznih kultova. Sunčeva božanstva su postojala kod gotovo svih naroda u nekom od perioda njihovog razvitka. Sunce je omogućilo i prve grube proračune vremena — u obliku dana i dijelova dana.

Sunce je sasvim obična zvijezda, kakvih u našoj galaksiji i drugdje u svemiru srećemo na milijarde. Njegova srednja udaljenost od Zemlje iznosi 149 600 000 kilometara. Svjetlosti, koja se kreće brzinom od oko 300 000 km/s, potrebno je 8 minuta i 19 sekundi da pređe ovu udaljenost. Iako je Sunce za



Sl. 69. — Obožavanje Sunca bilo je u starom Egiptu jedan od najvažnijih religioznih kultova. Tablica pronađena u nekoj grobnici prikazuje Sunce kao simbol života.

nas najsjajnije tijelo koga vidimo, postoje u svemiru zvijezde koje su od njega mnogo sjajnije i veće. Prečnik Sunca iznosi nekih 1 390 000 kilometara. U njegovu loptu mogli bismo sasvim udubno smjestiti Zemlju i Mjesec na putanji oko nje.

Masa Sunca je 330 000 puta veća od mase Zemlje. Ono ima 99,87% ukupne mase cijelog Sunčevog sistema (planeta, satelita, komete, asteroida, međuplanetske materije). Srednja gustina Sunca je za oko 1,4 puta veća od gustine vode na Zemlji. Gustina mu raste prema unutrašnjosti, dok mu je atmosfera rijetka.

Na vidljivoj površini Sunca vlada temperatura od oko 5780°K. Ta temperatura raste prema njegovom središtu i procjenjuje se da tamo iznosi 15 do 20 miliona stepeni Kelvina. Prema zakonima fizike, i pritisak u središtu Sunca mora biti uistinu ogroman.

Astronomima je uspjelo da ispituju i hemijski sastav Sunca. Utvrđeno je da se u atmosferi Sunca nalaze mnogobrojni hemijski elementi a da najviše ima vodonika (vodika), helijuma, a zatim kisika (kiseonika), ugljenika (ugljika) i azota (dušika). Takođe se sreću (u gasovitom stanju) i metali kao što su natrijum, magnezijum, željezo i slično.

Sunce već nekoliko milijardi godina neprekidno šalje svoju energiju u okolini prostor. Ta ogromna energija odlazi najviše u obliku elektromagnetskih talasa (putem zračenja). To su radio-talasi, infracrveni zraci, vidljiva svjetlost, ultraljubičasta svjetlost, te rendgenski i gama-zraci. Pored ovoga, od Sunca nam dolaze i raznovrsne atomske čestice, kao što su elektroni, protoni i druge.

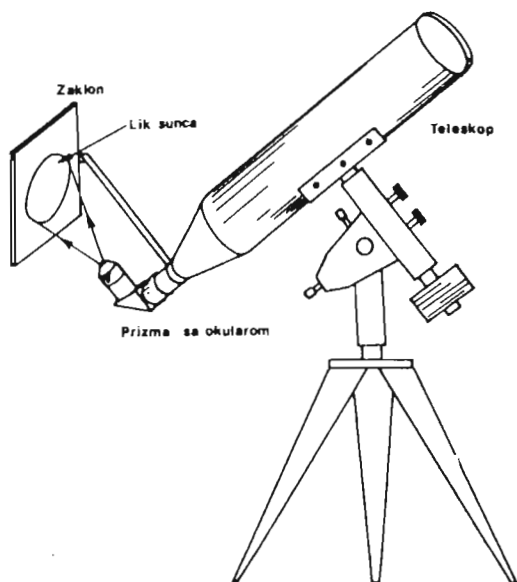
Od ukupne energije koju emituje Sunce Zemlja primi svega jedan dvomilijarditi dio. Šaljući energiju, Sunce svake sekunde gubi oko 4 miliona tona svoje materije. Proračun bi lako pokazao da bi uprkos ovome za 10 milijardi godina Sunce izgubilo samo 0,07% svoje ukupne mase. Pri svemu tome ono neprekidno nadoknađuje izgublenu energiju, tj. ne hladi se u skladu s gubitkom energije, kako bismo mogli očekivati. Razlog je u tome što su izvori energije Sunca (a i drugih zvijezda) termonuklearne prirode. U njemu se neprekidno odvijaju procesi spajanja jezgara atoma vodonika u jezgra atoma helijuma. Ovim procesima se oslobađa velika količina energije, koju Sunce zrači. Osnovno »gorivo« je, kako vidimo, vodonik, koga Sunce ima u dovoljnim količinama za još najmanje desetak milijardi godina.

GRAĐA SUNCA

FOTOSFERA

Gledano kroz teleskop, Sunce izgleda kao sjajni disk, čiji su rubovi nešto tamniji. Sunce se nikad ne posmatra nezastićenim okom, kroz bilo kakav durbin ili teleskop. Njegov sjaj i toplota, koja se stvara u fokusu veoma su veliki i mogu izazvati nepovratno oštećenje oka.

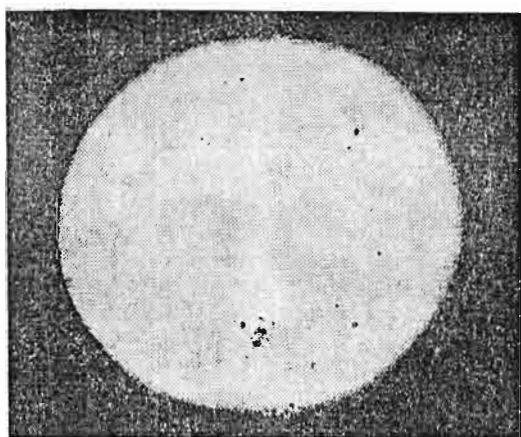
Najbolji način posmatranja za svakog učenika je projekcija njegovog lika na neki zaklon. To može biti običan komad bijelog papira ili, još bolje, kartona, koji se postavi pozadi okulara teleskopa. Školski teleskopi obično u svom priboru imaju ovakve zaklone od lima ili drveta (slika 70).



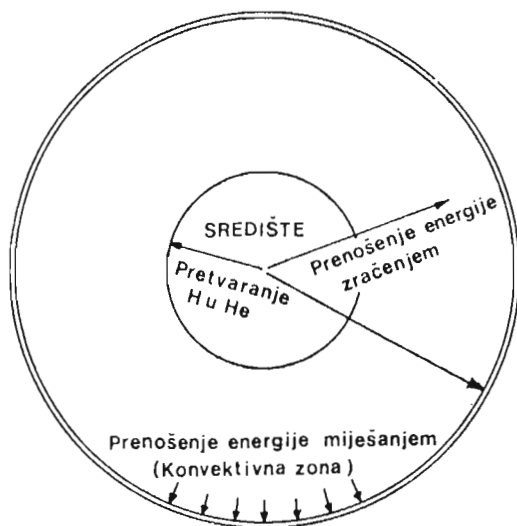
Sl. 70. — Sunce je najsigurnije posmatrati projektovano na bijeli zaklon. Zaklon možete učvrstiti na teleskop tako da se pomjera skupa s njim.

To što mi vidimo pri ovakvom posmatranju je fotosfera (grč. fotos — svjetlost, sfaira lopta, sfera). Fotosfera je najniži dio onoga što nazivamo atmosfera Sunca. Ona se, pored fotosfere, sastoji još od hromosfere (grč. hroma — boja) i korone, čiji je naziv latinskog porijekla i znači vijenac. Fotosfera je neprovidna i mi nemamo načina da vidimo slojeve ispod nje. Prema teorijskim razmišljanjima, ispod nje se nalazi sloj Sunca, u kome se energija koja dolazi iz jezgra prenosi miješanjem pojedinih slojeva. Vidjeli smo u dijelu astrofizike koji govori o toploti da se takvo miješanje pojedinih slojeva neke materije naziva konvekcija. Zato se često ovaj sloj naziva i oblast konvekcije.

U središtu Sunca odvijaju se termonuklearne reakcije i energija koja tu nastaje prenosi se iz te oblasti zračenjem u konvektivni sloj. Slika 72. daje nam šemu građe Sunca. Debljine pojedinih slojeva prikazanih na crtežu nisu u pravom razmjeru zbog lakšeg razaznavanja.

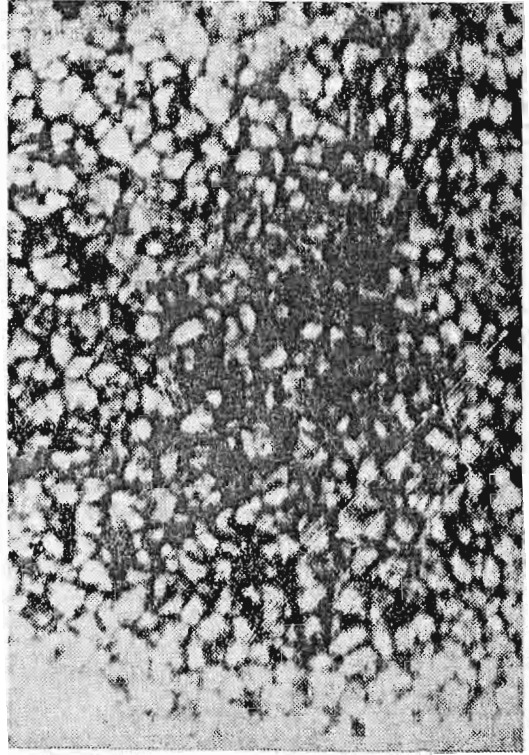


Sl. 71. — Snimak Sunca načinjen teleskopom. Vidimo njegov opšti izgled i nekoliko tamnih mrljica — pjega.



Sl. 72. — Shematski prikaz Sunčeve građe

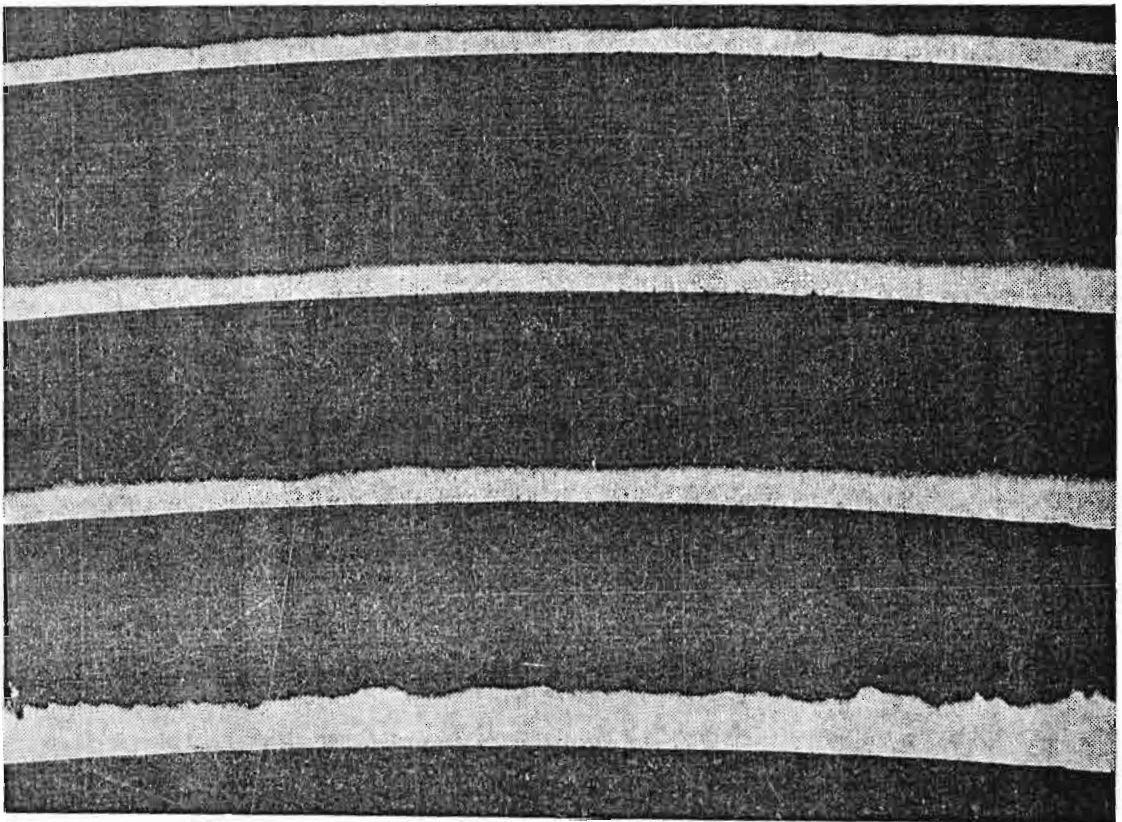
Fotosfera ima debljinu između 300 i 500 km. Ako se malo većim teleskopom posmatra ma koji dio fotosfere, lako se uočava da se ona sastoji od ogromnog broja sitnih mrljica, koje podsjećaju na zrna. Ta zrna ili, latinski, *granule*, kako se u astronomiji nazivaju, imaju prečnike u prosjeku oko 1500 km. Granule se neprekidno rađaju i nestaju. Obično život jedne od njih traje nekoliko minuta. Po svojoj prirodi ova pojava predstavlja nešto poput ključanja materije Sunca. Neprekidno se miješaju hladniji i topliji slojevi (sl. 73).



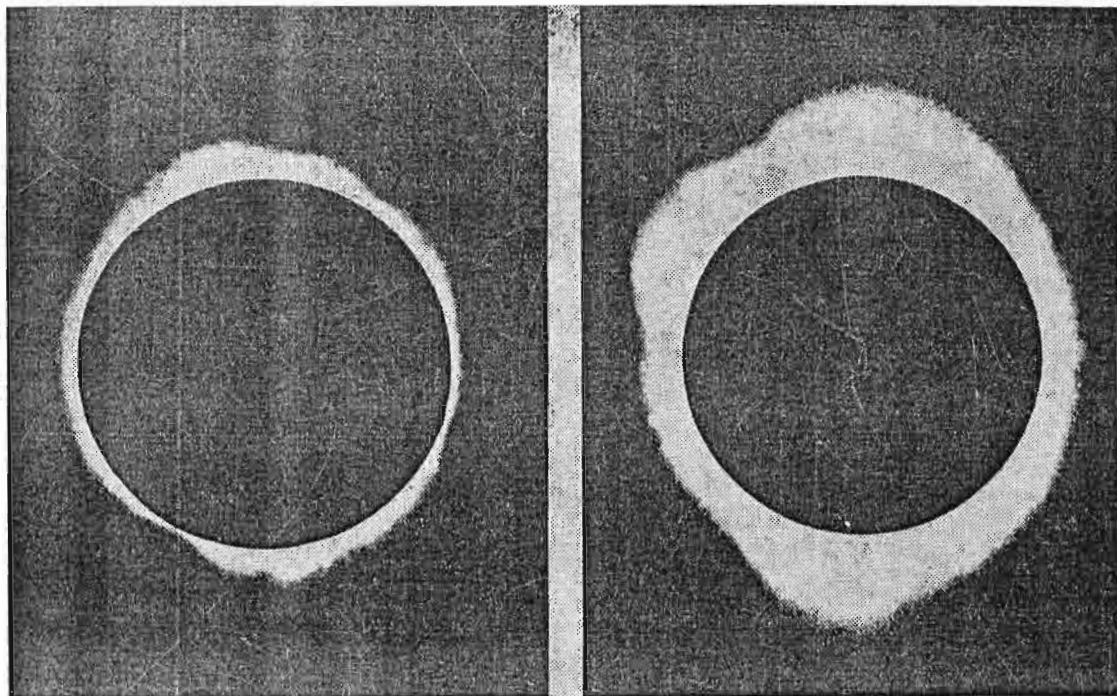
Sl. 73. — Detaljna struktura fotosfere. Lako uočavamo pojedine granule.

HROMOSFERA I KORONA

Hromosfera i korona, kao slojevi Sunčeve atmosfere leže iznad fotosfere. *Hromosfera* je prvi put bila opažena za vrijeme to-



Sl. 74. — Fotografija hromosfere



Sl. 75. — Slika lijevo prikazuje koronu u vrijeme minimuma Sunčeve aktivnosti, dok desno vidimo kako korona izgleda kada je aktivnost Sunca maksimalna

talnih pomračenja Sunca. Kada Mjesec u potpunosti zakloni disk Sunca, tada se neposredno oko njega javlja raznobojni oreol, kome je dato ime prema grčkoj riječi hroma (chroma) — boja (vidi sliku 74).

Debljina hromosfere iznosi oko 15 000 km, a sastoji se od tri glavna sloja. Srednja temperatura ovih slojeva se kreće oko $15\,000^{\circ}\text{K}$, što znači da je znatno viša od temperature fotosfere. Hromosfera je u neprekidnom kretanju. Uz pomoć posebnih instrumenata za proučavanje Sunca mogu se opaziti stotine hiljada malih mlazeva gasa. Izgleda kao da hromosfera neprekidno ključa.

Iznad hromosfere prostire se na milione kilometara daleko u prostor k o r o n a. Može se opaziti prilikom potpunih pomračenja Sunca. U naše vrijeme i hromosfera i korona se mogu posmatrati svaki dan pomoću posebno izrađenih instrumenata. Gustina ovog ogromnog oblaka materije, biserno bijele boje vrlo je mala. Ona se mijenja u skladu s jedanaestogodišnjom aktivnošću Sunca. Slike 75. pokazuju oblike korone u vrijeme minimuma i maksimuma aktivnosti Sunca.

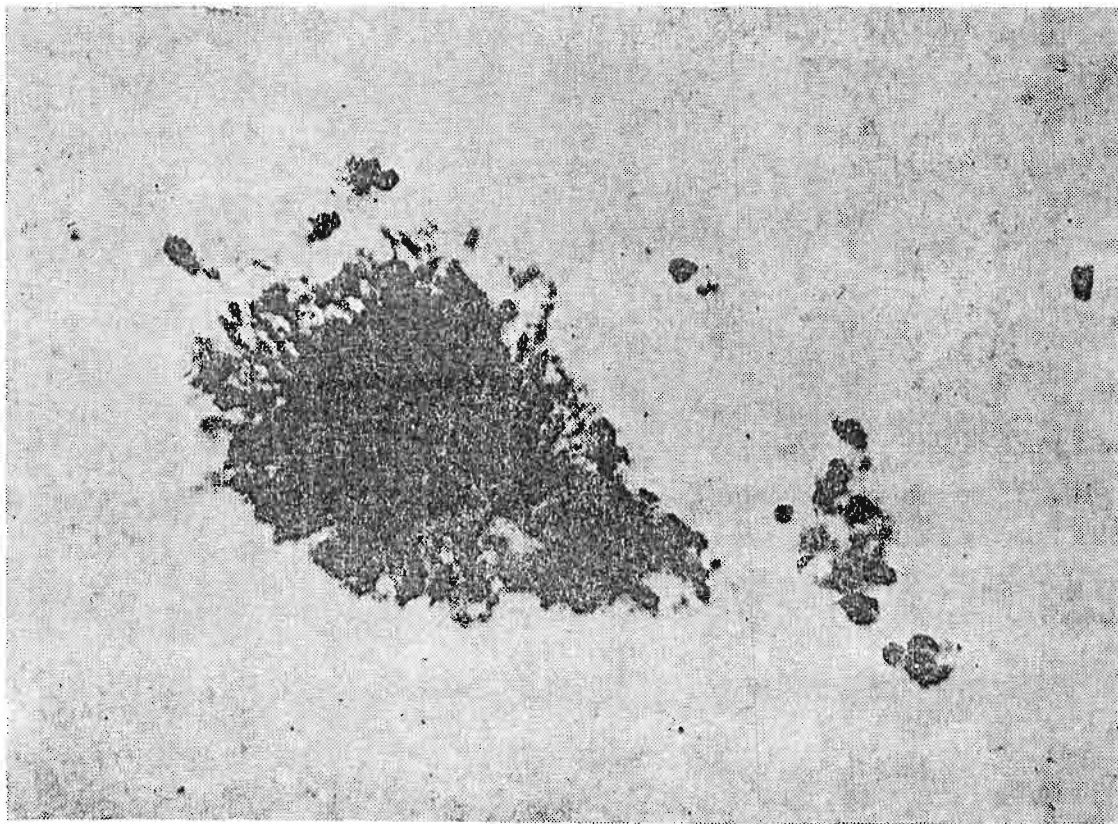
Temperatura korone je vrlo visoka i iznosi preko milion stepeni Kelvina. Dio čestica od kojih je građena korona neprekidno odlazi u svemir i velikim dijelom formira ono što poznajemo kao Sunčev vjetar. To su već pominjane čestice što dolaze od Sunca i šire se cijelim planetskim sistemom.

PJEGE I CIKLUS SUNČEVE AKTIVNOSTI

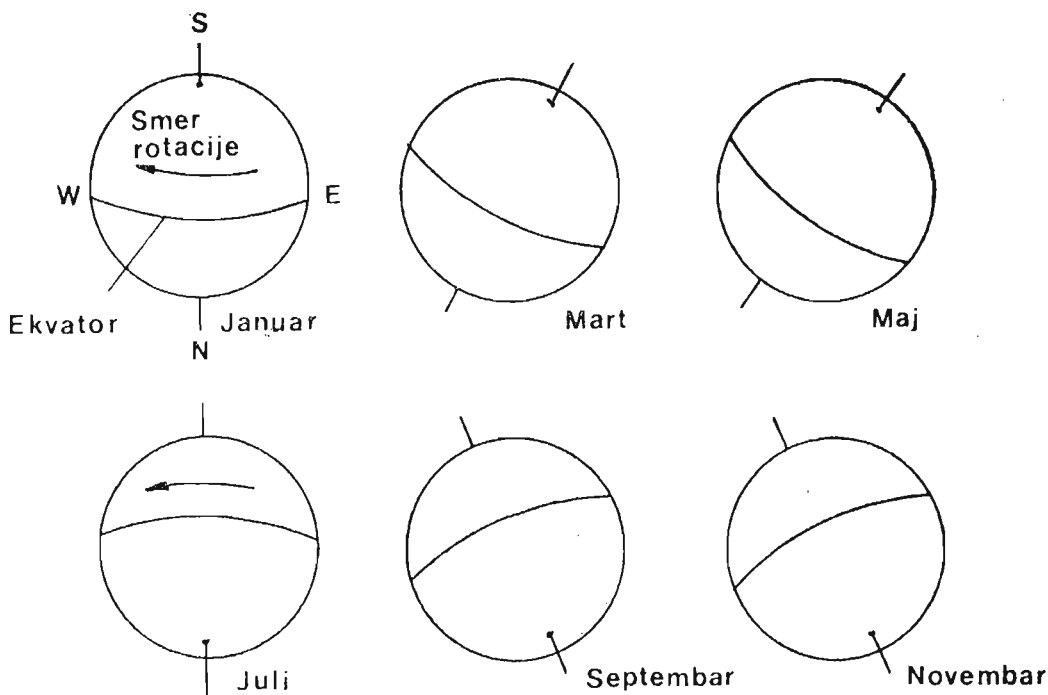
Na Suncu i u njegovoj unutrašnjosti neprekidno se odvijaju raznovrsni fizički procesi. Jedan od glavnih, lako uočljivih oblika Sunčeve aktivnosti su pjege. To su tamne mrlje raznih veličina, koje se pojavljuju najčešće u grupama, i to u fotosferi. Postoje veoma stara svjedočanstva da su pjege golim okom posmatrane još u pradavna vremena. Sunce je pri zalasku ili izlasku, zbog upijanja svjetlosti u atmosferi Zemlje, slabijeg sjaja. Takođe magla ili oblaci mogu poslužiti kao prirodni filter. Godine 1611. Galileo Galilej, prvi čovjek koji je uperio teleskop k nebu, posmatrao je i Sunce i ustanovio da na njemu postoje pjege.

Danas se pjege na Suncu posmatraju raznovrsnim instrumentima. Njih crtaju, fotografišu i broje i amateri astronomi. Temperatura pjega je niža od temperature okolne fotosfere. Iznosi u prosjeku 4160°K . Pjega se sastoji od tamnog središnjeg dijela, koji se naziva sjenka i svjetlijeg vlaknastog omotača, koji zovemo polusjenka (vidi sliku 76). Godine 1908. Džordž Hejl (Hale George Elleri) je ustanovio da su pjege povezane s jakim magnetskim poljima.

Prečnici pjega na Suncu mogu da se kreću od 1000 do 100 000 kilometara. Ne pojavljuju se na svim dijelovima Sunca. Na Suncu, kao i na Zemlji ili drugim planetama, mogu se i odrediti dvije osnovne koordinate, pomoću kojih određujemo položaj bilo koje pojave na njemu. Tako na Suncu imamo heliografsku širinu i heliografsku dužinu. Sunce oko svoje osovine rotira spo-



Sl. 76. — Sunčeva pjege. Jasno se vide sjenka i polusjenka



Sl. 77. — Niz crteža prikazuje Sunčev ekvator i njegovu polarnu osovinu. Zbog kretanja Zemlje oko Sunca u toku godine mijenja se ugao pod kojim vidimo ekvator i sjeverni ili južni kraj osovine, a likovi Sunca su prikazani onako kako se vide kroz teleskop.

ro ti neravnomjerno, jer ono nije čvrsto tijelo, već gasovita lopta. Oblasti Sunčevog ekvatora okrenu se jednom u 25 dana. Pokazalo se da se pjega pojavljuju između 5° i 45° sjeverne i južne heliografske širine. Blizu polova Sunca ih nikada nema.

Za pjege (i ne samo za njih) je karakteristično da se periodično pojavljuju. U toku jednog ciklusa, koji traje približno oko 11 godina, desi se jedan minimum i jedan maksimum. U vrijeme minimuma, na površini Sunca pjega ima veoma malo ili se nikako ne pojavljuju. Kada dođe maksimum aktivnosti, tada cijelo Sunce bude prekriveno većim brojem pjega. Ovu periodičnost utvrdio je Švabe (Schwabe) 1843. godine. On je istraživao stara posmatranja i zapise o pjegama i došao do zaključka o periodičnosti njihova pojavljivanja.

Ako na horizontalnu osu koordinatnog sistema nanesimo godine, a na vertikalnu osu broj pjega, tada dobijamo grafik koji nam govori o učestanosti njihovog pojavljivanja. Na slici 78. prikazana je aktivnost Sunca od 1930. do 1970. godine. Kao što se vidi s grafikona, broj pjega koje se pojavljuju u pojedinim maksimumima nije isti.

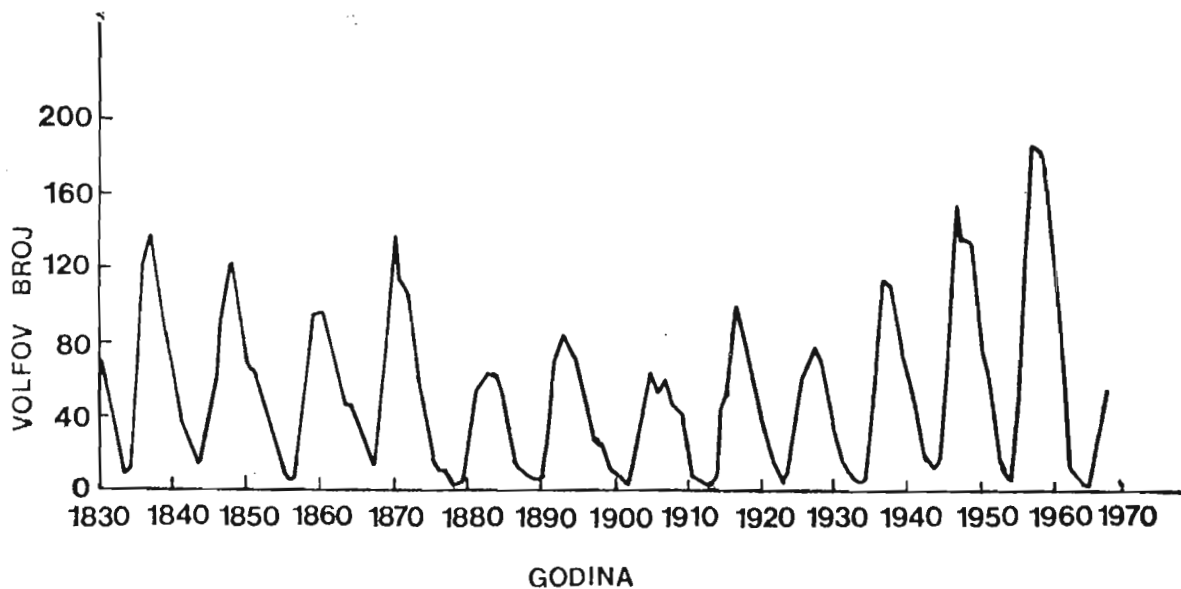
Savremena istraživanja su pokazala da u ciklusu Sunčeve aktivnosti ne učestvuju samo pjege već i mnoge druge pojave, o kojima će biti riječi malo kasnije.

Kao pokazatelj aktivnosti Sunca putem brojanja pjega javlja se tzv. Volfov broj. Označava se sa W i definiše sljedećom jednakosti:

$$W = k(10g + f),$$

gdje je: k jedna konstantna veličina, koja zavisi od uslova posmatranja i instrumenata kojim se posmatra, g broj posmatranih grupa pjega i pojedinačnih pjega koje se ovakvim brojanjem smatraju grupama, a f ukupan broj svih pjega i usamljenih i onih u grupama.

Uzroci pojavljivanja pjega na Suncu su u njegovom magnetskom polju.



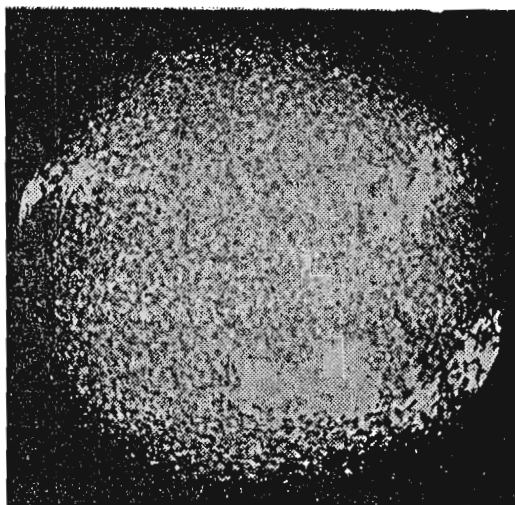
Sl. 78. — Ciklus Sunčeve aktivnosti od 1830. do 1970. godine. Vidljivo je da su maksimumi aktivnosti u nekim periodima mnogo veći nego u drugim

Ostale pojave na Suncu

Na fotosferi, zajedno s pjegama, često se opažaju sjajnije bijele površine nepravilnog oblika. To su **fakule**. Temperatura im je viša od temperature okolne fotosfere. Ime su dobile prema latinskoj riječi *facula*, što znači buktinja. Često su pove-



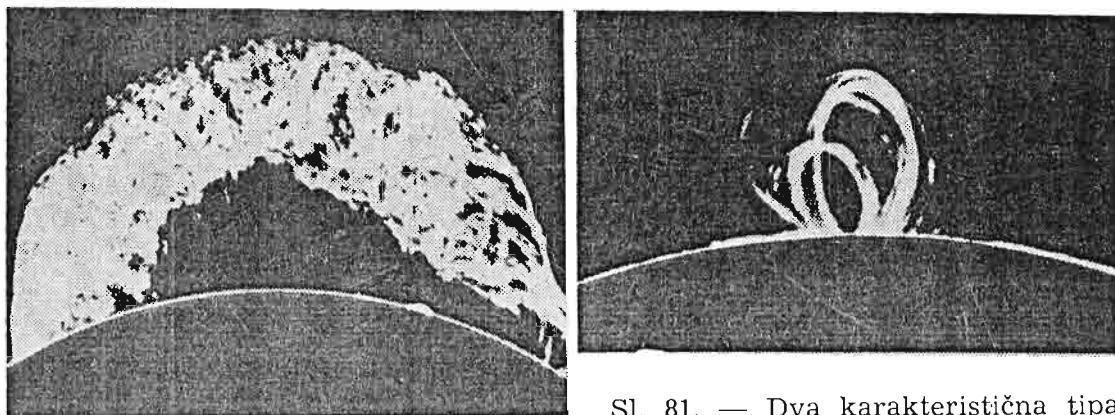
Sl. 80. — Fotografija bljeska u hromosferi



Sl. 79. — Pjege i fakule u njihovoj blizini

zane s pjegama, ali se mogu javiti i u oblastima gdje pjega nema. U hromosferi se takođe mogu javiti fakule, koje su većih dimenzija od onih u fotosferi. Fakule se kao i pjege rađaju, razvijaju i na kraju raspadaju (sl. 79).

U hromosferi se povremeno javljaju slučajevi da neka oblast Sunca iznenada postane veoma sjajna. Kažemo da je došlo do pojave **bljeska**. Tada se u stvari materija iz dubljih zona



Sl. 81. — Dva karakteristična tipa protuberanci

naglo izbacuje, poput erupcije nekog vulkana. Bljeskovi traju od više desetina minuta do nekoliko časova. Posebno dobro se mogu pratiti ako se Sunce posmatra filterima koji propuštaju samo svjetlost što je šalje vodonik.

Pored bljeskova, za hromosferu su vezane i *protuberance*. To su također mlazevi materije koja se diže na ogromne visine. Posmatrane su protuberance koje su se penjale na visine od preko 1,5 miliona kilometara. Protuberance se dijele na mirne i aktivne. Mirne, plove poput oblaka iznad Sunca, dok se aktivne podižu i prave razne oblike, a često su to petlje. Postoje i drugi tipovi protuberanci (sl. 81).

Sve ove nabrojene pojave na Suncu ponašaju se približno kao i pjege — u okviru ciklusa od oko 11 godina. To znači da će fakula, bljeskova, protuberanci, i pjega najviše biti u vrijeme maksimuma aktivnosti Sunca.

UTICAJ SUNCA NA GEOFIZIČKE POJAVE

Pojave na Suncu i oko njega koje smo opisali imaju veliki uticaj na našu planetu. Istraživanjem fizičkih osobina Zemlje kao cjeline i fizičkih procesa unutar nje, na njenoj površini i u atmosferi bavi se posebna nauka koju zovemo *geofizika*. U prevodu s grčkog ovaj naziv označava fiziku Zemlje. Zbog toga je pravilnije govoriti o uticaju Sunca na geofizičke pojave.

Svi oblici uticaja Sunca na geofizičke pojave nisu još uvijek detaljno istraženi. Međutim, astronomi se slažu da se ti uticaji pojačavaju u vrijeme maksimuma Sunčeve aktivnosti. Pojave velikih grupa pjega ili bljeskova mogu da izazovu smetnje u radio-vezama. Znamo da Zemljino magnetsko polje uzrokuje pojavu posebnog sloja atmosfere — jonosferu. Joni su naelektrisane čestice i u ovom slučaju nalaze se na visinama od 80 do 300 kilometara iznad površine naše planete. Kada se prilikom neke erupcije odvoji sa Sunca potok naelektrisanih čestica, tada one poslije kraćeg vremena stižu do Zemlje. Te čestice mijenjaju izvjesno vrijeme uobičajenu građu jonosfere. Na Zemlji se to može opaziti po smetnjama koje se javljaju u radio-vezama. Ove čestice sa Sunca poznajemo kao *Sunčev vjetar*.

Čestice sa Sunca uzrokuju povremeno i pojavu »magnetskih oluja«, tj. poremećaja Zemljinog magnetskog polja. Tada igle na kompasima počinju da igraju.

Stanovnici sjevernih i južnih geografskih širina, naročito na onim mjestima koja su bliža polovima, mogu povremeno da posmatraju predivnu pojavu, nazvanu polarna svjetlost. Tada raznobojne lepeze svjetlosti raznih oblika zauzimaju na nebu velike površine. U direktnoj su vezi sa bombardovanjem visokih slojeva atmosfere od strane čestica sa Sunca (sl. 82).

Postoje mišljenja da pojave na Suncu utiču neposredno, s malim kašnjenjem, i na život, klimu i druge za čovjeka značajne oblasti. Iako neke činjenice idu u korist ovakvih tvrdnji, to još uvijek nije naučno dokazano.



Sl. 82. — Polarna svjetlost

ZNAČAJ I KORIŠTENJE SUNČEVE ENERGIJE

Količina čitave energije koju Sunčevi zraci prenose na Zemlju određuje se eksperimentalno. Kao mjera te energije služi *s o l a r n a k o n s t a n t a*. Solarna konstanta je količina energije koja okomito pada na površinu od 1 m^2 u jednoj sekundi. Taj kvadratni metar se zamišlja na gornjoj granici atmosfere, pri srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca. Pokazuje se da ta konstanta ima vrijednost od 1370 W/m^2 .

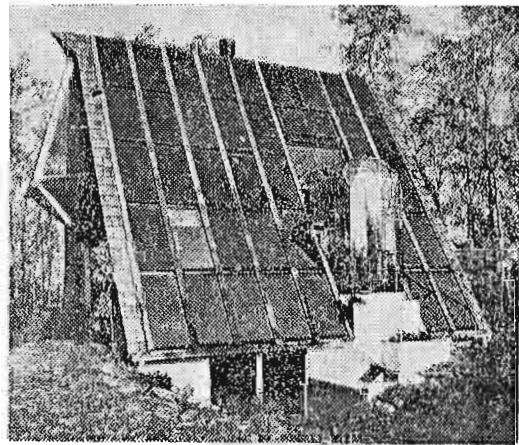
Za nas na Zemlji najvažniji vidovi energije Sunca su svjetlost i toplota. Kao što smo već pomenuli, energija Sunca se posredno prenosi — u obliku raznih pojava na Zemlji, kao što su vjetrovi. Zagrijavanje okeana i mora vodi isparavanju vode i njenom padanju u obliku kiše. Tako se stvaraju rijeke, čija vodena energija služi za pokretanje turbina hidroelektrana. Svjetlost Sunca omogućava život biljnom i životinjskom svijetu, a time i čovjeku.

Izvori energije, kao što su ugalj i nafta postepeno se troše i već danas se govori o krizi energije. Čovjek zbog toga pokušava sve više da energiju Sunca iskorištava na nove načine.

Poseban sklop ogledala može usmjeriti Sunčeve zrake u fokus i stvoriti veoma visoke temperature. Takvi uređaji, nazvani *s u n č e v e p e ć i*, mogu da služe za topljenje metala, zagrijavanje i destilaciju vode, kuhanje hrane i sl. Temperature koje se tako postižu mogu da idu do 4000°K .

Danas se počinju primjenjivati uređaji za zagrijavanje prostorija putem korištenja Sunčeve energije. To su s u n č e v i k o l e k t o r i (lat. collector = sakupljač). Oni se sastoje iz jedne ili više crno obojenih ploča od materijala koji je dobar provodnik toplote. Takav je npr. aluminijum. Ispod ploče se nalazi čitav splet cjevčica s vodom ili vazduhom. Grijanjem ploče koja se postavlja na krov ili drugo pogodno mjesto zagrijava se i voda, odnosno vazduh. Nekom pumpom se voda ili vazduh mogu prenositi u unutrašnjost. Ovakvi uređaji su najpogodniji u onim krajevima koji imaju dosta sunca. Takvi su kod nas obala Jadrana i Makedonija.

Fizičari su u posljednje dvije decenije izradili s u n č e v e b a t e r i j e. U njima se svjetlost pretvara direktno u električnu energiju. Sunčeve baterije se za sada najviše koriste za proizvodnju električne energije u svemirskim letjelicama. Međutim, njihova primjena se polako širi. Tako danas postoje ručni časovnici pokretani energijom Sunca i sl.



Sl. 83. — Kuća koja se zagrijava Sunčevom energijom. Kolektori su smješteni na krovu, odakle se toplota odvodi u unutrašnjost.

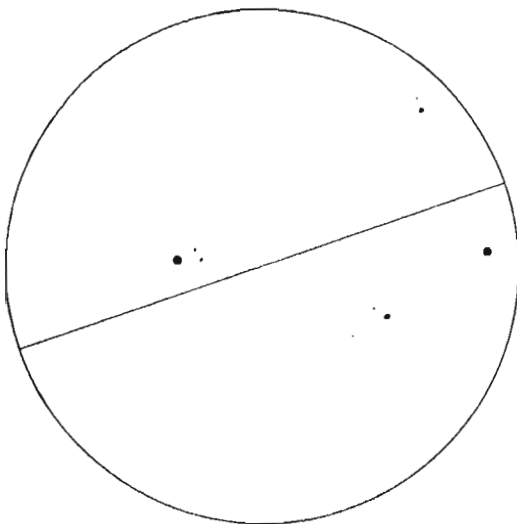
POSMATRANJA I MJERENJA

Pripremite svoj školski teleskop (ili ma kakav drugi durbin ili teleskop). Potrebno je da mu fokusno rastojanje bude barem 500 milimetara. Projicirajte sliku Sunca na zaklon. Ako teleskop kojim raspolazete nema

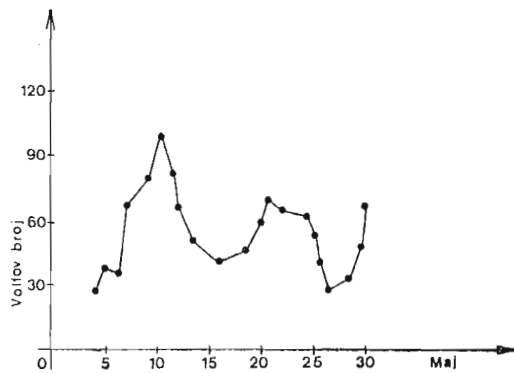
Datum : _____

Posmatrač : _____

Instrument : _____



Sl. 84. — Amaterski crtež Sunca s pjegama



Sl. 85. — Grafik aktivnosti Sunca u toku jednog mjeseca, koji može lako načiniti svaki učenik

zaklon, napravite ga sami. Pri usmjeravanju teleskopa k suncu n i p o š t o ne gledajte kroz okular. Dovoljno je da nanišanite u njega duž cijevi, kao što se to čini pri nišanjenju puškom.

Udaljavanjem i približavanjem zaslona okularu teleskopa dobićete Sunčev lik raznih prečnika. Za male teleskope najbolje je da prečnik lika bude 10 cm. Na većem broju papira ranije nacrtajte krugove prečnika 10 cm. Na njima, kada ih učvrstite na zaslon, možete vršiti ucrtavanje pjega koje opazite u trenutku posmatranja. Ovakva posmatranja vršite svakog vedrog dana. Pažljivo i što tačnije ucrtajte svaku od pjega. Na svakom od papira upišite datum i vrijeme kada je posmatranje obavljeno, te opšte vremenske uslove. Na slici 84. vidi se jedan takav posmatrački papir.

Kasnije možete vršiti brojanje pjega. Za svaki dan i za mjesec dana ili veći period napraviti grafik aktivnosti Sunca putem pjega. Kako izgleda taj grafik vidljivo je sa slike 85. Na vertikalnu osu nanosi se Volfov broj, a na horizontalnu vrijeme u danima.

P I T A N J A :

1. *Šta je solarna konstanta?*
2. *Iz čega se sastoji atmosfera Sunca?*
3. *Kako se sve iskorištava Sunčeva energija?*

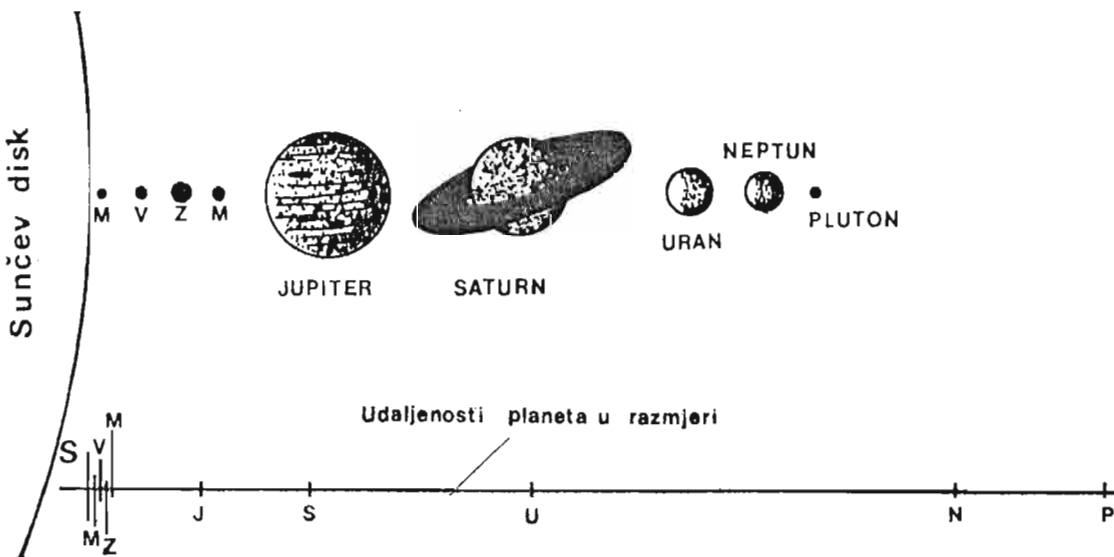
SUNČEV SISTEM

GRAĐA SUNČEVOG SISTEMA

Sunčev sistem je sastavljen od velikog broja nebeskih tijela, koja se odlikuju zajedničkom osobinom da kruže oko središnjeg tijela — Sunca. Ova »porodica« našeg Sunca sastoji se od 9 do sada otkrivenih planeta, njihovih satelita, malih planeta ili asteroida, komete, meteora i veće količine sitne prašine i gasova. Planete se u odnosu na Sunce nižu po udaljenostima ovim redom: Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun i Pluton.

Većina tijela ovog sistema, a naročito planete, leže približno u jednoj ravni, koju nazivamo ravan ekliptike. Ako pokušamo (onoliko koliko nam to dozvoljava obim ove knjige) predstaviti međusobne udaljenosti planeta, tada će taj odnos izgledati otprilike onako kako je predstavljeno na slici 86.

Riječ planeta vodi porijeklo od grčke riječi planetes, što znači lutanica. Naime, još su stari narodi uočili, posmatrajući nebeski svod, da se planete kreću među zvijezdama i dali im takvo ime. Od ostalih tijela koja smo pomenuli posebno su interesantni a s t e r o i d i (aster,



Sl. 86. — Raspored planeta Sunčevog sistema i odnos njihovih udaljenosti

grč. zvijezda). Nalaze se uglavnom na orbitama između Marsa i Jupitera i ima ih raznih veličina (od nekoliko stotina metara do nekoliko stotina kilometara u prečniku).

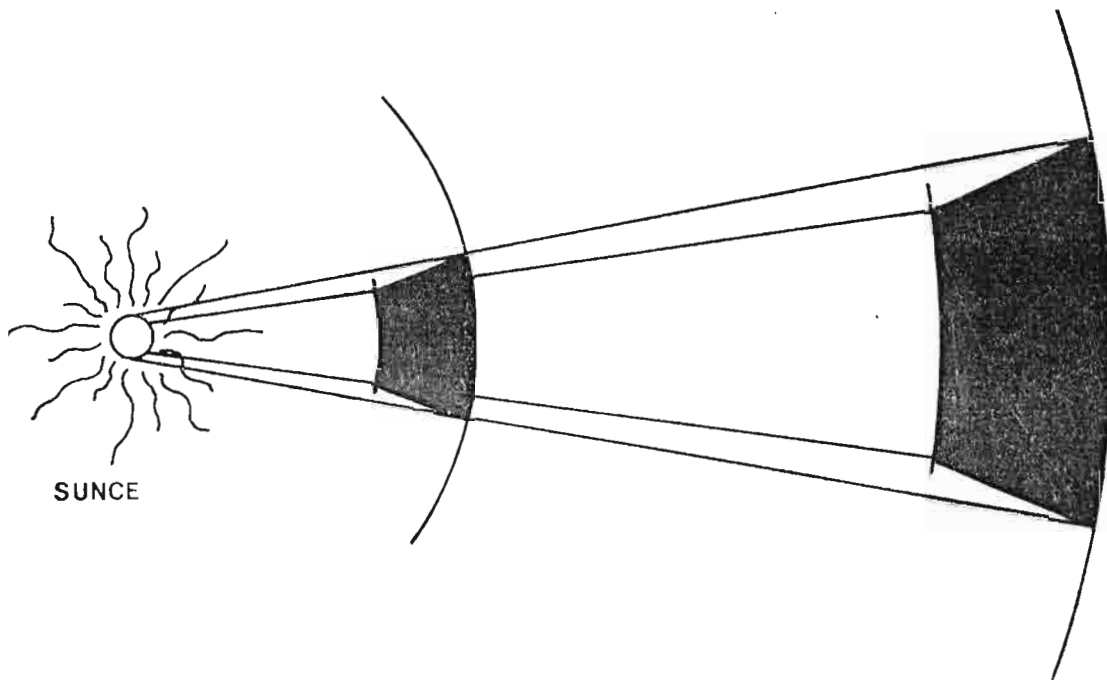
Meteor (meteoros grč. viseći, lebdeći) se kreću u »potocima«. Kada velikom brzinom ulete u Zemljinu atmosferu, vidimo ih kao svijetle tragove na nebu. Otuda i postoji narodni naziv za meteore — zvijezde padalice. Kada je meteor veće mase, tada može dospjeti do same površine Zemlje. Komade rasprsnutog meteora astronomi nazivaju meteoriti.

Sve planete koje poznajemo mogu se podijeliti na unutrašnje i vanjske. Merkur i Venera su unutrašnje planete jer se nalaze između Zemlje i Sunca. Sve druge, koje su dalje od Zemlje, nazivamo vanjskim. Postoji i jedna druga podjela planeta, koja je značajnija. Ona se zasniva na fizičkim osobinama ovih tijela. Postoje planete Zemljinog tipa, kao što su: Merkur, Venera, Mars i, možda, Pluton. Za ove planete zajednička je karakteristika da imaju čvrst, stjenoviti omotač kao što je na Zemlji. Veličine su im približno slične, a manje su od planeta giganata. Hemijski sastav im je također gotovo jednak kao i srednja gustina materije od koje su građeni. Periodi rotacije su im duži od perioda za koje se oko sebe okrenu planete giganti.

Jupiter, Saturn, Uran i Neptun spadaju u grupu planeta giganata. Sastoje se pretežno od gasova, i to lakih, kao što je vodonik. Njihova unutrašnja struktura nam je nepoznata, a prema teorijskim analizama trebalo bi da postoji čvrsto jezgro malih dimenzija. Gustina planeta giganata je mala i u prosjeku je 2—4 puta manja od gustine planeta Zemljinog tipa. Rotiraju brzo i brzine su različite za ekvatorijalne i polarne zone. To ukazuje na činjenicu da su građene pretežno od gasova.

Stari narodi su poznavali samo pet planeta, i to one koje su dovoljno sjajne da se vide golim okom. Otrkiće teleskopa pomoglo je da se otkriju nove, dotada nepoznate planete. God. 1781. veliki engleski astronom, Vilijam Heršel (Herschel William) otkrio je Uran. On je u sazviježđu Blizanci primijetio teleskopom neobično zelenkasto tijelo, koje se izgledom razlikovalo od ostalih zvijezda. Planeta je nazvana Uran, prema antičkom bogu neba. Kada mu je tačno određena putanja, pokazalo se da on vremenom odstupa od puta kojim bi se morao kretati, na osnovu zakona o kretanju planeta. To je astronomima ukazivalo na postojanje gravitacionog uticaja neke još neotkrivene planete. Francuz Leverje (Leverrier) i Englez Adams (Adams Walter Sydney) su, neovisno jedan od drugog, izveli potreban proračun. Leverje je bio brži i sretniji i na mjestu koje je on proračunao njemački astronom Gal (Galle Johann) pronalazi 1846. g. Neptun.

Pluton je posljednja do danas otkrivena planeta. Pronađena je nakon dugotrajne i strpljive pretrage, koju je organizovao američki astronom Lovel Džems (Lovell James). Zbog slabog sjaja, on se može opaziti samo pomoću fotografske ploče. Od Sunca je daleko gotovo šest milijardi kilometara.



Sl. 87. — Opadanje količine energije koju neko tijelo prima s njegovom udaljenošću od Sunca

Još ranije smo uočili da se planete po svojim dimenzijama međusobno razlikuju. Planete nemaju vlastitu svjetlost, već zrače odbijenu, koja potiče od Sunca. Po tome su one hladna tijela. Temperature na površinama planeta Zemljinog tipa zavise od njihovih udaljenosti od Sunca, a i od nekih drugih fizičkih osobina atmosfera koje ih okružuju. Kada je riječ o planetama gigantima, tada možemo govoriti samo o temperaturi vanjskih slojeva njihovih džinovskih atmosfera. Kao što se vidi sa slike 87, planeta koja je dva puta dalje od Sunca primiće od njega četiri puta manje energije.

Sve unutrašnje planete pokazuju faze slične Mjesečevim. Tako možemo govoriti o »mladoj« Veneri ili »punom« Merkuru.

UPAMTITE :

1. Sunčev sistem sačinjavaju Sunce i sva druga mnogobrojna tijela koja kruže oko njega zbog sile gravitacije.
2. Do danas je poznato postojanje devet planeta. To su: Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun i Pluton.
3. Planete su hladna tijela, jer ne posjeduju, za razliku od zvijezda, vlastitu svjetlost. Mi ih vidimo zahvaljujući tome što se svjetlost Sunca odbija od njihove površine i atmosfere.
4. U ostale članove Sunčevog sistema ubrajamo male planete ili asteroide, komete i meteore.

PITANJA I ZADACI :

1. Koje planete nazivamo unutrašnjim?
2. Da li planete giganti imaju veću gustinu od planeta Zemljinog tipa?
3. Ko je otkrio Uran?

ZEMLJA

Zemlja je, bez sumnje, za nas izuzetno značajno tijelo. To je planeta na kojoj živimo, čiji vazduh dišemo i koja nam pruža sve uslove za život. Znamo da je zemlja loptastog oblika, a da su stari narodi imali različite predstave o njenom izgledu. Magelanova plovidba oko svijeta u 16. stoljeću pružila je nepobitne dokaze da je Zemlja okrugla. Astronauti koji su putovali u svemir, sve do Mjeseca, snimili su veličanstvenu plavu planetu. Na njihovim fotografijama se jasno vidi da je ona loptasta i da se okreće oko svoje ose. Plavu boju joj daju okeani i mora.

Danas se zna da Zemlja nema potpuno loptast oblik. Ona je malo spljoštena na polovima, a ispupčena na ekvatoru. Geometrijski rečeno, ona je sferoid. S obzirom na izvjesne manje nepravilnosti, to je poseban oblik, koji nazivaju geoid (od grč. geo — zemlja i eidos — izgled). Masa Zemlje iznosi približno 6×10^{24} kilograma.

Prema dosadašnjim saznanjima, naša planeta je građena od četiri osnovna sloja:

1. Zemljina kora je površinski sloj. Njena debljina nije svuda ista, a u prosjeku iznosi oko 30 kilometara. Zemljinoj kori pripadaju i sve vodene površine.

2. Ispod kore se nalazi omotač, čija je debljina oko 3 000 kilometara. Ovaj sloj je gušći i ima osobine čvrstog tijela.

3. Ispod omotača smješteno je vanjsko jдро, koje ima osobine tečnog tijela. Debljina mu je 2 100 kilometara.

4. U samom centru Zemlje nalazi se jдро. Ono počinje na dubini od 5 000 kilometara. Ima osobine čvrstog tijela. Gustina mu je velika, a sastav nepoznat.

Zemlja je okružena atmosferom (od grč. atmos — para i sphaira — lopta, kugla), koja predstavlja jednu od njenih bitnih odlika. Za astronome je atmosfera značajna iz dva razloga. Prvi je njen uticaj na astronomska posmatranja. Drugi se sastoji u tome da posmatranje atmosfere i pojava u njoj služi za bolje razumijevanje pojava na drugim planetama, odnosno u njihovim gasovitim omotačima.

Atmosfera je mješavina raznih gasova. Taj vazdušni omotač je u neprekidnom kretanju. Najgušći slojevi su oni koji su najbliži površini Zemlje. U najnižem sloju, koji nosi ime troposfera (tropos, grč. obrtaj, sphaira —

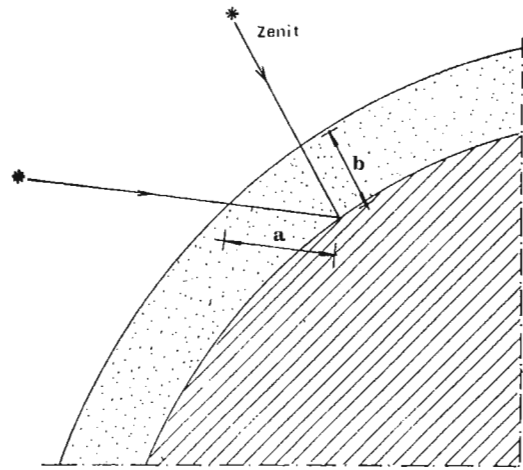


Sl. 88. — Zemlja snimljena iz svemira. Mrlje bijele boje su oblaci.

kugla, lopta), odigravaju se gotovo svi fenomeni vezani za vremenske promjene i razne atmosferske pojave. Atmosferu čini: 78% gas azot, 21% kiseonik, a 1% se odnosi na argon, ugljen-dioksid i ostale gasove.

Da bismo mogli posmatrati nebo i nebeska tijela, atmosfera mora biti čista. Oblaci, magla, dim i čestice prašine i sl. ometaju posmatranja. Atmosfera ima osobinu da upija neke elektromagnetske talase. A p s o r p c i j a zavisi od toga da li se određeno tijelo nalazi u zenitu ili bliže horizontu. Kao što je vidljivo na slici 89, upijanje je veće kada je tijelo bliže horizontu. Tada je, naime, put koji svjetlost prelazi duži. Pored toga što upija svjetlost i druge elektromagnetske talase, atmosferski omotač se ponaša, ponekad, i kao optička prizma.

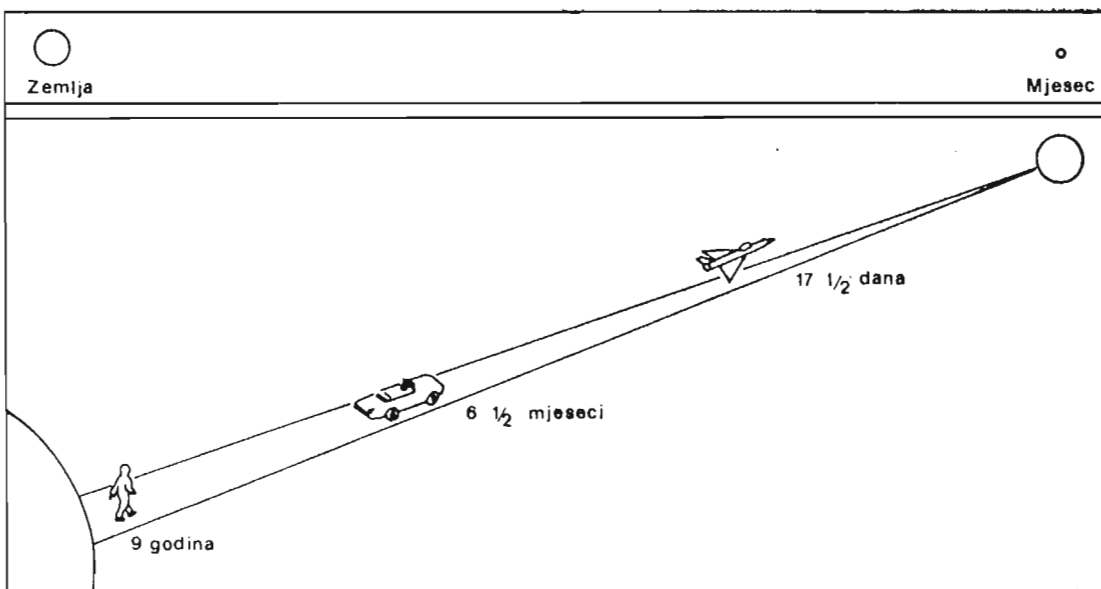
Zemlja posjeduje magnetsko polje, koje zadržava naelektrisane čestice što dopiru iz svemira, a najviše ih je sa Sunca.



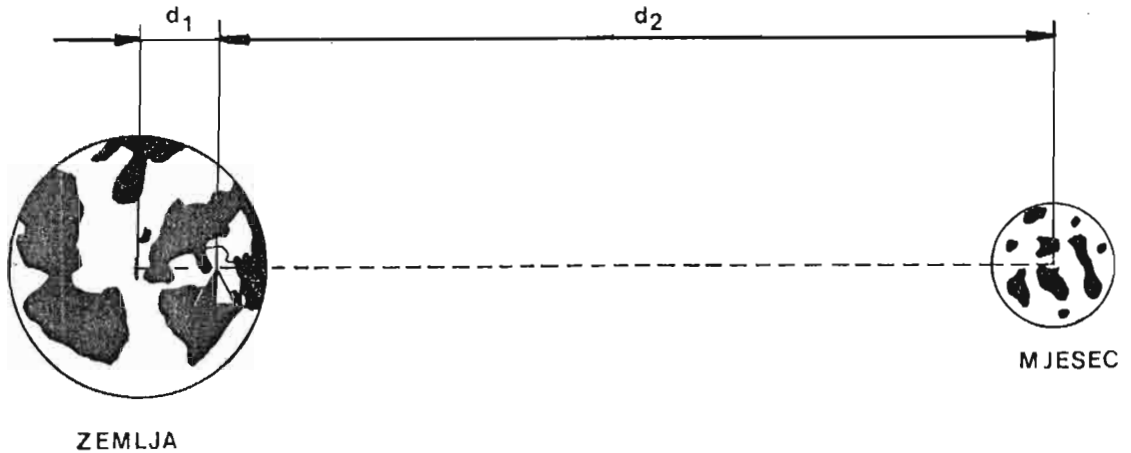
Sl. 89. — Upijanje svjetlosti u atmosferi. Kada je zvijezda u zenitu, tada svjetlost prelazi kraći put nego kada je ona blizu horizonta.

MJESEC

Mjesec je jedini Zemljin prirodni satelit i nama najbliže nebesko tijelo. Zbog toga je oduvijek privlačio pažnju ljudi. Pravilnost njegovih faza je još u ranoj istoriji čovječanstva korištena za mjerenje vremena. Zbog blizine Mjeseca

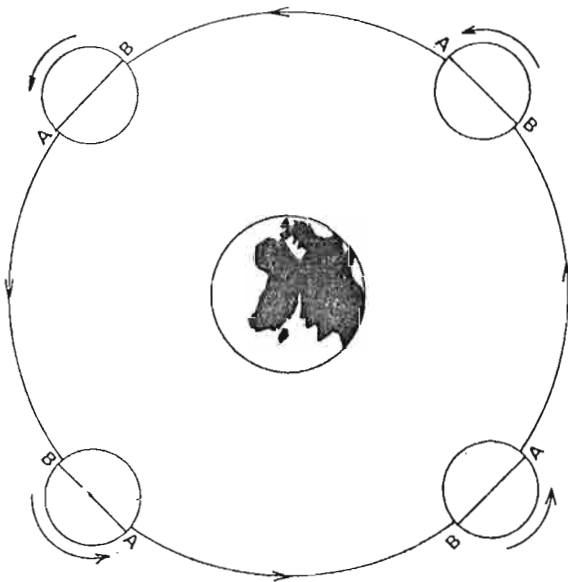


Sl. 90. — Prikaz udaljenosti Mjeseca od Zemlje. Pješaku bi trebalo 9 godina da pređe taj put, automobilu 6,5 mjeseci, avionu 17,5 dana.



Sl. 91. — Mehanički prikaz sistema Zemlja-Mjesec. Zajednički centar masa (težište) nalazi se unutar Zemlje i naziva se baricentar. Odnos rastojanja d_1 i d_2 može se predstaviti kao: $d_2 = 81 \times d_1$.

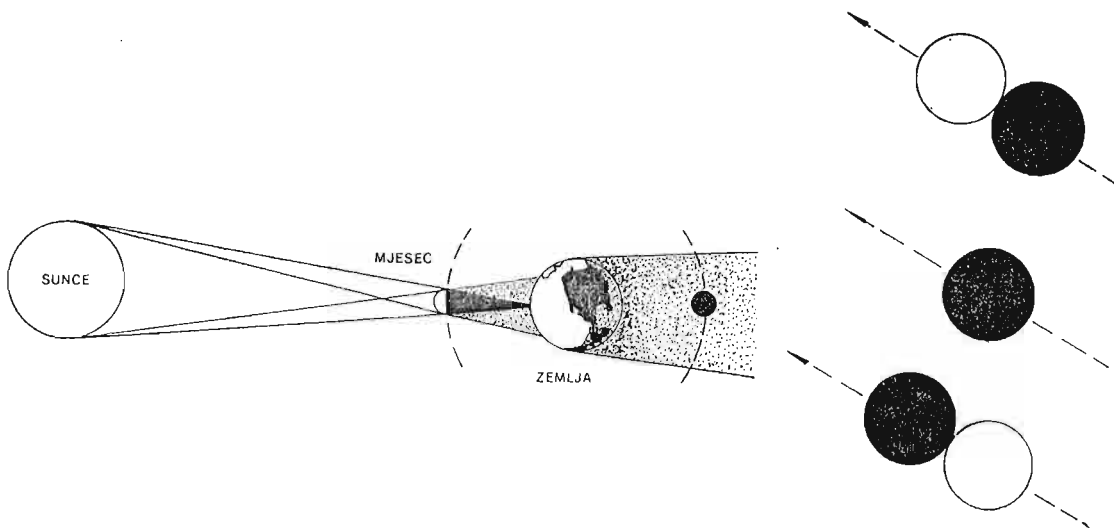
u stanju smo da i najmanjim teleskopom uočimo detalje na njegovoj površini. Srednja udaljenost Mjeseca od Zemlje iznosi 384 000 km. Njegova putanja je eliptičnog oblika. Ta elipsa nije mnogo izdužena, pa se na crtežima malih razmjera, kao što je naš, može predstaviti kružnicom. Prečnik našeg prirodnog satelita je 3476 kilometara. Po svojoj veličini Mjesec je jedan od najvećih satelita u Sunčevom sistemu. Masa mu je 81 put manja od Zemljine. Sistem Zemlja — Mjesec možemo posmatrati kao polugu u mehanici, (slika 91). Težište ovog sistema se nalazi u unutrašnjosti Zemlje.



Sl. 92. Crtež prikazuje kako se dešava da nam Mjesec uvijek okrene jednu te istu stranu

Posmatranja Mjeseca, čak i ako ih vršimo golim okom, pokazuju nam da je ka Zemlji uvijek okrenuta ista njegova strana. To nas vodi zaključku da je period njegovog obrtanja oko vlastite ose (rotacija) jednak periodu koji mu je potreban da jednom obiđe oko Zemlje (revolucija). Na slici 92. prikazano je objašnjenje te pojave.

Teleskopska posmatranja su još davno pokazala da Mjesec nema atmosferu. Zvijezde koje on pri svom kretanju na nebu prekriva nestaju naglo. Da ga okružuje atmosfera, ta pojava bi bila drugačija, odnosno, vidljivost zvijezde bi



Sl. 93. Skica nastanka totalnog pomračenja Sunca

postepeno slabila. Kosmički letovi i spuštanja prvih ljudi na Mjesec su to u potpunosti potvrdili. Zbog toga na Mjesecu nema vode niti bilo kakve druge tečnosti. Njegova gravitaciona sila je mala i ne može da zadrži molekule gasova. Kada bi voda i postojala, isparavala bi se pod dejstvom Sunčevog zračenja i na kraju bi, prije ili kasnije, »pobjegla« u svemir u obliku vodene pare.

Krećući se oko Zemlje, Mjesec dolazi u različite položaje. Tako se može desiti da se nađe tačno između Sunca i Zemlje. Tada on zakloni Sunčev disk i nastupa pomračenje Sunca. Kada se nađe na drugoj strani Zemlje, onda mu se može desiti da uđe u Zemljinu sjenku. Tada nastaje pojava pomračenja Mjeseca.

Vidjeli smo da postoji faza Mjeseca koju zovemo mladi mjesec. Tada je naš satelit između Zemlje i Sunca. Međutim, pomračenje ne nastupa svakog mladog Mjeseca. Razlog je u tome što je orbita Mjeseca oko Zemlje nagnuta pod uglom od oko 5 stepeni u odnosu na orbitu Zemlje oko Sunca.

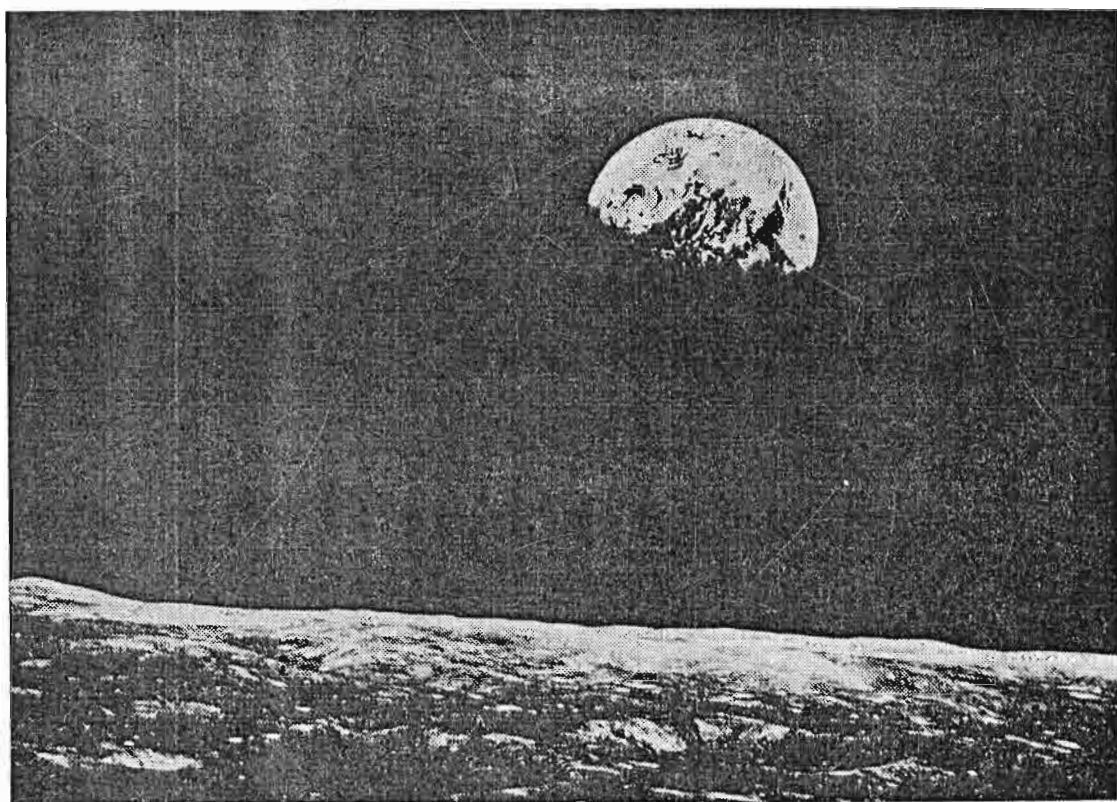
Kada govorimo o pomračenjima Sunca, razlikujemo tri tipa ove pojave. To su: totalno, prstenasto i djelimično pomračenje koje pomračenje će se desiti zavisi od međusobnih udaljenosti Zemlje, Mjeseca i Sunca u datom trenutku.

Totalno pomračenje nastaje kada Mjesec potpuno zakloni Sunčev disk. Tom prilikom moguće je vidjeti dio Sunčeve atmosfere, tj. Sunčevu koronu. Slika 93. pokazuje kako nastaje totalno pomračenje Sunca.

Na desnoj strani su prikazani Sunce i Mjesec onako kako ih vidimo u trenucima pomračenja.

Prstenasto pomračenje Sunca nastupa onda kada je Mjesečev prividni prečnik manji od prividnog prečnika Sunca. Zbog toga se u trenutku pomračenja vidi rub Sunca u obliku prstena. Slika 94. predočava nam ovaj tip pomračenja.

Djelimično pomračenje vidimo kada Mjesec ne zakloni Sunce u potpunosti. Inače, pomračenja Sunca se vide samo iz vrlo ograničenih oblasti na Zemlji. Mjesečeva pomračenja se mogu posmatrati na čitavoj našoj planeti. Zemljina sjenka je dovoljno veli-



Sl. 97. — Zemlja na mjesečevom nebu snimljena za vrijeme jedne od misija iz projekta »Apolo«

Najviše podataka o Mjesecu dobijeno je od prvih svemirskih letova naovamo. Najprije su podatke donosile američke i sovjetske letjelice (»Lune«, »Rendžeri«, »Sarvejori« i »Lunar orbiteri«), a kasnije i ljudi koji su boravili na Mjesecu.

Nova istraživanja su pokazala da je jedan broj kratera vulkanskog porijekla i da su nastali u rano doba istorije Mjeseca. Drugi, većinom oni manjih dimenzija, stvoreni su udarima meteorita o tlo Mjeseca. Vršena su i direktna ispitivanja komada Mjesečevih stijena u našim laboratorijama. Nađeno je da su neke stijene stare 4,6 milijardi godina.

Posredstvom raznih automatskih stanica istražena je i druga, nevidljiva strana Mjeseca. Pokazalo se da na njoj ima veoma malo »mora« i da je sva prekrivena velikim brojem kratera. Tri kratera na toj strani Mjeseca nose imena jugoslovenskih naučnika. To su: Tesla, Milanković i Mohorovičić. Na nama okrenutoj strani Mjeseca jedan krater nosi ime Ruđera Boškovića.

Zanimljivosti o Mjesecu

Zbog toga što Mjesec nema atmosferu, njegovo je nebo crno a zvijezde uopšte ne trepere. Sunčev sjaj je veoma jak. Sunce se vidi istovremeno sa zvijezdama.

Prekrasna pojava na nebu Mjeseca je naša planeta. Njen prečnik je četiri puta veći od prečnika punog Mjeseca posmatranog sa Zemlje. Sjaj »pune« Zemlje na Mjesecu je 90 puta veći od sjaja punog Mjeseca na Zemljinom nebu.

Zemlja na Mjesecu niti izlazi niti zalazi. Razlog je poznat. Mjesec ima jednako vrijeme svoje rotacije i revolucije oko Zemlje. Iako Zemlja, posmatrano s Mjesečeve površine, miruje, nebeski svod iza nje se polako okreće, da bi za 27 i 1/3 Zemljinih dana napravio puni obrt. Zemlja pri tome pokazuje faze. Posmatrač s Mjeseca lako može uočiti njenu rotaciju, pa naša planeta može poslužiti kao savršen časovnik.

U P A M T I T E :

1. **Zemlja je samo jedna od 9 planeta Sunčevog sistema.**
2. **Naša planeta je građena od četiri osnovna sloja. To su: kora, omotač, vanjsko jedro i unutrašnje jedro.**
3. **Zemljina atmosfera upija pojedina zračenja elektromagnetskih talasa spektra.**
4. **Prečnik našeg jedinog prirodnog satelita, Mjeseca iznosi oko 3476 kilometara. Masa mu je 81 puta manja od Zemljine. Od nas je udaljen prosječno 384 000 kilometara.**
5. **Mjesečeva rotacija oko vlastite ose jednaka je periodu njegovog obilaska oko Zemlje, tj. njegovoj revoluciji. Zbog toga uvijek vidimo samo jednu njegovu stranu.**
6. **Kada se Mjesec nađe ispred Sunca, tada nastaje pomračenje Sunca, koje može biti: totalno, djelimično i prstenasto. Kad Mjesec uđe u Zemljinu sjenu, dolazi do pomračenja Mjeseca.**
7. **Osnovni oblici reljefa na Mjesecu su: »mora«, krateri, planinski vijenci, zrake i pukotine.**
8. **Krateri na Mjesecu su nastali vulkanskim procesima i udarima meteorita o njegovu površinu, u ranoj fazi nastanka ovog Zemljinog satelita.**

P I T A N J A I Z A D A C I :

1. *Koliko je puta težište sistema Zemlja — Mjesec bliže Zemlji nego Mjesecu?*
2. *Ima li astronaut kad je na Mjesecu manju masu ili manju težinu nego na Zemlji?*
3. *Koliko na Mjesecu može uvis skočiti dječak koji na Zemlji skoči 1 metar?*
4. *Neki predmet ima na površini Zemlje težinu 24 N. Koliko on teži na površini Mjeseca?*

P O S M A T R A N J A I M J E R E N J A

1. Nabavite negdje običan dvogled ili sami napravite mali teleskop. Naslonite ga na nešto da vam stabilno stoji i usmjerite ga k Mjesecu. Uočite osnovne oblike Mjesečevog reljefa. »Mora« se jasno zapažaju. Opazite i najveće kraterne i planinske lance. Posmatranje vršite kada je Mjesec u različitim fazama. Šta ćete uočiti kada uporedite svoja posmatranja u vrijeme punog mjeseca i, na primjer, faze prije prve četvrti.
Na komadu čistog papira nacrtajte kružnicu koja predstavlja disk Mjeseca i olovkom ucrtavajte sve detalje koje opazite. Nabavite u nekoj amaterskoj opservatoriji kartu Mjeseca i pronađite i prepoznajte pojedina »mora« i kraterne.
2. Nabavite foto-aparat koji po mogućnosti posjeduje teleobjektiv za snimanje dalekih objekata. Stavite osjetljivi film i snimajte faze Mjeseca. Počnite sa srpom. Prave ekspozicije ćete pronaći probom. Kada je Mjesec pun, onda vam je potrebna kraća ekspozicija. Izradite fotografije i posmatrajte kako postepeno iz dana u dan Mjesec »raste«, a onda se »smanjuje«.

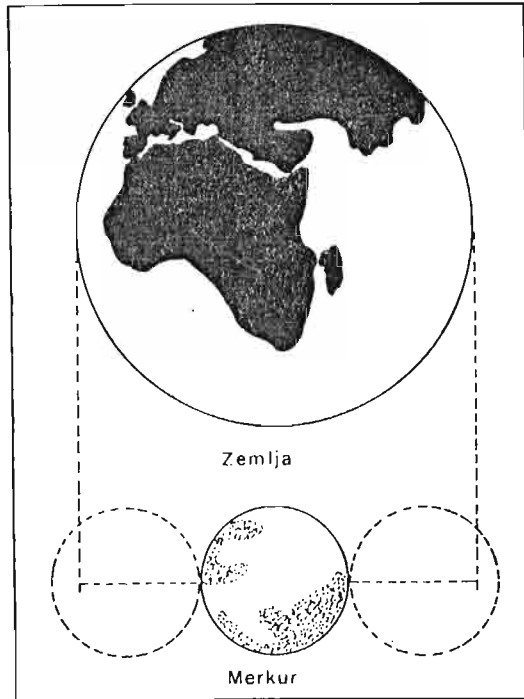
PLANETE ZEMLJINOG TIPRA

Ranije smo pomenuli da jedna grupa planeta ima određene fizičke sličnosti i da ih obično nazivamo planete Zemljinog tipa. Merkur je prvi u nizu takvih planeta i po svom položaju najbliži Suncu. Period njegovog obilaska oko Sunca traje 88 dana. Putanja mu je elipsa, čije je najmanje rastojanje od centralnog tijela Sunčevog sistema 46 miliona km, a najveće 70 miliona kilometara. Zbog svoje blizine Suncu, Merkur je za nas vidljiv uvijek u njegovoj blizini. To se dešava neposredno poslije zalaska ili izlaska Sunca, na zapadnom ili istočnom dijelu horizonta. Oko svoje ose Merkur se veoma sporo okreće. Podaci dobiveni radio-teleskopskim mjerenjima pokazuju da mu je potrebno 59 dana za jedan obrt. Zbog blizine Suncu, prima mnogo više energije od njega negoli Zemlja. Proračuni kažu da u trenucima kada mu je najbliži Merkur dobije 7 puta više Sunčeve energije po kvadratnom metru od Zemlje.

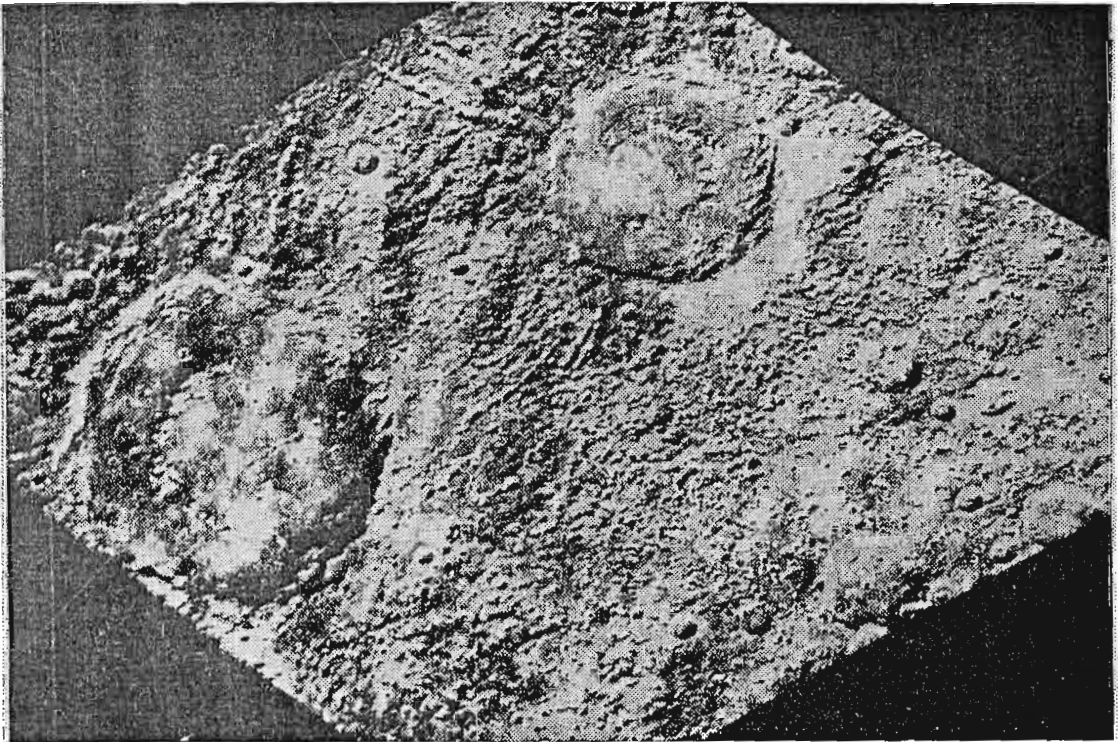
Nikakvi znaci atmosfere na Merкуру nisu opaženi. Temperatura na njegovim ekvatorskim područjima u podne iznosi oko 673 stepena Kelvina, a na tamnoj, noćnoj strani ona se spušta i do 73 stepeni Kelvina. Po svojim dimenzijama Merkur je mala planeta. Prečnik mu iznosi 4 880 km, što znači da je nešto veći od Mjeseca.

Teleskopska posmatranja nisu dala mnogo podataka o izgledu površine ove planete. Samo mali broj krupnih mrlja, svijetlih i tamnih površina zabilježili su strpljivi promatrači. Automatske stanice tipa »Mariner« prošle su pored Merkura u posljednjoj deceniji i poslale veliki broj snimaka. Ustanovljeno je da mu je površina, poput Mjeseca, prekrivena ogromnim brojem kratera (sl. 99).

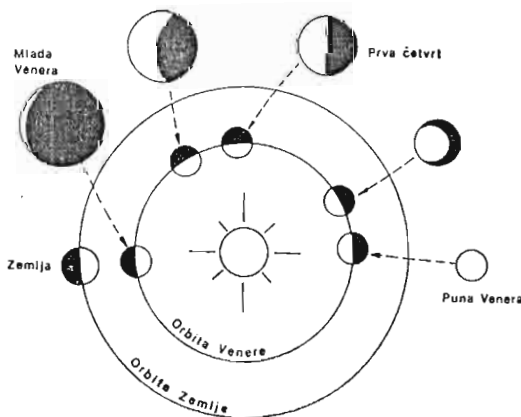
Jedini objekat na nebu, osim Sunca i Mjeseca, koji je u stanju da izazove pojavu sjena predmeta na Zemlji jeste planeta Venera. S obzirom da se i ona nalazi između Zemlje i Sunca, to je vidamo uveče na zapadu, i to nakon zalaska Sunca i ujutro na istoku, nekoliko sati prije izlaska Sunca. Po dimenzijama je slična Zemlji. Jednom u 225 dana obiđe oko Sunca, što znači da jedna Venerina godina traje 225 dana. Prilikom svog kretanja, za posmatrače na Zemlji ona pokazuje faze. Venerin sjaj potiče od guste atmosfere koja je okružuje i snažno reflektuje



Sl. 98. — Upoređenje veličina Zemlje i Merkura



Sl. 99. — Površina Merkura slična je Mjesecu. Postoji ogroman broj kratera. Sunčevu svjetlost. Zbog toga se može vidjeti i danju. Gusti omotač atmosfere potpuno zaklanja njenu površinu i zato teleskopima nije

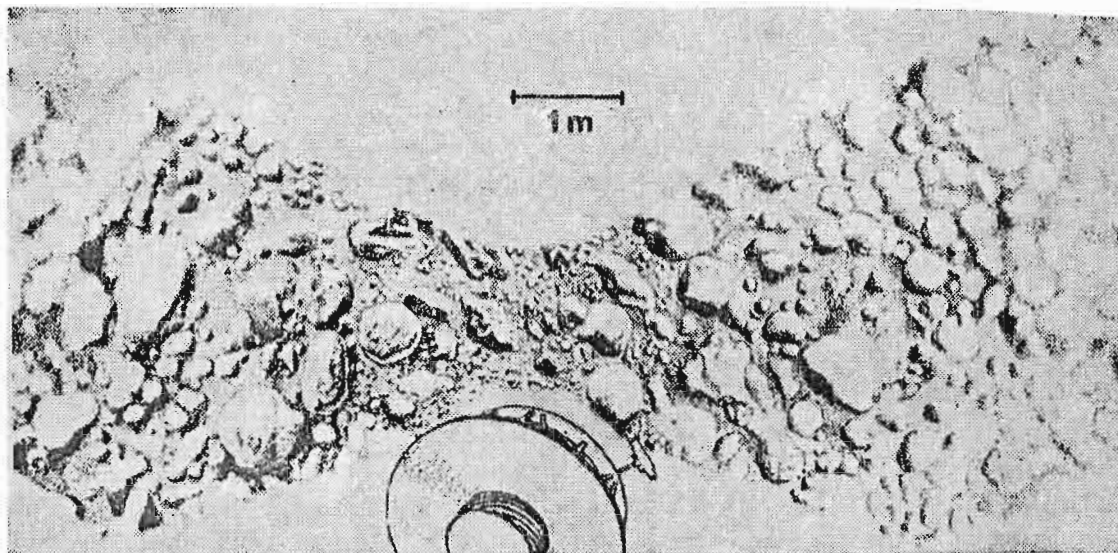


Sl. 100. — Krećući se oko Sunca, Venera pokazuje faze slične fazama Mjeseca

bilo moguće registrovati bilo kakav detalj na njoj. Situacija se promijenila s pojavom letjelica namijenjenih za istraživanje ove planete. Tako su sovjetske »Venere« i američki »Marineri« dale veliki broj podataka o Veneri. Spuštane su i sonde padobranima direktno na njenu površinu. Utvrđeno je da se atmosfera Venere sastoji pretežno od ugljen-dioksida, kojeg ima 90%. Utvrđeno je takođe da azota ima 7%, a kiseonika svega

nešto više od 1%, i to uglavnom u visokim slojevima atmosfere. Temperature na površini iznose preko 773 stepena K, a atmosferski pritisak je i do 100 puta veći od uobičajenog vazdušnog Zemljinog pritiska na nivou mora.

Letjelice koje su se spuštale na površinu planete Venere poslale su snimke svoje okoline. S njih se vidi da je tlo prekriveno stijenama različitih dimenzija. Vršena su i radarska ispitivanja njene površine. Ova ispitivanja omogućila su da se uoče osnovni oblici reljefa. To su krateri, planinski masivi ogromnih dimenzija, kanjoni i sl.



Sl. 101. — Površina Venere je prekrivena kamenjem. Snimak stanice tipa »Venera«

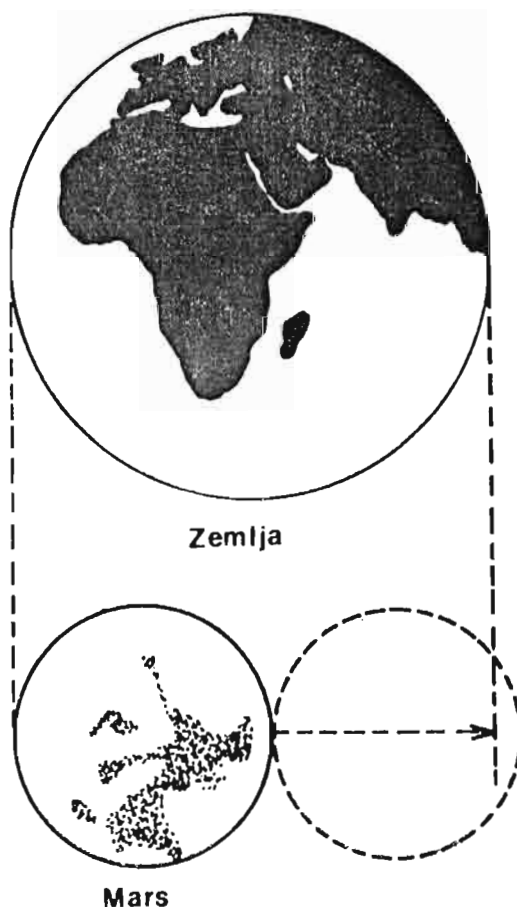
Poznati matematičar Gaus predložio je jednom svojoj majci da kroz teleskop pogleda Venerine faze. Ona je pogledala u nebo golim okom i uočila da je slika Venere, gledajući kroz teleskop, obrnuta u odnosu na onu na nebu, što znači da je ona uočila Venerinu fazu golim okom. Ovako oštar vid se zaista rijetko sreće. No, pokušajte i vi. Najprije posmatrajte Veneru okom, gotovo zažmirivši te procijenite u kojem je smjeru okrenut srp. Zatim to provjerite teleskopom.

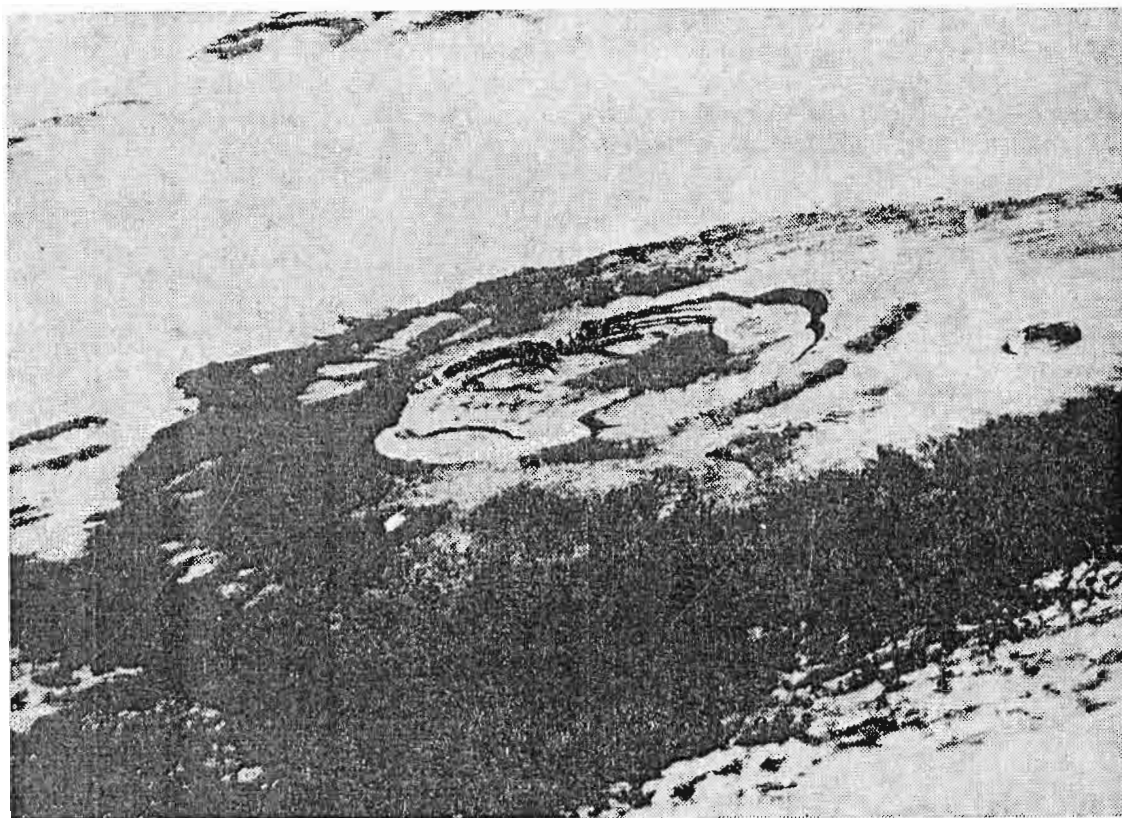
M a r s, nazvan po rimskom bogu rata, svojom crvenkastom bojom odavno je privlačio ljude. Tanka atmosfera koja ga okružuje omogućava nesmetano posmatranje detalja na njegovoj površini.

Naravno, zbog velike udaljenosti moguće je opaziti samo krupnije forme reljefa. Srednja udaljenost ove planete od Sunca iznosi oko 228 miliona kilometara. Zbog eliptične orbite on se Zemlji može približiti na rastojanje od svega 56 miliona kilometara.

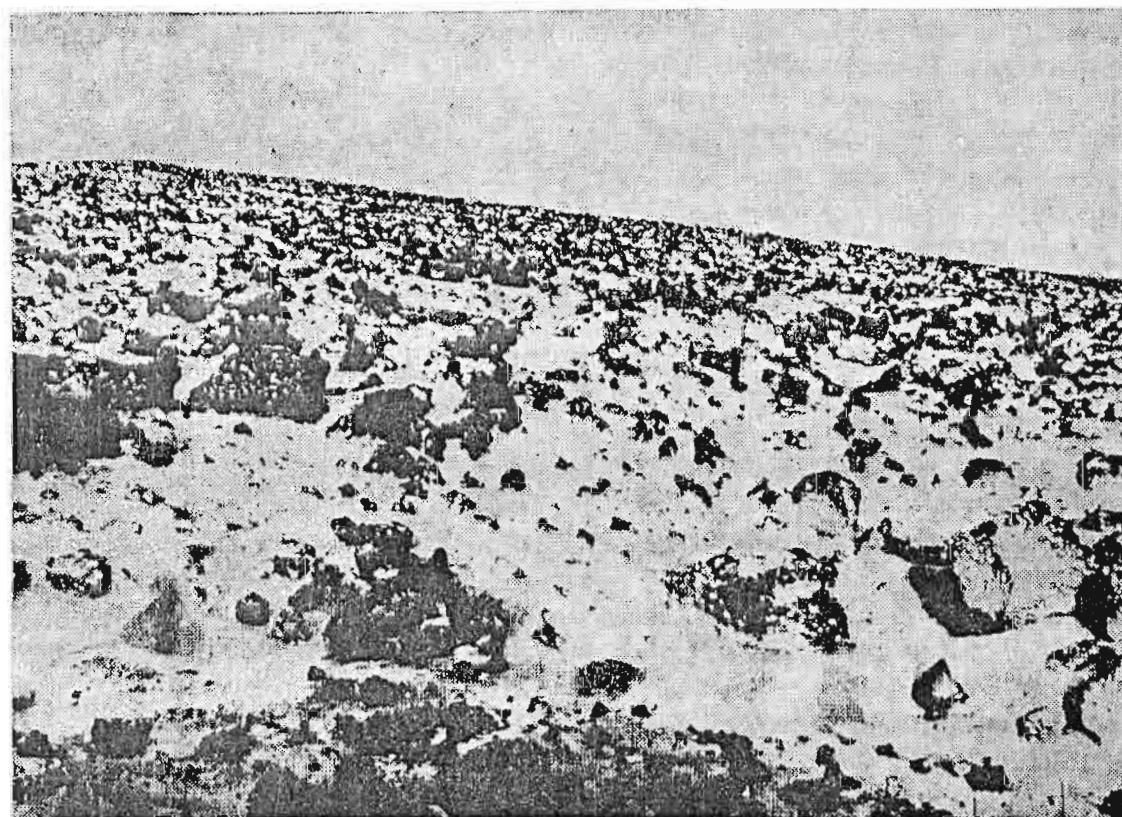
Jedandanna Marsu traje oko 24 sata i 37 minuta. Prečnik mu iznosi 6 786 km, jedna njegova godina traje kao dvije Zemljine.

Sl. 102. — Mars je po svojim dimenzijama nešto manji od Zemlje. Crtežom je dato upoređenje veličina ova dva tijela





Sl. 103. — Ogoradni Marsov krater visok 30 km nazvan je Olympus Mons



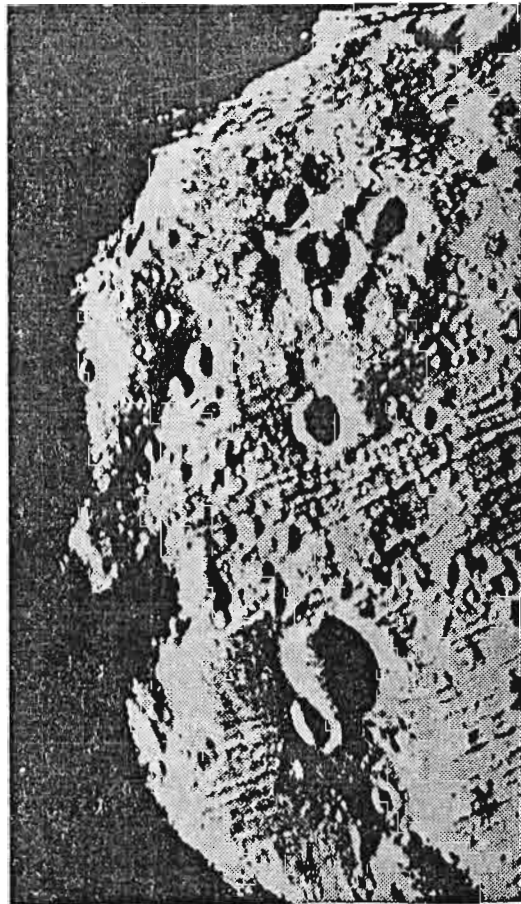
Sl. 104. — Međuplanetarna stanica Viking spustila se na samu površinu crvene planete i dugo vremena slala snimke. Vidljive su stijene i kamenje raznih dimenzija

Mars prima od Sunca manje energije nego Zemlja. Maksimalne temperature u oblasti ekvatora ove planete kreću se do 298 stepeni Kelvina, a noću padaju do 203 stepena. Teleskopima je utvrđeno da na Marsu postoje polarne kape i da se one smanjuju ili rastu, u skladu s godišnjim dobima na ovoj planeti.

Veći broj letjelica bio je upućen sa Zemlje prema Marsu. To su bili američki »Marineri«, sovjetske letjelice tipa »Mars«, i, na kraju, u okviru projekta »Viking«, spuštene su dvije automatske stanice izravno na njegovu površinu. Podaci koji su dobijeni govore da se rijetka atmosfera ove planete sastoji uglavnom od ugljen-dioksida, i to 90%. Marsove polarne kape načinjene su vjerovatno većim dijelom od smrznutog ugljen-dioksida, koji inače nazivamo suhi led. Fotografije poslane na Zemlju pokazuju da i na Marsu postoje krateri. Mnogi od njih su nesumnjivo vulkanskog porijekla. U oblasti poznatoj kao Olympus Mons otkriven je ogroman vulkan, čija osnova ima prečnik od preko 500 km, i čiji se vrh diže gotovo 30 km iznad površine planete. Opaženi su i spletovi kanjona dugački i po 4 000 km, a duboki do 5 kilometara. Vidljiva su i korita presahlih rijeka. Snimljene su i pustinje i potvrđene sa Zemlje opažane pješčane oluje, koje su zahvatale ogromne oblasti ove planete.

U okviru projekta »Viking« dobijene su i prve fotografije Marsovog tla, s kojih se vidi da je ono prekriveno stijenama i manjim kamenjem. U toku dvije godine rada snimljen je i snijeg na Marsu, a snimljeno je i njegovo ružičasto nebo i fantastični zalasci Sunca. Do sada nisu utvrđeni nikakvi oblici života, uprkos provedenim eksperimentima.

Mars ima dva satelita. Nazvani su Fobos i Deimos. (U prevodu to znači Strah i Užas. Riječi su grčkog porijekla, a označavale su imena pratioca boga rata, tj. Marsa.) Dimenzije su im jako male, a pomoću automatskih stanica snimljeni su iz neposredne blizine. Snimci pokazuju da im je oblik nepravilan i da su prekriveni kraterima. Astronomi vjeruju da su Fobos i Deimos asteroidi uhvaćeni u prošlosti gravitacionom silom planete Mars.



Sl. 105. — Marsov satelit Fobos ima nepravilan oblik i vjerovatno je to asteroid uhvaćen gravitacionim silama ove planete

UPAMTITE :

1. **Planeta Merkur je Suncu najbliže tijelo. Za jedan obilazak oko Sunca treba mu oko 88 dana. Oko svoje ose se okrene jednom u 59 dana. Na osnovu podataka međuplanetarnih stanica ustanovljeno je da je površina ove planete slična Mjesecu. Ogroman broj kratera i nepostojanje atmosfere su glavne odlike Merkura.**
2. **Planeta Venera je po svojim dimenzijama gotovo jednaka Zemlji. Zato je često nazivaju Zemljinom sestrom. Pokazuje, kao i Merkur, faze. Gusta i neprozirna atmosfera u potpunosti prekriva njenu površinu i onemogućava posmatranje teleskopom. Spuštanjem svemirskih sonde na njeno tle utvrđeno je da joj je površina kamenita, da se temperature kreću i preko 500 stepeni Celzijusa i da je atmosferski pritisak i do 100 puta jači od onog na Zemlji.**
3. **Mars ima rijetku atmosferu, građenu pretežno od ugljen-dioksida. Detalji na njegovoj površini uočavaju se teleskopima, a kosmičke letjelice su donijele mnoštvo snimaka, odnosno podataka o njima. Karakteristični oblici njegovog reljefa su: krateri, ugašeni vulkani, »riječna« korita, kanjoni i pustinje. Mars ima dva satelita, Fobos i Deimos.**

PITANJA I ZADACI :

1. *Koliki je prečnik planete Mars?*
2. *Kakva je atmosfera Venere u odnosu na atmosferu Zemlje?*
3. *Od čega se sastoje polarne kape na Marsu?*

POSMATRANJA I MJERENJA

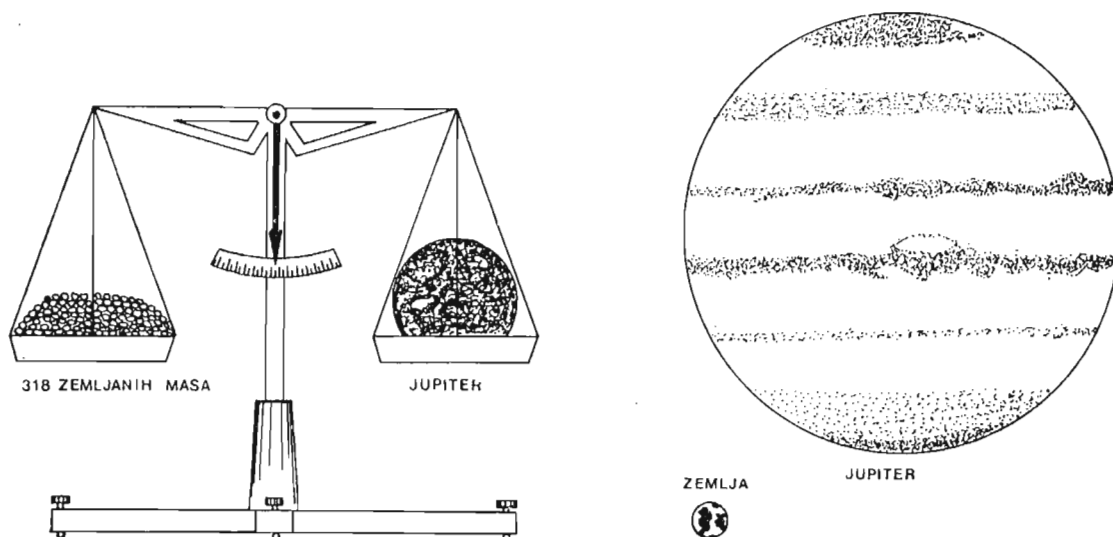
1. Posmatranje planete Venere

Zajedno sa nastavnikom i svojim drugovima pripremite školski teleskop za noćno posmatranje. Postavite ga na neko mjesto gdje u blizini nema jače svjetlosti. Prethodno u astronomskim časopisima ili na drugi način ustanovite da li se Venera vidi uveče ili ujutro. Ukoliko je ona vidljiva uveče, tada treba pažnju obratiti na zapadni dio horizonta. Po velikom sjaju lako ju je prepoznati. Uperite teleskop u nju. Njenu površinu nećete vidjeti jer je sakrivena gustom atmosferom. Opazićete je kao žuti blještavi disk. Venera pokazuje faze kao i naš Mjesec. Posmatrajte je najvećim uvećanjem i crtajte fazu svaki put kada je posmatrate. Takođe zapišite datum i vrijeme posmatranja. Ukoliko posmatranja vršite u dužem vremenskom razmaku, tada pokušajte izračunati koliko je vremena proteklo između, recimo, faze prve četvrti i faze pune Venere.

2. Posmatranje Marsa

Mars ćete lako prepoznati po crvenkastoj boji. Pošto planete ne trepere kada se gledaju golim okom kao zvijezde, to vam je još jedna mogućnost da ga lakše pronađete. Koristeći školski teleskop i veće uvećanje, pokušajte da opazite bilo kakav detalj na njegovom sićušnom disku. U vrijeme kada se Mars nađe u takvom položaju da je Zemlja između njega i Sunca tada su uslovi za posmatranje najbolji. Pažljivim posmatranjem tada je moguće opaziti i polarne kape manjim teleskopima. Ukoliko vam vaš teleskop ne dozvoljava da opazite detalje na Marsu, tada crtajte njegov položaj među zvijezdama i pratite ga iz noći u noć u njegovom kretanju.

PLANETE GIGANTI



Sl. 106. — Jupiter je džin među planetama. Desno vidimo usporedbu njegove veličine sa Zemljom. Lijevo: morali bismo na jedan tas naše zamišljene vage staviti 318 Zemlji da bi smo dobili ravnotežu s Jupiterom

Jupiter je najveća planeta Sunčevog sistema i prvi u nizu planeta giganata. Prečnik mu je 11 puta veći od Zemljinog, a masa 318 puta. Rotacija Jupitera oko vlastite ose je veoma brza. Za ekvatorske oblasti ona iznosi 9 sati i 50 minuta. Brzina zona na polovima je manja. To nam već ukazuje na činjenicu da pojedini dijelovi ove planete različito rotiraju i da je ona po svojoj fizičkoj prirodi različita od Zemlje, kao i od Zemlji sličnih planeta. Zbog velike brzine, on je spljošten na polovima, i to se primjećuje već i najmanjim teleskopima. Gotovo 12 Zemljinih godina potrebno je Jupiteru za obilazak oko Sunca.

Srednja udaljenost mu je 780 miliona kilometara. Teleskopima se uočavaju osnovni detalji viših oblasti džinovske atmosfere koja ga okružuje. Ustanovljeno je postojanje pojava oblaka paralelnih s ekvatorom planete. Ti pojasevi se sastoje od bijelih i tamnih pjega, te raznih drugih oblika.

Atmosfera Jupitera se sastoji pretežno od vodonika i helijuma. Ima i metana i amonijaka. Temperatura vanjskih slojeva iznosi prosječno 150° K.

Unutrašnjost Jupitera je nepoznata. Teorijske pretpostavke ukazuju da bi u unutrašnjosti morale vladati daleko više temperature.

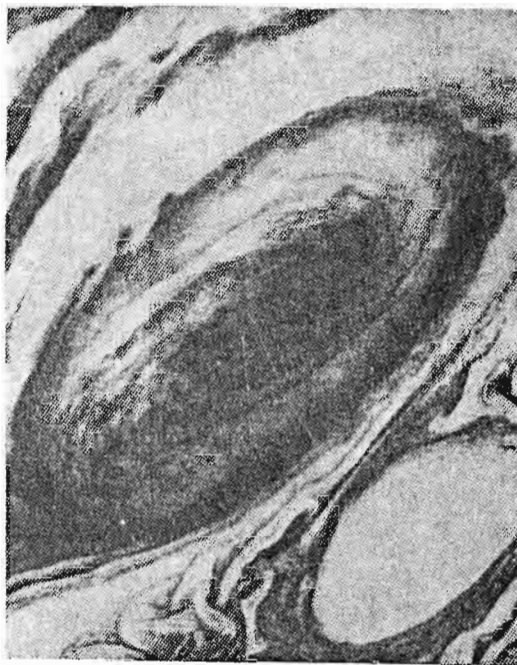
Jupiter je jak izvor radio-talasa. Posjeduje magnetsko polje desetak puta jače od Zemljinog. Jedan od najzanimljivijih detalja na vidljivoj »površini« Jupitera je poznata Velika crvena pjega. Prvi put je opažena 1831. godine. Duga je oko 48 000 km, a široka 11 000 kilometara. Letovi stanica tipa »Pionir« i »Vojadžer« donijeli su nove podatke o Jupiteru

Ustanovljeno je da u njegovoj gustoj atmosferi duvaju orkanski vjetrovi, prema kojima su najžešće oluje na Zemlji obični povjetarci. Velika crvena pjega je rezultat vrtložnog strujanja — poput tornada na Zemlji. Specifičnosti ove planete daju Velikoj crvenoj pjegi dugotrajnost i posebne odlike. Rubni dijelovi pjege rotiraju brzinama i do 500 km na sat, a u središtu vlada potpun mir. Otkriven je prsten oko Jupitera, sličan onome kakav ima Saturn. Ovaj je slabijeg sjaja i zato nije mogao biti opažen sa Zemlje.

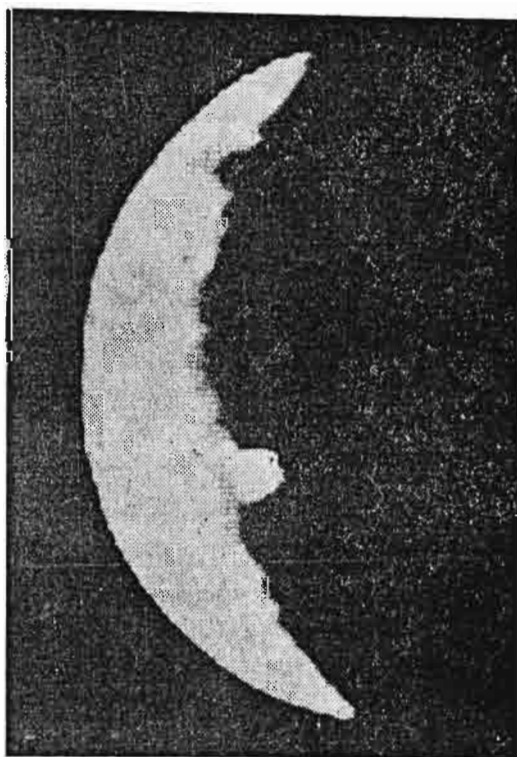
Najviše iznenađenja pružili su snimci Jupiterovih satelita. Misija »Vojadžer« otkrila je neke nove, pa tako danas znamo za 15 njegovih pratilaca. Četiri najveća otkrio je još Galilej. Oni se mogu vidjeti običnim dvogledom kako kruže oko ove planete.

Na satelitu Jo opaženi su i snimljeni aktivni vulkani i praćene erupcije lave. Kalisto i Ganimed su prekriveni kraterima i površina im je smrznuta. Satelit Evropa je sav ispresijecan pukotinama dugim više hiljada kilometara.

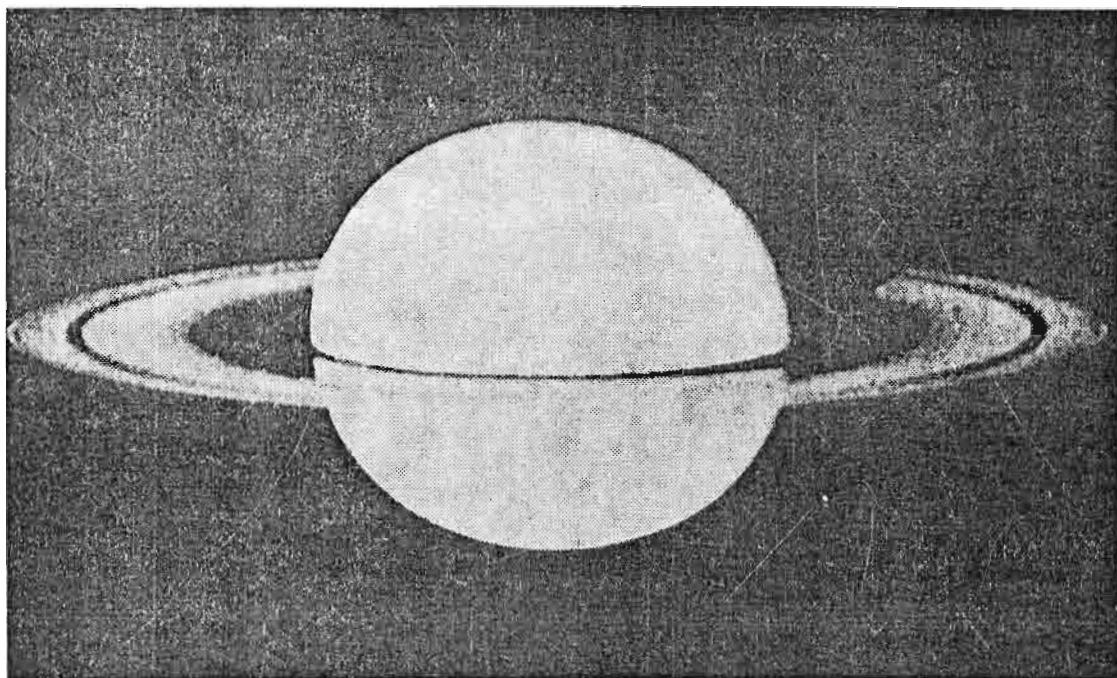
Među najljepše planete se, s razlogom, ubraja Saturn. Okružuje ga prsten koji se sastoji od više dijelova. Sačinjava ga mnoštvo čestica, koje zajednički kruže oko planete. Saturn je 9 puta veći od Zemlje i oko Sunca obiđe jednom u 29,5 godina. Od Sunca je udaljen



Sl. 107. — Dio površine Jupitera s čuvenom Velikom crvenom pjegom. Snimak je načinila stanica »Vojadžer 1«

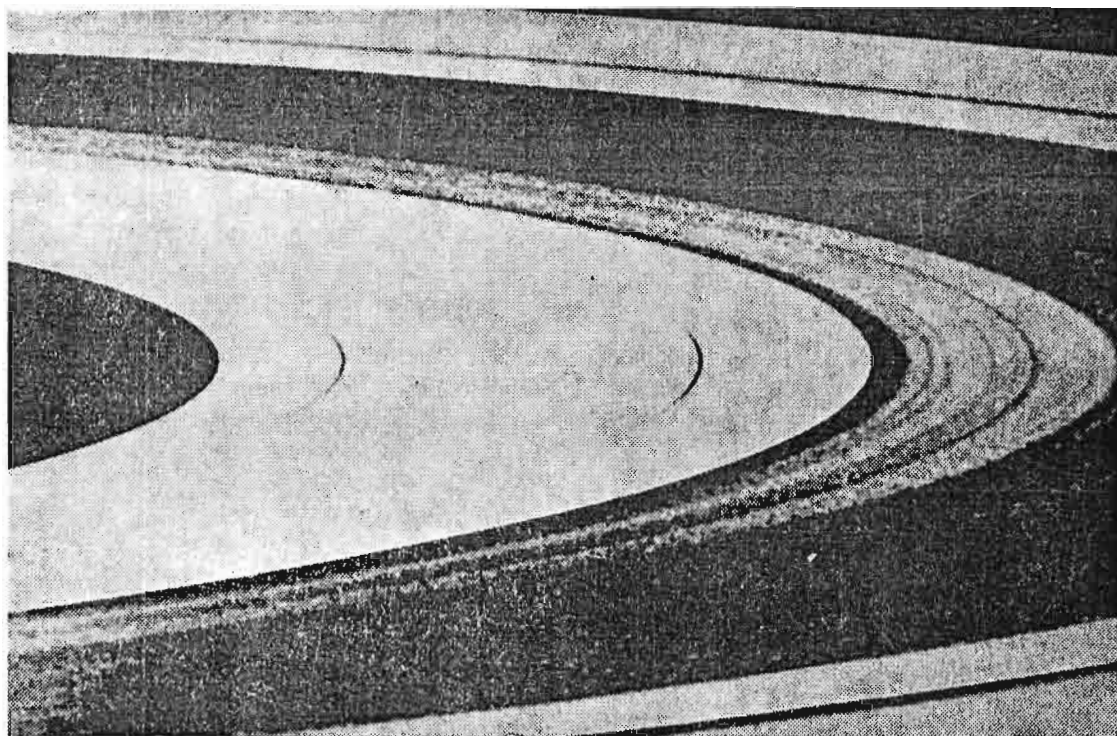


Sl. 108. — Eksplozija vulkana na Jupiterovom satelitu Io



Sl. 109. — Planeta Saturn snimljena svemirskom stanicom »Vojadžer 1«. Prsten koji je obaviđa sadrži veliki broj sitnih čestica materije

gotovo milijardu i po kilometara. Atmosfera ove gigantske planete je slična Jupiterovoj. I na Saturnu kao i na Jupiteru, mogu se posmatrati trake i pojasevi paralelni s ekvatorom. Povremeno se opažaju i svijetle mrlje. I on ima veliku porodicu satelita. Najveći je Titan, s prečnikom od 4 800 kilometara. Utvrđeno je da ima atmosferu, što je jedini dosada poznati slučaj u vezi sa satelitima iz Sunčevog sistema.

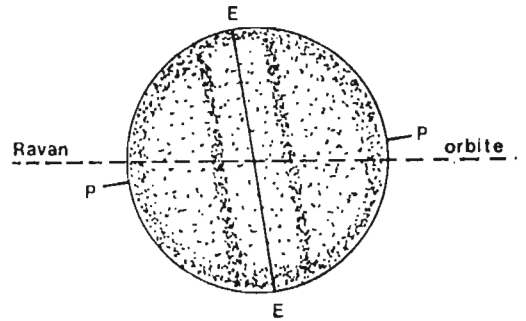


Sl. 110. — Detalj dijela Saturnovog prstena

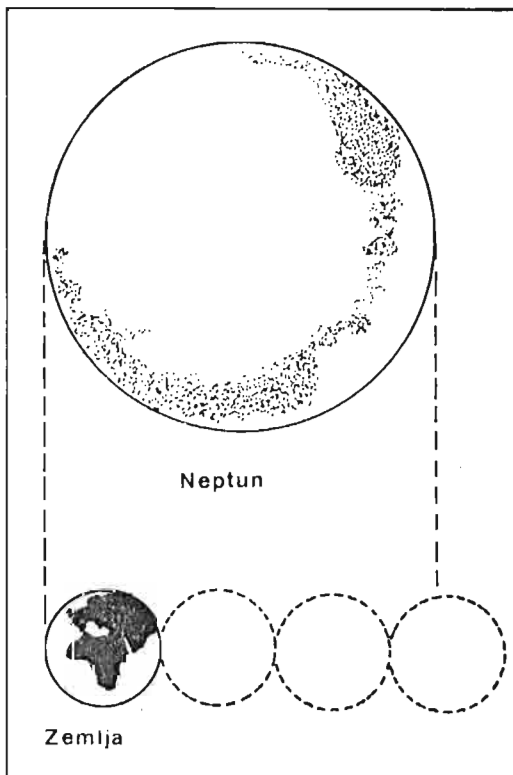
U r a n je od Sunca udaljen nešto manje od 3 milijarde km. Otkrio ga je Heršel (Herschel William) u 18. vijeku. Jedna Uranova godina, odnosno jedan njegov obilazak oko Sunca traje 84 Zemljine godine. Velika udaljenost i slab sjaj onemogućavaju opažanje bilo kakvih detalja na vidljivoj površini sve planete. Zato je za određivanje perioda rotacije korišten Doplerov efekat. Ustanovljeno je da mu za jedan obrt oko svoje ose treba 10 sati i 45 minuta. Gledan kroz teleskop, izgleda zelenkast. Osa njegove rotacije je veoma nagnuta u odnosu na ravan ekliptike. Zanimljivo je da Uran rotira suprotnim smjerom od ostalih planeta u Sunčevom sistemu.

Još dublje u svemiru leži N e p t u n, koji za 164 godine obiđe jednom oko Sunca. Spektralna analiza ukazuje na to da on sadrži u svojoj atmosferi velike količine metana. Neptun ima dva satelita.

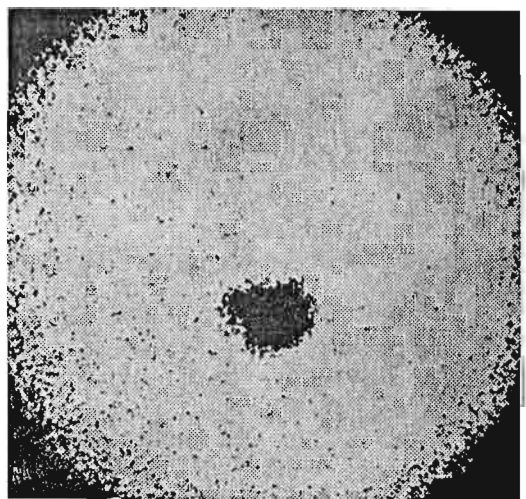
Posljednja planeta, otkrivena tek 1930. god. jest P l u t o n. O njemu ima veoma malo podataka i nije sigurno da li se može uvrstiti u planete Zemljinog tipa. Dijametar (diametreo, grč. promjerim, izmjerim) mu je mali i po svoj prilici iznosi oko 6 000 kilometara. Nedavno je utvrđeno postojanje satelita oko ove planete i on je nazvan Haron. Oko 6 milijardi km je prosječna udaljenost Plutona od Sunca i potrebno mu je oko 250 godina da ga obiđe.



Sl. 111. — Uranova osa rotacije nagnuta je prema osi ekliptike više nego kod bilo koje druge planete



Sl. 112. — Upoređenje veličina Neptuna i Zemlje



Sl. 113. — Haron, satelit Plutona. Pluton je veoma daleko od Zemlje, pa se ovaj satelit vidi kao malo ispučenje na zacrnjenom kružiću koji predstavlja Pluton

PITANJA I ZADACI:

1. Kako se zove najveća planeta u Sunčevom sistemu?
2. Od čega se sastoji Saturnov prsten?
3. Šta je Velika crvena pjega? Na kojoj planeti je ona opažena?
4. Zbog čega atmosfere planeta giganata nisu pogodne za disanje?
5. Spljoštenost neke planete može se definisati matematički na sljedeći način:

$$S = \frac{a - b}{a}$$

gdje je: a poluprečnik ekvatorskog dijela planete, b poluprečnik na polu.

Ako je spljoštenost Saturna $s = 1/10$, a ekvatorski radijus jednak 120 000 km, koliki je polarni radijus ove planete?

VJEŽBA: Nabavite negdje jači dvogled ili durbin. Pronađite na nebu planetu Jupiter. Ona je vrlo sjajna i žućkaste je boje. Lako je prepoznati jer se vidi kao mali spljošten disk. Uočićete četiri najsjajnija satelita. Posmatrajte kako se iz sata u sat mijenja njihov raspored oko Jupitera. Zabilježite položaje pa pratite koliko traju obilasci svakog pojedinog satelita oko planete.

UPAMTITE:

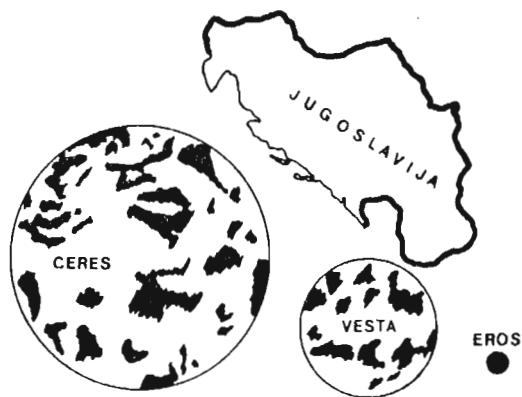
1. Planete Jupiterove grupe imaju velike dimenzije i uglavnom su u gasovitom stanju. Sa Zemlje, uz pomoć teleskopa, možemo posmatrati samo ono što se dešava u vanjskim dijelovima njihovih džinovskih atmosfera.
2. Jupiter brzo rotira. Jedan njegov dan traje nešto manje od 10 zemaljskih sati. Najuočljiviji oblik na Jupiteru je Velika crvena pjega
3. Saturn zovemo i prstenasta planeta, jer ga krasi prsten vidljiv i sasvim malim teleskopom. Saturnov satelit, Titan, veoma je velikih dimenzija u odnosu na ostale satelite u Sunčevom sistemu. Najnoviji podaci govore da posjeduje gustu atmosferu, što je jedinstvena pojava u vezi sa satelitima.
4. Uran je daleko oko 3 milijarde km od Sunca. Rotaciona osa mu je toliko nagnuta da gotovo leži u ravni ekliptike. Ima 5 do sada otkrivenih satelita.
5. Neptun je karakterističan po velikoj količini gasa metana. O Plutonu imamo veoma malo podataka. Nedavno je otkriveno da ima satelit

ASTEROIDI, KOMETE, METEORI I METEORITI

Ranije smo pomenuli da Sunčev sistem ne sačinjavaju samo planete. Materija se u njemu grupiše i na druge načine. Asteroidi ili male planete su mnogobrojna čvrsta tijela smještena uglavnom između orbita Marsa i Jupitera. Prvi asteroid, Ceres, otkrio je talijanski astronom Piaci (Piazzi) 1801. godine. To je ujedno i najveći asteroid, čiji prečnik iznosi oko 1 000 km. Još nekoliko asteroida ima veće dimenzije, dok su ostali daleko manji, tj. imaju prečnike od po nekoliko kilometara. Do sada je u katalozima označeno oko 2 000 asteroida. Smatra se da ih ima daleko više.

Slika 114. daje nam odnos dimenzija nekih asteroida i Zemlje.

Posmatranje ovih tijela dovela su nas do zaključka da su im oblici nepravilni. Izuzetak je nekoliko najvećih, koji su približno loptasti. Kod mnogih asteroida opažene su promjene sjaja u kraćim vremenskim razmacima. Pošto njihova svjetlost potiče od Sunca, to je jedino objašnjenje za to da nemaju sferičan oblik, te nam u nekim momentima okreću užu a u nekim širu stranu. Neka od ovih tijela mogu se približiti Zemlji na udaljenost od nekoliko milionakilometara.

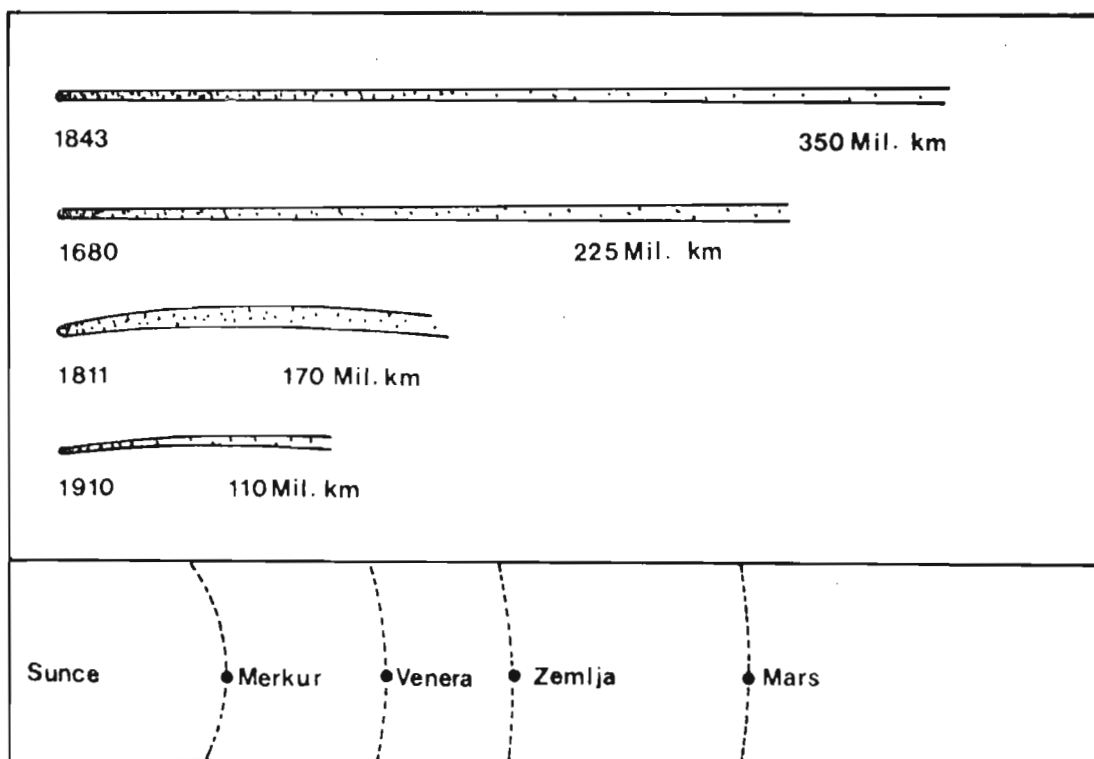


Sl. 114. — Usporedne veličine nekih asteroida s veličinom Zemlje

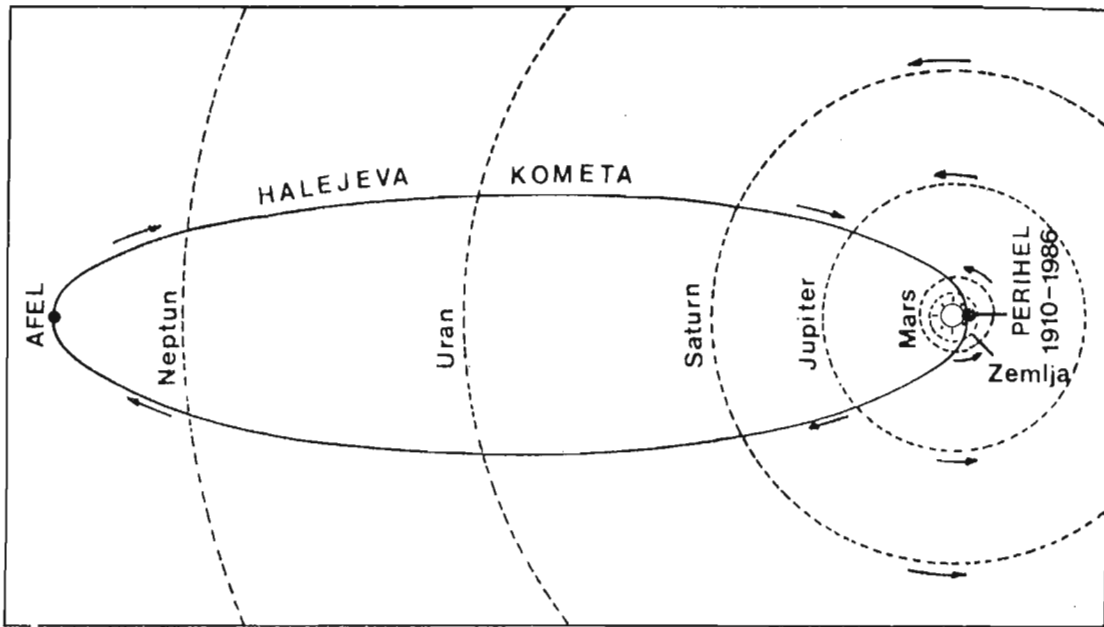
Sa Astronomske opservatorije u Beogradu otkrivena s prije II svjetskog rata 4 asteroida, koji nose imena: Tito, Jugoslavija, Beograd i Srbija.

Astronomi pretpostavljaju da su asteroidi ostaci nekog većeg tijela, koje se u prošlosti, uslijed nepoznatih uzroka raspalo. Postoji i pretpostavka da su to komadi materije zaostali iz vremena rađanja Sunčevog sistema.

Vjeruje se da će asteroidi u budućnosti poslužiti kao baze za svemirske stanice.



Sl. 115. — Dužine repova nekih čuvenih kometa iz prošlosti upoređene s razdaljinama u Sunčevom sistemu

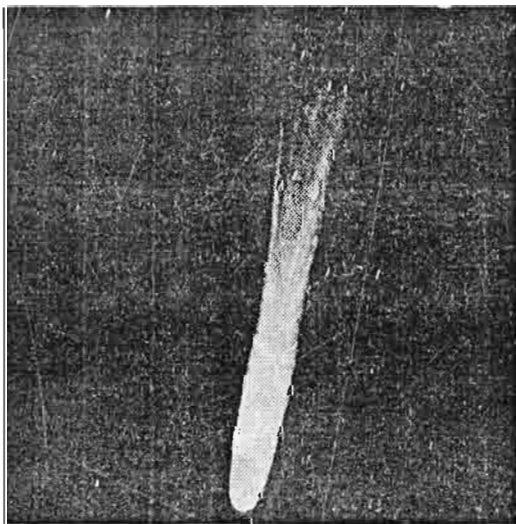


Sl. 116. — Orbita Halejeve komete

Komete spadaju u najimpozantnije nebeske pojave. Izrazito sjajne komete lako se vide golim okom. Postoje svjedočanstva o kometama čiji su »repovi« prelazili preko čitavog neba. Stari narodi su ih smatrali predznacima svih mogućih nesreća, pa zapisi o njima potiču iz najranijih perioda ljudske civilizacije.

Osnovni dijelovi komete su glava i rep. Kada su daleko od Sunca, vide se kao magličaste mrlje slabog sjaja. Kad mu se približavaju, sjaj im raste usljed dejstva toplote. Gasovi i prašina koji grade kometu šire se zagrijavanjem i dolazi do pojave repa.

Komete mogu biti ogromnih dimenzija. Glave im nekada dostignu prečnik od milion km, a repovi i po nekoliko stotina miliona kilometara. Orbite komete su najčešće izdužene elipse. Zbog toga im treba i više hiljada godina za jedan obrt oko Sunca.



Sl. 117. — Fotografija komete Halej

ro, koje je građeno od čvrstih čestica i leda.

Najpoznatija periodična kometa je Halejeva. Ona se pojavljuje svakih 6 godina. Na slici 116. prikazana je njena orbita. Halejeva kometa će se ponovo pojaviti 1986. godine.

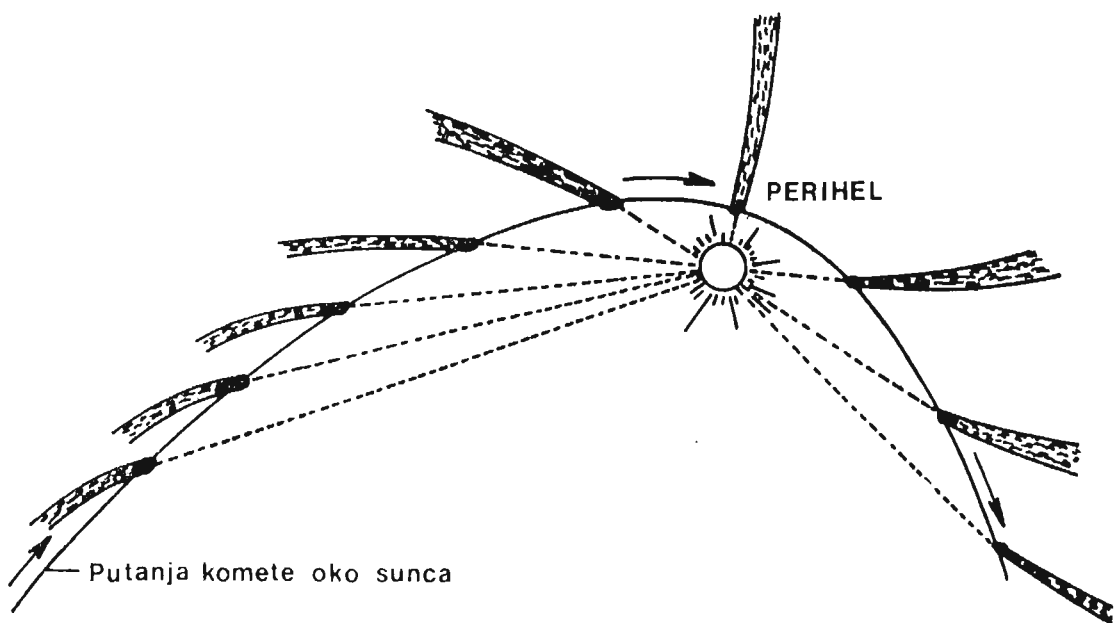
Materija od koje su građene komete veoma je razrijeđena. Zbog toga je rep komete uvijek okrenut na suprotnu stranu od Sunca. Naime, pritisak Sunčevog vjetra je dovoljan da potisne čestice repa na suprotnu stranu (vidi sliku 118). U središtu glave komete nalazi se jed-

Broj kometa je ogroman. Svake godine biva otkriveno po nekoliko novih. One dobijaju imena po svojim nalazačima. I mnogi amateri su otkrili komete.

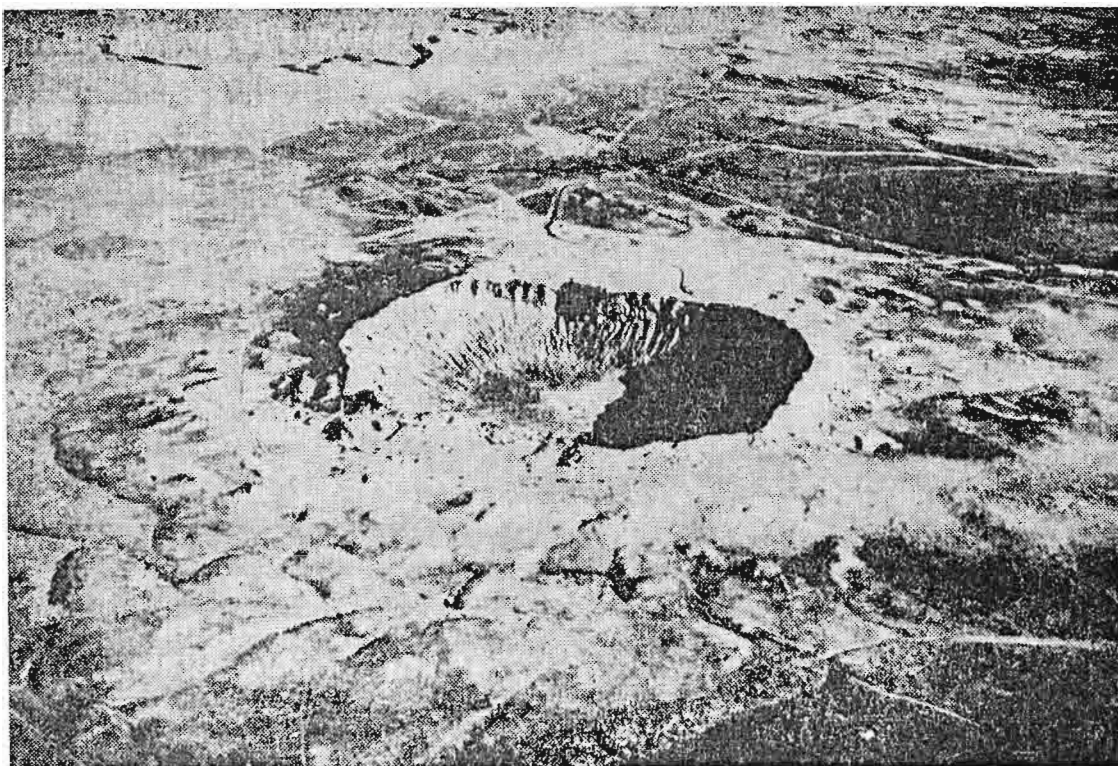
Svako od nas je makar jednom u životu vidio kratki ili dugi let meteora preko neba. U narodu se za njih kaže »zvijezde padalice«. Danas znamo da zvijezde nemaju nikakve veze s pojavom meteora. Meteori su čvrste čestice, malih dimenzija. Mnogi od njih nisu veći od zrna pijeska. Prodirući kroz atmosferu, ta zrnca se zagrijevaju usljed trenja i ostavljaju za sobom svijetli trag. Ako je meteor veći, trag koji za sobom ostavi biće duži i sjajni.

Meteoriska materija se koncentriše u obliku potoka ili rojeva. Svaki od tih rojeva ima određenu orbitu oko Sunca. U trenutku kada se orbita roja presijeca sa Zemljinom, kažemo da roj ima maksimum aktivnosti. Tada u jednom času možemo opaziti i do nekoliko stotina meteora. Veoma je poznat roj Perzeida, nazvan tako po sazvježđu Perzej. Meteori se kreću u prostoru paralelno, i zato nam sa Zemlje izgleda kao da svi dolaze iz jedne tačke. Tu tačku zovemo radijant meteorskog roja. Ako se desi da Zemlja prođe kroz središnje zone nekog roja, tada se javljaju prave kiše meteora i prizor veoma liči na vatromet. Dokazano je da su neki rojevi nastali raspadanjem kometa.

Neki meteori imaju veće mase i pri prolasku kroz atmosferu postaju veoma sjajni. Tada ih posmatrači mogu vidjeti i danju kako se velikom brzinom kreću preko neba u vidu vatrene kugle. Takve meteore nazivamo bolidi. Bolidi (bolidos, grč. strijela) mogu dospjeti do same površine Zemlje. Komad materije koji padne na površinu i koji pronađemo naziva se meteorit. Niz stoljeća ljudi prikupljaju takve komade, koji liče na stije-



Sl. 118. — Rep komete se okreće uvijek na suprotnu stranu od Sunca jer mikroskopski sitne čestice »gura« pritisak Sunčevog zračenja



Sl. 119. — Krater u Arizoni nastao je u dalekoj prošlosti udarcem džinovskog meteorita

ne. Neki imaju vrlo sličan sastav kao stijene, pa ih i nazivamo stjenoviti ili kameni meteoriti. Drugi uglavnom sadrže željezo i nikl i po tome se zovu željezni. U treću grupu spadaju oni koji imaju osobine jednih i drugih. Zato se zovu kameno-željezni meteoriti.

Meteoriti izuzetno velikih dimenzija, koji padnu jednom u više desetina ili stotina hiljada godina, mogu na mjestu pada ostaviti velike kratere. Tako postoji čuveni krater, nazvan »Đavolova jaruga« u Arizoni (SAD) (sl. 119). Prečnik mu iznosi 1200 metara. Najteži dosada pronađeni meteorit je Hoba, u južnoj Africi. On ima masu od oko 50 tona.

UPAMTITE :

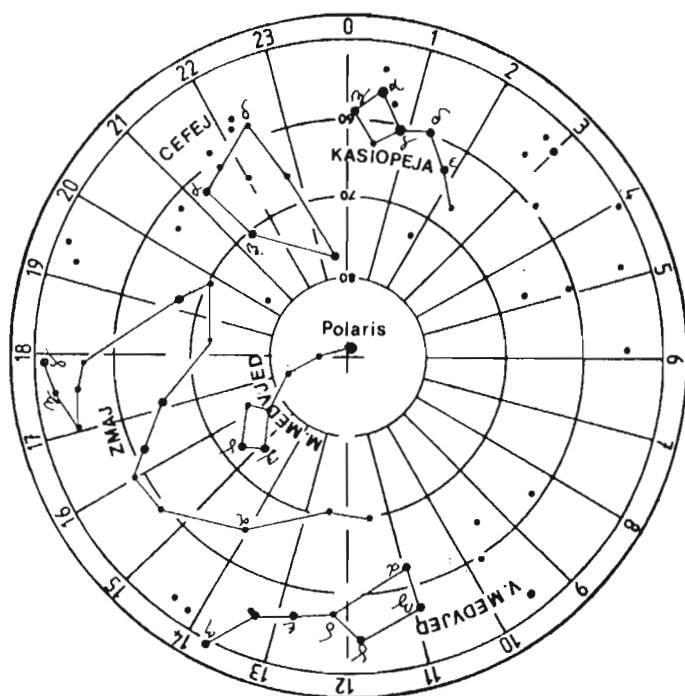
1. **Sunčev sistem, pored 9 planeta, sadrži mnoštvo asteroida, čiji su prečnici od 1000 km naniže. Tu spadaju i komete, kojih ima milijarde, te meteorski rojevi, koji sadrže sitne čestice čvrste materije.**
2. **Većina asteroida se kreće putanjama smještenim između Marsa i Jupitera. Neki se s vremena na vrijeme približi Zemlji, a ima ih koji dopiru do Merkura i Venere. Asteroidi imaju nepravilan oblik. Pri rotiranju mijenjaju sjaj.**
3. **Komete su smrznute grudve gasova, prašine i čvrste materije. Kada se približe Suncu, uslijed toplote dolazi do isparavanja. Pod dejstvom Sunčeve svjetlosti i čestica koje ono odašilje u prostor, mikroskopski slične čestice koje čine kometu bivaju odgurnute i tako se formira rep. Orbite kometa su veoma izdužene elipse.**
4. **Meteoriti su sitna zrnca čvrste materije koja se kreću u rojevima. Oni većih dimenzija mogu doprijeti do površine Zemlje. Tada ih zovemo meteoriti. Pri prolasku kroz atmosferu, meteoriti sagorijevaju i tad ih vidimo kao svijetle tragove.**

PITANJA I ZADACI:

1. *Kakav oblik imaju asteroidi?*
2. *Kako se zove najpoznatija periodična kometa? Koliko njoj treba vremena za jedan obilazak oko Sunca?*
3. *Šta je bolid?*
4. *Odvojite nekoliko noći početkom augusta mjeseca za posmatranje meteorskog roja Perzeida. Pripremite bilježnicu i mjerite koliko meteora za jedan sat preleti preko neba. Uporedite njihov sjaj sa sjajem zvijezda i sve to tabelarno predstavite. Pokušajte da crtate njihove tragove na zvjezdanoj karti i odredite im radijant.*

Cirkumpolarna sazvježđa

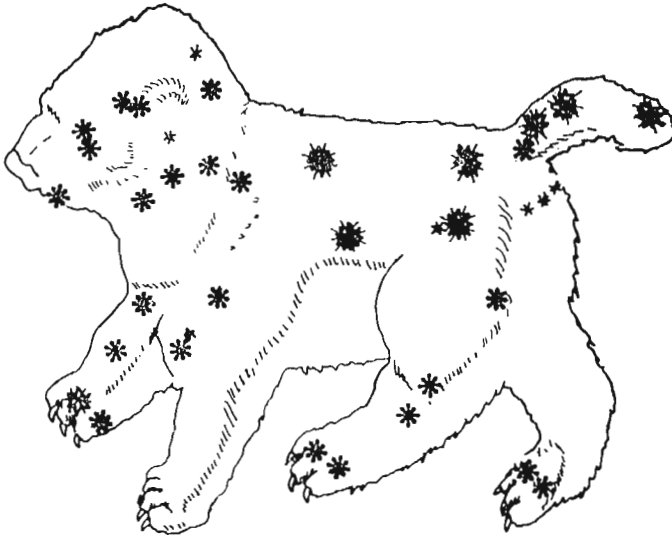
Cirkumpolarna sazvježđa su ona sazvježđa koja iz naših geografskih širina vidimo tokom cijele noći i tokom čitave godine. Ona nikada ne zalaze, nego su stalno nad horizontom. Ona se i po danu nalaze iznad našeg horizonta, samo se uslijed jarkog svjetla Sunca ne vidi slabi sjaj njihovih zvijezda.



Sl. 120. — Cirkumpolarna sazvježđa

| Naziv sazvježđa | Najsajnije zvijezde |
|--|---|
| Mali Medvjed (Ursa Minor). Naziva se još i Mala Kola. | α Zvijezda Polara ili Sjevernjača. U njoj blizini je sjeverni nebeski pol. β Kochab (arap.) |
| Veliki Medvjed (Ursa Major) ¹ . Naziva se još i Velika Kola. | α Dubhe (arap.) β Merak (arap.) |
| Kasiopeja (Cassiopeia = biće iz grč. mitologije). Ima oblik slova W. Leži preko sjevernog nebeskog pola, suprotno od Velikog Medvjeda, približno na istoj udaljenosti od pola. | α Shedir (arap. sadr = prsa) |
| Zmaj (Draco). Svojim zvijezdama obuhvata sazvježđe Malog Medvjeda. | Nema zvijezda jačeg sjaja. |
| Cefej (Cepheus = biće grč. mitologije). | α Alderamin. Zvijezda gigant. Udaljena 160 svjet. godina. |

1. Sazvježđe Velikog Medvjeda sastoji se od velikog broja vidljivih zvijezda. Među njima 7 najsjajnijih čine samo mali dio tog sazvježđa. Tih 7 zvijezda svojim oblikom podsjećaju na kola (četiri točka i ruda kola). Zato se to sazvježđe naziva i Velika Kola (sl. 120).



Sl. 121. — Sazvježđe Velikog Medvjeda

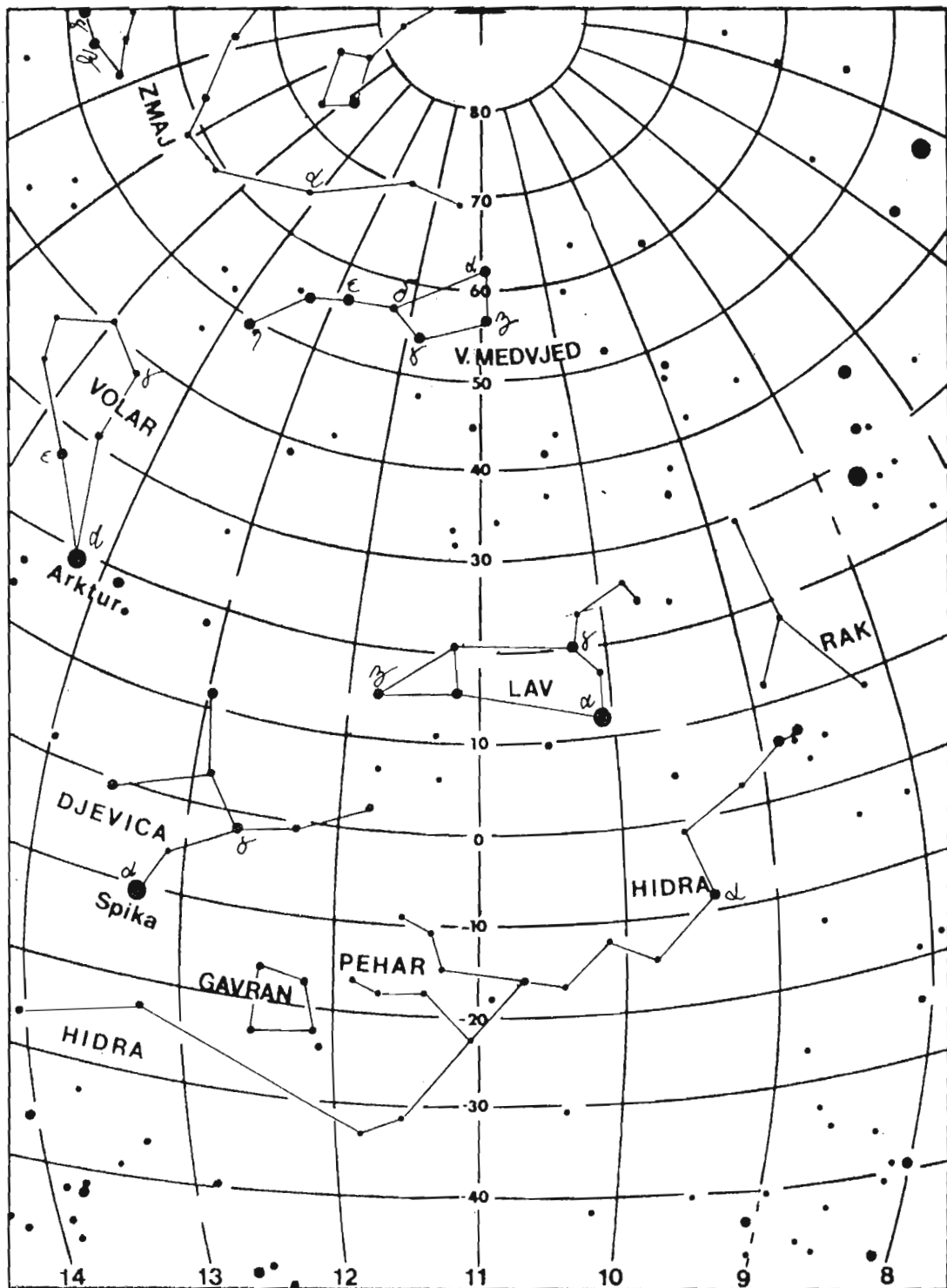
Pronalaženje pojedinih sazvježđa u odgovarajućim godišnjim dobima najbolje je započeti od sazvježđa Velikog Medvjeda, jer se ono najlakše uoči na nebu i kao cirkumpolarno nalazi se u svim godišnjim dobima na nebu, svake noći.

Veliki Medvjed je glavni orijentir za određivanje zvijezde Sjevernjače, pa, prema tome, i sjeverne tačke na horizontu.

Sazvježđa koja izlaze i zalaze

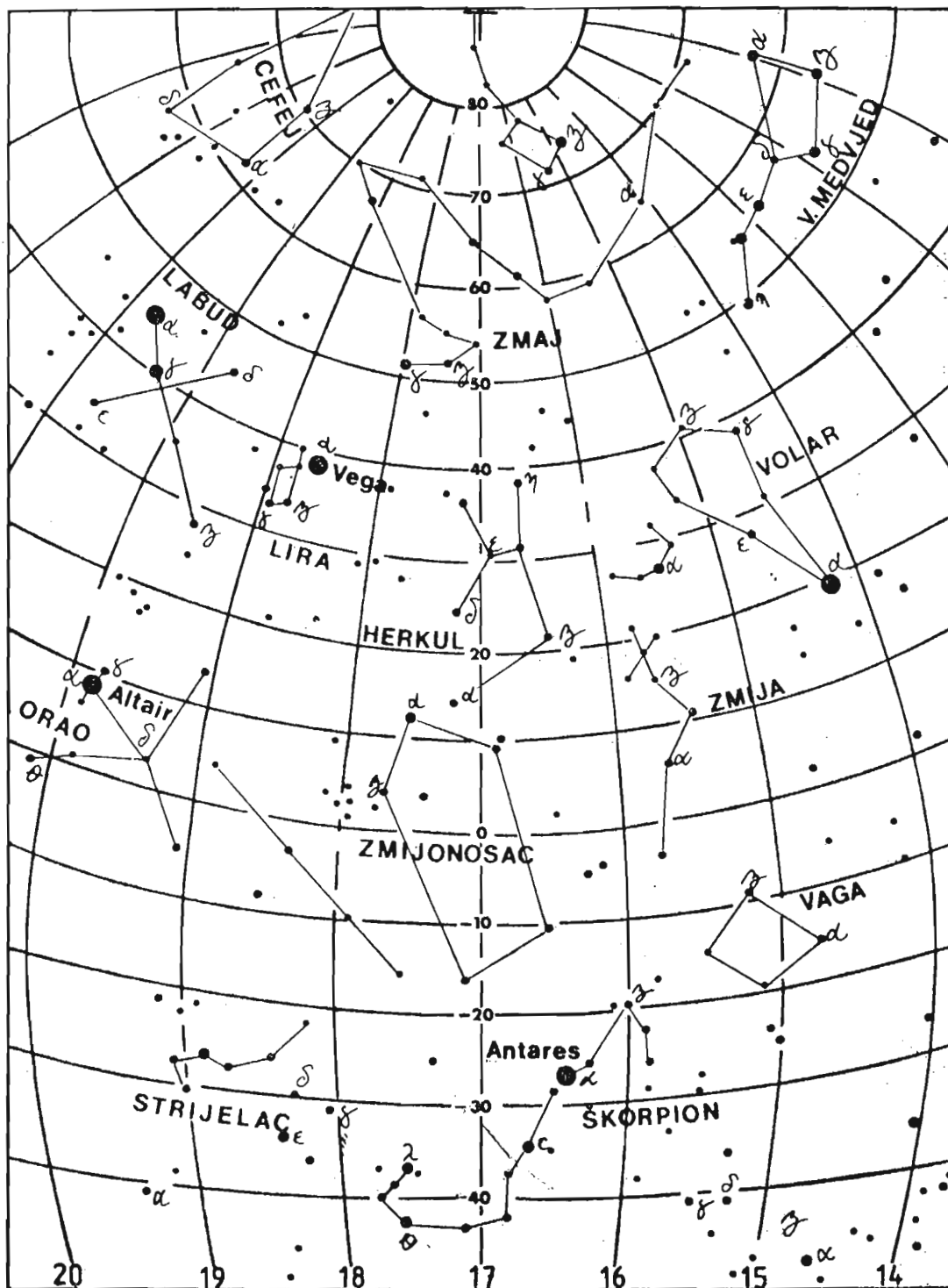
Proljetna sazvježđa (sl. 122). U proljetnom dijelu godine, južno od sazvježđa Velikog i Malog Medvjeda mogu se na nebu naći sljedeća sazvježđa:

| Naziv sazvježđa | Najsajnije zvijezde |
|---|--|
| R a k (Cancer). Kroz sazvježđe prolazi ekliptika. | Posebno sjajnih zvijezda nema |
| L a v (Leo). Kroz sazvježđe prolazi ekliptika. | α R e g u l u s (lat. kraljević). β D e n e b o l a (arap. dhanab alasad = rep lava). |
| D j e v o j k a (Virgo). U sazvježđu je veliki broj galaksija, udaljenih od nas po nekoliko desetina milona svjetlosnih godina. Kroz njega prolazi ekliptika. | α S p i c a (Spika, lat. = klas). |



Sl. 122. — Sazvježđa vidljiva iz naših krajeva u proljeće

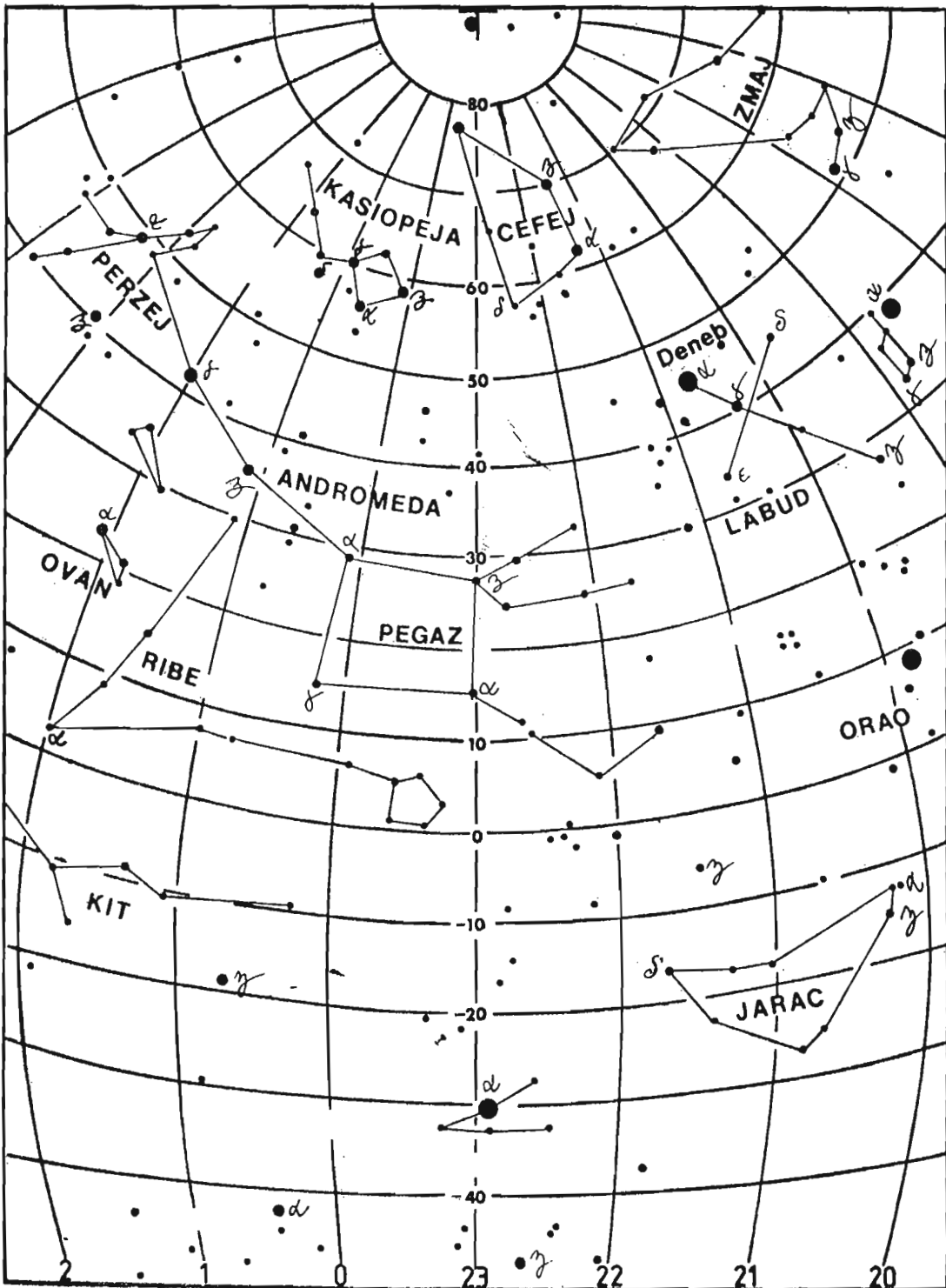
Ljetna sazvježđa. U ljetnom dijelu godine mogu se na nebu naći sljedeća sazvježđa prema kojima je okrenut rep Velikog Medvjeda (ili ruda Velikih Kola). Sazvježđa su poredana od zapada prema istoku (sl. 123).



Sl. 123. — Sazvježđa vidljiva iz naših krajeva u ljeto

| Naziv sazvježđa | Najsajnije zvijezde |
|--|--|
| Volar (Bootes). | α Arktur (grč.). Udaljena od nas 43 svjetl. godine. |
| | β Nekar. Zvijezda gigant. Udaljena 136 svj. godina. |
| Sjeverna Kruna (Corona Borealis). Liči na vijenac, pa je po tome i dobilo ime. | α Gemma (lat=dragulj). |
| Herkul (Hercules=biće iz grč. mitologije). | α Ras Algeti (arap.). Gigantska zvijezda, sa 800 puta većim prečnikom od Sunčevog. Udaljena je 125 svj. godina. |
| Lira (Lyra). | α Vega (arap. An-nasr al vaqi = orao koji pada). To je najsjajnija zvijezda sjev. hemisfere. Udaljena je 26 svj. god. |
| Labud (Cygnus). Sazvježđe ima oblik križa (krsta). | α Deneb (arap. dhanāb=rep labuda). |
| | β Albireo (arap.). To je dvojnazvijezda. |
| Orao (Aquila). | α Altair (arap. al ta'ir=onaj koji leti). Daleko 16 svj. god. |
| Škorpija (Scorpius). Nalazi se između sazvježđa Herkula na istoku i Volara na zapadu, a sasvim pri južnom dijelu neba. Kroz sazvježđe prolazi ekliptika. | α Antares (lat. anti=protiv, ares=Mars). Prečnik 300 puta veći od Sunčevog. Udaljena je 400 svj. godina. |

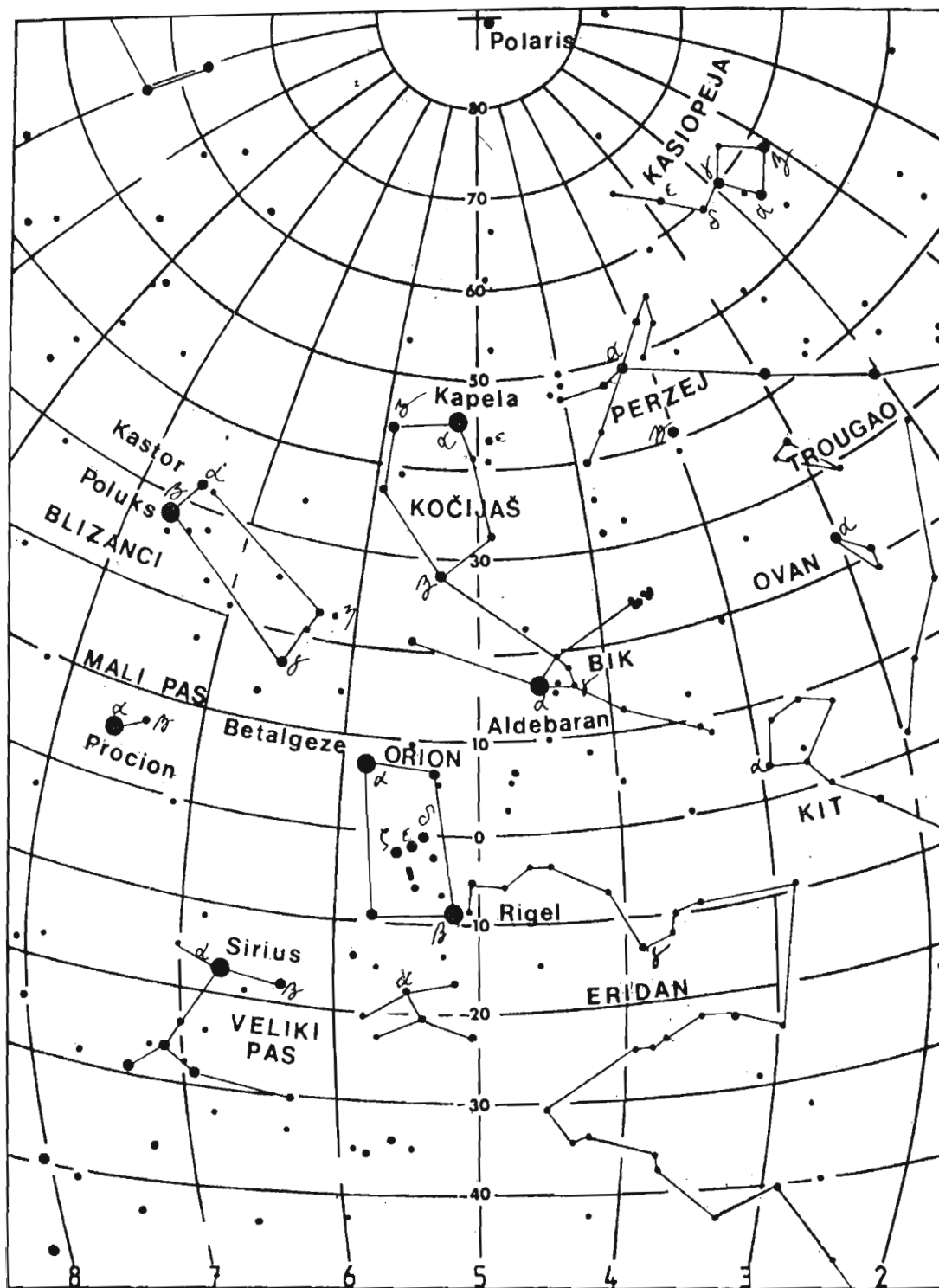
Jesenja sazvježđa. U jesenjem dijelu godine, južno od repa Malog Medvjeda (Malih Kola) nalaze se sljedeća sazvježđa (sl. 124.).



Sl. 124. — Sazvježđa vidljiva iz naših krajeva u jesen

| Naziv sazvježđa | Najsajnije zvijezde |
|--|---|
| P e g a z (Pegasus = biće iz grč. mitologije). Ima oblik četvero-kuta. | α M a r k a b (arap.). Udaljena 100 svj. godina. |
| | β Š i t spada u crvene gigante. Udaljena 172 svj. godine. |
| | γ A l g e n i b. Udaljena 470 svj. godina. |
| A n d r o m e d a. (Biće grč. mitologije.) Neposredno od sazvježđa prema sjeveru je spiralna galaktika, vidljiva prostim okom. Udaljena je 2 miliona svj. godina. Kroz meridijane pojedinih tačaka naših krajeva prolazi između 21 i 22 sata tokom novembra. | α S i r r a h (arap.) |
| | β M i r a c h (arap.) |
| | γ A l a m a k (arap.) |
| P e r z e j (Perseus=biće iz grčke mitologije). | α A l g e n i b (arap.) |
| | β A l g o l (arap. ras al ghul = =vražja glava). Udaljena 82 svj. godine. |
| R i b e (Pisces). Kroz sazvježđe prolazi ekliptika. | Nema sjajnijih zvijezda. |
| O v a n (Aries). Kroz sazvježđe prolazi ekliptika. Vidljivo je i zimi. | α H a m a l. Zvijezda gigant. Udaljena 78 svj. godina. |
| K i t (Cetus). Nalazi se sasvim pri južnom dijelu neba. Oko 21 i 22 sata prolazi kroz meridijane naših mjesta u toku novembra i decembra. To je i sazvježđe zimskog dijela godine. | o M i r a (lat.=čudnovata). Zvijezda jako promjenljiva sjaja. |

Zimska sazvežđa. U zimskom dijelu godine mogu se na nebu vidjeti sljedeća sazvežđa, prema kojima je usmjeren rep Malog Medvjeda (sl. 125.).



Sl. 125. — Sazvežđa vidljiva iz naših krajeva u zimi

| Naziv sazvježđa | Najsajnije zvijezde |
|--|---|
| <p>K o č i j a š (Auriga). Ima oblik petougla.</p> | <p>α C a p e l l a (lat.=koza). Zvijezda gigant.</p> |
| <p>B i k (Taurus). Ubraja se u najljepšu grupu zimskih sazvježđa. Kroz njega prolazi ekliptika. U njemu je veliki broj zvjezdanih skupova. Najpoznatiji je rasijani skup P l e j a d e ili V l a š i ć i, sastavljeni od 7 zvijezda, vidljivih prostim okom.</p> | <p>α A l d e b a r a n (arap. albaran=koji slijedi (Plejade).</p> |
| <p>B l i z a n c i (Gemini). Kroz sazvježđe prolazi ekliptika.</p> | <p>α C a s t o r, β P o l u x (po grč. mitologiji=braća blizanci).</p> |
| <p>O r i o n (biće grč. mitologije) To je najljepše sazvježđe neba. Kroz meridijane naših krajeva prolazi oko 21 i 22 sata krajem januara do sredine feruara. Tada je smješteno između zenita i južne strane horizonta.</p> | <p>α B e t e l g e z (arap.) Supergigant, crvene boje. Prečnik 450 puta veći od Sunčevog. Udaljena 470 svj. godina.</p> |
| <p>M a l i P a s (Canis Minor). Malo sazvježđe.</p> | <p>β R i g e l (arap.=stopalo).</p> |
| <p>V e l i k i P a s (Canis Major). Sazvježđe pri južnom dijelu horizonta.</p> | <p>α P r o k i o n (Procyon) (grč. prokyon=prije psa, jer izlazi prije zvijezde Sirijusa u sazvježđu Velikog Psa. Udaljena 11 svj. godina.</p> |
| | <p>α S i r i u s (arap. pseća zvijezda). To je najsajjnija zvijezda na čitavoj nebeskoj sferi. Daleko je 9 svj. godina. Vidljiva je pri samom južnom dijelu horizonta. Kroz meridijane naših krajeva prolazi oko 23 sata krajem januara i početkom februara. Oko 22 sata prolazi sredinom februara a oko 21 sat početkom marta.</p> |

PROGRAM POSJETE ASTRONOMSKOJ OPSERVATORIJI U SARAJEVU

Astronomske opservatorije su posebne zgrade na kojima se nalaze teleskopi i drugi instrumenti. Najčešće se za smještaj teleskopa prave posebne poluloptaste kupole, koje imaju otvor, a mogu se okretati na sve strane. U Jugoslaviji se astronomske opservatorije nalaze u Beogradu, na otoku Hvaru, u Ljubljani i Sarajevu.

Posjeta opservatoriji u Sarajevu najavljuje se na telefon 516-885 ili na adresu: Univerzitetsko astronomsko društvo, 71 000 Sarajevo, Titova 44. Uz prethodni dogovor i najavu, učenici dolaze na opservatoriju skupa sa svojim nastavnikom. Na terasi opservatorije najprije saznaju čemu služe opservatorije.

Nakon toga u manjim grupama učenici kreću na obilazak opservatorije. Pri tome obilaze redom: najmanju, srednju i najveću kupolu. Upoznaju se s mehanizmima pomoću kojih se one okreću. U svakoj od kupola učenicima se daju objašnjenja o teleskopima koji su tu smješteni o načinu njihovog funkcionisanja i osnovnim tehničkim podacima. U maloj kupoli im se pokazuje dvostruki astrograf opservatorije, s kamerama za snimanje većih površina neba. Objašnjava im se rad motora za fino praćenje kretanja Zemlje i govori o tome kako je za snimanje zvijezda potrebno ploče dugo izlagati. Posebno pažnja se obraća na nebeske koordinate i upoznavanje s upotrebom krugova za njihovo očitavanje.

U srednjoj kupoli učenici se susreću s teleskopom Njutnovog tipa, prečnika 30 centimetara. Njegov je mehanizam nešto drugačiji od mehanizma astrografa. Tu se objašnjavaju različite montaže teleskopa, prednosti jednih nad drugim i sl. Učenicima se pruža prilika da vide okulare raznih fokusa i da saznaju nešto o uvećanjima teleskopa. Objašnjava se i princip snimanja u samom fokusu teleskopa i govori o tome kakvi se astronomski objekti mogu snimati na taj način.

Odlaskom do velike kupole završava se obilazak ovih dijelova opservatorije. Tu učenici mogu da vide najveći instrument opservatorije, teleskop-reflektor s prečnikom objektiva od 62 cm. On posjeduje znatno komplikovaniji mehanizam, poseban tip montaže i brojne druge stvari. Sve se to objašnjava uz demonstriranje rada. Razgovara se i o Kasegrenovom tipu montaže teleskopa. Također se daju objašnjenja o pomoćnom priboru ovog teleskopa, a prije svega o fotoelektričnom fotometru. Daju se napomene o tome kako se mjeri sjaj zvijezda.

Poslije ovoga učenici obilaze druge, pomoćne prostore opservatorije. Razgledaju biblioteku, foto-laboratoriju i saznaju sve o tome kako se vrši obrada astronomskih fotografija. U biblioteci se sreću s kartama zvjezdanog neba i Mjeseca. Pokazuju im se atlas i druga pomoćna sredstva za rad astronoma.

U posjetu se po potrebi uključuje kraće predavanje o astronomiji uopšte, praćeno slajdovima. Nakon svega se organizuje kraći razgovor sa svima onima koji imaju neka posebna pitanja.

Noćna posjeta

Na noćnu posjetu se, po pravilu, dolazi jedan do dva sata prije spuštanja mraka. To vrijeme se iskoristi da se učenicima pokaže opservatorija i njeni instrumenti na sličan način kako je to rađeno tokom dnevne posjete. Ovaj put se to izvodi po skraćenom programu i daju se samo bitna objašnjenja.

Neposredno pred pojavu prvih zvijezda učenici se okupljaju na terasi. Dežurni im objašnjava osnovne pojmove vezane za nebesku sferu, govori o horizontu, stranama svijeta, te osnovnim tačkama i linijama na nebeskoj sferi. Pojava prvih, najsjajnijih zvijezda koristi se za kraći razgovor o sjaju zvijezda i podjeli na zvijezde prve, druge itd. veličine. S postupnim smračivanjem prelazi se na pokazivanje osnovnih sazvježđa. Prije svega se pokazuju Veliki i Mali medvjed, te zvijezda Sjevernjača. Ukazuje se na značaj poznavanja sazvježđa sa stanovišta orijentacije na nebu i na Zemlji. Zavisno od godišnjeg doba, pokazuju se neka od sazvježđa Zodijaka, te se kaže nešto više o nekim najpoznatijim zvijezdama vidljivim golim okom. Ukoliko se vidi i neka od planeta, kaže se koja je i pokaže kako se neke od njih vide lako i bez teleskopa. Ukoliko je Mjesec na nebu, onda se govori o njegovim fazama i kretanju na nebu.

Nakon ovog po grupama se vrši posmatranje kroz neki od slobodnih teleskopa. Pri tome se pokazuju redom razni objekti na nebu, kao što su planete, Mjesec, dvojne zvijezde, rasijani zvjezdani skupovi, kuglasti skupovi, galaksije, magline i slično. Uz svaki objekat slijedi objašnjenje o njegovoj prirodi i o tome kako se vidi kroz teleskop, a šta u stvari predstavlja u svemiru. Posmatranja se povezuju s podacima o udaljenostima, fizičkom stanju i sličnim karakteristikama pojedinih tijela i grupa tijela.

Tokom posmatranja učenicima se demonstrira rad pojedinih manjih mjernih uređaja, kao što je mikrometar. Takođe se pokazuje upotreba krugova i na osnovu koordinata nekog objekta slabog sjaja on se pronalazi. Svakoj grupi se dodijeli po jedna zvjezdana karta, tako da sami mogu da pronalaze pojedina sazvježđa.

OSNOVNE ASTRONOMSKE KONSTANTE I VELIČINE

| | |
|--|---|
| Nagib ekliptike prema nebeskom ekvatoru | 23°26'29'',85 |
| Ekvatorski poluprečnik Zemlje | 6378,245 km |
| Polarni poluprečnik Zemlje | 6356,864 km |
| Astronomska jedinica (udaljenost Zemlja-Sunce) | 149 600 000 km |
| Zvezdani dan | 23h 56m 4s |
| Siderički mjesec | 27d 7h 43m |
| Sinodički mjesec | 29d 12h 44m |
| Siderička (zvezdana) godina | 365d 6h 9m |
| Tropska godina | 365d 5h 48m |
| Brzina svjetlosti | 299 792,5·10 ³ m/s |
| Svjetlosna godina | 9 500 100 000 000 000 m ili 9,5 biliona kilometara |
| Gravitaciona konstanta | 6,67·10 ⁻¹¹ Nm ² /kg ² |
| Srednja udaljenost Zemlja — Mjesec | 384 400 km — |
| Prečnik naše galaksije | 100 000 svjetlosnih god. |
| Udaljenost Sunca od središta Galaksije | 30 000 svjetlosnih god. |

GRČKI ALFABET

| | | | |
|-----------|----------|-----------|-----------|
| α alfa | η eta | ν ni | ς tau |
| β beta | θ theta | ξ ksi | υ ipsilon |
| γ gama | ι jota | ο omikron | φ fi |
| δ delta | κ kapa | π pi | χ hi |
| ε epsilon | λ lambda | ρ ro | ψ psi |
| ζ zeta | μ mi | σ sigma | ω omega |

ELEMENTI PUTANJA PLANETA SUNČEVOG SISTEMA

| Naziv | Nagib putanje u odnosu na ekliptiku | Udaljenost od Sunca u milio- nima kilome- tara | Vrijeme obi- laska oko Sunca u danima | Period rotacije u danima i di- jelovima dana |
|---------|---|---|---|--|
| Merkur | 7° 00' | 57,9 | 87,9 | 58 ^d ,6 |
| Venera | 3° 23' | 108,1 | 224,7 | 243 ^d ,16 |
| Zemlja | 0° | 149,6 | 365,2 | 23h 56m 4s |
| Mars | 1° 51' | 227,8 | 686,9 | 24h 37m 23s |
| Jupiter | 1° 18' | 777,8 | 4332,5 | 9h 50m |
| Saturn | 2° 29' | 1426,1 | 10759,2 | 10h 14m |
| Uran | 0° 46' | 2875 | 30658,9 | 10h 42m |
| Neptun | 1° 46' | 4504 | 60187,6 | 15h 48m |
| Pluton | 17° 18' | 5946,5 | 90737,2 | ? |

PODACI O VEĆIM SATELITIMA U SUNČEVOM SISTEMU

| Planeta | Satelit | Srednje rasto- janje od planete u hiljadama km | Prečnik u km | Masa (masa planete jedna- ka je jedinici) |
|---------|---------|---|--------------|---|
| Zemlja | Mjesec | 384,40 | 3 476 | 1/ 81 |
| Mars | Fobos | 9,40 | 15 | — |
| | Deimos | 23,60 | 8 | — |
| Jupiter | Io | 1881 | 5 050 | 1/ 20 000 |
| | Evropa | 422 | 3 550 | 1/ 26 000 |
| | Ganimed | 671 | 3 100 | 1/ 40 000 |
| | Kalisto | 1070 | 5 600 | 1/ 12 200 |
| Saturn | Tetis | 294 | 1 200 | 1/922 000 |
| | Dione | 377 | 1 400 | 1/526 000 |
| | Rea | 527 | 1 850 | 1/250 000 |
| | Titan | 1 200 | 4 950 | 1/ 4 700 |
| | Japetus | 3 600 | 1 600 | 1/100 000 |
| Uran | Ariel | 191,7 | 15,5 | — |
| | Umbriel | 267,1 | 15,8 | — |
| | Titania | 488,2 | 14,0 | — |
| | Oberon | 585,9 | 14,2 | — |
| Neptun | Triton | 353,7 | 4 800 | 1/300 |

FIZIČKE KARAKTERISTIKE PLANETA

| Naziv planete | Ekvatorski prečnik (km) | Masa (masa Zemlje uzima se za jedinicu) | Srednja gusti- na (kg/m ³) | Ubrzanje sile teže na ekva- toru (za Zemlju jednako jedinici) |
|------------------|----------------------------|---|---|---|
| Merkur | 4 780 | 0,054 | 5,7 | 0,39 |
| Venera | 12 350 | 0,82 | 4,9 | 0,87 |
| Zemlja | 12 756 | 1,00 | 5,5 | 1,00 |
| Mars | 6 760 | 0,11 | 4,0 | 0,37 |
| Jupiter | 142 600 | 318 | 1,3 | 2,32 |
| Saturn | 119 600 | 95 | 0,7 | 0,98 |
| Uran | 48 200 | 15 | 1,5 | 0,90 |
| Neptun | 45 600 | 17 | 2,1 | 1,3 |
| Pluton | (?) 6 000 | (?) | (?) | (?) |

SPISAK SAZVJEŽDA VIDLJIVIH IZ NAŠE ZEMLJE

| Latinski naziv | Naš naziv | Latinski naziv | Naš naziv |
|-----------------|-----------------|------------------|----------------|
| Andromeda | Andromeda | Leo | Lav |
| Aquarius | Vodolija | Leo Minor | Mali lav |
| Aquila | Orao | Lepus | Zec |
| Aries | Ovan | Libra | Vaga |
| Auriga | Kočijaš | Lynx | Ris |
| Bootes | Volar | Lyra | Lira |
| Cancer | Rak | Monoceros | Jednorog |
| Canes Venatici | Lovački Psi | Ophiuchus | Ofijuh |
| Canis Major | Veliki Pas | Orion | Orion |
| Canis Minor | Mali Pas | Pegasus | Pegaz |
| Capricornus | Jarac | Perseus | Perzej |
| Cepheus | Kasiopeja | Pisces | Ribe |
| Cassiopeia | Cefej | Piscis austrinus | Južna Riba |
| Cetus | Kit | Sagittarius | Strijelac |
| Coma Berenices | Berenikina Kosa | Sagitta | Strijelica |
| Corona Borealis | Sjeverna Kruna | Scorpio | Škorpion |
| Corvus | Gavran | Serpens | Zmija |
| Cygnus | Labud | Taurus | Bik |
| Draco | Zmaj | Triangulum | Trougao |
| Eridanus | Eridan | Ursa Major | Veliki Medvjed |
| Gemini | Blizanci | Ursa Minor | Mali Medvjed |
| Hercules | Herkul | Virgo | Djevica |
| Hydra | Hidra | Vulpecula | Lisičica |
| Lacerta | Gušterica | | |

NASJAJNIJE ZVIJEZDE VIDLJIVE PROSTIM OKOM IZ NAŠIH KRAJEVA

| Ime zvijezde | Sazvježđe | Udaljenost u svjetlosnim godinama | Godišnje doba najbolje vidljivosti |
|--------------|------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Sirius | Veliki Pas | 8 | zima |
| Vega | Lira | 26 | ljetno |
| Kapela | Kočijaš | 45 | zima |
| Arktur | Volar | 38 | proljeće |
| Rigel | Orion | 543 | zima |
| Procion | Mali Pas | 11 | zima |
| Altair | Orao | 15 | ljetno |
| Betelgez | Orion | 296 | zima |
| Aldebaran | Bik | 70 | zima |
| Poluks | Blizanci | 32 | zima |
| Spika | Djevica | 296 | proljeće |
| Antares | Škorpion | 116 | ljetno |
| Deneb | Labud | 400 | ljetno |
| Regulus | Lav | 79 | proljeće |

MATEMATIČKO PREDSTAVLJANJE VELIKIH I MALIH BROJEVA

| Broj | Naziv | Skraćenica | Naziv u svakodnevnoj upotrebi |
|--------------------------------------|-------|------------|-------------------------------|
| $10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$ | tera | T | bilion |
| $10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$ | giga | G | milijarda |
| $10^6 = 1\ 000\ 000$ | mega | M | milijon |
| $10^3 = 1\ 000$ | kilo | k | hiljada |
| $10^2 = 100$ | hekto | h | stotina |
| $10^1 = 10$ | deka | da | deset |
| $10^{-1} = 1/10$ | deci | d | desetinka |
| $10^{-2} = 1/100$ | centi | c | stotinka |
| $10^{-3} = 1/1\ 000$ | mili | m | hiljadinka |
| $10^{-6} = 1/1\ 000\ 000$ | mikro | μ | milijardi dio |
| $10^{-9} = 1/1\ 000\ 000\ 000$ | nano | n | bilijardi dio |
| $10^{-12} = 1/1\ 000\ 000\ 000\ 000$ | piko | p | bilijardi dio |

L I T E R A T U R A

koja se preporučuje kao dopunska za lakše usvajanje izložene materije

1. B. Ševarlić, S. Sadžakov
Astronomski atlas za učenike osnovnih i srednjih škola, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva SR Srbije, Beograd, 1972. godine
2. M. Muminović
Astronomija, II izd., Akademsko astronomsko društvo, Sarajevo, 1977. g.
3. M. Stupar
Tajne Sunca, Akademsko astr. društvo, Sarajevo, 1977. godine.
4. V. Vujnović
Zvijezde, kolapsari, pulsari, Univerzitetsko astronomsko društvo, Sarajevo, 1978. godine.
5. M. Milanković
Kroz vasionu i vekove, Nolit, Beograd 1979. godine.
6. M. Muminović
Zvezdane staze, Univerzitetsko astronomsko društvo, Sarajevo, 1978. g.
7. M. Šuveljak, V. Vujnović, B. Margetić
Natječemo se u znanju astronomije, Priručnik za učenike i nastavnike, Školska knjiga, Zagreb, 1979. godine.

Časopisi

- Čovjek i svemir — Zvezdarnica, Zagreb, Opatička 22.
Galaksija — NIP Duga, Beograd, Vlajkovićeveva 8.
Vasiona — Astronomsko društvo »Ruđer Bošković«, Narodna opservatorija, Beograd, Kalemegdan, Gornji grad

SADRŽAJ

UVOD

| | |
|--|---|
| Predmet i zadaci astronomije | 3 |
| Značaj astronomije i njena veza s drugim naukama | 4 |
| Specifičnost astronomskih istraživanja | 5 |
| Podjela astronomije na pojedine grane | 5 |
| Kratak prikaz strukture svemira (vasione) | 6 |

OSNOVNA ZNANJA IZ ASTRONOMIJE

| | |
|---|----|
| Nebeska sfera | 12 |
| Izlazak i zalazak nebeskih tijela, kulminacija | 21 |
| Prividni položaji nebeskih tijela | 25 |
| Sazvježdja (zviježdja) | 26 |
| Prividna kretanja zvijezda, Sunca planeta i Mjeseca | 27 |
| Prividna kretanja zvijezda | 27 |
| Prividno dnevno kretanje Sunca | 28 |
| Prividno godišnje kretanje Sunca, ekliptika | 30 |
| Koordinatni sistemi | 32 |
| Prividno kretanje Mjeseca | 37 |
| Mjerenje vremena | 42 |

PRIVIDNA I STVARNA KRETANJA NEBESKIH TIJELA

| | |
|---|----|
| Prividna kretanja planeta po zvjezdanom nebu | 49 |
| Sistemi svijeta | 51 |
| Keplerovi zakoni | 54 |
| Njutnov zakon gravitacije | 56 |
| Osnovni zadaci nebeske mehanike | 57 |
| Kretanje vještačkih Zemljinih satelita, kozmički letovi | 59 |

OSNOVI ASTROFIZIKE

| | |
|--|----|
| Zadaci i uspjesi astrofizike | 63 |
| Osnovna fizička svojstva atoma i molekula | 63 |
| Toplota i energija | 67 |
| Značaj elektromagnetskog zračenja za astronomiju | 69 |
| Astrofizički metodi istraživanja | 73 |
| Vizuelni metodi | 73 |
| Astrofotografija | 77 |
| Astrofotometrija | 78 |

| | |
|---------------------------------|----|
| Astrospektroskopija | 80 |
| Radio-astronomija | 82 |
| Kosmička istraživanja | 84 |

SUNCE

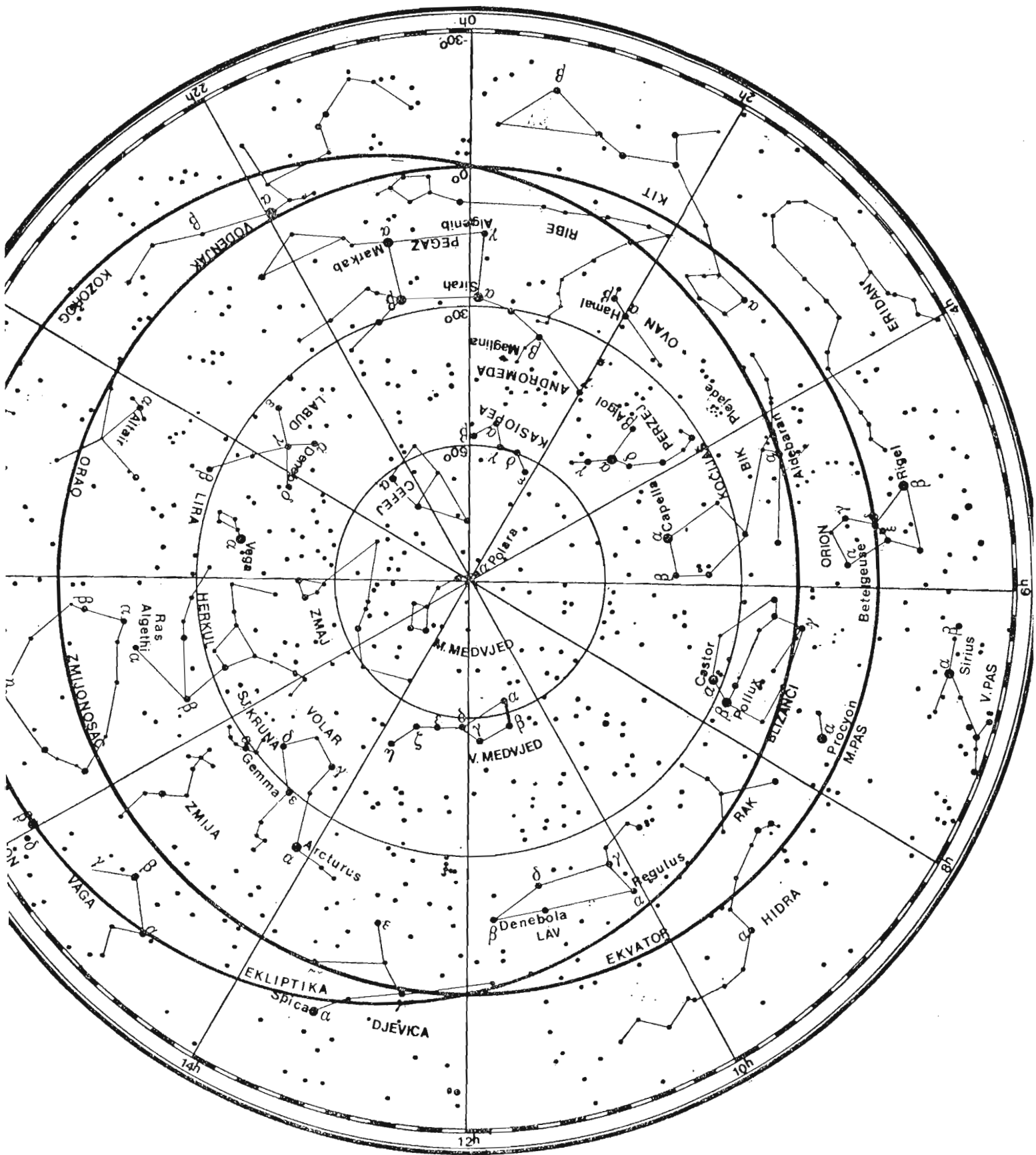
| | |
|---|----|
| Opšti podaci o Suncu | 87 |
| Građa Sunca | 88 |
| Fotosfera | 88 |
| Hromosfera i Korona | 90 |
| Pjege i cikličnost Sunčeve aktivnosti | 92 |
| Uticaj Sunca na geofizičke pojave | 95 |
| Značaj i korištenje Sunčeve energije | 96 |

SUNČEV SISTEM

| | |
|--|-----|
| Građa Sunčevog sistema | 99 |
| Zemlja | 102 |
| Mjesec | 103 |
| Planete Zemljinog tipa | 109 |
| Planete giganti | 115 |
| Asteroidi, komete, meteori i meteoriti | 119 |

DODATAK

| | |
|---|-----|
| Kako i kada naći pojedina sazvežđa i najsjajnije zvijezde u njima | 125 |
| Zvezdana karta | 125 |
| Program posjete Astronomskoj opservatoriji u Sarajevu | 135 |
| Tabele | 137 |
| Literatura | 141 |
| Karta zvjezdanog neba vidljivog iz naših krajeva | 145 |



KARTA ZVEZDANOG NEBA VIDLJIVOG
IZ NAŠIH KRAJEVA