

ASTRONOMIJA ZA NEZNALICE ILI OD POČETKA DO DANAS

U početku, u Sunčevom sustavu vladao je kaos; planeti su se formirali, sudarali i raspadali, a od ostataka nastajali novi, sve dok se nisu ustalili na mjestima na kojima i danas kruže oko Sunca. Bilo je to mjesto nemoguće za život kakav mi poznajemo...

pišu: *Goran Vlahović (Od početka do danas),
Krunoslav Prosinečki (Terestrički planeti)*

OD POČETKA DO DANAS

Naš planet Zemlja sićušna je točkica u bezganičnom svemiru. Ona ne postoji oduvijek niti će zauvijek postojati, no postoji dovoljno dugo da se na njoj mogao, zahvaljujući pogodnim uvjetima zbiti jedan čudesan, možda i jedinstven događaj: iz nežive materije razvio se život. Tijekom milijardi godina koje su slijedile, život na zemlji pojavio se u bezbrojnim oblicima među kojima je i jedna vrsta koja se razmislila po cijelom planetu, a to smo mi *homo sapiens* tj. ljudska vrsta. Premda možda i nismo najinteligentnija, sigurno smo najproduktivnija, najdominantnija i tehnološki najrazvijenija vrsta koja je ikada hodala (puzala, plivala, letjela) Zemljom. Jamačno i najradoznalija.

Radoznalost je jedna od najdalekosežnijih ljudskih osobina i ona nam je uvelike pomogla da dođemo do velikih saznanja i mnogih odgovora na pitanja koja smo si vjerojatno svi nekada postavili. Neka od tih pitanja su i što se događalo prije nego što smo rođeni, što se događalo prije nego što su se pojavili prvi pisani dokumenti, što se događalo prije nego što su se pojavili naši čovjekoliki i oni manje čovjekoliki preci, pa čak i što se događalo prije nego što je naš planet uopće postojao. Ovdje ćemo govoriti o toj nezamislivo davnoj prošlosti, o tom vremenu od samog Početka pa sve do današnjeg dana, a to je priča duga petnaest milijardi godina.

Znanost koja se bavi poviješću svemira naziva se kozmologija, a rođena je kada je neki čovjek prvi puta pogledao u nebo i upitao se: "Kaj je sad to gore na nebu?" Sve

donedavno, jedini putokazi do rođenja svemira bili su mitovi i vjerske dogme. Biskup Ussher iz Armagha, na primjer, izračunao je u sedamnaestom stoljeću točni datum Stvaranja tako da je zbrojio starost biblijskih patrijarha i zaključio kako prvi dan svijeta pada 4004. godine prije naše ere. Međutim, geolozi su kasnije prvi potvrdili da je starost Zemlje mnogo veća. Naime, debeli slojevi sedimentnih stijena, koji nastaju sporim taloženjem, trebali su za nastanak barem nekoliko stotina milijuna godina.

Svemir se širi

Vjerojatno je najveće otkriće do kojeg smo došli o svemiru, otkriće njegovog neprestanog širenja. Čovjek koji je otkrio to međusobno udaljavanje galaksija bio je Edwin Hubble, astronom koji je početkom ovoga stoljeća radio na 2,5 metarskom teleskopu zvjezdarnice Mount Wilson, tada najvećem na svijetu. To je epohalno otkriće proizašlo iz niza

dugih i teških promatranja njegova asistenta Miliona Humasona. Oni su pokušavali odrediti Dopplerove pomake u spektralnim linijama galaksija i time odrediti njihovu brzinu gibanja u odnosu na nas (Dopplerov efekt morao bi svima biti poznat, a ako nije, prisjetite se predavanja profesora N. Solarića iz fizike II). Već nekoliko godina ranije astronomi su znali da većina galaksija bježi od naše vlastite galaksije - Mliječnog Puta, ali Hubble je otkrio da brzina udaljavanja neke galaksije od nas ovisi o njenoj udaljenosti. To znači da ako promatramo sve udaljenije galaksije, možemo opaziti i proporcionalni porast brzine njihova udaljavanja od nas. To pravilo gibanja danas je poznato kao "Hubbleov zakon", a iz njega logično slijedi da će se, ako se vraćamo u prošlost, udaljenosti između galaksija postepeno smanjivati te će nakon nekog vremena sve biti na jednom mjestu tj. to će biti sam početak svemira. Ako bismo izračunali za koliko se povećava brzina pri nekoj



Slika 1. Skupina galaksija u zvijezdu Djevice - broji otprilike 2500 galaksija



Slika 2. Galaksija M31 Andromeda

udaljenosti, možemo i izračunati samu starost svemira. Ta brojka je danas približno poznata, a zadnji podaci temeljeni su na promatranjima najvrijednijim teleskopom današnjice Hubble Space Telescope-om, koji se nalazi u orbiti oko Zemlje i iznad atmosfere zavjese, te svojim 2,4 metarskim ogledalom promatra najudaljenije dijelove svemira. Iz tih promatranja, dobiva se povećanje brzine širenja od 20 km/s na svakih milijun svjetlosnih godina udaljenosti. Ako se to ekstrapolira na najveću moguću brzinu širenja, brzinu svjetlosti, dobivamo starost svemira od približno 15 milijardi godina, a ta brojka je u skladu sa procjenama starosti najstarijih poznatih zvijezda.

Bum Bum Bum

Sam trenutak nastanka svemira, ujedno i svega za što znamo da postoji, naziva se Veliki prasak (Big Bang). To nas ime navodi na pomisao da se radilo o nekakvoj eksploziji, no ta eksplozija nije bila ništa slično eksplozijama koje mi proizvodimo svojim oružjima jer još nije postojao prostor u kojemu bi se ta eksplozija širila, već je samo širenje proizvodilo prostor. Mogli bismo to usporediti s voćnim kolačem u pećnici. Kada se kolač diže, groždice se odmiču jedna od druge, no ne zbog neke eksplozije već zbog toga jer tijesto između njih raste. Ako umjesto

grožđica pročitamo "skupovi galaksija", a umjesto tijesta "prazan prostor", dobiti ćemo neku sliku o tome što se događa u svemiru koji se širi. Danas još ne raspolažemo posebnom kvantnom teorijom gravitacije koja bi sa sigurnošću govorila o uvjetima kod jako velikih gustoća, tako da još ne znamo da li je Veliki prasak započeo beskrajno velikom gustoćom i beskrajno visokom temperaturom, ali ipak možemo baciti pogled na ono što se dogodilo samo jednu 10^{42} -tinu sekunde nakon Velikog praska. Temperatura i gustoća su bile nezamislivo velike, no ipak teoretičari ih mogu izračunati, pa je tako temperatura iznosila 10^{31} °C, a gustoća je bila 10^{89} puta veća od gustoće vode (10^{89} g/cm³). Današnje teorije također ne mogu objasniti kakve su čestice i sile među njima mogle postojati pri tako ekstremnim uvjetima, tako da prelazimo na vrijeme nakon prve stotinke sekunde, gdje naše teorije vrijede. Do toga trenutka, pri tako velikoj gustoći i temperaturi, stalno su se pojavljivali parovi čestica materije i antimaterije koje bi se odmah međusobno anihilirale (poništile se) tj. cjelokupna njihova masa pretvorila bi se ponovno u energiju iz koje su i nastale. To pokazuje i poznata Einsteinova formula $E = mc^2$, po kojoj se materija može pretvoriti u energiju i obratno. To je bilo vrijeme kada je svemirom vladalo zračenje. Nakon prve stotinke

sekunde, svemir se "ohladio" na samo 100 milijardi stupnjeva i nove se čestice više nisu mogle pojavljivati. Budući da su protoni i antiprotoni nastajali u parovima, morao ih je biti isti broj, pa se cjelokupna materija morala anihilirati. U tom bi slučaju preostalo samo zračenje. Međutim, svi mi dobro znamo da posvuda postoje protoni (i neutroni); od njih su građene zvijezde, planete, a i mi sami, pa je razlog zašto priroda, kako izgleda, više voli materiju nego li antimateriju još uvijek neriješena zagonetka. Rješenje je možda u tome da se polovica svemira ipak sastoji od antimaterije, koja se nije anihilirala sa materijom zbog samog širenja svemira, ali astronomi još nisu pronašli nimalo dokaza za tu tvrdnju. Ta naklonost prirode nije bila posebno izražena, tako da je u početku po prilici postojao samo jedan dodatni proton na svaku milijardu parova sastavljenih od protona i antiprotona. No kada su se članovi tih parova anihilirali, oni preostali protoni izgradili su naš svemir. Parovi elektron - pozitron još su se nekoliko sekundi pojavljivali (manje su mase od protona ili neutrona, pa im je za to potrebna manja energija) i anihilirali dok su preostali elektroni uravnotežili pozitivno nabijene protone. U slijedećih nekoliko minuta, protoni i neutroni su se povezali u atome helija. Neutroni sami za sebe nisu stabilne čestice, već im je poluraspad oko 15 minuta, pa je oko 75 % protona ostalo samo sa svojim elektronom i time je nastao vodik. Tako su sastav svemira u početku sačinjavala samo ta dva elementa : oko 75 % vodika i oko 25 % helija. Svi ostali elementi, od kojih je sačinjeno i naše tijelo, nastali su kasnije u termonuklearnim reakcijama u središtima zvijezda.

Galaksije, zvijezde, planete

Izgleda da su se nekoliko stotina milijuna godina kasnije pojedini oblaci plina (helija i vodika) počeli pod utjecajem gravitacije sve više

stazati i pretvarati u prve galaksije, sačinjene od prvih zvijezda. U njima je termonuklearna fuzija stvarala nove elemente, a divovske zvijezde su te elemente razbacivale u okolni prostor u titanskim eksplozijama i poticale nova stezanja međuzvjezdanog plina i formiranje novih zvijezda i galaksija. Ovdje dolazimo i do naše galaksije Mliječnog puta, jedne od milijardi sličnih galaksija. U njoj su, kao i u ostalim galaksijama svjetlile zvijezde, jedne se palile, druge gasile, neke eksplodiravale i poticale nastajanje novih. Tako je, pri starosti svemira od oko deset milijardi godina jedno od mnogih zgušnjavanja plina proizvelo zvijezdu na periferiji galaksije ni po čemu posebnu, osim za nas stanovnike Zemlje, jer ta zvijezda i danas osvjetljava i opskrbljuje energijom naš maleni planet. Ta zvijezda, naše Sunce, nastala je dijelom od materijala koji su eksplozijama izbacile starije zvijezde prošle generacije i time omogućile da od preostalog plina nastanu planeti Sunčevog sustava.

U početku, u Sunčevom sustavu vladao je kaos; planeti su se formirali, sudarali i raspadali, a od ostataka nastajali novi, sve dok se nisu ustalili na mjestima na kojima i danas kruže oko Sunca. Bilo je to mjesto nemoguće za život kakav mi poznajemo. Tada je i Zemlja bila usijana stijena neprekidno bombardirana krhotinama zaostalim iz formiranja sustava. Kada su se upalile termonuklearne vatre u središtu Sunca, ono je proizvedenom energijom polako potiskivalo ostatke plina, uglavnom vodika, zaostalog iz stvaranja sustava sve dalje od sebe. Četiri terestrička planeta Merkur, Venera, Zemlja i Mars bili su suviše blizu da bi svojom gravitacijom uhvatili taj plin, dok su na malo većoj udaljenosti, gdje je snaga Sunca polako slabila, četiri druga planeta, Jupiter, Saturn, Uran i Neptun, polako su prikupljali zalihe i pretvorili se u plinovite divove stotinu puta masivnije od Zemlje. Pluton, najudaljenija planeta u

Sunčevom sustavu je priča za sebe i vjerojatno je nekada bio satelit jednog od planeta, najvjerojatnije Neptuna, ali je u nekoj svemirskoj katastrofi bio odbačen i ustalio se na sadašnjoj orbiti, oko 40 puta daljoj od Sunca nego naša Zemlja. 4.6 milijardi godina nakon formiranja Sunčeva sustava, dolazimo do današnjice, u kojoj svemirskim letjelicama istražujemo te čudesa našeg malog planetarnog sustava, a imamo što i vidjeti.

TERESTRIČKI PLANETI

Tijela Sunčeva sustava dijele se na: planete, planetske satelite, planetoide (asteroide), komete i sitan materijal razasut po međuplanetarnom prostoru. Mi ćemo u ovom tekstu malo pažnje posvetiti terestričkim planetima.

Među samim planetima postoje vrlo velike razlike pa ih razdvajamo u dvije skupine; skupinu Zemlji sličnih (*terestričkih* ili *unutarnjih* - *Merkur, Venera, Zemlja, Mars*) i skupinu Jupiteru sličnih (*jovijanskih* ili *vanjskih* - *Jupiter, Saturn, Uran, Neptun*) planeta. *Pluton*, kao zadnji planet u sustavu promatran je kao poseban slučaj.

Prvi su manji, imaju krutu površinu i osim Venere imaju razmjerno rijetku atmosferu. Ta atmosfera ne potječe iz vremena postanka planeta. Drugi su vrlo veliki, divovski, vidljiv im je

oblačni pokrov na niskoj temperaturi, a atmosfere su duboke i malo izmijenjene od vremena formiranja. Po kemijskom sastavu Jupiter je sličniji Suncu nego Zemlji. Među satelitima divovskih planeta ima takvih koji pokazuju sličnosti s terestričkim planetima, dok su neki manji sateliti nalik planetoidima.

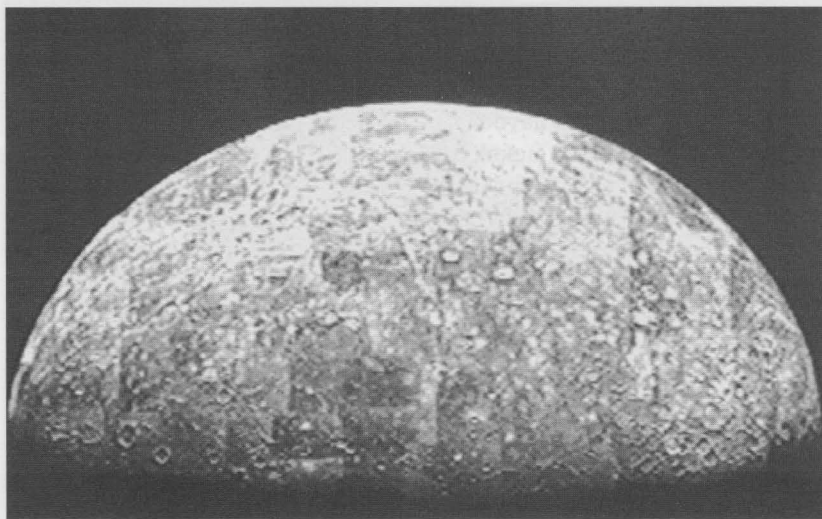
Svojstva staza planeta opisuju se u Keplerovim zakonima:

1. Planeti se gibaju po elipsama oko Sunca koje se nalazi u jednom od žarišta.
2. Planeti opisuju iste površine u istim vremenima.
3. $p^2 = a^3$; p - vrijeme obilaženja planeta oko Sunca (u godinama); a - udaljenost planeta od Sunca (u astronomskim jedinicama; 1 au \approx 150 000 000 km.)

MERKUR

Merkurova staza je bliže Suncu nego Zemljina. Zbog toga je Merkur na nebeskoj sferi uvijek prilično blizu Suncu. Period obilaska oko Sunca mu iznosi 88 dana, te se u tom periodu u samo nekoliko dana nalazi dovoljno daleko od Sunca da bude potpuno vidljiv. Najbolje vrijeme za opažanje je u sumrak u proljeće te prije svitanja na jesenjem nebu. Možete ga opaziti i prostim okom, ali da bi ga razlikovali od zvijezda, trebate potražiti položaj u godišnjim astronomskim kartama.

Merkur se okrene oko osi za 59 zemljinih dana, za razliku od daleke prošlosti kad mu je



Slika 3. Fotomozaik Merkura (Mariner 10, 1974.)

trebalo manje. Razlog tome je plimsko djelovanje Sunca, kao što je i Zemlja natjerala Mjesec da nam pokazuje stalno isto lice. Da se kojim slučajem (nedaj bog) nađete na Merкуру, od jednog do drugog izlaska Sunca trebali biste čekati 176 dana.

brojnih kometa i asteroida, a većinom su nastali u ranoj fazi nastanka Sunčevog sustava.

VENERA

Venera je po udaljenosti drugi planet od Sunca (108 mil. km.),

rotaciju oko vlastite osi, što je najduže od svih planeta. Za razliku od ostalih planeta, Venera se okreće u suprotnom (retrogradnom) smjeru. To sporo suprotno rotiranje znači da, gledano s Venere, Sunce izlazi na zapadu i zalazi na istoku samo dvaput godišnje, zato što njezin sunčev dan traje 117 naših dana. Venera je naš najbliži susjed jer prolazi na samo 45 mil. km., najbliže od svih ostalih planeta.

Venera je samo malo manja od Zemlje sa skoro istom masom. Iz tih razloga Veneru se katkad spominje kao "Zemljinom blizankom" ili "Sestrom". No ipak ta dva planeta imaju vrlo različite površine i atmosfere. Zemlja ima rijeke, jezera, oceane i atmosferu koja nam pruža život. Venera je spržen, vruć planet sa gustom atmosferom koja bi bila otrovna za ljude, pa Veneru svrstavamo u jedan od najneprivlačnijih planeta (dosad poznatih).

Veneru je na nebu najlakše uočiti - njezini gusti oblaci snažno odbijaju sunčevu svjetlost. Iz razloga što je njezina staza bliže Suncu, na nebu se nikad puno ne udaljava od Sunca. Nekoliko tjedana svakih 7 mjeseci, Venera je

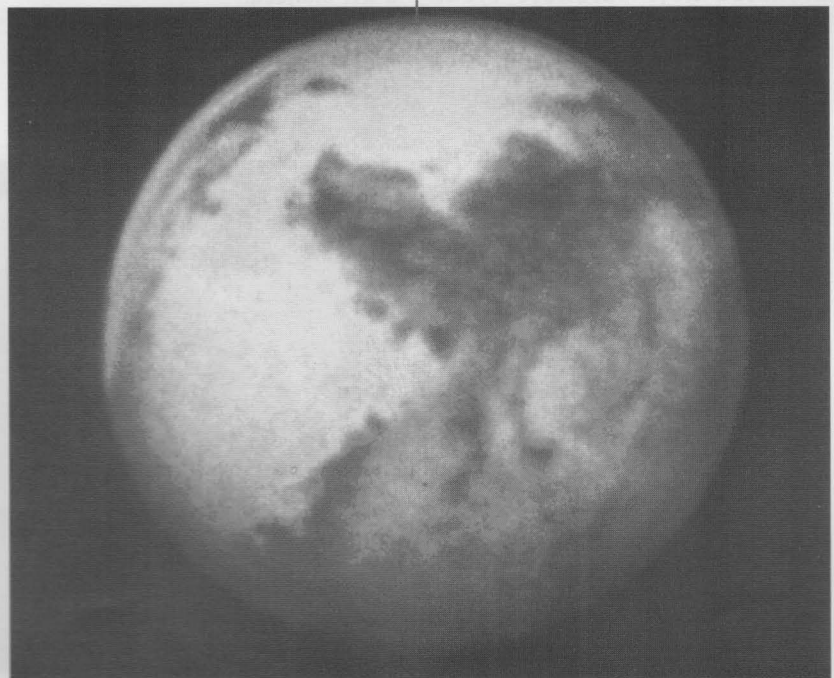


Slika 4. Oblaci u atmosferi Venere (Mariner 10, 1975.)

Također bi vam se prividni promjer Sunca na nebu (ali ne od pive ili pelinkovca), drastično mijenjao, zbog toga što je staza Merkura jako izdužena. Tijekom vrlo dugih "dana" temperatura na Merkurovom ekvatoru se diže i do 430°C što je dovoljno toplo da rastopi lim, olovo ili cink. Noću se temperatura spušta i do -170°C. Merkur skoro uopće nema atmosfere. Bez zraka i bez oblaka, vremenska prognoza za Merkur izgledala bi prilično jednostavno - nepodnošljivo vruć dan, a u polarnim krajevima, ledeno hladna noć.

Nemoguće je raspoznati detalje na površini Merkura čak ni vrlo jakim teleskopom jer je predaleko za svoju veličinu. Najbolje fotografije površine (snimljene iz letjelice Mariner 10, 1974.) pokazuju nebrojene krateri i površinske pukotine manje od 100 m u promjeru. Svi ti krateri uzrokovani su udarima

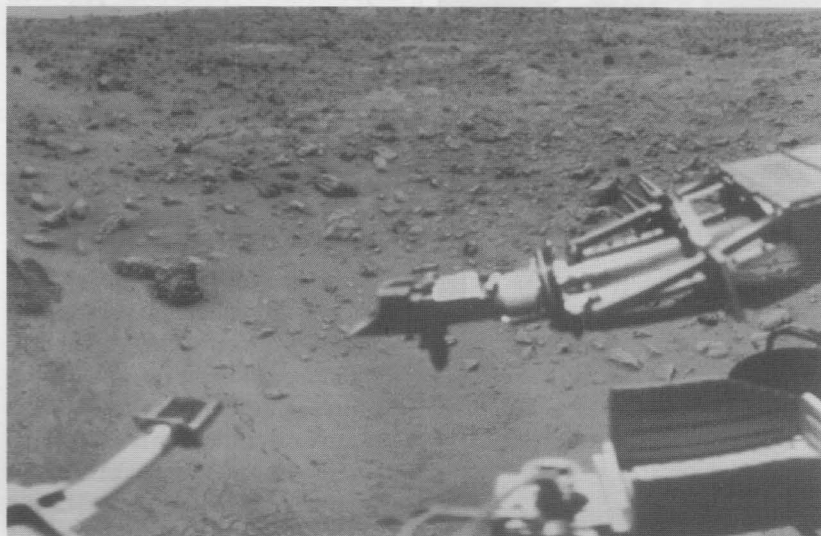
putuje po svojoj gotovo kružnoj stazi i obide Sunce u 225 dana. Potrebno joj je 243 dana za



Slika 5. Mars snimljen pomoću Space Hubble teleskopa koji kruži kao satelit oko Zemlje

najsvjetliji objekt na zapadnom večernjem nebu (uz Mjesec). Narod ju naziva "večernjom zvijezdom" (veli šaran ide na glistu, a ne zna drugovi!). Tri i pol mjeseca kasnije izlazit će tri sata prije Sunca kao "jutarnja zvijezda" na istoku. Veneru možete opažati sat ili više, prije izlaska, odnosno poslije zalaska Sunca.

Atmosfera na Veneri je izrazito



Slika 6. Dio Viking 1 lendara na površini Marsa u dolini Chryse. Sa desne strane se vidi mehanička kopajuća "ruka" koja sakuplja različite sastojke tla. (Viking 1, 1975.)

gusta (pritisak 90 atmosfere), uglavnom sačinjena od ugljik-dioksida koji uzrokuje efekt staklenika, te je temperatura pristojnih 480°C, što sadašnjim tempom zagađivanja očekuje i Zemlju.

Fotografije površine Venere pokazuju bezvodne ravnice prekrivene stijenama što se pružaju sve do horizonta. Prekrivena je stotinama tisuća ugaslih vulkana od kojih su neki i 3km visoki i 500km široki. Pod ubitačnom žegom, razornim tlakom, štetnim plinovima, sablasnim crvenkastim sjajem koji sve natapa, Venera manje slični ljubavi, a više utjelovljenju pakla. Stoga ostavimo negostoljubivu Veneru, svijet u kome bi neki hrabri astronaut bio istovremeno ispečen, zdrobljen, otrovan i izjeden kiselinom, te se vratimo jedinom uistinu gostoljubivom planetu u Sunčevu sustava - Zemlji.

ZEMLJA

O Zemlji nećemo pisati puno - ustvari nećemo pisati ništa, jer o njoj već ionako sve znate. (ako ne, malo si prolistajte !!!)

MARS

Mars je, gledano od Sunca, zadnji terestrički planet, te jedini svijet (osim Mjeseca), koji bi ljudi mogli posjetiti u bliskoj nam budućnosti.

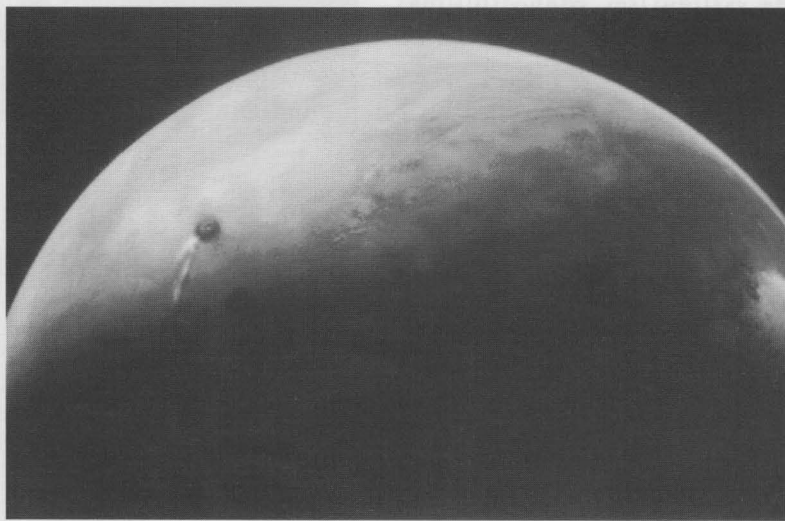
zimskog perioda moguće opaziti polarne kape na njegovim polovima. Promjer mu je dva, a masa deset puta manja od Zemljine. Gravitacija na površini je 0.38 Zemljine, pa je kretanje na Marsu mnogo lakše i jednostavnije. Da bi obišao Sunce potrebno mu je skoro dvije godine.

Što se tiče opažanja, Mars nije planet kojeg ćete baš lagano uočiti na noćnom nebu - morate biti strpljivi. Najpovoljniji uvjeti za opažanje su tijekom četiri mjeseca svake dvije godine za trajanja opozicije kada je Mars najbliže Zemlji. Takvi uvjeti neće nastupiti prije Kolovoza 2003., kada će se Mars približiti Zemlji na svega 56 mil. kilometara. No ipak ima i opozicija za kojih je udaljen i više od 100 mil. km. Mars je malen i sa dalekozorom se nema baš previše za vidjeti osim da je sličan osvjetljeni disk, a ne "beskonačno" udaljena točkica svjetlosti. Da bi mogli vidjeti površinska obilježja, trebali bi koristiti teleskope sa lećama širim od 100 mm, te većim povećanjima (>100x). Možete ga na nebu opaziti kao crvenkasto-žutu zvijezdu (zbog njegove izrazito crvene boje kamenja i prašine - astronomi ga još nazivaju Crveni Planet). Sa malo više iskustva i strpljenja, moguće je vidjeti jednu od polarnih kapa i jedno ili dva tamnija obilježja površine.

Kao i ostali planeti i Mars ima tisuće kratera, dok u pojasu oko ekvatora ima dosta ugaslih, visokih vulkana, od kojih je najpoznatiji i najviši Olympus Mons (viši od 10000

Za astronaute bi to trebala biti sljedeća stanica u osvajanju svemira u 21. stoljeću.

Ima primjetno izduženu putanju, što utječe na klimatske promjene slično kao i na Zemlji, pa je tako za



Slika 7. Dio sfere Marsa; u sredini Mariner Valley (Viking 1)

m). Osim kratera i vulkana, na Marsu ima dosta dubokih dolina i kanjona za koje se smatra da su isušena riječna korita (najpoznatija Mariner Valley), što znači da je na Marsu nekad postojala voda u tekućem obliku. Na površini Marsa, vladaju u pojedinim dijelovima godine velike pješčane oluje. Goleme gromade kamenja leže razasute, kao ostaci nekadašnjih vulkanskih erupcija ili udarajućih meteorita. Između stijena nalazi se izrazito fini pješčani materijal, kojeg oluje polako skidaju sa kamenja.

Mars ima dva mala satelita Phobos i Deimos, koji su otkriveni 1877. Te satelite je teško uočiti čak i sa jako velikim astronomskim teleskopima: odgovor – Phobos ima 23, a Deimos samo 16 km u promjeru. Sumnja se da su oni asteroidi koje je zarobila privlačna sila Marsa, a ne mjeseci koji su se formirali oko njega. Oba izgledaju kao kamene gromade, prilično nepravilna oblika formirana u ranoj fazi Sunčeva sustava, možda prije nego što se formirao sam planet Mars.

O Jovijanskim planetima možete čitati u sljedećem broju (daj bog). ■

Tablica 1. Neke od karakteristika unutarnjih planeta:

	MERKUR	VENERA	ZEMLJA	
Recipročna masa	6023600	408524	328900	3098710
Masa (zemlja=1)	0,0553	0,8149	1,0000	0,1074
Ekvatorijalni radijus (km)	2439	6051	6378	3393
Ekvatorijalni radijus (km) (Zemlja=1)	0,382	0,949	1,000	0,532
Srednja gustoća (g/cm ³)	5,43	4,25	4,25	3,95
Ekvatorijalna gravitacija (m/s ²)	3,78	8,60	9,78	3,72
Ekvatorijalna gravitacija (Zemlja=1)	0,38	0,90	1,00	0,38
Brzina odvajanja (km/s)	4,3	10,4	11,2	5,0
Period rotacije	58,65 dana	243,01 dana	23,9345 h	24,6229 h
Srednja udaljenost od Sunca (AU)	0,3871	0,7233	1,0000	1,5237
Srednja udaljenost od Sunca (10 ⁶ km)	57,91	108,20	149,60	227,94
Nagib osi spram putanje	2°	177,3°	23,45°	25,19°

<http://geodet.geof.hr/geospace>

ako vam programi ne daju spavati i ako sve radite zadnji dan, posjetite



ove stranice i bit će te ganuti izborom već rješениh programa ...