

Univerzitet u Novom Sadu | Prirodno-matematički fakultet  
DEPARTMAN ZA GEOGRAFIJU, TURIZAM I HOTELIJERSTVO

*Dragan Dolinaj*  
**OSNOVI ASTRONOMIJE ZA GEOGRAFE**

Univerzitet u Novom Sadu | Prirodno-matematički fakultet  
DEPARTMAN ZA GEOGRAFIJU, TURIZAM I HOTELIJERSTVO

*Dragan Dolinaj*

## OSNOVI ASTRONOMIJE ZA GEOGRAFE

ISBN 978-86-7031-345-3

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK (PMF)  
*Prof. dr Milica Pavkov Hrvojević, dekan*

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK (DGTH)  
*dr Lazar Lazić*

UREDNIŠTVO  
*dr Aleksandra Dragin  
dr Milena Nedeljković  
dr Mlađen Jovanović*

RECENZENTI  
*Dr Ljupče Miljković  
Dr Dušan Mrđa  
Dr Srđan Popov*

Izdavač  
*Prirodno-matematički fakultet,  
Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo,  
Trg D. Obradovića 3, 21000 Novi Sad  
[www.dgt.uns.ac.rs](http://www.dgt.uns.ac.rs)*

Odlukom Nastavno-naučnog veća PMF održane 18. jula 2014. godine rukopis je prihvaćen za štampu kao univerzitetski udžbenik – deo nastavnog predmeta Matematička geografija sa osnovama astronomije

# Sadržaj

---

PREDGOVOR .....	IV
OPŠTE ODLIKE SUNČEVOG PLANETARNOG SISTEMA .....	1
SUNCE.....	4
MERKUR.....	7
VENERA .....	8
ZEMLJA.....	10
Mesec .....	10
MARS.....	12
Marsovi sateliti .....	13
ASTEROIDI.....	14
JUPITER.....	16
Jupiterovi sateliti.....	16
Jupiterovi prstenovi.....	18
SATURN .....	19
Saturnovi sateliti i prstenovi.....	19
URAN.....	21
Uranovi sateliti i prstenovi.....	21
NEPTUN .....	23
Neptunovi sateliti i prstenovi.....	23
PATULJASTE PLANETE.....	25
Ceres .....	25
Pluton .....	25
Haumea .....	26
Makemake.....	27
Eris .....	27
METEORI, METEORITI .....	28
KOMETE, KUIPEROV POJAS I OORTOV OBLAK.....	30
LITERATURA I IZVORI.....	32

CIP - Каталогизација у публикацији  
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

52(075.8)

**ДОЛИНАЈ, Драган, 1977-**

Osnovi astronomije za geografe [Elektronski izvor] / Dragan Dolinaj. - Novi Sad : Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, 2019

Način pristupa (URL): <http://www.dgt.uns.ac.rs/page.php?112>. - Opis zasnovan na stanju na dan 15.07.2019. - Nasl. s naslovnog ekranra. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7031-345-3

a) Астрономија

COBISS.SR-ID 329977863

# Predgovor

---

**M**atematička geografija sa osnovama astronomije je predmet na osnovnim studijama Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Univerziteta u Novom Sadu, na smerovima Profesor geografije i Diplomirani geograf. Matematička geografija sa osnovama astronomije pružava Zemlju kao planetu, njen položaj u svemiru, kao i posledice njenih kretanja. Da bi se bolje razumele geografske zakonitosti na Zemljii, potrebno se sagledati njen položaj u Sunčevom sistemu, upoznati članove tog sistema, njihove osobine, kretanja, građu jer se kroz poznavanje karakteristika Sunčevog sistema i njegovih članova bolje upoznaje i sama Zemlja kao planeta.

Planetarnim odlikama Sunčevog sistema se pre svih bavi astronomija. Matematička geografija kao nauka preuzima znanja iz astronomije, koristi ih i obrađuje da bi zaključke ugradila u geografske zakonitosti koje važe na Zemlji. Upravo zbog toga, sadržinu Osnova astronomije za geografe predstavljaju informacije o Sunčevom sistemu, njegovim članovima i njihovim odlikama kao temelj u izučavanju osnovnih zakona geografije sadržanih u predmetu Matematička geografija sa osnovama astronomije.

Recenzentima za korisne savete, primedbe i sugestije, toplo se zahvaljujem.

Autor  
Novi Sad, 2014.

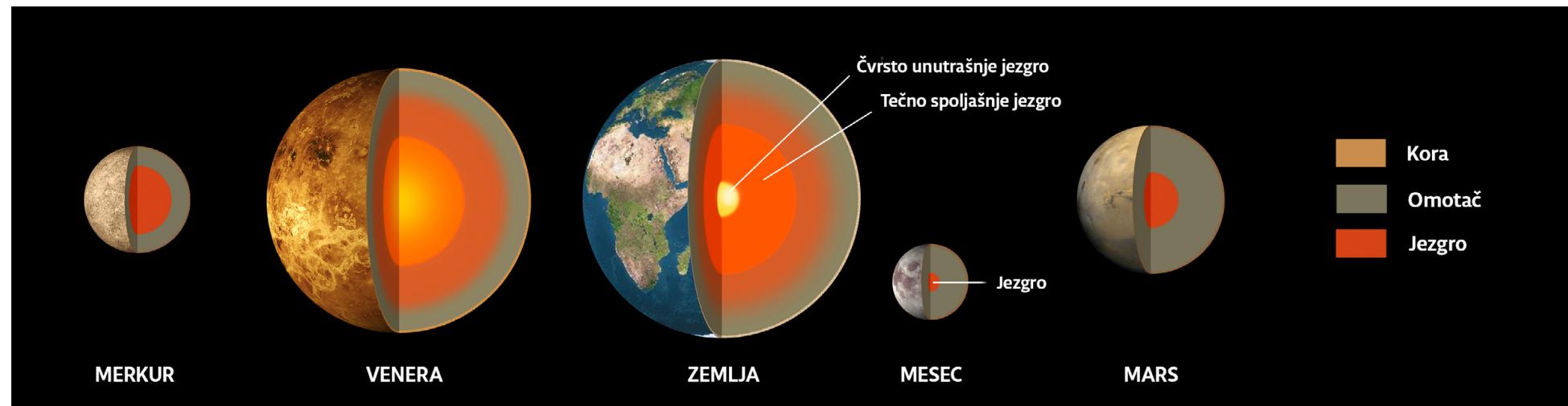
# Opšte odlike Sunčevog planetarnog sistema

Sunčev planetarni sistem (Sunčev sistem) podrazumeva Sunce kao centralnu zvezdu i sva tela koja se nalaze pod gravitacionim uticajem Sunca. Drugim rečima, to je prostor u vlasnosti u kome je gravitacioni uticaj Sunca dominantan i jači od gravitacionog uticaja drugih zvezda. U Sunčevom sistemu 99,86% ukupne mase zauzima centralna zvezda, Sunce. Pored Sunca, Sunčev sistem čine i planete, patuljaste planete, sateliti, asteroidi, meteoroidi, komete, objekti u Kuiperovom pojasu i među planetarni materijal. Sva tela u Sunčevom sistemu se kreću po eliptičnim putanjama (orbitama) oko Sunca, a svako telo ima svoje vreme koje mu je potrebno da izvrši taj put, siderička revolucija. Planete su najveća tela u Sunčevom sistemu. Dele se na dve grupe, stenovite planete slične Zemlji (Merkur, Venera, Zemlja i Mars) u čijoj građi su dominantni stenski obli-

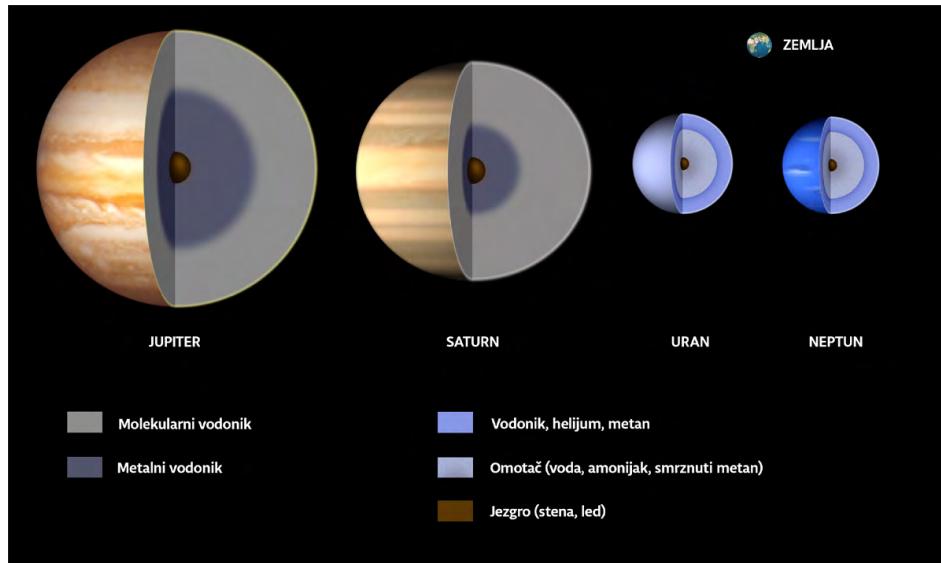
ci i metali. Po pravilu je ova grupa planeta manjih dimenzija ali sa većom specifičnom gustinom. U drugu grupu spadaju ogromne gasovite planete (Jupiter, Saturn, Uran i Neptun) u čijoj građi dominiraju gasovi, imaju malu gustinu, a u građi im dominiraju vodonik, vodonična jedinjenja i helijum u različitim agregatnim stanjima.

Udaljenosti u Sunčevom sistemu se mere u astronomskim jedinicama (AU), srednja udaljenost Zemlje od Sunca. Jedna AU = 149.597.871 km.

Merkur	0,39 AU	Jupiter	5,20 AU
Venera	0,72 AU	Saturn	9,54 AU
Zemlja	1 AU	Uran	19,2 AU
Mars	1,52 AU	Neptun	30,1 AU

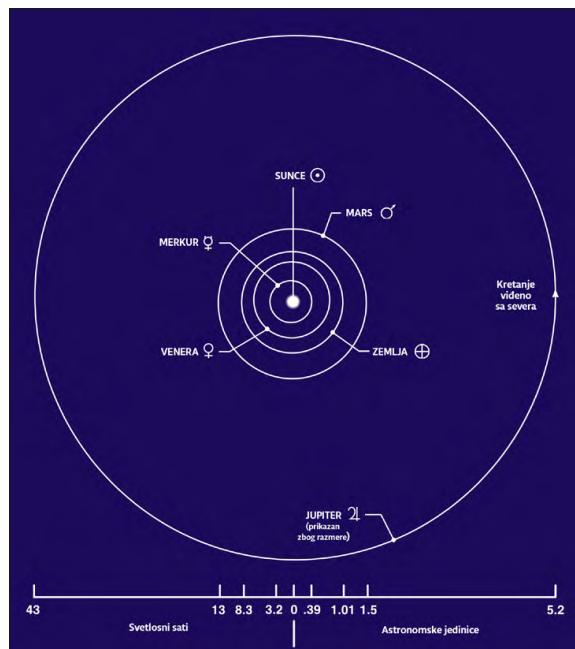


Prilog 1. Građa unutrašnjih planeta, kora, omotač jezgra i jezgro. (Izvor: NASA)

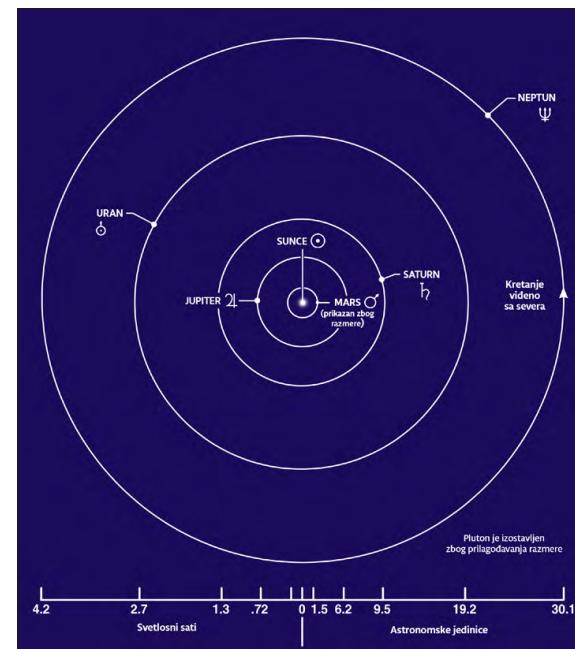


← **Prilog 2.** Građa spoljašnjih planeta, molekularni vodonik, metalni vodonik, vodonik, helijum, metan, omotač jezgra – voda, amonijak, zaleđeni metan, jezgro – stene i led. (Izvor: NASA)

Pored planeta, u Sunčevom sistemu se nalaze i patuljaste planete. U grupu patuljastih planeta spadaju Ceres, Pluton, Haumea, Makemake i Eris. Po otkriću Eisa, 2006. god. Međunarodna astronomска unija (International Astronomical Union) je definisala pojam "patuljaste planete" kao telo slično planeti koje imaju dovoljnu masu da imaju približno lopast oblik, da vrše revoluciju oko Sunca, da nisu rasčistile svoje orbite od drugih tela ili materijala i da nisu sateliti.



↑ **Prilog 3.** Orbite planeta u Sunčevom sistemu. (Izvor: NASA)



Karakteristika	Planeta	Patuljasta planeta
Vrši revoluciju oko Sunca	X	X
Ima dovoljnu masu za približno loptast oblik	X	X
Nije satelit	X	X
Rasčistila je svoju orbitu	X	
Nije rasčistila svoju orbitu		X

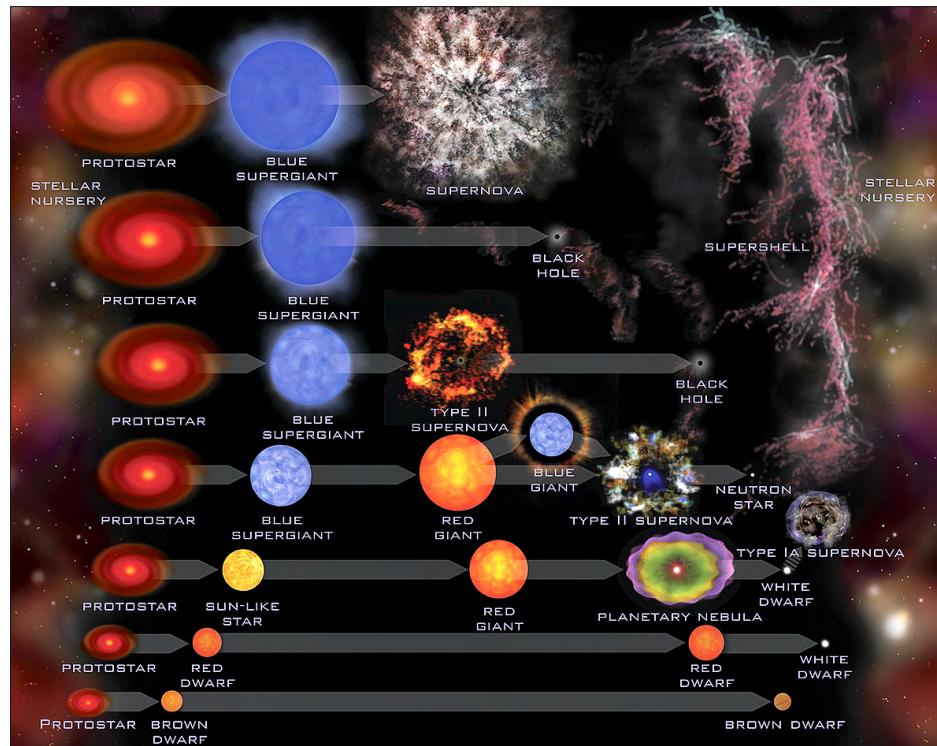
Mnoge planete imaju svoje pratioce, satelite. Pojedini sateliti su veći od nekih planeta tako da njihova masa u Sunčevom sistemu nije zanemarljiva. Najveći sateliti u Sunčevom sistemu su Ganimed (Jupiter), Titan (Sa-

turn) i Kalisto (Jupiter). U Sunčevom sistemu se nalaze i asteroidi. Većina se nalazi u pojasu između Marsa i Jupitera koji nosi naziv Pojas asteroida, Osim ove zone ima ih i u drugim delovima Sunčevog sistema. Posebnu grupu čine tela u Kuiperovom pojasu. To su većinom ledena tela koja se nalaze daleko van Neptunove orbite. Komete su tela sastavljena od leda, stenskih čestica i prašine. Većina dolazi iz Oortovog oblaka, široke sferne zone koja obavlja Sunčev sistem. Sunčev sistem čine i meteoroidi, među planetarna tela različitog sastava, manjih dimenzija od asteroida. Pod gravitacionim uticajem Sunca su i međuplanetarna prašina ali i čestice koje sačinjavaju prstene planeta kao i svemirski otpad (antropogenog porekla).

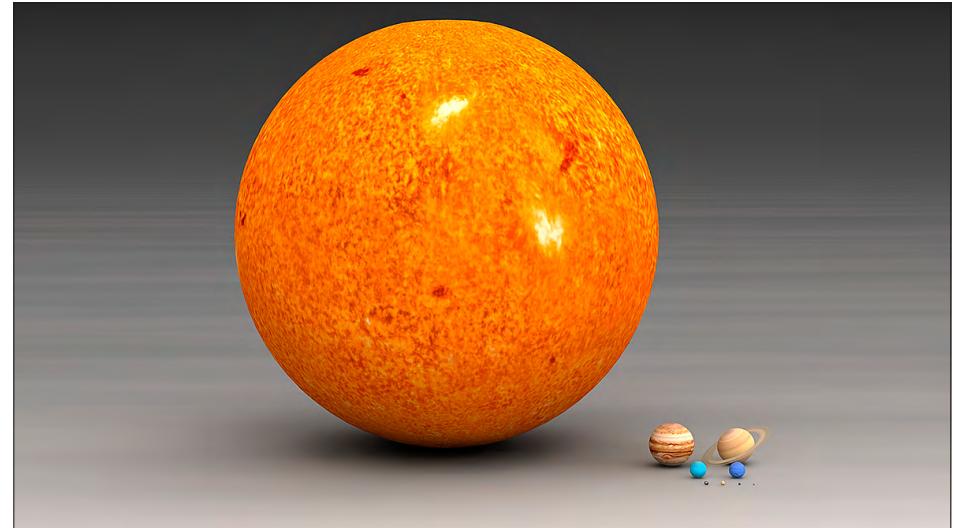
# Sunce

Sunce je jedna od 200 do 400 milijardi zvezda u galaksiji Mlečni put. Nalazi se kraju malog, delimičnog Orion kraka koji je smešten između spiralnih krakova Sigitarius i Perseus. Sunce nije statično već vrši revoluciju oko centra galaksije zajedno sa ostalim zvezdama. Da bi završilo jednu orbitu potrebno mu je 200 mil. godina.

Masa Sunca čini 99,86% ukupne mase Sunčevog sistema ali i pored toga ono spada u zvezde prosečne veličine. Nalazi se u grupi žuto-narandžastih zvezda spectra tipa G2V. Sunce je udaljeno od Zemlje 149,6 mil. km



Prilog 4. Zvezde. (Izvor: NASA)



Prilog 5. Odnos veličina, Sunce – planeta Sunčevog sistema.  
(Izvor: <https://commons.wikimedia.org>)

ili jednu astronomsku jedinicu (AU). Ono je zvezda, usijana lopta gasova koja se nalazi u centru našeg planetarnog sistema.

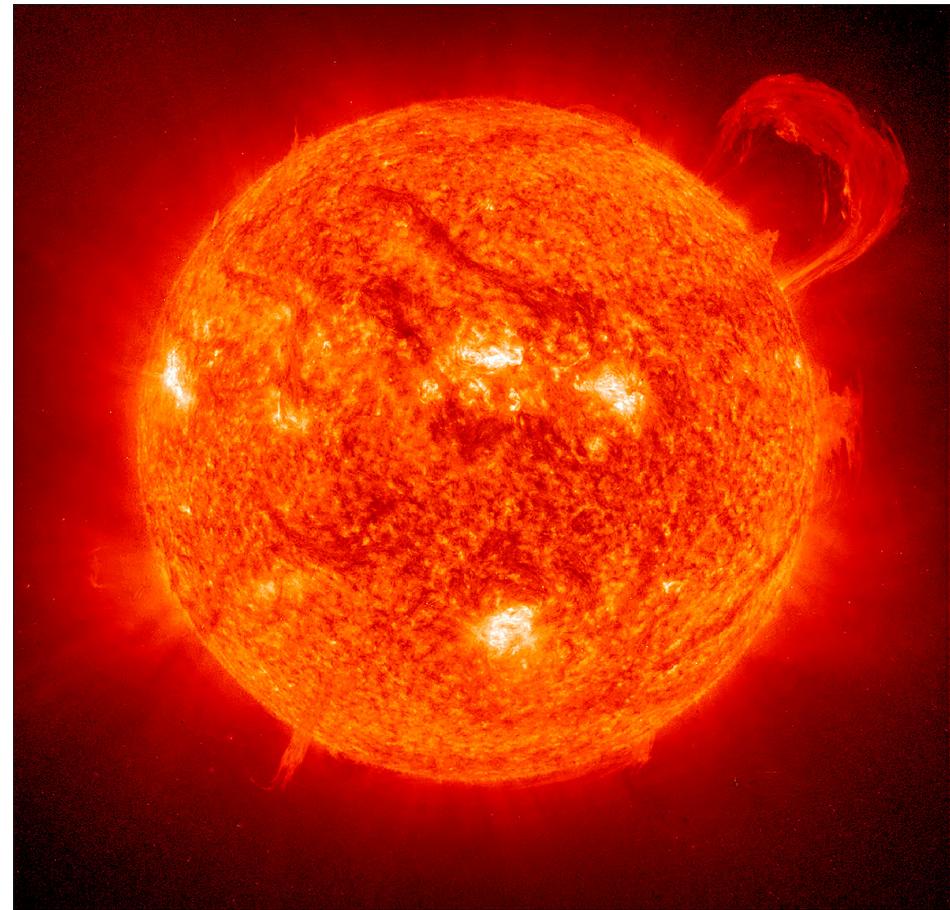
U sastavu Sunca dominiraju vodonik sa oko 91,2% i helijum sa 8,7%. Spektralnom analizom je registrovano i prisustvo kiseonika, karbona, azota, magnezijuma, neona, gvožđa i drugih elemenata. U strukturi Sunca razlikujemo šest zona, u unutrašnjosti se nalaze: jezgro, radijaciona zona i konvektivna zona. Na površini su fotosfera, hromosfera i korona.

U jezgru Sunca, termonuklearnom fuzijom, nastaje energija. Ostali slojevi Sunca ne proizvode energiju. Jezgro zauzima svega 1,6% ukupne zapremine Sunca, a temperature dostižu i 15 miliona °C. Kada se proizvede, energija se prenosi ka spoljnim slojevima, prvo u radijacionu zonu

pa u sledeću, konvektivnu zonu. Prenošenje energiju u Suncu vrši se zračenjem i konvekcijom. U samom jezgru prenos energije se odvija putem zračenja, a zračenje je zaslužno i za prenos energije u radijacionoj zoni. U radijacionoj zoni, idući od jezgra ka površini temperature polako opadaju dok u udaljenijim delovima radijacione zone od jezgra, temperatura naglo opada. Iznad radijacione zone, usled pada temperature i turbulentnih kretanja, energija počinje da se prenosi konvekcijom. Ta zona se naziva konvektivna zona. Odlikuje je veliko kretanje masa, toplige i lakše mase se izdižu ka površini, a hladnije i teže padaju dole u niže slojeve konvektivne zone. Unutrašnje sfere Sunca su obavijene površinskim slojem koji se naziva fotosfera. Moćnost fotosfere se kreće do 500 km debljine. Fotosfera je najgušći spoljni omotač Sunca ali je mnogo ređa od Zemljine atmosfere.

Temperature u fotosferi dostižu do  $5.500^{\circ}\text{C}$ . Kroz fotosferu energija se veći delom prenosi zračenjem, ali i konvekcijom. U fotosferi se pojavljuju i mlazovi gasova koji stižu u fotosferu iz nižih slojeva Sunca i imaju veću temperaturu od fotosfere. Na površini fotosfere se raspoznaju kao svetlica zrna, za oko 20% svetlijia od ostatka fotosfere i nazivaju se granule. Na fotosferi su vidljive i super granule koje imaju veličinu oko 30.000 km. U svakom trenutku na Suncu ima oko 2000 super granula koje karakteriše veća konvekcija energije. U njihovim centralnim delovima se pregrijani gasovi izdižu ka površini fotosfere, a na obodnim delovima, hladniji gasovi se sruštaju u niže delove.

Na površini Sunca su vidljive i tamnije površine koje je prvi uočio Galileo Galilej. Ove tamnije površine najčešće imaju površinu od oko 10.000 km i nazivaju se pege. Najčešće se javljaju u grupama, a intenzitet pojave je promenljiv, može se desiti da Sunce bude prekriveno sa stotinama pega ali se isto tako dešava da nema ni jedne. Pojedinačno traju od 10 do 20 dana, a u grupama oko 50 dana. Pege se sastoje iz dva dela, centralni deo je taman i naziva se umbra ili senka, a obavija ga nešto svetlijii deo polusenke ili penumbre. Prečnik pega je velik, sama senka ima prečnik 20.000 km, a prečnik polusenke je oko 40.000 km. Pege predstavljaju tamnije delove fotosfere koje odlikuje i niža temperatura. Sjaj senke je za



↑ Prilog 6. Erupcije na Suncu.

80% manji od ostataka fotosfere, a temperatura joj je oko  $4.200^{\circ}\text{C}$ . Polusenka ima za oko 30% manji sjaj i temperatu od oko  $5.200^{\circ}\text{C}$ . Utvrđeno je da se pege pojavljuju u nestaju u ciklusima, dostižu svoj maksimum na svakih 11 godina.

Iznad fotosfere nalazi se hromosfera. U donjim slojevima ima nižu temperaturu od fotosfere, emituje veoma malo svetlosti i teško ju je posmatrati zbog velikog sjaja fotosfere. Posmatranje je moguće prilikom pomračenja Sunca kada je fotosfera prekrivena Mesecom. U višim slojevima

hromosfere temperature drastično rastu pa dostižu i  $9.500^{\circ}\text{C}$ . U hromosferi se dešavaju i promene. Na nekoliko minuta dolazi do erupcija solarnih gasova, spikula, koji paraju hromosferu. To su tanki, usijani mlazovi pregrajanih gasova sa temperaturama od preko  $14.000^{\circ}\text{C}$  koji se sa površine fotosfere dižu u hromosferu do visine od nekoliko hiljada km. Spikule se javljaju u svim delovima Sunca ali se najčeće pojavljuju na ivicama supergranula.

Hromosfera se prostire od oko 1.500 km iznad fotosfere. Iznad 1.500 km do 10.000 km je tranzitna zona u kojoj naglo rastu temperaturre. Samo u trenucima potpunog pomračenja Sunca, kada mesec pokrije fotosferu i hromosferu, može se videti sunčeva korona, najviši sloj Sunca. Korona počinje na visini od oko 10.000 km iznad fotosfere. Za koronu je karakteristična izrazito visoka temperatura od oko 2 miliona  $^{\circ}\text{C}$ . Spektralnim analizama utvrđeno je da su atomi svih elemenata u koroni visoko jonizovani što je posledica izrazito visokih temperatura. U koroni se mogu uočiti lukovi, zraci, erupcije, šupljine i drugi oblici kako jednim delom u vidljim spektru tako i u radio ili rengenskom spektru.

Energija Sunca je ključna za razvoj života na Zemlji. Na Zemlju (na površinu njene atmosfere) u svakom trenutku stiže  $0,1361\text{ W/m}^2$  energije. Ova količina energije se naziva solarna konstanta. Moguće su manje varijacije u vrednosti solarne konstante, a one zavise od aktivnosti na Suncu.

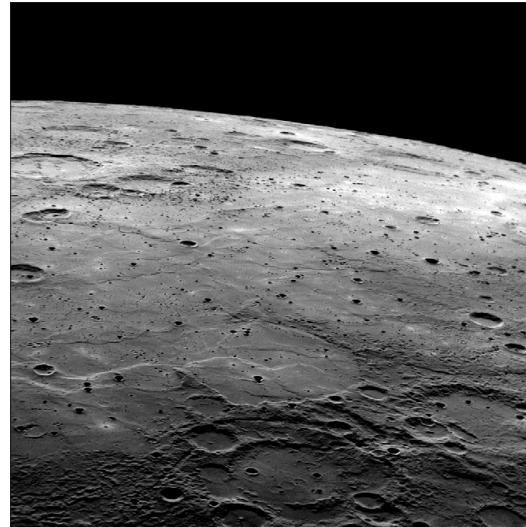
Nagib prema orbiti	$7,25^{\circ}$
Poluprečnik	695.508 km
Obim	4.370.005,6 km
Zapremina	$1,40927 \times 10^{18}\text{ m}^3$
Masa	$1,989 \times 10^{30}\text{ kg}$
Specifična gustina	$1,409\text{ g/cm}^3$
Gravitaciono ubrzanje	$274,0\text{ m/s}^2$
Period rotacije	25,38 z. dana (609,12 sati)
Površinska temperatura	$5.500^{\circ}\text{C}$

# Merkur

Merkur je najmanja planeta u Sunčevom sistemu. Takođe, to je planeta čija je orbita najbliža Suncu, udaljena je samo 58 mil. km (0,39 AU) od Sunca. Jedan dan (period rotacije) na Merkuru traje kao 59 dana na Zemlji, a godina (period revolucije) 88 zemaljskih dana. Spada u grupu unutrašnjih – stenovitih planeta. Ima čvrstu, stenovitu površinu koja je prekrivena kraterima. Neki od njih su ogromnih dimenzija, a najveći su Caloris (Caloris) sa prečnikom od 1550 km i Rahmanjinov (Rachmaninoff) sa prečnikom od 306 km.

Prepostavlja se da su ovi krateri nastali kao posledica udara asteroida u ranoj fazi formiranja planete i Sunčevog sistema. Na Merkuru postoje i uravnjeni delovi velike površine čije su ivice po pravilu pod kosim nagibima ili čak odsecima nekad visokim i preko jednog kilometra. Prepostavlja se da su ovi uravnjeni delovi Merkura nastali još u periodu formiranja planete kada se jezgro i unutrašnjost Merkura hladila, a spoljni omotač planete skupljao i uravnavao.

Ova planeta ima izraženu specifičnu gustinu sa  $5,427 \text{ g/cm}^3$  – samo Zemlja ima veću u Sunčevom sistemu. Prepostavlja se da unutrašnjost planete sačinjava veliko jezgro sastavljeno od metala sa prečnikom preko 2000 km što je oko 80% prečnika planete. Upotrebom radara, 2007. godine istraživači su utvrdili da je spoljnji deo velikog metalnog jezgra pla-



Prilog 7. Površina Merkura. (Izvor: NASA)

Srednja udaljenost od Sunca	57.909.227 km (0,39 AU)
Perihel*	46.001.009 km (0,31 AU)
Afel**	69.817.445 km (0,47 AU)
Period revolucije	0,24 z. godina (88 z. dana)
Nagib orbite	7°
Nagib planete prema orbiti	0°
Poluprečnik	2.439,7 km
Obim	15.329,1 km
Specifična gustina	5,427 g/cm <sup>3</sup>
Gravitaciono ubrzanje	3,7 m/s <sup>2</sup>
Period rotacije	58,6 z. dana (1407,5 sati)
Površinska temperatura (min/max)	-173 / 427 °C

\* tačka na orbiti gde je planeta najbliža Suncu

\*\* tačka na orbiti gde je planeta najudaljenija od Sunca

nete delimično rastopljen dok je unutrašnji deo jezgra u čvrstom stanju. Takođe, utvrđeno je da je spoljni stenoviti omotač koji obavija jezgro, debljine svega 400 km.

Izrazito razređena atmosfera, koju čine atomi kiseonika, natrijuma, vodonika, helijuma i kalijuma obavija ovu planetu. Merkur nema satelite ni prstenove. U perihelu, Merkur je udaljen od Sunca svega 46 miliona km, u tom položaju kada bi gledali Sunce sa Merkura ono bilo tri puta veće nego kada se gleda sa Zemlje.

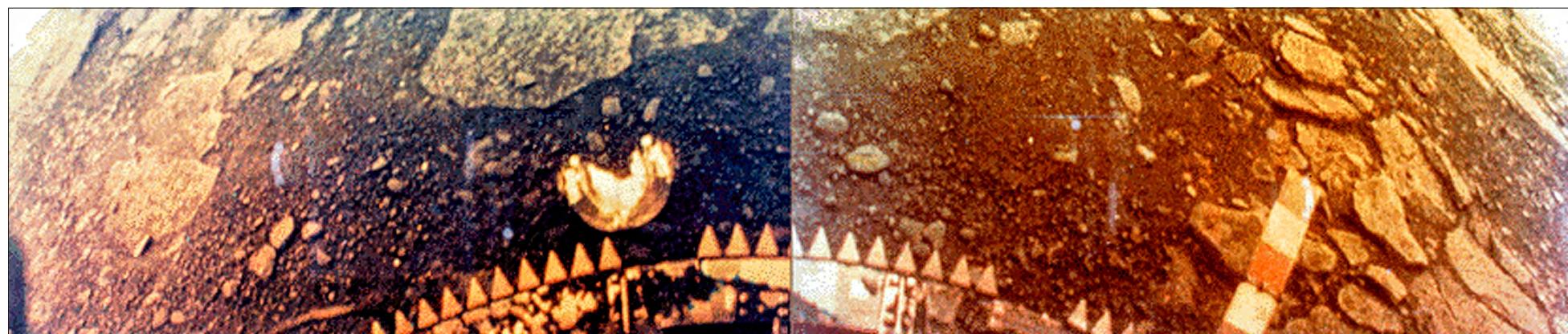
# Venera

Venera je druga planeta od Sunca, od njega je udaljena 108 miliona km. Po veličini, malo je manja od Zemlje. Jedan Venerin dan traje duže od jedne Venerine godine, period rotacije Venere je 243 zemaljska dana, a period revolucije 225 zemaljskih dana. Venera rotira retrogradno u odnosu na Zemlju. Venera je slična Zemlji po veličini ali i po sastavu, masi, gustini i po gravitaciji. Sa druge strane, postoje i velike razlike između Zemlje i Venere. Venera je obavijena gustošću atmosferom koju većinom čini ugljen dioksid, unutar atmosfere formiraju se oblaci sastavljeni od kapljica sumporne kiseline. Samo u tragovima je u atmosferi registrovano prisustvo vodene pare.

Velika gustina kao i sam sastav atmosfere uticali su da energija Sunca ostaje na površini planete (efekat staklene baštice) što rezultira izrazito visokom temperaturom na površini planete, preko  $460^{\circ}\text{C}$ . Efekat staklene baštice predstavlja takvu pojavu pri kojoj kratkotrasno Sunčevu zračenje relativno lako (uz slabu apsorpciju u atmosferi planete) dospeva do površine planete, ali se dugotrasno (infracrveno) zračenje koje se reemi-

tuje sa površine u velikoj meri apsorbuje u planetarnoj atmosferi, dovodeći do porasta srednje temperature na površini planete.

Srednja udaljenost od Sunca	108.209.475 km (0,723 AU)
Perihel	107.476.170 km (0,718 AU)
Afel	108.942.780 km (0,728 AU)
Period revolucije	0,615 z. godina (224,7 z. dana)
Nagib orbite	3,39°
Nagib planete prema orbiti	177,3°
Poluprečnik	6.051,8 km
Obim	38.024,6 km
Specifična gustina	5,243 g/cm <sup>3</sup>
Gravitaciono ubrzanje	8,87 m/s <sup>2</sup>
Period rotacije	-243,018 z. dana, retrogradno
Površinska temperatura (min/max)	462 °C

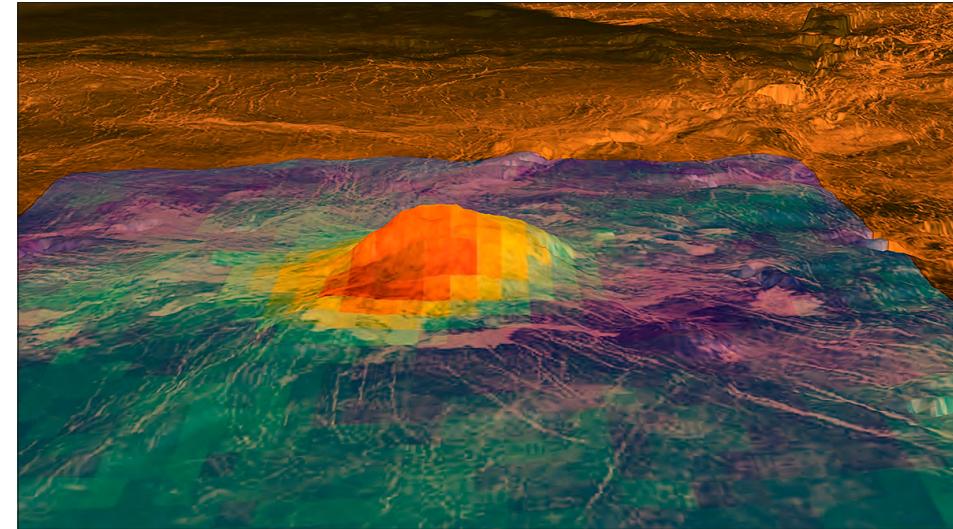


Prilog 8. Površina Venere. (Izvor: ROSKOSMOS)

Čitava atmosfera je veoma dinamična, oblaci u atmosferi se veoma brzo kreću, a njihova brzina je uslovljena njihovom visinom. Najviši delovi atmosfere obiđu krug oko planete za samo četiri zemaljska dana, a njihova uraganska brzina se procenjuje na preko 360 km/h. Sa opadanjem visine i brzina u atmosferskim slojevima pada, a procena je da se na površini planete atmosferski slojevi kreću brzinama od svega nekoliko km/h. U svim slojevima atmosfere su stalno prisutna električna pražnjenja, a za razliku od Zemlje gde su izvor ovakvih pražnjenja oblaci vodene pare, na Veneri su to oblaci sumporne kiseline.

Abrazavni sastav atmosfere, njena gustina kao i brzina kretanja ima izrazito erozorno delovanje na površinu planete. Na površini planete ne postoje krateri manji od 1,5 km. Razlog toga je gusta atmosfera koju manji objekti ne mogu da probiju pa pri prolasku sagore unutar nje. Venera spada u unutrašnje-stenovite planete. U unutrašnjosti Venere je gvožđevito jezgro, poluprečnika 3000 km. I pored toga Venera nema magnetsko polje, a to je posledica male rotacione brzine Venere.

Oko gvožđevitog jezgra se nalazi stenski omotač jezgra i tanka površina planete. Površina Venera je vulkanski pejsaž. Prekriva je preko 1000 vulkanskih kupa ili izvora lave čiji je prečnik veći od 20 km. Pretpostavlja se da je kompletna površina Venere izgradjena vulkanskom aktivnošću pre 300 do 500 mil. god. Osim vulkanskih kupa na površini su prisutni i drugi karakteristični oblici za vulkanski reljef, a najupečatljiviji su tokovi



Prilog 9. Vulkanски reljef na Veneri. (Izvor: NASA)

vi lave od kojih su neki dugi i po više stotina kilometara. Reljef na Veneri definišu i dve visoravni, Ištar (*Ishtar Terra*) koja se nalazi na prostoru severnog venerinog pola, veličine je kao Australija i Afrodita (*Aphrodite Terra*) koja se nalazi na prostoru ekvatora, veličine Južne Amerike. Na istočnom obodu visoravni Ištar se nalazi planina Maksvel (*Maxwell*), najviši vrh Venerе. Venera nema satelite niti prstenove.

# Zemlja

Zemlja je treća planeta od Sunca, spada u grupu unutrašnjih stenovitih planeta. Za sada, jedina poznata planeta Sunčevog sistema na kojoj se razvio život. Udaljena je oko 150 miliona km od Sunca ili jednu astronomsku jedinicu (AU). Rotacija Zemlje traje pribлизно 24 sata, a revolucija oko 365 dana. Površina planete je stenovita, definisana radom unutrašnjih i spoljašnjih sila, a 70% površine planete pokriva voda.

U unutrašnjosti planete se nalazi jezgro koje čini gvožđe i nikl. Unutrašnji deo je u čvrstom stanju dok je spoljni deo jezgra rastopljen. Ovakav sastav i struktura jezgra kao i relativno brza rotacija planete učinili su da Zemlja ima magnetno polje. Oko jezgra, formiran je stenoviti omotač sa stenovitom korom. Zemlja ima i atmosferu, gradi je azot sa 78%, kiseonik 21% i 1% atmosfere čine ostali elementi. Zemlja nema prstenove ali ima jedan satelit, Mesec.

## Mesec

Jedini Zemljin prirodni satelit je Mesec. Smatra se da je nastao pre oko 4,5 milijardi godina kada je telo veličine Marsa udarilo u Zemlju. Kao posledica sudara u orbiti Zemlje je ostao materijal od tela koje je udarilo u Zemlju i Zemlje od koga će kasnije da se formira Mesec.

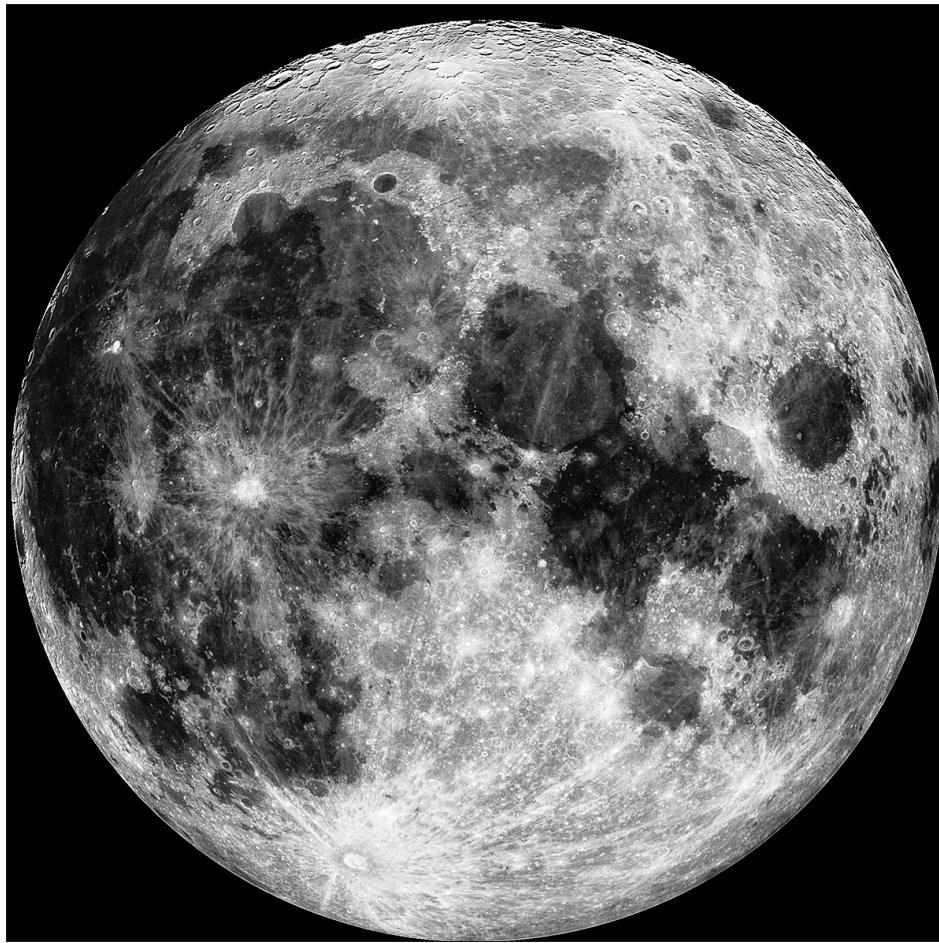
U početnim fazama formiranja, Mesec je bio u rastopljenom stanju, a nestabilna površina Meseca je tek posle 100 mil. god. počela da se hlađi i formira koru. U periodu rastopljenog stanja, lava sastavljena od lakših elemenata i stena manje gustine je isplivavala ka spoljnim slojevima Meseca pa je upravo Mesečeva kora formirana njenim hlađenjem.



Prilog 10. Planeta Zemlja

Srednja udaljenost od Sunca	149.598.262 km (1 AU)
Perihel	147.098.291 km (0,983 AU)
Afel	152.098.233 km (1,017 AU)
Period revolucije	1 z. godina (365,26 z. dana)
Nagib orbite	0,00005°
Nagib planete prema orbiti	23,4393°
Poluprečnik	6.371 km
Obim	40.030,2 km
Specifična gustina	5,513 g/cm³
Gravitaciono ubrzanje	9,807 m/s²
Period rotacije	0,997 z. dana; 23,934 sata
Površinska temperatura (min/max)	-88/58 °C

Pretpostavlja se da je Mesec u ranoj fazi formiranja imao sve uslove za postojanje vlastitog magnetnog polja. I tada kao i danas, Mesec ima izrazito razređenu atmosferu. Posledica toga je mesečeva kora koja je milionima godina bila pogađana meteorima, asteroidima i kometama od kojih je svaki ostavio svoj trag. Zbog toga i ne čudi površina Meseca koja je u potpunosti prekrivena kraterima. Kao posledica stalnih udara o površinu, javlja se i specifična geološka građa Mesečeve kore. Čitava površina Meseca je prekrivena finom prašinom i sitnim ostacima stena koja u vidu prekrivača pokriva veće komade matičnih stena. Taj materijal je milionima godina akumuliran na površini, a nastao je kao posledica stalnih udara meteora, asteroida i kometa. Njihovim raspadanjem ali i raspadanjem površinskih matičnih stena na Mesecu, formiran je ovaj fini materijal.



Prilog 11. Mesec. (Izvor: NASA)

Posmatrajući sa Zemlje, svetlijii delovi meseca su uzvišenja dok oni tamniji predstavljaju niže delove koji se nazivaju mora, to su nekadašnji krateri koji su u periodu od pre 4,2 do pre 1,2 milijarde godina ispunjeni lavom. Samim tim, tamniji i svetlijii delovi Meseca predstavljaju stenske mase različitog sastava, nastanka i starosti, i predstavljaju ostatke procesa ranog formiranja Mesečeve kore još iz perioda hlađenja pramesečevih površinskih okeana lave. Sa druge strane, krateri predstavljaju istorijski zapis o intenzitetu i snazi udara nebeskih tela tokom formiranja Meseča. Skoro podpuno odsustvo atmosfere je posledica Mesečeve relativno male mase (81 put manja od Zemljine) pri čemu njegovo gravitaciono polje nije dovoljno jako da spreči molekule gasova da odu u medjuplanetarni prostor.

Srednja udaljenost od Zemlje	384.400 km
Perihel	363.104 km
Afel	405.696 km
Period revolucije	0,07 z. godina (27,322 z. dana)
Nagib orbite	5,16°
Nagib planete prema orbiti	6,68°
Poluprečnik	1.737,5 km
Obim	10.917 km
Specifična gustina	3,344 g/cm <sup>3</sup>
Gravitaciono ubrzanje	1,624 m/s <sup>2</sup>
Period rotacije	27,322 z. dana
Površinska temperatura (min/max)	-233/123 °C

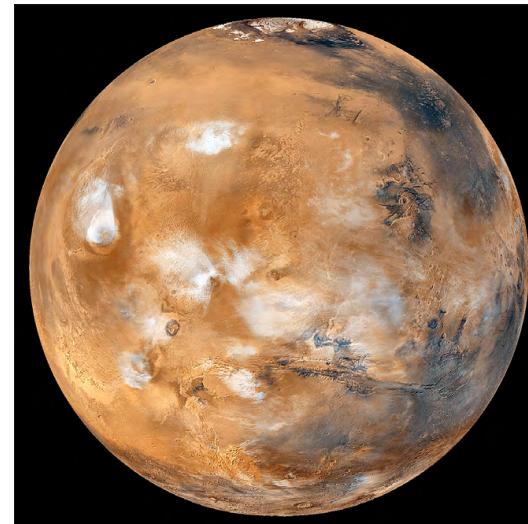
# Mars

Mars je četvrta planeta Sunčevog sistema, od njega je udaljen oko 228 miliona km. Period rotacije je sličan kao i na Zemlji, tako da jedan dan na Marsu traje nešto više od 24 sata. Godina (period revolucije) na Marsu traje 687 zemaljskih dana. Mars spada u grupu stenovitih planeta. Površina mu je stenovita i suva. Kao i kod drugih stenovitih planeta, površina Marsa je formirana pod uticajem vulkanizma, meteorskih, kometskih i asteroidskih udara kao i erozivnim procesima.

Kao i na Zemlji, na Mars ima vidljive sezonalne promene, što je posledica nagnutosti ose rotacije ka ekliptici. Najvidljivije sezonalne promene su na polarnim kapama, sa promenama sezone, polarne kape smanjuju svoju površinu ili je povećavaju. Brojne vulkanske kupe svedoče o izraženoj vulanskoj aktivnosti u prošlosti Marsa.

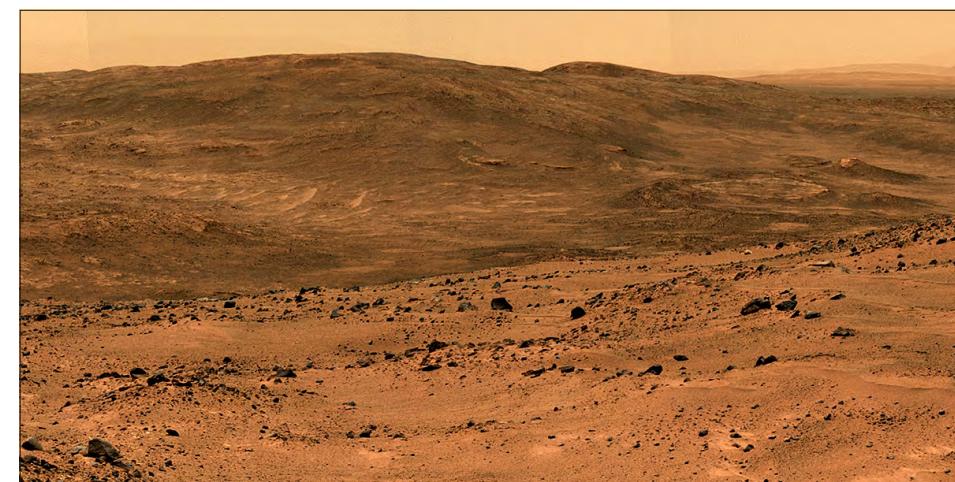
Vulkani na visoravnima na Marsu su stari oko 3 milijarde god. Niži vulkanski oblici su i mlađi, nastali su pre 1 do 2 milijarde god. Na Marsu se nalazi i Olimpus (*Olympus Mons*) najveći vulkan u Solarnom sistemu, a u zoni ekvatora je ogromna dolina sa kanjonskim sistemom (*Valles Marineris*). Mars nema planetarno magnetno polje ali je na južnoj Marsovoj hemisferi utvrđeno prisusutvo jako nameagnetisanih zona kore za koje se smatra da predstavljaju ostatke Marsovog magnetnog polja od pre 4 milijarde godina.

Naučnici smatraju da su se kroz geološku istoriju Marsa klimatski, geološki i geomorfološki uslovi stalno menjali. Nekada je na Marsu bilo vode u tečnom stanju i to u tolikoj meri da je u jednom trenutku, pre oko 3,5 milijardi godina, došlo do poplava na planetarnom nivou. Nagli porast

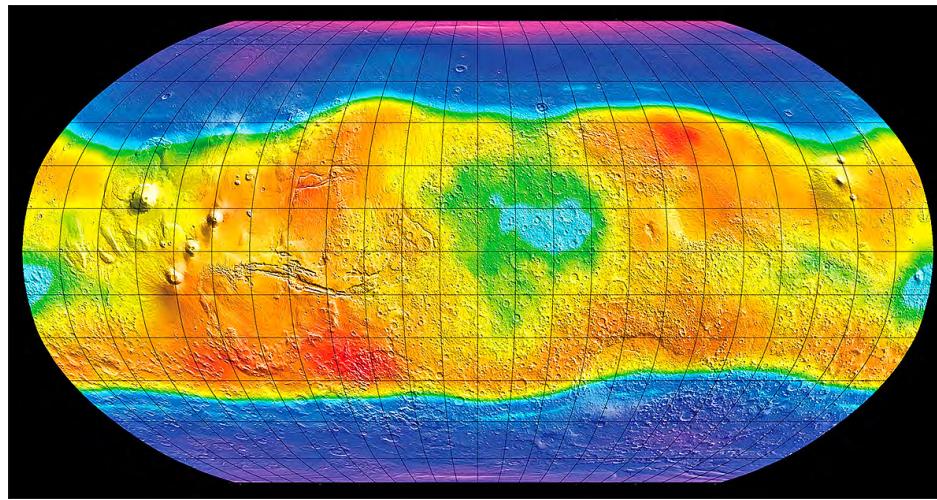


Prilog 12. Mars. (Izvor: NASA)

Srednja udaljenost od Sunca	227.943.824 km (1,52 AU)
Perihel	206.655.215 km (1,38 AU)
Afel	249.232.432 km (1,67 AU)
Period revolucije	1,88 z. godina (686,98 z. dana)
Nagib orbite	1,85°
Nagib planete prema orbiti	25,2°
Poluprečnik	3.389,5 km
Obim	21.296,9 km
Specifična gustina	3,934 g/cm³
Gravitaciono ubrzanje	3,71 m/s²
Period rotacije	1,026 z. dana; 24,623 sata
Površinska temperatura (min/max)	-87/-5 °C



Prilog 13. Površina Marsa. (Izvor: NASA)



↑ Prilog 14. Plave zone predstavljaju oblasti gde je registrovano prisustvo vode u zaledenom stanju ispod topografske površine. (Izvor: NASA)

vode uticao je na bujična kretanja koja su opet svojom erozijom izgradile karakterističan fluvijalni reljef. Nije poznato zbog čega je došlo do nagle pojave velike količine tečne vode, odakle se pojavila, koliko je dugo trajalo njeno prisustvo, ni gde je i kada nestala ta voda. Posle nje, ostali su reliktni oblici fluvijalne erozije kao svedočanstvo o prisutnosti i snazi tečne vode na Marsu. U prošlosti, ti oblici, kanjoni, doline, kanali i čitavi sistemi fluvijalnih oblika budili su maštu istraživačima i astronomima o razvijenoj civilizaciji koja živi na Marsu ili pak o oblicima života koji naseljavaju ovu planetu.

Istraživanja iz druge polovine XX veka su opovrgla ova shvatanja, a savremena istraživanja pokušavaju da pronađu osnov za potvrdu postojanja života na Marsu bar na nivou najprostijih mikroorganizama. Takva potvrda i dalje se čeka. Za sada, 2002. godine potvrđeno je prisustvo velike količine vode u zaledenom stanju ispod topografske površine Marsa na njegovim polovima. Kasnije je potvrđeno prisustvo zaledene vode ispod topografske površine u skoro svim delovima Marsa. Analizom minerala sa Marsa 2004. godine je potvrđeno da je nekada

na Marsu bilo vode u tečnom stanju. Potvrda je stigla i sa najmanje dve suprotne orijentisane lokacije na Marsu što potvrđuje opšte planetarno prisustvo tečne vode u prošlosti. Niske temperature i razređena atmosfera danas ne pružaju uslove za opstanak tečne vode na površini planete. Atmosfera na Marsu je razređena, a čine je ugljen dioksid, azot i argon.

### Marsovi sateliti

Mars ima dva poznata satelita, Fobos (Phobos) i Deimos. Spadaju među najmanje satelite u Sunčevom sistemu, Fobosova orbita je na samo 6000 km visine u odnosu na površinu Marsa. Ni jedan drugi poznati satelit nije bliži matičnoj planeti. Fobos u toku jednog dana izvrši tri revolucije oko Marsa, dok je Deimosu potrebno oko 30 sati. Na svakih 100 godina Fobos se približi Marsu za 1,8 m, a pretpostavlja se da će za 50 mil. god. ili pasti na Mars ili će se raspasti i formirati prsten oko planete.



↑ Prilog 15. Fobos. (Izvor: NASA)

Oba satelita su stenovite građe, nepravilnog oblika, sa mnoštvom kraćera po površini. Oni su medju najtamnjim objektima u Sunčevom sistemu. Prepostavčja se da se sastoje od ugljenika, stena, leda i ostataka asteroida, sastav im je sličan kao C klasa asteroida. Fobos je veći, dimenzija 27×22×18 km u prečniku. Deimos i Fobos nemaju atmosferu, a površinske temperature variraju od -4 °C do -112 °C. Deimos je manji satelit Marsa, dimenzija 15×12×11 km u prečniku.

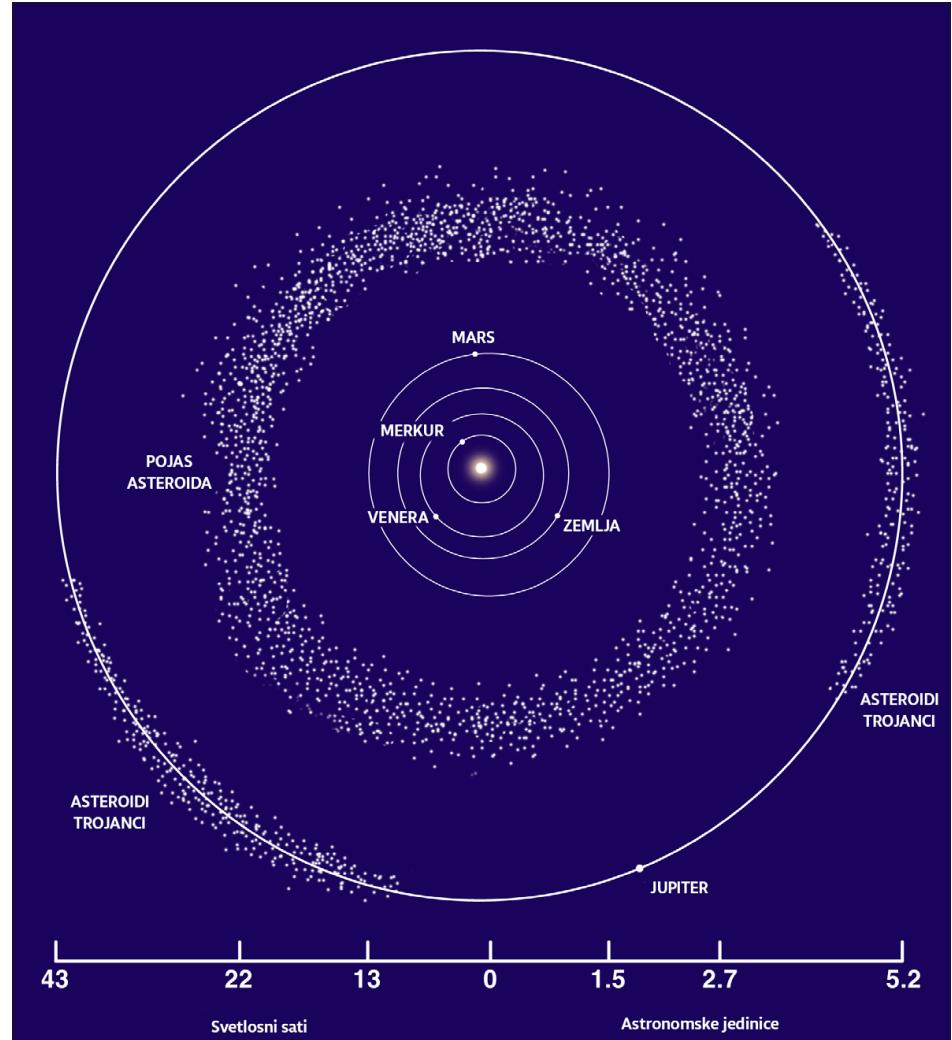
# Asteroidi

Asteroidi su stenoviti ostaci iz perioda formiranja Sunčevog sistema. Njihova starost se procenjuje na oko 4,6 milijardi godina. Većina asteroida se nalazi u pojasu izmedju Marsa i Jupitera na udaljenosti od 2 do 4 AU od Sunca koji se i naziva Pojasom asteroida. Pojas asteroida deli Sunčev sistem na unutarnji i spoljašnji deo. U Pojasu asteroida se nalazi i Ceres, nekada klasifikovan kao najveći asteroid, a danas spada u grupu patuljastih planeta. Veličina asteroida varira od nekoliko stotina km u prečniku do manje od 1 km. Ukupna masa svih asteroida u Pojasu asteroida, manja je od mase Meseca. Danas je poznato i registrovano oko pola miliona asteroida, raspoređeni su u širokom prostoru Pojasa asteroida pa je međusobna udaljenost ovih objekata često velika, obično 1-3 miliona km. Procenjuje se da u Pojasu asteroida ima između 1,1 i 1,9 miliona asteroida čiji je prečnik veći od 1 km, a manjih da ima više miliona.

Većina asteroida ima nepravilan oblik, dok je samo nekolicina registrovana sa loptastim oblikom, a kod velike većine je površina prekrivena katerima. Svi asteroidi se kreću po orbiti oko Sunca (vrše revoluciju), ali se isto tako i rotiraju oko svoje ose. Zbog različitih oblika i rasporeda masa, njihove rotacione brzine su različite, rotacija je kod nekih usklađena, a zbog oblika pojedinih asteroida, rotacija im podseća na "teturanje".

Poznato je da više od 150 asteroida ima satelite, a pojedini od njih imaju i po dva satelita. Poznato je i da se pojedini asteroidi kreću u dvojnim sistemima, a registrovani su i trojni sistemi. Po pravilu, asteroidi u sistemima imaju sličnu masu.

Prema sastavu, svi asteroidi su klasifikovani u tri klase, klasa C, S i M. U C klasu spadaju najčešći asteroidi koji su građeni od ugljenika, gline i silikata, tamne su boje sa niskim albedom. U S klasu spadaju svetli kameni, silikatni asteroidi, poseduju srednje vrednosti albeda. U M klasu spa-

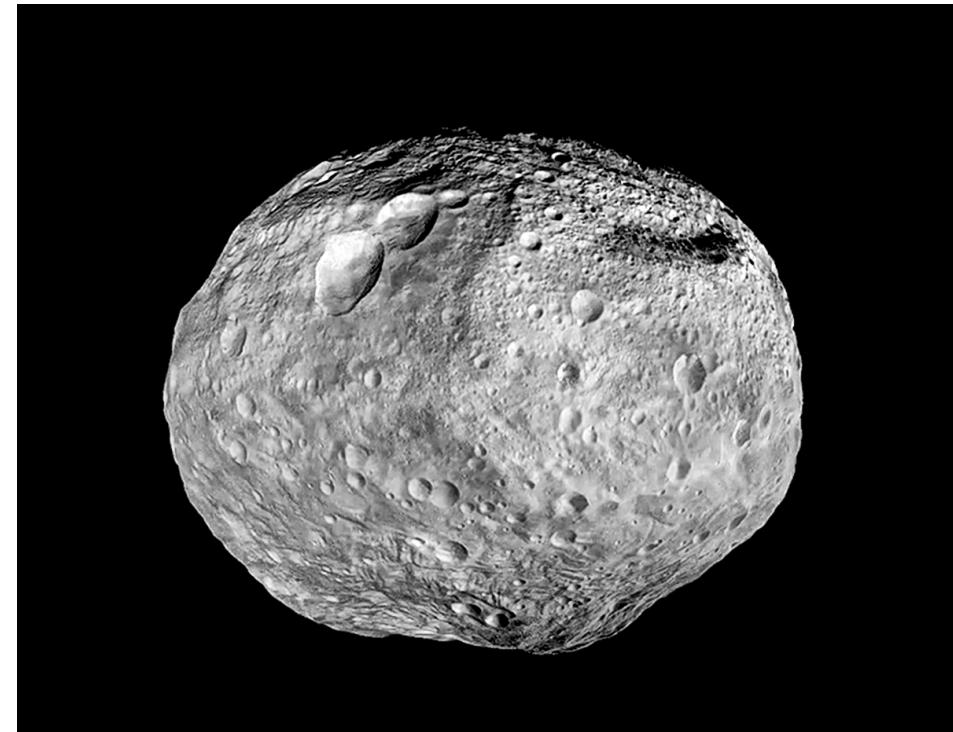


Prilog 16. Pojas asteroida. (Izvor: NASA)

daju asteroidi u čijem sastavu su gvožđe i nikl. Sastav asteroida je u direktnoj vezi sa udaljenošću asteroida od Sunca.

Vesta je najveći asteroid u Pojasu asteroida, a pored toga odlikuje je i specifičan sastav i način postanka. Prilikom formiranja, Vesta je bila pod uticajima visokih temperatura, došlo je do topljenja mase i diferenciranja slojeva po specifičnim težinama. Gvožđe i ostali metali su se spustili u centralni deo asteroida dok je na površinu isplivala bazaltna lava. Ovakav raspored masa unutar asteroida je poznat samo kod Veste.

Na osnovu položaja asteroida u Sunčevom sistemu mogu se podeliti na asteroide bliske Zemlji (Zemljini presretači), bliske Marsu (Marsovi presretači), asteroidi u Prstenu asteroida, Trojanci, Kentauri, Trans-neptunski. Asteroidi čije putanje presecaju orbite Zemlje ili Marsa spadaju u grupu presretača. Trojanci su asteroidi koji se nalaze u orbitama planeta, takvih asteroida ima u orbitama Jupitera, Marsa, Neptuna, a od 2011. godine potvrđeno je i da Zemlja ima svog trojanca. Između orbita Jupitera i Neptuna nalazi se grupa objekata sa nestabilnim putanjama koji se nazivaju Kentauri. Iza orbite Neptuna nalazi se Trans-neptunski pojaz u kome se izdvajaju nekoliko zasebnih grupa asteroida. Prvi asteroid koji je registrovan je Ceres, kasnije su otkriveni i Pallas, Juno, Vesta i mnogi drugi.



↑ Prilog 17. Vesta, najveći poznati asteroid. (Izvor: NASA)

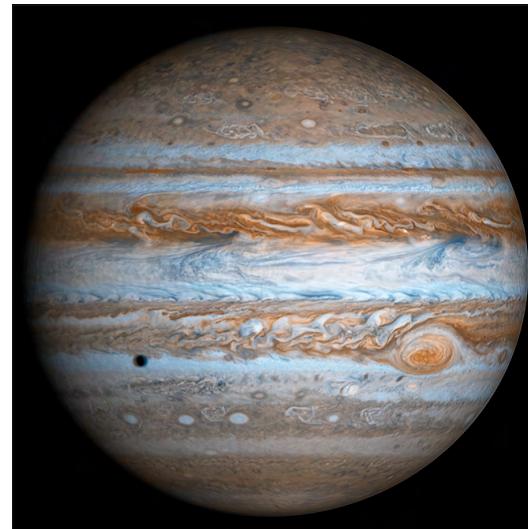
# Jupiter

Jupiter je najveća planeta Sunčevog sistema. Masa Jupitera je dva puta veća od mase svih drugih objekata u Sunčevom sistemu izuzimajući Sunce. Prilikom formiranja Sunčevog sistema, od većine materijala koji nije ušao u sastav Sunca formirao se Jupiter, gasoviti džin. Na površini Jupitera vidljivi su oblaci širokog spektra boja, koji su većinom sastavljeni od amonijaka.

Usled brze rotacije i nepostojanja čvrste površine planete, oblaci se veoma brzo kreću, a unutar njih se često formiraju vrtložna kretanja u kojima se čestice kreću velikim brzinama. Jupiter je poznat i po svojoj Velikoj crvenoj mrlji (pegi), vrtložnom kretanju u oblacima koje naučnici posmatraju poslednjih 300 godina.

Sastav atmosfere Jupitera je sličan sastavu Sunca, većinom su tu vodonik i helijum. U nižim slojevima atmosfere se povećavaju temperatura i pritisak, u takvim uslovima vodonik prelazi u tečno stanje. Upravo zato Jupiter ima najveći okean u Sunčevom sistemu, okean sastavljen od tečnog vodonika. Još nije poznato kakav je sastav samog jezgra Jupitera.

Usled ogromne mase i brze rotacije, Jupiter ima izuzetno jako magnetno polje. Godine 1979. godine otkriveni su prstenovi oko Jupitera. Sastavljeni su sitnih, jedva primetnih, tamnih čestica. Pretpostavlja se da su nastali od materijala izbačenog pri sudsaru asteroida sa satelitima Jupitera, kojih ima 67 poznatih.



Prilog 18. Jupiter. (Izvor: NASA)



Prilog 19. Oblaci na Jupiteru. (Izvor: NASA)

Srednja udaljenost od Sunca	778.340.821 km (5,20 AU)
Perihel	740.679.835 km (4,95 AU)
Afel	816.001.807 km (5,45 AU)
Period revolucije	11,86 z. godina
Nagib orbite	1,3°
Nagib planete prema orbiti	3,1°
Poluprečnik	69.911 km
Obim	439.263,8 km
Specifična gustina	1,326 g/cm³
Gravitaciono ubrzanje	24,79 m/s²
Period rotacije	0,414 z. dana; 9,925 sati
Površinska temperatura	-148 °C

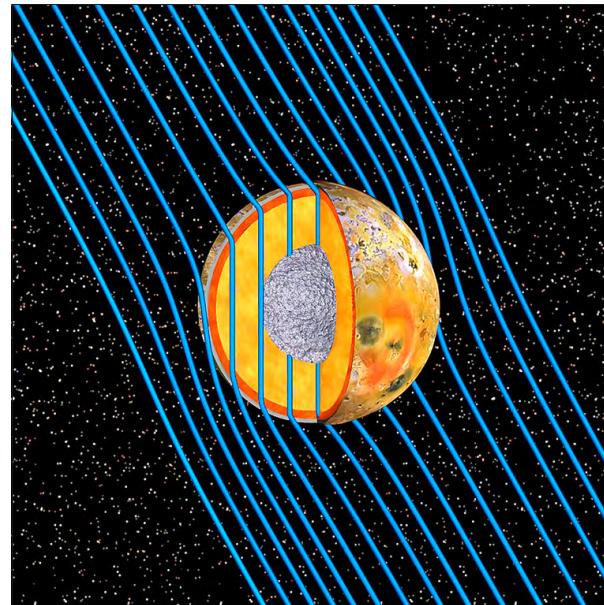
## Jupiterovi sateliti

Od 67 poznatih satelita, najveći su Io, Evropa (*Europa*), Ganimed (*Ganymede*), i Kalisto (*Callisto*). Njih je još 1610. posmatrao Galileo Galilej i zbog toga su i danas poznati kao Galilejevi sateliti. Osim ovih satelita oko Jupitera vrše revoluciju i Kale, Karpo (*Campo*), Kore, Metis, Temisto (*Themisto*), Teba (*Thebe*), Leda, Elara i dr.

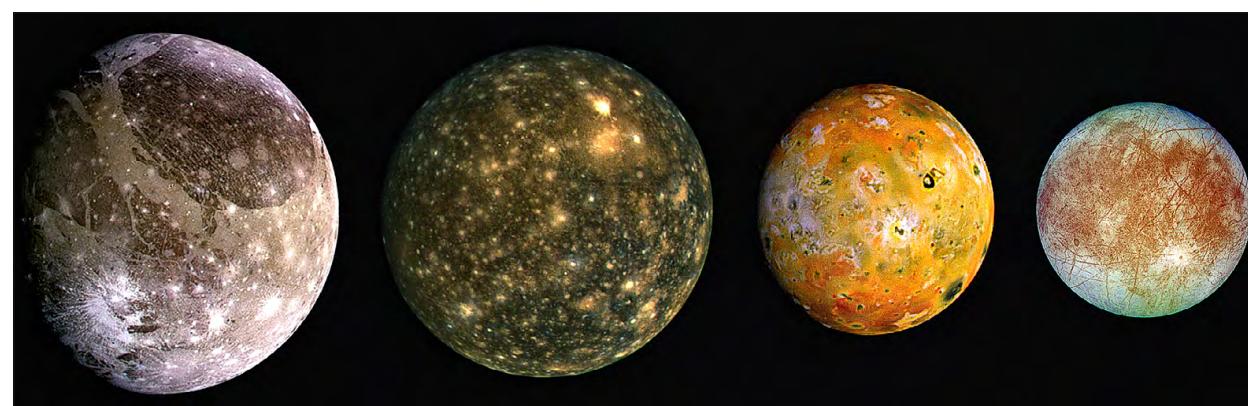
Io je vulkanski najaktivnije telo u Sunčevom sistemu. Po veličini Io je treći satelit u sistemu Jupiterovih satelita, a na petom je mestu po udaljenosti od Jupitera. Io je uvek okrenut istom stranom ka Jupiteru, a jake gravitacione sile Evrope i Ganimeda su učinile da je njena revolucija u skladu sa periodom rotacije.

nile da Io ima izrazito eliptičnu orbitu oko Jupitera. Kad se Io približi Jupiteru, jake plimske struje utiču na površinu Ia i dolazi od plimskog izdizanja površine od čak 100 m. Ovo ritmičko-plimsko širenje i skupljanje Ia izaziva visoke temperature u gornjem delu stenskog omotača jezgra satelita pa je on većim delom u rastopljenom stanju. Rastopljena lava se širi i traži put ka površini, dolazi do čestih, skoro stalnih izlivanja, erupcija, pučanja kore, stvaranje vulkanskih ploča i nove, mlade kore. Ispod kore koja je debljine od 30-50 km nalazi se rastopljni sloj lave koji obavija satelit. Pretpostavlja se da sloj rastopljene lave ima moćnost oko 50 km. Ispod ovog sloja je omotač jezgra, sastavljen od stenskih masa u čijem sastavu ima dosta metala, većinom gvožđa i magnezijuma, nalazi se u čvrstom stanju, pod velikim pritiscima i temperaturom od preko  $1.200^{\circ}\text{C}$ . Jezgro Ia se sastoji većinom od gvožđa, sa prečnikom od oko 600 do 900 km.

Površina Evrope je svetla i glatka, a sastoji se većinom od vode u zaledenom stanju. U unutrašnjosti Evrope nalazi se gvožđevito jezgro koga obavija stenoviti omotač. Iznad ovog omotača se nalazi vodenim okean na čijoj površini je zaledeni sloj. Evropa završi revoluciju oko Jupitera na svaka tri i po dana, a jaka gravitacija Jupite-



Prilog 20. Io, vulkanski najaktivnije telo u Sunčevom sistemu. U centru je često jezgro sastavljeno od metala, okružuje ga omotač jezgra od stenskih masa u čvrstom stanju, a iznad njega je rastopljeni sloj stenske mase koga na površini obavija tanka površinska kora. (Izvor: NASA)



Prilog 21. Ganimed, Kalisto, Io i Evropa. (Izvor: NASA)

ra je učinila da je uvek ista strana Evrope okrenuta prema planeti. Blago elipsasta orbita utiče na pojavu plime i oseke na Evropi, prilikom prilaska Jupiteru, površina satelita se isteže ka masivnoj planeti, a udaljevanjem se skuplja. Ova kretanja ostavljaju tragove na zaledenoj kori Evrope, pa su vidljive brojne naprslane i pukotine. Moguće je da jake plimske sile izazivaju vulkansku ili hidrotermalnu aktivnost u gornjim slojevima stenskog omotača, tj. na dnu okeana.

Ganimed je najveći satelit u Sunčevom sistemu, veći je i od Merkura i od Plutona. Da ima svoju orbitu oko Sunca, bio bi klasifikovan kao planeta. Jezgro Ganimeda je formirano od metala, većinom gvožđa, obavija ga stenoviti omotač. Iznad njega, pa sve do površine planete je ledeni sloj u čijem sastavu ima i komada stena, čija se debljina procenjuje na oko 800 km. Godine 1996. je potvrđeno postojanje izrazito tanke i razređene atmosfere u čijem sastavu je pretežno kiseonik. Unutar ledenog omotača Ganimeda, 2004. godine otkrivene

su velike formacije stenovitih masa. Oko 40% površine satelita je pokriveno tamnom zonom punom kratera. Pretpostavlja se da je stariji deo kore Ganimeda. Ostatak od 60% površine je svetlijii deo, uravnjen, sa relativno malo kraterskih oblika. Smatra se da je on nastao sirenjem leda

ispod površine planete čime je uravnjena sama površina. Ovi oblici se smatraju za mlađe geomorfološke forme na Ganimedu.

Kalisto ima prečnik od 4.800 km i treći je po veličini satelit Sunčevog sistema. On je najudaljeniji Galilejev satelit od Jupitera. Kalisto ima i najmanju specifičnu gustinu od Galilejevih satelita. Prepostavlja se da mu je unutrašnji sastav sličan kao kod Ganimeda sa tim da je stenoviti omotač nešto tanji, a spoljni zeleđeni omotač nesno veće moćnosti nego kod Ganimeda. Površina Kalista je najtamnija od Galilejevih satelita. Kalisto je objekat u Sunčevom sistemu koji je najviše išaran kraterskim oblicima. Takođe, Kalisto je jedini objekat u Sunčevom sistemu koji je veći od 1.000 km u prečniku i koji nema geološku aktivnost. Od njegovog nastanka pre oko 4 milijarde god. površina se nije

	Io	Evropa	Ganimed	Kalisto
Udalj. od Jupitera	421.800 km	671.100 km	1.070.400 km	1.882.700 km
Periapsis	420.071 km	664.792 km	1.069.008 km	1.868.768 km
Apoapsis	423.529 km	677.408 km	1.071.792 km	1.896.632 km
Period revolucije	1,769 dana	3,551 dana	7,155 dana	16,689 dana
Poluprečnik	1821,6 km	1.560,8 km	2.631,2 km	2.410,3 km
Obim	11.445,5 km	9.806,8 km	16.532,3 km	15.144,4 km
Specifična gustina	3,528 g/cm <sup>3</sup>	3,013	1,942 g/cm <sup>3</sup>	1,834 g/cm <sup>3</sup>
Gravitac. ubrzanje	1,79 m/s <sup>2</sup>	1,315 m/s <sup>2</sup>	1,428 m/s <sup>2</sup>	1,236 m/s <sup>2</sup>
Period rotacije	42,456 sati	3,551 dana	7,155 dana	16,689 dana

menjala osim pod uticajem tela koja su udarala u Kalisto. Smatra se da je najstariji neizmjenjen pejsaž u Sunčevom sistemu upravo površina Kalista.

## Jupiterovi prstenovi

Sve četiri velike gasovite planete imaju prstenove. Jupiterov sistem prstenova sesatoji od tri

prstena. Najbliži planeti je Halo prsten i nalazi se u zoni između 100.000 i 122.800 km od Jupitera. Drugi prsten je Glavni i nalazi se u zoni između 122.800 i 129.200 km od Jupitera. Treći prsten je najudaljeniji i najširi, naziva se Gossamer i prostire se u zoni od 129.200 i 214.200 km od Jupitera. Prepostavlja se da su prstenovi nastali od prašinastog materijala koji je nastao sudarom nebeskih tela sa satelitima koji se nalaze u orbitama oko Jupitera.

# Saturn

Šesta planeta od Sunca je Saturn. Kao i Jupiter, Saturn je izgrađen većinom od vodonika i helijuma. Po zapremini je 755 puta veći od Zemlje. U gornjim slojevima atmosfere, na Saturnu duvaju izuzetno brzi vetrovi. Te moćne oluje dostižu brzine od 500 m/s što je pet puta veća brzina nego najbržih vetrova na Zemlji. Ti superbrzi vetrovi u kombinaciji sa toplijim slojevima koji se izdižu iz nižih delova atmosfere prouzrokuju stvaranje žutih i zlatnih serija oblaka oko planete.

Usled jakih pritisaka, unutrašnje jezgro planete je u čvrstom stanju, a čine ga stenske mase, led, voda i drugi elementi. Pregrejano jezgro obavija mešavina vodonika u tečnom stanju i rastopljenih metala. A spoljni sloj planete sačinjava vodonik u tečnom stanju, slično kao i kod Jupitera ali znatno manje moćnosti. Saturnovo magnetno polje je slabije od Jupitervog ali opet 578 puta jače nego magnetno polje Zemlje.



Prilog 22. Saturn. (Izvor: NASA)

Srednja udaljenost od Sunca	1.426.666.422 km (9,54 AU)
Perihel	1.349.823.615 km (9,02 AU)
Afel	1.503.509.229 km (10,05 AU)
Period revolucije	29,447 z. godina
Nagib orbite	2,49°
Nagib planete prema orbiti	26,7°
Poluprečnik	58.232 km
Obim	365.882,4 km
Specifična gustina	0,687 g/cm³
Gravitaciono ubrzanje	10,4 m/s²
Period rotacije	0,444 z. dana; 10,656 sati
Površinska temperatura	-178 °C

## Saturnovi sateliti i prstenovi

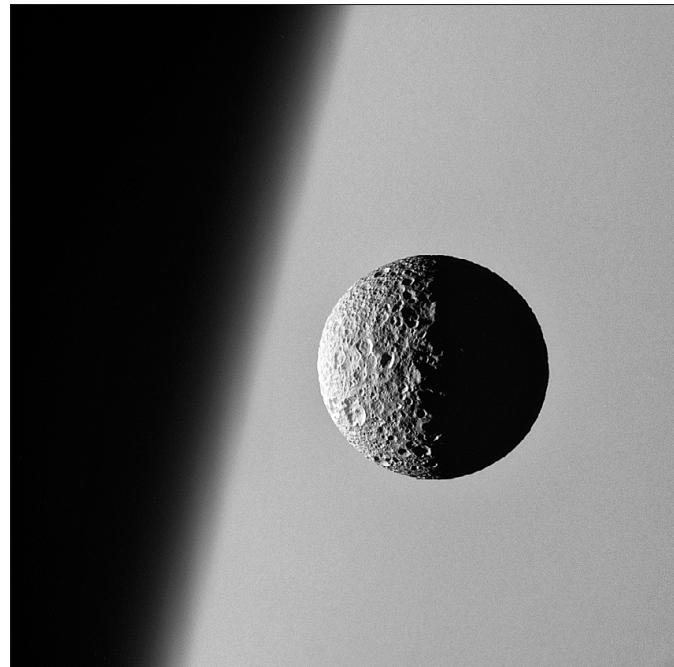
Saturn ima 62 satelita. Najveći je Titan, sa prečnikom od 5.150 km drugi je po veličini satelit Sunčevog sistema – samo je Ganimed veći od njega. Površina Titana se ne vidi zbog gусте atmosfere sastavljene od većinom od azota 95% sa tragovima metana. Smatra se da je ovakvu atmosferu imala i Zemlja pre razvoja života na njoj. Procenjuje se da je moćnost atmosfere Titana oko 600 km. Temperature na površini Titana su oko -180 °C, a veći deo površine mu pokriva zaleđena voda. Osim toga, na površini Titana se nalaze okeani tečnog metana, a bliže polovima i tečnog etana. Stalne padavine koje su sezonalnog tipa izdižu i spuštaju nivo okeana na Titanu, a prilikom izlivanja iz basena, često se formiraju tokovi tečnog metana koji useca mrežu korita u površinu satelita. Oko ekvatora se nalaze suvi delovi sa pustinjskim karakteristikama. Utvrđeno je i da ispod zaleđene po-

vršine satelita se nalazi okean vode u tečnom stanju.

Mimas je satelit Saturna koji je prekriven kraterima. Prečnik mu je manji od 400 km i spada u manje Saturnove satelite. Ono što ga izdvaja od ostalih je ogroman krater pod nazivom Heršel (*Herschel*) koji pokriva jednu trećinu hemisfere satelita. Heršel ima 130 km u prečniku, ivični delovi su visoki oko 5 km, a centralno uzvišenje oko 6 km. Udarac koji je napravio ovaj krater verovatno je bio malo slabiji od potrebnog da se ovaj satelit raspadne na više delova. Mimas je izgrađen od vode u zaledenom stanju ostali elementi još nisu detektovani.

Pored ovih satelita, Saturn okružuju i Dionu (*Dione*), Febu (*Phoebe*), Prometej (*Prometheus*), Pandora, Hati, Loge, Kari, Greip, Skoli, Rea (*Rhea*), Enceladu (*Enceladus*), Janus i dr.

Saturnovi prsteni intrigiraju astronome još od kada ih je Galileo Galilej otkrio svojim teleskopom. Svaki prsten je sastavljen od više milijardi delića čija veličina varira od veličine čestice prašine do veličine od nekoliko stotina metara. Po najnovijim saznanjima, prstenovi Saturna su mladi i nastali od materijala nekadašnjeg satelita Saturna kome se iz nekog ra-



● Prilog 23. Mimas. (Izvor: NASA)

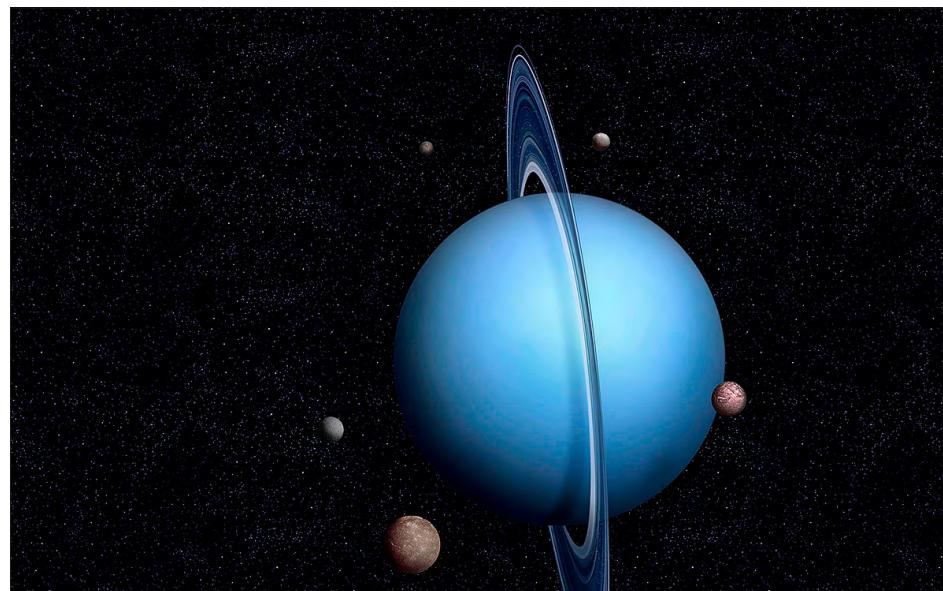
praznina. Sve one se prostiru u zoni od 117.500 do 120.318 km od Saturna. Između 122.050 i 136.770 km je prsten A. Tu su i Enkeova (*Encke*) i Kelerova (*Keeler*) praznina, kao i Rošeova (*Roche*) pregrada između 133.570 i 139.380 km. Slede prsten F na 140.224 km, prsten G između 166.000 i 174.000 km i široki prsten E koji se prostire između 180.000 i 480.000 km od Saturna.

zloga poremetila orbitu, približio se planeti i pod jakim gravitacionim uticajem, došlo je do njegovog raspadanja. Materijal je okružio planetu i od njega su se formirali prstenovi. Svaki prsten ima svoju brzinu kojom se kreća. Moćnost prstenova je oko 1 km, a prostiru se u prostoru od 282.000 km. Najbliži planeti je svetli D prsten, nalazi se na 66.970-74.490 km od Saturna, a do njega je C prsten koji se prostire do 91.980 km od planete. Unutar C prstena se nalaze i nekoliko praznina, Kolumbova na 77.800 km, Maksvel (*Maxwell*) na 87.500 km, Bond na 88.700 km i Dave (*Dawes*) na 90.200 km od planete. Sledеći je B prsten u zoni od 91.980 do 117.580 km. Iza se prostiru Kasinijeva pregrada (*Cassini*), kao i praznine: Hajgensova (*Huygens*), Heršelova (*Herschel*), Raselova (*Russell*), Džefresova (*Jeffreys*), Kuiperova, Laplasova (*Leplace*), Beselova (*Bessel*) i Bernardova

# Uran

Uran je sedma planeta Sunčevog sistema, udaljen je od Sunca oko 20 AU i potrebno mu je 84 zemaljske godine za završi jednu revoluciju. Uran rotira retrogradano, od istoka ka zapadu, a osa oko koje se rotira je pod uglom od 98° na orbitalnu ravan pa izgleda kao da se kruži po boku prilikom revolucije. Ovakav nagib je najverovatnije posledica udara nekog većeg nebeskog tela u Uran u ranoj fazi postojanja planete čime se poremetila njegova osa rotacije. Pored Neptuna i Uran je planeta koja u izobilju ima leda.

Atmosferu mu sačinjavaju većinom vodonik i helijum, a pored njih registrovani su i metan, a u tragovima i voda i amonijak. Prilikom prolaska sunčevih zraka kroz slojeve atmosfere, od oblaka se odbija svetlost, metan apsorbuje crveni spektar pa Uran dobija plavo-zelenastu boju.



Prilog 24. Uran. (Izvor: NASA)

Srednja udaljenost od Sunca	2.870.658.186 km (19,19 AU)
Perihel	2.734.998.229 km (18,28 AU)
Afel	3.006.318.143 km (20,10 AU)
Period revolucije	84,02 z. godina
Nagib orbite	0,77°
Nagib planete prema orbiti	97,8°
Poluprečnik	25.362 km
Obim	159.354,1 km
Specifična gustina	1.270 g/cm³
Gravitaciono ubrzanje	8,87 m/s²
Period rotacije	-0,71 z. dana; -17,24 sati (retrogradna)
Površinska temperatura	-216 °C

Oko 80% mase Urana je u tečnom jezgru planete koje se sastoji od vode, metana i amonijaka. Zbog specifičnog ugla ose rotacije, Uranovi polovi su osvetljeni po 21 zemaljsku godinu (1/4 Uranove godine) tako da na Uranu imamo po dva leta i dve zime za svaki od polova u periodu jedne Uranove revolucije. Uranova osa magnetnog polja je pod uglom od 60° u odnosu na osu rotacije. Ova neusklađenost izaziva stalne anomalije u Uranovom magnetnom polju, slično kao i kod Neptuna.

## Uranovi sateliti i prstenovi

Ukupno 27 satelita kruži oko ove planete. Oberon i Titania su najveći sateliti Urana. Titania je najveći satelit Urana. Površina satelita otkriva da je nekada ovaj satelit bio geološki aktivan. Brojne jaruge i naprsline u kori Titanie govore o nekadašnjoj tektonskoj aktivnosti. Titania ima 1.600 km u prečniku, a reflektuje sivkastu boju koja je karakteristična za sve Uranove satelite.

Oberon je drugi po veličini Uranov satelit. Površina mu je prekrivena kraterima, ima nekoliko planinskih uzvišenja sa po 6 km visine, a u građi mu dominiraju stene i led sa udelom pola-pola. Stene i led dominiraju u građi svih većih Uranovih satelita, kao i svih unutrašnjih satelita, svih satelita od orbite Oberona ka Uranu.

Građa manjih, spoljnijih satelita nije poznata ali se predpostavlja da oni predstavljaju asteroide uhvaćene u gravitaciju Urana. Pored ovih, Uranovi sateliti su i Miranda, Ariel, Kordelija (*Cordelia*), Kaliban (*Caliban*), Pros-

pero, Ferdinand, Belinda, Julija (*Juliet*), Ofelija (*Ophelia*) i dr. Većina satelita je dobila imena po Šekspirovim junacima.

Uran okružuju i prstenovi. Do sada je poznato 13 prstenova koji okružuju ovu planetu. Idući od planete prvi je Zeta, udaljen je oko 39.600 km od Urana, sledeći je prsten 6, pa 5, 4, Alfa, Beta, Eta, Gamma, Delta, Lambda, Epsilon, Nu i Mu koji je udaljen 97.700 km od Urana. Svi do sada poznati prstenovi se nalaze u zoni širine oko 57.000 km.

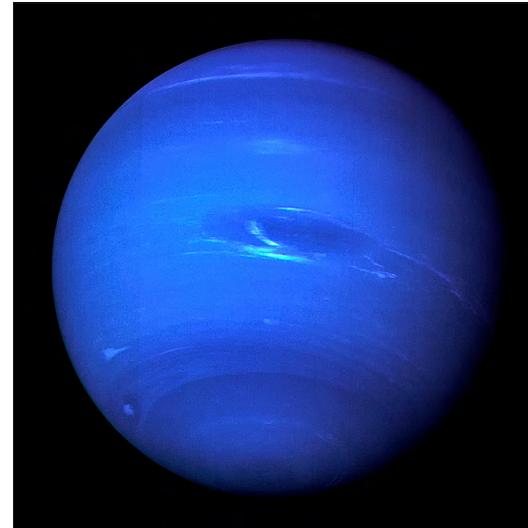
# Neptun

**N**a udaljenosti od skoro 4,5 milijardi km od Sunca nalazi se ledeni džin, Neptun. Svoju revoluciju oko Sunca završi na svakih 165 zemaljskih godina. Rotaciju, Neptun završi na svakih 16 sati. Neptun ima izuzetno moćnu atmosferu. U nižim slojevima, gasovi pod pritiskom prelaze u tečno stanje. Pretpostavlja se da u centralnom delu planeta ima čvrsto jezgro veličine Zemlje. Neptunova plava boja je posledica prisutva metana u atmosferi. Vetrovi na Neptunu su najbrži u Sunčevom sistemu, tri puta brži nego na Jupiteru i devet puta brži od najsnažnijih vetrova na Zemlji. Naučnici su 1989. godine pratili levkastu oluju koja je formirala rotirajuću tamnu fleku na Neptunu, a njena brzinom iznosila je oko 1.200 km/h. Unutar atmosfere Neptuna postoje difenecirani slojevi u kojima se formiraju oblaci na različitim visinama. Osa magnetnog polja Neptuna je pod uglom od  $45^{\circ}$  u odnosu na osu rotacije.

Zbog ove neusaglašenosti, prilikom rotacije planete u magnetnom polju Neptuna se dešavaju brojne anomalije i poremećaji. Samo magnetno polje ove planete je 27 puta jače od magnetnog polja Zemlje.

## Neptunovi sateliti i prstenovi

Neptun ima 14 poznatih satelita. Najveći je Triton. To je jedini veliki satelit u Sunčevom sistemu koji ima retrogradnu revoluciju u odnosu na Neptunovu rotaciju. Triton ima prečnik od 2.700 km, a površina mu je prekrivena kraterima, izlivima lave, vulkanskim platoima i uzvišenjima. Površina Tritona čini smrznuti sloj azota ispod koga sa nalazi sloj



Prilog 25. Neptun. (Izvor: NASA)

Srednja udaljenost od Sunca	4.498.396.441 km (30,07 AU)
Perihel	4.459.753.056 km (29,81 AU)
Afel	4.537.039.826 km (30,33 AU)
Period revolucije	164,79 z. godina
Nagib orbite	$1,77^{\circ}$
Nagib planete prema orbiti	$28,3^{\circ}$
Poluprečnik	24.622 km
Obim	154.704,6 km
Specifična gustina	1,638 g/cm <sup>3</sup>
Gravitaciono ubrzanje	11,15 m/s <sup>2</sup>
Period rotacije	0,671 z. dana; 16,11 sati
Površinska temperatura	-214 °C

leda, a jezgro satelita čini jezgro sastavljeno od stena i metala. Razređenu atmosferu mu sačinjavaju azot i metan u tragovima. Najverovatnije je da atmosfera potiče od vulkanske aktivnosti na Tritonu koju pokreće Sunce u periodima prilaska centru Sunčevog sistema. Triton je jedno od najhladnjih tela, površinske temperature se spuštaju i do -235 °C. Zbog sastava (sličan Plutonu) i retrogradne revolucije, smatra se da je Triton telo poreklom iz Kuiperovog pojasa koje je prihvatile gravitacija Neptuna.

Pored Tritona, oko Neptuna revoluciju vrše i Nereid, Naiad, Thalassa, Despina, Galatea, Larissa, Proteus i dr. Osim Tritona, svi drugi sateliti Neptuna su manjih dimenzija, ne veći od 200 km u prečniku. Sastavljeni su od stena i leda, često izrazito nepravilnih oblika.

Neptun ima i prstenove. Do danas je registrovano devet prstenova koji okružuju Neptun. Prvi je Galie na 41.900 km od planete, pa Leverrier na 53.200 km, Lassell na 55.400 km, Arago na 57.600 km, Adams na 57.600 km, Liberte na 62.830 km, Egalite, Fraternite i Courage, svi na oko 62.900

km od planete. Sastavljeni su od prašine, a pretpostavlja se da se radi o materijalu koji se nasao u orbiti Neptuna posle sudara nebeskih tela sa nekim od Neptunovih satelita.

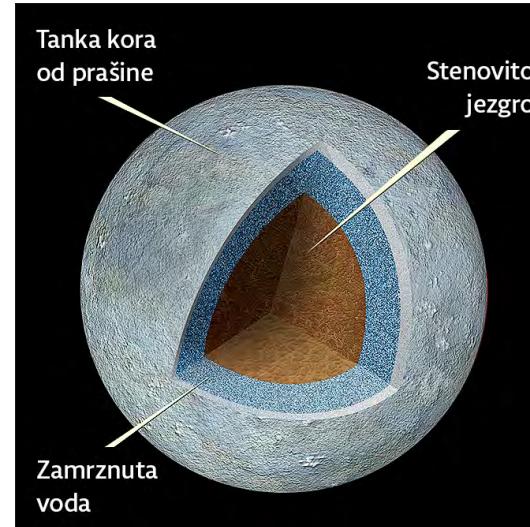
# Patuljaste planete

D o 2006. godine, Pluton je smatran za devetu planetu Sunčevog sistema. Po otkrivanju sličnih planetarnih tela u Kuiperovom pojusu, razvila se naučna debata o opravdanosti klasifikovanja takvih tela kao planeta. Odlučeno je da Pluton bude svrstan u novu kategoriju nazvanu patuljaste planete.

Po svojim odlikama, patuljaste planete podsećaju na osam planeta sunčevog sistema, imaju loptast oblik i kreću se po svojim orbitama oko Sunca. Za razliku od planeta, patuljaste planete nisu bile u stanju da očiste svoje orbite od drugih objekata koji se nalaze na istoj ili približnoj udaljenosti od Sunca. Po veličini, patuljaste planete su mnogo manje od planeta, manje su čak i od Meseca. Po definisanim uslovima Međunarodne astronomske unije (IAU) tela koja nazivamo patuljastim planetama moraju da imaju: dovoljnu masu da imaju loptast ili približno loptast oblik, da kruže oko sunca, da nisu rasčistila svoje orbite od drugih tela i da nisu satelit. Sve patuljaste planete nalaze se u Kuiperovom pojusu ili pojusu asteroida između Marsa i Jupitera. Trenutno je poznato pet patuljastih planeta Ceres, Pluton, Eris, Makemake i Haumea.

## Ceres

Ceres je prvi objekat otkriven u pojusu asteroida. Italijanski astronom Giuseppe Piazzi je 1801. godine otkrio Ceres. Prvo je klasifikovan kao planeta, a naknadno kao asteroid. Od 2006. godine je u grupi patuljastih planeta. Ceres je blago spljošten po polovima, a prečnik na ekvatoru mu je 950



Prilog 26. Građa Ceresa. (Izvor: NASA)

## Osnovni podaci za Ceres

Srednja udaljenost od Sunca	413.690.250 km
Perihel	380.951.528 km (2,547 AU)
Afel	446.428.973 km (2,984 AU)
Period revolucije	4,6 z. godina
Poluprečnik	476,2 km
Obim	2.992,1 km
Specifična gustina	2,09 g/cm <sup>3</sup>
Gravitaciono ubrzanje	0,28 m/s <sup>2</sup>
Period rotacije	0,378 z. dana (9,07417 sati)

km. Njegova masa je 25% mase čitavog pojasa asteroida. Po svom sastavu mnogo je sličniji Zemlji i Marsu nego ostalim asteroidima, ima jasno diferencirane pojaseve gde su u središtu teži elementi, a spoljne slojeve čine lakši elementi. U središtu Ceresa je stenovito unutrašnje jezgro, koje obavlja omotač od leda preko koga se nalazi tanji spoljni omotač sastavljen od finih čestica prašine.

## Pluton

Pluton (*Pluto*) je otkrio Clyde Tombaugh 1930. godine. Orbita mu se nalazi iza orbite Neptuna u zoni koja se naziva Kuiperov pojus. Pretpostavlja se da ima kompaktno stensko jezgro koje okružuje omotač od leda. Površinski sloj je izgrađen od zaleđenog metana i azota. Period revolucije mu je 248 zemaljskih godina, a udaljen je od Sunca 49,3 AU. Pluton ima izrazito eliptičnu orbitu, kada se nalazi u perihelu, blizina Sunca povećava povr-

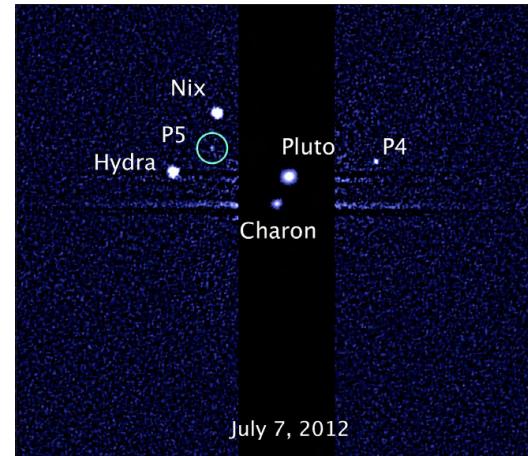
šinsku temperaturu, jedan deo zaledenih gasova se otapa i formira tanak i izuzetno razređen sloj gasova oko Plutona, formira se atmosfera. Kada se Pluto udalji od Sunca, gasovi se ponovo lede i patuljasta planeta ostaje bez atmosfere. Rotacija Plutona je retrogradna, rotira od istoka ka zapadu, a vreme rotacije mu je 6,4 zemaljska dana. Pluto ima satelite. Najveći je Kairon (*Chiron*), udaljen je od Plutona 19.640 km i upola je manji od njega. Otkriven je 1978. godine. Na osnovu fotografija iz 1994. god. dobijenih sa teleskopa Habl (*Hubble*), a na kojima se vidi crvenkasta površina Plutona i sivkasta povrsina Kairona, pretpostavlja se da Kairon ima drugačiji povrsinski sastav od Plutona. Kaironu treba 6,4 zemaljska dana da izvrši revoluciju oko Plutona, a sam Pluto ima isto vreme rotacije. Kao posledica ovakvog vremensko-prostornog rasporeda, uvek ista strana Plutona je okrenuta ka Kaironu i obrnuta.

Posmatranjem Plutona 2005. god. otkrivena su još dva manja satelita, Niks (*Nix*) i Hidra (*Hydra*), a spisak Plutonovih satelita je ponovo dopunjena 2011. i 2012. godine kada su otkriveni Kerber (*Kerberos*) i Stiks (*Styx*).

## Haumea

Haumea je otkrivena 2003. god, a veličinom je slična Plutonu. Ima neobičan oblik, spljoštena na ekvatoru i izdužena po polovima. Ovo je jedan od najbrže rotirajućih objekata u sunčevom sistemu, izvrši rotaciju na svaka 4 sata. Pretpostavlja se da je izgrađena od stenovitog, kompaktnog jezgra, a da

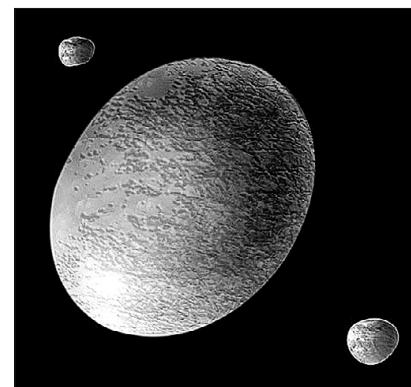
→ Prilog 28. Haumea. (Izvor: NASA)



→ Prilog 27. Pluto sa satelitima, fotografija sa teleskopa Habl. (Izvor: NASA)

## Osnovni podaci za Pluto

Srednja udaljenost od Sunca	5.906.440.628 km
Perihel	4.436.756.954 km (30,162 AU)
Afel	7.376.124.302 km (48,496 AU)
Period revolucije	247,92 z. godina
Poluprečnik	1.151 km
Obim	7.231,9 km
Specifična gustina	2,050 g/cm <sup>3</sup>
Gravitaciono ubrzanje	0,66 m/s <sup>2</sup>
Period rotacije	-6,387 z. dana (retrogradna rotacija)
Površinska temperatura (min/max)	-233/-223 °C



je omotač jezgra izgrađen od leda. Haumea ima i satelite. Otkriveni su 2005. godine, Hi'aka i Namaka.

## Osnovni podaci za Haumeu

Srednja udaljenost od Sunca	6.432.011.461 km
Perihel	5.157.623.774 km (34,48 AU)
Afel	7.706.399.149 km (51,51 AU)
Period revolucije	281,93 z. godina
Period rotacije	0,163 z. dana; 3,915 sati

## Makemake

---

Makemake je malo manja patuljasta planeta od Plutona, treba joj 310 zemaljskih godina da završi revoluciju oko Sunca. Na površini su joj detektovani tragovi zamrznutih gasova, metana, azota i etana. Otkrivena je 2005. godine.

### Osnovni podaci za Makemake

Srednja udaljenost od Sunca	6.783.345.606 km
Perihel	5.671.928.586 km (37,91 AU)
Afel	7.894.762.625 km (52,77 AU)
Period revolucije	305,34 z. godina

## Eris

---

Eris je otkriven 2003. godine i nešto je malo veći od Plutona. Ima izrazito izduženu orbitu, a vreme revolucije mu je 561 zemaljska godina. Tokom revolucije atmosfera koja se stvara prelaskom gasova iz čvrste u gasovitu fazu (sublimacija) u periodu prilaska Suncu se sa udaljavanjem patuljaste planete od Sunca ledi i nestaje. Površina Erisa ima izražen albedo i reflektuje svetlost kao površina snega. Prepostavlja se da se površinska temperatura kreće između -217 °C i -243 °C. Takođe, prepostavlja se da su mu sastav i površinska struktura slični kao kod Plutona. Eris ima jedan poznat satelit, Dysnomia.

### Osnovni podaci za Eris

Srednja udaljenost od Sunca	10.180.122.852 km
Perihel	5.765.732.799 km (38,54 AU)
Afel	14.594.512.904 km (97,56 AU)
Period revolucije	561,37 z. godina
Period rotacije	1,079 z. dana; 25,9 sati

# Meteori, meteoriti

Meteori (ili kako ih u narodu nazivaju "zvezde padalice") predstavljaju međuplanetarni materijal koji pada na Zemlju i pri tom prolazi kroz Zemljinu atmosferu, usled trenja se zagreva, ionizuje i počinje da emituje svetlost. Većina meteora često nije veća od glave čiođe ali zbog ulaska u atmosferu vrlo velikim brzinama (30–40 kilometara u sekundi) stvaraju jak i primetan kratkotrajan bleštav trag, pre nego što u potpunosti ispare. U međuplanetarnom prostoru, oni se nazivaju meteoroidi, slobodno se kreću kroz svemir dok ne dođu pod uticaj gravitacione sile koja privlačno utiče na njihovo kretanje. Procenjuje se da oko 44 tone materijala svakoga dana padne na površinu Zemlje. Nekada se tokom noći vide po nekoliko meteora koji zasijaju nebom, a neretko se dešava i da taj broj bude znatno veći. Takve pojave se nazivaju "meteorske kiše". Neke meteorske kiše se sezonalno ponavljaju kada Zemlja preseca "meteorski potok", zone na svojoj orbiti bogate krhotinama stena, leda, prašine i drugog materijala. Obično su to putanje kojima je prošla neka kometa i gde su ostaci materijala postali meteori. Često, meteorske kiše dobijaju naziv po sazvežđu koje je u blizini tačke (radijant) na nebu iz koje se pojavljuju meteori. Možda najpoznatija meteorska kiša je Perseida, događa se svakog 12. avgusta, a svaki Perseida meteor je delić komete Swift-Tuttle koja se svakih 136 godina se pojavi na nebu. Ostale meteorske kiše koje su u vezi sa kometama su Leonida (kometa Tempel-Tuttle), Orion (Halejeva kometa), Taurid (Enkeova kometa). Većinom su ovo manji meteori koji sagorevaju u Zemljinoj atmosferi.

Veći komadi stena ili metala, poreklom sa asteroida ili drugih planeta sunčevog sistema su po pravilu mnogo veći meteori. U slučaju da uspeju da probiju Zemljinu atmosferu i da stignu do površine Zemlje, tada se nazivaju meteoriti. Mnogi meteoriti su veličine pesnice ali ima i onih veličine automobila ili čak većih kuća.

U svojoj istoriji, Zemlja je preživela brojne velike udare meteorita. Beringer (*Berringer*) krater u Arizoni koji je širok oko 1 km nastao je pre oko 50.000



↑ Prilog 29. Perseida - radijantna tačka. (Izvor: phys.org)

godina udarom meteorita prečnika 50 m sastavljenog od gvožđa i nikla. Veliki meteorit najverovatnije asteroid, udario je Zemlju pre oko 65 miliona godina. Formirao je krater Čikskalab (*Chicxulub*), 300 km širok, na poluostrvu Jukatan. Kao posledica udara, čak 75 % života na Zemlji je nestalo.

Po sastavu, meteoriti se dele na kamene, gvozdene i kamenogvozdenе. Kameni meteoriti se dele na dve grupe, hondrite i ahondrite. Najveći broj meteorita spada u grupu hondrita. Oni su nastali u periodu formiranja Sunčevog sistema i ostali su nepromjenjeni do danas. Predstavljaju informacije o uslovima u kojima je formiran Sunčev sistem. Pojedini naučnici smatraju da su ovi meteori još stariji i da predstavljaju ostatke neke susedne zvezde koja je završila kao supernova. Ahondriti su imali hondritsku strukturu ali je ona promenjena zbog zagrevanja ili udara u drugo telo. Dosta su retki, a smatra se da pojedini vode poreklo sa Veste i Marsa.



Prilog 30. Beringer krater, meteorski krater u Arizoni, SAD. (Izvor: NASA)

Pojedini meteoriti pored silicijum, gvožđa i magnezijuma, sadrže i druge elemente, kiseonik, azot, vodonik pa i vodu.

Gvozdeni meteoriti se sastoje većinom od gvožđa, oko 90%, mogu imati primese nikla, kobalta i drugih metala. Po nastanku, predstavljaju ostatke delove jezgara asteroida. Njihova podela je definisana na osnovu sadržaja nikla, heksahedriti, oktahedriti i ataksiti. Poznat je Alinski meteorit koji je 1947. godine pao na prostoru Sibira u Rusiji.

U treću grupu spadaju kameno-gvozdeni meteoriti kod kojih su najčešći mezosideriti i palasiti. Podela je izvršena na osnovu hemijskog sastava i procentualnog prisustva kiseonika, gvožđa, nikla, azota, ugljenika i drugih elemenata. U izuzetno retku grupu meteorita spadaju enstatski-hondrit meteriti. To su meteoriti koji su nastali pre oko 4,5 milijardi godina i nastali su u delu solarne magline koja skoro da nije imala kiseonik. Upravo zato je glavna odlika ovih meteorita je veoma malo prisustvo ili potpuno odsustvo kiseonika u njihovom sastavu. Ovakav meteorit je Ebi, pronađen u Alberti, Kanada. Najveći do sada otkriveni meteorit se nalazi u Namibiji, a nazvan je Hobo po farmi na kojoj je pronađen. Nalazi se na dubini od jednog metra, ima oblik četvorougla sa stranicama 295 x 284 cm i težak je oko 60 tona. Veliki metorit se nalazi i u Američkom prirodnjačkom muzeju u Njujorku. Težak je oko 34 tone, a 1897. godine je donet sa Grenlanda gde je pronađen.

# Komete, Kuiperov pojas i Oortov oblak

Komete su stare koliko i Sunčev sistem, starost im se procenjuje na oko 4,6 milijardi godina. One predstavljaju ostatke materije iz perioda formiranja Sunčevog planetarnog sistema. Sastoje se od leda, zaledjenih gasova, komada stena i prašine. Često ih zbog sastava nazivaju "prijava grudve". Komete mogu biti izvor informacija o uslovima u kojima je nastao Sunčev sistem. Pored toga, na kometama su registrovane i organske komponente kao i voda pa mnogi naučnici smatraju da su se preko kometa organske komponente rasejavale svemirom i da su na taj način na Zemlji stigle prve organske materije koje će kasnije biti osnov rasta života.

Komete se dele na komete kratkog perioda i komete dugačkog perioda. Veruje se da komete dugačkog perioda, potrebno im je više od 200 godina da načine pun krug oko Sunca, potiču iz Oortovog oblaka, sferne zone koja obavlja Sunčev sistem prečnika oko 1 svetlosne godine. Njihove putanje često daleko odstupaju od ravni orbita većine planeta Sunčevog sistema. Komete kratkog perioda (periodične) sa periodom manjim od 200 godina, dolaze iz Kuiperovog pojasa koji se nalazi iza orbite planete Neptun. Za razliku od dugoperodičnih, njihove putanje su približno u ravni orbita planeta Sunčevog sistema.

Komete (jezgra kometa) se kreću neaktivno po kružnim orbitama sve dok ih gravitacija nekog tela iz Oortovog oblaka ili Kuiperovog pojasa ne poremeti i usmeri ka centru Sunčevog sistema. Tada počinju da se kreću novom, eliptičnom orbitom pod jakim gravitacionim uticajem Sunca. Približavajući se Suncu, kometa se zagreva i led na kometi počinje da sublimira, a veo (koma) od gasova počinje da okružuje jezgro. Iako jezgra kometa retko prelaze 60 km u prečniku, koma komete nekada može da ima i više miliona kilometara u prečniku.

Prilaskom komete Suncu, solarni vetrovi jačaju i po pravilu odnose gasove i prašinu iz kome i formiraju rep komete. Odnošenje kome i formira-



↑ Prilog 31. Komet ISON. (Izvor: NASA)

nje dugačkih repova se dešava na 1,5 AU od Sunca, oko orbite Marsa. Solarni vetrovi su ključni u stvaranju repa komete, a u sastavu repa su iste materije kao i u komi, joni gasova i prašina.

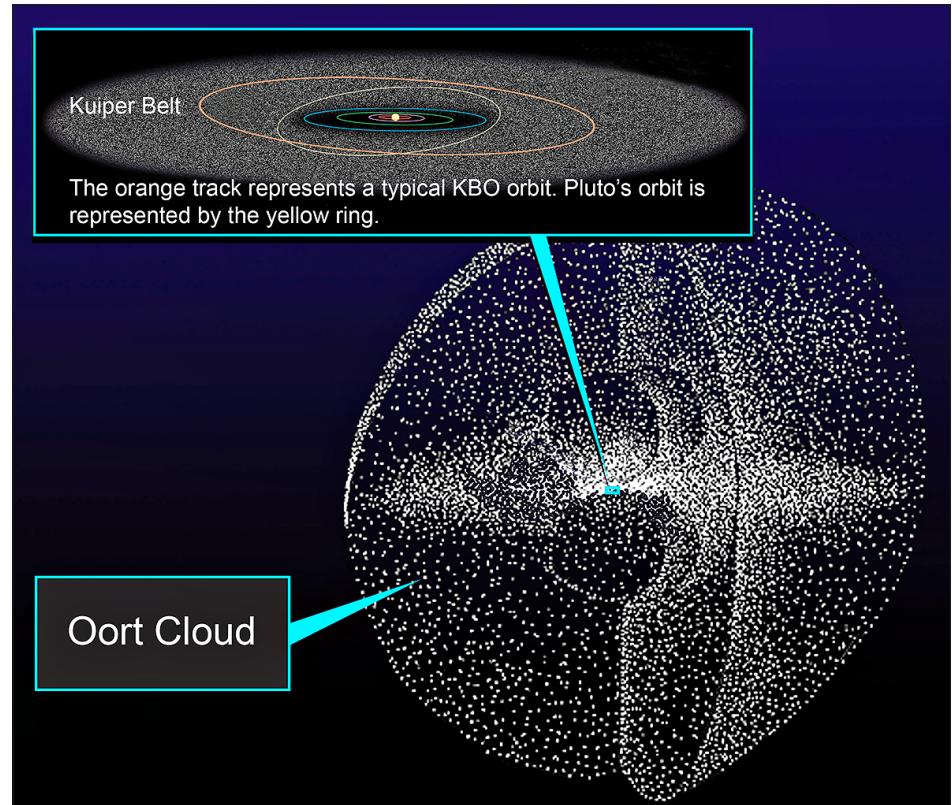
Mnogi naučnici smatraju da se moraju prepoznavati kod kometa dva repa, rep od jona gasova i drugi od prašine. Kod nekih kometa se dešava da rep bude dužine i preko 1 AU. Nauci su poznate brojne komete, jedna od najpoznatijih i najduže posmatranih u istoriji je Halejeva kometa. Ima period od 76 godina, a poslednji put je viđena 1986. godine. Pored nje, poznata je i ISON kometa za koju se pretpostavlja da je počela svoj put pre 3



↑ Prilog 32. Hale-bopp kometa. (Izvor: NASA)

miliona godina i da joj je ovo prvi ulazak u Sunčev sistem. Primećena je u septembru 2012. i od tada su je naučni krugovi redovno pratili. Rasplala se pri prilasku Suncu u novembru 2013. godine. Kometa Tempel-Tuttle ima period od 33 godine. Poznata je po tome što izaziva meteorske kiše na Zemlji. Hale-Bopp kometa je izrazito velika, prečnik jezgra joj je oko 60 km, a period joj je 2.534 godine. Kometa sa najkraćim periodom je Encke-ova kometa čiji period iznosi svega 3,3 godine, jezgro ove komete je malo, svega 4,8 km u prečniku.

Holandski astronom Jan Ort je 1950. godine izneo shvatanje da se oko Sunčevog sistema nalazi sferna površina koja ga obavija i iz koje potiču



↑ Prilog 33. Kuiperov pojaz i Oortov oblak. (Izvor: NASA)

komete, a u kome se nalaze i druga ledena tela. Po njemu, ta sferna oblast je nazvana Oortov oblak. Oortov oblak se nalazi između 5.000 i 100.000 AU od Sunca. U Oortovom oblaku se nalazi do 2 triliona ledenih tela.

Zona oblika diska izvan orbite Neptun se naziva Kuiperov pojaz. Kuiperov pojaz se nalazi u zoni između 30 i 55 AU, a prepostavlja se da u Kuiperovom pojazu ima na stotine hiljada ledenih tela sa prečnikom većim od 100 km.

# Literatura i izvori

---

Aitken, R. G., *Binary Stars*, Dover Publications, Inc., New York, 2009.

Arny, T. T., *Explorations, An Introduction to Astronomy*, Mc Graw-Holl Book Co., New York, 2006.

Calder, N., *Komet dolazi*, O. Keršovani, Opatija, 1985.

Fix, J. D., *Astronomy*, Mc Graw-Holl Book Co., New York, 2004.

Karttunen, H., Kroger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K. J., *Fundamental Astronomy*, Springer, 2003.

Tadić, M., *Astronomija – pogled na zvezdano nebo*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2004.

Taylor, R. J., *The Stars: their Structure and Evolution*, Wykeham Publications Ltd., London, 1994.

Vujnović, V., *Astronomija – osnove astronomije i planetski sastav*, Školska knjiga, Zagreb, 2005.

Vujnović, V., *Astronomija 2: metode astrofizike, Sunce, zvijezde i galaksije*, Školska knjiga, Zagreb, 2010.

\* \* \*

<http://www.iau.org>

<http://www.esa.int/ESA>

<http://www.federalspace.ru>

<http://www.nasa.gov>

<http://solarsystem.nasa.gov>