

Jupiter

– PLINOVITI DIV

Jupiter je golemi plinoviti planet, najveći u Sunčevom sustavu... Svašta na njemu ima: vrtloga, pjege, vjetrova koji pušu gotovo brzinom zvuka, metala koji je »iskovan« od najlakšeg plina... No, ne samo to! Svetarske su sonde otkrile da oko njega kruži čak 67 satelita, pa čak i to da i Jupiter ima prstenove – poput Saturna. O svemu tome piše naš dugogodišnji suradnik Marino Fonović iz Plomina.

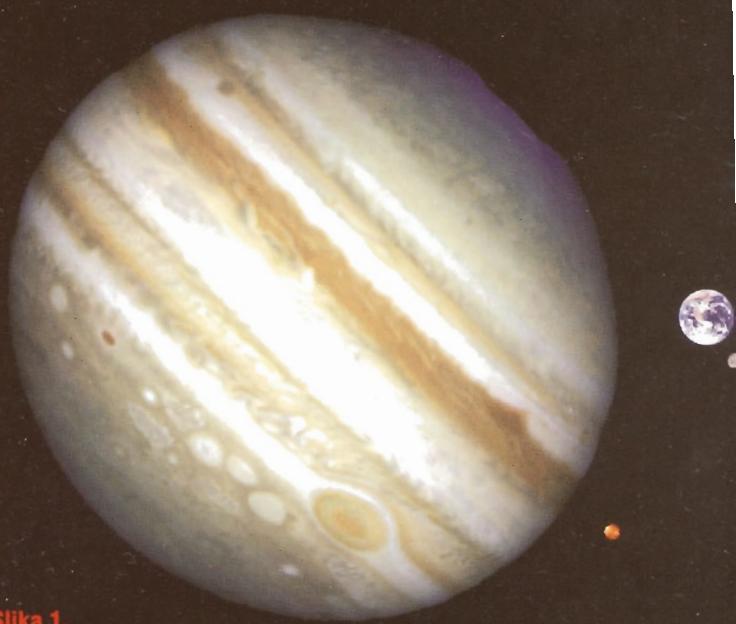
Marino FONOVIĆ, Plomin

Jupiter je najveći i najmasivniji planet Sunčeva sustava, promjer mu je 11 puta veći od Zemljina (sl. 1.), a od nje je masivniji 319 puta. Masa Jupitera je čak 2,5 puta veća od svih drugih planeta zajedno. Dakle, ne samo da je najveći, da je div, nego je div među divovima!

Planet nalik na zvijezdu

Peti planet od Sunca veoma se razlikuje od stjenovitih, Suncu najbližih planeta (Merkur, Venera, Zemlja, Mars). Svi su ti planeti više-manje slični Zemlji, ako po ničemu drugome a ono što svi imaju krutu površinu. No, na Jupiteru ne vidimo ništa takvog, vidimo samo oblake. Njegova vrlo gusta i debela atmosfera sazdana je od vodika i helija, pa stoga ponajviše odgovara sastavu Sunca. Zbog golemog tlaka duboko u unutrašnjosti plinovi su sažeti u tekućinu, a potom u krutinu.

Jupiter kruži oko Sunca na prosječnoj udaljenosti od 800 milijuna kilometara, a obide ga za 11,86 godina. Okreće se najbrže od svih planeta: u ekvatorskom području jedan okret napravi za 9 sati 50 minuta 30 sekundi (»Jupiterov dan«), no područja bliža polovima rotiraju se nešto sporije. Različito razdoblje vrtnje pojedinih širina svojstvo je svemirskih tijela koja nisu kruta. Zbog sile stvorene brzom rotacijom, Jupiter je znatno spljošten. Njegov polarni promjer je sedam posto manji od ekvatorskog.



Slika 1.

Usporedba veličine Jupitera i njegovog satelita Io sa Zemljom i Mjesecom.

Na našem noćnom nebnu Jupiter je treći po sjaju, odmah iza Mjeseca i Venere, pa je stoga poznat od davnina. Njegova četiri najveća mjeseca otkrio je i prvi proučavao Galileo Galilei, stoga se Io, Europa, Ganimed (Ganymede) i Kalisto (Callisto) zovu još i galilejanskim (Galilejevim) mjesecima. Prateći kretanje galilejanskih mjeseca, danski astronom Ole Rømer je 1675. godine izračunao brzinu svjetlosti. Giovanni Cassini prvi je promatrao pjege na Jupiteru, te uočio njegovu spljoštenost koju je Newton kasnije protumačio vrtnjom planeta.

Pratimo li Jupiter teleskopom, opazit ćemo na njemu tamne crvenkaste pruge usporedne s ekvatorom, koje zovemo pojasevima. Pojasevi su odvojeni bjelastim ili bijledožučkastim zonama. Riječ je o raznobojnim oblacima u gornjim slojevima Jupiterove atmosfere. U oblacima opažamo mnogo vrtloga i okruglih pjega od kojih je najuočljivija Velika crvena pjega. S vremenom na vrijeme njezina boja se mijenja od izrazito ciglasto crvene – kakve je boje najčešće – u žučkastu, pa čak i u bijelu boju. Velika crvena pjega je golemi orkan u Jupiterovoj atmosferi.

Sonde za Jupiter

Prema Jupiteru je dosad poslano šest svemirskih letjelica. Sunde Pioneer 10 i 11 prve su izvršile mjerena i fotografiranja planeta. Nakon 21 mjeseca putovanja 3. prosinca 1973. Pioneer 10 proletio je pokraj Jupitera na udaljenosti od 131.000 km i na

Zemlju posao prve podatke i slike. Potaknuti njegovim uspjehom, stručnjaci pri NASA-i preusmjerili su sondu *Pioneer 11* tako da je letjela iznad Jupiterovog sjevernog pola. Potom ju je gravitacija planeta odbacila prema Saturnu.

Uspjeh relativno jednostavnih *Pioneer*a otvorio je vrata ambicioznijem programu istraživanja s pomoću sondi *Voyager 1* i *2*, koje su 1979. snimile spektakularne fotografije Jupitera i njegovih satelita. Otkriveno je da se Velika crvena pjega rotira, da Jupiter ima sustav tankih prstenova vrlo slaba sjaja te polarnu svjetlost. Voyagerove kamere su na Jupiterovom mjesecu *Io* opazile i nekoliko aktivnih vulkana.

Godine 1989. na šestogodišnji put prema Jupiteru lansirana je letjelica *Galileo*. Početkom prosinca 1995. sonda ulazi u putanju oko divovskog planeta, od nje se odvaja mala kapsula s mjernim instrumentima i spušta u Jupiterovu atmosferu. Tijekom 58 minuta, koliko je preživjela, sonda je slala podatke o osvjetljenosti, temperaturi, tlaku, vjetrovima, munjama i općenito o atmosferskim prilikama. Posljednji signal sonda je poslala s dubine od 140 km, mjereno od gornjeg vidljivog oblačnog sloja, na kojoj je tlak dosegao 24 bara.

Uređaji na sondi *Galileo* su pokazali da helija u atmosferi ima skoro u istom omjeru kao i na Suncu, no mnogo je manje kisika i vode od onoga što su znanstvenici očekivali. Gornji slojevi atmosfere imaju višu temperaturu i tlak od predviđenoga. Prilikom spuštanja kroz atmosferu na svim dubinama izmjerene su podjednake brzine vjetra – orkanskih 600 do 700 km h^{-1} .

Orbitalni modul sonde *Galileo* načinio je snimke Jupiterovih oblaka i njegovih mjeseca u visokoj rezoluciji. Snimke s *Galilea* pokazale su i pojedinosti ustroja Jupiterovih prstenova. Istraživanje galilejanskih mjeseca dalo je najviše neočekivanih otkrića, među kojima su na prvome mjestu dokazi o postojanju tekućeg oceana ispod ledene kore na Europi. Kako su na Zemlji oceani bili kolijevka života, postoji pretpostavka da se i u toplijim dijelovima oceana Europe možda razvio život.

Potkraj prosinca 2000. putujući prema Saturnu, na udaljenosti od deset milijuna kilometara od Jupitera proletjela je letjelica *Cassini* snimivši nekoliko fotografija vrlo visoke rezolucije (sl. 2.). U veljači 2007. Jupiteru se na udaljenost 32 njegova promjera, približila i sonda *New Horizons*, ona bi za osam godina trebala doputovati u blizinu dvojnog patuljastog planeta Pluton – Charon.

Od 1991. svemirski teleskop *Hubble* redovito snima Jupiter i tako prati promjene oblika njegovih pojaseva i zona. Snimke su kvalitetom slične onima koje su poslale sonde *Voyager*.

Jupiterova atmosfera

Na osnovi opažanja sa Zemlje te izravno s letjelica, danas možemo govoriti o fizičkim svojstvima i ustrojstvu najvećeg planeta Sunčeva sustava – Jupitera, kao i još udaljenijih plinovitih



Slika 2. Uskovitlani pojasevi oblaka prekrivaju Jupiter na ovom mозaiku izrađenom od 25 slika koje je snimila letjelica *Cassini* s udaljenosti od deset milijuna kilometara (NASA/JPL, Space Science Institute).

divova Saturna, Urana i Neptuna. Kemijski sastav tih planeta vrlo je sličan kemijskom sastavu Sunca, a vrlo različit od sastava stjenovitih unutarnjih planeta. Jupiterova atmosfera sadržava je od 85 posto vodika i skoro 14 posto helija, a uz te plinove u njoj nalazimo metan, amonijak, vodenu paru i etin (acetilen).

Na vrhu Jupiterove atmosfere nalaze se tri sloja oblaka koji dosežu 80 km u dubinu. Malo je turbulentnijih mesta u Sunčevom sustavu od Jupiterove atmosfere, ona je pravi prirodni laboratorij hidrodinamike. Brza rotacija planeta stvara silne vjetrove koji pokreću sustave oblaka u smjeru usporednom s ekvatorom, njih vidimo u obliku karakterističnih pojaseva. Blijedožukaste zone u atmosferi su područja uzdizanja plina, dok su tamni crvenkastosmeđi pojasevi mesta gdje plin ponire. Vrhovi tamnih pojaseva

O ČEMU OVSI BOJA JUPITEROVIH OBLAKA

Razlike u boji Jupiterovih oblaka potječu od varijacije njihova kemijskog sastava. U bijelim zonama, koje su toplije, lebde kristalići smrznutog amonijaka (NH_3) i vode (H_2O). Nešto tamnije žućkasto-narančaste i smeđe nijanse pojasa potječu od kristala amonijeva hidrogensulfida (NH_4HS). Crvenkastu boju nekim detaljima u atmosferi, kao što je npr. Velika crvena pjega, daju kristali crvenog fosfora.

va otprilike su 20 km niži od vrhova svjetlijih zona. Njihov se izgled mijenja unutar nekoliko sati ili nekoliko dana. U zonama i pojasevima vjetrovi imaju suprotne smjerove.

Ispod sloja pojaseva nalazi se treći, najniži sloj oblaka, koji se neposredno ne može vidjeti, a sastoji se od kristalića vodenog leda.

Velika crvena pjega

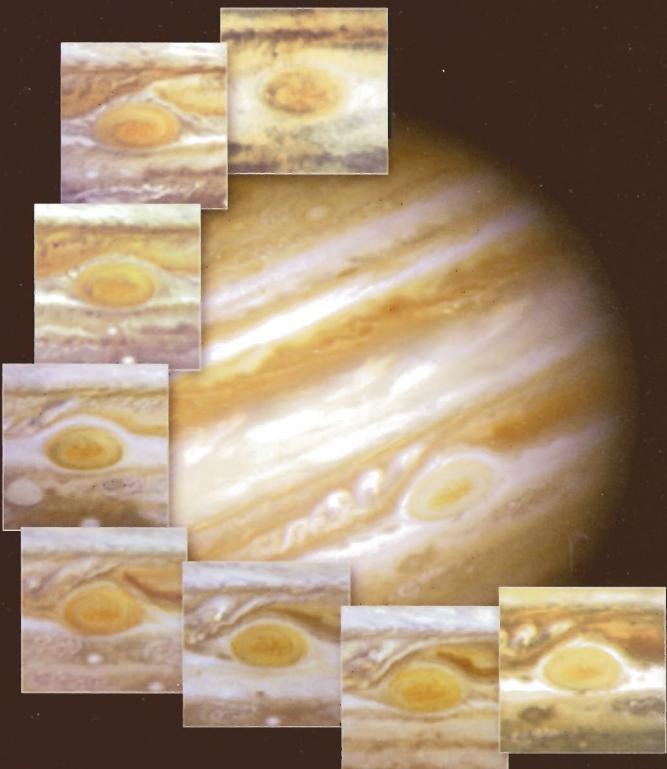
Brza vrtnja, različito razdoblje vrtnje pojedinih dijelova i strujanja suprotnih smjerova u atmosferi dovode do burnih vrtložnih gibanja. U atmosferi Jupitera opažamo mnogo ovalnih pjega. To su golemi vrtlozi slični zemaljskim ciklonama i anticiklonama, među kojima je najpoznatija već spomenuta Velika crvena pjega (sl. 3.). Možemo je opaziti na južnoj polutci planeta i malim teleskopom. Prvi put je videna prije više od 300 godina. Zasluge za njen otkriće se najčešće pripisuju Giovanniju Cassiniju i Robertu Hookeu. Od tamnocrvene, kakve boje je najčešće, može se promijeniti u žućkastu, pa čak i u bijelu boju. Ponekad izgleda kao da nestane, pa se opet pojavi poslije nekoliko godina ili desetljeća.

Velika crvena pjega je područje visokog tlaka u Jupiterovoj atmosferi, ta golema anticiklona može narasti i do veličine tri Zemljine promjera. Vrhovi oblaka Velike crvene pjege su osam km viši i hladniji od okoline. U središtu se vrti sporije, gibanje plinova je kaotično, na vanjskom rubu vrti se najbrže. U smjeru suprotnom kazaljki sata pjega se okreće jednom u svakih šest zemaljskih dana. Udaljenost Velike crvene pjege od ekvatora je stalna, no znade se pomicati prema zapadu ili istoku. Zamjećeno je snažna cirkulacija atmosfere oko pjege (sl. 4.).

Unatoč svim pokušajima da se načini model Velike crvene pjege, nikome još to nije uspjelo, jer ni do danas još nisu dovoljno



Slika 3. U blizini Velike crvene pjege oblaci nošeni vjetrom bržim od 500 km h^{-1} tvore goleme vrtloge i valovite šare (NASA/JPL Voyager).



Slika 4. Svetmirski teleskop *Hubble* od 1991. godine redovito snima Jupiter i prati promjene oblika Velike crvene pjege (HST/Hubble Heritage Team AURA/STScI/NASA).

jasni mehanizmi koji osiguravaju dugovječnost ove pojave. Postojanost Velike crvene pjege ponajprije se objašnjava činjenicom da vrtlog ne gubi energiju pri dodiru s tvrdom površinom. Gubitke pak energije zbog viskoznosti pjege može nadoknaditi usisavanjem manjih vrtloga. Naime, opaženo je da kada joj se približe manje anticiklone, ona ih jednostavno usiše. Bijele i crvene anticiklone pjege pojavljuju se na rubovima pojaseva na većim širinama. Znanstvenici su 1998. pratili kako se tri bijela ovala, koji su bili vidljivi 50-ak godina, stupaju u jedan vrtlog.

Tamne ciklonske pjege pojavljuju se na rubovima pojaseva blizu ekvatora. Bijele ciklonske pjege javljaju se unutar pojaseva i zbog slabog kontrasta teleskopima sa Zemlje teško ih je opaziti. Međutim, lijepo su vidljive na snimkama dobivenim svemirskim sondama. Nastaju najčešće na većim širinama, a javljaju se i na istočnoj strani Velike crvene pjege. Tamne, najčešće modro obojene, anticiklone pjege su majušni, prilično dugovječni vrtlozi koji nastaju u mlazovima.

Recimo još i to da je aktivni sloj oblaka prilično tanak, tanji od jedne stotinke planetova radiusa. Jupiterova atmosfera je debla oko 1000 km, oblaci slojevi vidljivi sa Zemlje nalaze se u njezinim donjim dijelovima.

Vodik kao rastaljeni metal

Tlak, temperatura i gustoća prema unutrašnjosti planeta stalno rastu. Na dubini od otprilike 1000 kilometara, nalazi se ocean tekućeg vodika (sl. 5.). Zbog goleme težine vanjskih slojeva na dubini od 17.000 kilometara i niže, tlak dostiže više desetaka milijuna bara, pa vodik prelazi u metalno tekuće stanje.

Obični tekući vodik sastoji se od gusto složenih molekula vodika (H_2), ali u oporim uvjetima što vladaju u središtu Jupitera molekule vodika se cijepaju na atome vodika. U tako gusto raspoređenim atomima pojedini elektroni mogu se oslobođiti i početi voditi električnu struju, isto onako kako se to događa u metalu. Struja koja prolazi metalnim vodikom proizvodi vrlo jako magnetsko polje oko cijelog Jupitera. Smjer magnetskog polja suprotan je magnetskom polju na Zemlji, magnetska je os priklonjena 11° prema osi rotacije. U blizini Jupitera radijacija premašuje 25 puta dozu smrtonosnu za čovjeka. Elektroni što zuje kroz Jupiterovo golemo magnetsko polje stvaraju radiosignale koji su otkriveni još 1954. godine. Jupiterovo magnetsko polje uzrokuje intenzivnu polarnu svjetlost (sl. 6.). (Inače, postojanje metalnog vodika je dokazano u laboratorijima na Zemlji 1996. godine.)

Mjerenja gravitacijskog polja ukazuju da se unutar debelog sloja metalnog vodika nalazi vjerojatno kameni jezgra mase deset do 15 masa Zemlje.

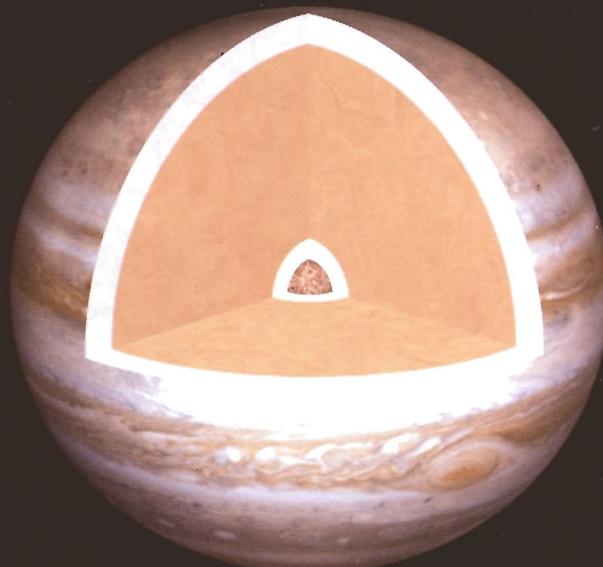
Jupiterova unutrašnjost vrlo je vruća, temperature u središtu dostižu čak 20.000 K . Zbog svoje vruće jezgre Jupiter oslobada 67 posto više topline nego što je prima od Sunca. Kad bi ga grijalo samo Sunce, temperatura njegovih vanjskih dijelova bi bila 140 K , međutim stvarna temperatura je za 20 K viša. Višak topline se objašnjava Kelvin-Helmholtzovim mehanizmom, dakle da potencijalna energija gravitacijskog polja sažimanjem prelazi u unutarnju energiju. No, ako je to tako, to bi bilo dovoljno da se Jupiter u jednoj godini sažme za samo $0,7\text{ mm}$. Osim toga smatra se da se Jupiterova atmosfera zagrijava i toplinom zaostalom još od stvaranja planeta te energijom radioaktivnog raspada.

Iako velik, Jupiter bi trebao imati 80 puta veću masu da bi u njegovu središtu mogle započeti termonuklearne reakcije čime bi se pretvorio u zvijezdu. Pa ipak, Jupiter nije najveći planet: posljednjih godina u drugim zvjezdanim sustavima otkriveni su mnogi planeti veći od njega.

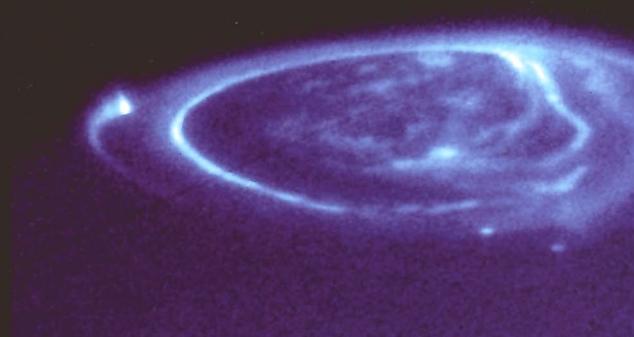
Jupiterovi mjeseci

Kao što to dolikuje golemom planetu, Jupiter ima najviše prirodnih satelita: do sada ih je poznato 67. Jupiterove mjesece možemo podijeliti u nekoliko grupa. U prvu grupu spadaju Jupiteru najbliže četiri mala mjeseca s kružnim putanjama u ravnini Jupiterova ekvatora. To su: Metis, Adrestea, Amaltea (*Amalthea*) i Teba (*Thebe*). Ti su sateliti toliko blizu Jupiteru da će prije ili kašnije pasti na njega. Vjeruje se da su to goleme krhotine mnogo većeg mjeseca koji više ne postoji.

Drugu grupu čine četiri galilejanska mjeseca – Io, Europa, Ganimed i Kalisto (sl. 7.), promjera od 0,9 do 1,5 našeg Mjeseca. Kao i prva grupa satelita i oni obilaze Jupiter u gotovo kružnim stazama i to praktički u ravnini ekvatora. Vrijeme obilaska oko



Slika 5. Ustroj Jupitera: vanjska ovojnica sastavljena je pretežno od molekularnog vodika, a idemo li sve dublje, vodik je najprije sažet u tekući vodik, potom u metalni vodik. U središtu planeta je mala stjenovita jezgra (Calvin J. Hamilton).



Slika 6. Polarna svjetlost iznad Jupiterova sjevernog pola snimljena u ultraljubičastom dijelu spektra (NASA, ESA, John T. Clarke, Univ. of Michigan).

matičnog planeta im je od jednog do desetak dana. Razdoblje rotacije je sinkronizirano s razdobljem obilaska, što znači da su uvijek istom stranom okrenuti prema Jupiteru.

U treću grupu ulaze Leda, Himalia, Lisitea (*Lysithea*), Elara i S/2000 Jll. Staze su im svima jako izdužene i oko 30 stupnjeva nagnute prema ekuatoru planeta. Svi su sateliti gotovo u istoj ravnini. Budući da im se srednje udaljenosti od Jupitera malo razlikuju, ni razdoblja obilaska nisu im uvelike različita.

Slijedi grupa od 25 satelita na prosječnim udaljenostima od Jupitera između 19 i 25 milijuna kilometara. Najveći sateliti iz ove skupine su Ananke, Karme (*Carme*), Pasife (*Pasyphe*) i Sinope,



Slika 7. Jupiterovi najveći mjeseci uspoređeni s matičnim planetom i njegovom Velikom crvenom pjegom (NASA/JPL).

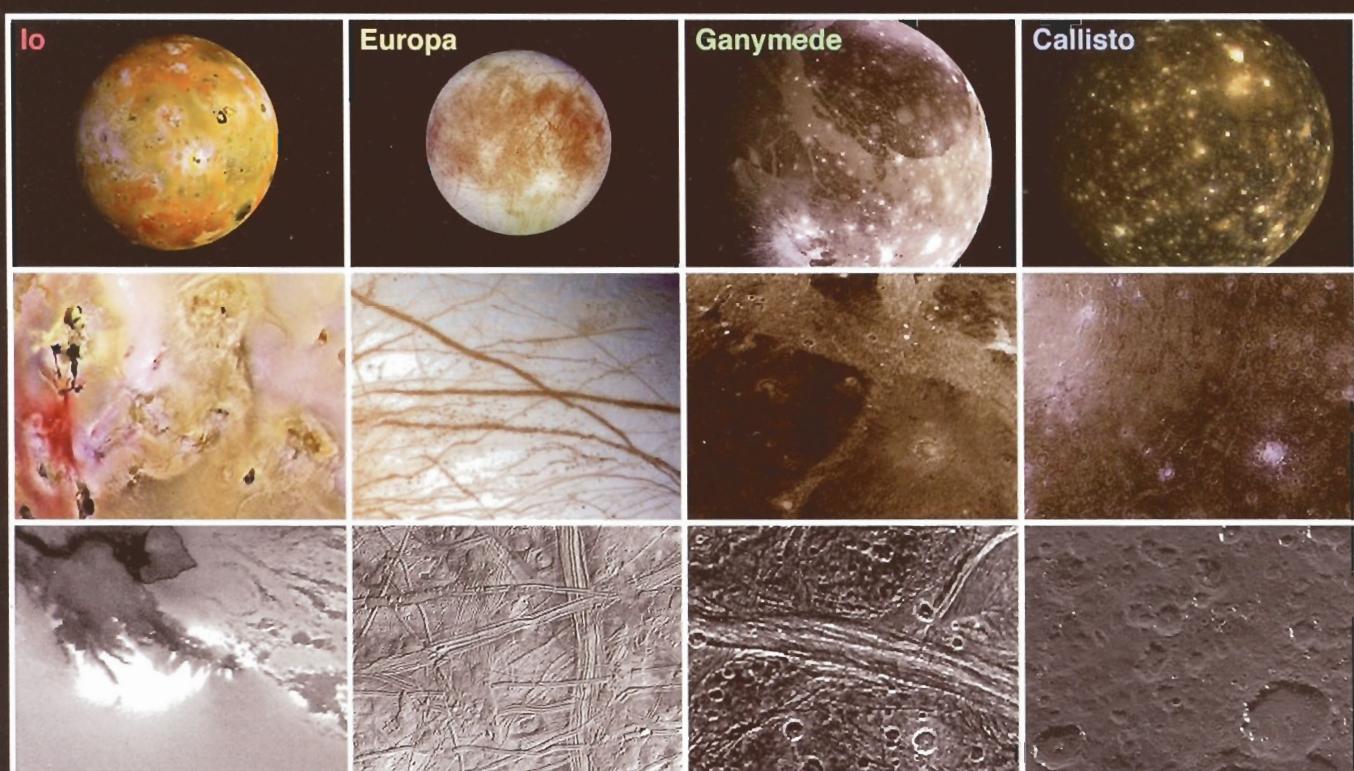
dok su ostalih 21 promjera manjeg od deset km. Oko Jupitera kruže po izduženim stazama u suprotnom smjeru od unutarnjih mjeseca. Svi sateliti iz treće i četvrte skupine su mala tijela nepravilna oblika. To su vjerojatno asteroidi zarobljeni gravitacijskim poljem Jupitera. Pretpostavlja se da bi Jupiter mogao imati stotinjak satelita promjera većeg od jednog kilometra.

Četiri Galilejeva mjeseca

Galilejanski mjeseci su pravi svjetovi, svaki od njih je po mnogo čemu jedinstven (sl. 8.). Oni podsjećaju više na Zemlji slične planete, nego na stjenovite pustoši Mjeseca. Letjelice *Voyager* omogućile su nam da te neobične svjetove prvi put jasno vidimo, a nekoliko godina kasnije detaljnije ih je snimila sonda *Galileo*. U nastavku ćemo svaki od njih pobliže upoznati.

Io, koji je od četiri galilejanska satelita najbliži Jupiteru, ima vrlo jaku vulkansku aktivnost, najjaču u Sunčevu sustavu. Zbog silnog sumpora izbačenog iz unutrašnjosti ima vrlo neobičnu boju (sl. 9.), mješavinu crvene, žute, crne i bijele. Površina mu je prekrivena vulkanima, jezerima rastaljenog sumpora, potocima lave, rasjedima i pukotinama te planinama visokim do deset kilometara.

Kamere *Voyagera* opazile su aktivne vulkane (sl. 10.) od kojih su neki izbacivali perjanice plina visoke i 300 km. U blizini tla



Slika 8. Četiri galilejanska mjeseca: Io, Europa, Ganymede i Kalisto više nalikuju na planete nego satelite. Svaki je jedinstvena pojava u Sunčevom sustavu (NASA/JPL).

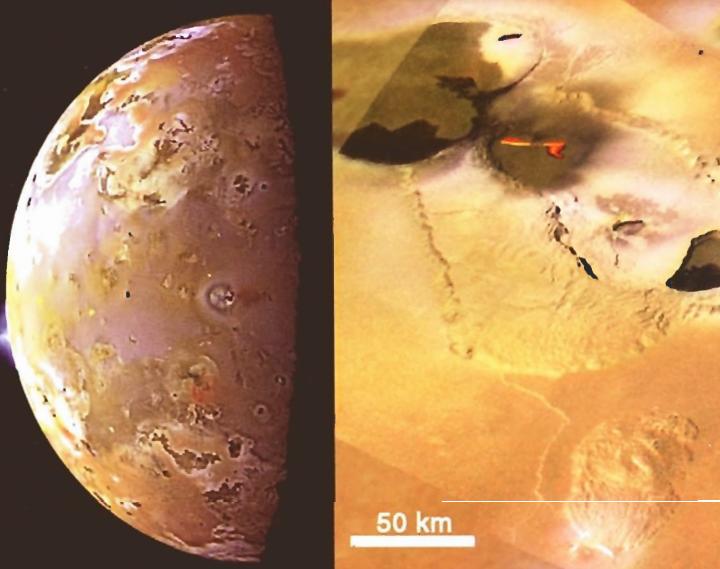
lava je izbijala brzinom od 500 do 1000 m/s. Zbog silne vulkanske erozije, kora planeta nije starija od 100 milijuna godina, pa stoga na površini nije uočen nijedan meteoritski krater. Io je obavijen vrlo rijetkom atmosferom sazdanom od sumporova dioksida.

Gravitacije Jupitera i druga tri galilejanska satelita, posebice Europe, neprestano guraju i povlače Io. Djelovanje jakih plimnih sila u unutrašnjosti satelita uzrokuje silna trenja, pritom se razvija velika toplina, pa je unutrašnjost satelita vruća i rastaljena. Zagrijavanju unutrašnjosti pridonose i jake električne sile Jupiterove magnetosfere. Posljedica svega toga je pojačani vulkanizam na površini. S obzirom na to da postoji stalni vanjski izvor energije, unutrašnjost Ioa ostala je rastaljena još od vremena njegova nastanka.

Ocean na Europi

Slijedeća po udaljenosti od Jupitera je Europa, posve prekrivena glatkim vodenim ledom koji odražava svjetlost podjednako dobro kao i Venerini oblaci. Njezina ledena površina išarana je sivkastim prugama dugim i do tisuću kilometara (sl. 11.).

Led na površini Europe je zapravo cijelina sastavljena od mnogo malih ledenih santi. Dugačke tamne pruge su zaledeni spojevi na mjestima gdje su veće sante popucale. Sonda Galileo skupila je dokaze koji ukazuju na postojanje oceana tople vode ispod



Slika 10. Svemirske sonde *Voyager* i *Galileo* na površini satelita Io otkrile su aktivne vulkane, uz mnoge potoke i jezera rastaljene lave (NASA/JPL-Caltech, Voyager, Galileo Project).

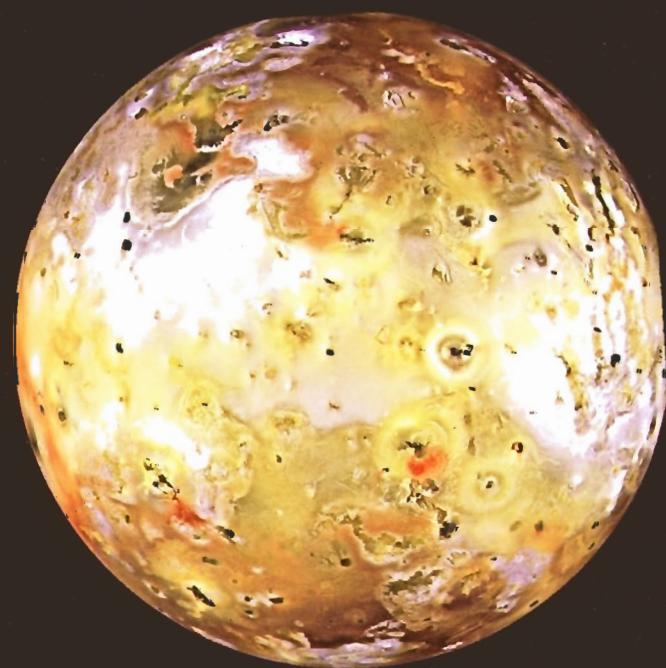
ledenog pokrova debelog od deset do 20 km. Baš kao i kod Io, plimne sile Jupitera i njegovih velikih satelita djeluju na Europu, pa u njenom oceanu nastaju snažne plime i oseke koje uzrokuju pucanje kore.

Voda se zagrijava toplinom iz unutrašnjosti, pa se u toplijim dijelovima oceana možda razvilo život. To je vrlo primamljiva hipoteza, pa zato svemirske agencije već imaju projekte za sonde, koje bi se spustile na Europu i pokušale naći moguće dokaze o postojanju života.

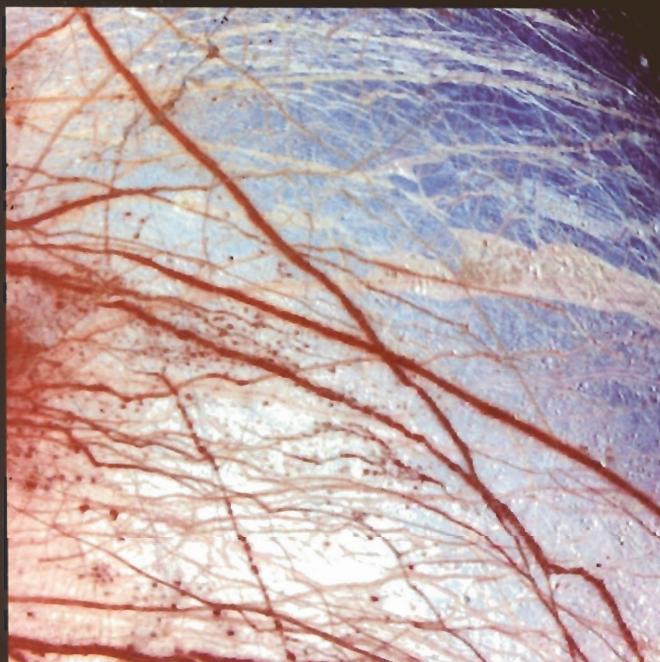
Led i površina na Europi nisu posve ravni, na slikama dobivenim pomoću sonde *Galileo* vidi se da ima i malih brda i dolina, nađeno je i nekoliko malih udarnih kratera. Ledeni pokrov je premale čvrstoće da bi sačuvao veće kratere, osim toga i on se sam neprestano mijenja i obnavlja. Svemirski teleskop Hubble je oko Europe čak otkrio rijetku kisikovu atmosferu.

Jupiterov najveći satelit je Ganimed (sl. 12.). Promjer mu je 5262 kilometra, što znači da je veći od najmanjeg planeta Merkura. To je očito najveći satelit u Sunčevu sustavu.

Sonda *Galileo* otkrila je da Ganimed ima vlastitu magnetosferu. Prepostavlja se da ima malu željeznu jezgru, okruženu stjenovitim omotačem i tankom korom od vodenog leda. Površina Ganimeda vrlo je raznolika. Trećinu polutke, okrenutu prema Jupiteru, zauzima tamno ovalno područje, *Regio Galileo*, promjera 4000 km. Tamna područja s mnogo udarnih kratera su starija, dok su svjetlija, znatno mlada područja nastala izljevanjem i ponovnim zaledivanjem rastaljene smjese. Na površini se opažaju



Slika 9. Io je prepun vulkana koji neprestano mijenjaju njegovu površinu. Neobična boja njegova tla, mješavina žute, crvene i crne, potječe od sumpora i sumporova dioksida izbačenog prilikom vulkanskih erupcija (NASA/JPL-Caltech).

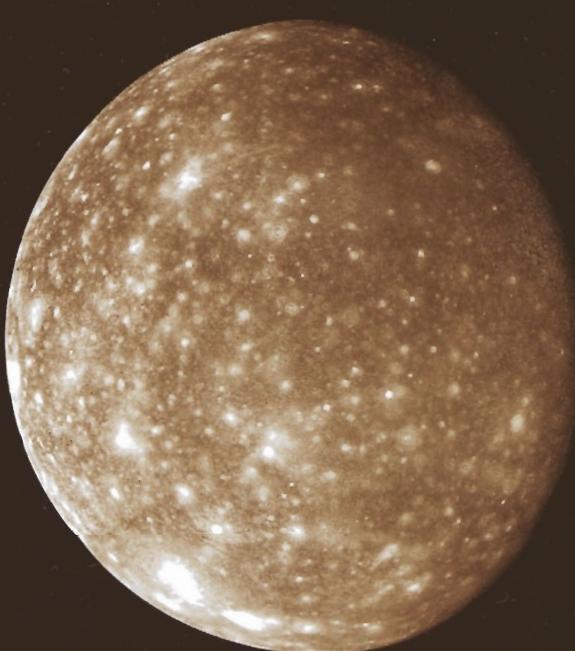


Slika 11. Detalj s ledene površine Europe: tamne crte su pukotine u ledu kroz koje je tvar iz unutrašnjosti dospjela na površinu. I to dokazuje da se ispod debelog sloja leda nalazi ocean tekuće vode (NASA/JPL Galileo Project).

mnogi rasjedi do kojih je došlo zbog pomicanja velikih ledenih ploča. Debljina ledenog pokrova procjenjuje se od 100 do 200 km. Ganimed ima i vrlo rijetku atmosferu.

Posljednji od galilejanskih satelita je Kalisto (sl. 13.). Njegova je površina posve prekrivena kraterima, pa svjedoči o žestokom meteoritskom bombardiranju za nastanka Jupiterovog sustava. Unatoč tomu reljef Kalista je gladak, što znači da vremenom zbog pomaka u kori dolazi do ravnjanja rubova kratera.

Najveći krater na Kalistu je Valhala. Promjer mu je oko 600 km. Okružen je sustavom koncentričnih krugova koji se od njegova središta šire do udaljenosti 1500 km. Nastao je padom



Slika 13. Najtamniji Jupiterov satelit Kalisto ima najveću gustoću kratera od svih poznatih tijela. Krateri su toliko gusti da se međusobno preklapaju i među njima gotovo i nema ravnih dijelova (NASA/JPL Voyager 2).

velikog tijela koje je probilo ledenu koru i rastalilo je, da bi se voda ponovno zaledila, no sada u vidu kružnih valova. Kalisto je najtamniji od galilejanskih satelita s vrlo malo kontrasta. Sazdan je od oko 60 posto stijena, dok ostatak čini voda, bilo u krutom ili tekućem stanju.

I Jupiter ima svoje prstenove

Otkriće svemirske sonde Voyager 1 prilikom njenog bliskog susreta s Jupiterom 1979. godine koje je najviše iznenadilo znanstvenike bilo je i da taj planet ima sustav prstenova, istina vrlo blijedih. Kasnije snimke Voyagera 2 i sonde Galileo (sl. 14.a) pokazale su pojedinosti njihove građe. Veličina čestica od kojih su prstenovi sazdani kreće se od nekoliko mikrometara do nekoliko metara. Prstenovi se prostiru sve do površine planeta, a nastaju od materijala izbačenog s Jupiterova četiri unutrašnja mjeseca. Te Jupiterove satelite, zbog njihove uloge u očuvanju prstenova, nazivamo pastirskim satelitima.

Najблиži Jupiteru je slabašni halo prsten širok oko 20.000 km, koji ima oblik torusa. Na njega se nastavlja 6000 km široki glavni najsvjetlij prsten (sl. 14.b). Vjeruje se da su sateliti Metis i Adrastea izvor materijala za Jupiterov glavni prsten. Prašina s njihove površine biva izbačena u svemir prilikom udara meteora i kometa. Dva mala satelita Amaltea i Tebe opskrbljuju materijalom vrlo rijetke vanjske, Gossamerove prstenove.



Slika 12. Ganimed je najveći satelit Sunčeva sustava. Uz mnogobrojne udarne kratere na njegovoj površini se uočava veliki tamni oval nazvan *Regio Galileo* (NASA/JPL Caltech).

Jupiterovi prstenovi su oko deset tisuća puta manje sjajni od Saturnovih prstenova, pa ih je vrlo teško promatrati sa Zemlje. Najuočljiviji su u infracrvenom dijelu spektra. Prstenovi su najbolje vide kada se promatraju prema Suncu, dakle iz smjera suprotnog od smjera Sunčeve svjetlosti. Jupiterovi prstenovi su znanstvenicima vrlo zanimljivi, jer se u njima mogu promatrati procesi slični onima koji su se odvijali u vrijeme nastanka Sunčeva sustava.

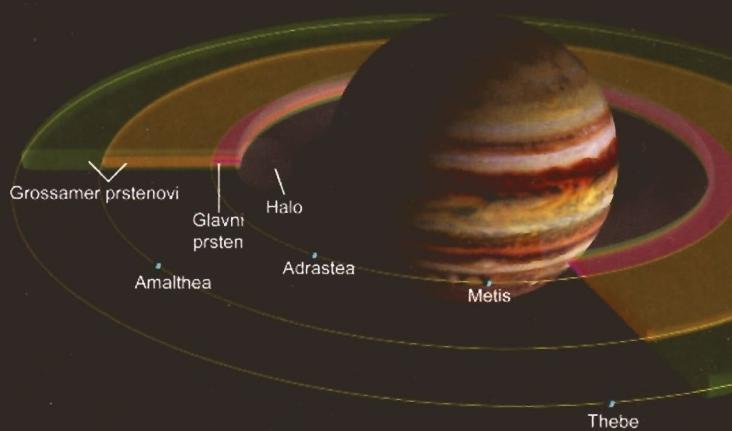
Lovac na komete

Jupiterova vrlo jaka privlačna sila utječe i na gibanje kometa. Tako je nastala Jupiterova obitelj kometa koja ima oko stotinu članova. Razdoblja obilaska oko Sunca kraća su im od deset godina. Prilikom bliskih susreta kometa s masivnim planetom mogući su i zahvati kometa na satelitske putanje, raspad jezgre kometa, pa čak i sudar.

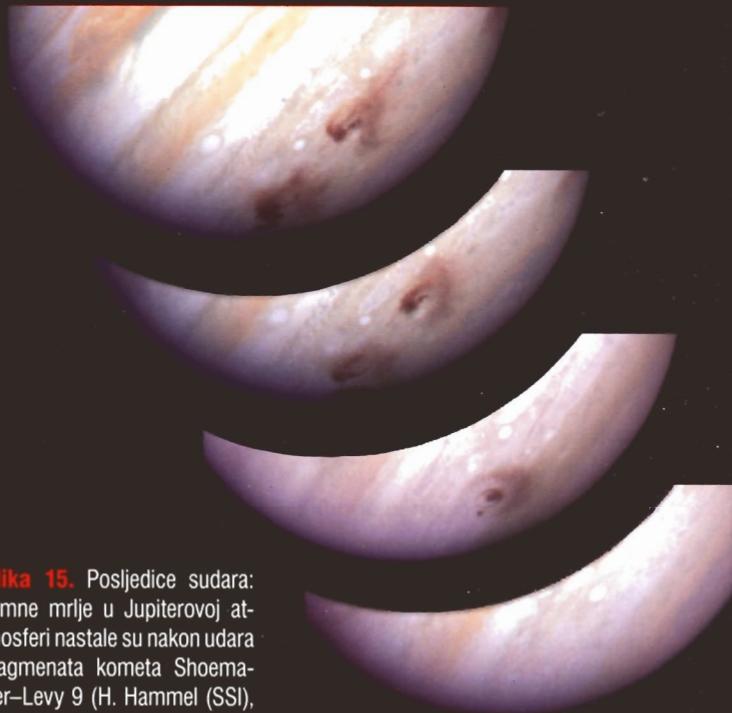
Komet Shoemaker-Levy 9 rastrgale su Jupiterove plimne sile, pa je njegov 21 komad u srpnju 1994. brzinom od oko $216.000 \text{ km h}^{-1}$ udario u atmosferu planeta. Neki od udara izbacili su plamene kugle promjera 4000 km koje su se podigle 2000 km iznad vrhova oblaka.



Slika 14.a Na ovoj snimci sonde *Voyager* jasno se vide vrlo tanki Jupiterovi prstenovi (NASA/JPL Caltech).



Slika 14.b Prsten i njegovi »pastiri«: uz Jupiterov sustav prstenova vide se i četiri mala unutarnja mjeseca (NASA/JPL Caltech).



Slika 15. Posljedice sudara: tamne mrlje u Jupiterovoj atmosferi nastale su nakon udara fragmenata kometa Shoemaker-Levy 9 (H. Hammel (SSI), WFPC2, HST, NASA).

Mjesta udara vidjela su se kao tamne pjege u Jupiterovoj atmosferi (sl. 15.). Nakon što je šira javnost spoznala prijetnju iz svemira promatrajući udar fragmenata kometa Sheomaker-Levy 9 u atmosferu Jupitera, počela se provoditi sustavna potraga za asteroidima i kometima koji bi mogli ugroziti Zemlju.

NOVOSTI S JUPITERA – 2016. GODINE

NASA je u kolovozu 2011. prema Jupiteru uputila sondu *Juno* koja će ući u njegovu polarnu putanju. U planiranu stazu oko Jupitera sonda bi trebala ući 4. lipnja 2016. *Juno* će istraživati atmosferu i magnetosferu Jupitera, ali i njegove mjeseca pokraj kojih bude prolazila.

I što na kraju reći? Jupiterova mnogočlana obitelj koja obuhvaća vrlo raznolika svemirska tijela doista je Sunčev sustav u malom. O njemu smo mnogo doznali, prije svega svemirskim sondama *Voyager*, *Galileo* i *Cassini*, no još su ostale mnoge nepoznanice. Postojanje pak oceana tople vode na Jupiterovom mjesecu Europa povećalo je interes za proučavanje galilejanskih satelita. Nove misije proširit će naše spoznaje o divovskom planetu, njegovim prstenovima i satelitima te pridonijeti boljem razumijevanju nastanka i razvoja cijelog Sunčevog sustava kao i novootkrivenih planetarnih sustava oko drugih zvijezda.