



*Prof. dr Dragan Gajić*

*Da Jupitera nije bilo, ni  
nas ne bi bilo!*

Da ne bi bilo nedoumica oko naslova: ovo "ni nas ne bi bilo" ne odnosi se samo na "nebeski narod najstariji", koji je na treći kamen od Sunca Bog doveo zajedno sa amebama. Misli se na sveprisutan život na našoj planeti.

OK, ali sada se pojavio još jedan problem: u savremenoj biologiji i astrobiologiji nema sveobuhvatne i funkcionalne definicije života koja bi se odnosila na život na bilo kom mestu u svemiru i u ma kojoj formi.

Iako ne možemo da damo pravu definiciju života, čini se da znamo koji uslovi moraju da budu ispunjeni da bi se na bilo kom mestu u svemiru formirao i razvijao život.





Mnogi astrobiolozi smatraju da je život retka pojava svemiru, jer je neophodno da istovremeno bude ispunjen veći broj uslova. Konjuktura tih uslova je proizvod malih verovatnoća za njihovu ispunjenost, tako da je verovatnoća za nastanak života u svemiru ekstremno mala ("hipoteza retke Zemlje"). Sa druge strane, polazeći od univerzalnosti fizičkih zakona i činjenice da Zemlja i S. sistem ni po čemu nisu privilegovano mesto u Kosmosu, a kako su na Zemlji ispunjeni uslovi za nastanak života (čim on na njoj postoji), nema razloga da i na ogromnom broju drugih planeta u Kosmosu ne postoji život ("kopernikanski princip"). U astrobiologiji se kao osnovno ističe se da su za nastanak života neophodni:

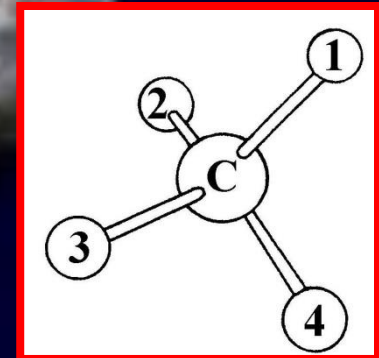
- 1) izvor energije
- 2) vrsta atoma koja omogućuje stvaranje složenih molekulskih sklopova
- 3) tečni rastvarač u kome bi molekuli mogli da se kreću i stupaju u međudejstvo
- 4) dovoljno vremena da se život začne i razvije



Verovatno da prvi i četvrti uslov nisu ozbiljna prepreka za nastanak života: zvezde su snažni izvori energije koji traju stotinama miliona i milijardama godina, a kao mogući izvori energije mogu da posluže svrsi i radioaktivnost (npr. elementi K, Th,U).

Iz pomenutih osnovnih uslova izvodi se niz drugih uslova koji nemaju iste "težine", ali je svaki od njih bitan za nastanak i razvoj života.

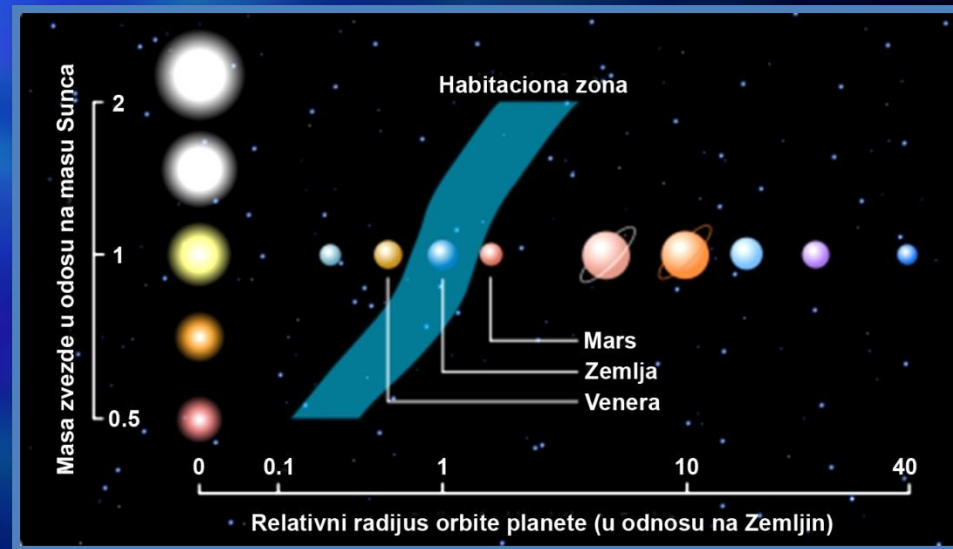
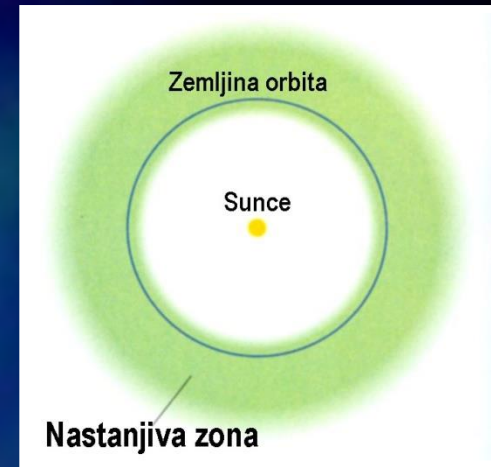
1. Za nastanak života neophodna je tečna sredina. Kako se pokazuje, najpogodniji je vodeni tečni omotač, s obzirom da je ona izuzetno dobar rastvarač.
- 2) Planeta treba da ima elemente, čiji atomi mogu da grade složene molekule. Upravo takav je ugljenik.



Uz ova dva uslova vezuje se i pojam nastanjive (habitative) zone. To je prostor oko zvezde u kome su temperaturski uslovi takvi da na planetama unutar njega može postojati tečni omotač, koji je neophodan za formiranje života na bazi ugljenika.

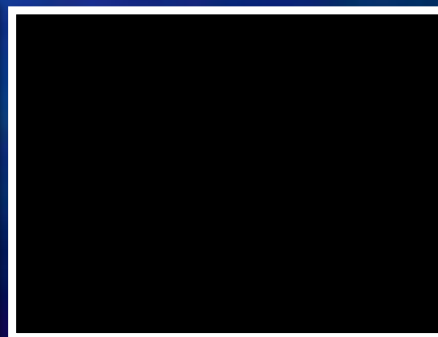
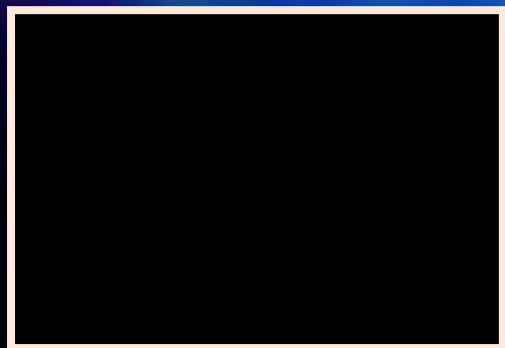
Položaj i širina habitacione zone zavise od tipa zvezde. Najveći broj astrobiologa smatra da se u habitacionoj zoni Sunca nalaze Zemlja i Mars.

Da bi se na nekoj planeti mogao da formira život ona mora da se nalazi u habitacionoj zoni matične zvezde.





3. Zračenje matične zvezde treba da omogući dovoljnu pokretljivost čestica i stvaranje makromolekula.
4. Život može da nastane samo oko zvezda određenih klasa, čije su mase takve da im omogućavaju dovoljno dug boravak u stabilnoj fazi, što je preduslov za formiranje i evoluciju života.
5. Život ne može da nastane oko zvezda koje se nalaze u blizini jezgara galaksija, gde je koncentracija zvezda velika, pa je i intenzitet ubitačnih zračenja veliki. U toj oblasti su česte ubitačne eksplozije supernovih i gama bleskova.

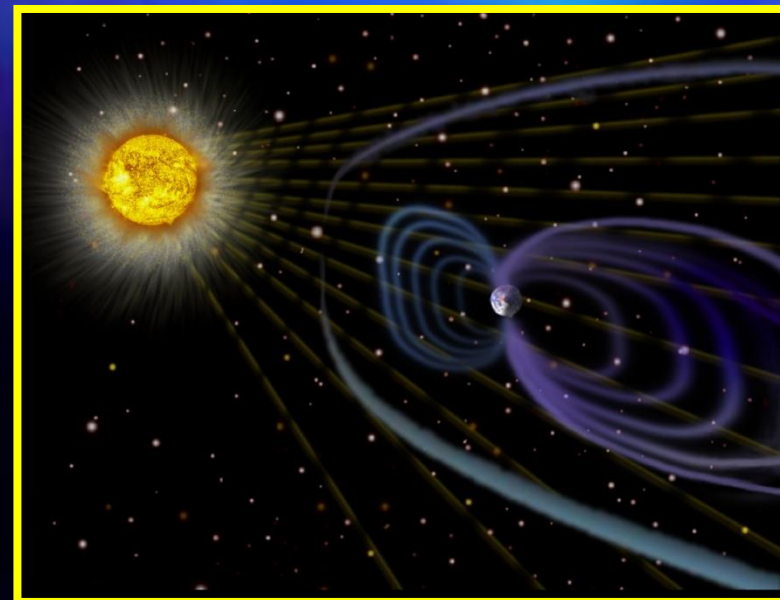


Pored ovih, "tvrđih", postoji i čitav niz manje strogih, ali sa astrobiološkog stanovišta ipak značajnih uslova.

6. Zbog nestabilnih uslova život teško da može da nastane na planetama u tesnim dvojnim sistemima.



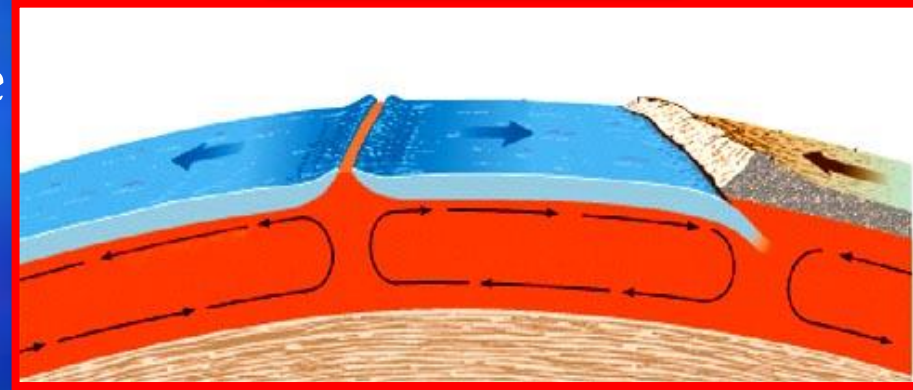
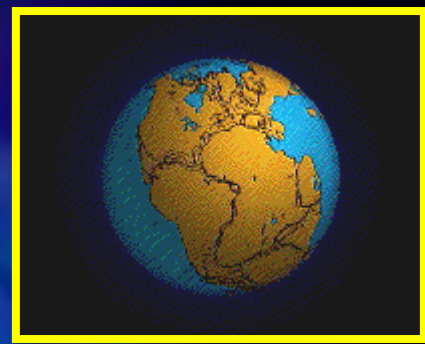
7. Planeta "inkubator" treba da ima atmosferu i magnetosferu koje omogućuju nastanak i razvoj života (štite ga od opasnog e.m. i korpuskularnog zračenja).



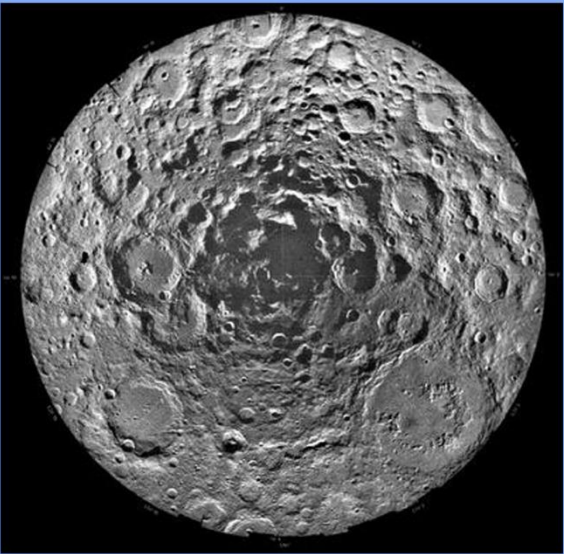


8. Masa planete treba da bude dovoljno velika da onemogući preveliku disipaciju atmosfere (0.1 do nekoliko desetina  $M_Z$ ).

Planeta treba da je tektonski aktivna jer se time obezbeđuje kruženje supstanci značajnih za život (npr. ugljenika).



Izgled južnog pola Meseca



9. Prisustvo satelita oko planete "inkubatora" utiče na formiranje, a pre svega opstanak života, jer smanjuje broj katastrofalnih udara u planetu i čini njenu rotaciju stabilnijom.



10. U planetarnom sistemu, osim planete "inkubatora", potrebno je i postojanje bar jedne masivnije planete, koja, osim što ima ulogu štita, bitno utiče na dinamiku procesa na planetama.

U Sunčevom sistemu tu zaštitničku ulogu ima Jupiter.

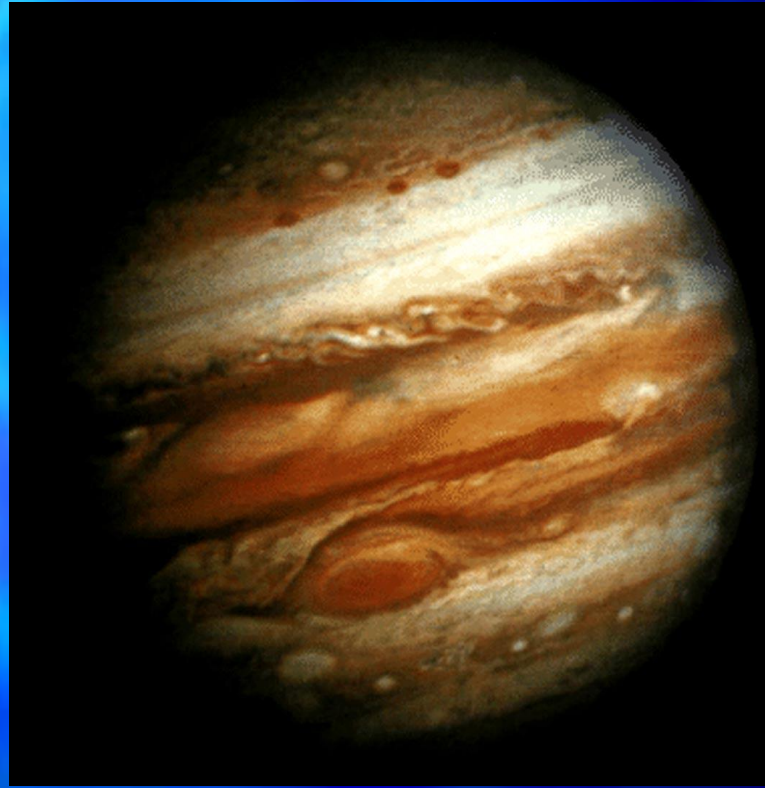
Krenimo od njegove biografije!





# JUPITER

4



Planeta Jupiter sa pravom nosi ime Jupitera, najvišeg boga rimske religije i zaštitnika rimske države. To zaslužuje, jer su sve njegove karakteristike, od mase i zapremine, do dimenzija atmosferskih pojava, za jedan ili nekoliko redova veličine veće u odnosu na ostale ili čak sve planete zajedno.

Ova kraljevska planeta bila je poznata i drevnim narodima. U Mesopotamiji su je zvali Mulu-babbar, "Bela zvezda". Vavilonci su je povezivali sa vrhovnim bogom Mardukom. Kod Kineza je bila Sui-sin, "Zvezda godina". Kod Inka ona je bila "sklad", a kod Grka "blistavi" i "zvezda Zevsa".



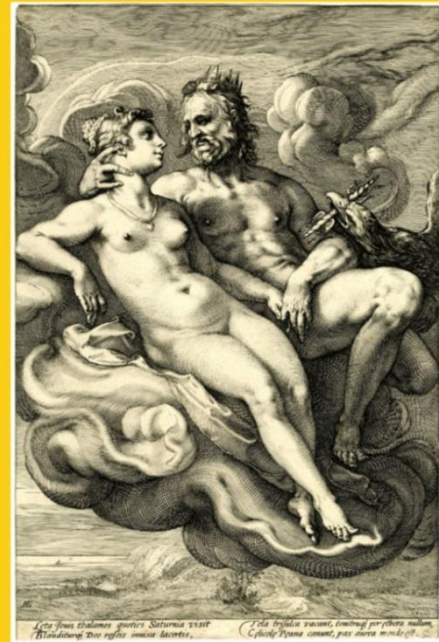
Rimljani su ovu planetu nazvali u čast svog vrhovnog boga, oca svih ostalih bogova – Jupitera, kome u grčkoj mitologiji odgovara Zevs.



Jupiterov hram nalazio se na Kapitolu. Odatle je zajedno sa suprugom, boginjom Junonom i Minervom, vladao nebom i zemljom. Koliki su značaj Rimljani pridavali planeti, dajući joj ime svog vrhovnog božanstva, govore i nadimci boga Jupitera: *Iuppiter Tonans* – gromovnik (izazivač kiše, gromova i oluja), *Iuppiter Fulgur* – izazivač munja, blještavi, *Iuppiter Optimus Maximus Soter* – najbolji, najveći, spasitelj, *Iuppiter Victor* – pobedonosac, ...



Hendrik Goltzius: Jupiter i Junona





Šta je to što planetu Jupiter čini toliko posebnom u odnosu na ostale plnete, da je nazvan po vrhovnom božanstvu?

Jupiter je peta planeta od Sunca i, posmatrano sa Zemlje, četvrto je telo po sjaju, nakon Sunca, Meseca i Venere.





Golim okom Jupiter se na nebu uočava kao sjajna tačka. Posmatran kroz dvogled Jupiter se vidi kao sjajni disk, a vide se i njegovi najveći sateliti (Galilejevi sateliti: Io, Evropa, Ganimed i Kalisto). Već pomoću manjih amaterskih teleskopa (aperture 80 mm i više) na Jupiteru se vide detalji u njegovoj atmosferi (svetle i tamne trake, Velika crvena pega, perturbacije i nestabilnosti, itd.).

Pogled na Jupiter sa Zemlje pomoću amaterskog teleskopa



Pogled na Jupiter

a) kroz dvogled

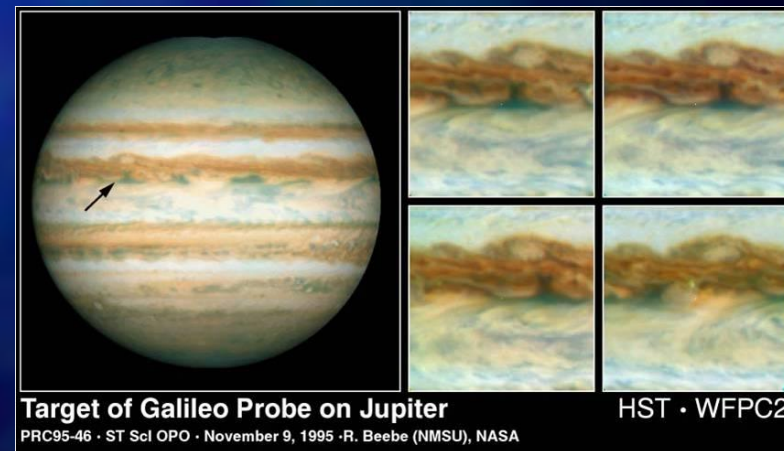
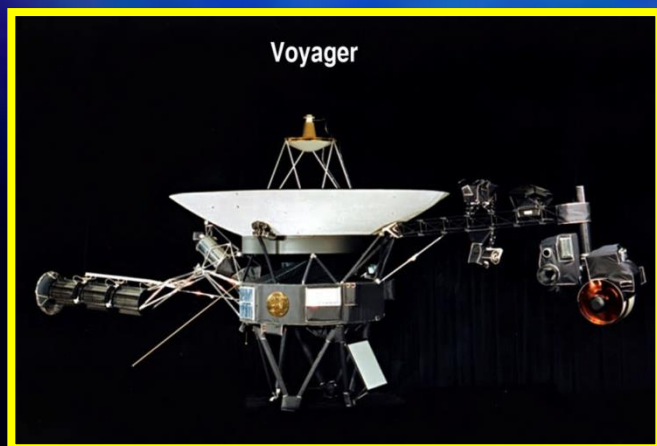


b) kroz teleskop aperture 80 mm



Mnogo spektakularniji snimci Jupitera, koji su pokazivali grandioznost carske planete, dobijeni su pomoću velikih teleskopa na Zemlji, Hablovog teleskopa, koji kruži oko Zemlje, i svemirskih sondi.

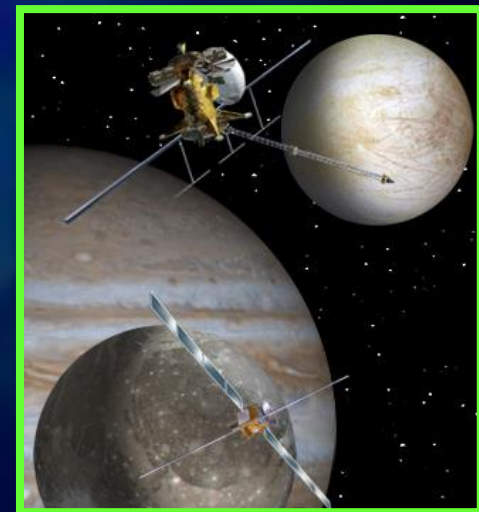
“Pionir 10 i 11” (1973. i 1974.) poslali su na Zemlju snimke niske rezolucije i podatke o atmosferi. “Vojadžer 1 i 2” su poslali kvalitetne snimke (33000 fotografija), pokazali su postojanje Jupiterovih prstenova, dali su detaljne informacije o satelitima, atmosferi i magnetosferi.





“Ulis” je u prolazu (1992) poslao značajne podatke o magnetosferi Jupitera, mada nije slao fotografije. “Galileo” je od 1995. do 2005. orbitirao oko Jupitera. Lansirao je sondu kroz atmosferu, slao je snimke visoke rezolucije, snimio je udar komete “Šumejker–Levi” 1994. “Kasini” je 2000. proleteo pored Jupitera. Dao je nove podatke o plazmenom torusu i kvalitetne snimke. “Novi Horizonti” (2007), na putu prema Plutonu, gravitaciono je ubrzan od strane Jupitera.

Poslao je nove podatke o satelitima i procesima na njima.



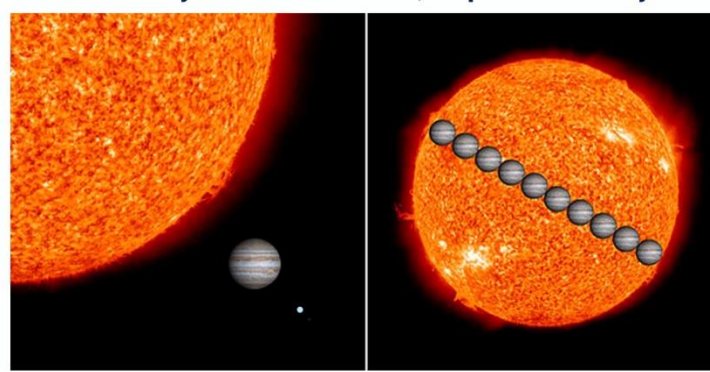
Jupiter je oko 10 puta manji od Sunca, ali je preko 10.7 puta veći od Zemlje. Oko sopstvene ose rotira brže od svih ostalih planeta: na ekvatoru je period rotacije  $9^{\text{h}} 50^{\text{min}} 30^{\text{s}}$ , a na srednjim širinama  $9^{\text{h}} 55^{\text{min}} 40^{\text{s}}$ . Ovakva diferencijalna rotacija ukazuje da Jupiter nije čvrsto, već gasovito–tečno telo.

Posledica brze rotacije je velika spljoštenost planete, i jako magnetno polje. Ekvatorijalni radijus planete (71 492 km) je 6.49% veći od polarnog radijusa (66 854 km). Spljoštenost Jupitera na polovima otkrio je Kasini 70–tih godina XVII veka.

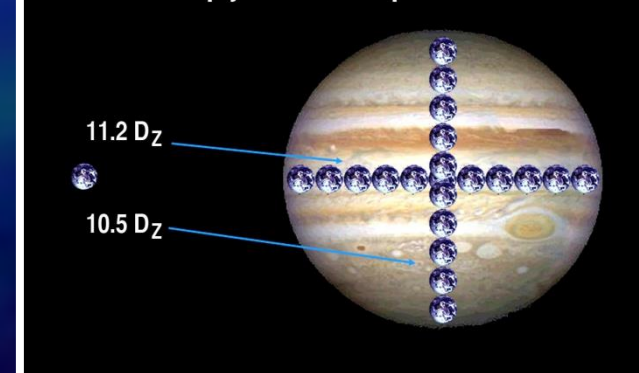
Poređenje veličina Zemlje i Jupitera



Poređenje veličina Sunca, Jupitera i Zemlje



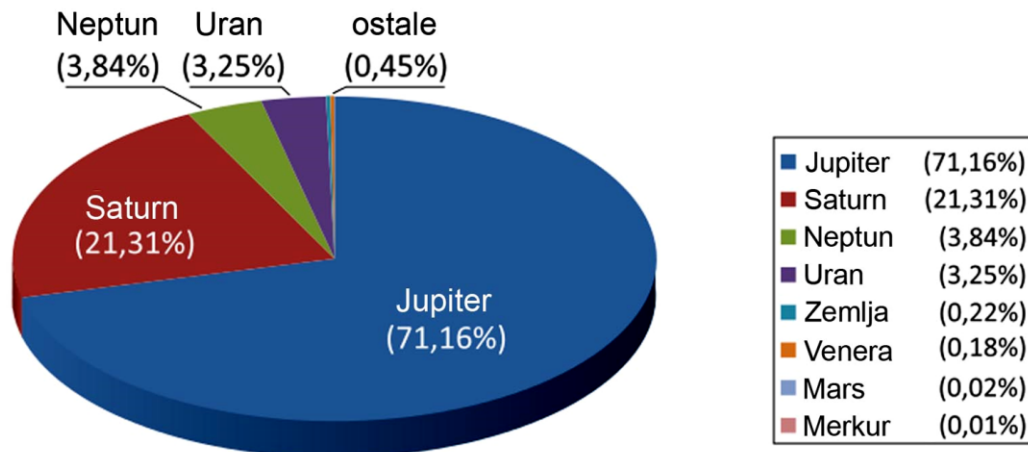
Spljoštenost Jupitera



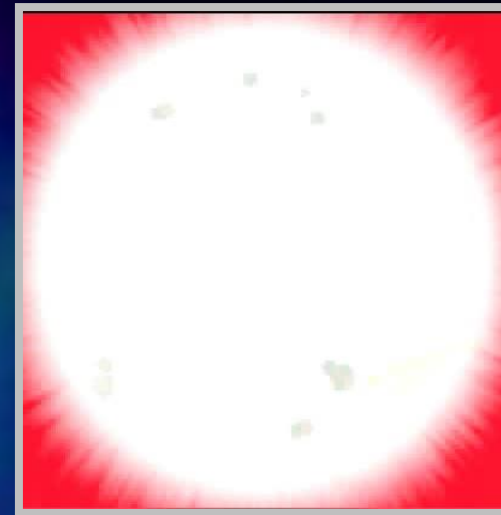


Masa Jupitera je 2.47 puta veća od ukupne mase ostalih 7 planeta, a čak 317.8 puta je veća od mase Zemlje. **Pošto je njegova zapremina preko 1000 puta veća od Zemljine, gustina mu je mala ( $1326 \text{ kg/m}^3$ ), 4.16 puta manja od Zemljine ( $5515 \text{ kg/m}^3$ ). Pritom sila teže (u njegovom slučaju na nivou gornjeg sloja oblaka) je preko 2.4 puta veća od Zemljine. Telo mase 100 kg biće teško koliko telo od 240 kg na Zemljinoj površini.**

Masa planeta Sunčevog sistema



Hemijski sastav Jupitera vrlo je sličan sastavu Sunca. Maseni udeo vodonika je oko 90%, helijuma oko 10%, a u tragovima se sreću metan, amonijak, voda, etan, itd. Po sastavu je sličan Suncu, ali mu je masa ipak mala da bi otpočele fuzione reakcije u njegovom središtu.

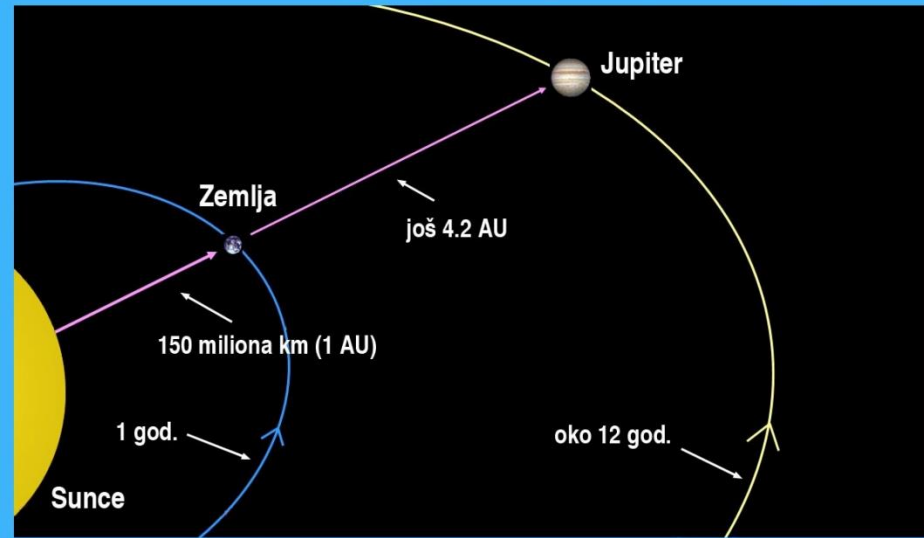


Masa Jupitera je nešto manja od  $1/1047 M_{\odot}$ , a pri sažimanju zvezda čija je masa manja od  $0.08 M_{\odot}$  ne dostižu se gustine i temperature koje bi omogućile fuziju vodonika u helijum. Teorijska razmatranja ukazuju, da ako bi masa Jupitera bila 4 puta veća od njegove sadašnje mase, došlo bi do sažimanja planete. Po svemu sudeći, Jupiter ima maksimalni prečnik za datu masu, a on je za 30% manji od prečnika najmanjih poznatih crvenih patuljaka. Da je masa Jupitera oko 75 puta veća od današnje, postao bi zvezda. On je imao tu nesreću da je Sunce počelo da se formira pre njega i da "pojede" masu od koje bi postao zvezda. Jupiter je neuspela zvezda.

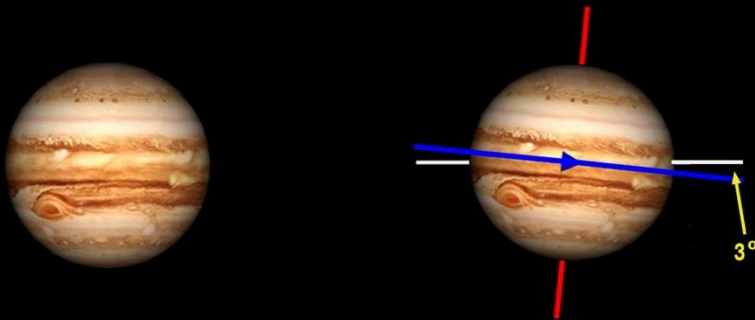


Srednje rastojanje između Jupitera i Sunca je 5.2 AJ, a period obilaska je 11.86 zemaljskih godina. Zbog eliptičnosti orbite, udaljenost između Jupitera i Sunca varira od 4.95 do 5.5 AJ. Nagib ekvatorijalne ravni u odnosu na ravan putanje je  $3.13^\circ$ . Zbog malog nagiba, na Jupiteru nema smene godišnjih doba.

Parametri putanje Zemlje i Jupitera



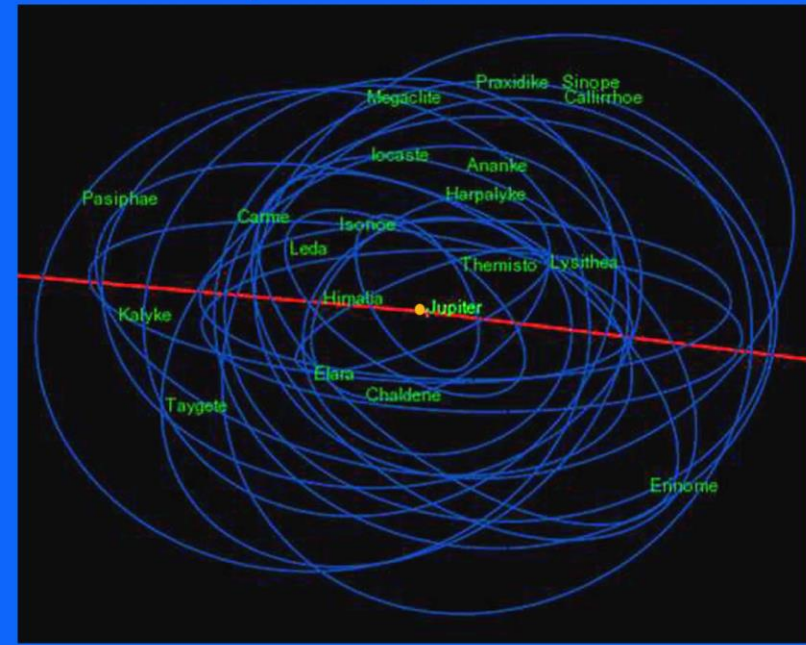
Rotacija Jupitera



Saturn bitno remeti kretanje Jupitera. Proračuni ukazuju da Saturn menja ekscentricitet Jupiterove putanje od 0.2 do 0.06 i nagib orbite za  $1-2^\circ$  sa periodom od oko 70 000 g.

Do 2012. godine uočeno je 67 Jupiterovih satelita. Po nekim procenama, broj Jupiterovih satelita je veći od 100. Radi se o stenovitim telima, najčešće malih dimenzija i nepravilnog oblika. Smatra se da prvih 8 (unutrašnjih) satelita predstavljaju prave satelite.

### Putanje nekih Jupiterovih satelita

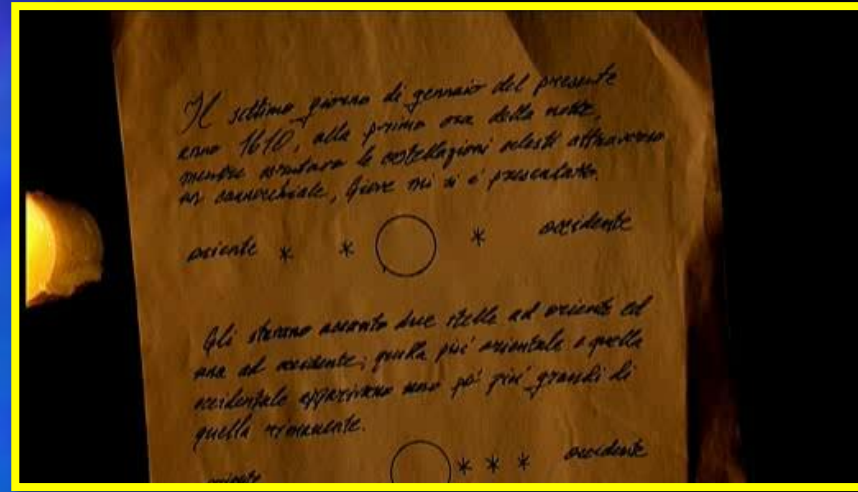


### Poređenje veličine Galilejevih satelita, Zemlje i Meseca



Ostale satelite Jupiter je najverovatnije "zarobio" svojim gravitacionim delovanjem i oni su asteroidnog porekla. Među satelitima su od posebnog značaja Galilejevi sateliti: Io, Europa, Ganimed i Kalisto. Radi se o prvootkrivenim i najvećim Jupiterovim satelitima. Otkrio ih je 1610. g. Galileo Galilej.



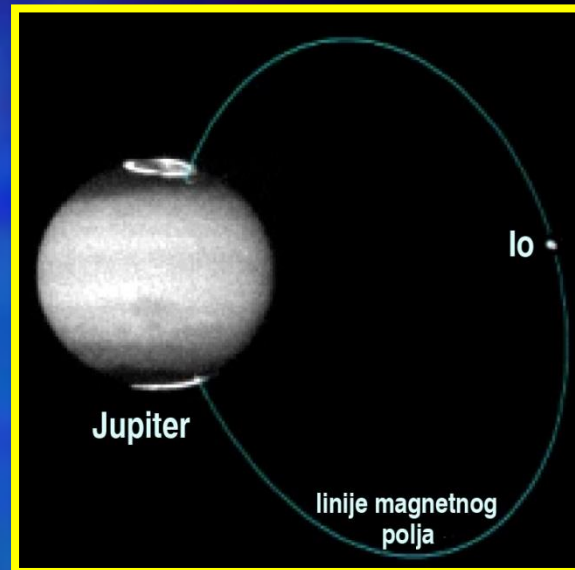


Otkriće ovih satelita i praćenje njihovog kretanja oko Jupitera, pokazalo je da ne rotira sve oko Zemlje, što je bila direktna potvrda Kopernikovog heliocentričnog sistema.

**Io** je najmanji Galilejev satelit, ali je "najvulkanskije" telo u S. s. Svakog trenutka na njegovoj površini aktivno je nekoliko vulkana. Vulkanizam je posledica unutrašnjeg trenja i zagrevanja, zbog plimskog stezanja i rastezanja delovanjem Jupitera, s jedne, i Evrope, s druge strane.

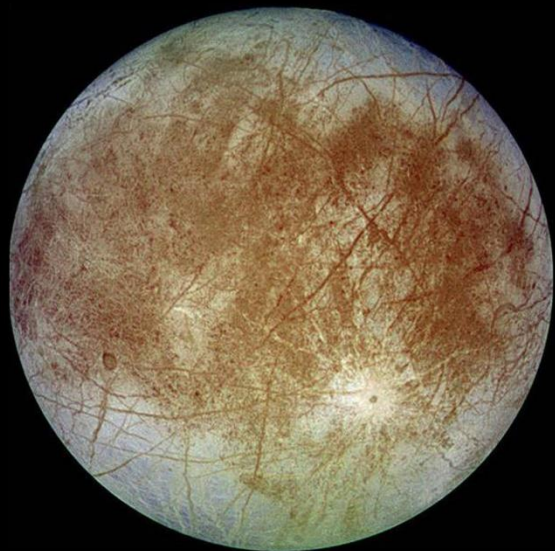


Umetnička vizija izgleda površine Ioa



Jonizovani gasovi izbačeni iz vulkana bitno utiču na jono i magnetosferu Jupitera.

Evropa



Evropa je pokrivena globalnim, ledom pokrivenim vodenim okeanom, koji je u unutrašnjosti u tečnom stanju. Količina vode je veća nego na Zemlji. Toplota unutar okeana daje mogućnost za postojanje života.



Ganimed



**Ganimed je najveći satelit u Sunčevom sistemu. Smatra se da poseduje potpovršinski slani okean.**

**Kalisto je satelit čija je površina pokrivena ogromnim brojem kratera. I on poseduje potpovršinski okean.**

Kalisto



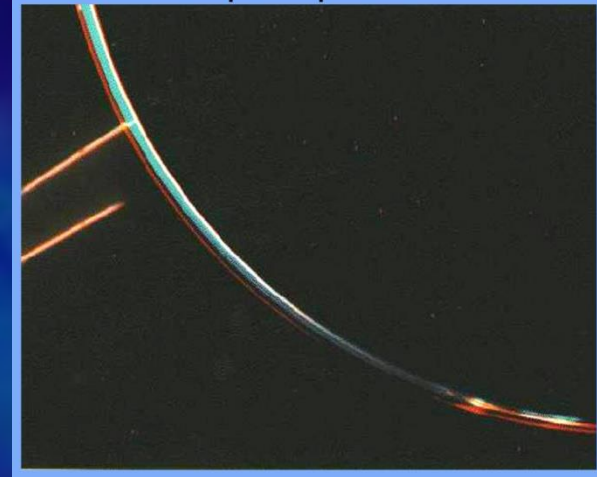
**Jupiter povremeno "zarobljava" komete. One mogu da obave po nekoliko rotacija oko Jupitera, tako da se mogu tretirati kao privremeni sateliti. Takvih satelita bilo je nekoliko, a najpoznatiji je primer komete Kusidi–Muramacu.**

Jupiterov prsten



Prilikom prolaska pored Jupitera, 1979. g. "Vojadžer 1" je uočio postojanje prstenova. Nisu spektakularni kao Saturnovi.

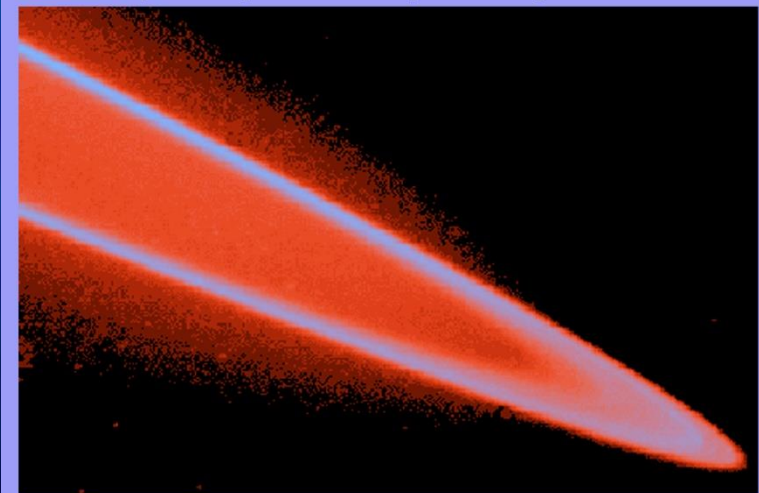
Jupiterov prsten



"Galileo" ih je detaljno istražio, a "Novi horizonti" su istražili strukturu glavnog prstena. "Habl" i "Kasini" ih nisu detektovali, zbog slabog sjaja i niske rezolucije kamera.

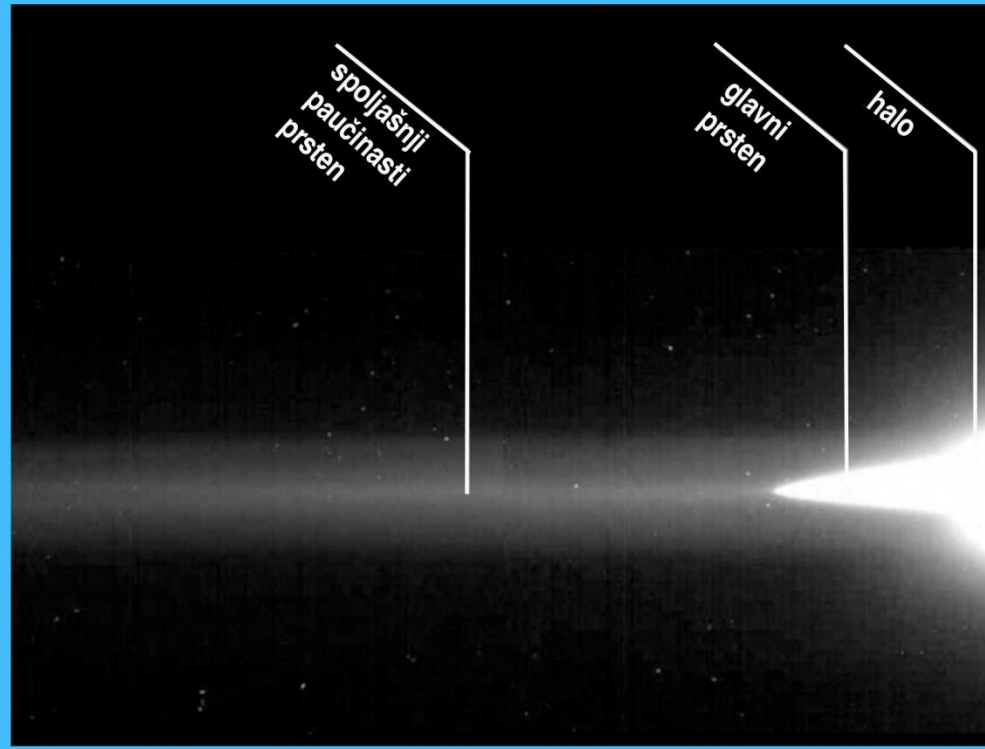


Jupiterov prsten snimljen sa Vojadžera 2



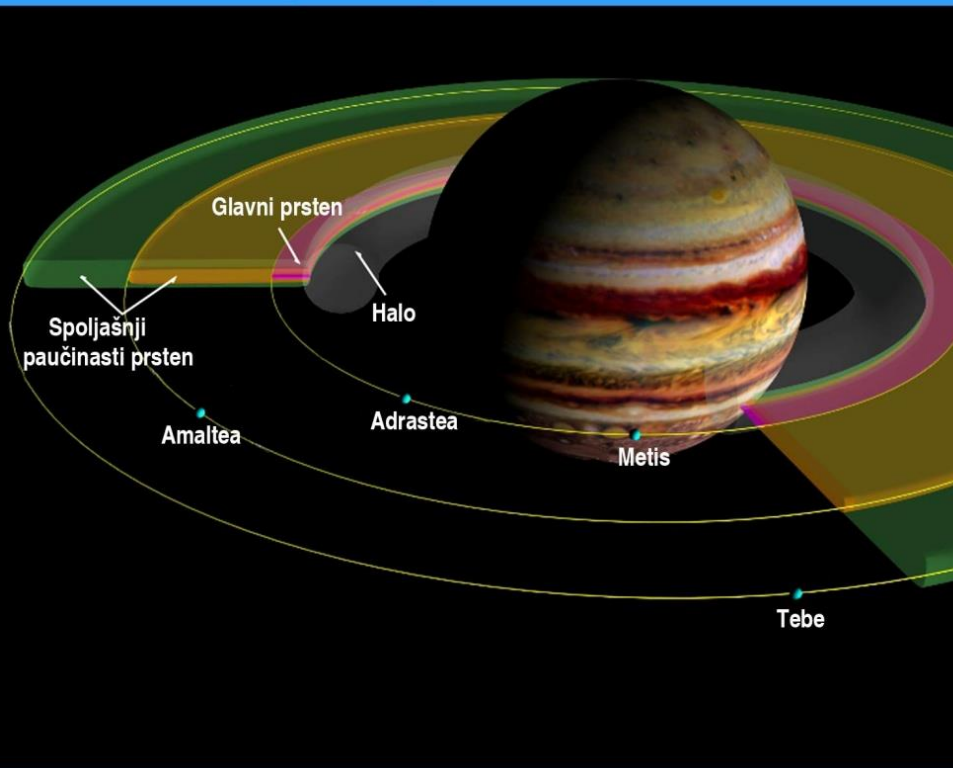


## Struktura Jupiterovog prstena



Mogu se uočiti tri prstena: halo, glavni i paučinasti. Glavni se prostire od 122 500 do 129 230 km od centra Jupitera. Unutar njega je halo u obliku torusa, širine oko 20 000 km, a spolja je u kontaktu sa paučinastim. Način rasejanja zračenja na prstenovima ukazuje da se oni uglavnom sastoje od mikronskih čestica prašine.

## Jupiterovi prstenovi



Kroz glavni prsten kreću se dva mala satelita, Metis i Adrastea. Smatra se da su oni izvor materijala za prsten, jer prilikom udara meteorita u njih, nastaje roj čestica, koji se raspoređuje na putanji oko Jupitera.

Slično, unutrašnji sateliti Tebe i Amaltea, su izvori materijala za spoljašnje paučnaste prstenove vrlo niske koncentracije čestica: Amaltea Gosamer (unutar Amalteine putanje) i Teba Gosamer (između putanja Tebe i Amaltee).





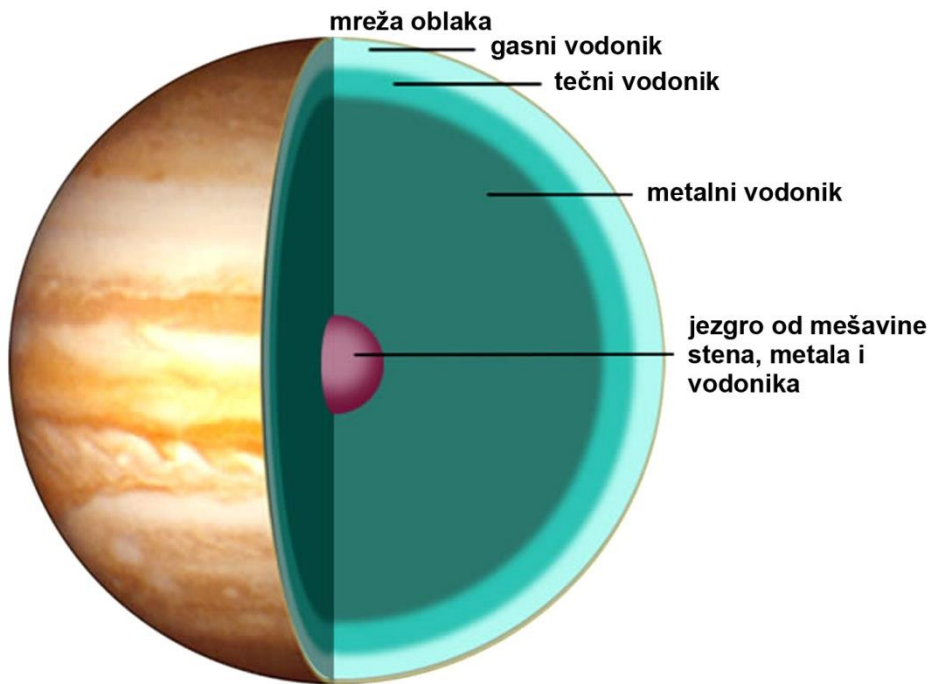
# Građa Jupitera

Polazeći od toga da se Jupiter nalazi u mehaničkoj i termodinamičkoj ravnoteži, kao i na osnovu posmatračkih podataka napravljen je sledeći model građe jupitera:

## 1. Atmosfera

- a) spoljašnji sloj (H)
- b) srednj sloj (90% H, 10% He)
- c) niži sloj (H, He, primese  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , ...)
  - i) viši sloj oblaka (led  $\text{NH}_3$ , T oko  $-145^\circ\text{C}$ , p oko 1atm)
  - ii) srednji sloj oblaka (kristali  $\text{NH}_4\text{HS}$ )
  - iii) najniži sloj oblaka (vodeni led i kapi T oko  $-130^\circ\text{C}$ )

## Građa Jupitera

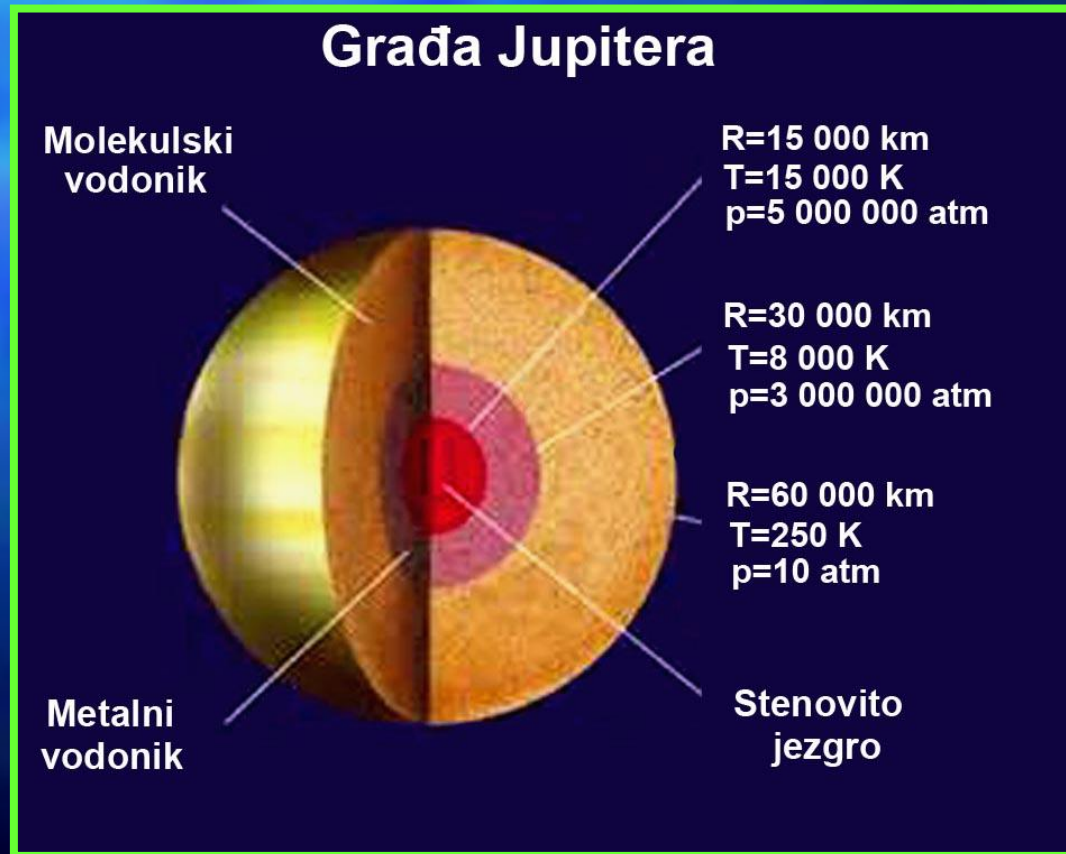


## 2. Sloj metalnog vodonika

(T od 6300 do 21 000 K, p od 200 do 4 000 Gpa)

## 3. Stenovito jezgro

Najbitnija karakteristika građe Jupitera je da je to svet bez površine, pri čemu pomenuti slojevi nisu oštro definisani, već postepeno prelaze jedan u drugi.

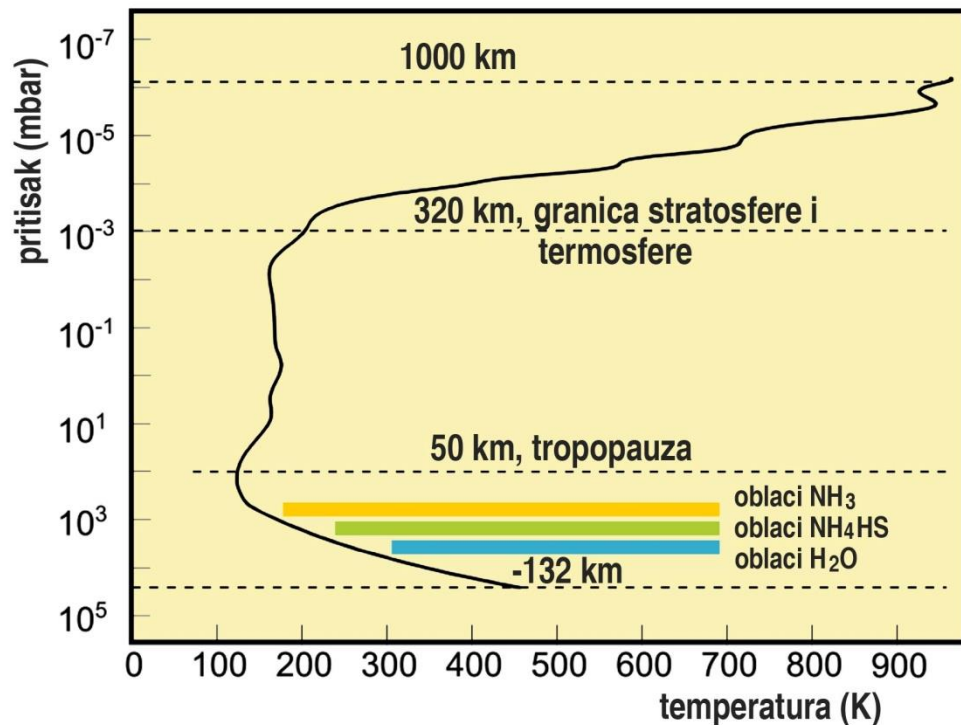




# Atmosfera Jupitera

Atmosfera Jupitera je slojevita. Kao i na Zemlji, mogu se uočiti slojevi: egzosfera, termosfera, stratosfera, tropopauza i troposfera. Na vrhu je t-ra visoka, idući u dubinu pritisak raste, temperatura pada sve do tropopauze. Idući dalje u dubinu t-ra i pritisak rastu.

Vertikalna gradnja atmosfere Jupitera

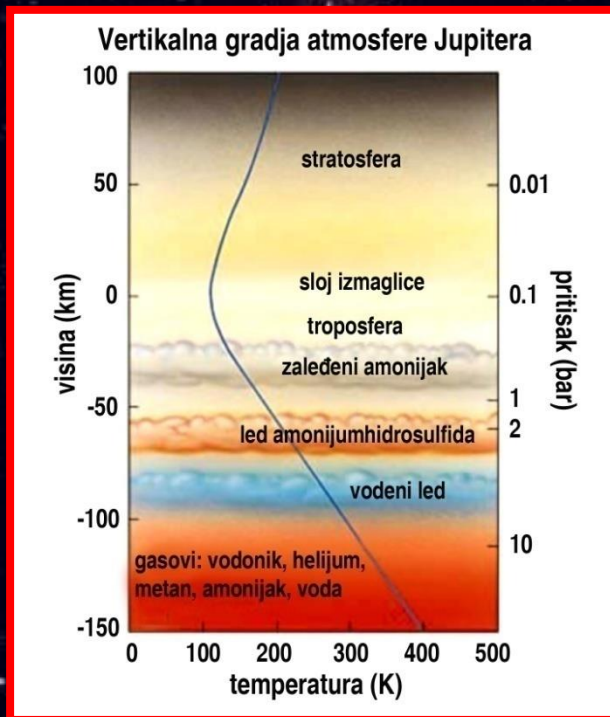
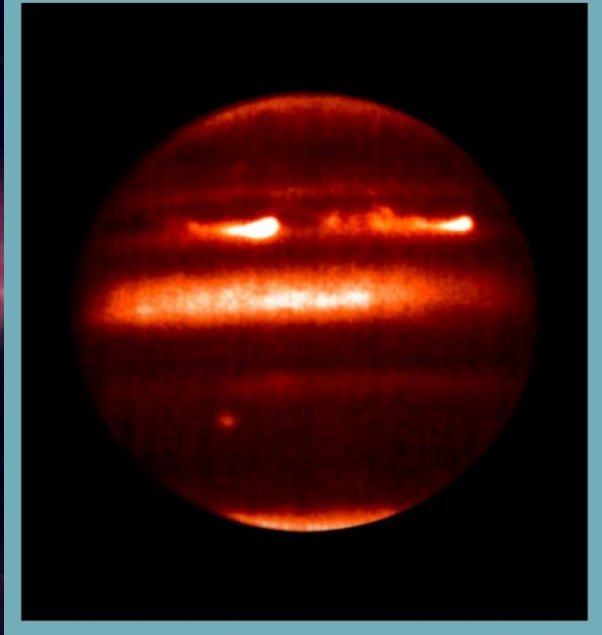


(Cassini, 2001)

U termosferi se izračuje veliki deo sopstvene toplote planete. U njoj nastaju polarne svetlosti i jonosfera. Gornja granica termosfere definisana je pritiskom od 1 nbar, gde je t-ra 800–1000K. Ispuštanje toplote zasnovano je na IC emisiji H<sub>3</sub><sup>+</sup> na talasnim dužinama između 3 i 5  $\mu$ m.

Gornji neprozračni sloj oblaka je na  $p=1$  atm i pri  $t_{ri} -107$  °C, a na dubini od 146 km je  $p=22$  atm, a  $t_{ra} +153$  °C. U ekvatorijalnoj oblasti uočene su tople pege. Ispod oblaka je sloj dubine 7000–25 000 km, u kojem vodonik menja svoje stanje, postepeno prelazeći od gasa u tečnost, uz rast pritiska i temperature.

Raspodela termalne emisije Jupitera

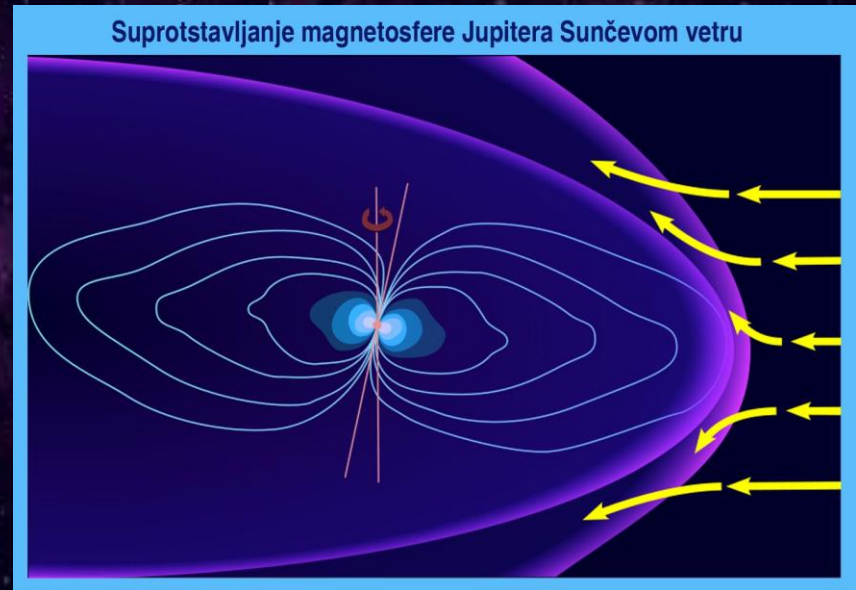
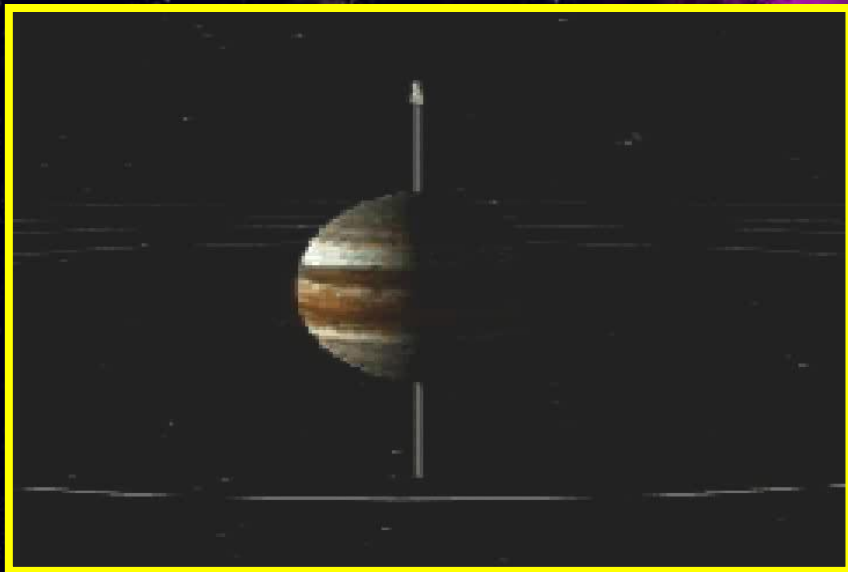


## Sloj metalnog vodonika

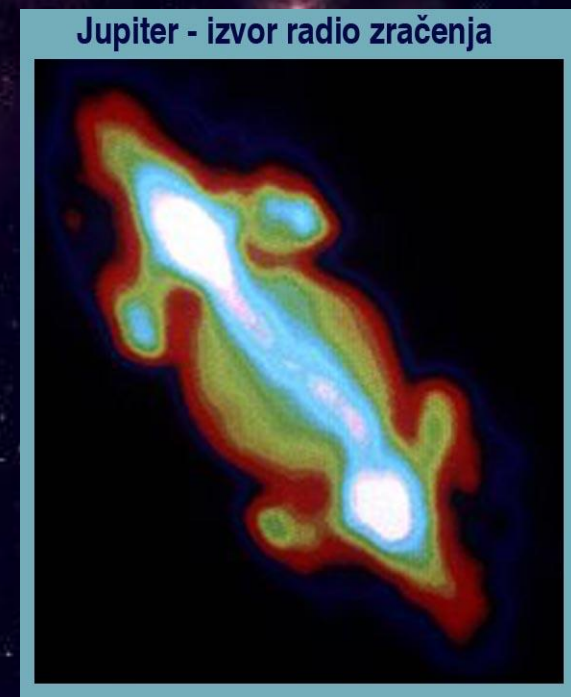
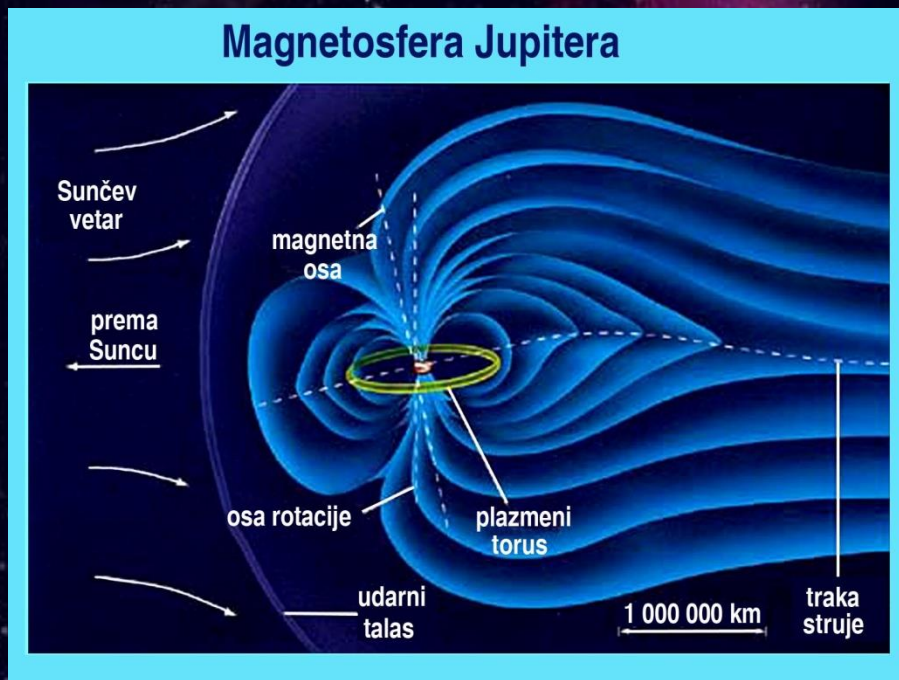
Sloj nastaje pri visokim pritiscima (milion atmosfera) i visokim  $t_{rama}$ . Sloj je debljine 42–46 000 km. Kinetička energija elektrona je viša od potencijala jonizacije vodonika. Elektroni i protoni egzistiraju odvojeno, sredina je izuzetno elektroprovodna.



Kao posledica rotacije, Koriolisove sile i konvektivnih kretanja, dinamo efektom u ovom sloju javljaju se izuzetno jake struje, koje indukuju gigantsko magnetno polje. Pošto Jupiter rotira 1.5 puta brže od Zemlje, i kako su njegovi elektro–neprovodni slojevi bliže “površini”, magnetno polje Jupitera je oko 10 puta jače od Zemljinog. Polje je dipolno, ali ima i kvadro i oktopolnu komponentu. Njegova osa je pod uglom od  $11^\circ$  u odnosu na osu rotacije. Magnetno polje stvara izuzetno prostranu magnetosferu, oko 1000 puta prostraniju od Zemljine. U nju može da se smesti Sunce sa koronom.



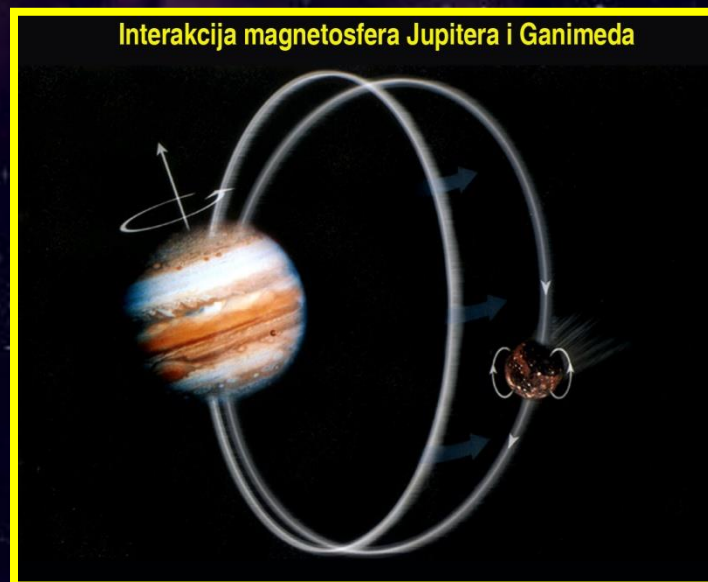
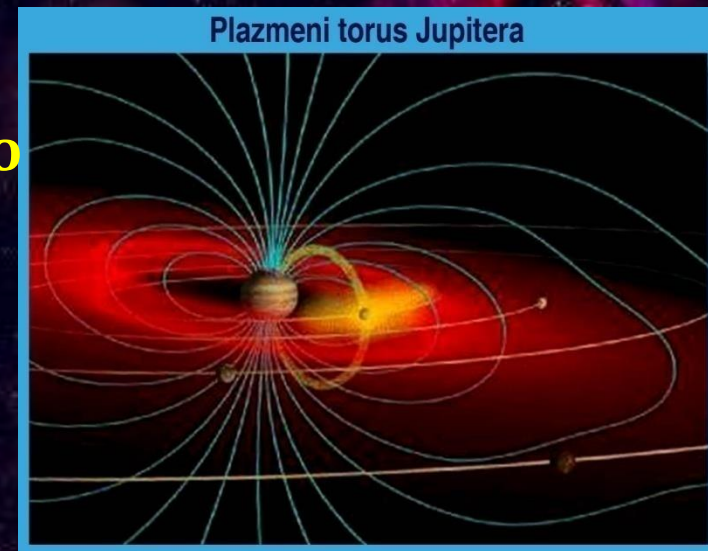
Za razliku od Zemljine, Jupiterova magnetosfera je prema Suncu manje deformisana (zbog veće udaljenosti od Sunca i jačeg polja). Prema Suncu proteže se do nekoliko miliona km, a nasuprot doseže do Saturna. Naelektrisane čestice u magnetosferi interaguju sa magnetnim poljem, dovodeći do emisije radio zračenja. Ono je otkriveno 1955. g. (B. Bark, K. Franklin). Jupiter je, posle Sunca, najjači radio izvor u Sunčevom sistemu.





Io svojom vulkanskom aktivnošću bitno utiče na magnetosferu Jupitera. Između njih protiče struja od nekoliko miliona ampera.

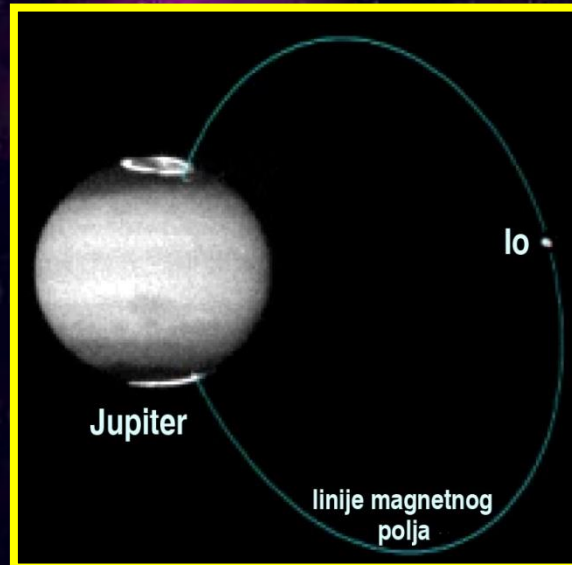
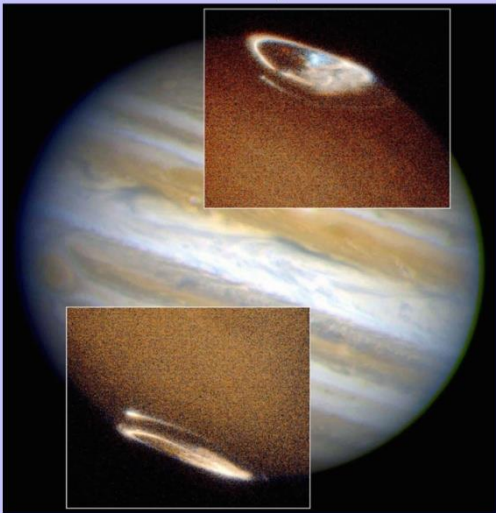
Io je snažan izvor naelektrisanih čestica u magnetosferi. Vulkanski pepeo Io jonizuje UV zračenje Sunca i tako se dobijaju joni sumpora i kiseonika. Ove čestice napuštaju satelit, ali ostaju na njegovoj orbiti, stvarajući torus. On bitno menja dinamiku magnetosfere.



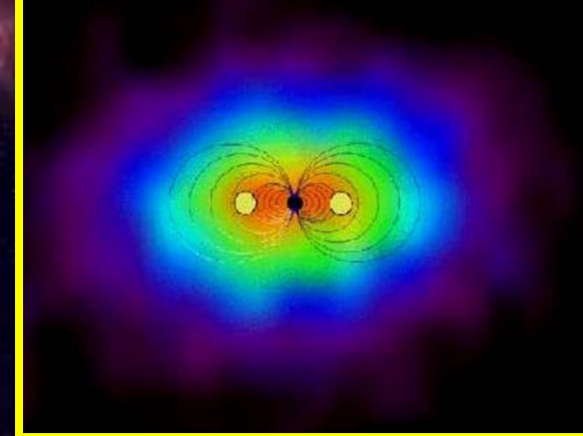
Na Jupiteru su stalno prisutne prostrane polarne svetlosti. Za razliku od zemaljskih, one su postojane.

0°C

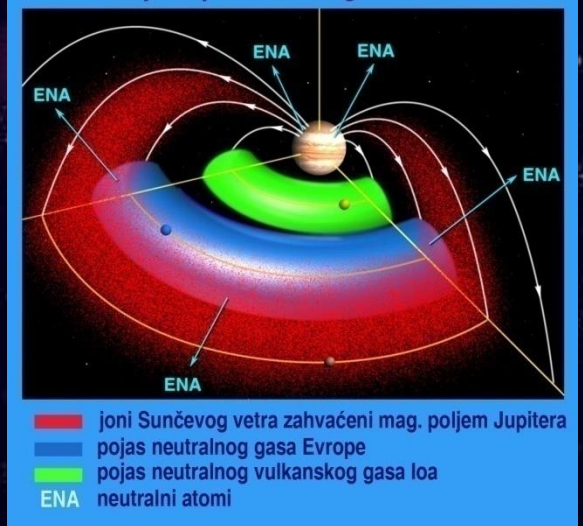
Aurore na Jupiteru



Plazmeni torus Jupitera



Gradnja Jupiterove magnetosfere





U polarnoj svetlosti uočavaju se sjajne pege koje potiču od senki Ioa, Evrope i Ganimeda. One nastaju zbog toga što ovi sateliti usporavaju rotirajuću plazmu aurora. Najsjanija je Iova pega, pošto je i on izvor plazme.

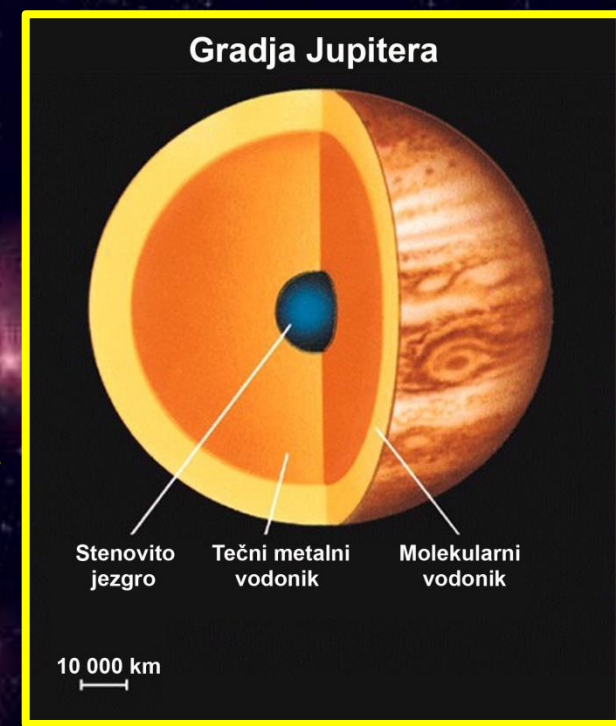
### Struktura aurore na Jupiteru



# Jupiterovo jezgro

Unutrašnjost Jupitera nije dostupna za vizuelna proučavanja. Masa i dimenzije jezgra određuju se indirektno, merenjem momenata inercije. Smatra se da je masa jezgra oko  $10M_Z$ , a dimenzije oko  $1.5 R_Z$ . Ono se nalazi na oko 67 000 km od vidljive površine, rastopljeno je i od gvozdeno – silikatne mešavine.

Procenjuje se da su u njemu t–re i do 30 000 K, a pritisci su više desetina miliona puta veći od površinskog pritiska na Zemlji. U spoljašnjim slojevima ravnotežna t–ra bi trebalo da iznosi oko 140 K, a ona je oko 160 K. Jupiter emituje više energije, nego što dobija od Sunca. Sopstveni izvor energije najverovatnije leži u “stezanju” Jupitera od 1mm do 2cm godišnje, pod delovanjem sopstvene gravitacije. Radi se o Kelvin–Helmholcovom efektu pretvaranja potencijalne energije u unutrašnju, usled stezanja.

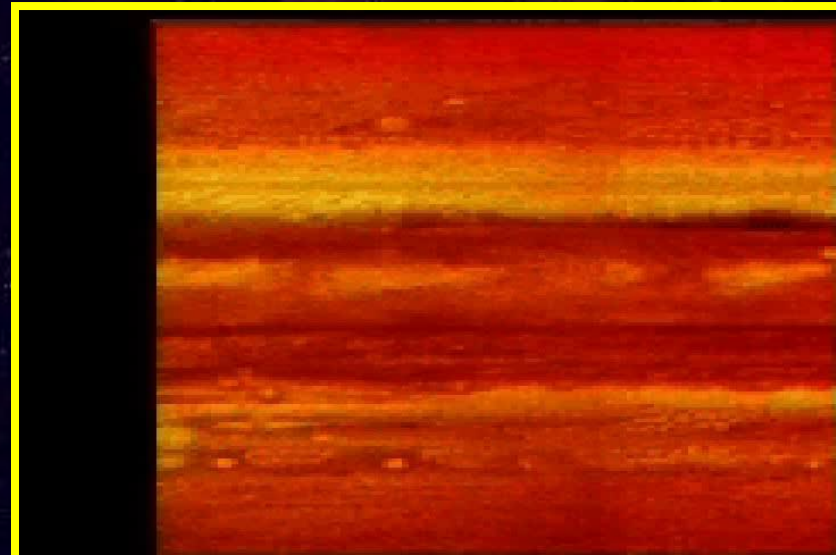




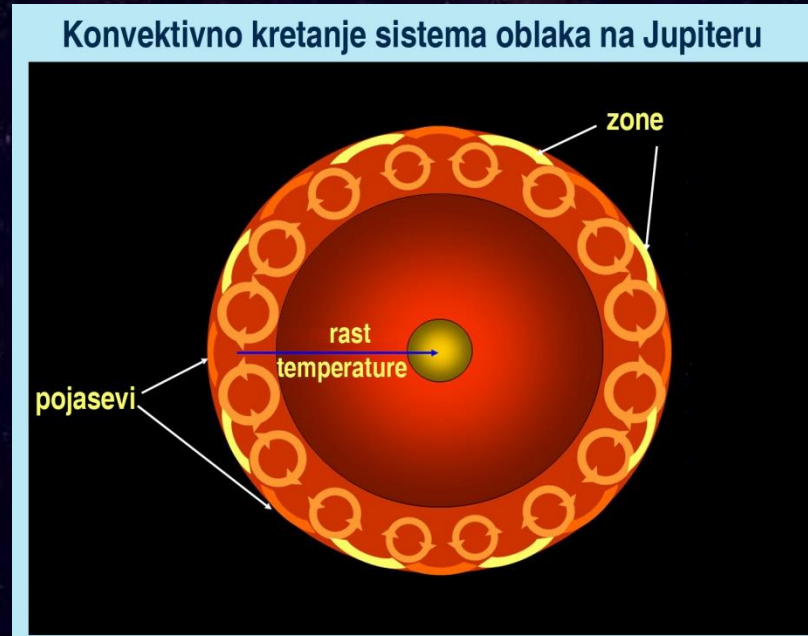
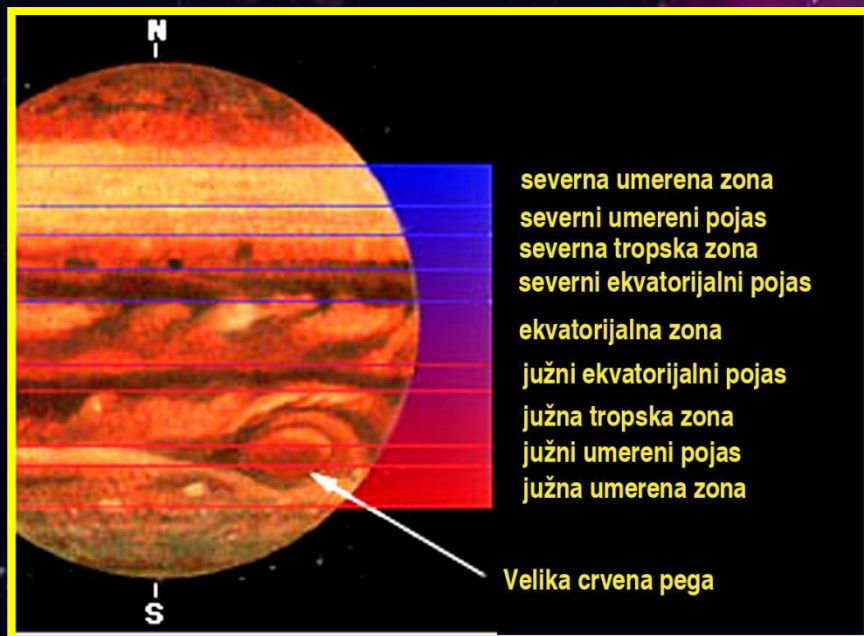
# Pojave i procesi u atmosferi Jupitera

Osnovna karakteristika atmosfere i sistema oblaka u njoj su turbulentna kretanja. **Brzina vetrova je preko 600 km/h.** Na Zemlji cirkulacija atmosfere je posledica različitog solarnog zagrevanja površine na različitim geografskim širinama. Ovde to nije prisutno. Glavna pokretačka sila je strujanje toplote iz unutrašnjosti i jaka Koriolisova sila, kao posledica brze rotacije planete.

0°C



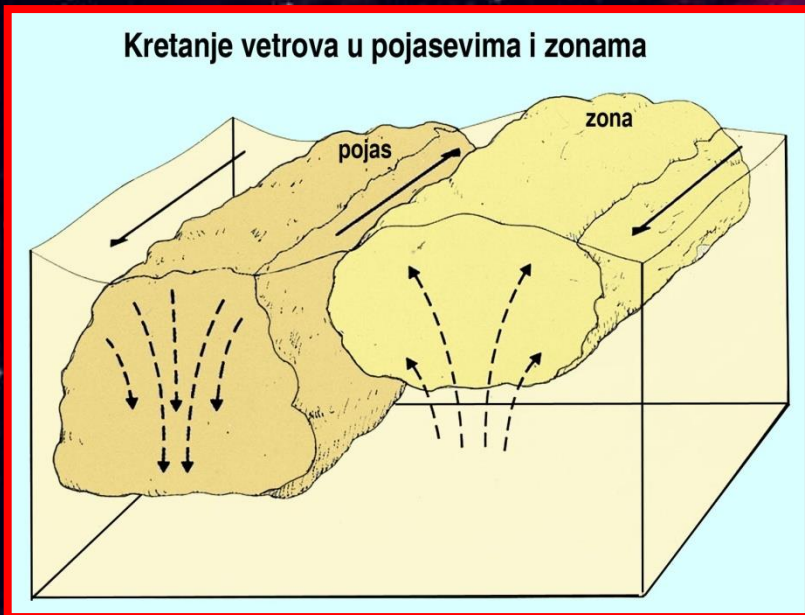
Obojene trake oblaka i velike perturbacije uočio je još Kasini u XVII veku. On i Huk su odvojeno uočili i džinovsku perturbaciju Veliku crvenu pegu na južnoj hemisferi. Svetle (zone) i tamne (pojasevi) sisteme oblaka astronomi su podelili na ekvatorijalne, tropske, umerene i polarne oblasti, koje mogu biti južne i severne.





Kretanje oblaka u svetlijim zonama i tamnijim pojasevima odvija se različitim brzinama, zbog čega se u oblastima njihovog dodirivanja javljaju turbulencije.

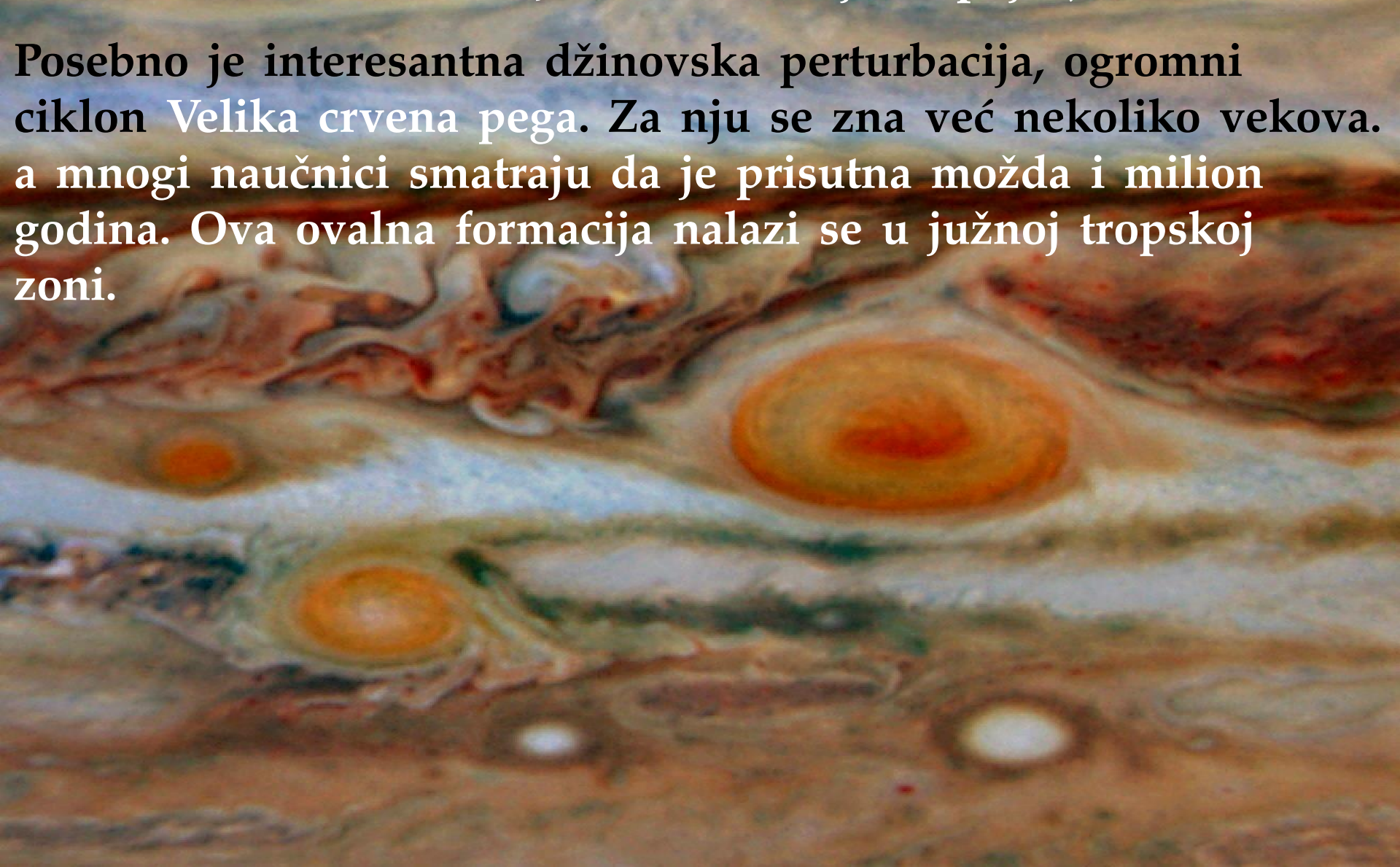
Svetle zone su na nešto višem nivou (oko 20 km). Čine ih uzlazna strujanja i višeg su pritiska. Boja im potiče od veće koncentracije ledenih svetlih kristala amonijaka. Pojasevi su silazna strujanja i na nižem su nivou. Radi se o oblastima nižeg pritiska, a boja im potiče od tamnijeg amonijum hidrosulfida i više su temperature.





Pojasevi i zone u oblasti ekvatora su nestabilniji od polarnih. Povremeno se dešava da neke od njih nestanu (2010. je izbledeo i skoro nestao Južni ekvatorijalni pojas).

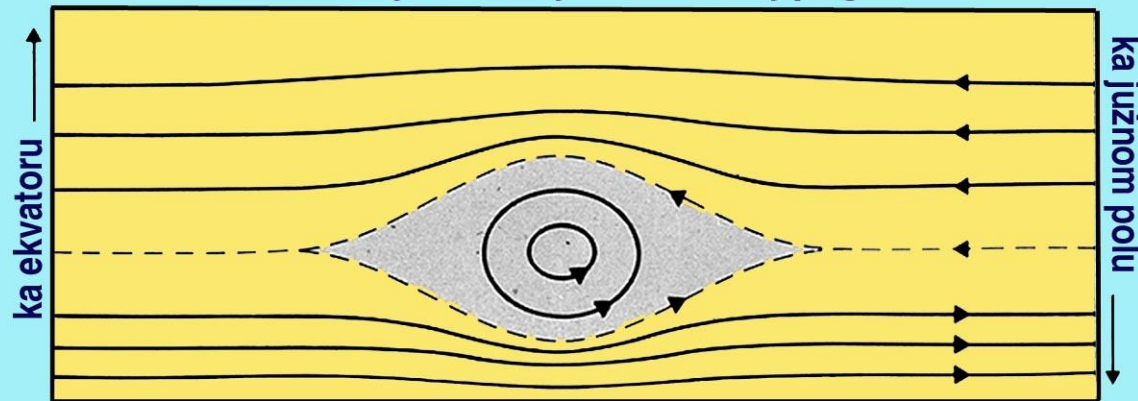
Posebno je interesantna džinovska perturbacija, ogromni ciklon Velika crvena pega. Za nju se zna već nekoliko vekova. a mnogi naučnici smatraju da je prisutna možda i milion godina. Ova ovalna formacija nalazi se u južnoj tropskoj zoni.





Njene današnje dimenzije su 15 000 x 30 000 km (prečnik Zemlje je oko 12 700 km). Pre oko 100 godina bila je dva puta veća. U nekim periodima se ne vidi jasno. Rotira nasuprot kretanja kazaljki na satu i napravi jedan obrt za 6 Zem. dana.

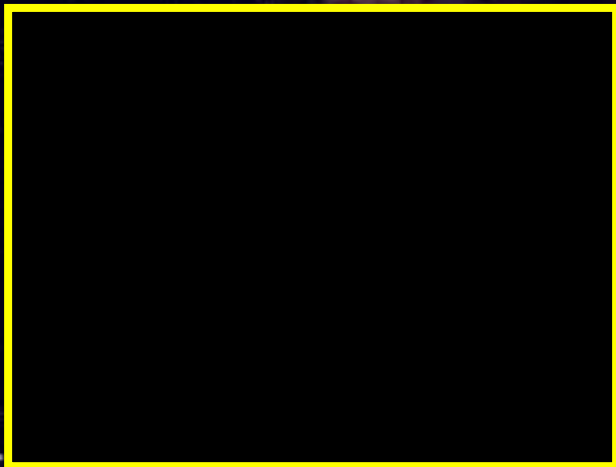
Kruženje materije u Crvenoj pegi



Velika crvena pega



Poređenje veličina Zemlje i Velike crvene pege





Pega je povezana sa strujanjima ispod nje i najverovatnije da crpi energiju od njih. U njoj je temperatura niža u odnosu na okolinu, a oblaci su viši. Boja oblaka zavisi od visine: plavičasti oblaci su najviši, ispod su mrki, a niže su beli. Crvene strukture su najniže. Njihova boja, verovatno, potiče od fosfina, koji daje miris belom luku.

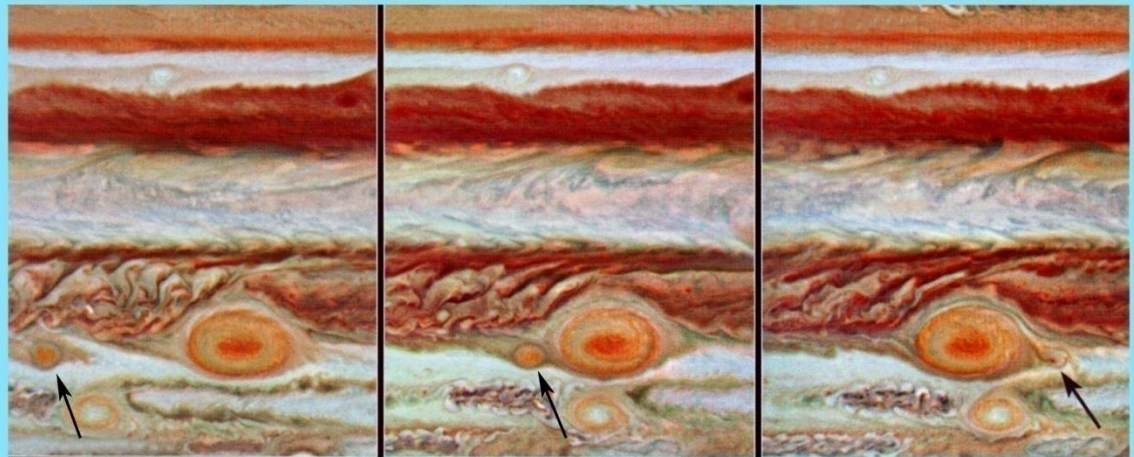
Velika crvena pega



Velika crvena pega



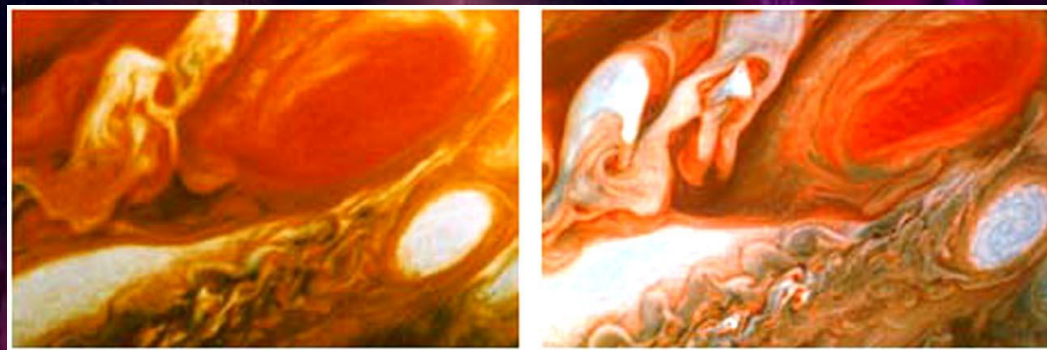
“Hranjenje” Velike crvene pege manjim perturbacijama



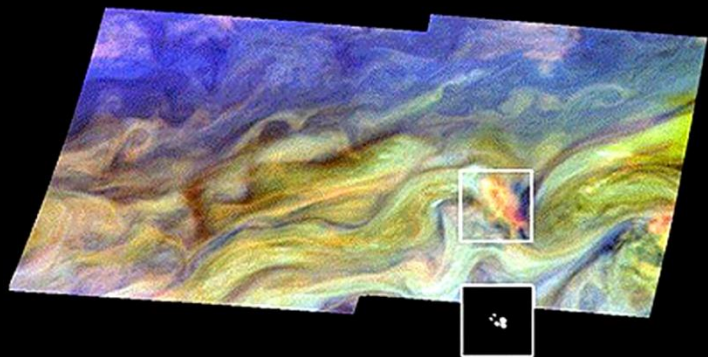


Osim ove džinovske perturbacije na južnoj hemisferi se javljaju se i male. **Neke od njih su se stapale sa Velikom crvenom pegom.**

Na Jupiteru su česte i džinovske oluje, koje su praćene ogromnim munjama. **Njihove dužine mogu biti i hiljade kilometara.**

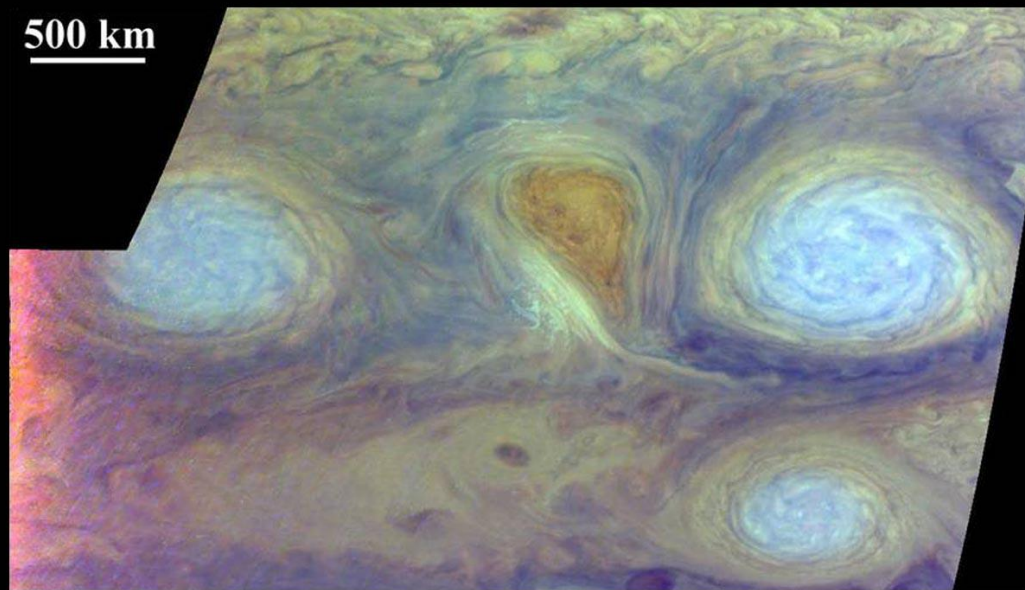


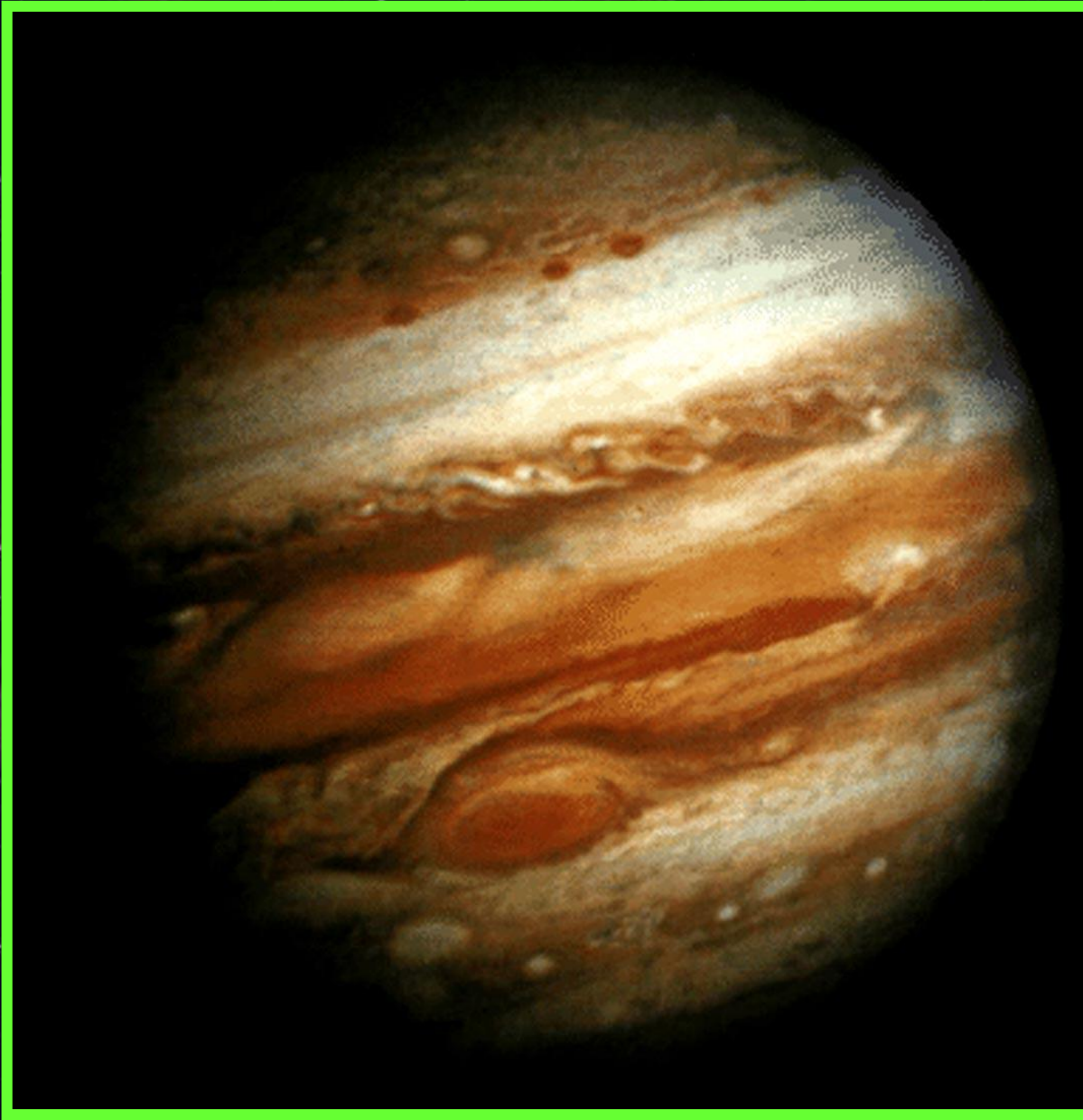
Oluja na Jupiteru



Sistem malih pega na Jupiteru

500 km







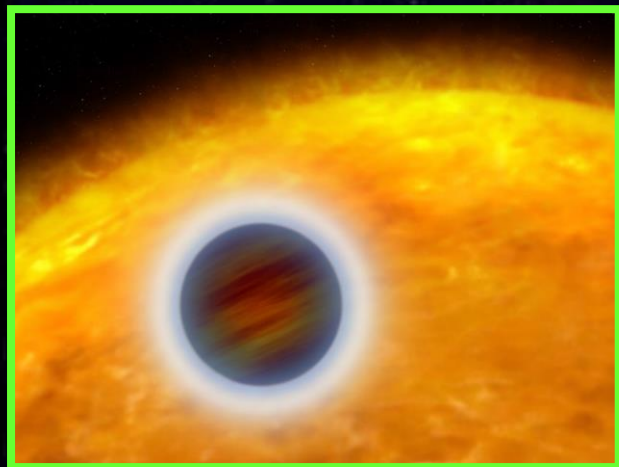
Vratimo se na objašnjenje uslova da je za nastanak života u planetarnom sistemu, osim planete–inkubatora, potrebno i postojanje bar jedne masivnije planete.



Najveći broj otkrivenih ekstrasolarnih planeta je iz kategorije *vrelih Jupitera*, velikih planeta u blizini matične zvezde. Prema teorijskim modelima, planete veličine Jupitera ne mogu da se formiraju unutar 3 AJ od zvezde slične Suncu (snežna granica).

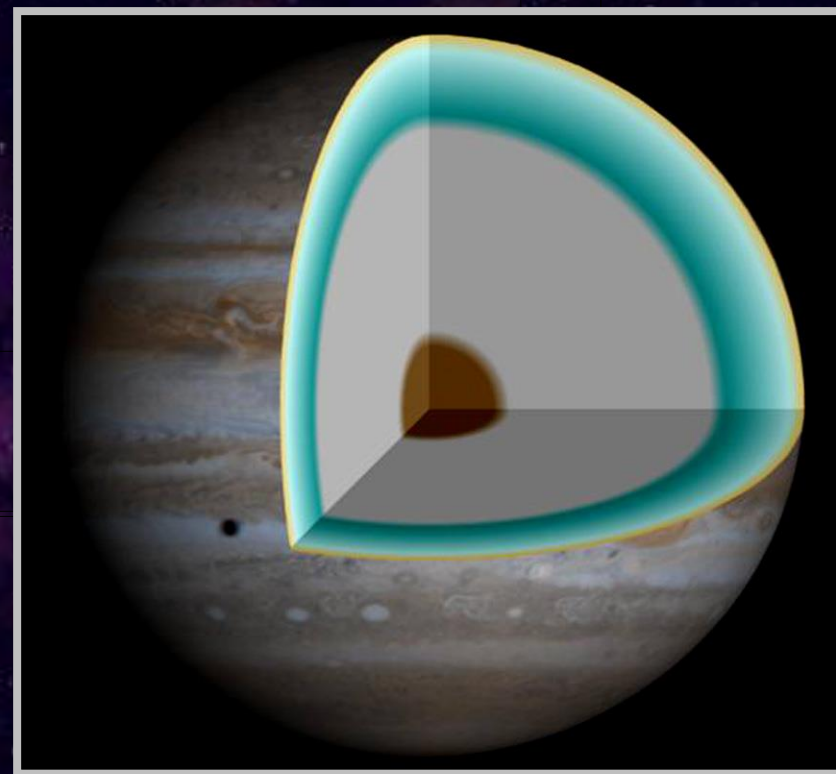


One su nastale izvan snežne granice i kasnije su migrirale ka zvezdi. Ne mogu da menjaju orbite kada se uspostavi planetarni sistem, već to rade u njegovoj ranoj fazi.



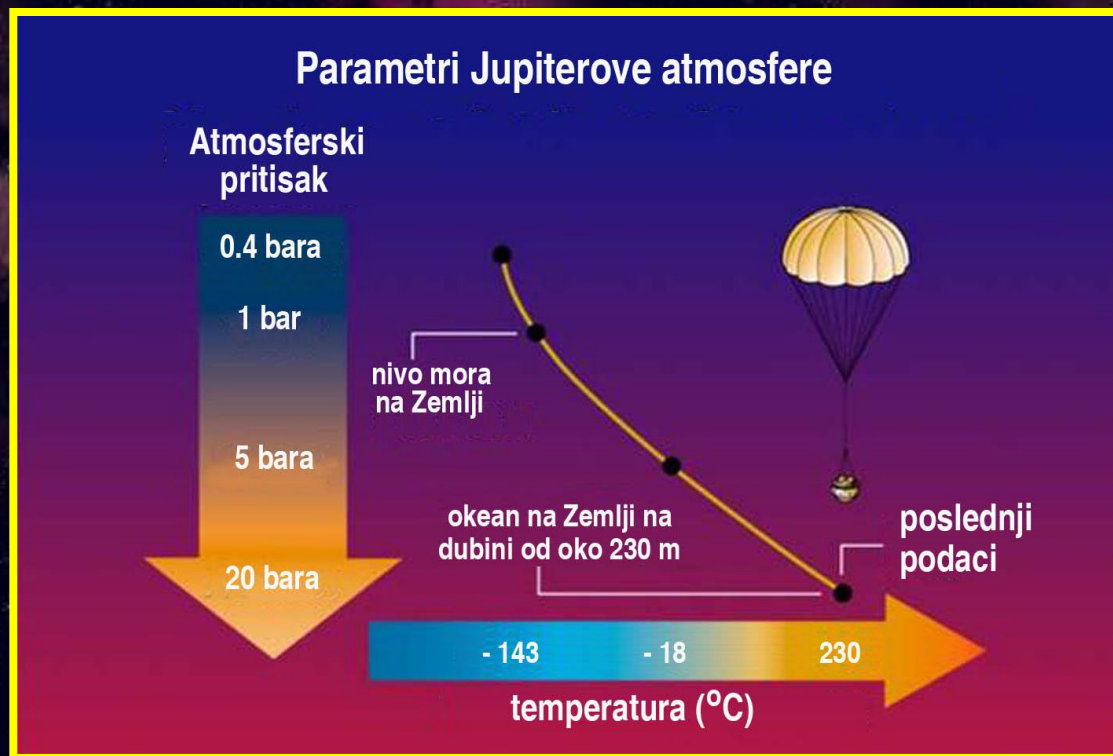
Kada bi se to desilo kasnije, unutrašnje planete bi ili pale na zvezdu ili bi bile izbačene na veću udaljenost od zvezde, što bi onemogućilo postojanje tečnog omotača koji bi se zaledio. Malo je verovatno da zvezde, u čijem se planetarnom sistemu nalaze vreli Jupiteri, imaju životvorne planete.

**Veoma masivne planete Jupiterovog tipa su prekrivene okeanom tečnog vodonika. Složeniji (i teži) molekuli org. ili neorg. jedinjenja tonuli bi na dno takvog okeana, gde bi bili zarobljeni u uslovima visokih pritisaka i t-ra. Na planetama Jupiterovog tipa život nije moguć.**





Bez obzira na ovakvu konstataciju, koja sa današnjeg stanovišta deluje racionalno i uz po život nepovoljne okolnosti (niska koncentracija vodene pare u atmosferi, velike brzine vetrova, odsustvo tvrde površine, itd.) u pogledu postojanja života na samom Jupiteru bilo je interesantnih ideja. Karl Sagan je 70-tih godina XX veka izneo ideju da je u gornjim slojevima atmosfere, gde su temperature i gustine dovoljno visoke moguće postojanje života.



Takav život bi bio omogućen relativno povoljnim uslovima za odvijanje hemijskih reakcija na bazi amonijaka, pa čak i vodonično-ugljičnih u slojevima atmosfere koji sadrže vodenu paru.

Lebdeći život u atmosferi Jupitera



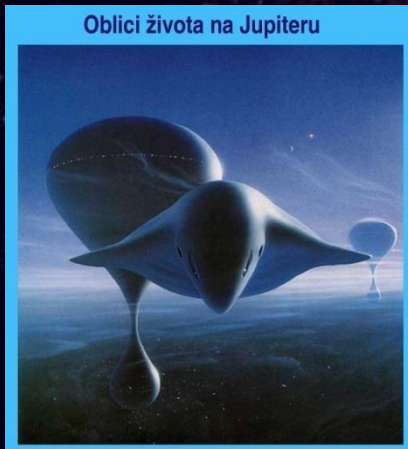
Žive kugle na Jupiteru





# Solpiter i Sagan govore o tri forme života u atmosferi Jupitera:

1. fotosintetički plankton (sitni organizmi koji se vrlo brzo razmnožavaju, što im omogućava da opstanu kao vrsta i pored konvektivnih kretanja koja mogu da ih odnesu u vrele dublje slojeve).
2. Plovci (džinovski organizmi slični vazдушnim balonima. Oni iz mehura otpuštaju helijum, a zadržavaju lakši vodonik, što im omogućava lebdenje u gornjoj atmosferi. Mogu da se hrane organskim molekulima ili da ih sami proizvode).
3. Lovci (predatori, koji love plovke).



Bez obzira na autoritet naučnika izneta ideja spada u domen fantastike.

**Velike planete imaju vrlo bitan uticaj na evoluciju planetarnog sistema, kao i nastanak i razvoj života u njemu. S obzirom na mogući uticaj na ostale planete, jasno je da je, osim mase masivne planete, vrlo bitan i njen položaj u sistemu i oblik njene putanje. Razmotrićemo to na primeru "našeg" Jupitera.**



Iako je od Zemlje u proseku udaljen oko 750 miliona km, upravo takav Jupiter, sa masom oko 318 puta većom od Zemljine i takvim položajem (prosečne udaljenosti 5.2 AJ od Sunca) bio je neophodan za nastanak i razvoj života na Zemlji.





Jupiter je prva formirana planeta u S.s. i vrlo brzo je "rastao". Kao takav bitno je uticao na planetarni sistem unutar svoje putanje. Njegova orbita je skoro kružna, a gravitacionim delovanjem uticao je da i Zemljina putanja bude takva. To je učinilo da se fluks nepromenljivog zračenja sa Sunca značajno ne menja tokom Zemljinog kretanja duž cele njene putanje oko Sunca. Takva stabilnost uslova stvorila je mogućnost za nastanak i razvoj života na Zemlji. Toga ne bi bilo da u našem sistemu postoji "vreli" Jupiter.

Sa stanovišta života, u Sunčevom sistemu, vrlo su značajne njegove dve funkcije: štita (odbojnika) i snabdevača vodom.

Gravitacionim uticajem Jupiter nije dozvolio stvaranje jednog velikog tela u oblasti današnjeg asteroidnog pojasa i zaustavio je dalji rast Marsa. **Takva planeta i veći Mars bi verovatno imali nepovoljan uticaj za nastanak života na Zemlji, jer bi je verovatno pomerili iz hab. zone Sunca.**

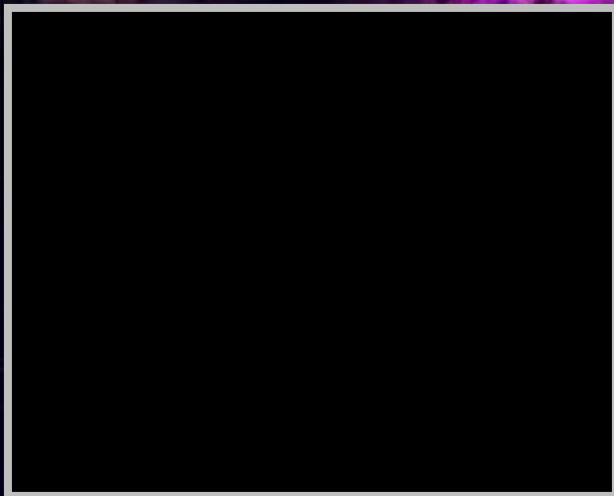


**Oko 500–600 miliona godina nakon nastanka (epoha velikog bombardovanja, pre 4.1 do 3.8 milijardi godina) Zemlja je izložena velikom broju udara tela čije su putanje bile haotično raspoređene.**

**Na osnovu kratera na Mesecu, smatra se da je na Zemlji bilo preko 22 000 kratera prečnika većih od 20 km, preko 40 udarnih basena od 1 000 km i nekoliko preko 5 000 km. Vremenom su udari jenjavali, a sadašnja stopa udara tela dimenzija od npr. 10 km je jednom u 10–100 miliona godina.**

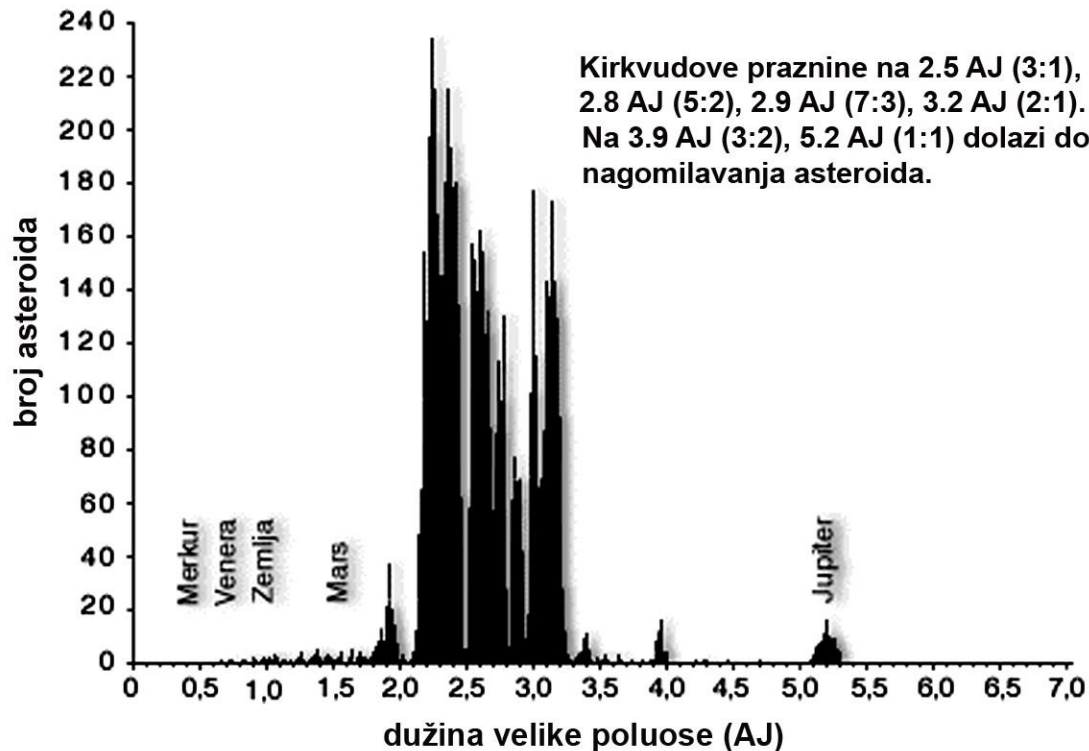


Broj udara bi na desetine hiljada puta bio veći da nije bilo Jupitera. On je gravitacionim uticajem "rasterao" brojna mala tela koja su se haotično kretala. Neka su, po principu gravitacione praćke, bila izbacivana iz Sunčevog sistema, a druga su usmeravana ka njegovoj unutrašnjosti. Brojna tela je zarobljavao i pretvarao ih u svoje satelite. Mnoga su i padala na njegovu površinu. U novijoj istoriji poznat je raspad komete Šumejker–Levi 9 i pad njenih delova na Jupiter, jula 1994.g. Na ovu planetu je 19. jula 2009. pala još jedna kometa. Na snimcima Jupitera iz juna i avgusta 2010. uočeni su bleskovi i tamne pege što sugeriše da je došlo do pada tela na Jupiter.



U svakom slučaju Jupiter je "počistio" brojna mala tela iz sredine Sunčevog sistema. Na to upućuje i raspodela asteroida u glavnom asteroidnom pojasu između Marsa i Jupitera, postojanje tzv. Kirkvudovih praznina. Predvideo ih je Daniel Kirkvud 1857., a potvrđene su 1866. g. Uočeno je da na rastojanjima od 2.5 AJ od Sunca (rezonanca 3:1), 2.8 AJ (5:2), 2.9 AJ (7:3), 3.2 AJ (2:1) nisu prisutni asteroidi.

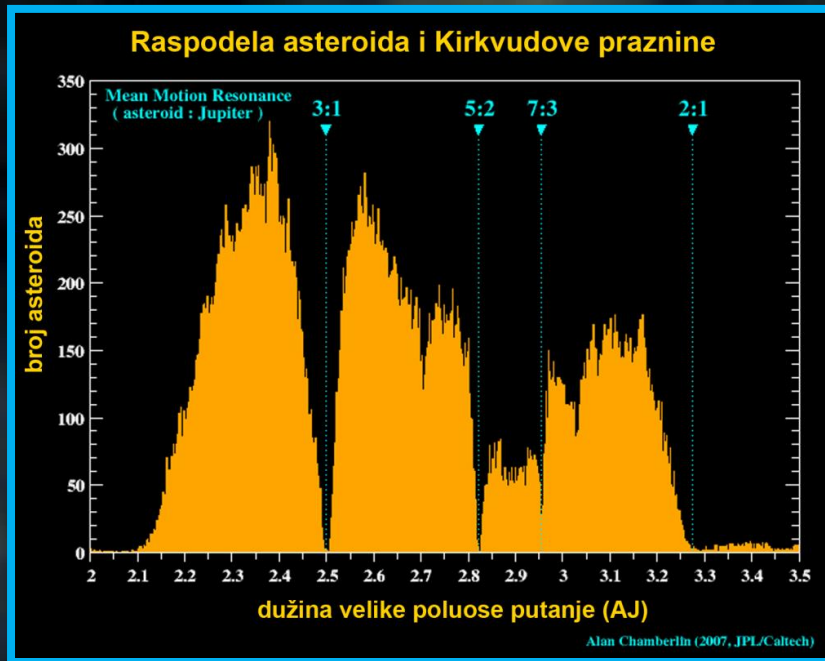
Raspodela asteroida u asteroidnom pojasu



Sa druge strane na rastojanjima 3.9 AJ (3:2) i 5.2 AJ (1:1) dolazi do "gomilanja" asteroida.



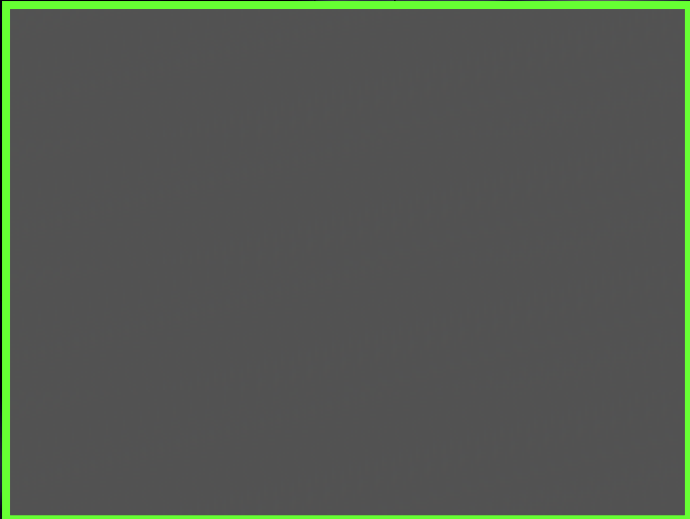
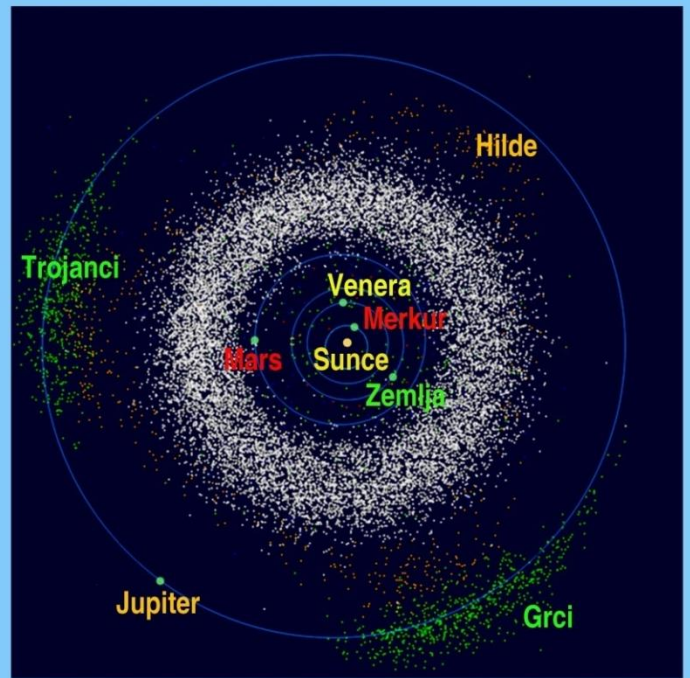
Postojanje šupljina u ast. pojasu posledica je rezonantnih efekata. Asteroidi se kreću oko Sunca prema Keplerovim zakonima. Npr. asteroidi sa velikom poluosom od 2.5 AJ naprave 3 revolucije oko Sunca dok Jupiter napravi jednu (rezonanca 3:1). Kod svakog trećeg obilaska oko Sunca oni se nađu u istom relat. položaju u odnosu na Jupiter.



Tada on gravitaciono jače deluje na njih, saopštava im dodatni impuls i to je proces koji se pravilno ponavlja. Efekat je kumulativan i vremenom putanja asteroida postaje nestabilna, njena velika poluosa se menja i asteroid odlazi sa te pozicije, što dovodi do stvaranja praznine. Neka od tih rezonantnih tela bila su izbačena u spoljašnje delove S.s., a neka su poput projektila usmeravana ka unutrašnjosti S.s.

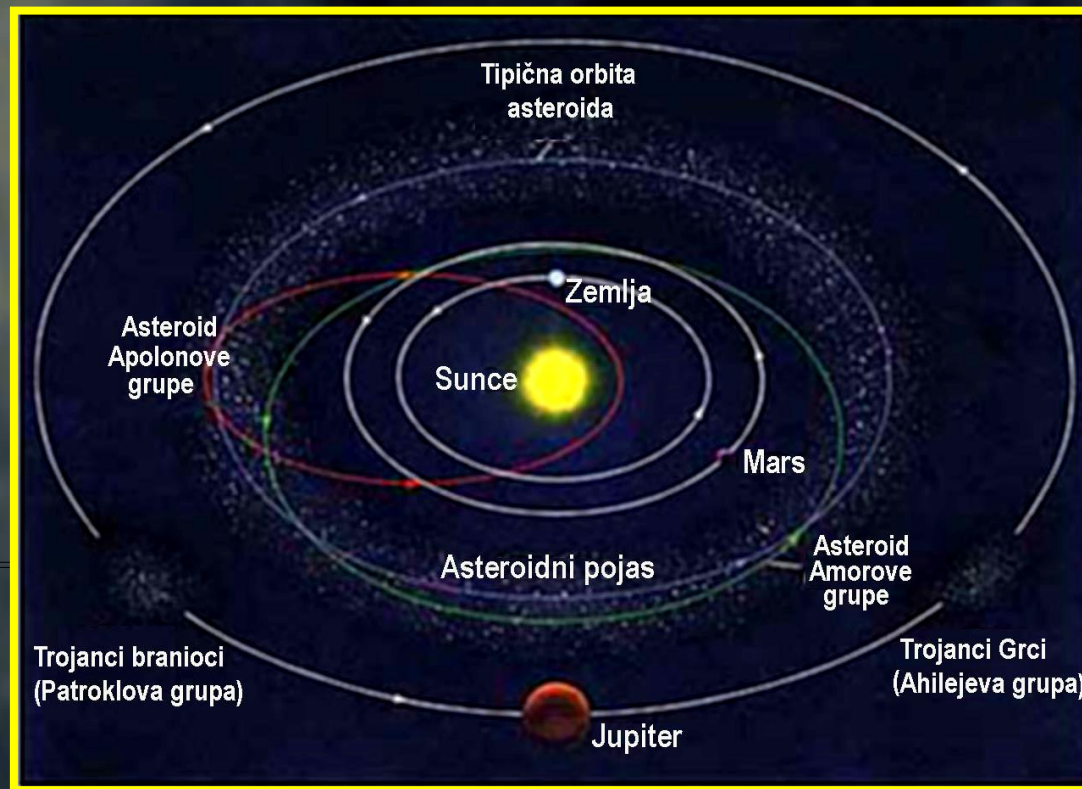
Posebno su interesantni asteroidi Trojanci, čija se orbita nalazi u rezonanci 1:1 sa Jupiterovom. Naime, oni "dele" putanju sa Jupiterom i zajedno sa njim kruže oko Sunca. Nalaze se u tzv. Lagranževim tačkama  $L_4$  i  $L_5$  ( $60^\circ$  ispred i iza Jupitera). Do juna 2010. otkriveno ih je 1583, a njih desetak su veći od 100 km. Ispred Jupitera ( $L_4$ ) su Grci (tabor sa imenima grčkih junaka, Ahileja, Odiseja, Agamemnona,...), a iza ( $L_5$ ) su Maloazijci, branitelji Troje (Enej, Prijam, Anhis,...). Interesantno je da se u taborima dva "špijuna": u taboru Grka je asteroid Hektor (trojanski junak), a kod Maloazijaca je Grk Patroklo.

Struktura Sunčevog sistema unutar Jupiterove orbite



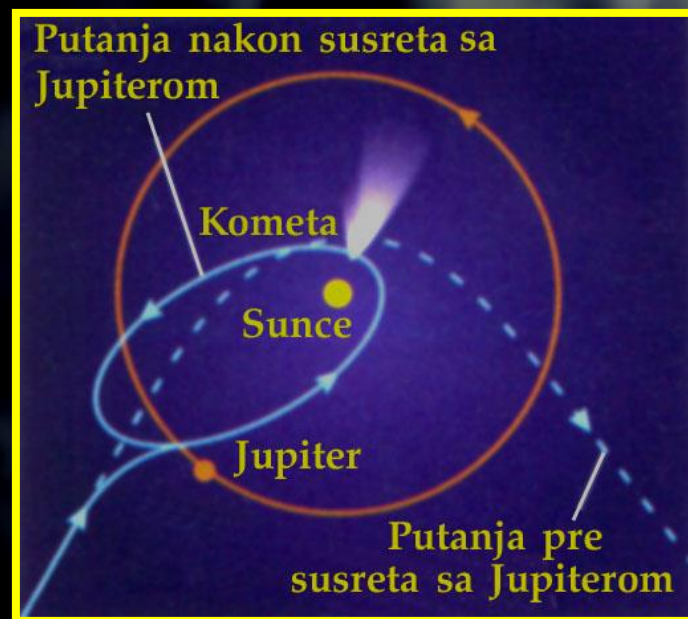
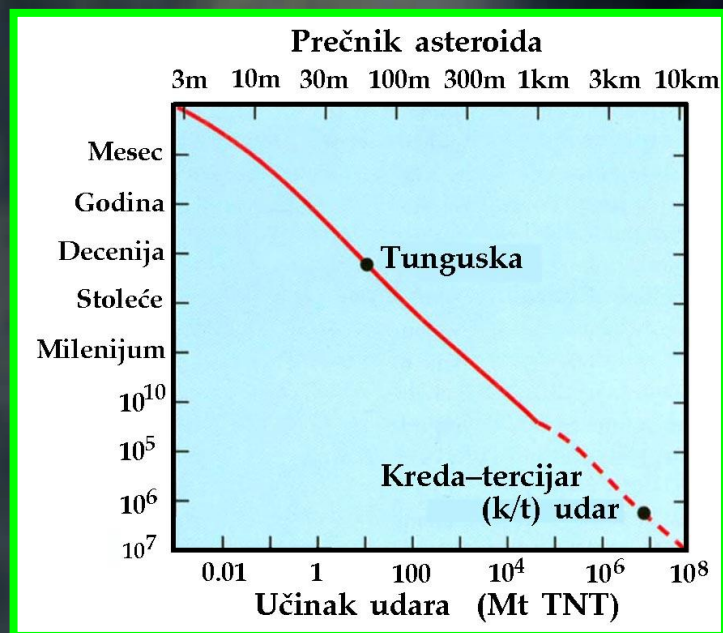


Svi Trojanci ne leže u istoj tački, već osciliju oko odgovarajuće Lagranževe tačke, zato što im Jupiter naizmenično dodaje i oduzima energiju. Kada im oduzima energiju (kada se nalaze ispred njega) dimenzija putanje i period se malo smanje, pa asteroid malo ubrza ispred Jupitera, a kada mu energiju dodaje asteroid malo uspori i približi Jupiteru. Zato se položaji asteroida stalno menjaju oko Lagranževih tačaka.



Gravitacionim delovanjem Jupiter je skretao, a ponekad i privremeno zarobljavao komete koje su iz Ortovog oblaka kretale ka unutrašnjosti S. s.

Neka od takvih asteroidnih i kometnih tela, pogotovo u ranijim fazama razvoja S.s., sudarala su se sa Zemljom. **Pošto su komete "aglomerati vodenog leda i stena"** mnogi autori smatraju da voda na Zemlji potiče upravo od kometa koje su u njenoj ranoj istoriji, usmeravane od strane Jupitera, često na nju. **Od tih vremena do danas količina vode na Zemlji praktično se nije promenila.**





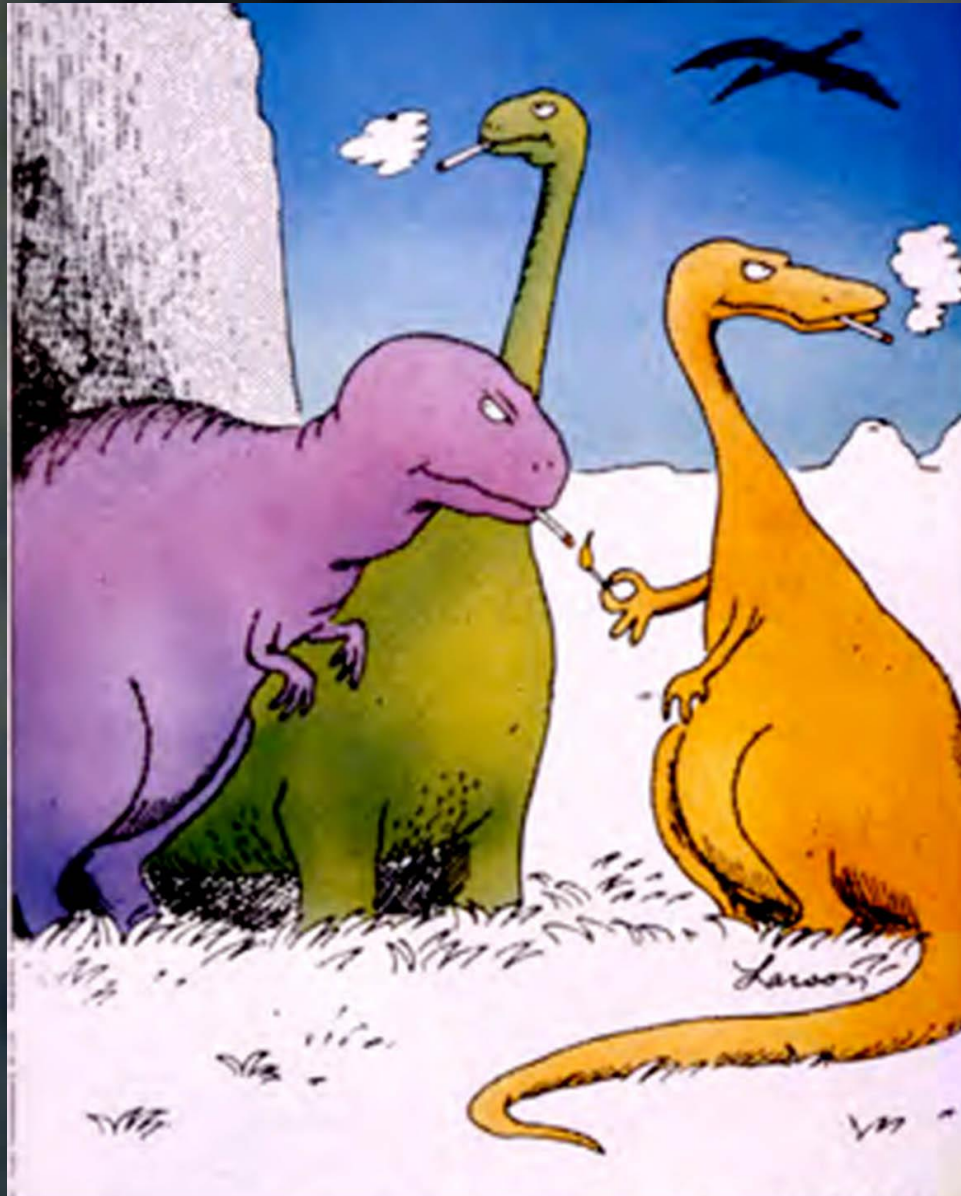
**Simulacije pokazuju da planete Jupiterovog tipa upravo na udaljenostima 4–5 AJ od matične zvezde (velika poluosa Jupitera je 5.2 AJ) utiču na formiranje unutrašnjih planeta sa dosta vode. U tom smislu, prisustvo Jupitera na odgovarajućem rastojanju od matične zvezde, bitno je za nastanak života na planetama u habitacionoj zoni zvezde.**

**Udari kometa ili asteroida mogu biti pogubni po život na planeti. Neposredna razaranja (požari, cunami, izmene reljefa), ali i klimatske promene i promene u atmosferi, nakon kataklizmičnih udara većih tela, uzrok su velikih ekstinkcija živog sveta na Zemlji.**



**Primer: ekstinkcija preko 75% vrsta života (uključujući i izumiranje dinosaurus) pre 65 miliona godina.**

Mada...

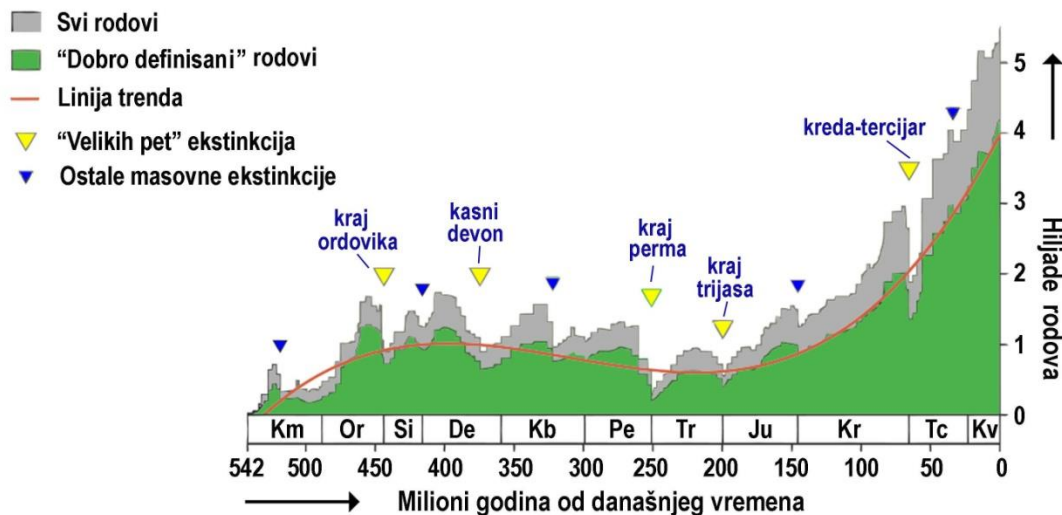


**Pravi razlog izumiranja dinosaurusu**



U poslednjih 500 miliona godina desilo se pet velikih i nekoliko manjih ekstinkcija. Po svemu sudeći neke od njih su posledica udara i promena na planeti koje su oni izazvali. Ali katastrofe su i “motori evolucije”: izumiranja u živom svetu ostavljaju “prazne” ekološke niše.

### Fanerozojski biodiverziteti prikazani preko fosilnih zapisa



#### “Velikih pet” ekstinkcija:

**Ordovik-silur (kraj ordovika)** - 440-450 Mgod. U dva navrata izumrlo 27% svih familija i 57% svih rodova.

**Kasni devon** - 360-375 Mgod. U pet ekstinkcionih pulseva izumrlo 19% familija, 50% rodova, 70% vrsta.

**Perm-trijas (kraj perma)** -251 Mgod. Najveća ekstinkcija u istoriji Zemlje. U “Velikom umiranju” izumrlo je 57% svih familija, 83% svih rodova (u moru 53% familija, 84% rodova). Procenjuje se da je izumrlo 96% morskih i 70% kopnenih vrsta. Ova ekstinkcija imala je ogroman uticaj na dalju evoluciju života na Zemlji.

**Trijas-jura (kraj trijasa)** - 205 Mgod. izumrlo 23% familija (20% morskih), 48% rodova (55% morskih).

**Kreda-tercijar (K-T)** - 75-65 Mgod. Izumrlo 17% familija, 50% rodova i 75% vrsta. Izumiranje dinosurusa i popunjavanje upraznjenih ekoloških niša nakon ekstinkcije omogućilo je dominaciju sisara i ptica.

Njih brzo popunjavaju nove, prilagodljivije vrste. Smene perioda kriza i stabilnosti na svakih 20–30 miliona godina povoljno utiču na evoluciju života. **Ako motor “radi” prebrzo, asteroidi i komete “udaraju” prečesto pa život ne dobija priliku da se razvije do inteligentnih formi. S druge strane, ako motor “radi” sporo i ova tela udaraju retko u planetu, u nepromenljivom okruženju život nema potrebe da se menja i evoluira prema naprednijim formama.**

U Sunčevom sistemu, gravitacionim delovanjem na asteroide i komete, Jupiter je “podesio” motor evolucije na Zemlji

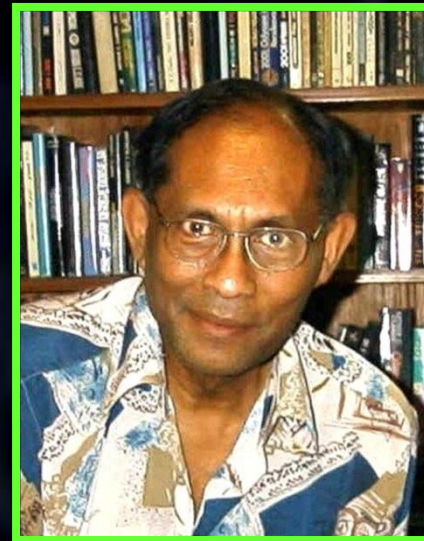
**On je smanjivao fluks kometa koje bi udarile u Zemlju i uzrokovala masovna izumiranja. Manja učestanost sudara povećala je nastanjivost Zemlje. S druge strane, u ranoj istoriji Zemlje, Jupiter je usmeravao komete ka Zemlji koje su doprinele prisustvu vode na njoj, a po svemu sudeći i života.**



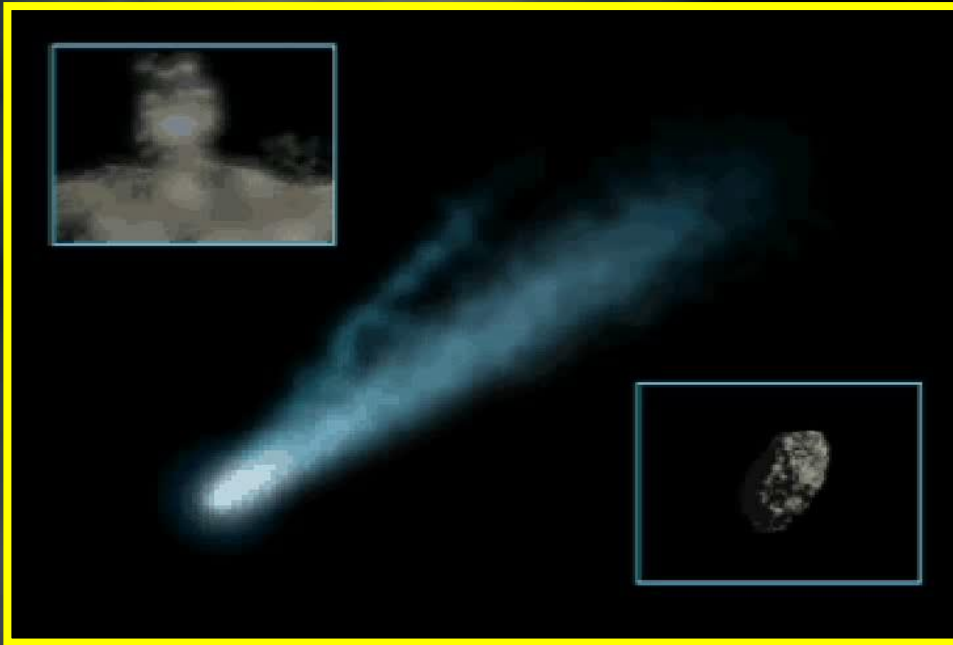


Za sam nastanak života udari kometa u planetu mogu da imaju pozitivnu ulogu. **Spektroskopske analize pokazuju da komete obiluju organskim materijalima. F. Dajson je tvrdio da su polazno obitavalište života komete, a ne planete. Jezgra komete sadrže radiktivne materijale, koji obezbeđuju energiju za sintezu složenijih molekula.**

Fred Hojl i Čandra Vikramašinge su tvrdili da je život na Zemlju dospeo preko komete.



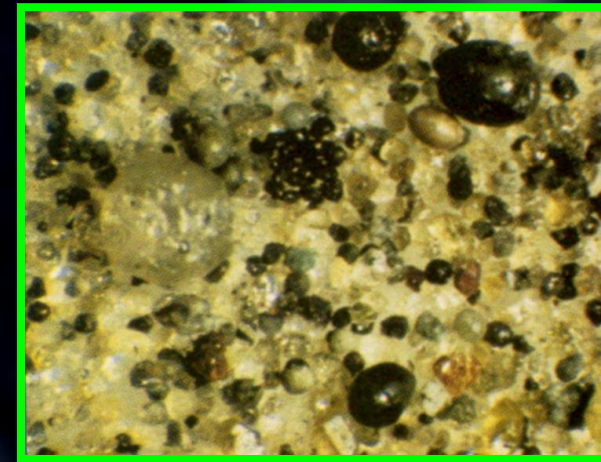
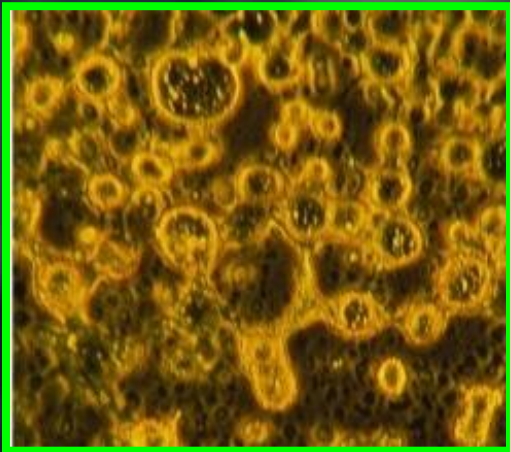
Prilikom udara organski molekuli bili su rasejani u okeanu, praveći od njega "primordijalnu supu". U povoljnim uslovima iz nje se razvio život. Ovi autori tvrde da i danas preko kometa na Zemlju dospevaju npr. virusi!





Slične hipoteze izneli su Helmholtz i Kelvin nezavisno jedan od drugog. Po njima seme života došlo je iz Kosmosa kao putnik na kometama ili meteoritima.

Ovakve hipoteze potvrđivane su otkrićem meteorita koji su u svom sastavu imali složene organske molekule. Npr. 1969. godine desila se eksplozija meteorita iznad Merčisona (Australija). U njemu je pronađeno 74 aminokiselina (8 učestvuju u izgradnji proteina na Zemlji). Sadržao je i šećere.





## *Kako je nastala voda na Zemlji?*

**Starost Zemlje je oko 4.6 milijardi godina. U početku ona nije imala okean.** Neki autori smatraju da su okean i atmosfera Zemlje nastali degazacijom tla ili od vulkanskih erupcija kada je u atmosferu dospela vodena para.

**U početku Zemlja je bila usijana zbog sažimanja i izloženosti velikom meteoritskom bombardovanju pre oko 4.2 milijarde godina. Protoplanetarni materijal, koji je padao na Zemlju, sadržao je zarobljene gasove (H, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, vodena para).**







Pod delovanjem visokih t-ra na tada vreloj Zemlji ovi gasovi su odlazili u atmosferu. Kondenzovanje vodene pare i kiše omogućeni su tek kasnijim padom temperature i hlađenjem Zemlje.

*Kada je temperatura pala na 400-500° C, pre oko 3.7-3.8 milijardi godina, započela je kristalizacija stena.*

*Najstarija detektovana (Ra-Sr datiranje) je stena Isua supracrustal (jugo-zapad Grenlanda). Karakterišu je meta-sedimentni i metavulkanski segmenti. Na osnovu specifične raspodele Zn, zaključeno je da su stene u to vreme bile na dnu prvobitnog okeana, što je ukazalo da su već tada na Zemlji postojale značajne količine vode.*

Naslage stena Isua supracrustal (Grenland)



Trakaste formacije gvožđa (BIF) u steni *Isua supracrustal* (Grenland)



**Primarna atmosfera Zemlje bila je gušća od današnje i imala je mnogo vodonika. Vremenom on je reagovao sa oksidima ( $\text{FeO}$ ) u magmi, što je bio jedan od načina stvaranja vode i smanjenje njegovog prisustva u atmosferi .**

**Taj period karakterišu gusti oblaci, munje, kiše, trenutno isparavanje vode. Pad temperature planete i njene atmosfere omogućio je zadržavanje tečne vode na površini.**





**Međutim analiza količine vodonika u primarnoj atmosferi i vode na planeti (koja se nije menjala od kako je nastala) ukazuje da sva voda na Zemlji nije mogla da nastane na ovaj način.**

**Ne mali broj autora tvrdi da je voda na ranoj Zemlji nastala udarima brojnih ledenih planetezimala (kometa), koje su konglomerati stena i vodenog leda. Ovu hipotezu prate protivrečnosti. Npr. voda u Halejevoj kometi sadrži veće količine deuterijuma nego voda na Zemlji (na 1l "obične" morske vode dolazi 0.2 ml teške vode). Pokazuje da je odnos D/H kod 4 komete za faktor 2 veći u odnosu na vrednosti na Zemlji. Moguće je da su "ranije" komete bile drugačijeg sastava od "kasnijih". Tela formirana dalje od Sunca imaju veći odnos D/H (komete).**



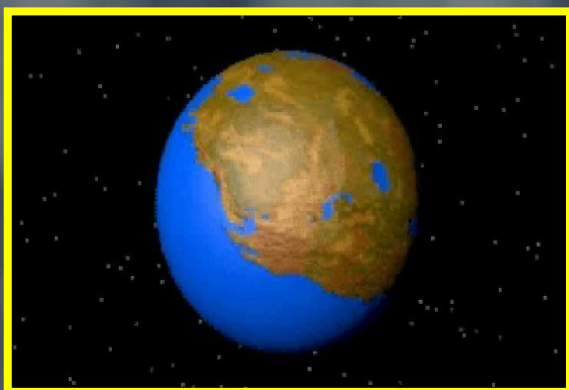
***U moguće donosioce vode spadaju i stenovite planetezimale (ugljični hondriti iz asteroidnog pojasa), kod kojih prisutna voda nije imala isti odnos D/H kao kod kometa, već je on približniji odnosu kod današnje vode u okeanu. To sugeriše da su oni bitan “donosilac” vode u okeanu.***

***Realna situacija je najverovatnije da su svi pomenuti procesi imali svoj doprinos u stvaranju današnje količine vode na plavo-zelenoj planeti.***





**Stvaranje svetskog okeana omogućilo je nastanak života. Na osnovu prisustva  $C^{13}$  i  $C^{14}$  u stenama, neki autori smatraju da je život nastao pre 3.8 milijardi godina. Većina ipak smatra da su prve prokariote (jednoćelijski organizmi bez jedra, modro-zelene alge) nastale pre 3.6 milijardi godina. Prvi život "stvarao" se 100 miliona godina, i to u hidrosferi, koja ga je štitila od ubitačnog UV zračenja i koja je omogućavala dobru pokretljivost prebioloških molekula.**



**Kako god da je voda dospela na Zemlju i time omogućila stvaranje života Jupiter je i tu dao svoj doprinos.**





***Хвала на пажњи!***

