

Dr Dragan Gajić



Planete Sunčevog

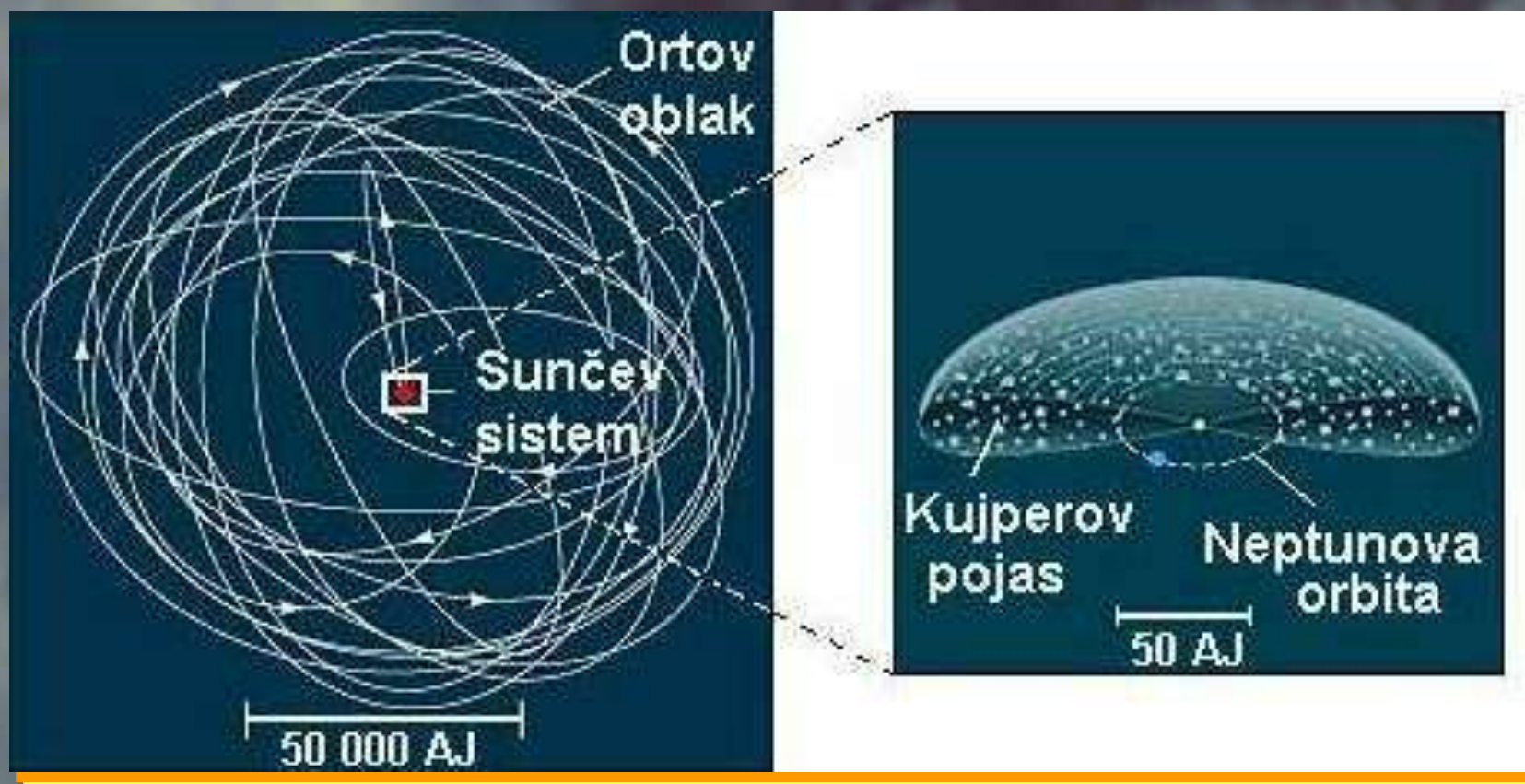
sistema

Sunčev sistem sastoji se od Sunca, planeta sa njihovim satelitima, patuljastih planeta, asteroida, kometa, meteoroidnih tela, međuplanetne prašine i gasova.



Članovi Sunčevog sistema imaju negativnu mehaničku energiju (pomoću svoje kinetičke energije tela ne mogu da savladaju privlačnu gravitacionu silu Sunca i da napuste sferu njegove gravitacione dominacije). U protivnom slučaju nakon perturbacije od npr. neke susedne zvezde, brzina tela može da postane takva da ono trajno napušta Sunčev sistem.

Dimenzije Sunčevog sistema su oko 200 000 AU.



Definicija po kojoj su planete hladna nebeska tela koja energiju dobijaju od zvezde (Sunca) nije baš tačna: neke planete (Jupiter, Saturn, pa i naša Zemlja) emituju više energije nego što prime od Sunca. Uzroci još uvek nisu dovoljno proučeni. Imaju "unutrašnje" izvore toplote (malo, ali permanentno sažimanje, pretvaranje gravitacione energije u toplotnu pri padu kondenzovanih kapi He u unutrašnjost, itd.).

Na zasedanju Generalne skupštine MAU, od 14. do 25. avgusta 2006. g. u Pragu, rezolucijom 5a prihvaćena je sledeća definicija planeta:

Planeta je nebesko telo koje

- a) se nalazi u orbiti oko Sunca*
- b) ima dovoljnu masu da njena sopstvena gravitacija obezbeđuje (skoro) sferan oblik*
- c) je raščistilo okolinu duž svoje orbite*

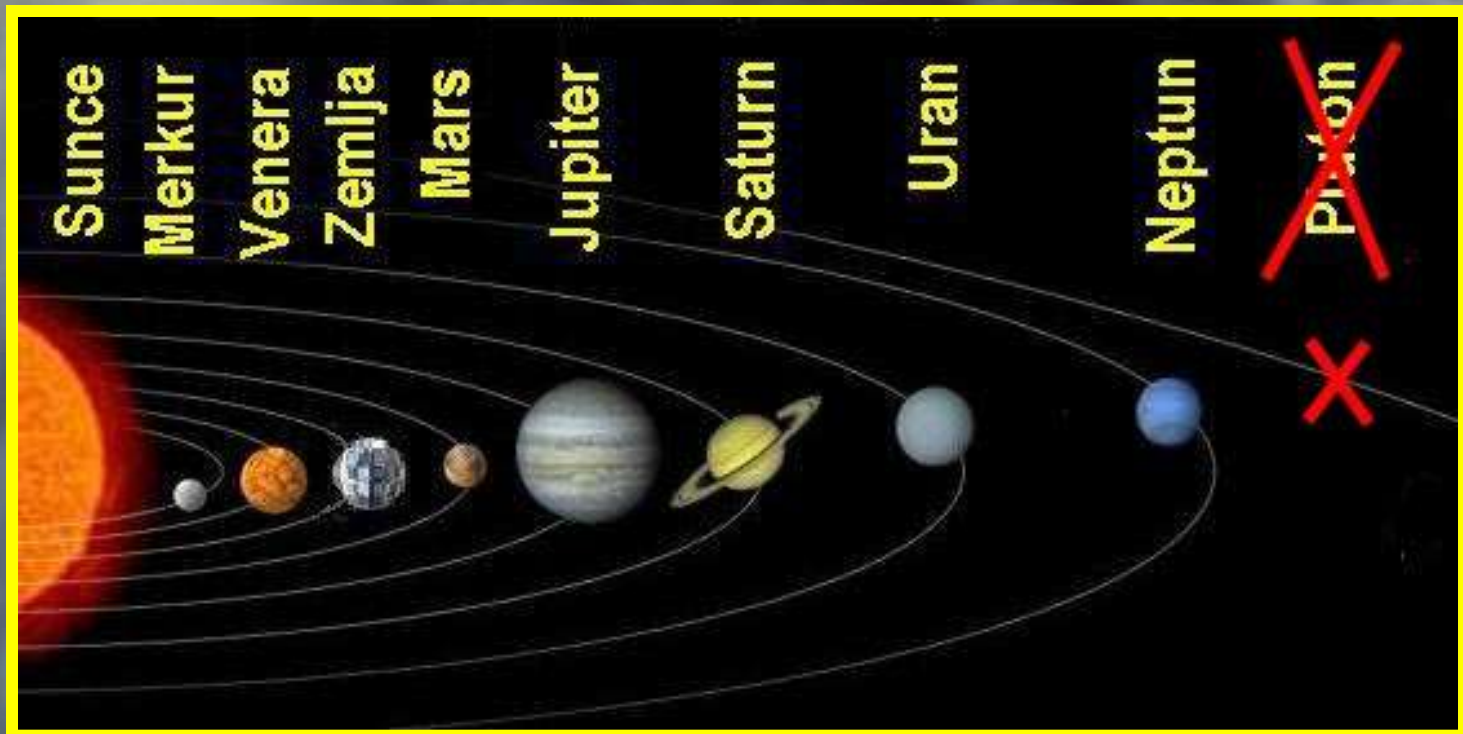
Do skoro, bila je prihvatljiva i definicija Alana Sterna po kojoj

Planete:

- 1. Rotiraju samostalno samo oko matične zvezde i oko sopstvene ose*
- 2. Dovoljno su male da se u njima ne odvijaju fuzione reakcije (inače bi bile zvezde)*
- 3. Dovoljno su velike da im je, pod delovanjem sopstvene gravitacije, oblik skoro sferan (malo su spljoštene zbog rotacije oko sopstvene ose)*

Ove prethodne definicije podrazumevale su, u stvari, da broj planeta u Sunčevom sistemu treba da bude bar dvadesetak. Među njima ima dosta tela koja su, od strane američkih timova otkrivene u poslednjih nekoliko godina, i koja ispunjavaju navedene kriterijume.

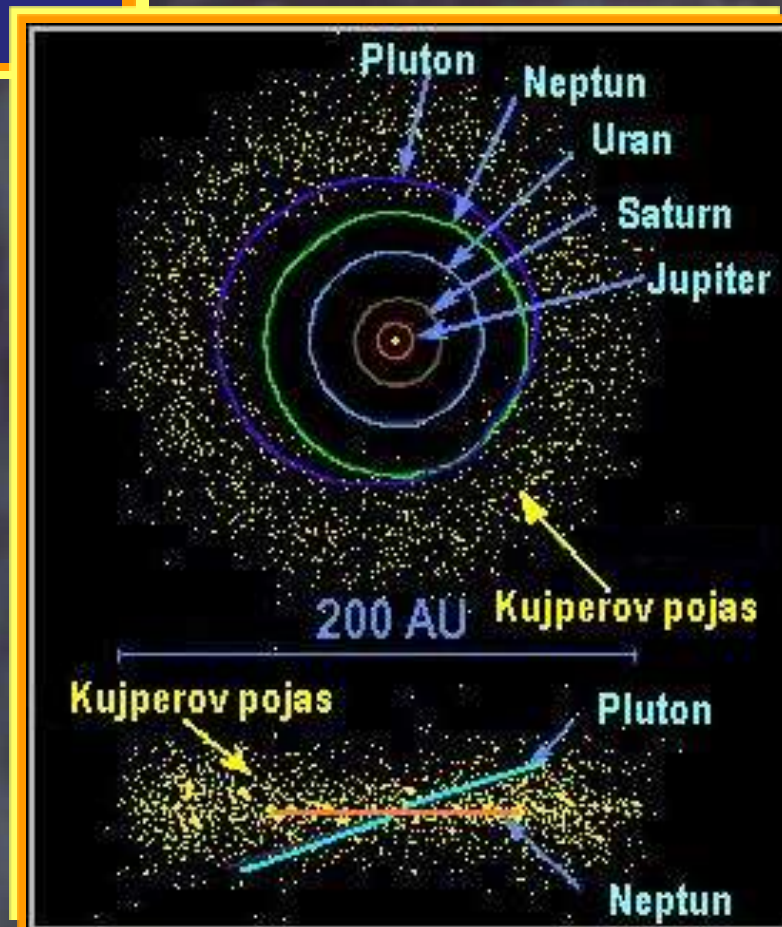
Broj planeta u Sunčevom sistemu, prema različitim autorima, kreće se između 6 (antički filozofi–astronomi) i 1066 (pasionirani ljubitelji astrologije i sličnih ezoteričnih pseudo–nauka i stalni saradnici u “Zoni sumraka”). Uran je otkriven 1781. (W. Herschel), Neptun 1846. (Le Verrier, Galle), a Pluton, koji je do 2006. g. tretiran kao planeta, otkriven je 1930. (Tombaugh).





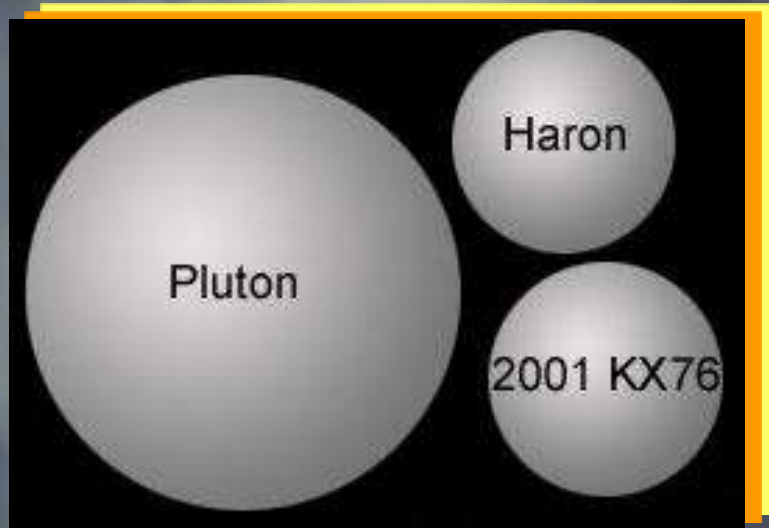
U Edžvort–Kujperovom pojasu (između 50 i 200 AU) do danas je otkriveno preko 400 objekata.

Neka od ovih tela imaju dimenzije bliske Plutonovim. Procene veličine su na osnovu albeda. Jesu li to X, XI, XII, itd. planeta po redu?





Mnogi smatraju da su ova transneptunska tela od stena i leda ostaci (otpaci) iz vremena nastanka Sunčevog sistema. Neki tvrde da su ih velike planete "gravitacionom praćkom" ubrzale i izbacile iz unutrašnjosti Sunčevog sistema.



28.11.2001. g. otkrivena je *Varuna* na oko 43 AU od Sunca. Prečnik joj je oko 900 km. Naredne godine otkriven je objekat 2001 KX76 udaljen oko 6.5 milijardi km (oko 43 AU). Prečnik mu je između 960 i 1270 km. Po svemu sudeći u "vezi" je sa Neptunom.



Na oko pola milijarde km iza Plutona otkriven je i *Kvauar (Quaoar)*. Prečnik mu je oko 1300 km (veći je od Varune i 2001 KX76). Treba mu oko 288 godina da obiđe oko Sunca.

Sedna (2003 VB12) – na srednjem rastojanju 531 AJ od Sunca. Najdalje od S. je 990 AJ, a najbliže 74 AJ. Period obilaska 12 260 godina, a period rotacije oko 40 dana. Prečnik joj je procenjen na 1700 km. Ime – po eskimskoj boginji mora.



Spicer teleskopom otkrili je 2003. g. Majkl Braun, Čad Truhiljo i Dejvid Rabinovic. Proglašavali je za X planetu. Spektroskopske analize pokazuju da na površini ima azot i zaleđen metan.

Temperatura na površini Sedne je -240°C . Posle Marsa je “najcrvenije” telo u Sunčevom sistemu – zbog iradijacije površine. Kosmičko zračenje i S. vetar utiču da se stvara čvrst sloj složenih crvenkastih ugljeničnih jedinjenja. Na njenoj orbiti sudari su retki i nema mešanja materijala, pa ni promene boje.

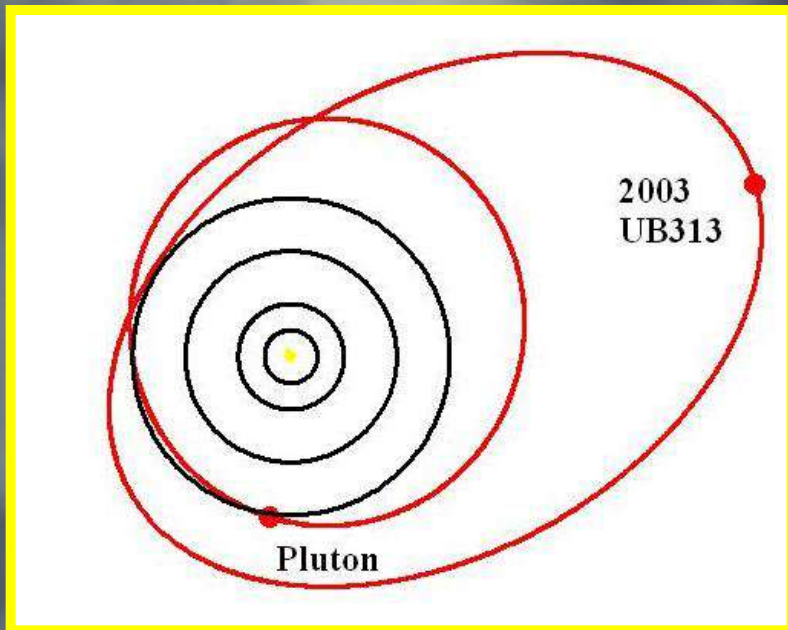


2003 UB313 (Eris) – Zbog nje je napravljena sva ova frka sa Plutomom. Ista ekipa je snimila još 2003, ali tada nisu registrovali kretanje tela. Tek je 29.6.2005. objavljeno otkriće. Požurilo se sa objavljivanjem, jer je štampa već najavila otkriće X planete. Postupak je bio u naučnom smislu nekorektan, jer MAU određuje status objekta, a ne mediji. Prečnik je sa donjom granicom od 2270 km (da je manji Spicer je ne bi uočio), a na osnovu sjaja je procenjen do 3000 km.



Veća je od Plutona. Udaljena je od Sunca 97 AJ (14.5 milijardi km). Period obilaska oko Sunca je 550 g., a rotacije oko 8h. Pripada proširenom rasejanom disku.

Teško je uočena zbog nagiba putanje od 44° . Tamo niko nije pretraživao. Verovatno je Neptun “gurnuo” na tu putanju. Temperatura na površini je -207°C . Pokrivena je metanskim ledom i ima visok albedo (0.86).



Kroz istoriju astronomije pominjane su i planete za koje danas znamo da ne postoje.

1860. g. Le Verrier tvrdi da je otkrio planetu Vulkan. Unutar je Merkurove putanje. Obilazi oko Sunca za 19 dana i 7h. Odgovorna je za poremećaje Merkurove putanje.



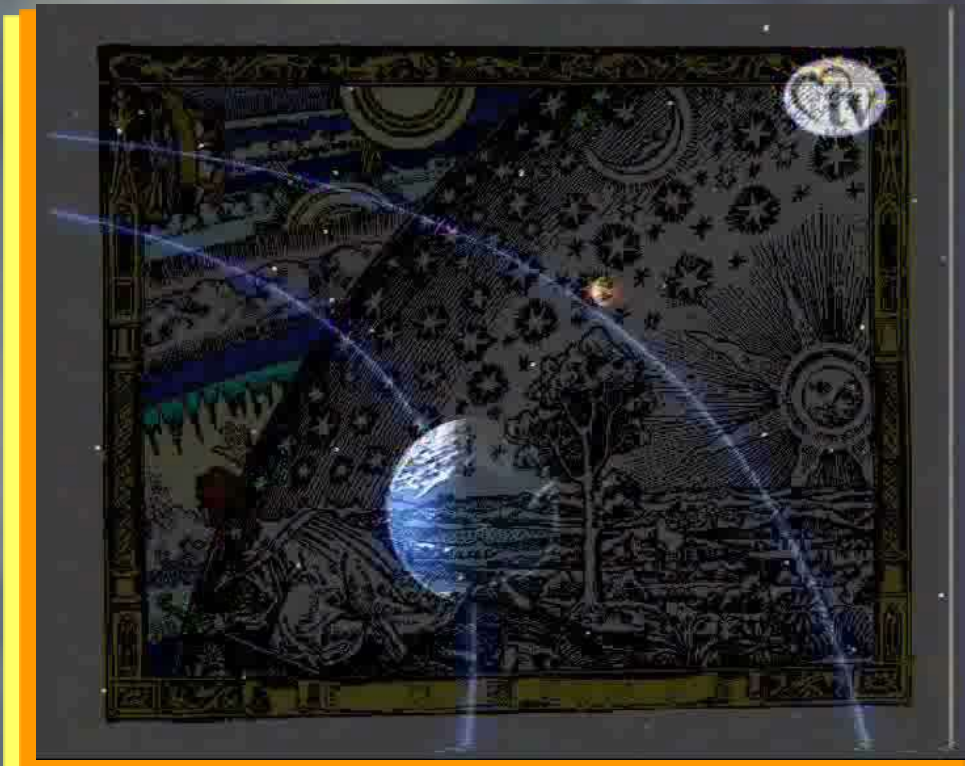
Planeta Neit – možda Venerin satelit. Udaljena od Venere 66.5 njenih poluprečnika. M. Hoze (1884) – radi se o planeti sa periodom obilaska oko Sunca od 283 dana. Ipak to je bila samo jedna manje sjajna zvezda.

1772. godine Ticijus–Bodeovo pravilo za određivanje udaljenosti planeta od Sunca: brojevima 0;3;6;12;24;48;96;192 itd. doda se 4 i podele se sa 10. Dobijaju se 0.4;0.7;1;1.6;2.8; itd. Dobra podudaranja sa srednjim rastojanjima (u AU) do Urana (pravilo je poslužilo za njegovo otkiće).



Na rastojanju od 2.8 AU nije bilo poznate planete. Radilo se o Faetonu (po nestašnom sinu boga Helija), koji se možda raspao. Na njegovom mestu Pjaci je 1.1.1801. g. otkrio asteroid Ceres. Asteroidni pojas ipak ne potiče od Faetona.

Reč "planeta" potiče od grčke reči $\pi\lambda\alpha\nu\eta\tau\eta\varsigma$ (koji luta), s obzirom na godišnji način kretanja po nebu i pravljenje "petlji". Ovakav način kretanja objasnio je Kopernikov model heliocentričnog sistema sveta.



Planete se kreću oko Sunca prema Keplerovim zakonima:

1. Svaka planeta se kreće po elipsi u čijoj se jednoj žiži nalazi Sunce.
2. Sektorska brzina planeta je konstantna.
3. Kvadrati perioda obilaska planeta oko Sunca odnose se kao kubovi velikih poluosa njihovih putanja.



Do zakona je došao empirijski, na osnovu Braheovih merenja. Prva dva su objavljena u *Astronomia nova* (1609.), a treći u *Harmonices mundi* (1619.). Teorijski su dokazani tek Njutnovim zakonom gravitacije.

Planete Sunčevog sistema se mogu podeliti na dve grupe:

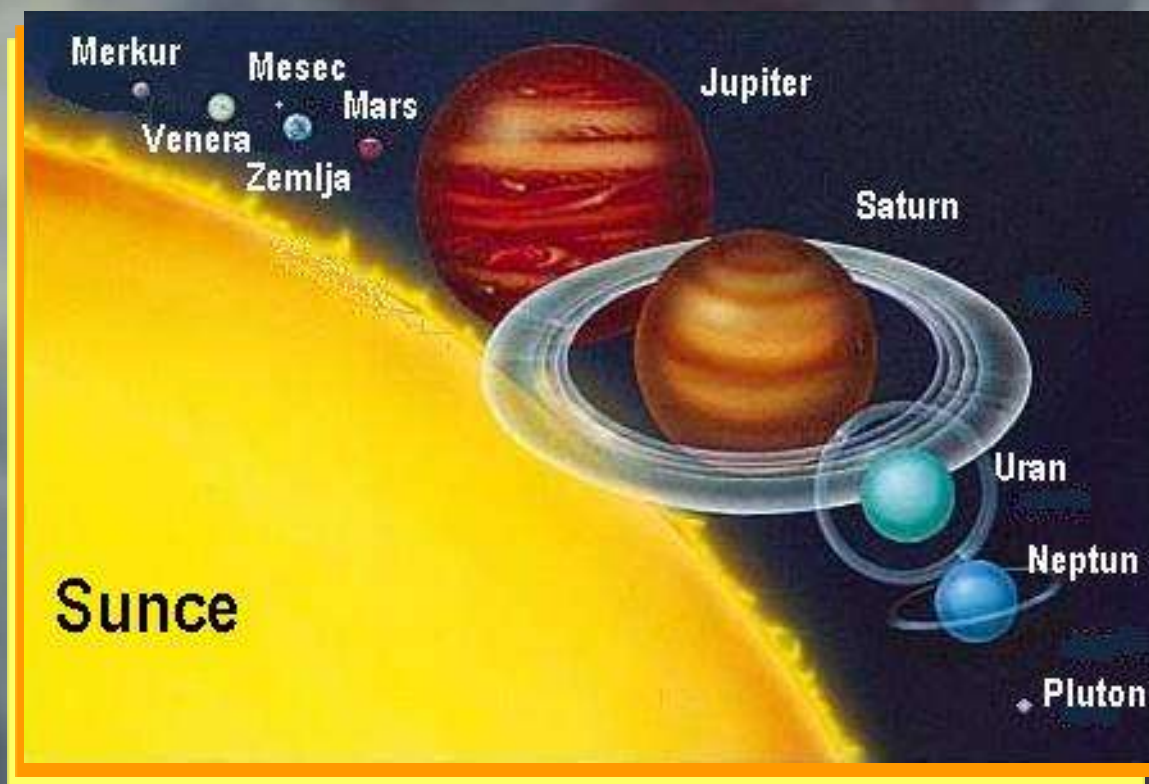
1. Planete Zemljinog tipa (terestričke): Merkur, Venera, Zemlja i Mars
2. Planete Jupiterovog tipa (jovijanske): Jupiter, Saturn, Uran i Neptun

Pluton po svojim karakteristikama ne pripada ni jednom od ovih tipova planeta (verovatno je nastao "zarobljavanjem" od strane Neptuna).

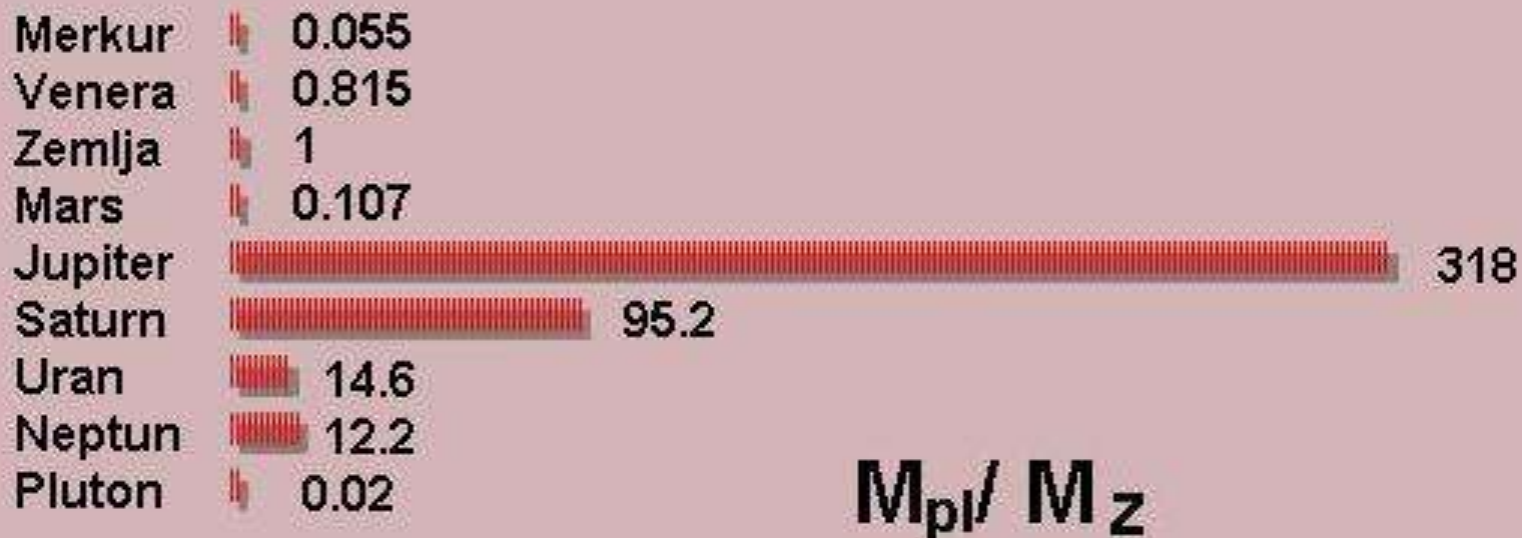
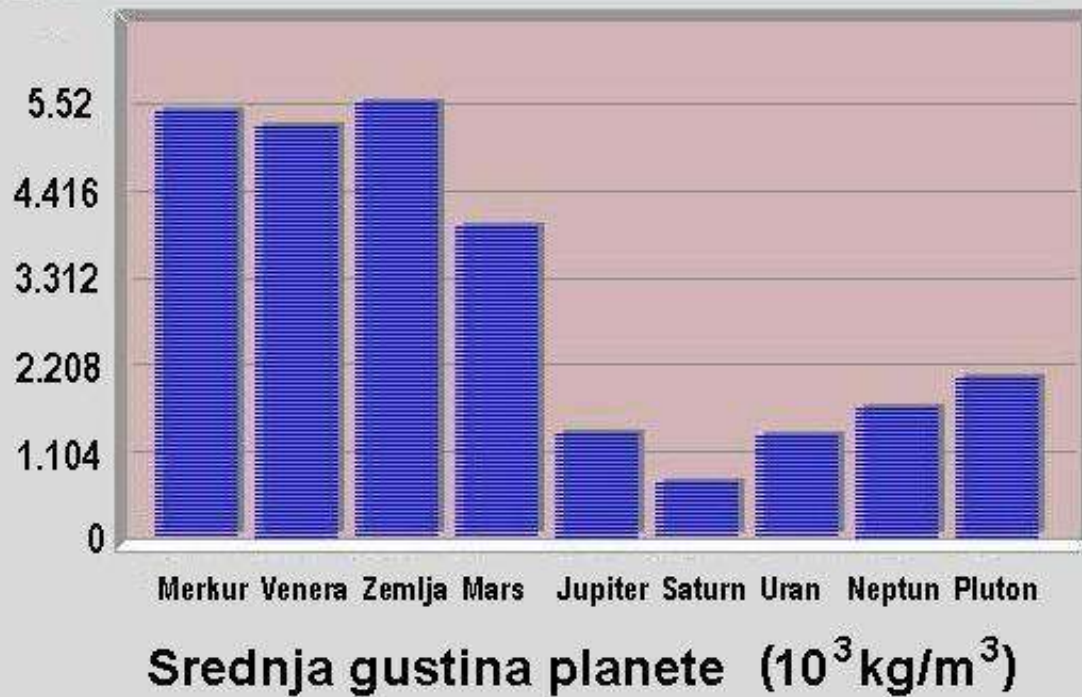
Planete Zemljinog tipa su manjih dimenzija i masa, veće gustine, tanjih i ređih atmosfera, sa malim brojem satelita, sporijom rotacijom oko sopstvene ose i bržom revolucijom oko Sunca. Magnetna polja (osim Zemljinog) su slaba.



Planete Jupiterovog tipa su džinovske, velikih dimenzija i masa, ali malih gustina (tečno–gasovite; svetovi bez površine). Imaju prostrane i guste atmosfere koje postepeno prelaze u osnovno telo. Poseduju veliki broj satelita. Magnetna polja su jaka.



Poređenja



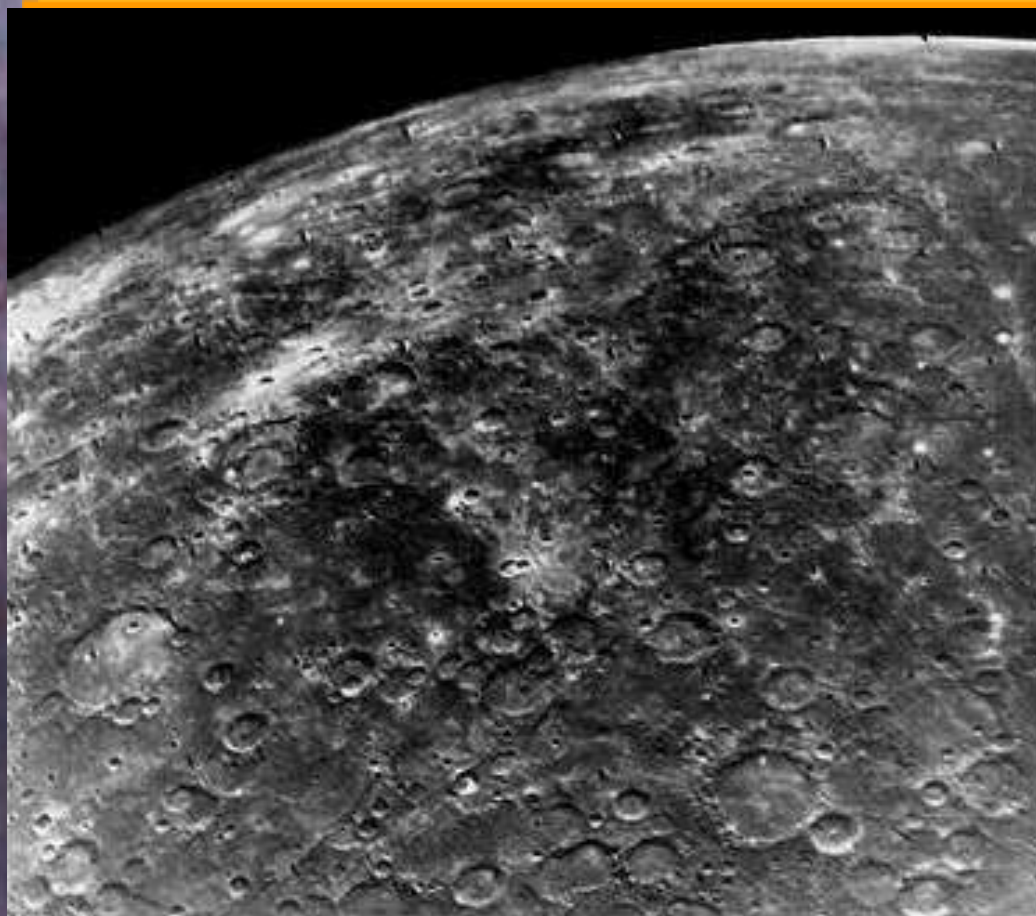
Merkur

Najmanja terestrička planeta ($r=2370$ km, 1.4 puta veći od Mesečevog). Srednje rastojanje od Sunca 57.9 miliona km. Godina mu traje skoro 88 zemaljskih dana, a dan 58.65 zemaljskih dana ($2/3$ godine).

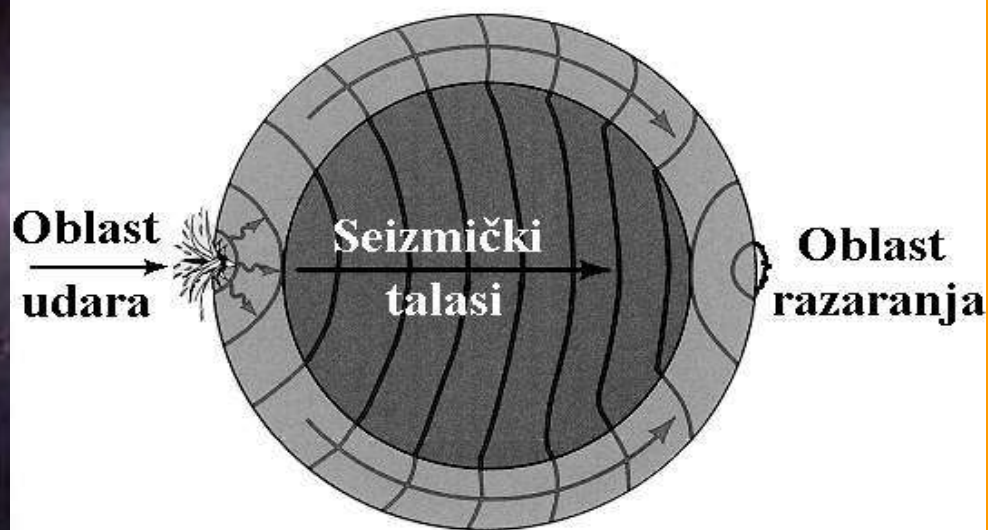


$M=0.0553M_z$. Malo je ređi od Zemlje. Gravitaciono polje mu je oko dva puta jače od Mesečevog (krateri su plići, sa manje izbačenog materijala; planine su niže). Izgled sličan Mesečevom.

Posledica velikog bombardovanja pre 4.25 milijardi godina, u trajanju od 400 miliona godina.



Primer: *Planitia Caloris*
(Ravnica vrućine) – 1300 km.
Udar pre 3.8 milijardi godina.
Razaranja i u antipodnoj tački.



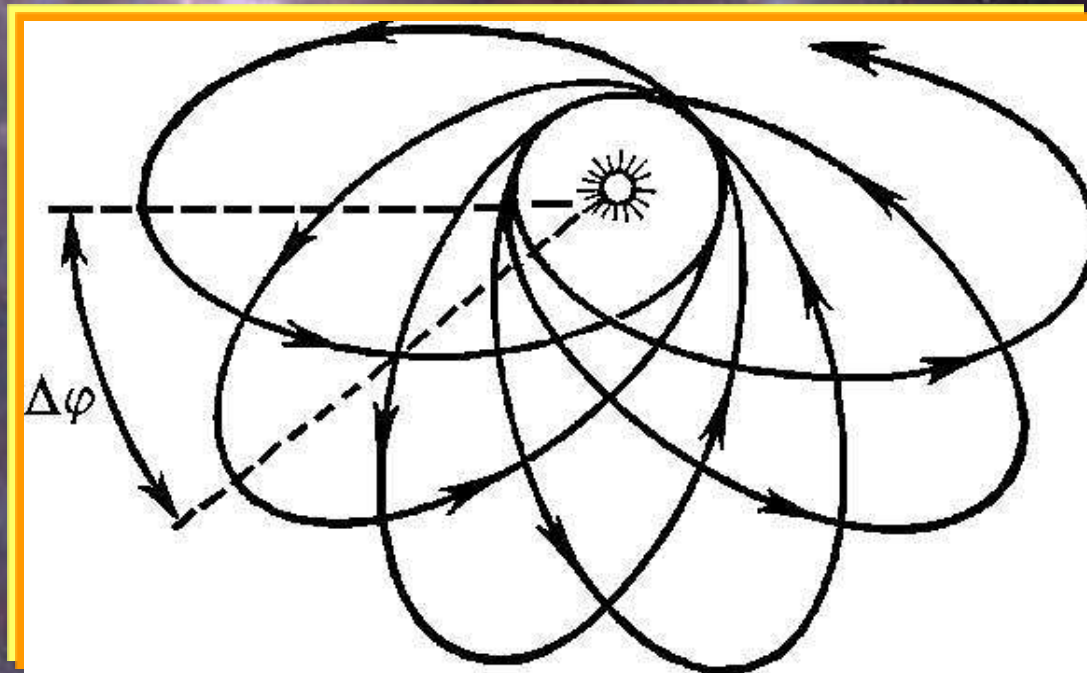
Temperatura na noćnoj strani je -173C , a u subsolarnoj tački $+430\text{C}$. Kalaj se topi na 232C , olovo na 327C , a cink na 430C . Solarna konstanta ima 10 puta veću vrednost nego na Zemlji.

Atmosfera se javlja samo u tragovima (H , CO_2 , C , Ar , Xe, \dots). Degazacija tla i solarni vetar.

Ne tako čest događaj: tranzicija Merkura preko Sunčevog diska.



Tranzicije su omogućile precizna merenja dodatnog skretanja perihela u sopstvenoj ravni od $43.03''/100$ god. Efekat je objašnjen Ajnštajnovom OTR, što je jedan od dokaza njene valjanosti.



Venera

Zemljina bliznakinja, ali samo na prvi pogled.

Ima retrogradnu jako sporu rotaciju, koja je možda posledica sudara sa sopstvenim satelitom. Godina joj traje 243, a dan i noć 116.8 zemaljskih dana. Nema smene godišnjih doba.



Sa Zemlje se uočavaju njene mene, koje su bile i drevnim narodima.

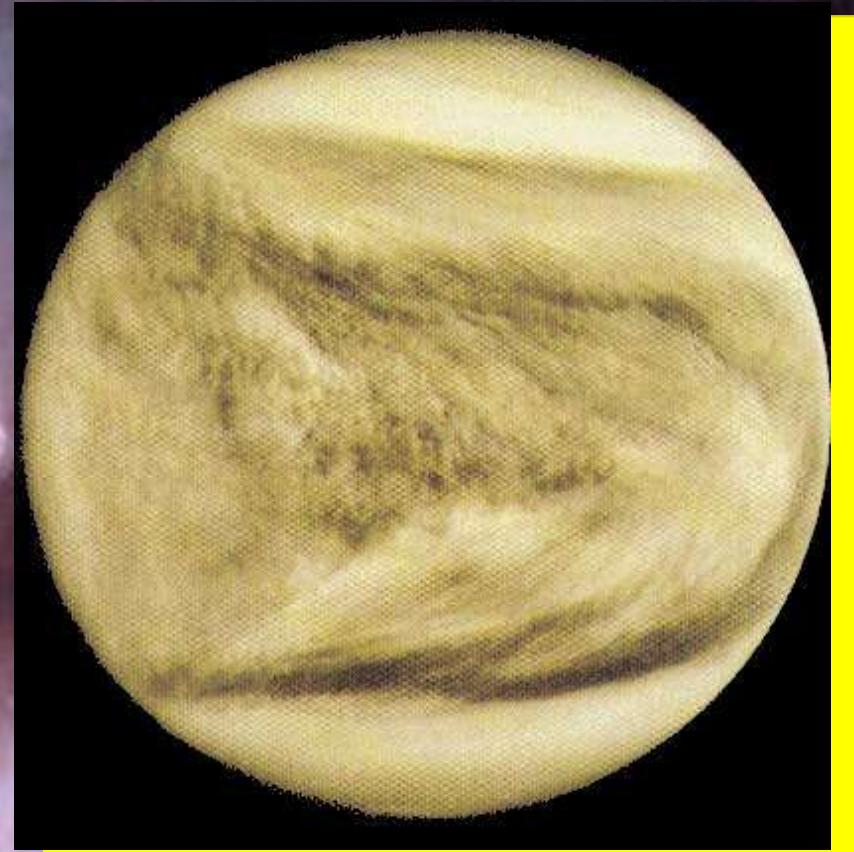


Ima izuzetno gustu atmosferu punu oblaka. Njihova visina je oko 50 km, a iznad je sloj izmaglice (smog). Na površini je pritisak skoro 100 puta veći od onog na Zemlji (kao u okeanu na dubini od 900 m). Mnoštvo informacija dobijeno je radiolokacionim i radio–astronomskim metodama.

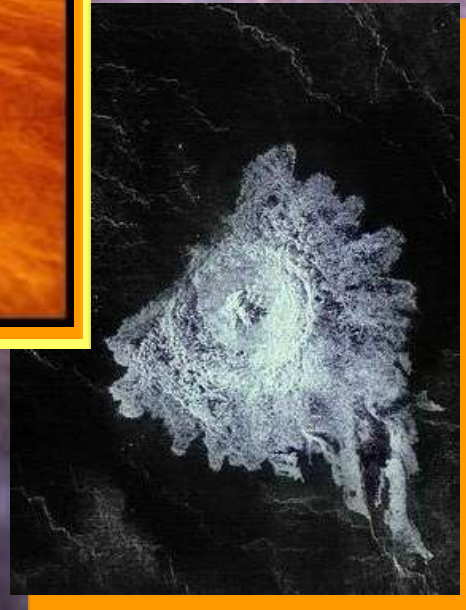
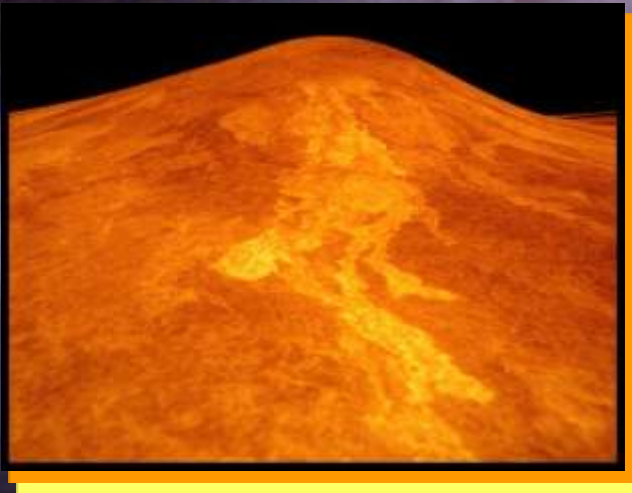
Zbog gustih oblaka, osvetljenost je kao na Zemlji po tmurnom danu, iako do Venere od Sunca stiže dva puta više svetlosti nego na Zemlju.

Na Veneri bi nam horizont stalno izgledao kao da smo u nekom udubljenju. Posledica prelamanja svetlosti u gustom atmosferi (kao u vodi na Zemlji).

Oblaci se uglavnom (75–80%) sastoje od kapi sumporne kiseline i imaju svega 0.1% vodene pare. Kiše na Veneri bukvalno su kisele.



Tlo je razlomljeno i kamenito.
Podseća na pustinje pokrivene
bazaltnim stenama. Ima mnoštvo
Tragova vulkanske aktivnosti
(vulkanske kaldere i krateri,
tokovi lave).



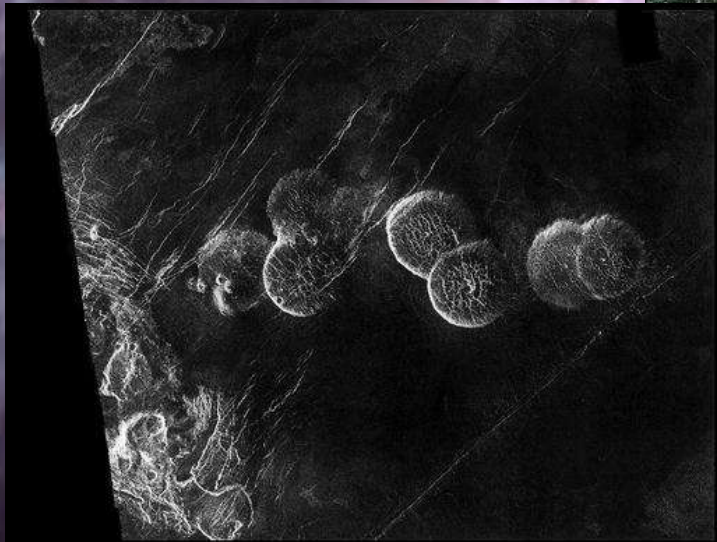
Prema podacima danas je
vulkanski neaktivna.

Na tlu nema vode ni u
kakvom obliku.

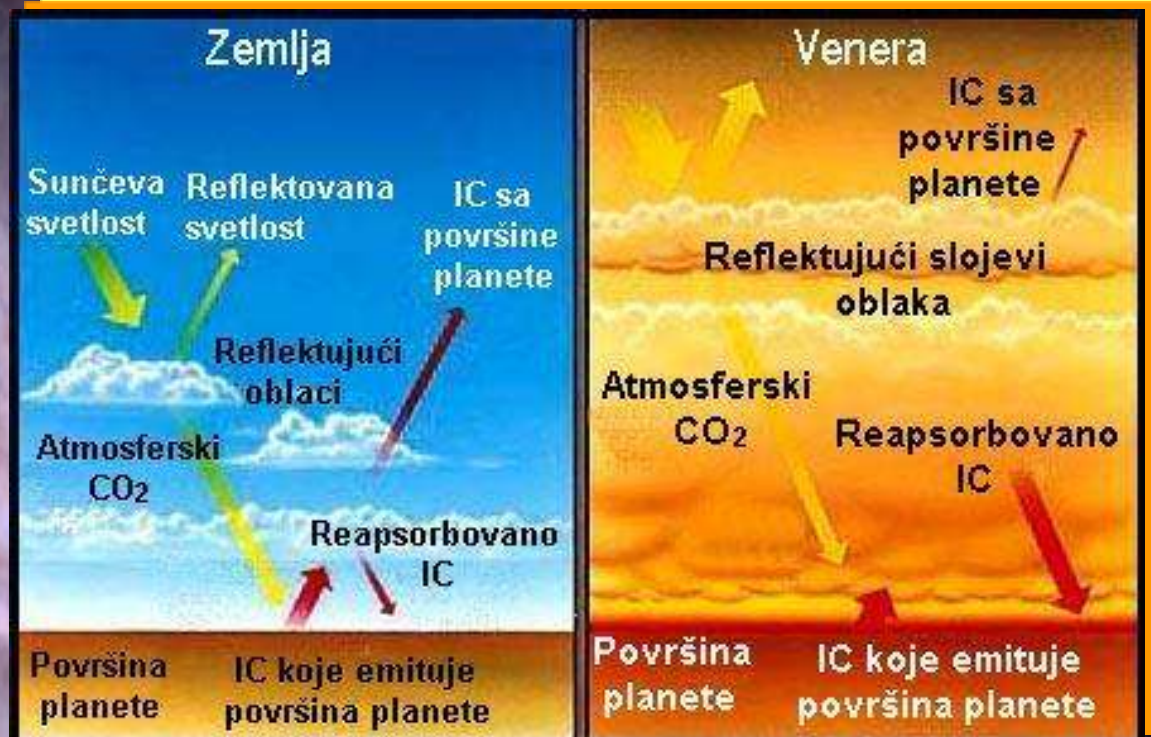
2/3 reljefa su blago zatalasane nizije sa uzvišenjima od 2–3 km. Na visoravni otpada oko 8% površine (Zemlje Ištar i Afrodita, kao Australija i pola Afrike).

Uočljivo je i mnoštvo udarnih kratera (400–600 km).

Magnetno polje je jako slabo (zbog spore rotacije).



U atmosferi ima oko 97% CO₂, oko 3% N₂. Kiseonika i vode ima u tragovima. Jako izražen efekat staklene bašte. Temperatura na nivou srednjeg radijusa je oko 470 C.



Prisutna je velika termička inertnost (dnevne varijacije temperature su oko 1 C, a i godišnje su jako male).

Brzina vetrova na tlu je 0.5–1 m/s (do 4 km/h).

Mars

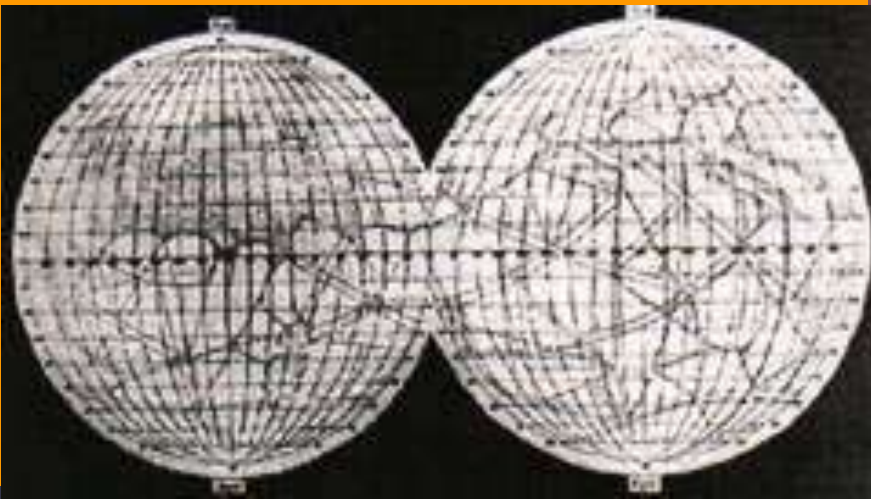


Iako je crvena planeta simbol rata i krvi, ona se nalazi u ekozoni Sunca. Po svemu sudeći jedino nju u Sunčevom sistemu možda možemo jednom naseliti.

Prečnik Marsa je skoro dva puta manji od Zemljinog. Masa Marsa je oko deset puta manja od Zemljine.



Uprkos uvreženih shvatanja da su Marsovci znatno superiorniji od nas, ako je na Marsu i bilo života (ili ga, ne-daj-Bože i danas ima), onda je on imao sasvim rudimentarnu formu.



Giovanni Schiaparelli 1877. g. uočio je kanale na Marsu. Percival Lowell je krajem XIX veka napravio kartu mreže kanala. Možda – irigacioni sistem. Kanali bi trebalo da

budu dugački hiljadama i široki desetinama kilometara. Logično: pumpe koje potiskuju vodu u njima mnogo su snažnije od zemaljskih. Logično: Marsovci mora da su razvijeniji od nas. Ipak kanali su optičke varke.

Još jedna zabluda: “talasi zatamnjenja” od polova ka ekvatoru u vreme Marsovog proleća posledica su bujne vegetacije.

Međutim: nagib ekvatora prema orbiti dovodi do pojave godišnjih doba. To se najbolje vidi po sezonskim promenama polarnih kapa.

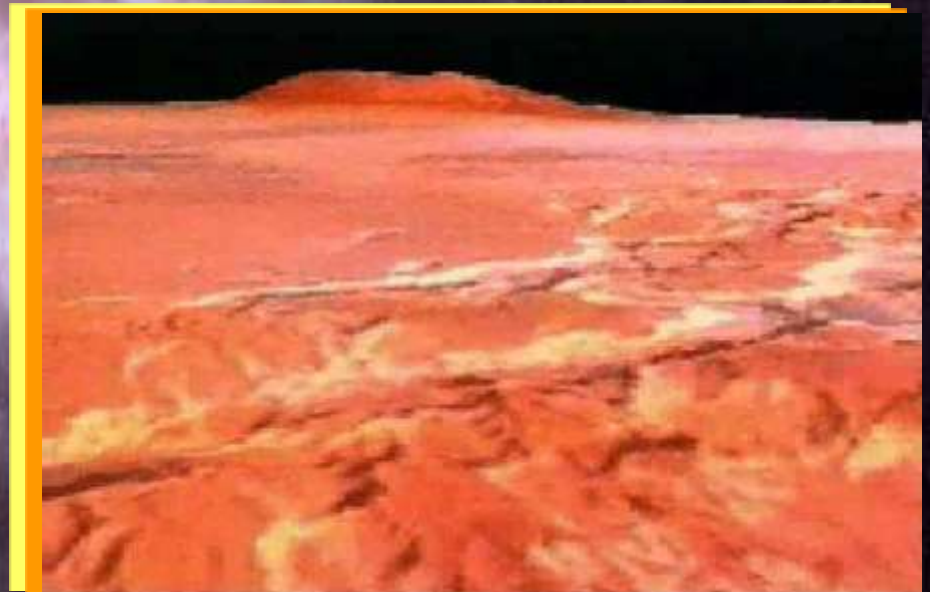
Mars Global Surveyor – utvrdio da je severna polarna kapa ravna, a južna je sa

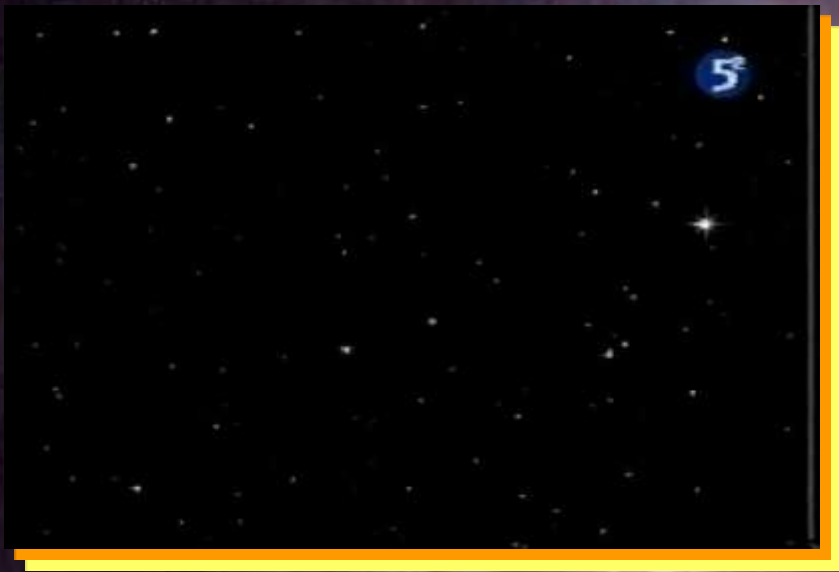
većim pukotinama. Preko leta severna delom opstaje i to onaj deo koji je od zaleđene vode sa klatratima CO₂. Južna je od suvog leda. Sa topljenjem polarnih kapa menjaju se reflektujuća svojstva tla: dolazi do preraspodele prašinasto – peščanog materijala fine granulacije zbog promene cirkulacije i smera duvanja lokalnih vetrova. Stvaraju se i CO₂ dine na južnom polu. To uzrokuje “talase zatamnjenja”.



Mars je kamenita pustinja. Visinske razlike su 14–16 km. Nivo južne polulopte je 3–4km viši nego na severnoj. Tektonska aktivnost prestala pre milijardu godina. Ima mnogo kratera, pukotina, raseda, kanjona. *Olympus Mons* – najveći (ugašeni) vulkan u S. sistemu (600 km u osnovi, visina kaldere *Nix Olympica* je 27 km).

Kanjon *Valles Marineris* – sistem preko 4000 km dužine, širine do 120 km i dubine do 7 km.





Visinske razlike su 14–16 km.
U oblasti *Sydonia* je "Lice sa
Marsa" – ostatak prastarog
erodiranog planinskog terena.

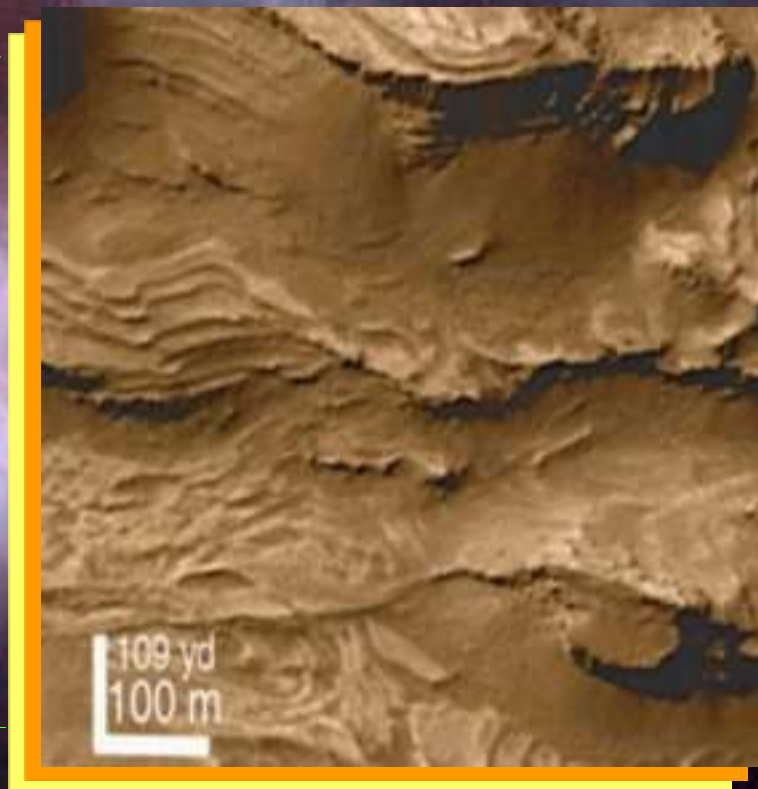
Areograski oblici ukazuju na
visok stepen eolske i vodene
erozije i glacijalnih procesa.



Tlo je umrvljeno
(čestice 0.01–0.05 cm).

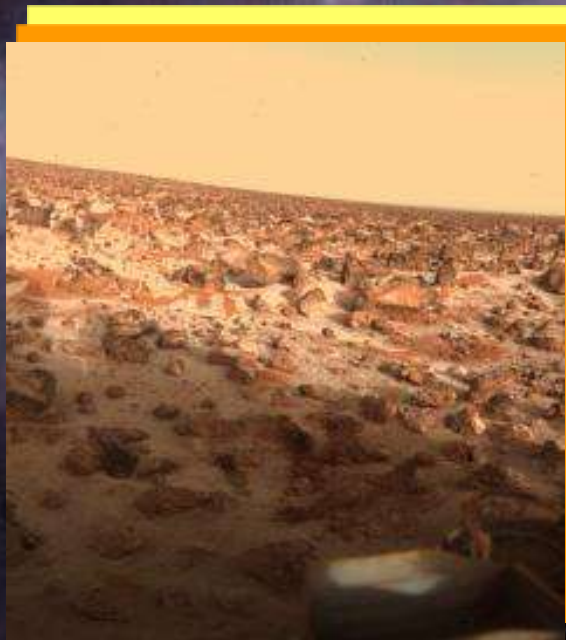
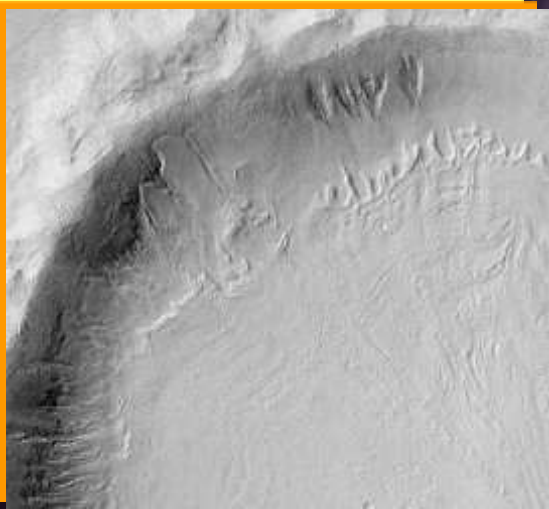


Očigledno da je nekada obilovao vodom. Kada mu je atmosfera bila 20 puta gušća od današnje bilo je tečne vode. Danas mu je atmosfera oko 100 puta ređa od Zemljine. Oko 95% CO₂, 2,7% N₂, Ar 1.6%, O₂ 0.15%. Vodene pare u atmosferi ima jako malo. Srednja temperatura je oko -60 C.



Danas: isključeno postojanje tečne vode na površini.

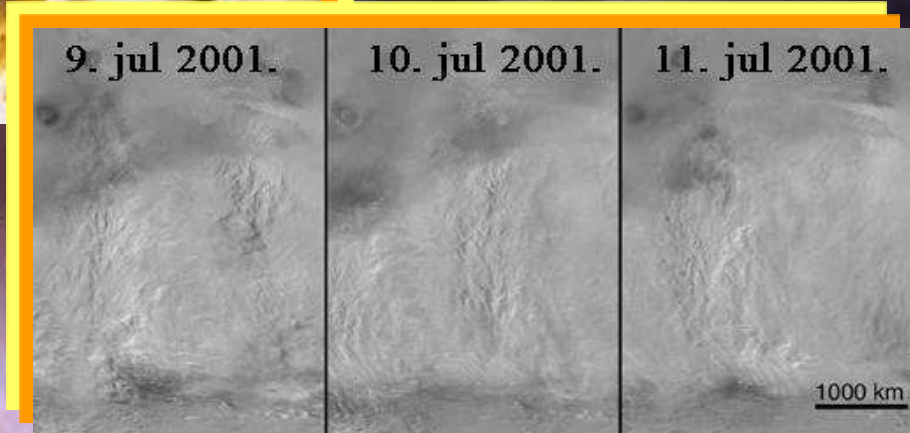
Ali: procene su – u vidu podpovršinskog leda i polarnih kapa vode ima da bi efektivna debljina ravnomerno razlivenog sloja bila 30 m (na Zemlji je 4 km). Marta 2003. g. – tamne pruge na kalderi Olympus Monsa. Vulkanska aktivnost otapa led ispo površine i stvara otopine soli koje su tečne i na nižim temperaturama i pritiscima. Na to ukazuje



vodeni led po obodu kratera. Možda tečna voda postoji i u dubljim depresijama gde je pritisak viši.



Magle i oblaci (plavi i beli) od v. pare u troposferi nisu stalno prisutni, ali ih ima.



Zato su prisutne peščane oluje. Brzina vetrova 80–100 m/s (do 360 km/h). U sezoni su globalnog karaktera.

Oblaci prašine su žućkasti, visine do 10 km, ujednačuju temperaturne kontraste.

Peščane oluje dovode do efekta antistaklenika – Sunčeva energija ne dospeva do površine i slabo je zagreva.



Sonde koje su se spuštale na Mars ili koje su njegovi sateliti nisu otkrile pouzdane dokaze za postojanje bioloških aktivnosti. Možda i jer su radile u jako kiseloj sredini.

Oko 2014. g. na Zemlji se očekuju prvi uzorci sa Marsove površine. Svi oni će morati najpre u karantin.

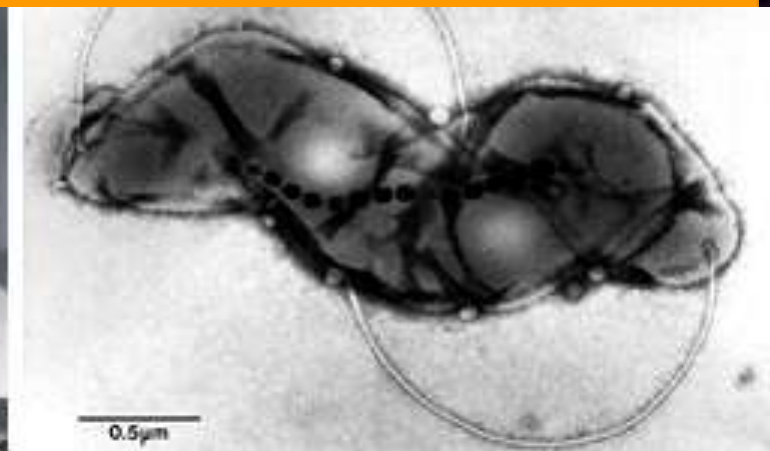
Od 20000 meteorita na Zemlji za 14 se smatra da su sa Marsa. Najpoznatiji je ALH84001. Pre 16 miliona g. telo udarilo u Mars. Deo je napustio Marsovu gravitaciju. Pre 13000 g. pao je na Antarktiku. Pronađen je 1984. g., a 1993. g. je utvrđeno da je



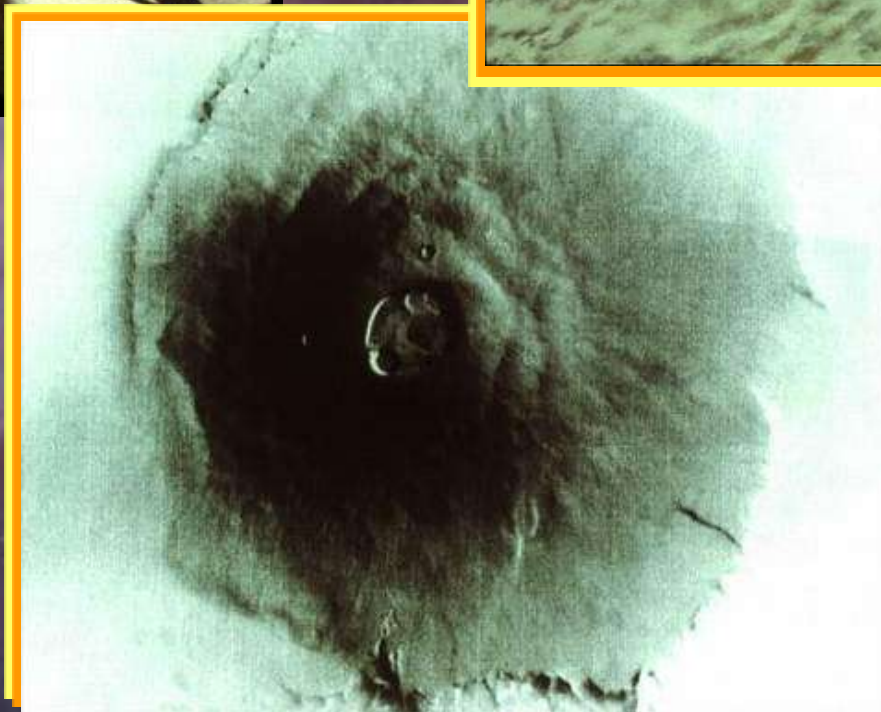
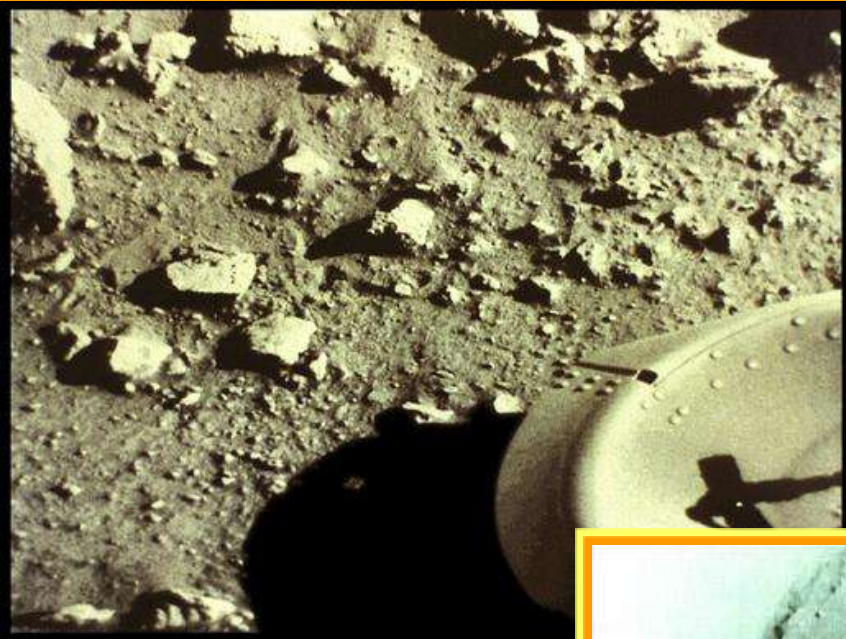
sa Marsa. U njegovoj strukturi pronadene su crvolike forme. Organski molekuli stari su 3.6 milijardi godina.

Možda je "zaprljan" životom na Zemlji, a možda se radi o kristalizaciji u specifičnim uslovima.

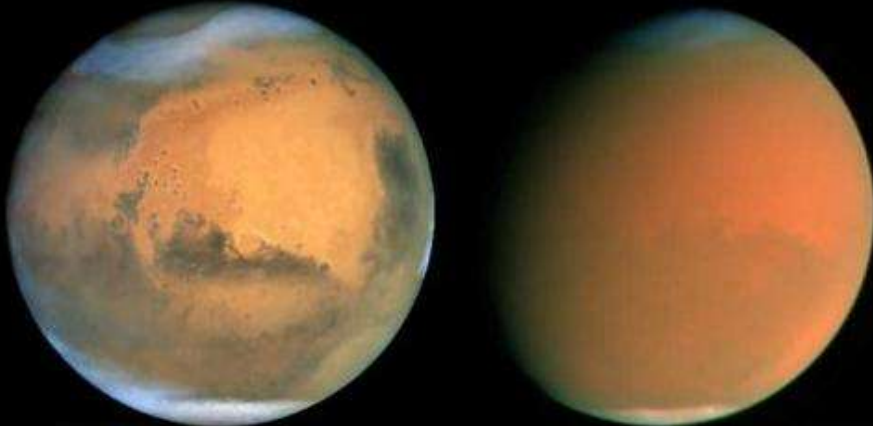
Traganje se nastavlja.



Još po neki prizor sa Marsa

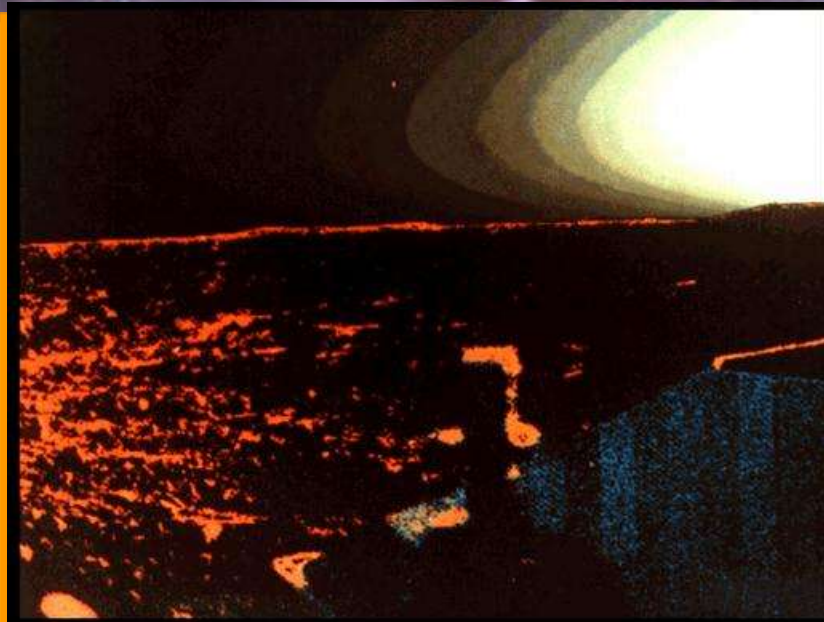
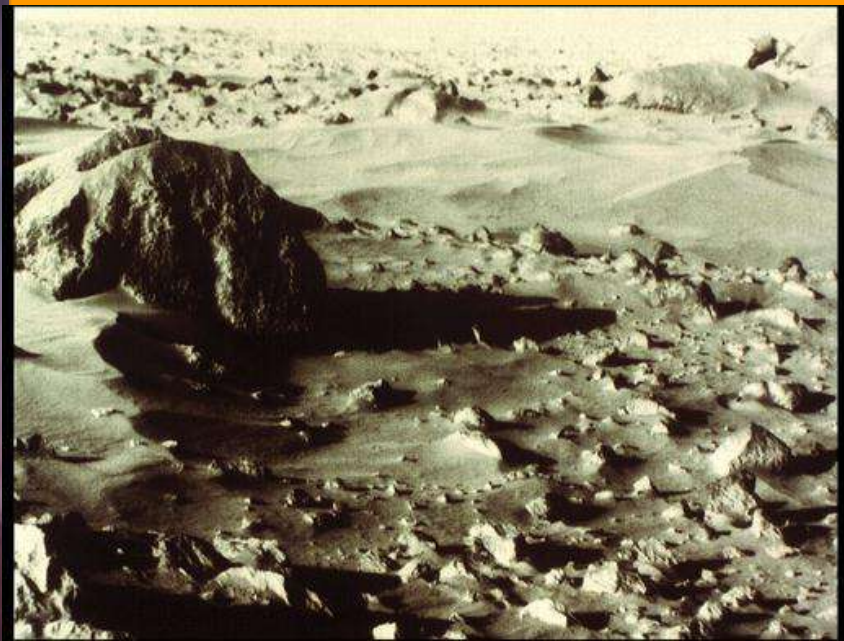


Globalna peščana oluja na Marsu



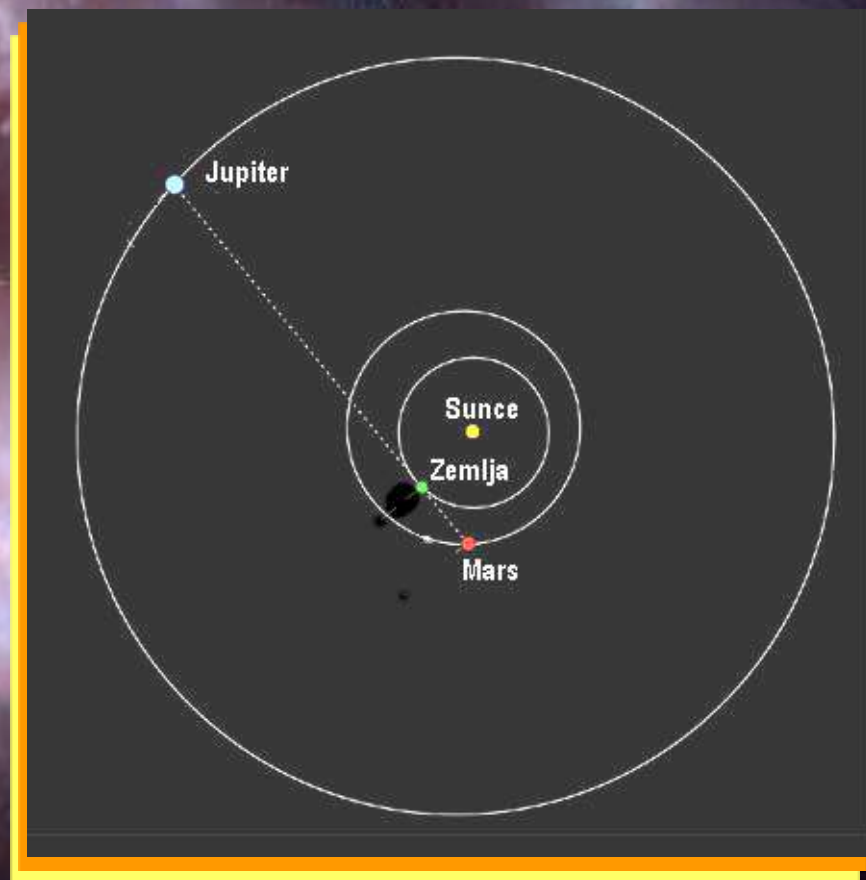
26. jun 2001.

4. septembar 2001.



Zalazak Sunca na Marsu.

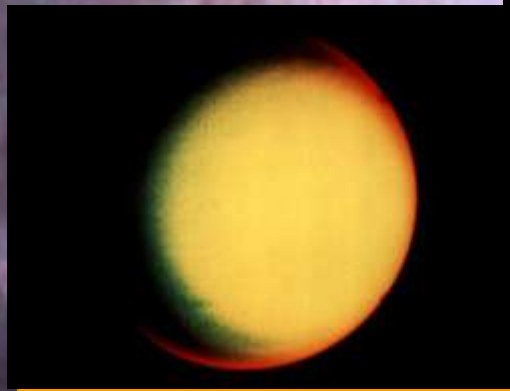
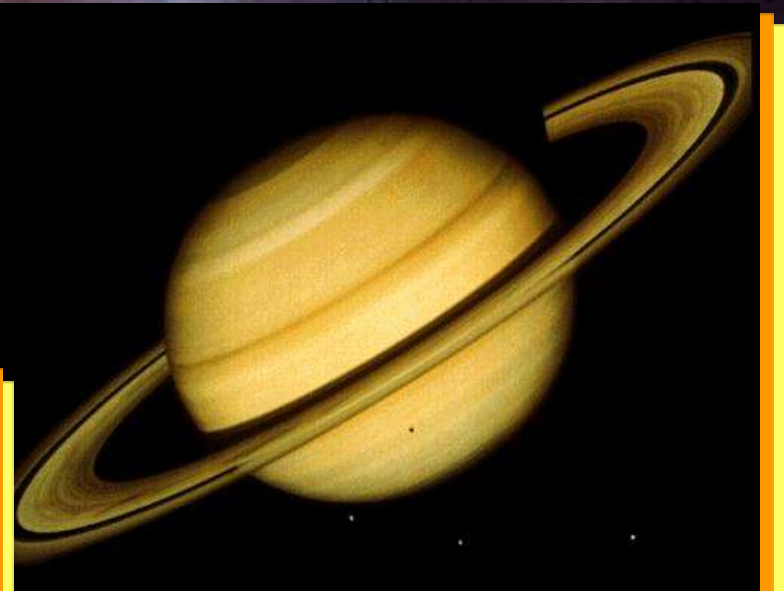
U toku pripreme predavanja stigli su najnoviji snimci (8. maj 2003.) sa Mars Global Surveyor-a: Zemlja i Mesec snimljeni iz orbite oko Marsa. Rastojanje između Marsa i Zemlje u trenutku snimanja iznosilo je oko 139 miliona km.



Jovijanske planete

Jupiter, Saturn, Uran i Neptun.
Gasovito-tečne planete. Svetovi
bez čvrste površine – gusta
prostrana atmosfera od metana,
amonijaka i vodonika
postepeno prelazi u osnovno telo.

Po hemijskom sastavu podsećaju
na Sunce – preko 85% mase
otpada na H i He.



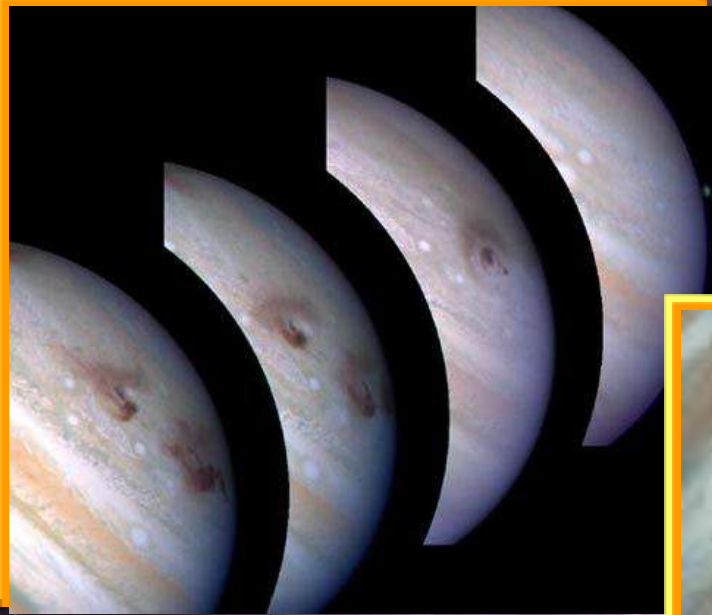
Džinovskih su dimenzija.
Brzo rotiraju i to diferencijalno.



1994. godine kometa Šumejker
–Levi se raspala i njeni komadi
su pali na gasovito “tlo”
Jupitera.



Posle svega par rotacija planete, "ožiljci", čak i oni od "čtetvoročlane bande", bili su ispeglani.



$$T = \frac{288}{\sqrt{R}} (K)$$

U skladu sa formulom (R je rastojanje od Sunca u AU, 288 je srednja temperatura Zemlje) temperature ovih planeta su za nastanak života vrlo niske: približno -138 C za Jupiter, -170 C saturn, -220 C Uran, -223 C Neptun. Nema sezonskih i dnevnih promena temperature. Nova istraživanja: promene sjaja pojaseva oblaka na Neptunu ukazuju na sezonske promene koje traju decenijama.

Dobijaju znatno manju gustinu fluksa Sunčeve energije u odnosu na Zemlju (Jupiter 27 puta, Saturn oko 100 puta), ali zato više emituju nego što prime. Imaju “unutrašnje” izvore toplote (sažimanje, pretvaranje gravit. energije u toplotnu pri padu kondenzovanih kapi He u unutrašnjost, itd.). Zbog niskih temperatura u atmosferama su kristali metana, amonijaka, itd.

Guste atmosfere stvaraju enormne pritiske. Jaka magnetna polja i brze rotacije dovode do intenzivnih električnih pražnjenja.



Sunčev vetar i prostrane magnetosfere stvaraju aurore.



Ovako one mogu da izgledaju na Zemlji.

A ovako



na Jupiteru



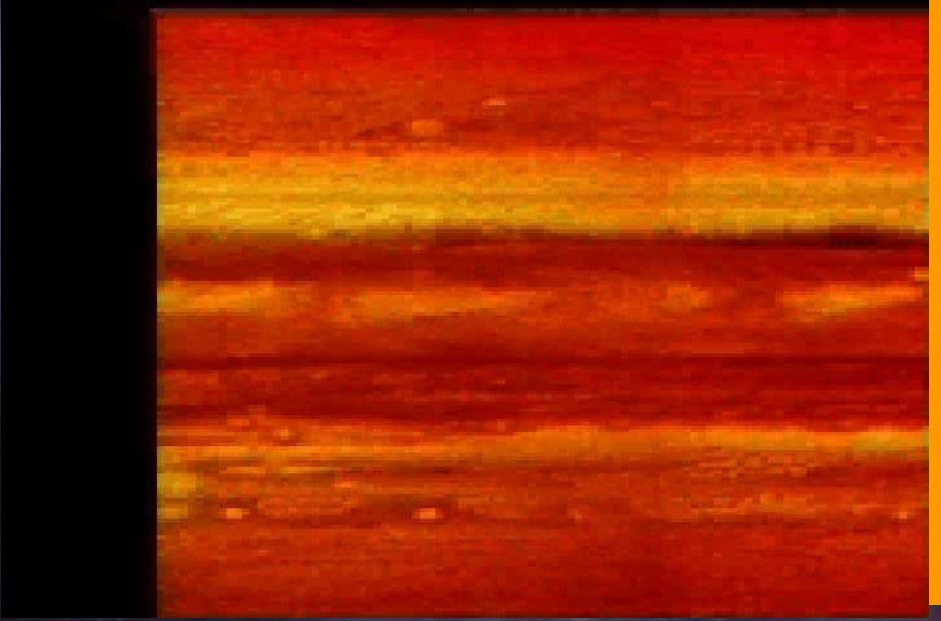
ili na Saturnu



Dobijaju znatno manju gustinu fluksa Sunčeve energije u odnosu na Zemlju (Jupiter 27 puta, Saturn oko 100 puta), ali zato više emituju nego što prime. Imaju “unutrašnje” izvore toplote (sažimanje, pretvaranje gravit. energije u toplotnu pri padu kondenzovanih kapi He u unutrašnjost, itd.). Zbog niskih temperatura u atmosferama su kristali metana, amonijaka, itd. Karakterišu ih sistemi gustih oblaka koji im daju prepoznatljiv oblik.



U atmosferama duvaju snažni i brzi vetrovi (na Jupiteru 400 km/h, Saturnu 1400–1800 km/h).

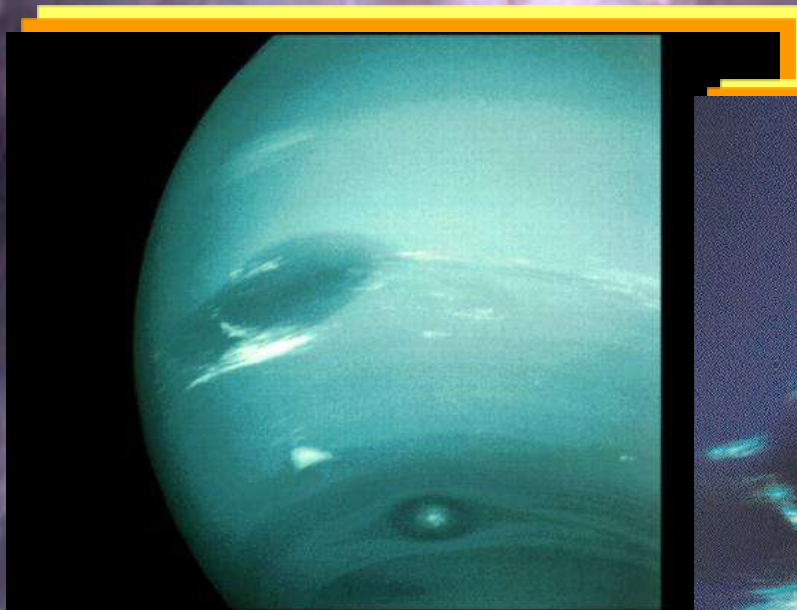


Uz zonalnu rotaciju to dovodi do velikih nestabilnosti i turbulencija u atmosferama svih planeta ovog tipa.

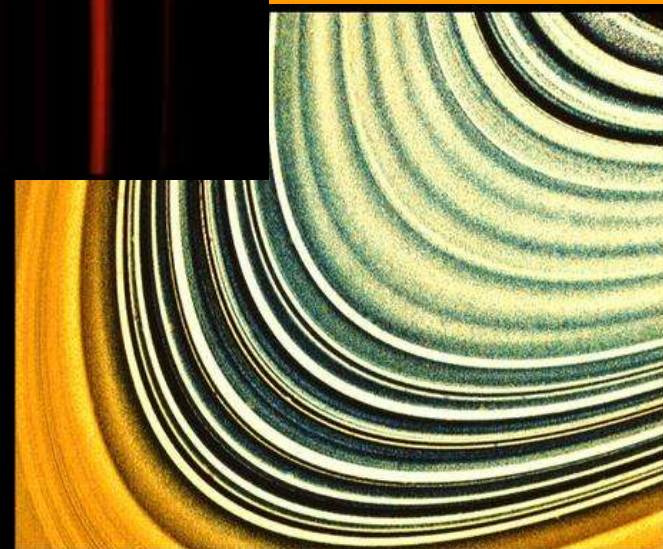
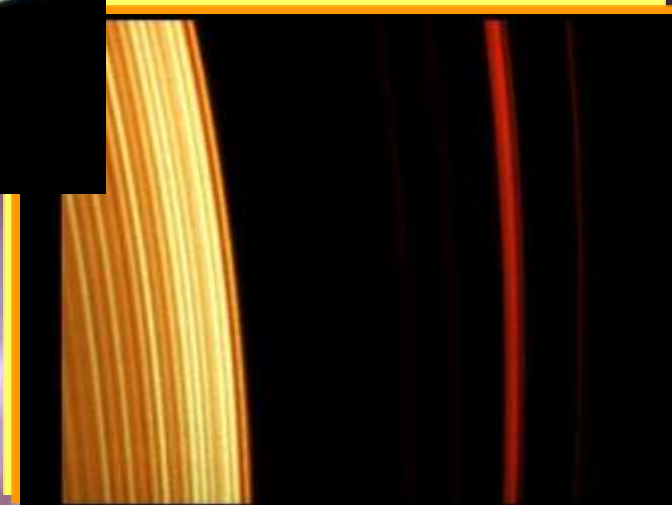
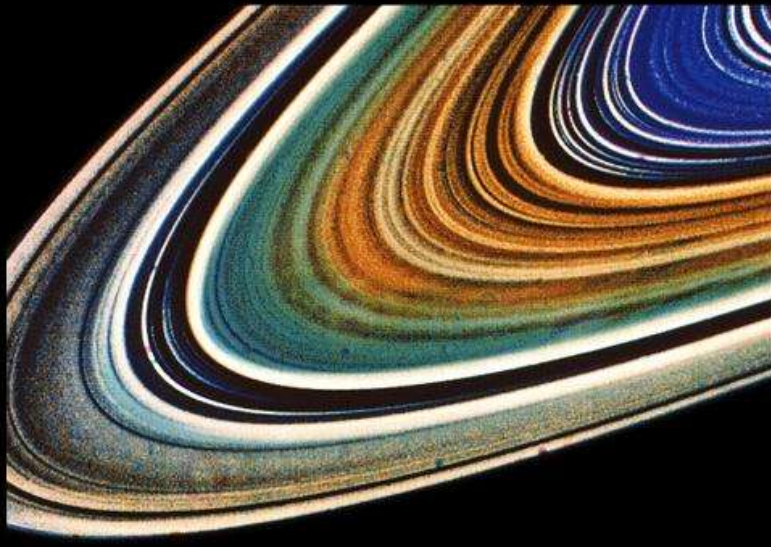


Jupiter – Velika crvena pega (Robert Huk, 1664. god.).
Džinovski tornado (14000x40000 km, kao tri Zemlje). Po nekim procenama traje već milion godina. Povremeno menja boju, intenzitet i jovijansku širinu položaja. Crvena boja možda potiče od fosfina (miriše na beli luk). “Hrani” se manjim nestabilnostima, pre svega južnom tropskom perturbacijom, koja je niža i povremeno prolazi “kroz” nju. .

Slični "vrtlozi" postoje i na drugim jovijanskim planetama. Na Neptunu, koji je zelen zbog metana (apsorbiruje crvenu, a rasejava sivo-zelenu boju), dominira Velika crna pega.



Sve planete ovog tipa imaju prstenove, ali su Saturnovi najspektakularniji.



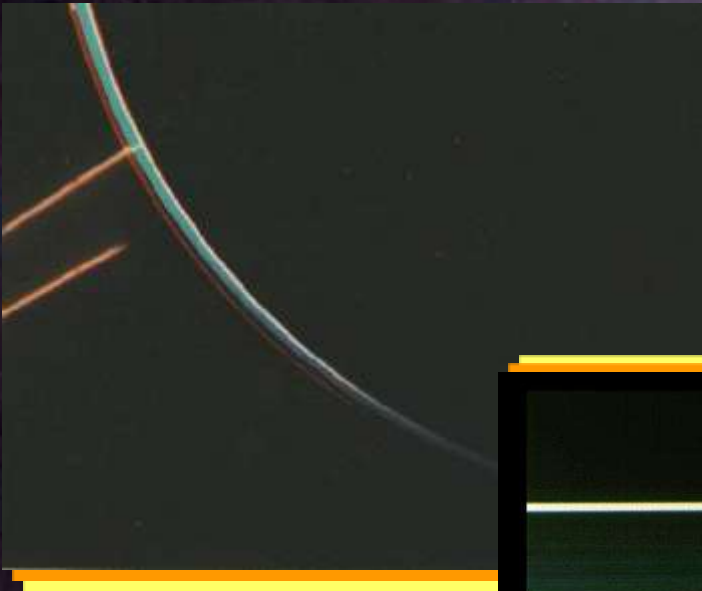


Interesantno je postojanje poprečnih “paoka”, iako prstenčići rotiraju različitim ugaonim brzinama. Uzrok su verovatno perturbacije od strane satelita ili specifična magnetna polja.

Na sličan način objašnjavaju se i “uplitanja” prstenčića.



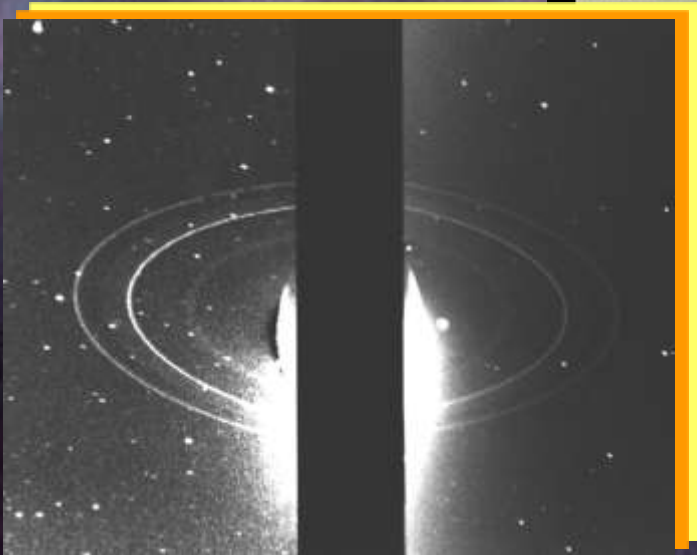
Prstenovi Jupitera.



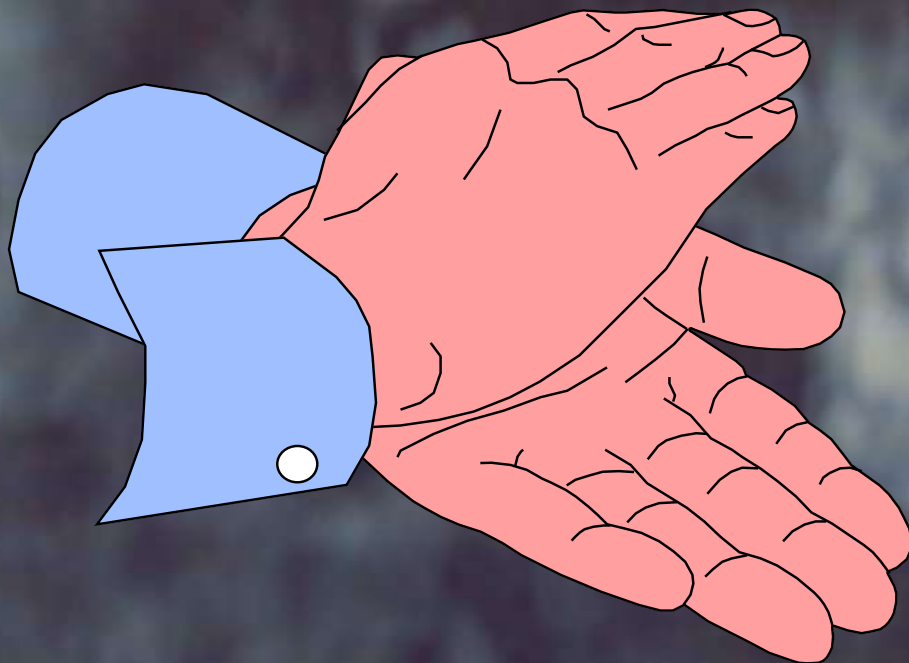
Prstenovi Urana.



Prstenovi
Neptuna.



To je to!



Хвала на пажњни!