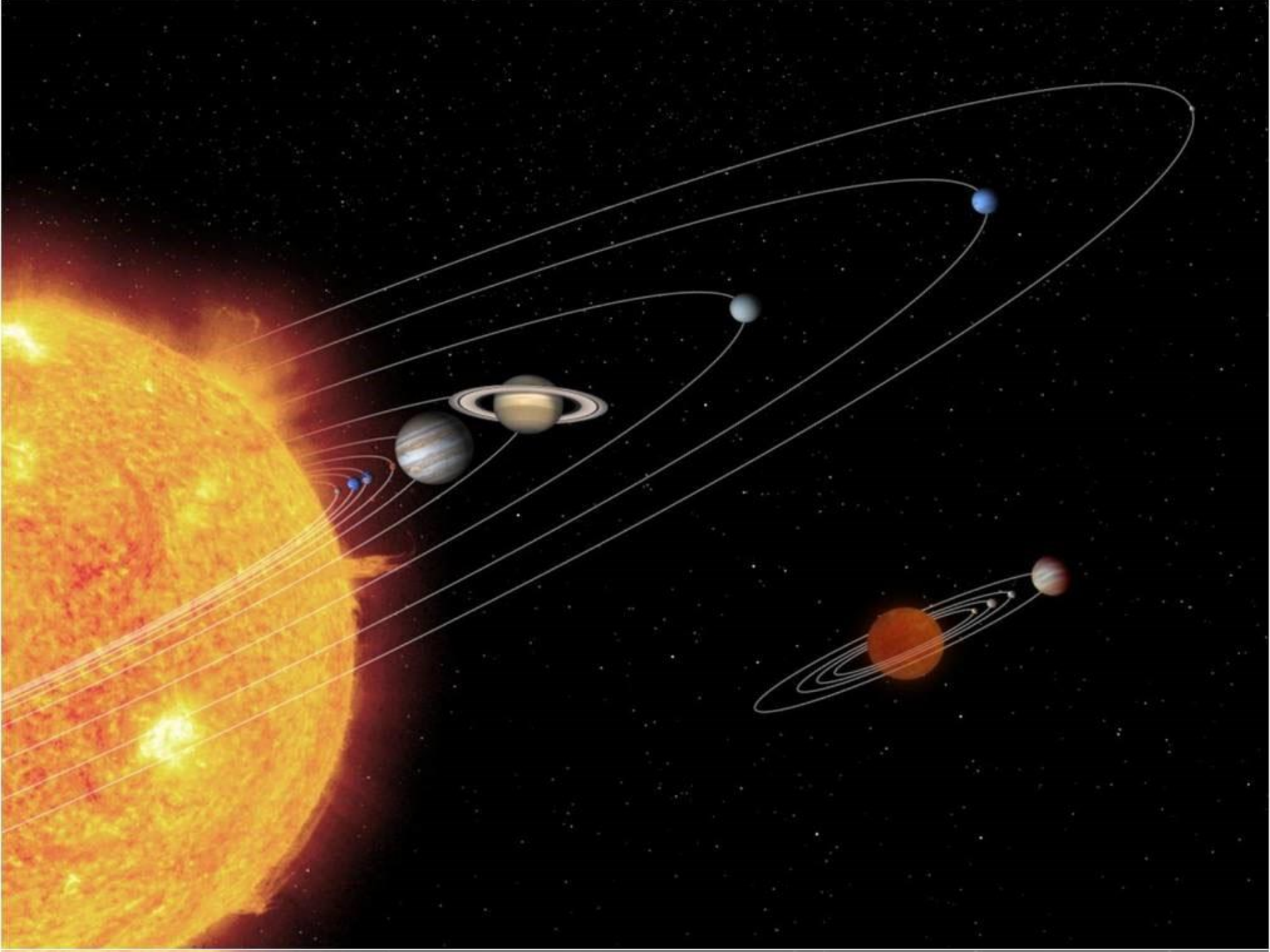




# Sunčev sistem. Planete



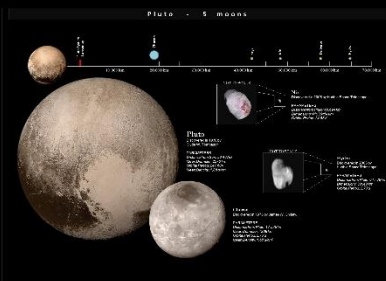
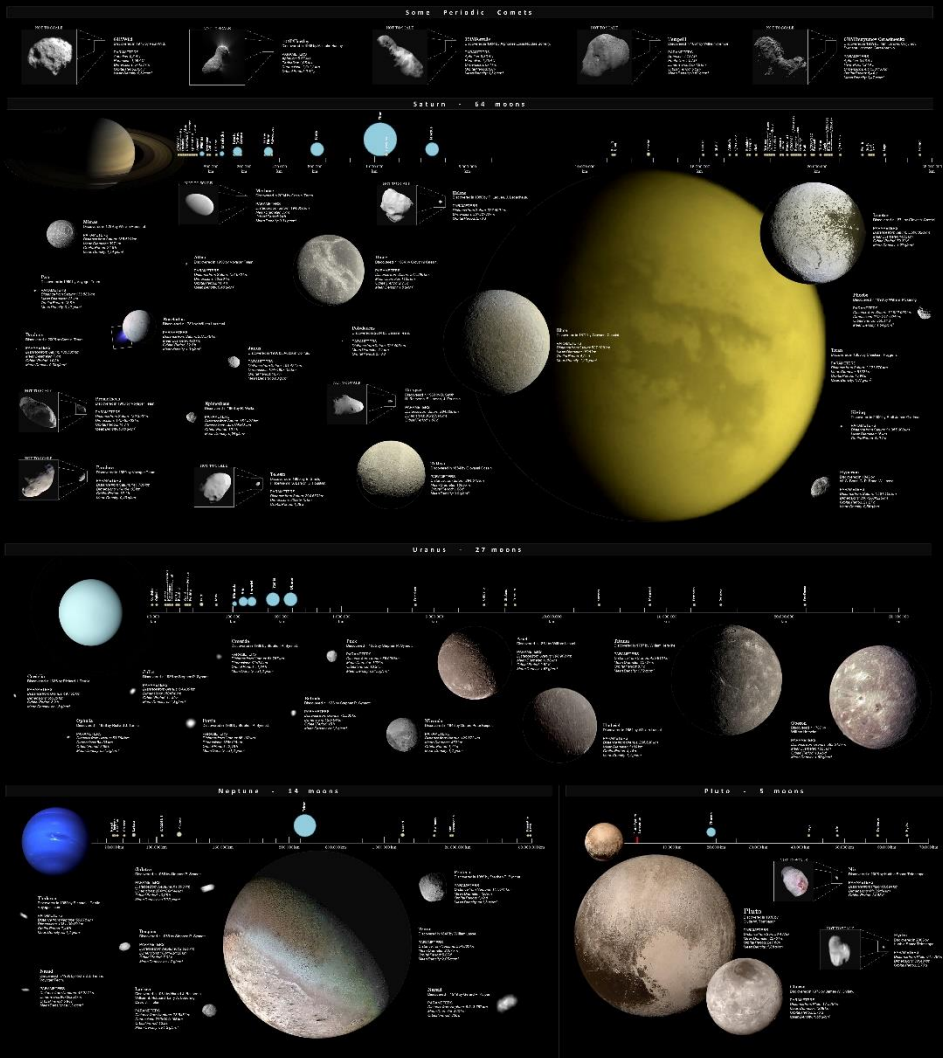
# Non-Planet of the Solar System to scale

Dwarf Planets (Ceres & Pluto) – Moons of Planets and Dwarf Planets – Asteroids – Comets

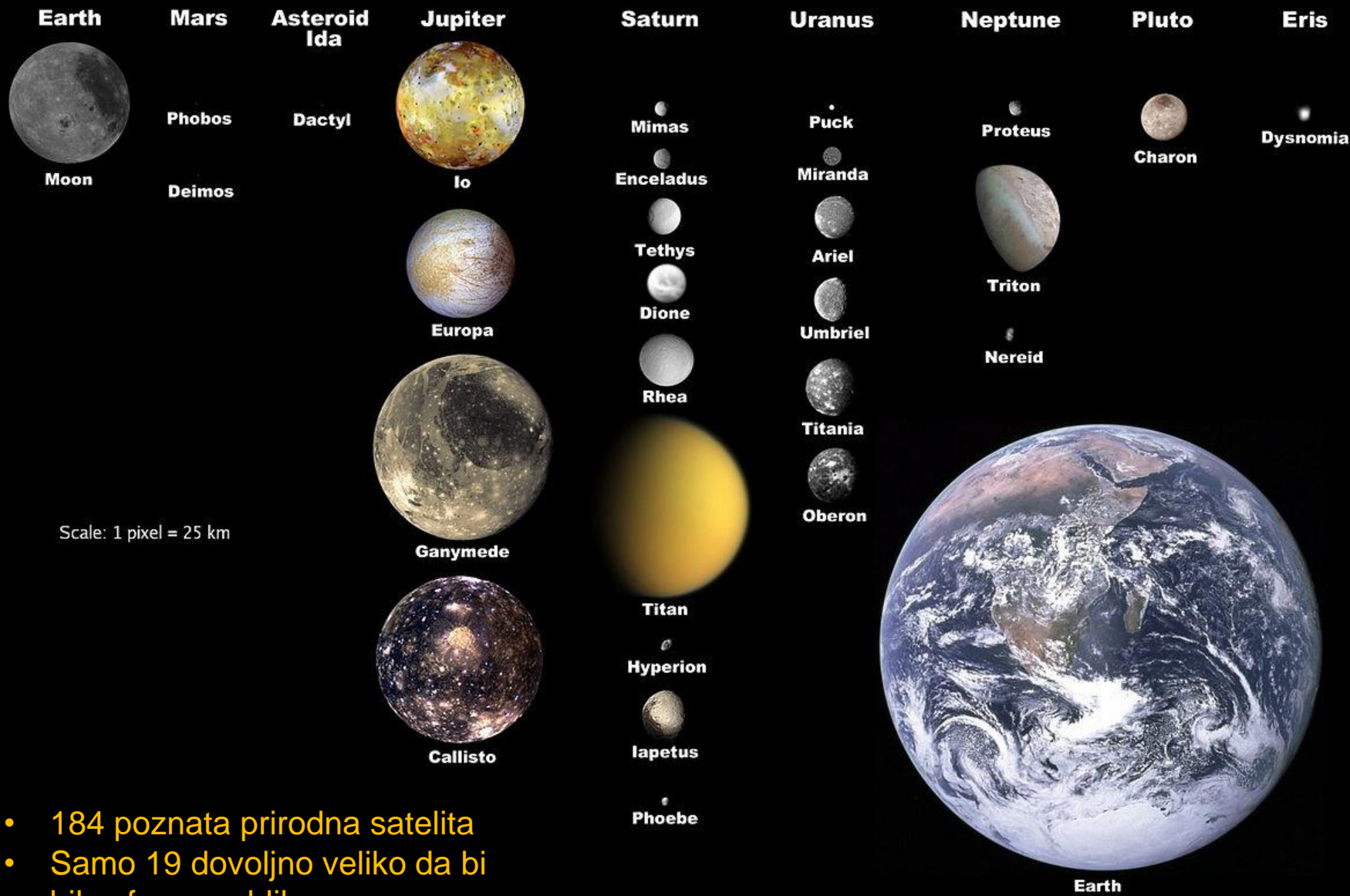
Images from Missions:

Voyager 1 – 2, Hubble Space Telescope, Mars Reconnaissance Orbiter, Deep Impact-EPOXI, Sturdust, Galileo, Near-Shoemaker, Cassini, Rosetta, Dawn, New Horizons

THE REPRESENTATION BETWEEN MOONS & PLANET ON DISTANCE LINE AND PLANET & PLANET OF DISTANCE LINE IS NOT TO SCALE



# Selected Moons of the Solar System, with Earth for Scale



- 184 poznata prirodna satelita
- Samo 19 dovoljno veliko da bi bilo sfernog oblika

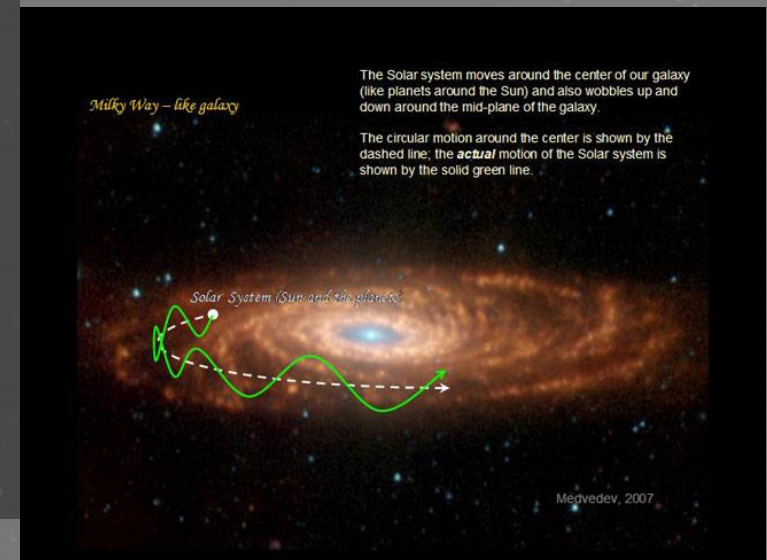
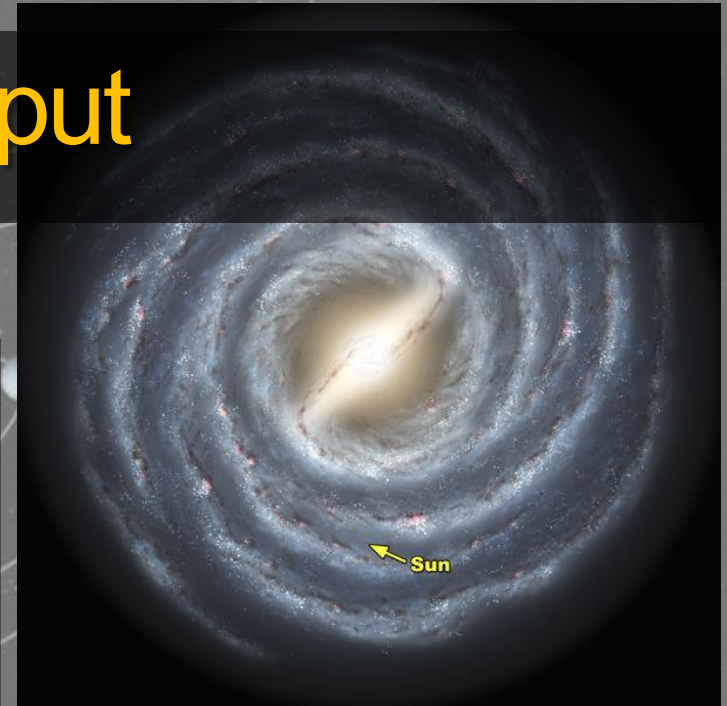
# Gde je Sunce?



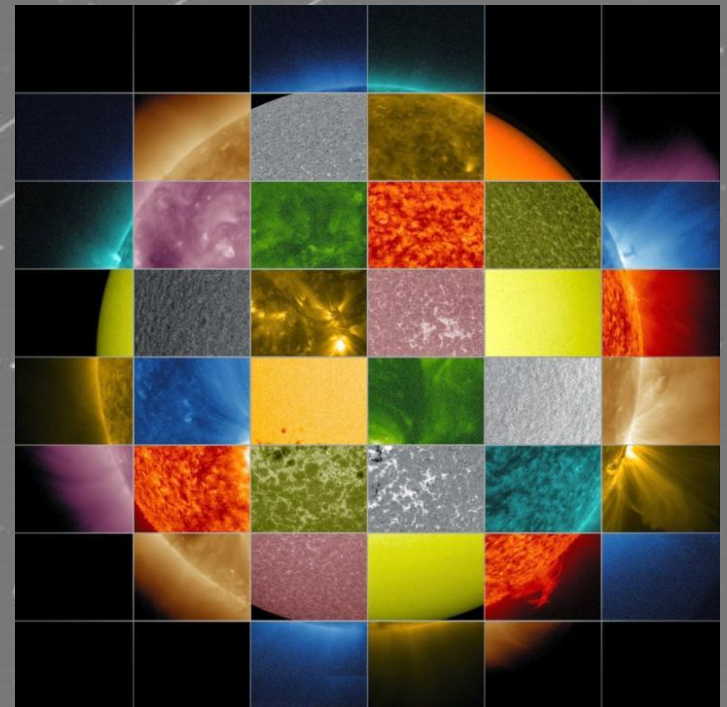
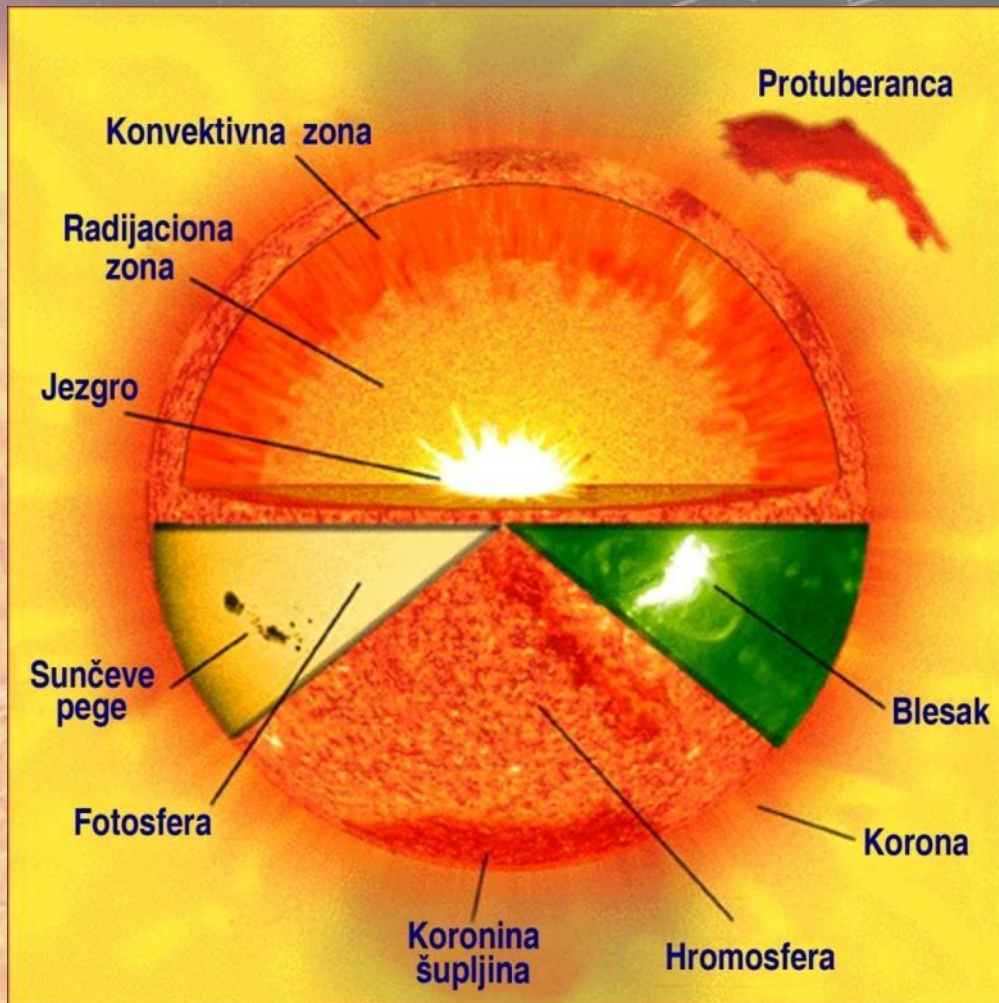
*Hubble Ultra Deep Field*

# Mlečni put

- Galaktička ravan
- Orionov krak
- 28.000 svetlosnih godina
- 230 miliona godina oko centra galaksije
- Galaksija – 100.000 sg.
- Na pravom mestu 😊

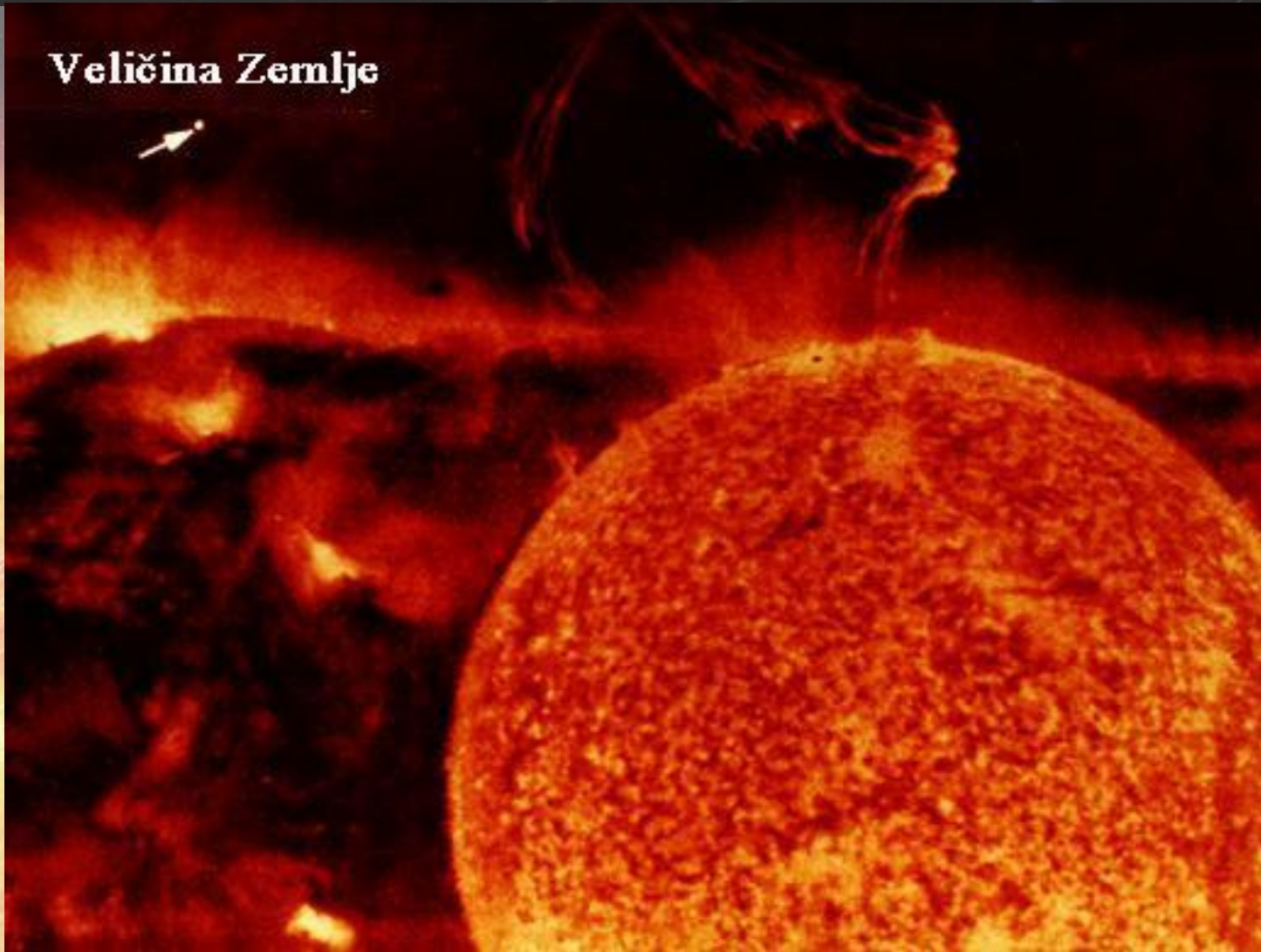


# Sunce



# Sunce

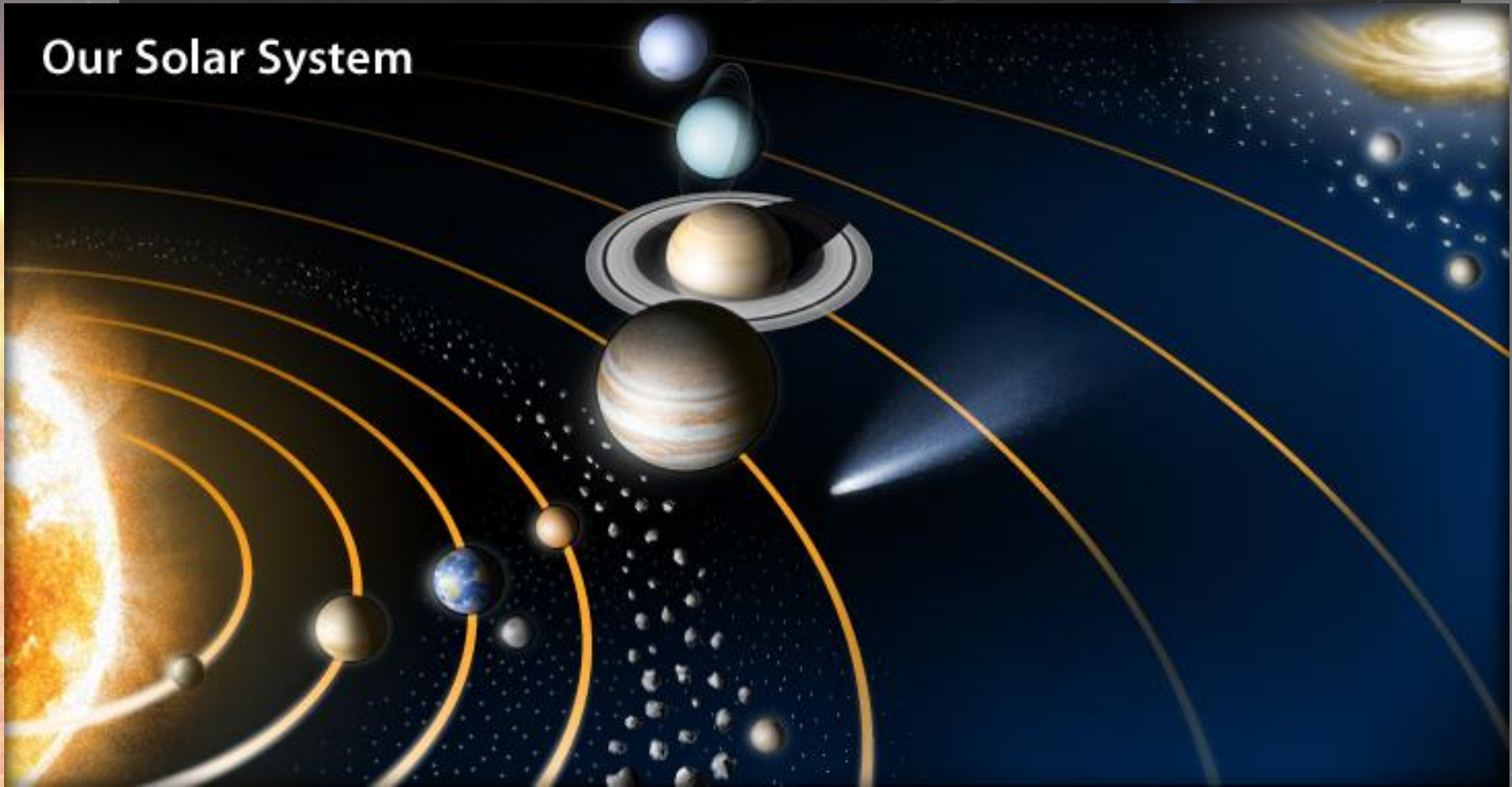
**Veličina Zemlje**





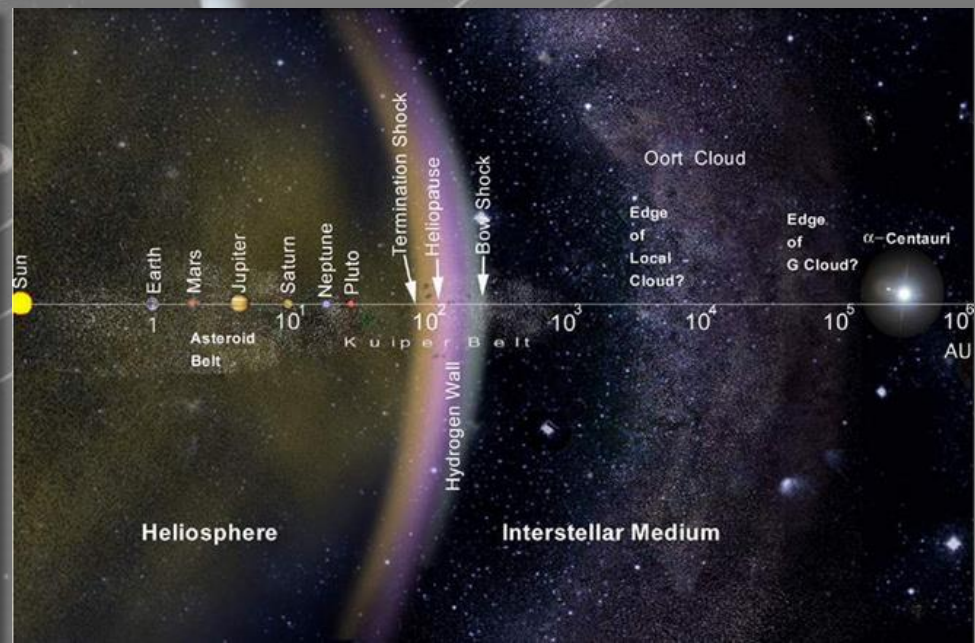
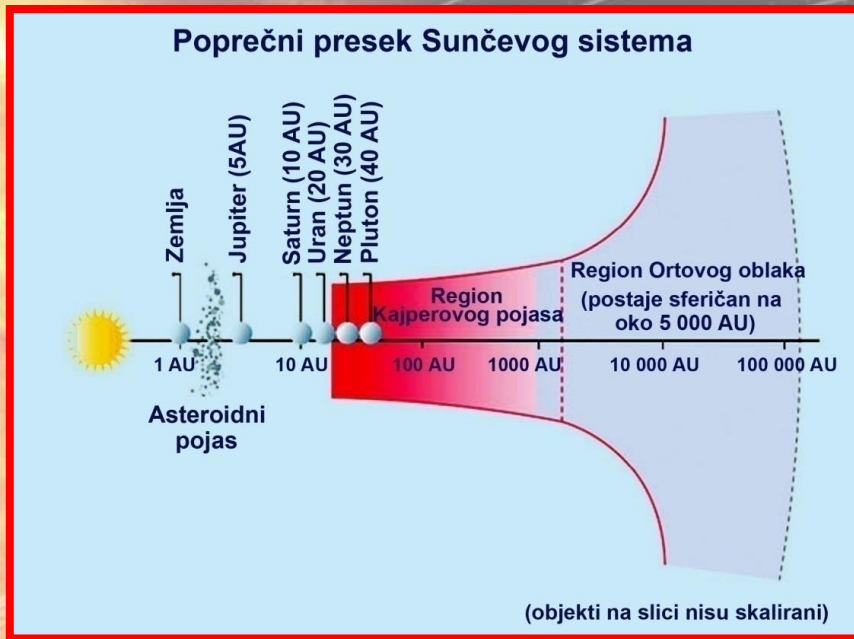
# Sunčev sistem

## Our Solar System



- Sunčev sistem sastoji se od Sunca, planeta, planeta patuljaka, satelita, asteroida, kometa, meteoroidnih tela, međuplanetne prašine i gasova.

# „Granica“ Sunčevog sistema

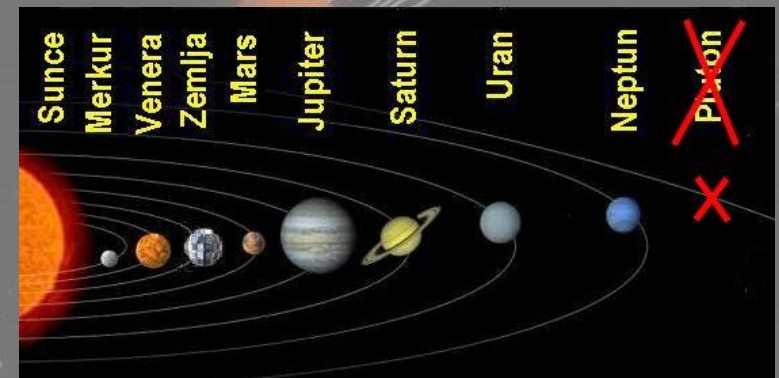


# Planete

- Definicija – hladna tela???
- Nije baš tako – Jupiter, Saturn, Zemlja – emituju malo „toplote“
- Generalna skupština MAU, avgust 2006. godine u Pragu – definicija:  
Nevesko telo koje:
  - se nalazi u orbiti oko Sunca:
  - Ima dovoljno veliku masu da gravitacija obezbedi sferan oblik
  - „Raščistilo“ je okolinu duž svoje orbite

# Koliko ima planeta?

- Najmanje 6 (antički filozofi)
- Najviše 9 (do 2006. godine)
- I više... ali to je neka druga tema 😊
- Otkrića:
  - Uran 1781. (W. Herschel)
  - Neptun 1846. (Le Verrier, Galle)
  - Pluton 1930. (Tombaugh)



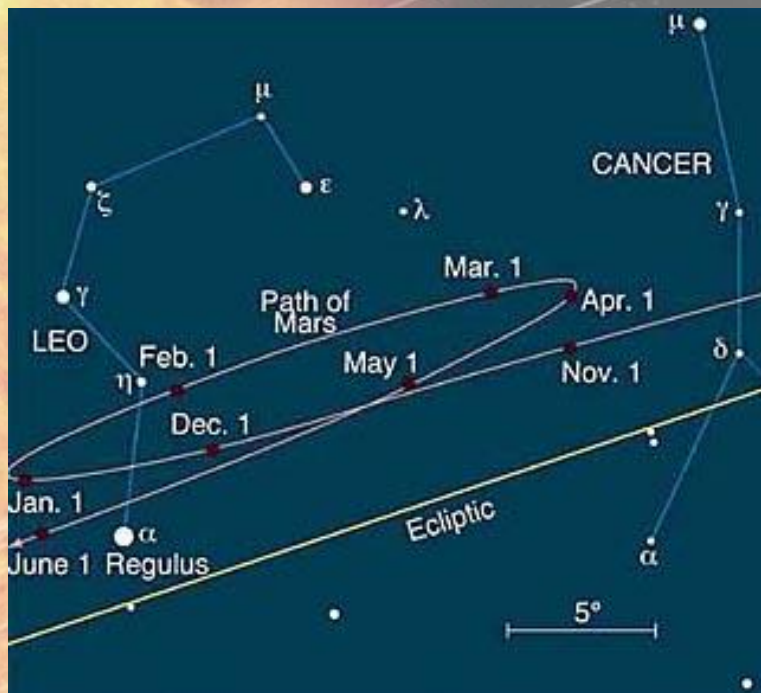
# Pluton uzvraća udarac 😊



- Aristotel (384 – 322. god. p.n.e)
- Eratosten



- Platon (427 – 347. god. p.n.e.)
- Ptolomej (90 – 168. god)





- Nikola Kopernik (1473 – 1543. god)
- Johan Kepler (1571 – 1630. god)





- Galileo Galilej (1564 – 1642. god)
- Isak Njutn (1642 – 1727. god)

# Keplerovi zakoni

1. Planete se kreću po eliptičnim putanjama u čijoj se zajedničkoj žiži nalazi Sunce
2. Radijus vektor Sunce-planeta u jednakim vremenskim intervalima prepisuje jednake površine
3. Kvadrati perioda obilaska planete oko Sunca srazmerni su kubovima njihovih velikih poluosa.

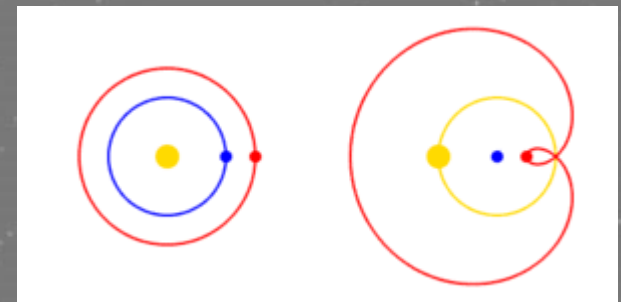
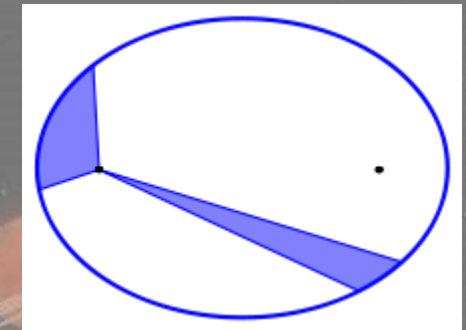
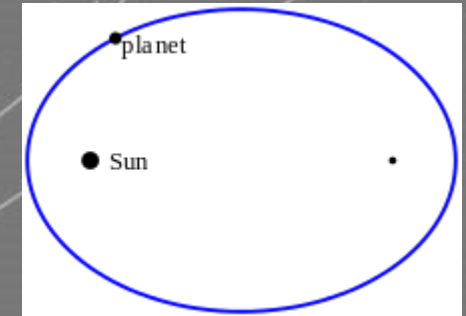
# Keplerovi zakoni

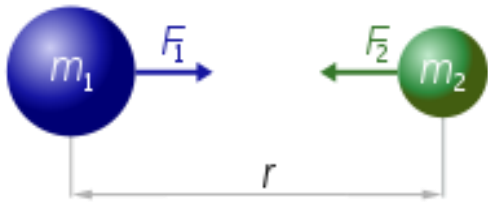
- II Keplerov zakon

$$\frac{dP}{dt} = \frac{1}{2} r^2 \frac{dv}{dt} = \text{const}$$

- III Keplerov zakon

$$\frac{a_z^3}{T_z^2} = \frac{a_p^3}{T_p^2} = \text{const}$$

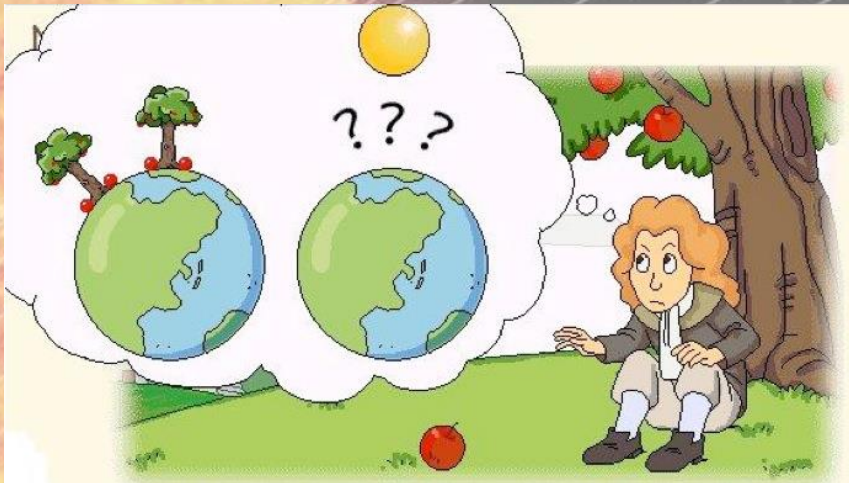




# Njutnov zakon

## Zakon gravitacije

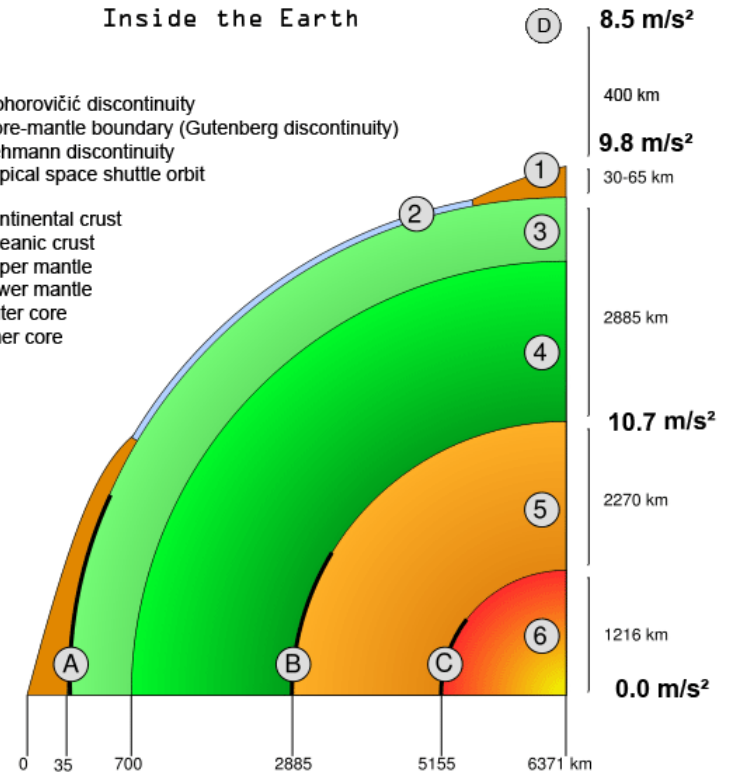
$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



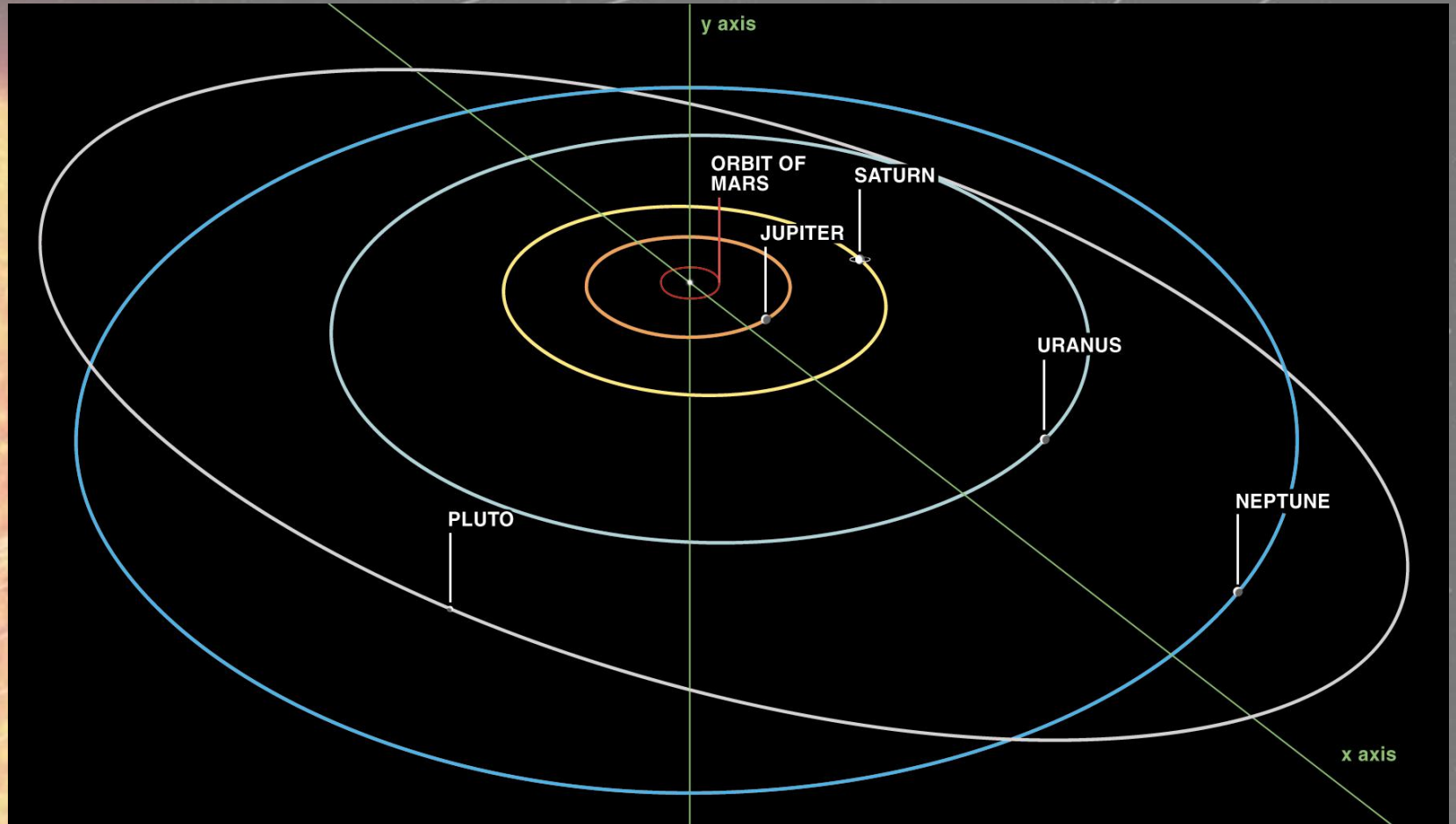
## Gravitational Field Strength: Inside the Earth

- A : Mohorovičić discontinuity
- B : Core-mantle boundary (Gutenberg discontinuity)
- C : Lehmann discontinuity
- D : Typical space shuttle orbit

- 1 : Continental crust
- 2 : Oceanic crust
- 3 : Upper mantle
- 4 : Lower mantle
- 5 : Outer core
- 6 : Inner core



# Orbite planeta



# Dva tipa planeta

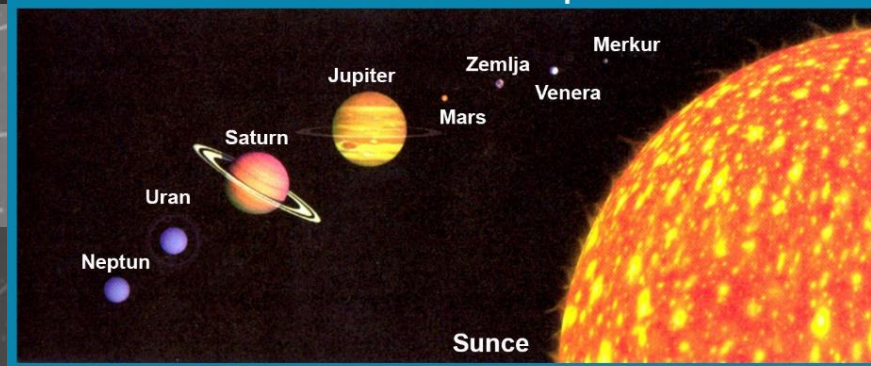
- Zemljin tip

- Merkur, Venera, Zemlja i Mars
- Manjih dimenzija i masa, veće gustine, tanjih i ređih atmosfera, sa malim brojem satelita, sporijom rotacijom oko sopstvene ose i brzom revolucijom oko Sunca. Magnetna polja (osim Zemljinog) su slaba.

- Jupiterov tip

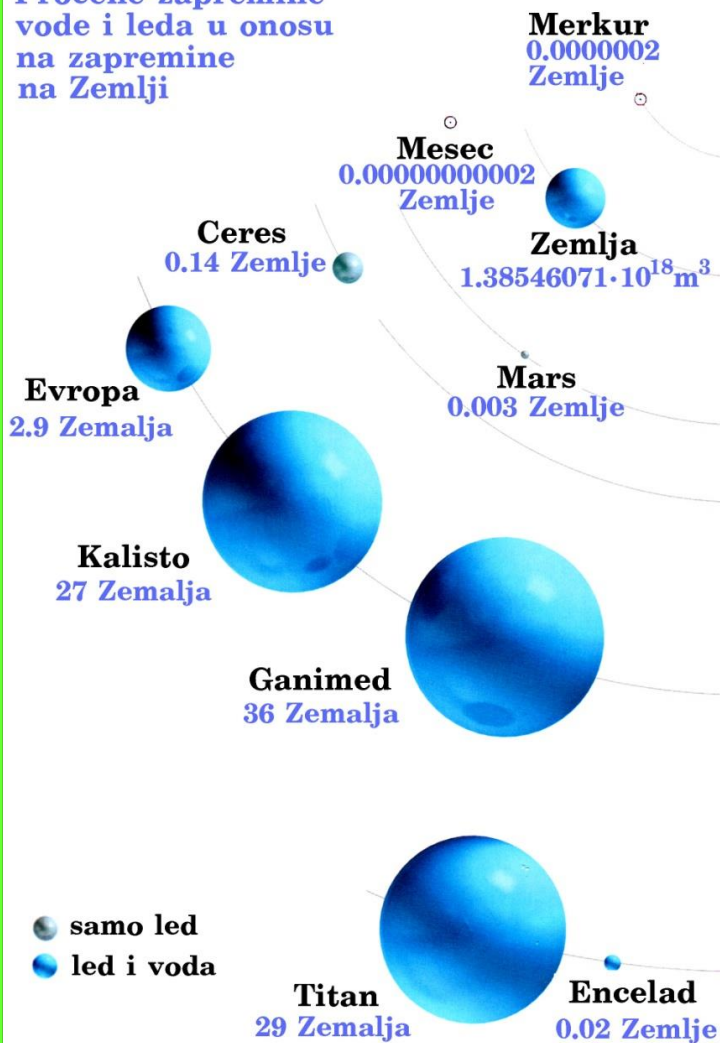
- Jupiter, Saturn, Uran i Neptun
- Džinovske, velikih dimenzija i masa, ali malih gustina (tečno-gasovite; svetovi bez površine). Imaju prostrane i guste atmosfere koje postepeno prelaze u osnovno telo. Poseduju veliki broj satelita. Magnetna polja su jaka.

Odnosi veličina Sunca i planeta



## VODA U SUNČEVOM SISTEMU

Procene zapremine vode i leda u onosu na zapremine na Zemlji

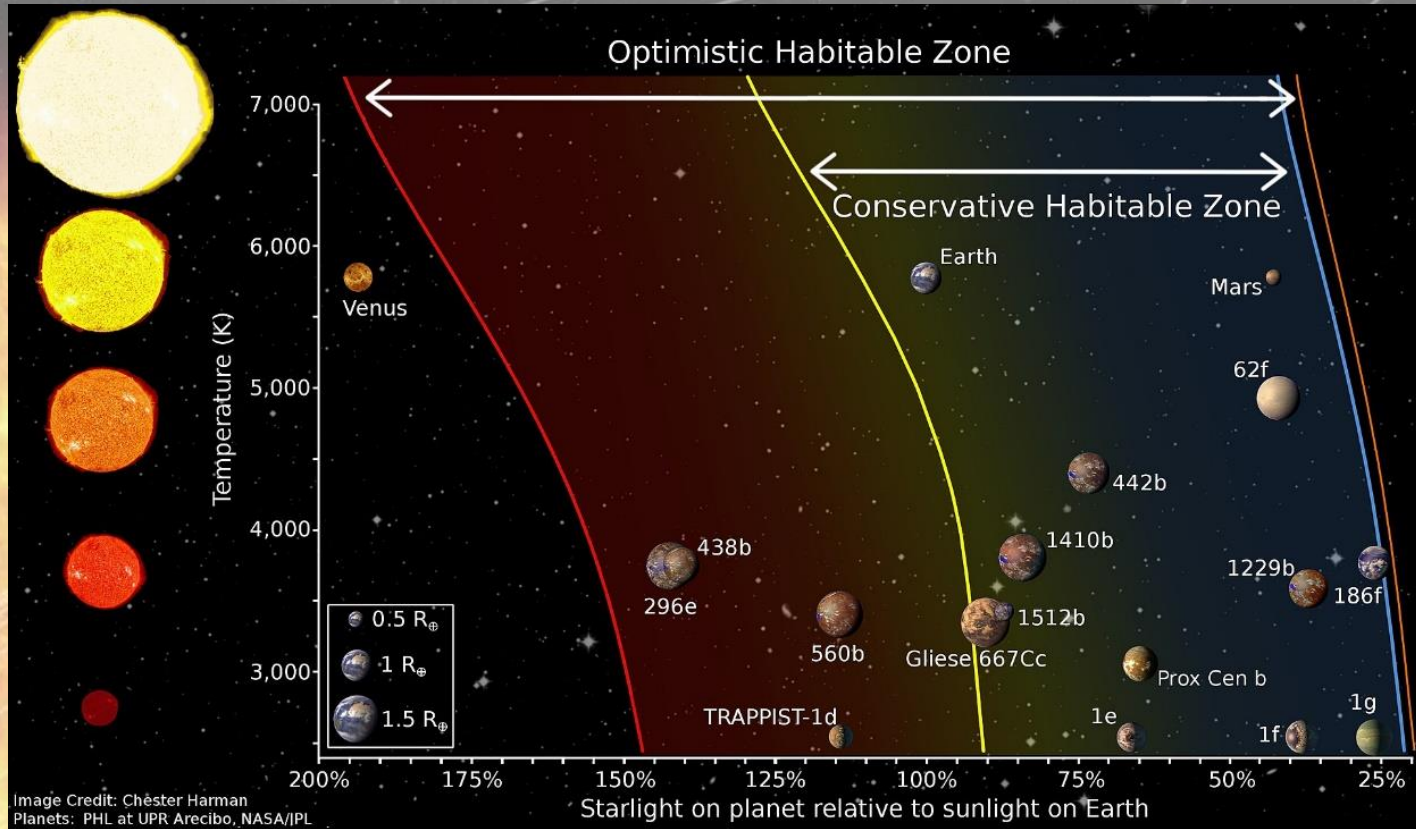


Vode ima i na kometama i telima Kajperovog pojasa i Ortovog oblaka

# Voda u Sunčevom sistemu

- Ima je mnogo, negde i više nego na Zemlji
- Na žalost na tim mestima uslovi ( $T$ ,  $p$ ) nisu odgovarajući da bi voda na površini bila u tečnom stanju

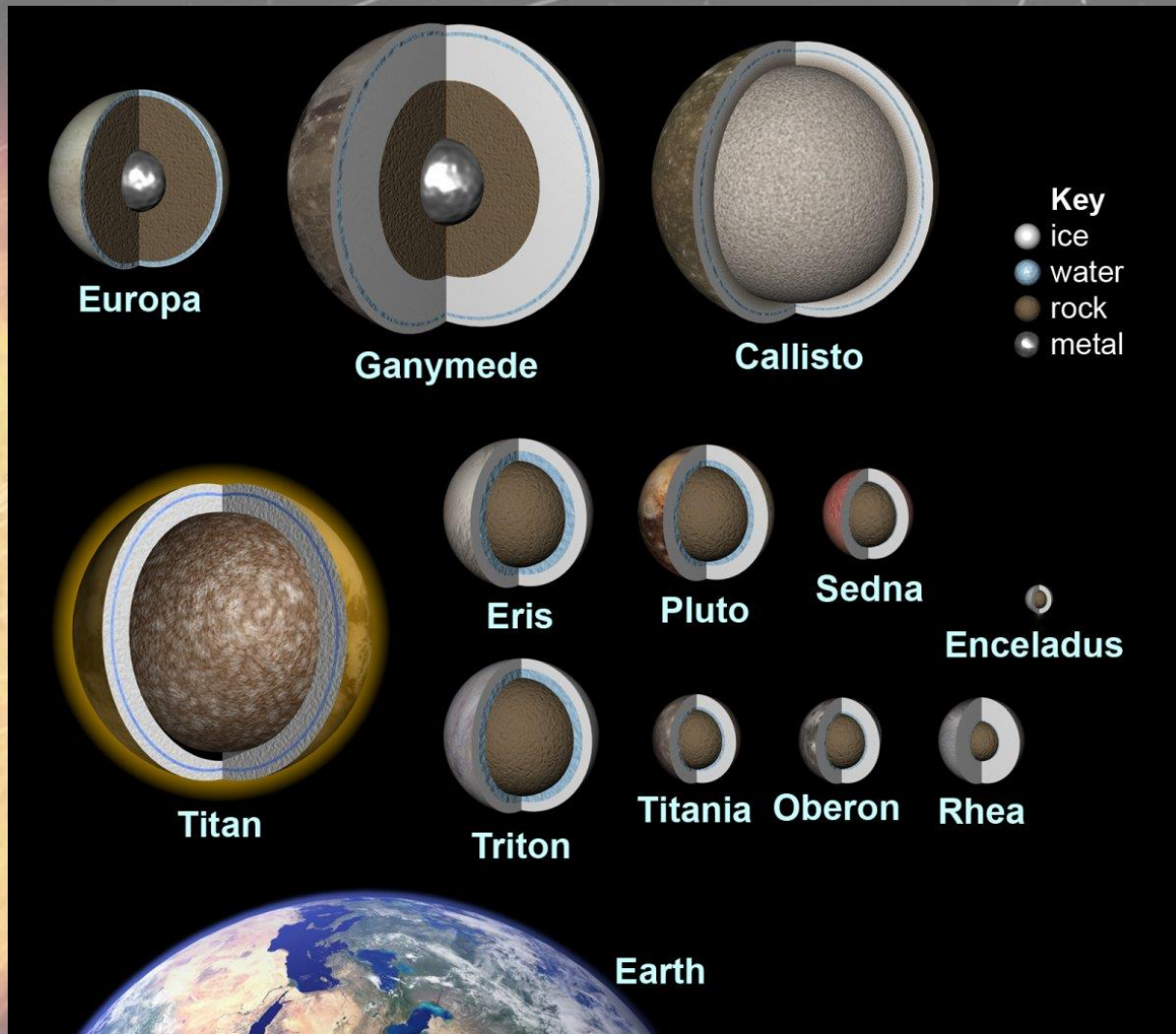
# Nastanjiva zona



- Nastanjiva zona Sunca (pojas u kome su uslovi pogodni za nastanak života na bazi ugljenika) određena je temperaturnim intervalom u kome je voda u tečnom stanju.
- Da je Zemlja za 5% rastojanja bliže Suncu... ☹️



# Voda u Sunčevom sistemu II



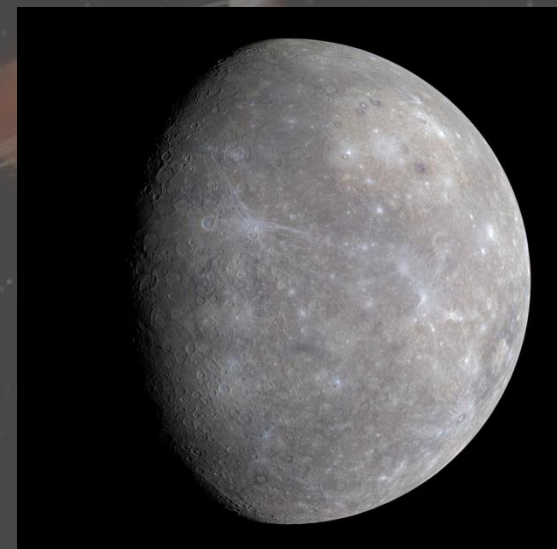
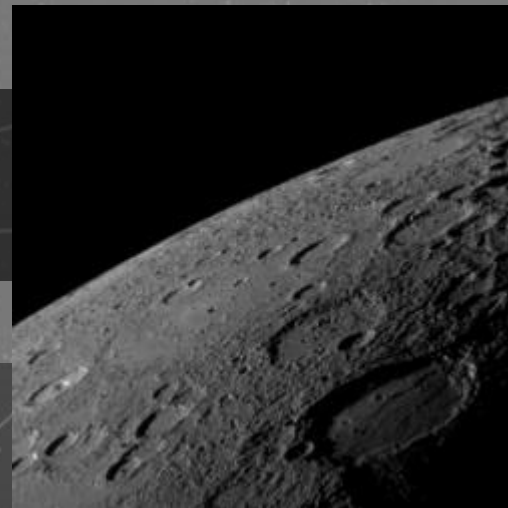
# Merkur

- Starorimski bog trgovine i putovanja i glasniku bogova (grčki ekvivalent Hermes)
- Orbita 88 dana (gledano sa Zemlje 116)
  - „dan“ 58,65 zemaljskih dana
  - Gravitaciono „zarobljen“ - jedna revolucija = 1,5 rotacija
- Samo 0,05 masa Zeemlje, 1,4 puta veći prečnik od Meseca
- Atmosfera samo u tragovima (H, CO<sub>2</sub>, C, Ar, Xe,...).



# Merkur

- **Ogromne temperaturne razlike**
  - ekvator -173 C noću, +427 C danju; polovi stalno ispod -93C
  - Kalaj se topi na 232C, olovo na 327C, a cink na 430C.
- Solarna konstanta ima 10 puta veću vrednost nego na Zemlji.
- **Ižužena orbita:**
  - afel 1,5 puta dalje od perihela;
  - prosek 0,4 AJ (58 miliona kilometara)



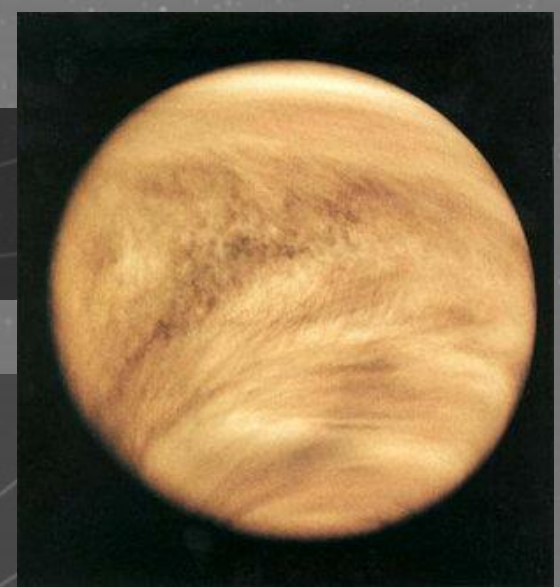
# Venera



- Starorimska boginja ljubavi (grčka Afrodita)
- Zemljina bliznakinja?
- Oko 100 miliona km od Sunca; retrogradna i spora rotacija (225 dana); dan/noć 116 zemaljskih dana
- Slična gravitacija i unutrašnja struktura, ali...
- Pritisak 92 puta viši nego na Zemlji (dubina 900m)
- Gusta atmosfera – efekat staklene bašte (97% CO<sub>2</sub>, oko 3% N<sub>2</sub>)
- Temperatura 500+ stepeni - najtoplija!



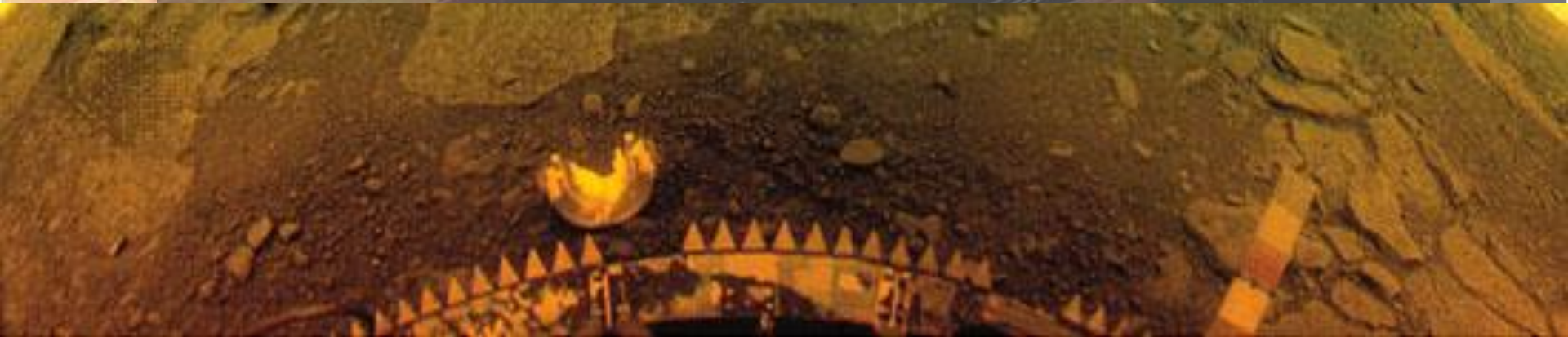
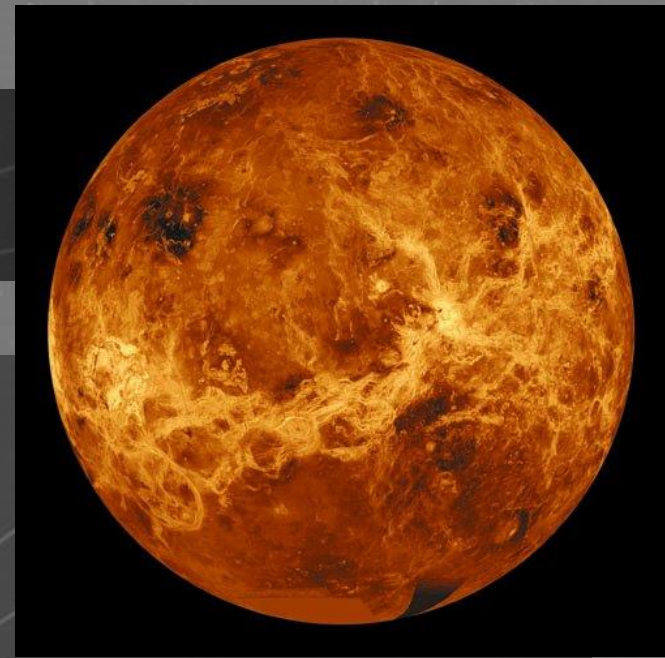
# Venera



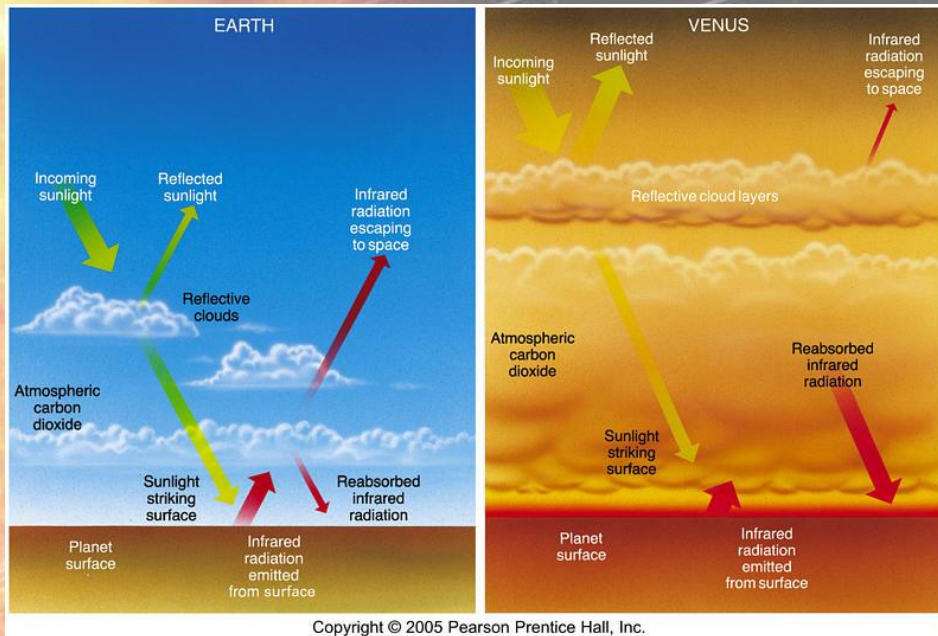
- Stiže dva puta više svetlosti nego na Zemlju
  - Osvetljenost – kao po tmurnom danu
- Horizont stalno izgledao kao da smo u nekom udubljenju.
- Oblaci - 75-80% od kapi sumporne kiseline, samo 0.1% vodene pare.
  - Kiše - bukvalno kisele

# Venera

- Površina: razlomljena, kamenita; liči na pustinju, prekrivenu bazaltnim stenama
- Mnogo tragova vulkanske aktivnosti; danas vulkanski neaktivna
- Na površini nema vode
- 2/3 reljefa – blago zatalasane nizije, uzvušenja 2-3 km; visoravni 8% površine
- Mnogo udarnih kratera
- Slabo magnetno polje (spora rotacija)

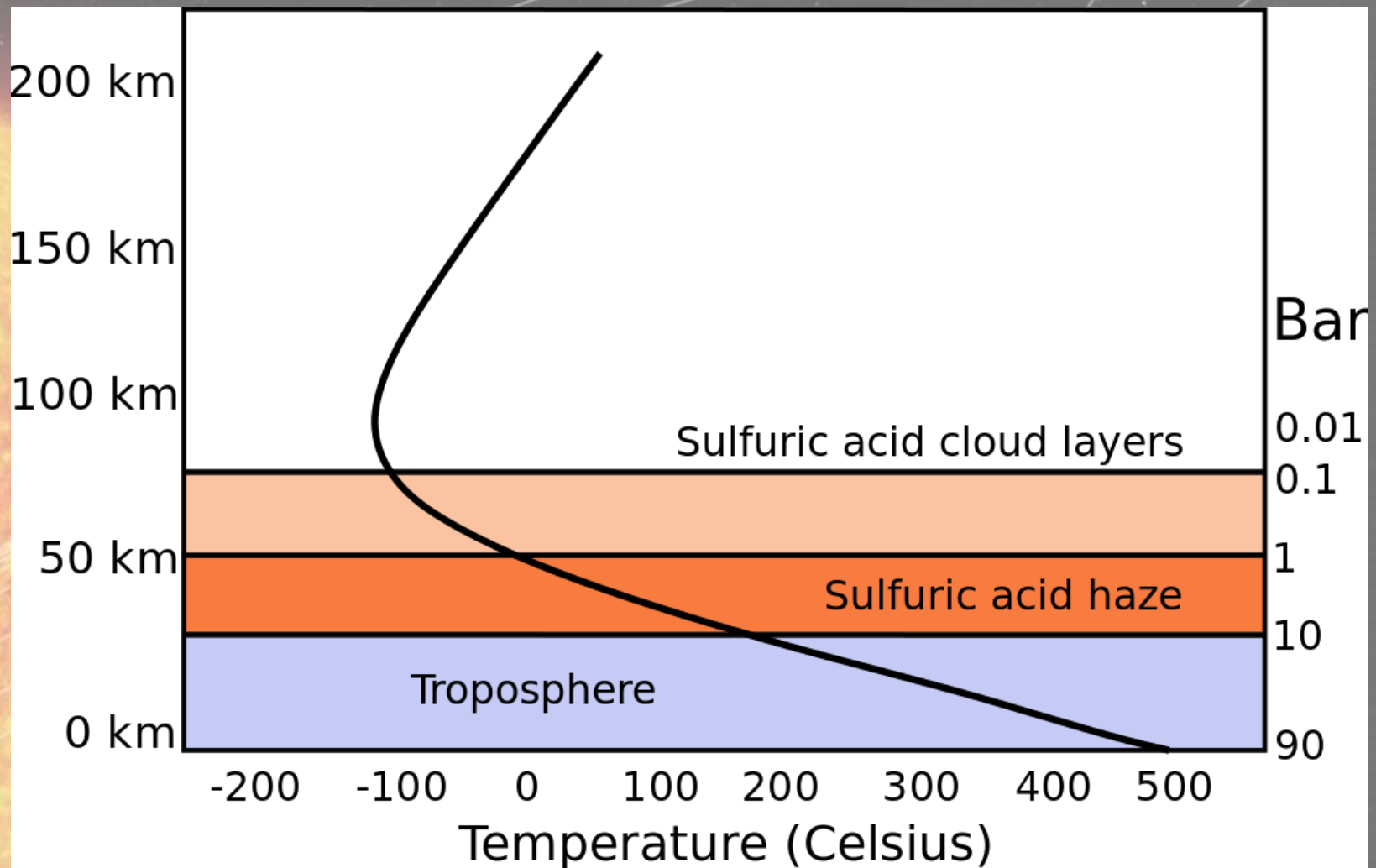


# „Staklena bašta“



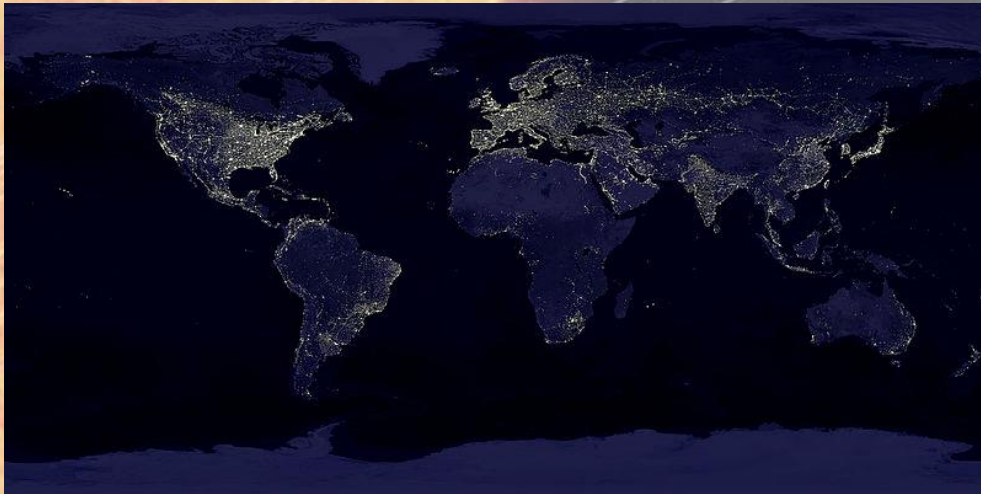
- U atmosferi ima oko 97% CO<sub>2</sub>, oko 3% N<sub>2</sub>.
- Kiseonika i vode ima u tragovima.
- Temperatura na nivou srednjeg radijusa je oko 470 C.
- Prisutna je velika termička inertnost (dnevne varijacije temperature su oko 1 C, a i godišnje su jako male).
- Brzina vetrova na tlu je 0,5-1 m/s (do 4 km/h).

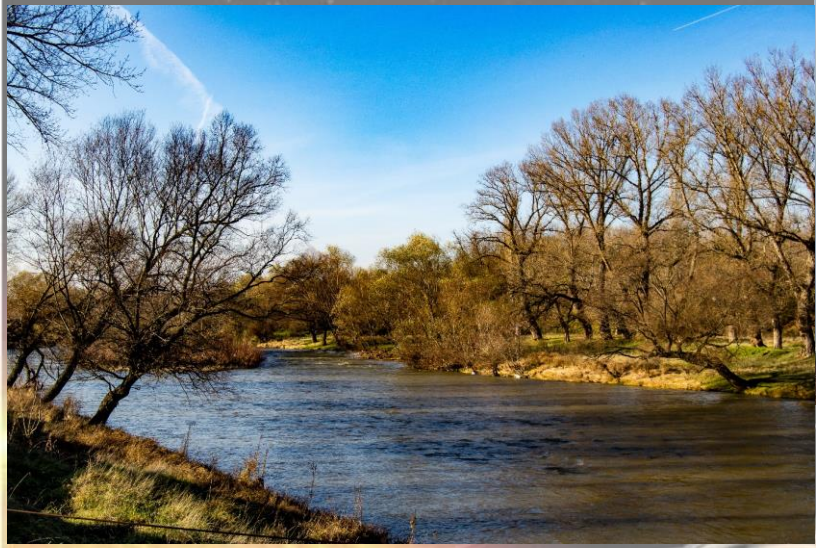
# Život na Veneri?





# Zemlja







# Voda na Zemlji



Water source	Water volume, in cubic kilometers	Percent of freshwater	Percent of total water
Oceans, Seas, & Bays	1,338,000,000	--	96.54
Ice caps, Glaciers, & Permanent Snow	24,064,000	68.7	1.74
Groundwater	23,400,000	--	1.69
Fresh	10,530,000	30.1	0.76
Saline	12,870,000	--	0.93
Soil Moisture	16,500	0.05	0.001
Ground Ice & Permafrost	300,000	0.86	0.022
Lakes	176,400	--	0.013
Fresh	91,000	0.26	0.007
Saline	85,400	--	0.006
Atmosphere	12,900	0.04	0.001
Swamp Water	11,470	0.03	0.0008
Rivers	2,120	0.006	0.0002
Biological Water	1,120	0.003	0.0001

Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources* (Oxford University Press, New York).

# Mesec



- Zemljin prirodni satelit, najbliže nebesko telo, u proseku 380.000 km; eliptična orbita
- Poluprečnik 1821 km, masa 1,2% mase Zemlje (81 puta manja masa)
- Gustina  $3,34 \text{ g/cm}^3$ , 60% gustine Zemlje
- 5 satelit po veličini
- Temperatura:
  - -160 C noću, +120 C danju





# Mesec

- Jedino telo na kome sigurno znamo da je bilo života, prvi put 20. jula 1969. godine

Apollo 11 – 21 časa, 38 min.  
Apollo 12 – 31 časa, 31 min.  
Apollo 14 – 33 časa, 31 min.  
Apollo 15 – 66 časa, 54 min.  
Apollo 16 – 71 časa, 2 min.  
Apollo 17 – 75 časova

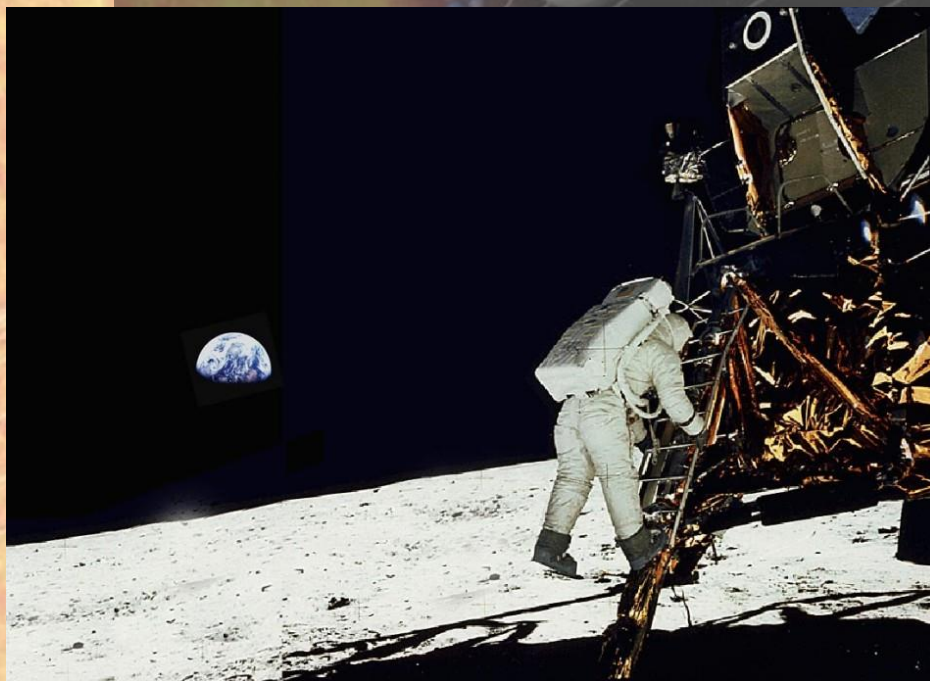
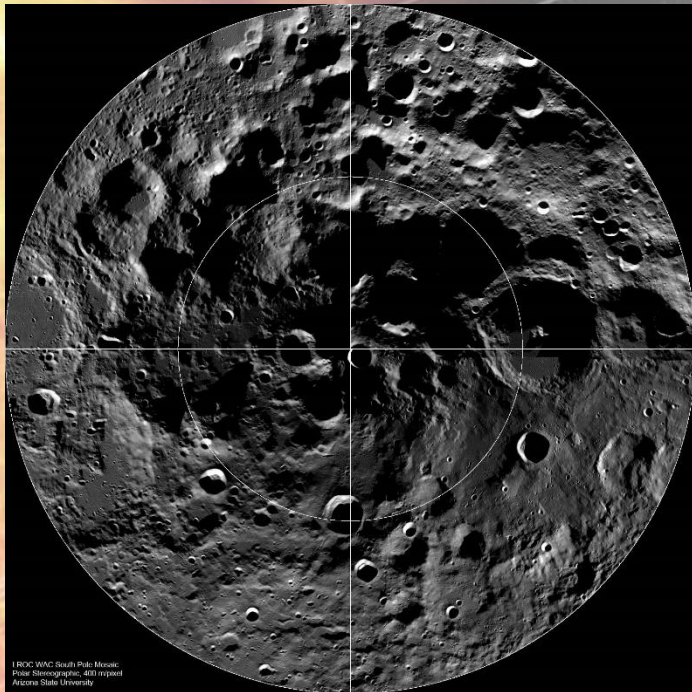


Foto: M.Milošević

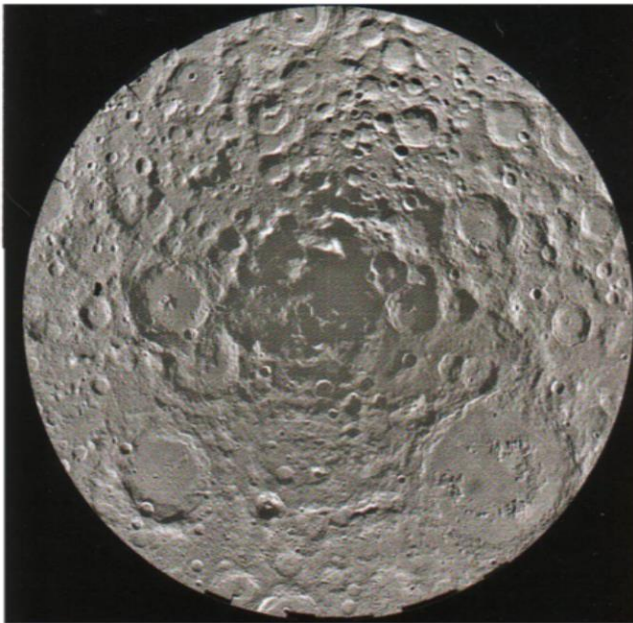
# Voda na Meseću



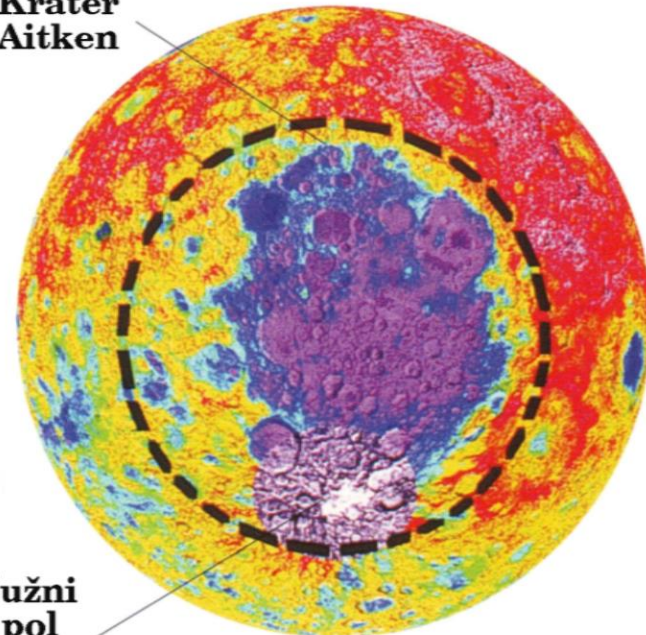
- Južni pol – detektovan vodeni led (*Clementine, 1994*)
- Prisustvo vodonika - potvrdilo da na Mesečevim polovima postoji voda (kapilarna i zamrznuta), ostatak udara kometa.
- Led isparava, ali ako je izmešan sa prašinom može da opstane hiljadama i milionima godina, kao što je to, verovatno, slučaj sa polarnim ledom na Meseću.

# Voda na Meseću

*Krater Aitken na južnom Mesečevom polu. Prečnik 2500 km, dubina 12 km. Nastao pre 3.9 milijardi godina, udarom asteroida od 100 km. Sadrži dosta oksida gvožđa i titan. Otkriven 1962, a misija NASA-e Klementina ga detaljno mapirala 1994. g.*



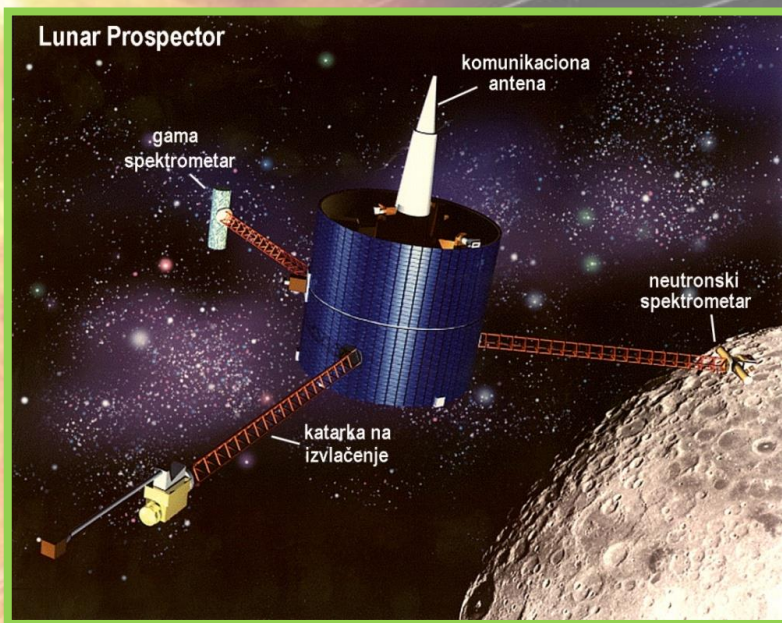
Krater  
Aitken



Južni  
pol



# Lunar prospector, 1999



- Namerno oboren u basen Eitken na južnom polu.
- Događaj praćen sa Zemlje i pomoću Hablovovog teleskopa.
- Na osnovu izbačenog materijala trebalo je da se utvrdi sadržaj leda.
- Nije bilo oblaka prašine ni drugih efekata.
- Napravio je kartu raspodele Ti, Fe, Al, K, Ca, Si, Mg,...
- Pre obaranja detektovao jak signal, koji je ukazivao da 1-10% leda na južnom polu potiče od vode.

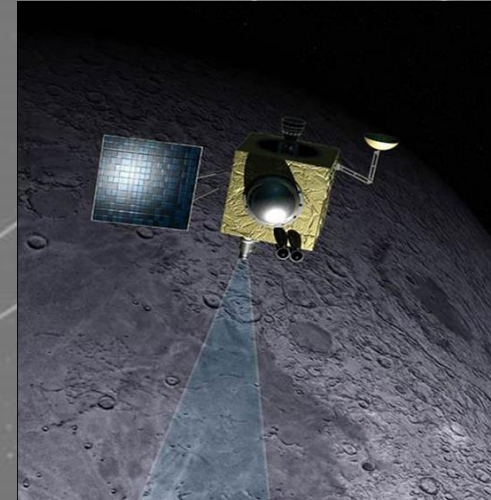
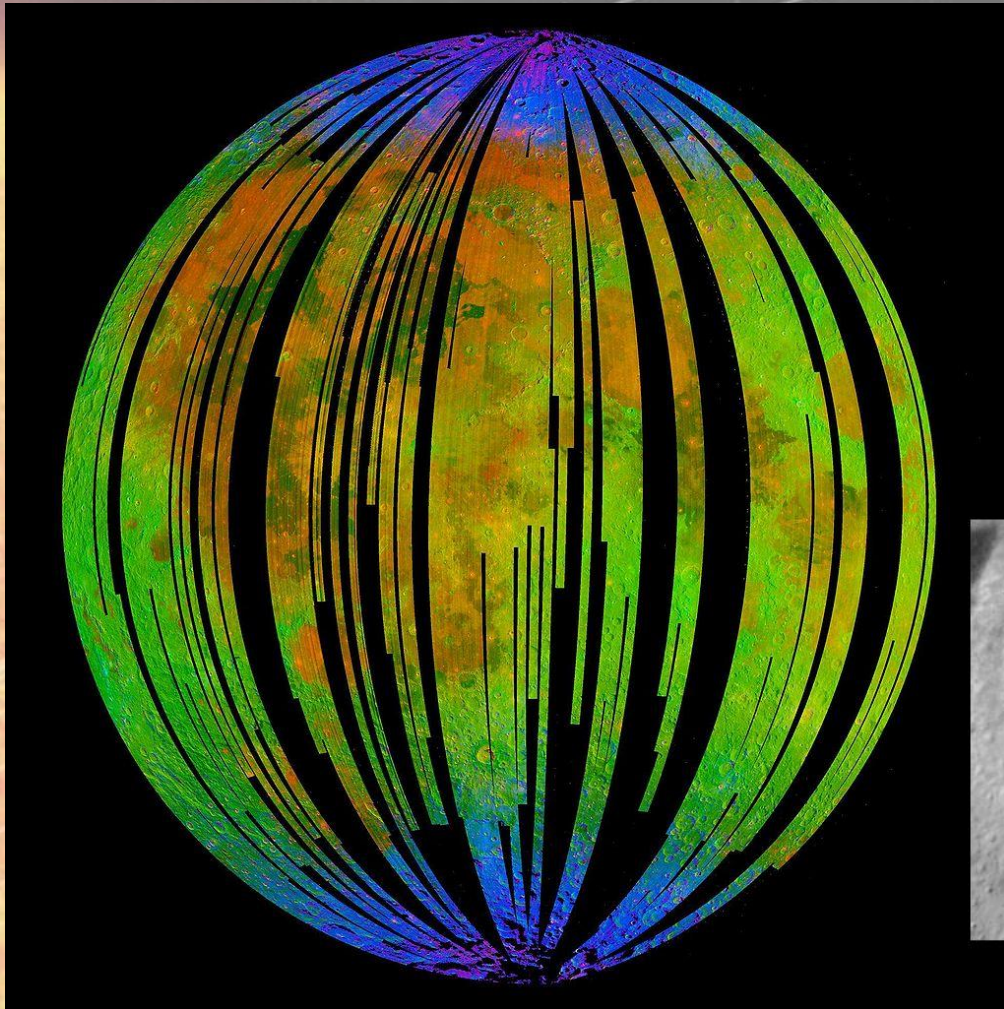
# Voda na Meseću

- Led – verovatno od kometa (*egzogena voda*)
- Zadržala u kraterima, koji su uvek u senci
- Na severnom polu: 50-100% više vode nego na južnom, više kratera u senci; zalihe vode ne znače postojanje vode u tečnom stanju
- Sonde *Deep Impact* i *Cassini* – tokom prolaza pored Meseca potvrdile postojanje *endogene vode*, tj. vode koja je tu nastala.
- Više nego što je očekivano. Koncentracija mala, difuzno raspoređena po čitavoj površini
  - 1 litar po toni tla

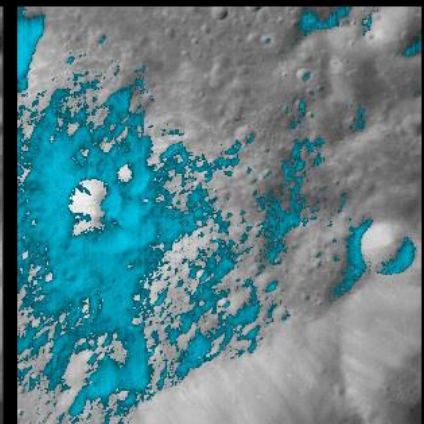
# Voda na Meseću

- U kontejnerima sa uzorcima sa Meseća nađeni tragovi vode
  - Smatralo se da su se oni “ovlažili” u Zemljinj atmosferi.
- Endogena voda - nastala tako što su protoni Sunčevog vetra prilikom “bombardovanja” površine razbijali hemijske veze u mineralima bogatim kiseonikom.
  - Postoji verovatnoća da je došlo do vezivanja oslobođenog kiseonika i protona Sunčevog vetra.

# *Moon Mineralogy Mapper (M3)*



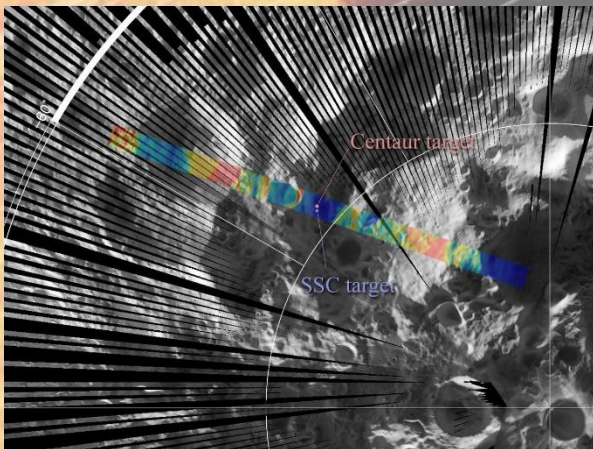
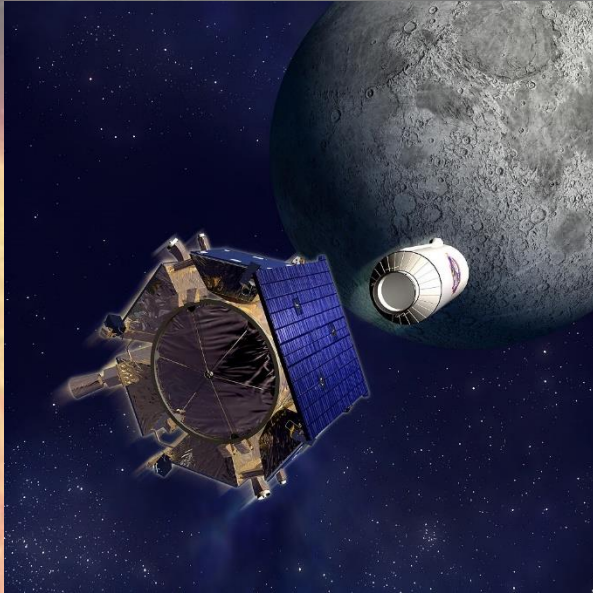
Infrared Reflectance



Blue = water absorption strength  
on Infrared Reflectance

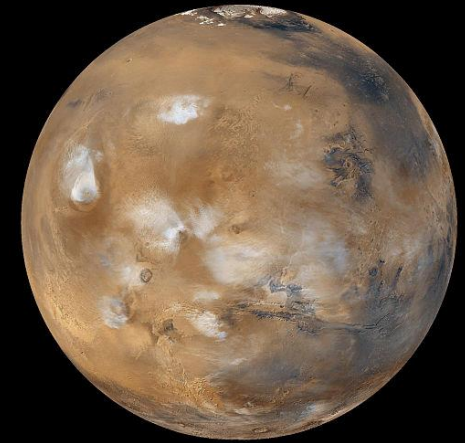
Chandrayaan-1 Moon Mineralogy Mapper

# Lunar Reconnaissance Orbiter



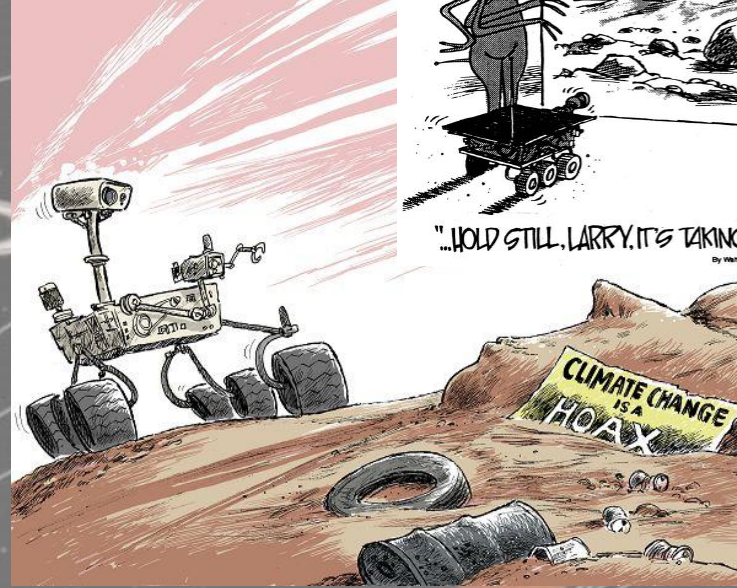
- Lansiran 18. juna 2009; 9. oktobra 2009 - Lunar Crater Observation and Sensing Satellite (LCROSS) „srušen“ na površinu (nakon gornjeg stepena Atlas V rakete)
- Nije bilo vodenog leda  
Analizom podataka detektovani tragovi vode;

# Mars

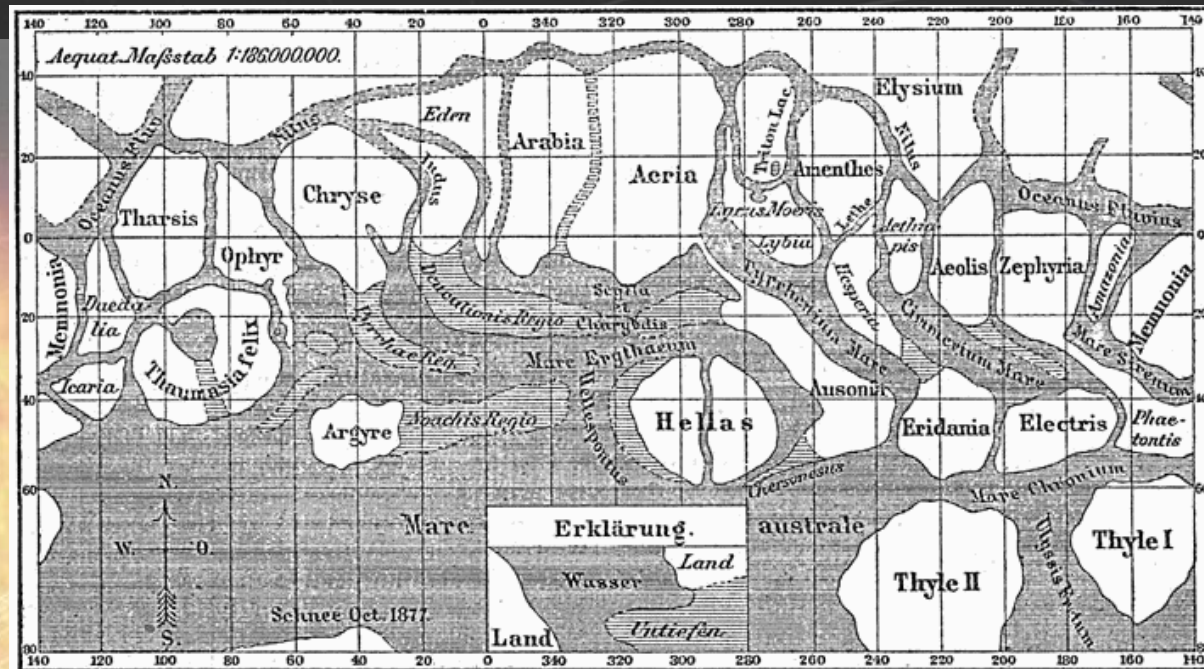


- Druga najmanja planeta; „crvena planeta“
- Četvrta po rastojanju, 1,5 AJ
- Rimski bog rata (grčki Ares)
- Udarni krateri, kao Mesec; vulkanske kupe, doline, pustinje i ledene kape
- Najveći vulkan – *Olympus Mons*
- Dva satelita – Fobos i Dejmos
- Đovani Skjapareli i Persival Lovel – kanali, tamne duge linije, mora i kontinenti
- Mariner 4 – 1965. godine rešio dilemu
- 7 svemirskih sondi

# Marsovci?



# Kanali na Marsu?



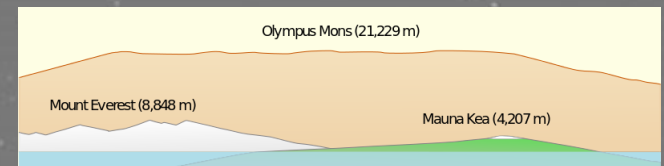
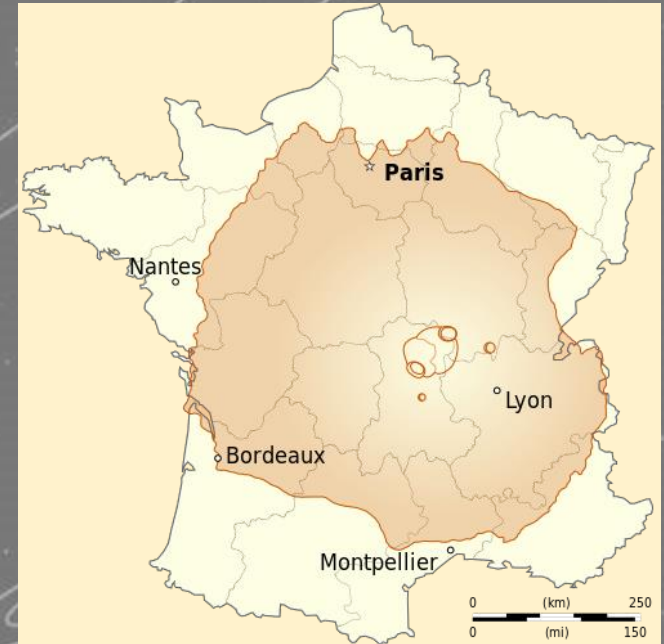
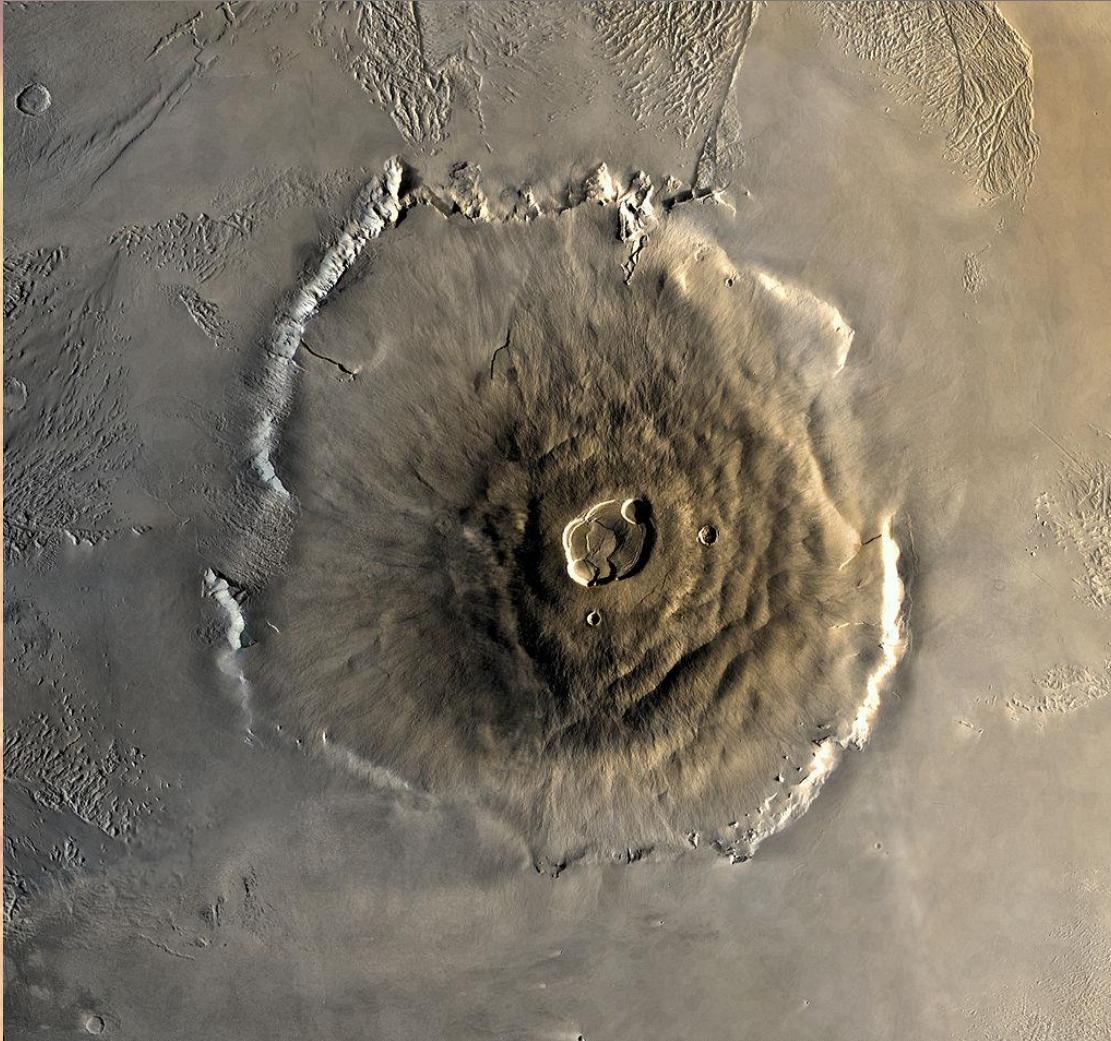
- Giovanni Schiaparelli 1877. g.
- Percival Lowell je krajem XIX veka napravio kartu mreže kanala (Možda irigacioni sistem?).
- Kanali bi trebalo da budu dugački hiljadama i široki desetinama kilometara.
- Logično: pumpe koje potiskuju vodu u njima mnogo su snažnije od zemaljskih.
  - Marsovci mora da su razvijeniji od nas.
- Optičke varke.



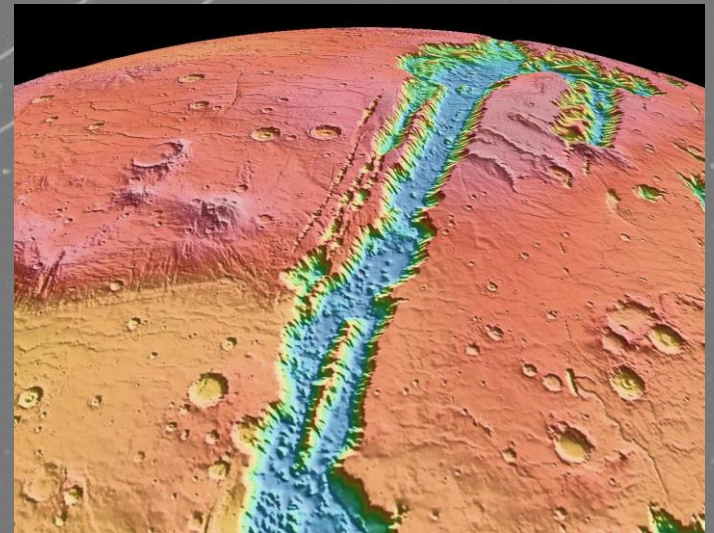
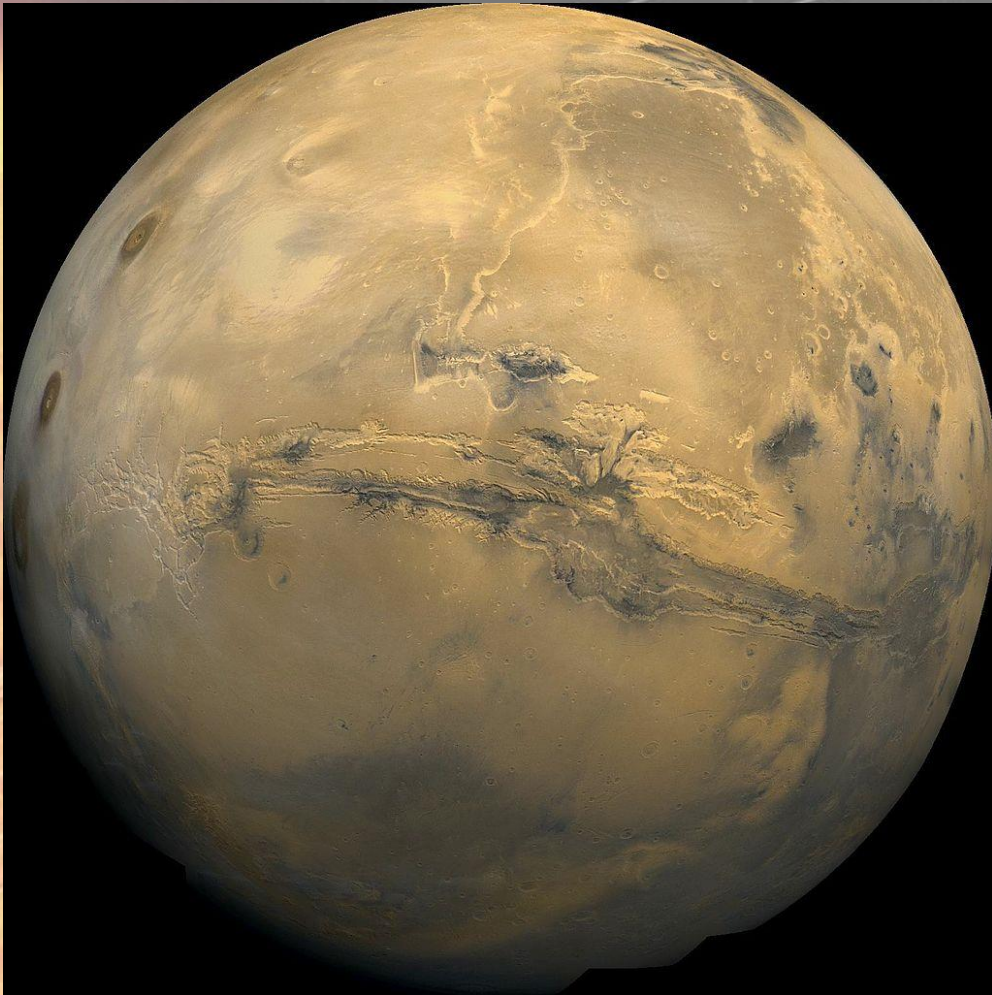
# Mars

- Kamenita pustinja, visinske razlike 14-16 km
- Tektonska aktivnost prestala pre milijardu godina
- Ima mnogo kratera, pukotina, raseda, kanjona
  - *Olympus Mons* – najveći (ugašeni) vulkan u Sunčevom 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.

# Olympus Mons



# *Valles Marineris*



# Površina Marsa

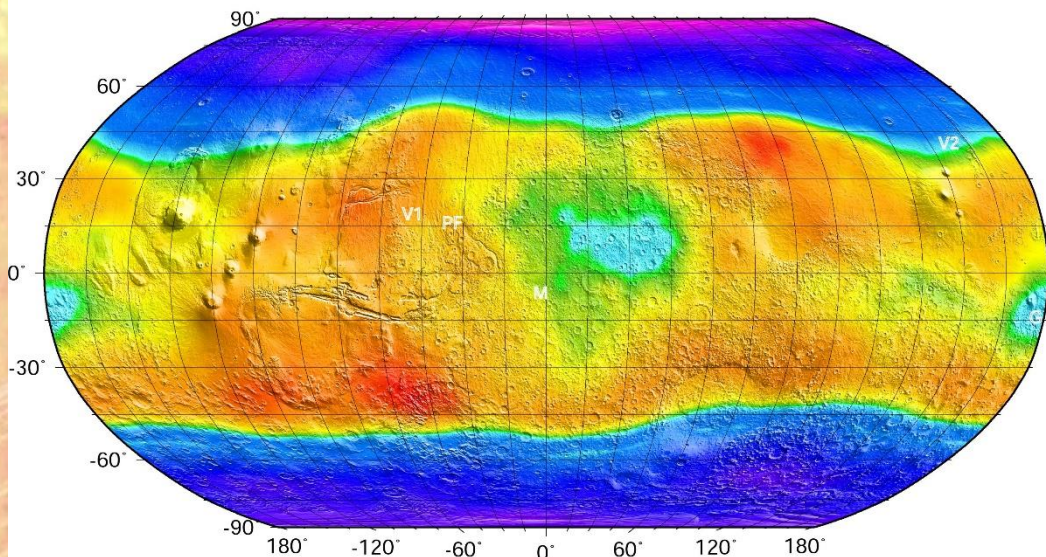
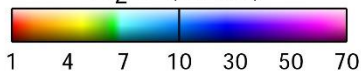


- Tlo je umrvljeno (čestice 0,01 – 0,05 cm).
- Areografski oblici ukazuju na visok stepen eolske i vodene erozije i glacijalnih procesa.
- Očigledno da je nekada obilovao vodom.
- Atmosfera bila 20 puta gušća od današnje bilo je tečne vode. Danas mu je atmosfera oko 100 puta ređa od Zemljine. Oko 95% CO<sub>2</sub>, 2,7% N<sub>2</sub>, Ar 1.6%, O<sub>2</sub> 0.15%.
- Vodene pare u atmosferi ima malo.
- Srednja temperatura je oko -60 C.
- Nema površinske vode
- Procene: u obliku **podpovršinskog leda** i polarnih kapa – efektivno „razliven“ sloj vode 30 m (na Zemlji 4 km)

# Ispod površine Marsa

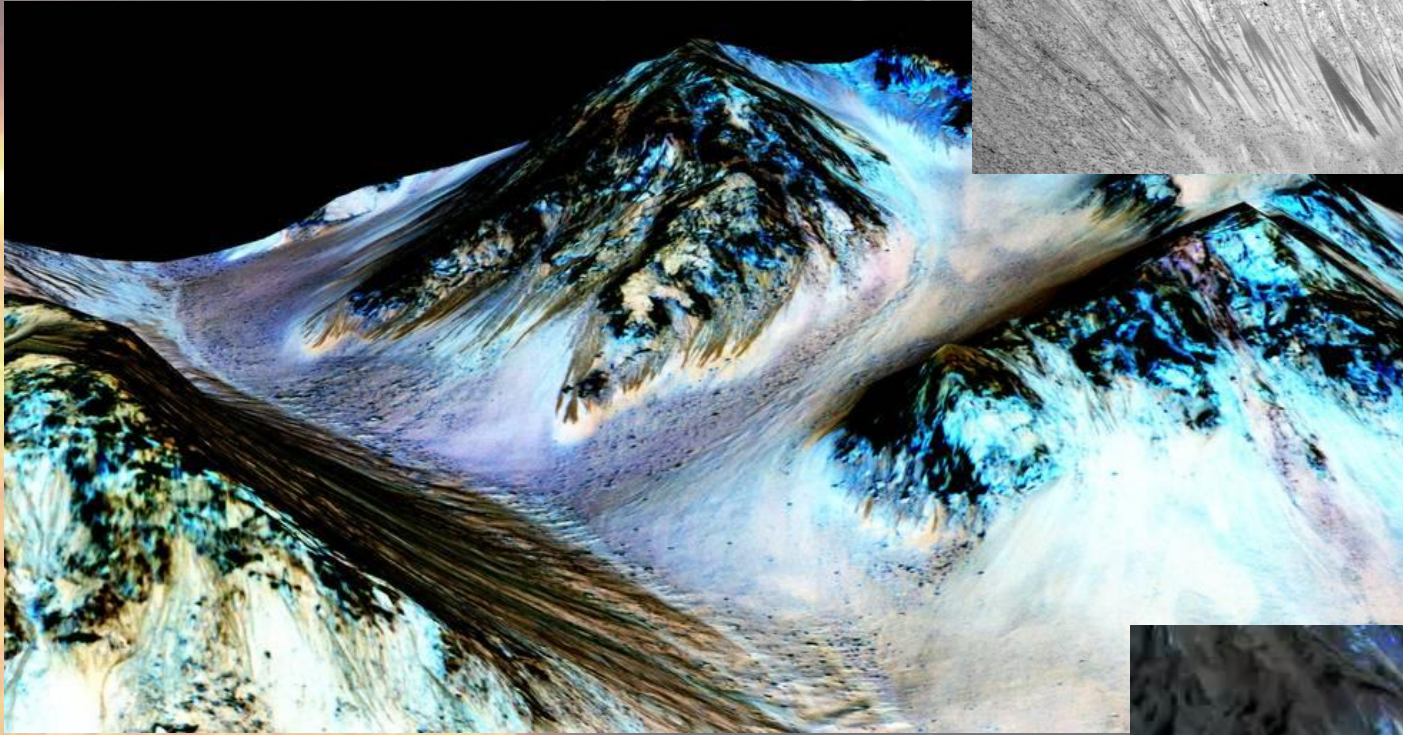
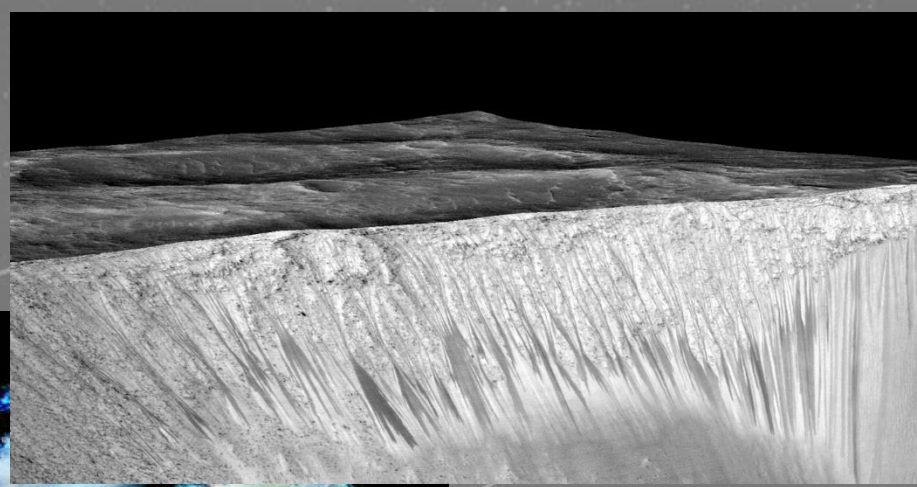
Data from 2001 Mars Odyssey  
Gamma Ray Spectrometer

H<sub>2</sub>O (Wt%)

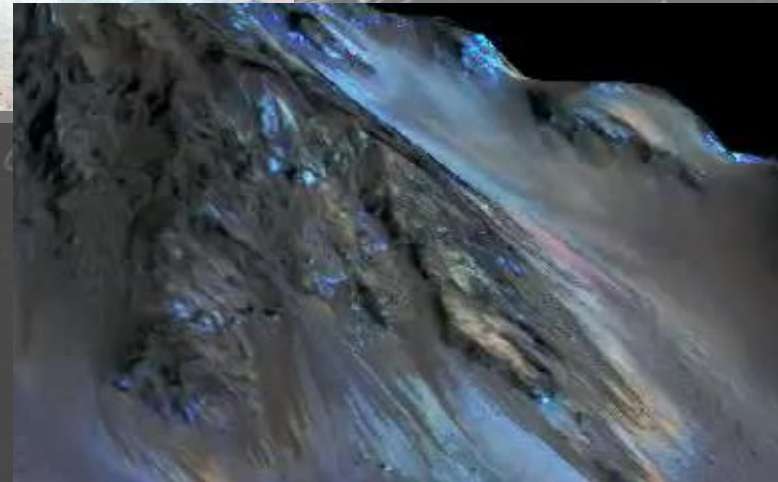


- *Mars Odyssey* i *Mars Reconnaissance* su dokazali postojanje prijavog leda ispod tla od peska i kamenja.
- Na osnovu snimaka – led oko 60 cm ispod površine

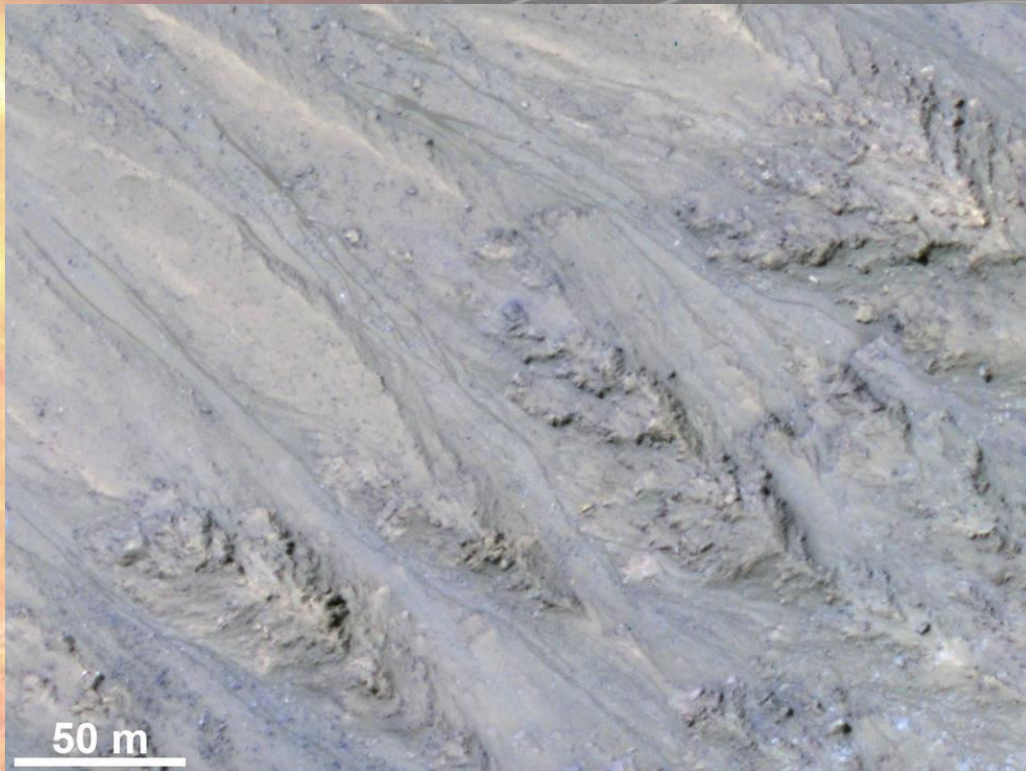
# NASA, 28. septembar 2015



- „Najnoviji rezultati Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) daju do sada najjače dokaze da na Marsu danas postoji tečna voda“
- Hale krater, detektovane hidrirane soli na padinama

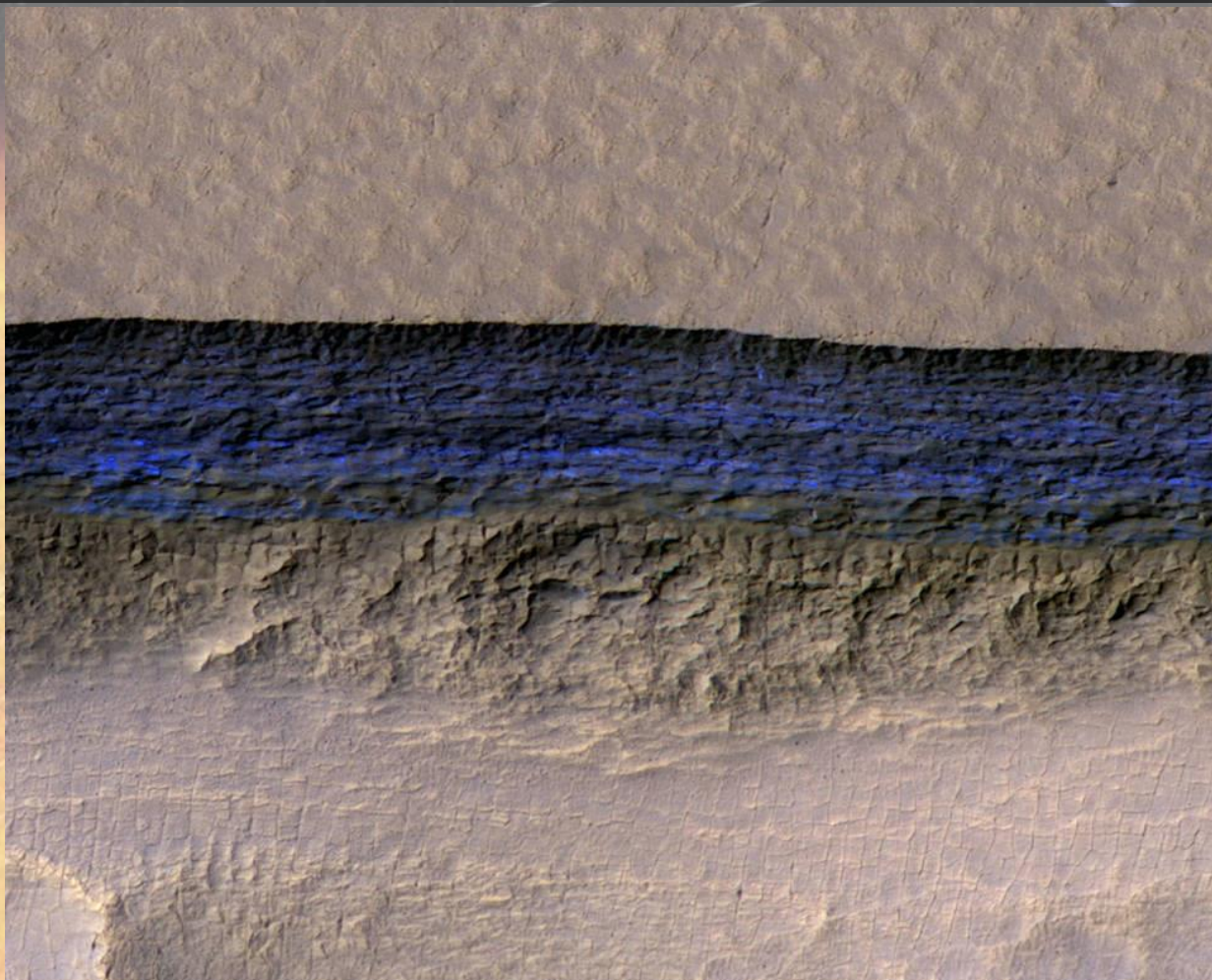


# NASA, 20. novembar 2017 ☹️



- Granularno kretanje a ne „zatamnjenje“ zbog proticanja vode
- Zrna peska i prašine klize niz padinu i ostavljaju tamne tragove
- Nije objašnjeno kako nastaju i kako rastu
- Periodično pojavljuju, tamni pojasevi rastu tokom tople sezone, smanjuju se kad je hladno; pojavljuju sledeće godine – na Zemlji jedino proticanje vode
- Samo na nagibima većim od 27 stepeni!

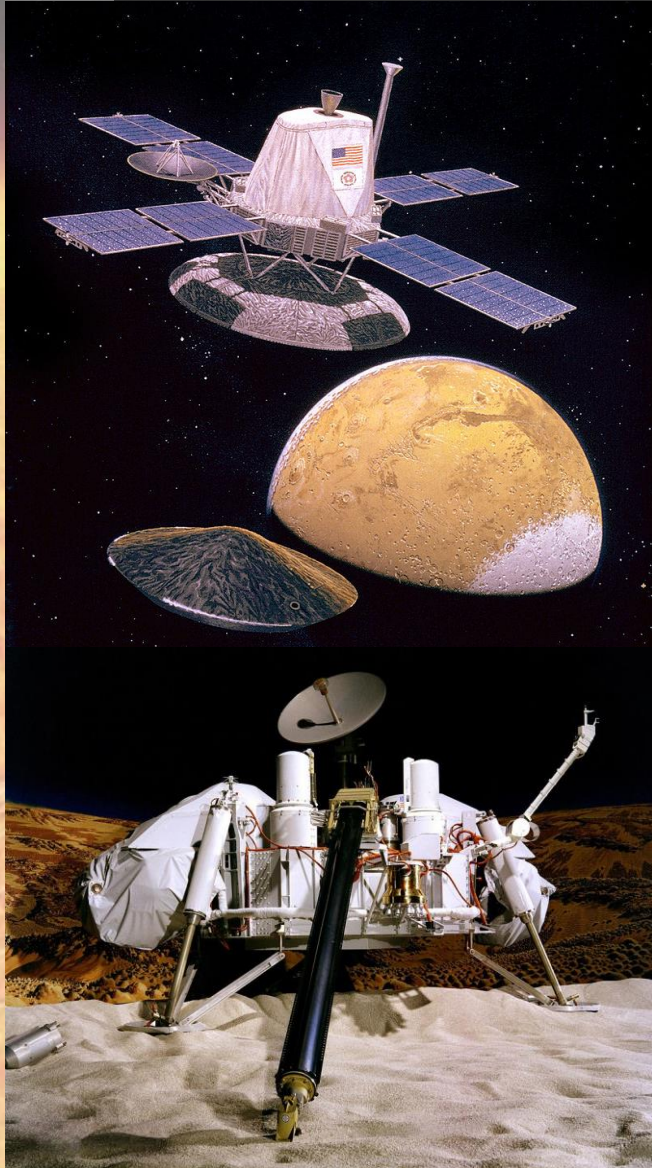
# Mars Reconnaissance Orbiter (MRO)



- 8 lokacija na kojima se vidi podpovršinski led na strmim nagibima (55 stepeni)
- Dimenzije 550 x 123 metara, foto *High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE)*

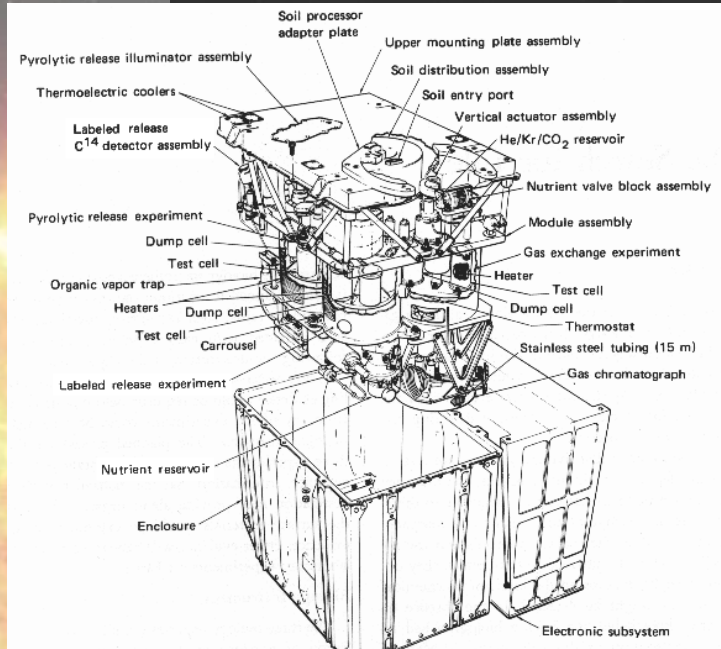


# Viking – biološki eksperiment



- Viking lenderi – mart 1976.
  - Prva dva lendera na Marsu, izvršili biološke eksperimente
- Orbita:
  - 19. jun 1976 (Viking 1)
  - 7. avgust 1976 (Viking 2)
- Identični lenderi
  - Viking 1 – ekvator (20. jul)
  - Viking 2 – sever (3. sep)

# Viking – biološki eksperiment



- Četiri eksperimenta:
  - Gas chromatograph — mass spectrometer (GCMS)
  - Gas exchange (GEX)
  - 👍 Labeled release (LR)
  - Pyrolytic release (PR)
- Uzorak:
  - 4 dela, po 0,5 cm<sup>3</sup>
  - Komore snimale 24h



# Viking – biološki eksperiment



## Gas chromatograph — mass spectrometer (GCMS)

- Tragao je za organskim materijalima (zasnovanim na ugljeniku) u tlu;
- Uzorci tla se užare i analiziraju se gasovi.
- Viking 1 – „peći“ se pokvarile, Viking 2 – 4 puta – negativno
- Problem – da je bilo čak 0,1% organskog materijala – ne bi detektovao



## Gas exchange (GEX)

- analiza gasova pokazala je da se u uzorcima ne nalazi ništa što bi „konzumiralo“ hranljive materije



## Pyrolytic release (PR)

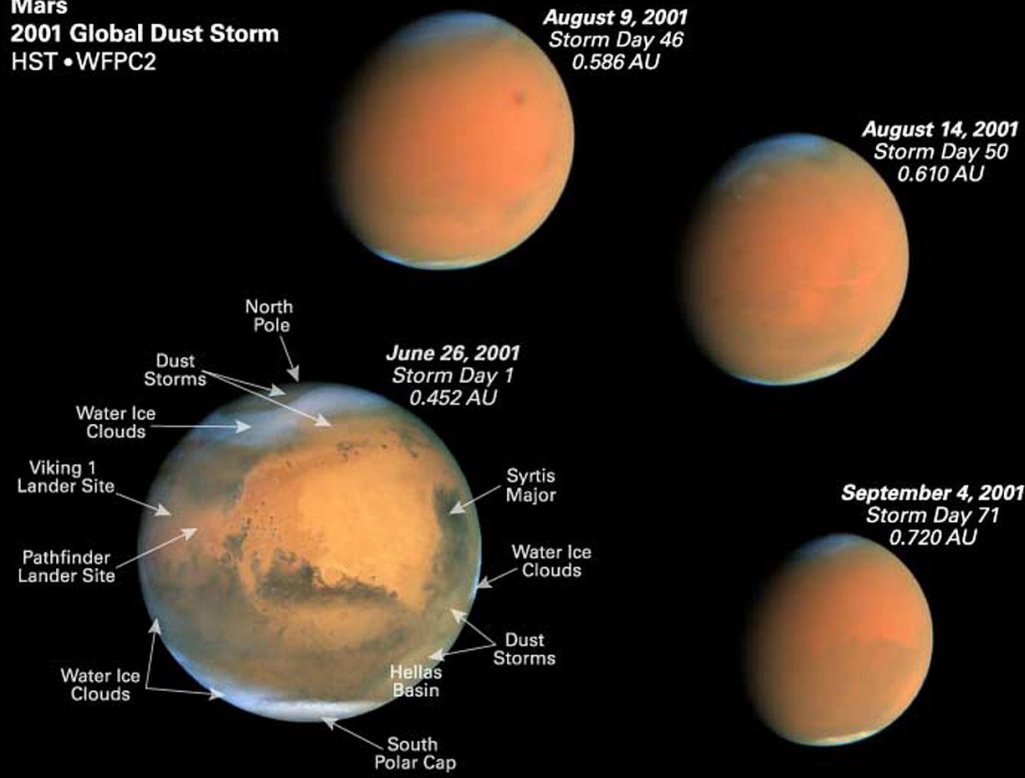
- Koristio – svetlo, vodu i materijal bogat radioaktivnim ugljen-monoksidom i ugljen-dioksidom
- Radioaktivni C-14, ako ima organizama koji vrše fotosintezu vezaće radioaktivni izotop u biomasu
- Posle nekoliko dana – izbačeni gasovi, materijal „ispečen“ na 650C
- Negativan rezultat

# Viking – biološki eksperiment

- **Moguće obrazloženje:**
  - na Marsu nema ozonskog omotača, jako UV zračenje
  - U ekstremno hladnim i suvim uslovima, pod delovanjem UV zračenja, mogu da nastanu jaki „superoksidi“ koji reaguju sa materijom sa površine
- **Međutim:**
  - Gilbert V. Levin and Patricia Ann Straat. "*The Case for Extant Life on Mars and Its Possible Detection by the Viking Labeled Release Experiment.*" *Astrobiology*. October 2016, 16(10): 798-810. DOI: 10.1089/ast.2015.1464
  - <https://phys.org/news/2016-10-year-old-viking-life-mars.html>

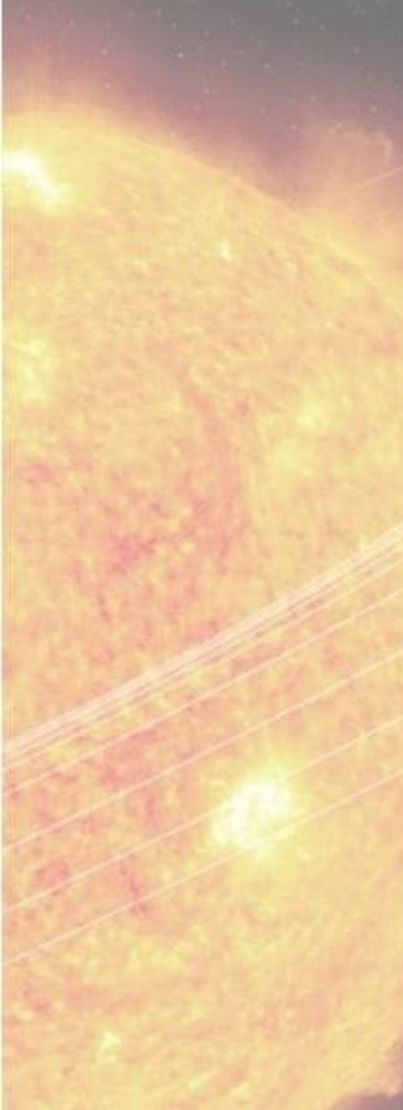
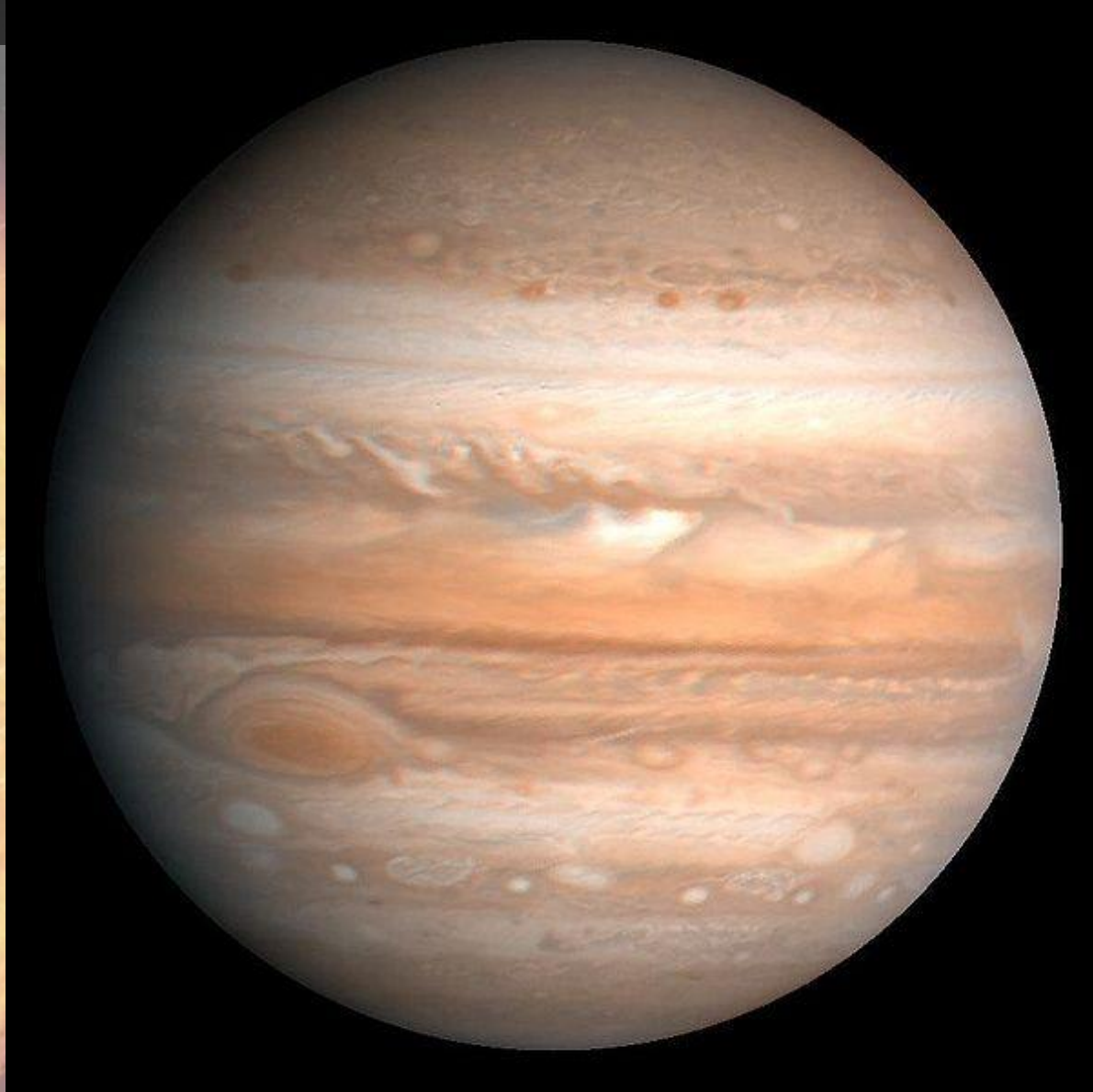
# Atmosfera Marsa

Mars  
2001 Global Dust Storm  
HST • WFPC2

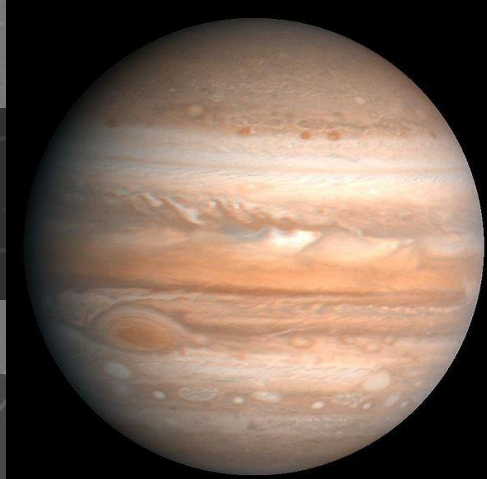


- Magla i oblaci (plavi i beli) od vodene pare u troposferi nisu stalno prisutni, ali ih ima.
- Peščane oluje, vetrovi 80-100 m/s (360 km/h), u sezoni globalne
- Oblaci prašine žute boje, visine do 10 km, izjednačavaju temperaturu
- Dovode do efekta „antistaklene bašte” – energija ne dospeva do površine

# Jupiter



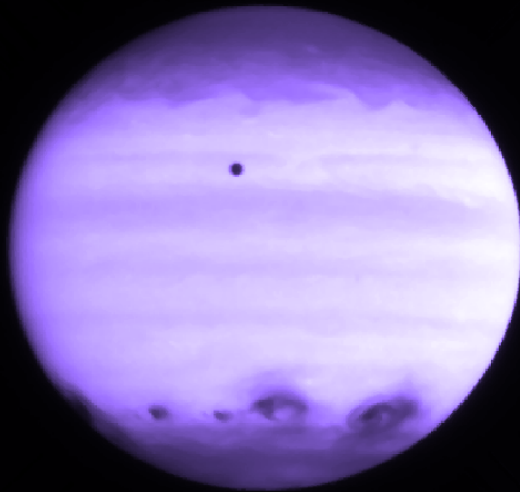
# Jupiter



- Ime – vrhovni starorimski bog (grčki Zevs)
- Najmasivnije telo u Sunčevom sistemu, 2,5 puta masivniji od preostalih planeta zajedno
- 1000 deo mase Sunca, 320 masa Zemlje
- Rastojanje 5,2 AJ (780 miliona kilometara)
- Gasoviti elementi, malo tečnih; najviše vodonika i helijuma
- 4 puta manja gustina od Venere; 1,3 puta gušći od vode
- Brza rotacija, spljošten na polovima
- Nema površinu, atmosfera 5000 km, „nivo mora“ – pritisak 10 bara
- „Crvena pega“
- 67 prirodnih satelita

# Nema uslova za život, ali...

Jupiter in Ultraviolet



↑ H    ↑ N    ↑ Q<sub>2</sub>    ↑ D/G    ↑  
  B    Q<sub>1</sub>    R            L

Hubble Space Telescope  
Wide Field Planetary Camera 2



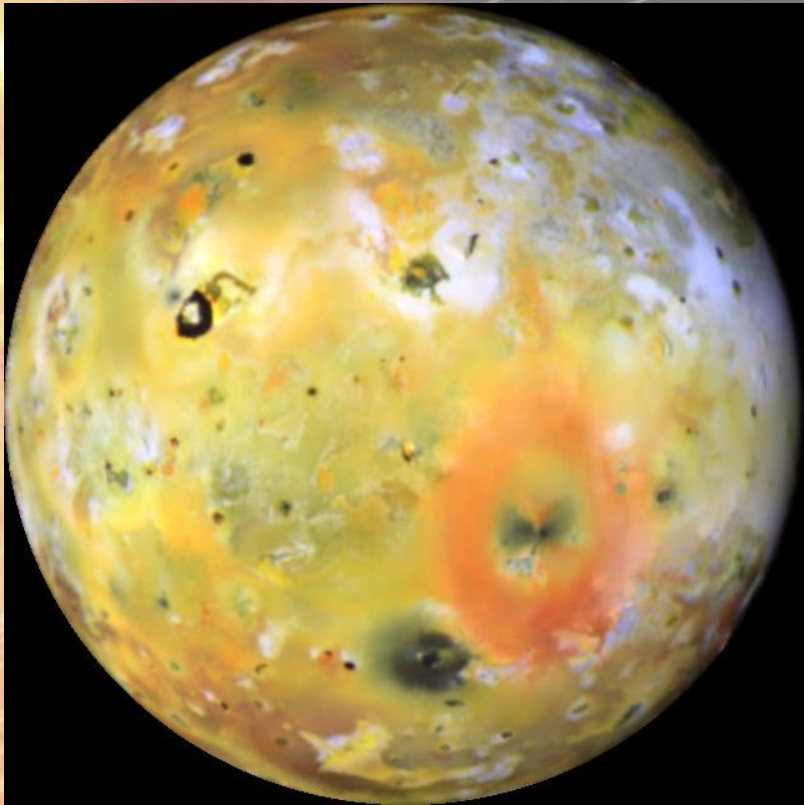


# Galilejevi sateliti



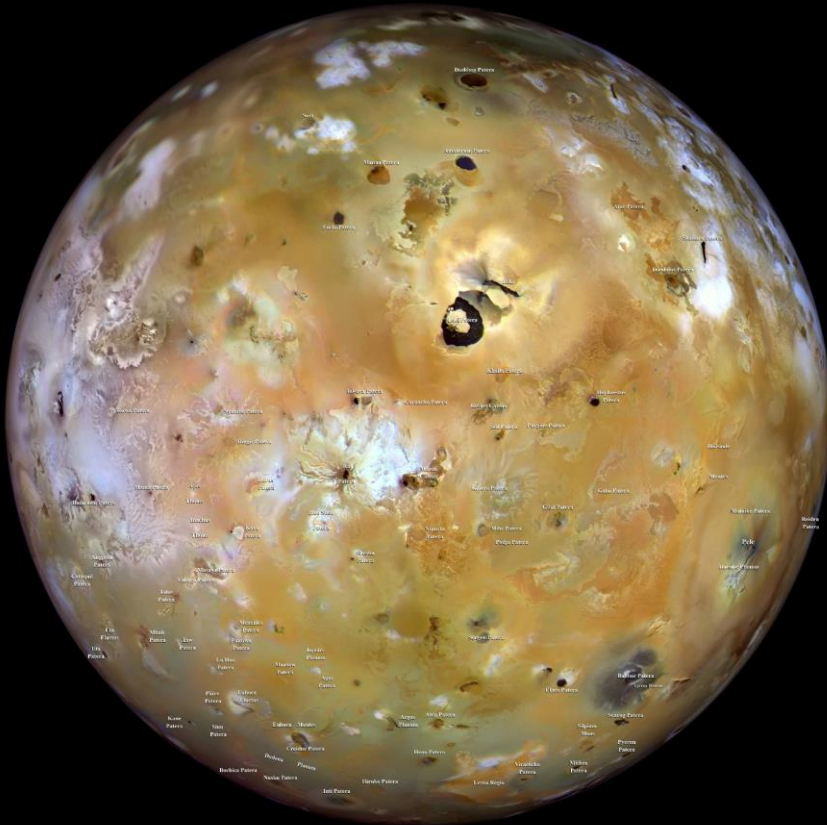
- Otkrili, 1610 (nezavisno)
  - Galileo Galilej
  - Simon Marijus
- Io i Europa su uglavnom silikatnog sastava
- Ganimed i Kalisto su od stena i leda

# Io



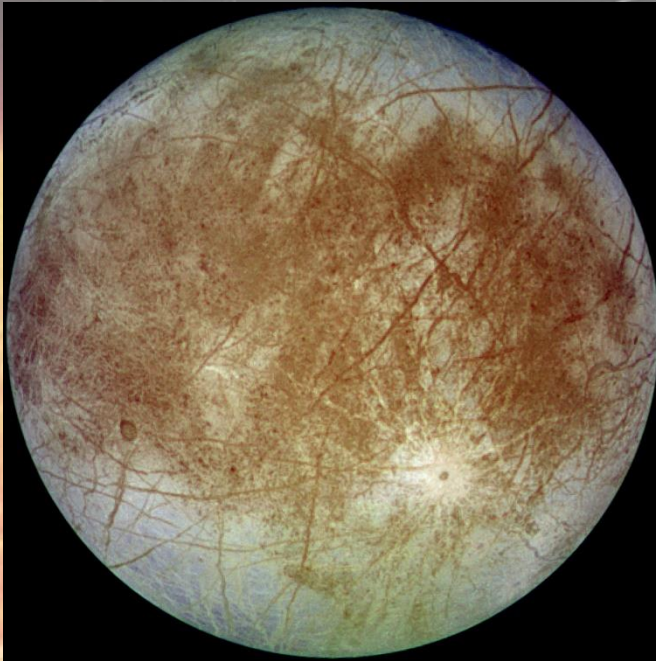
- Nešto veći od Meseca
- Pokriven slojem zaleđene sumporne prašine, koja je prekrila udarne kratere i ostale neravnine
- Vulkanski najaktivnije telo
- Crveno-mrka sumporna prašina iz njegovih vulkana pokriva i ostale satelite Jupitera.
- Gasovi i lava podižu se 70–300 km iznad površine.

# Io



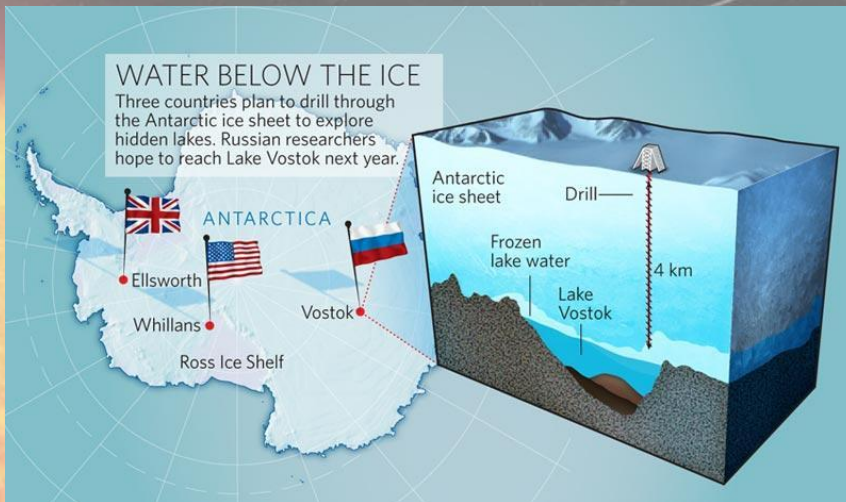
- Aktivno desetak velikih vulkana (uglavnom blizu ekvatora)
- Površina – nijanse crvene i žute (S i SO<sub>2</sub> imaju različite nijanse u zavisnosti od temperature)
- Vrh kaldera – oko 1500 C, boja skoro crna
- U blizini vulkana do 250 C
- Dalje – sve svetlija boja sumpora, ka žutom
- Bela i plava – smrznut S (topi se na 112 C)
- Retka atmosfera (10 Pa)
- Vulkanizam – plimsko naprezanje
  - Jupiter, Ganimed i Evropa – talasi 100m
- Unutrašnjost istopljena, okean sumpora dubine nekoliko kilometara
- Lako isparljivi materijali – probili koru i napustili satelit

# Evropa



- Nešto manja od Meseca
- Analogija sa jezerom Vostok
  - Najveće od 80 jezera ispod leda Antarktika
  - Otkriveno 70-tih godina XX veka
  - Istraživano od 1996

# Stanica Vostok

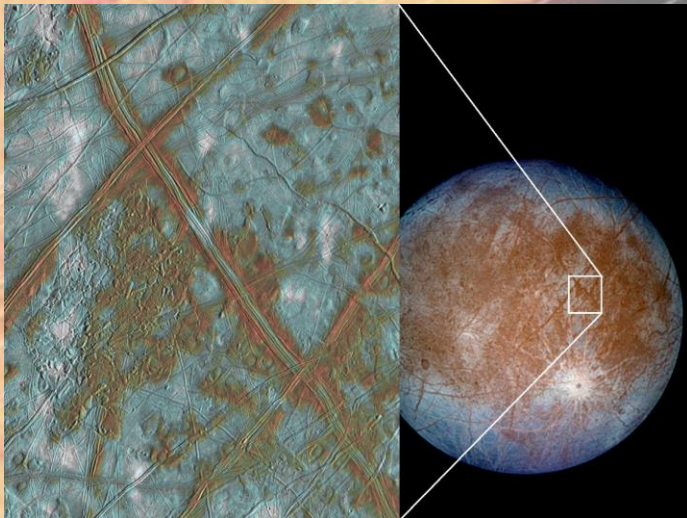
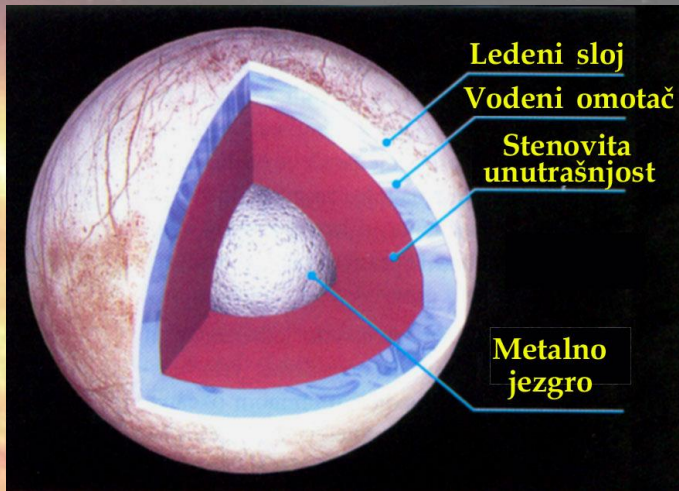


- Stanica Vostok
  - Osnovana 1957 (SSSR)
- Minimalna temperatura
  - $-89,2\text{ C}$
- Oko 1300 km od Južnog pola
- Nadmorska visina 3488 metara
- Oko 25 naučnika i inženjera (leti), zimi 13
- Jedina stalna južnija stanica:
  - Amundsen–Scott South Pole Station (USA)
  - Kunlun Station (Kina), južnije ali samo tokom leta

# Jezero Vostok

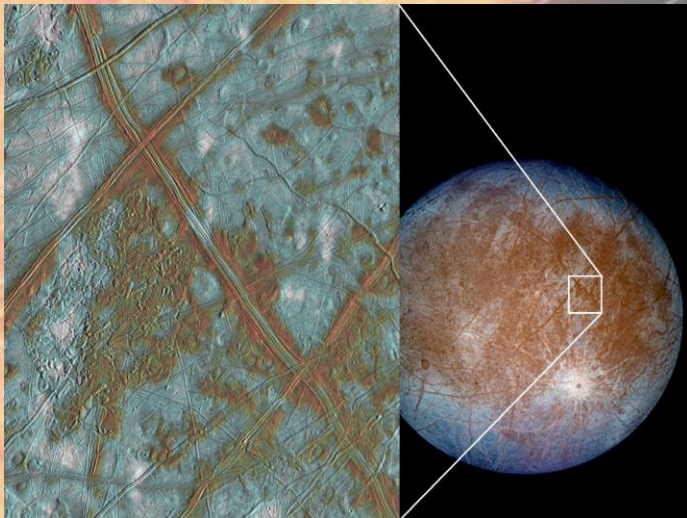
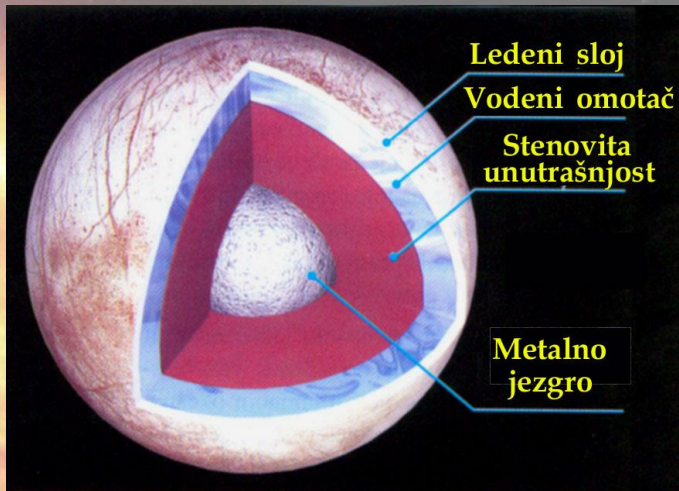
- Jezero pokriveno ledom debelim 3710 m.
- Dubine 484-670m, zapremine 1800 km<sup>3</sup>
- Staro je između 500 000 i milion godina.
- Voda je u tečnom stanju zbog pritiska leda 350 puta većeg od atmosferskog
- Na dnu jezera – 50 m debeo sloj sedimenata
- Život u stanju hibernacije u ekstremno lošim uslovima (anaerobija, niske temperature i mrak)
- Nađene primitivne ekstremofilne bakterije
- Uslovi na Evropi – još ekstremniji...

# Evropa



- Satelit – 100 km debeo vodeni led
- Površina glatka, samo tri udarna kratera
- Brežuljci do 100 m visine, širine do 10 km i dužine do 100 km
- Preovladavaju ravnice
- Kora stara 20-100 miliona godina

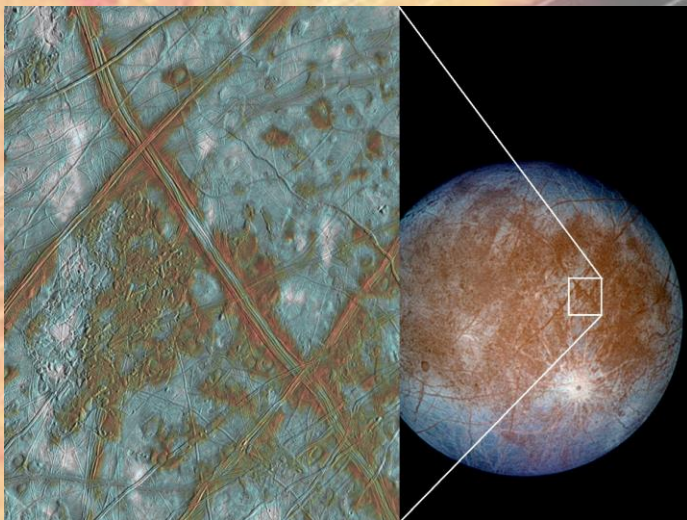
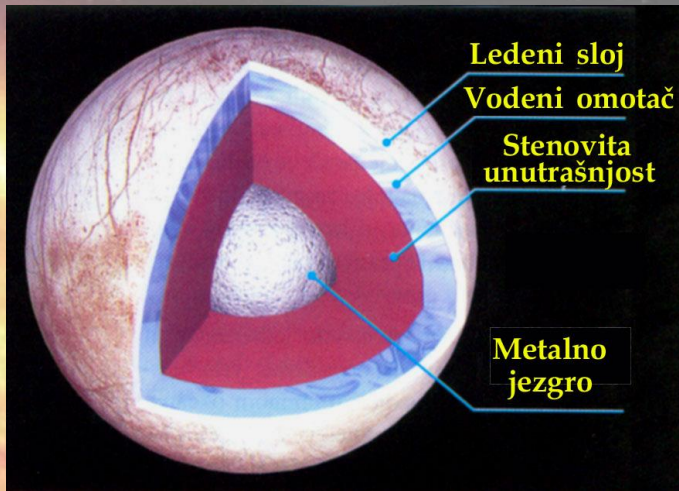
# Evropa



- Retka kiseonična atmosfera (u tragovima, od čestica Sunca i Jupitera; Sunčev vetar udara u površinu i razlaže vodu na O i H; H lak i napušta Evropu)
- Led ne propušta svetlost
- Energija – magnetosfera Jupitera
  - Protoni, joni i elektroni transformišu zamrznutu vodu u CO<sub>2</sub> i organska jedinjenja
  - Kroz pukotine dospevaju do okeana ispod površine

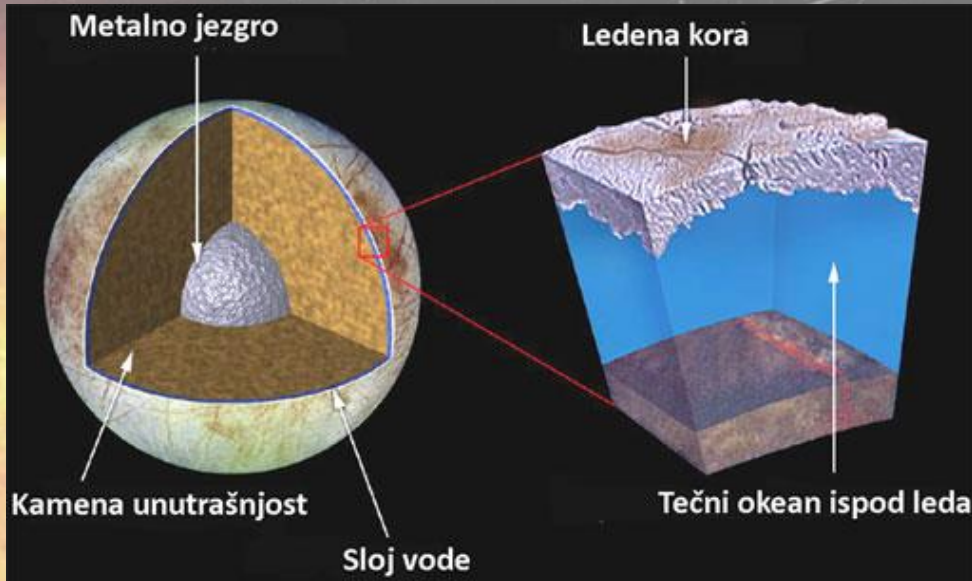


# Evropa



- Pukotine nastaju zbog plimskih naprezanja i ekscentrične orbite
- Plime i oseke po 30 metara; nisu na celoj putanji iste
- Pukotine – krivudave, širine 20-40 km, dužine do 1000 km
- Ledene ploče pomeraju, plutaju na okeanu ispod površine
- Boja – crvenkasta, *možda zbog mikroorganizama?*

# Evropa



- Temperatura -150 do -180 C
- Slabo magnetno polje
- Ispod površine – elektroprovodna sredina (led nije)
- Verovatno okean tečne slane vode
- Plimske sile – unutrašnjost je toplija
- Led puca, na površinu ispliva voda koja se brzo ledi
- Voda ne može da ispari ali ni da se zamrzne



All these worlds are yours, except Europa.  
Attempt no landings there.

(Arthur C. Clarke)

# Ganimed



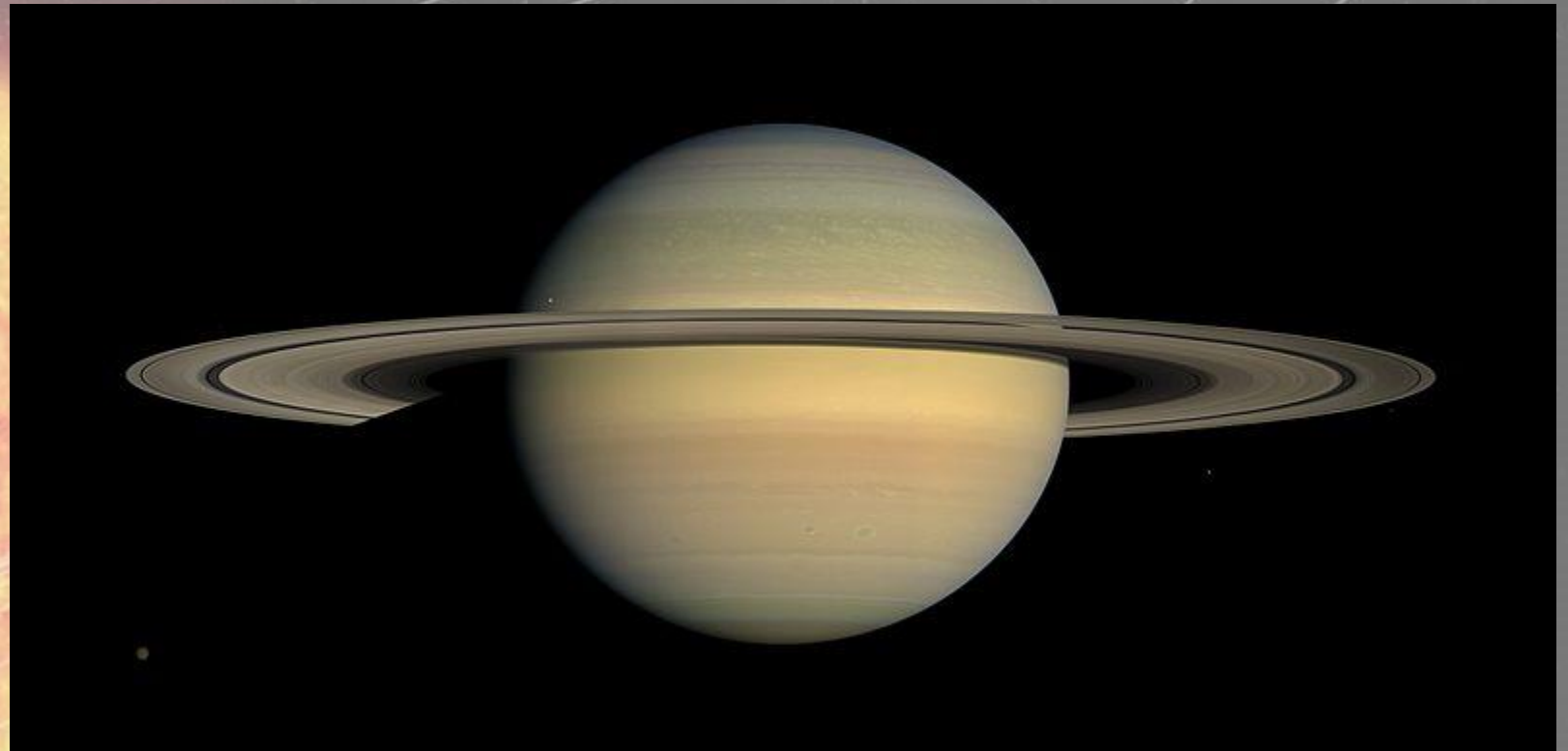
- Najveći satelit, veći od Merkura
- Dominira oblast Regio Galilei (3200 km)
- Kora – zelena
- Posедуje magnetosferu (jedini satelit), nastaje konvekcijom u tečnom gvozdеноm jezgru
  - „Zatrpana“ Jupiterovom
- Atmosfera kiseonik, ozon, mali deo vodonik
- Surovi uslovi, života nema

# Kalisto

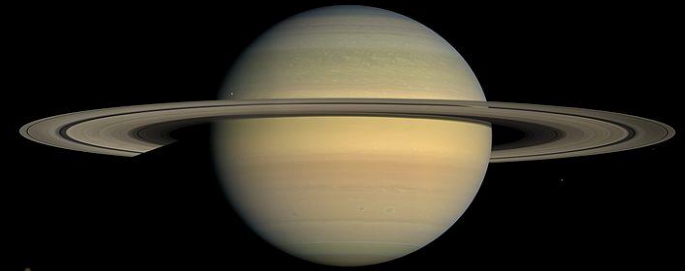


- Manji od Merkura, veći od Plutona
- Udarni krateri iz vremena „velikog bombradovanja“
- Primer: Valhala (1000 km) – veliko telo probilo koru i prodrlo u unutrašnjost
- Magnetno polje fluktuirá sa rotacijom Jupitera
- Toplo jezgro, ispod površine verovatno okean slane vode
- Malo energije iz unutrašnjosti, manja šansa za postojanje života (samo radioaktivni efekti, Evropa i plimski)

# Saturn

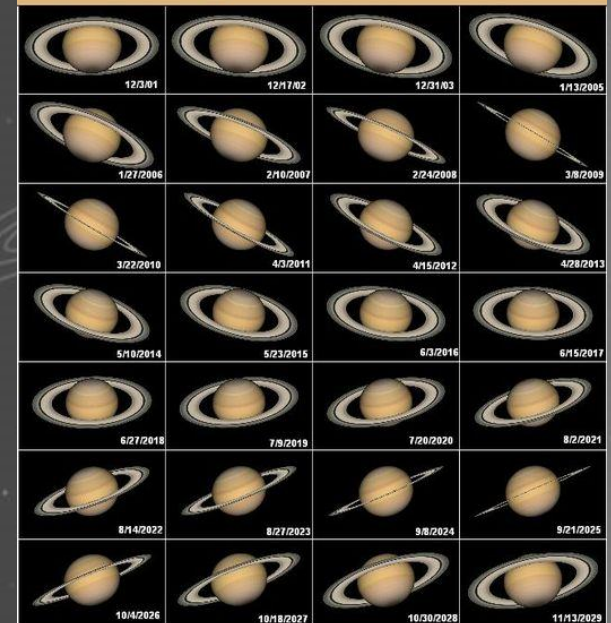


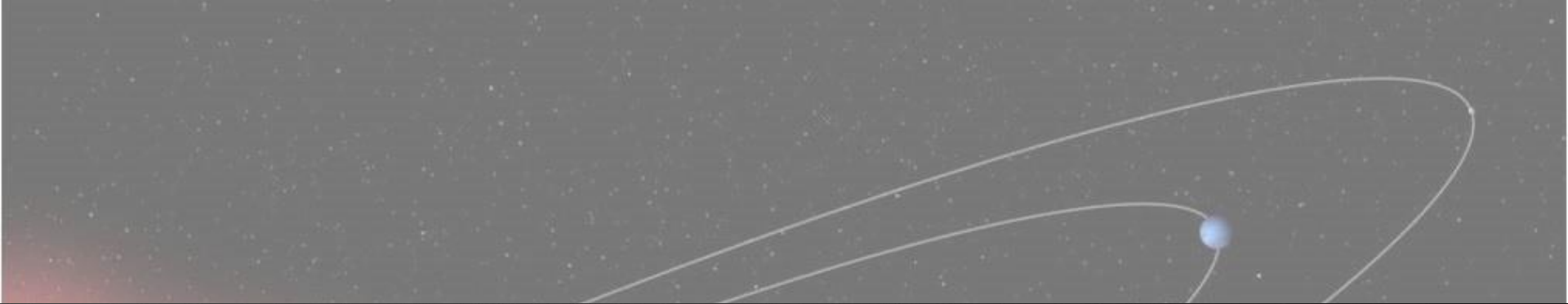
# Saturn



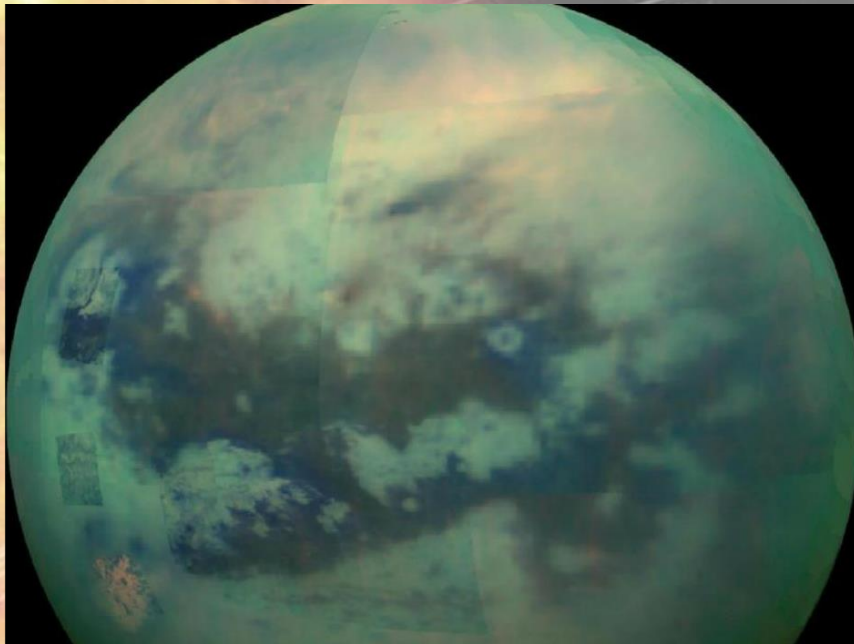
- Udaljen 9,5 AJ (1,5 milijardi kilometara)
- 120.000 km prečnik
- Prstenovi – 7 pojaseva (A do F), razmaci između nose imena po astronomima koji su ih otkrili (Kasini, Gverin, Hajgens, Maksvel, Enke)
- 62 prirodna satelita
- Najveći **Titan** (jedini satelit koji ima gustu atmosferu), jedino telo sa stalnim prisustvom tečnosti; drugi po veličini – posle Ganimeda
- Prstenovi – široki preko 250000 kilometara, debeli samo 1,5 km! (sav materijal telo 100 km)
- tela u prstenu od mikročestica do tela od 100 metara

Saturn Oppositions: 2001 - 2029





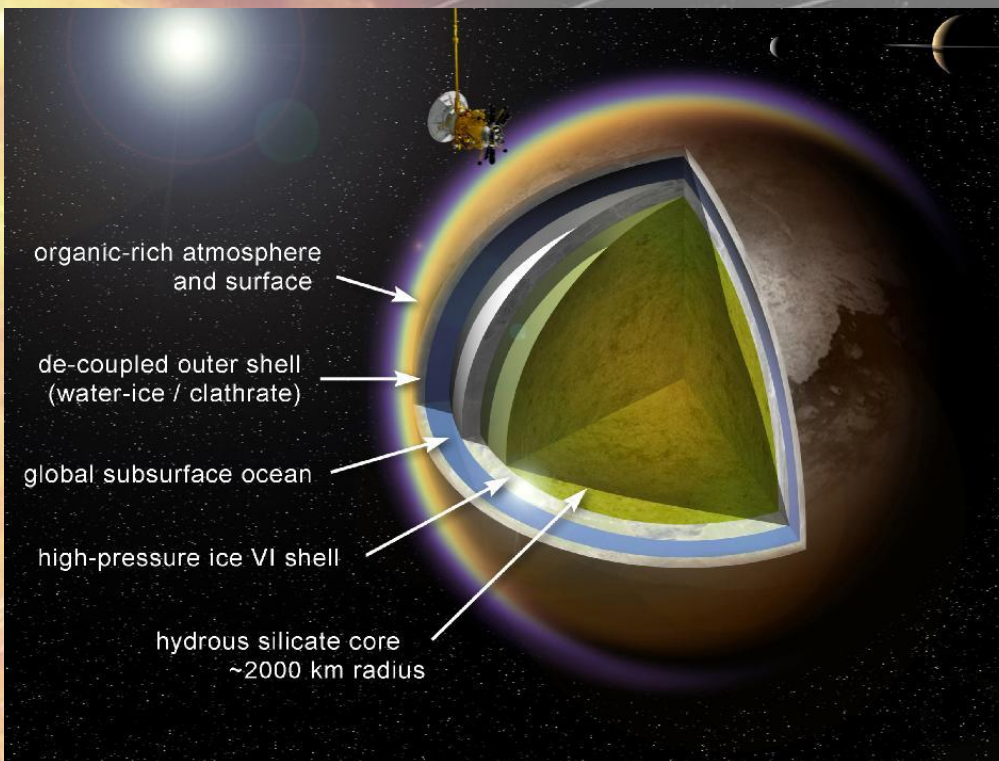
# Titan



- Dugo smatran najvećim u Sunčevom sistemu
- Dva puta manji od Zemlje
- 1,5 puta gušća atmosfera od Zemljine
- Niska temperatura (-180 C) čestice sporo kreću i ne mogu da ga napuste
- Azot, metan, argon, etan, acetilen, etilen, složeni ugljovodonici
- UV zračenje razlaže metan, stvaranje složenih organskih molekula

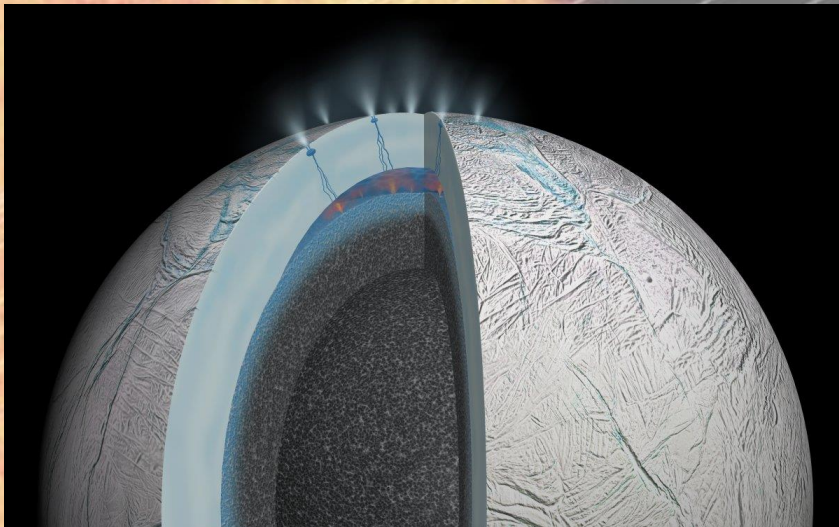
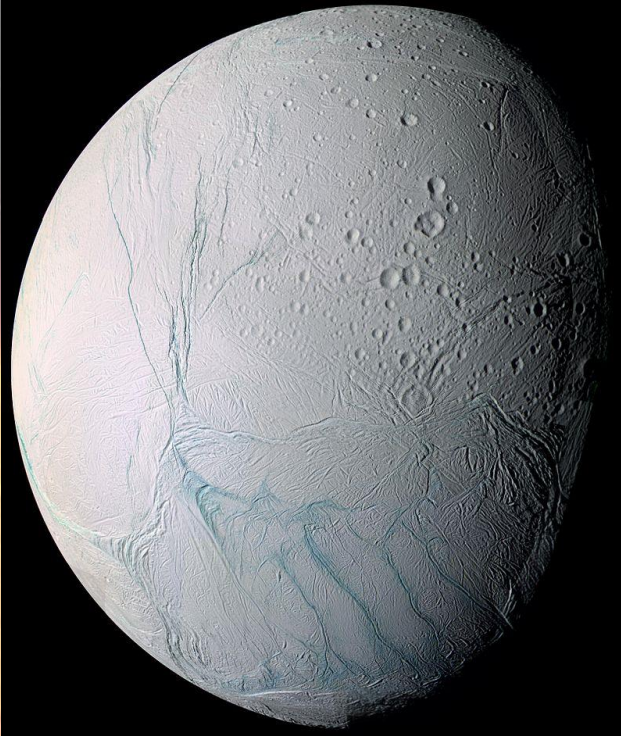


# Titan



- Metan mrzne na  $-182,5\text{ C}$
- Iz oblaka – metanske kiše, pune metanski okean na tlu
- Analogno kruženju vode na Zemlji
- „Davi“ u organskim materijalima
- Organski molekuli lepe se za čestice u oblacima i grade oko 200 km debeo sloj
- Površina – organski talog debljine 0,5 km
- „Supica“ kao u vreme nastanka života na Zemlji, ali mnogo hladnija

# Encelad



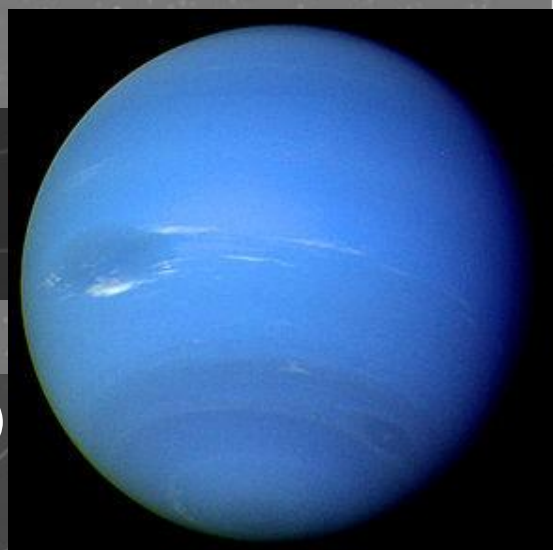
- Prečnik oko 500 km, geološki aktivan
  - Smatra se da je izvor E prstena
- Ispod površine okean tečne vode
- Sonda Kasini, 2006. godine – otkriveni gejziri tečne vode
  - Svake sekunde 250 kg vodene pare, brzina oko 2200 km/h
- 2010-2012, Kasini: ispod ledene površine južnog pola podpovršinski okean (slična zapremina kao Gornje jezero); 30-40 km ispod površine, dubina 10 km
- Septembar 2015 – na osnovu libracije utvrdili da ledeni omotač nije čvrsto povezan sa jezgrom; u prilog teoriji da je okean globalan

# Uran



- Treća najveća planeta, četvrta najmasivnija
- 3 milijarde kilometara
- Starogrčki bog neba, otac Hrona (Saturna) i deda Zeusa (Jupitera)
- Slaba vidljivost golim okom, Vilhem Heršel 1781. godine
- Prvo proširivanje granica Sunčevog sistema!
- „Ledeni divovi“ – drugačiji sastav atmosfere od Jupitera i Saturna
- Sadrži i vodeni, amonijačni i metanski led
- Najhladnija planetarna atmosfera -224 stepena
- 13 prstenova, 27 satelita
- Osa rotacije položena skoro u ravan revolucije oko Sunca – severni pol tamo gde je kod drugih planeta ekvator

# Neptun



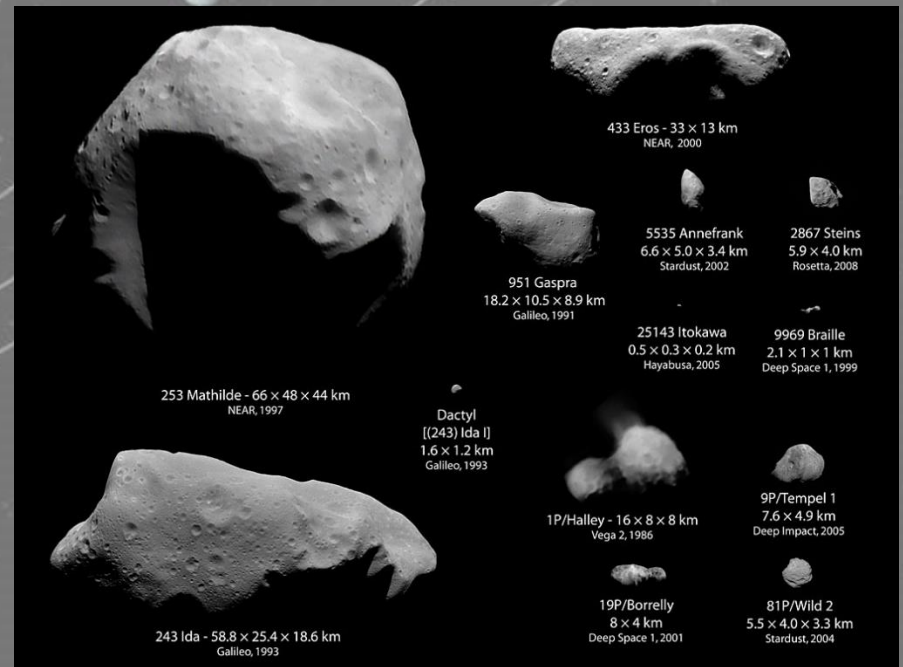
- 30 astronomskih jedinica (4,5 milijardi kilometara)
- 50000 kilometara prečnik, četiri prstena (slabiji)
- Galileo Galilej – decembra 1612 i januara 1613. godine
- Položaj određen matematički, pronađen septembra 1846.
- Rimski bog mora
- 14 satelita (najveći Triton, drugi Nerida)
- Pluton – bio je bliži od Neptuna od 1979. do 1999. godine
- 11. aprila 2009. godine – našao na istoj tački putanje kao kada je otkriven
- Period rotacije 16 sati

# Ipak Pluton ☺

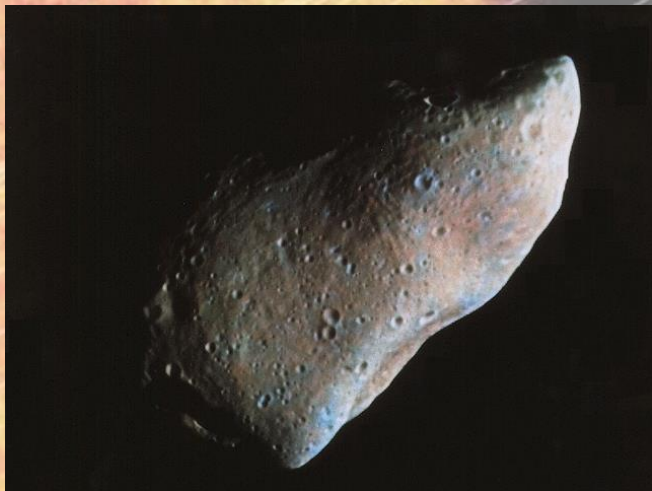
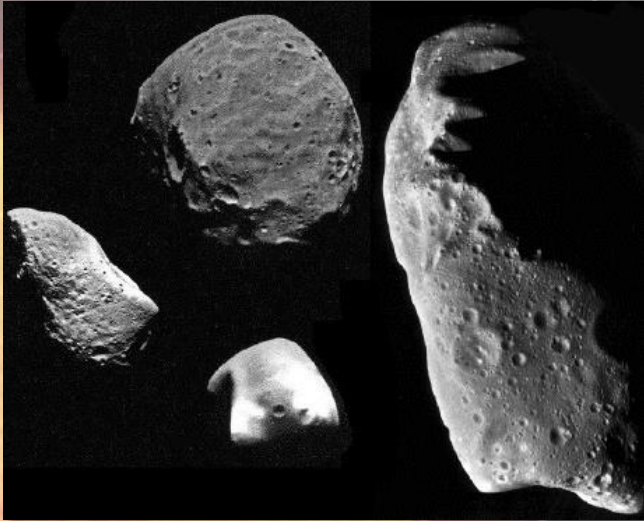
- Patuljasta planeta
- 6 milijardi kilometara
- Manji od 7 satelita (Mesec, Io, Evropa, Ganimed, Kalisto, Titan, Triton)
- 5 satelita, najveći Haron
- Pesival Lovel – tražio ceo život
- Otkrio Klajd Tombo (1930)
- Haron – Džim Kristi 1978. god.
- 1600 puta manje energije po kvadratnom metru nego Zemlja



# Mala tela Sunčevog sistema

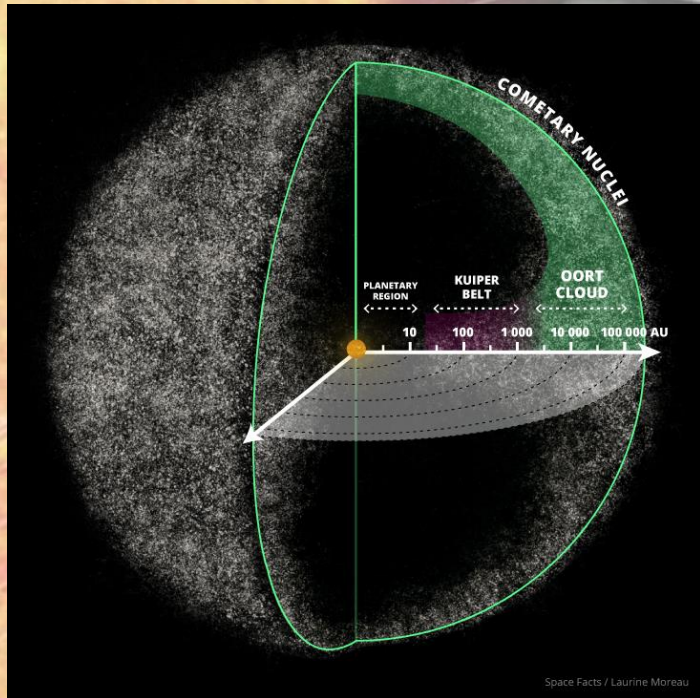


# Asteroidi



- „Stene“ u svemiru, nemaju nikakve uslove (bez atmosfere, slaba gravitacija, nestabilne putanje)
- U Kujperovom pojasu – nekoliko velikih (većih od Ceresa, 950 km)
- 10, 11, 12... itd planeta
- Ekstremno hladna tela
- Neki meteoriti, sa asteroida, složeni biološki molekuli, ali daleko od onoga što se može nazvati „živo“

# Komete



- Dolaze iz ledenog Ortovog oblaka, jezgro greje i sublimira; nastaje rep
  - Uslovi za složene hemijske reakcije
- Udaljavaju i hlade, reakcije privremeno obustavljaju
- U spektrima – linije složenih bioloških molekula
  - Mogu da dospeju na planete



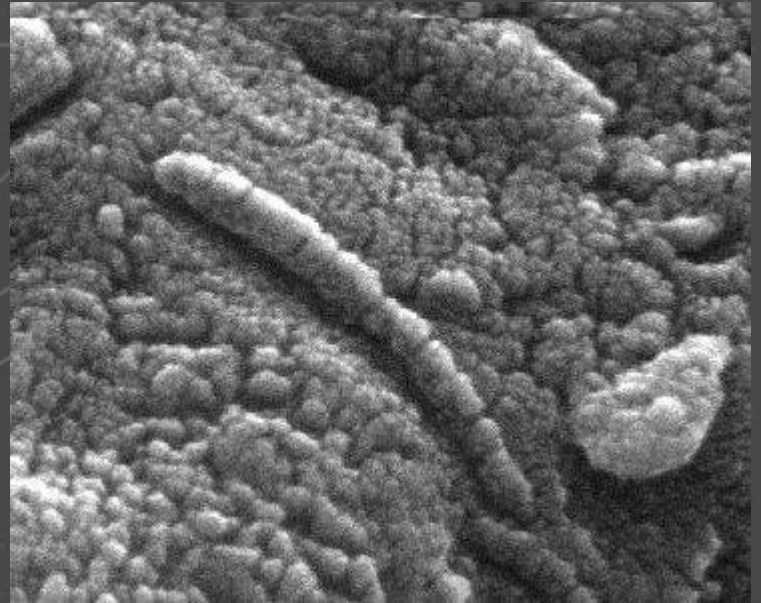
# Komete

- F. Dajson – život potiče sa kometa, a ne sa planeta.
  - Njihova jezgra sadrže radiaktivne materijale, koji obezbeđuju energiju za sintezu
  - Problem slaba gravitacija
- Fred Hojl i Čandra Vikramašinge - život je na Zemlju dospeo preko kometa.
  - Mnogi naučnici tvrde voda na Zemlji potiče od kometa koje su na nju pale. Problem je što su istraživanja pokazala da voda u Halejevoj kometi sadrži mnogo veći procenat deuterijuma od vode na Zemlji.

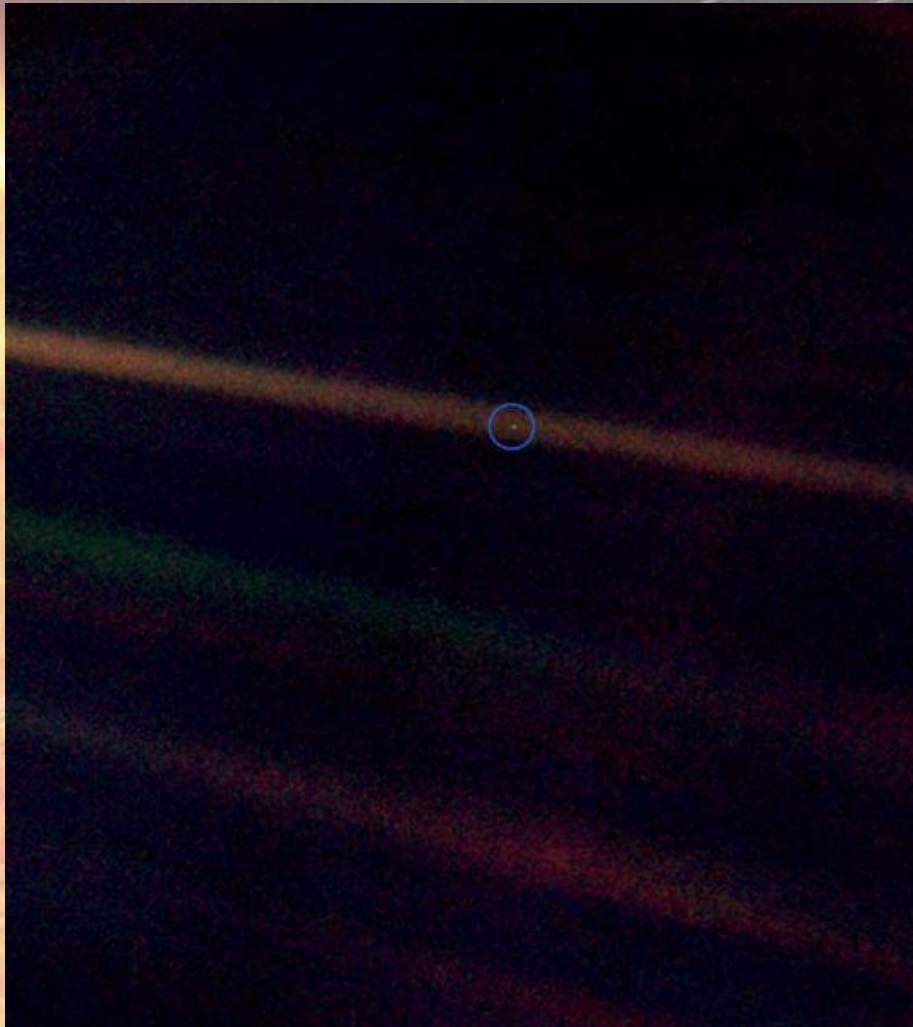


# Gde (možda) ima života?

1. Encelad
2. Mars
3. Titan
4. Evropa
5. Venera
6. Kalisto i Ganimed



# „Plava tačka u beskraju“



- Vojadžer 1, jul 1990. godine;
- 6,4 milijarde kilometara – dalje od Plutona

# „Plava tačka u beskraju“

## Karl Sagan

- Sa ovog udaljenog mesta posmatranja, Zemlja možda **izgleda beznačajna**. Ali za nas je drugačije. **Pogledajte ponovo tu tačku. To je ovde. To je dom. To smo mi.** Na njoj... svi koje volite, svi koje poznajete, svi za koje ste ikada čuli, svako ljudsko biće koje je ikad postojalo - živelo je tu. Skup svih naših radosti i patnji, hiljade samouverenih religija, ideologija i ekonomskih doktrina, svaki lovac i svaki skupljač, svaki heroj i svaki plašljivac, svaki stvaralac i razarač civilizacije, svaki kralj i seljak, svaki mladi zaljubljeni par, svaka majka i svaki otac, dete puno nade, pronalazač i istraživač, svaki učitelj morala, svaki korumpirani političar, svaka superzvezda, svaki "vrhunski vođa", svaki svetac i grešnik u istoriji naše vrste — svi smo živeli tamo: **na čestici prašine zaklonjenoj zrakom Sunca.**
- Zemlja je veoma mala scena u nepreglednoj kosmičkoj areni. Setite se reka krvi koju su prolili svi oni generali i vladari, da bi, u slavi i trijumfu, postali momentalni vladari delića tačke. Setite se beskrajskih okrutnosti počinjenih od strane stanovnika jednog ćoška piksela prema jedva prepoznatljivim stanovnicima nekog drugog ćoška, njihovih toliko čestih nesporazuma, tolike njihove želje da ubiju jedni druge, njihove žarke mržnje.
- Naše zablude, naše umišljeno samouvažavanje, obmana da imamo neki privilegovani položaj u Svemiru su suočene sa ovom bledom tačkom. Naša planeta je usamljena mrlja prekrivena velikom kosmičkom tamom. U našoj bezizražajnosti u svom tom prostranstvu, ne postoji nikakav znak da će pomoć doći s nekog drugog mesta da nas izbavi od nas samih.
- **Zemlja je jedino mesto za koje znamo da sadrži život. Ne postoji ni jedno drugo mesto, bar ne u skoroj budućnosti, gde bi naša vrsta mogla migrirati. Posetiti, da. Naseliti, ne još. Sviđalo vam se ili ne, Zemlja je mesto gde se trenutno nalazimo.**
- Kažu da je astronomija pokorno iskustvo koje izgrađuje karakter. Verovanto ne postoji bolji pokazatelj glupavosti ljudske sujete od ove slike našeg sveta sa udaljenosti. Za mene, ona naglašava našu odgovornost da se jedni prema drugima odnosimo ljubaznije, i da sačuvamo i negujemo bledo-plavu tačku — jedini dom za koji znamo.