



Градска школа физике ФИЗНИШ  
Пројекат Друштва физичара Ниш који  
финансира Град Ниш



# Новости у нашем космичком комшилуку

Проф. др Драган Гајић

Школа ФИЗНИШ се реализује у сарадњи са  
Канцеларијом за младе Града Ниша



*E, pa ovaj čovek je neverovatan! Sad će opet na javnom predavanju da priča o svom komšiluku. Ono: Kata rodila Idu, Stefi se ženi, Žuća kupio nov auto, ...*



*Ne lupaj! Mislio sam na kosmički komšiluk - Sunčev sistem.*



*Pa šta je tu novo? Zar ne znamo sve o njemu. Kažu da ima tela o kojima više znamo nego o Zemlji (Mars npr.).*



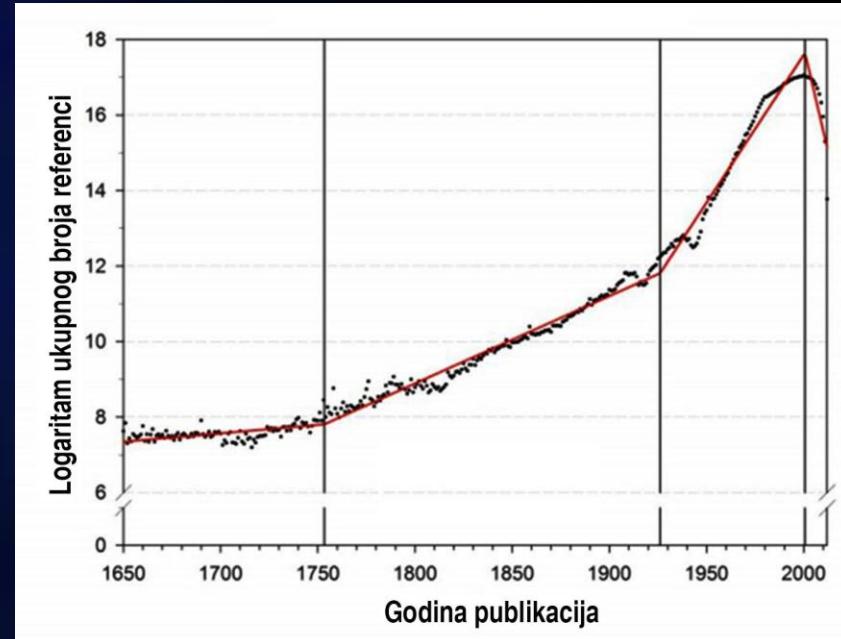
*Taman posla! Svakog dana saznajemo po nešto novo o Suncu i Sunčevom sistemu. Broj novih informacija je toliko veliki da ne možemo ni da ih pratimo.*



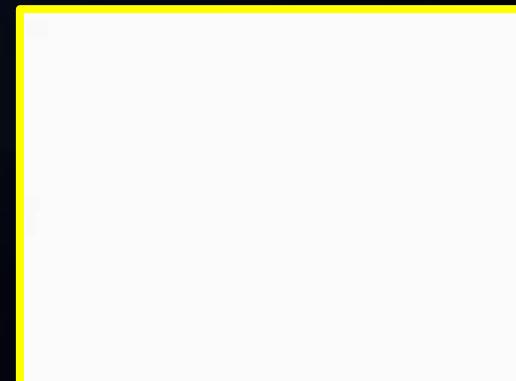
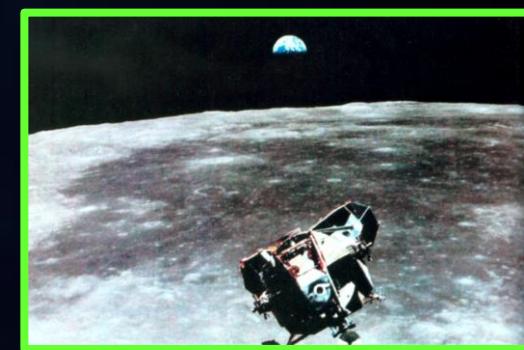
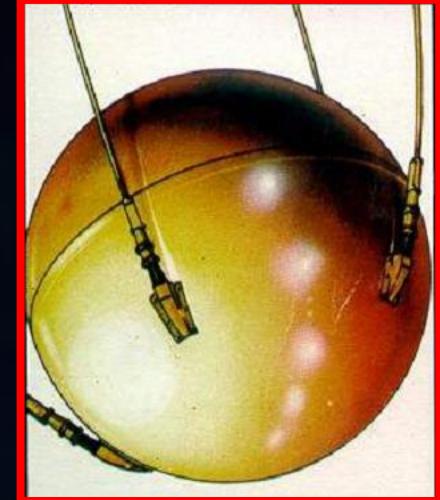
*Savremenici smo snažnog i brzog razvoja svih nauka. Istraživanja ukazuju da se mogu uočiti tri faze u razvoju nauke, pri čemu je u svakoj dolazilo do utrostručavanja stope rasta u odnosu na prethodnu fazu . Do sredine 18. veka ta stopa je iznosila manje od 1%, između dva svetska rata je iznosila 2 do 3%, a do 2012. godine ona iznosi 8 do 9%.*

*To praktično znači da se na svakih devet godina naučni rezultati dupliraju.*

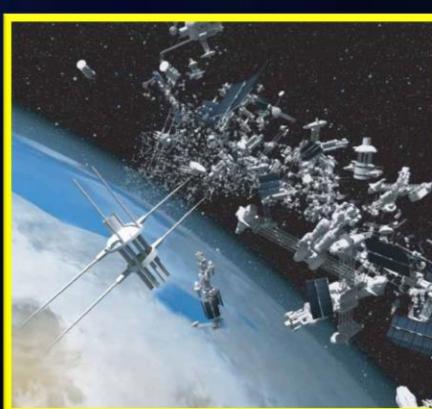
*Od sredine XX veka posebno brz i intenzivan razvoj dešavao se u oblasti astronomskih nauka (pre svega astrofizike i astrobiologije).*



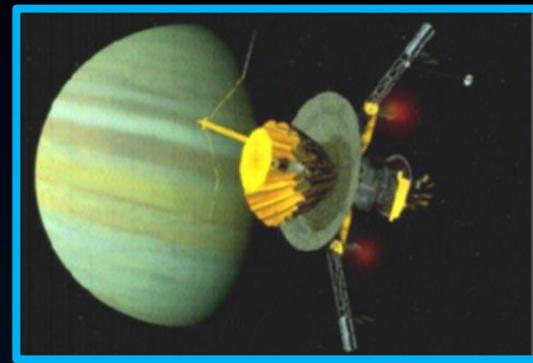
*To je omogućeno primenom metoda vanatmosferske astronomije u kosmičkoj eri, koja je započeta lansiranjem prvog veštačkog Zemljinog satelita („Sputnjik“, 1957.). Danas je u orbiti oko Zemlje nekoliko hiljada aktivnih satelita različitih namena (vojnih, špijunskih, meteoroloških, telekomunikacionih, istraživačkih,...). Preko 20 000 satelita i njihovih delova su danas van kontrole i taj broj se iz dana u dan uvećava, što predstavlja problem („kosmičko otpad“).*



*Postoji opasnost da će neka od ovih tela nekontrolisano gubiti visinu. Ukoliko ne sagore u atmosferi (kreću se brzinama i do 10 000 km/h) neka od njih mogu da padnu na Zemlju i načine veliku štetu. Broj takvih predmeta je toliko narastao da će doći vreme kada će svi veštački sateliti biti uništeni zbog međusobnih sudara (**Keslerov sindrom**). U budućnosti će orbita oko Zemlje biti toliko „zagađena“ da će postati neprohodna. To znači da će biti nemoguće lansiranje rakete, a da u nju ne udari neki komad orbitirajućeg otpada. Za sada to još uvek nije tako, ali ne znači da neće biti. **U svakom slučaju broj i značaj informacija koje dobijamo sa satelita oko Zemlje je ogroman.***



*Do danas je ova civilizacija svojim sondama obišla sve vrste objekata u Sunčevom sistemu. Oko više objekata postavljeni su sateliti, a veći broj sondi spuštao se na njih.*



**Najnovija vest:** Japanska sonda „**Hayabusa 2**“ je, nakon četiri godine leta, 27. juna 2018. stigla do NEO asteroida **Rjugu** (dimenzije oko 1 km, udaljenost od Sunca 0.96-1.41 AU). Svoja dva rovera (mase po 1kg) spustila je na Rjugu 21. IX. 2018. Oni su u skokovima istraživali površinu Rjuge. Spušteno je i pet markera na mesta sa kojih će sonda prikupljati materijal, pomoću specijalne „surle“, bez neposrednog spuštanja.

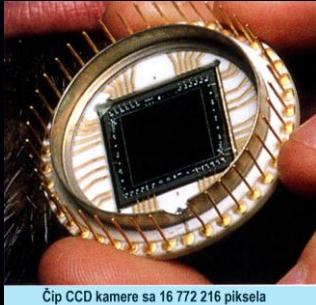


*„Hayabusa 2“ je 5.4.2019. prvi put u istoriji čovečanstva bombardovala asteroid, na rastojanju od oko 300 miliona km od Zemlje. Ona je ispustila bakarni impaktor mase 14 kg sa plastičnim eksplozivom. To je urađeno da bi se proizveo veštački krater i dobili uzorci zemljišta iz dubina asteroida za dalja istraživanja. Prikupljeni materijali biće doneti na Zemlju 2021. g. Dobiće se informacije o formiranju S. sistema i mogućem poreklu vode na Zemlji.*

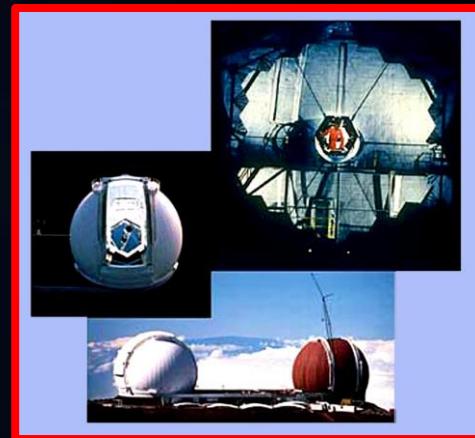
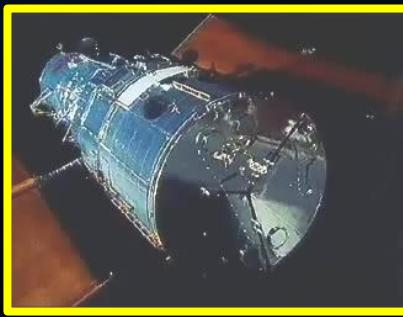
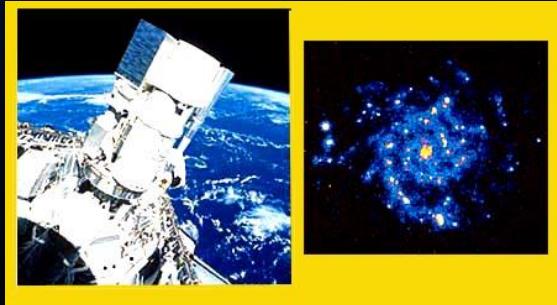
*Sa druge strane to je dragoceno iskustvo za mogućnost razaranja asteroida koji bi mogli da udare u Zemlju.*



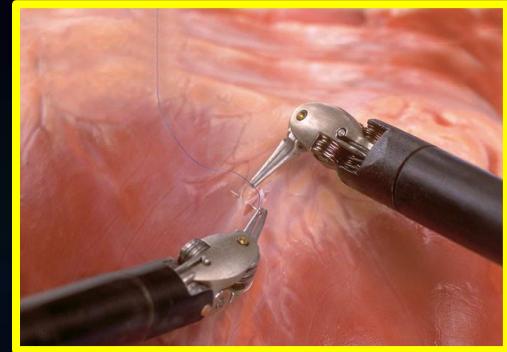
*Burnom razvoju astronomije doprineo je i tehničko-tehnološki napredak u oblasti detekcije elektromagnetsnog i korpuskularnog zračenja u širokom opsegu energija. Koriste se sve veći optički teleskopi na Zemlji i u njenoj orbiti, veliki radio teleskopi i interferometri, kao i sofisticirani instrumenti za detekciju izvan optičkog dijapazona, koji su postavljeni na veštačkim satelitima.*



Čip CCD kamere sa 16 772 216 piksela



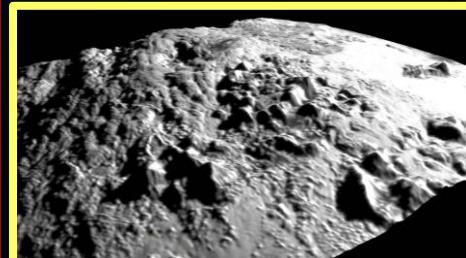
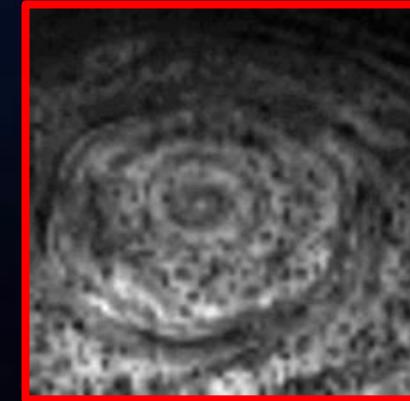
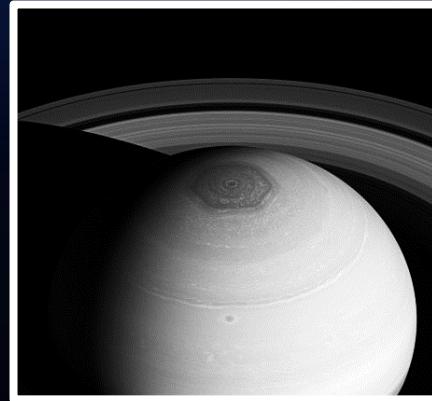
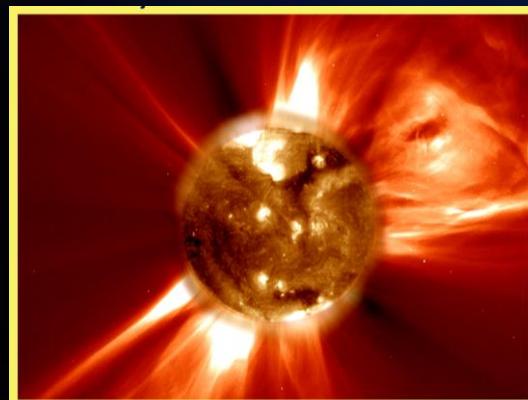
*Takva istraživanja Kosmosa omogućena su dostignućima u okviru treće (digitalne) industrijske revolucije. To je omogućilo da su prikupljeni podaci obrađivani moćnijom digitalnom računarskom tehnologijom. Sa druge strane istraživanja, pre svega automatskim sondama, povezana su sa razvojem robota i veštačke inteligencije (četvrta industrijska revolucija).*



**Nova saznanja daju potpuniju sliku o Sunčevom sistemu. Između ostalog, ona se odnose na periferijske oblasti S. sistema (novi transneptunski objekti, teorijski modeli o Ortovom oblaku), otkriće vode širom Sunčevog sistema, nove satelite, objekat koji je u Sunčev sistem dospeo iz međuzvezdanog prostora, itd.).**



*Brojna su i saznanja o Sunčevu sistemu, koja još uvek nemaju prava objašnjenja i koja izazivaju velike nedoumice i teorijske izazove. U takve spadaju i: anomalno zagrevanje i temperaturna inverzija u atmosferi Sunca, anomalije u kretanju sondi Pionir, poremećaji u kretanju satelita i spoljašnjih planeta, koji su verovatno uzrokovani postojanjem Planete X, koja još uvek nije otkrivena, heksagonalne oluje na severnoj hemisferi Saturna, istanjivanje Saturnovih prstenova, smanjenje Crvene pege na Jupiteru, mehanizam nastanka visokih ledenih planina na Plutonu, proces otopljavanja u Sunčevom sistemu, itd.*

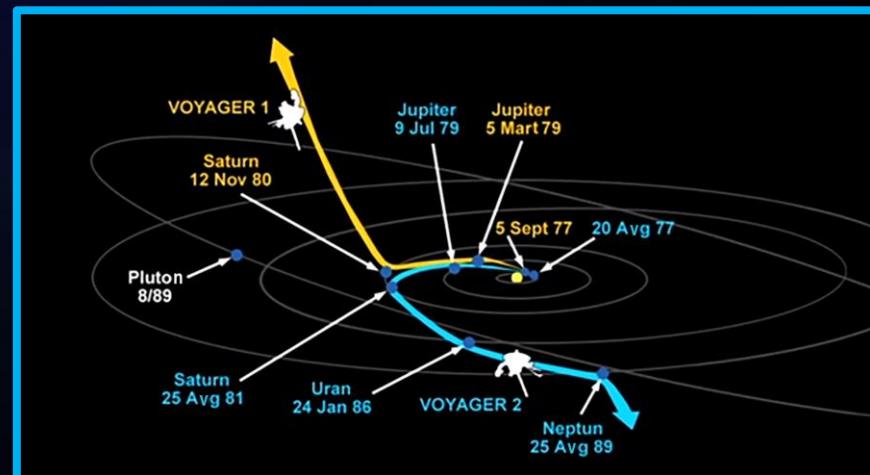


# *Neka nova saznanja o Sunčevom sistemu*

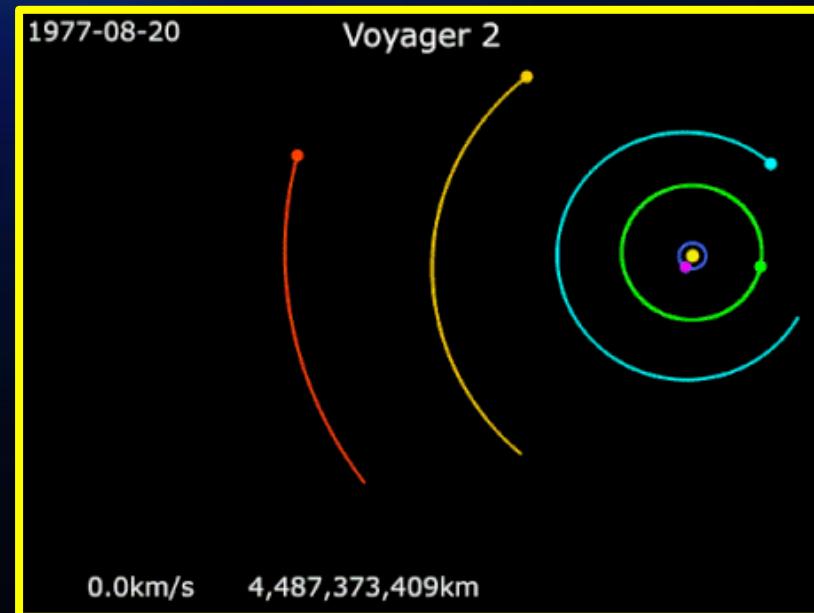
## *Novosti o spoljašnjim delovima Sunčevog sistema*

### *Vojadžeri i granice Sunčevog sistema*

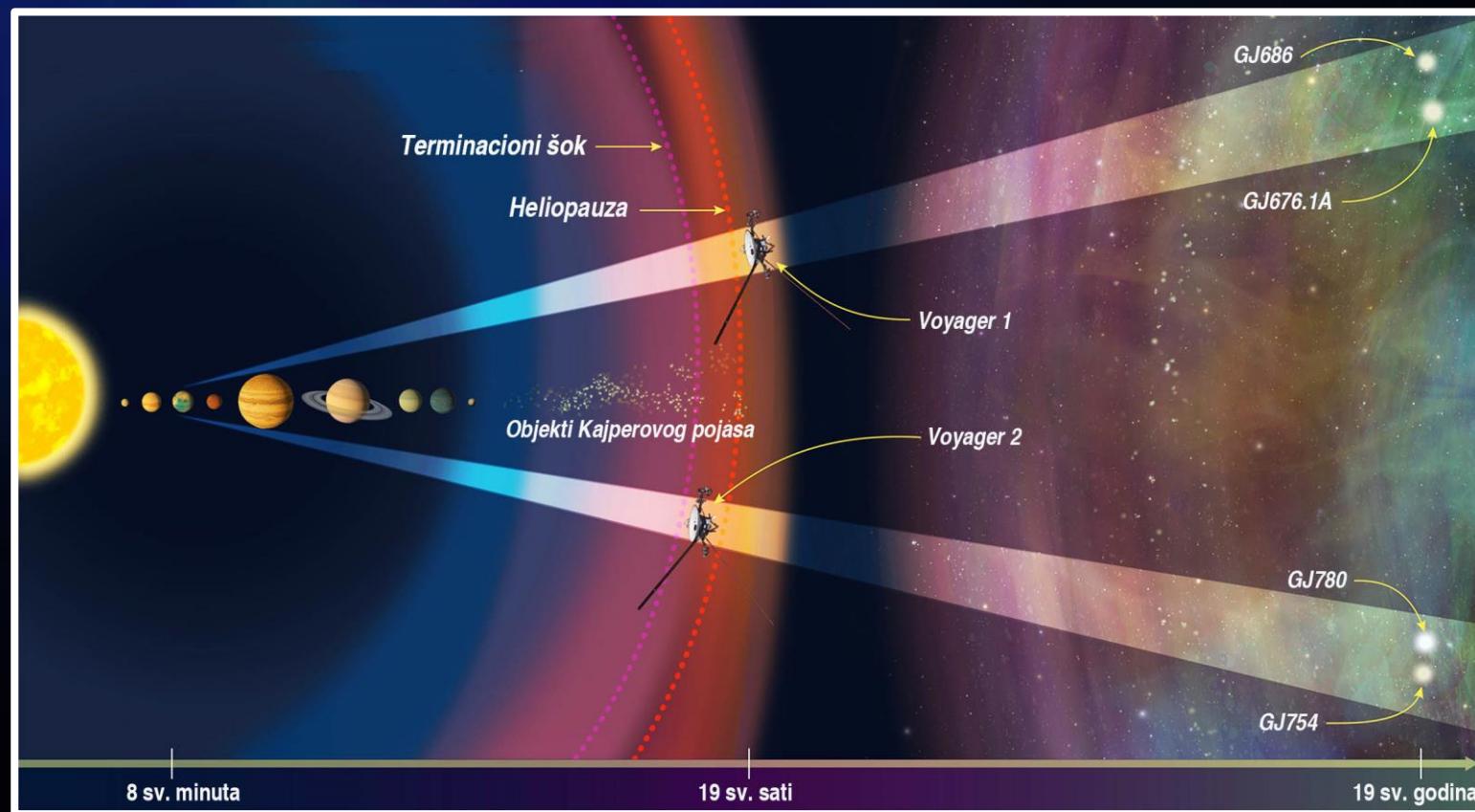
*NASA je 1977. g. lansirala Voyager 1 i 2. Planirano je da funkcionišu nekoliko godina. Na njihove obloge postavljeni su diskovi od zlata i bakra sa porukama o našoj planeti. One su upućene vanzemaljskim civilizacijama, koje bi eventualno „ulovile“ sonde. Metodom gravitacione prakće one su ubzane do, za sada, najvećih brzina kojima se kreću sonde koje je čovek lansirao (brzina Voyagera 2 sada je oko 54 000 km/h).*



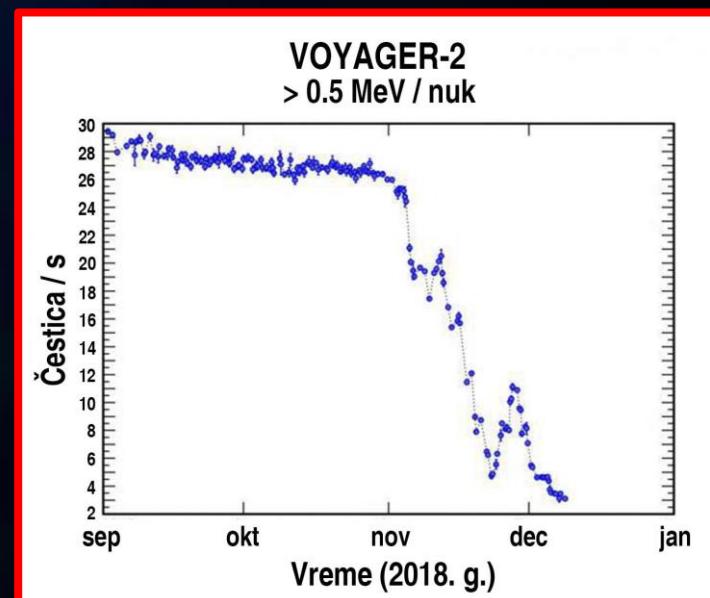
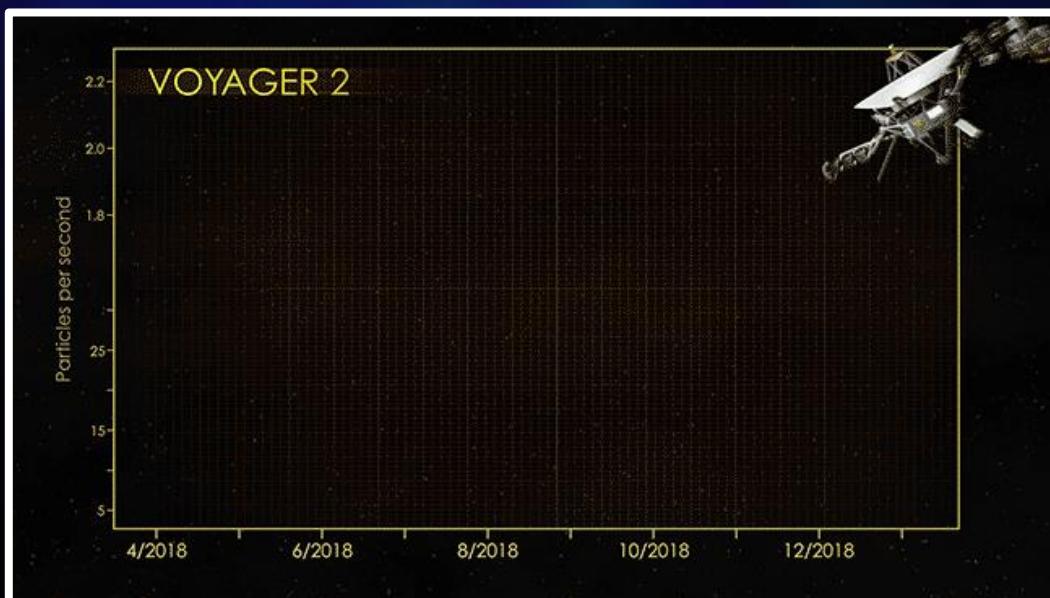
**Gravitaciona praćka** je korišćenje relativnog kretanja (na primer, u orbiti oko Sunca) i gravitacije planete ili drugog da bi se promenile putanja i brzina svemirske letelice. Time se štede gorivo, vreme i let postaje jeftiniji. Brzina svemirskog broda se povećava tokom približavanja planeti i smanjuje se tokom izlaska iz njenog gravitacionog polja. Kako bi povećala svoju brzinu, letelica mora ići u smeru kretanja planete (uzimajući malu količinu orbitalne energije planete); za smanjenje brzine, letelica se kreće suprotno od kretanja planete.



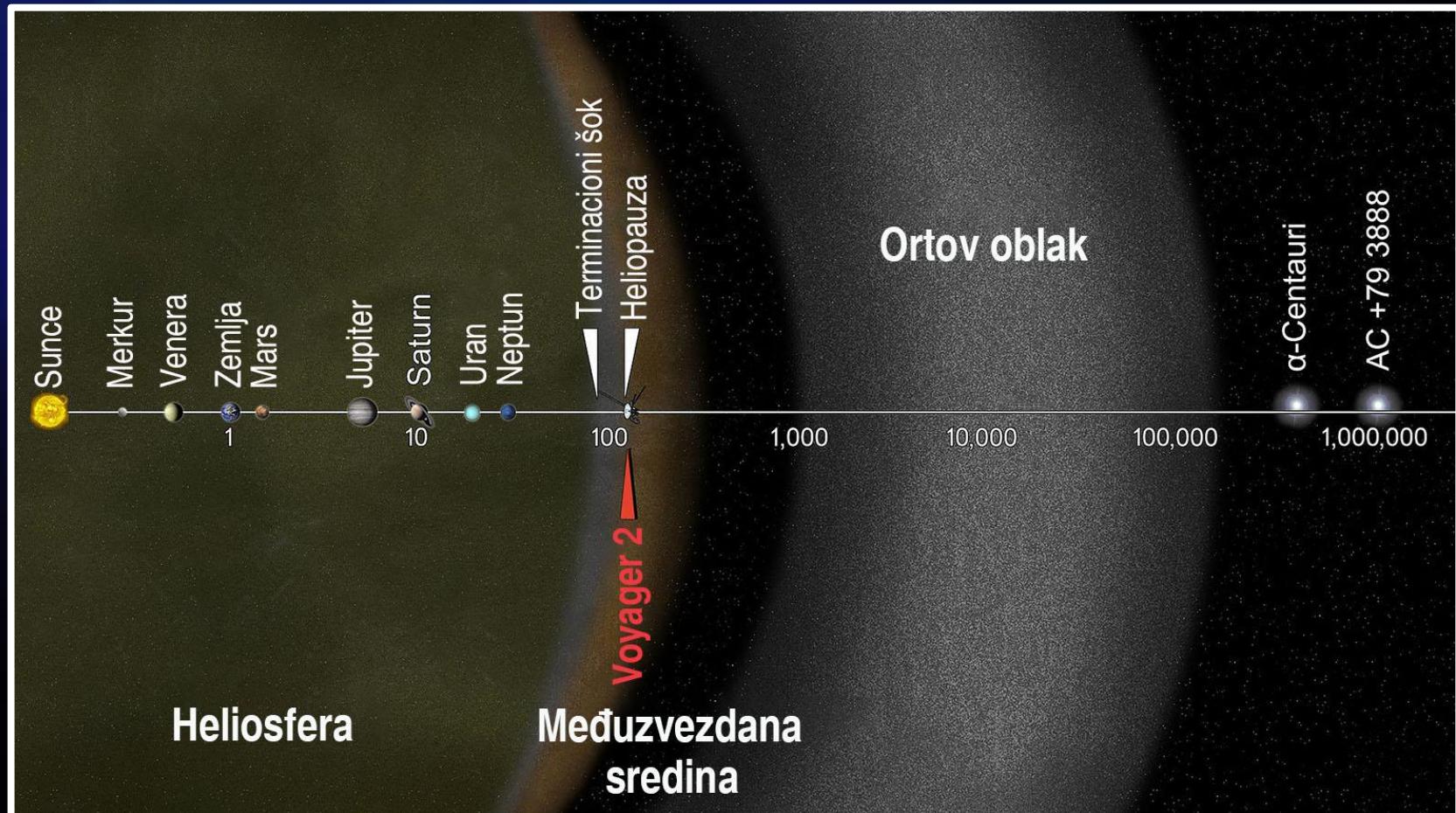
NASA je objavila da je 5. novembra 2018. godine Voyager 2 prošao kroz **heliopazu**, granicu Sunčevog sistema, nakon koje prestaje uticaj Sunca i počinje međuzvezdani prostor. Na taj način ova sonda šalje signale sa ruba Sunčevog sistema. Voyager 1 je prošao kroz heliopazu 6 godina ranije, 25. avgusta 2012. g., ali su za raliku od V2 njegovi instrumenti van funkcije.



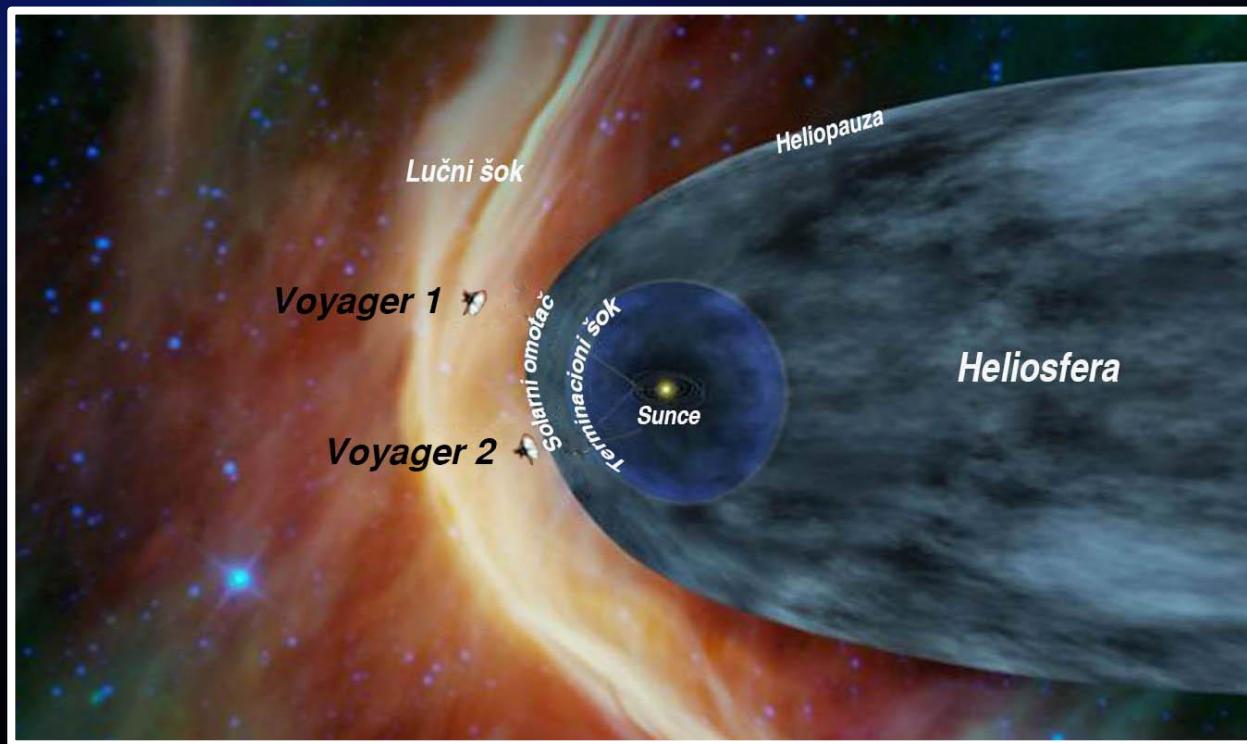
*Prolazak sondi kroz heliopauzu ustanovljen je naglim smanjenjem brzine i broja detektovanih čestica Sunčevog veta (naelektrisanih čestica koje iz Sunčeve korone, koje „struje“ kroz međuplanetarni prostor). U isto vreme sa ovim smanjenjem izmeren je skok koncentracije galaktičkih kosmičkih zraka. U vreme prolaska kroz heliopauzu Voyager 2 bio je udaljen od Zemlje oko 18 milijardi km (oko 16.5 svetlosnih sati, odnosno 120 AU).*



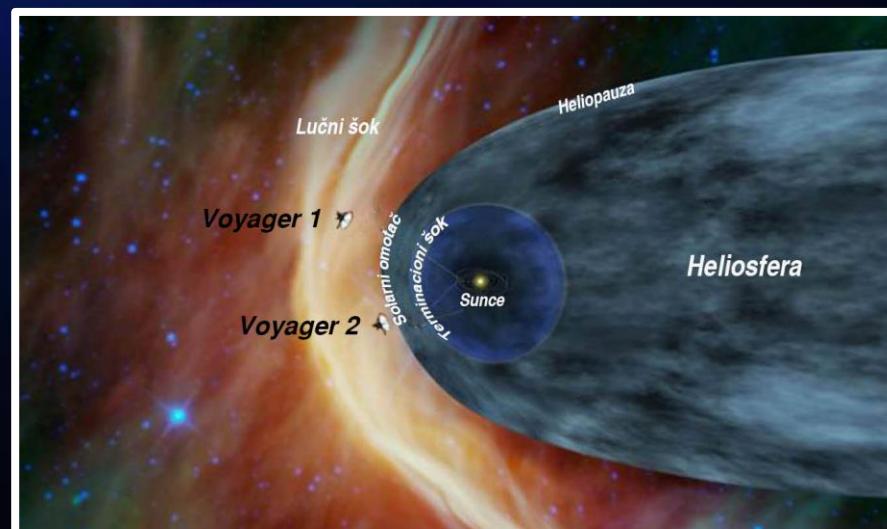
**Postavlja se pitanje: da li činjenica da su sonde Voyager 1 i 2 prošle kroz heliopazu znači i da su napustile Sunčev sistem?**



*Da se podsetimo: heliosfera je područje širenja Sunčevog vетra i međuplanetarnog magnetnog polja, koje potiče od Sunca. Sunčev vетar usporava u oblasti završног (terminacionog) šoka, gde ima podzvučnu brzinu u odnosu na Sunce. Na ovu oblast nadovezuje se heliopauza, koja predstavlja granicu heliosfere (na oko 120 AU). Tu se pritisak Sunčevog vетra izjednačava sa pritiskom međuzvezdane materije.*

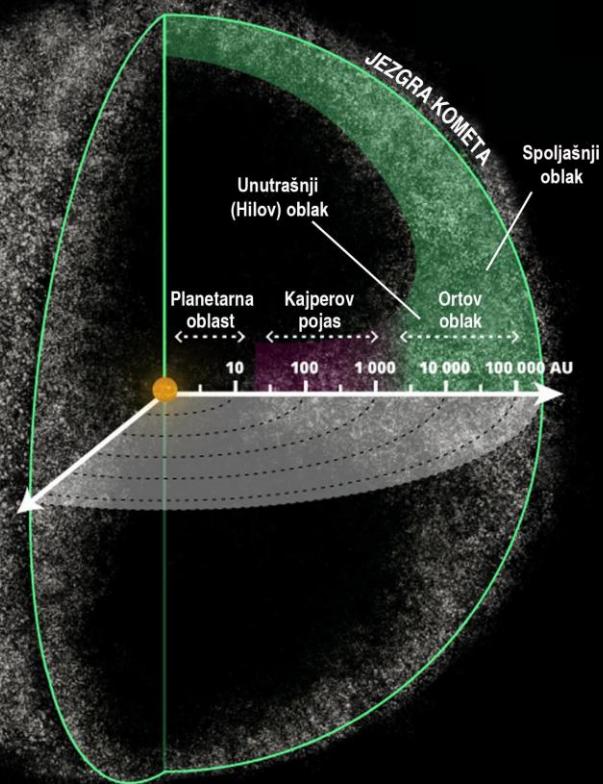


*Sunčev vetr je zaustavljen delovanjem međuzvezdane materije i nema dovoljno energije da nadjača zvezdane vetrove okolnih zvezda i kosmičkog zračenja. Dolazi do naglog pada temperature nanelektrisanih čestica, promene smera globalnog magnetnog polja (oblast tzv. solarnog omotača, heliosheat) i do rasta broja galaktičkih kosmičkih zraka. Iza graničnog sloja, koji razdvaja Sunčev sistem i međuzvezdanu materiju, je lučni šok, oblast velikih turbulencija međuzvezdanih vetrova. One nastaju zbog kretanja Sunčevog sistema kroz svemir (na rastojanju oko 230 AJ od Sunca).*



*Sa druge strane, planetarni deo S. sistema prostire se do Neptunove orbite (oko 30 AU). Iza je **Kajperov pojas**, spljoštena toroidalna oblast ledenih planetezimala i jezgara kratkoperiodičnih kometa. Prostire se do 1 000 AU i procene su da sadrži  $10^7$  -  $10^9$  objekata.*

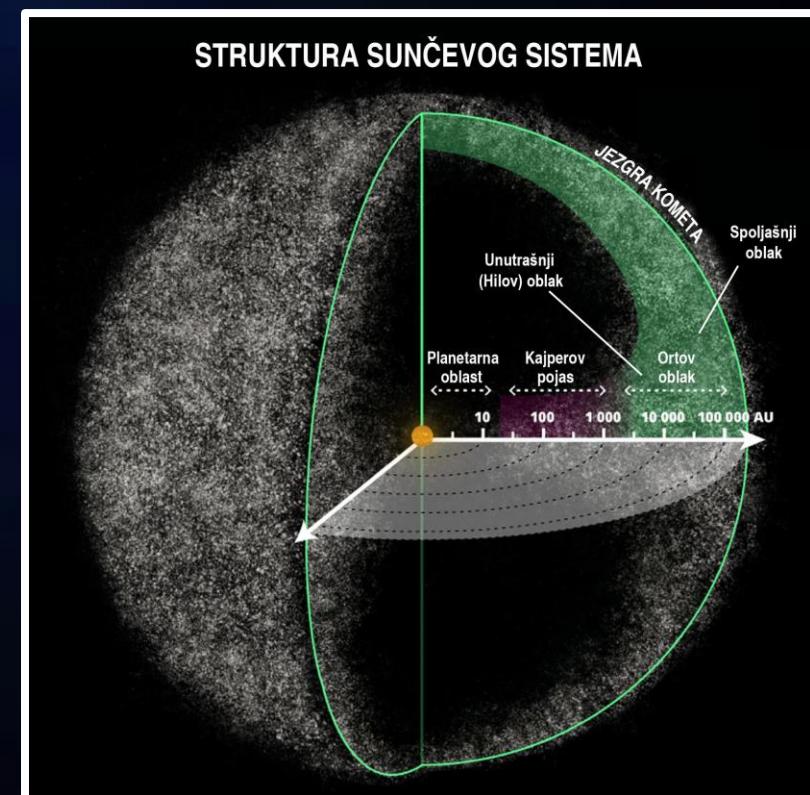
STRUKTURA SUNČEVOG SISTEMA



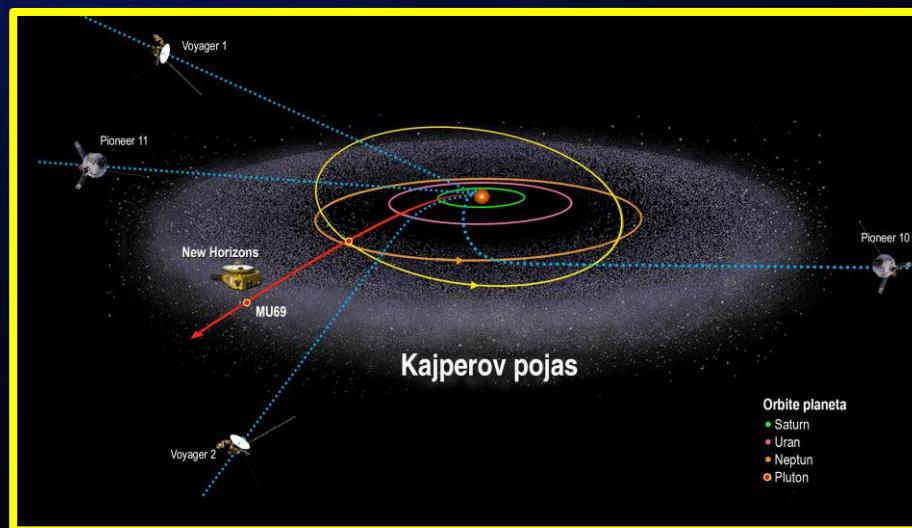
*U njemu su i tri patuljaste planete (Pluton-Haron, Haumea i Makemake), više desetina kandidata za ove planete, i ogroman broj asteroida. Moguće je i postojanje tela većeg od Merkura. Iza Kajperovog pojasa do udaljenosti od nekoliko hiljada AU je **rasejani disk**. U njemu su brojni asteroidi i pat. planeta Eris, sa izduženim putanjama.*

*Na osnovu analize putanja i brzina dugoperiodičnih kometa, Jan Ort je zaključio da Sunčev sistem okružuje ogroman oblak koji se sastoji od, kako je proračunato,  $10^{12}$  jezgara kometa. Procene su da je ukupna masa tela u Ortovom oblaku nekoliko desetina puta veća od mase Zemlje. Njegova unutrašnja granica nadovezuje se na rasejani disk. Unutrašnji deo je tzv. Hilov (unutrašnji) oblak, koji se prostire od 5 000 do 20 000 AU.*

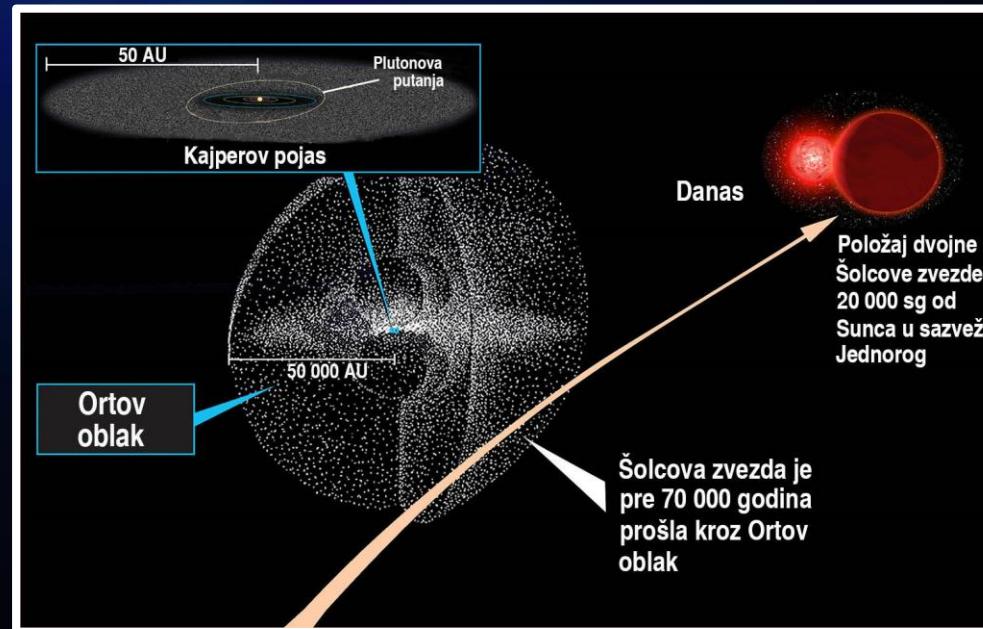
*Ima oblik torusa i u njemu je najveći deo mase oblaka, a tela u njemu su čvršće vezana za Sunce. Spoljašnji deo (20 000 do 100 000-150 000 AU) Ortovog oblaka je sferan i idući ka periferiji podložniji je delovanju susednih ili tranzitirajućih zvezda.*



*Tela u spoljašnjim delovima Sunčevog sistema su gravitaciono vezana za Sunce i samim tim predstavljaju deo našeg sistema. U tom smislu, bez obzira što su sonde Voyager prošle kroz heliopazu, one se još uvek kreću kroz Sunčev sistem. Proći će desetine hiljada godina dok ne prođu kroz Ortov oblak i napuste Sunčev sistem (oko 40 000 g. do rastojanja od 1.7 sg do najbliže zvezde). Sa druge strane, kako je koncentracija čestica kosmičkog zračenja izvan heliosfere oko 50 puta veća od koncentracije čestica u solarnom vetrnu, može se tvrditi da se Ortov oblak nalazi u međuzvezdanom prostoru.*



*Tela u Ortovom oblaku podložna su delovanju tranzitirajućih zvezda. Marta 2018. godine objavljeno je da je pre oko 70 000 godina Šolcova zvezda prošla kroz Ortov oblak i time izvršila gravit. perturbovanje, čak i u unutrašnjem delu S. sistema. Šolcova zvezda je dvojni sistem (crveni i braon patuljak) koji je danas udaljen od Sunca oko 20 svetlosnih godina i pripada sazvežđu Jednorog (Monoceros). Uzimajući u obzir njenu brzinu i pravac kretanja, simulacijama (sa verovatnoćom od 98%) ustanovljeno je da je ova zvezda prošla kroz Ortov oblak na rastojanju od 52 000 do 120 000 AU od Sunca.*



*Neke od perturbovanih kometa usmerile su svoje kretanje ka unutrašnjosti Sunčevog sistema i to putovanje trajeće stotinama hiljada i milionima godina. Prilikom takvog kretanja mogući su sudari sa unutrašnjim planetama. U istoriji Zemlje to se događalo i dovodilo je do masovnih ekstinkcija živog sveta. Istraživanjem putanja i nekih drugih zvezda, utvrđeno je da se takva približavanja zvezda dešavaju u proseku na svakih 100 000 godina.*

*I kod drugih zvezda uočeni su Ortovi oblaci, pa se može zaključiti da prilikom interakcija zvezda u tranzitu može doći i do uzajamnog zahvatanja kometnih oblaka.*



## Otkriće udaljenih objekata u Sunčevom sistemu

**Centar za male planete MAU objavio je 17. 12. 2018. g. da je tim astronoma (S. Šepard, D. Tolen i Č. Truhiljo) otkrio do sada najudaljeniji objekat u S. sistemu (**2018 VG 18 (Farout)**).**

**Otkriven je u Mauna Kea (Havaji). Trenutno je udaljen od Sunca oko 120 AU. To je prvi uočeni objekat na rastojanju većem od 100 AU. Drugi po udaljenosti je patuljasta planeta Eris (96 AU). Otkriće je rezultat traganja za Planetom X, čiji gravitacioni uticaj „osećaju“ udaljene planete. Na osnovu sjaja procenjeno je da je prečnik tela oko 500 km, da je verovatno sfernog oblika i ružičaste boje, što ukazuje da je bogato ledom. Putanja objekta nije precizno određena, ali se procenjuje da mu je vreme obilaska oko Sunca preko 1000 g.**



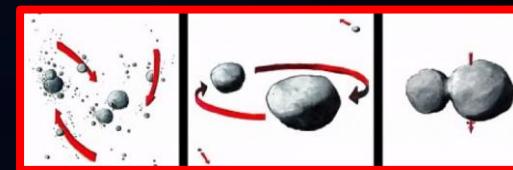
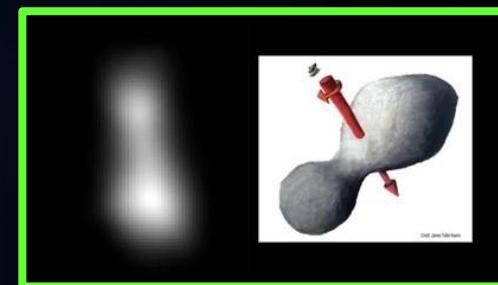
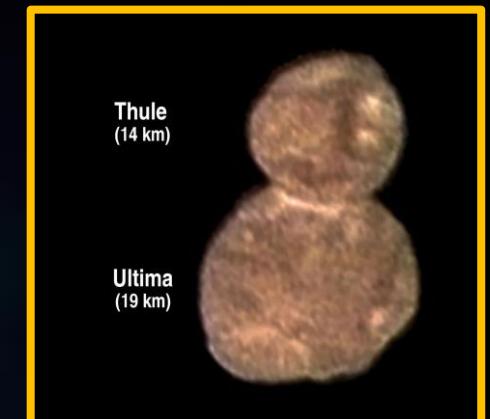
*Farout nikad ne dolazi dovoljno blizu jovijanskim planetama da bi se uočilo gravitaciona interakcija sa njima. To znači da ti udaljeni daleki objekti mogu da ukažu šta se dešava u spoljnim delovima S.sistema.*



*Nasina sonda New Horizons je 31.12.2018. g. prošla blizu objekta **2014 MU<sub>69</sub> (Ultima Thule)**, na najkraćem rastojanju od 3 540 km. Objekat je iz Kajperovog pojasa i prvi put je uočen Hablovim teleskopom 27.6. 2014. g. U trenutku susreta bio je udaljen 6.64 milijardi km. To je najudaljeniji objekat pored kojeg je prošao neki kosmički aparat. Velika poluosa putanje objekta je 44.157 AU.*



*Crvenkaste je boje, tako da se smatra da mu je površina „spaljena“ dugotrajnim delovanjem kosmičkog i rendgenskog zračenja ili je pokrivena složenom organsko materijom (tolinimi), nastale interakcijom jednostavnih ugljenikovih jedinjenja sa UV i kosmičkim zračenjem. Sastoji se od dva slepljena dela: tela (Ultima, 19 km) i glave (Thula, 14 km). Smatra se da je nastao pre oko 4.45 milijardi godina sudarom dva tela. Sudar se desio malom brzinom kontakta (7km/h) i tela su ostala slepljena i bez velikog razaranja.*



*Oblik ukazuje na sliku stvaranja planeta sudarom planetezimala, pri čemu je slika ostala „zamrznuta“, jer, zbog male mase delova i male snage udara, sopstvena gravitacija nije uspela da „ispegla“ novonastalo telo i pretvori ga u kompaktan objekat.*

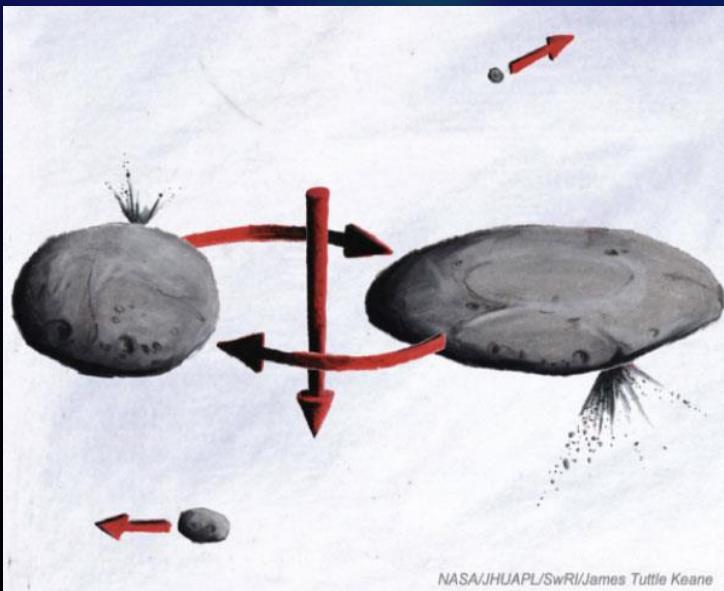


*Vide se svetla polja (albedo 13%) i tamne pege (albedo 6%). Pažnju je privuklo pažnju kod Ultima Tule je odsustvo kratera većih od par km. Izuzetak je udubljenje prečnika oko 1 km (Merilend). Nije jasno da li se radi o udarnom krateru.*

*Niz kratera u blizini Ultimovog ruba podseća na depresije uočene na kometi Tempel 1 i možda su samo tragovi ispuštanja gasova iz unutrašnjosti objekta ili urušavanja na površini. Mada je Ultima Tula predaleko od Sunca da bi voda mogla da sublimirala, druge supstance poput azota ili ugljenmonoksida možda mogu da ostave trajne tragove na površini bežeći milionima godina iz unutrašnjosti.*

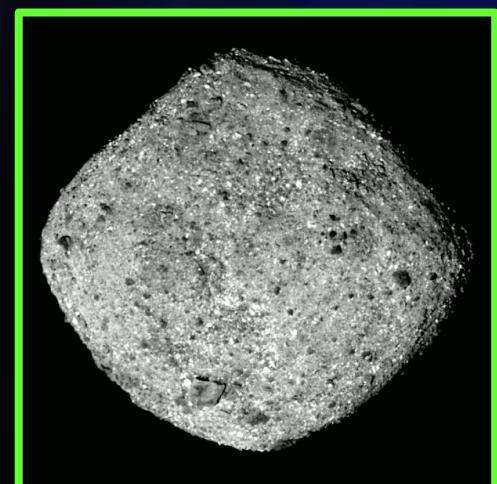
*U Kajperovom pojasu prosečna brzina sudara objekata je reda veličine 1 km/s, što je mnogo niže od brzine u unutrašnjosti Sunčevog sistema. Još uvek ne znamo na koji način se formiraju krateri na takvoj udaljenosti od Sunca.*

**Ultima Tula ima rotacioni period 16 sati, sa osom koja je nagnuta za  $98^\circ$  u odnosu na orbitu. To znači da je okrenut ka Suncu. Ultima i Tula su dva spljoštena elipsoida sa poravnatim glavnim osama. To se interpretira kao dokaz da su dva tela bila nezavisna i da su rotirala jedno oko drugog pre nego što su se vrlo nežno sudsarila i spojila, budući da plimske sile pogoduju tom poravnanju.**



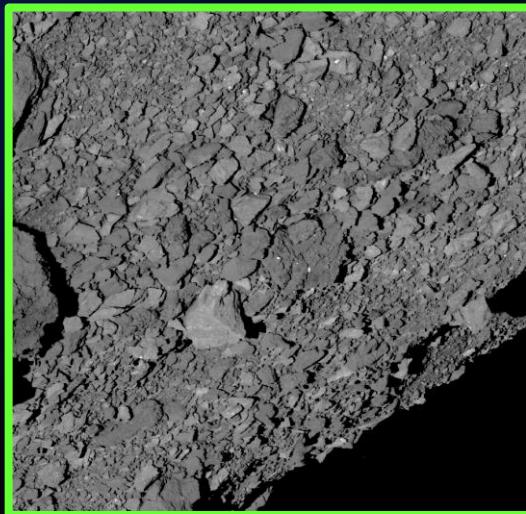
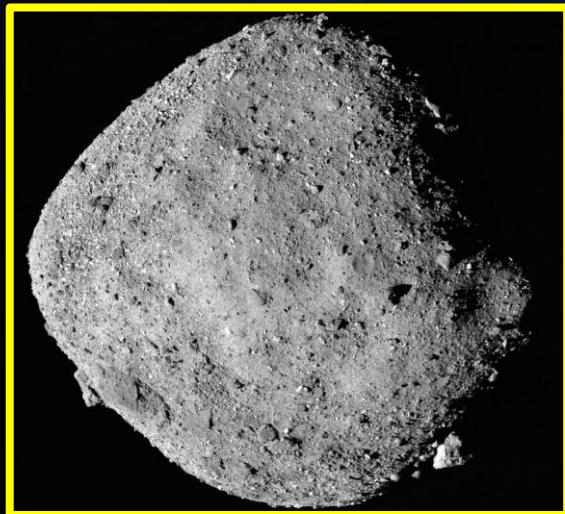
**Ne zna se šta je uzrokovalo spajanja dva tela. Moguće je da su uzrok gravitacione interakcije sa drugim orbitnim telima koja su na kraju izbačena iz sistema. Druga teorija je da su tela postepeno usporavana gasovima u primordijalnoj maglini.**

*Svakako da su interesantna i saznanja sonde OSIRIS-REx koja je posetila asteroid 101955 Bennu, koji nije na periferiji Sunčevog sistema, ali pokazuje interesantna svojstva. Bennu ima 25 metra u prečniku, jedva merljivu gravitaciju. Ono što zbunjuje je brzina rotiranja asteroida. On se oko svoje ose obrne jednom za 4,288 sati, ali zbunjuje to što asteroid ubrzava svoju rotaciju, što je otkrio Hubbleov teleskop. Ne mnogo (1 s po veku), ali je nerazjašnjeno. Jedno objašnjenje je da se materijal sa površine asteroida kreće po njegovoj površini ili ga čak napušta što bi moglo da dovede do ubrzanja rotacije.*



*Drugo ponuđeno objašnjenje je da se Sunčeve svetlosti različito reflektuje od površine asteroida, što može da izazove lagano ubrzavanje ili usporavanje rotacije zavisno od oblika asteroida.*

*Iznenađenje je i to što ovaj asteroid predstavlja aglomerat stena i kamenja (gomila šljunka) i da mu je gustina relativno mala, pa je unutra verovatno šupljikav. Sa njegove površine čestice (od nekoliko mm do par cm) odleću u kosmički prostor, tako da ova aktivnost podseća na „pljuckanje“.*



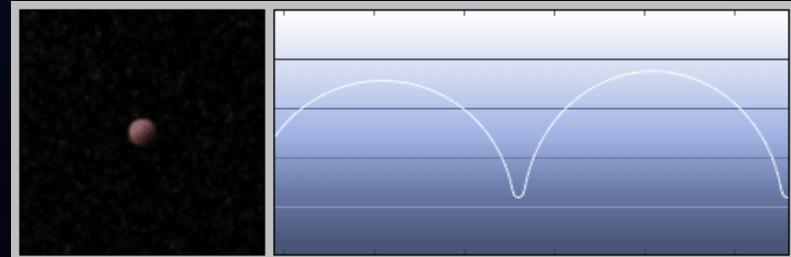
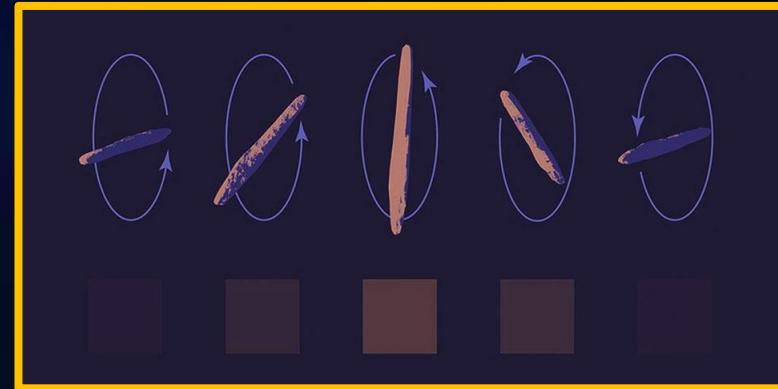
## Otkriće objekta koji je dospeo iz međuzvezdanog prostora

**Oumuamua** je prvo detektovano kosmičko telo u S. sistemu koje je dospelo iz međuzvezdanog prostora. Uočeno je teleskopom Pan-STARRS 1 (Havaji) 19. 11. 2017. g. Njegova brzina bila je oko 25 km/s, ali je u perihelu (0.255 AJ) iznosila 87.7 km/s. Brzina kretanja i oblik putanje ukazuju da je ovaj objekat u S. sistem ušao iz međuzvezdanog prostora.

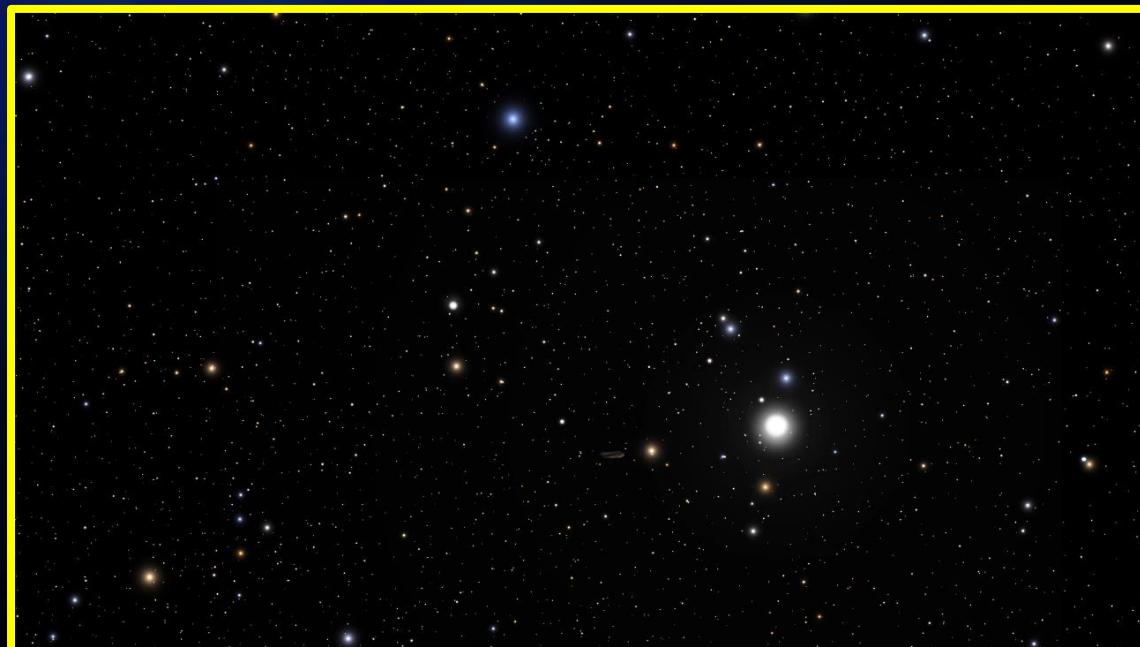
„Zaronio“ je duboko (1 000 AJ) u naš sistem pre oko 100 godina. Poslednji put je posmatran 2. januara 2019. godine, 2024. će ući u Kajperov pojas, a 2196. će biti na rastojanju od oko 1 000 AJ od Sunca.



*Sastoji se od kamena i metala i nema značajnu količinu vode i leda. Površina mu je tamno crvena, zbog dugotrajne izloženosti kosmičkom zračenju. Ima albedo oko 10%, što je viša vrednost u odnosu na vrednosti kod kometa (4%). Analizom sjaja utvrđeno je da je dužina objekta oko 400 m i da je odnos dimenzija 10:1:1, tj. da ima oblik cigare. Rotacija mu je „tumbajuća“. Rotira oko najkraće ose koja precesira. Moguće je da je to posledica sudara sa nekim manjim telom ili prolaska pored nekog velikog tela.*

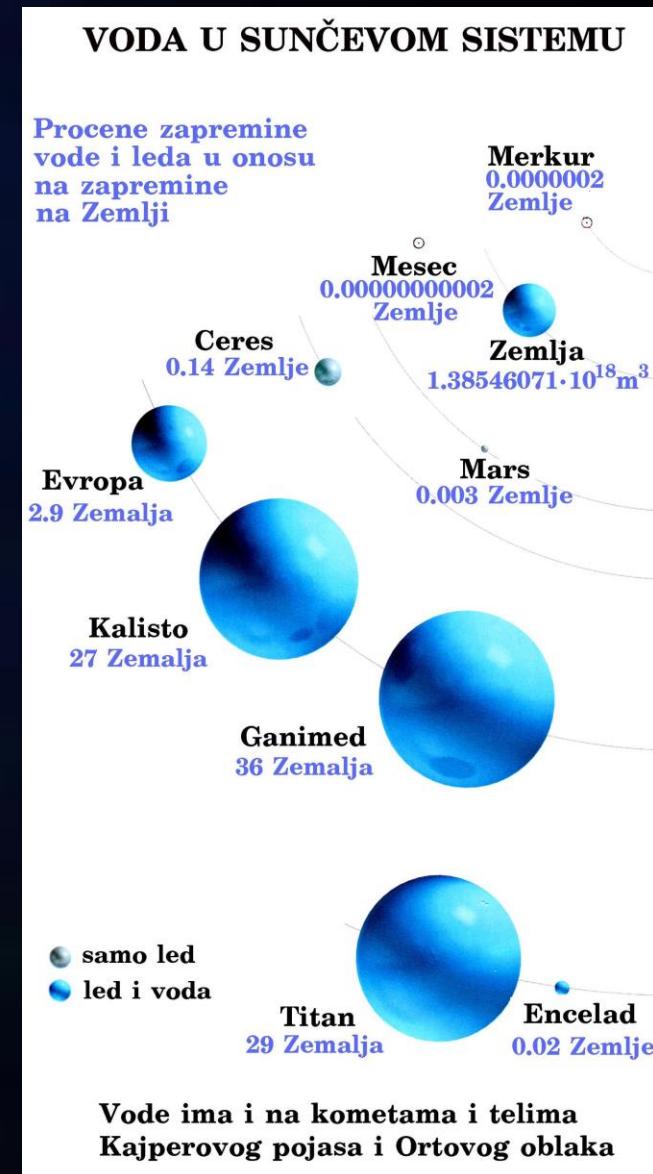


*Posebno je intrigantno ubrzanje koje ima Oumuamua. Ono se ne može objasniti samo gravitacionim uticajem. Pokušaj da se objasni reaktivnim uticajem sublimacije, kao kod kometa, nije adekvatan, jer nisu uočene kometne aktivnosti (halo gasa i prašine). Dilema da li se radi o kometi ili asteroidu ostaje, mada ima i mišljenja da se možda radi o vaskionskom brodu neke vanzemaljske civilizacije.*

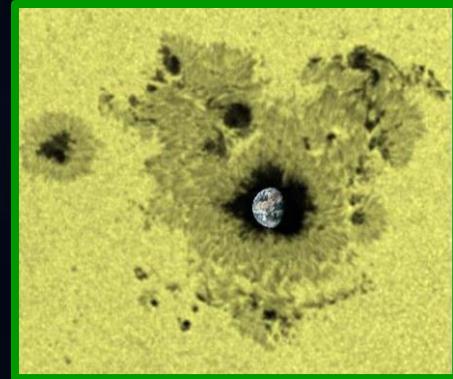
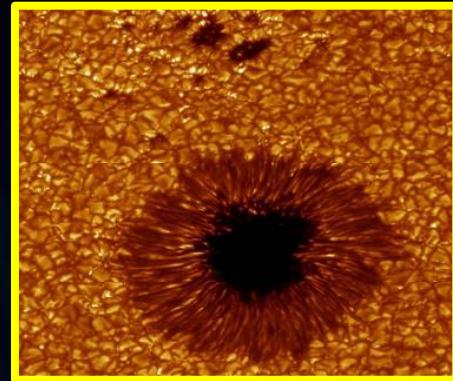


# Saznanje o prisutnosti vode širom Sunčevog sistema

**Voda ima specifične osobine (veliki toplotni kapacitet i dielektrična permeabilnost, najbolji rastvarač u prirodi, veliki temperaturni interval u kojem je u tečnom stanju, vodonična veza među molekulima, temperaturna anomalija, itd.). Zbog njih, voda je najbitniji faktor astrofizičke determinisanosti postojanja života, bilo gde u svemiru. Do skoro se smatralo da je ona, u sva tri agregatna stanja, u S. sistemu prisutna samo na Zemlji. Međutim, molekuli vode su na petom mestu po rasprostranjenosti u Kosmosu i nije čudo da je voda prisutna i na velikom broju tela u Sunčevom sistemu.**



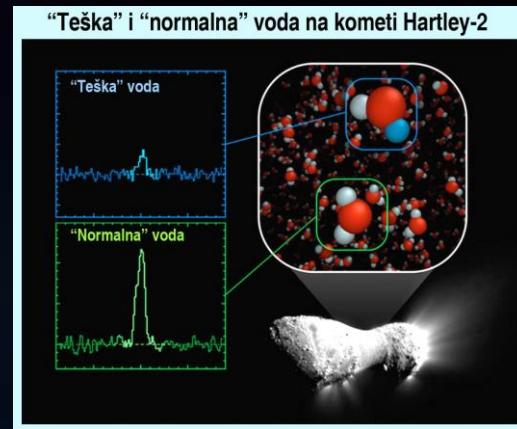
*U tragovima, molekuli vode su u tragovima spektroskopski detektovani čak i na Suncu, u najhladnijim (3 000 K) pegama. Verovatno se radi o vodi koja je bila prisutna u protosolarnom oblaku.*



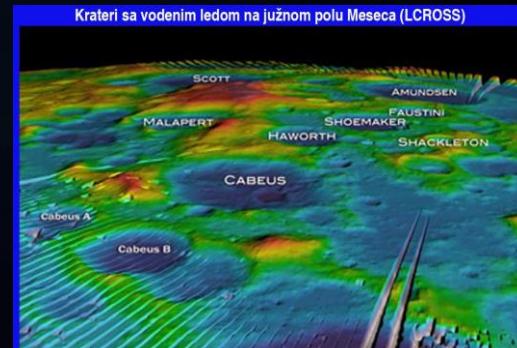
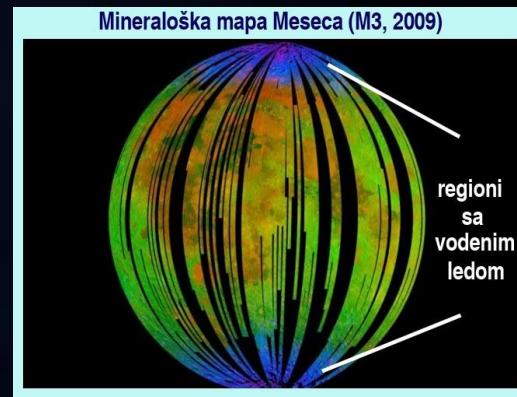
*Voda je prisutna i na kometama (oko 50% mase). Iako komete spadaju u mala tela S. sistema, s obzirom da ih ima jako mnogo, ukupna količina vode u njima nije tako mala. Npr. Halejeva kometa je 1986. g. svake sekunde gubila 40 t vode i 10 t supstance u vidu prašine.*



*Neki autori su smatrali da voda na Zemlji potiče sa kometa koje su na nju padale. Ali, analize su pokazale da one sadrže značajno više teške vode nego što je to slučaj sa vodom na Zemlji.*



*Vode ima čak i na „suvom“ Mesecu. Kao egzogena, na njemu je zaledjena voda prisutna u senovitim kraterima na polovima. Procene su da su količine ovakve vode reda veličine milion tona, što može biti značajan resurs pri budućim kolonizacijama Meseca. U malim količinama postoji i endogena, klatrirana voda u stenama.*



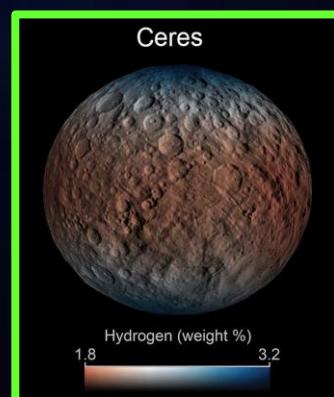
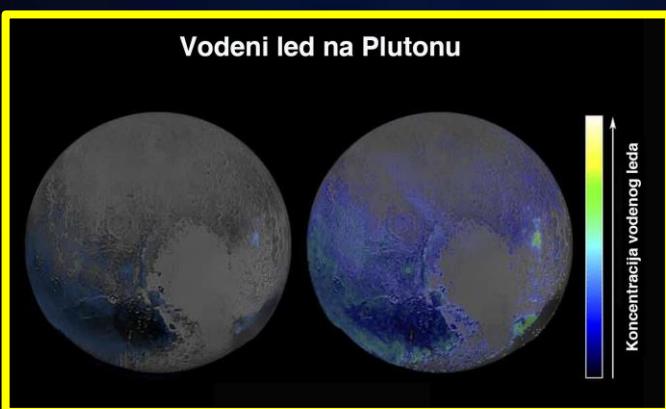
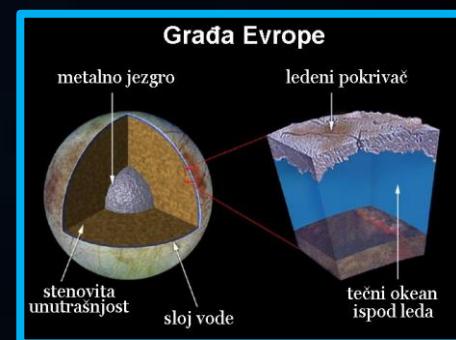
*Na satelitima jovijanskih planeta (**Evropa**, **Ganimed**, **Kalisto**, **Enceladus**,...) voda je prisutna u velikim količinama. Obično se radi o vodi koja je ispod ledenog tla, ali se na nekim satelitima javlja u obliku slanog okeana ispod pokrivača od leda. Na Jupiterovom satelitu **Evropa**, ispod leda debljine nekoliko desetina kilometara, je slani okean, čija je dubina i do 100 km. Slična situacija je i sa Saturnovim satelitom **Enceladus**. Na ovim telima uočavaju se gejziri, kao oblik **kriovulkanizma**, koji je registrovan i na planetama patuljcima **Ceresu** i **Plutonu**.*



Gejziri na Enceladu (Kasini, 2005)



Erupcija gasa i prašine na južnom polu Encelada

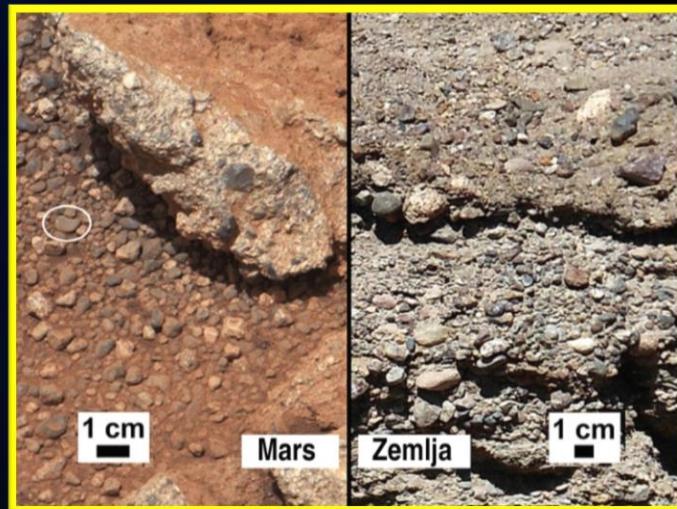


EKSKLUSIVNO!!! PRVA SLIKA VODE NA MARSU!!!

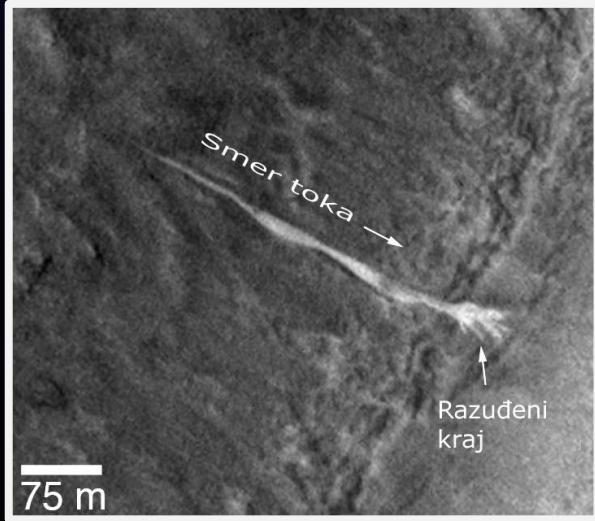
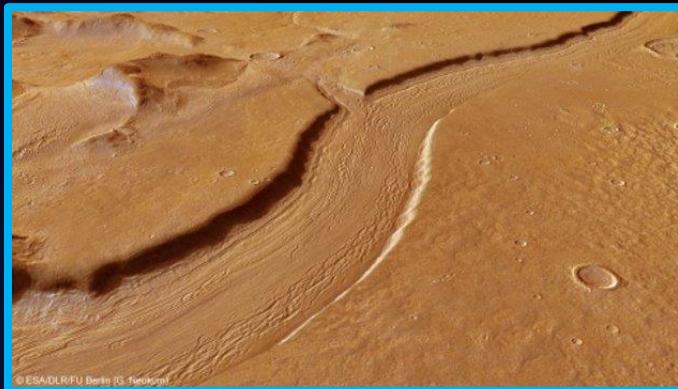
**Ekskluzivna vest: snimljena je voda na Marsu. U to možete da se uverite i kod kuće.**



**A sada ozbiljno: prisustvo vode na Marsu nije novina. On je nekada imao okean, jezera i obilne rečne tokove, što se jasno vidi u reljefu njegove danas suve površine. Areografski oblici ukazuju na visok stepen eolske i vodene erozije i glacijalnih procesa. Nađeni su obluci koji nisu mogli da budu oblikovani i deponovani vetrom, već su posledica hidro erozije.**



*Očigledno da je Mars nekada obilovao vodom. Kada mu je atmosfera bila 20 puta gušća od današnje na njegovoj površini je bilo tečne vode. Danas mu je atmosfera oko 100 puta ređa od Zemljine. Vodene pare u atmosferi ima jako malo. Njegova masa je mala i on nije mogao da zadrži lake komponente atmosfere, niti da obezbedi kruženje vode.*



*S obzirom na niske temperature i mali atmosferski pritisak, danas je isključeno postojanje tečne vode na površini Marsa. Zbog toga se prisutna zaledena voda na Marsu, koja je po svemu sudeći, potpovršinska, naziva **kriolitosfera**.*

*Eventualno, u nekim Marsovim depresijama mogla da postoji i voda u tečnom stanju.*

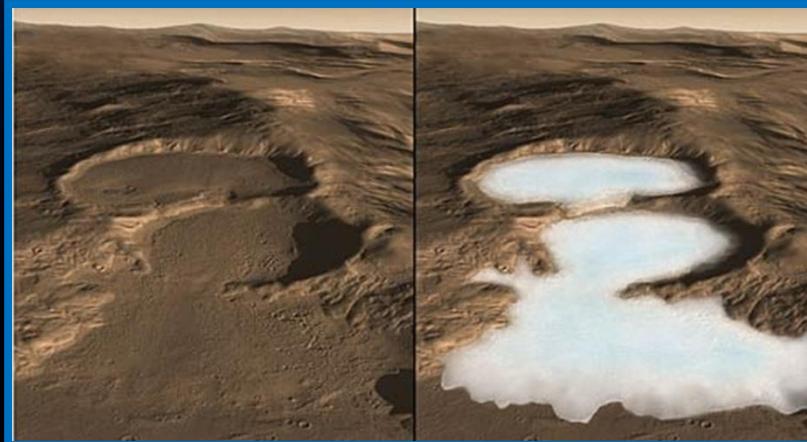
*Procene su da u potpovršinskom ledu i polarnim kapama ima toliko vode da bi efektivna debljina ravnomerno razlivenog sloja bila 30 m (na Zemlji je 4 km).*

*Uočene su tamne i pruge na kalderi Olympus Monsa. Slaba vulkanska aktivnost otapa led ispod površine i stvara otopine soli koje su tečne i na nižim temperaturama i pritiscima.*



*Kristali vodenog leda ispunjavaju mnoge pukotine i rupe u tlu, slično permafrostu na Zemlji (npr. u Sibiru), gde tanak površinski sloj efikasno izoluje led i sprečava njegovo topljenje čak i leti. Smatra se da permafrost na Marsu ima više vode od tundre na Zemlji (40% mase i 50% zapremine). Sa stanovišta astrobiologije treba reći da, s obzirom na sastav Marsovog tla, potpovršinske vode sadrže velike količine soli (hloride i sulfate), što vodu čini toksičnom za bilo kakve organizme složenije od npr. bakterija.*

*Na osnovu analiza sateliti su detektivali postojanje velikih potpovršinskih lednika 60-tak cm ispod površine. Najveći od njih je, kako se smatra, dubok čak 800 m.*



# *Novootkriveni sateliti*

*U poslednjih nekoliko godina otkriven je veći broj satelita oko planeta, planeta patuljaka i asteroida. Ukupan broj danas poznatih satelita oko planeta i planeta patuljaka je 196, a januara 2019. godine zna se za 366 satelita oko 348 malih planeta. To ukazuje da je broj planetezimala od kojih je formiran Sunčev sistem bio ogroman.*

PLANETA	ORBITE	BROJ SATELITA
Merkur	.	0
Venera	.	0
Zemlja		1
Mars		2
Jupiter		79
Saturn		62
Uran		27
Neptun		16
UKUPNO		187

*Broj novootkrivenih satelita Jupitera je 12, tako da je danas poznato 79 satelita ove planeta, mada se smatra da oko njega kruži i preko 100 satelita, od kojih su mnogi verovatno zarobljeni i čiji je prečnik ispod 5 km. Na 4 najveća, Galilejeva satelita, otpada skoro sva masa koja se kreće oko planete. Ostali sateliti i prstenovi sadrže manje od 0.003% te mase. Od novootkrivenih satelita 9 se kreće retrogradno i oni su dalje od planete, dva se kreću progradno, a jedan je „neobičan“.*

*Dva progradna su bliže planeti i verovatno su nastali raspadom većeg satelita. Neobičan je dalji i veruje se da će se sudariti sa retrogradnim satelitima.*

*Većina novootkrivenih satelita su jako mali, tek po nekoliko km.*



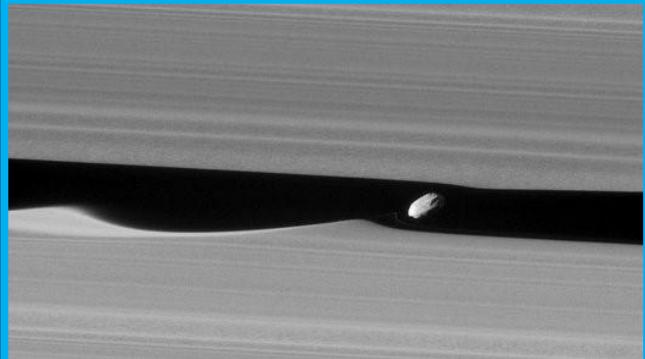
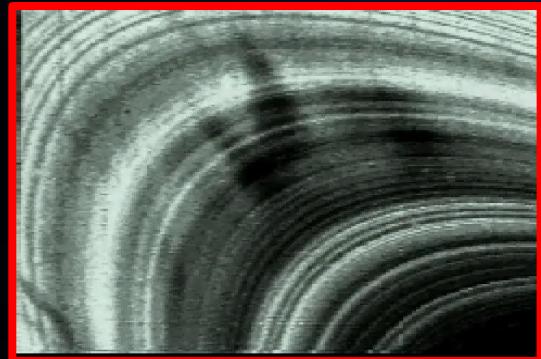
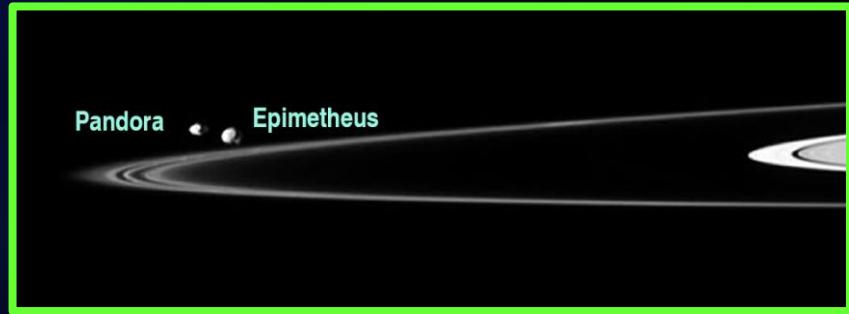
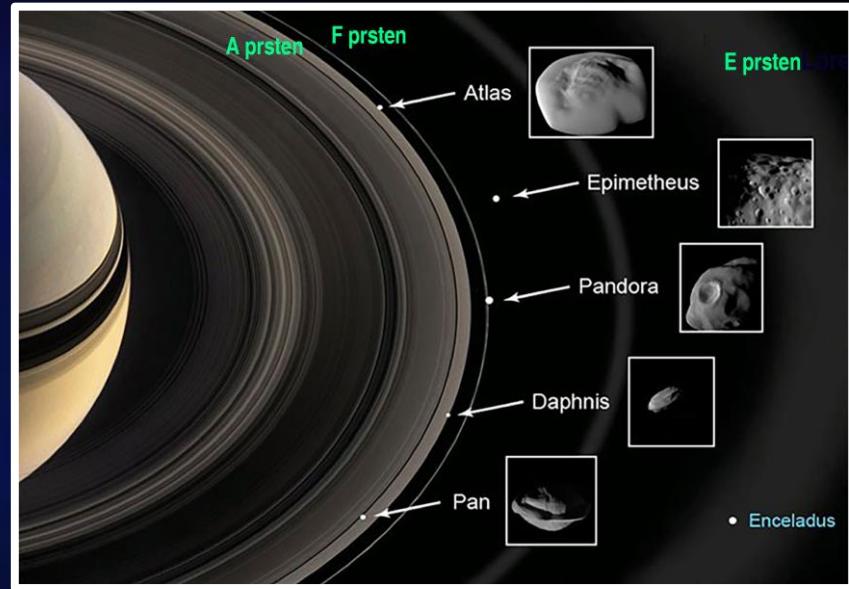
## Otkriveno je i 9 satelita patuljastih planeta

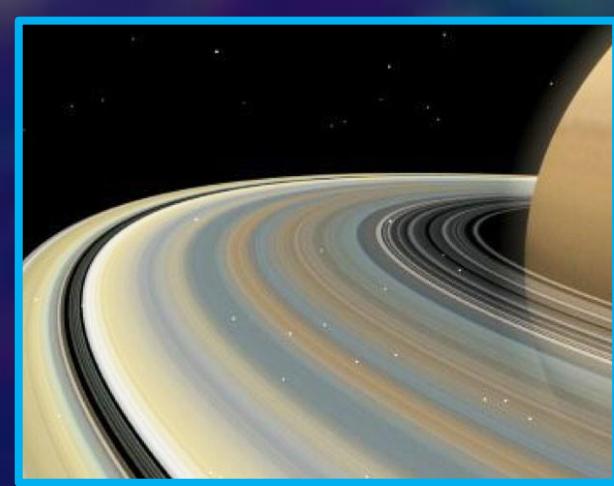
Najveći poznati objekti Kujperovog pojasa u poređenju sa Mesecom



*Veliki broj satelita u S. sistemu ukazuje da je broj planetezimala u protosolarnom oblaku bio veći nego što se smatralo do pre samo nekoliko godina.*

*Interesantna su i otkrića pet malih satelita Saturna, od njegovih 62, koliko ih zvanično ima. Njih je otkrila sonda Cassini, koja je prestala da postoji 2017. g. Iako njihovo otkriće nije „taze“ danas znamo da oni doprinose procesima talasa u Saturnovom prstenu.*





*Kad smo kod Saturnovih prstenova: pre nego što se srušila u atmosferu Saturna, sonda Cassini je, krećući se između planete i njenih satelita, testirala gravitaciju. To je omogućilo da se tačno proceni masa u prstenovima.*

*Ta procena odgovara masi oko 40% satelita Mimas koji je 2000 puta manji od Meseca. To pokazuje da su prstenovi relativno mladi i da su nastali pre manje od 100 miliona godina, a možda i tek pre 10 miliona godina.*

*Time se relativizuje ideja koja je proizašla iz Rošove teorije da je prsten nastao raspadom hipotetičnog satelita Veritas pod uticajem centrifugalne i gravitacione sile.*



*Takođe se negira tvrdnja da su prstenovi formirani istovremeno s planetom pre 4,5 milijardi godina od ledenog „otpada“, koji je ostao u orbiti nakon formiranja Sunčevog sistema, i od kojeg, zbog Rošovog uslova, nije mogao da se formira stabilan satelit.*



*Sa druge strane, NASA je objavila, da prema novim istraživanjima, Saturnovi prstenovi velikom brzinom gube masu. To je ustanovljeno upoređivanjem merenja sa Cassininija i Voyagera 1 i 2.*

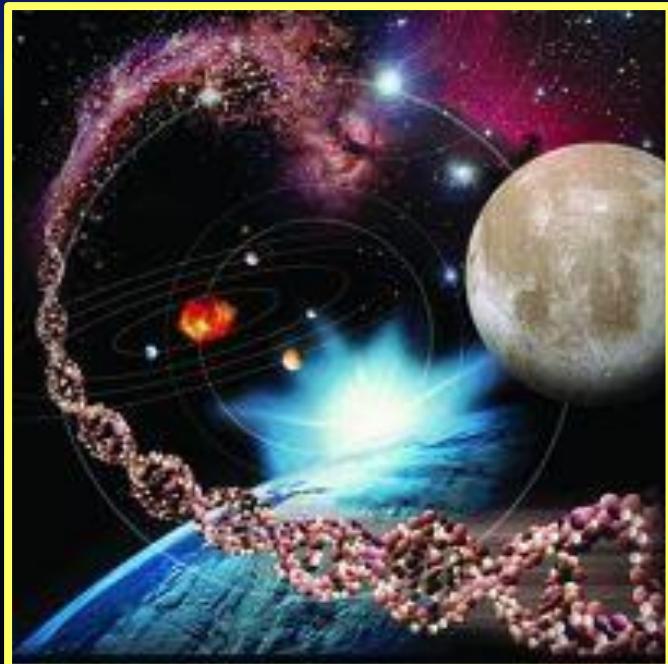
*Ledene čestice i komade gravitacija Saturna vuče ka sebi i one poput kiše padaju na planetu. To bi moglo da dovede do potpunog nestanka prstenova kroz oko 300 miliona godina. Jedan od mogućih uzroka ove pojave je da su čestice prstena, tokom obilaska Saturna oko Sunca (29.4 godina) različito izložene delovanju Sunčevog zračenja. Dalja istraživanja će pokazati da li je „istanjivanje“ Saturnovih prstenova periodičnog karaktera.*

# *Otkriće biosignatura u Sunčevom sistemu*

*Jedno od tri kanonska pitanja na koje astrobiologija pokušava da odgovori je:*

*Postoji li život i na drugim mestima u Kosmosu?*

*Prilikom traganja za životom izvan Zemlje ona se fokusira na planete na kojima su ispunjeni astrofizički uslovi za nastanak, razvoj i opstanak života. Prvi od tih uslova je da se posmatrana planeta nalazi u habitacionoj zoni matrične zvezde.*



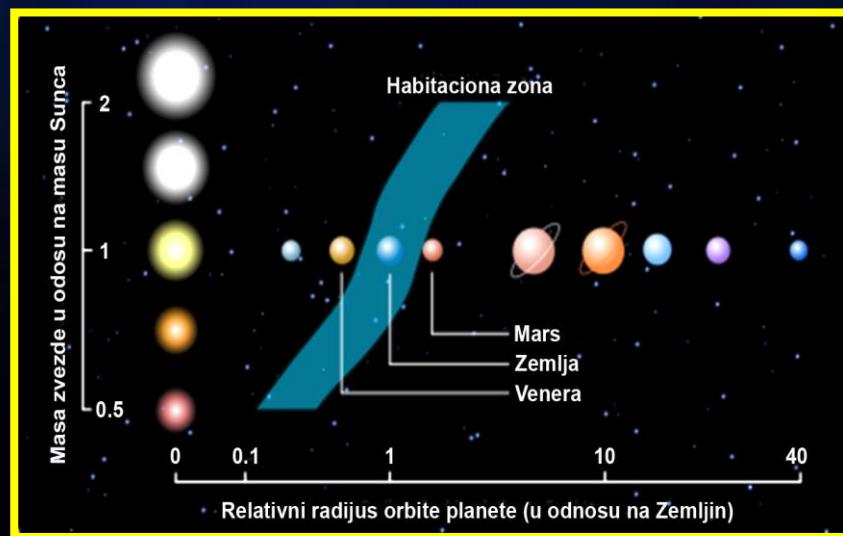
*Habitabilnost neke planete predstavlja mogućnost razvoja života na toj planeti.*

*Habitaciona zona je prostor oko zvezde u kome su uslovi pogodni za nastanak života na bazi ugljenika.*

*Određen je visinom temperature, koja treba da omogući postojanje tečnog omotača.*

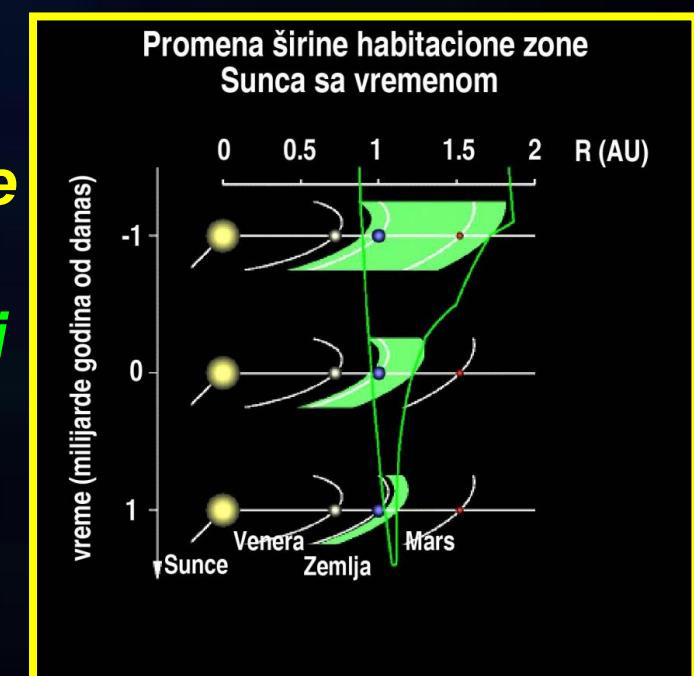
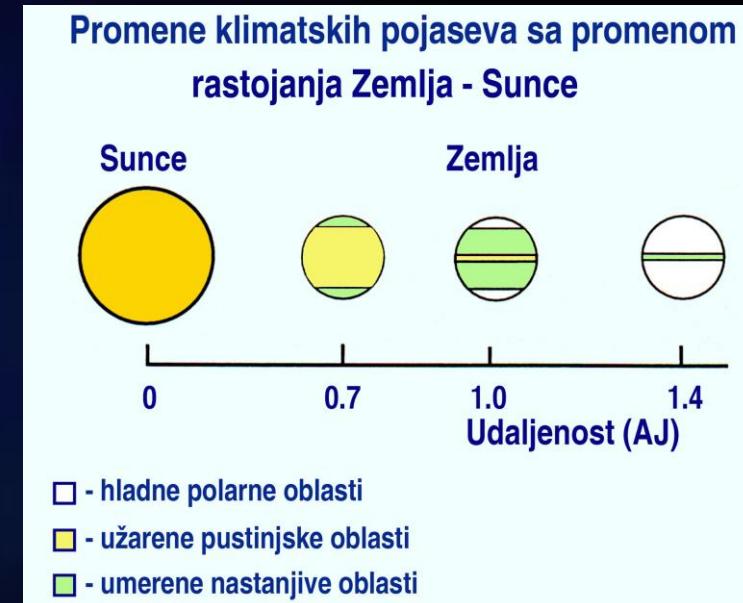


*Proračuni pokazuju da su u savremenom dobu u habitacionoj zoni Sunca Zemlja i Mars, koji je na spoljašnjoj granici zone.*

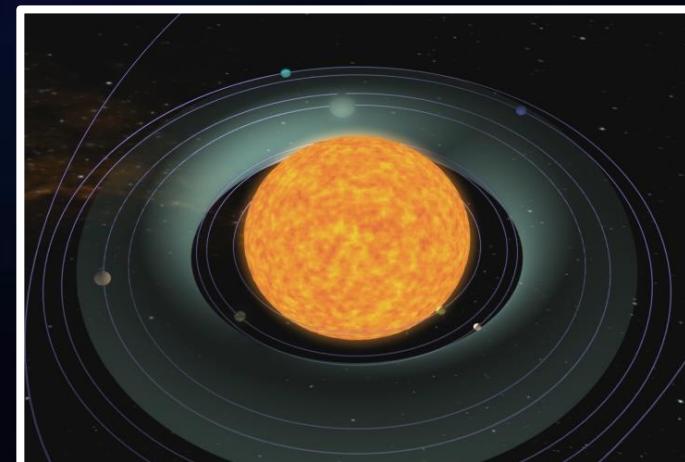
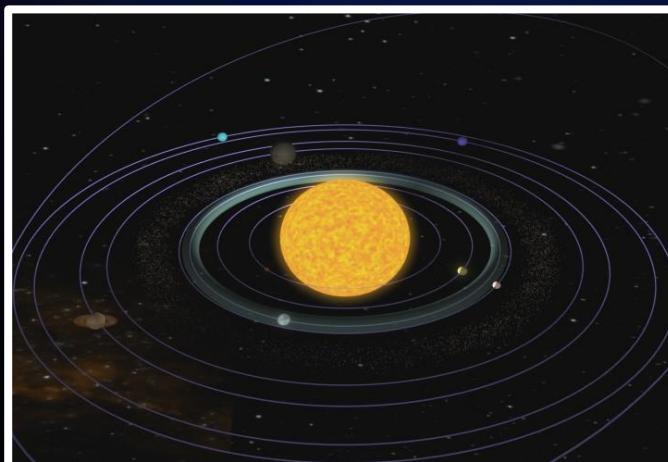


*Od položaja planete u habitacionoj zoni bitno zavise uslovi na površini planete, a to određuje uslove za nastanak, razvoj i opstanak života na njoj. Tako, Zemlja bi bila nenastanjiva da je za 5% bliže Suncu ili 15% dalje od njega. Sa aspekta života, njen trenutni položaj u odnosu na Sunce je baš kako treba („zlatokosa planeta“).*

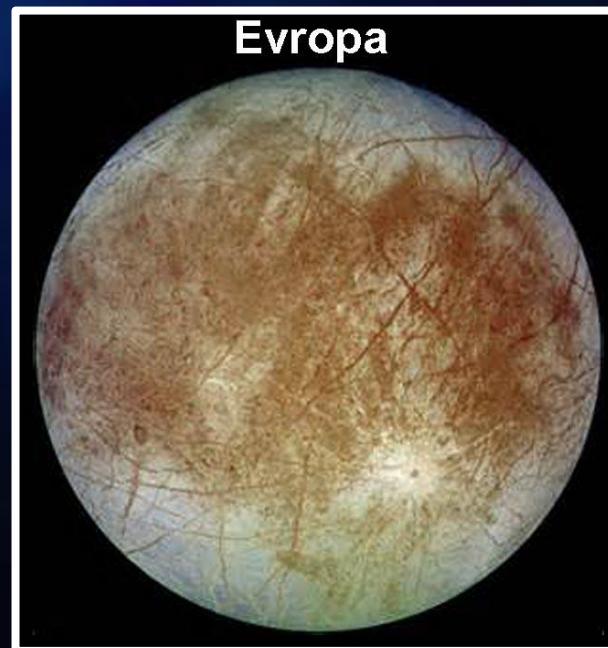
*Starenjem zvezde postaju sjajnije i toplije, pa se habitaciona zona odmiče od njih. U tom smislu definiše se trajno nastanjiva zona – oblast u kojoj na planeti sličnoj Zemlji t-ra može da podrži tečnu vodu milijardu godinu, što je vreme za koje evolucijom može da se formira složeniji oblik života.*



**Širenjem habitacione zone u njoj se mogu naći planete koje su u prethodnim evolucionim fazama bile izvan nje. Time se na tim planetama mogu stvoriti uslovi pogodni za nastanak života. Nepovoljna okolnost je što će takve planete u toj „novoj“ habitacionoj zoni provesti relativno kratko vreme, nedovoljno za formiranje složenijih formi života. Treba imati u vidu da se život na Zemlji formirao za relativno kratko vreme (par stotina miliona godina), ali da je za formiranje složenijih, višećelijskih formi života bilo potrebno oko 3.3 milijarde godina. U pomenutoj situaciji naći će se spoljašnje planete, a sa astrobiološkog stanovišta posebno interesantno i njihovi sateliti (npr. Evropa i Titan).**



*U traganju za životom kriterijum habitabilnosti planete određivanjem habitacione zone zvezde nije sasvim pouzdan. Npr. efekat staklene bašte može da utiče da uslovi na nekoj planeti budu habitabilni, iako se ta planeta nalazi izvan habitacione zone zvezde. Do toga mogu dovesti i plimska trenja ili unutrašnje radioaktivnosti, što može dovesti do rasta temperature i samim tim do formiranja tečnog omotača. Takva situacija je npr. na satelitima masivnih planeta izvan habitacione zone (npr. Jupiterov satelit Evropa).*

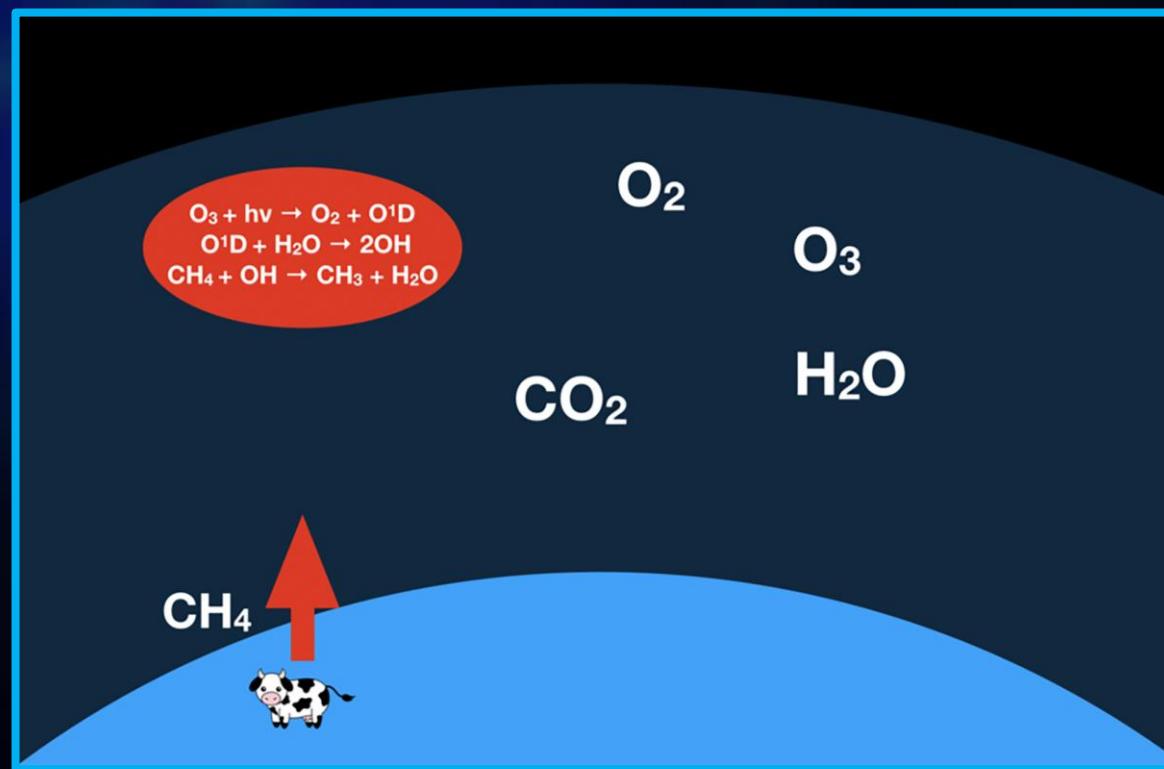


*Sa druge strane, planeta može biti nehabitabilna iako je u habitacionoj zoni, ukoliko su fizički i hemijski uslovi na njoj takvi da ne odgovaraju potrebama živih organizama. Ta odstupanja mogu biti toliko velika da onemogućavaju život i ne postoji mogućnost adaptacije organizama na njih.*

*Možda je uverljiviji dokaz postojanja života na nekoj planeti i/ili satelitu otkriće biosignatura, supstanci (elementi, jedinjenjena ili artefakti) čije je prisustvo posledica sadašnjih ili prošlih bioloških aktivnosti na proučavanom kosmičkom objektu.*

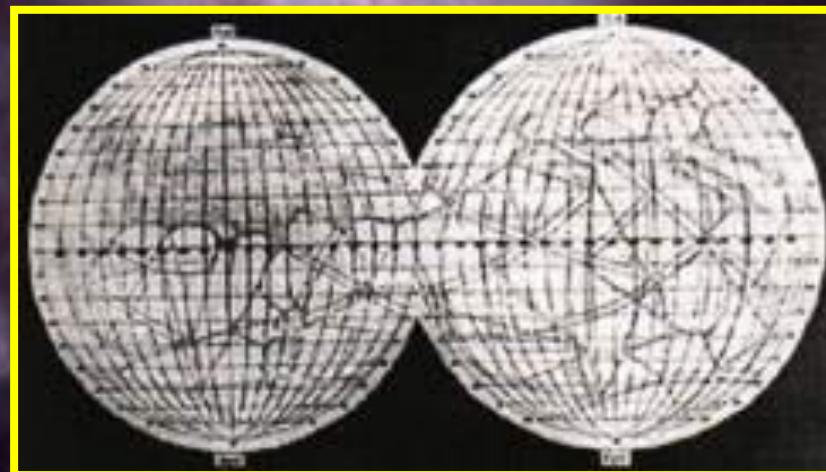
*To mogu biti različiti organski materijali koji su formirani u biološkim procesima, minerali ili biominerale faze čiji sastav i morfologija ukazuju na biološku aktivnost, biološki formirane mikroskopske strukture (cementi, mikrofosili, mikroteksture,...), makroskopske fizičke strukture koje ukazuju na mikrobiološke sisteme (npr. stromatoliti) ili fosile većih organizama.*

**U biosignature se mogu svrstati vremenske varijacije gasova u atmosferi, prisustvo gasova koji nastaju kao rezultat metaboličkih procesa ili hemijskih procesa sa takvim gasovima, površinska refleksivnosti ili njene varijacije kao posledica bioloških pigmenata široke rasprostranjenosti na površini planete (vegetacija ili plankton u hidrosferi). U biosignature svakako spadaju i potpisi koji ukazuju na tehnološki naprednu civilizaciju.**



*Traganje za biosignaturama u Sunčevom sistemu nije tekovina sadašnjeg trenutka.*

*Npr. Giovanni Schiaparelli 1877. g. uočio je kanale na Marsu. Percival Lowell je krajem XIX veka napravio kartu mreže kanala. Dugo se smatralo da su ti kanali možda irrigacioni sistem (doduše to je delom bila posledica pogrešnog prevoda Schiaparellijevog naziva „canali“, ali o tome drugi put). Na osnovu ovih „viđenja“ 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 to 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 je 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 zaledene vode sa klatratima CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> dine na južnom polu. To je uzrok “talasa zatamnjenja”, a ne nepostojeća vegetacija.*

*U toku obe misije Viking 1970. g. obaljena su po tri eksperimenta koji su tako projektovani da na Marsu traže biosignature kao posledice metabolizma mikroorganizama. Međutim, rezultati eksperimenata su proglašeni neuverljivim. Mars je svoj okean izgubio zbog svoje male mase. Nedostatak tečne vode isključuje postojanje složenije biosfere.*

*Sonde koje su se spuštale na Mars **nisu otkrile pouzdane dokaze za postojanje bioloških aktivnosti.***

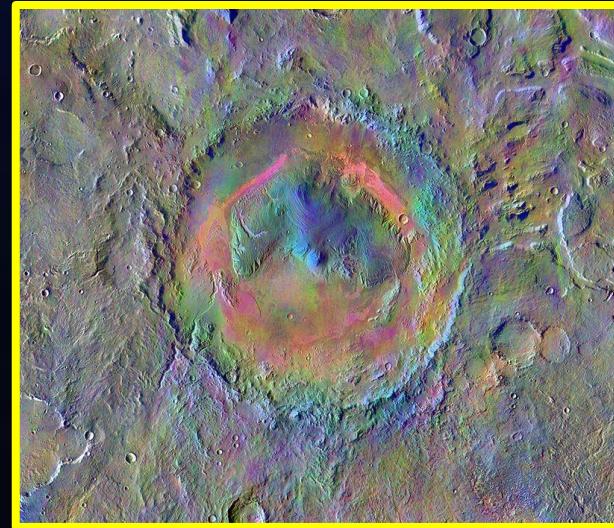
*Poslednjih nekoliko godina istraživanja na Marsu ukazuju na postojanje metana u njegovoј atmosferi, što može biti jedna biosignatura.*



*U prilog tezi da možda na Marsu postoje neke primitivne forme života, tipa mikroba, je saopštenje početkom aprila 2019. g. da je svemirski brod **Mars Ekspres** potvrdio da na površini Marsa ima **metana**. I pre ove potvrde objavljivano je da je na Marsu detektovan ovaj gas. NASA-in rover Curiosity ga je izmerio 15. juna 2013. godine. Metan na Marsu je u fokusu interesovanja jer mogu da stvore oblici života, ali i geološki procesi. Životni vek metana u atmosferi Marsa je vrlo kratak, što znači da je otkriveni metan nastao nedavno. O prirodi i obimu metana u atmosferi Marsa intenzivno se raspravlja.*

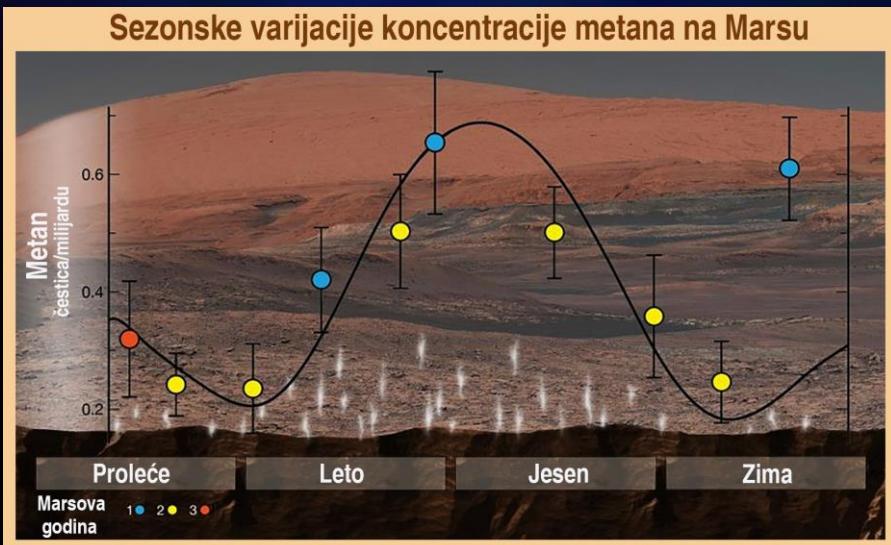


**Mars ekspres je detektovao oko 15 delova po milijardi zapreme metana u atmosferi, dan nakon što je Kjurioziti objavio da je otkrio oko šest delova na milijardu. Iako se radi o relativno malim količinama, ovo je prilično značajno za Mars - merenje odgovara proseku od oko 46 tona metana koji je bio prisutan na području od 49.000 km<sup>2</sup>. U vreme otkrića, smatralo se da je metan možda nastao severno od rovra Kjurioziti, zato što su preovlađujući vetrovi bili na jugu, i da je do oslobođanja metana došlo iz unutrašnjosti kratera Gejl, gde se rover spustio. Prečnik kratera je oko 150 km.**



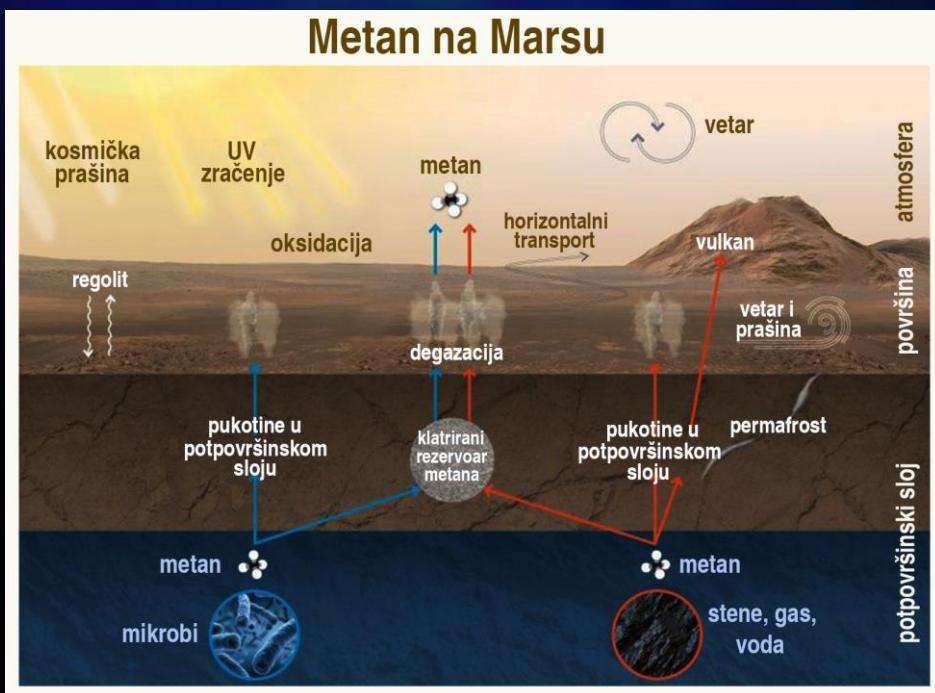
*Otkriće pika u koncentracijama metana nije dalo odgovor na više pitanja. Koje je poreklo metana u atmosferi metana? Odakle on dolazi? Koliko ga stvarno ima?*

*Prisustvo metana na Marsu potvrđivano je više puta. Pometnju su unela i saznanja da instrumenti na Kjuriozitiju i Mars Ekspresu u kasnijim merenjima nisu dala potvrđne rezultate. Drugi orbiter Evropske svemirske agencije, Trace Gas Orbiter (TGO), koji je opremljen izuzetno preciznim detektorima za uočavanje sasvim malih količina metana u atmosferi, 2016. na Zemlju posao je izveštaje da metan nije detektovan!*



*U opticaju su i objašnjenja da postoje sezonske varijacije koncentracije metana, što implicira da postoje procesi koji sezonski nadoknađuju metan u atmosferi.*

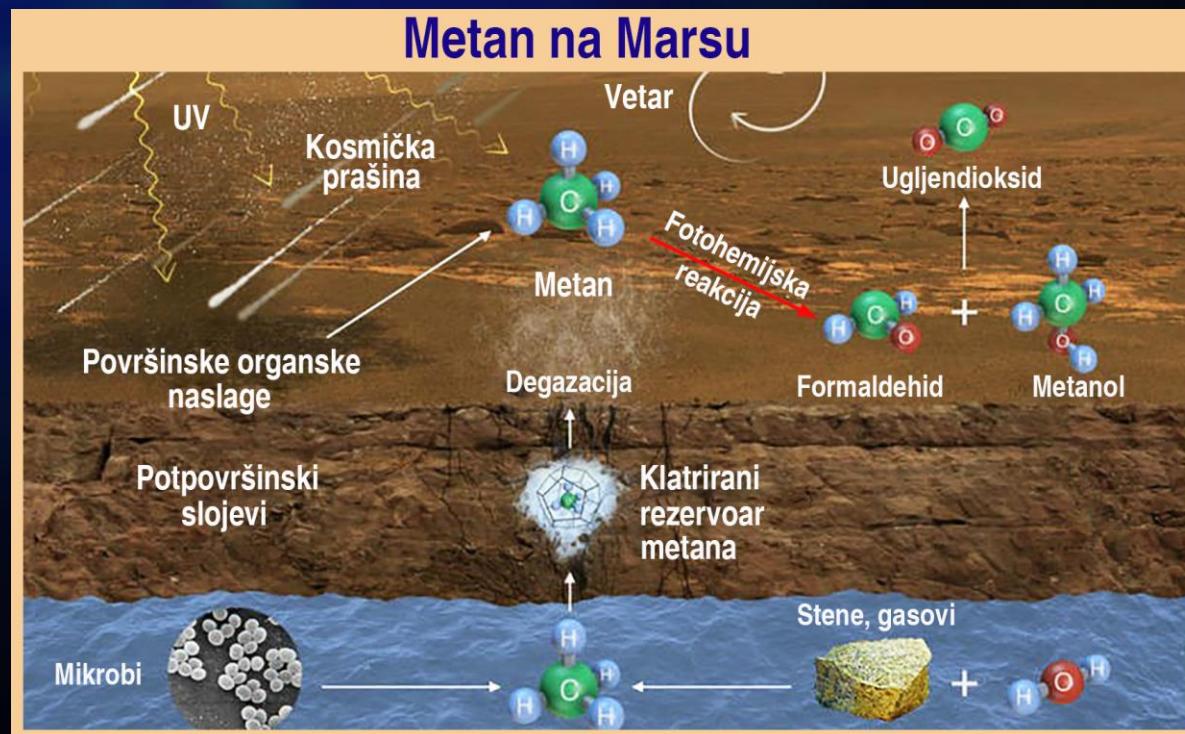
*Na Zemlji, metan je jedan od ključnih znakova života i emituje se iz bioloških organizama (preko 60%). Ukoliko na Marsu dolazi iz nekog drugog procesa, njegovo postojanje na ovoj planeti je i dalje značajno, jer ukazuje na to da je njena površina veoma aktivna. Postoji niz načina na koji je metan mogao da nastane na Marsu. Ukoliko mikrobi i dalje postoje, oni su jedan mogući izvor. Metan koji su proizveli mikrobi u dalekoj prošlosti mogao je da bude zarobljen u ledu. Otapanjem leda, on je mogao da ode u atmosferu.*



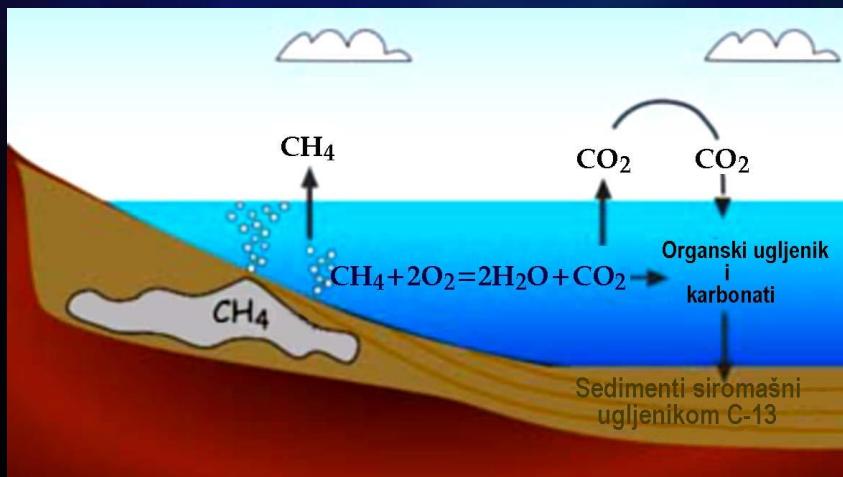
*Ali i neki geološki procesi mogu da proizvedu metan i ne zahtevaju biološke uslove. To uključuje **serpentinizaciju**, proces promene minerala u kori koji uključuje toplotu i vodu.*

*Metan može nastati kao proizvod serpentinizacije. Ovaj proces se na Zemlji odvija duž tektonskih rascepa i na poljima prirodnog gasa.*

*Metan u atmosferi se kroz fotohemijske reakcije može transformisati u druge organske materijale (npr. formaldehid i metanol uz prisustvo kiseonika i oslobođanje ugljendioksida), tako da će se intenzivirati traganje za ovim jedinjenjima na površini Marsa.*

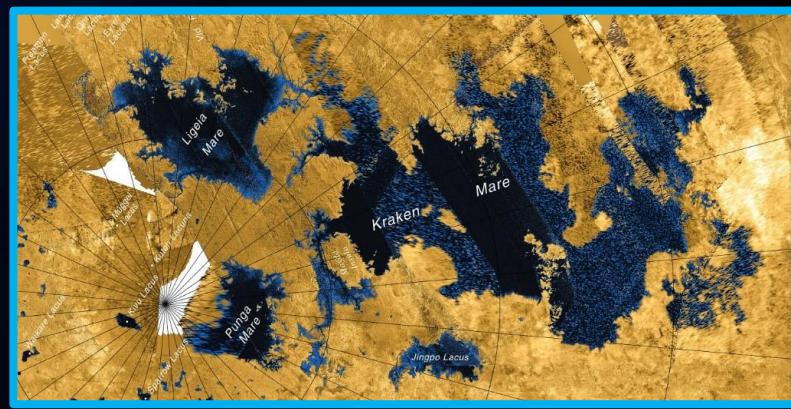
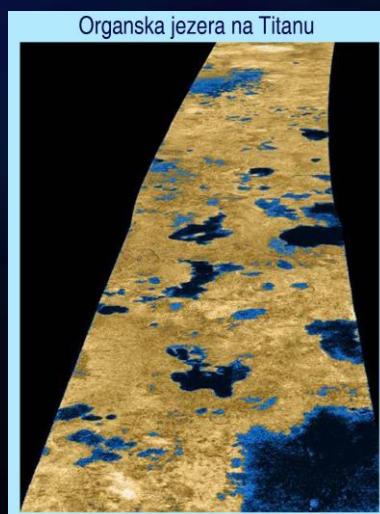
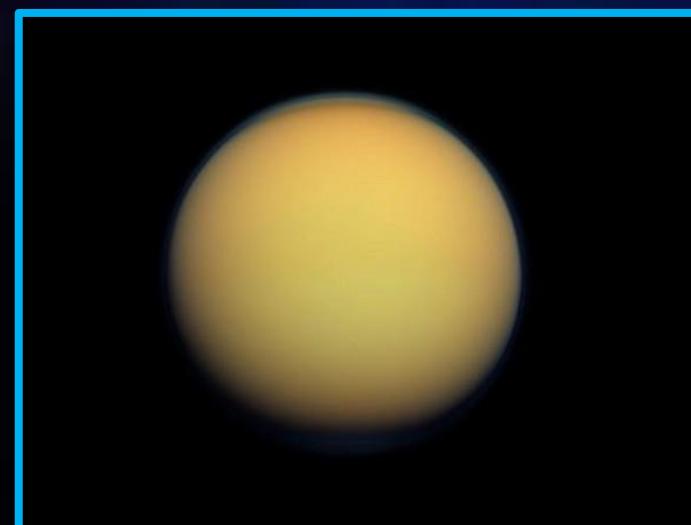


**Zašto je bitno otkriće metana? On predstavlja bitan gas biosignature u spektrima atmosfera planet. Takav je npr. kiseonik, koji na Zemlji nastaje u procesu fotosinteze. On je vrlo promiskuitetni molekul – vezuje se za bilo šta na površini planete. Zato ako ga nađemo u atmosferi neke planete to bi bila biosignatura, jer ukazuje da postoje procesi u kojima se on obnavlja. Ako nađemo i metan (oni se međusobno uništavaju) to bi bio znak da se odnekud obnavljaju.**



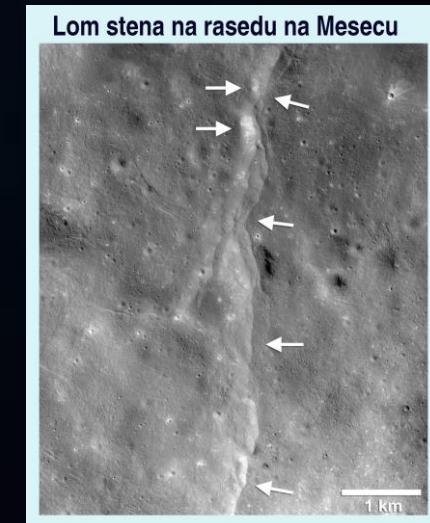
**Otkriće ova dva gasa u atmosferi nisu jedini biopotpisi. Život može imati i druge oblike, ne samo biljke koje obavljaju fotosintezu. Na Zemlji su postojali anaerobni oblici mnogo pre nego što je kiseonik počeo da se nakuplja u atmosferi.**

*Interesantne su i biosignature na **Titanu**, Saturnovom najvećem satelitu. On ima ogromno tropsko jezero i močvare od tečnog metana blizu svog ekvatora, kako pokazuju fotografije koje je načinio orbiter "Kasini", ali i mnoštvo plitkih metanskih jezera u oblasti polova. Satelit poseduje i gustu, prostranu atmosferu u vidu mutne izmaglice organskih molekula, za koje neki naučnici misle da sadrži sastojke za život kakav poznajemo na Zemlji, ali sa drugačijom biohemijom. Istraživanja predstoje.*



## *Stezanje Meseca*

*Jedno od iznenadjenja koja su objavljena 2019. g. je da se Mesec „skuplja“. To smanjenje je oko pedesetak metara za poslednjih nekoliko stotina miliona godina i procenjuje se da je posledica hlađenja njegovog jezgra. Zbog toga krhka Mesečeva kora puca i stvaraju se rasedi na njegovoj površini. Analize snimaka sa Lunar Reconnaissance Orbitera ukazale su na takve pukotine u dolini Taurus-Litrov. U prilog tektonske aktivnosti na Mesecu (za koju se smatralo da je davno zamrla) govore i detektovani potresi snimljeni pomoću četiri seismometra postavljenih u okviru misija Apola.*

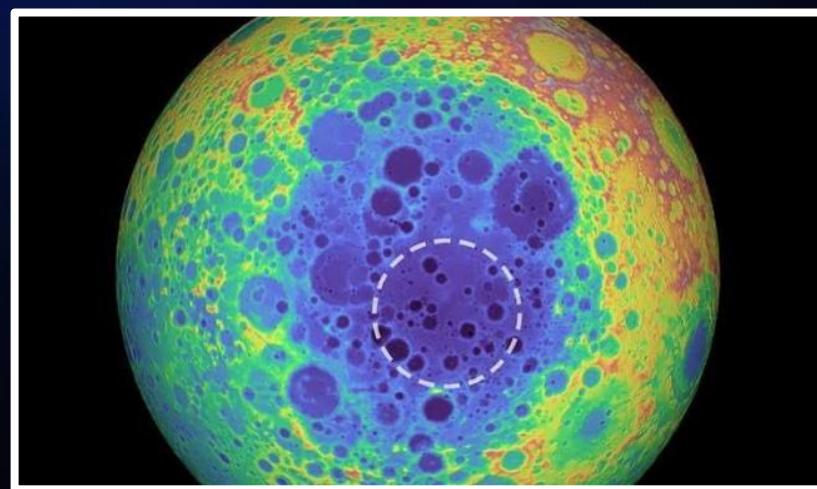


*Zabeleženo je 28 plitkih potresa (dubine do 30 km) jačine 2 do 5 po Rihterovoj skali. Osam od ovih potresa inicirano je stvaranjem raseda i plimskim naprezanjima u položaju apogeja. Mogući uzroci ovakve stalne tektonske aktivnosti na Mesecu leže i u 1) termickom naprezanju zbog smene dugih (14 dana) dana i noci, 2) zbog promene rastojanja od Zemlje tokom orbite, što uzrokuje promenljivo gravitaciono naprezanje, 3) zbog postepenog udaljavanja od Zemlje tokom milijardi godina, pa struktura koja je davno uspostavljena nije više u ravnotezi i 4) zbog hlađenja unutrašnjosti što izaziva skupljanje.*



*Interesantno je i saznanje da je ispod najvećeg kratera u Sunčevom sistemu, basena Aitken na južnom polu Meseca, otkrivena ogromna metalna masa. Krater, čija je širina oko 2000 km, nastao je udarom pre oko 4 milijarde godina. Neki autori (P. Džejms) smatraju da ogromna metalna masa predstavlja ostatke asteroida koji je oblikovao krater, koji su ostali u Mesečevom plaštu dok je veći deo uronio u Mesečeve jezgro. Ova metalna masa za oko kilometar povlači dno basena ka unutrašnjosti Meseca.*

*Uzgred, u basenu Aitken otkrivene su i veće količine zaledjene vode zaostale nakon kasnijih udara kometa.*



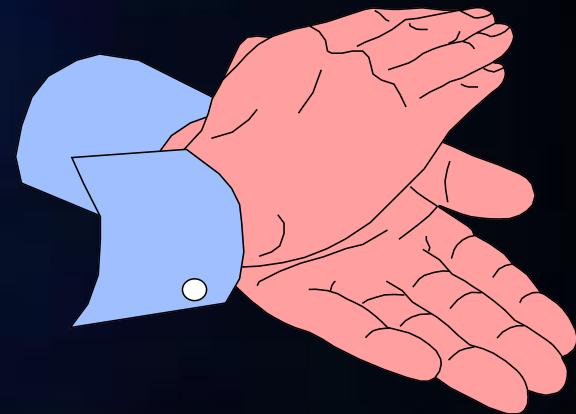
*Slično Mesecu i Merkur se steže. Razlog ovom stezanju je džinovsko metalno jezgro (oko 85% radijusa planete), koje se hlađi i stvrdnjava. Ono gravitacijom „vuče“ površinu planete ka unutrašnjosti, tako da se ona do sada sažela za oko 6 km, a po nekim procenama ovo sažimanje je i čitavih 14 km.*



*I džinovski Jupiter se blago sažima. Gravitacionim sažimanjem objašnjava se njegovo unutrašnje zagrevanje. Proces je zasnovan na Kelvin–Helmholcovom efektu, kada se potencijalna gravitaciona energija pretvara u unutrašnju energiju čestica. To dovodi do toga da je planeta na površini za oko 40 K viša od ravnotežne temperature koju bi imala da nema ovog procesa. Zbog toga Jupiter zrači oko 1.5 puta više energije od one koju dobija od Sunca.*



*Ovo je bilo predavanje prof. Gajića!*



*Hvala na pa`wi!*