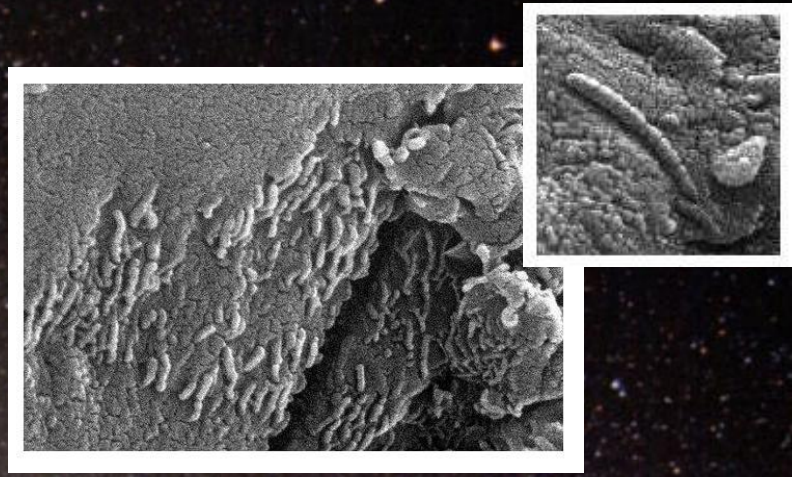


Šta mislite kako izgledaju

vanzemaljci?

Možda su:

– primitivne forme, poput
“crva sa Marsa”



– strašni, kao “noćna mora”



– jezivi, kao u
“Osmom putniku”



– fantastično nestvarni, kao
“lice sa Marsa”



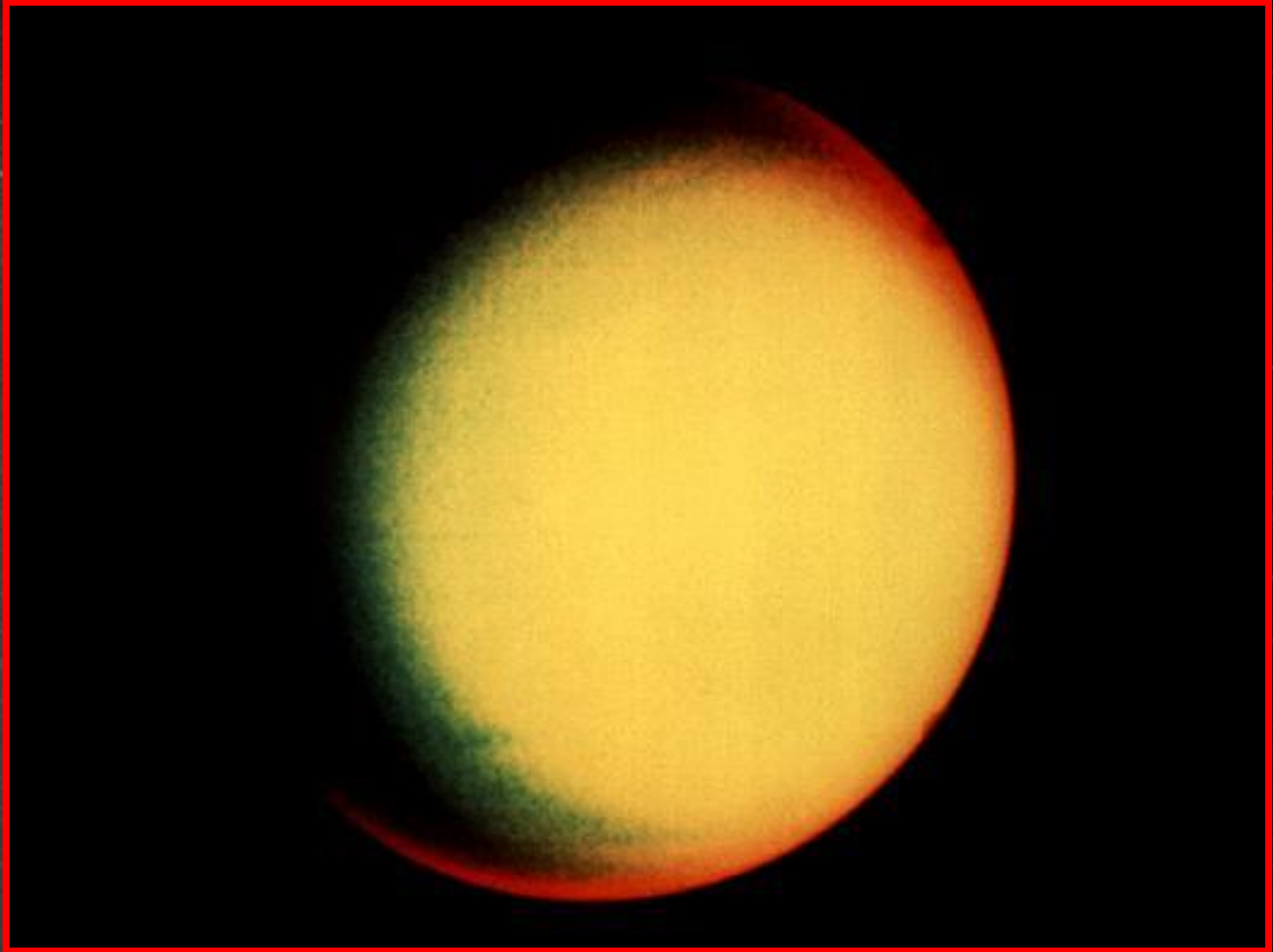
– smešno strašni, kao
“mali zeleni”



– prepoznatljivo misteriozni, kao iz
“Trećeg oka” ili “Zone sumraka”



– grandiozni, kao planeta, koja je u stvari život, iz romana “Solaris” Stanislava Lema i istoimenog filma Andreja Tarkovskog



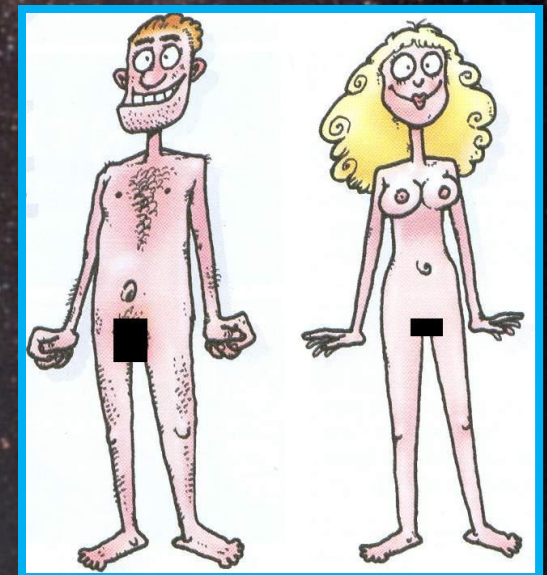
– detinjasto pozitivni, kao
lutke kad smo bili mali



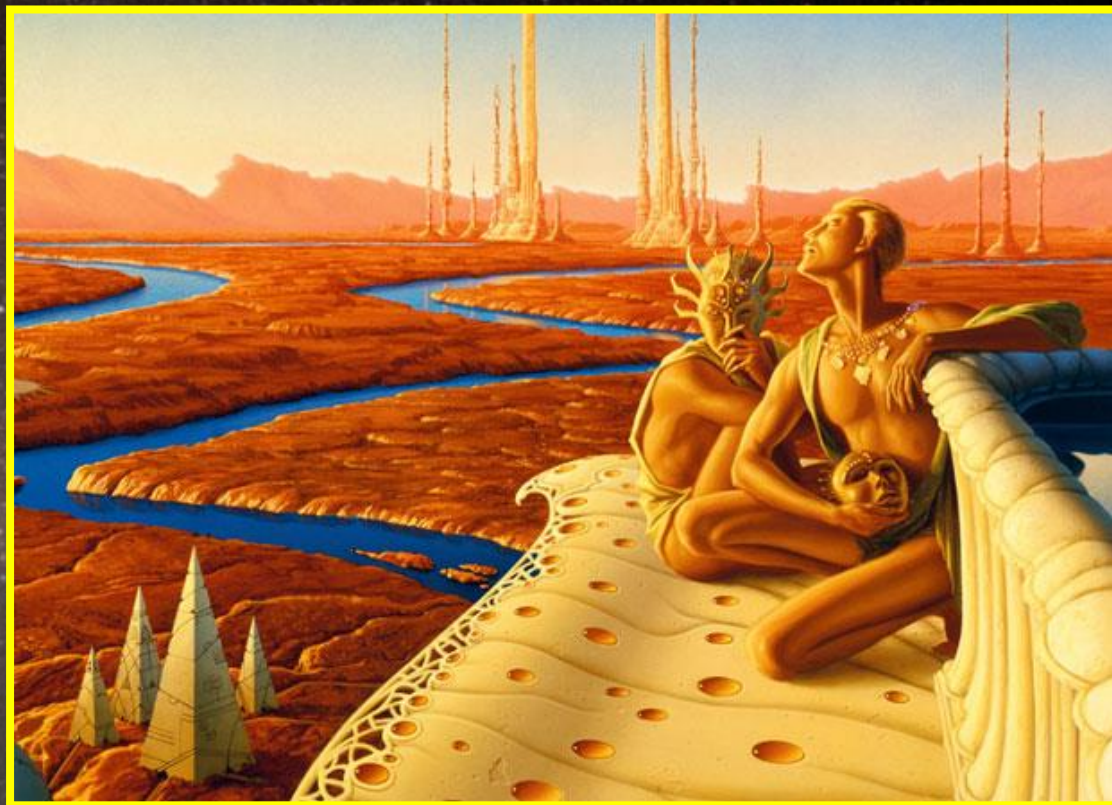
– pomalo slični nama



– malo više slični najrazvijenijim stanovnicima Zemlje (niko nije savršen)



–ideal hedonizma
i lenčarenja o čemu
mnogi maštaju



Jasno je da se pitanju života u Kosmosu mora pričati na ozbiljniji način, ali to ne znači da će i konačni zaključci biti sasvim ozbiljni i realni!

Dr Dragan Gajić

Život u Kosmosu

- astrofizička determinisanost



Najznačajnija pitanja o životu:

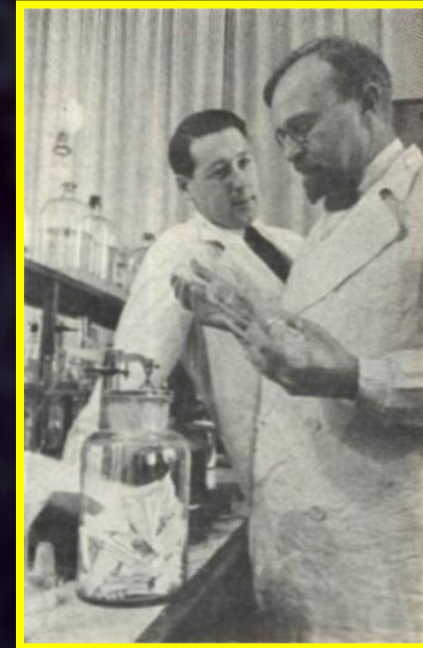
- **Ko smo?**
- **Odakle smo?**
- **Kako nastaje život i kako se razvija?**
- **Postoji li život i na drugim mestima u Kosmosu?**

Da bi se dao bilo kakav odgovor na pomenuta pitanja, najpre treba dati definiciju života, što, videćete, nije baš jednostavno!

Problem određivanja života i razgraničenja između žive i nežive materije

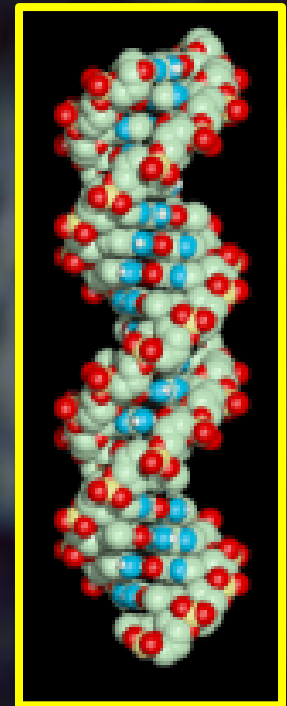
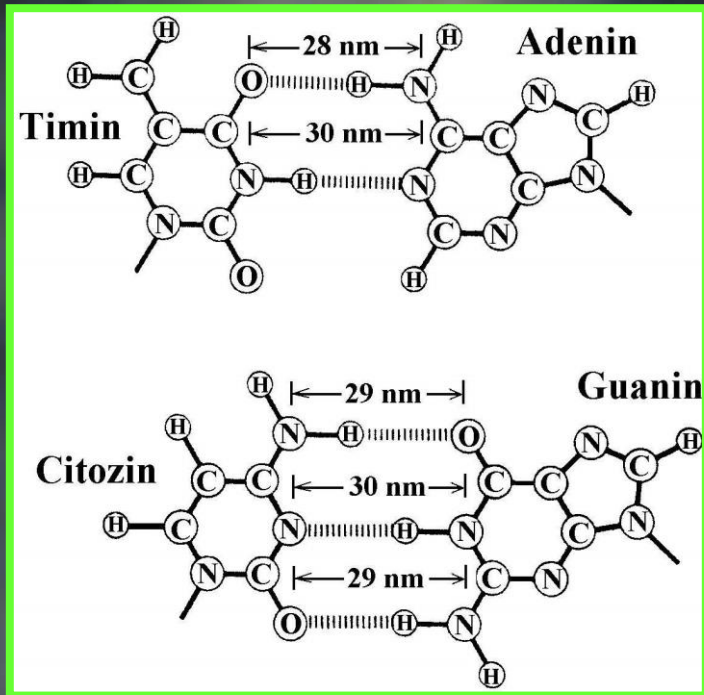
- Broj karakteristika živog entiteta varira od autora do autora.
- Kod definisanja života ne sme se polaziti od hipoteza o konkretnim fizičkim uslovima. Određivanje pojma mora biti funkcionalno.

A.I. Oparin – živu materiju čine složeni molekulski agregati (belančevinasta tela), koja poseduju mogućnost uređene razmene materije sa okolinom.

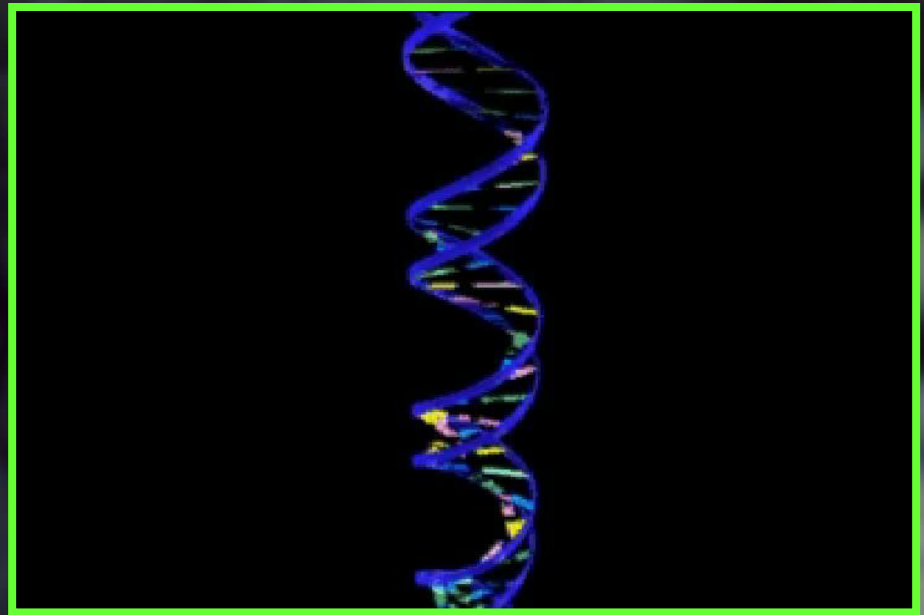


A.A. Ljapunov – kibernetičke postavke života: živa materija je visoko organizovana i stabilna. Reakcijom na spoljašnje uslove, život se adaptira sredini i prilagođava je svojim potrebama. To postiže prenosom informacije.

Za realizaciju stabilnosti – neophodne su zalihe energije, koja se troši i nadoknađuje spolja (razmena energije i entropije). Razmena se reguliše upravljačkim sistemima, koji poseduju informacije od drugih organizama – nasleđivanje.



Na Zemlji organizmi nasleđuju karakteristike pomoću gena – delića hromozoma. **Geni – iz segmenata lanca DNK. On ima formu dvostrukog heliksa – dva lanca od 4 vrste nukleotida (adenin, timin, citozin i guanin).**



Džejm Votson i Frensis Krik (28. 2. 1953.) otkrili su ustrojstvo i ulogu DNK u nasleđu. Do otkrića su došli nakon što su na "čudan" način "dobili" rentgenske snimke DNK, koje su snimili Rozalind Frenklin i Moris Vilkins (oni im nisu dali snimke). Votson, Krik i Vilkins podelili su 1962. godine Nobelovu nagradu. Frenklin je četiri godine pre toga umrla od karcinoma izazvanog radijacijom. U svojoj knjizi "Dvostruki heliks" Votson se "prilično neprimereno" poneo prema njoj, diskreditujući je, čak i kao ženu.

Geni sadrže 1000 do 1500 nukleotida. Svaka "reč" od po tri nukleotida daje specifikaciju pojedine amino kiseline. Nukleinske kiseline su nosioci genetske informacije, jer se redupliciraju. Mutacije u DNK se nasleđuju, a evolucija omogućuje održavanje otpornijih i savršenijih "mutanata".

Svaka vrsta organizama na Zemlji ima karakterističan broj hromozoma. Što je vrsta na višem nivou, građa hromozoma je složenija i ima više gena.

Na Zemlji su samo živi organizmi sposobni da stvaraju biopolimere (nukleinske kiseline i proteine). Njihovo nalaženje je verovatan dokaz postojanja biološke forme.

Manje–više sve definicije života sadrže sledeće elemente:

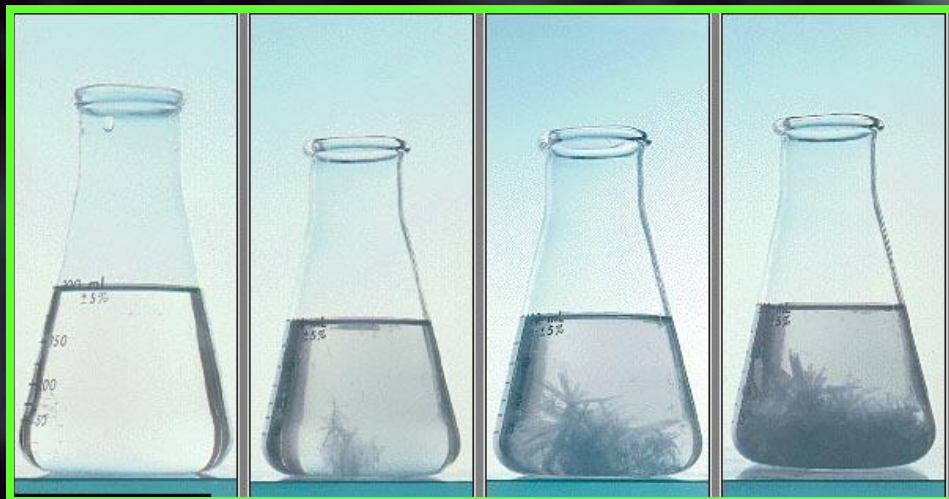
- Razmena energije i materija sa spoljašnjom sredinom
- Rast, razvoj i složenost strukture (jednoćelijska bakterija sadrži 5000 različitih belančevina, a u molekulu insulina postoje dva lanca amino–kiselina sa po 280 biliona i 510 triliona mogućih permutacija lokacije)
- Iritabilitet (osobina organizama da reaguju na promene uslova u spoljašnjoj i unutrašnjoj sredini korišćenjem energije sopstvenog metabolizma)



- Reprodukcija (autoreplikacija i nasleđe)



Međutim, ove osobine (sve, ili bar neke) imaju pojedini rastvori, gline, kristali...

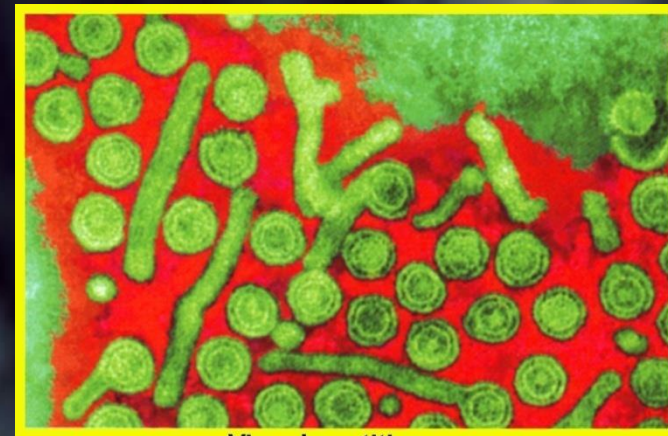
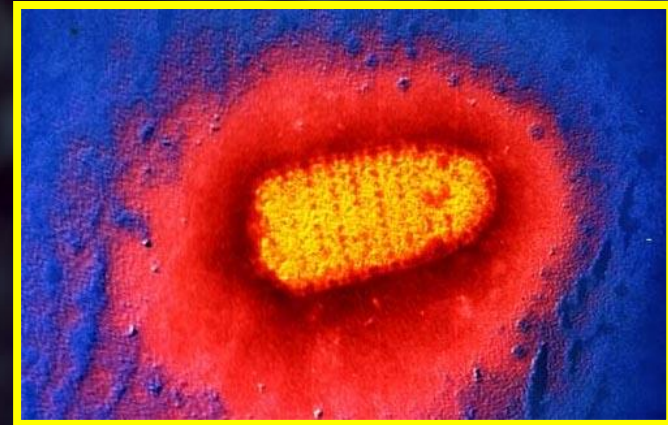
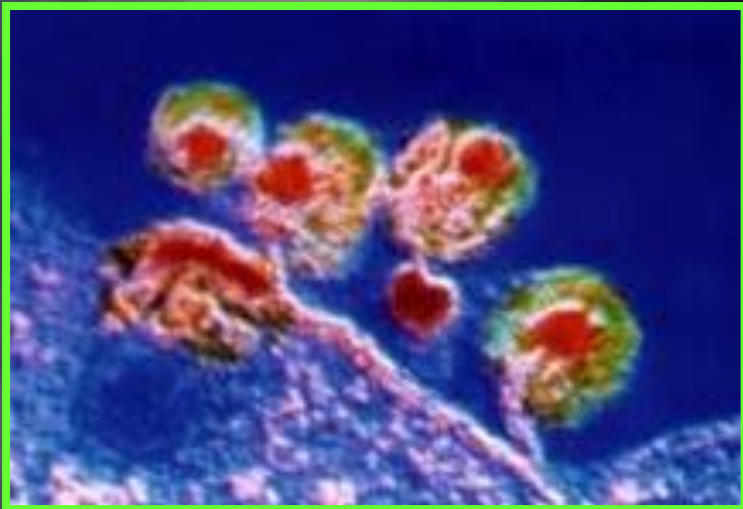
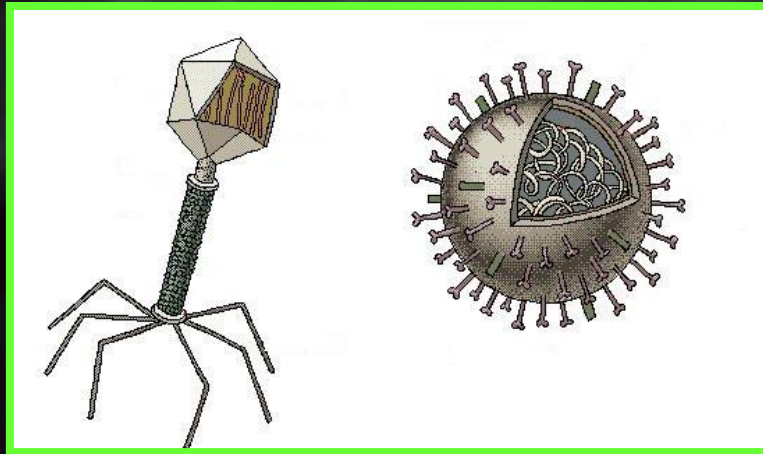


Tako, naprimer, na tvrdnju da živa bića troše energiju postoji i kontra argument da to rade i automobili. Osobinu da sami sebe reprodukuju imaju i neki računarski programi, dok neki živi organizmi to nisu u stanju da rade (npr. mazge i mule ili sterilni organizmi). Rđa se takođe razvija i raste. I računarski virusi sadrže informaciju koju prenose dalje. Čak i vatra ima neke od tih karakteristike (razmenjuje materiju i energiju sa okolinom, umnožava se, itd). Za njih ne bismo mogli da kažemo da predstavljaju život!



Pol Dejvis (*"Peto čudo"*) ističe da život poseduje različita svojstva među kojima ni jedno ne definiše život kao takav, ali se mnoga od njih sreću kod materije za koju se saigurnošću može tvrditi da nije živa.

Virusi – primeri verovatno najjednostavnijeg oblika života. Praćelijske (acelularne) su strukture, a životne funkcije im se ispoljavaju tek kada su u živoj ćeliji drugih organizma.



Očigledno: granica između "živog" i "neživog" nije jasna. Zaključak o životu ne može da se donese samo na osnovu jednog entiteta. Mora da se ispita mnoštvo objekata u prostoru i nakon njihovog praćenja u vremenu.

Postoje čisti slučajevi: jasno određeni "živi" i "neživi" entiteti. Pritom, treba dati odgovor na logično pitanje: u kojoj meri život može biti jednostavan, a da ga ipak nazivamo životom?

Možda je jedina prava definicija života:

Svako intuitivno zna šta je život!

U živim sistemima odigrava se proces izgradnje sve složenijih i funkcionalno uređenijih struktura (proces generisanja veće uređenosti iz manje). Neki autori to nazivaju negentropijom (E. Šredinger), a neki sintropijom (A. Sent–Derdi).

Da li se fenomen života kosi sa osnovnim dinamičkim zakonima, pre svega II principom termodinamike?

Šredinger: samo je prividno tako! U razmeni “neuređenosti” između živih organizama i neživog ambijenta ukupna entropija ipak raste. **Život je sistem koji invertuje prirodni rast entropije. Po njemu to je osnovni proces koji stanje života odvaja od stanja smrti.**

Astrofizička determinisanost *nastanka života*

Bez obzira na morfološke razlike mogućih živih entiteta i različitost uslova u Kosmosu, logično je da postoje zajednički minimalni kriterijumi za nastanak života.

Svi oni moraju da budu istovremeno zadovoljeni.

– Za nastanak života neophodna je tečna sredina

Sinteza složenih bioloških molekula zahteva snabdevanje "sirovim materijalom" i dotok slobodne energije. Proces repliciranja mora da bude relativno brz (ako je 10–100 puta sporiji od zemaljskog ne bi bilo vremena za stvaranje organizama višeg reda složenosti).

U sistemu zasnovanom na čvrstom stanju hemijske reakcije se događaju, ali su izuzetno spore zbog slabe pokretljivosti čestica.

Pri formiranju velikih bioloških molekula deluju molekulske sile čiji domet nije veliki. Zato je za njihovu sintezu potrebna visoka koncentracija konstituenata. Kod razređenih gasova ona je mala, pa su reakcije sinteze retke. Kod gasova sa visokim pritiscima, zbog visokih temperatura, sudari čestica dovode do disocijacije "velikih" molekula. Sistem zasnovan na čisto gasnoj fazi, sa stanovišta života, nije prihvatljiv.

U gasnim plazmama i u unutrašnjosti zvezda život nije moguć zbog nestabilnosti formi i visokih temperatura.



Najpodesniji je tečni omotač planeta. On dopušta visoke koncentracije rastvorenih jedinjenja i ne ograničava pokretljivost molekula. **U njemu mogu biti rastvoreni jednostavniji organski molekuli.** U tečnosti je veća pokretljivost molekula i bolja zaštita od visokoenergetskih (npr. UV) fotona matične zvezde.

Na Zemlji se praktično sve hemijske reakcije vezane za život odvijaju u vodi. **Oko 70% ljudskog organizma čini voda.** Njena značajna osobina je da je u tečnom stanju u širokom temperaturnom intervalu.



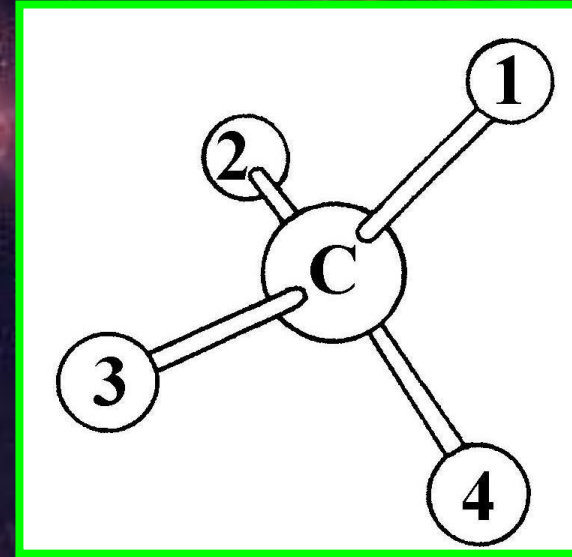
Za termoregulaciju je bitno što je njen toplotni kapacitet visok i što joj je, pri normalnom pritisku, visoka temperatura ključanja. Molekuli su joj polarni. Dobar je ("univerzalni") rastvarač, što je od izuzetnog značaja za formiranje života.

Osim vode, najpogodniji tečni omotači i dobri rastvarači su i amonijak, etan ili metil-alkohol. Oni su tečni u širokom temperaturnom intervalu, ali na nižim temperaturama, a tada su molekuli slabo pokretljivi i reakcije sinteze su teže ostvarljive. Voda je u Kosmosu od njih zastupljenija i bolji je rastvarač. Amonijak je građen od elemenata koji se često sreću u kosmosu (N i H). Molekul mu je polaran. Dobar je organski rastvarač. Za izgradnju života je manje podesan od vode: gradi znatno slabije vodonične veze, pri normalnom pritisku tečan je na niskim temperaturama (od -80 do -30 °C).



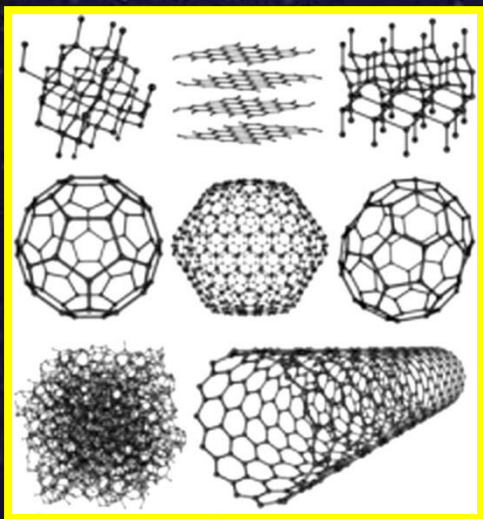
– Život mora da bude zasnovan na elementima koji mogu da grade veliki broj složenih jedinjenja

S obzirom na neophodnu složenost bioloških molekula, život mora da se bazira na atomima koji mogu da grade veliki broj veza i dugačke molekulske lance. **Pogodni su četvorovalentni atomi.** Najpogodniji vid života je na bazi ugljenika rastvorenog u vodi.



Ugljenik je po zastupljenosti na Zemlji tek na 15. mestu (0.048%), ali je zato na 4. mestu po rasprostranjenosti u Kosmosu. Na Zemlji ga ima najviše u njenoj kori i to u obliku karbonata u količinama koje su npr. stotinama puta manje od silikata. Međutim, izuzetno je aktivan u procesima stvaranja molekula i na njemu se zasniva život na našoj planeti. Osnovni je element za izgradnju amino–kiselina, šećera, lipida.

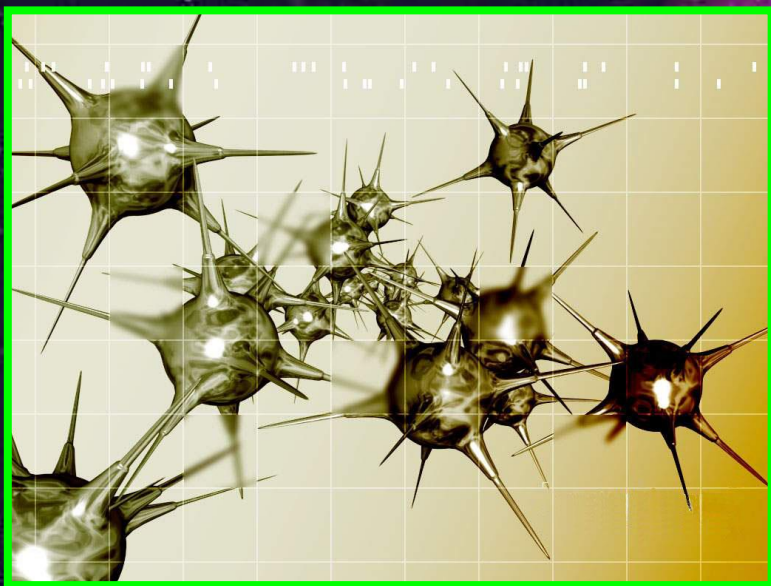
Lako se vezuje sa drugim atomima, a energije tih veza su relativno male, tako da se spojevi njegovih atoma npr. sa O , H ili samim sobom lako raskidaju i lako stvaraju prilikom sudara atoma. To je presudno za metaboličke procese u kojima se oslobađa energija neophodna za funkcionisanje života.



Ugljenik je jedan od retkih elemenata koji može da gradi proste, dvostruke ili trostruke hemijske veze sa različitim elementima (N , H , O). Može da formira dugačke polimerske molekule, što je preduslov za stvaranje složenih sistema kao što je život. Trenutno se zna za preko 20 miliona organskih jedinjenja, dok ostali elementi grade oko 200 000 (neorganskih) jedinjenja.

Prema principu Okamove oštrice (odbacivanja komplikovanih i izbora najjednostavnijih rešenja) logično je što je priroda kao najlakši put "odabrala" ugljenik za osnovni gradivni element života.

Podesan i dosta raširen je silicijum. Sa kiseonikom i nekim bazama gradi silikate. Većina tih jedinjenja ima komplikovane trodimenzionalne strukture (kristalne ili pseudokristalne). Veze u ovim jedinjenjima su jake. Zemljina kora sastoji se od stena koje su u velikoj meri sačinjene od Si i O . Oni su čvrsto vezani i u takvom stanju traju milionima godina i ne učestvuju u građenju novih molekula. U tom smislu, silicijumska jedinjenja nisu pogodna za prirodnu selekciju.



Na Zemlji je silicijum zastupljeniji od ugljenika, ali ovaj ipak ima osnovnu ulogu u izgrađivanju života.

“Stakleni” život je, po svemu sudeći, manje verovatan od “ugljeničnog”.



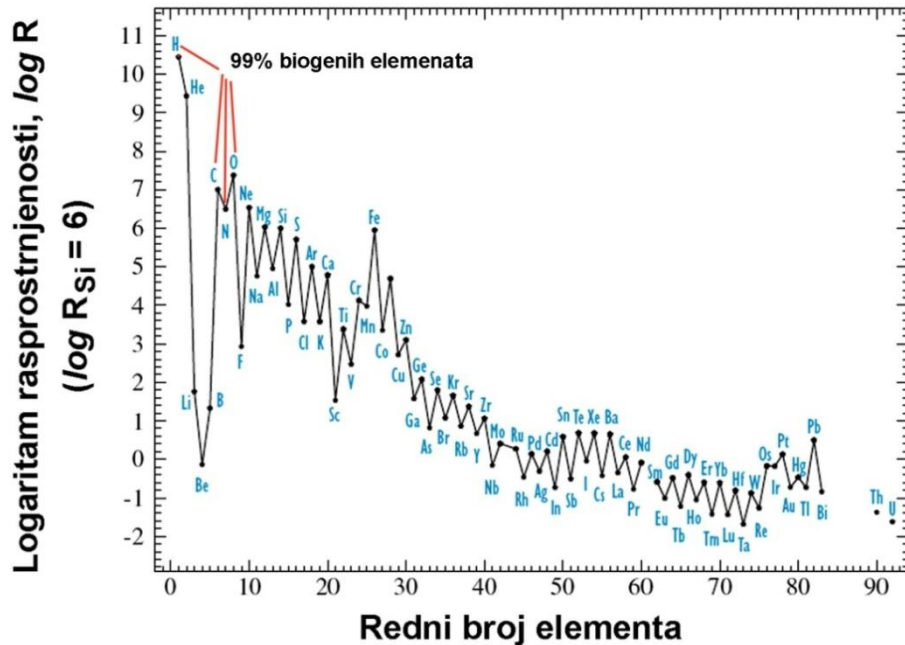
Ovoj grupi elemenata pripada i germanijum, ali se on retko sreće u Kosmosu, pa je malo verovatno da se život može bazirati na njemu.

U sastav živih entiteta ulaze i atomi drugih elemenata – biogeni elementi (*H, O, N, P, Fe, Na, Ca, Mg, S...*). Od 92 prirodna elementa, 25 je od značaja za život na Zemlji.

Makroelementi su biogeni elementi kojih ima najviše u živim organizmima (*O, H, C, N, Ca, S, P, K, ...*). Mikroelementa ima u znatno manjim količinama, ali su neophodni za normalno odvijanje životnih procesa (*Cu, Br, Mn, F, Fe, J, ...*).

Interesantno je da se na našoj planeti živa materija sa oko 99% sastoji od 4 elementa: *C, H, O* i *N*. U ljudskom organizmu na ove elemente otpada preko 96% materije. Pored pomenuta 4 elementa, za život na Zemlji bitni su *P* i *S*. Fosfor ulazi u sastav DNA i RNA, jedinjenja koja su u osnovi zemaljskog života. Tako je adenozintrifosfat značajan za transfer energije među ćelijama, a fosfolipidi ulaze u sastav ćelijskih membrana.

Rasprostranjenost hemijskih elemenata u Sunčevom sistemu

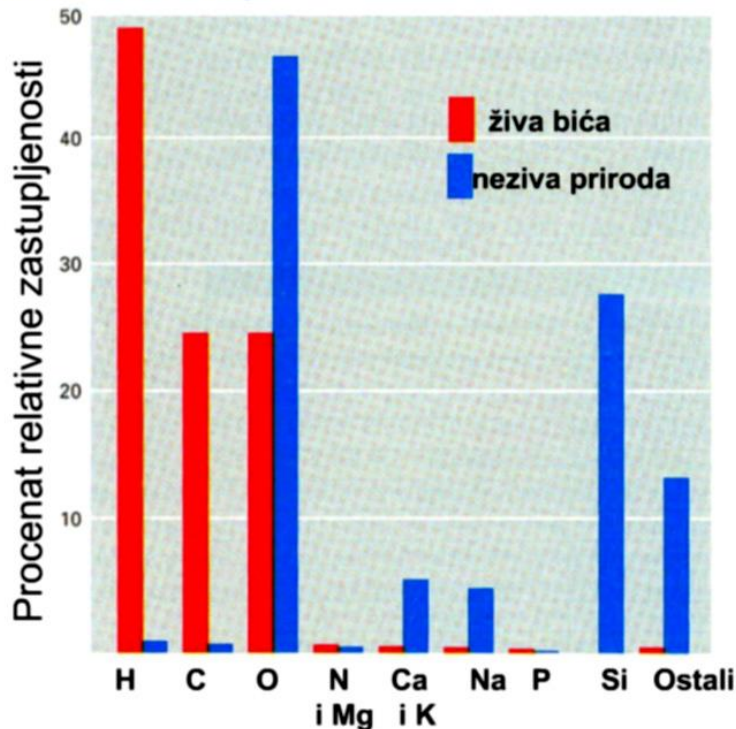


Rasprostranjenost H i He je 90% i 9% po brojnosti, a 70% i 28% po masi

Ovi "životodavni" elementi (C , H , O i N) spadaju u 6 najprisutnijih elemenata u Kosmosu. Preostala dva su inertni gasovi He i Ne, koji sa drugim elementima reaguju samo u ekstremnim uslovima temperature i pritiska. To što je život na Zemlji sazdan od 4 najčešća elementa u Vasioni, ukazuje da naš svet nije ništa izuzetno (*"kopernikanski princip"*).

Očekuje se da će život na drugim svetovima biti sazdan od istih elemenata kao i na Zemlji i da se život može naći na više mesta u Kosmosu, na kojima nema nekih štetnih supstanci i zračenja i gde je podnošljiva "životna" sredina.

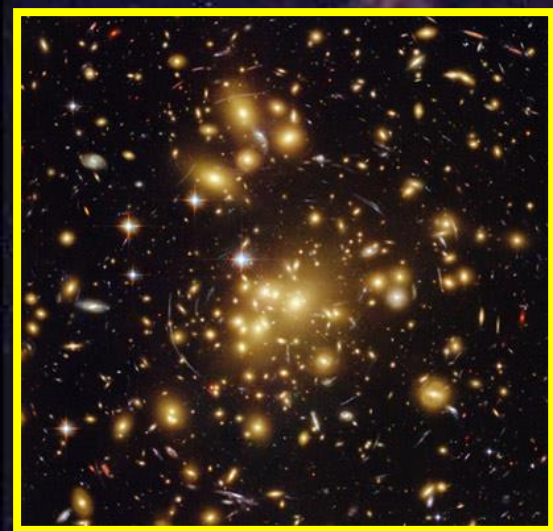
Zastupljenost nekih hemijskih elemenata u neživom svetu (Zemljina kora) u poređenju sa njihovim zastupljenostima u tkivima životinja



Sa druge strane, Zemlja je uglavnom sazdana od *O, Fe, Si, Ni, Mg* (a u površinskom sloju od *O, Si, Fe* i *Al*). Samo jedan od ovih elemenata (*O*) pripada onima od kojih je u najvećoj meri sačinjen život, a koji je među najzastupljenijima u Kosmosu, ali i na Zemlji (po masi 46.60% u njenoj kori).

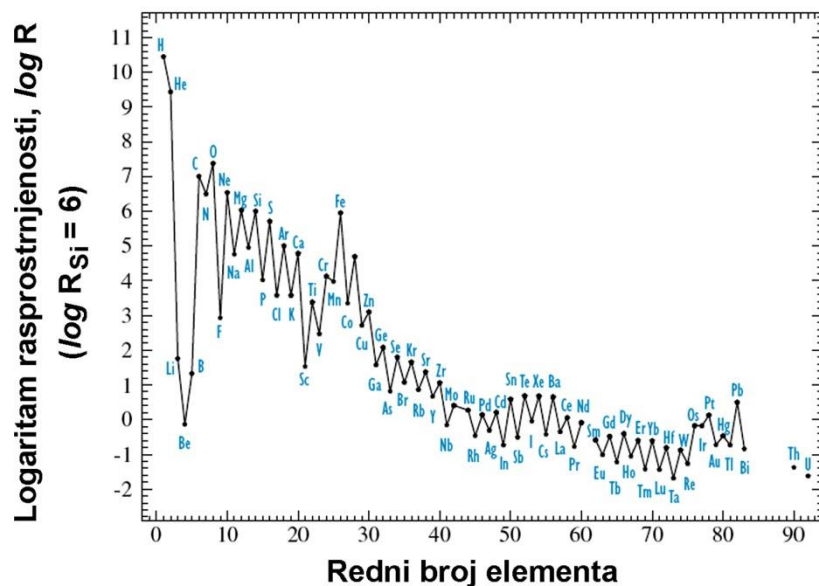
Ostali "životodavni" elementi su za razliku od Kosmosa na Zemlji vrlo malo zastupljeni. Npr. u Zemljinoj kori, po masi, ugljenika ima svega 0.020%, a vodonika 0.14%. To znači da zastupljenost hemijskih elemenata u zemaljskom životu više odgovara sastavu zvezda nego sastavu Zemlje.

Ova činjenica, uz uslov da složeni biološki organizmi zahtevaju istovremeno ispunjenje brojnih astrofizičkih i geoloških preduslova, naveli su neke autore (Piter Vard, Donald Braunli) da uvedu tzv. "*hipotezu o retkoj Zemlji*". Prema ovoj hipotezi planete na kojima je moguć život sreću se izuzetno retko u Kosmosu. Ovakva hipoteza je antipod kopernikanskom principu, čiji su veliki pobornici Karl Segan i Frenk Drejk, po kojem je život, pa i onaj složeni kosmička neminovnost koja se vrlo često sreće. Obe terije imaju svoje argumente i kontraargumente, a njihov rezultat su drastične razlike u pogledu broja civilizacija koje postoje u Kosmosu.



Treba reći da je rasprostranjenost hemijskih elemenata (nukleotida) u Vasioni utvrđena je prema podacima dobijenim 1) na osnovu istraživanja sastava uzoraka zemaljskog, meteoritskog, lunarnog i kometskog materijala, 2) na osnovu izučavanja spektara elektromagnetnog zračenja Sunca, zvezda i međuzvezdane sredine, 3) na osnovu određivanja sadržaja nukleotida u solarnim i galaktičkim kosmičkim zracima.

Rasprostranjenost hemijskih elemenata u Sunčevom sistemu

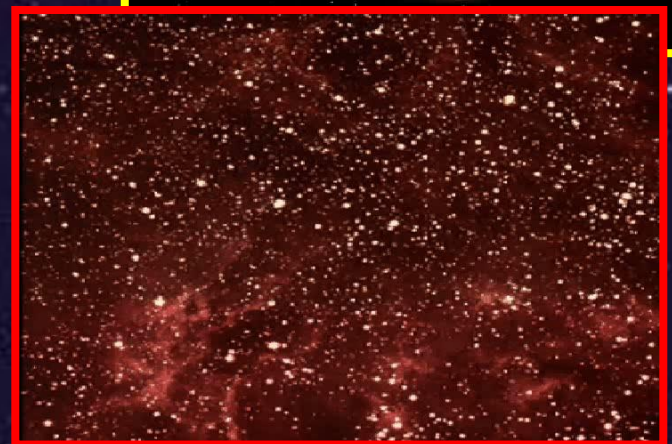
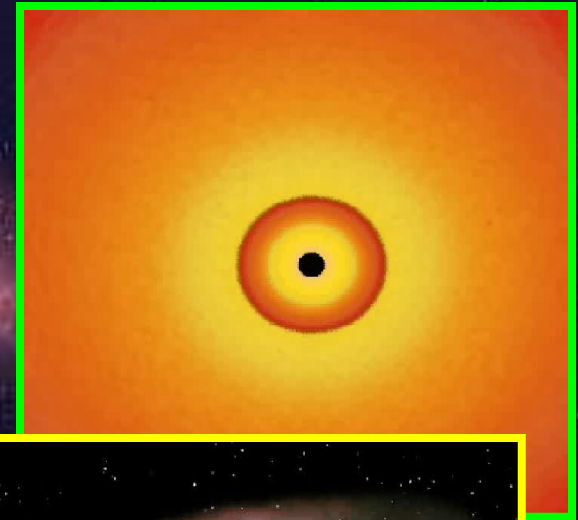


Rasprostranjenost H i He je 90% i 9% po brojnosti, a 70% i 28% po masi

Podaci pokazuju da je u Kosmosu najrasprostranjeniji vodonik, a za red veličine je manje helijuma (imaju u osnovi primordijalni kosmološki nastanak). Rasprostranjenost nukleotida brzo pada sa rastom masenog broja elementa. Izotopski sastav je dobro proučen samo za Sunčev sistem (pre svega preko meteorita).

S obzirom da se život mora da bazira na složenim molekulima, jasno je da osim osnovnih elementa u njihov sastav moraju da uđu i teži elementi.

Atomi "teži" od gvožđa javljaju se kod "recikliranih" zvezda (u Mlečnom putu oko galaktičkog diska). Teži elementi mogu poticati od eksplozija supernovih zvezda (r -procesi) i oni se ugrađuju na svom putu u oblake gasa od kojih će se tek formirati zvezde. Prisustvo težih elemenata u živim organizmima sužava broj nastanjenih svetova, jer se ovi elementi ne nalaze baš u svakoj zvezdi.





Uopšte, spiralne galaksije su pogodne za nastanak života zbog visoke metaličnosti mnoštva njihovih zvezda.

Eliptične i patuljaste galaksije su niske metaličnosti, a pored toga potpuno su lišene radioaktivnih r -elemenata.



Mlečni Put

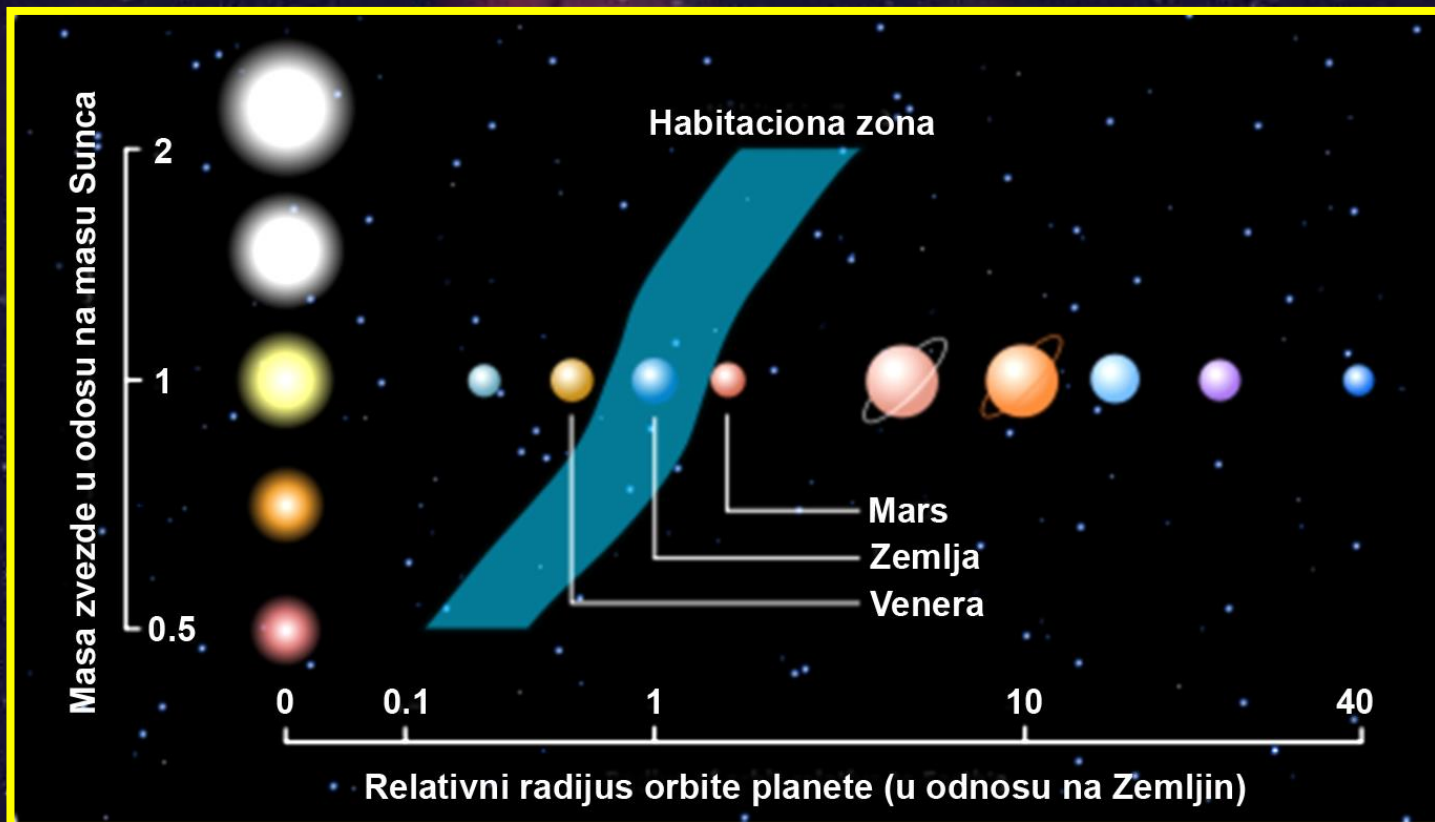
U spiralnim diskovima postoji kontinuirano formiranje zvezda, što omogućuje nastanak *Populacije I* (mlade zvezde visoke metaličnosti).

Analize ukazuju da starije zvezde koje pripadaju galaktičkom halou ili su u kuglastim jatima naše Galaksije sadrže $10-10^3$ puta manje koncentracije težih elemenata od koncentracija u Sunčevom sistemu. Na osnovu prisustva znatno težih elemenata od gvožđa (radioaktivni uranijum i torijum, koji se raspadaju nepromenljivom brzinom) kod najstarijih zvezda u halou, utvrđeno je da je Galaksija stara oko 13.2 milijardi godina, što se podudara sa procenom na osnovu zbijenih zvezdanih jata. Novija otkrića (2013.) ukazuju da je starost najstarije zvezde u Galaksiji 13.6 milijardi god. To je zvezda SMSS J031300.36–670839.3 koja je od Sunca udaljena oko 6000 sg

Nastanjiva (habitaciona) zona (ekosfera) zvezde

To 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.**

Nastanjive zone za toplije zvezde su dalje od zvezde, ali su i šire, jer su toplije zvezde sjajnije i luminoznije.

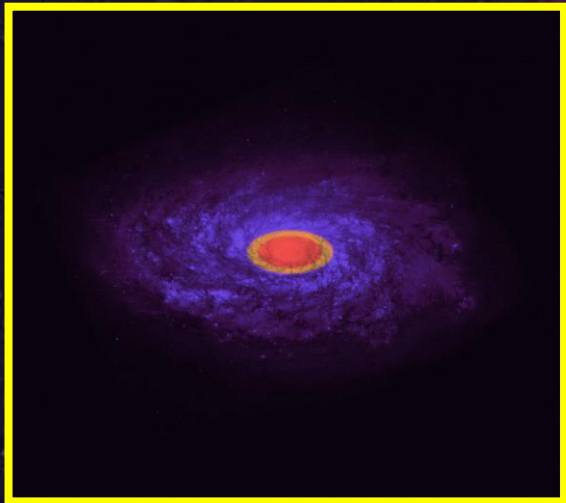


Od 2001. g. sreće se pojam galaktičke habitacione zone (GHZ). Njenu spoljašnju granicu određuje gradijent metaličnosti. Unutrašnja granica određena je dinamičkom stabilnošću, kao i učestanošću supernovih i γ -bleskova, koji su "ubitačni" po život. Oko galaktičkog jezgra veliki je broj zvezda u kojima su u fuziji stvoreni teži elementi. Tamo su češće eksplozije supernovih. Udarni talasi nastali prilikom njihovih eksplozija šire se, noseći brze čestice i teže elemente. U sudarima sa česticama gasa i prašine u džinovskim oblacima nastaju još teži elementi. Zato u zvezdama druge i novijih generacija koje su nastale u ovim oblacima ima težih elemenata.

Blizu Sunca (između središta i ruba galaktičkog diska) mnoge novonastale zvezde poseduju diskove gasa i prašine iz kojih se formiraju planete bogate teškim elementima.

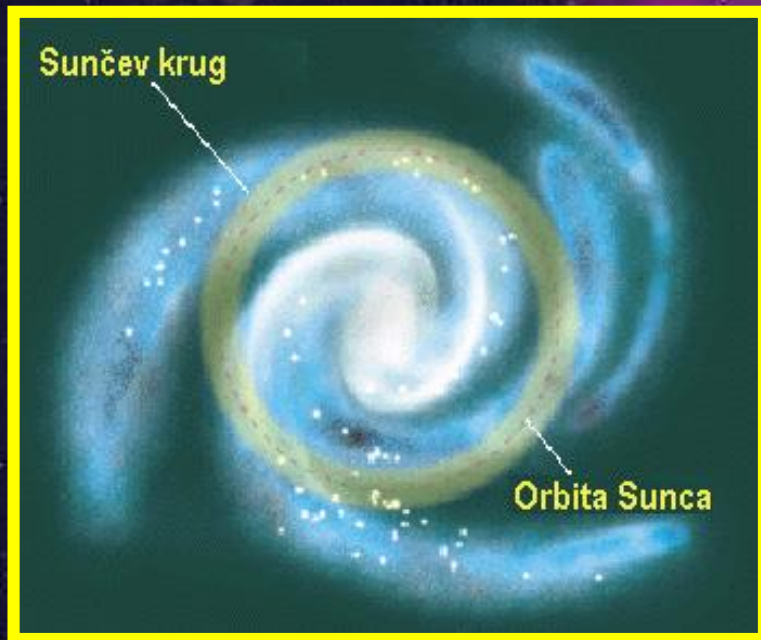
Prema rubu galaksije smanjuje se broj supernovih, pa je i težih elem. manje. Zbog neophodne metaličnosti, trajno nastanjiva zona zvezde mora da se nađe u GHZ.

Zvezde u halou su stare, pa zvezde nastale nešto pre njih nisu stigle da "proizvedu" teže elemente i da eksplodiraju kao supernove. Zvezda u halou ima samo 3% od količine gvožđa u Suncu.



Da bi se život formirao u planetarnom sistemu matična zvezda treba dugo da ostane u GHZ, što znači da treba da ima kružnu putanju oko središta galaksije (u slučaju Mlečnog puta radijus njene putanje treba da je 7–9 kpc).

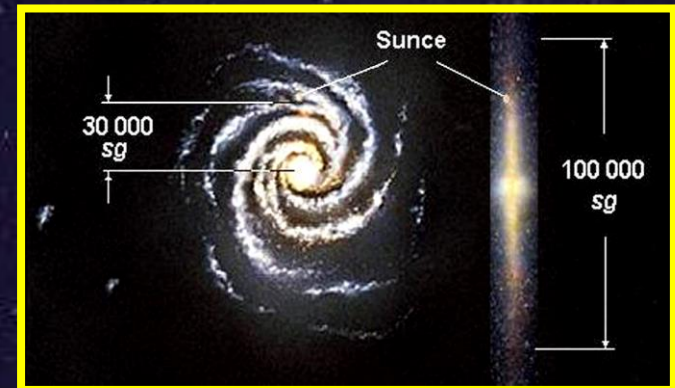
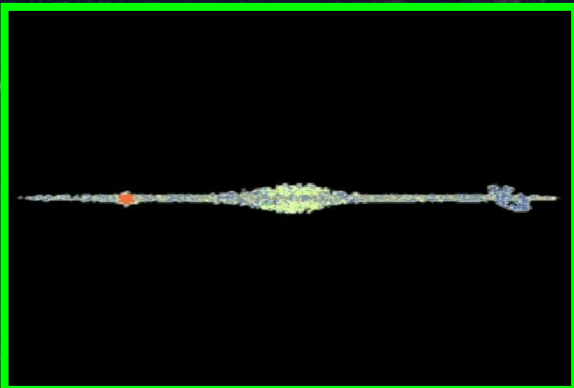
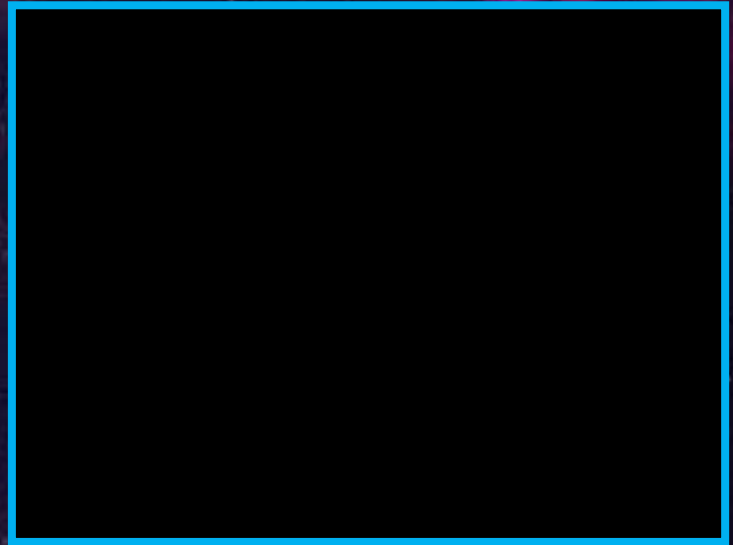
Tačne kvantitativne granice GHZ naše Galaksije nisu još određene. Nije poznato ni koliki deo zvezdane populacije Mlečnog puta leži u GHZ; neke procene sugerišu da ih je oko 10–20%, dok Gonzales tvrdi da ih je svega 5%. Smatra se da se u GHZ Mlečnog puta nalazi 20–40 milijardi zvezda.



– Život ne može nastati oko zvezda u blizini jezgara galaksija

U blizini jezgara galaksija je velika koncentracija zvezda (kod Mlečnog puta u središtu je milion zvezda u kubnom parseku, a na mestu Sunca je jedna zvezda u osam kubnih parseka).

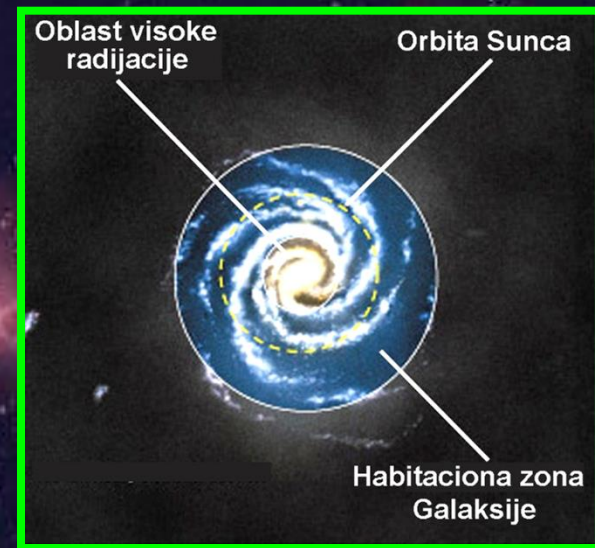
U blizini galaktičkog jezgra intenzitet svih oblika zračenja (čestičnog i elektromagnetnog) je "ubitačan", jer ono razbija sve makromolekule.



Što je manja koncentracija zvezda (što je oblast dalja od galaktičkog centra), to su gravitacione perturbacije planetarnih sistema slabije, pa je i manja mogućnost za katastrofalne udare tela u planete.

Tamo su češće eksplozije supernovih (u Galaksiji se danas događaju 1–2 u veku). Ukoliko bi se desila na udaljenosti od 30 sg od Zemlje njeno korpuskularno i e.m. zračenje moglo bi da uništi život.

γ zračenje supernove ne bi uništilo život na Zemlji, jer ga od tog zračenja štiti atmosfera, ali bi disovali molekuli azota u atmosferi. Atomi azota bi se vezivali za kiseonik, a azotoksid bi pospešio razaranje ozonskog sloja. To bi omogućilo prolazak ubitačnog UV zrač., što bi dovelo do izumiranja života.



Nema pouzdanih dokaza da su u istoriji Zemlje supernove dovodile do masovnih ekstinkcija, ali su možda usporile nastanak inteligentnog života. **Istraživanja pokazuju da unutar oblasti od 60 sg od nas nema zvezde koja će u narednih milion godina eksplodirati kao supernova.**

Gama bleskovi su džinovske eksplozije zvezda pri kojima se za nekoliko sek. izbacuje više energije nego što Sunce emituje za ceo svoj "život". Njihovo zračenje bi sterilisalo sve planete koje bi mu se našle na putu. Danas se oni u Galaksiji dešavaju jednom u 100 miliona god. ali su u ranijim fazama bili češći.



U središtu naše Galaksije, po svemu sudeći, nalazi se gigantska crna rupa, čija je masa, kako se procenjuje, 4 miliona puta veća od mase Sunca.



Snimak središta Galaksije (oblast Sgr A*) napravljen pomoću X-ray opservatorije Čandra (NASA). Crveni usijani oblaci gasa (22 miliona stepeni) potiču od davnih erupcija prilikom pada materije u džinovsku centralnu rupu mase oko 4 miliona Sunčevih masa.

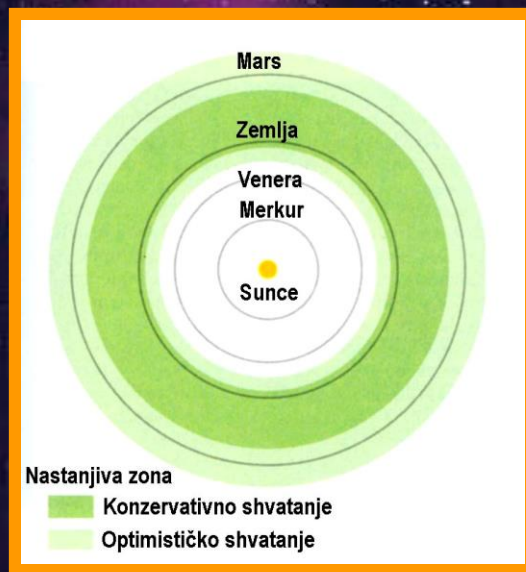


Apsurdno je očekivati da bilo šta može da živi i pored mnogo manje, a kamoli džinovske crne rupe.

Crna rupa koja slučajno zaluta u planetarni sistem može da proguta sve planete i život na njima. Prema nekim procenama oko milion crnih rupa "luta" Galaksijom.

–U nastanjivoj zoni temperatura mora da bude u određenom intervalu koji omogućuje postojanje života

Ukoliko se radi o vodenom omotaču temperatura treba da se kreće između 0 i 100°C. U slučaju viših pritisaka temperature mogu da budu i preko 100°C.



Nastanjiva zona u Sunčevom sistemu obuhvata Zemlju, a po optimističkim procenama u njoj leži i Mars.

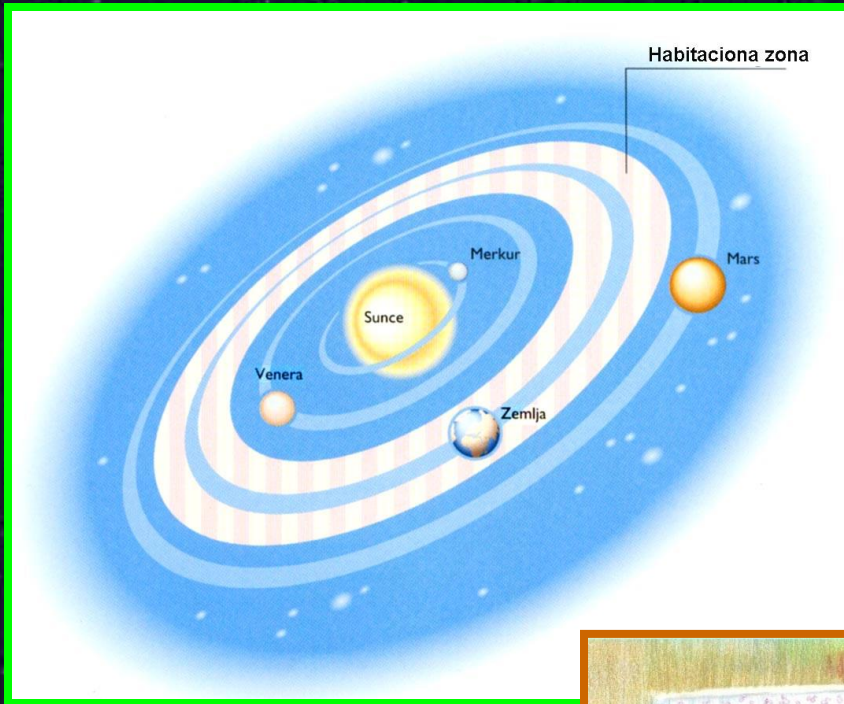
Suviše toplo,
voda isparava,
nemoguće ukloniti CO₂



Suviše hladno, ako se
zagreva viškom CO₂
on formira oblake i blokira
Sunčevo zračenje

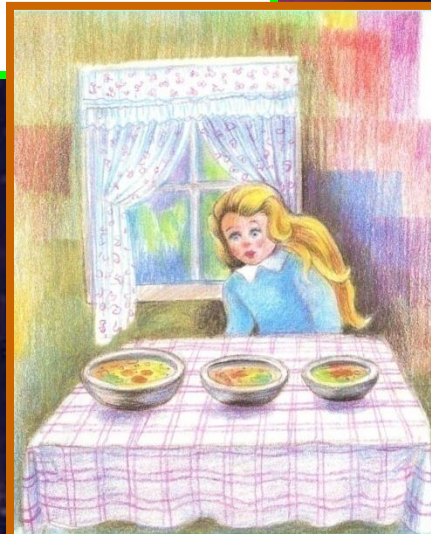
Baš kako treba,
stabilna temperatura
na oko 273 K (tečna voda)

Cirkumstelarna nastanjiva zona



Zemlja je Zlatokosa planeta. U bajci, devojčici, koja se zvala Zlatokosa, u kućici tri medveda odgovarala je kaša ni previše hladna, ni previše topla, krevet ni previše veliki, ni previše tvrd, stolica ni previše visoka, ni suviše mala,...

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.

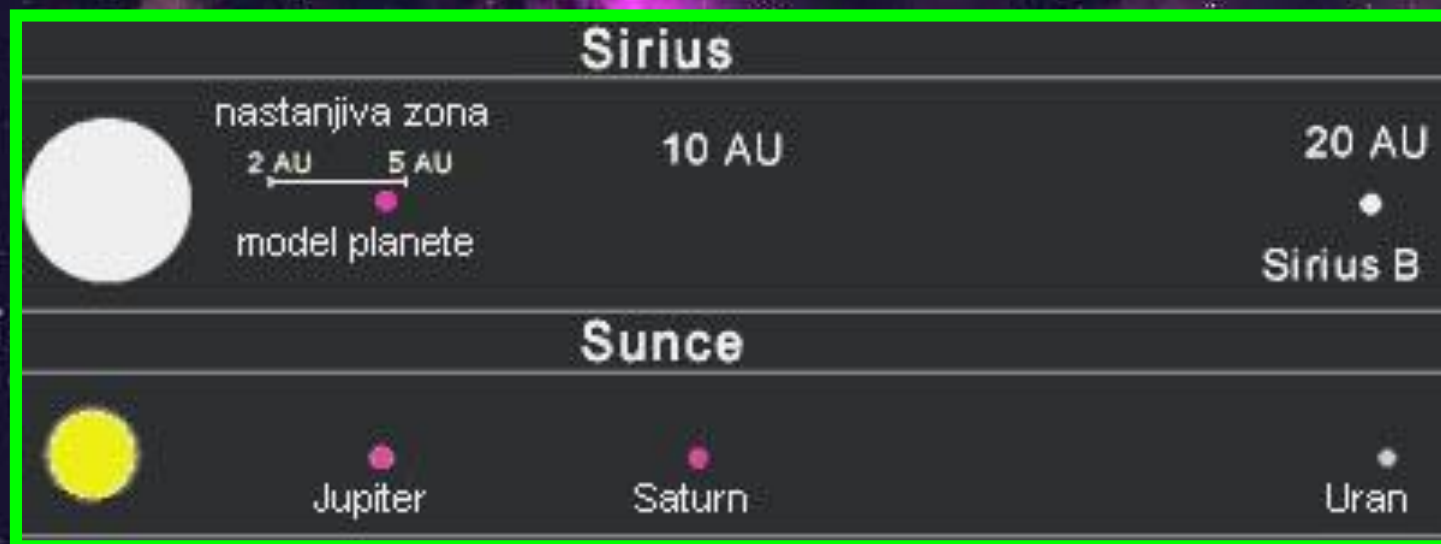




U tu priču o zlatokosoj planeti uklapa se *Gaia hipoteza* o Zemlji kao živom organizmu koji održava stanje neohodno za njen opstanak. Hipoteza je formulisana kasnih 70-tih XX veka, mada su njeni koreni još raniji (Džejms Haton – Zemlja je superorganizam). Njene sfere: atmo-, hidro-, lito- i bio- su izbalansirane i nalaze se u stanju **homeostaze** – ravnoteže koja omogućuje funkcionisanje organizma.

Tvorac hipoteze Džejms Lavlok navodi primere planetne ravnoteže kao dokaz da Zemlja ima odlike živog sistema. Npr. koncentracija kiseonika stabilizovala se na 21%, površinska temperatura održava se u intervalu 15–35°C. Svako značajnije odstupanje od ovih vrednosti ugrozilo bi život na Zemlji. Ona je elastičan i prilagodljiv živi entitet.

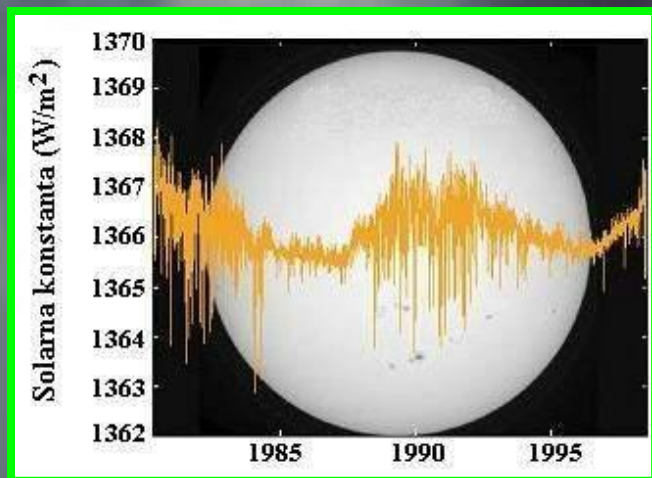
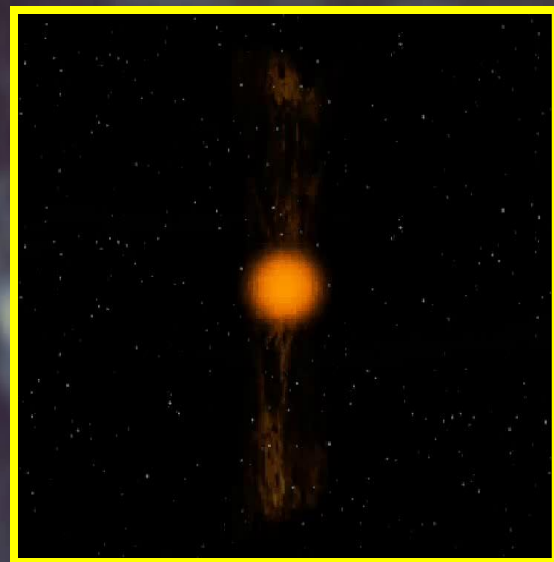
Nastanjive zone oko bliskih zvezda



– Zračenje matične zvezde treba da omogući dovoljnu pokretljivost čestica i odvijanje hemijskih reakcija.

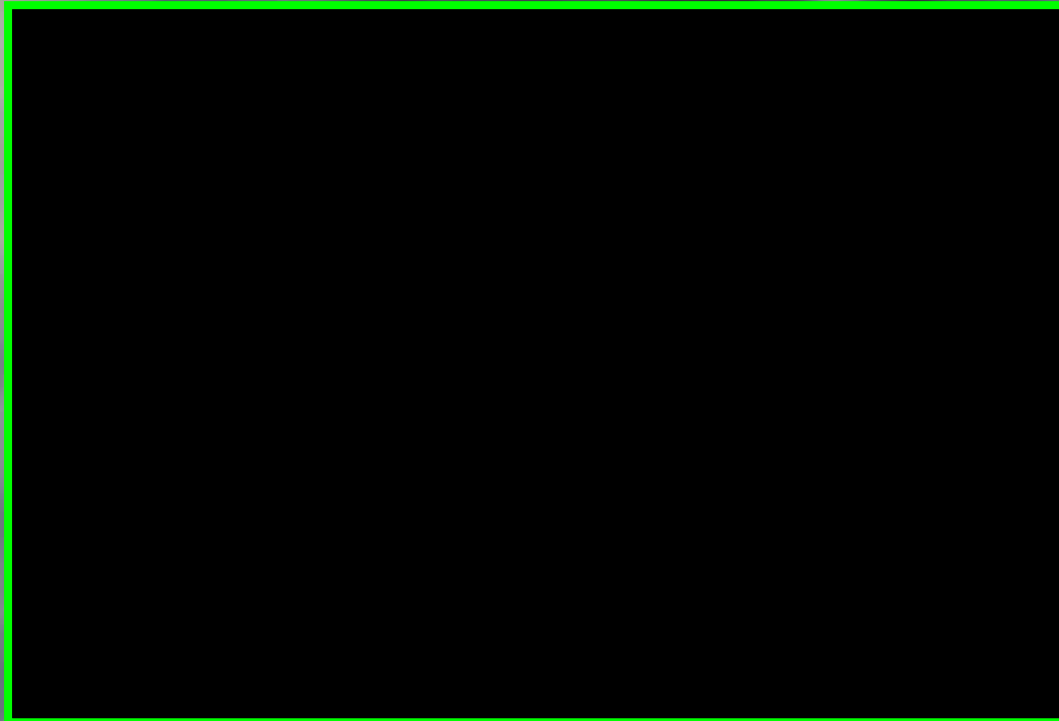
Za nastanak i opstanak života zračenje mora da bude stabilno u dužem periodu (po više stotina miliona godina).

Oko promenljivih zvezda ne može se očekivati život.



U slučaju naše zvezde, solarna konstanta ima varijacije od svega 0.1%. Sunčeva aktivnost ne utiče bitno na nivo energije koja dospeva do nas.

Planeta ne sme da bude suviše blizu zvezde, ne samo zbog pregrevanja. Zbog plimskih talasa, rotacija planete bi vremenom postala sinhronizovana, što dovodi do osvetljavanja i zagrevanja samo jedne strane planete, dok je druga strana planete stalno okrenuta prema hladnom kosmosu.



– Život može da nastane samo oko zvezda određenih klasa

Za evoluciju živih organizama od najprostijih do najsloženijih potrebni su ogromni vremenski intervali (statistički karakter mutacija i prirodne selekcije).

Za formiranje viših oblika života potrebno je da matična zvezda što duže vremena provede u stabilnoj fazi evolucije. Tada se njena luminoznost ne menja, što omogućuje dugotrajno ujednačene uslove za nastanak i razvoj života na planeti optimalno udaljenoj od zvezde.



Vreme koje zvezda provede u stabilnoj fazi dato je izrazom:

$$t_{gn} = 10^{10} \left(M_0 / M \right)^3$$

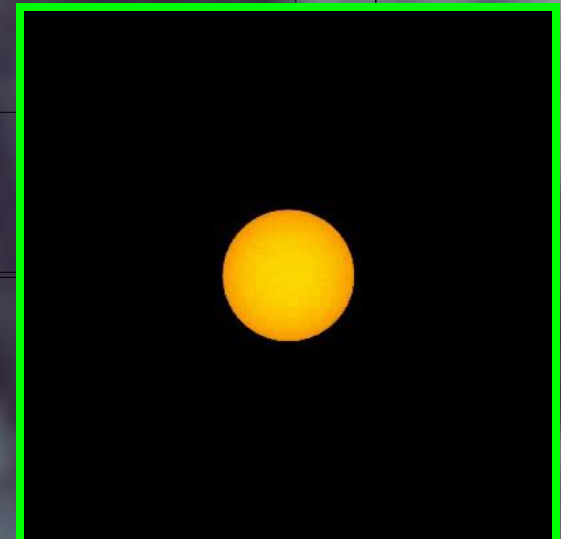
M_0 je masa Sunca, M masa razmatrane zvezde. Masivnija zvezda brže troši fuziono gorivo i životni vek u “zlatnom dobu” joj je kraći (za $M=1.4M_0$ je t_{gn} oko 3.6 milijardi, a za $M=10M_0$ svega 100 miliona godina). Sunce je staro nešto manje od 5 milijardi godina, a u stabilnoj fazi biće još najmanje toliko. Zemljina kora je očvrsla pre 3.9 milijardi godina. Po svemu sudeći život na Zemlji nastao je pre 3.85 milijardi godina (starost sedimentne stene *klinopiraksen* na Grenlandu – u njoj je bilo života). Život se na Zemlji formirao dosta brzo.

Razvijeniji oblik života moguć je samo oko "starijih" mladih zvezda *I populacije* (čija je spektralna klasa starija od F0).

Oko zvezda prve generacije (subpatuljci) ne treba očekivati život, jer težih elemenata na njima ima vrlo malo.

Evolucija zvezda zavisi od njihove mase, ali u osnovnom odvija se po šemi: gasni oblak–protozvezda–stabilna zvezda–crveni džin–beli patuljak ili neutronska zvezda (crna rupa).

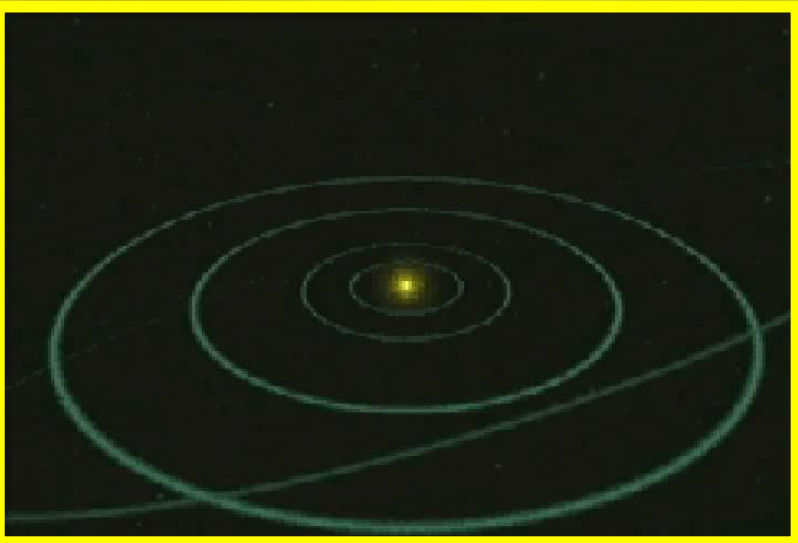
Nakon sagorevanja vodonika u jezgru, zvezda se "naduvava" i postaje crveni džin. U jezgru tada nema fuzionih reakcija.



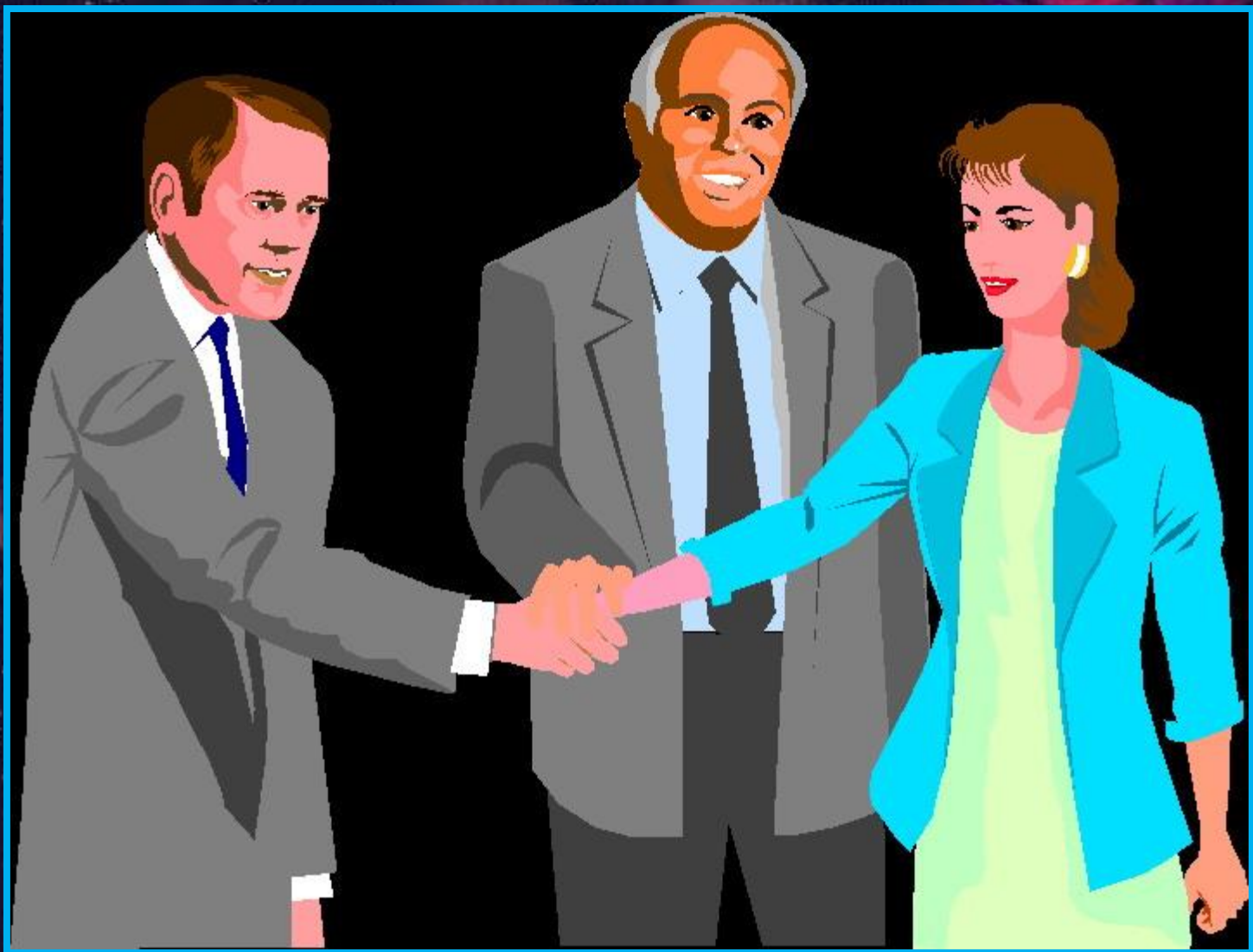
U fazi crvenog džina zvezda može da proguta planete u nastanjivoj zoni.

Smatra se da će Sunce tada progutati Merkur, a po nekim proračunima možda će dosegnuti i do Marsa.

To ujedno znači i kraj mogućeg života na tim planetama.



Paauza!



Međutim, novija istraživanja ukazuju da stvari stoje možda malo drugačije. Čini se da su ograničenja za postojanje života mnogo elastičnija, nego što se to mislilo. Na to ukazuje postojanje mnogih ekstremofilnih vrsta.

Ekstremofili – oblici života koji egzistiraju u ekstremnim fizičkim i geohemijskim uslovima.



Brojni su primeri ekstremofilnih oblika života na Zemlji.

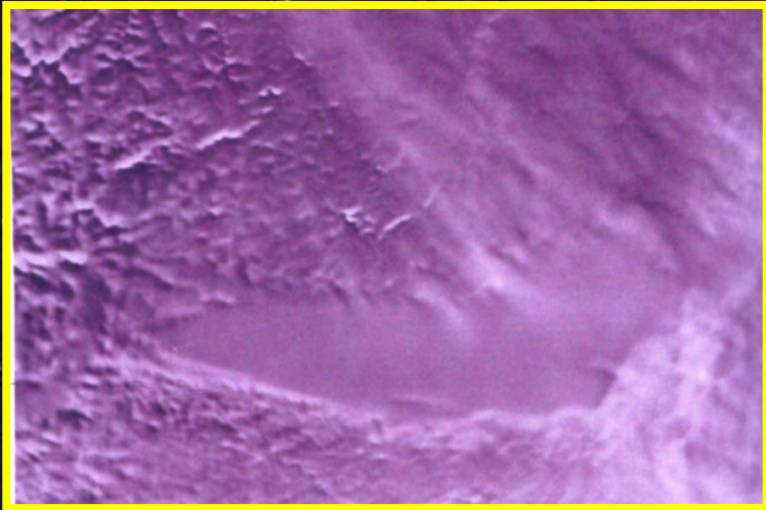
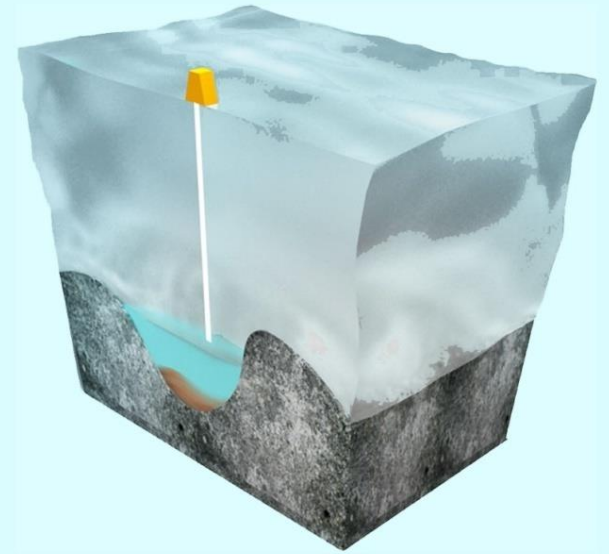
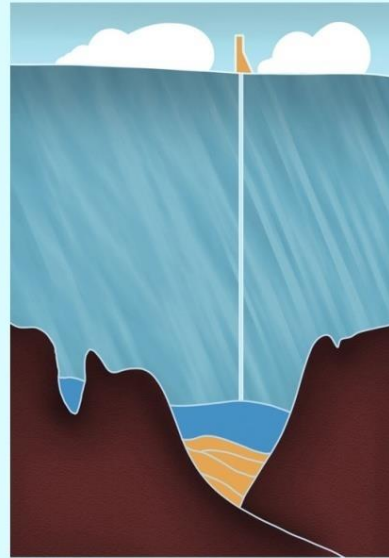
S.S. Abizov, R. Huver – Neki oblici već formiranog života mogu dugo da opstanu u stanju anabioze (smanjenog metabolizma). Rasel Vrilend (Pensilvanija, 2000.) – “oživeo” bakteriju *Bacillus permians*, staru 250 miliona godina, zahvaćenu u naslagama soli 600 m pod zemljom u Novom Meksiku. Radi se o mikrobu koji je stariji od kontinenata.



Postoje i drugi primeri:



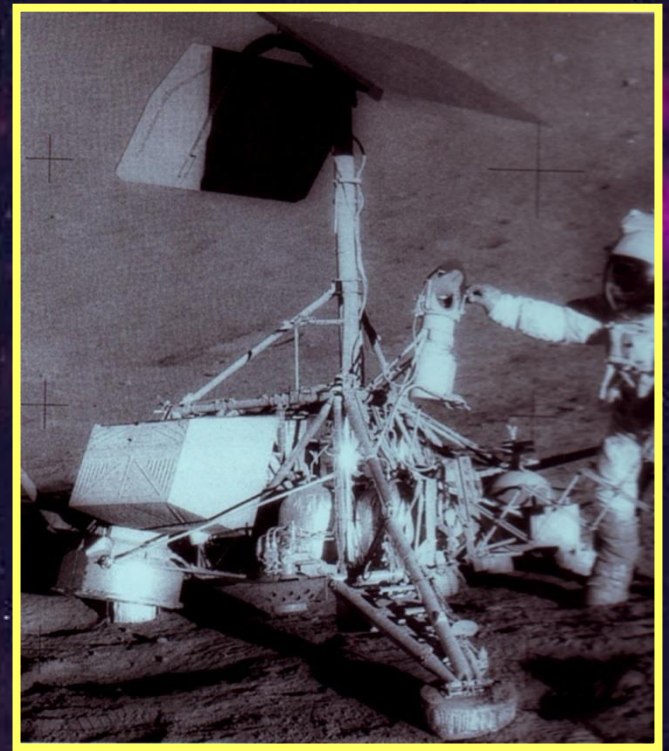
Istraživanje jezera Vostok na Antarktiku



Jezero Vastok (Antarctik, ispod leda 3710 m, dubina 484–670m, sedimenti 50m debljine; bakterije, gljivice, silikatne alge).



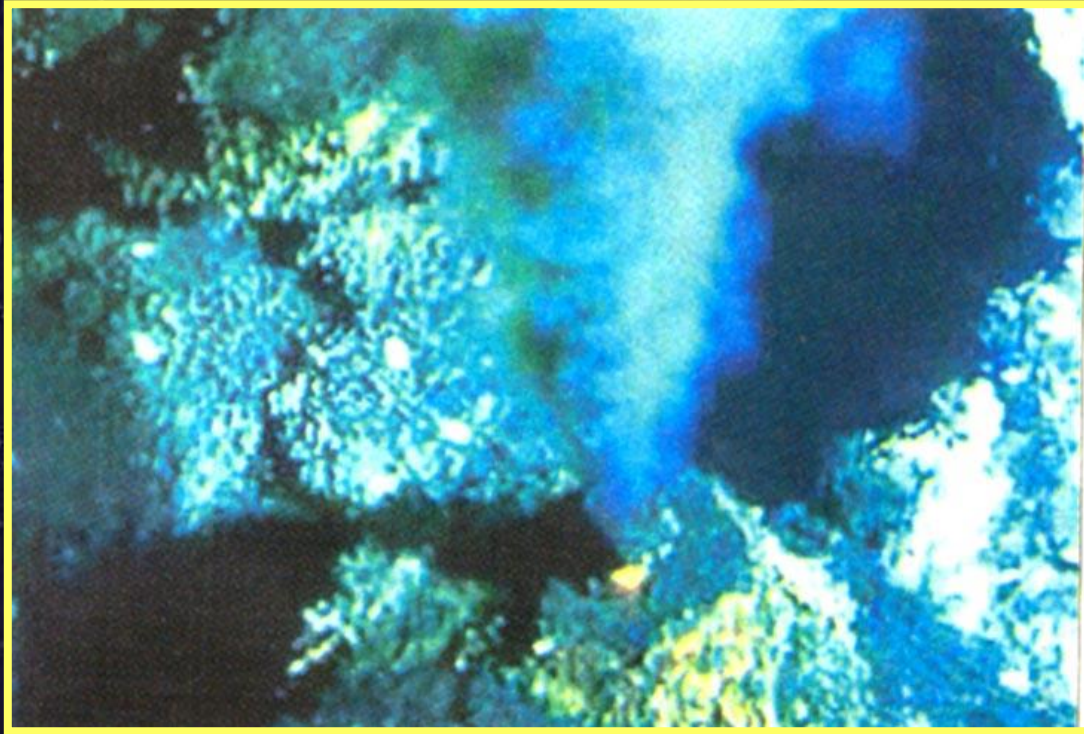
0°C



Primer bakterija i algi na spoljašnjim oblogama lendera i sv. stanica (na visini od 40 km). Bakterija streptokoke preživela je dve godine između nepropusno slepljenih sočiva kamere na Mesecu.

Za jednostavne oblike života pogubnije su visoke temperature od niskih.

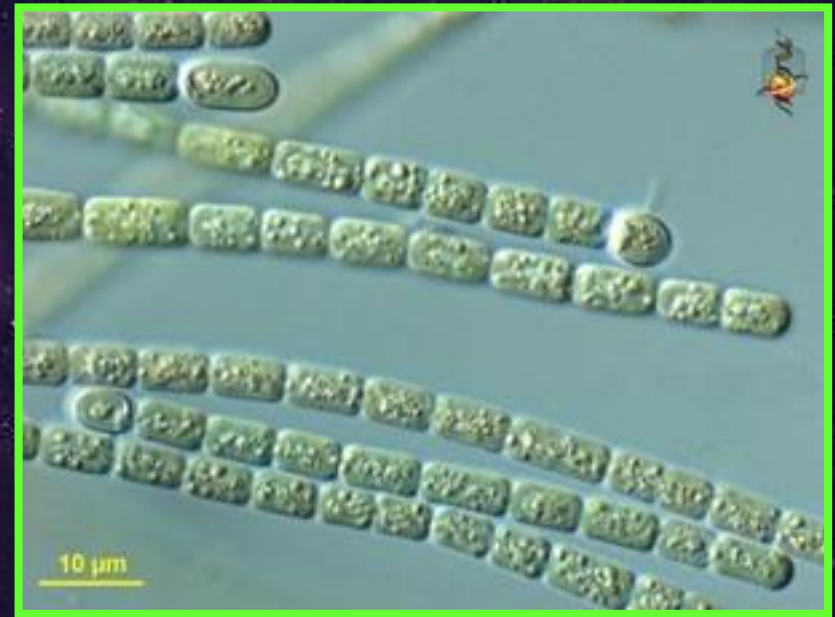
Kod podvodnih termalnih izvora, temperatura na otvorima dostiže i do 400°C , a samo par metara dalje je svega nekoliko stepeni iznad 0°C . Kod podvodnih crva *Alvinelida* u blizini vrulja gradijent temperature između glave i repa je i do 80°C .



Većina ekstremofilnih oblika života su mikrobi, mada su mikrobi uglavnom mezofili (pogoduju im, po našim shvatanjima, "umereni" uslovi).

Mnogi ekstremofili su poliekstremofilni (opstaju u ekstremnim uslovima različite vrste). Takvi su npr. mikroorganizmi koji žive u stenama duboko u Zemljinoj površini pri visokim pritiscima i visokim temperaturama.

0°C



Postavlja se pitanje: mogu li živi organizmi da se prilagode ekstremnim uslovima za koje se do skoro smatralo da ne dopuštaju nikakve oblike života? Da li habitacionu zonu Sunca treba proširiti i na Veneru, ali i na hladne svetove jovijanskih planeta ili njihovih satelita?

Možda su ekstremofili ključ života na Zemlji (u Kosmosu, uopšte)?

0°C



Vrste ekstremofila:

Termofili (na temperaturama između 60 i 80°C).

Hipertermofili (na temperaturama i do 200°C). Sreću se u hidrotermalnim sistemima. Neki termofili opstaju na temperaturama pri kojima su podvodne sonde počele da se tope.



Termofili daju karakterističnu boju toplim jezerima u Jeloustonском parku (SAD).



Suprotnost termofilima su krio-fili koji opstaju pri temperaturama nižim od 15°C. Sreću se u polarnom ledu, hladnoj vodi, planinskom snegu, itd.



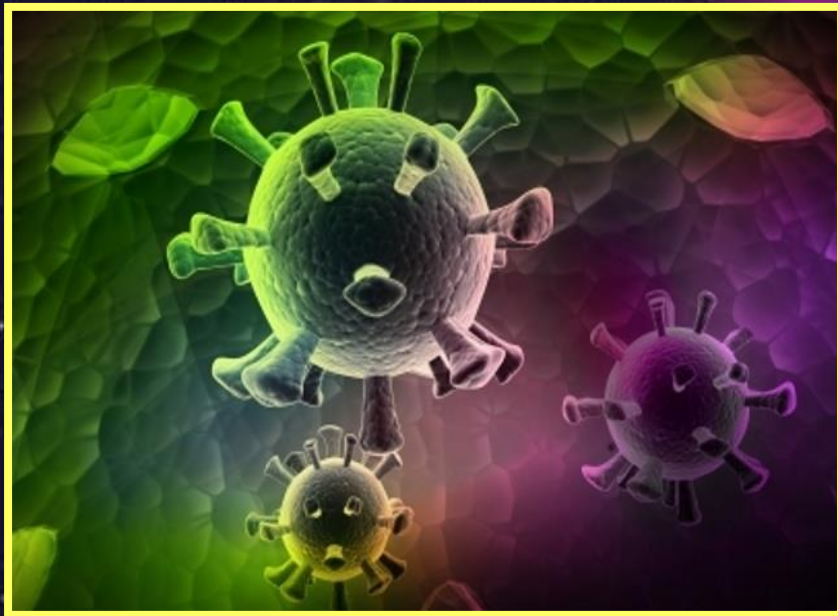
Sloj zelenih algi u ledu na Antarktiku



Još neklasifikovani oblik života duboko u ledenoj ploči Antarktika



U naučnoj studiji objavljenoj u žurnalu PLoS-a naučnici su kao donju granicu temperature, ispod koje nije moguća reprodukcija ćelija na Zemlji, naveli temperaturu od -20°C . Na ovoj temperaturi jednoćelijski organizmi dehidriraju: voda unutar organizama curi van u okolnu zaleđenu sredinu i pretvarala se u led. Ovo dovodi do dehidracije ćelija i potom do njihovog pretvaranja u staklo (**proces vitrifikacije**). Takva ćelija nije u stanju da se razmnožava. Ali, ćelije mogu biti oživljene (u stanju kontrolisane vitrifikacije), kada se temperatura ponovo povisi.



Kompleksniji organizmi mogu da prežive i niže t-re jer su u stanju da kontrolišu stanje u ćelijama do određene mere.

Većina zamrzivača radi na t-ri od -20°C , što onemogućava bakterije i buđ da se razmnožavaju i tako pokvare hranu.

Acidofili – opstaju u izuzetno kiselim sredinama, za koje je optimalni pH nivo niži od 3. Neki opstaju i u sredinama sa negativnim pH vrednostima.

Thiobacillus concretivorans ne mogu da žive bez sumporne kiseline u koncentracijama pri kojima se rastvara metal.

Njihov antipod su **alkalofili**, za koje je optimalni pH nivo viši od 9.

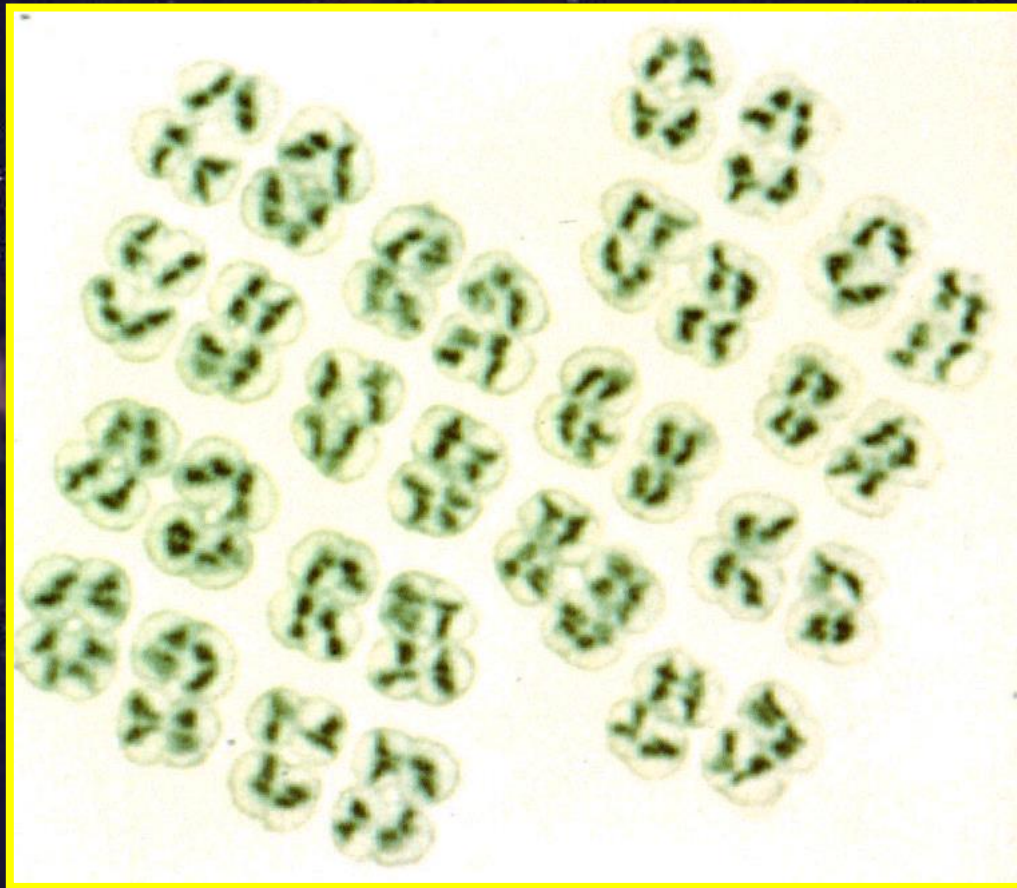
Piezofili žive u uslovima ekstremno visokih pritisaka duboko u okeanu ili ispod Zemljine površine.

Otkrivene su nanobakterije koje duboko ispod tla žive bez kiseonika, pri visokim pritiscima, na visokim temperaturama.

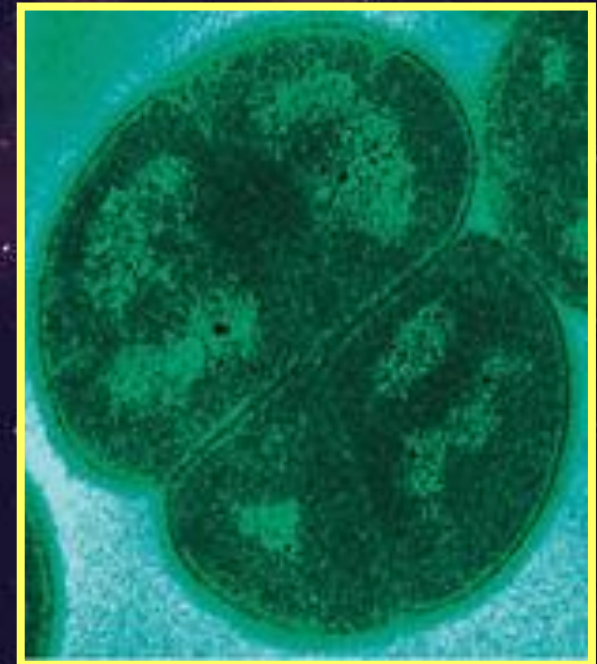
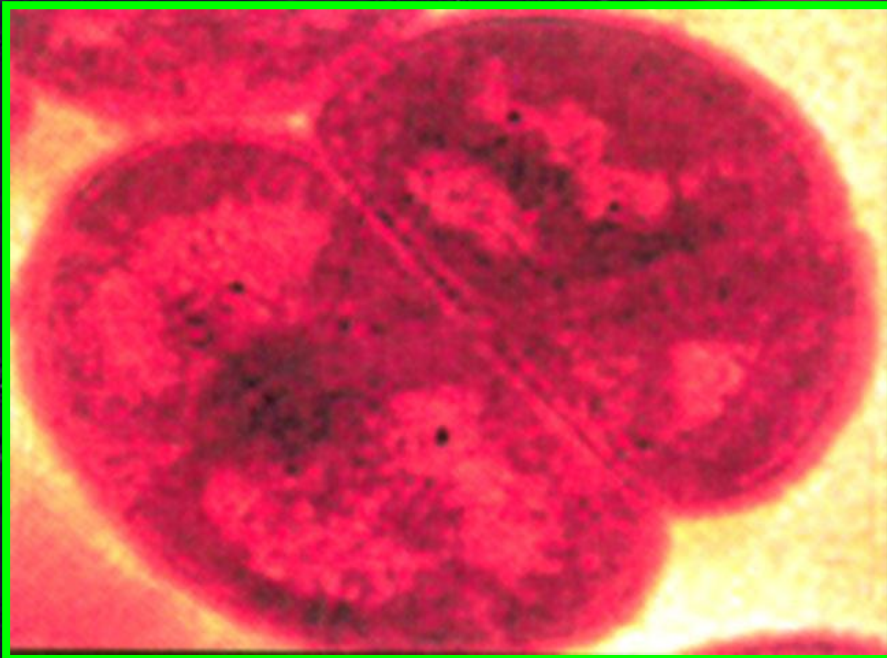


Radiorezistentni ekstremofili – opstaju u uslovima visokih nivoa jonizujućeg zračenja. Ima i onih koji opstaju pri “ubitačnim” UV zračenjima.

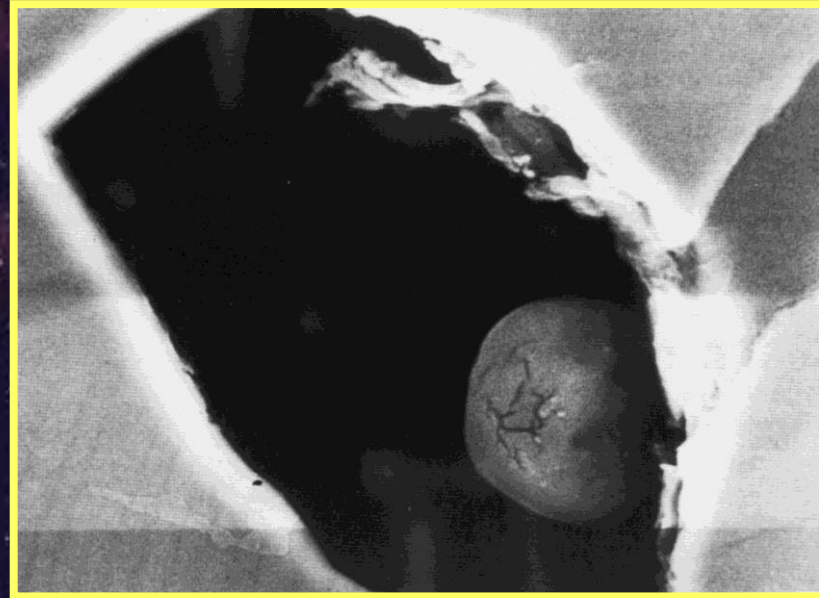
Micrococcus radiophilus – uživa u rezervoarima nuklearnih reaktora, “prežderavajući” se plutonijumom.



Deinococcus radiodurans – fantastičan fenomen. Praktično je neuništiv. Gotovo da je imun na radioaktivnost. Izdržava zračenja i do 5 000 puta veća od onih koja su smrtonosna za ljude. Nakon delovanja radijacije komadi njegove DNK se odmah ponovo spajaju ("bakterija se vraća iz mrtvih").



Endoliti (kriptoendoliti) – žive u mikroskopskim prostorima u stenama između zrna minerala.



Halofili – žive u izuzetno slanim uslovima (procenat soli veći od 3.5%). Rasel Vrilend (Pensilvanija, 2000.) – “oživeo” bakteriju *Bacillus permians*, staru 250 miliona godina, zahvaćenu u naslagama soli 600 m pod zemljom u Novom Meksiku. Radi se o mikrobu koji je stariji od kontinenata.

Osmofili – žive u uslovima visoke koncentracije šećera.

Hipoliti – žive unutar stena hladnih pustinja.

Metalofili – tolerišu visoke koncentracije rastvora sa teškim metalima.

Xserofili – opstaju u izuzetno suvim predelima.



Decembra 2010. na konferenciji za štampu u NASA-i objavljeno je otkriće **dr Felise Volf-Simon** (US Geological Survey), do kojeg je došla proučavajući mikroorganizme u jezeru Mono (Kalifornija). Ovo jezero od 180 km² je već 50 godina izolovano od izvora sveže vode. Karakteriše ga visok salinitet i alkalnost (Ph \approx 10), kao i veliko prisustvo arsena.

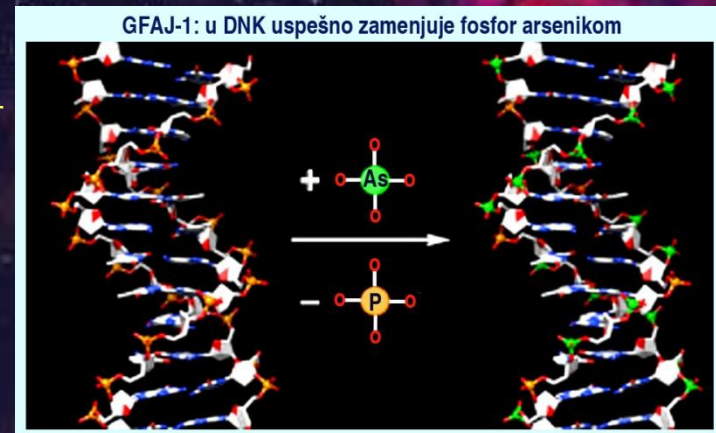


Ovakav sastav potiče od minerala bogatih arsenom sa okolnih planina.

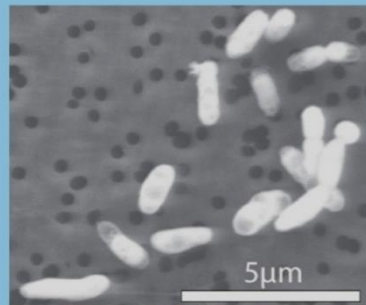


Proučavajući mikroorganizme GFAJ-1 ustanovljeno je da je u njihovim ćelijama P istisnut As. Oni pripadaju V grupi Periodnog sistema, tako da su u hemijskom smislu slični. Iako na Zemlji neki organizmi mogu da udišu As, za većinu organizama on je otrovan. U ispitivanim GFAJ-1 As je deo ćelije i ne ometa njihov život i deobu, već je preuzeo funkciju P.

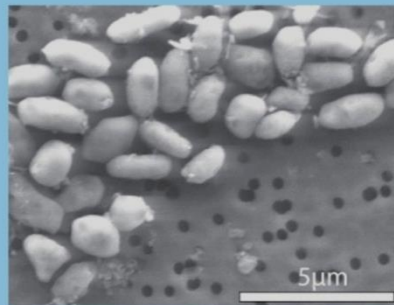
Iako ovo otkriće nema značaj senzacije (kao što je najavljivano) ono baca novo svetlo na shvatanje života kako na Zemlji, tako i u kosmičkim uslovima.



Ćelije GFAJ-1 uzgajane na osnovi sa



fosforom

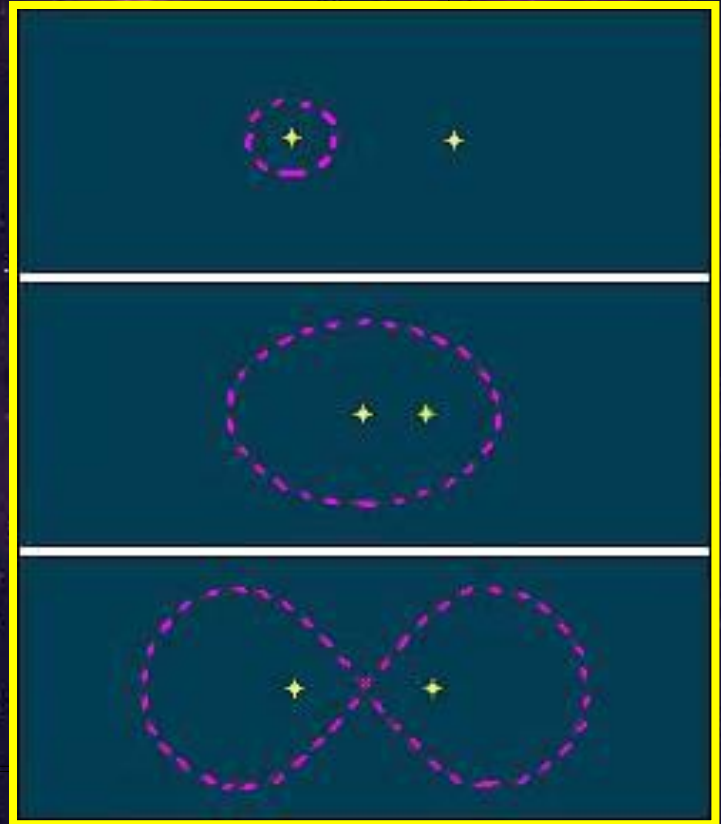


arsenom

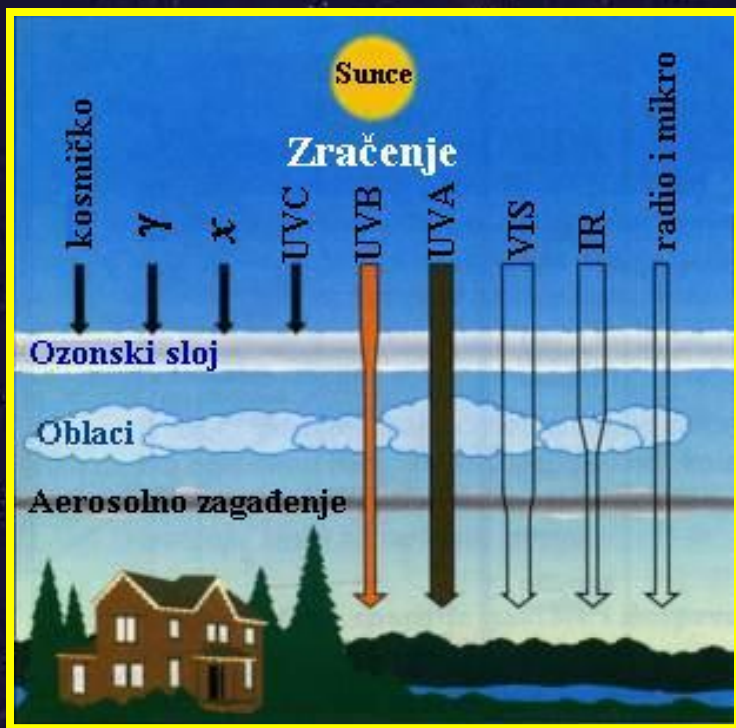
Po svemu sudeći, život može da postoji u mnogo surovijim uslovima nego što se do skoro mislilo.

- Život teško da može da nastane na planetama oko tesnih dvojnih sistema zvezda

U planetarnom sistemu oko dvojnih zvezda, čak i ako je stabilan, uslovi bi se drastično menjali, što se nepovoljno odražava na moguću "biohemiju".

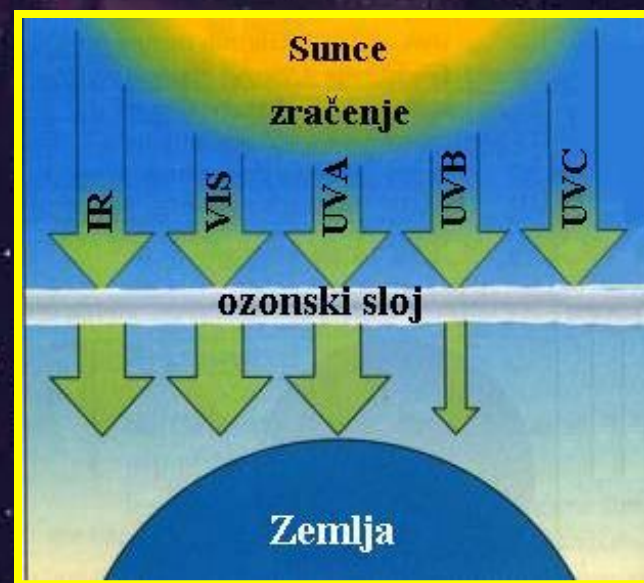


– Planeta treba da ima atmosferu koja omogućuje nastanak i razvoj života



Atmosfera treba da je takvog sastava i gustine da apsorbuje ili rasejava zračenje, čiji fotoni nose energiju koja može da “razori” biološke molekule.

Za kosmičko, UV, rentgensko i gama zračenje, Zemljina atmosfera ponaša se kao zid debljine 4.5 m. Da nema atmosfere “ubijale” bi nas i kišne kapi pri padu (mada one ne bi ni mogle da se formiraju bez atmosfere).



Npr. velika količina CO₂ značajno podiže temperaturu (efekat staklene bašte). Temperatura na Veneri pri tlu dostiže 480°C; da nema efekta staklene bašte, zbog nešto većeg albeda, iako bliža Suncu, njena temperatura bi trebalo da bude tek malo viša od Zemljine). Srednja globalna temperatura vazduha u blizini Zemljine površine je oko 15°C. Kada ne bi postojala atmosfera i kada ne bi bilo efekta staklene bašte, ta temperatura bila bi za oko 30°C niža. To bi Zemlju pretvorilo u ledenu grudvu, a visoki albedo snega i leda bi još više snižavao temperaturu. Tada na njoj ne bi bilo života.



Dakle, na stanje atmosfere utiču količina i vrsta energije koja u nju dospeva, albedo planete, hemijski sastav, masa planete, temperaturni balans,...



Poremećaji u sastavu i temperaturnom balansu mogu da dovedu do uništenja života. Možda je takva situacija bila na Marsu.

Gasovi staklene bašte: CO_2 , H_2O , CH_4 , N_2O , CCl_3F ,... Njihovi mali procentni poremećaji imaju velike reperkusije na temperaturni režim.



Kod Venere, Zemlje i Marsa prisutan je "fenomen zlatokose": Venera je previše topla, Mars suviše hladan, a Zemlja baš kako treba. To ima veze sa udaljenošću od Sunca, ali i sa efektom staklene bašte. Venera i Mars imaju približno isti procenat CO_2 u atmosferama, ali je atmosfera Venere znatno gušća, zbog veće mase planete, pa je njena temperatura znatno viša.

Na Marsu je prisutan i efekat antistaklenika: povremene globalne peščane oluje dovode do toga da podignuta prašina "zasenjuje" površinu planete, koja se zbog toga manje greje.

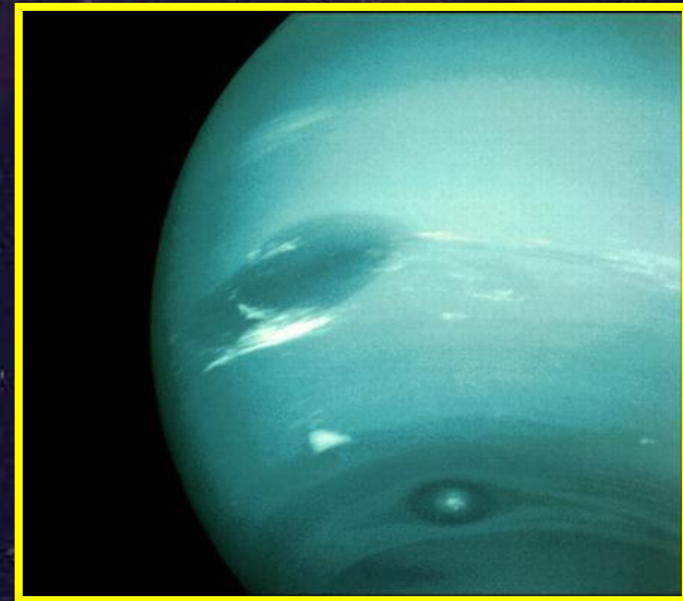


– Masa planete treba da onemogući preveliku disipaciju atmosfere

Planete Zemljinog tipa malih masa nisu pogodne za nastanak i opstanak života. Nisu u stanju da svojom gravitacijom zadrže atmosferu. Njihovi okeani će postepeno isparavati, a vodena para će pod delovanjem zračenja matične zvezde disipirati. Usled termalnog kretanja lakši atomi (pre svega vodonik) imaju brzinu koja je veća od brzine napuštanja planete. Zbog toga one vremenom gube okean, postaju suve, kamenite pustinje bez uslova za postojanje života. To se desilo sa Marsom. Da nema biosfere kiseonik bi sa Zemlje disipirao za oko 2000 god. Planete malih masa blizu matične zvezde nemaju atmosferu (Merkur).



Planete velikih masa daleko od zvezde imaju guste i hladne atmosfere. To su planete sa mnogo vodonika i helijuma. Radi se o gasovito tečnim gigantskim planetama kod kojih gusta atmosfera postepeno prelazi u osnovno telo (svetovi bez površine). Teži molekuli bi tonuli ka unutrašnjosti, a ogromni pritisci bi onemogućili bilo kakve složenije oblike života.



Za CO₂ od interesa ugljenični ciklus: iz atmosfere se vezuje u vidu padavina i stvaranja karbonata u stenama. One tektonskim podvlačenjem (subdukcija) tonu u dubinu. CO₂ nakon toga biva vraćen u atmosferu kroz gejzire i vulkane.

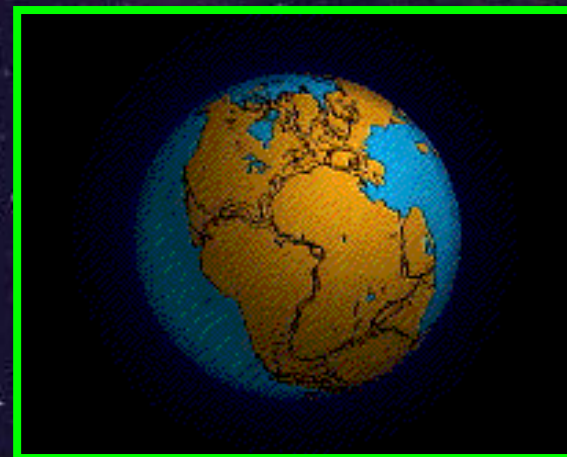
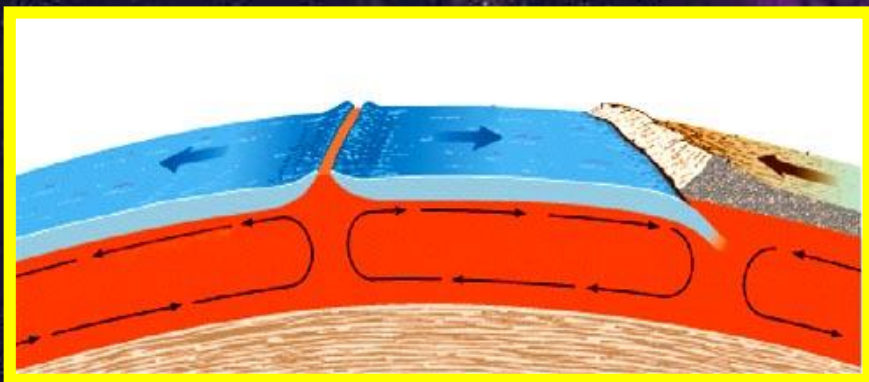
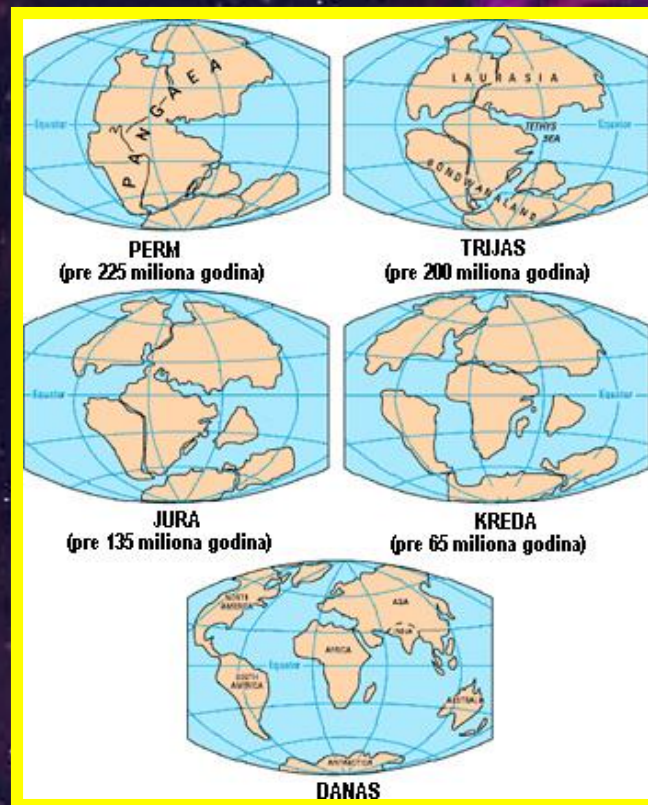


Za funkcionisanje ugljeničkog ciklusa bitna je tektonska aktivnost.

Uslovi za funkcionisanje tektonike

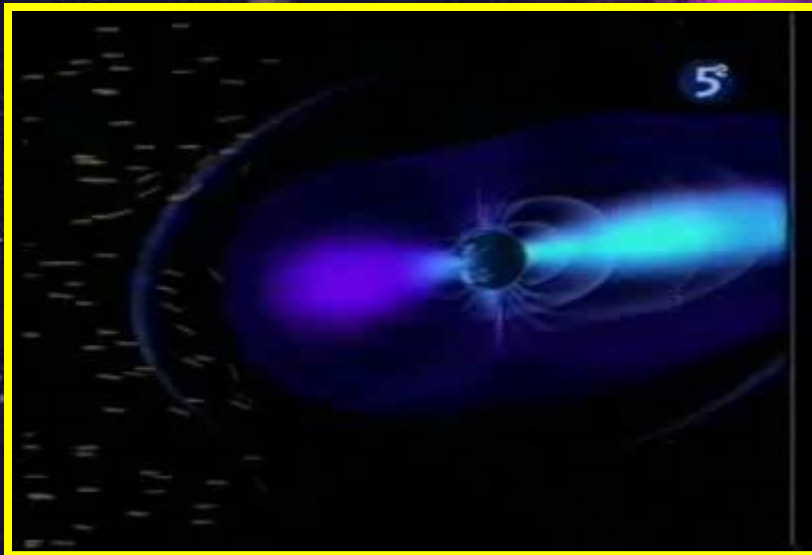
1. Dovoljne količine radioaktivnih izotopa U, Th i ^{40}K (r -elementi koji nastaju u supernovama tipa II).
2. Postojanje tečne vode (sprečava "zavarivanje" ploča).

Mehanizmi nisu dovoljno proučeni.



– Za nastanak života pogodne su planete čije su mase od 0.01 Mz do nekoliko desetina Mz.

– Atmosfera i magnetosfera planete treba da su takvi da efikasno štite život od intenzivnog kosmičkog (korpuskularnog) zračenja i “stelarnog” vetra.



– U planetnom sistemu, osim planete–inkubatora, potrebno je i postojanje bar jedne masivnije planete, koja često ima ulogu štita.

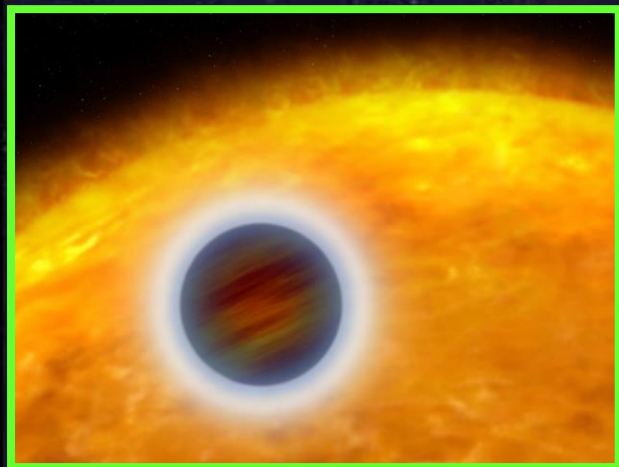
U našem sistemu tu ulogu ima Jupiter.



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



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



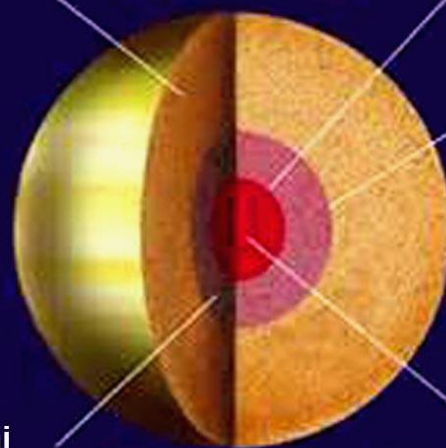
Kada bi se to desilo kasnije, unutrašnje planete bi ili pale na zvezdu ili bi bile izbačene na veću udaljenost od zvezde, što bi onemogućilo postojanje tečnog omotača koji bi se zaledio. Malo je verovatno da zvezde, u čijem se planetarnom sistemu nalaze vreli Jupiteri, imaju životvorne planete.

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

Građa Jupitera

Molekulski vodonik

R=15 000 km
T=15 000 K
p=5 000 000 atm



R=30 000 km
T=8 000 K
p=3 000 000 atm

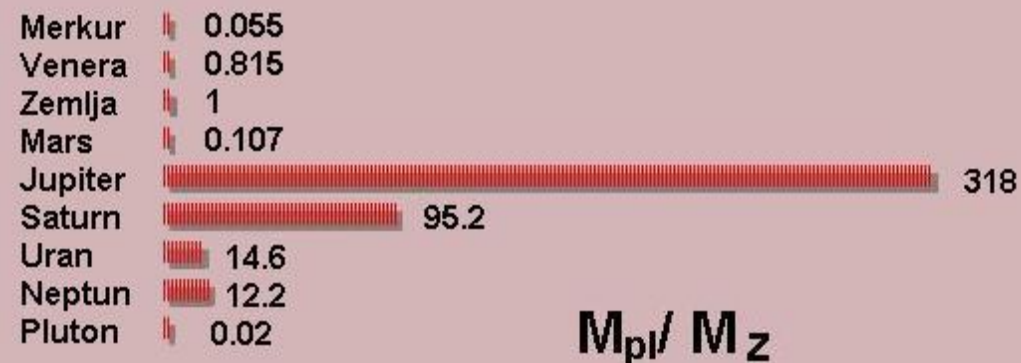
R=60 000 km
T=250 K
p=10 atm

Metalni vodonik

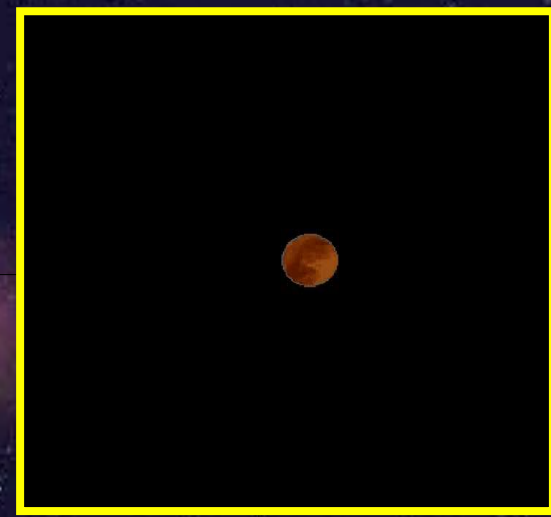
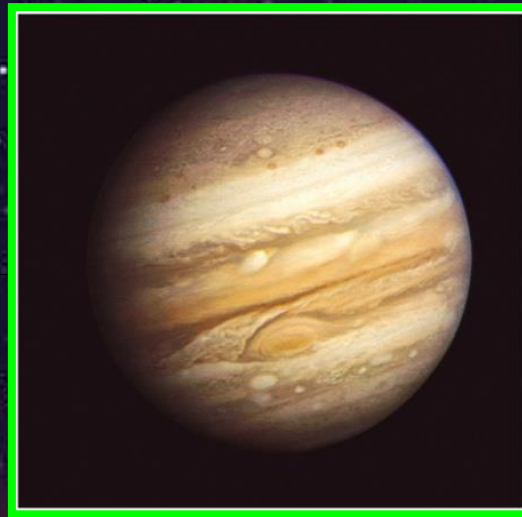
Stenovito jezgro

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

Njegov poluprečnik je 11.2 puta veći od Zemljinog, a masa 318 puta. Velika poluosa njegove putanje je oko 5.2 AJ. To je dominantna planeta u S.s.: ima 2.5 puta veću masu od ostalih 7 planeta zajedno. Po masenom udelu vodonika (90%) i helijuma (10%) sličan je Suncu, ali mu je masa ipak mala da bi postao zvezda.



Iako je od Zemlje u proseku udaljen oko 750 miliona km, baš takav Jupiter, sa takvim položajem i masom bio je neophodan za nastanak i razvoj života na Zemlji.



Jupiter je prva formirana planeta u S.s. Bitno je uticao na planetarni sistem unutar svoje putanje. Njegova orbita je skoro kružna, a gravitacionim delovanjem uticao je da je i Zemljina putanja takva. To je učinilo da se fluks nepromenljivog zračenja sa Sunca značajno ne menja tokom Zemljinog kretanja duž cele njene putanje oko Sunca. Takva stabilnost uslova stvorila je mogućnost za nastanak i razvoj života na Zemlji. Toga ne bi bilo da u našem sistemu postoji "vreli" Jupiter. Sa stanovišta života, u Sunčevom sistemu, vrlo su značajne njegove dve funkcije: štita (odbojnika) i snabdevača vodom.

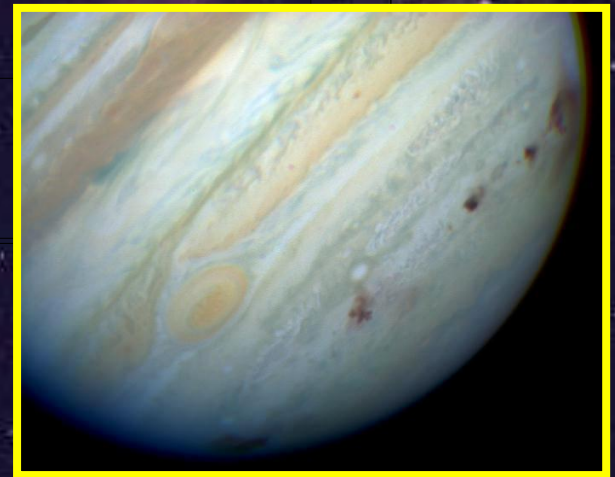
Gravitacionim uticajem Jupiter nije dozvolio stvaranje jednog velikog tela u oblasti današnjeg asteroidnog pojasa i zaustavio je dalji rast Marsa. Takva planeta i veći Mars bi verovatno imali nepovoljan uticaj za nastanak života na Zemlji, jer bi je verovatno pomerili iz hab. zone Sunca.



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

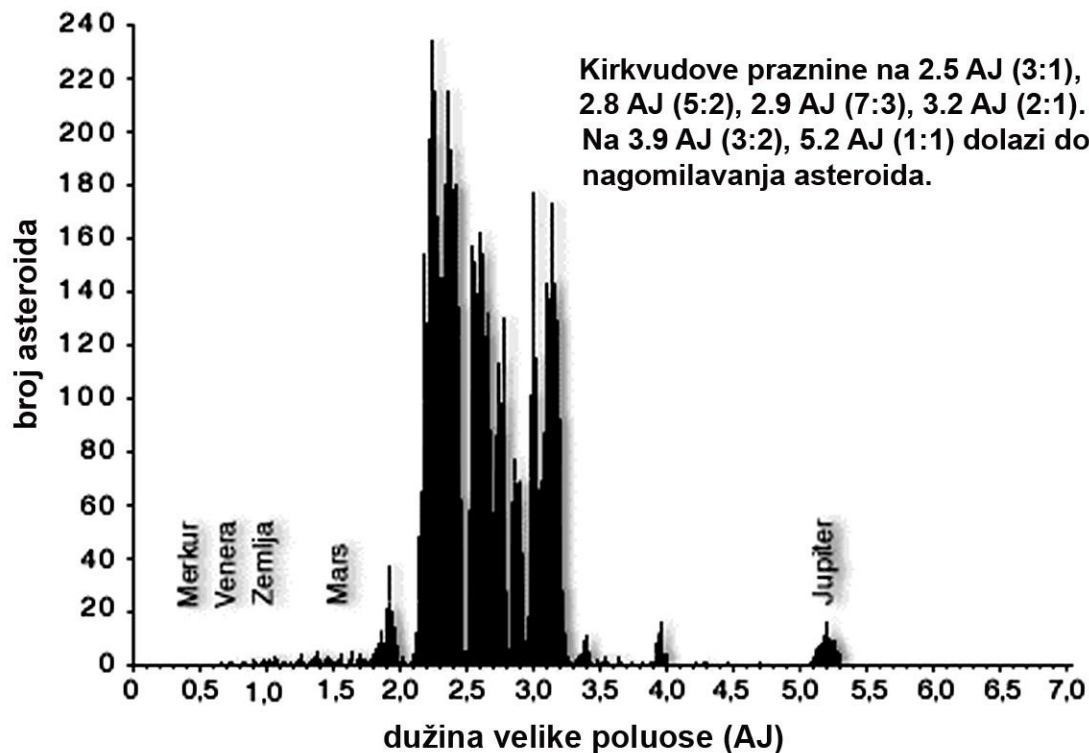
Na osnovu kratera na Mesecu smatra se da je na Zemlji bilo preko 22 000 kratera prečnika većih od 20 km, preko 40 udarnih basena od 1 000 km i nekoliko preko 5 000 km. Vremenom su udari jenjavali, a sadašnja stopa udara tela dimenzija od npr. 10 km je jednom u 10–100 miliona godina.

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



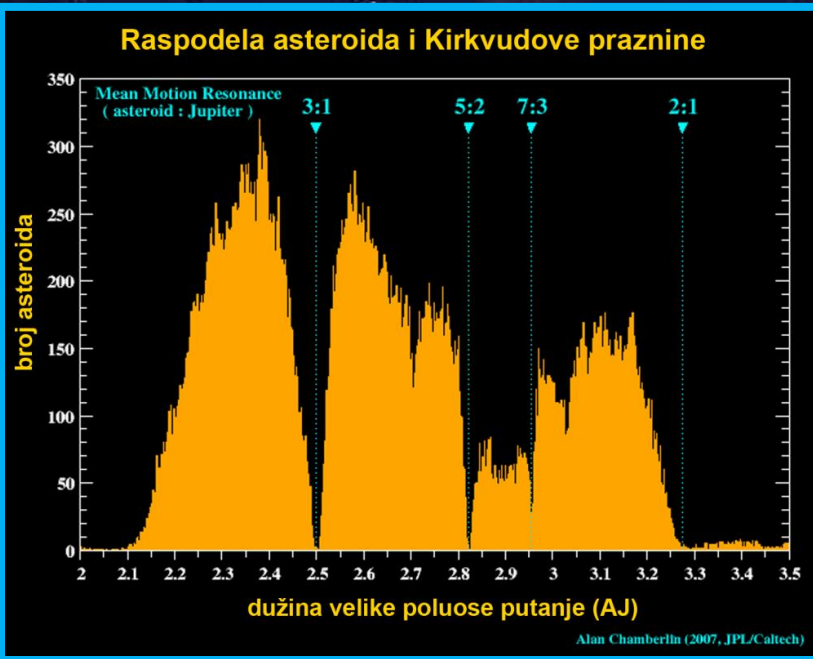
U svakom slučaju Jupiter je "počistio" brojna mala tela iz sredine Sunčevog sistema. Na to upućuje i raspodela asteroida u glavnom asteroidnom pojasu između Marsa i Jupitera, postojanje tzv. Kirkvudovih praznina. Predvideo ih je Daniel Kirkvud 1857., a potvrđene su 1866. g. Uočeno je da na rastojanjima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

Raspodela asteroida u asteroidnom pojasu



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

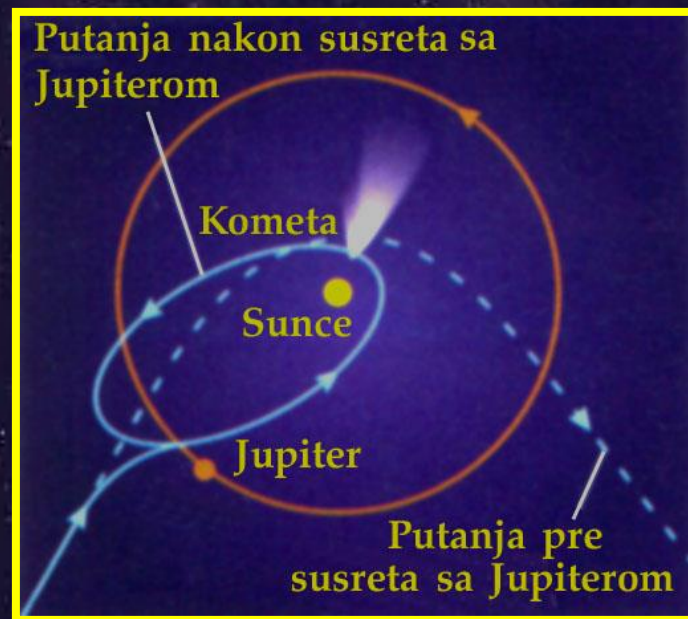
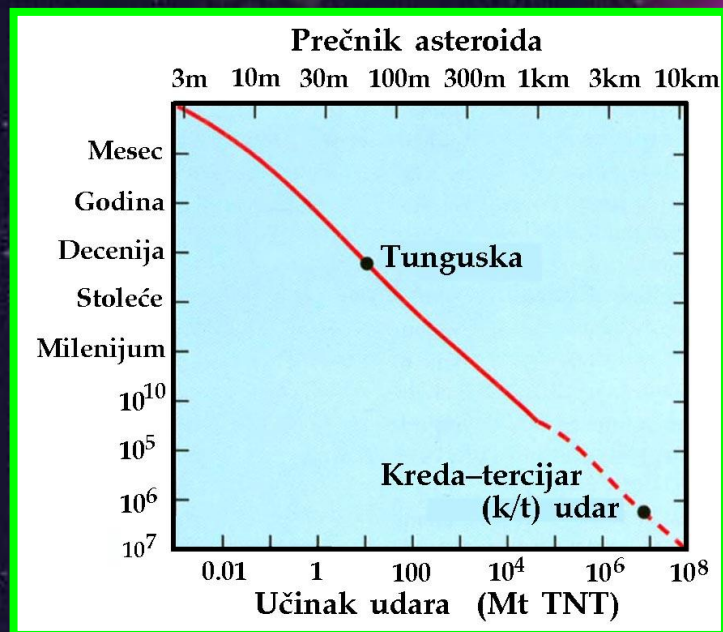
Postojanje šupljina u ast. pojasu posledica je rezonantnih efekata. Asteroidi se kreću oko Sunca prema Keplerovim zakonima. Npr. asteroidi sa velikom poluosom od 2.5 AJ naprave 3 revolucije oko Sunca dok Jupiter napravi jednu (rezonanca 3:1). Kod svakog trećeg obilaska oko Sunca oni se nađu u istom relat.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



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

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

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



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

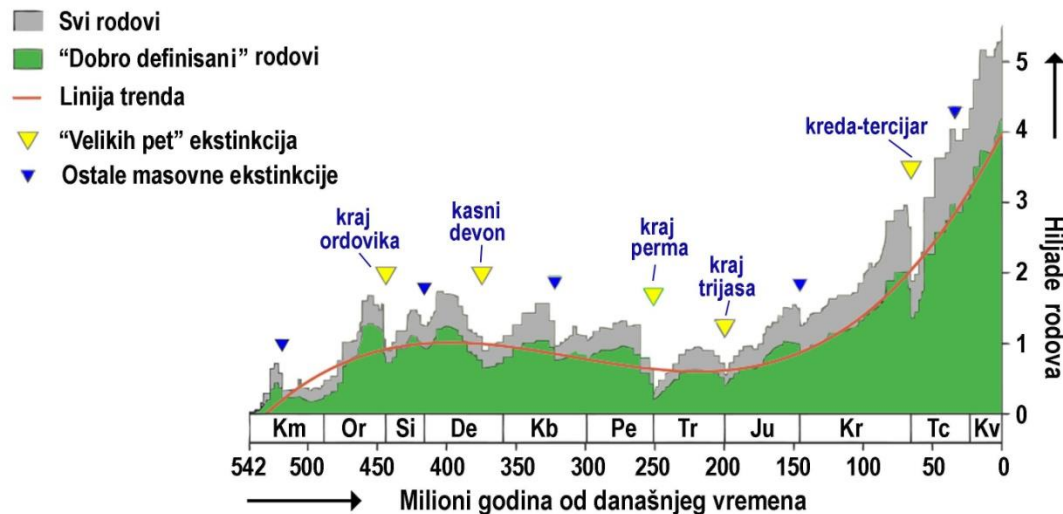
Udari kometa ili asteroida mogu biti pogubni po život na planeti. Neposredna razaranja (požari, cunami, izmene reljefa), ali i klimatske promene i promene u atmosferi, nakon kataklizmičnih udara većih tela, uzrok su velikih ekstinkcija živog sveta na Zemlji.



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

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

Fanerozojski biodiverziteti prikazani preko fosilnih zapisa



“Velikih pet” ekstinkcija:

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

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

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

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

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

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

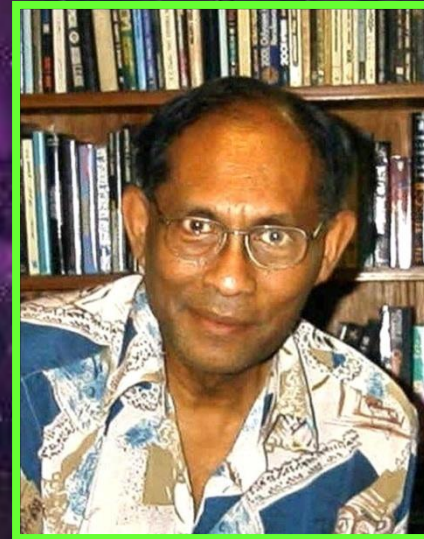
U Sunčevom sistemu, gravitacionim delovanjem na asteroide i komete, Jupiter je “podesio” motor evolucije na Zemlji

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

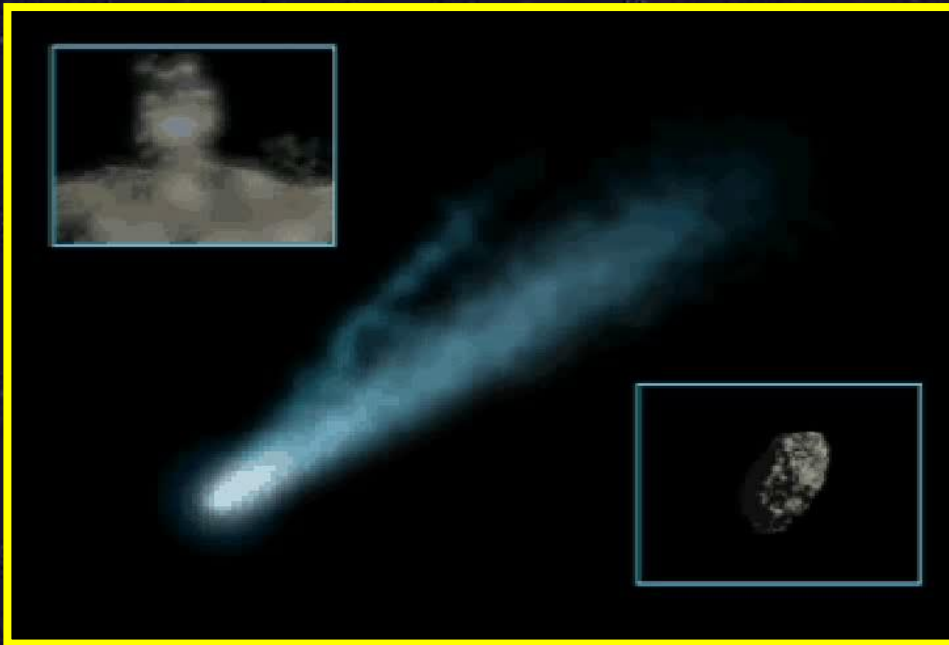


Za sam nastanak života udari kometa u planetu mogu da imaju pozitivnu ulogu. **Spektroskopske analize pokazuju da komete obiluju organskim materijalima. F. Dajson je tvrdio da su polazno obitavalište života komete, a ne planete. Jezgra komete sadrže radiaktivne materijale, koji obezbeđuju energiju za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

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

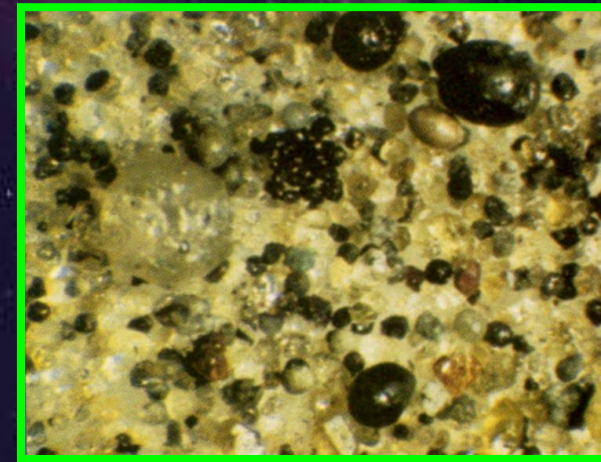
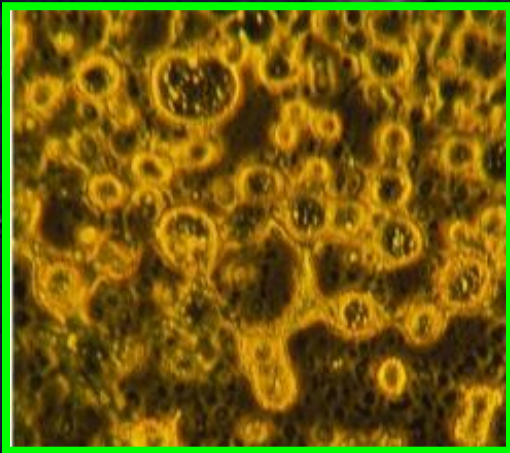


Prilikom udara organski molekuli bili su rasejani u okeanu, praveći od njega "primordijalnu supu". U povoljnim uslovima iz nje se razvio život. Ovi autori tvrde da i danas preko kometa na Zemlju dospevaju npr. virusi!



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

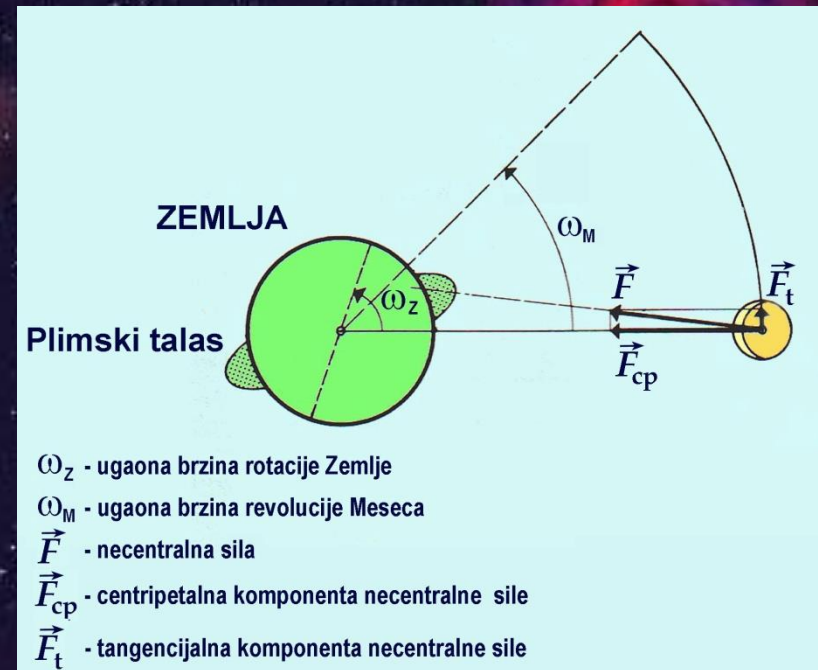
Ovakve hipoteze potvrđivane su otkrićem meteorita koji su u svom sastavu imali složene organske molekule. Npr. 1969. godine desila se eksplozija meteorita iznad Merčisona (Australija). U njemu je pronađeno 74 aminokiselina (8 učestvuju u izgradnji proteina na Zemlji). Sadržao je i šećere.



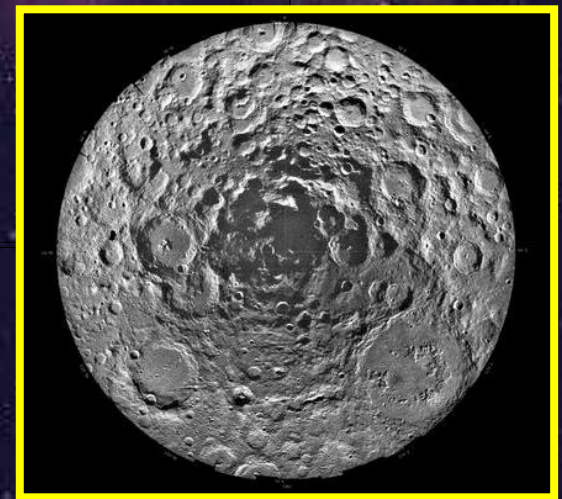
– Prisustvo satelita oko planete u eko zoni povoljno utiče na formiranje, a pre svega na opstanak života.

Za nastanak, razvoj i funkcionisanje života na planeti potrebno je da je njena rotacija stabilna. Stabilnost rotacije Zemlje (brzinu i nagib ose) obezbeđuje Mesec. Zato je on jedan od faktora koji utiču na dugoročnu stabilnost klime na Zemlji.

Zbog plimskog delovanja i pojave ncentralne sile, Mesec se od Zemlje udaljava oko 4 cm/god. Njegov stabilizirajući uticaj će prestati kroz dve milijarde godina. Ne treba zaboraviti da je interakcija *Zemlja–Mesec* oko 10 000 puta većeg intenziteta od interakcije *Zemlja–sve planete zajedno*, tako da je gravitacioni uticaj Meseca na Zemlju vrlo bitan za funkcionisanje života.



Osim toga, sateliti planeta efikasno čiste "koridor" planete od udara velikih meteorita. To potvrđuje i izgled Mesečeve površine. Na njemu je preko milion udarnih kratera većih od 1 km i preko 17 000 kratera većih od 3.5 km. Mnoga od tih udarnih tela da nisu završila na Meseću, verovatno bi se sudarila sa Zemljom. To bi imalo katastrofalne posledice po život na našoj planeti.



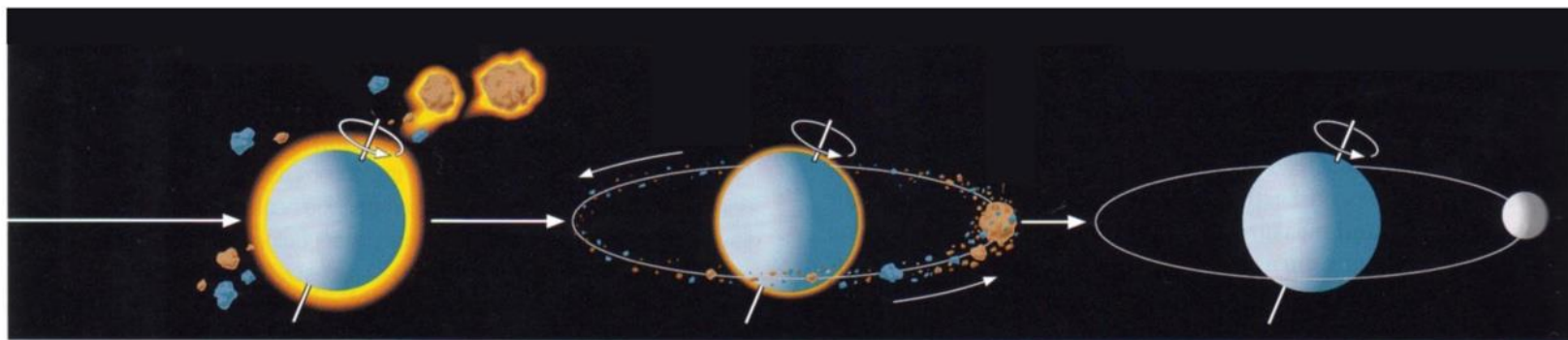
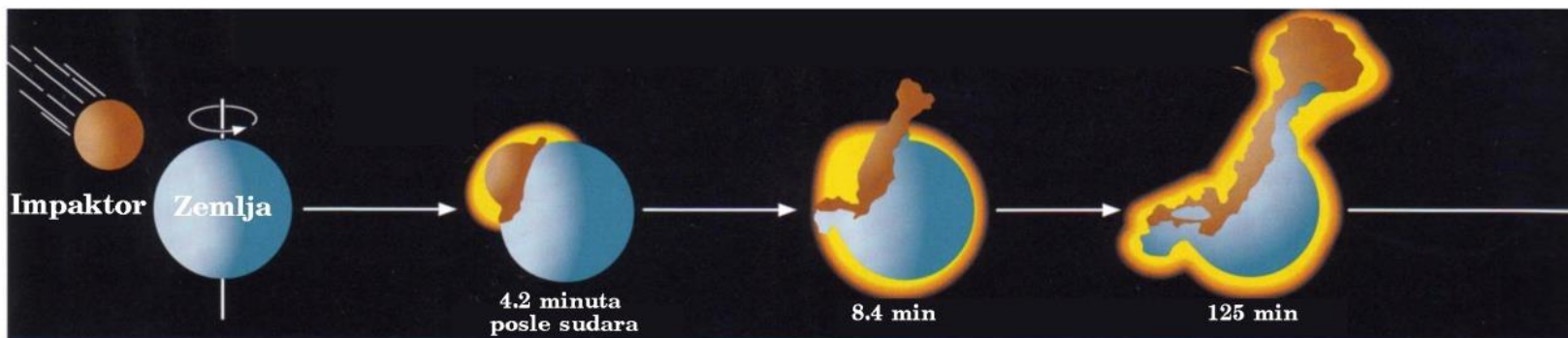
Prema danas najprihvatljivijoj teoriji V. Hartman i D. Dejvisa (1975.) tvrdi se da je pre (4.527 ± 0.010) milijardi godina (30–50 miliona nakon nastanka Sunca) Mesec nastao u sudaru jednog tela veličine Marsa sa, u to vreme, polurastopljenom Zemljom. Kameron i Vord su izračunali da su dimenzije tog tela morale da budu $1/3 R_Z$ ili čak $1/2 R_Z$. Telo su nazvali Teja.

Teja je udarila u Zemlju pod velikim uglom. Površinski omotač Zemlje i Teja su isparili i odleteli u okolinu planete. Rastopljena Zemlja je ponovo očvrsla, a od odbačenog oblaka kondenzacijom je nastao Mesec.



Prvobitna orbita Meseca bila je mnogo bliže Zemlji od današnje. U to vreme dan na Zemlji trajao je oko 10 h. Zbog plimskih delovanja Mesec je prešao na današnju orbitu, a dan na Zemlji poprimio je današnje trajanje.

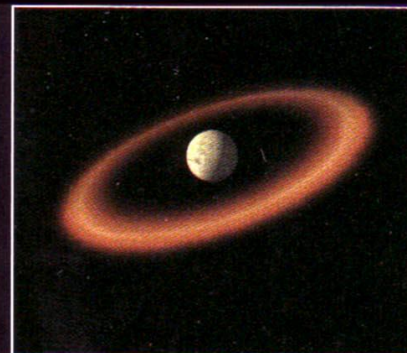
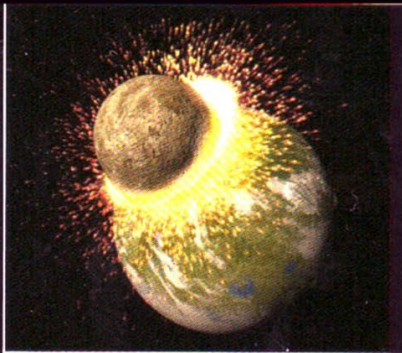
Nastanak Meseca i nagninjanje Zemljine ose



U sudaru je stvoren Mesec, ali je došlo i do promena u Zemljinom kretanju. Danas Mesec deluje stabilizirajuće na kretanje Zemlje.

S obzirom na dimenzije koje je Teja trebalo da ima mnogi naučnici ističu da je takav sudar malo verovatan. Pošto je stabilnost rotacije planete obezbeđena prisustvom njenog satelita uporedivih dimenzija, jasno je da, s obzirom na malu verovatnoću nastanka takvog satelita u procesu sudara, jasno je da stabilnost rotacije planeta nije tako česta. To je još jedan od faktora koji čini da život u Kosmosu nije tako česta pojava.

Nastanak Meseca

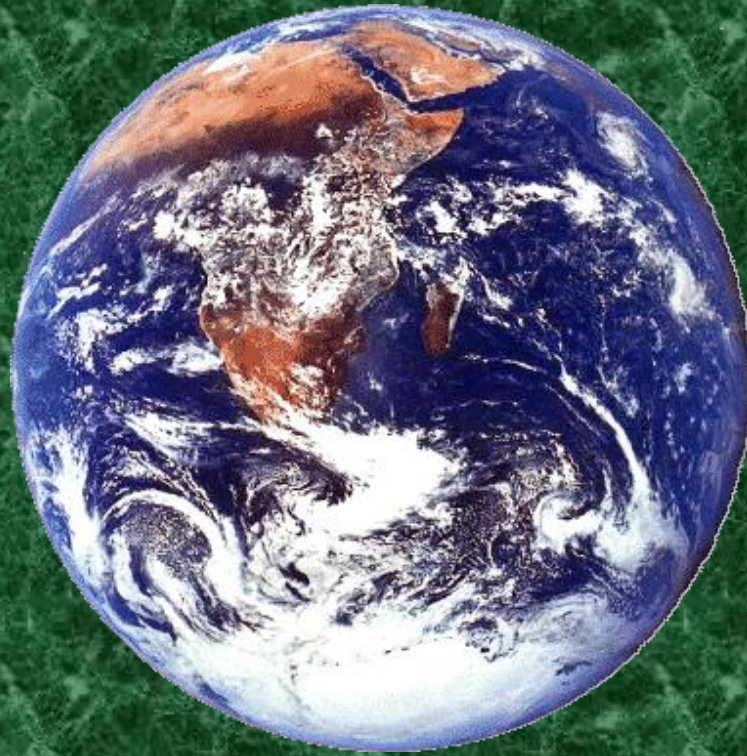




Mnogi astrobiolozi smatraju da je život retka pojava svemiru, jer veći broj uslova istovremeno mora da bude ispunjen. Konjuktura tih uslova je proizvod malih verovatnoća za njihovu ispunjenost, tako da je verovatnoća za nastanak života u svemiru ekstremno mala ("hipoteza retke Zemlje"). Jasno je da nabrojani uslovi za nastanak života u Kosmosu nemaju istu "težinu". U okviru astrobiologije kao osnovno ističe se da su za nastanak života neophodni:

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

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



*Zar vam se ne čini da je u Kosmosu
jedino Zemlja idealno mesto za život i
da je Sunce jedina zvezda oko koje je
on moguć?*

A zašto?



- Nalazi se u pravoj vrsti galaksije
- Ima stabilnu temperaturu, koja pogoduje tečnoj vodi, jer je:
 - a) ni suviše blizu, ni suviše daleko od Sunca;
 - b) njen ugljenično–silikatni ciklus efikasan
- Ima stabilnu rotaciju
- Ima umerenu stopu sudara sa malim objektima (obezbeđuju Jupiter i Mesec)
- Prima umerenu dozu jonizujućeg zračenja i kosmičkih zraka

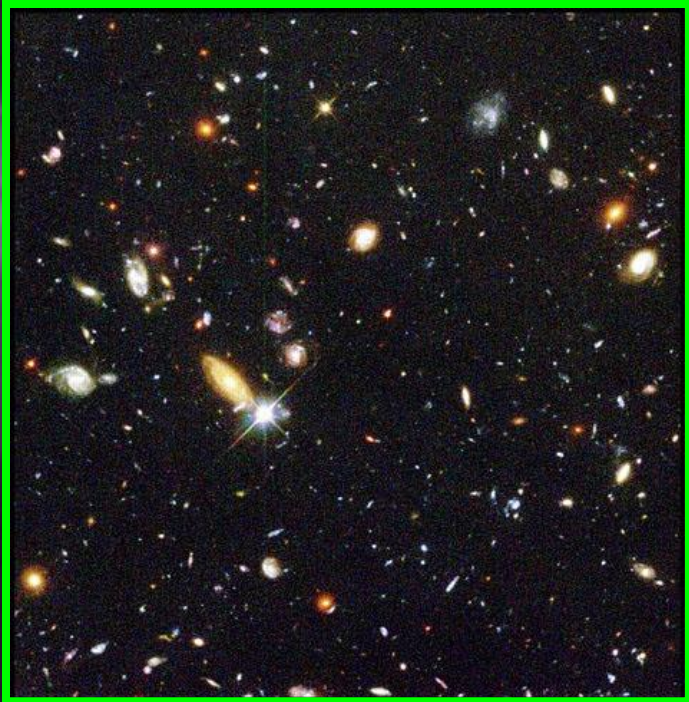
Setimo se Artura Klarka i izveštaja stručnjaka sa Marsa o planeti broj tri:

Zemlja je jedna negostoljubiva, plavozelena planeta, u čijoj atmosferi postoji izuzetno reaktivni gas kiseonik, koji omogućuje i takav "grozan" fenomen koji se zove vatra.

On život na Zemlji čini naprosto n e m o g u ć i m!

Jesmo li sami u Kosmosu?

U Mlečnom Putu ima između 100 i 300 milijardi zvezda.



Proračuni ukazuju da u Kosmosu ima preko 100 milijardi galaksija.

Iako je, statistički gledano, verovatnoća za nastanak života na nekom kosmičkom objektu mala, teško je i zamisliti da život postoji samo na Zemlji.

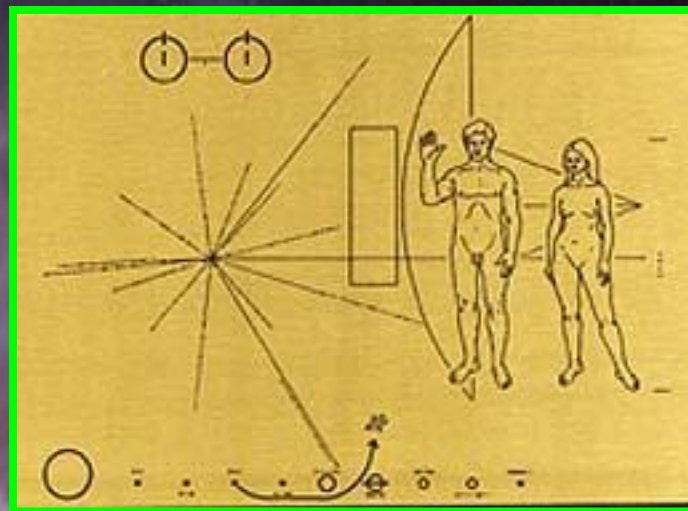
Zemlja ima kompleksnu biosferu zbog niza pobrojanih uslova, međusobno nezavisnih, čija ispunjenost u Galaksiji ipak nije tako česta. S obzirom na broj zvezda u Kosmosu, sigurno da ima mnogo mesta na kojima je moguć jednostavan oblik života, ali je složen život retka pojava. Naučnici iz tzv. Potsdamske grupe (Von Bloh i ostali) navode da su kompleksne biosfere oko 100 puta ređe od samih nastanjivih planeta

Autor ovog predavanja gotovo je siguran da nismo sami u Kosmosu, ali neće patiti ako smo jedini.



Ako ikada sa sigurnošću ustanovimo postojanje života izvan Zemlje, to će verovatno biti jedno od najznačajnijih otkrića u istoriji čovečanstva. Ako se, pak, ispostavi da smo jedini, onda budimo svesni odgovornosti i obaveze očuvanja tog "Božjeg dara" koji se zove život.

Za sada vanzemaljcima
šaljemo poruke mira.



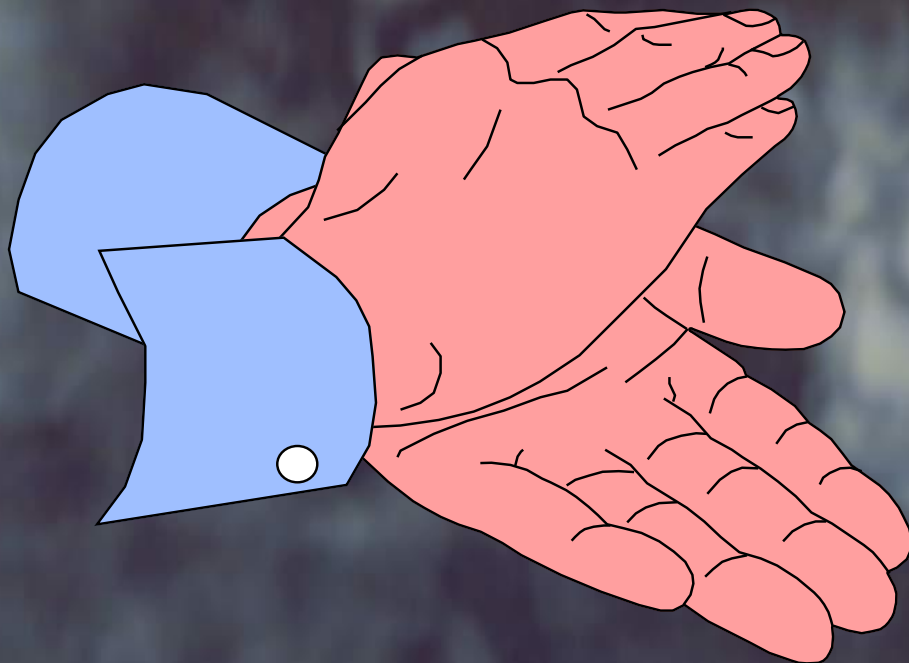
Biće dobro ako su ovakvi



Ali šta ako su ovakvi?



Хвала на пажњи!



To be continued...