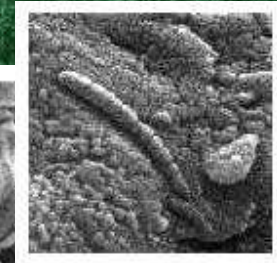
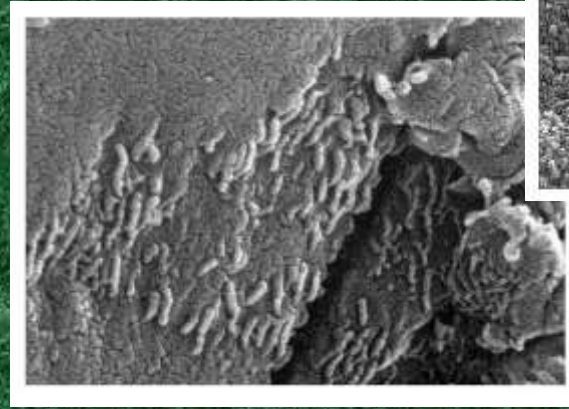


Šta mislite kako izgledaju

vanzemaljci?

Možda su:

– primitivne forme, poput
“crva sa Marsa”



– strašni, kao “noćna mora”



– jezivi, kao u
“Osmom putniku”



– fantastično nestvarni, kao
“lice sa Marsa”



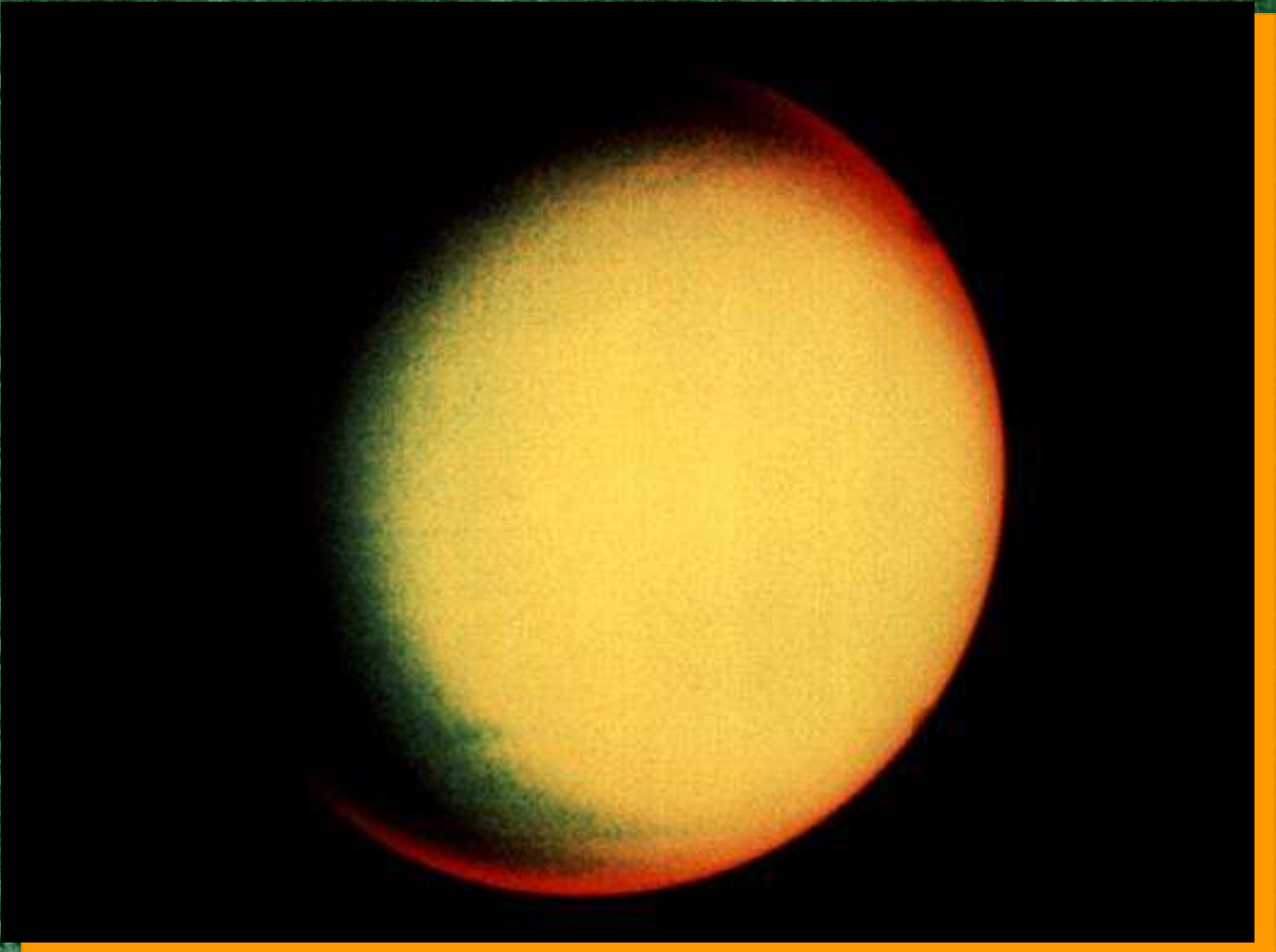
– smešno strašni, kao
“mali zeleni”



– 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



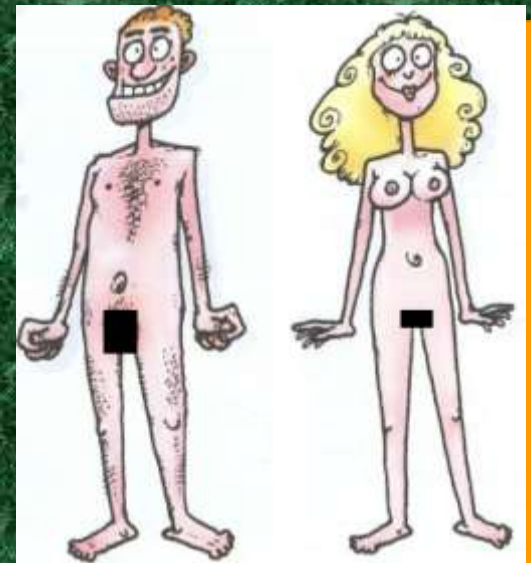
– detinjasto pozitivni, kao
lutke kad smo bili mali



– 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 prići 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

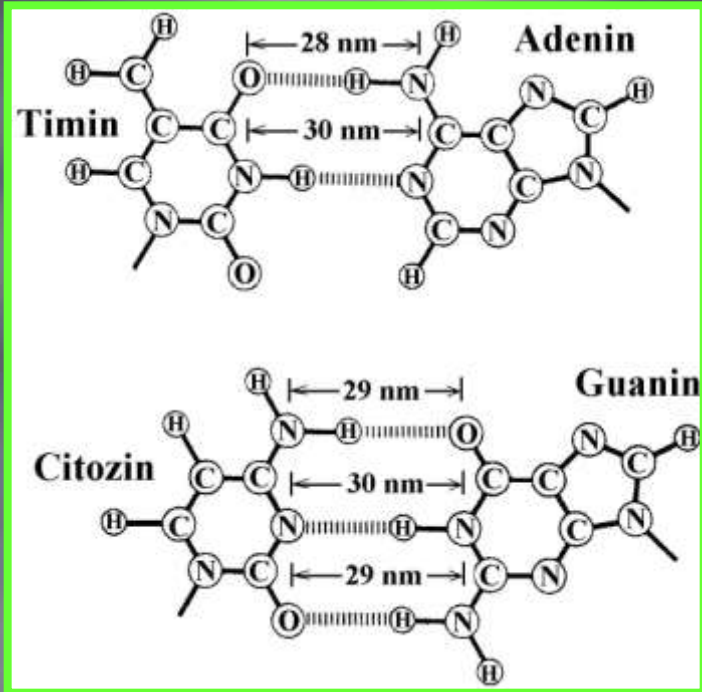
- Broj karakteristika živog entiteta varira od autora do autora.
- Kod definisanja života ne sme se polaziti od hipoteza o konkretnim fizičkim uslovima. Određivanje pojma mora biti funkcionalno.

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

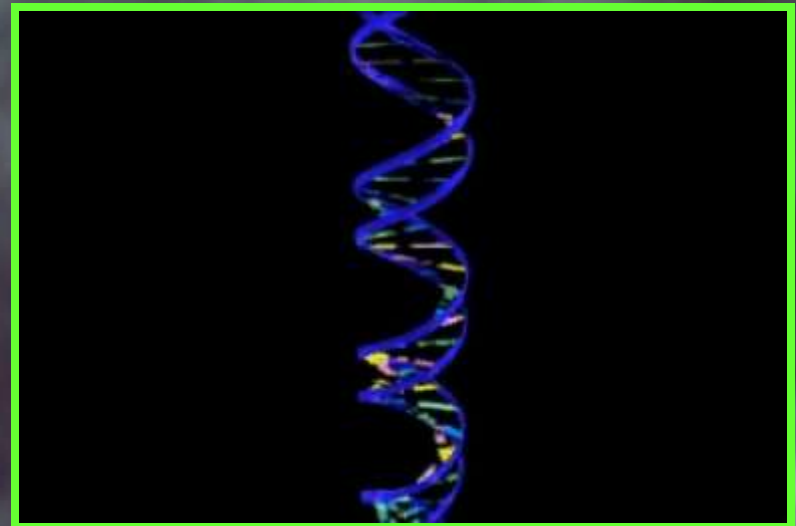


A.A. Ljapunov – kibernetičke postavke života: živa materija je visoko organizovana i stabilna. Reakcijom na spoljašnje uslove, život se adaptira sredini i prilagođava je svojim potrebama. To postiže prenosom informacije.

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).



Džejms 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:

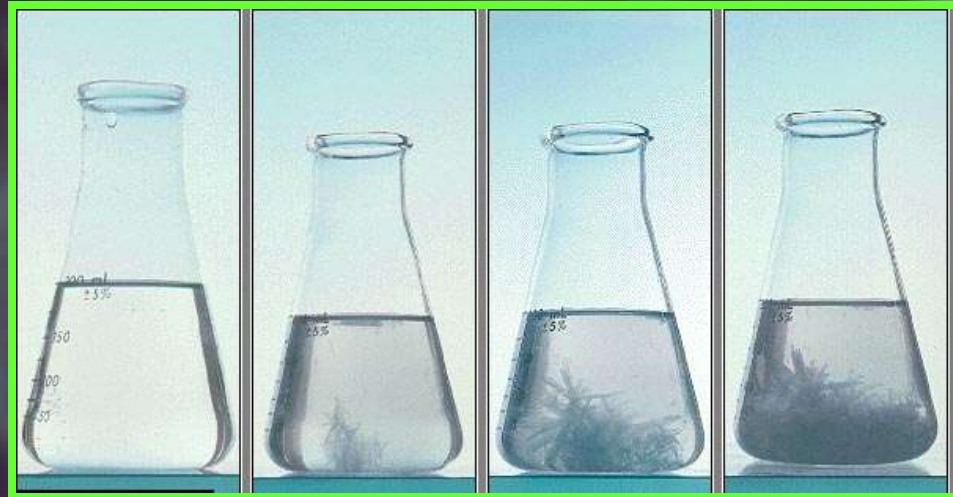
- **Razmena energije i materija sa spoljašnjom sredinom**
- **Rast, razvoj i složenost strukture (jednoćelijska bakterija sadrži 5000 različitih belančevina, a u molekulu insulina postoje dva lanca amino–kiselina sa po 280 biliona i 510 triliona mogućih permutacija lokacije)**
- **Iritabilitet (osobina 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...

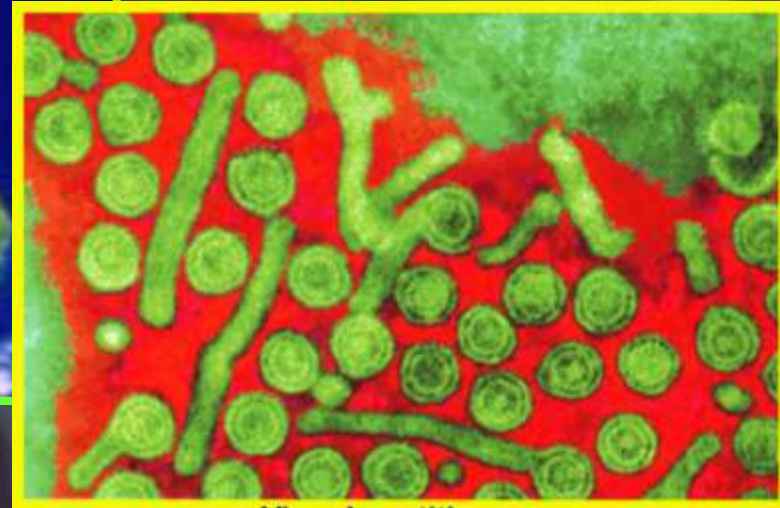
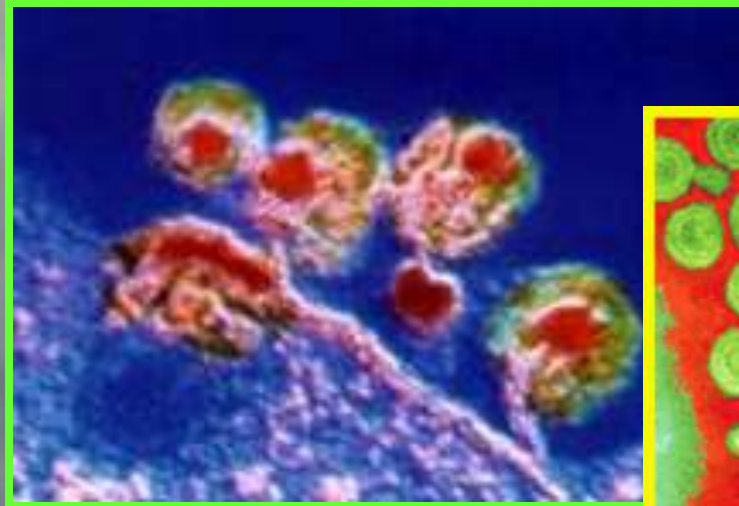
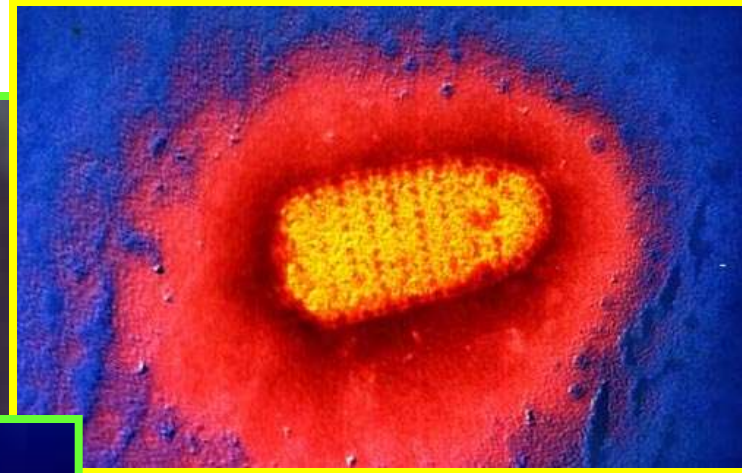
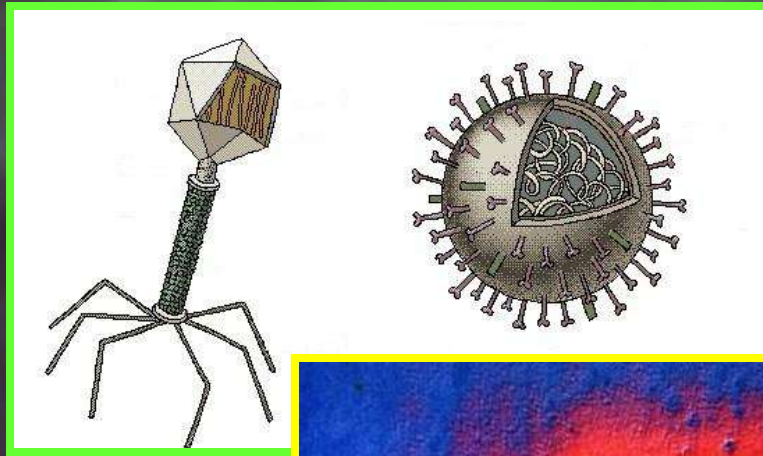


Tako, naprimer, na tvrdnju da živa bića troše energiju postoji i kontra argument da to rade i automobili. Osobinu da sami sebe reprodukuju imaju i neki računarski programi, dok neki živi organizmi to nisu u stanju da rade (npr. mazge i mule ili sterilni organizmi). Rđa se takođe razvija i raste. I računarski 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.

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–Đerđi).

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.



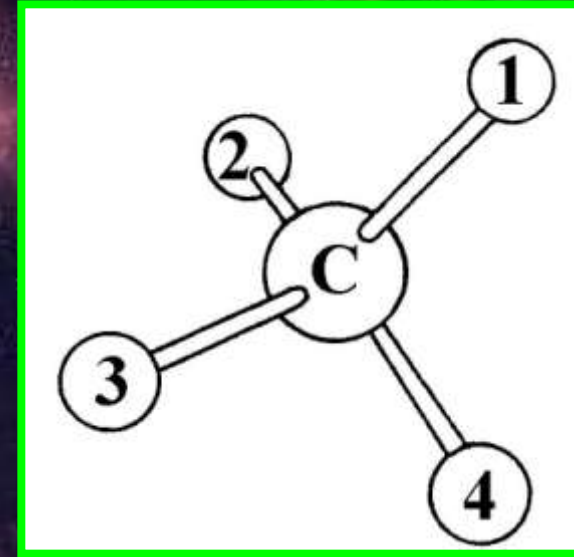
Za termoregulaciju je bitno što je njen toplotni kapacitet visok i što joj je, pri normalnom pritisku, visoka temperatura ključanja. Molekuli su joj polarni. Dobar je ("univerzalni") rastvarač, što je od izuzetnog značaja za formiranje života.

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).



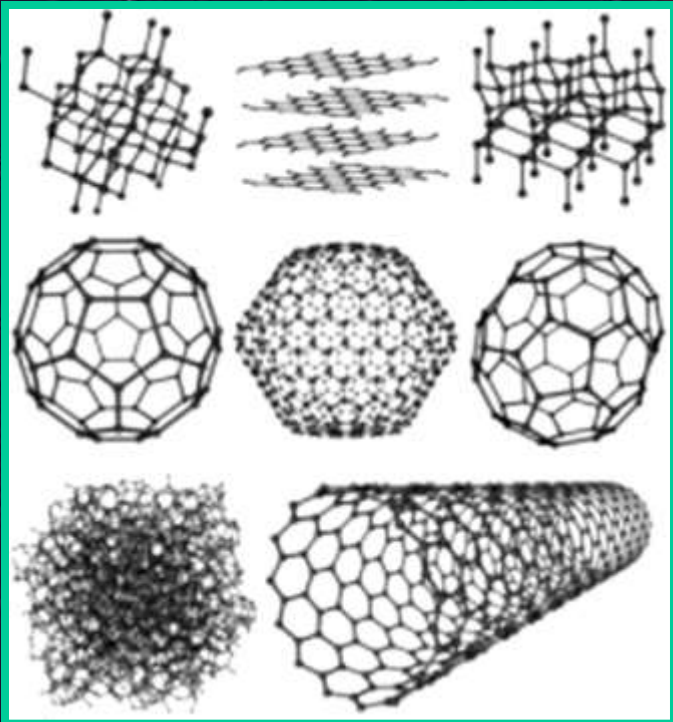
– Život mora da bude zasnovan na elementima koji mogu da grade veliki broj složenih jedinjenja

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.



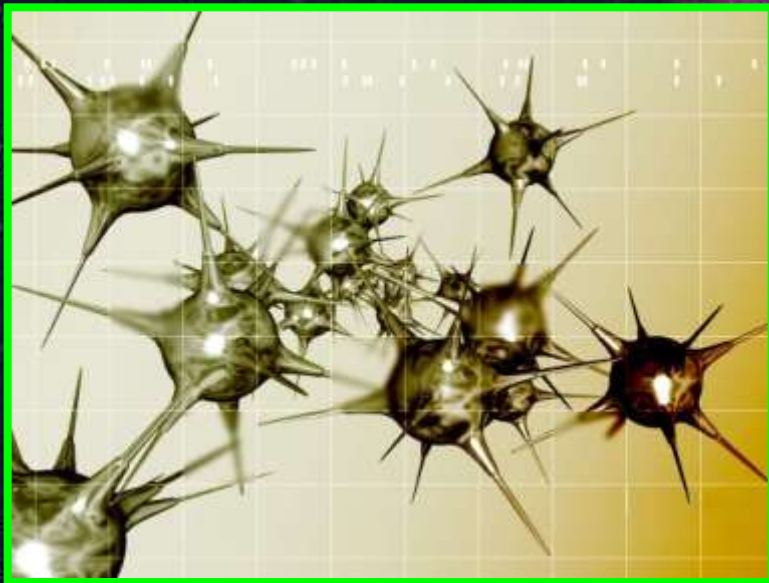
Ugljenik je po zastupljenosti na Zemlji tek na 15. mestu (0.048%), ali je zato na 4. mestu po rasprostranjenosti u Kosmosu. Na Zemlji ga ima najviše u njenoj kori i to u obliku karbonata u količinama koje su npr. stotinama puta manje od silikata. Međutim, izuzetno je aktivan u procesima stvaranja molekula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

Podestan 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”.



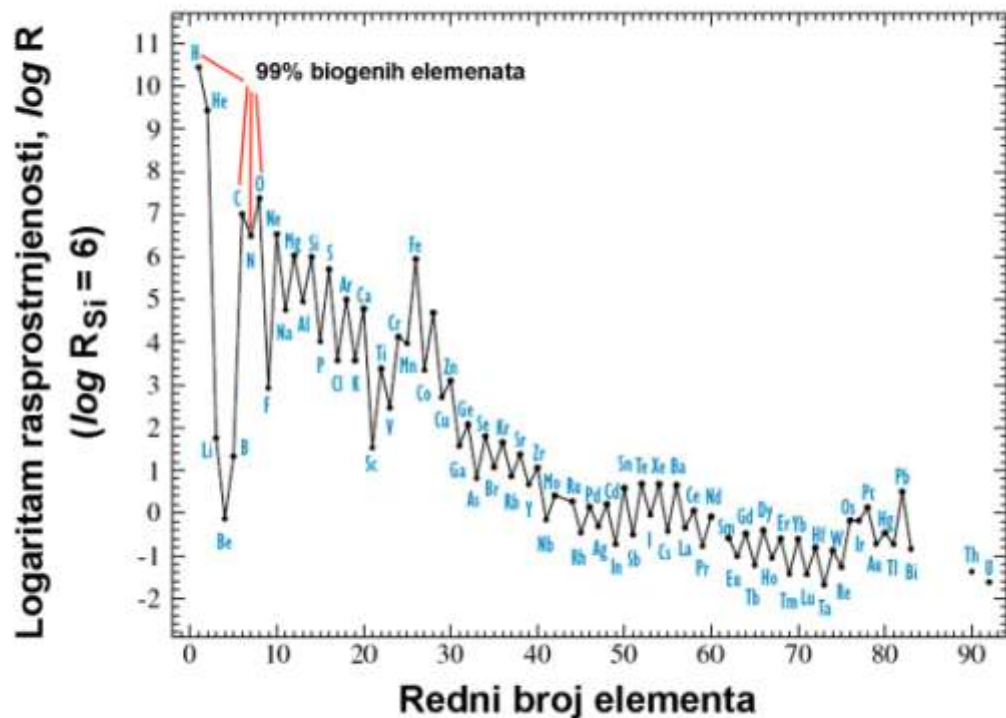
Ovoj grupi elemenata pripada i germanijum, ali se on retko sreće u Kosmosu, pa je malo verovatno da se život može bazirati na njemu.

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

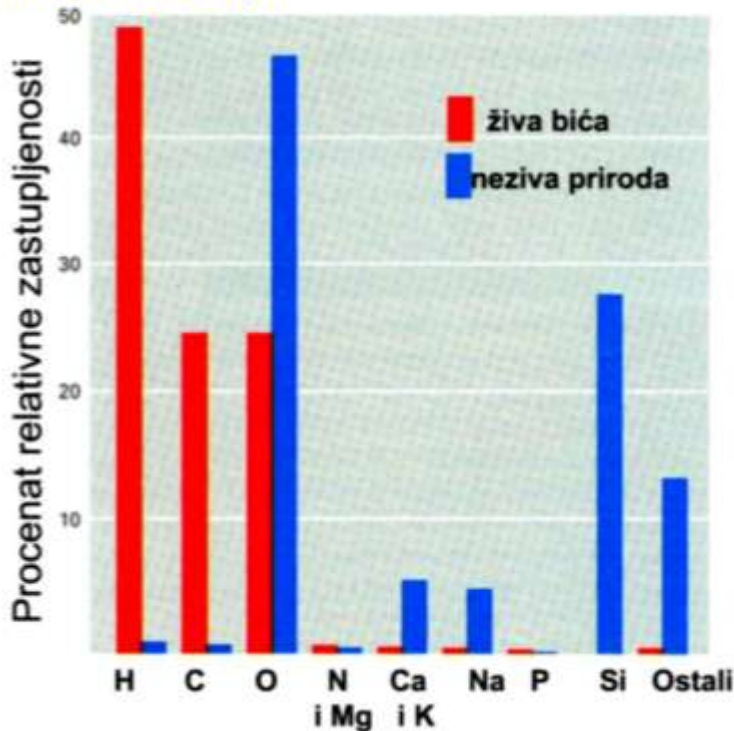


Rasprostranjenost H i He je 90% i 9% po brojnosti, a 70% i 28% po masi

Ovi "životodavni" elementi (C, H, O i N) spadaju u šest najrasprostranjenijih elemenata u Kosmosu. Preostala dva su inertni gasovi He i Ne, koji s drugim elementima reaguju samo u ekstremnim uslovima temperature i pritiska.

To što je naš na Zemlji sazdan od četiri najprisutnija elementa u Vasioni, ukazuje da naš svet nije ništa izuzetno ("kopernikanski princip"). Očekuje se da će i život na drugim svetovima biti u osnovi od istih elemenata kao i na Zemlji i da se život može naći na više mesta u Kosmosu.

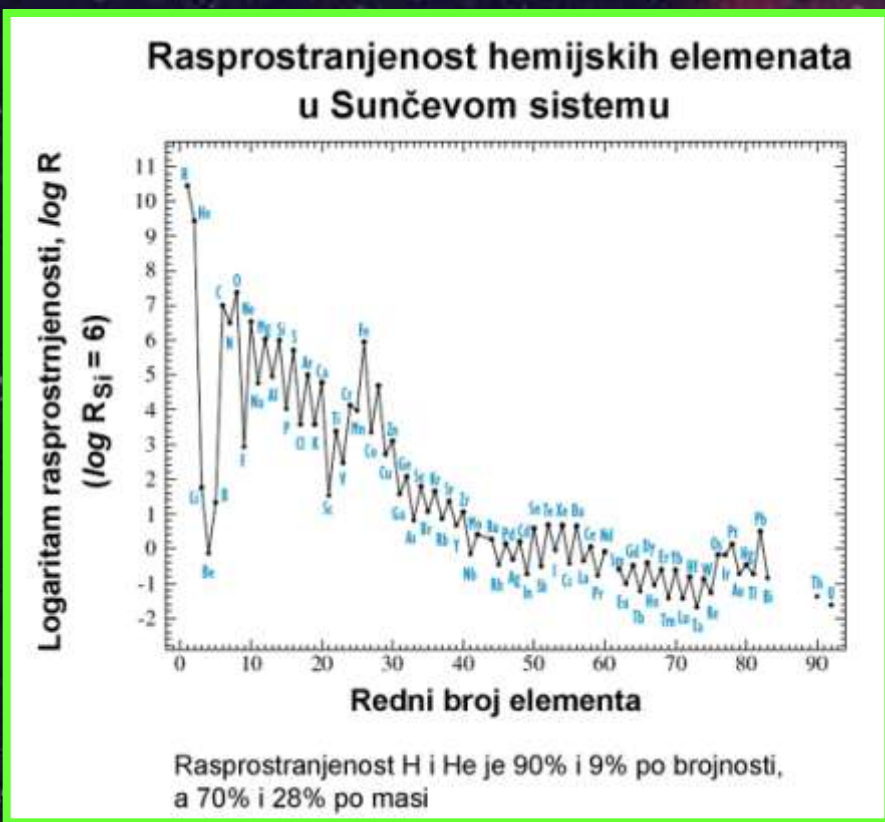
Zastupljenost nekih hemijskih elemenata u neživom svetu (Zemljina kora) u poređenju sa njihovim zastupljenostima u tkivima životinja



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.

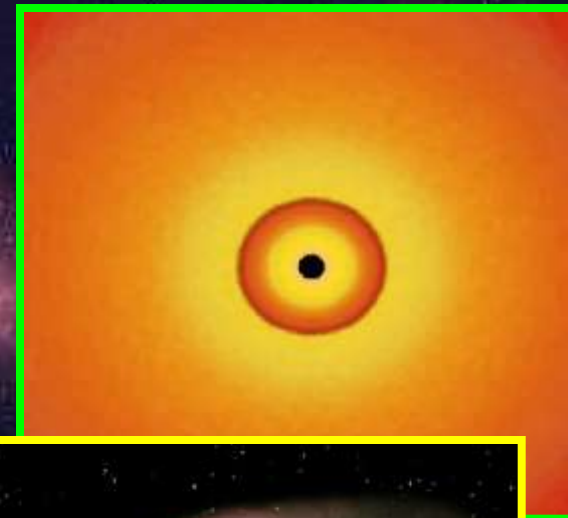
Treba reći da je rasprostranjenost hemijskih elemenata (nukleotida) u Vasioni utvrđena je prema podacima dobijenim 1) na osnovu istraživanja sastava uzoraka zemaljskog, meteoritskog, lunarnog i kometskog materijala, 2) na osnovu izučavanja spektara elektromagnetnog zračenja Sunca, zvezda i međuzvezdane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



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*-proces) 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.



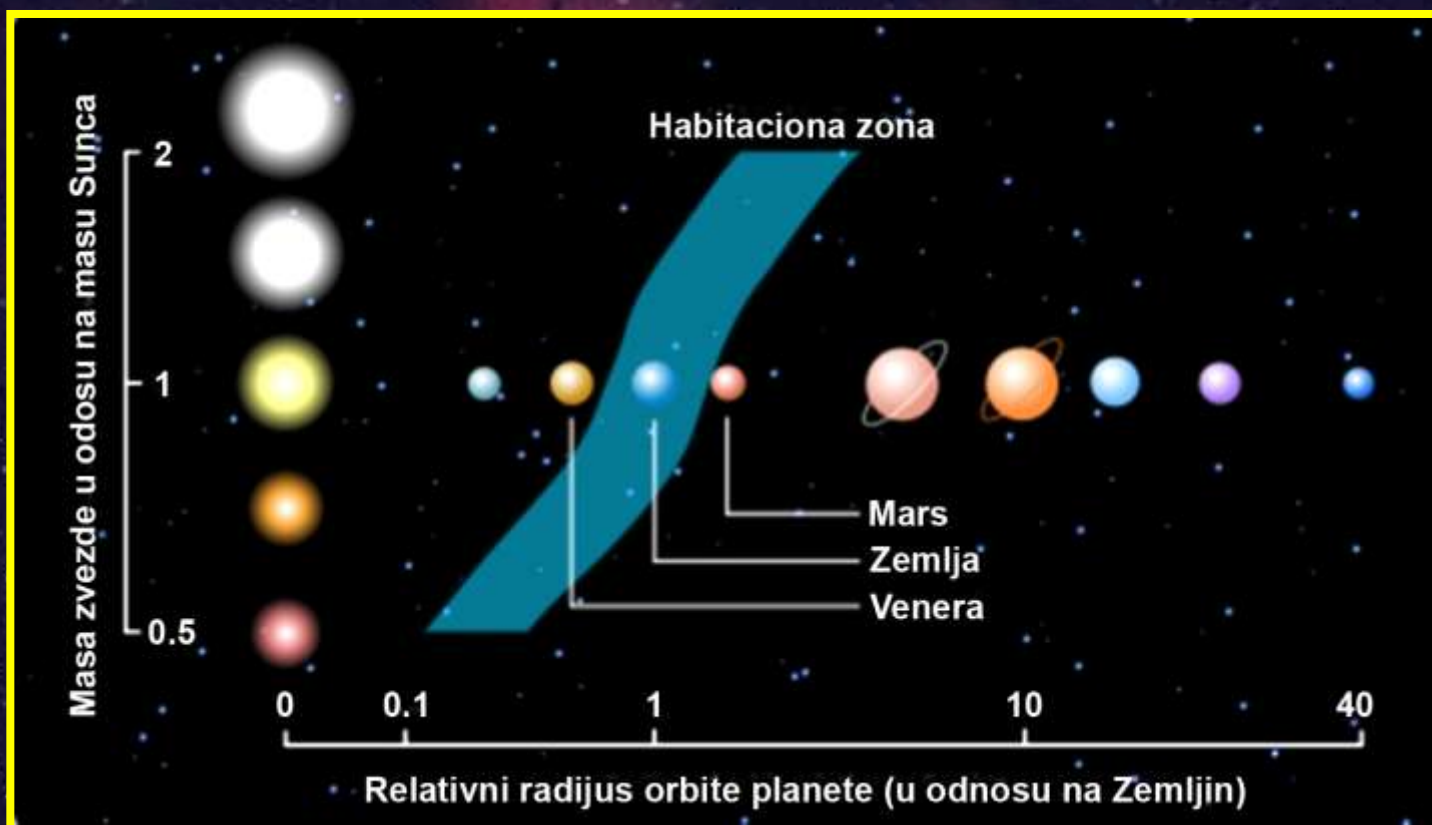
Mlečni Put

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

Nastanjiva (habitaciona) zona (ekosfera) zvezde

Prostor oko zvezde u kome su uslovi pogodni za nastanak života na bazi ugljenika. Određen je visinom temperature, koja treba da omogući posojanje tečnog omotača.

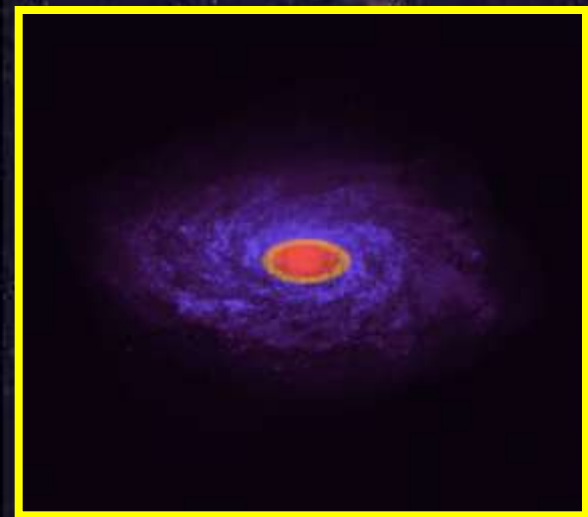
Nastanjive zone za toplije zvezde su dalje od zvezde, ali su i šire, jer su toplije zvezde sjajnije i luminoznije.



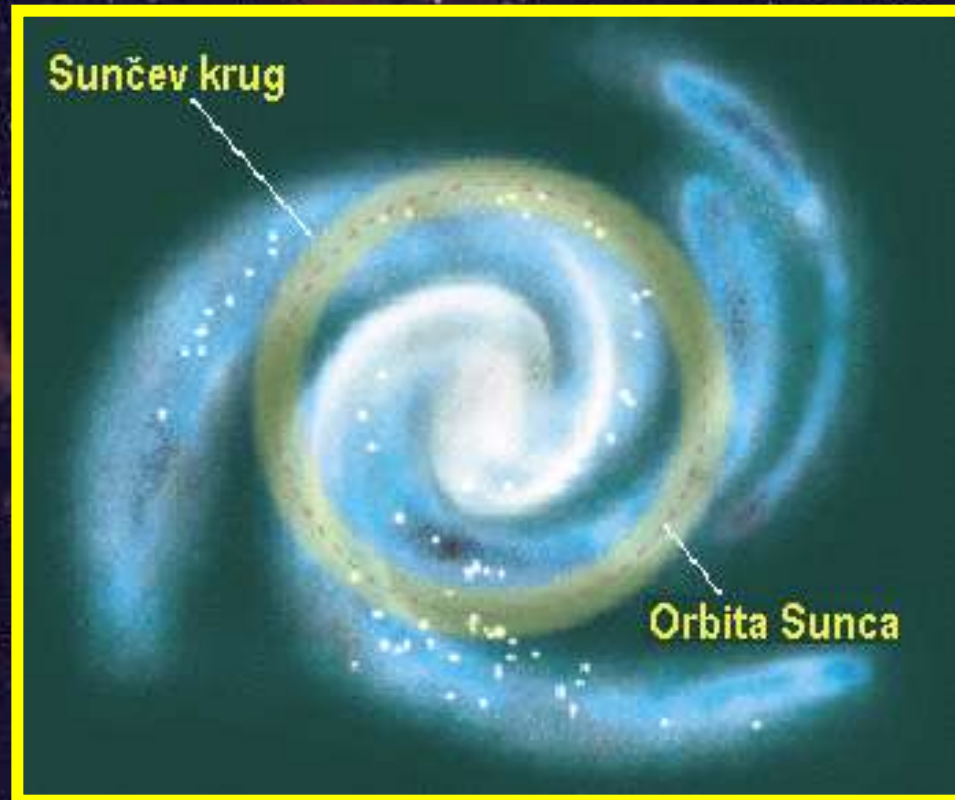
Od 2001. g. sreće se pojam **galaktičke habitacione zone (GHZ)**. Njenu spoljašnju granicu određuje gradijent metaličnosti. Unutrašnja granica određena je dinamičkom stabilnošću, kao i učestanošću supernovih i γ -bleskova, koji su "ubitačni" po život. Oko galaktičkog jezgra veliki je broj onih zvezda u kojima su u fuziji stvoreni teži elementi. Osim toga tamo su češće eksplozije supernovih. U blizini našeg Sunca (između središta i ruba galaktičkog diska) mnoge novonastale zvezde poseduju diskove gasa i prašine iz kojih se formiraju planete bogate teškim elementima.

Idući ka rubu galaksije smanjuje se broj supernovih, pa je i prisustvo težih elemenata tamo manje.

Zvezde u halou toliko su stare da 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.

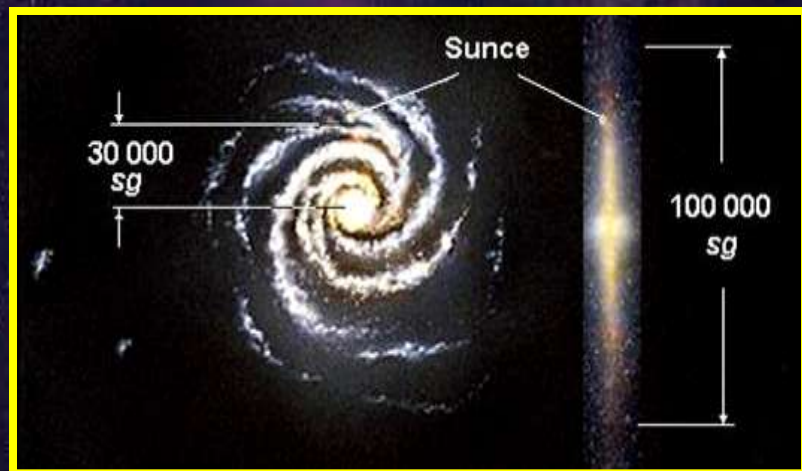
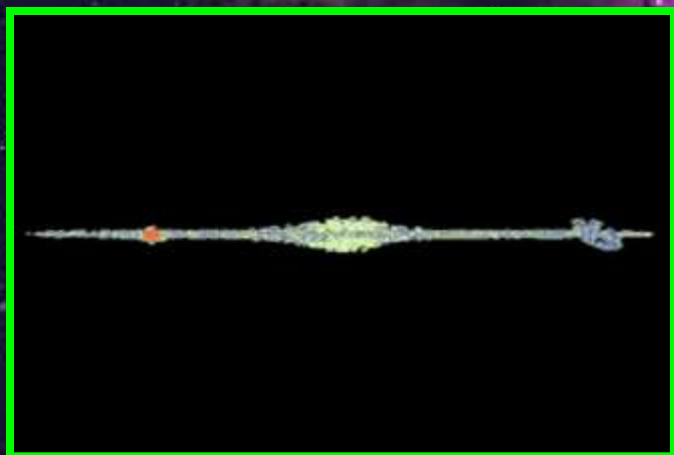


Tačne kvantitativne granice GHZ naše Galaksije nisu još određene. Nije poznato ni koliki deo zvezdane populacije Mlečnog puta leži u GHZ; procene sugerišu da ih je oko 20%.

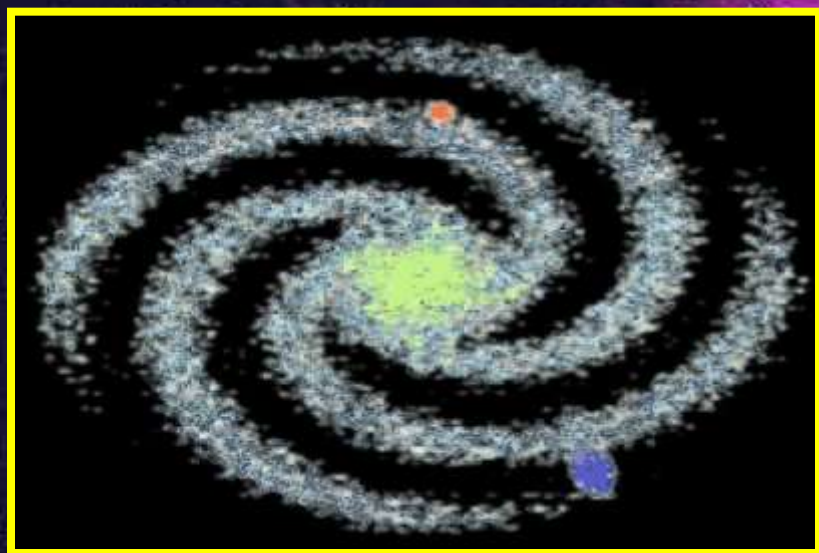
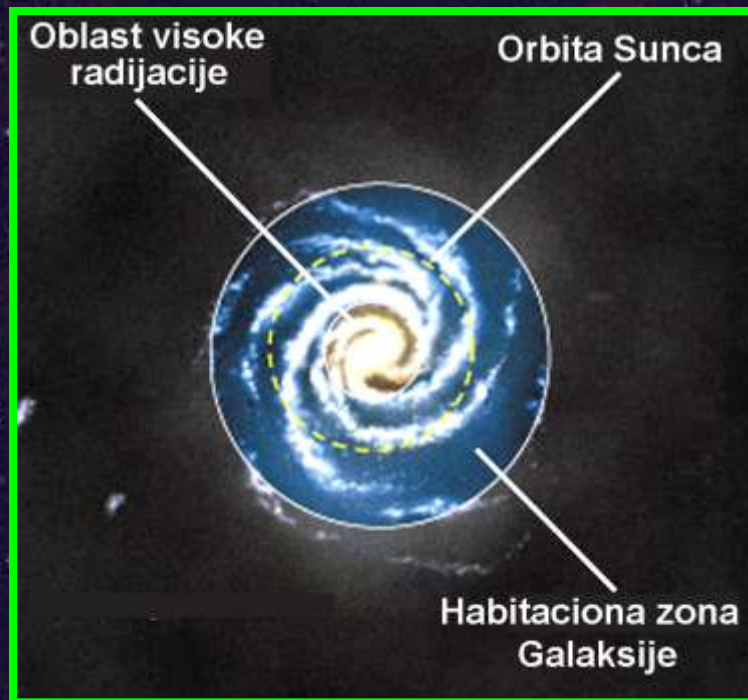


– Život ne može nastati oko zvezda u blizini jezgara galaksija

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.



U središtu naše Galaksije, po svemu sudeći, nalazi se gigantska crna rupa.



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, čija je masa, kako se procenjuje, 4 miliona puta veća od mase Sunca.

-U nastanljivoj 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.

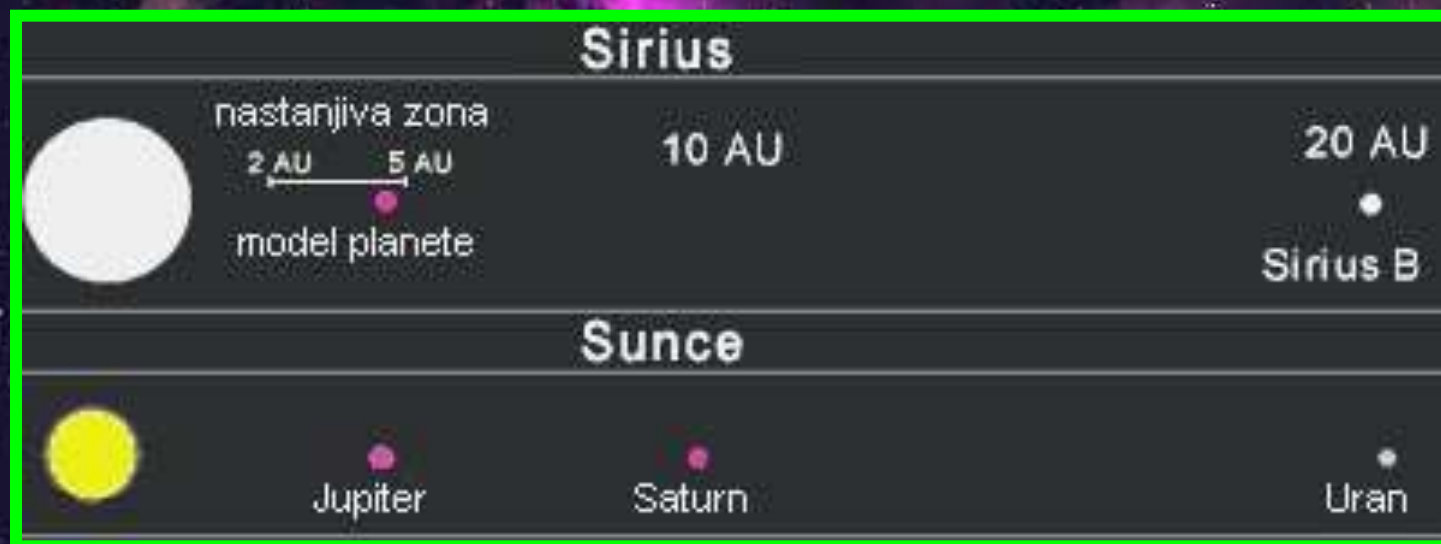




U tu priču o zlatokosoj planeti uklapa se *Gaia hipoteza* o Zemlji kao živom organizmu koji održava stanje neohodno za njen opstanak. Hipoteza je formulisana kasnih 70-tih XX veka, mada su njeni koreni još raniji (Džejms Haton – Zemlja je superorganizam. Njene sfere: atmo-, hidro-, lito- i bio- su izbalansirane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



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.

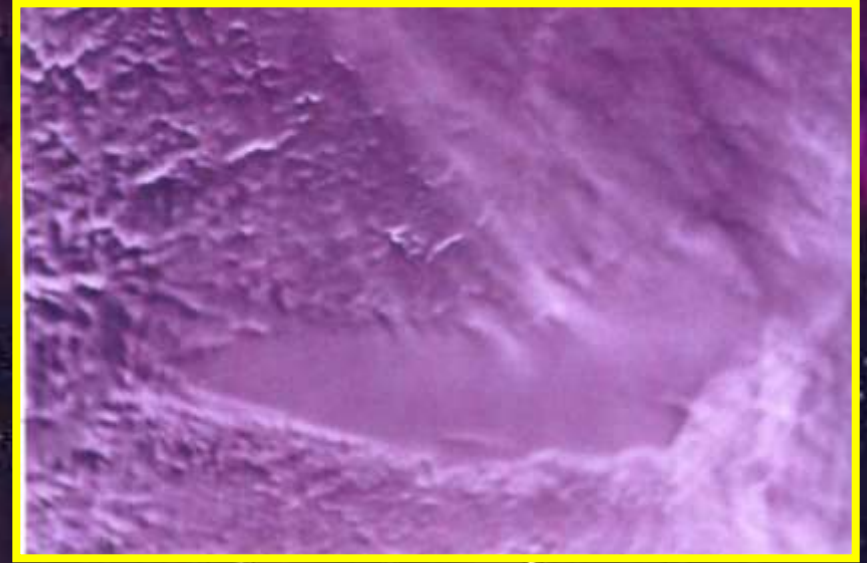


Brojni su primeri ekstremofilnih oblika života na Zemlji.

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:

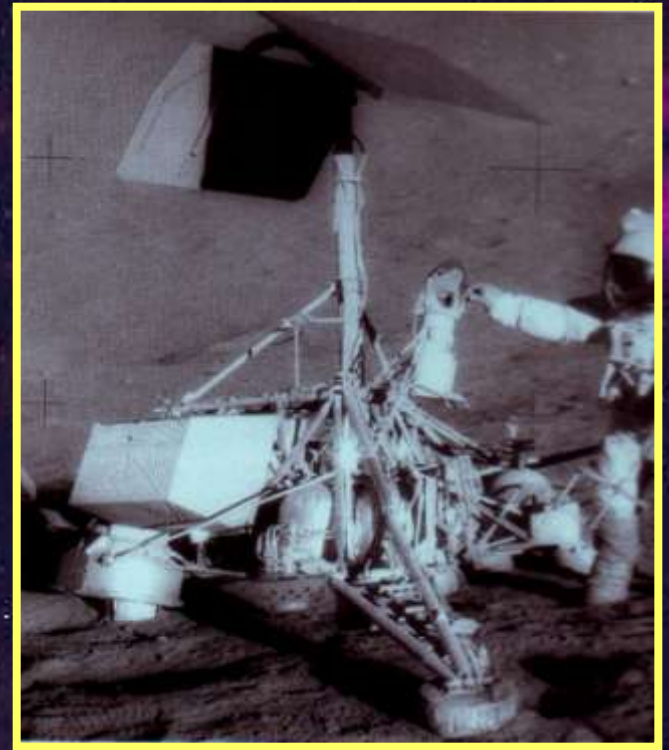


0°C

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



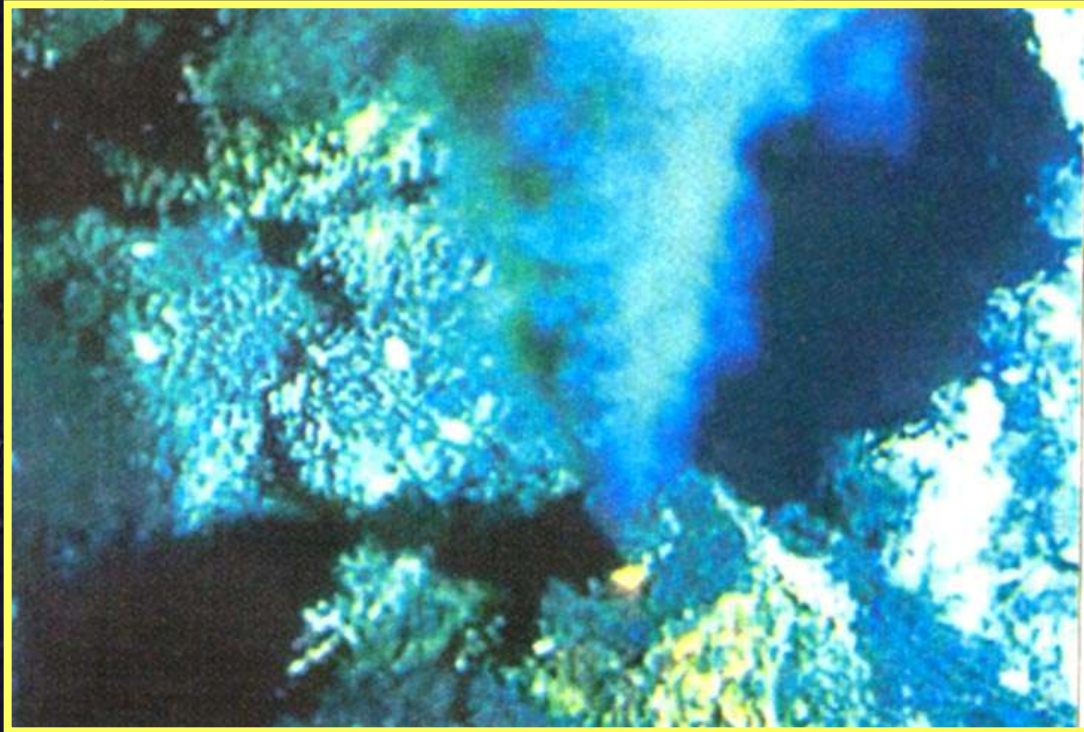
0°C



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.

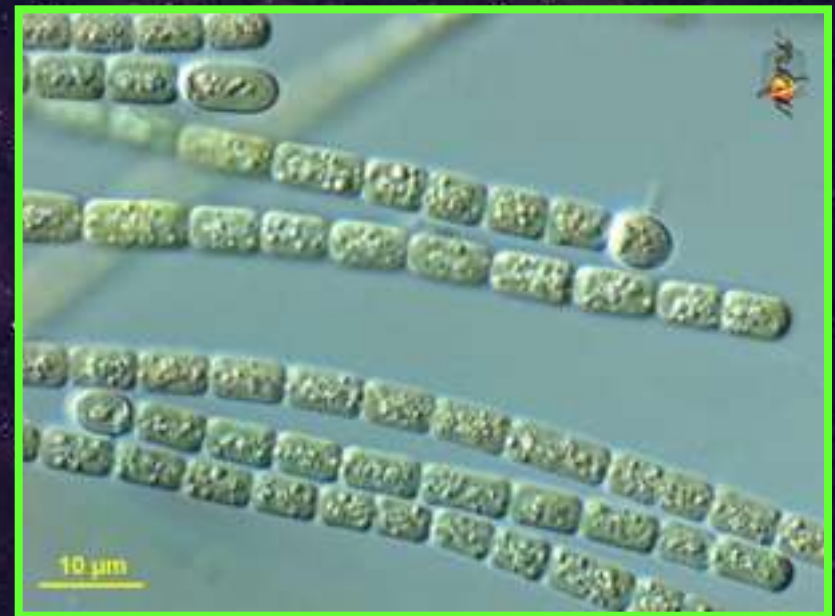
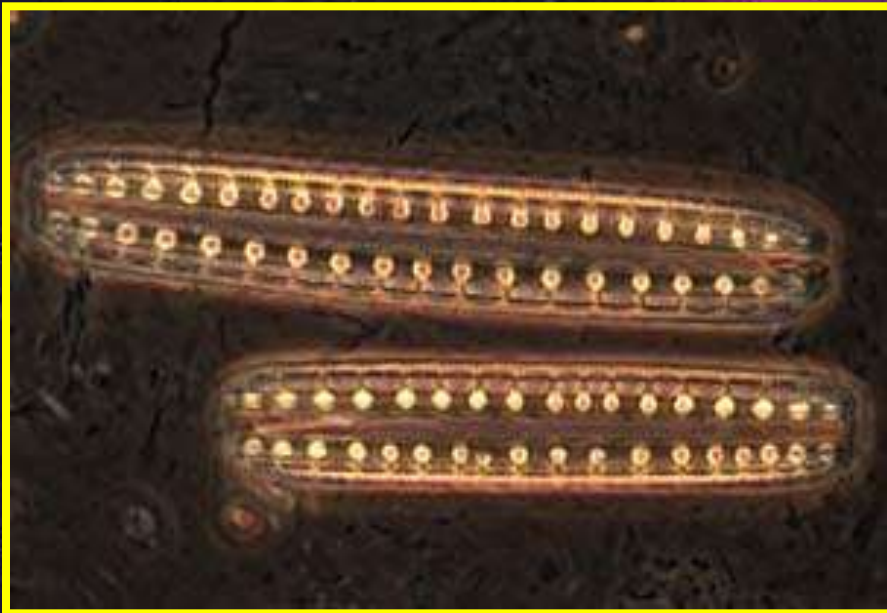
Kod podvodnih termalnih izvora, temperatura na otvorima dostiže i do 400°C , a samo par metara dalje je svega nekoliko stepeni iznad 0°C . Kod podvodnih crva *Alvinelida* u blizini vrulja gradijent temperature između glave i repa je i do 80°C .



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 **kriofili** 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



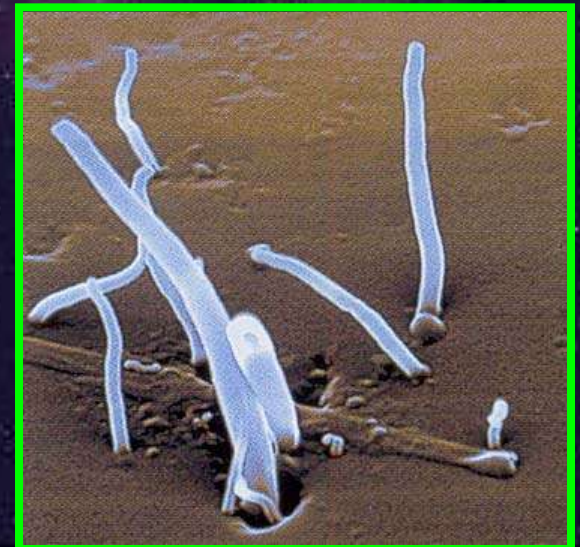
Acidofili – opstaju u izuzetno kiselim sredinama, za koje je optimalni pH nivo niži od 3. Neki opstaju i u sredinama sa negativnim pH vrednostima.

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.

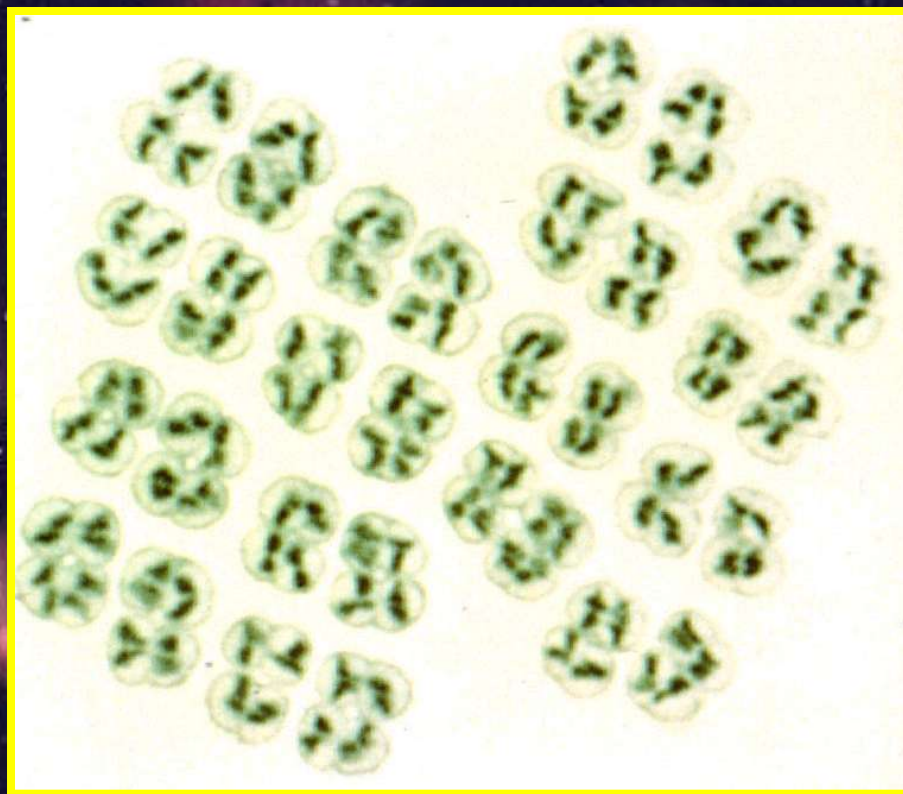
Piezofili žive u uslovima ekstremno visokih pritisaka duboko u okeanu ili ispod Zemljine površine.

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

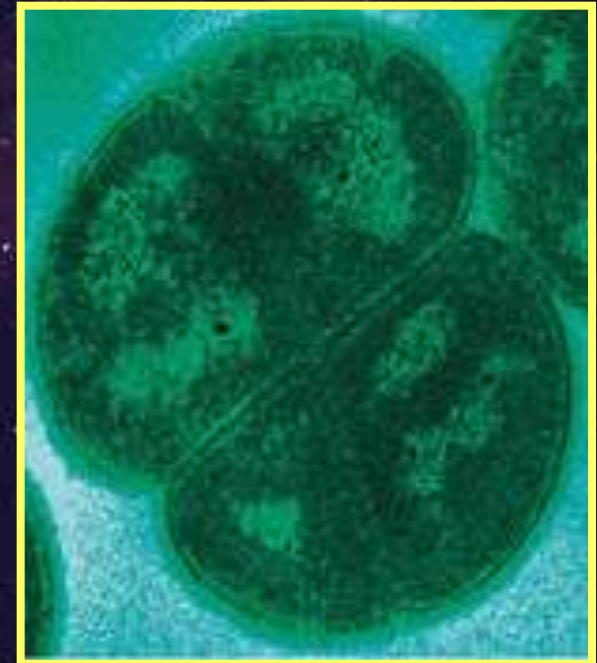
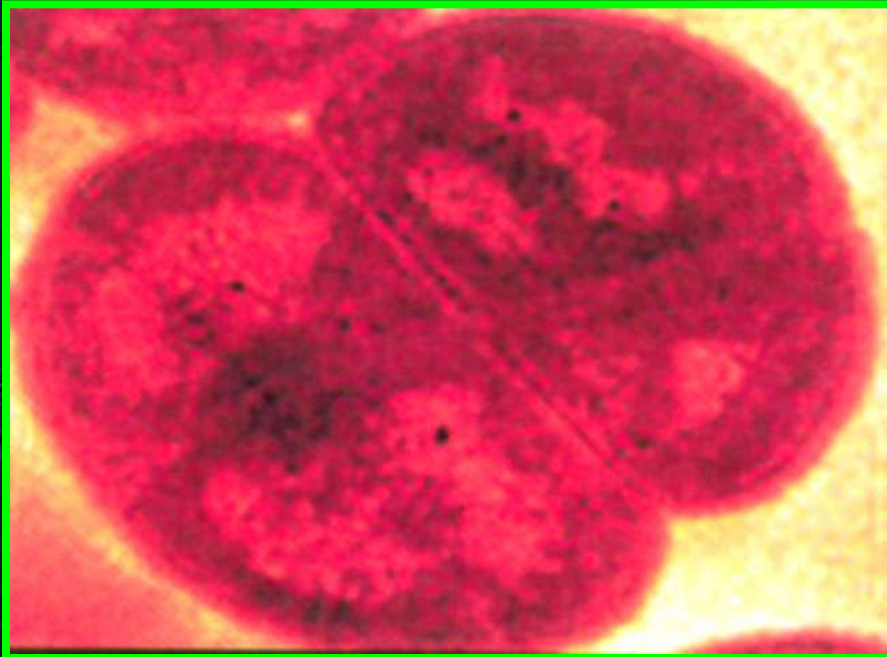


Radiorezistentni ekstremofili – opstaju u uslovima visokih nivoa jonizujućeg zračenja. Ima i onih koji opstaju pri “ubitačnim” UV zračenjima.

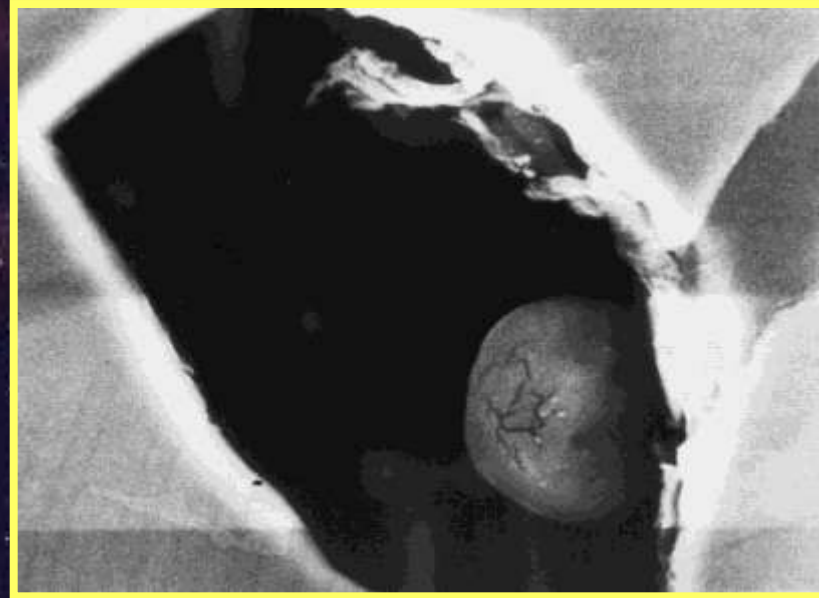
Micrococcus radiophilus – uživa u rezervoarima nuklearnih reaktora, “prežderavajući” se plutonijumom.



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.

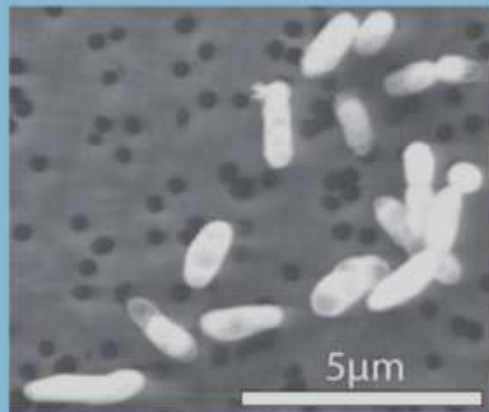


Ovakav sastav potiče od minerala bogatih arsenom sa okolnih planina.

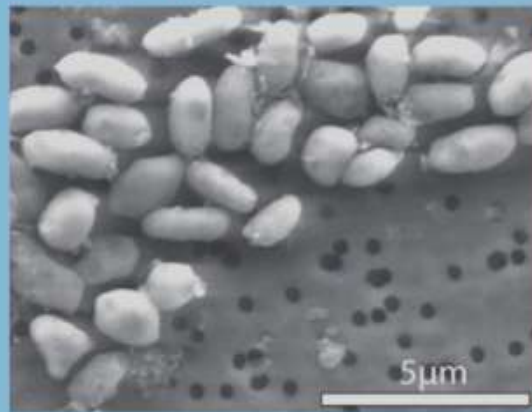


Proučavajući mikroorganizme iz klase *Gammaproteobacteria* dr Volf-Simon je ustanovila da je u njihovim ćelijama fosfor istisnut arsenom. Arsen i fosfor pripadaju petoj grupi Periodnog sistema elemenata, tako da su u hemijskom smislu slični. Ali iako na Zemlji neki organizmi mogu da udišu arsen, za većinu organizama on je otrovan. Ali u ispitivanim mikroorganizmima (GFAJ-1) arsen je deo ćelije i on ne ometa njihov život i razmnožavanje, već je preuzeo funkciju fosfora. 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



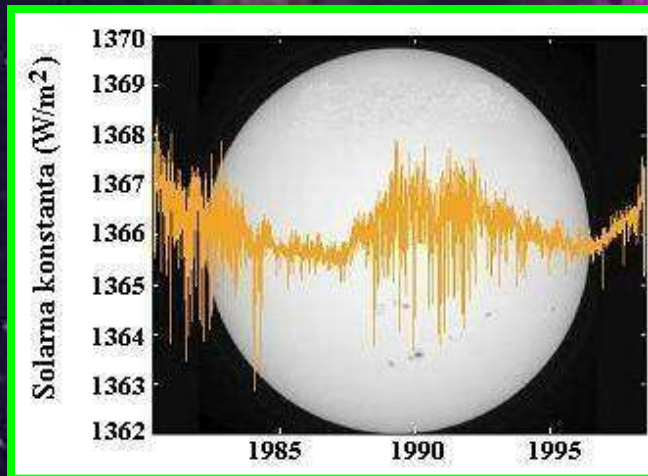
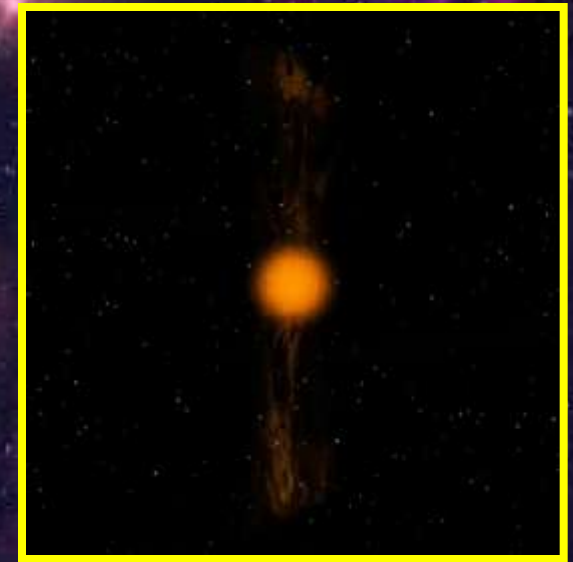
arsenom

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

- 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. Stabilnost rotacije Zemlje (brzinu i nagib ose) obezbeđuje Mesec. Zbog toga je on jedan od faktora koji utiču na klimu na Zemlji. S obzirom da se od Zemlje udaljava oko 4 cm godišnje, Mesečev 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 ostale planete zajedno*.

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

– 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:

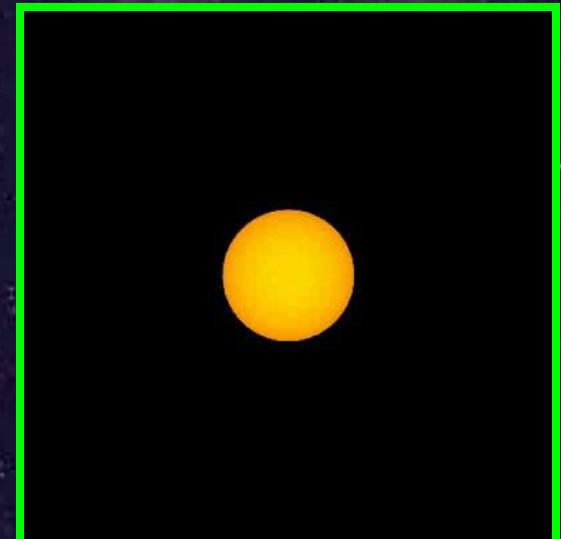
$$t_{gn} = 10^{10} \left(M_0 / M \right)^3$$

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).

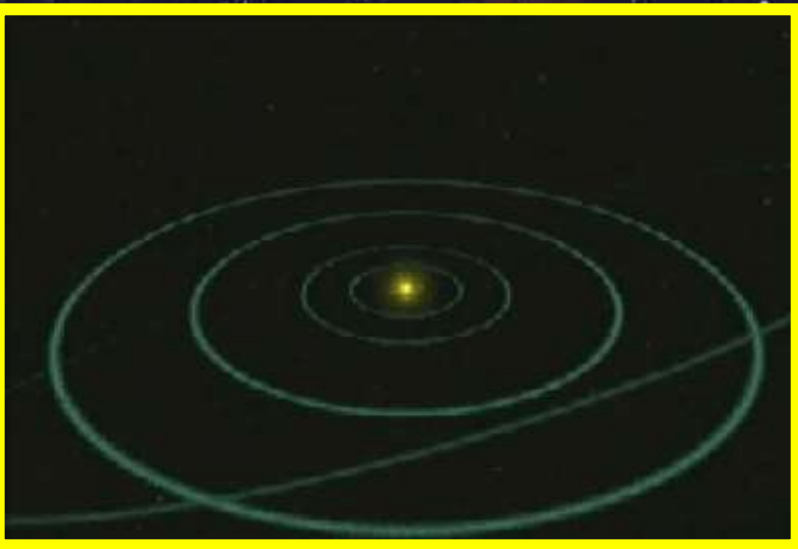
Nakon sagorevanja vodonika u jezgru, zvezda se "naduvava" i postaje crveni džin. U jezgru tada nema fuzionih reakcija.



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

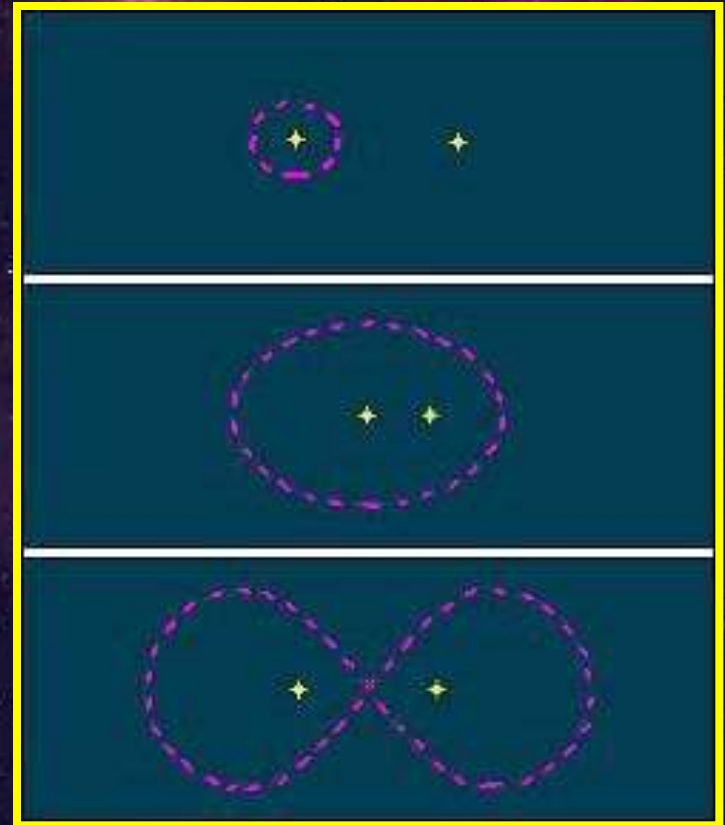
Smatra se da će Sunce tada progutati Merkur, a po nekim proračunima možda će dosegnuti i do Marsa.

To ujedno znači i kraj mogućeg života na tim planetama.

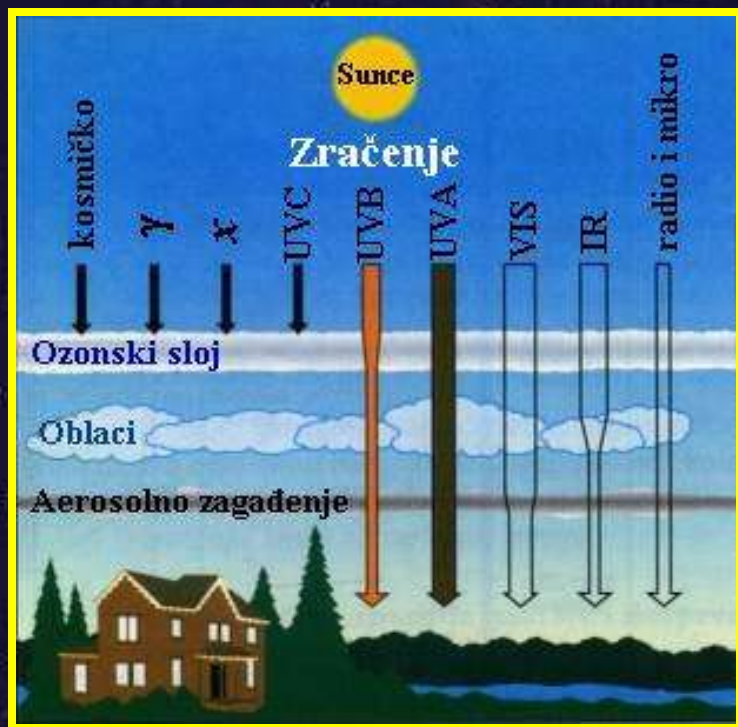


– Život teško da može da nastane na planetama oko tesnih dvojnih sistema zvezda

Planetarni sistem oko dvojnih zvezda je nestabilan. Na planetama bi se drastično menjali uslovi, što se nepovoljno odražava na moguću "biohemiju".

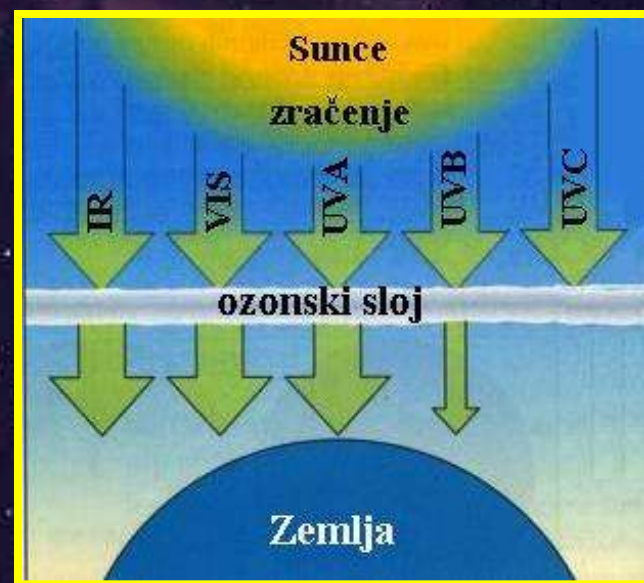


– Planeta treba da ima atmosferu koja omogućuje nastanak i razvoj života

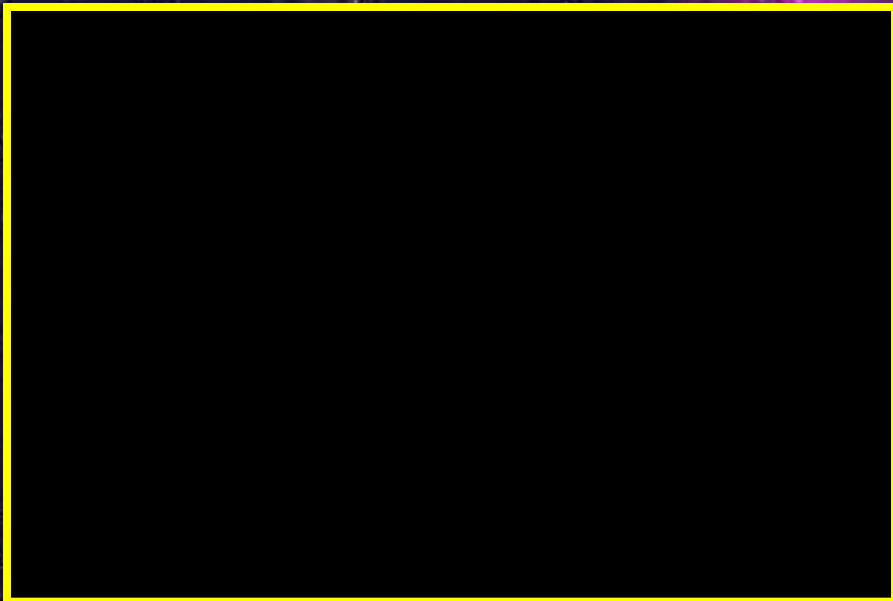


Za kosmičko, UV, rentgensko i gama zračenje, Zemljina atmosfera ponaša se kao zid debljine 4.5 m. Da nema atmosfere "ubijale" bi nas i kišne kapi pri padu (mada one ne bi ni mogle da se formiraju bez atmosfere).

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



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.

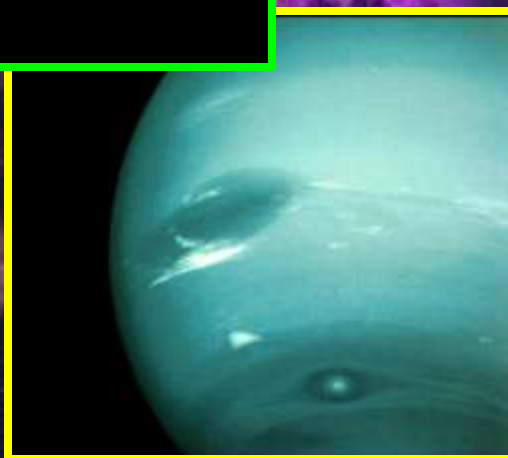
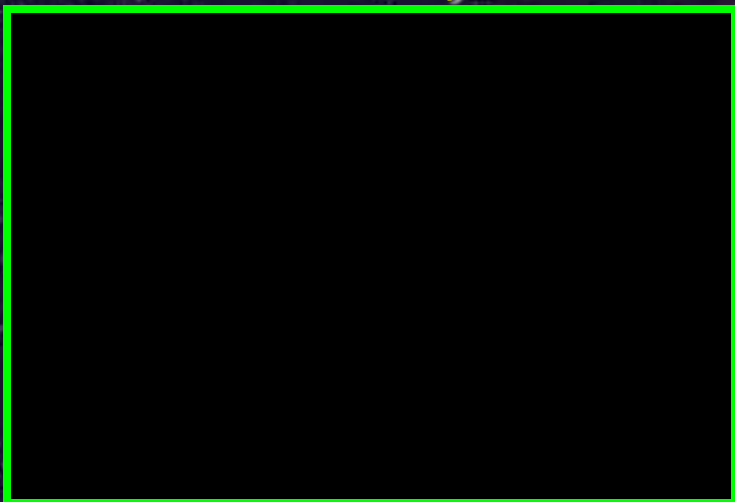


Kod Venere, Zemlje i Marsa prisutan je “fenomen zlatokose”: Venera je previše topla, Mars suviše hladan, a Zemlja baš kako treba. To ima veze sa udaljenošću od Sunca, ali i sa efektom staklene bašte. Venera i Mars imaju približno isti procenat CO_2 u atmosferama, ali je atmosfera Venere znatno gušća,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



Masa planete treba da onemogući preveliku disipaciju atmosfere (lakši gasovi brže disipiraju). 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 – svetovi bez površine, sa mnogo vodonika i helijuma (jovijanske planete).

Za CO_2 od interesa **ugljenični ciklus**: iz atmosfere se vezuje u vidu padavina i stvaranja karbonata u stenama. One tektonskim podvlačenjem (subdukcija) tonu u dubinu. CO_2 nakon toga biva vraćen u atmosferu kroz gejzire i vulkane.

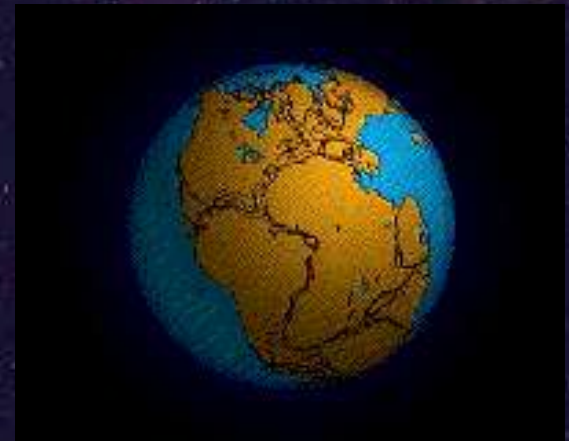
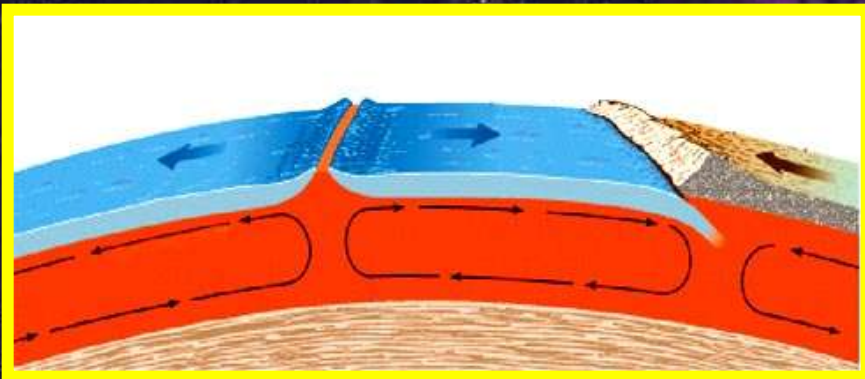
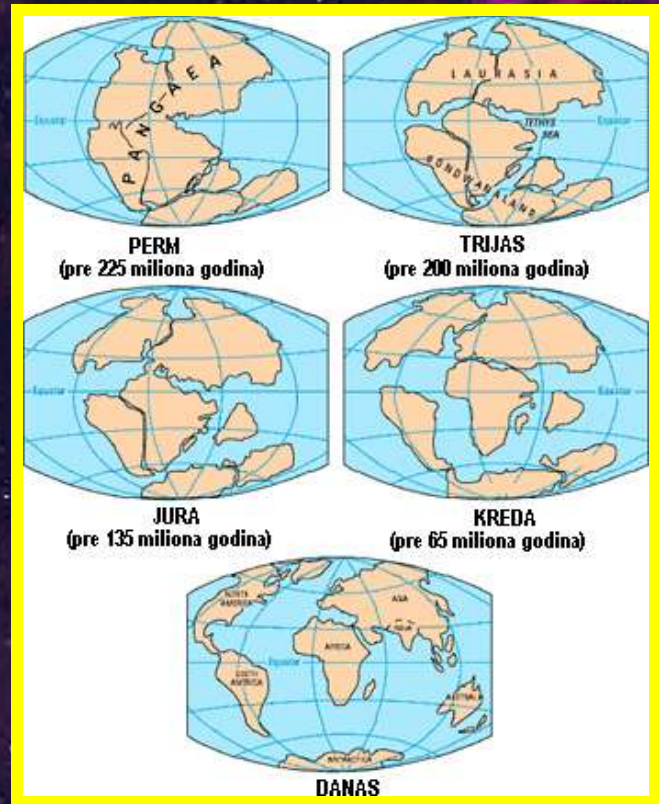


Za funkcionisanje ugljeničkog ciklusa bitna je tektonska aktivnost.

Uslovi za funkcionisanje tektonike

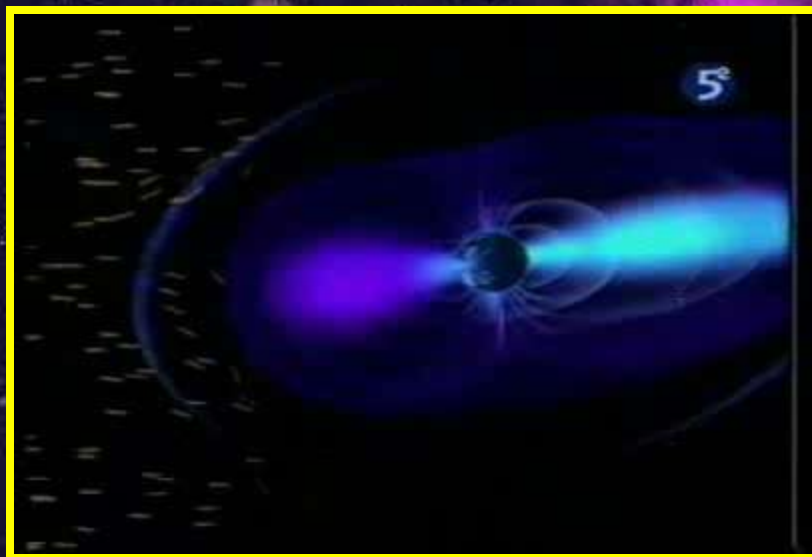
- 1. Dovoljne količine radioaktivnih izotopa U, Th i ^{40}K (r -elementi koji nastaju u supernovama tipa II).**
- 2. Postojanje tečne vode (sprečava "zavarivanje" ploča).**

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.

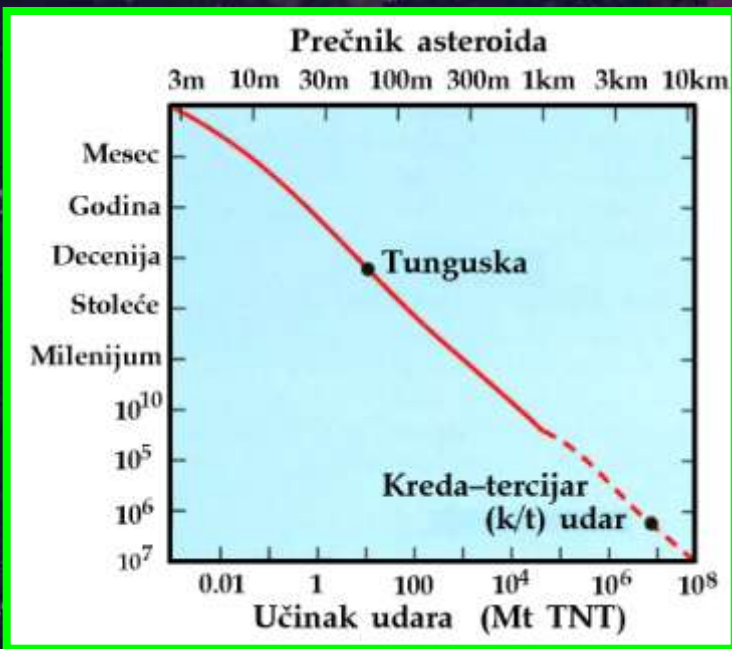


– U planetnom sistemu, osim planete–inkubatora, potrebno je i postojanje bar jedne masivnije planete – štita.

U našem sistemu tu ulogu ima Jupiter. Da nije bilo njega, priliv kometa na Zemlju bio bi stotine i hiljade puta veći.



Udari kometa ili asteroida mogu biti pogubni po život na planeti. Primer: ekstinkcija preko 75% vrsta života (uključujući i izumiranje dinosaurus, pre 65 miliona godina).



Za sam nastanak života udari kometa u planetu mogu da odigraju i pozitivnu ulogu. One obiluju organskim materijalima. E. Dajson – polazno obitavalište života su komete, a ne planete. Njihova jezgra sadrže radiktivne materijale, koji obezbeđuju energiju za sintezu molekula.

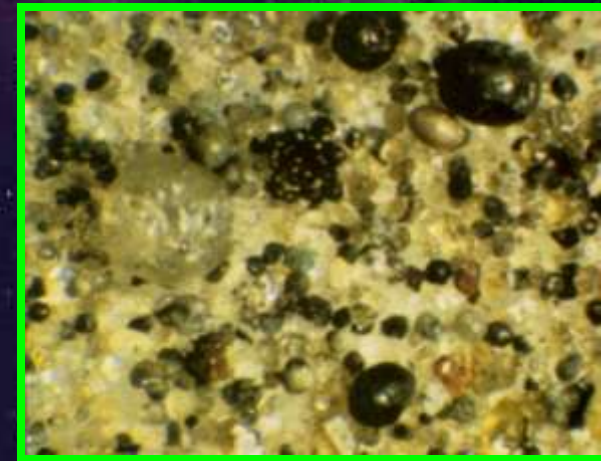
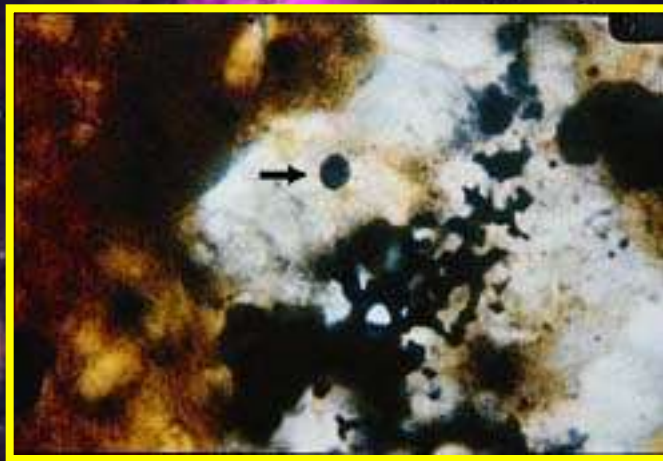
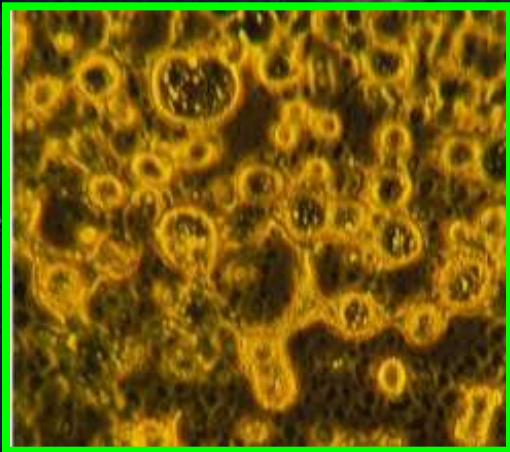
Fred Hojl i Čandra Vikramašinge – život je na Zemlju dospeo preko kometa.



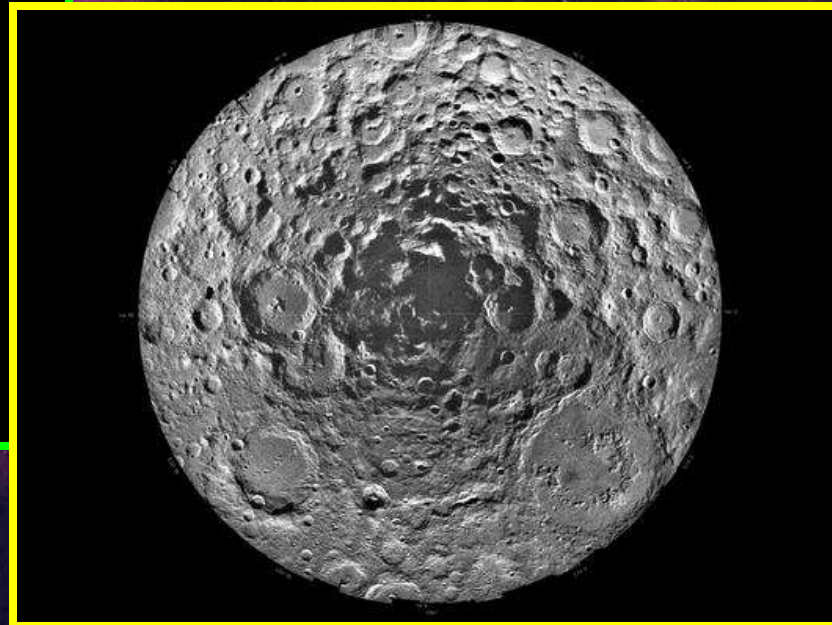
Prilikom udara organski molekuli bili su rasejani u okeanu, praveći od njega "primordijalnu supu". U povoljnim uslovima iz nje se razvio život. Ovi autori tvrde da i danas preko kometa na Zemlju dospevaju npr. virusi!



Helmholtz, lord Kelvin (nezavisno) – seme života došlo je iz Kosmosa kao putnik na kometama ili meteoritima. Primer: eksplozija meteorita 1969.g. iznad Merčisona (Australija). U njemu pronađeno 74 aminokiselina (8 učestvuju u izgradnji proteina na Zemlji). Sadržao je i šećere.



I sateliti planeta efikasno čiste "koridor" planete od udara velikih meteorita.



Jasno je da nabrojani uslovi za nastanak života u Kosmosu nemaju istu "težinu". Svakako da se u okviru astrobiologije kao osnovno ističe 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 ili 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 (obezbeđuje Jupiter)
- Prima umerenu dozu jonizujućeg zračenja i kosmičkih zraka

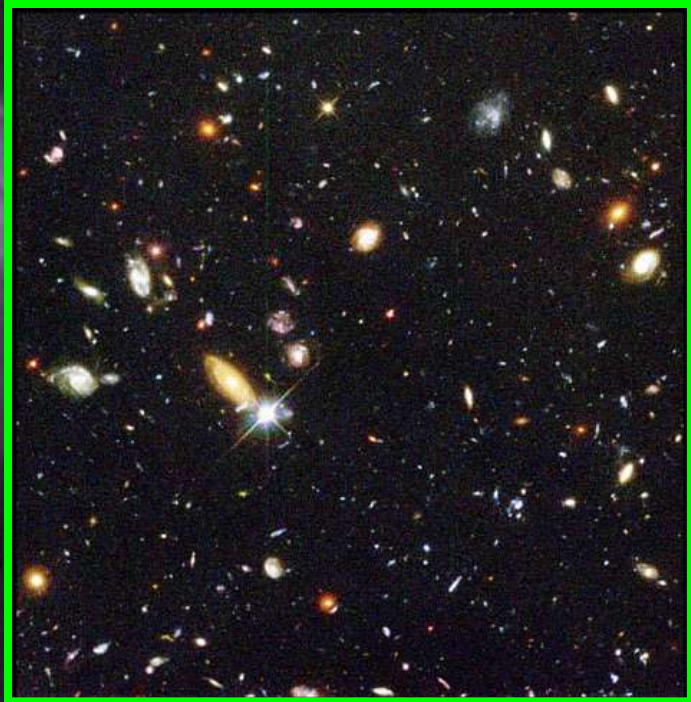
Setimo se Artura Klarka i izveštaja stručnjaka sa Marsa o planeti broj tri:

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.



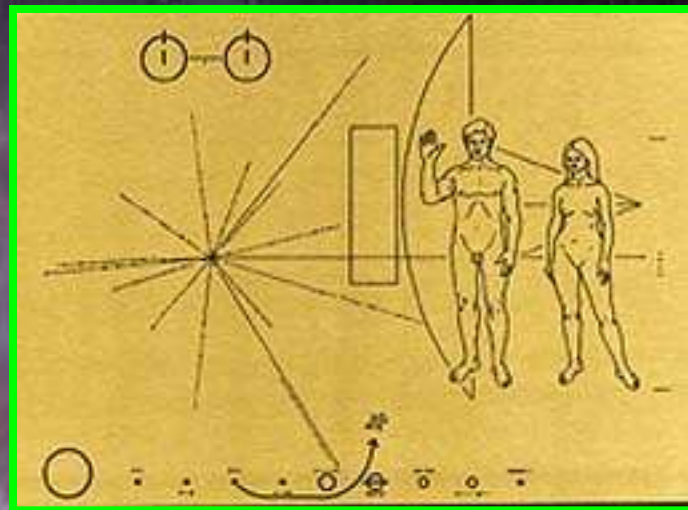
Iako je, statistički gledano, verovatnoća za nastanak života na nekom kosmičkom objektu mala, teško je i zamisliti da život postoji samo na Zemlji.

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.



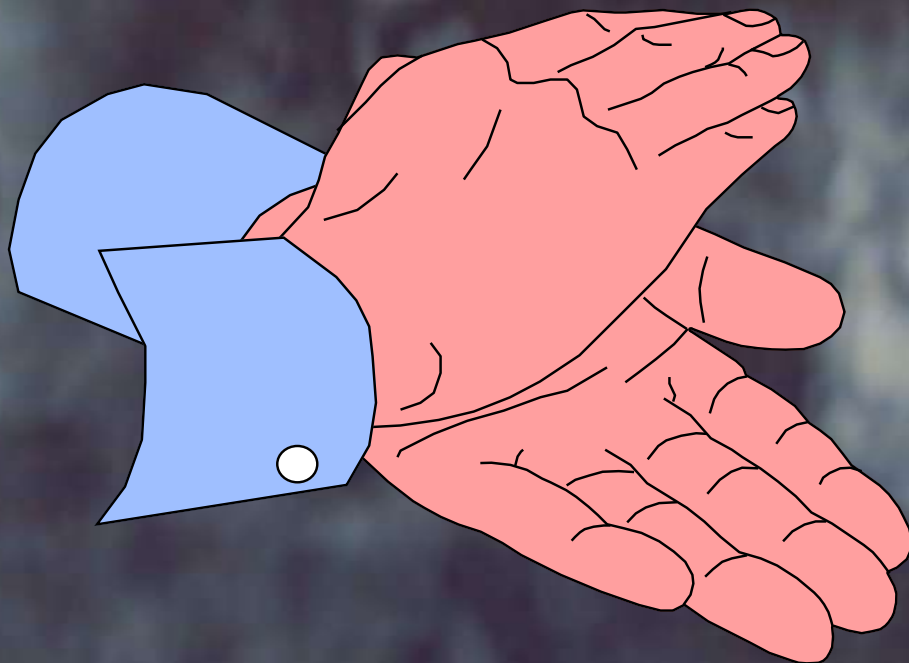
Biće dobro ako su ovakvi:



Ali šta ako su ovakvi?



Хвала на пажњи!



To be continued...