

Astrobiologia

Elämän synty ja kehitys

Vassilissa Vinogradoff, Beatriz García, Rosa M. Ros

Kansainvälinen tähtitieteellinen unioni

CNRS, Aix-Marseille Université, PIIM-laboratorio, Marseille, Ranska.

CONICET/Universidad Tecnológica Nacional, Mendoza, Argentiina

Universidad Politécnica de Cataluña



Astrobiologian määritelmä

Astrobiologia ei ole tieteenala vaan tieteidenvälinen toiminta, joka liittyy elämän alkuperään ja kehittymiseen maapallolla ja sen mahdolliseen läsnäoloon maailmankaikkeuden muissa osissa; Se kattaa kaikki tästä asiasta kiinnostuneet alat tähtitieteestä biologiaan, mukaan lukien geologia ja kemia, mutta myös historian ja tieteenfilosofian.



Etimologia: Eksobiologia ja astrobiologia

Avaruusrodun ja ensimmäisten kuun ja marsilaisten tutkimusmatkojen myötä biologisen kontaminaation riski on ilmeinen.

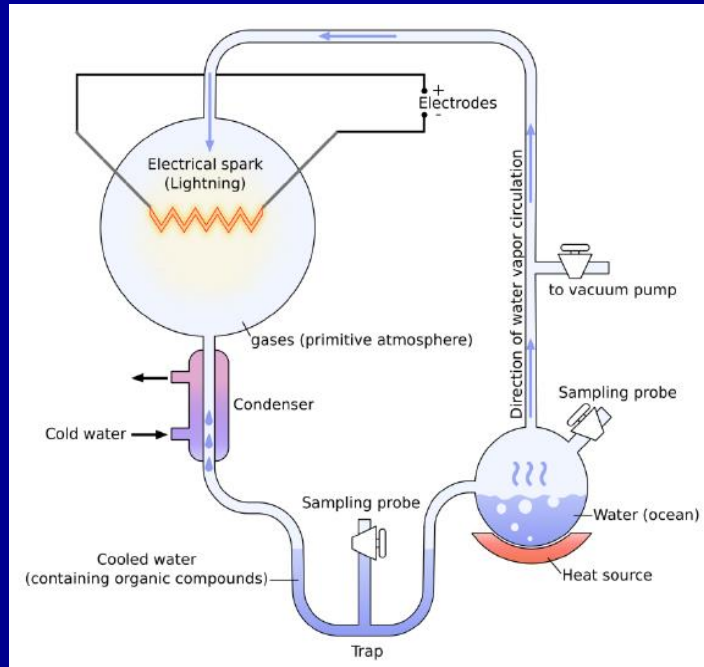
Ensinnäkin tutkijat olettivat että mikrobit eivät todennäköisesti kestäisi avaruuden olosuhteita.

Nyt tiedämme, ettei näin ole, ja esimerkiksi tardigradit kykenevät vastustamaan äärimmäisiä olosuhteita, myös avaruudessa, eikä tämä ole yksittäistapaus.



Vesikarhu (tardigradinen)
Hypsibius-malliesimerkki
(Kredit: B. Goldstein & V. Madden)

Etimologia: Eksobiologia ja astrobiologia



Miller-Ureyn
suunnitelma. (Kredit: S. La
Barre)

kokeen

Miller-Ureyn urauurtavalla kokeella
aloitettiin kemialliset tutkimukset
laboratorion ensimmäisten
prebioottisten molekyylien synteesisistä

Uusi keskeinen tieteenala elämän
alkuperän etsimiseksi

avaruustutkimuksen avulla ilmestyy:

Eksobiologia, termi, jonka Joshua
Lederberg esitteli vuonna 1960.

IAU hyväksyi termin "Astrobiology" vuonna 2015.

Astrobiologian tavoitteet

- Määrittele, mitä Elämä on.
- Selvitä elämän alkuperä.
- Etsi sen vanhimmat jalanjäljet.
- Ymmärrä sen evoluutiomekanismit Maassa.
- Etsi elämää universumista.



Määritä elämä



Tämä kysymys edellyttää
tieteellisiä perusteluja,
mutta se on myös
filosofinen kysymys.

Elämä on elävän organismin ominaisuus, joka erottaa jälkimmäisen kuolleesta organismista tai elottomasta olennasta, joka on erityisesti erotettu kyvystä

- Kasva.
- Metaboloidu.
- Reagoi ärsykkeisiin.
- Sopeudu.
- Lisääntykää.

Monimuotoisuus Elävää Maapallolla

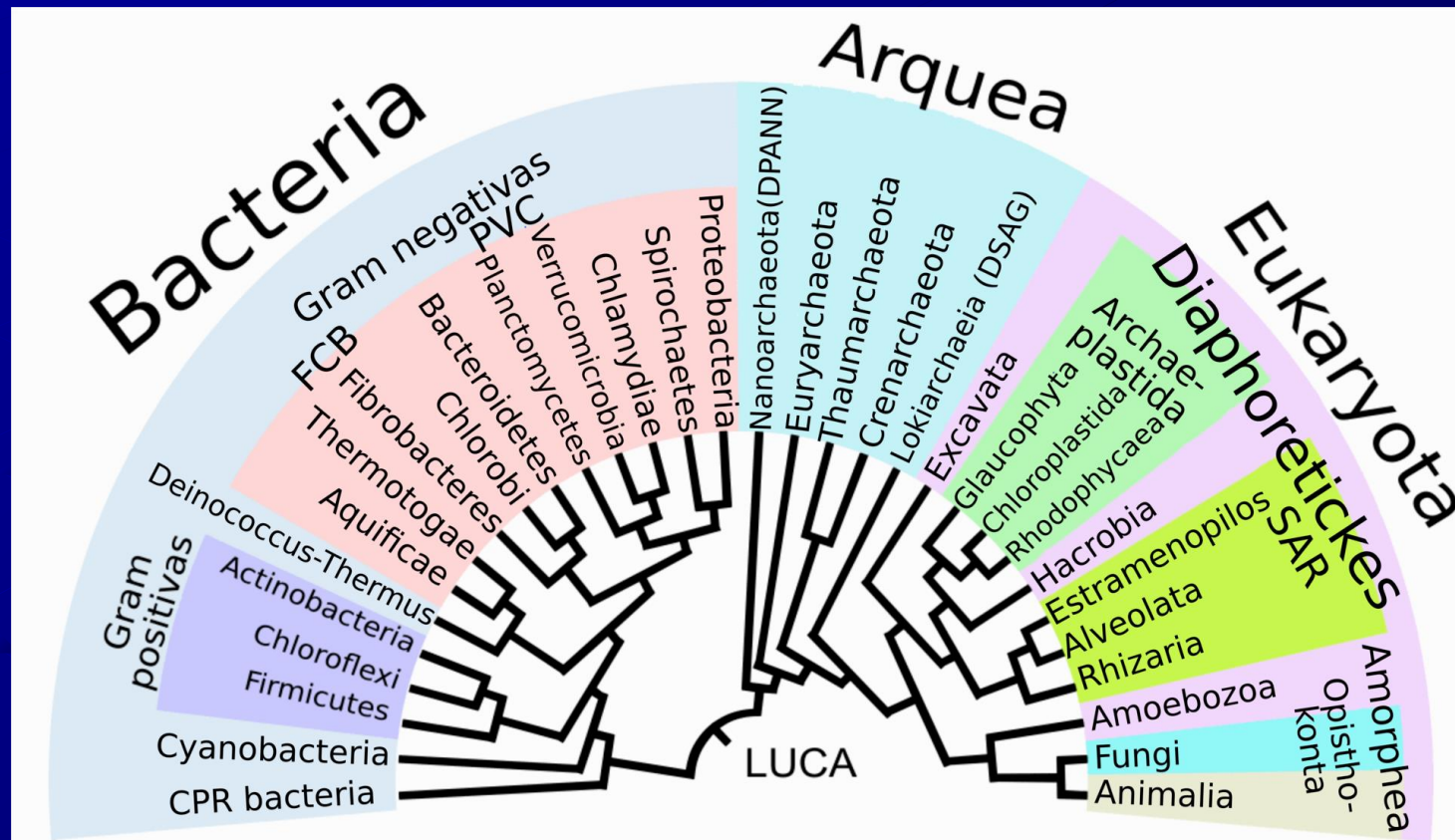
Ainoa tunnettu esimerkki elämästä on maanpäällinen elämä.

Astrobiologiassa keskitytään suurelta osin maanpäällisen elämän tutkimiseen kaikissa ympäristöissä, erityisesti äärimmäisissä ympäristöissä, kuten vedenalaisissa hydrotermisissä lähteissä, suolavedessä olevissa järvissä tai jäätyneissä paikoissa.

Tämäntyyppinen ympäristö voi olla hyvä analogi maan ulkopuolisille paikoille.

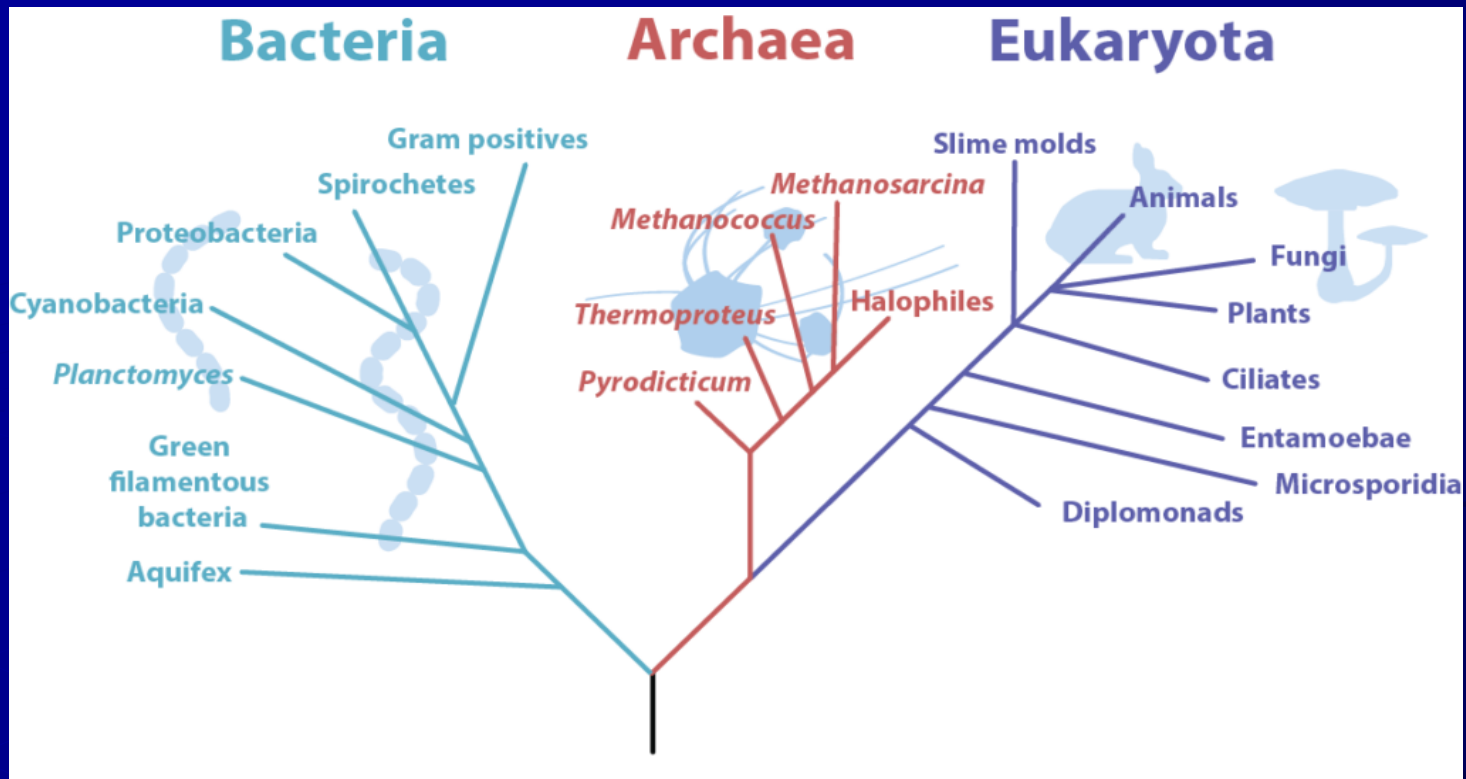


Jotta tiedemiehet ymmärtäisivät paremmin elävien organismien rajoja ja äärimmäisten ympäristöjen työmekanismeja, he pyrkivät määrittämään elävien organismien fylogeneettistä ja metabolista monimuotoisuutta.



(Luotto: Wikipedia)





(Kredit: open.oregonstate.education)

Yksi erityisen kiinnostava elämänpuun haara on arkeabakteeri (tai arkeia), joka eroaa prokaryoottisista bakteereista niiden ribosomaalisen RNA-sekvenssin vuoksi ja soveltuu erityisesti äärimmäisiin ympäristöihin (paineen, lämpötilan, suolapitoisuuden, ravintoaineiden jne. suhteet).

Etsi vanhimpia jälkiä elämästä maapallolla:

Vaikeudet

- 1) Maa on "elävä" planeetta (tektoniikka, eroosio) ja on siksi kehittynyt suuresti sen muodostumisesta 4,5 miljardia vuotta sitten. Lajisuvun perusteella ensimmäisten elävien organismien on täytynyt olla yksisoluisia, bakteereja muistuttavia olentoja.
- 2) Alkueliöiden piti olla mikroskooppisia. Vanhimmat todistetut elämän jäljet ovat 3,48 miljardin vuoden takaa, ja ne löydettiin Australiasta.
- 3) Tulkinta- ja vertailuvaikeuksia abioottisiin järjestelmiin nähden, jotka olisivat voineet muodostaa biologisten allekirjoitusten tai morfologioiden kaltaisia sormenjälkiä.



Prebioottinen kemia ja siirtyminen elottomasta elämään

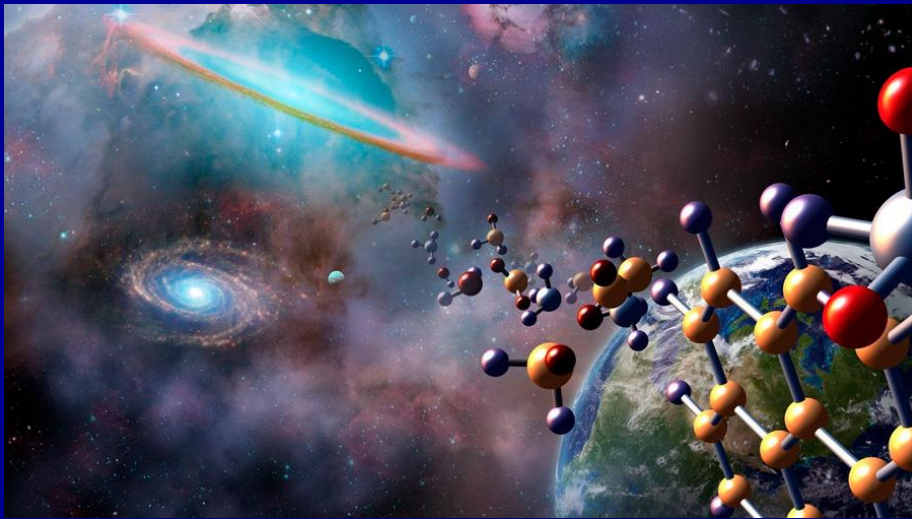
Nykyään kaikissa maapallon elävissä lajeissa, kaiken olemassa olevan monimuotoisuuden joukossa, on C: stä, H: sta, N: stä ja O: sta tehtyjä alkeislohkoja

Nämä lohkot ovat replikaation perustana olevia proteiineja, geneettistä tietoa kuljettavaa DNA: ta (deoksiribonukleiinihappoa) ja amfifiileja, jotka muodostavat soluseinät lokeroitumista varten.

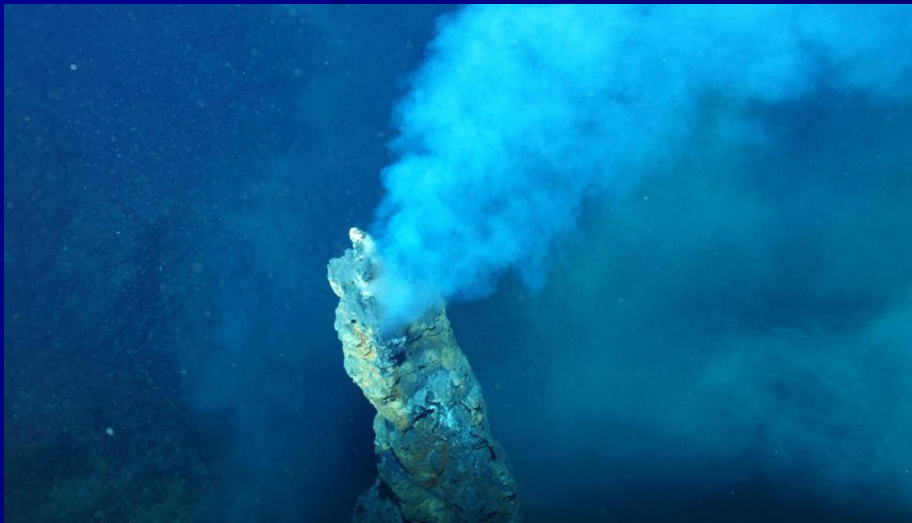
Maapallon jokaisen elävän lajin perustiilet ovat siis viittä eri molekyyliä (joita kutsutaan joskus elämän tiiliksi), aminohappoja, typpiä, sokereita, fosforia, lipidejä (tai rasvahappoja).



Prebioottinen kemia ja siirtyminen elottomasta elämään



Nämä tekijät ovat välttämättömiä maanpäällisen elämän kannalta, ja niiden alkuperän tutkiminen antaa meille mahdollisuuden rajoittaa enemmän itse elämän alkuperää.

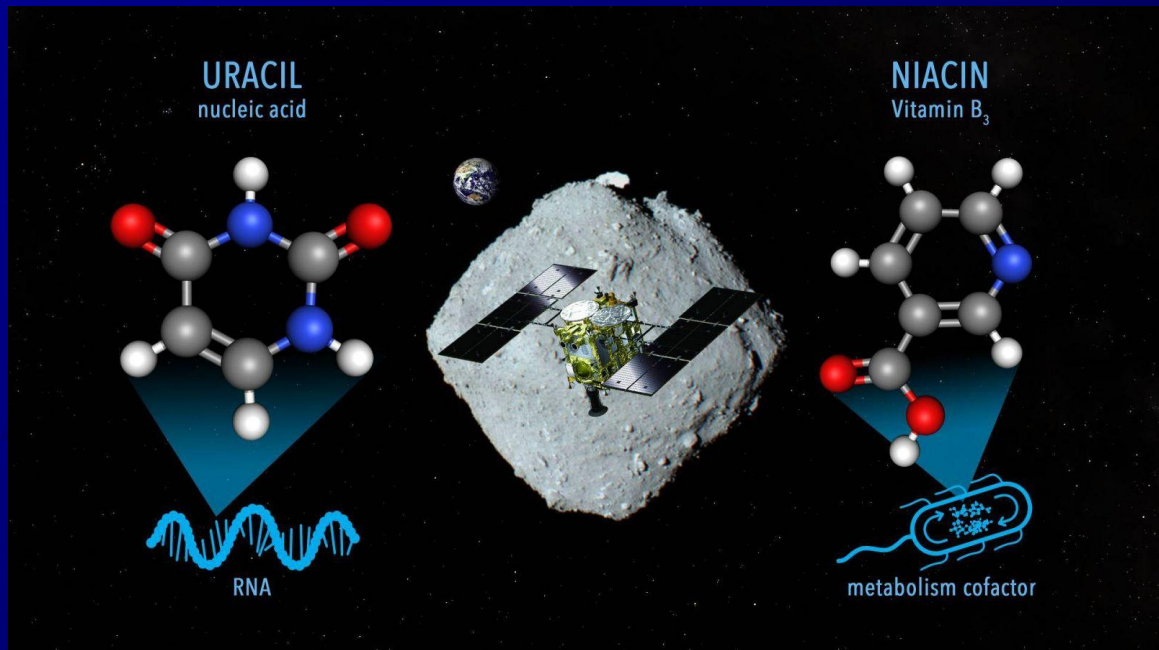


Abioottisesti nämä molekyylit ovat voineet muodostua Maan ilmakehässä, mutta myös hydrotermisissä tuuletusaukoissa.



Prebioottinen kemia ja siirtyminen elottomasta elämään

Toinen hypoteesi ehdottaa, että nämä molekyylit olisivat voineet olla peräisin asteroideista ja komeetoista tulevista taivaankappaleista (meteoriitit): meteoriiteilla on todistettu olevan suuri orgaaninen rikkaus.



Edustus asteroidi Ryugu: sta
(Luotto: NASA Goddard/JAXA/Dan Gallagher)

Prebioottinen kemia ja siirtyminen elottomasta elämään

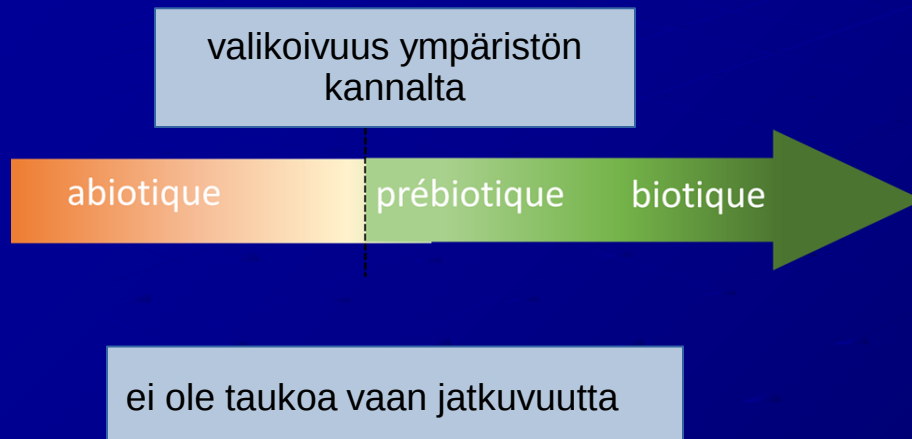


Maahan pudotessaan meteoriitit ovat saattaneet kuljettaa osan pinnaltaan löytyneistä vesi- ja siderofiilielementeistä 4,5 miljardin vuoden takaisen erottelun jälkeen.



Näistä esineistä ei ole vielä löydetty elämänmuotoa, mutta ne sisältävät tuhansia niin erilaisia molekyylejä kuin abioottisessa synteesissä tarvitaan.

Prebioottinen kemia ja siirtyminen elottomasta elämään

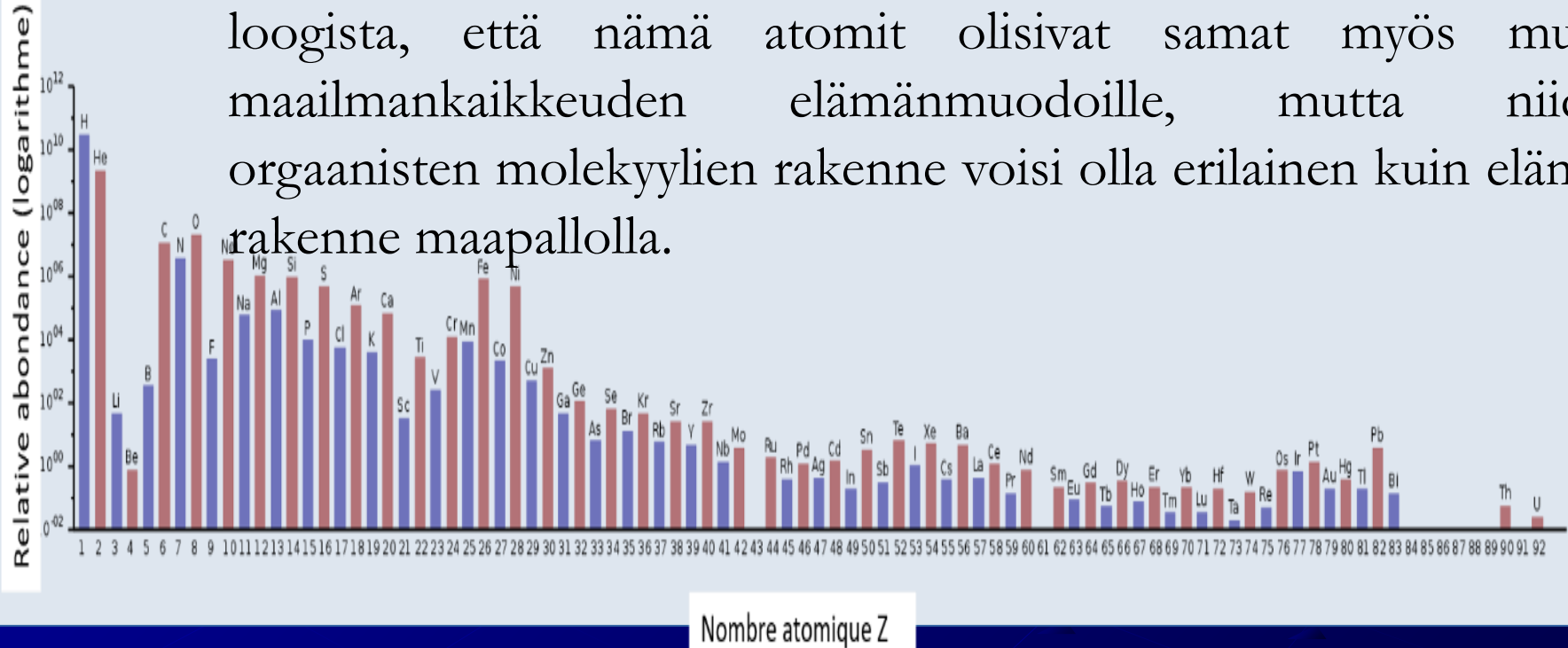


Ebioottista ja abioottista järjestelmää ei erotettaisi tiukasti toisistaan, vaan jatkuvuus, joka kulkee kyseisen prebioottisen kemian läpi.

Se, miten ja missä elämä syntyi maapallolla, on yhä monimutkaisin eksobiologinen kysymys, ja mahdolliset kemialliset reitit ovat niin moninaisia, ettei ole selvää, että vastaus löytyy jonain päivänä.

Etsi elämää kaikkialla

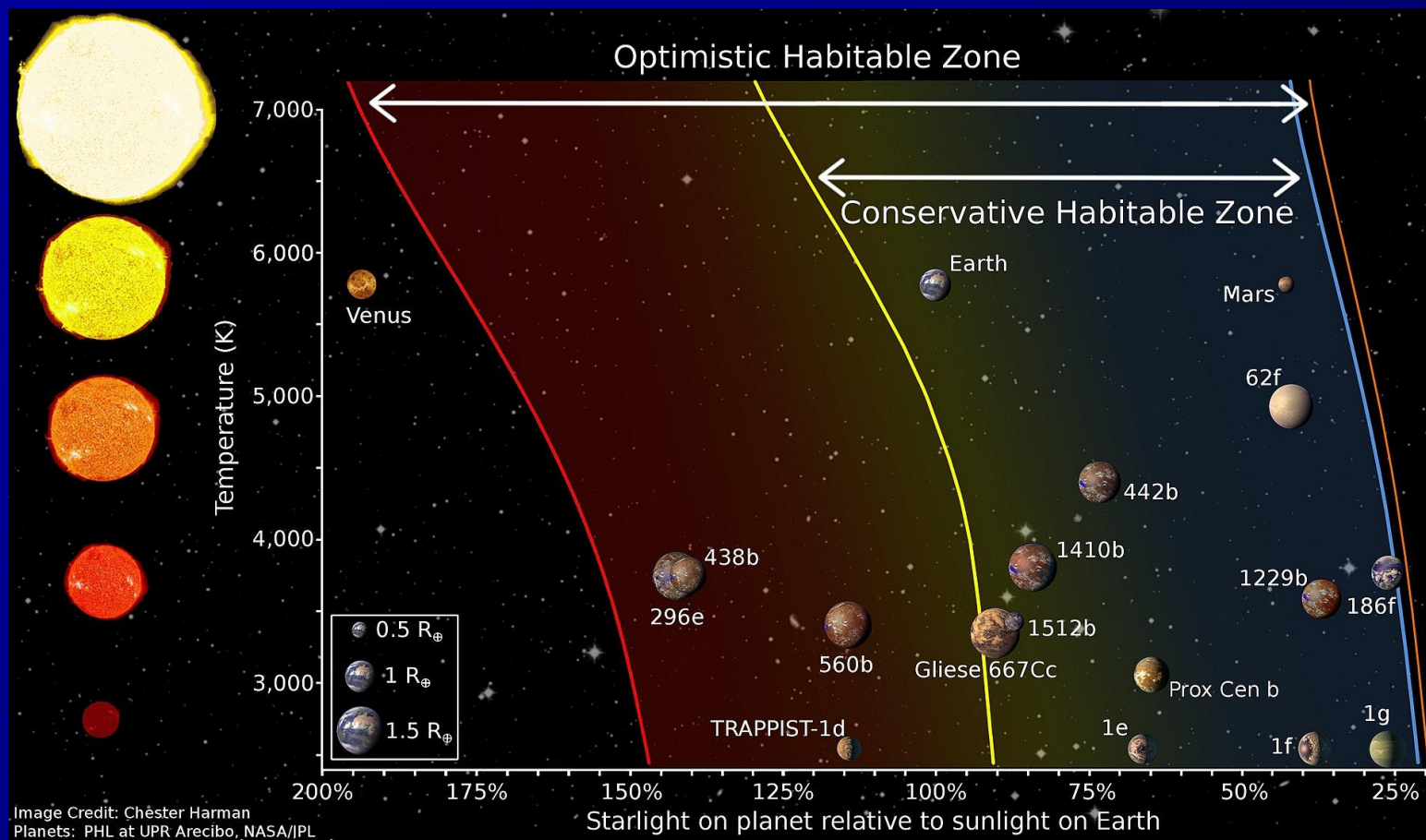
Atomien kemiallinen järjestely maailmankaikkeudessa on ohjannut hiilen, typen ja hapen käyttöä maapallon elämään. Olisi loogista, että nämä atomit olisivat samat myös muille maailmankaikkeuden elämänmuodoille, mutta niiden orgaanisten molekyylien rakenne voisi olla erilainen kuin elämän rakenne maapallolla.



Etsiäksesi elämää muista paikoista, sinun täytyy tietää mitä etsiä ja yksi astrobiologian perustoista, mutta myös sen heikkouksista, on elämän etsiminen biologisesti samanlaista kuin meidän.



Etsi elämää kaikkialla

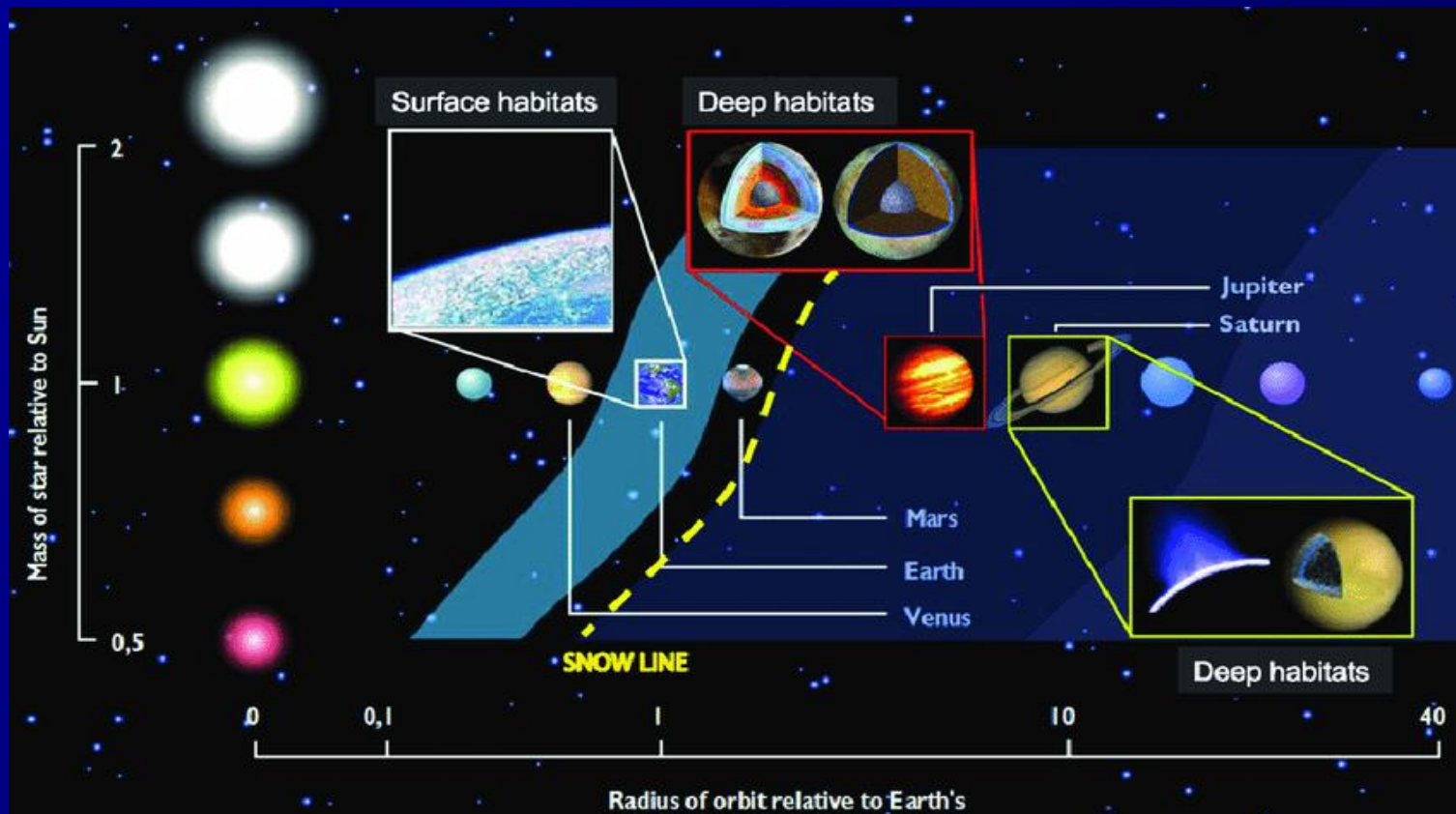


Asuttavuuden käsitteestä keskustellaan, sen määritelmä liittyy olosuhteisiin, jotka mahdollistivat ainoan tuntemamme (maanpäällisen) elämän syntymisen ja kehittymisen.



Etsi elämää kaikkialla

Asumiskelpoisen vyöhykkeen laajentaminen maanalaisiin ympäristöihin on esimerkki tutkimuksesta, joka koskee elämän mahdollisuutta näissä aurinkokunnan ympäristöissä.

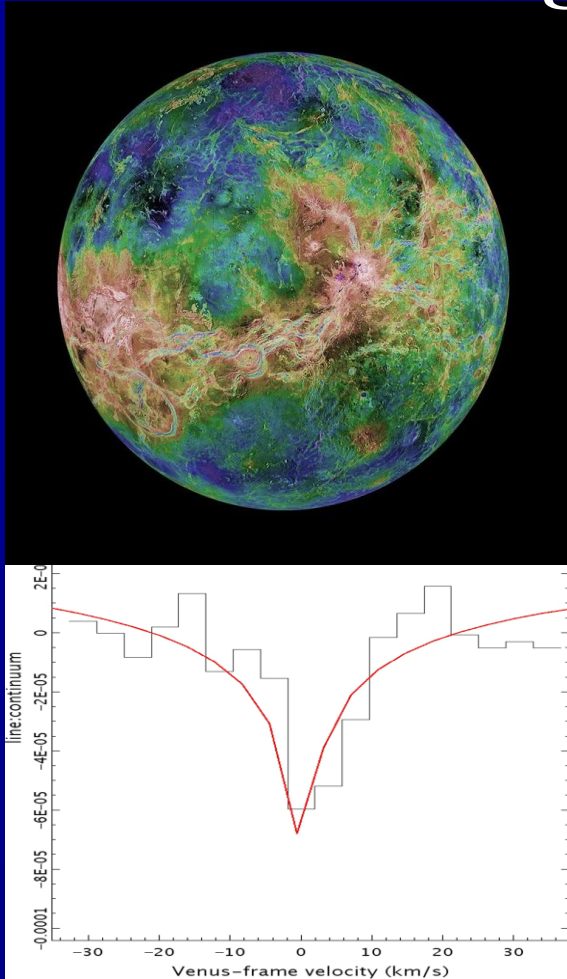


Aurinkokunnan elimet ja niiden astrobiologinen etu

Astrobiologian tutkimukset ovat sitten
kiinnostuneita elämän mahdollisesta
syntymisestä näissä ympäristöissä,
maapallon ulkopuolella, jotka on
määritelty asuttavaksi



Aurinkokunnan planeetat ja niiden astrobiologinen kiinnostus: VENUS



"Sisarplaneetallamme" on suhteellisen monimutkainen orgaaninen kemia, jossa rikki- ja fosforimolekyylit ovat erittäin tiheässä ilmakehässä, joka koostuu yli 96% CO_2 .

Sitä ei löydy aurinkokunnan asuttavalta vyöhykkeeltä, ja siitä puuttuu olennainen komponentti: vesi sen pinnalla.

Puhdistettu vesi (HDO) (Kredit: Greaves, J.S., Richards, A.M.S., Bains, W. et al.)



Aurinkokunnan planeetat ja niiden astrobiologinen kiinnostus: VENUS

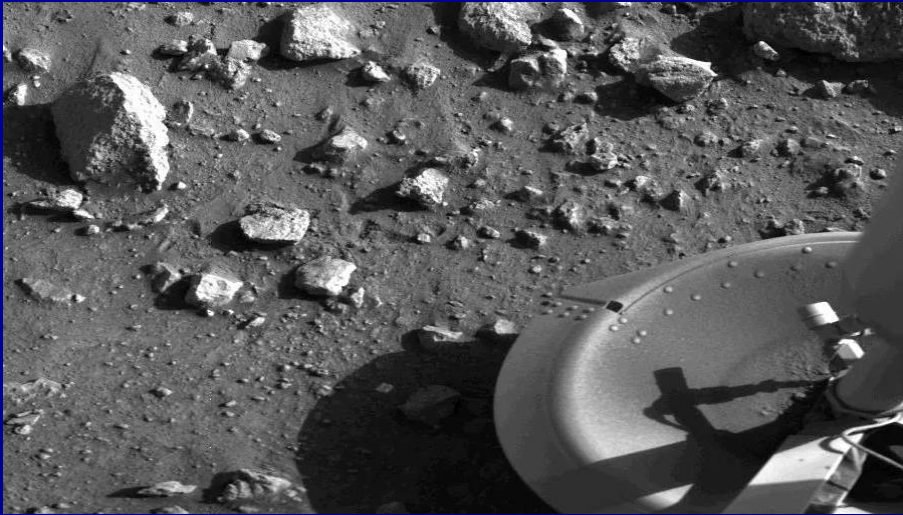
Venus hyötyi eksogeenisistä panoksista kuten Maa sen muodostumisen jälkeen, sillä saattoi olla nestemäistä vettä pinnallaan ja runsaasti vettä sisältävää ilmakehää 4,5 miljardia vuotta sitten ja jonkin aikaa.

Tällä hetkellä sen pinta on vain aktiivista vulkaanisuutta, jonka lämpötila on noin 460 °C.

Jos elämä kehittyi suotuisimpaan aikaan, ehdotetaan, että se säilyi mikro-organismien muodossa ilmakehänsä pilvissä, lämpötilan ollessa $\sim 75\text{ }^{\circ}\text{C}$



Aurinkokunnan planeetat ja niiden astrobiologiset edut: MARS



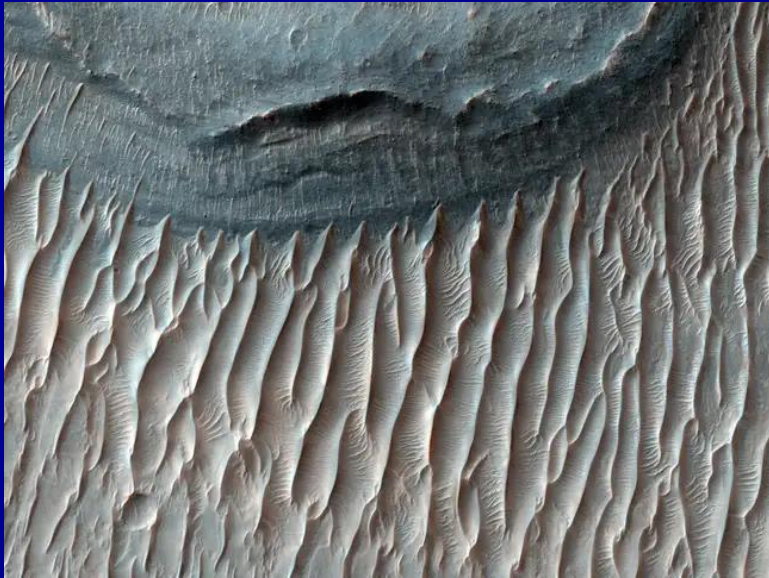
Tätä planeettaa on usein ehdotettu parhaaksi paikaksi aurinkokunnassa, jolla on ollut tai on edelleen elämän edellytykset.

Mikrobien olemassaolo otettiin huomioon jo 70-luvulla Viikinkien tehtävän valmistelun aikana: laskeutujat varustettiin välineillä, jotka pystyivät suorittamaan kokeita, joiden tarkoituksena oli korostaa marsilaisten elämää, havaita fotosynteettistä biologista aktiivisuutta tai ta

ravintoaineita marsilaisille bakteereille negatiivisin vastauksin.



Aurinkokunnan planeetat ja niiden astrobiologiset edut: MARS



Luotto: Curiosity, NASA / JPL)

Viikingit vahvistivat nestemäisen veden olemassaolon Marsin menneisyydessä, tarkkaillen kanavia, kuivia jokia ja dendriittisiä laaksoja. Vesi olisi voinut pysyä pinnallaan ainakin miljardi vuotta, ja sitä on edelleen pintaa nykyisin peittävässä mineraaleissa.

Navoilla on vesijäätä napatynnyreissä ja epäillään, että Marsin kuoressa on enemmän vettä



Aurinkokunnan planeetat ja niiden astrobiologiset edut: MARS

Elämä olisi voinut kehittyä Marsissa samaan aikaan kuin Maassa ja ehkä jatkua maan alla.

Elämän löytäminen Marsista antaisi monia vastauksia elämän syntymiseen planeetallamme.

Jos Marsissa olisi elämää, jopa mikro-organismien muodossa, ja koska planeetta ei ole enää geologisesti aktiivinen, sen pitäisi olla mahdollista löytää pinnalta fossiilien muodossa tai jopa toivoa, että se on olemassa ja on säilynyt maan alla.



Aurinkokunnan elimet ja niiden astrobiologinen etu: SATELLIITIT

Viime vuosikymmeninä on löydetty muita astrobiologisesti kiinnostavia asuttavia astrobiologisia kappaleita asteroidiaidan tuolta puolen: jättiläismaisten kaasumaisten planeettojen satelliitit.

Jättiläisplaneetat ovat vain vähän kiinnostuneita astrobiologiasta, koska niillä ei ole pintoja eikä kiviä.

Niiden satelliitit ovat tärkeitä myös aurinkokunnan alkuperän ja kehityksen ymmärtämisessä.



Aurinkokunnan satelliitit ja niiden astrobiologinen merkitys

Jupiterin ympärillä: Ganymede, Callisto ja Europa.

Saturnuksen ympärillä: Enceladus ja Titan.

Saturnuksen jäiset satelliitit yllättävät 15 vuotta näissä maailmoissa vierailleen Cassini-Huygens-luotaimen (1997-2017) monipuolisuudellaan ja runsaalla nestemäisellä vedellä.

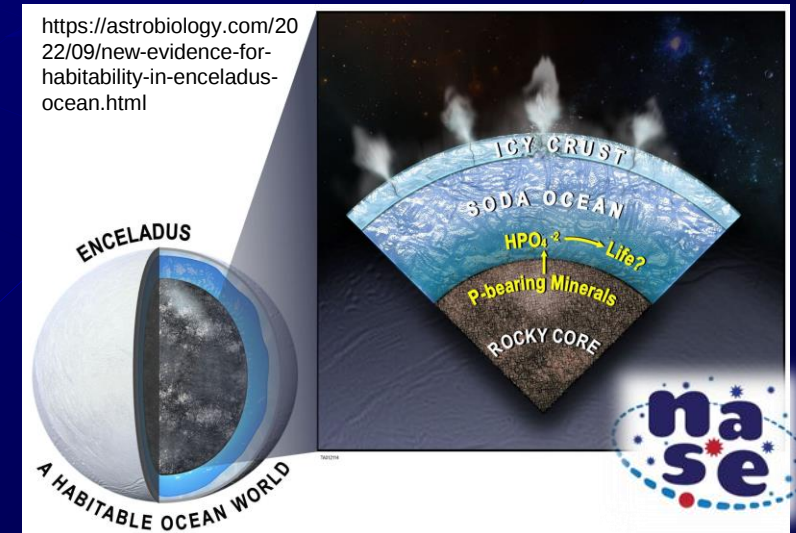
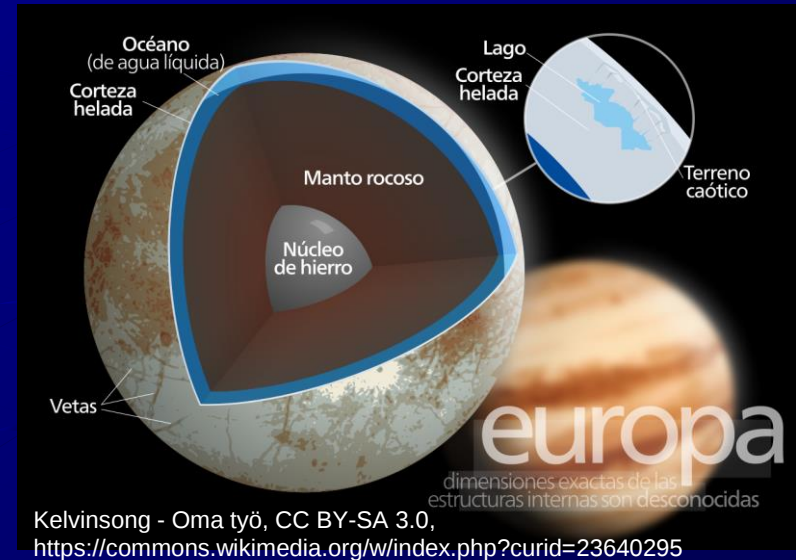


Aurinkokunnan satelliitit ja niiden astrobiologinen merkitys

European valtameri olisi kymmenen kertaa suurempi kuin Maan valtameri, mutta kolme kertaa pienempi kuin planeettamme.

Enceladus Vuonna 2014 sen pinnalta löydettiin vesigeyyrejä, jotka ulottuvat jopa 100 kilometrin korkeuteen sen pinnasta.

Tämä havainto on paljastanut



Aurinkokunnan satelliitit ja niiden astrobiologinen merkitys: TITAN

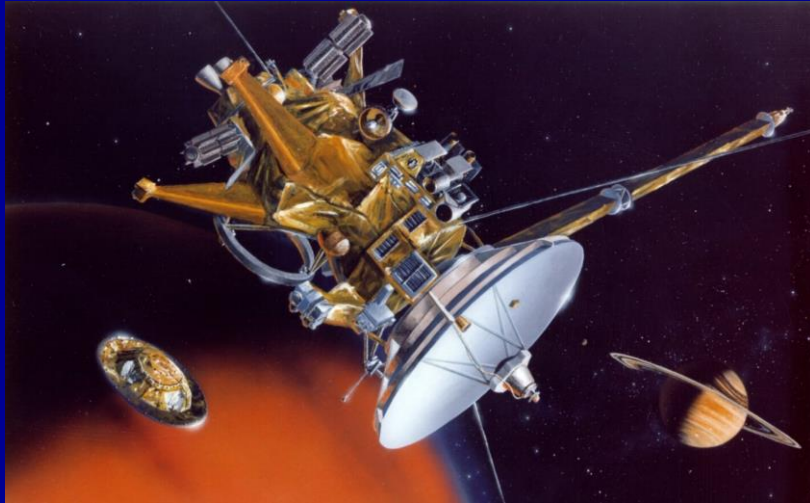
Saturnuksen suurin satelliitti Titan esittelee suuren määrän orgaanista ainetta, joka muodostaa sen ilmakehässä.

Vuosina 1980 ja 1981 Voyager 1 ja 2 -luotaimet paljastivat erittäin tiheän ilmakehän, joka koostui pääasiassa typestä ja metaanista.

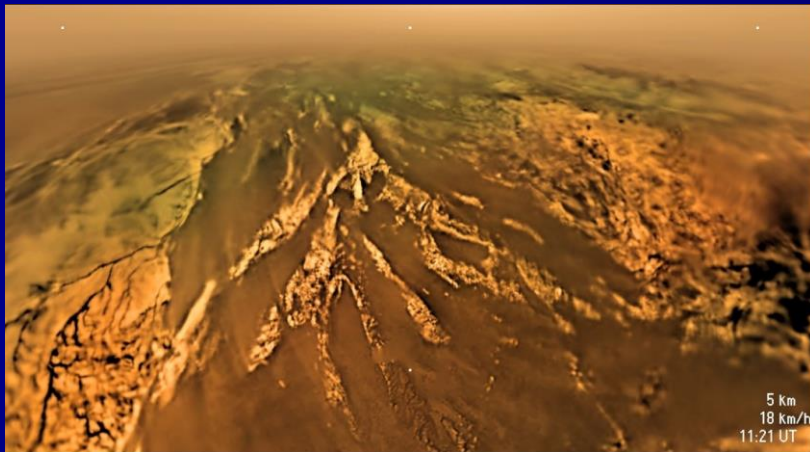
Titanin ilmakehän kemia on osoittautunut erittäin monimutkaiseksi, mikä johtaa orgaanisten aerosolien muodostumiseen, jotka asettuvat pinnalle.



Cassini-Huygens -tehtävä (1997-2017) vahvisti monimutkaisen orgaanisen kemian Titanin ilmakehässä.



Cassini/Huygens Mission (Kredit: NASA)



Titan (Kredit: Cassini/Huygens, NASA)

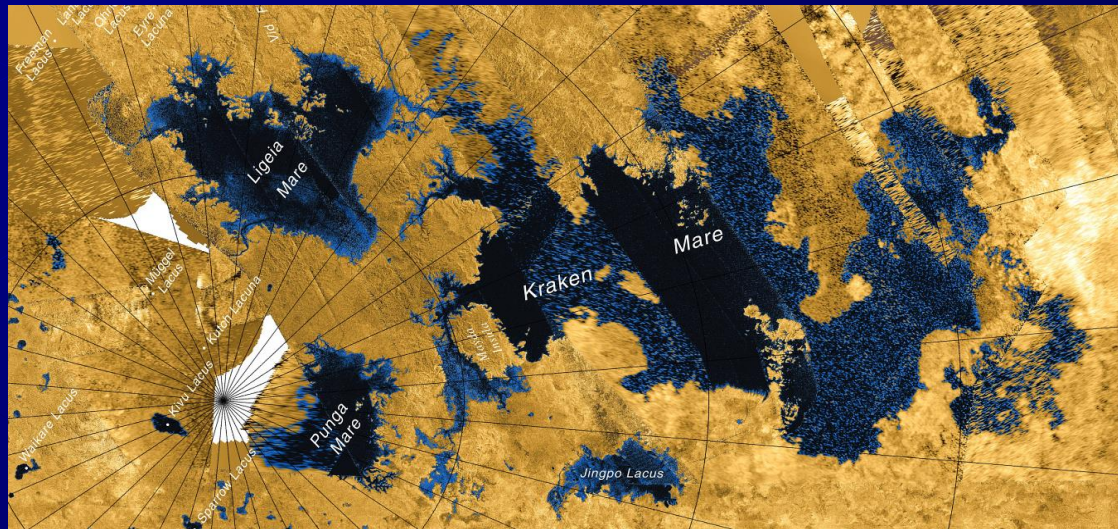
Orgaanisten jyvien, dyynien ja hiilivetyjärvien peittämästä pinnasta saatiin vaikuttavia kuvia.

Astrofysikaaliset mallit ovat ehdottaneet, että Titan saattaa pitää sisällään valtameren nestemäistä vettä sen pinnan alla ja esittää kaikki tarvittavat ainesosat rikkaan prebioottisen kemian ja mahdollisen elämänmuodon syntymiseen.



Evoluution geokemialliset mallit viittaavat siihen, että ensimmäisestä miljoonasta vuodesta Titanin muodostumisen jälkeen tämä maanalainen valtameri oli kosketuksissa ilmakehään, jossa ensimmäiset monimutkaiset molekyylit olisi tuotettu.

Kuten Maassa, tässä Titan-valtameressä on odotettavissa hydrotermisiä tuuletusaukkoja, jotka ovat orgaanisten molekyylien energialähde ja mahdollinen ympäristö prebioottisille järjestelmille.



Aurinkokunnan tuolla puolen

Galaksistamme on löydetty ja vahvistettu 5500 eksoplaneettaa (vuoteen 2024 asti). Se auttaa meitä ymmärtämään aurinkokuntamme muodostumista ja se on todennäköisesti ainutlaatuista.

Astrobiologian alan tietämyksen ja edistyksen nykytilassa on hyvin vaikea olettaa asuttua planeettaa ja todistettua elämän läsnäoloa galaksissamme tai sen ulkopuolella.

Mahdollisia elämänkehityskohteita näyttää olevan yhä enemmän, mutta entä elämän todellinen kehitys?



Johtopäätökset

Astrobiologia yrittää selvittää, voisiko elämä olla olemassa maailmankaikkeuden muissa osissa, ja jos voisi, niin missä muodossa, yrittää vastata eksistentiaaliseen kysymykseen: **olemmeko yksin maailmankaikkeudessa?**

Useiden vuosikymmenten ajan on ollut ratkaisevan tärkeää ymmärtää elämän ulkonäkö maapallolla, jotta voidaan määrittää, onko kyseessä sattuma vai toistettavissa oleva ilmiö tietyissä olosuhteissa ja ympäristöissä.



Johtopäätökset

Tämä ymmärrys on tarpeen, jotta voidaan tehdä johtopäätöksiä elämän mahdollisuudesta muualla maailmankaikkeudessa.

Aktiivisista toimista huolimatta johtopäätöksiä ei ole vielä tehty.



(EN) Kiitos
teille, että olette
tarkkaavaisia!

