

Sterrenkunde voor beginners

Van Bommel Rudi

© 2023



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

1

Inhoud

- Het samenspel tussen Aarde, Maan en de Zon aan de hemel
- Ons zonnestelsel
- Sterren en hun evolutie
- De diepe ruimte
- Kosmologie
- **Leven in het heelal**
- Appendices
 - Lijst interstellaire moleculen

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

2

Leven in het heelal

- Wat is leven ?
- Wat is er nodig ?
- Leefbare planeet
- Leven op Aarde
- SETI
- Fermi-paradox

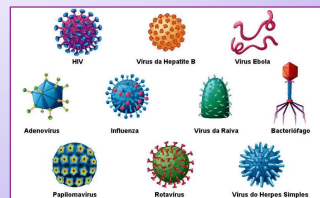
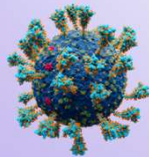
Wat is leven ?

- Volgens het Journal of Biomolecular Structure and Dynamics zijn er zowat 123 verschillende definities voor leven, hier is er ééntje:
 - “Leven is een open fysicochemisch systeem, dat door middel van uitwisseling van energie en materie met zijn omgeving reageert, en dankzij een inwendig metabolisme, in staat is om zich in stand te houden, te groeien, zich voort te planten en zich aan te passen aan veranderingen in de omgeving, zowel op korte (fysiologische en morfologische adaptatie) als op lange termijn (evolutie)”



Wat is leven ?

- Een virus is een submicroscopisch deeltje, opgebouwd uit wat genetisch materiaal omgeven door een eiwitmantel
 - Ze bezitten verschillende eigenschappen die doen denken aan volwaardig leven: virussen hebben genen, vertonen evolutie en kunnen via replicatie vermenigvuldigd worden.
 - Daartegenover staat dat virussen geen eigen metabolisme hebben en bovendien de cellen van andere organismen nodig hebben om zich te repliceren,
 - DUS: ... **Virussen zijn GEEN levende organismen**



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

5

Wat is leven ?

- Een muilezel is het jong van een ezelin en een paardenhengst, en is geschikt als lastdier omdat ze de goede eigenschappen van paard en ezel combineren - meestal heeft de hybride meer kenmerken geërfd van de moeder dan van de vader, zo lijkt een muilezel meer op de ezelin dan op de paardenhengst
- MAAR: deze hybridizedieren zijn onvruchtbaar – DUS ... euh, we kunnen moeilijk ontkennen dat dit levende organismen zijn



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

6

Wat is er nodig ?

- Alle levende organismen die wij kennen – zoals ze hier op Aarde voorkomen dus – zijn gebaseerd op **koolstofchemie**, koolstof (C) kan immers zeer lange ketens van organische moleculen vormen, samen met waterstof (H), zuurstof (O), stikstof (N), fosfor (P) en zwavel (S)
- Deze elementen werden in het verleden, en nu nog steeds, aangemaakt in sterren d.m.v. kernfusieprocessen
- Op het eind van hun leven verrijken de sterren het interstellair medium met hun zwaardere elementen dan waterstof en helium
- Men heeft reeds in de **moleculaire wolken** v/d Melkweg, waarin ook stervorming plaatsvindt, naast het moleculaire waterstof (H_2) nog talrijke andere **moleculen en radicalen*** teruggevonden (zie App)

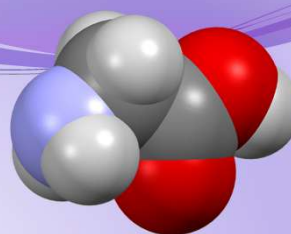
* Radicalen zijn stukken van moleculen, er ontbreekt een chemische binding waardoor ze zeer reactief zijn

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

7

Wat is er nodig ?



- Hoe worden deze moleculen gevormd ?
 - De nodige elementen (atomen) zijn al aanwezig
 - Op de microscopisch kleine stofdeeltjes, zoals siliciumoxide (SiO_2 , zand) of roetdeeltjes, vormt er zich een film van ijs (waterijs, koolzuurijs, ammoniakij) s)
 - Wanneer zo'n stofdeeltje door interne stromingen bij de rand v/d wolk komt, kan het geraakt worden door hoge energetische straling zoals UV-straling van nabij gelegen jonge blauwe reuzesterren
 - De hoge energetische straling doet de moleculen opbreken in afzonderlijke stukken, radicalen, die zeer reactief zijn en zich snel aan andere moleculen binden – op die manier kunnen moleculen uitgroeien tot bv. het eenvoudigste **aminozuur Glycine** – aminozuren zijn de bouwstenen voor eiwitten
- Wanneer er dan sterren worden gevormd, worden deze organische moleculen mee opgenomen in de vorming van de protoster en zijn planetaire schijf

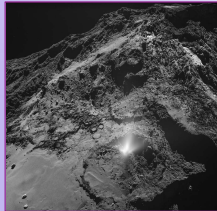
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

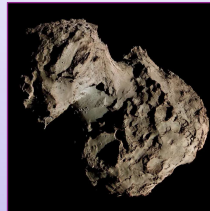
8

Wat is er nodig ?

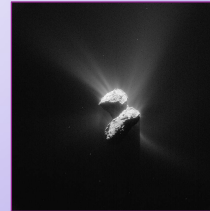
- In sterren overleven moleculen niet, tenzij in het veel latere stadium van rode superreuzen, wanneer er zich in de ijle buitenste atmosfeer bv. metaaloxiden zich vormen (spectraalklasse M)
- In de planetenschijf, ver van de protoster, overleven deze moleculen wel tot na de planeetvorming – zo kwamen ze waarschijnlijk via kometen samen met het water hier op Aarde terecht – een aantal van de in de moleculaire wolken aanwezige organische moleculen, heeft men ook teruggevonden bij kometen (wo 67P, Rosetta-missie)



17/06/2025 19:41



Sterrenkunde voor beginners



9

Leefbare planeet

- Blijkbaar zijn er voldoende eenvoudige organische moleculen in het heelal aanwezig, die verder met chemische reacties kunnen worden uitgebouwd tot zeer complexe moleculen, die voor het leven noodzakelijk zijn
- Vermits dit niet in de sterren kan, zullen we op zoek moeten gaan naar **planeten die voor leven vatbaar** kunnen zijn
- Sinds 1995 weten we dat exoplaneten (51 Peg b) effectief bestaan – op 1 Mei 2023 waren er 5.366 bevestigde exoplaneten in 3.962 planetaire systemen, waarvan 856 systemen meer dan één planeet hebben
- Sterren van de spectraalklassen O, B en waarschijnlijk ook A, zenden naar verhouding veel UV-straling uit, zodat leven er moeilijk kan ontstaan, eventuele planeten zijn er als het ware steriel
 - De levensduur van deze sterren is naar verhouding ook veel te kort, om eventueel eencellig leven verder te laten evolueren naar grotere organismen

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

10

Leefbare planeet

- We nemen aan dat er voor de ontwikkeling van leven een vloeibaar medium nodig is, waarin de scheikundige reacties kunnen plaatsvinden – gezien de bijzondere eigenschappen van water, zou dit als medium heel goed kunnen dienen – dus moet de planeet vloeibaar water op haar oppervlak in stand weten te houden
- Wanneer de planeet te dicht bij zijn ster staat wordt z'n oppervlakte-temperatuur te hoog om vloeibaar water te laten bestaan, de waterdamp zal door dissociatie (afbraak v/d moleculen) uiteindelijk ook verdwijnen
- Wanneer de planeet te ver van zijn ster staat wordt zijn oppervlakte-temperatuur te laag om vloeibaar water te laten bestaan, het zal geheel tot ijs bevriezen en bij zeer lage temperaturen kristaliseren tot een vorm die zelfs nog harder is dan steen

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

11

Leefbare planeet

- De leefbare of bewoonbare zone in een planetenstelsel waar water in vloeibare toestand kan voorkomen – oppervlaktetemperatuur niet te heet $> 100^{\circ}\text{C}$ en niet te koud $< 0^{\circ}\text{C}$ – noemt men ook wel eens de 'Goudlokjezone' (Eng.: *Goldilocks Zone*)
 - Naar een sprookje Goudlokje en de drie beren – en drie borden pap
 - Ook: Circumstellar Habitable Rone (CHZ)



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

12



Leefbare planeet

- De breedte en ligging v/d leefbare zone hangt af van de lichtkracht v/d moederster in het planetenstelsel – hoe lichtsterker hoe breder de zone en hoe verder weg v/d ster, hoe lichtzwakker hoe smaller de zone en hoe dichterbij de ster – hier wordt geen rekening gehouden met een eventueel broeikaseffect van een atmosfeer
- Voor ons zonnestelsel neemt men aan dat deze zone loopt van de binnengrens 0,95-0,99 AE tot de buitengrens 1,37-1,70 AE, gecentreerd op een afstand van 1,34 AE (midden) voor 1 $L_{\odot}$ (onze zon)
- Voor een rode dwerg met een lichtkracht van 0,25 $L_{\odot}$, zou dit midden op $\sqrt{0,25}=0,5 \rightarrow 0,5 \cdot 1,64 = 0,67$ AE zijn ($d_{AE} \sim \sqrt{L_{\odot}}$)
- Vb Gliese 581 (HO Lib) m_v 10,6 M_3V 20,549 lj 0,307 $M_{\odot}$ 0,310 $R_{\odot}$ 0,01192 (bolometrisch) $L_{\odot}$

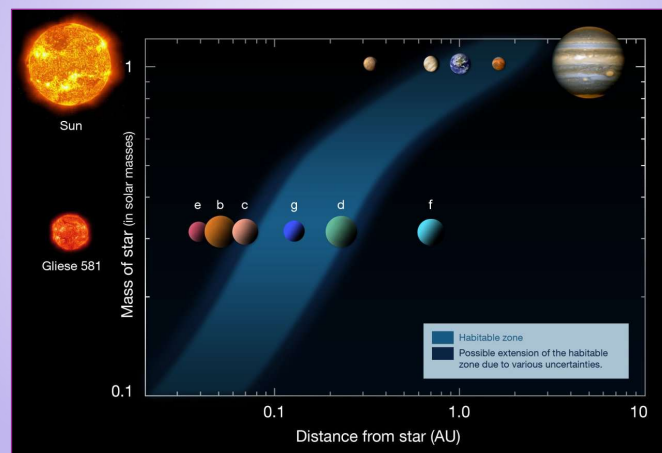
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

13

Leefbare planeet

- Vgl met Gliese 581



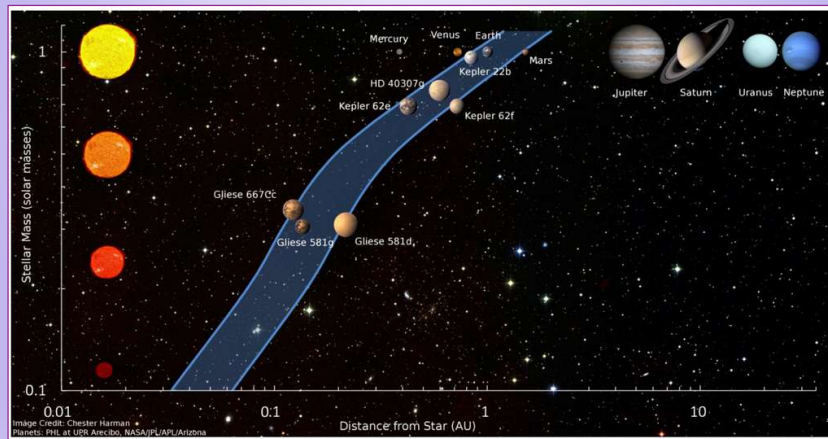
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

14

Leefbare planeet

- Vgl met enkele andere



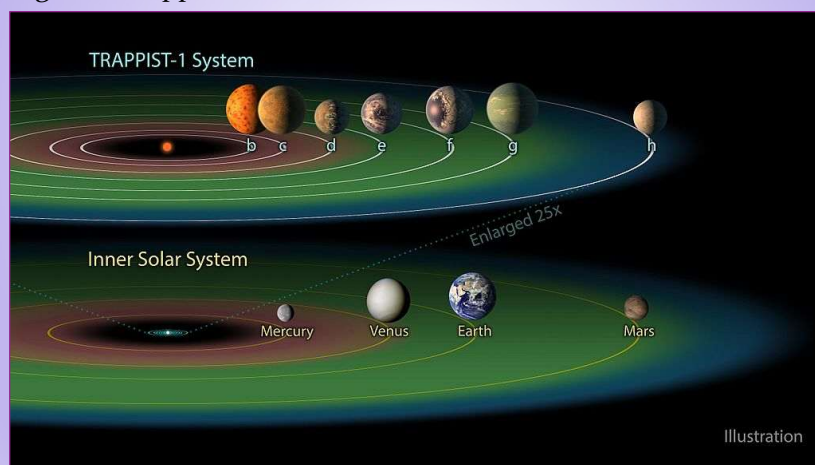
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

15

Leefbare planeet

- Vgl met Trappist-1



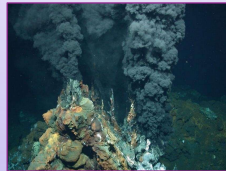
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

16

Leven op Aarde

- De Aarde is 4,56 miljard jaar geleden ontstaan, en de eerste tekenen van leven heeft men teruggevonden tot op 3,6 -4,0 miljard jaar geleden - dit is vrij snel → hypothese van **panspermie**: leven op Aarde kwam van buiten af door ingeslagen meteorieten
- Eerst dacht men dat leven is ontstaan in ondiepe plassen, nu denkt men aan de hydrothermale bronnen op de zeebodem (Black Smokers)
- De oudste duidelijke sporen van leven zijn stromatolieten in gesteenten op het Australische Pilbarakraton - deze zijn rond de 3,5 miljard jaar oud



Sterrenkunde voor beginners

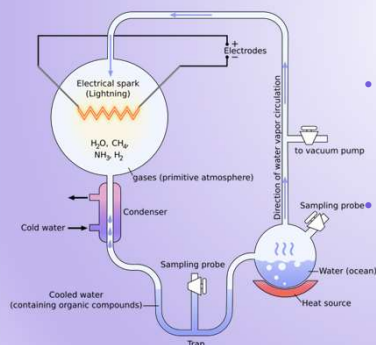


17/06/2025 19:41

17

Leven op Aarde

- In 1953 voerden Stanley Miller en Harold Urey een beroemd geworden experiment uit waarbij spontaan complexe organische moleculen zoals aminozuren, de bouwstenen van eiwitten, werden gevormd



- een mengsel van methaan (CH_4), ammoniak (NH_3), waterdamp (H_2O) en moleculair waterstof (H_2) – oeratmosfeer - werd licht opgewarmd en blootgesteld aan elektrische ontladingen –bliksem – Na 1 week vond men 13 van de 22 aminozuren terug

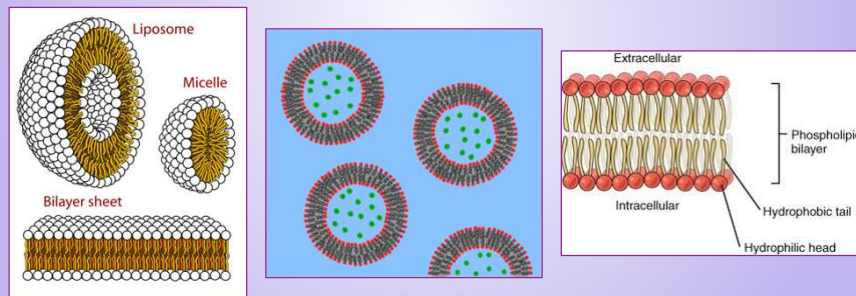
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

18

Leven op Aarde

- In 1962 ontwikkelde P. Mueller "kunstmatige cellen" met tweelagige lipiden waarvan de semipermeabele eigenschappen diffusie van kleine moleculen in en uit de cel mogelijk maakten



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

19

Leven op Aarde

- De eerste levensvormen waren waarschijnlijk primitieve prokaryotische eencelligen – **prokaryoten** zijn cellen zonder organellen zoals een celkern of interne membranen - het DNA ligt bij zulke organismen vrij in de cel, in plaats van in de celkern - voorbeelden van tegenwoordige prokaryoten zijn bacteriën
- Zo'n 2 miljard jaar geleden verschenen de eukaryotische eencelligen – **eukaryoten** zijn cellen met meerdere organellen en het DNA ligt bij deze organismen in een celkern – ze zijn ontstaan door – toevallige – **endosymbiose**, waarbij een endosymbiotische partner intracellulair in een gastheer leeft
- Zo waren mitochondriën oorspronkelijk aerobe, heterotrofe prokaryoten, en chloroplasten fotosynthetiserende cyanobacteriën.

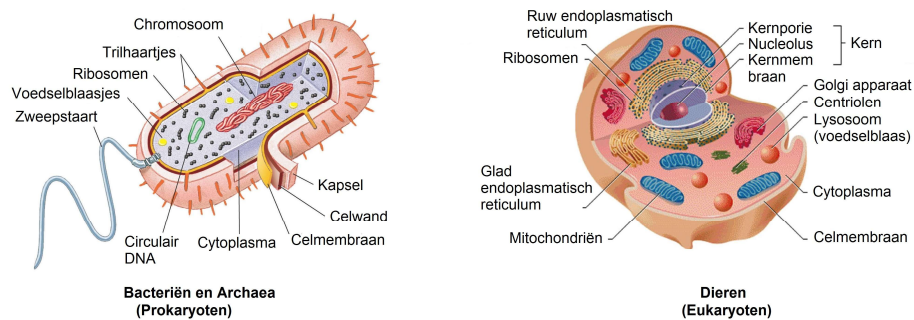
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

20

Leven op Aarde

- Prokaryoten en eukaryoten

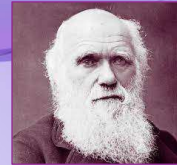


17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

21

Leven op Aarde



- Redelijk snel hierna ontstonden 1,7 miljard jaar geleden de eerste **meercellige organismen**
- De snelle ontwikkeling van het leven bereikte in het Cambrium, 541-485 miljoen jaar geleden, haar hoogtepunt - het ontstaan van grote hoeveelheden nieuwe soorten, stammen en vormen in deze periode wordt wel de Cambriëse explosie genoemd
- Door de grootschalige fotosynthese (algen) is het zuurstofgehalte in de atmosfeer zodanig hoog opgelopen, zodat ozon (O_3) zich kon vormen die het aardoppervlak afschermd tegen de schadelijke UV-straling en het leven aan land zich ook kon beginnen te ontwikkelen
- In 1859 publiceerde Charles Darwin zijn **evolutietheorie** waarin kleine mutaties onder bepaalde organismen een extra voordeel geven, waardoor ze zich beter kunnen aanpassen aan hun leefmilieu en de kans op het voortbrengen van nakomelingen wordt vergroot

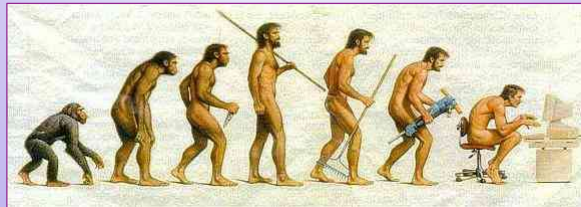
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

22

Leven op Aarde

- Zo werd het leven op Aarde verschillende keren onderworpen aan massale uitsterfjes a.g.v. globale natuurrampen, waarvan het uitsterven v/d dinosauriërs 65 miljoen jaar geleden de laatste was, en het leven zich telkens opnieuw moest aanpassen aan de nieuwe situatie
- Een levendbarend knaagdiertje, ter grootte van een muis, ligt aan de basis van de hierop volgende evolutie die heeft geleid tot de menselijke soort



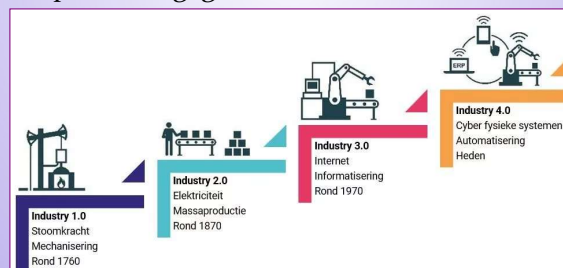
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

23

Leven op Aarde

- De mens evolueerde niet enkel alleen qua intelligentie, door toegenomen hersenvolume, maar ook op handvaardigheid, door de zeer fijne georiënteerde motoriek van zijn handen
- Dit stelde de mens in staat om een technologische beschaving te ontwikkelen, die er sinds de Industriële Revolutie (1760) op een snelvaart is op vooruit gegaan



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

24

Leven op Aarde

- Een ontwikkelde beschaving vinden we elders in ons zonnestelsel niet terug – hoewel voor het ruimtevaarttijdperk m.b.t. Mars hier nog anders werd over gedacht



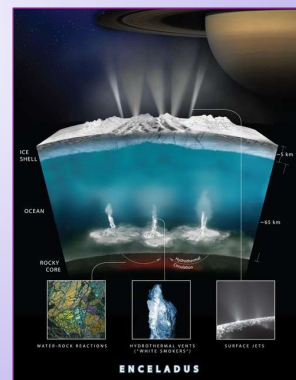
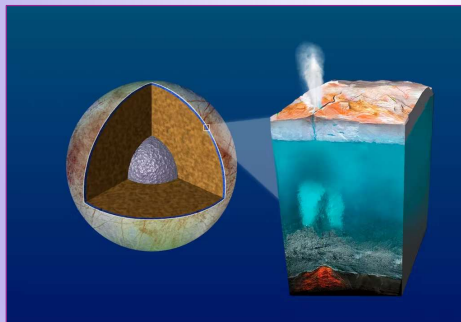
17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

25

Leven op Aarde

- We kunnen misschien nog wel een- of meercellig leven terugvinden onder de grond van Mars (vroeger is er ooit water geweest op Mars) of in de zeeën onder de ijskappen van de manen Europa en Ganymedes bij Jupiter, of Enceladus bij Saturnus



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

26

SETI

- SETI is het acroniem voor *Search for Extra Terrestrial Intelligence*, de zoektocht naar buitenaardse intelligentie - een project waarbij door gevoelige radiotelescopen wordt gezocht naar signalen uit de ruimte die kenmerken hebben waaruit blijkt dat ze veroorzaakt zouden kunnen zijn door een buitenaardse beschaving
- Met de **transitmethode** kunnen we niet alleen exoplaneten ontdekken, maar kunnen we ook spectraalanalyse uitvoeren m.b.t. de samenstelling van hun atmosfeer



spectrum planeet in transit
– spectrum moederster (alleen) =
spectrum atmosfeer planeet

- Door de atmosfeer v/d exoplaneet sijpelt er nog steeds sterlicht door

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

27

SETI

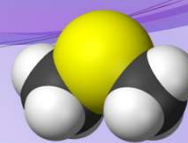
- Met deze methode werden oa volgende ontdekkingen gedaan m.b.t. de atmosfeer van exoplaneten:
 - 2008 water (H₂O), koolstofmonoxide (CO), koolstofdioxide (CO₂) en methaan (CH₄) bij HD189733b
 - 2013 water (H₂O) bij HD209458b, XO-1b, WASP-12b, -17b en -19b
 - 2015 ozon (O₃) bij WASP-33b
 - 2019 water (H₂O) bij K2-18b in de bewoonbare zone
- Men zoekt dan ook vooral naar **biosignatuur** in de atmosfeer, chemische moleculen die er enkel kunnen bestaan door bio-activiteit
 - Dit kan NIET met 100% zekerheid gezegd worden van moleculair zuurstof (O₂)
 - Hetzelfde geldt voor methaan (CH₄)
 - Zo zijn er weinig moleculen die op zich alleen een goed biosignatuur zijn, maar in combinatie met andere moleculen zou dit wel kunnen, zoals zuurstof met methaan

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

28

SETI



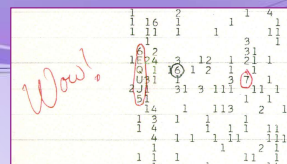
- Men zoekt dan ook vooral naar biosignatuur in de atmosfeer, chemische moleculen die er enkel kunnen bestaan door bio-activiteit
 - De top 2 van de 14000 voorgestelde moleculen zijn chloormethaan (CH_3Cl) en dimethylsulfide ($(\text{CH}_3)_2\text{S}$)
- Maar zulke indicaties van mogelijk leven, zeggen niets over hun ontwikkeling, van eencellig tot meercelligen en zelfs complexe organismen
- Men veronderstelt dat intelligent leven, ook technologisch in staat is om communicatiemiddelen te fabriceren – vandaar het **luisterproject**
- SETI begon in 1960 met Frank Drake die de 26m-radiotelescoop van Green Bank, West –Virginia, VS, gebruikte om te luisteren naar zonachtige sterren zoals tau Ceti en epsilon Eridani

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

29

SETI



- Op 15 Aug 1977 was Jerry Ehman v/d Ohio State SETI-programma getuige van de sterk signaal dat door de Big Ear-telescoop was opgevangen, en dat zich nadien niet meer heeft herhaald – het Wow-signaal
- Ondertussen kan iedereen met een computer meewerken aan het project (radiosignalen ontcijferen die men als achtergrondstraling bij andere onderzoeksprojecten ontvangt) d.m.v. SETI@home



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

30

SETI



- De vergelijking van Drake

- opgesteld in 1961 door Frank Drake voor het schatten van het aantal intelligente beschavingen in het Melkwegstelsel, die via radio met ons kunnen communiceren

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

- Hierin betekenen:

N = aantal beschavingen **1**

R* = gemiddeld aantal sterren dat per jaar in het melkwegstelsel wordt gevormd (10 tot 40 per jaar) **20**

f_p = fractie van die sterren met planeten (steeds meer geschat richting 100%) **0,5**

n_e = gemiddelde aantal Aarde-achtige planeten (in staat om leven te herbergen) **0,2**

f_l = fractie van die planeten, waar zich leven ontwikkelt **1**

f_i = fractie van die planeten, waar zich intelligent leven ontwikkelt **0,02**

f_c = fractie van die planeten, waar zich een technologie ontwikkelt **0,5**
(waaronder radiozenders)

L = gemiddelde levensduur van communicerende beschavingen in jaren **250**

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

31

SETI



- De vergelijking van Seager

- opgesteld in 2013 door Sara Seager voor het schatten het aantal bewoonbare planeten in het Melkwegstelsel, exoplaneten met gassen in de atmosfeer die mogelijk wijzen op leven en die met een ruimtetelescoop kunnen worden gevonden

$$N = N^* \times F_Q \times F_{HZ} \times F_o \times F_L \times F_S$$

- Hierin betekenen:

N = het aantal planeten met waarneembare tekenen van leven **1,5**

N* = het aantal waargenomen sterren **30000**

F_Q = de fractie "stille" sterren, gezien haar zoektocht vooral rode dwergsterren betreft, worden hier GEEN vlamsterren (UV Cet) bedoeld (niet radiostille sterren) **0,2**

F_{HZ} = de fractie sterren met rotsachtige planeten in de bewoonbare zone rond de ster (goudlokjezone) **0,5**

F_o = de fractie van deze planeten die kan worden waargenomen **0,001**

F_L = de fractie van deze planeten met leven **1**

F_S = de fractie waar het leven een aantoonbaar gas produceert met een chemische handtekening in de atmosfeer **0,5**

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

32

SETI

• De schaal van Rio

- opgesteld in 2000 door Iván Almár en Jill Tarter en voorgelegd aan het 51e Internationaal Astronautisch Congres in Rio de Janeiro
- is een rangordeschaal die wordt gebruikt om het belang van een SETI*detectie te meten en de relevantie van een ontdekking van buitenaards leven in te schatten - door het geschatte niveau van de gevolgen en door de geschatte geloofwaardigheid van een beweerde ontdekking - van nul, helemaal niet relevant, tot tien, wereldschokkend
- in 2018 werd de schaal herzien en geüpgraded naar Rio 2.0 - de oorspronkelijke schaal had slechts één vraag gericht op het beoordelen van de geloofwaardigheid, met antwoorden variërend van "absoluut betrouwbaar" tot "duidelijk nep" - de nieuwe schaal stelt zeven vragen over hoeveel geloofwaardigheid een bepaald rapport zou moeten krijgen en beoordeeld de aard en de detectie van het signaal



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

33

SETI

- Er bestaat zelfs een post-detectie protocol (PDP) – dit is een geheel van gestructureerde regels, normen, richtlijnen en acties die overheidsinstanties en andere organisaties dienen te volgen voor de opsporing, analyse, verificatie, bekendmaking en reactie op bevestigde signalen van buitenaardse beschavingen – “Principeverklaring met betrekking tot activiteiten die volgen op de detectie van buitenaardse intelligentie”, uit 1989 en aangepast in 2010



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

34

SETI

• De schaal van San Marino

- opgesteld in 2005 door Iván Almár en voorgelegd tijdens het 6de Wereldsymposium over de verkenning van de ruimte en het leven in het heelal in San Marino - is geïntroduceerd voor het bepalen van het **potentiële gevaar** dat gepaard gaat met een **actief SETI-experiment** of andere gerichte overdracht van de aarde naar de ruimte a.h.v. de intensiteit van het signaal ten opzichte van de achtergrondruis in dezelfde frequentieband, de inhoud v/h signaal en het al of niet onbewust willekeurig gericht tot een opzettelijk gerichte reactie op een buitenaards signaal
- Er werden in het verleden al actieve SETI-gerichte signalen verstuurd:
 - met de Arecibo-radiotelescoop (304,8 m) in Puerto Rico op 16 Nov 1974 naar bolhoop M13 (25000 lj)
 - gouden plaque op Pioneer 10 en 11, resp gelanceerd in 1972 en '73
 - gouden langspeelplaat op Voyager 1 en 2, gelanceerd in 1977, met 116 afbeeldingen, verscheidenen natuur- en diergeluiden, een aantal muzikale fragmenten uit verschillende culturen en tijdperken, een gesproken begroeting in 55 talen en een bericht van de toenmalige president van de VS en secretaris-generaal van de VN



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

35

SETI

- Algemeen wordt aangenomen dat de TV-uitzendingen n.a.v. de Olympische Spelen in Berlijn van 1936 krachtig genoeg waren om door de ionosfeer heen te dringen en verder te gaan doorheen het heelal – die radiosfeer van de Aarde heeft nu (2022) een straal van 86 lj (26,38 pc) - binnen deze sfeer zijn reeds 412 exoplaneten ontdekt



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

36

SETI

- Contact (1997)



CONTACT

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

37

SETI

- De **schaal van Kardasjov**
 - opgesteld in 1964 door Russische astronoom Nikolaj Kardasjov en is een voorgestelde indeling voor de technologische ontwikkeling van beschavingen en hun **energiebehoeften**
 - de originele versie heeft de schaal drie categorieën, waarin beschavingen op basis van hun energieproductie ingedeeld worden:
 - Type I: De beschaving is in staat alle op een planeet beschikbare energie te gebruiken. Dat is ongeveer 10^{16} W (voor de Aarde zelfs iets meer dan $1,74 \cdot 10^{17}$ W)
 - Type II: De beschaving is in staat alle beschikbare energie die uitgaat van een enkele ster te gebruiken. Dat is ongeveer 10^{26} W. Een veronderstelde type-II-beschaving zou een Dysonbol* of een gelijkaardige constructie kunnen gebruiken om de totale energie-uitstoot van een ster te winnen.
 - Type III: De beschaving is in staat de totaal beschikbare energie in een sterrenstelsel te gebruiken. Dat is ongeveer 10^{36} W.
 - de menselijke beschaving bevindt zich nog ergens onder type I, aangezien we slechts een deel van de beschikbare energie op de Aarde weten te gebruiken, je zou de mensheid dus als "type o" aan kunnen duiden (0,7)



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

38

SETI

- De schaal van Kardasjov

- De **Dysonsfeer of -bol** is een hypothetische megastructuur die rondom een ster gebouwd is en zo zou zoveel mogelijk, zo niet alle, energie van deze ster kunnen worden opgevangen
- Werd voorgesteld in 1960 door de natuurkundige Freeman Dyson en zou een logisch gevolg zijn van de lange termijnontwikkeling van een technologische beschaving om in de energiebehoefte te kunnen blijven voldoen - verschillende varianten - van een zwerm artificiële satellieten tot gesloten bol



17/06/2025 19:41



Sterrenkunde voor beginners

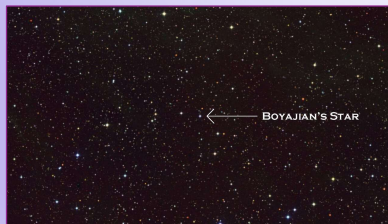


39

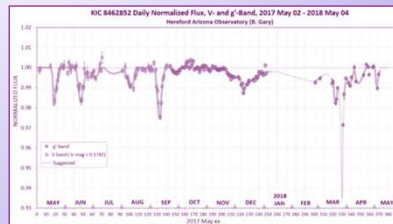
SETI

- De schaal van Kardasjov

- Een studie van onregelmatige en ongewone variaties in de lichtkromme (2011-2015) van de hoofddreksster KIC 8462852 (*Kepler Input Catalog*), in de Zwaan (Cygnus) m 11,7 F3V 1.470,165 lj, werd in 2015 gepubliceerd door Tabettha "Tabby" Suzanne Boyajian zonder een sluitende verklaring voor het fenomeen – sindsdien **Tabby's of Boyajian's Ster** - Jason Wright postuleerde in 2016 de mogelijkheid van een Dysonbol in constructie – vervolgstudie 2 Mei 2017 – 4 Mei 2018



17/06/2025 19:41



Sterrenkunde voor beginners

40

Fermi-paradox

- Is een paradox waarin de grote statistische waarschijnlijkheid van het bestaan van intelligent buitenaards leven in schril contrast staat met het gebrek aan bewijs daarvoor
- De leeftijd van het universum en het reusachtige aantal sterren lijken aanwijzingen voor de aanname dat buitenaards leven veel zou moeten voorkomen - er zijn immers veel sterren en dus ook exoplaneten die veel ouder zijn dan de Zon en Aarde (spectraalklasse K en M evolueren trager)
- Niet alleen zou er veel intelligent leven moeten zijn, ook zouden vele beschavingen technologisch op de mensheid voor moeten lopen - wellicht waren niet al deze beschavingen geïnteresseerd in ruimtereizen maar anderen zullen dit wel ondernomen hebben
- Zelfs als het voor buitenaardse beschavingen niet mogelijk blijkt om sneller dan het licht te reizen, dan nog zouden ze voldoende tijd gehad moeten hebben om ruimtekoloniën te stichten die weer nieuwe koloniën stichtten

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

41

Fermi-paradox



- Na miljoenen jaren zou een heel sterrenstelsel, zoals de Melkweg, moeten krioelen van het leven en de Aarde allang bereikt moeten hebben
 - ze hadden de Aarde al bezocht moeten hebben en daarvan duidelijk zichtbare sporen hebben moeten nalaten in de vorm van bouwwerken, materialen (kunststoffen) en technologie
 - en als ze de Aarde hebben genegeerd, dan zouden ze toch zichtbaar voor ons moeten zijn doordat ze voortdurend in de ruimte voorbij komen
 - en als ze verder weg zijn gebleven dan zou hun beschaving zichtbaar moeten zijn doordat andere exoplaneten radiosignalen uitzenden
- MAAR ... het vreemde is echter dat er nog nooit bewijs voor buitenaards leven is gevonden met uitzondering van een paar omstreden getuigenverklaringen over UFO's (*Unidentified Flying Object*)

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

42

Fermi-paradox



- Tijdens een wandeling naar de lunch in de zomer van 1950 op het Los Alamos National Laboratory praatte de natuurkundige **Enrico Fermi** (1901-1954) hierover met zijn collega's Edward Teller, Herbert York en Emil Konopinski:
"Waar zijn ze dan?"
- Door deze eenvoudige vraag krijgt Fermi de eer voor het op zo'n heldere en eenvoudige wijze onder woorden te brengen wat het antwoord op het vraagstuk van de waarschijnlijkheid van buitenaards leven zou kunnen zijn
- Mogelijke oplossingen:
 - buitenaards intelligent leven bestaat niet, de Aarde is uniek en wij zijn alleen in de kosmos - het ontstaan van het Aardse intelligent leven wordt toegeschreven aan iets te veel toevalligheden (endosymbiose, uitsterftes na globale natuurrampen, Darwiniaanse evolutie)

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

43

Fermi-paradox

- Mogelijke oplossingen:
 - het leven wordt vanzelf uitgeroeid (meteorietinslagen, zuurstofcrisis, sneeuwbal-aarde, kernoorlog, klimaatopwarming, sterevolutie, bacterieel, ...)
 - buitenaards intelligent leven bestaat wel maar is te zeldzaam en daarom nog niet gevonden – de tijd dat ze elk individueel bestaan, overlappen elkaar niet
 - om sociologische of economische redenen zijn andere beschavingen niet of slechts zeer beperkt door de ruimte gaan reizen
 - contact leggen is gevaarlijk – bedreiging door microbieel leven op onze aarde
 - buitenaardse beschavingen willen (nog) geen contact, wegens onze nog te primitieve beschaving volgens de voor hen geldende maatstaven
 - er is al contact geweest ver in het verleden (mythologische goden, piramiden) – Erich von Däniken (auteur): *Waren de goden kosmonauten*
 - Er is contact MAAR ultrageheim (complottheorieën)

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

44

Fermi-paradox

- Misschien is het maar goed ook dat er nog GEEN contact was – ons eigen verleden leert ons wat het zou kunnen betekenen geconfronteerd te worden met een superieur ras
 - Denken we hierbij maar aan de kolonisatieperiode en het lot dat de inheemse volkeren van Amerika en Australië is overkomen
 - Die intelligente buitenaardse beschavingen hebben dan misschien wel technologische oplossingen voor hun energiebehoeften, maar hebben waarschijnlijk nog steeds behoeften aan grondstoffen, water, ...
- Door de digitalisering verloopt onze communicatie tegenwoordig al veel over kabelnetwerken, en is de technologie voor radio-ontvangers zo verbeterd (steeds zwakkere signalen) dat de sterkte van onze radiosignalen afneemt – onze uitgestraalde radiosfeer wordt langzaam terug stiller en we trekken minder de aandacht van eventuele buitenaardse beschavingen

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

45

Leven in het heelal

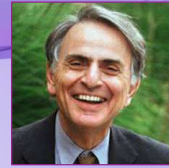
- Onze Aarde is een onopvallende planeet, die stom toevallig op de juiste plaats, tussen 7 andere planeten draait rondom een onbeduidende ster, de Zon, ergens aan de rand van een weinig opvallend sterrenstelsel, het Melkwegstelsel, en is een kleine groep, de lokale groep, aan de buitenste rand van een cluster van sterrenstelsels, de Virgo-cluster, die nauwelijks iets te betekenen heeft in een gigantische supercluster van sterrenstelsels, Laniakea, die deel uitmaakt van een filament aan de rand van een reusachtige lege bel (de *Northern Local Supervoid*) van het kosmische schuim waarmee het heelal is gevuld
- Op 14 Feb 1990 maakte de ruimtesonde Voyager 1, gelanceerd in 1977, vanop een afstand van 40 AE (6 miljard km) op vraag van Carl Sagan een foto van ons zonnestelsel, waarop de Aarde zichtbaar is als een “Pale Blue Dot” van 0,12 pixels

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

46

Leven in het heelal



- Pale Blue Dot, een eenzame blauwe pixel waarop zich alles heeft afgespeeld wat in het geheugen van de menselijke geschiedenis staat gegrift



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

47

Leven in het heelal

- En de vraag ... Is er nu leven in het heelal ?

Ja,
kijk maar eens om u heen,
op Aarde bestaat er een enorme
biodiversiteit

17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

48

Leven in het heelal

- Biodiversiteit



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

49

Sterrenkunde voor beginners

VRAGEN ?



Tycho



17/06/2025 19:41

Sterrenkunde voor beginners

61