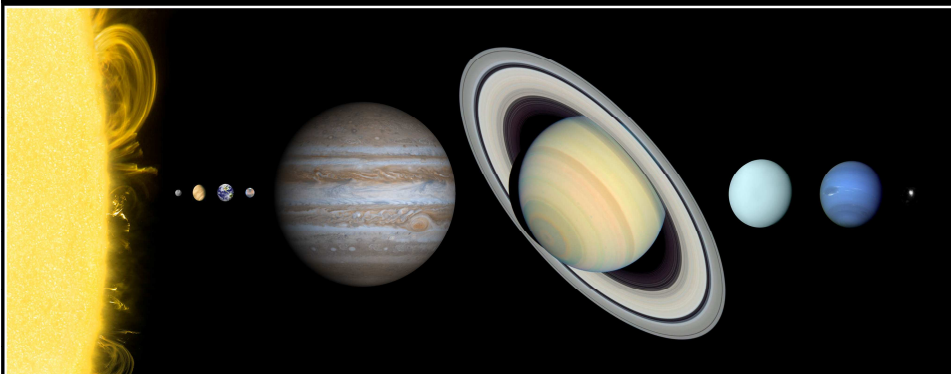


Exoplaneten en de zoektocht naar
buitenaards leven



Ignas Snellen, Sterrewacht Leiden

Dingen die je moet weten over ons
heelal:
ons zonnestelsel



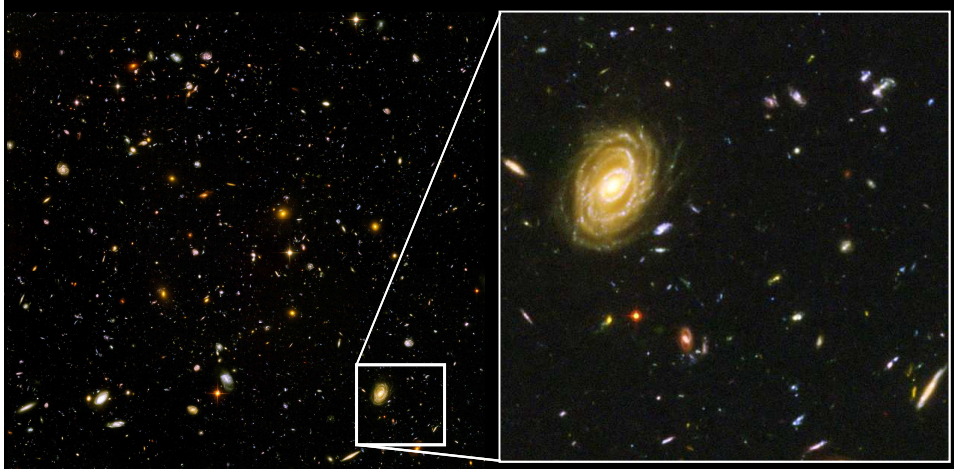
The Sun and Nine Planets

Copyright © Calvin J. Hamilton

Dingen die je moet weten over ons heelal: de Melkweg



Dingen die je moet weten over ons heelal: miljarden sterrenstelsels



Leven in het heelal: is de aarde uniek?

Filosofie van astronomen

1. Het Copernicaanse Principe:

We nemen het heelal niet vanaf een speciale plaats waar → De aarde is geen bijzondere planeet

2. The Antropisch Principe:

Onze plaats in het heelal moet hoogwaardig leven kunnen → De aarde is wel een speciale planeet

Volgens het Copernicaans principe kan de aarde niet uniek zijn, maar volgens het antropisch principe kan deze wel heel zeldzaam zijn.

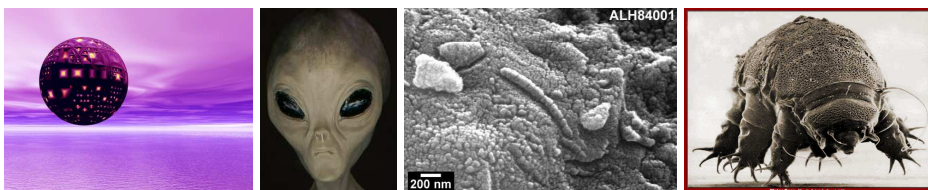
Wat is leven?

Biologische definitie:

Een **organisme** kan zich **reproduceren, organiseren, groeien, metabolisme, homeostase,....**

Astronomische aspect:

Een **organisme** is **opgebouwd uit zeer ingewikkelde moleculen die ingewikkelde scheikunde ondergaan.**



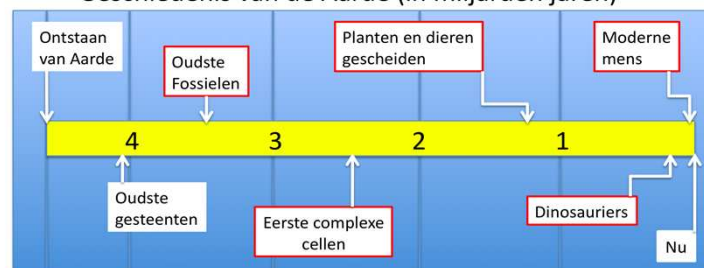
Wetenschappelijke vooronderstelling:

Het leven op aarde is ooit op natuurlijke wijze ontstaan uit niet-levend materiaal

Vragen:

1. Hoe is, en kan, leven ontstaan?
2. Hoe vaak komt dit voor? Is de aarde uniek?

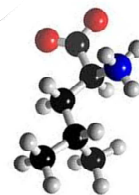
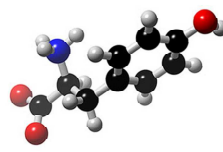
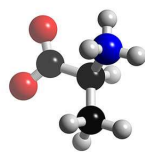
Geschiedenis van de Aarde (in miljarden jaren)



Hoe astronomen over leven denken

koolstof is het basis-atoom voor leven:

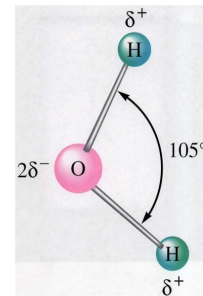
- ◆ alleen koolstof kan de basis vormen van grote complexe moleculen
- ◆ koolstof kan met andere atomen verbindingen aangaan zoals H, O, N, S, P en metalen
- ◆ koolstof, samen met H, O, N, zijn 4 van de 5 meest voorkomende chemische elementen in het heelal
- ◆ Koolstof kan moleculen vormen die makkelijk oplossen in water
- ◆ **Alternatief: silicium?**



Hoe astronomen over leven denken

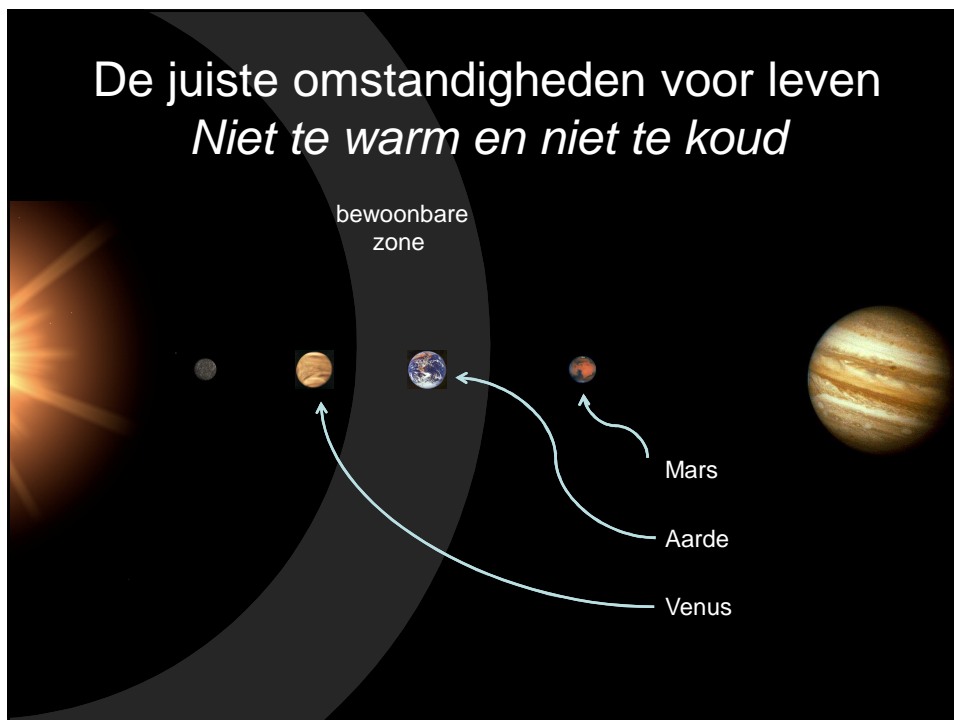
Vloeibaar water lijkt een belangrijk ingrediënt voor het ontstaan van leven

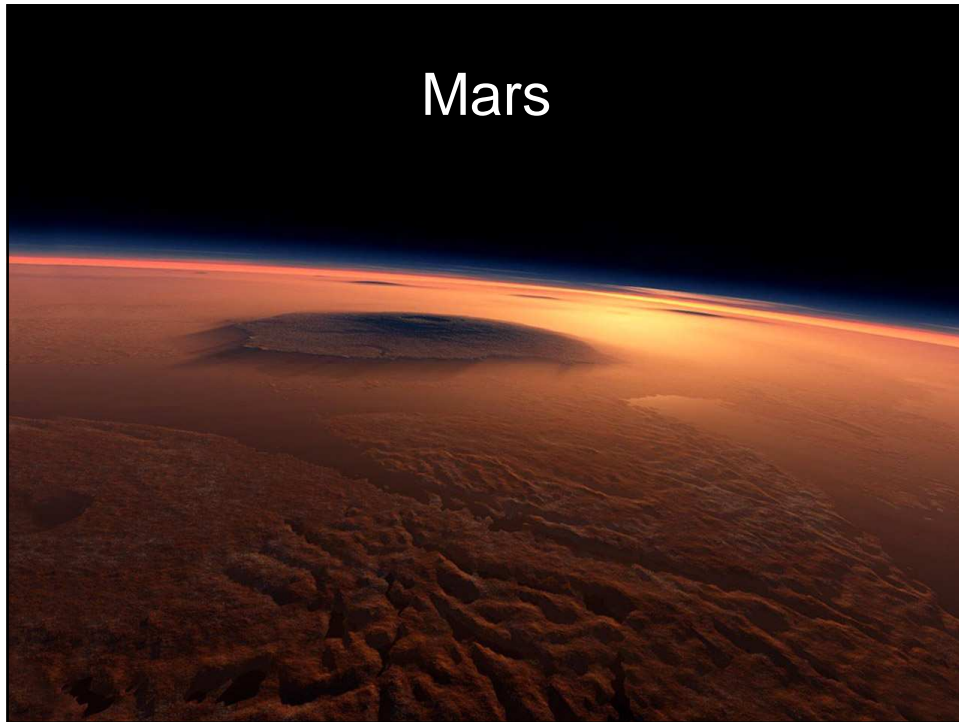
- ◆ Water is een uniek medium waarin moleculen kunnen oplossen
- ◆ Water is vloeibaar bij de juiste temperatuur: **niet te koud** zodat biochemische reacties niet kunnen plaatsvinden, **niet te warm** zodat organische verbindingen zich niet kunnen vormen
- ◆ Water is een polair oplosmiddel: polaire moleculen kunnen er makkelijk in oplossen
- ◆ **Alternatief: ammoniak?**



De juiste omstandigheden voor leven

Niet te warm en niet te koud

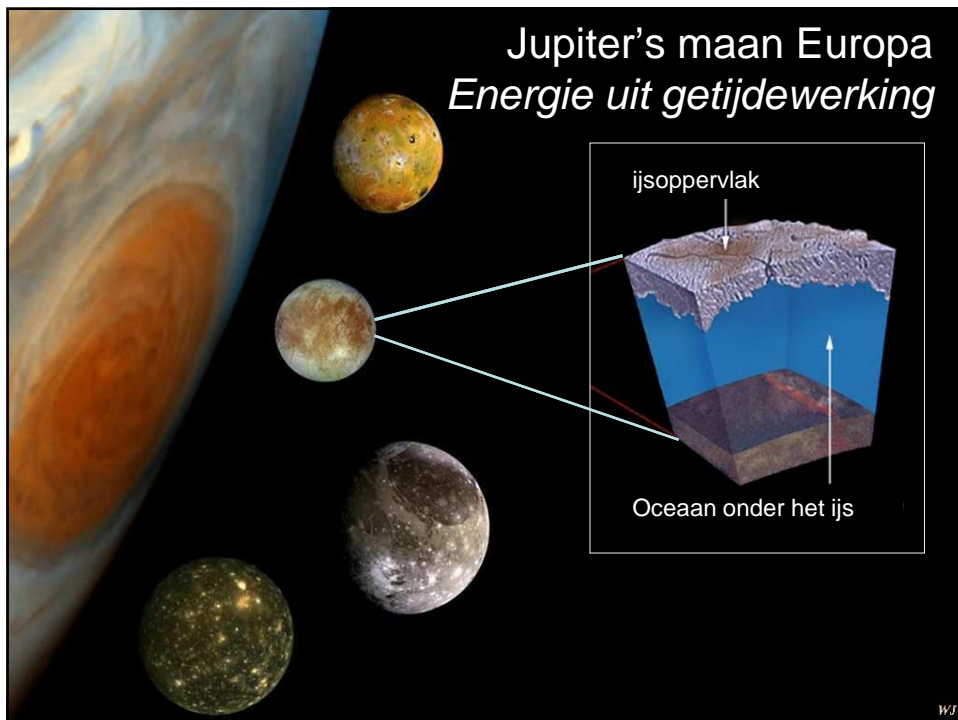
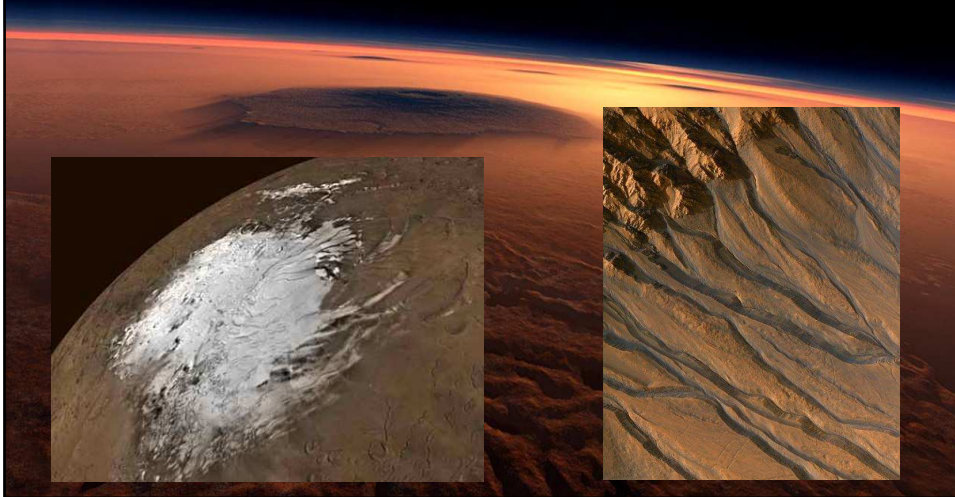




Mars: enorme ijsafzetting op de polen

Episodische veranderingen in Marsklimaat

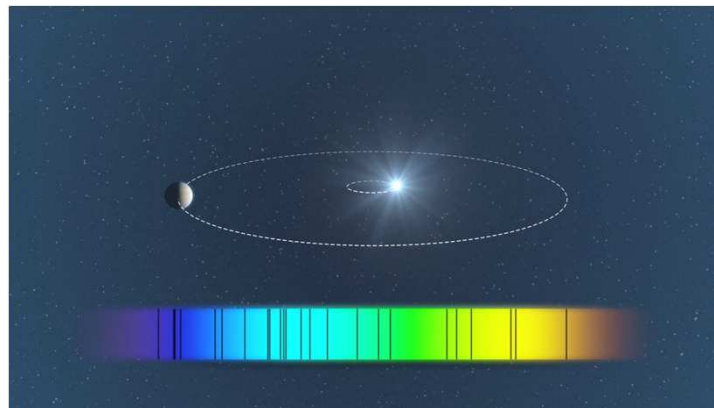
Sterke geologische aanwijzingen voor recent water
grote zee - 1/3 oppervlak – 3.5 miljard jaar geleden





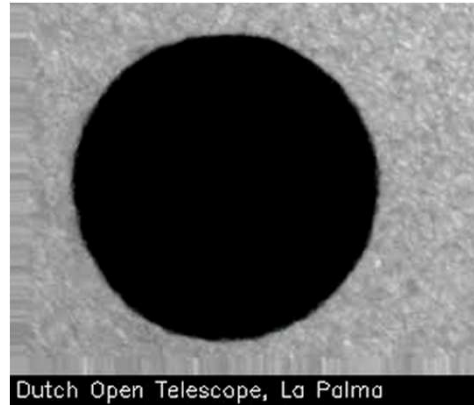
Revolutie in exoplaneet onderzoek

500 planeten ontdekt in 15 jaar

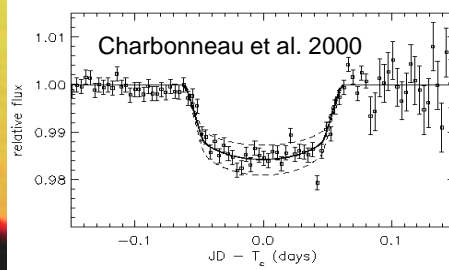
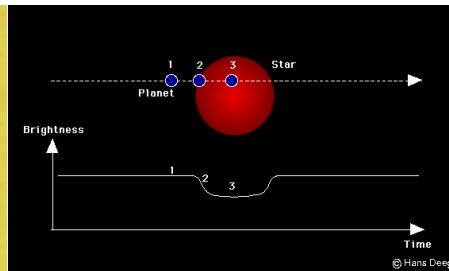
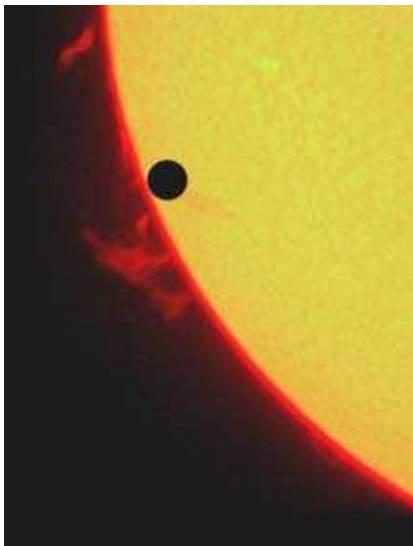


Belangrijk: sterke aanwijzingen dat aardachtige planeten veel voorkomen

Planeetovergangen [Venus – 2004]



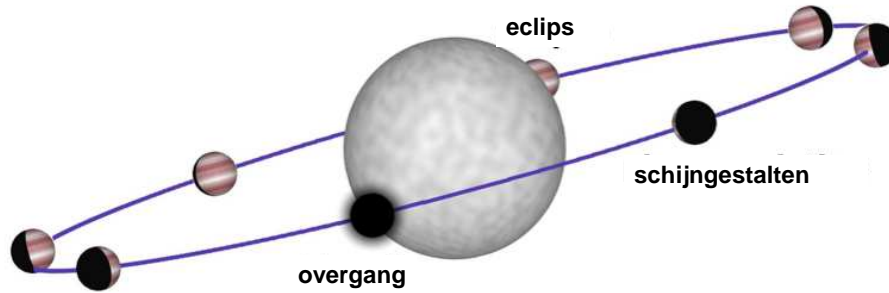
Planeetovergangen



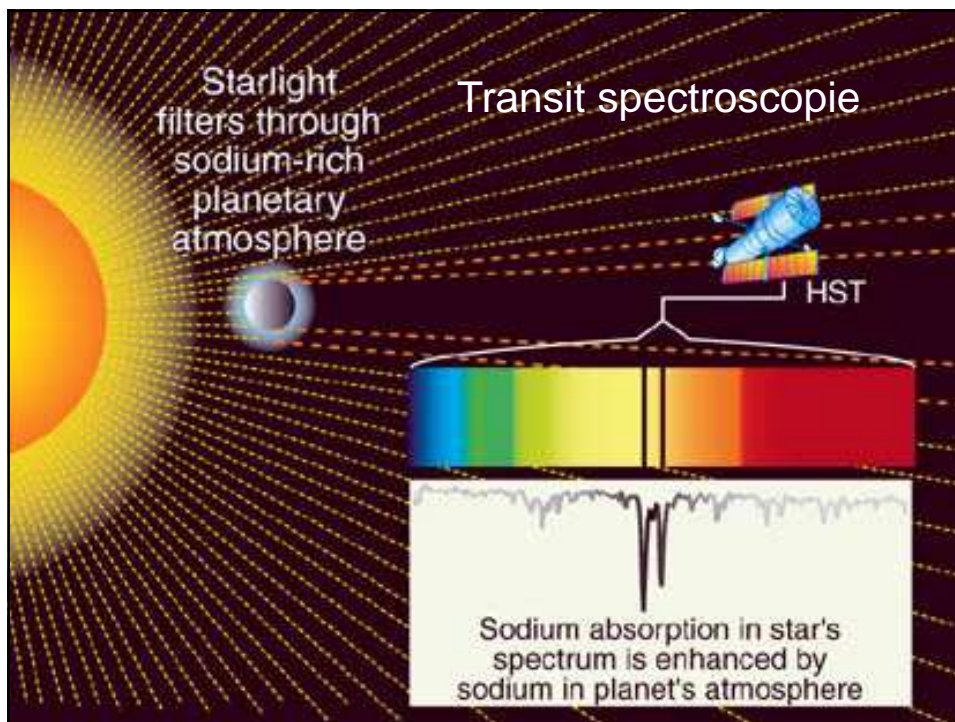
Planeet massa, straal, dichtheid, en atmosfeer!

Planeetovergangen

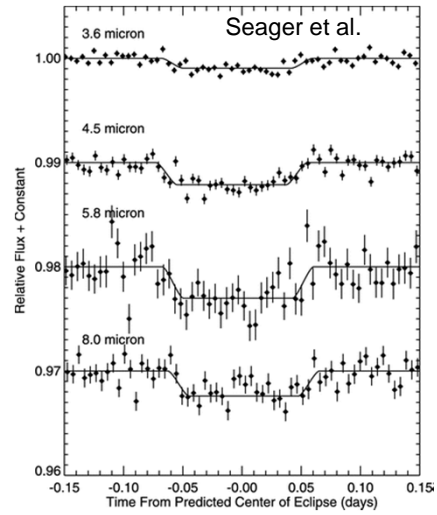
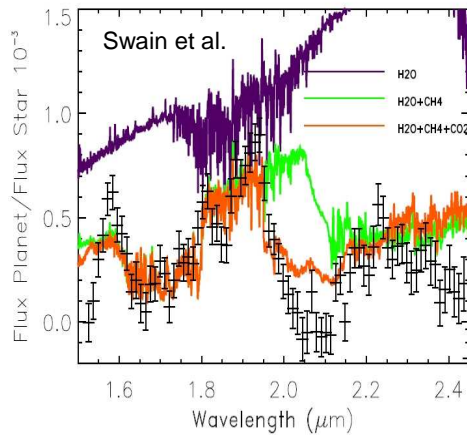
Veel informatie over planeet atmosfeer



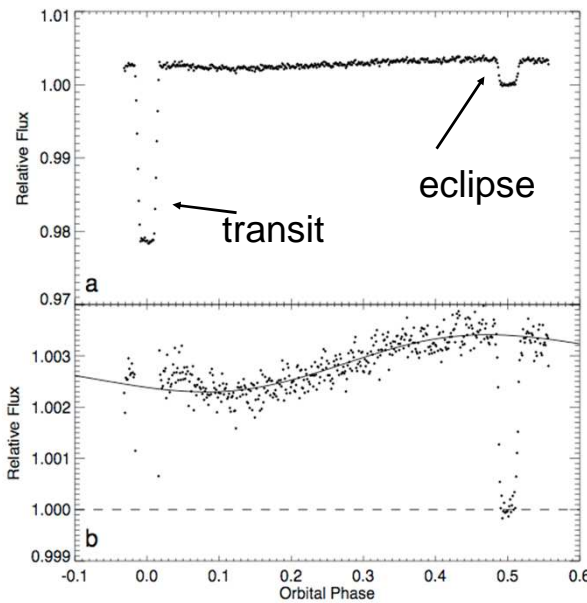
- ① Gassen waargenomen zoals methaan, water, koolstofmonoxide
- ② Warmteverdeling op planeten
- ③ Wind-systemen



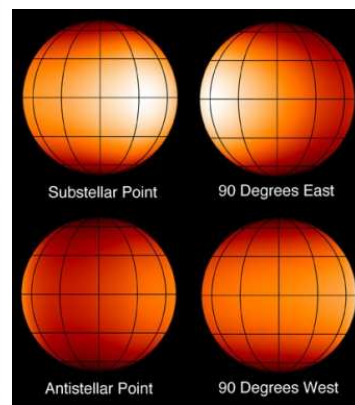
Eclips fotometrie: planeet gaat achter de ster langs

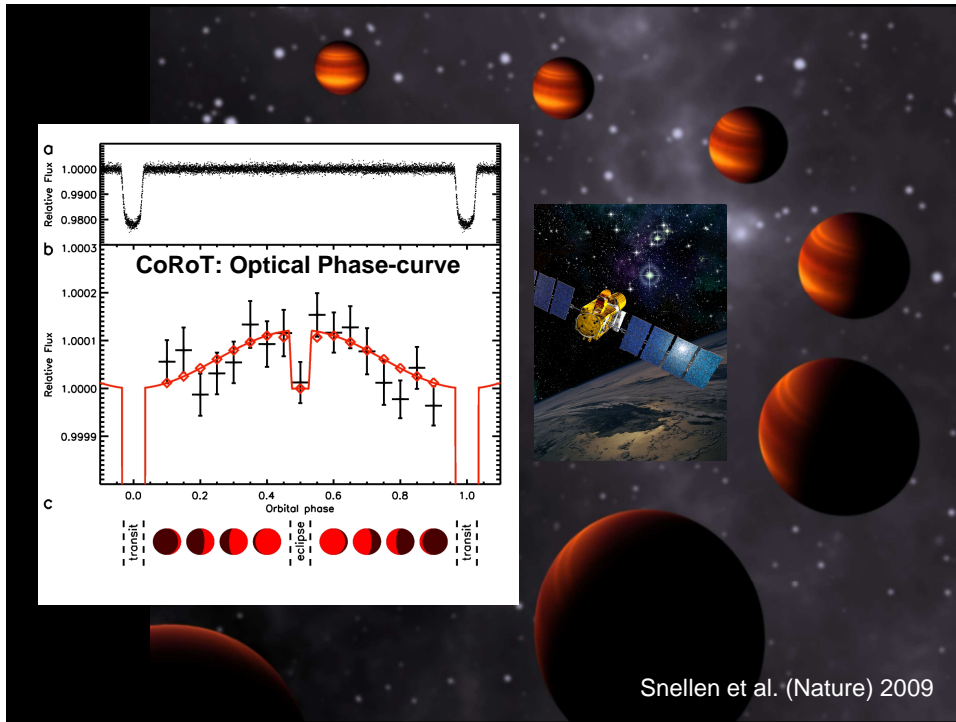


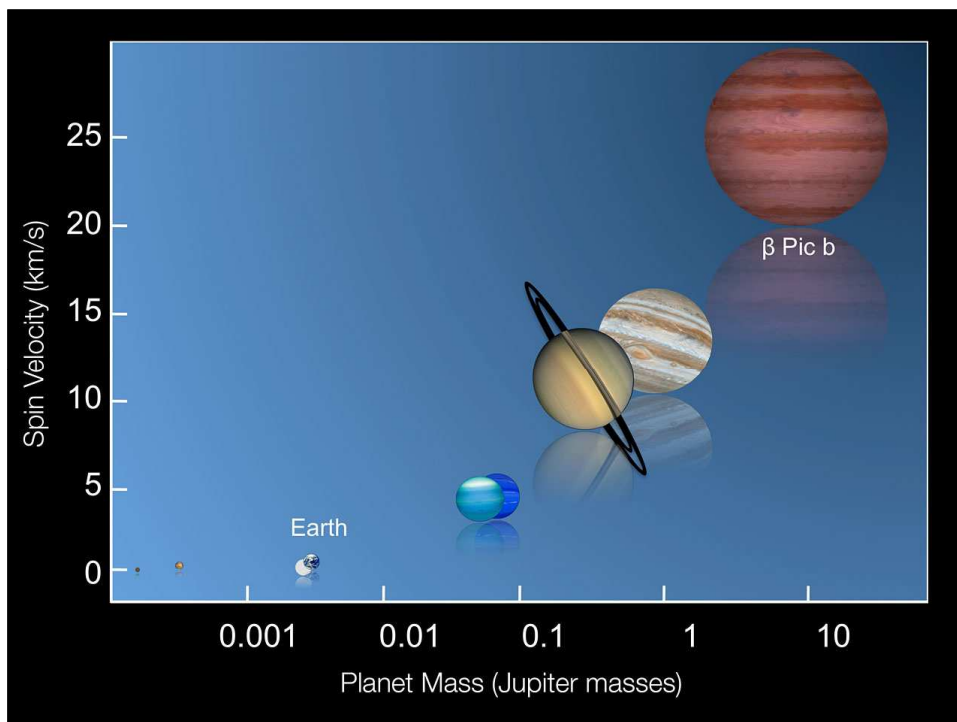
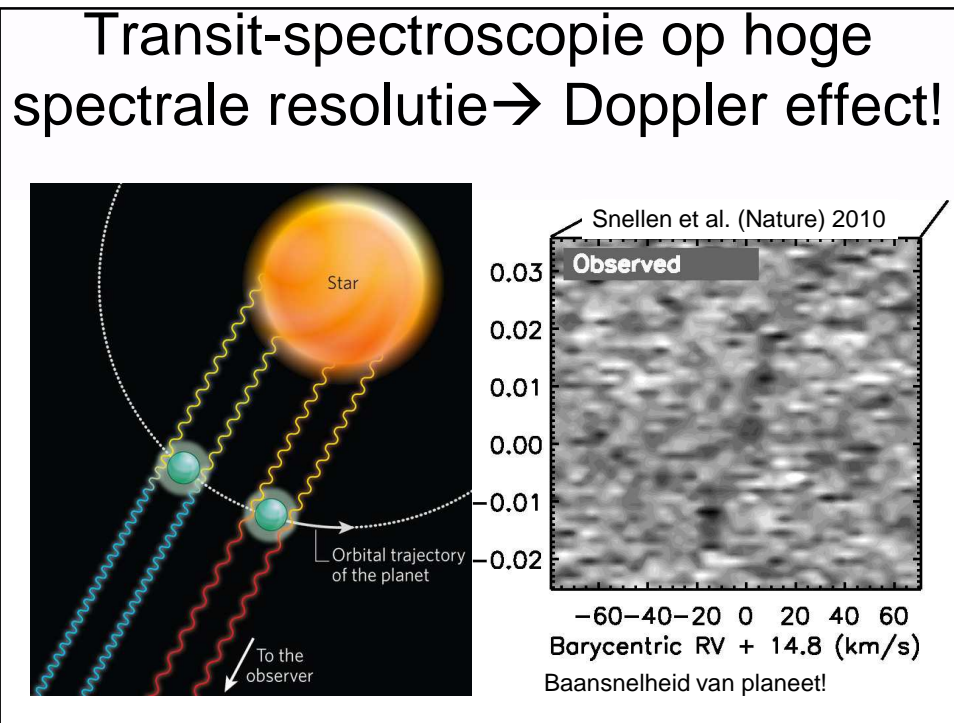
Fase-varianties



Knutson et al. 2007

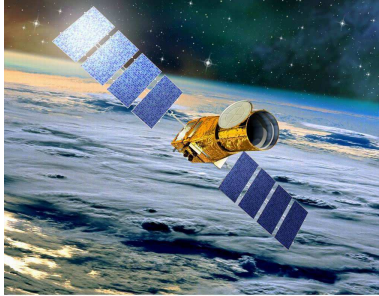






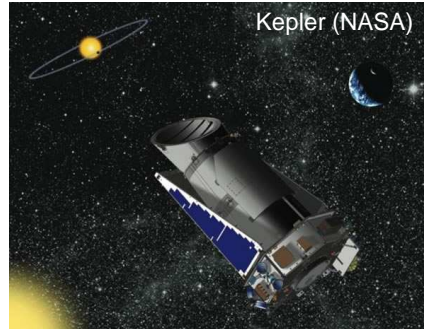
Hoe kleiner de planeet, hoe moeilijker
Planeetovergangen vanuit de ruimte

CoRoT (Frans – Europees)



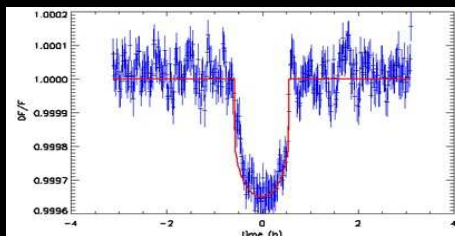
© CNES - Mai 2004/Hub. D. Ducros

Kepler (NASA)



De eerste rotsachtige planeten:

- ✓ CoRoT-7b (2009)
- ✓ Kepler-10b (2010)

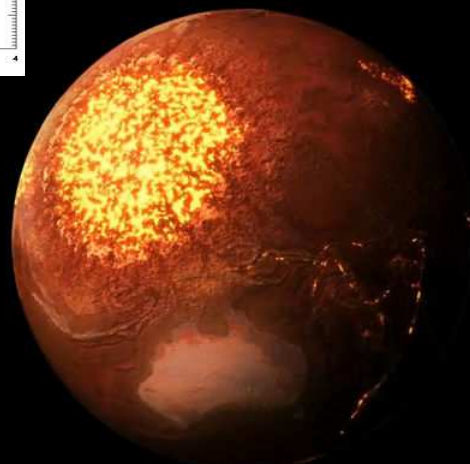


Diameter = 1.7x Aarde
massa = 4.8x Aarde



moon

Earth



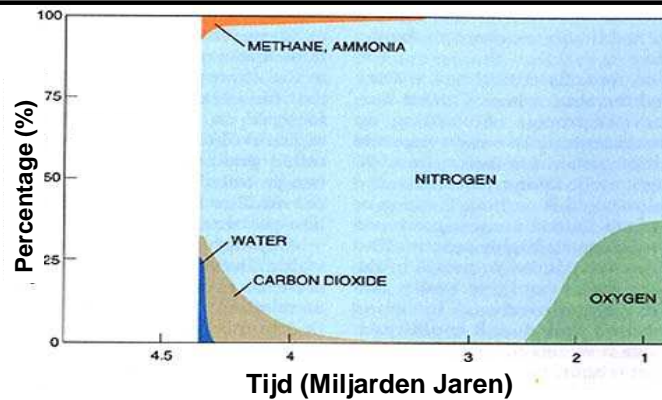
COROT-Exo-7b

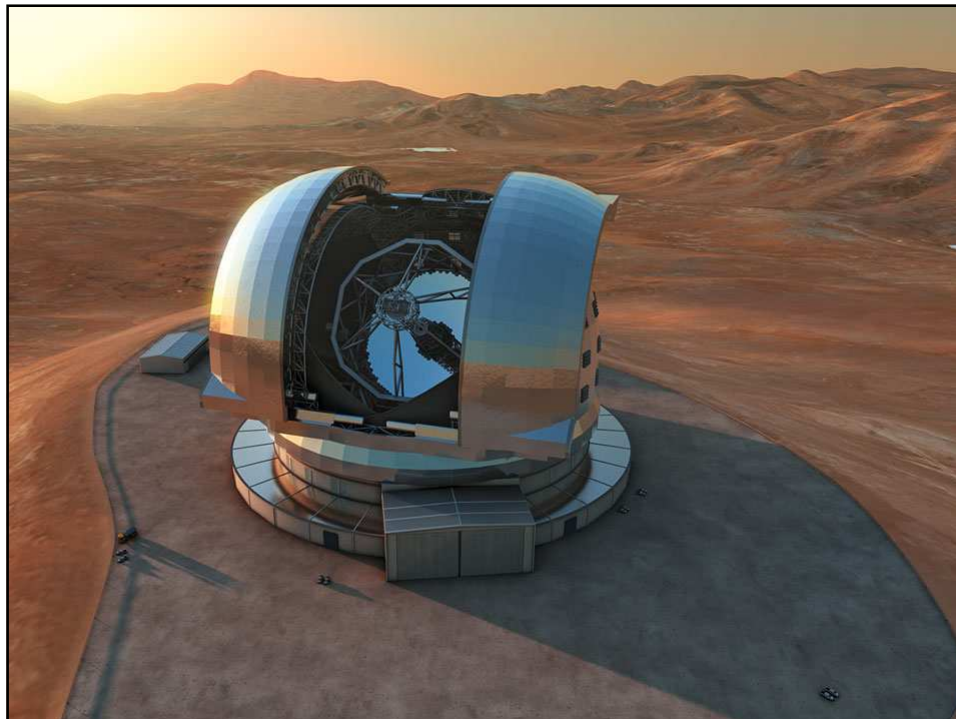
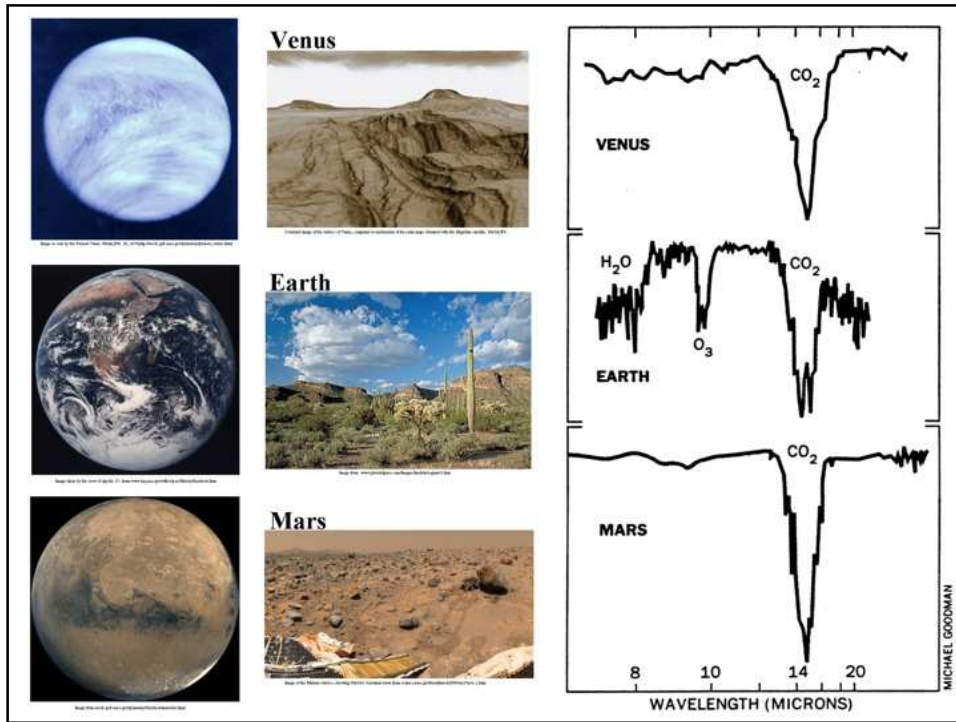


Stel: we vinden een aardachtige planeet in de bewoonbare zone

Hoe kunnen we leven herkennen?

Leven op aarde heeft grote invloed op samenstelling van onze dampkring!

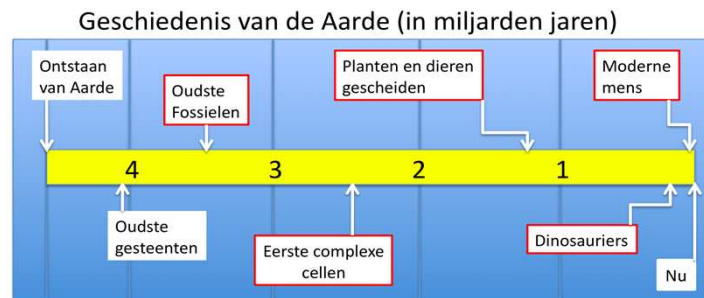




De grenzen van de wetenschap

SETI

zoektocht naar signalen van intelligent leven



Les van de Aarde:

- Ontstaan van leven is relatief eenvoudig
- Ontstaan van **complex** leven is zeer ingewikkeld
- Omstandigheden op aarde zijn zeer constant – misschien wel uniek...

Lessen van de aarde:

Voor intelligent leven zich te laten ontwikkelen moet het klimaat op aarde voor 4 miljard jaar min of meer stabiel zijn geweest.

Mogelijk belangrijke eisen:

- ✓ De aarde heeft de juiste massa en bevindt zich in de juiste baan
- ✓ De aarde is actief (plaattektoniek)
- ✓ grote maan houdt de aarde stabiel
- ✓ Jupiter is de stofzuiger van ons zonnestelsel
- ✓ Zon bevindt zich in een rustige buitenwijk van de melkweg
- ✓ zonachtige ster is precies goed ivm sterevolutie.

De aarde als wieg van de mensheid zou wel eens uitzonderlijker kunnen zijn dan we denken.