

'Kijken' in de ruimte: de grote astrofysische vraagstukken



Prof. Em. Jean-Pierre De Greve

Dept. Fysica

Vrije Universiteit Brussel

Introductie

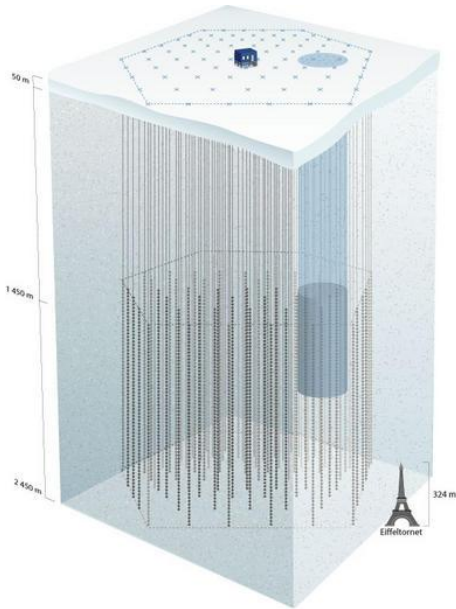
- Geen experimenten, wel waarnemingen
- 'Kijken': het gestoorde signaal
- De afstand speelt ons parten

'Kijken'

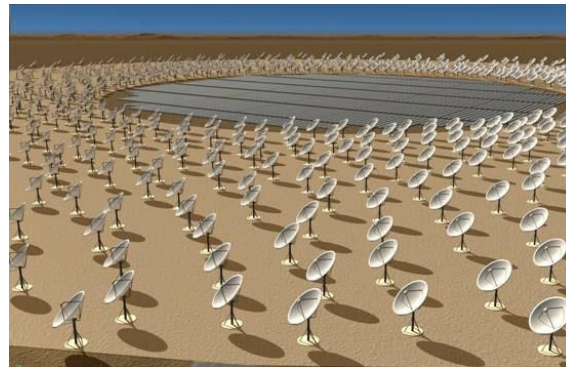
Satellieten:
van gamma tot IR



IceCube: Neutrino-detectie



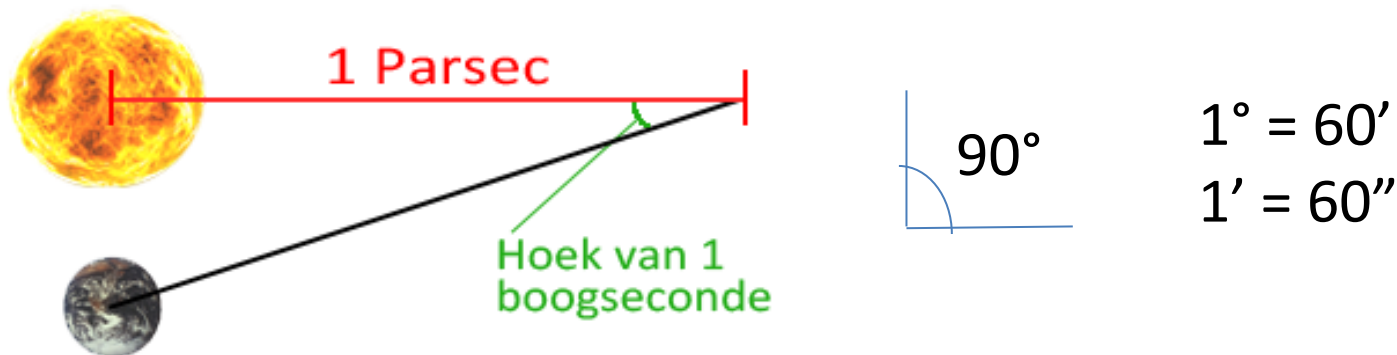
van radio tot IR
(SKA, VLT,)



Afstand meten in het zonnestelsel

- Straal Zon (R_{zon}): 700 000 km
- Straal Aarde: 6400 km \approx 0.01 R_{zon}
- Straal Jupiter: 70 000 km = 0.1 R_{zon}
- Afstand Aarde – Zon:
150 000 000 km = 1 AU
- Afstand Jupiter – Zon:
780 miljoen km = 5.2 AU

Afstand meten in het heelal



Licht (foton) reist aan 300 000 km/s

1 lichtjaar \approx 9 500 000 000 000 km

Parsec (pc) \approx 30 000 000 000 000 km

Megaparsec \approx 1000 000 pc

Groot, groter, grootst

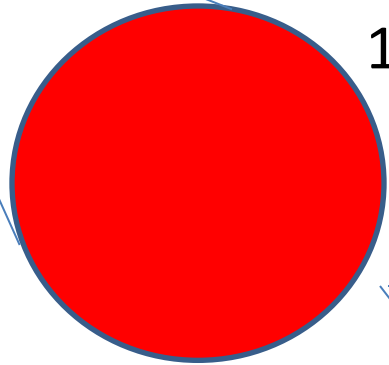
Planeten



$D \sim 13000 \text{ km}$

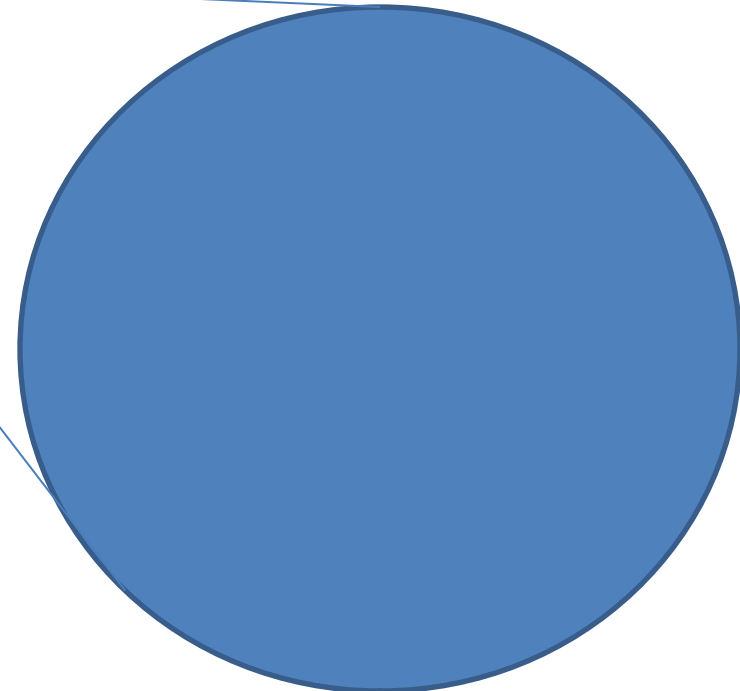
110 x groter

1,4 miljoen km



Sterren

Sterrenstelsels



1 200 000 000 000 x groter

15 600 000 000 000 000 km

Vier vragen

- Wat is de oorsprong van de complexiteit in ons heelal?
- Is ons heelal uniek of onderdeel van een groter multiversum?
- Wat was de begintoestand van het universum?
- Zijn we alleen? Of is er ander leven en intelligentie buiten ons zonnestelsel?

Ons heelal: inhoud en evolutiemodel

ID van het heelal

- Diameter (zichtbaar): ca. 27.6 miljard lichtjaar
- Leeftijd: ca. 13.82 miljard jaar
- Aantal sterrenstelsels: 100 à 300 miljard
- Leven: ja
- Dimensies: 4 (1 tijd, 3 ruimte)
- Krachten: 4 (gravitatie, sterke wisselwerking, zwakke wisselwerking, elektromagnetisme)

De Melkweg (onze 'stad')



NGC 7331

'Steden' in het heelal





Veel!

10000 nevels
1/10 miljoenste
van de hemel

→ 6'

(maan: 30')

Een model voor de evolutie van het heelal: de Big Bang

Relativiteitstheorie

+

Kosmologisch principe

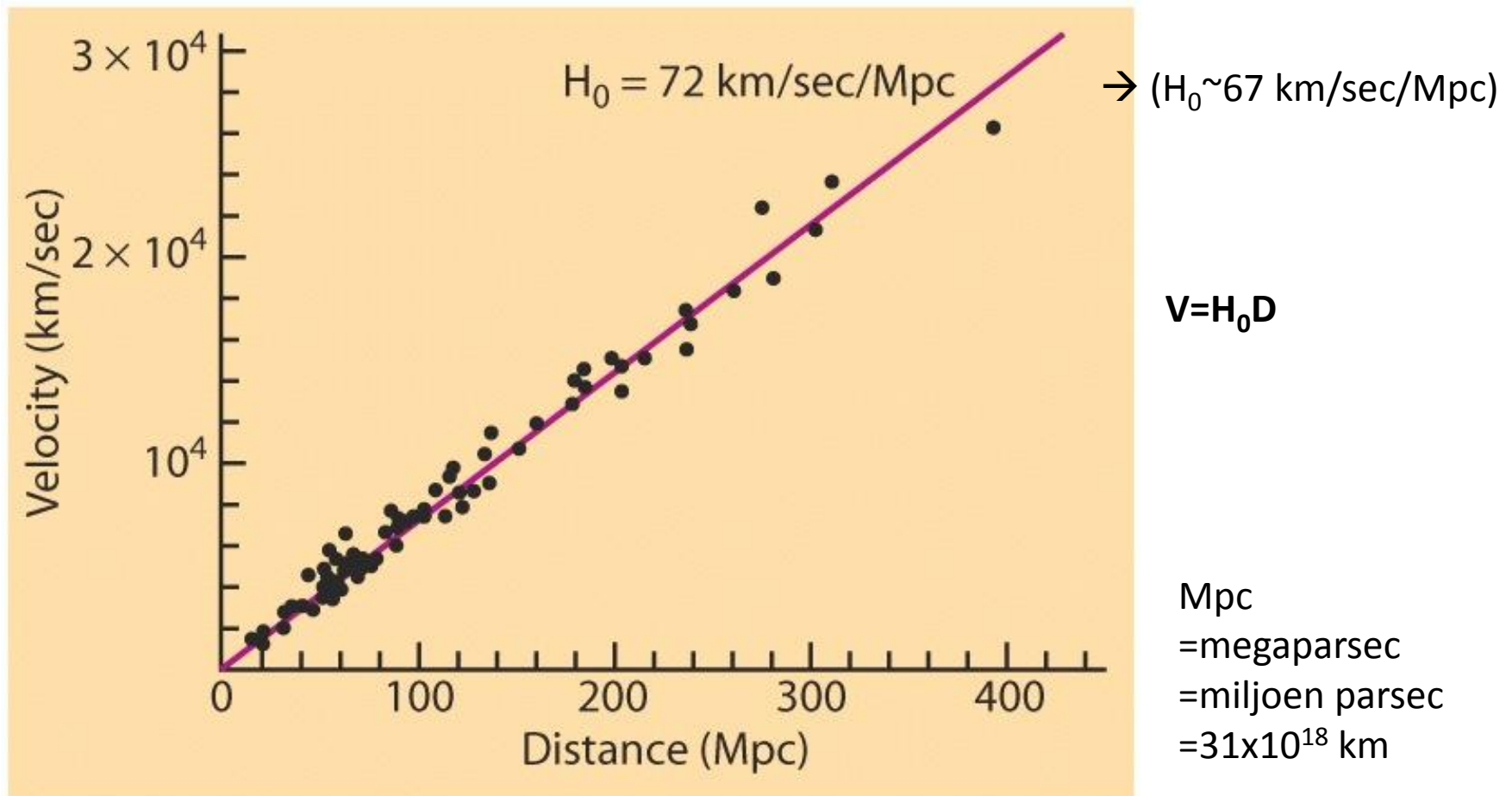
Aanname: het uitdijend heelal

- a. ziet er op grote schaal in alle richtingen hetzelfde uit (**isotroop**)
- b. Bezit op iedere plaats dezelfde eigenschappen (**homogeen**).

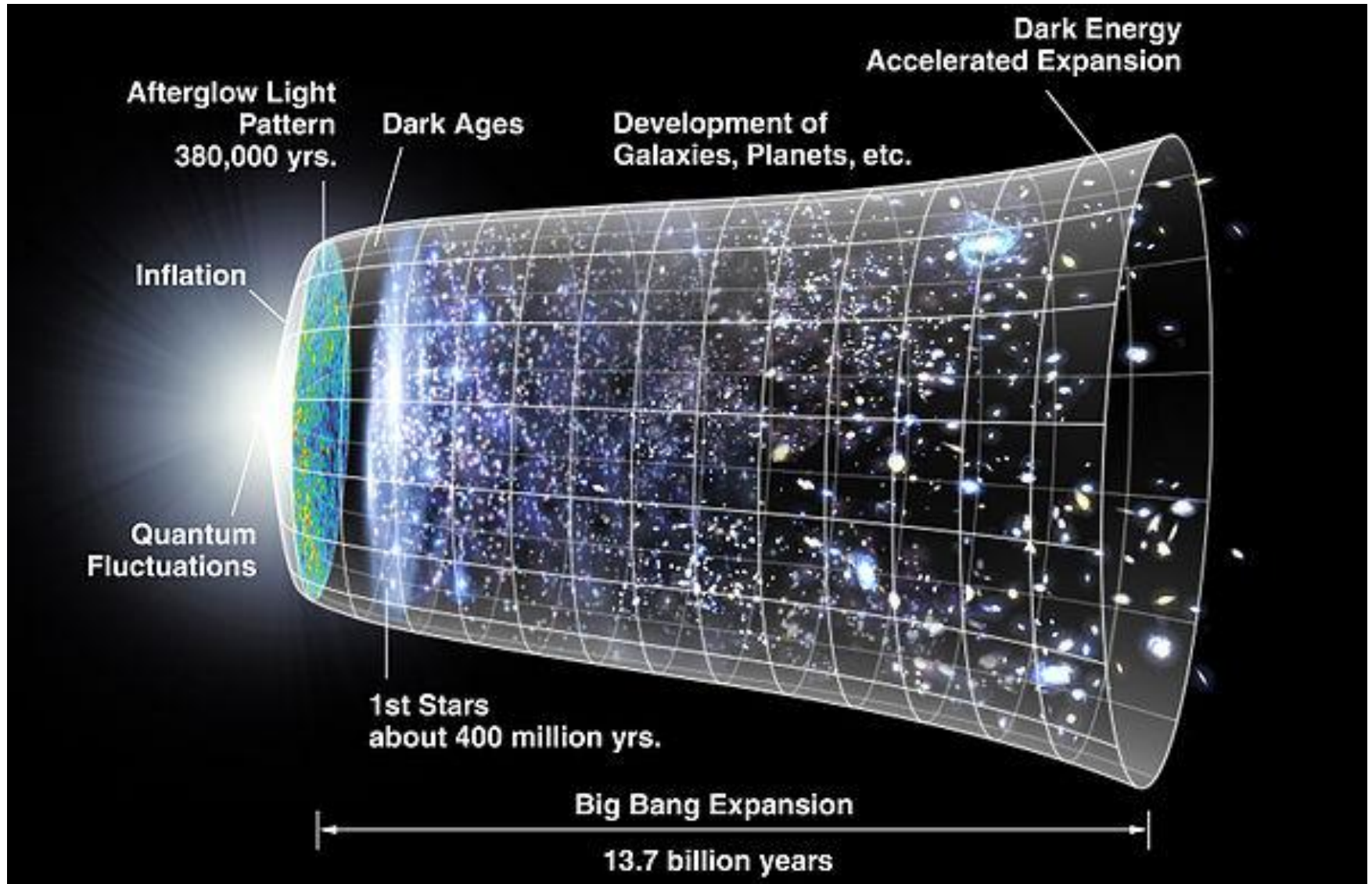
Big Bang uitdijing – de wet van Hubble

Verre melkwegstelsels gaan van ons weg

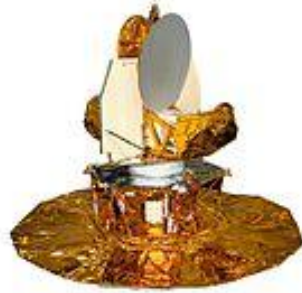
→ expanderend heelal



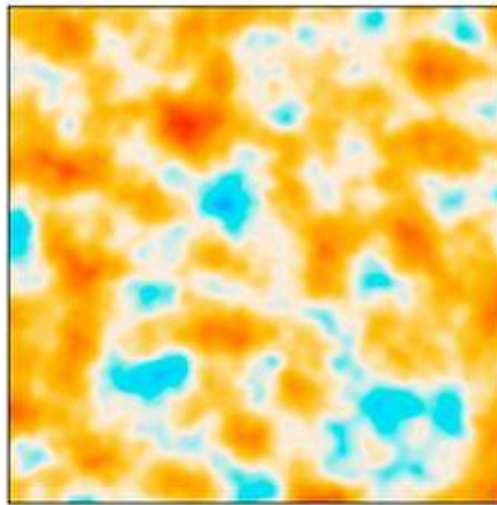
De geschiedenis van het heelal



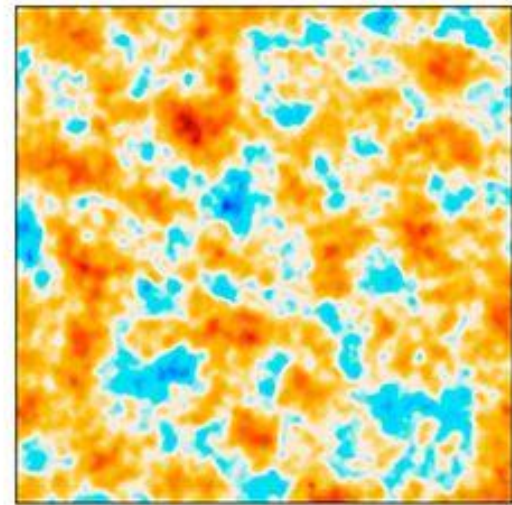
De kosmische achtergrondstraling



COBE

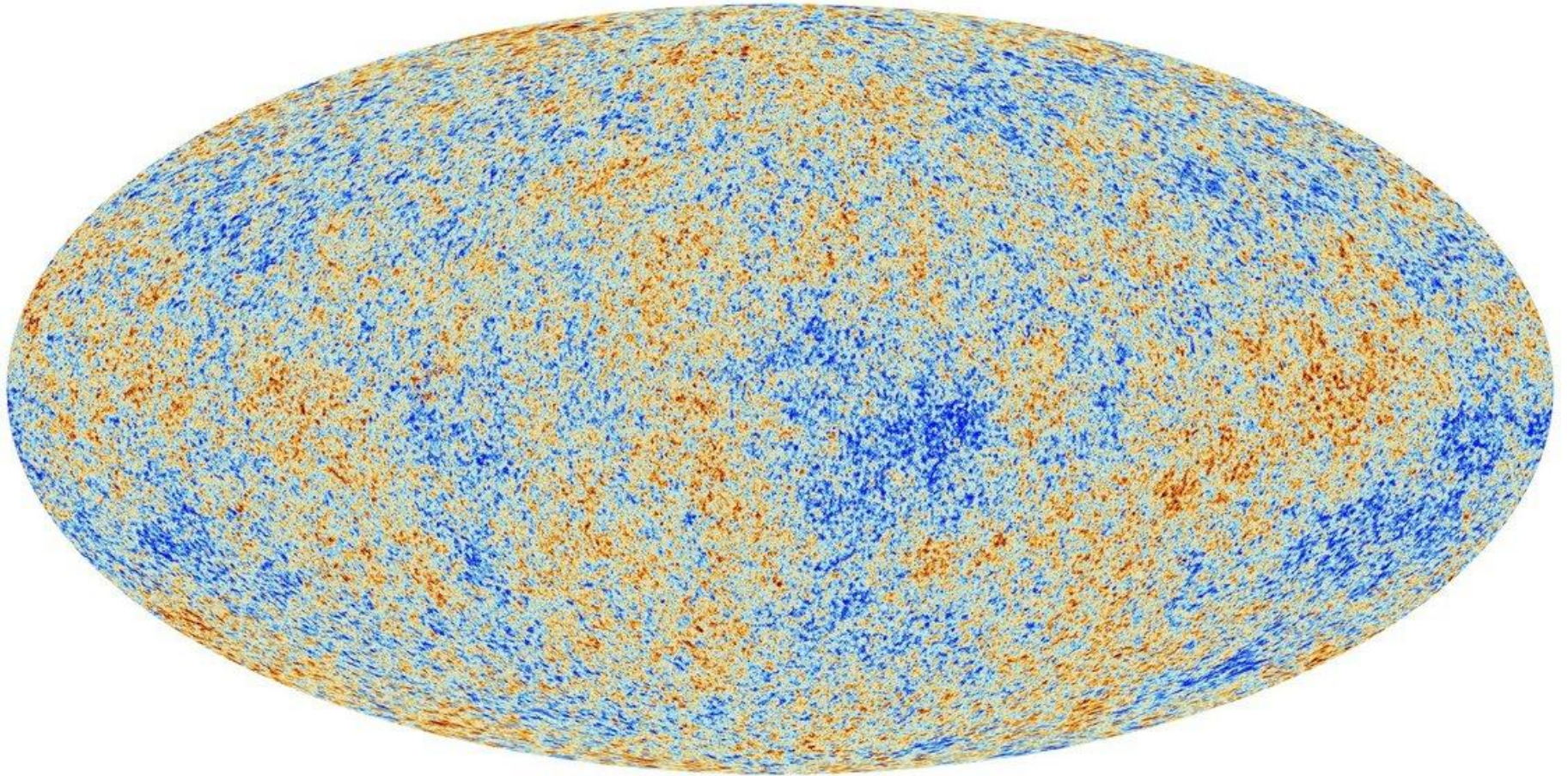


WMAP



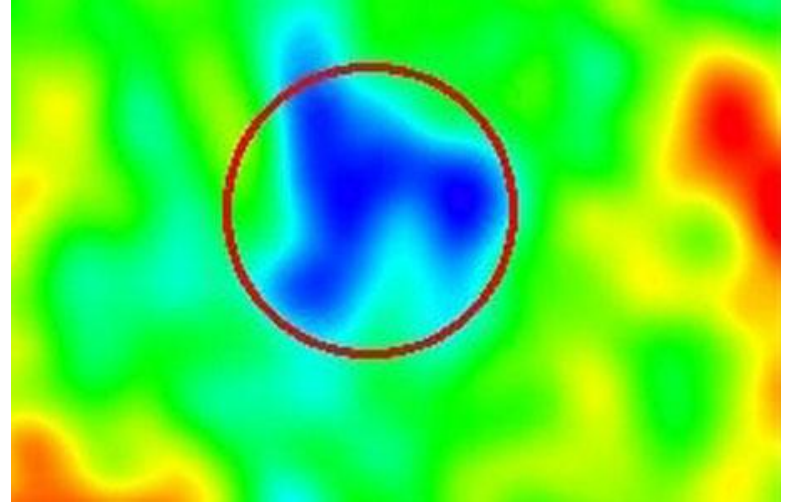
Planck

Pasfoto van het heelal

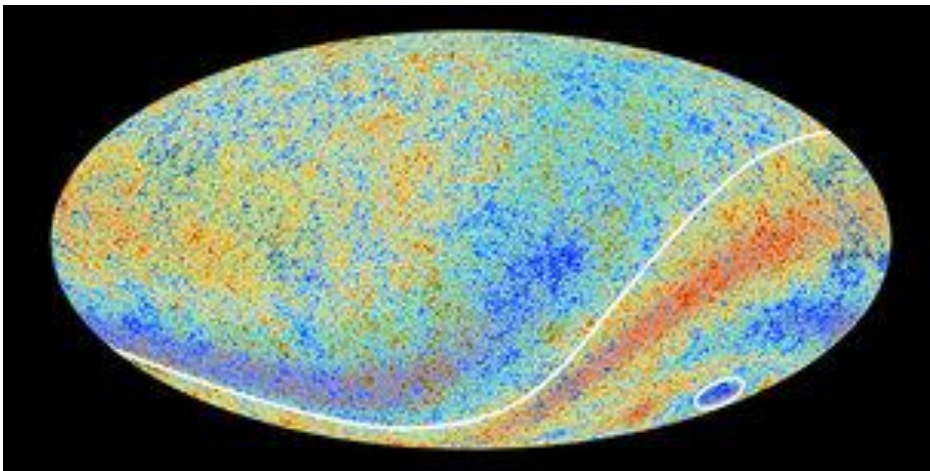


Kosmische achtergrondstraling gemeten door Planck satelliet

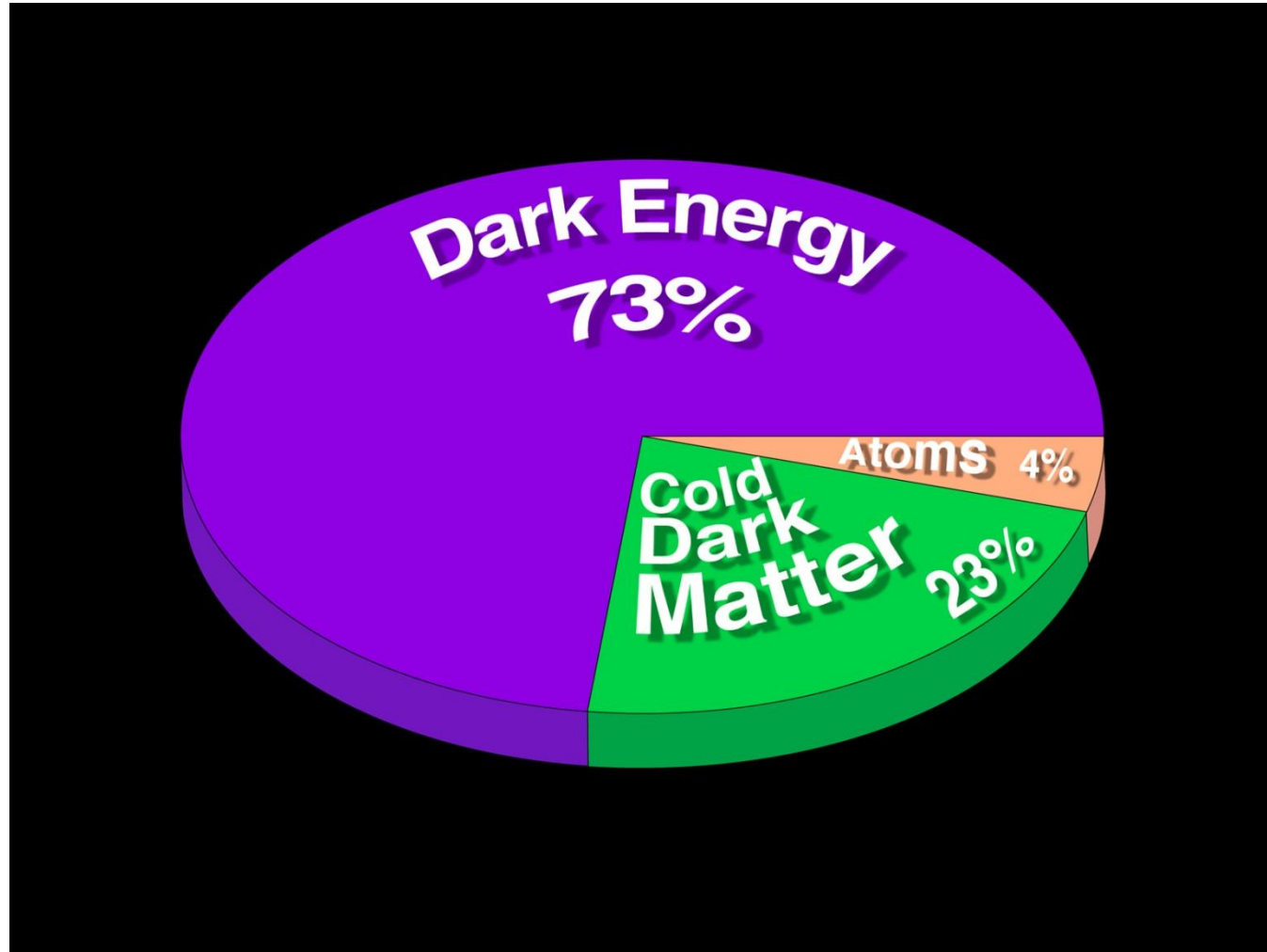
Anomalieën



Koude vlek ($D=5^\circ$): 2.69993 K ipv 2.70000 K



Een blik op de samenstelling



4.5 %

22.7%

72.8%



Planck

4.9 %

26.8%

68.3%

Zijn we alleen? Of is er ander leven en intelligentie buiten ons zonnestelsel?

Exoplaneten – Leven - Contact?

Vroege ideeën over **exoplaneten** en leven

Duizenden jaren geleden speculeerden Griekse filosofen ...



“Er zijn oneindig veel werelden gelijk aan maar ook totaal verschillend van onze wereld... We moeten er van uitgaan dat er in alle werelden levende wezens en planeten en andere zaken zijn die we in onze wereld zien..”

*Epicurius
circa 300 B.C*

Het gaat vlug ...

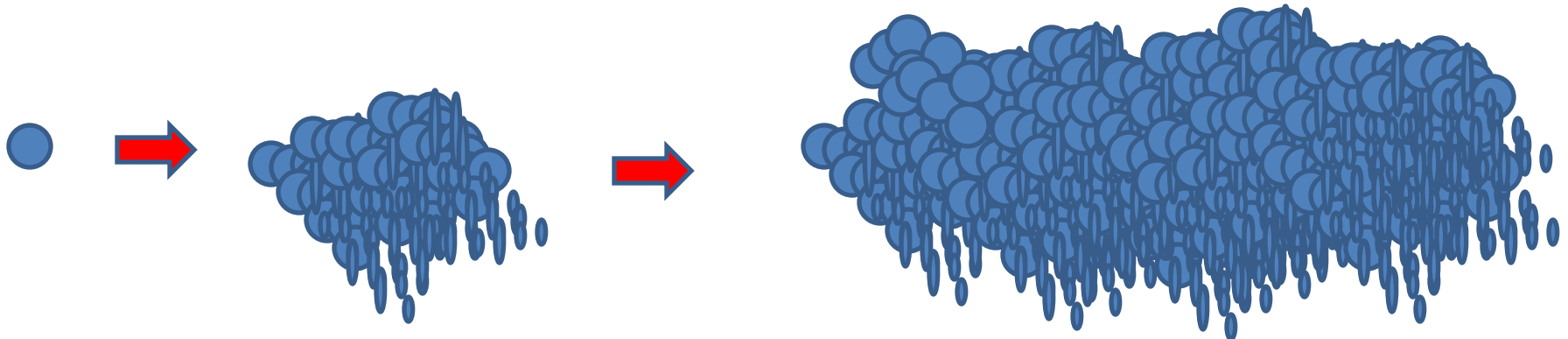
September 1995: 1 planeet

29 november 2009: 405 planeten

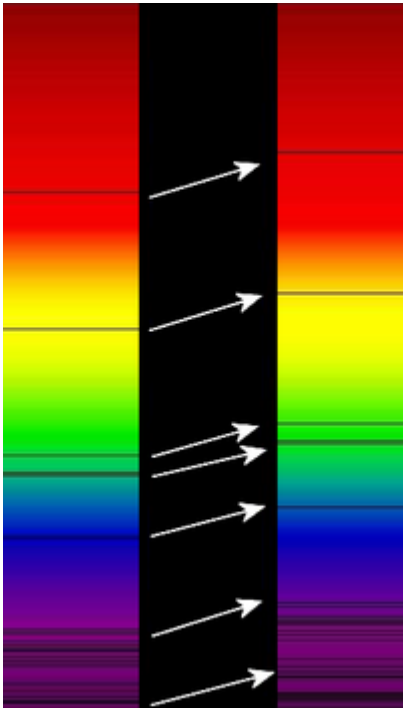
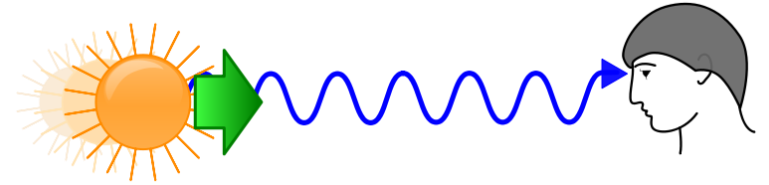
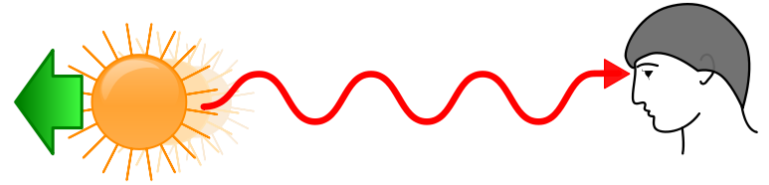
1995-2009: 29 pl/jaar

2 december 2013: 1047 planeten

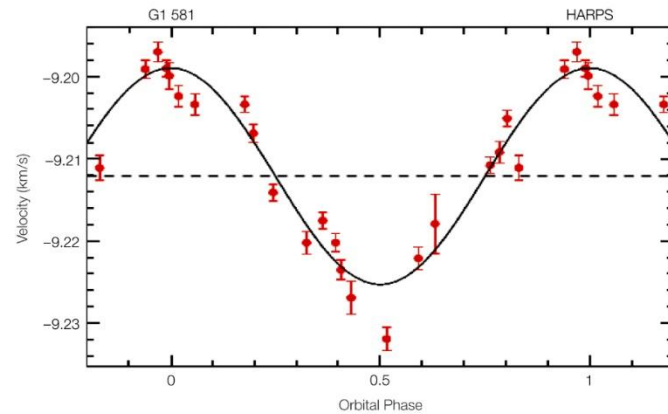
2009-2013: 262 pl/jaar



Principe: Doppler effect



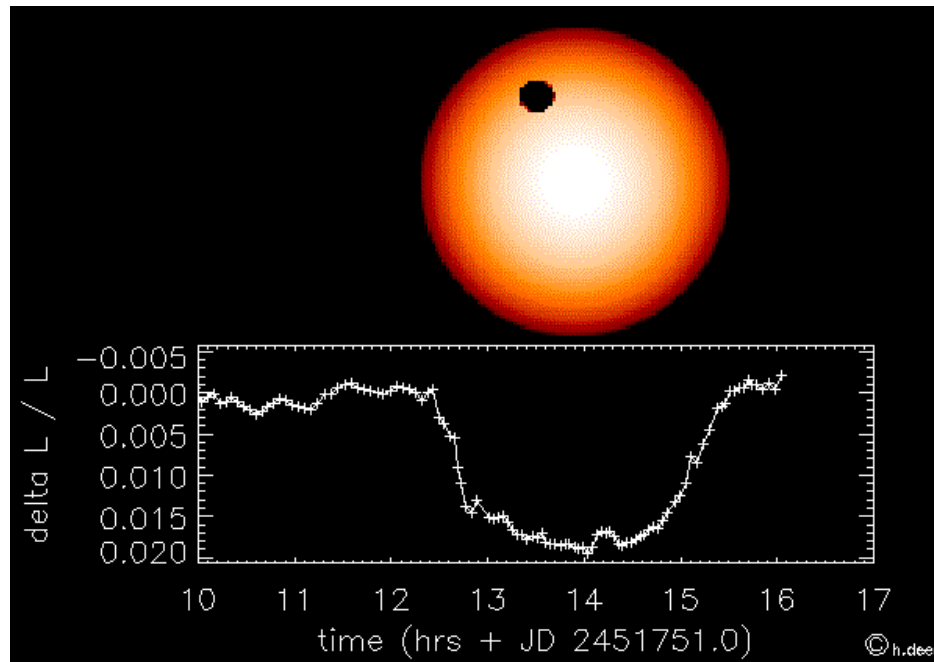
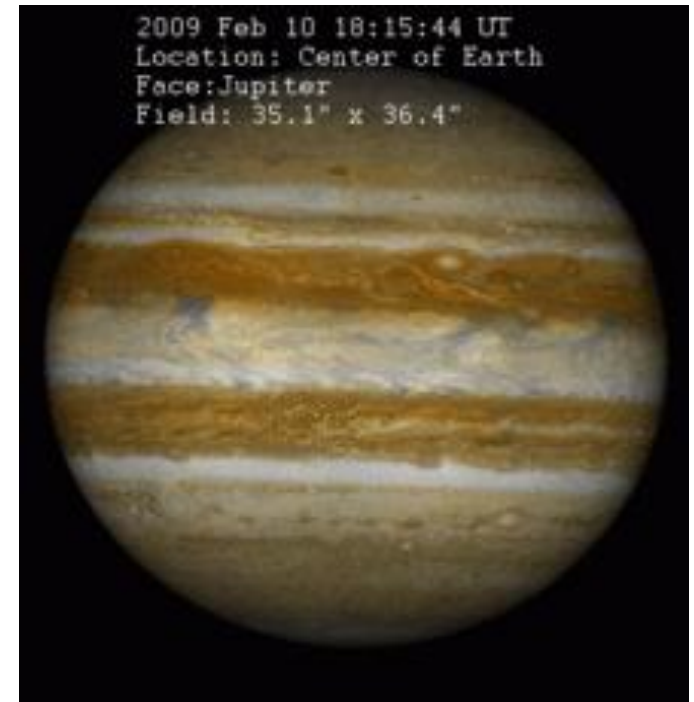
→ Δ golflengte → snelheid bron
→ V_{bron} als $f(t)$



Transit

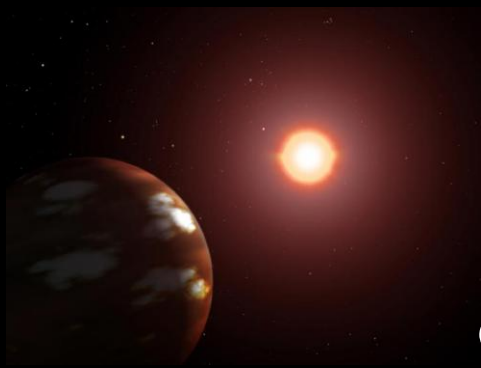


**Io voor Jupiter
(Cassini)**





BEWOONBARE ZONES



dM

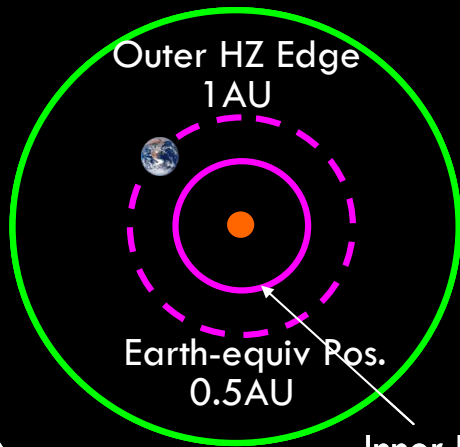


Outer HZ Edge
0.2AU

Earth-equiv Pos.
0.14AU

Inner HZ Edge
0.1AU

dK

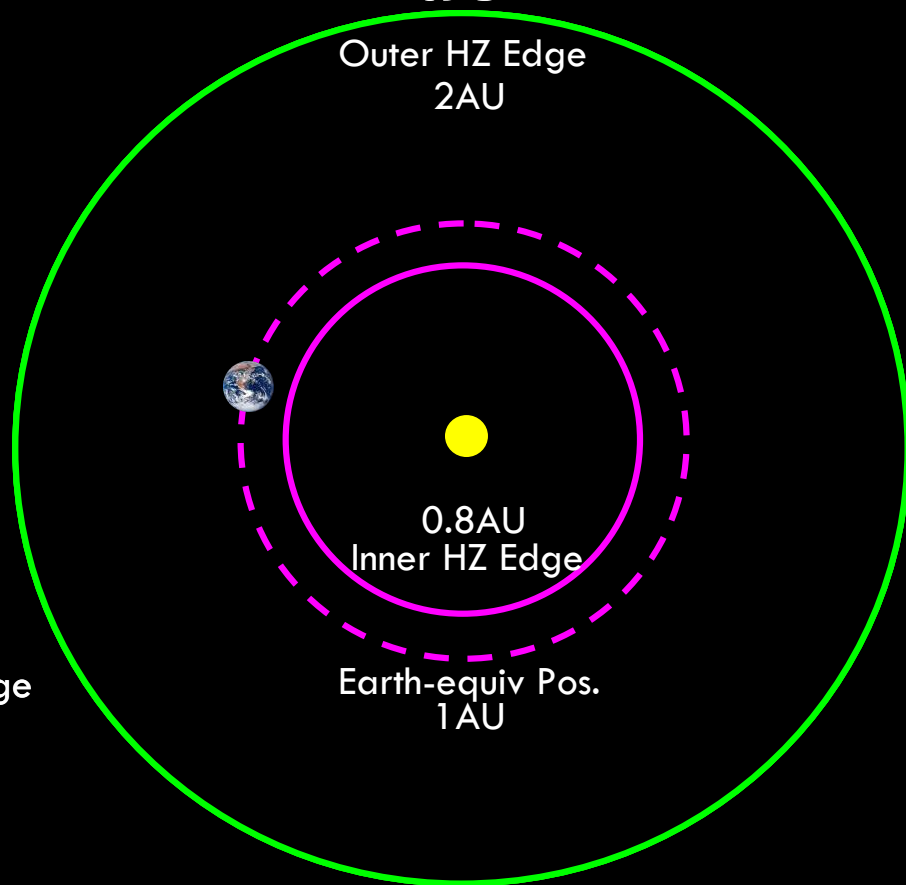


Outer HZ Edge
1AU

Earth-equiv Pos.
0.5AU

Inner HZ Edge
0.3AU

dG



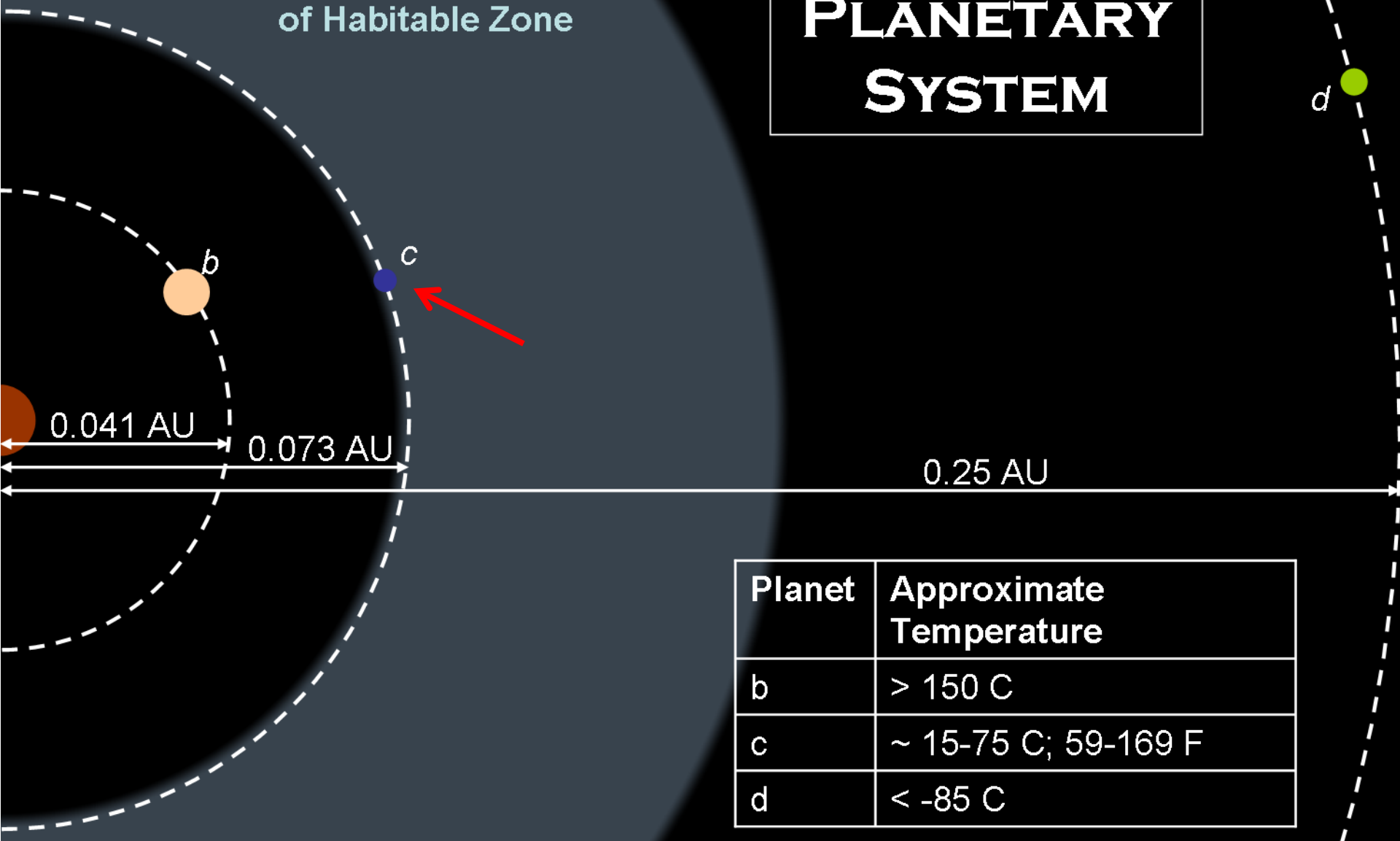
Outer HZ Edge
2AU

0.8AU
Inner HZ Edge
Earth-equiv Pos.
1AU

* Earth not drawn to scale

GJ 581 PLANETARY SYSTEM

Approximate Limits
of Habitable Zone



Planet	Approximate Temperature
b	> 150 C
c	~ 15-75 C; 59-169 F
d	< -85 C

Temperatures for component C assume
albedo ~ 0.3-0.7; $T_{GH} = 30$ C

Bonfils et al. 2005 A&A,443,L15
Bonfils et al. 2005 A&A, 442,635
Udry et al. 2007 A&A, in press

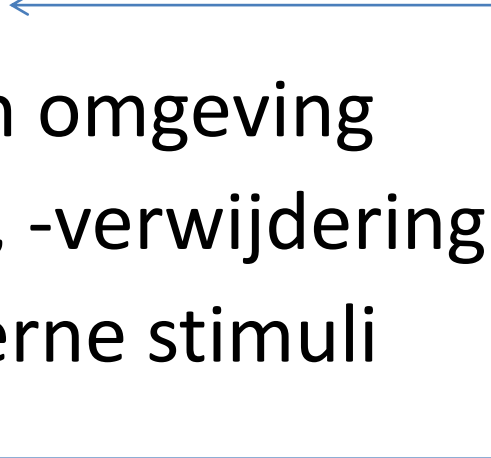
Leven? instructies + mechanisme

- A living being usually has two elements: a set of **instructions that tell the system how to sustain and reproduce itself**, and a **mechanism to carry out the instructions**. In biology, these two parts are called genes and metabolism.
(Voorbeeld: computervirus)

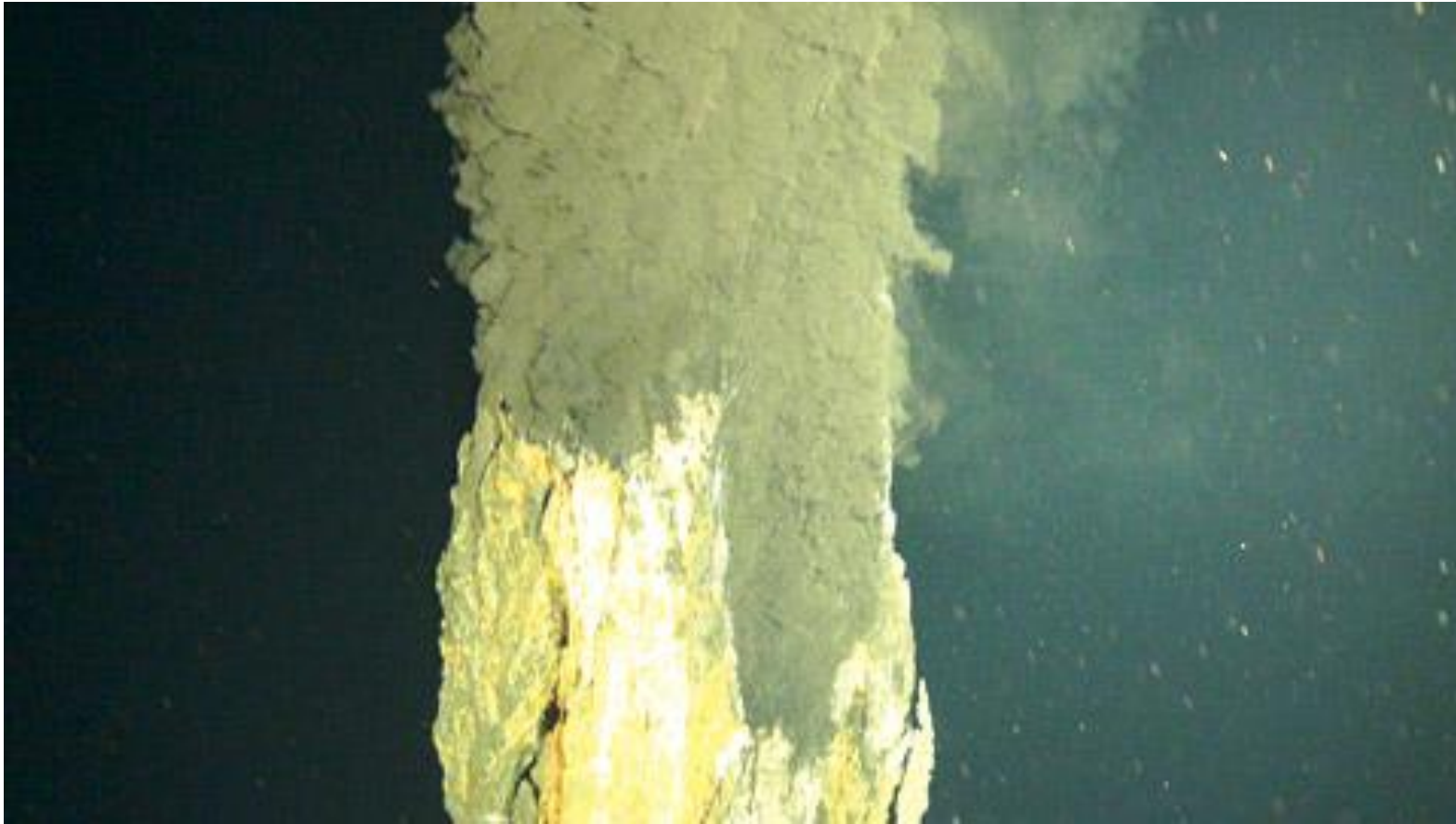
Stephen Hawking, Life in the universe

<http://www.hawking.org.uk/life-in-the-universe.html>

Leven

- Aanvulling energiebehoefte
 - Gemaakt van cellen
 - Groei
 - Reproductie
 - Aanpassing aan omgeving
 - Afvalproductie, -verwijdering
 - Reactie op externe stimuli
 - Eindig
- 

't kan anders



Black smokers - Cayman Trough

~5 km diep, ijzer, koper

Superhete waterfontein, druk ~500 P_{atm}

En nog anders

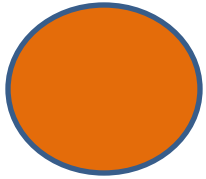


32 – 56°C ; 10^7 microben/g
Fe of Mn ademhaling



Het afstandsprobleem

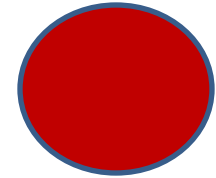
Aarde



20,2 lichtjaar



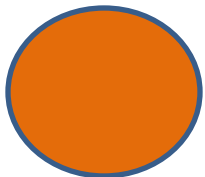
Gliese 581



$\sim 2 \cdot 10^{14}$ km = 200 000 000 000 000 km

~ 4 miljard x omtrek Aarde

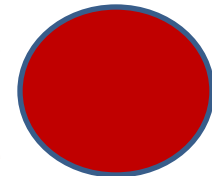
Aarde



2013 (54 j): 'Who are you?'



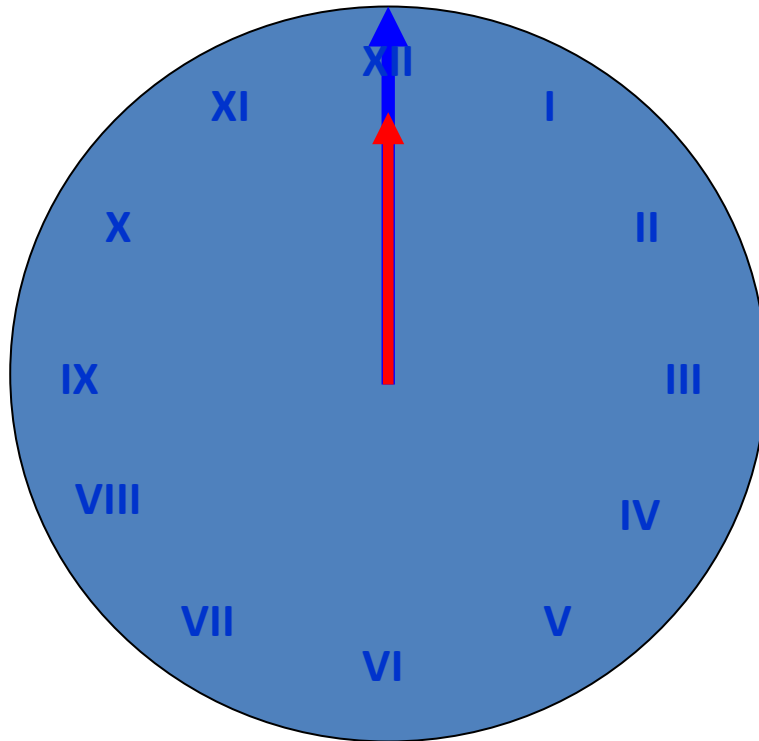
Gliese 581



2054 (95 j): 'X%KRL7? 1!6§c%jxc£%!'

Het tijdsprobleem

Leeftijd heelal: ~14 miljard



Leeftijd zon/aarde:
4,5 miljard



Zon: 24 uur = 86400 s

Mens: ~30 s

Mensenleven: 1/2000 s

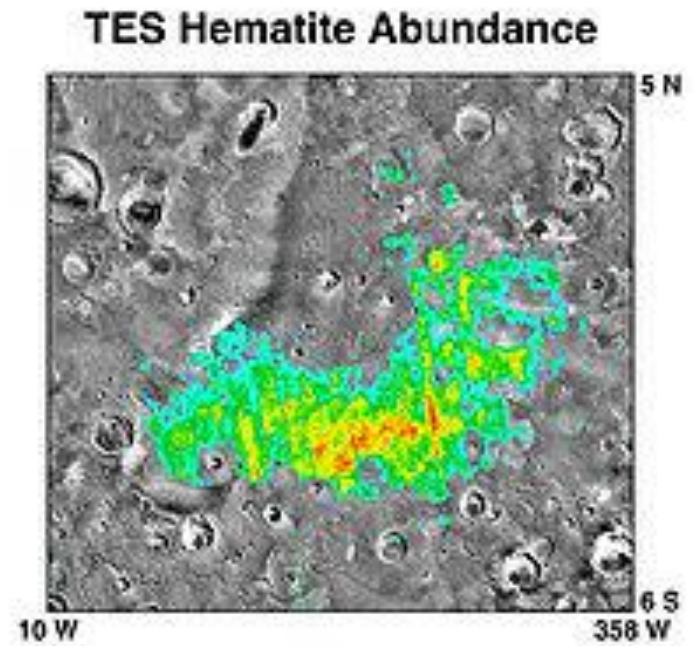
Vragen ?



Water op Mars



Gorgonum Chaos



Sinus Meridiani



Waterijs onder Phoenix lander



Nanedi Valles

