

HOE MAAK JE EEN BEWOONBARE PLANEET?

Wat is nodig voor
'life as we know it'?

*KNAG Onderwijsdag 071114
Dr. Bernd Andeweg
Aardwetenschappen VU Amsterdam
Bernd.andeweg@vu.nl*



IS VERDER KIJKEN

IETS SPECIAALS... LEVEN

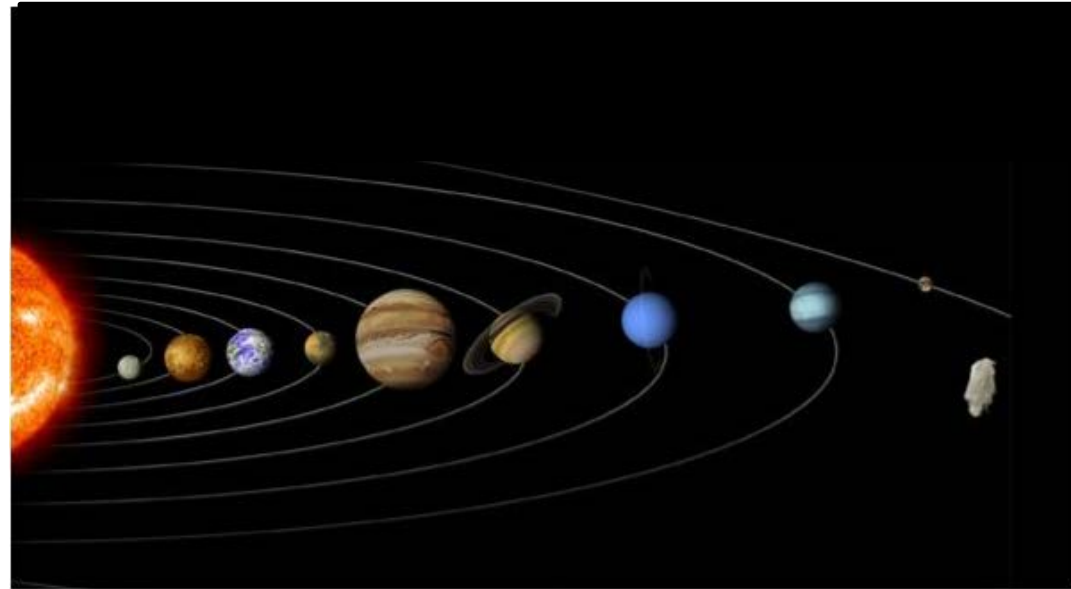


ONS ZONNESTELSEL: WAT WETEN WE HOE?

Wat is er dan anders op Aarde?

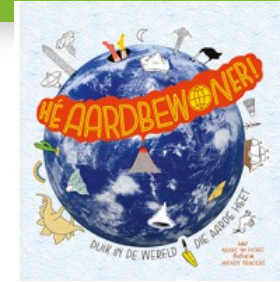
Gegevens:

- 1) Banen, volume en massa planeten
- 2) Indirecte chemische metingen
- 3) Directe chemische analyse gesteente van Aarde, maan en Mars!
- 4) Chemische samenstelling meteorieten

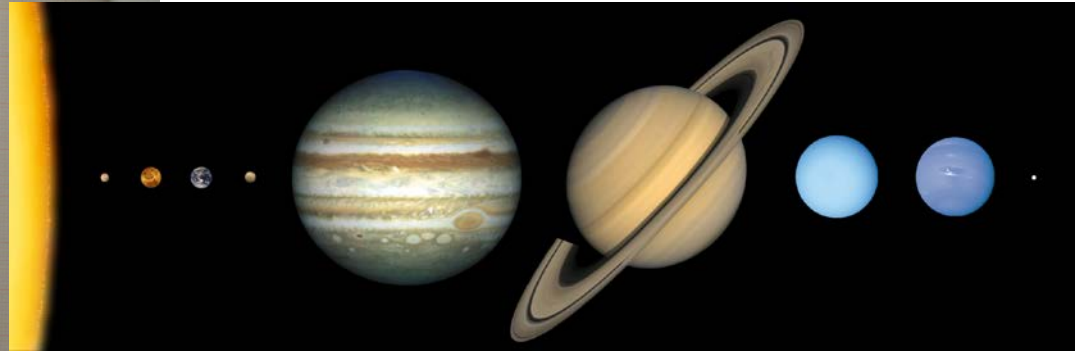


1. BAAN, VOLUME & MASSA (I)

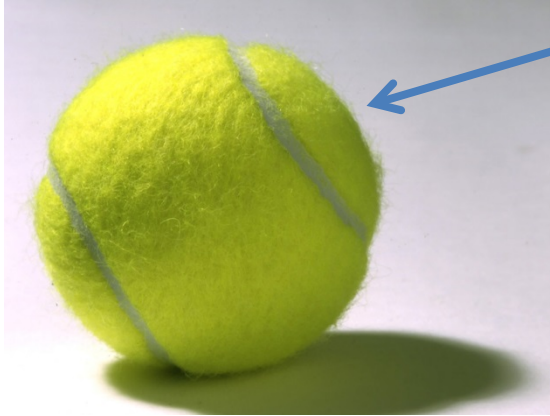
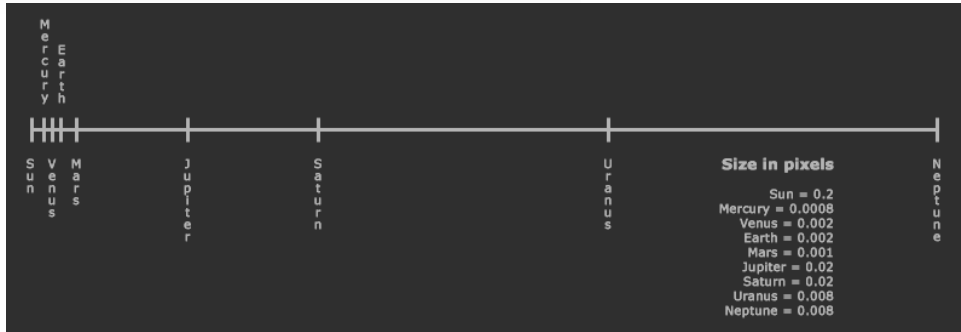
Relatie afstand zon/grootte?



Uit: Hé Aardbewoner, Marc ter Horst



1. BAAN: AFSTAND



MODEL DISTANCES				
Scale: 1 : 21,415,400,000				
Diameter	Orbit Radius			
average	average	minimum	maximum	
cm	m	m	m	
Sun	6.500			
Mercury	0.02278	2.704	2.148	3.260
Venus	0.05650	5.052	5.020	5.085
Earth	0.05949	6.986	6.869	7.102
Mars	0.03165	10.64	9.652	11.64
Ceres - Asteroid Belt	0.004436	19.32	17.79	20.86
Jupiter	0.6528	36.36	34.58	38.13
Saturn	0.5440	66.91	63.23	70.65
Uranus	0.2368	134.3	128.4	140.3
Neptune	0.2300	210.3	207.9	212.7
Pluto - Kuiper Belt	0.01075	274.3	207.2	341.4

1. MASSA

Massa: te bepalen door
uitgeoefende zwaartekracht op
andere planeten (=variaties in baan
om zon)

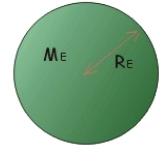
Massa/volume = gemiddelde
dichtheid = indirecte aanwijzing over
(chemische) samenstelling!

Straal (r) Aarde = $6370 \times 10^3 \text{ m}$

Massa = $5,9742 \times 10^{24} \text{ kg}$

(bepaald door zwaartekrachtveld Aarde)

$$\text{density} = \frac{\text{mass}}{\text{volume}}$$



$$\text{volume of a sphere} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

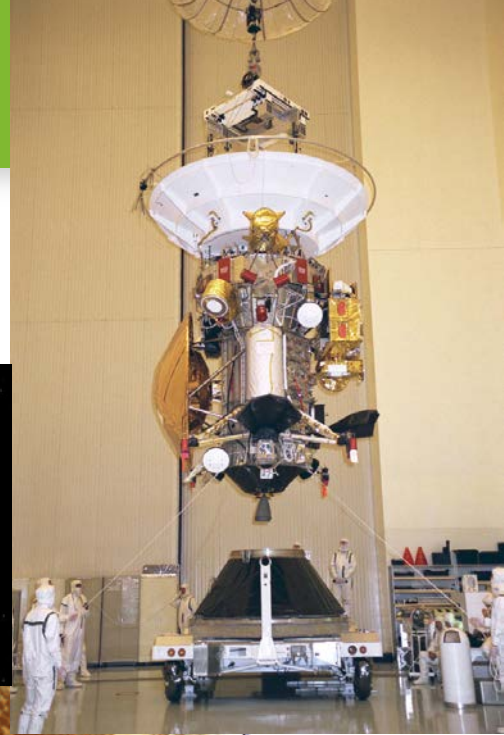
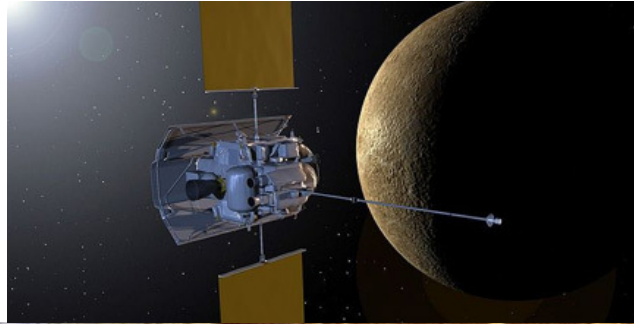
Volume Aarde = $1,083 \times 10^{21} \text{ m}^3$

Dichtheid = $5,9742 \times 10^{24} \text{ kg} / 1,083 \times 10^{21} \text{ m}^3$
= 5518 kg/m^3

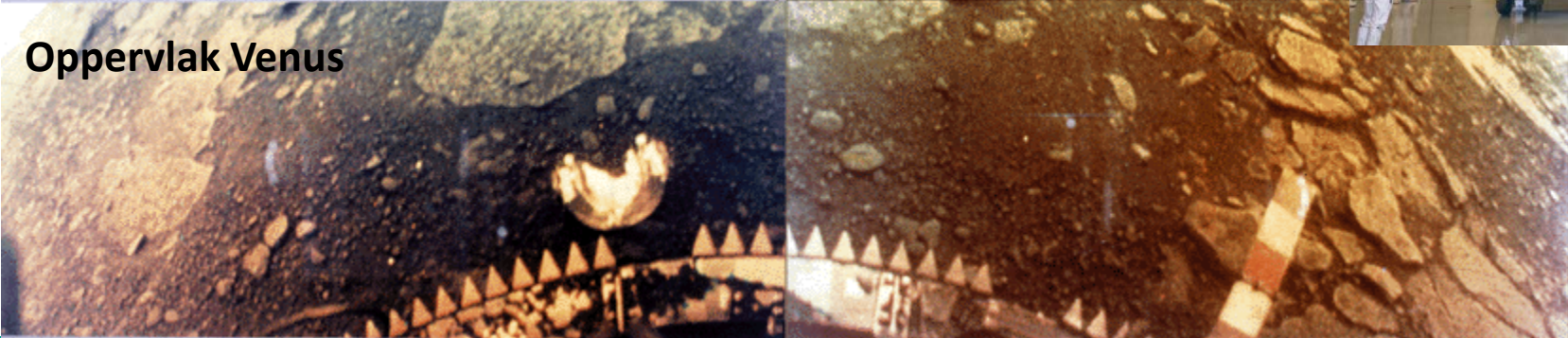
(planeet met hoogste dichtheid!)

2. INDIRECTE CHEMISCHE METINGEN

Vroege space-probes en
huidige satellieten rond
planeten
(oa. zwaartekrachtmetingen)



Oppervlak Venus

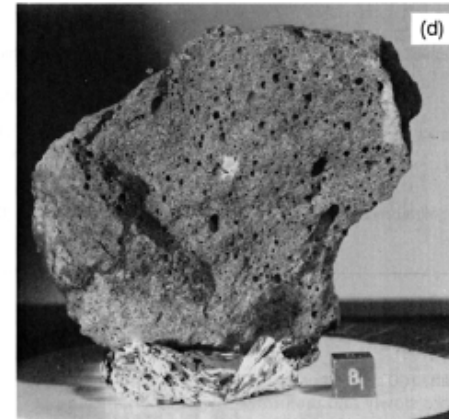
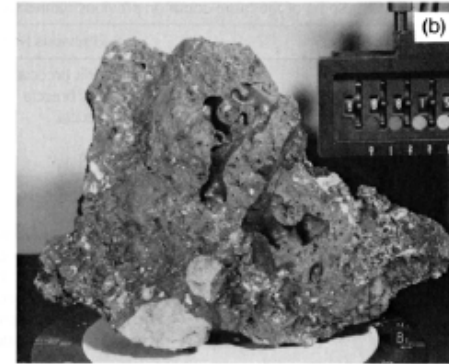
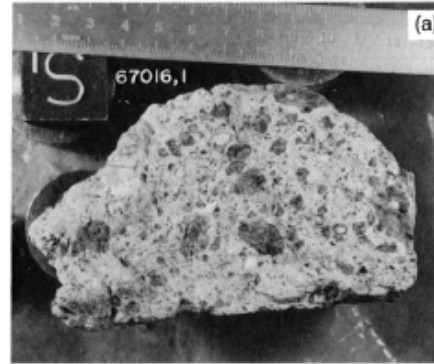


3. DIRECTE GEOCHEMISCHE METINGEN

Uiteraard op Aarde en maan:
maanstenen Apollo missies!

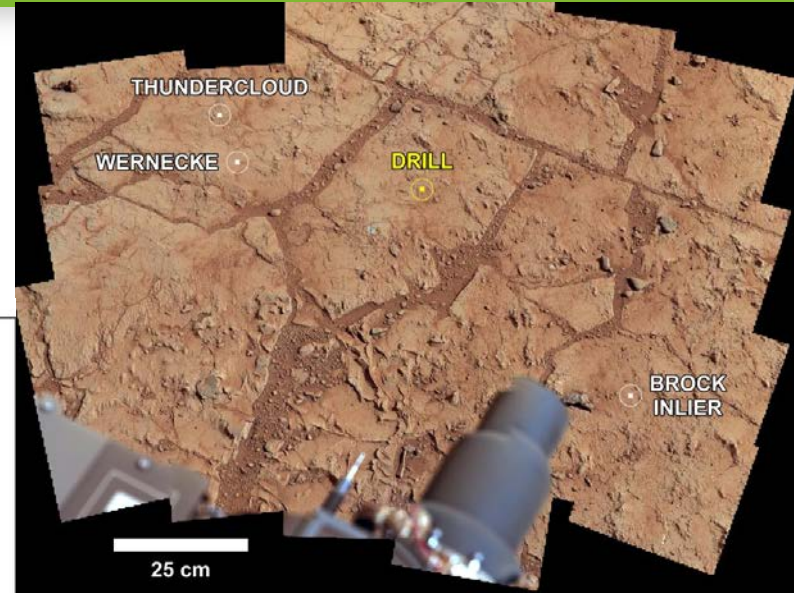
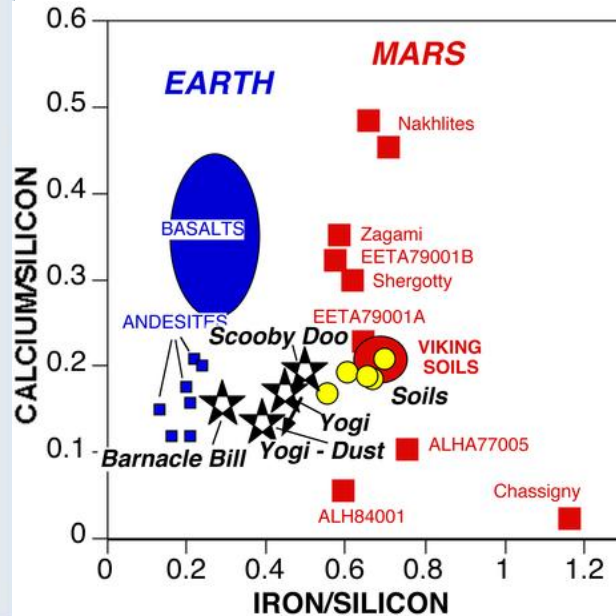
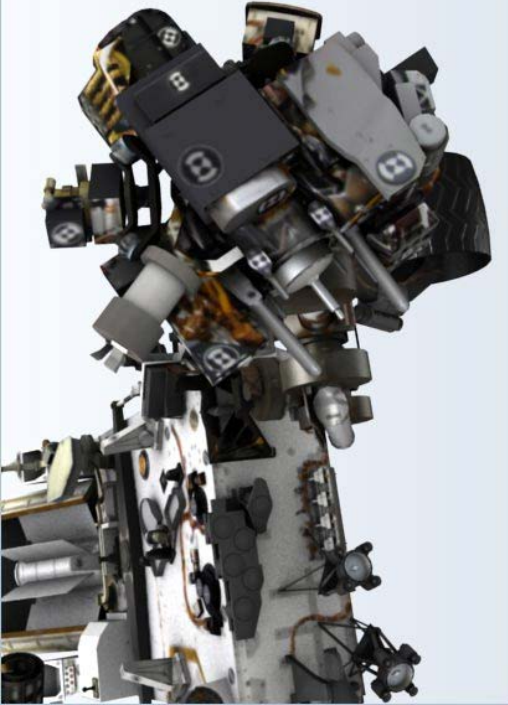
	High-Ti				Low-Ti				
	Apollo 11 High-K 10049	Apollo 11 Low-K 10003	Apollo 17 70215	Apollo 17 Orange Gl. 74220	Apollo 12 Pigeonite 12064	Apollo 12 Olivine 12002	Apollo 12 Ilmenite 12051	Apollo 15 Pigeonite 15597	Apollo 15 Olivine 15545
SiO ₂	41.0	39.8	37.8	38.6	46.3	43.6	45.3	48.0	45.2
TiO ₂	11.3	10.5	13.0	8.8	4.0	2.6	4.7	1.8	2.4
Al ₂ O ₃	9.5	10.4	8.8	6.3	10.7	7.9	10.0	9.4	8.6
Cr ₂ O ₃	0.32	0.25	0.41	0.75	0.37	0.96	0.31	0.48	0.68
FeO	18.7	19.8	19.7	22.0	19.9	21.7	20.2	20.2	22.1
MnO	0.25	0.30	0.27	—	0.27	0.28	0.28	0.30	0.30
MgO	7.03	6.7	8.4	14.4	6.5	14.9	7.0	8.7	10.3
CaO	11.0	11.1	10.7	7.7	11.8	8.3	11.4	10.4	9.8
Na ₂ O	0.51	0.40	0.36	0.36	0.28	0.23	0.29	0.32	0.31
K ₂ O	0.36	0.06	0.05	0.09	0.07	0.05	0.06	0.06	0.04
Total	99.97	99.31	99.49	99.00	100.19	100.52	99.54	99.66	99.73

Maan: Vulkanisch met weinig
silicium: basaltisch

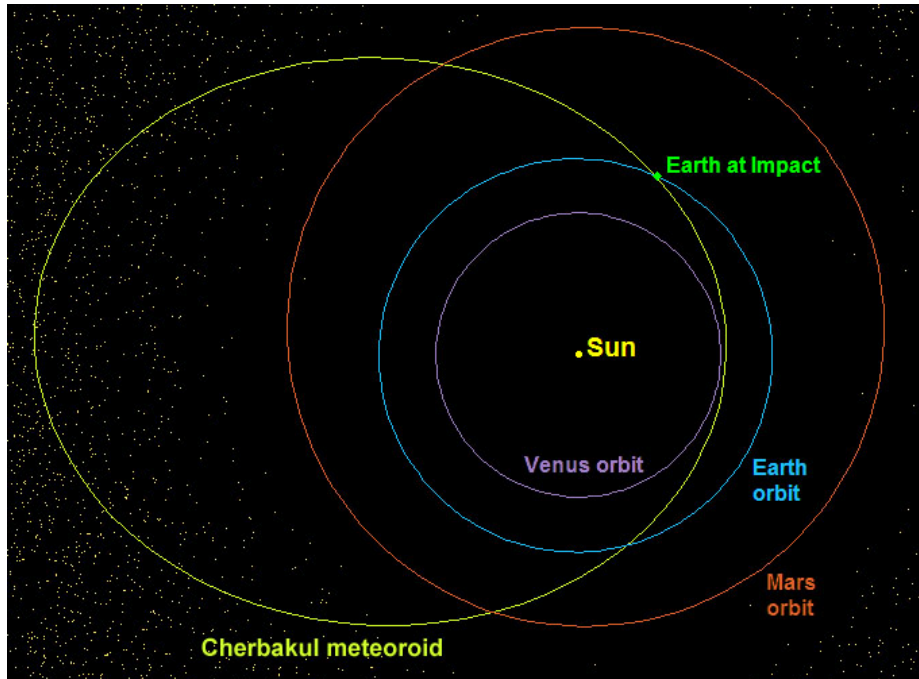


3. DIRECTE GEOCHEMISCHE METINGEN

Uiteraard op Aarde en maan,
nu ook op Mars!

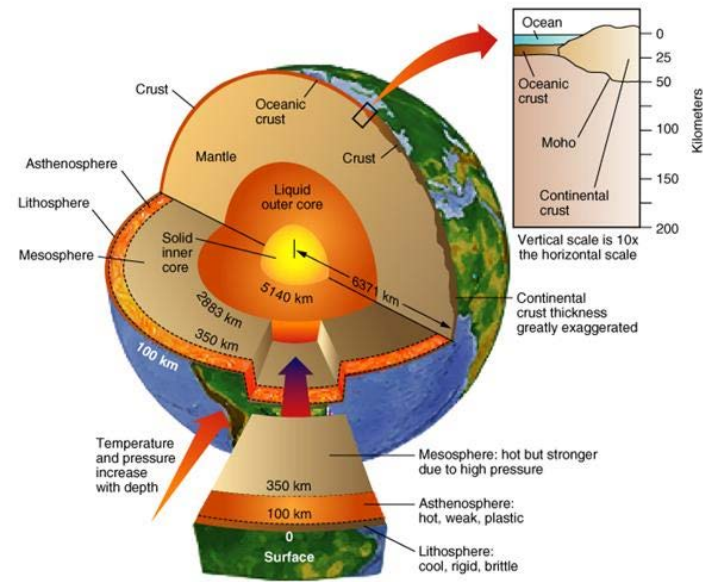


4. METEORIETEN!



A hand is holding a large, irregularly shaped, metallic specimen. The surface of the metal is highly reflective and shows a complex, fibrous internal structure, likely a result of a specific manufacturing process or alloy composition. The specimen is held against a dark background, and the lighting highlights its metallic sheen and the intricate patterns within.

Gelaagde aarde = niet
gemiddelde! Meteorieten wel
oorspronkelijke mix elementen



Chondriet: allereerste vaste gesteente zonnestelsel

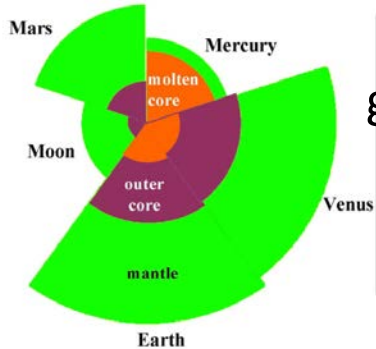
Dominant:
Zuurstof, Silicium,
Magnesium & IJzer
Water aanwezig!



TWEEDELING OP BASIS VAN SAMENSTELLING

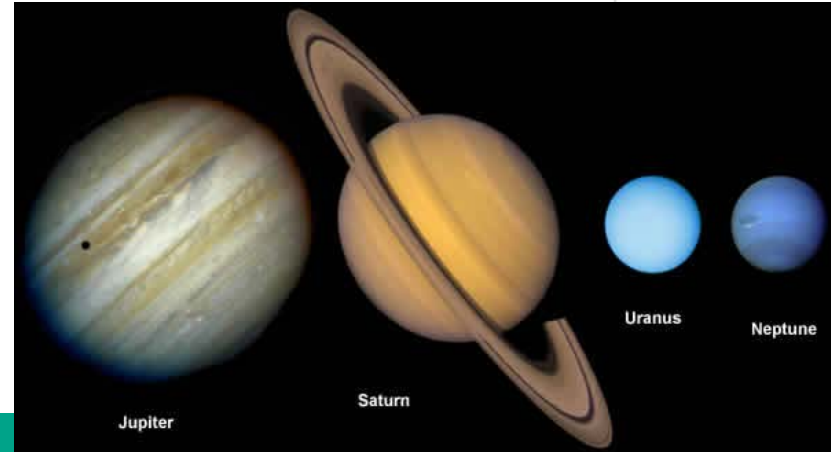
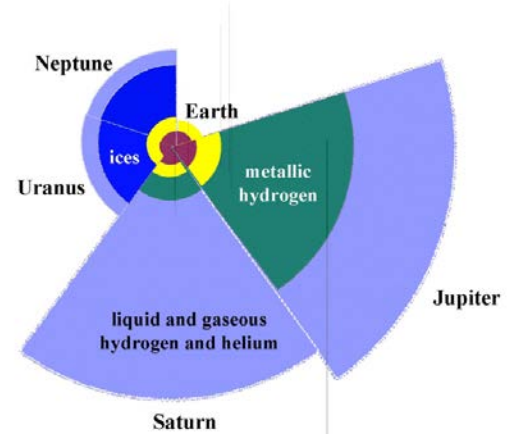
Terrestrial

‘stenig’. Klein, lage massa, hoge dichtheid, bestaat uit gesteente en metalen, heeft vast oppervlak



Jovian (“Jupiterian”)

Groot, grote massa, lage dichtheid, H en He (vloeibaar/vast)
Zeer beperkt vast oppervlak



VOORWAARDE VOOR LEVEN? SAMENSTELLING?!

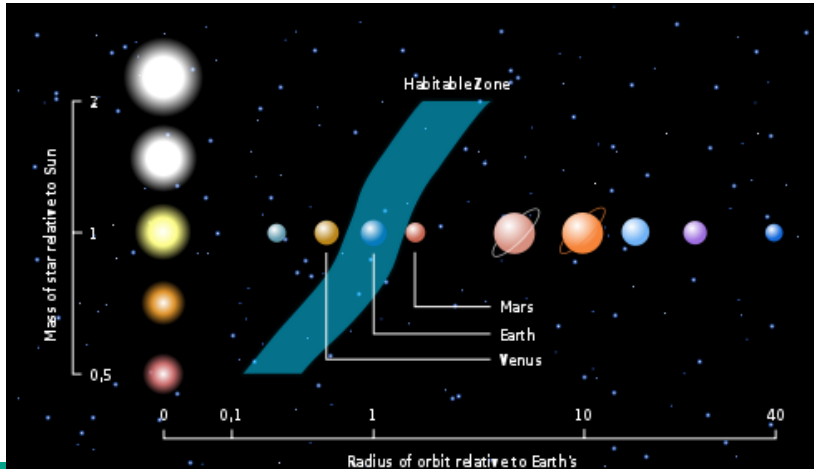
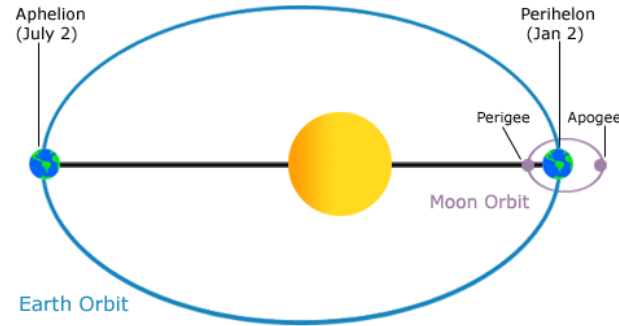
Dus, samenstelling lijkt
voorwaarde: terrestriël en
niet te groot (want gasreus)

Maar wat nog meer?

- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

BAAN VAN PLANEET

- Om ster die stabiel is in energie
- (bijna) ronde baan
- Niet te dichtbij, niet te ver weg
(afhankelijk van sterkte ster)



Goudlokje-zone, of
'Habitable Zone'

- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

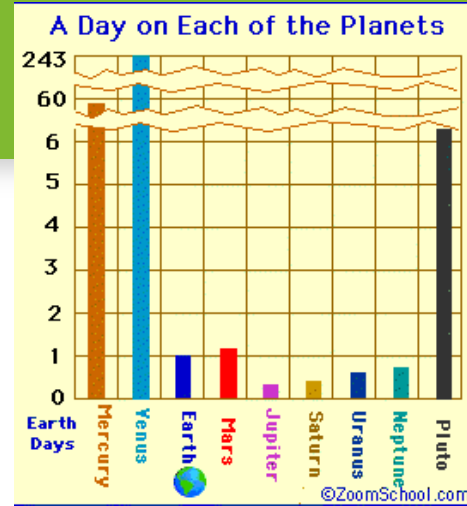
ROTATIE

Roteert relatief snel:

- dag-nacht niet te lang

(Venus-dag = 243 aardse dagen)

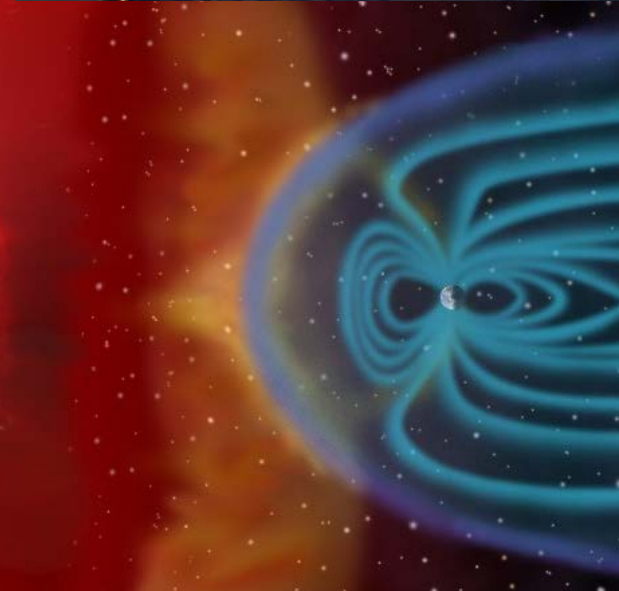
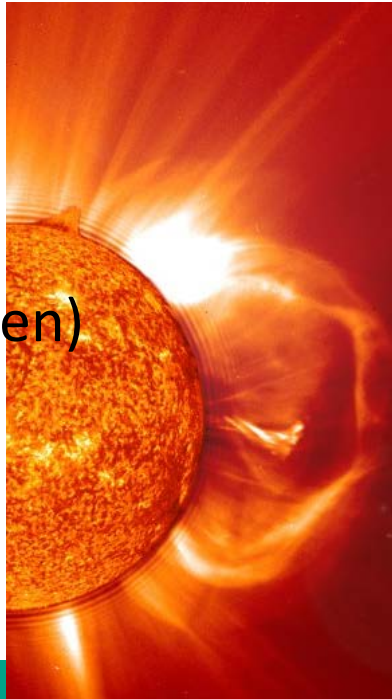
- Gesmolten ijzeren kern in beweging



- Voorwaarde?
- Samenstelling
 - Massa
 - Baan van planeet
 - Rotatie
 - Magnetisch veld
 - Buren
 - Vloeibaar water
 - Temperatuur
 - Gelaagde planeet
 - Plaattektoniek
 - Tijd
 - Atmosfeer
 - Vrije zuurstof
 - Broeikaswereld
 - Leven zelf?!

MAGNETISCH VELD

- Gesmolten ijzeren kern nodig om een magnetisch veld te kunnen creëren
- Beschermst tegen zonne-energie (cosmogene nucleiden)



- Voorwaarde?
- Samenstelling
 - Massa
 - Baan van planeet
 - Rotatie
 - Magnetisch veld
 - Buren
 - Vloeibaar water
 - Temperatuur
 - Gelaagde planeet
 - Plaattektoniek
 - Tijd
 - Atmosfeer
 - Vrije zuurstof
 - Broeikaswereld
 - Leven zelf?!

SEGREGATIE

Ooit volledig gesmolten

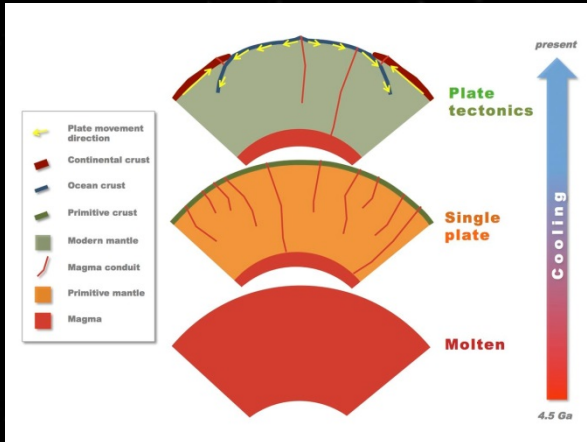
Zware elementen: kern

Lichtere: continent

Lichtste: atmosfeer



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!



SEGREGATIE

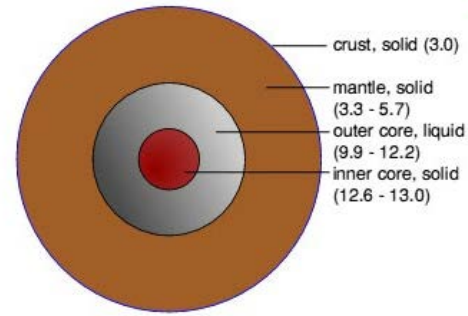
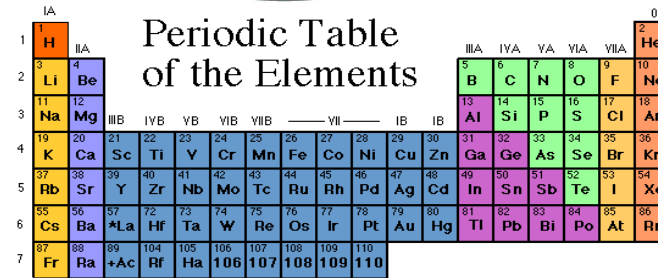
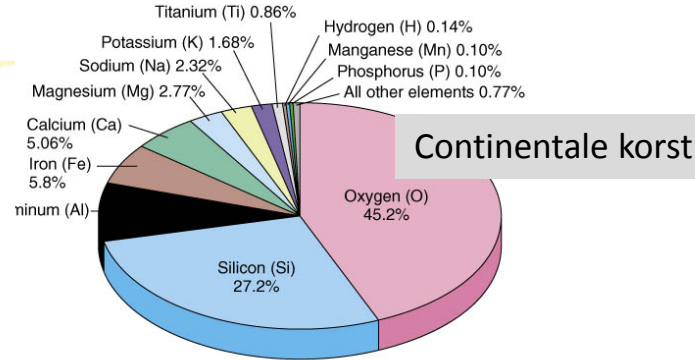


Table 2.5a Composition of bulk Earth, mantle and

Element (wt%)	Earth	Mantle	Core
Fe	32.0	6.26	85.5
O	29.7	44	0
Si	16.1	21	6
Mg	15.4	22.8	0
Ni	1.82	0.20	5.2
Ca	1.71	2.53	0
Al	1.59	2.35	0
S	0.64	0.03	1.9
Cr	0.47	0.26	0.9
Na	0.18	0.27	0
P	0.07	0.009	0.20
Mn	0.08	0.10	0.03
C	0.07	0.01	0.20
H	0.03	0.01	0.06
Total	99.86	99.83	99.99

Note: The compositions are based on a model in which the Fe/Ni in the Earth is the same as in chondritic meteorites. Composition of the core is an active area of research – some workers suggest the presence of a small amount of oxygen.

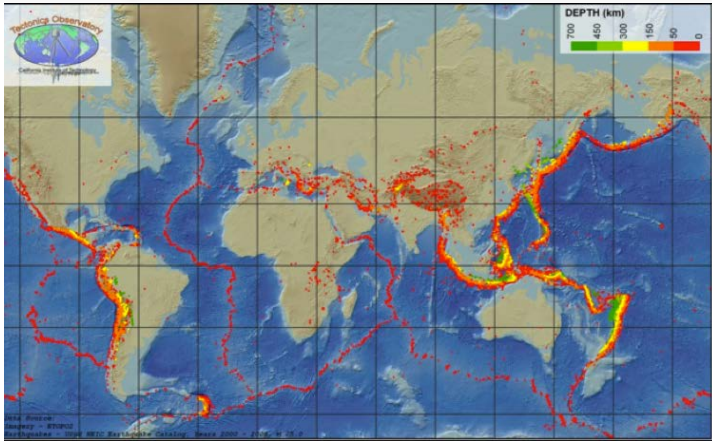
Source: McDonough, W. F. (2004). Compositional model for the Earth's core. In *The Mantle and Core*, ed. R. W. Carlson, vol. 2, *Treatise on Geochemistry*, ed. H. D. Holland and K. K. Turekian. Oxford: Elsevier-Pergamon.



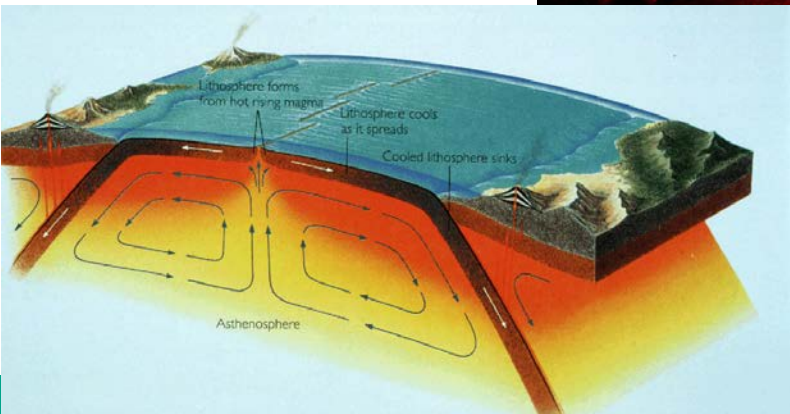
* Lanthanide Series	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
+ Actinide Series	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

PLAATTEKTONIEK



Korst van de aarde in beweging



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

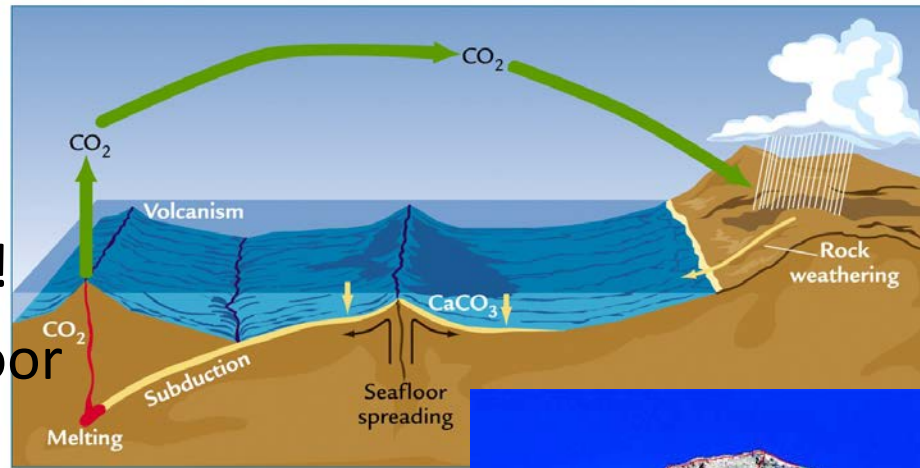
PLAATTEKTONIEK

-Recycling elementen!

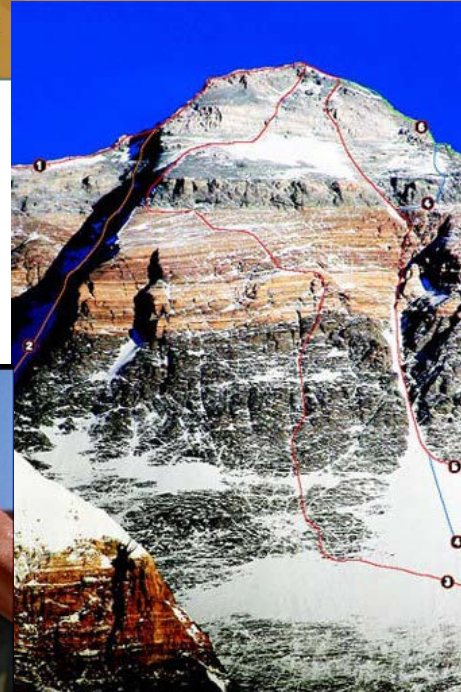
Bijv. koolstof, nodig voor leven

-Droog land

Niet voor leven in algemeen,
maar voor mens prettig

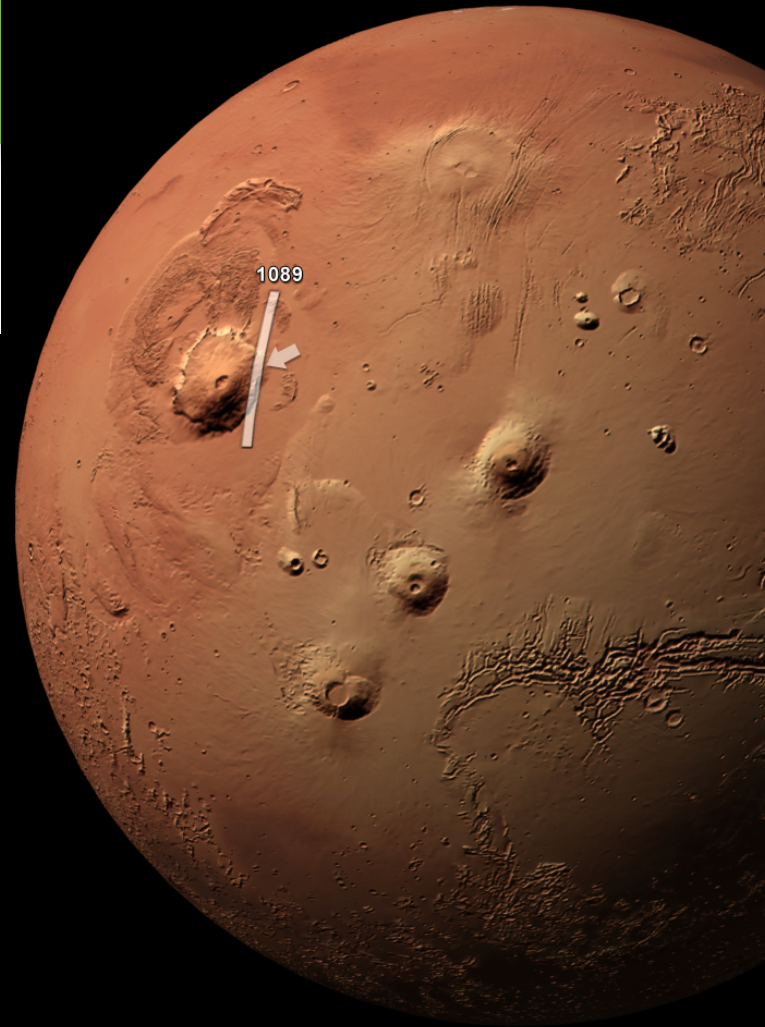
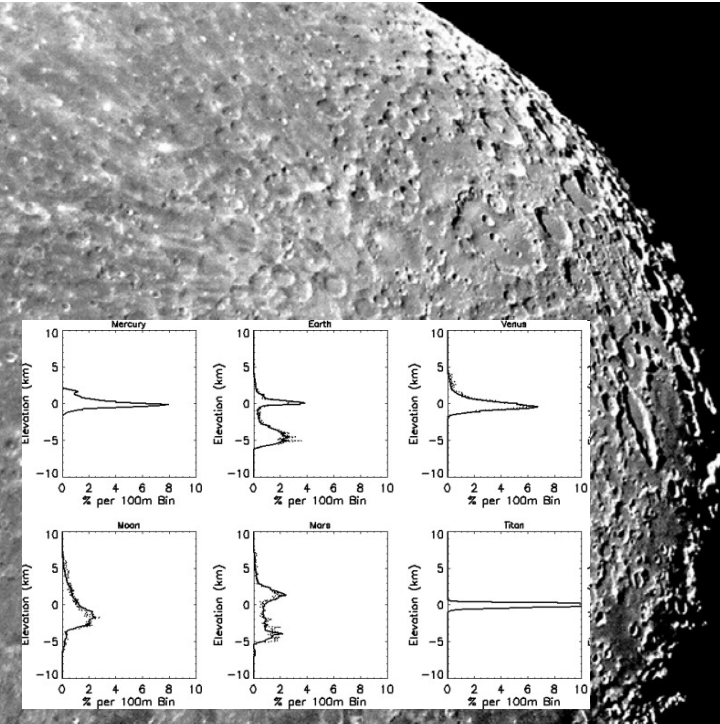


- Voorwaarde?
- Samenstelling
 - Massa
 - Baan van planeet
 - Rotatie
 - Magnetisch veld
 - Buren
 - Vloeibaar water
 - Temperatuur
 - Gelaagde planeet
 - Plaattektoniek
 - Tijd
 - Atmosfeer
 - Vrije zuurstof
 - Broeikaswereld
 - Leven zelf?!

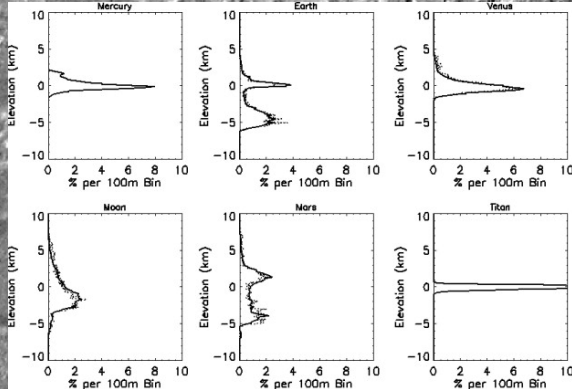


GEOLOGISCH DOOD?!

Korst Maan en Mars duidelijk
niet veel beweging (meer?)



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!



BUURPLANETEN

- Ver genoeg van grote planeten (anders baan flink verstoord!)
- Dichtbij genoeg grote planeten die asteroïden in kunnen vangen



- Voorwaarde?
- Samenstelling
 - Massa
 - Baan van planeet
 - Rotatie
 - Magnetisch veld
 - Buren
 - Vloeibaar water
 - Temperatuur
 - Gelaagde planeet
 - Plaattektoniek
 - Tijd
 - Atmosfeer
 - Vrije zuurstof
 - Broeikaswereld
 - Leven zelf?!

MASSA

- Niet te weinig

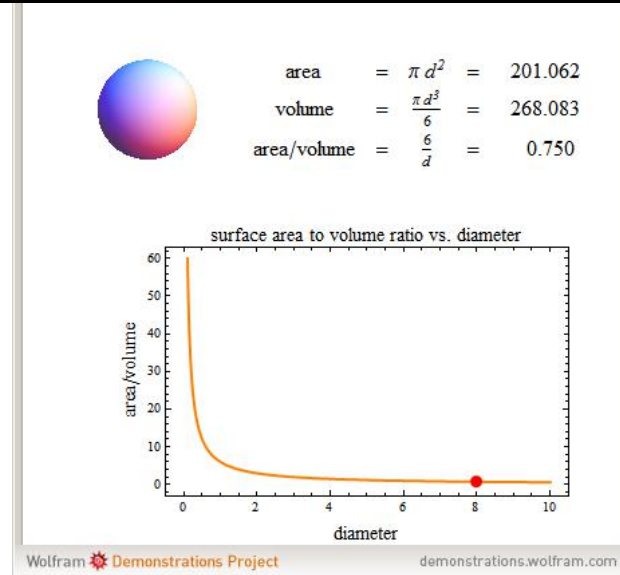
1. Genoeg zwaartekracht om atmosfeer vast te houden

2. Hoge verhouding oppervlak/volume
= snel afkoelend
= geologisch dood

- Niet te veel: gasreus door grote zwaartekracht



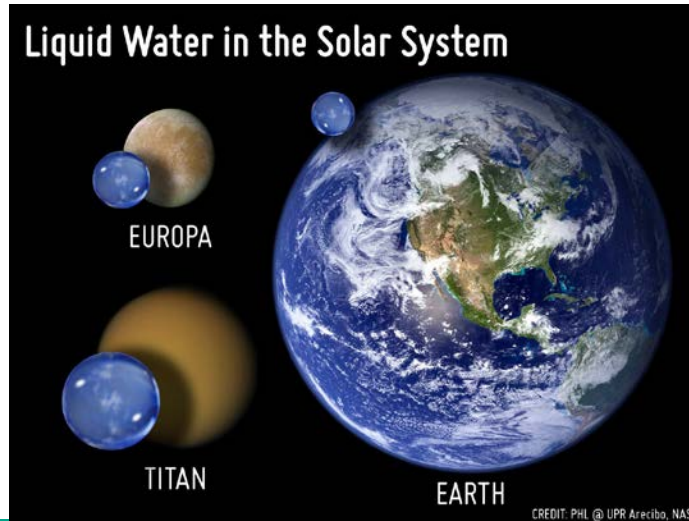
- Voorwaarde?
- Samenstelling
 - Massa
 - Baan van planeet
 - Rotatie
 - Magnetisch veld
 - Buren
 - Vloeibaar water
 - Temperatuur
 - Gelaagde planeet
 - Plaattektoniek
 - Tijd
 - Atmosfeer
 - Vrije zuurstof
 - Broeikaswereld
 - Leven zelf?!



WATER

Leven op Aarde gebaseerd op vloeibaar water

- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!



WATER? HOE?

Zeer actueel:

Wellicht ook met meteorieten, maar ook al aanwezig in proto-aarde!



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ered the values of the first reducing treatment at lower temperature (Fig. 3A) during the reduction with pure H₂ at the reaction temperature (823 K, Fig. 3C and fig. S5), unlike the model NPs, and again this points to the stabilizing effect of the ceria support. Analysis of the oxidation state of cerium (performed only with $h\nu = 1150$ eV, fig. S3) reveals variations depending on the gaseous environment and temperature (22). Under H₂ and 573 K, the Ce³⁺/Ce⁴⁺ atomic ratio was 0.63. The ratio decreased to 0.58 during the ESR reaction at 823 K, in accordance with the oxidation experienced by the noble metals, and it strongly increased up to 0.83 under H₂ at 823 K.

In the absence of a support, the model NPs were more strongly reduced for all the environments tested, and the reduction temperature affected the amount of metallic phase found in Rh and Pd. Compared with the unsupported NPs, the capability of CeO₂ as a support to activate water and to donate oxygen atoms determined the oxidation states of the noble metals under the same reaction conditions. In addition, the interaction between the ceria support and the metal nanoparticles prevented reorganization of the Rh and Pd atoms. We have thus demonstrated the pivotal role of the metal-support interaction in the reorganization of metal atoms in supported bimetallic catalysts under operating conditions and shown that this effect has a strong influence on the catalytic performance. Keeping this in mind, it should be noted that AP-XPS studies (and other studies) carried out on unsupported model systems may not provide reliable information on supported real catalysts. For this reason, it is very important to also take into account the influence of the support in spite of the experimental difficulties often encountered.

REFERENCES AND NOTES

1. F. F. Tao, M. Salmeron, *Science* **331**, 171–174 (2011).
2. S. Zafeiropoulos et al., *J. Catal.* **269**, 309–317 (2010).
3. D. E. Starr, H. Blum, Z. Liu, A. Knop-Greif, M. Hübner, in *In-situ Characterization of Heterogeneous Catalysts*.

EARLY SOLAR SYSTEM

Early accretion of water in the inner solar system from a carbonaceous chondrite-like source

Adam R. Sarafian,^{1,*} Sune G. Nielsen,¹ Horst R. Marschall,^{1,2,3} Francis M. McCubbin,⁴ Brian D. Monteleone¹

Determining the origin of water and the timing of its accretion within the inner solar system is important for understanding the dynamics of planet formation. The timing of water accretion to the inner solar system also has implications for how and when life emerged on Earth. We report in situ measurements of the hydrogen isotopic composition of the mineral apatite in eucrite meteorites, whose parent body is the main-belt asteroid 4 Vesta. These measurements sample one of the oldest hydrogen reservoirs in the solar system and show that Vesta contains the same hydrogen isotopic composition as that of carbonaceous chondrites. Taking into account the old ages of eucrite meteorites and their similarity to Earth's isotopic ratios of hydrogen, carbon, and nitrogen, we demonstrate that these volatiles could have been added early to Earth, rather than gained during a late accretion event.

Hydrogen is vitally important in cosmochemical and geochemical processes. For example, water (H₂O) plays a critical role in plate tectonics on Earth (1) and has likely shaped the surface of Mars (2). Despite the abundance of water on Earth and evidence of

water on the Moon, M. Vesta (2–4), these plan thought to have accreted two key questions: Where from? And when was it p system? The answers n about accretion processs Additionally, the extent eral water transport th the solar system are deb

The source of water in investigated by measur isotopes of hydrogen (d hydrogen, ³H) because

While the authors are not ruling out that some of the water that covers 70 percent of Earth today may have arrived later, their findings suggest that there was enough already here for life to have begun earlier than thought.

"Knowing that water came early to the inner solar system also means that the other inner planets could have been wet early and evolved life before they became the harsh environments they are today," explained Nielsen.

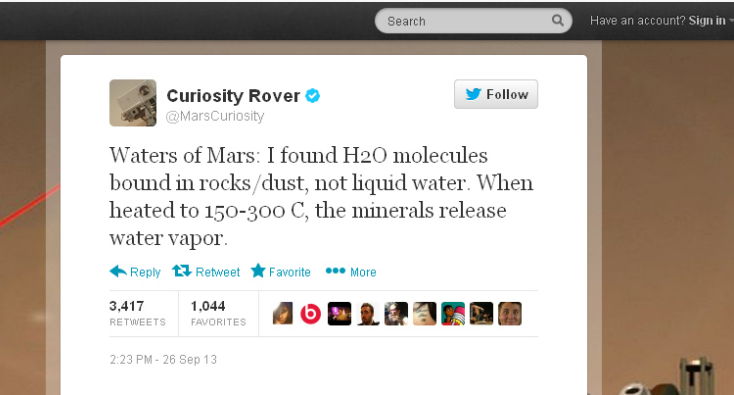
¹Department of Geology and Geophysics, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543, USA.

²Department of Earth and Planetary Sciences, American Museum of Natural History, New York, NY 10024, USA.

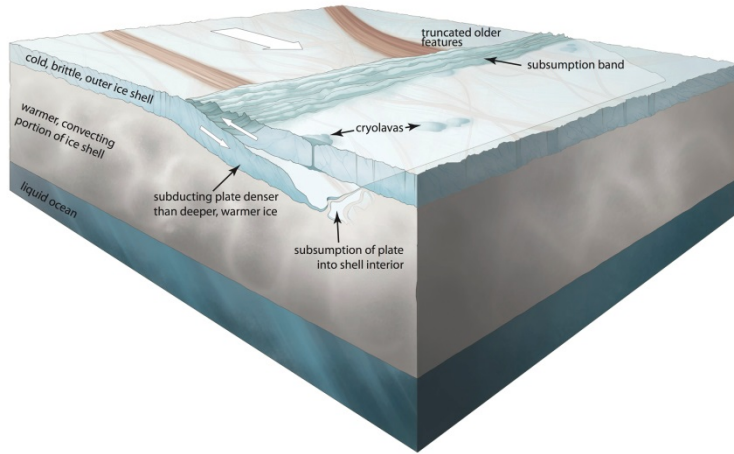
³School of Earth Sciences, University of Bristol, Bristol BS8 1RJ, UK. ⁴Institute of Meteoritics, University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131, USA.

*Corresponding author. E-mail: asarafian@whoi.edu

WATER: ELDERS?



Op Mars: in gesteente
ingebouwd



Europa (maan Jupiter):
onder dikke ijslaag (met
ijstektoniek!)

- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

TEMPERATUUR

Vloeibaar water?

Genoeg energie:
temperatuur tussen 0 en 100
graden Celsius

Anders.. ijs of
waterdamp...



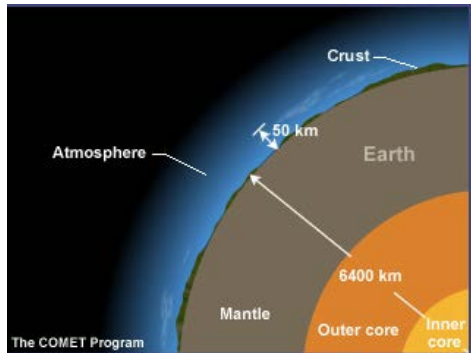
Voorwaarde?

- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ATMOSFEER

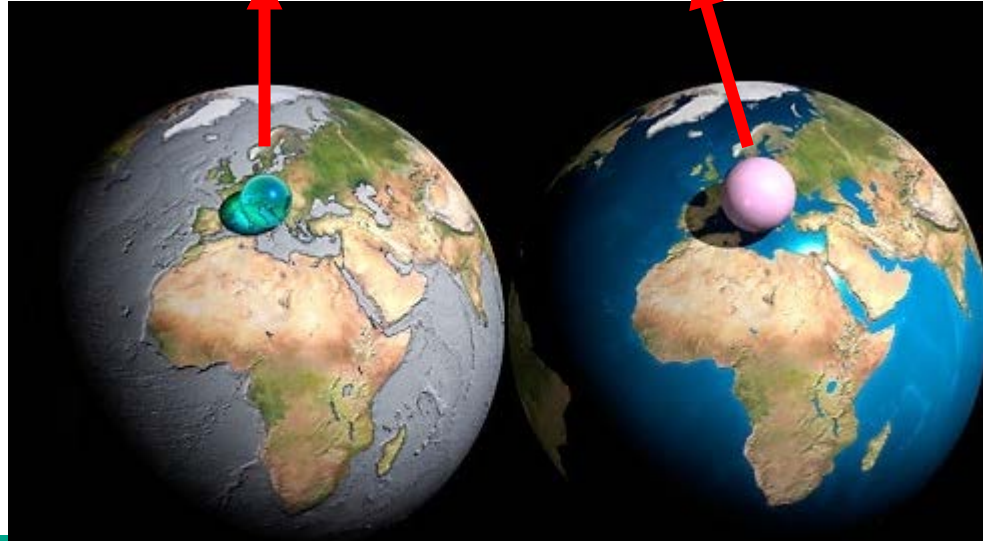
Planeet met genoeg
zwaartekracht kan gas bij
zich houden.

Aarde: dunne laag
met klein volume!



Water op aarde

Atmosfeer



- Voorwaarde?
- Samenstelling
 - Massa
 - Baan van planeet
 - Rotatie
 - Magnetisch veld
 - Buren
 - Vloeibaar water
 - Temperatuur
 - Gelaagde planeet
 - Plaattektoniek
 - Tijd
 - Atmosfeer
 - Vrije zuurstof
 - Broeikaswereld
 - Leven zelf?!

ATMOSFEER: SAMENSTELLING

Waarom zo verschillend?

Planet				
T_p , K (°C)	437 (163)	232 (-41)	255 (-18)	209 (-64)
T_{obs} , K (°C)	~440 (167)	735 (462)	288 (15)	215 (-58)
Atmosphere: Pressure, kPa composition	none	9300 CO ₂ (0.965), N ₂ (0.035),	101 N ₂ (0.78), O ₂ (0.21), Ar(0.009),	0.64 CO ₂ (0.95), N ₂ (0.03), Ar(0.02),
[trace gases]		[SO ₂ , Ar]	[CO ₂ , H ₂ O]	[O ₂ , CO]

Venus: lijkt op Aarde, alleen geen
mechanisme om C te binden (leven!!)
dus: 'runaway greenhouse effect'

Mercurius:
te dicht bij de zon:
zonnewind blaast
atmosfeer weg



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ATMOSFEER: SAMENSTELLING ANDERS

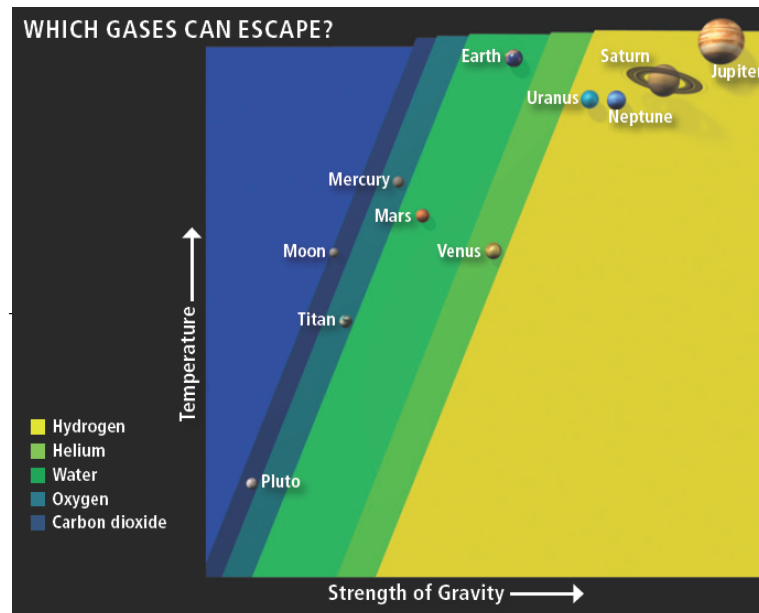
Grotere planeet = grotere zwaartekracht:

Minder gas kan ontsnappen en lichter gas blijft in atmosfeer

Gewicht:



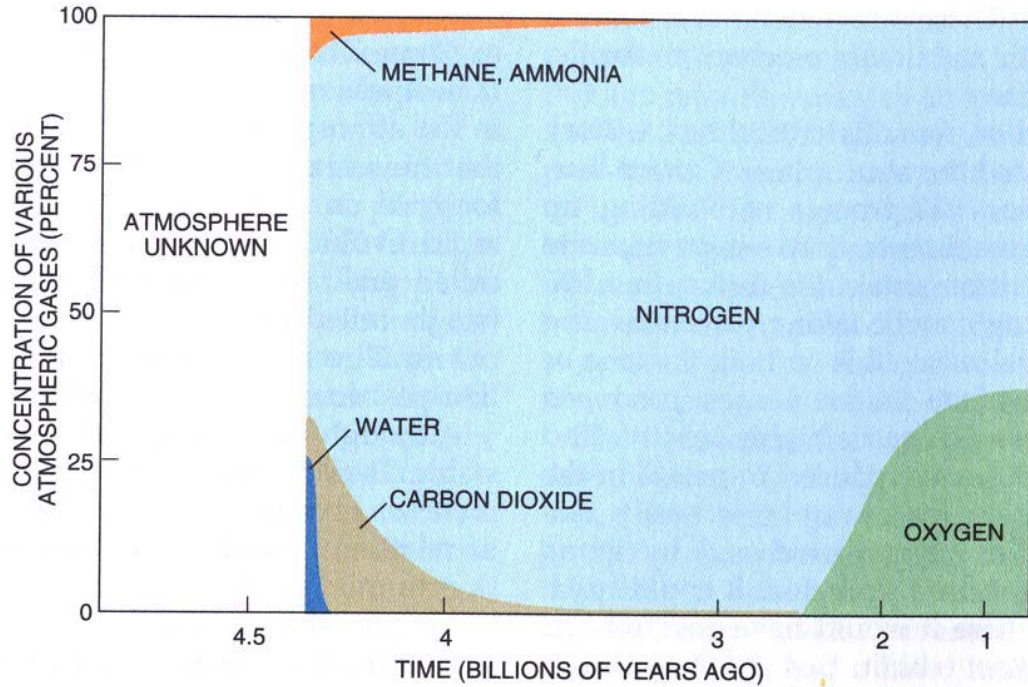
Periodic Table of the Elements



Voorwaarde?

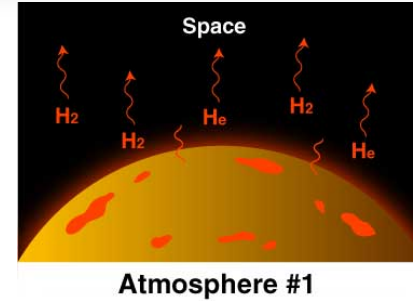
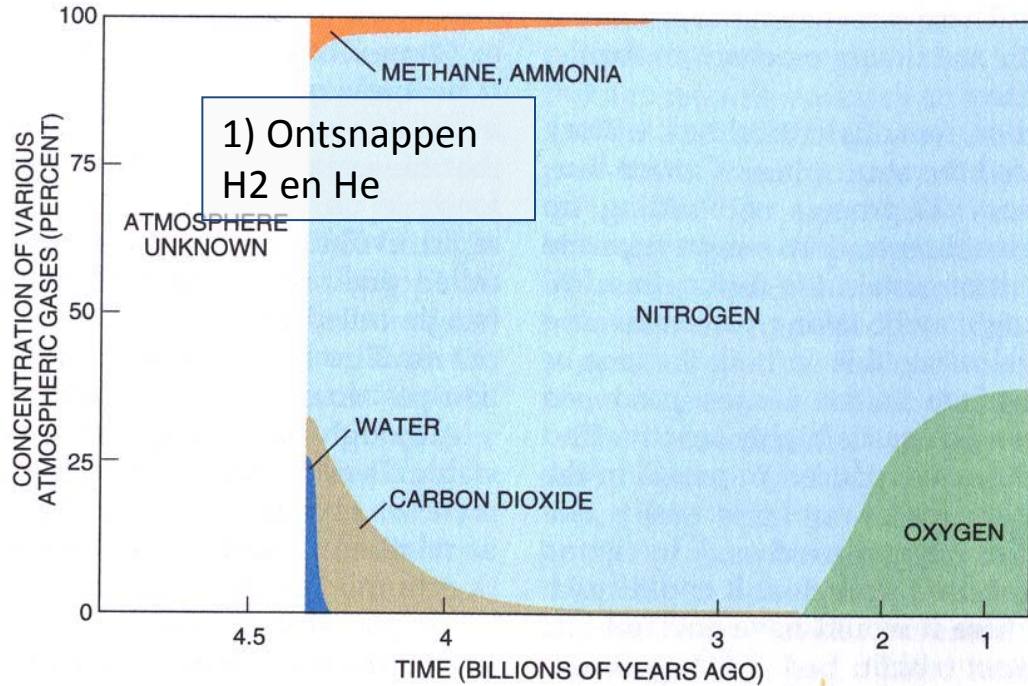
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ATMOSFEER AARDE: ONTWIKKELING



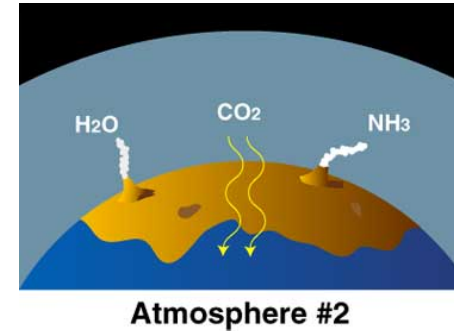
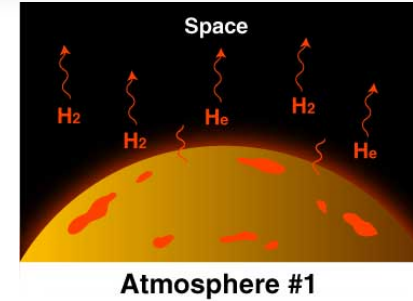
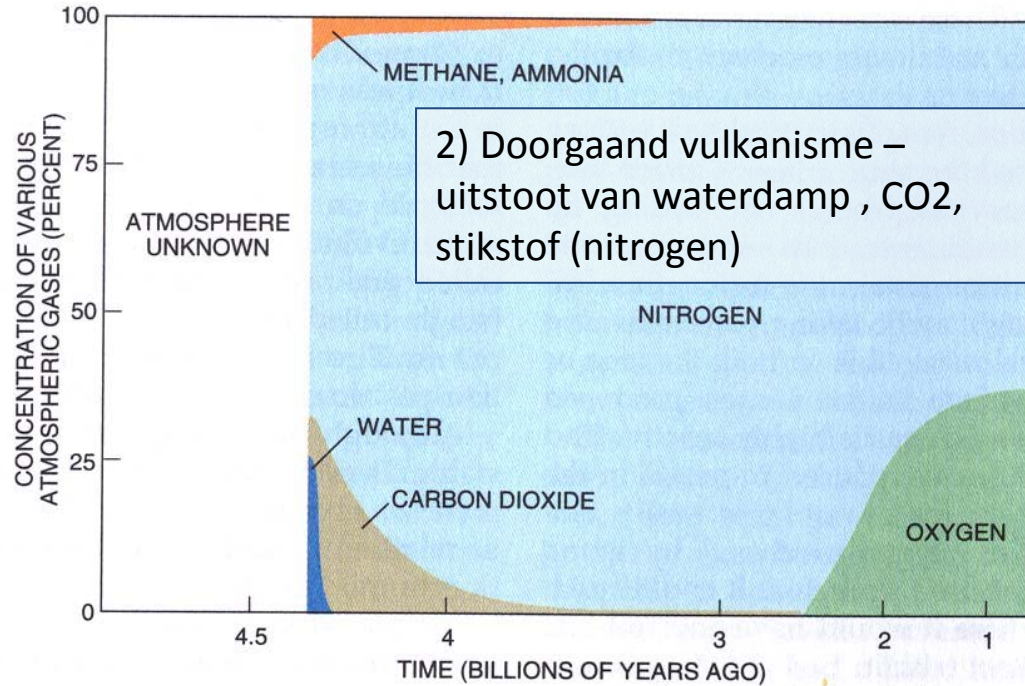
- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ATMOSFEER AARDE: ONTWIKKELING



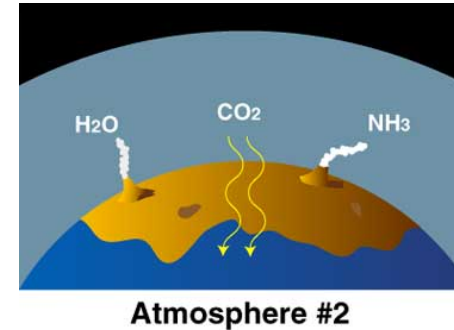
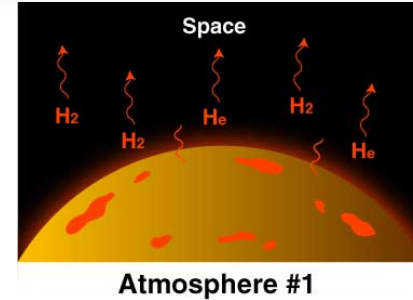
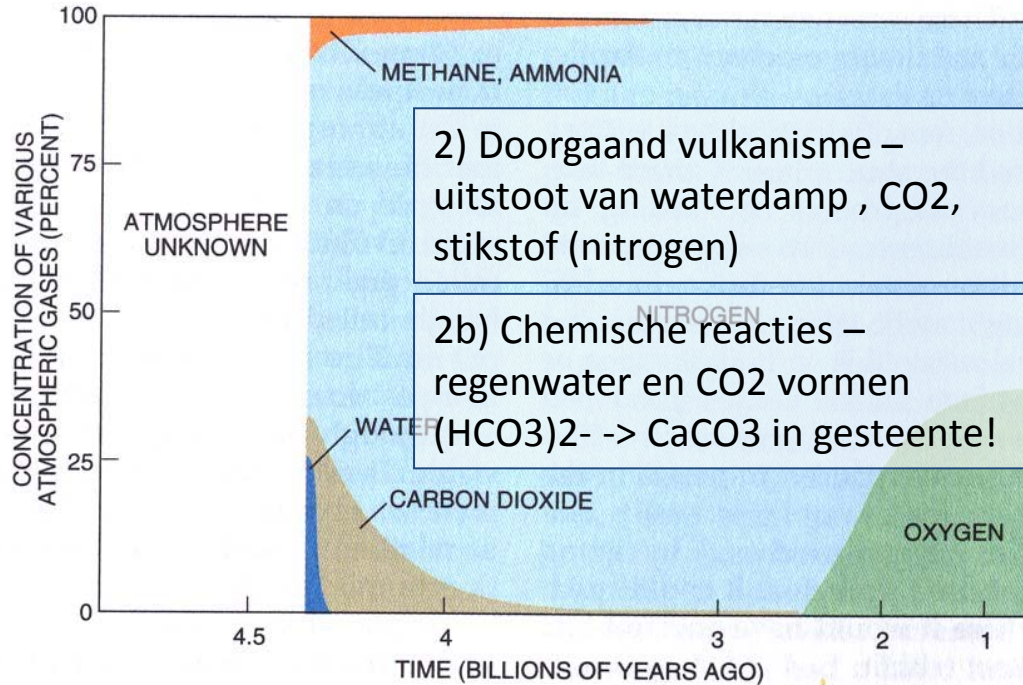
- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ATMOSFEER AARDE: ONTWIKKELING



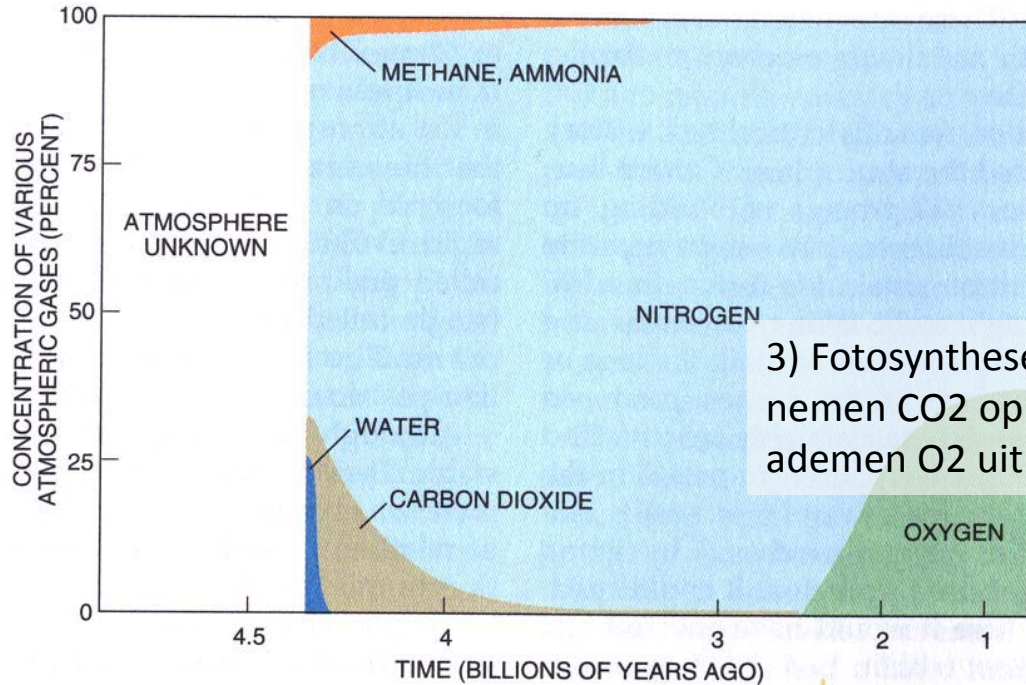
- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ATMOSFEER AARDE: ONTWIKKELING

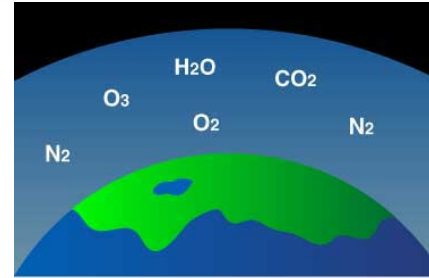


- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ATMOSFEER AARDE: ONTWIKKELING



3) Fotosynthese -- planten nemen CO₂ op en ademen O₂ uit

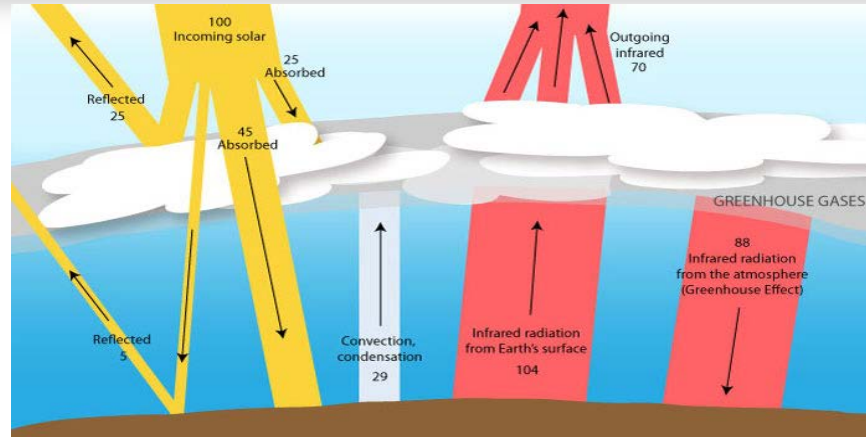


Atmosphere #3

- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

BROEIKASWERELD

Dankzij broeikasgassen
gemiddelde op aarde:
~15 graden ipv -8



Planet	Atmospheric Pressure	Chemical Composition of Atmosphere (%)			
		N ₂	O ₂	H ₂ O	CO ₂
Venus	92 atm	<2	<0.001	0.0001-0.3	>98
Earth	1 atm	78	21	0.0001-4	0.035
Mars	0.006 atm	2.5	<0.25	<0.001	>96

- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

.... EEN BEETJE DAN...

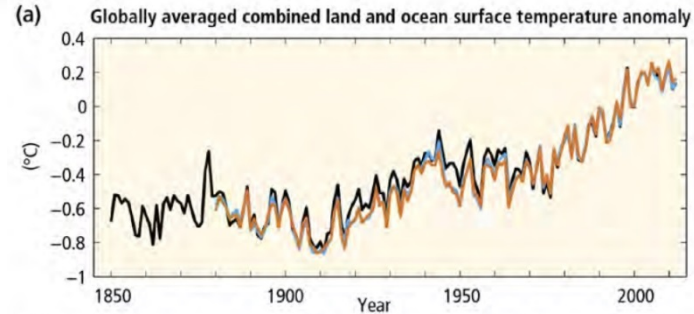
IPCC 2014:

1. Observed Changes and their Causes

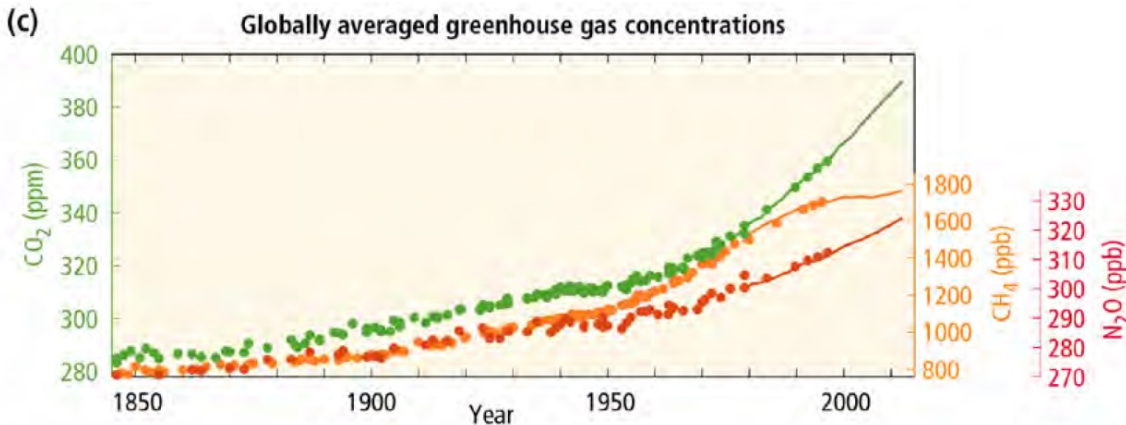
Human influence on the climate system is clear, and recent anthropogenic emissions of greenhouse gases are the highest in history. Recent climate changes have had widespread impacts on human and natural systems. {1}

1.1 Observed changes in the climate system

Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, and sea level has risen. {1.1}



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!



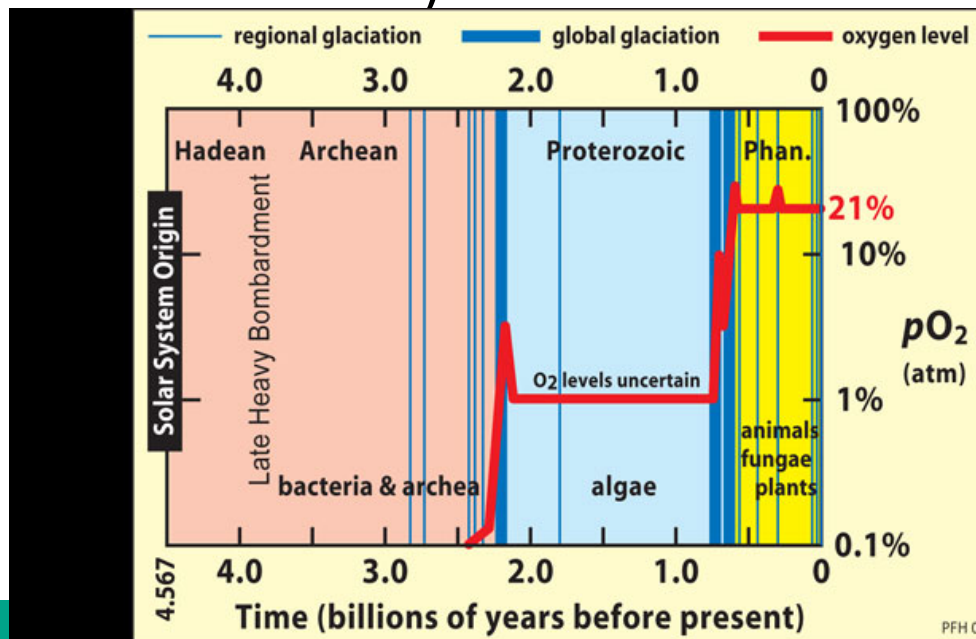
VRIJE ZUURSTOF?

Nodig om stap te maken van eencelligen (bacteria) naar complexe levensvormen (transport van energie naar cellen met gespecialiseerde functies)

Hoe ontstond dat?

-Door leven zelf

-H -> heelal



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

VRIJE ZUURSTOF II

H ontsnapt?

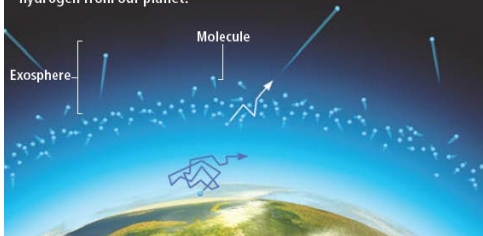
Lichtste element: Aarde kan niet alles vasthouden..

PLANETARY TEAKETTLE

One major cause of air loss is solar heating. Heat can drive out air in one of two ways.

AIR EVAPORATES MOLECULE BY MOLECULE

In an atmosphere's uppermost layer, or exosphere, nothing stops the fastest-moving atoms and molecules from flying off into space. This process, known as Jeans escape, accounts for much of the leakage of hydrogen from our planet.



HEATED AIR FLOWS OUT IN A WIND

Air heated by sunlight rises, accelerates and attains escape velocity. This process, known as hydrodynamic escape, was particularly important on early Earth and Venus—in fact, it may be why Venus became what it is today.



AIR BLAST

When a comet or asteroid strikes a planet, it creates an enormous explosion that throws rock, water, dinosaurs and air into space.



LOSS OF CERTAIN GASES, especially hydrogen, has transformed Earth. It is one of the reasons that oxygen built up in the atmosphere. In the future, the depletion of hydrogen will dry out our oceans and all but shut down geologic cycles that stabilize the climate. Life may still be able to hold out in the polar regions.

EARTH PAST: 3 BILLION YEARS AGO



EARTH PRESENT



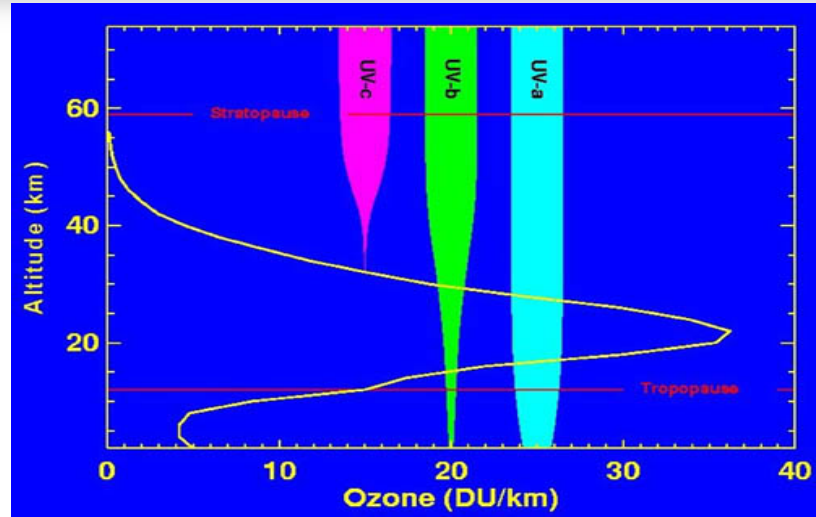
EARTH FUTURE: 3 BILLION YEARS FROM NOW

Voorwaarde?

- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

OZON

- Zuurstof (O_2)
→ Ozon (O_3)
Beschermt leven op
land tegen UV-straling



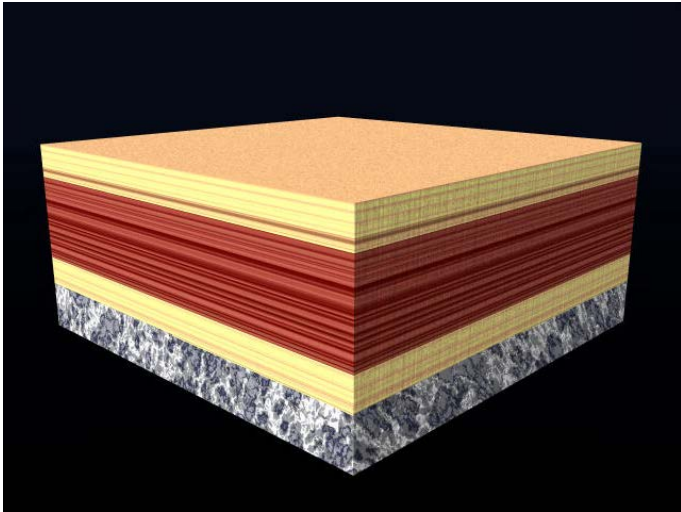
Maar... op zichzelf pas mogelijk toen voldoende zuurstof beschikbaar kwam door... leven!

- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

TIJD, VEEL TIJD

Origineel, sedimenten
horizontaal op elkaar.

Diepst? Dan oudst!



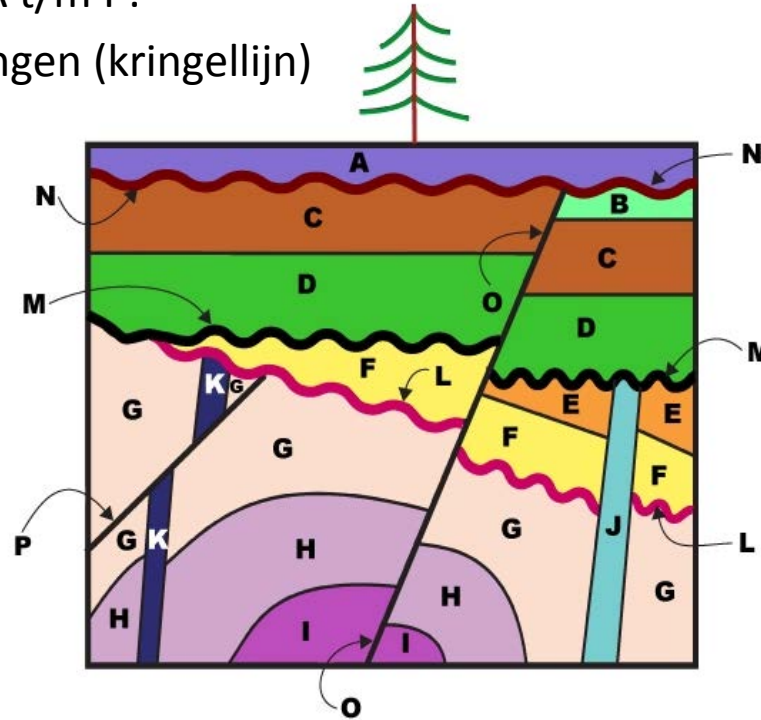
- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

RELATIEVE OUDERDOM II

Bepaal de onderlinge volgorde van A t/m P:
gesteentelagen, breuken en afsnijdingen (kringellijn)

Jongste:

Oudste:



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

RELATIEVE OUDERDOM II

Vondsten van fossielen in
verschillende pakketten:

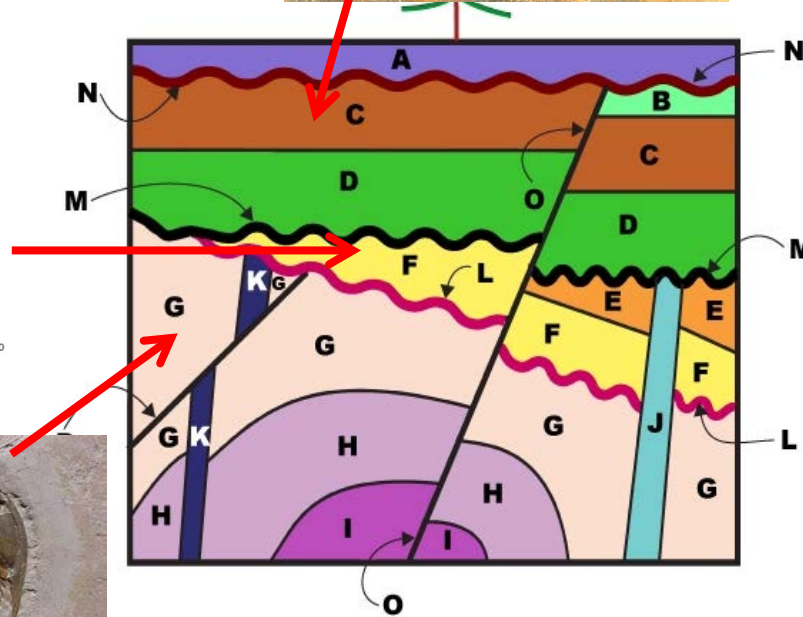
Brachiopode



Trilobiet



Zoogdier



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

RELATIEVE OUDERDOM

Fossielen: specifieke soorten in gesteenten van bepaalde ouderdom

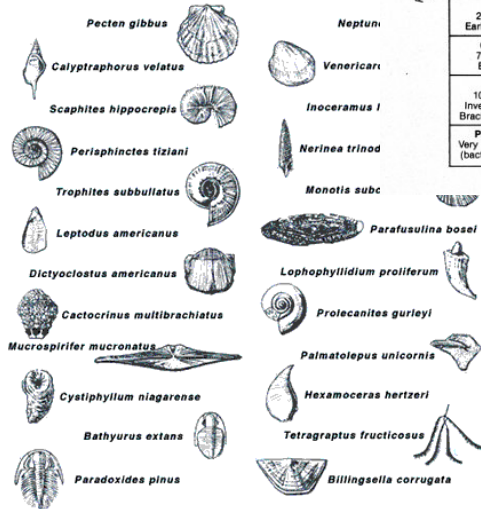
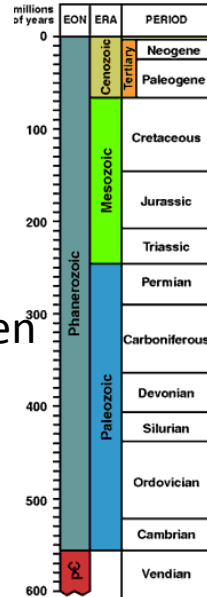
Geologische tijdschaal:

Indeling oorspr. relatief

Paleozoic = oude leven

Mesozoic = midden leven

Cenozoic = jonge leven



GEOLOGIC TIME SCALE

ERA	PERIOD	EPOCH	SUCCESSION OF LIFE
CENOZOIC recent life	QUATERNARY 0-1 Million Years Rise of Man	Recent Pleistocene	
	TERTIARY 62 Million Years Rise of Mammals	Pliocene Miocene Oligocene Eocene	
MESOZOIC middle life	CRETACEOUS 72 Million Years Modern seed bearing plants. Dinosaurs		
	JURASSIC 46 Million Years First birds		
	TRIASSIC 49 Million Years Cycads, first dinosaurs		
PALEOZOIC ancient life	PERMIAN 50 Million Years First reptiles		
	PENNSYLVANIAN 30 Million Years First insects		
	MISSISSIPPIAN 35 Million Years Many crinoids		
	DEVONIAN 60 Million Years First seed plants, cartilage fish		
	SILURIAN 20 Million Years Earliest land animals		
	ORDOVICIAN 75 Million Years Early bony fish		
	CAMBRIAN 100 Million Years Invertebrate animals, Brachopoda, Trilobites		
	PRECAMBRIAN Very few fossils present (bacteria-algae-pollen?)		

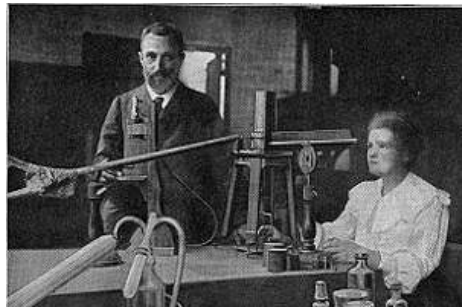
- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

ABSOLUTE OUDERDOM

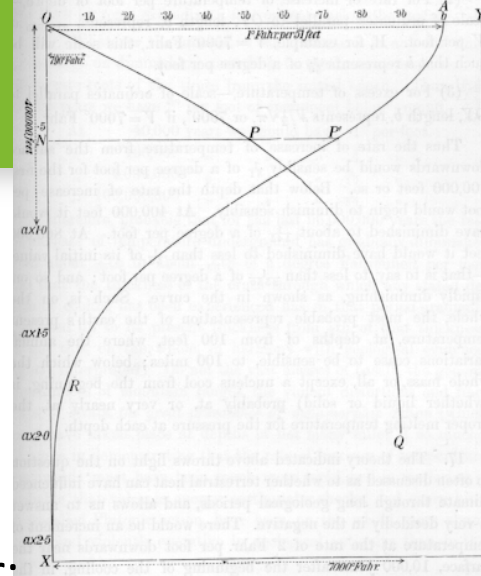
Lord Kelvin: Aarde, interne
temperatuur $>1300^\circ$: max 24 miljoen
jaar oud (anders afgekoeld)

Waarom nog niet afgekoeld? Extra warmte door:

- Kristallisatie (gesmolten $\rightarrow$ vaste aarde)
- Kinetische energie
(zware elementen
zinken naar beneden)
- Radioactief verval

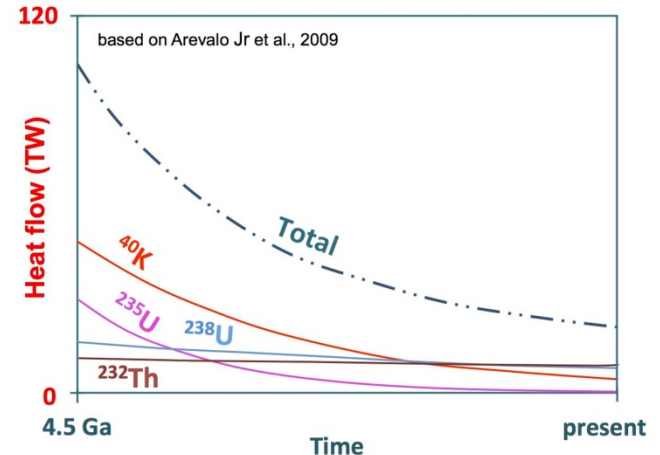


Pierre and Maria Curie
in their first laboratory



Voorwaarde?

- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!



ABSOLUTE OUDERDOM II

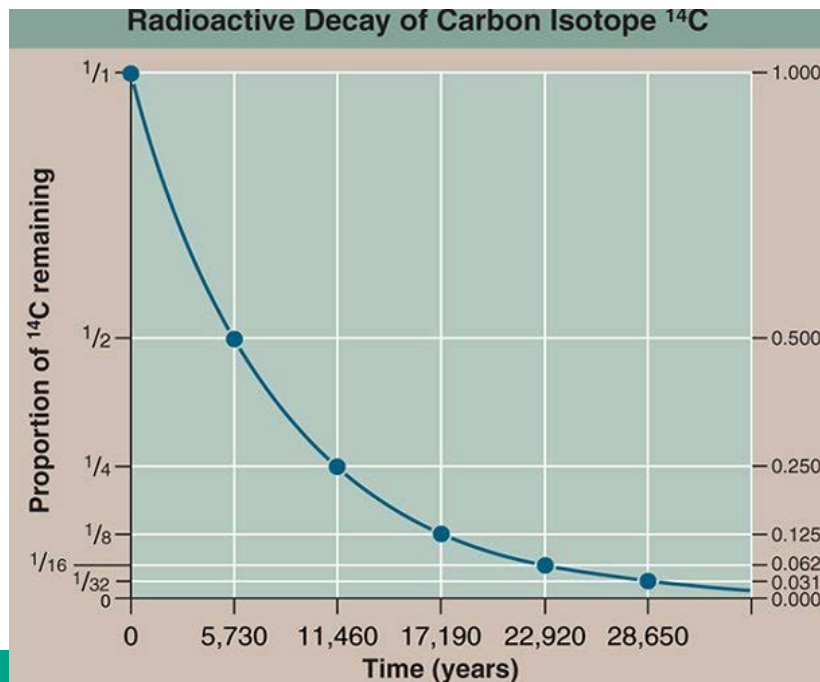
Radioactief verval?! Direct dateren!

Hoe ver terug in tijd nog
betrouwbaar?

Hangt af van halfwaarde-tijd
(tijdsduur tot helft oorspronkelijke
hoeveelheid radioactieve
element over is)

$^{238}_{92}\text{U}$	-	4.5 billion years
$^{235}_{92}\text{U}$	-	700 million years
$^{239}_{94}\text{Pu}$	-	24,000 years
$^{226}_{88}\text{Ra}$	-	1,620 years
$^{210}_{84}\text{Po}$	-	138 days

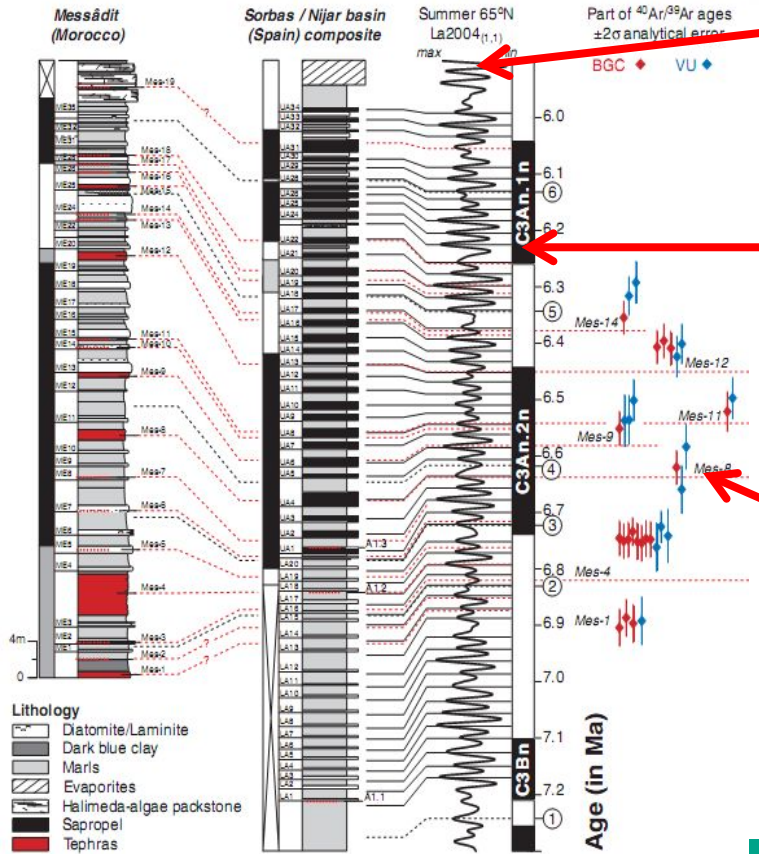
- Voorwaarde?
- Samenstelling
 - Massa
 - Baan van planeet
 - Rotatie
 - Magnetisch veld
 - Buren
 - Vloeibaar water
 - Temperatuur
 - Gelaagde planeet
 - Plaattektoniek
 - Tijd
 - Atmosfeer
 - Vrije zuurstof
 - Broeikaswereld
 - Leven zelf?!



ABSOLUTE OUDERDOM III

Voorwaarde?

- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!



Milankovic cycli
(regelmatig, cyclisch patroon)



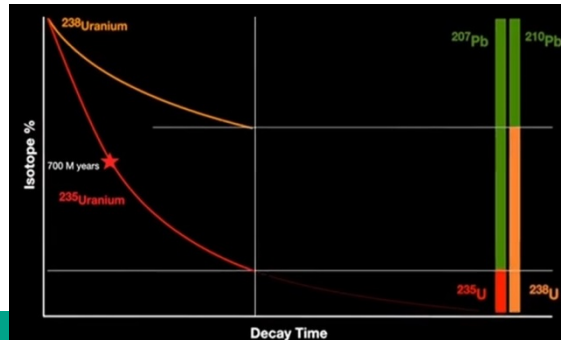
Paleomagnetisme
(ompoling aards
magnetisch veld)



Radioactieve vervalreeksen



Kleinere
foutmarges!!



VEEL TIJD NODIG VOOR COMPLEX LEVEN

Absolute ouderdom
conclusie: enorme tijd
zonder leven!

EON	ERA	PERIOD	MILLIONS OF YEARS AGO
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	1.6
		Tertiary	66
	Mesozoic	Cretaceous	138
		Jurassic	205
		Triassic	240
	Paleozoic	Permian	290
		Pennsylvanian	330
		Mississippian	360
		Devonian	410
		Silurian	435
		Ordovician	500
		Cambrian	570
Proterozoic	Late Proterozoic Middle Proterozoic Early Proterozoic		2500
Archean	Late Archean Middle Archean Early Archean		3800?
Pre-Archean			

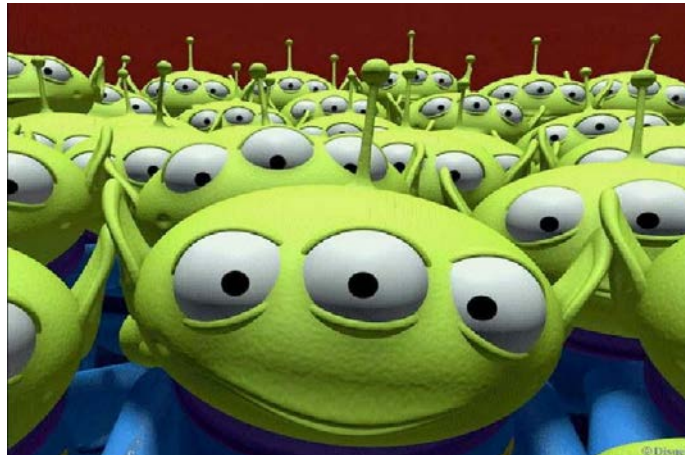
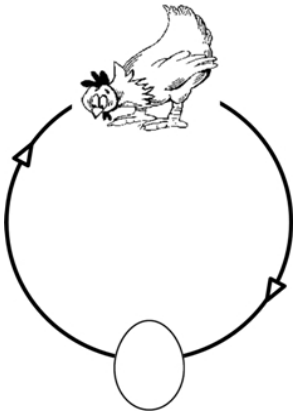


- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

VOORWAARDEN IN ORDE?

Leven op zichzelf lijkt een voorwaarde voor (complex) leven:

- > bacterien in zee -> vrije zuurstof -> ozon-laag -> bescherming tegen UV-licht
- > leven op land ..



- Voorwaarde?
- Samenstelling
- Massa
- Baan van planeet
- Rotatie
- Magnetisch veld
- Buren
- Vloeibaar water
- Temperatuur
- Gelaagde planeet
- Plaattektoniek
- Tijd
- Atmosfeer
- Vrije zuurstof
- Broeikaswereld
- Leven zelf?!

SYSTEEM AARDE!!

Complexe terugkoppelingsmechanismen
tussen alle sferen.

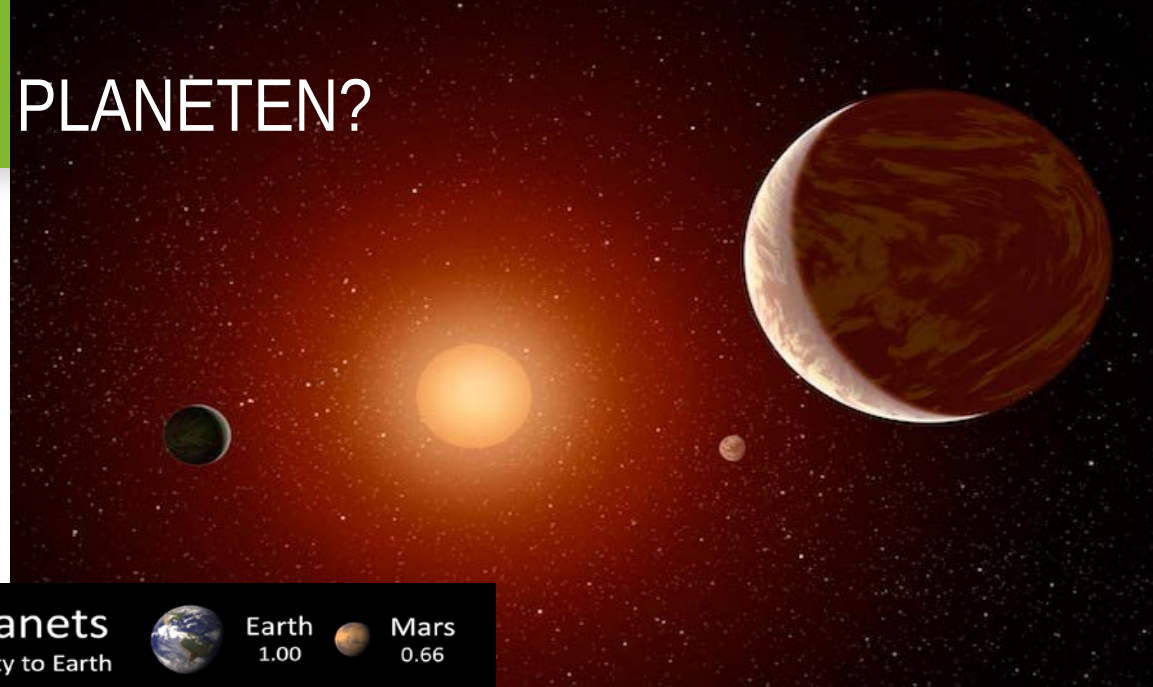
Zonder plaattektoniek
geen atmosfeer met
vloeibaar water...

Uniek?!



MEER BEWOONBARE PLANETEN?

40% van Rode Dwergen
heeft planeten van
aardse omvang...



Current Potential Habitable Exoplanets

Compared with Earth and Mars and Ranked in Order of Similarity to Earth



Earth
1.00



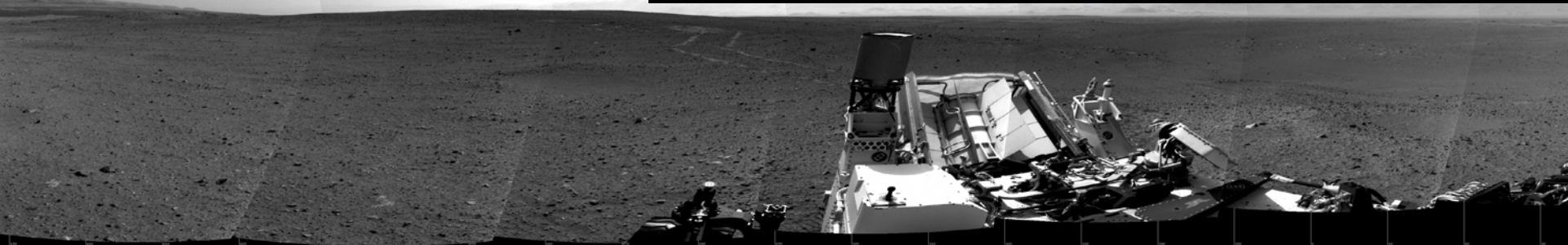
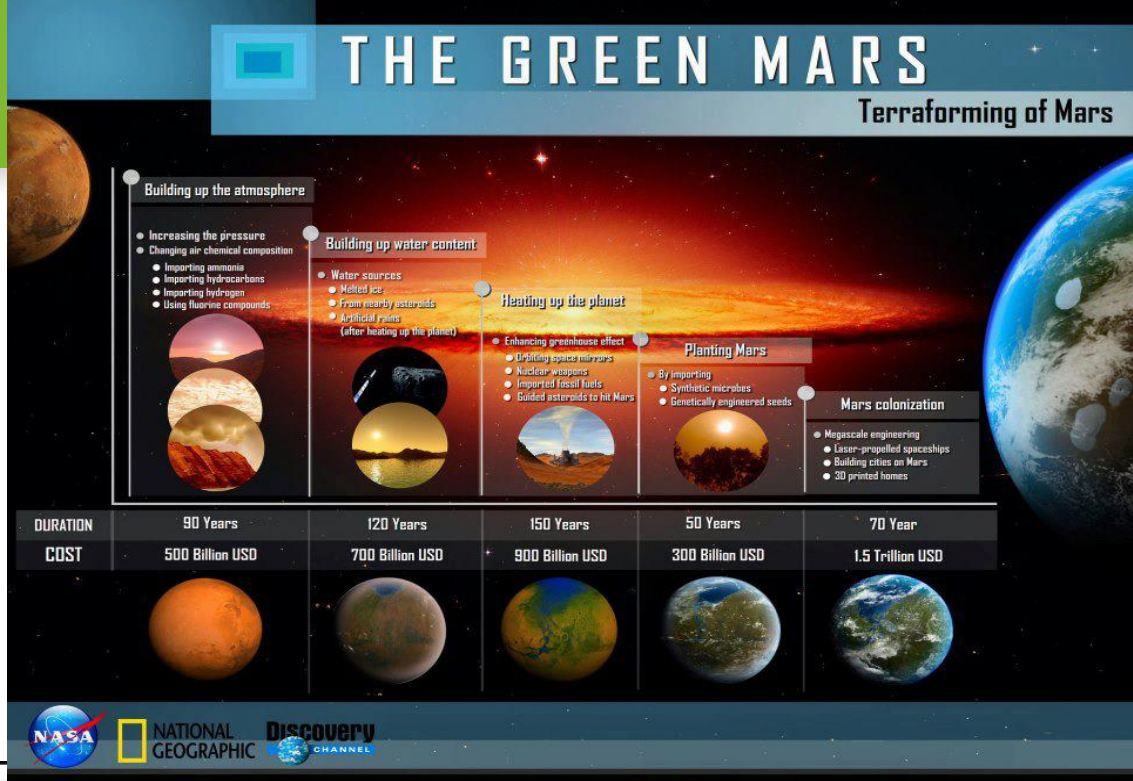
Mars
0.66

#1	#2	#3	#4	#5	#6
Earth Similarity Index					
0.92	0.85	0.81	0.77	0.73	0.72
Gliese 581 g	Gliese 667C c	Kepler-22 b	HD 85512 b	Gliese 163 c	Gliese 581 d
Discovery Date					
Sep 2010	Nov 2011	Dec 2011	Sep 2011	Sep 2012	Apr 2007

Rode Dwergen
~80% van alle sterren..

OF..

Hoe maak je een planeet
(weer?) bewoonbaar?



MEER INFO:

How to build a habitable planet?

Charles Langmuir and Wally Broecker

<http://www.habitableplanet.org/>



Deze presentatie via

www.falw.vu.nl/nl/voor-het-vwo/docenten/activiteiten-docenten/knag-onderwijsdag/

En/of KNAG site