



De dag dat de Aarde de Maan baarde

Wim van Westrenen
Rob de Meijer

Leidse Winterlezing
10 januari 2010

Overzicht

- Aardwetenschappers en de Maan?
- Modellen voor Maanvorming
- Problemen...
- Alternatief:
De dag dat de Aarde de Maan baarde
- De Maan in het laboratorium

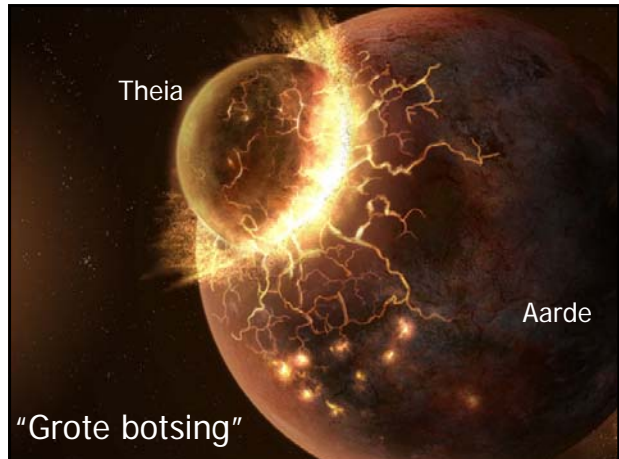


Aardwetenschappers en de Maan?



- (1) Bijzondere plek in "vergelijkend planeetonderzoek"
- (2) Maan cruciaal voor modellen van de jonge Aarde

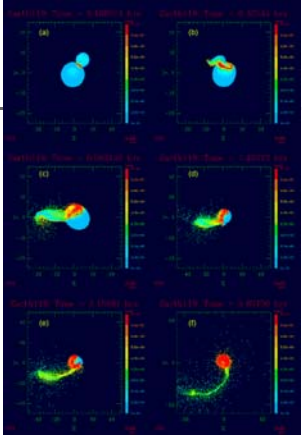
3



Theia

Aarde

"Grote botsing"



5

Modellen voor Maanvorming: Wat moet er kloppen?

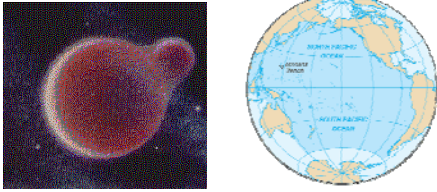
- **Wetenschappelijke reden voor Apollo-project**
- Relatieve massa Aarde en Maan (82:1)
- Afstand Aarde-Maan (386.000 km)
- Samenstelling van beide lichamen
- Draaiimpulsmoment van Aarde-Maan systeem



6

Modellen voor Maanvorming

- (1) "Afsplitsing" hypothese [George Darwin]

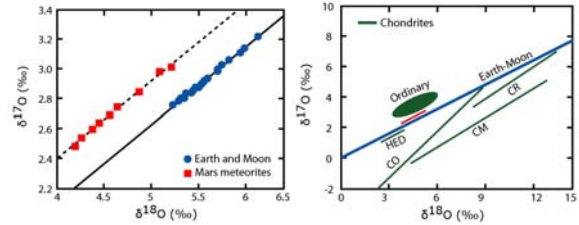


- Verworpen:** niet genoeg draaiimpulsmoment

7

Modellen voor Maanvorming: Belang van Apollomissies

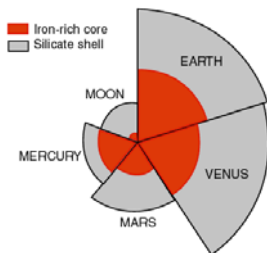
- (2) "Invang" – niet waarschijnlijk: chemie



8

Modellen voor Maanvorming: Belang van Apollomissies

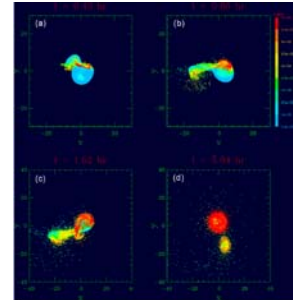
- (3) "Tweelingen" – **Nee, ijzergehalte**



9

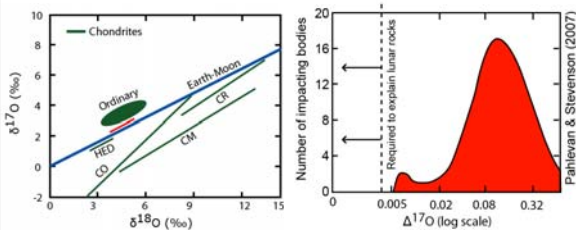
(4) "Grote botsing" model

- + : draaiimpulsmoment klopt, verklaart lage ijzergehalte Maan
- Alle publicaties tot ± 2007 'kloppen met grote botsing model'
- MAAR belangrijkste resultaat simulaties: 60-90% van Maan komt **VAN THEIA**



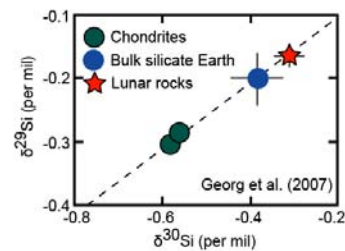
10

Problemen met "giant impact" hypothese: zuurstofisotopen



11

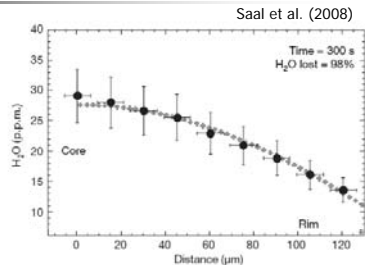
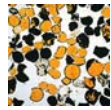
Probleem: Silicium-isotopen



- Klopt niet met model van grote botsing

12

Nog een probleem: Water?



- 250-750 ppm in Maan (Aardmantel: 350 ppm)

13

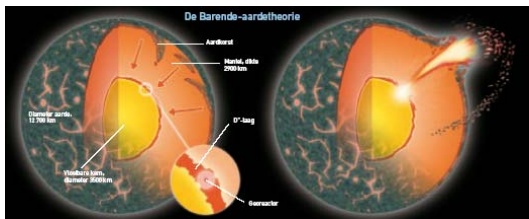
Samenvatting recente gegevens (18 maanden)

- Isotopensamenstelling van O, Si, watergehalte op Maan **identiek** aan Aardmantel
- Klopt helemaal niet met het geaccepteerde model van de grote botsing

14

Alternatieve hypothese

- Maan lijkt heel erg op aardmantel
- Darwin's "afsplitsings" model nogmaals bekeken



15

Georeactoren?

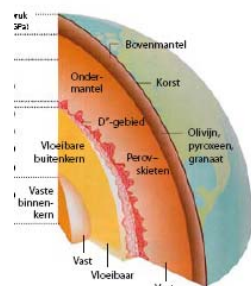
- Natuurlijke georeactoren hebben op Aarde bestaan (Gabon)
- Hoge concentraties nodig van brandstof: U / Th / Pu



16

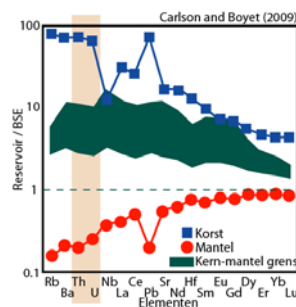
De kern-mantelgrens (KMG)

- Net zo dynamisch als aardkorst
- Afgezonken oudste korstmateriaal



17

Chemische samenstelling van de kern-mantelgrens (KMG)

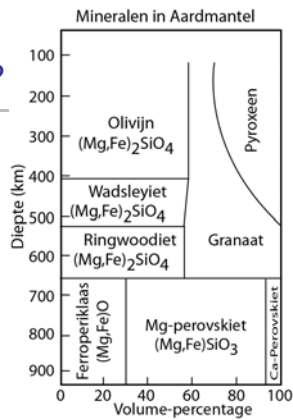


- Aardmantel: U 20 ppb, Th 80 ppb
- KMG vandaag: U 80 ppb, Th 320 ppb
- 4.5 miljard jaar geleden: U 210 ppb, Th 400 ppb & Pu 0.8 ppb

18

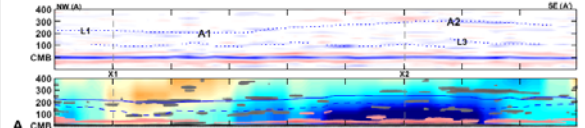
In welke mineraalfase?

- Alles in 1 mineraal!
- Hierin zat:
 - U 4.3 mg per kg
 - Th 7.9 mg per kg
 - Pu 19 microgram per kg
- Literatuur:
 - (U+Th) > 10 g / kg steen om kettingreactie te beginnen
- Met Pu: Minder dan 200 mg / kg genoeg
- Scheelt maar factor 15



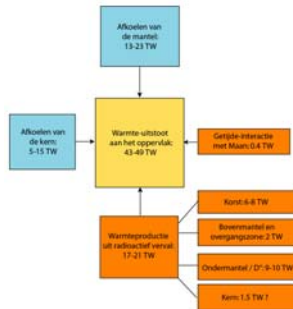
Kan een reactor blijven draaien?

- Geen water: "breeder" reactor
- Locale U/Th concentratiefactor van 15 nodig om reactor te laten voortbestaan
- Niet onmogelijk – zelfs wenselijk



Aanwijzingen voor bestaan: Splijtingsproducten ('afval')

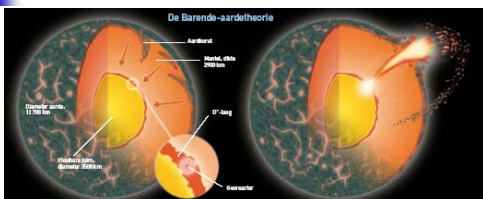
- He budget en ³He/⁴He verhouding kloppen met output 5 TW georeactor
- Teveel aan ¹²⁹Xe en ¹³⁶Xe in Aarde klopt met reactorbron



Terug naar de Maan

- Darwin's afsplitsingshypothese (1879): Centrifugale kracht net groter dan zwaartekracht in snel draaiende Aarde
- Ontbrekende energie voor splijting: $0.5 \cdot 10^{30}$ J
- Energie geleverd door splijting van $6.1 \cdot 10^{15}$ kg (U+Th)
 - 1% van Aardmantelbudget
 - 5% van KMG inventaris
- Verhoogt T van 1 Maanmassa met 8000 K

Een alternatief model



- Klopt met eigenschappen Aarde-Maan systeem
- Klopt met observaties aan splijtingsproducten (He, Xe in Aarde)
- Klopt met nieuwste metingen aan Maanstenen

Veel overblijvende vragen: Maanonderzoek in Nederland

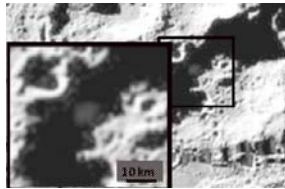
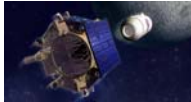
- Alle Maanstenen komen van het oppervlak
- Hoe zit dat met de diepe ondergrond?
- Wat is de samenstelling van de *hele* Maan?
- Kijkje nemen in **inwendige van Maan**



Project 'Volle Maan' (2007 – 2013)



- Ontwikkeling nieuw model voor **inwendige** van de Maan
- Nieuwe waarnemingen, computermodellen, en **hogedruk-experimenten**



Nabootsen van inwendige Maan

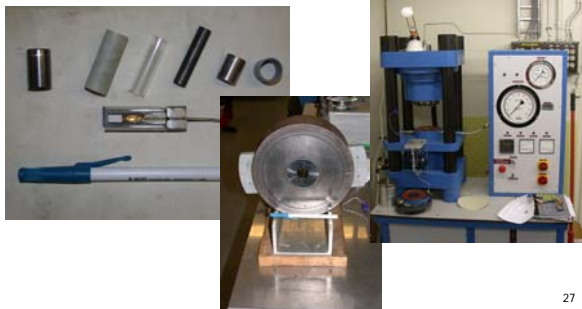


- Naar boven: 16.000.000.000 km
- Naar beneden: 11 km (Maan: 2 meter)



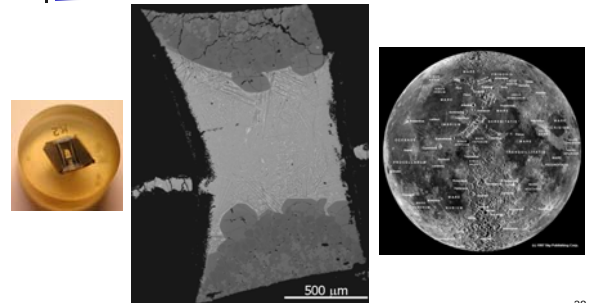
26

Experimenten bij hoge druk Piston-cylinder pers (35.000 atm, 2000 °C)

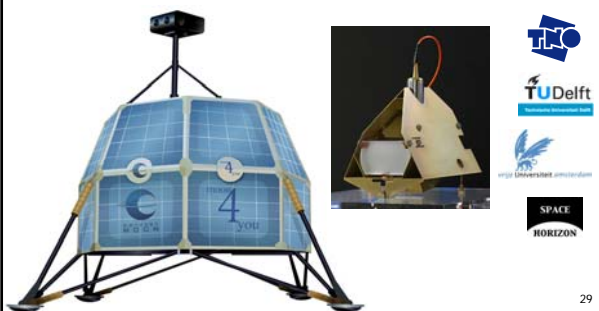


27

De lava-fabriek



28



29

Wordt vervolgd.....

