

Rob's Nieuwsbrief over sterrenkunde en het heelal

juni 2014

Laat...

Een enerverende maand mei

De nieuwsbrief is nu wel erg laat... zelfs niet in de juiste maand! Na de cursussen in maart en april en alle activiteiten op de sterrenwacht in Amersfoort in mei is er zoveel te doen - en zo weinig fut. Daar komt bij dat ik voor de tweede keer opa ben geworden!

Ik zal op de volgende pagina's proberen goede verslagen te geven van de activiteiten in mei:

- De nieuwe cursus 'Doe meer met je planisfeer'
- De Lezing van Alles!
- De Cosmos vragenavond van 30 mei. In deze en de volgende nieuwsbrief (of nieuwsbrieven) alle vragen en antwoorden!

Verder wil ik een beeld geven van de andere projecten en ontwikkelingen.

Canadese orders

Eerder dit jaar kreeg ik twee flinke orders van verschillende Canadese klanten, toevallig allebei uit Québec: een voor 1000 en een voor 2000 planisferen. Dat soort orders zijn altijd welkom, maar zeker nu enkele belangrijke planisferen (waaronder de vierkante PLN-NL) bijna uitverkocht zijn. Een combinatie-order is altijd interessanter. Op dit moment loopt daarom de productie van in totaal 8000 planisferen!

Projecten

Andere projecten staan een beetje 'on hold' om diverse redenen. De Superplanisfeer schiet niet erg op omdat ik de financiën er nog niet voor rond heb. Crowdfunding zou een mogelijkheid zijn, maar dat kost ook geld. Andere opties zijn om te proberen binnen de amateursterrenkunde zelf een soort crowdfunding op te zetten, of een sponsor te vinden. Eén ding is zeker: hij gaat er komen! Ideeën zijn welkom! Wat de uitvoering betreft zal hij erg gaan lijken op de nieuwe versie van de PLN-NL (zie foto). Alleen zullen er grotere verschillen komen in de lettergrootten, waarbij diep-sky objecten wat minder opvallende teksten zullen krijgen. Dat moet de overzichtelijkheid voor het publiek vergroten. Verder zullen de radianten van belangrijke meteorenzwermen worden ingetekend. Een goede tips worden zeker meegenomen!

De nieuwe bouwplaten moeten nog worden afgerond. Enkele mensen die de testmodellen (gewone prints) hebben gebouwd en getest moeten hun bevindingen nog doorsturen. Daarna kan ik er mee verder. Budget wordt ook nog wel een probleem, maar daar kom ik wel uit. Hopelijk kunnen ze in het najaar worden gepresenteerd.

Het Higgs boekje is bijna uitverkocht. Het zal in de loop van dit jaar wel in herdruk moeten. We willen dan wel wat wijzigingen aanbrengen, maar mijn co-auteur Luc Hendriks is erg druk met studie en bedrijf. Maar ook dat komt goed!

Nieuwe brochure

En dan komt nog een leuke volgende klus: een nieuwe brochure. De volgende zal een smaakmaker worden voor de zonnestelselmissies die het komende jaar zeker zullen gaan beheersen:

- ESA's ruimtesonde Rosetta, die in augustus in een baan komt rond de 4 km grote komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko, en daarop in november de robot Phylae laat landen;
- NASA's ruimtesonde Dawn, die eind maart 2015 bij Ceres zal aankomen, de grootste planeetide én dwergplaneet;
- NASA's ruimtesonde New Horizons die op 15 juli 2015 binnen 10.000 km (!) langs de dwergplaneet Pluto en zijn vijf bekende satellieten zal scheren. New Horizons heeft, met 16,3 km/s, het record voor het snelste ding dat de mens ooit de ruimte in stuurde.

Overigens was de Dawn eerder al bij de planeetide Vesta (2011-2012). Dat is de derde planeetide in grootte, slechts 2 km kleiner dan de nummer twee, Pallas.

Onderzoek aan deze dwergplaneten zal ons niet alleen veel leren over die werelden zelf, maar ook over het ontstaan en de ontwikkeling van ons zonnestelsel.

Tot nu toe zijn alle acht planeten en hun manen bezocht. Uranus en Neptunus werden slechts één maal gevisiteerd, door de Voyager 2 (in 1986 en 1989). Slechts zeven manen in het zonnestelsel zijn groter dan Pluto, en slechts vijftien manen zijn groter dan Ceres en Vesta. Overigens hebben we ook nog ruimtesondes gestuurd naar enkele kometen.

Ik heb veel zin in de nieuwe brochure! Houd onze website, nieuwsbrief en getwitter in de gaten. Later wil ik een boekje uitbrengen over deze projecten, ter aanvulling van *Genieten van het zonnestelsel!*

Deze nieuwsbrief verschijnt circa tien maal per jaar en bevat:

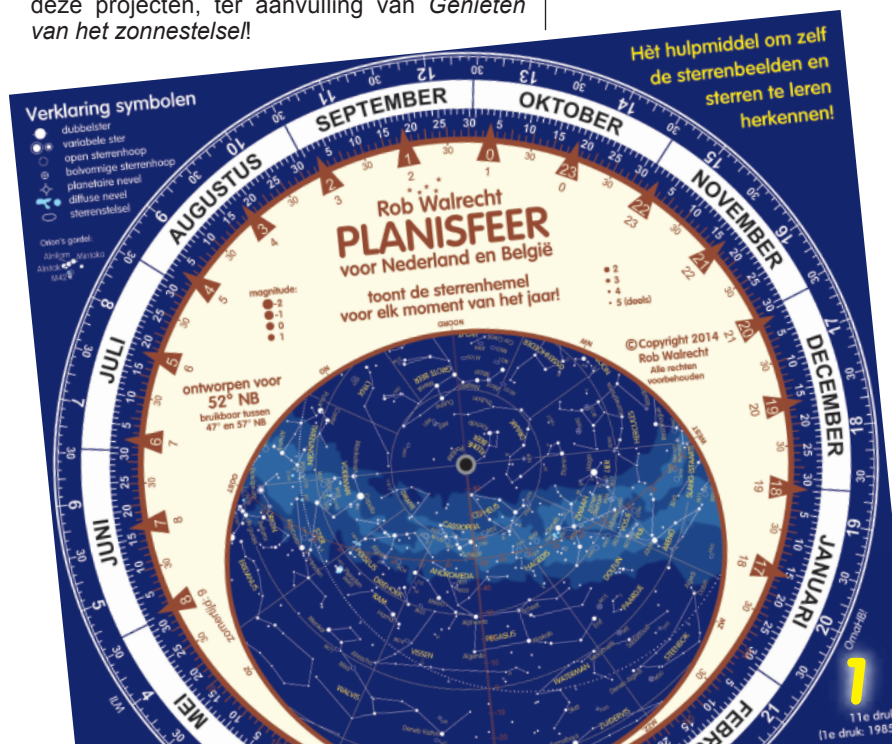
- ★ Nieuws en leuke weetjes over het heelal;
- ★ Leuke, leerzame lesactiviteiten voor scholen;
- ★ Nieuws over Rob Walrecht Productions;
- ★ Speciale aanbiedingen.

Je kunt je aan- of afmelden via www.walrecht.nl.

AANBIEDING BOEKEN!

Veel antwoorden op vragen over Cosmos zijn ook in mijn boeken te vinden. Abonnees van mijn Nieuwsbrief kunnen tot eind augustus de complete serie van drie boeken bestellen voor €45,00, dus zonder de €6,00 verzendkosten. Vermeld bij de webbestelling onder 'Opmerking': 'Nieuwsbrief' en negeer de verzendkosten bij de betaling per bank.

Rechtsonder: de nieuwe planisfeer voor Nederland en België (PLN-NL). Van dit vierkante model zijn sinds 1993 36.438 exemplaren gedrukt. Deze elfde druk is de eerste planisfeer die wij in full colour uitbrengen. De PLN-NL zal ook iets duurder worden, maar dat zal uiteindelijk voor alle planisferen gaan gelden: sinds 2002 zijn onze prijzen niet meer aangepast!



Ed van den Heuvel

Prof. Dr. Ed P.J. van den Heuvel (1940) is emeritus hoogleraar Sterrenkunde aan de Universiteit van Amsterdam. Van 1975 tot 2005 was hij directeur van het Sterrenkundig Instituut 'Anton Pannekoek', van de UvA. Hij is internationaal bekend om zijn werk over het ontstaan van neutronensterren en zwarte gaten. Hij werd hiervoor onder meer onderscheiden met de Spinozaprijs (1995) en de Descartes-prijs van de Europese Unie (2002).

Op 24 november 2006 ontving hij de Genootschapsmedaille van het Genootschap ter bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde, die sinds 1790 om de 10-15 jaar wordt uitgereikt. Hij kreeg de medaille voor zijn bijzondere verdienste voor de sterrenkunde. Een van zijn voorgangers was Albert Einstein, die de medaille in 1923 kreeg.

Ed van den Heuvel's naam wordt regelmatig genoemd als het gaat om Nederlandse kandidaten voor de Nobelprijs.

Zeiss Planetarium

Hij was in 1983 mijn directeur toen ik in het Zeiss Planetarium Amsterdam werkte. Daarbij was overigens zijn eerste taak enkele mensen te ontslaan, waaronder de schrijver dezes... Het ging op dat moment financieel erg slecht met dat planetarium. Ik was er als laatste van het team bij gekomen, dus was ik de eerste die hij moest laten gaan.

Rechtsonder: Professor Ed van den Heuvel in actie tijdens de Cosmos vragenavond op 30 mei.

Cursus gebruik planisfeer

Doe meer met je planisfeer!

Een afgeleide van mijn cursus 'Leer het heelal begrijpen!', voor docenten, is deze cursus over het principe en het gebruik van de planisferen. In de cursus voor het onderwijs heeft de planisfeer een steeds grotere betekenis gekregen, óók vanwege de (deels onverwachte) mogelijkheden die dit instrument biedt om het driedimensionale karakter van de ons omringende ruimte, en de hemelmechanica nog degelijker uit te kunnen leggen. Voor dat doel had ik al een hele serie vragen en opdrachten ontwikkeld, die in de cursus voor docenten een groot succes zijn gebleken.

Op basis van die ervaringen heb ik een cursus van twee avonden ontwikkeld, bedoeld voor amateurastronomen, dus mensen die al aardig wat over sterrenkunde weten.

Op 2 en 16 mei gaf ik deze leuke cursus voor het eerst, aan een groep van rond de acht personen. De groep bestond uit leden van de sterrenwacht en een cursiste van de pilots in het voorjaar die dat deel zo nog eens dunnetjes kon overdoen.

Geslaagd!

De sfeer was erg gezellig en iedereen was erg enthousiast omdat men leerde hoeveel er allemaal meer mogelijk is met de planisfeer. Dat gevoel was ook precies de bedoeling en het maakte de cursus dus tot een groot succes!

Voor mij is deze cursus extra leuk om te geven. Al sinds 1982 ontwerp ik planisferen en sinds 1985 breng ik planisferen uit met alle kenmerken van de huidige generatie planisferen. Voor mij is dat dus 'gesneden koek', maar voor de meeste gebruikers, zelfs amateurastronomen, is dat allemaal niet het geval. En dat is iets waar ik in het verleden wel eens te gemakkelijk aan voorbij ging. Met deze korte cursus (en trouwens ook met mijn boek *Genieten van de sterrenhemel*) kan ik dat rechtzetten. Het is echt heerlijk om het publiek alles te leren over mijn planisferen.

De volgende stap is om de cursus ook bij andere sterrenwachten en sterrenkundeclubs te geven. Het is een mooie aanvulling op mijn al erg uitgebreide aanbod aan lezingen en cursussen voor allerlei publiek.

De Lezing van Alles!

Op 23 mei gaf ik voor de tweede maal mijn Lezing van Alles. Het is een bijzondere lezing, opgebouwd uit onderdelen uit mijn grote cursus die ik moest schrappen omdat die cursus anders te lang zou duren. De delen gaan over materie en elektromagnetische straling, over hoe de zon aan zijn energie komt en hoe die energie ons als licht bereikt. Al die onderdelen liggen mij na aan het hart.

Ook deze keer liep de lezing als een trein en was het publiek zeer enthousiast! Dat smaakt naar meer!

In Rob's Nieuwsbrief van november 2013 lees je meer over deze lezing.

Cosmos vragenavond!

Vragen over de serie Cosmos

Op vrijdag 30 mei organiseerde ik samen met de sterrenwacht in Amersfoort een zeer bijzonder evenement: een vragenavond geheel gewijd aan de serie *Cosmos: A Spacetime Odyssey*. Die fraai gemaakte serie, die van 16 maart tot en met 8 juni 2014 werd uitgezonden door National Geographic Channel, moest volgens mij minstens zoveel vragen oproepen als er door presentator Neil DeGrasse Tyson werden beantwoord. Of veel meer!

Eind maart, tijdens de pilots van mijn cursus sterrenkunde voor docenten, kreeg ik het idee om op de sterrenwacht een avond te organiseren om vragen uit het publiek te beantwoorden. De sterrenwacht kreeg ik snel mee, maar dan het volgende: de uitvoering.

Nu heb ik natuurlijk, door mijn cursussen en lezingen, een enorme schat aan beeldmateriaal en complete 'paragrafen' die bepaalde aspecten van de sterrenkunde helpen verklaren. Op die manier kan ik zelfs ad hoc vragen beantwoorden. Een probleem daarbij was wel dat de kosmologie niet helemaal mijn ding is. Je moet je beperkingen kennen... Mij was er dan ook erg veel aan gelegen om Bas van Krieken van de sterrenwacht erbij betrokken te krijgen, omdat hij goed thuis is in de kosmologie. Dat lukte en zo stond ik er tenminste niet alleen voor. Verder was het noodzakelijk dat het publiek de vragen vooraf zou toesturen, om de vragen te kunnen verdelen én om zo nodig enige voorbereiding te kunnen doen, zoals de juiste afbeeldingen verzamelen.

Professor van den Heuvel

Iets meer dan een week vóór de Cosmos-avond kreeg ik contact met professor Ed van den Heuvel (zie kader), die toen voor de ESA in Spanje zat. Ik had hem gevraagd om ons te helpen, zodat er in elk geval ook een echte astronoom bij aanwezig was.



Cosmos-avond: De vragen en antwoorden

De Publiekssterrenwacht Schothorst heeft wel een astronoom als lid, maar die was op dat moment niet in het land.

Nu ken ik Professor van den Heuvel goed (zoals de kadertekst op pagina 2 aangeeft). Verder woont hij in Baarn en is de sterrenwacht binnen bereik van zijn favoriete vervoermiddel: de fiets. Dat zijn natuurlijk voordelen. Maar... hoe vraag je een van 's lands meest gerenommeerde astronomen voor een vragenavond op een amateursterrenwacht? En wat als er maar vijf vragenstellers komen opdruven? In de week voor de dertigste kreeg ik het wel een beetje benauwd en toen ik enkele dagen niets van hem had gehoord dacht ik dat het misschien wel beter was zo, hoe geweldig ik het ook zou vinden om hem erbij te hebben.

Bezoek

Vanaf de woensdag vóór de Cosmos-avond wist ik echter wel zeker dat er voldoende publiek zou zijn en toen hij weer in de lucht kwam kon ik hem met een gerust hart zeggen dat het een mooie avond zou gaan worden! Die dagen (rond hemelvaartsdag) sprak ik met Bas van Krieken af wat iedereen zou gaan doen. Voor wat betreft de professor was het niet moeilijk. Ik vroeg hem gewoon de vragen over zijn specialiteit te beantwoorden: sterren. Er waren veel vragen over sterren binnen gekomen en die zouden prachtig passen in een korte lezing over de evolutie en vooral 'dood' van sterren (de 'populaire' zwarte gaten!) en hij was daar meteen voor te porren.

Uiteindelijk waren er ruim 25 bezoekers, waaronder scholieren. Het werd een geweldig leuke avond, eigenlijk precies wat ik mij ervan had voorgesteld. Met de mini-lezing van Professor van den Heuvel over sterren, een goed en helder verhaal van Bas over de kosmologische vragen, en mijn optreden als gastheer en beantwoorder van de andere vragen.

Helaas moest Ed van den Heuvel om 22 uur weg omdat hij zich realiseerde dat hij geen licht op zijn fiets had.

Ik denk dat iedere aanwezige Bas en mij na afloop een hand kwam geven en laaiend enthousiast was. De oproep om zeer snel weer zo'n avond te organiseren negeer ik echter voorlopig maar even. Er gaat toch teveel tijd in zitten om zoiets regelmatig te doen. Maar toch... misschien. Het is wel leuk om te doen!

De vragen en antwoorden

In deze en de komende Rob's Nieuwsbrief (of waarschijnlijk *-brieven*) wil ik de vragen en de antwoorden daarop in het kort 'overdoen'.

In deze nieuwsbrief de vragen over de aarde en de maan, leven en water op Aarde en dergelijke. De volgende zal de vragen over sterren behandelen. De vragen over kosmologie wil ik graag aan Bas van Krieken overlaten, maar hij moet daarvoor wel tijd hebben. Dat komt dus hopelijk nog.

Vraag 1:

In de laatste aflevering gaat het over de poëzie van prinses Enheduana, die al schreef over de planeet Venus in 2200 voor Christus. Ik wist niet dat de mensheid in die tijd al bewust was dat er planeten bestonden. Kortom; wanneer (in welk tijdperk?) zijn planeten voor het eerst beschreven en wat wist men hierover? (Marten Stoter)

Antwoord

Je mag veronderstellen dat de vijf met het oog zichtbare planeten (Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus), net als de maan en de zon, al heel lang bekend waren bij de mensen. Immers, zo lang de mens op de aarde rondhobbelt kijkt hij ook 's avonds naar de hemel.

Het is moeilijk je voor te stellen wat men dacht bij de statige beweging van deze lichtjes, die de Grieken 'aster planetes' noemden: dwaalsterren. Al vóór de Grieken waren er specialisten die de bewegingen van die dwaalsterren volgden en konden voorspellen. We zouden hen nu astrologen noemen, maar in die tijd was zo iemand astronoom en astroloog tegelijk. De moderne astronomie bestaat nog maar 400 tot 500 jaar.

De Sumeriërs en na hen de Babyloniërs (in het oude Mesopotamië) wisten ruim 3000 jaar geleden al veel over de bewegingen van de planeten. Zo veel dat zij samenstanden of **conjuncties** van planeten konden voorspellen, waarbij die planeten aan de hemel dicht bij elkaar zouden komen. Men begreep die bewegingen zo goed dat men ook niet bang was voor planeten: ze werden genoemd naar belangrijke goden uit hun mythologie.

Dat was anders met kometen, die aan de hemel veel opvallender konden zijn, maar op onvoorspelbare manier kwamen en gingen. Kometen zaaiden, in de ogen van de mensen, dood en verderf. Zelfs bij de verschijning van de

De vragen

De vragen worden in deze en de komende nieuwsbrief of -brieven behandeld per onderwerp. De nummering is hier alleen voor de structuur in de nieuwsbrieven en het kan zijn dat vragen van mensen door elkaar worden beantwoord.

Rechtsboven: mijzelf tijdens de inleiding van de Cosmos vragenavond en beantwoorden van vragen over het zonnestelsel en het leven op Aarde.

Rechtsonder: Bas van Krieken tijdens zijn uitleg over het heelal en de kosmologie.



Planeetnamen

Nog even wat namen voor de vijf zichtbare planeten en de maan en de zon, in het Grieks, Latijn en Sanskriet:

Helios	Sol	Surya
Selenê	Luna	Chandra
Hermes	Mercurius	Budha
Aphroditê	Venus	Sukra
Ares	Mars	Mangala
Zeus	Iuppiter	Brhaspati
Kronos	Saturnus	Sani

Linksonder: Planeten-show!

Op 16 mei 2011 maakte Tom Cocchiaro op Kennedy Space Center in Florida deze foto van vier planeten boven de Space Shuttle Endeavour op het 'launch platform'.

Planeten zijn nooit erg goed zichtbaar als zij (aan de hemel) in de buurt van de zon staan. Dat is hier het geval want het is de avond-schemering.

Mercurius en Venus zijn goed te zien omdat beide aan onze kant van de zon staan.

Mars en Jupiter kunnen niet tussen de zon en de aarde komen, want zij staan verder van de zon dan de aarde. Deze twee planeten staan op het moment van de opname dus ongeveer het verst mogelijk van de aarde af!

De Endeavour vertrok twee dagen later op haar laatste reis naar de ruimte.

Foto Tom Cocchiaro.

de komeet van Halley, in 1910, waren er veel mensen bang, toen voornamelijk omdat er recent giftige stoffen in de komeetstaart waren ontdekt (overigens als zeer ijl gas en onze dampkring biedt daar afdoende bescherming tegen).

Morgen- en avondsterren

Ook de Sumeriërs en Babyloniërs hadden hun namen voor de vijf zichtbare planeten:

	Sumerisch	Babylonisch
Zon	Utu	Shamash
Maan	Nanna	Sin
Mercurius	Enki	Nabu
Venus	Inanna	Ishtar
Mars	Gugulanna	Nergal
Jupiter	Enlil	Marduk
Saturnus	Ninurta	Ninurta

Toch zullen deze volkeren de bewegingen van de twee binnenplaneten mogelijk nog niet helemaal hebben begrepen, want de Grieken dachten (eeuwen later!) dat het bij zowel Mercurius als Venus om twee planeten ging!

Wij kennen het verschijnsel 'morgenster', als Venus 's morgens vóór zonsopkomst is te zien; en 'avondster', als de planeet na zonsopgang nog aan de hemel schittert.

De Grieken noemden de morgenster-versie van Mercurius *Apollo* en de avondster *Hermes*. Pas rond 350 v. Chr. kreeg men in de gaten dat het om één planeet ging, die men *Hermes* noemde. Bij Venus duurde het zelfs nog 25 jaar langer voor men begreep dat *Phosphoros* (de 'morgenster') en *Hesperos* (de 'avondster') één en dezelfde planeet waren. Die kreeg toen de naam *Aphrodite*.

Meer

De enige planeten die echt werden ontdekt waren Uranus (1781) en Neptunus (1846). Uranus werd bij toeval ontdekt door William Herschel, een beroemde (amateur-) astronoom. De ontdekking van Neptunus was te danken aan twee wiskundigen, de Fransman Le Verrier en de Brit Couch Adams. Zij hadden onafhankelijk van elkaar de positie van een onbekende planeet voorspeld aan de hand van afwijkingen in de baan van Uranus. Le Verrier zocht contact met de Duitse astronoom Galle, van de Berlijnse Sterrenwacht, die de nieuwe planeet bij zijn eerste poging ontdekte, op de voorspelde plaats aan de hemel.

Natuurlijk zijn er veel meer hemellichamen ontdekt, zoals Pluto (inmiddels behorend tot de klasse van dwergplaneten) en veel andere werelden: planetoïden, ijsdwergen, satellieten (manen) enzovoorts. Al die werelden waren bij de geleerden in de Oudheid niet bekend.

Vraag 2:

Wil je uitleggen hoe de maan is ontstaan? Was het een botsing met de aarde? Is daardoor de aardas scheef komen te staan. Waarom keert de maan steeds dezelfde kant naar de aarde? Waarom heeft de maan geen magnetisch veld? (Aren de Keizer)

Antwoord

Het zonnestelsel ontstond 4,567 miljard jaar geleden, door het ineenstorten en daardoor dichter worden van een grote wolk van (waterstof) gas en stof. De dichtste delen van die wolk (kernen) groeiden uit tot protoplaneten, en die vormden weer de huidige planeten.

In het begin draaiden er waarschijnlijk twee protoplaneten in dezelfde baan rond de zon: de proto-Aarde en een object ter grootte van Mars dat men *Theia* noemt. In de loop der tijd naderde *Theia* langzaam de aarde. Circa 4,53 miljard jaar geleden, toen het zonnestelsel nog maar 40 miljoen jaar oud was, botsten de twee met elkaar, met een snelheid van 10 km/s. De kleinere *Theia* werd daarbij vernietigd en de aarde smolt door de hitte die vrijkwam bij de botsing. Mogelijk kreeg de aarde hierbij zijn gehelde aardas. *Theia*'s kern smolt samen met de aardse kern waardoor de aarde zijn relatief grote, zware kern kreeg.

Het materiaal van de mantel van *Theia* en veel van de aardse mantel verdween in de ruimte. Uit 2% van dat materiaal vormde zich in de loop van honderd jaar de maan. De rotatieperiode van de aarde (de 'dag') was door de botsing versneld tot slechts vijf uur.

De maan heeft een veel lagere dichtheid dan de aarde en deze *Grote Inslag Theorie* (beter: *hypothese*) kan dat goed verklaren. Het mantelmateriaal van *Theia* en de aarde bestond immers puur uit silicaten (gesteenten), met een veel lagere dichtheid dan metalen.

Er zijn allerlei ondersteunende bewijzen voor deze hypothese, zoals de hierboven genoemde feiten en de indentieke verhoudingen waarin stabiele *isotopen* in de gesteenten van de maan en de aarde voorkomen (isotopen zijn de verschillende vormen waarin elementen, zoals zuurstof, koolstof of silicium).



Er zijn echter ook tegenargumenten. Zo moet Venus soortgelijke grote inslagen hebben ondergaan. Toch heeft Venus geen maan.

Is daardoor de aardas scheef komen te staan?

Dat is niet ondenkbaar, hoewel de andere planeten ook invloed hebben op de stand van de aardas.

Waarom keert de maan steeds dezelfde kant naar de aarde?

Van de maan zien wij inderdaad altijd maar één kant, hoewel we door de **libraties** (zie mijn boek *Genieten van de sterrenhemel*, pagina 9) in de loop van de tijd in totaal 59% van het maanoppervlak kunnen zien.

Wat is het geval? De **rotatieperiode** (de tijd nodig om één aswenteling te maken) van de maan is net zo lang als haar **omlooperperiode** (de tijd nodig voor één rondje om de aarde). We noemen dat verschijnsel **synchrone rotatie** en we zien het bij alle grote satellieten (of *manen*) in het zonnestelsel.

Bij Pluto en zijn maan Charon is het zelfs zo dat zij elkáár hebben gesynchroniseerd!

Waarom heeft de maan geen magnetisch veld?

Voor het opwekken van een magnetisch veld zijn twee dingen belangrijk: elektrisch geleidend materiaal en beweging in dat materiaal. Op die manier ontstaat een elektrisch veld en dat op zijn beurt veroorzaakt het magnetisch veld. Elektriciteit en magnetisme gaan altijd hand in hand. Een proces dat een magnetisch veld in een hemellichaam veroorzaakt noemen we een **dynamo-mechanisme**, naar het apparaat om elektriciteit op te wekken.

In de aarde wordt materiaal rond de vaste kern, in de gesmolten buitenkern (waar het materiaal inderdaad elektrisch geleidend is) opgewarmd door onder andere het verval van radioactieve elementen. De kern van de aarde is heter dan de buitenkant van de zon! Dat opgewarmde materiaal zet uit en wordt lichter ten opzichte van koeler materiaal in de buurt. Daardoor gaat

het opstijgen. Een dergelijk proces noemen we **convectie**. Dat is de bewegingsfactor.

Bij de gasreuzen, Jupiter en Saturnus, ontstaat het magnetisch veld waarschijnlijk door metalische waterstof (waterstof dat onder enorme druk is samengeperst tot een metaalachtige vaste stof) in de kern, en de rotatie van de planeet. Bij Uranus en Neptunus wordt het magnetisch veld niet opgewekt in de kern maar in de mantel, het deel van een planeet tussen de kern en korst of buitenlagen.

Waarom heeft de maan geen magnetisch veld? Wel, de maan is geologisch dood! De maan is van binnen vermoedelijk geheel gestold en de beweging van materiaal, nodig om een magneetveld op te wekken, is er niet.

Vraag 3:

Waar komt het water op aarde vandaan? Ruimte ijsklompen? Een geweldige reactie van H₂ en O₂? (Aren de Keizer)

Antwoord

De aarde is heel bijzonder omdat er vloeibaar water is aan haar oppervlak. De andere rotsplaneten hebben dat niet. Waar dat water vandaan kwam is al een langdurige discussie, afgezien van de waarschijnlijkheid dat er meerdere bronnen waren van dat water.

De enorme wolk van gas en stof waaruit de zon en alle andere objecten in het zonnestelsel 4,567 miljard jaar geleden ontstonden

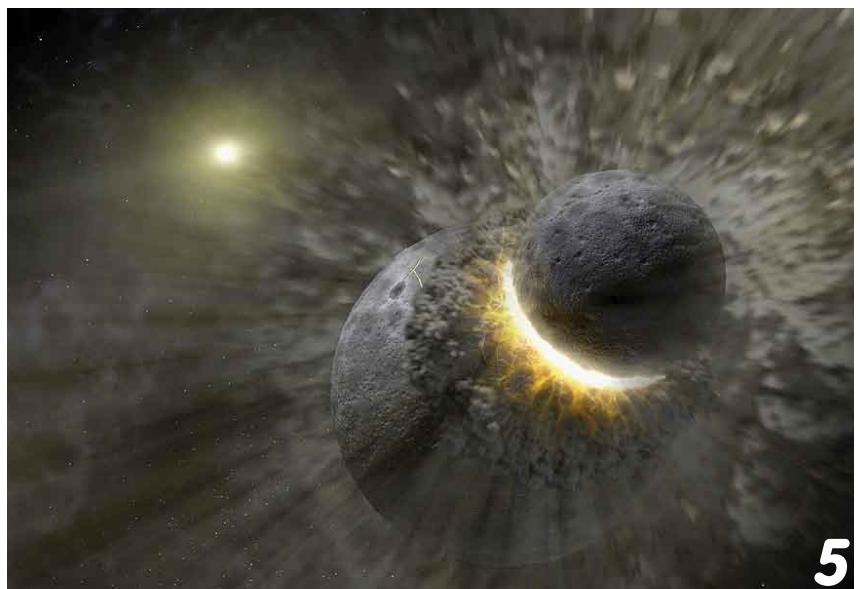
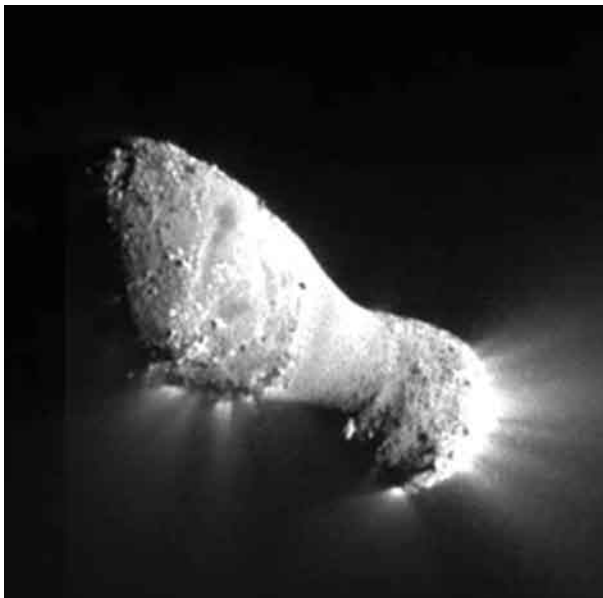
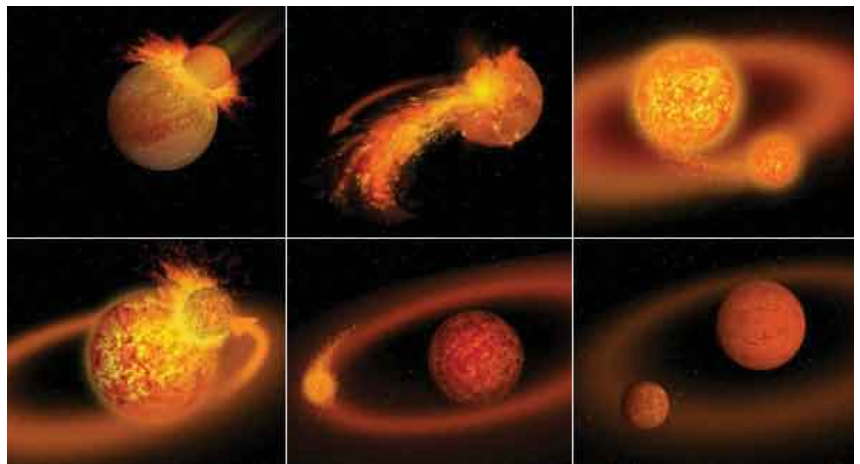
Water

Water bestaat uit waterstof (het meest voorkomende element, met bijna 73,9%) en zuurstof, met 1,04% de nummer 3 van meest voorkomende elementen. Water bestaat uit twee atomen waterstof en een atoom zuurstof, volgens de scheikundige formule H₂O. Waterstof wordt wel knalgas genoemd: als je het aansteekt reageert het bliksemsnel met de zuurstof in de lucht en krijg je een grote knal. Dus... 'Don't try this at home!'

Linksonder: kometen waren een bron van water op Aarde, want zij bestaan voor een zeer groot deel uit ijs. Dit is de komeet 103P Hartley 2, in 2010 gekiekt door NASA's ruimtesonde Deep Impact.

Rechtsboven: volgens de Theia-hypothese zou de maan in een eeuw zijn gevormd uit ca. 2% van het materiaal dat bij de enorme botsing de ruimte in was geslingerd.

Rechtsonder: een fraaie 'artist impression' van hoe die inslag er ruim 4,5 miljard jaar geleden misschien uitzag.



Ander bombardement

Vóór het Grote Oerbombardement, 4,1 tot 3,8 miljard jaar geleden, was er een ander groot bombardement. Dat werd veroorzaakt door Jupiter die toen in de richting van de zon bewoog. Daarbij kwam de reuzenplaneet midden in de Planetoïdengordel terecht, waarbij hij 90 tot 95% van alle planetoïden wegslingerde. Veel van die kleine planeetjes werd naar het binnenste zonnestelsel gestuurd: naar het gebied van de rotsplaneten.

Vraag 6

Zijn er nog andere planeten waar leven is? (John van Leeuwen)

Antwoord

Het meest intelligente antwoord dat ik op die vraag kan geven is: 'Waarschijnlijk wel'.

We kunnen het echter niet met zekerheid zeggen totdat we zulk leven hebben ontdekt, of er mee kennis gemaakt. In dat laatste geval mogen we hopen dat die wezens een stuk verder zijn in hun geestelijke ontwikkeling en niet zo gewelddadig zijn als de mens...

Mercurius-dag

In twee omlopen om de zon draait Mercurius drie maal om zijn as. Daardoor kent deze kleine planeet een 'zonedag' van 176 aardse dagen.

Linksonder: de dader van het eerdere grote bombardement, de gasreus Jupiter. Deze planeet is 2½ maal zo groot als alle andere planeten én hun manen bij elkaar!

Rechtsonder: Vesta is de derde planetoïde in grootte. Deze opname werd gemaakt in de periode 2011-2012, toen de ruimtesonde Dawn een jaar lang rond Vesta cirkelde. Momenteel is Dawn onderweg naar de grootste planetoïde, Ceres.

bevatte óók water. Zo dicht bij de proto-zon bleef het meeste water gasvormig (dus als waterdamp) en veel daarvan werd door de zon weggeblazen toen de zon een ster werd en ging schijnen. Toch zit een deel van dat water opgesloten in mineralen.

Kometen bestaan voor meer dan de helft uit waterijs. Tijdens het Oerbombardement, 4,1 tot 3,8 miljard jaar geleden, werden miljoenen grote en kleine ijswerelden in de richting van de zon gestuurd. En daar waren ook de rotsplaneten! Het bombardement werd veroorzaakt door de buitenste planeten die langzaam van de zon af bewogen, in het gebied dat we nu de Kuiper gordel noemen.

Alle planeten en hun manen werden op die manier hevig toegetakeld. De maanzeeën op de maan (zoals Mare Tranquillitatis, waar in juli 1969 de Apollo 11 landde) ontstonden in die periode. En de botsende kometen lieten daarbij water achter. Het water van kometen heeft echter een net iets andere samenstelling van de isotopen van waterstof en zuurstof dan het meeste water op Aarde...

Planetoïden

Dichter bij huis, tussen de banen van Mars en Jupiter, vinden we kleine rotswerelden in hun eigen banen om de zon: planetoïden. Die objecten bevatten echter niet alleen gesteenten en metalen, maar ook water. De hoeveelheid water in de grootste planetoïde, Ceres, is 15% van de hoeveelheid in de aardse oceanen (ook al vormt water maar een vijf biljoenste van de massa van Ceres).

Men denkt nu dat planetoïden de grootste bron van het water op Aarde zijn. Die zijn namelijk ooit in hele horden het binnenste zonnestelsel in geslingerd door Jupiter (zie kader).

Water op andere planeten

Waarom is er dan geen water op andere planeten? Die zijn toch net zo bekogeld als de aarde?

We moeten daarvoor naar wat andere eigenschappen van de aarde kijken, die nodig zijn om water in vloeibare toestand te hebben.

De aarde heeft een baan in de zogenaamde **leefbare zone**, waar vloeibaar water op een planeet mogelijk is. De andere drie rotsplaneten liggen daar buiten. Verder heeft de aarde een niet te dunne en niet te dikke dampkring, die een beperkt broeikas effect oplevert. Venus' atmosfeer is zéér dicht en bestaat voor het grootste deel uit het broeikasgas kooldioxide, waardoor de zonnewarmte veel meer wordt vastgehouden. Het gevolg is dat het op het oppervlak van Venus 462°C is, heet genoeg om lood te laten smelten. Mercurius heeft echter geen, en Mars een zeer ijle atmosfeer. Op Mercurius is het 'overdag' (zie kader) veel te heet voor water, op Mars is het er (nu in elk geval) veel te koud voor.

Daar komt nog bij dat onze dampkring en het aardmagnetisch veld voorkomen dat de watermoleculen door de straling van de zon worden gesplitst in waterstof en zuurstof, en de ruimte in verdwijnen.

De aarde is dus gewoon de perfecte plek!

Vraag 4

Tijdens de ontwikkeling van de aarde is er een hele grote 'zuurstof crisis' geweest. Ontstaan van steenkool, na de afsterving van de ontzettend grote bossen. Wat gebeurde er toen? (Aren de Keizer)

Antwoord

Ongeveer 2,5 miljard jaar geleden ontstonden er blauwalgen (stromatolieten!) die het zonlicht gebruikten om water en kooldioxide om te zetten in suikers, door een proces dat we **fotosynthese** noemen. Bij dat proces komt zuurstof vrij. De meeste levensvormen van nu zijn afhankelijk van die zuurstof, maar voor sommige organismen is het onnodig (anaerobe organismen) of zelfs giftig. De eerste 200 miljoen jaar vormde zuurstof geen probleem voor die organismen omdat er uitgebreide ijzerhoudende sedimentlagen waren. Dat ijzer roestte en haalde zo de meeste zuurstof uit de lucht. Op een bepaald moment was al dat blootliggende ijzer echter verroest en kwam zuurstof in grote hoeveelheden in de dampkring. In 2000 jaar zou het zuurstofniveau van nu gehaald kunnen zijn! Het gevolg was de eerste grote uitsterving van organismen, in dit geval van eencelligen want andere levensvormen waren er nog niet. Dat is de **Grote Zuurstofcrisis**.

Vraag 5

Wat is nu nog de 'missing link' in het onderzoek naar het bestaan van leven? (Aren de Keizer)

Antwoord

Dat is niet gemakkelijk te beantwoorden. Een 'missing link' is een soort tussenvorm in de evolutie van soorten. Een soort splitsing, een vertakking aan de boom van het leven. Een soort kan miljoenen jaren onveranderd blijven omdat de omstandigheden niet veranderen. Als die omstandigheden opeens wel sterk veranderen is de soort niet meer goed aangepast (in het Engels: *fitted*) aan zijn omgeving. Exemplaren met een kleine genetische verandering (**mutatie**) kunnen nu opeens beter aangepast zijn aan hun leefomgeving. Dat is dan het begin van een nieuwe soort, die vervolgens heel snel verder kan evolueren vanwege alle nieuwe kansen, totdat weer een stabiele situatie ontstaat waarin de nieuwe soort langdurig onveranderd blijft.

Fosielen van *missing links* zijn dus per definitie erg zeldzaam. Ze worden zeker gevonden en zijn zeer belangrijk voor ons begrip van de evolutie van soorten. Ik kan niet zeggen welke er nog ontbreken.

