

De kleine werelden van het zonnestelsel

Vesta, Ceres en Pluto nader bekeken

Rob Walrecht

Leer het heelal te begrijpen

Rob Walrecht Productions

De ontdekking van het zonnestelsel

Bij het lezen

In deze brochure zijn belangrijke begrippen vet gedrukt. Als zo'n begrip op een andere plek ook wordt genoemd staat het daar cursief gedrukt (in kaders vet en cursief). In dat geval moet je even teruggaan in de tekst voor een verklaring. Let op: namen en codes van kleine objecten, en zaken die met taal te maken hebben, staan ook cursief.

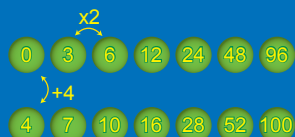
Het zonnestelsel

Het allerbelangrijkste hemellichaam in ons zonnestelsel is de zon. De zon bevat bijna 99,9% van alle materie (of massa) in het zonnestelsel. De 0,1% die overblijft is het 'afval' van de vorming van de zon. Van alles dat om de zon beweegt (dus die 0,1%) zit in:

Jupiter	71%
Saturnus	21%
Uranus & Neptunus	7,1%
Aarde & Venus	0,41%
Mars & Mercurius	0,04%
7 grootste manen	0,02%

Je begrijpt dat er niet veel overblijft voor de kleinere objecten: dwergplaneten, planetoïden, ijsdwerfen, manen en kometen.

Regel van Titius-Bode



afstand	Bode	werkelijk	AE
Mercurius	4	3,9	0,39
Venus	7	7,2	0,72
Aarde	10	10,0	1,00
Mars	16	15,2	1,52
-	28	-	-
Jupiter	52	52,0	5,20
Saturnus	100	95,4	9,54
Uranus	196	191,8	19,18
Neptunus	-	300,6	30,06

Hierboven: de Regel van Titius en Bode (ca. 1770). 1 AE (Astronomische Eenheid) is de afstand Aarde - Zon, of 149,6 miljoen km. Deze afstandseenheid wordt binnen het zonnestelsel gebruikt.

Rechts: de afmetingen van de objecten die het onderwerp zijn van deze brochure, in verhouding tot Europa.

Kleine werelden

Jaar van de dwergplaneten

2015 is het jaar waarin twee tot de verbeelding sprekende werelden door aardse verkenners worden bezocht. Het gaat om twee *dwergplaneten*, de grootste zonnestelselobjecten die voor het éérst worden verkend sinds Voyager 2 in 1989 Neptunus en Triton bezocht.

In maart-april 2015 komt de ruimtesonde *Dawn* bij de grootste planetoïde Ceres aan, op 14 juli zal *New Horizons* langs Pluto en zijn manen scheren. Beide toestellen zijn dan al jaren onderweg: *Dawn* 7½ jaar, *New Horizons* 9½ jaar.

Dawn cirkelde in 2011-2012 al veertien maanden rond Vesta, de eerste grote planetoïde die van nabij werd bestudeerd en gefotografeerd. Daarom besteed ik extra aandacht aan dit object. De derde grote planetoïde, Pallas, komt ook een beetje aan bod, ook al zijn er geen plannen hem te bezoeken.

Ceres, Vesta, Pallas en Pluto worden gezien als **protoplaneten**, overblijfsels van de grote bouwstenen waaruit 4,567 miljard jaar geleden de planeten werden gevormd. Toch zijn ze verschillend van samenstelling en ontwikkeling. Tot slot heb ik aan het eind een klein stukje geschreven over het bezoek van de Europese ruimtesonde *Rosetta* aan de komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko, en de landing van de meegevoerde robot *Phylae* op die komeet. Dat heb ik gedaan omdat die missie een prachtige start is van een bijzonder jaar van planetaire ontdekkingen. Alles dat ik er nu over zou schrijven is echter verouderd als de brochure uit is, dus ik houd het nu beknopt. In 2016 komt een boekje uit waarin ik de resultaten van al die missies zal beschrijven.

De ontdekking van het zonnestelsel

Sinds mensenheugenis kenden we de zon, de maan en vijf planeten - plus de aarde. Het woord *planeet* komt van het Griekse *aster planetes*, dat 'dwaalster' betekent: planeten bewegen tegen de achtergrond van 'vaste sterren'. In 1780 kenden we verder tien natuurlijke **satellieten (manen)**: onze eigen Maan, de vier grote manen van Jupiter en de vijf grote manen van Saturnus. Men noemde toen trouwens alle objecten *planeten*, of ze nu om de zon bewogen of om een andere planeet.

Verder verschenen er regelmatig kometen aan de hemel, maar daar snapte men niets van. Men was doodsbang voor die vreemde hemelverschijnselen die zo maar kwamen en weer verdwenen. Ze zouden dood en verderf brengen. Ons beeld van het heelal veranderde in 1781, toen William Herschel bij toeval een 'echte' planeet ontdekte: Uranus.

Die ontdekking bracht een golf van opwinding teweeg, vooral omdat de afstand tot de nieuwe planeet paste in de *Regel van Titius-Bode*. Rond 1770 hadden twee Duitse astronomen deze vreemde 'wetmatigheid' opgemerkt. In het kort komt het neer op de serie getallen boven in de illustratie links, waarna je bij elk getal 4 optelt. De tabel die zo ontstaat geeft met een opvallende nauwkeurigheid de afstanden van de planeten tot de zon weer, tot en met Uranus! Daarna gaat het echter mis...

Er is geen wetenschappelijke verklaring voor deze regel en ook in de 18e eeuw werd hij niet erg serieus genomen. Totdat Uranus eraan leek te voldoen! Dat had een onverwacht erg interessant bijeffect.



De ontdekking van het zonnestelsel

Hemel Politie

Aangezien de nieuwe planeet aan de regel voldeed startten 24 Europese astronomen een zoektocht naar een planeet tussen de banen van Mars en Jupiter: de *Hemel Politie*.

Enkele maanden later, op 1 januari 1801, ontdekte Giuseppe Piazzi bij toeval een klein bewegend object in de STIER, met een baan die prima voldeed aan de door Titius-Bode voorspelde afstand tot de zon. Hij noemde 'zijn' planeet Ceres. Een jaar later werd nog een object in hetzelfde gebied ontdekt: Pallas.

De nieuwe planeten bleken erg klein te zijn. Zelfs met de hoogste vergrotingen zag men ze door de telescopen als niet meer dan lichtpunten, terwijl de andere planeten als een schijfje werden gezien. Als ze niet zo snel aan de hemel bewogen zou men ze verwarren met sterren! Daarom stelde William Herschel in 1802 voor om ze *asteroids* te noemen ('sterachtigen'). Het Nederlandse *planetoïde* ('planeetachtige') dekt de lading echter beter, omdat ze wel degelijk langs de hemel bewegen.

Na de ontdekkingen van Juno (1804) en Vesta (1807) lag de zoektocht naar nieuwe planeten lang stil, maar vanaf 1845 ging het snel. Rond 1865 waren er al honderd bekend. In 1846 werd overigens ook een grote planeet ontdekt: Neptunus. Zijn afstand komt niet eens voor in het rijtje van Titius en Bode!

Je begrijpt dat het niet meer handig was om ze allemaal *planeten* te noemen. Alle kleintjes werden uit de lijst met planeten geschrapt en Neptunus werd officieel de achtste planeet. Niemand maakte daar een probleem van. Geleidelijk kwam ook die naam *planetoïde* steeds meer in gebruik.

Planetoïdengordel

De meeste planetoïden vinden we in een brede, dikke ring tussen de banen van Jupiter en Mars, met de vorm van een autobinnenband. Dat noemen we in de sterrenkunde een *gordel*, dus dit is de **Planetoïdengordel**. De grenzen van de Planetoïdengordel, en op welke afstanden planetoïden om de zon 'mogen' bewegen, worden bepaald door *baanresonanties* met Jupiter (zie kader). De totale massa van de objecten in de Planetoïdengordel is slechts 4% van de massa van de maan.

Men schat dat de Planetoïdengordel 25 miljoen planetoïden bevat van minstens 100 m diameter, waarvan er 750.000 planetoïden groter zijn dan 1 km. Daarvan zijn er slechts 30 groter dan 200 km. Ceres is verreweg de grootste planetoïde, gevolgd door Pallas en Vesta (zie tabel hieronder).

Pluto

In 1930 werd een nieuwe, 'echte' planeet ontdekt, na een jarenlange speurtocht naar een *Planeet X* die de banen van Uranus en Neptunus zou storen. Al snel bleek deze planeet Pluto vrij klein en die storingen bleken niet te bestaan. Door zijn vreemde baan en kleine formaat kwam zijn status als 'planeet' steeds meer onder druk te staan, tot in 2005 de grotere 'planeet' Eris werd ontdekt. Dat leidde ertoe dat Pluto werd overgeheveld naar de nieuwe klasse van **dwerfplaneten**, waartoe eind 2014 Pluto, Eris, de planetoïde Ceres en de ijsdwerfen Haumea en Makemake behoren. De soms verhitte discussie over Pluto's status gaat echter door. Heel anders dan toen een eeuw eerder de planetoïden werden 'gedegradeerd'!

Baanresonantie

Als de omloopbanen van twee hemellichamen in een 'mooie' verhouding tot elkaar staan, zullen ze een regelmatige, periodieke zwaartekracht op elkaar uitoefenen, vooral als de omlooperperioden een verhouding hebben die je schrijft als een gehele breuk: 1:2, 2:3, 3:5 enzovoorts. We noemen dat **baanresonantie** en het zorgt voor een versterking van de wederzijdse aantrekkingskracht. Neptunus en Pluto zijn bijvoorbeeld in een 2:3 resonantie, wat inhoudt dat Neptunus drie maal om de zon beweegt in de tijd die Pluto nodig heeft voor twee omlopen. Het is een stabiele resonantie want zij zullen elkaar nooit tegenkomen.

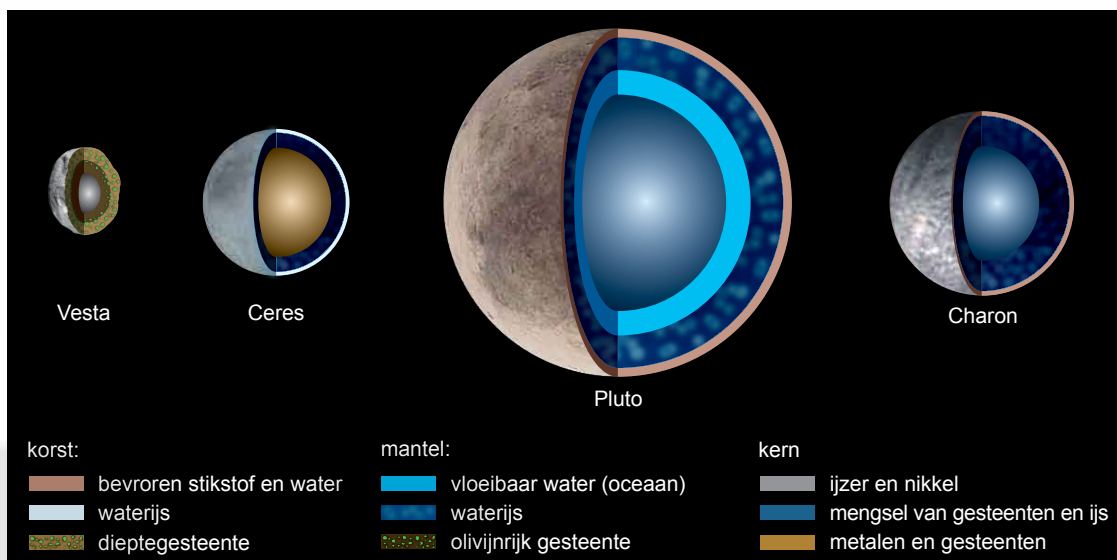
Meestal leidt het echter tot een situatie die niet stabiel is. Beide objecten zullen zó van baan veranderen dat de resonantie verdwijnt.

De Jupitermanen Ganymedes, Europa en Io verkeren in een 1:2:4 resonantie: na één omlooperperiode van Ganymedes heeft Europa er twee en Io er vier volbracht.

Resonanties van de manen van Saturnus zorgen voor de scheidingen in de ringen, op dezelfde manier waarop in de Planetoïdengordel zones zijn 'opgeschoond' (dus leeg) door baanresonanties van Jupiter.

Tabel 1: Gegevens Ceres, Pallas, Vesta en Pluto

	diameter (km)	dichtheid (g/cm ³)	rotatie- periode (‘dag’)	albedo	temperatuur. min/max (°C)	afst. tot Zon (miljoen km)			baanexcen- tricititeit	baanincli- natie (°)	omloop- periode (‘jaar’)
						gem.	perihelium	aphelium			
Ceres	952	2,206	9u 04m	0,090	-105/-38	413,91	382,5	445,3	0,075	10,6	4jr 219d 04u
Pallas	544	2,8	7u 49m	0,159	-8/-110°C.	414,70	318,9	510,4	0,23	34,8	4jr 226d 11u
Vesta	529	3,46	5u 21m	0,423	-20/-190	353,27	321,8	384,7	0,09	7,13	3jr 230d 03u
Pluto	2329	2,03	6d 9u 17½m	0,49-0,66	-240/-218	5906,4	4436,8	7375,9	0,245	17,15	247,68jr
Charon	1207	1,65	6d 9u 17½m	0,38	-220	-	-	-	0?	0,001	6d 9u 17½m



Tabel hierboven: de hier genoemde begrippen worden uitgelegd in de tekst. De baangegevens van Charon zijn die rond Pluto (zie ook **Synchronisatie**, pag. 7). Baanexcentriciteit: bij een perfecte cirkel is die waarde 0, bij een ellips altijd kleiner dan 1.

Links: de vier belangrijkste objecten van de Dawn en New Horizon missies. Dieptegesteente (of plutoniet) is stollingsgesteente dat diep onder het aardoppervlak is gestold.

Vesta



Hierboven: de beste foto die we hadden van Vesta, vóór Dawn daar in 2011 aankwam, was van de Hubble Space Telescope. Dat belooft veel voor Ceres!

Differentiatie

Veel leden van het zonnestelsel waren ooit helemaal gesmolten. Dat kwam door de botsingen waardoor ze aangroeiden (accretie) en door radioactief verval van elementen in hun binnenste. Daardoor zakten de zwaarste materialen (metalen en zware mineralen) en vormden zo de kern. De lichtste stoffen vormden een korst en het gebied tussen de korst en de kern noemen we de mantel (gesteenten of waterijs, vaak in een traag vloeibare toestand). Dit proces heet differentiatie. Bij waterrijke objecten zal de korst van keihard waterijs zijn en de mantel bijvoorbeeld van taai stroperig waterijs, door inwendige warmte. Net zoals warm magma het aardoppervlak bereikt, hebben deze werelden ijsvulkanen en ijslava.

Bepaalde kenmerken in de foto's zijn met gele lijnen aangegeven.

Linksboven: de 'snowman' kraters, in kleur.

Linksonder: die kraters zijn hier duidelijk te zien. De bult onderaan is, met 23 km, de hoogste berg van het zonnestelsel!

Rechtsboven: de lengte van het grootste slenkengebied, Divalia Fossa (465 km lang!), is hier goed te zien.

Rechtsonder: een hoogtekaart van het zuidelijk half-rond (donkerblauw is het laagste, rood het hoogste terrein, t.o.v. een gemiddeld niveau). De cirkels geven de twee inslagbekkens aan. De grootste is Rheasilvia. De centrale berg in het midden van de cirkel (groenig) is die welke op de foto linksonder is te zien.

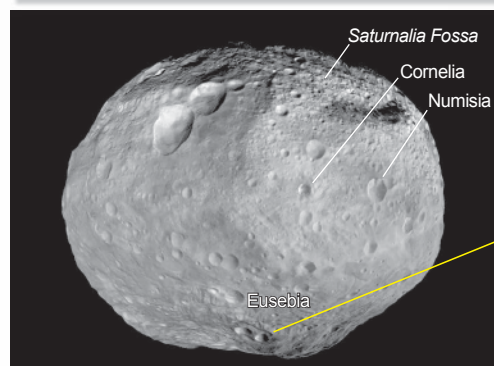
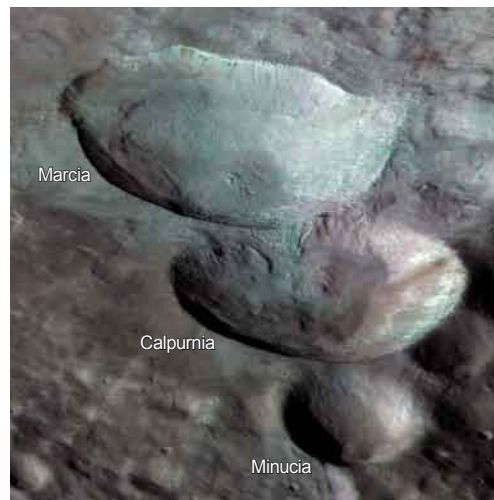
Vesta

Mislukte dwergplaneet

Vanaf de aarde gezien is Vesta de helderste planetoïde, door zijn ongewoon heldere oppervlak (*albedo* 0,423; zie Ceres). Soms is Vesta zelfs met het blote oog zichtbaar. Het is ook de op twee na grootste planetoïde, na Ceres en Pallas, ofschoon Vesta 'zwaarder' is dan Pallas (Vesta bevat 8,6% van de massa in de Planetoïdengordel, Pallas 7,0%). De *gemiddelde dichtheid* van Vesta (zie tabel op pag. 3) geeft aan dat Vesta vooral uit gesteenten bestaat, met weinig water. Pallas heeft een wat kleiner percentage gesteenten. Het oppervlak van Vesta is zo groot als dat van Pakistan.

Vesta is niet mooi rond maar onregelmatig van vorm. Dat geldt voor Pallas mogelijk ook. Op foto's van Dawn zijn twee enorme inslagbassins te zien op Vesta. Die inslagen waren verwoestend en het materiaal dat bij die inslagen werd weggevoerd kwam voor een groot deel rond de equator neer. Daardoor ontstond Vesta's afgeplatte, gekreukelde vorm. Het is geen *dwergplaneet* omdat hij niet rond is.

Men heeft berekend dat bij de inslag ongeveer een honderdste van Vesta's volume werd weggeslagen, waaronder veel grote brokstukken. Dat leverde een 'familie' van planetoïden op: de *Vesta familie*. Naast Vesta zijn er ruim 6000 *Vestoiden* (samen 6% van de Planetoïdengordel) van 10 km of kleiner, allemaal met banen die vergelijkbaar zijn met die van Vesta. Ook zijn op Aarde meer dan 1200 meteorieten gevonden die afkomstig zijn van Vesta, zodat we al vóór Dawn aardig wat over hem wisten.

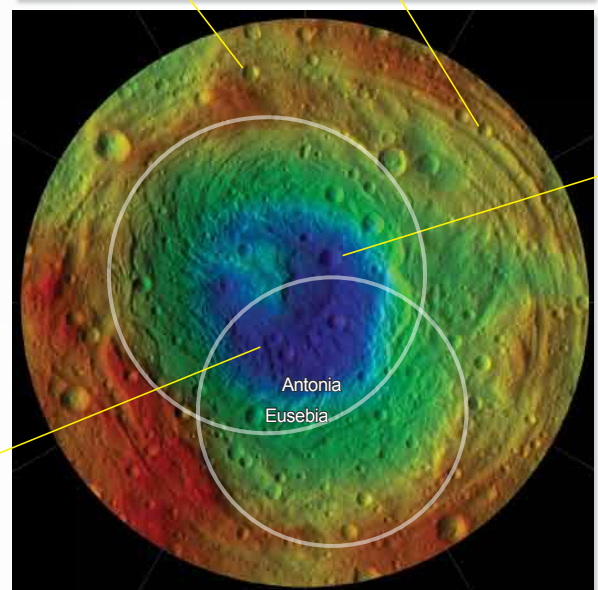
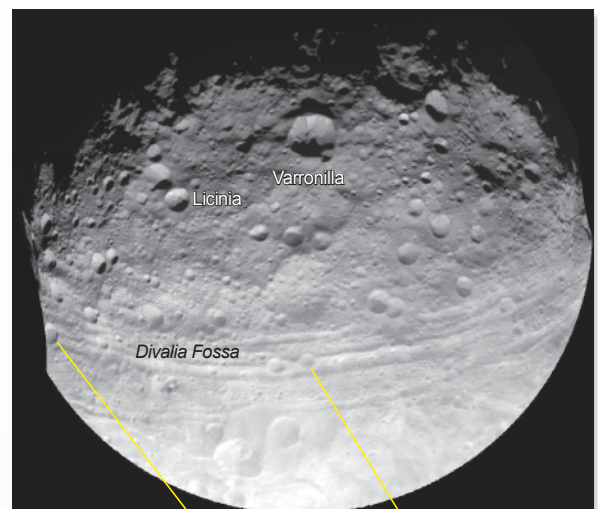
**Baan van Vesta**

Vesta's baan ligt in het binnenste deel van de Planetoïdengordel, op een **gemiddelde afstand** van ruim 353 miljoen km van de zon (zie tabel op pag. 3). De baan is excentrisch, zoals alle banen. Omloopbanen zijn altijd in meerdere of mindere mate elliptisch, en een ellips heeft geen middelpunt, maar twee brandpunten, met in dit geval de zon in een van die brandpunten. Het punt in Vesta's baan dat het dichtst bij de zon ligt (het **perihelium**) ligt op 322 miljoen km, het verste punt (**aphelium**) op 385 miljoen km van de zon.

Vesta is *gedifferentieerd* (zie kader) maar later, bij twee bijna catastrofale inslagen, erg veranderd. Hij is afgeplat, met een lengte die 30% groter is dan de breedte (573 bij 446 km) en een gedeukte, rommelige zuidpool.

Pallas is waarschijnlijk 582 bij 500 km, en is mogelijk gedeeltelijk gedifferentieerd.

De korst van Vesta is vermoedelijk 80 km dik. Net als de aardachtige planeten heeft Vesta een ijzer-nikkel kern, die ruim 200 km in diameter is. Tussen de korst en de kern vinden we de mantel die ook ongeveer 80 km dik is.



Vesta

Kraters

Ongeveer 2 miljard jaar geleden doorstond Vesta een gigantische inslag waarbij het 400 km grote Veneneia inslagbekken ontstond (een bekken is een grote krater). Vesta is zelf gemiddeld maar 529 km groot! De inslag was aan de zuidpool. Een miljard jaar later kwam daar een nog grotere inslag overheen, waarbij het 500 km grote Rheasilvia inslagbekken werd gevormd, deels over het oudere bekken heen. Dat laatste bekken is ongeveer 19 km diep en de centrale berg torent 23 km boven de bodem van de enorme krater uit. Daarmee is het de hoogste berg in het zonnestelsel!

(Een **centrale berg** ontstaat overigens als bij de inslag gesmolten bodemmateriaal 'terugveert' en dan stolt.)

Het hoogste deel van de kraterwand komt zelfs tot 31 km boven het laagste deel van de bodem! De maan heeft slechts negen zeeën die even groot of groter zijn dan Rheasilvia, en dat op de zeven maal kleinere Vesta!

Uit onderzoek van Vestoiden en van Vesta afkomstige meteorieten is gebleken dat de inslag tot in de mantel (dus 80 km diep) reikte. De bodem van de Rheasilvia krater bevat verder olivijn, een mineraal dat alleen in de mantel wordt gevormd.

Diverse oudere kraters benaderen de twee reuzen in grootte. Ferialia Planitia is 270 km in diameter. Jongere kraters, zoals Varronilla (158 km) en Postumia (196 km) zijn 'scherper' afgebakend.

Een opvallende groep kraters wordt officieus de 'snowman' genoemd. Het zijn de kraters Marcia, Calpurnia en Minucia, die samen doen denken aan een sneeuwpop. Marcia is de jongste, Minucia de oudste. Dat zie je omdat jongere kraters over oudere heen liggen.

Troggen

Het equatoriale gebied van Vesta wordt vooral ingenomen door wat men *troggen* noemt. Men vermoedt dat het slenken zijn, valleien die tussen twee breuken ontstaan als die van elkaar wegschuiven. Die breuken kunnen het gevolg zijn geweest van de twee grote inslagen aan de zuidpool.

Het grootste slenkengebied, Divalia Fossa, loopt grofweg evenwijdig aan de equator. Deze is zo'n 465 km lang (28% van de omtrek van Vesta), maximaal 22 km breed en ca. 5 km diep. De Grand Canyon is 'slechts' 446 km lang! De andere groep slenken, Saturnalia Fossa, ligt noordelijker en onder een hoek van 20-25° t.o.v. de equator. Dat systeem is ruim 370 km lang en ongeveer 40 km breed. Beide fossae behoren tot de langste valleienstelsels in het zonnestelsel.

Verder komt men 'putten' tegen in de kraters Marcia, Cornelia, Numisia en Licinia. Men neemt aan dat die zijn ontstaan toen gassen ontsnapten uit de bij de inslag verhitte korst.

Een andere verrassende ontdekking betrof die van lange, kronkelende geulen. Deze beginnen onderaan steile kraterwanden en lopen kris-kras, ook door elkaar heen, naar de bodem van de krater. Daar eindigen ze in een soort enorme 'plakken', die bestaan uit sedimenten. Deze verhoogde vlaktes zijn in de kraters Marcia en Cornelia bedekt met die putten.

De geulen lijken erg op bepaalde Marsgeulen en men denkt dat ze ook hier zijn uitgesleten door waterstromen. Dat water zou op Vesta zijn gekomen door inslagen van waterrijke objecten, waarna het in de bodem werd opgenomen en daar bevroor. Bij latere inslagen smolt het ijs en stroomde het naar beneden, waar het verdampte en zo putten veroorzaakte.

Gemiddelde dichtheid

*De dichtheid is de massa van een stof per volume, in g/cm³. Zo heeft puur water een dichtheid van 1 g/cm³. Objecten in het zonnestelsel bestaan uit allerlei stoffen: metalen, mineralen (gesteenten, vooral silicaten), vluchtige stoffen (zoals water), gassen. Daarom spreken we van de **gemiddelde dichtheid**.*

De dichtheden van mineralen liggen meestal tussen 2 en 3 g/cm³, metalen meestal veel hoger, vluchtige stoffen lager. De gemiddelde dichtheid vertelt ons dus iets over de samenstelling van een object. De aarde bestaat voornamelijk uit gesteenten en metalen en heeft dus een hoge gemiddelde dichtheid (5,52). Gasplaneten hebben natuurlijk een lage waarde (Jupiter 1,33, Saturnus 0,69: die zou op water blijven drijven!).

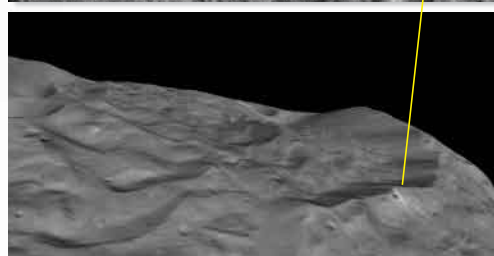
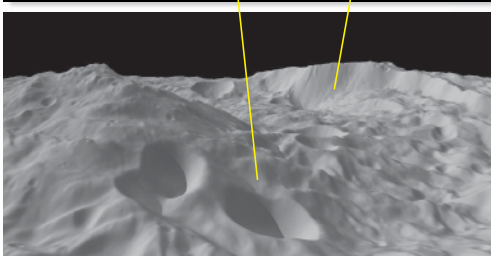
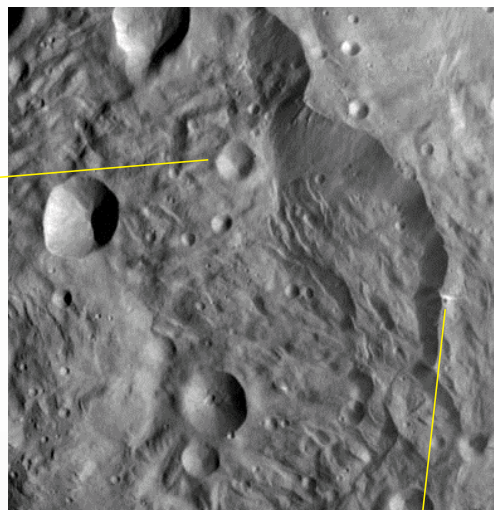
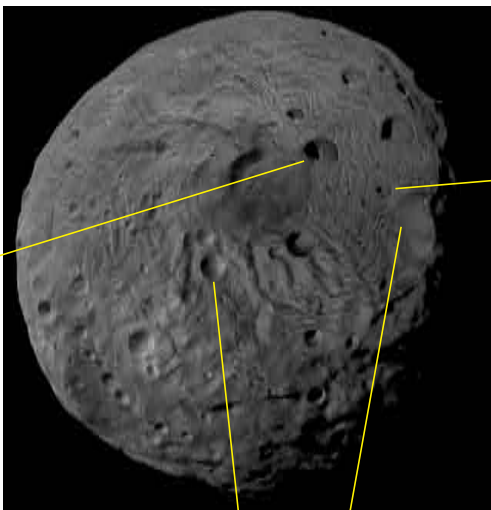
De waarde voor ijsdwerfen en veel manen ligt tussen 1,0 (voornamelijk ijzen) en 2,0 (half gesteenten en half ijzen). Vesta heeft als waarde 3,46 en bestaat dan ook vooral uit gesteenten. Ceres en Pluto zitten op resp. 2,2 en 2,0, dus bevatten veel water. Charon (1,65) heeft een nog groter percentage water. Water(ijs) brengt de gemiddelde dichtheid flink naar beneden. Sommige objecten bestaan hoofdzakelijk uit ijs, of zelfs uit lege ruimten: de maan Hyperion (Saturnus) heeft als gemiddelde dichtheid 0,54!

Linksboven: het zuidelijk halfrond van boven de pool gezien. Je ziet onder andere het Rheasilvia inslagbekken. De gele lijnen geven weer herkenbare kraters en andere kenmerken aan. Ga zelf ook eens lekker puzzelen!

Linksonder: het zuidpoolgebied van opzij gezien.

Rechtsboven: glooiend, bekraterd gebied rond de zuidpool. De enorme, steile rotswanden omsluiten een deel van het inslagbekken. Onderaan de rotswanden zie je terrein dat vermoedelijk het resultaat is van 'aardverschuivingen' (lawines).

Rechtsonder: dezelfde kliffen onder een kleinere hoek gefotografeerd. Wat het lichte gebiedje is (behalve een mooi herkenningspunt) weet ik niet. Misschien een verse lawine?



Ceres



Hierboven: tot maart 2015 is dit de beste foto van Ceres (Hubble). Je ziet er nauwelijks details op, ondanks de forse contrastversterking.

Planeet of dwergplaneet?

Sinds 2006 hebben we een definitie voor 'planeet', die bestaat uit drie eisen: een planeet moet:

- ☞ om de zon bewegen;
- ☞ onder zijn eigen zwaartekracht een bolvorm hebben gekregen;
- ☞ zijn baan domineren, ofwel hebben schoongeveegd.

Een object dat aan de eerste twee, maar niet aan de derde eis voldoet, noemen we een **dwergplaneet**.

Echter... Jupiter en Neptunus hebben **Trojanen** (een soort planetoïden) in stabiele posities in hun banen, net als de aarde en Mars. Die voldoen in feite niet aan de derde eis!

De International Astronomical Union (IAU) gaat over deze zaken en over de benaming van objecten.

Om onder zijn eigen gewicht een bolvorm te krijgen moet een object overigens een bepaalde minimum grootte hebben. Of liever: een minimum massa. 'Ijzige' objecten bereiken echter bij een kleinere massa (dus diameter) een bolvorm dan rotswerelden.

Albedo

Het albedo van een object is zijn weerkaatsend vermogen. Ceres' albedo is 0,090, wat betekent dat zijn oppervlak 9% van het zonlicht weerkaatst. De aarde is vrij helder door de wolken (0,367), Venus is nog helderder (0,65) en de maan Enceladus (Saturnus) heeft zelfs een albedo van 0,99: die is witter dan sneeuw! De maan is donker (0,12) en veel planetoïden zijn nog donkerder.

Rechts: een artist impression van Dawn die bij Ceres arriveert, voorjaar 2015.

Ceres

Superplanetoïde

Ceres is veruit de grootste planetoïde en de enige die groot genoeg is om een bolvorm te hebben: een voorwaarde om dwergplaneet te zijn (zie kader). Ceres alleen maakt al bijna 32% uit van de totale massa van de Planetoïdengordel, hoewel de totale massa van alle planetoïden slechts 4% is van de massa van de maan. Ceres heeft een oppervlak dat gelijk is aan dat van India.

Ceres is niet zonder verrekijker of telescoop te zien omdat zijn oppervlak donker is, dus weinig zonlicht weerkaatst. Met een *albedo* van 0,090 (zie kader) is hij wat donkerder dan de maan, die al niet erg helder is. Dat zou je niet zeggen als het volle maan is, maar op de maan is de 'volle Aarde' 42 maal zo helder!

Op Ceres zijn elf herkenbare heldere en donkere vlekken te zien, die met de **rotatieperiode** (duur van één rondje om zijn as) meebewegen. Enkele donkere vlekken zijn rond, mogelijk inslagkraters. Een daarvan, *Region A*, heeft een *centrale berg*. De andere, die al in 1995 werd waargenomen, wordt de *Piazzi* structuur genoemd, naar de ontdekker van Ceres.

Ceres van binnen en van buiten

Toch weten we wel iets meer over Ceres. Hij is *gedifferentieerd* in een rotsachtige kern en een 100 km dikke ijsmantel, waarvan waarschijnlijk een deel vloeibaar is: een ondergrondse oceaan. Die mantel maakt ongeveer een kwart van de massa van Ceres uit.

In januari 2014 nam men de uitstoot van waterdamp waar, iets dat je verwacht van kometen maar niet van grote planetoïden. Twee van die waterdampbronnen, met diameters tot 60 km,

zijn *Piazzi* en *Region A*.

Op zijn afstand tot de zon is het waarschijnlijk dat het inwendige naast water ook vluchtige stoffen als stikstof, kooldioxide, methaan, ammoniak en zwaveldioxide bevat. Als die stoffen aan de bodem ontsnappen vormen ze een ijle atmosfeer. Er zijn aanwijzingen dat Ceres een dampkring heeft en dat waterdamp daarin een laag rijp heeft gevormd op het oppervlak. Die rijp zou overdag snel verdampen en voorgoed de ruimte in verdwijnen, doordat Ceres weinig aantrekkingskracht heeft, dus de waterdamp moet voortdurend worden aangevuld. Dat zou kunnen door **cryovulkanisme**: 'ijsvulkanen' die 'ijslava' uitspuwen. In dat geval zou Ceres een relatief warm inwendige hebben. Het kan echter ook bodemijs zijn dat door zonlicht verdampt. Pallas lijkt inwendig meer op Ceres, maar met minder water. Pallas is helderder dan Ceres (albedo 0,159), maar donkerder dan Vesta.

Baan

De baan van Ceres ligt bijna midden in de Planetoïdengordel. Die baan is excentrischer dan die van de planeten, behalve die van Mercurius (0,206). Ook is Ceres' baan 10,6° geheld ten opzichte van het **vlak van de ecliptica** (het baanvlak van de aarde), waarin de planeten om de zon bewegen. We noemen dat de **baaninclinatie**. Mercurius heeft met 7° de grootste inclinatie van de planeten, maar de baan van Pluto is ruim 17° en die van Eris ruim 44° geheld!

Veel meer weten we eigenlijk niet over Ceres. *Dawn* zal daar verandering in brengen. De foto's van Vesta zijn veelbelovend!



Pluto

Pluto

Grote ijsdwerf

Pluto is, voor zover wij nu weten, het op negen na grootste object in een baan om de zon (Eris staat negende). Het is een object van een andere gordel, de **Kuiper gordel**. Die ligt buiten de baan van Neptunus, die hier bepaalt waar objecten om de zon mogen bewegen. We vinden hier miljoenen **Kuiper Belt Objects (KBO's)**, ook wel **ijsdwerfen** genoemd, omdat zij voor de helft uit **ijzen** (vooral bevroren water, ammoniak en methaan) en de andere helft uit gesteenten bestaan. De kleinste zijn komeetkernen.

Tot 1992 was Pluto het enige object dat we in dit gebied kenden. Nu kennen wij er meer dan duizend en het vermoeden is dat er 100.000 KBO's zijn van minstens 100 km diameter.

Pluto's baan is zeer langgerekt en excentrisch, en brengt hem van 4,4 tot 7,4 miljard km van de zon. De **baaninclinatie** is groot (17°) en zijn **omlooperperiode** ('jaar') is 248 jaar.

In 1930 werd Pluto's grootte erg overschat. De ontdekking van zijn maan Charon, in 1978, maakte het mogelijk de massa van beide objecten nauwkeurig te bepalen: 0,22% van de massa van de aarde! Met allerlei methoden (zie *Rob's Nieuwsbrief* van oktober 2014) heeft men de diameter van Pluto nu op ongeveer 2329 km bepaald (Eris is 2330 km).

Pluto van buiten en van binnen

Pluto bestaat voor 50-70% uit gesteenten en 30-50% uit **ijzen**. Pluto is **gedifferentieerd** en heeft mogelijk een 1700 km grote kern van gesteenten (70% van de diameter!), een mantel van vooral waterijs en een waterijskorst bedekt met een laagje stikstofijs. Onderin de mantel is er mogelijk een 100 tot 180 km dikke laag vloeibaar water: een oceaan!

Pluto is een van de meest contrastrijke objecten in het zonnestelsel. Men vermoedt dat Pluto veel lijkt op twee ijsmanen: Triton (van Neptunus, beide in 1989 bezocht door Voyager 2) en Japetus (Saturnus). Foto's tonen twaalf grote vlekken, donkere en lichte, die met de rotatie meebewegen, en ook poolgebieden. Pluto heeft een atmosfeer die mogelijk honderden km dik is en bestaat uit stikstof, methaan en koolmonoxide. Hij is wel erg ijl: de maximale 'luchtdruk' is 0,03 millibar (op Aarde ca. 1000).

Maantjes

We kennen nu vijf maantjes van Pluto: de relatief grote Charon (massa 12% van die van Pluto) en vier kleintjes. Het Pluto-systeem 'ligt' op zijn kant zodat de manen bijna verticale banen hebben. Hun identieke kleur wijst op een gemeenschappelijke oorsprong.

Het Pluto-systeem is erg compact: alle satellietbanen liggen binnen 65.000 km, ook al zouden theoretisch tot ruim een miljoen km maantjes kunnen voorkomen. *New Horizons* zou echter maantjes op grotere afstand van Pluto kunnen ontdekken. Wat ook opvalt is dat de bekende manen bijna in een 1:3:4:5:6 **baanresonantie** zijn: één omloop van Styx, het buitenste maantje, duurt evenlang als drie rondjes van Nix, en één van Charon.

De kleine maantjes zijn kruimeltjes, in grootte variërend van 17 km tot 114 km (zie illustratie op pag. 2). Die diameters zijn erg onzeker. Zij hebben bijna cirkelvormige banen, in de 'juiste' richting en met een kleine **baaninclinatie**.

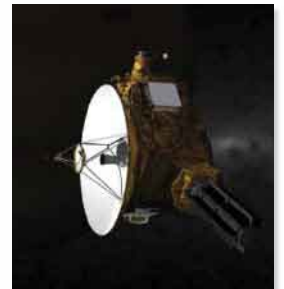
Charon

De afstand tussen Pluto en Charon is slechts 17.536 km: vijftien maal de straal van Pluto. Als de maan in verhouding zo dicht bij de aarde stond zou zij aan de hemel 225 maal zo groot zijn als nu! Ze keren elkaar altijd dezelfde kant toe. Dat doet de maan ook: haar **rotatieperiode** en **omlooperperiode** zijn gelijk geworden door de getijdenwerking (wat op Aarde eb en vloed veroorzaakt). We noemen dat **synchronisatie** en je ziet het bij alle grote manen. Bijzonder is dat Pluto en Charon elkaar hebben **gesynchroniseerd**, door hun geringe massaverschil.

Charon bestaat uit ijs (55%) en gesteenten en is een actieve maan, met 'cryogeisers' die waterijskristallen uitspuwen. Dat betekent dat Charon is **gedifferentieerd**. Mogelijk heeft hij een ondergrondse oceaan. Het maantje heeft donkere poolgebieden en een heldere equatoriale band. Charon is relatief erg groot voor een maan, zodat het stelsel wel een **dubbeldwerfplaneet** wordt genoemd.



Rechtsboven: een betere foto van Pluto dan deze zullen we tot midden 2015 niet zien (Hubble).



Hierboven: *New Horizons* zou na het bezoek aan Pluto een of twee andere KBO's kunnen tegenkomen.

Twee druppels?

Triton is vermoedelijk een door Neptunus ingevangen KBO en zou als object veel op Pluto lijken. De Saturnusmaan Japetus (foto hieronder) lijkt uiterlijk veel op Pluto, met erg donkere en zeer lichte delen oppervlakten. In de zomer van 2015 weten we meer.



Linksonder: zo kan het oppervlak van Pluto eruit zien. Het is er gemiddeld -230° C. Let op de zwakke zon!

Midden, onder: artist impression van Pluto en Charon. Pluto is roodachtig, door koolstofmoleculen gevormd bij de afbraak van methaan ('aardgas'), door UV-licht van de zon en kosmische straling.



Rosetta

Waarom deze brochure?

2015 wordt een heel bijzonder jaar voor het onderzoek van het zonnestelsel. Twee dwergplaneten, Ceres en Pluto, zullen door aardse verkenners worden bezocht en eindelijk hun geheimen prijsgeven. Het zijn de grootste leden van het zonnestelsel die sinds 1989 worden bezocht.

Dit is een voorbeschouwing van die historische ontmoetingen én een verslag van een eerder bezoek aan Vesta, een andere grote planetoïde. Tenslotte besteed ik kort aandacht aan het bezoek van de Europese sonde Rosetta aan een komeet, eind 2014.

De brochure is een aanvulling op het boek **Genieten van het zonnestelsel**, een overzicht van wat wij nu weten over 'onze buurt'. Er is geprobeerd zo min mogelijk uit dat boek 'over te doen'. Het is daarom goed om het erbij te hebben. Enkele begrippen zijn echter uitgebreider beschreven in **Robs Nieuwsbrief** (oktober 2014). Zie: www.walrecht.nl/nl/nieuwsbrieven.

Nog meer over de planeten vind je in het **Zonnestelselmodel**: je eigen Planetenpad (schaal 1:100 miljard, afstand Zon - Neptunus 45 m). Alle producten zijn verkrijgbaar via onze website, de boekhandel, sterrenwachten en dergelijke.

Cursussen en lezingen

Rob Walrecht heeft ook een uitgebreid aanbod aan lezingen en cursussen, waaronder de zeer complete cursus 'Leer het heelal begrijpen!'. Verder een lezing over het onderwerp van deze brochure.

Geïnteresseerde organisaties kunnen contact met ons opnemen.

Rechtsboven: het witte kruis geeft de landingsplaats aan van de Phylae.

Rechtsonder: de 'Rosetta komeet' in verhouding tot de Zwitserse berg Matterhorn. Met dank aan Wil Tirion voor de fraaie bewerking en zijn hulp bij het maken van het omslag!

Rosetta

Landing op een komeet

Kometen zijn objecten die uit de verste streken van het zonnestelsel komen, uit de diepvries, waar ze miljarden jaren onveranderd bleven... Ze vertellen ons dus iets over het zéér jonge zonnestelsel. Daarom zijn astronomen erg geïnteresseerd in kometen en werden er al vóór 2014 zeven door aardse sondes bezocht.

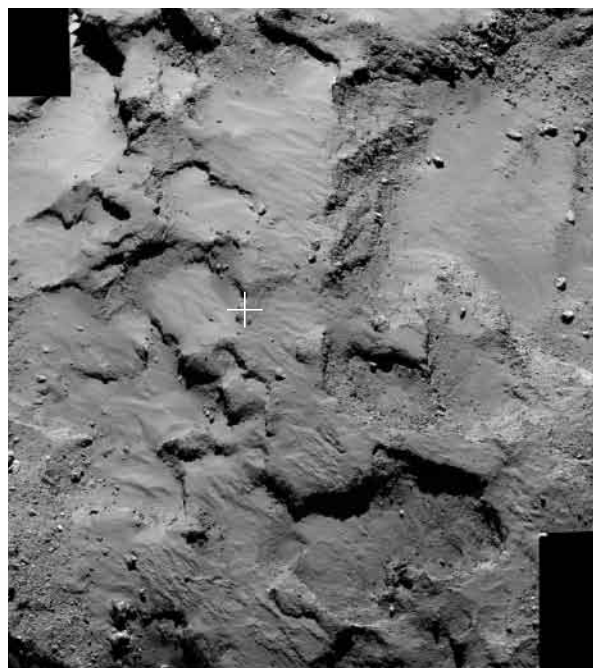
De Europese ruimtesonde *Rosetta* kwam op 6 augustus aan bij de slechts 4 km grote komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko, na een reis van ruim tien jaar en zes miljard km! Deze komeet was in 1969 ontdekt door de twee Russen (inderdaad, die met die moeilijke namen).

De komeet heeft een flink elliptische en excentrische baan die hem van 36 miljoen km van de aarde tot 80 miljoen km voorbij Jupiter brengt. Zijn omlooperperiode is 8,44 jaar.

Rosetta volgde een ingewikkelde route die haar drie maal langs de aarde en een keer langs Mars stuurde (om haar baan aan te passen) en waarbij zij ook twee planetoïden tegenkwam. Via 'de binnenbocht' haalde ze tenslotte de komeet in. Na aankomst begon ze meteen met foto's maken, andere waarnemingen, analyses van stofdeeltjes en meer. De foto's werden ook gebruikt om de beste landingsplaats te vinden voor de meegevoerde robotlander *Phylae*.

Op 12 november 2014 landde die met 1 m/s op de komeet, in het gebiedje Agilkia. Bij een landing op een object met zo weinig massa is het risico groot dat een lander gewoon afketst en de ruimte instuitert. Daarom zette de *Phylae* zich meteen vast met twee harpoenen. *Rosetta* blijft op 30 km van de komeet cirkelen, terwijl haar instrumenten druk bezig blijven.

2015 begint dus spectaculair, en aan het eind van dat jaar zullen we ongelofelijk veel meer begrijpen over 'onze buurt': het zonnestelsel.



Rob Walrecht Leert je het heelal te begrijpen!

Vind jij het heelal ook zo interessant? Wil je er alles van weten? Dan ben je bij Rob Walrecht aan het goede adres voor leuke én leerzame producten: planisferen, boeken, posters, bouwplaten en meer - allemaal voor jong en oud! Ook erg geschikt voor scholen.

Deze brochure is een prachtige aanvulling op het boek *Genieten van het zonnestelsel* en het *Zonnestelselmodel*. Beide zijn verkrijgbaar bij de betere boekhandel en via www.walrecht.nl, net als de andere delen, *Genieten van de sterrenhemel* en *Genieten van het heelal*.

Je kunt je gratis inschrijven voor **Robs Nieuwsbrief!** Stuur daarvoor een e-mail (zie hieronder).

voor meer informatie:
e-mail: info@walrecht.nl
website: www.walrecht.nl
twitter: [robwalrecht1](https://twitter.com/robwalrecht1)

de **Planisfeer**: leer
de sterrenhemel kennen
€ 9,95

Genieten van het zonnestelsel
een 'prachtig overzicht van onze 'buurt'
€ 19,95



het **Zonnestelselmodel**:
je eigen planetenpad!
€ 9,95

