

Rob's Nieuwsbrief - 35

over sterrenkunde en het heelal

Het najaar is begonnen

Nieuwe brochure!

In oktober komt mijn nieuwe brochure uit, getiteld *De Ster van Bethlehem en het verhaal van de kalender*. Het is al weer de vierde brochure, na die over de *Venusovergang van 2012*, *Bombardement van de aarde en Kleine werelden van het zonnestelsel* (die staan inmiddels al op de website, gratis te downloaden). Iedereen die iets bij ons bestelt krijgt straks de brochure gratis meegeleverd.

Deze brochures zijn mijn manier van adverteren: geen eenmalige advertentie in een blad (wat mij nooit iets heeft opgeleverd), maar een interessant verhaal over sterrenkunde, met een beetje reclame. Ik verwacht dat veel mensen het zullen bewaren, of doorgeven, uitleenen aan andere geïnteresseerden, en hoop dat men dan denkt: 'Die Walrecht schrijft best aardig! Daar wil ik meer van hebben!'

De brochure had eigenlijk al eerder klaar moeten zijn, maar de warmte in september maakte dat erg moeilijk. Mijn kantoor is aan de oostkant en daar wordt het 's morgens erg warm.

Ster van Bethlehem?

Maar... wat heeft de Ster van Bethlehem met sterrenkunde te maken? Waar bijbelgeleerden, historici en taalkundigen de Ster naar het rijk der fabelen verwijzen, zoeken astronomen al jaren naar een sterrenkundige verklaring voor dat beroemde fenomeen. Was het een komeet, een supernova, een samenstand van planeten? En waarom willen juist die nuchtere natuurwetenschappers er zo graag een verklaring voor vinden?

Deze brochure maakt veel duidelijk, maar uiteindelijk blijft de Ster van Bethlehem misschien toch een mysterie. En misschien is dat ook maar beter.

De nieuwe brochure is dus binnenkort beschikbaar, ook voor leuke, bijzondere gelegenheden. Neem gerust contact met ons op!

Nieuwe grote sets

In september bedacht ik wel dat het leuk zou zijn enkele nieuwe 'speciale sets' in het leven te roepen, combinaties van producten met een leuke korting. We hebben al jaren sets, zoals die van het boek *Genieten van de sterrenhemel* en de Planisfeer (Set 1); *Genieten van het zonnestelsel* en (de basisset van) het Zonnestelselmodel (Set 2); alle drie de boeken van de serie *Genieten van de sterrenkunde* (Set 4); en de combinatie van *Genieten van het heelal* en *Higgs gevonden* (Set 5). Daarbij gekomen:

Set 6: alle vijf de boeken (dus ook *De Oerknal* en het uitdijend heelal);

Set 8: de Planetenset, met *Genieten van het zonnestelsel*, het complete Zonnestelselmodel (dus beide sets) en de Astroset Maan en Planeten DeLuxe;

Set 7: de Complete Astroset, perfect om met sterrenkunde te beginnen! Zie het plaatje. Die laatste, kostbare set loopt meteen al goed ook! Nou ja, niet met tientallen per week...

Cursus docenten

Onlangs had ik een gesprek met iemand van Natk4all, een organisatie die wetenschappelijke bijscholingscursussen geeft aan docenten natuurkunde.

Misschien weet je dat ik een beginnerscursus voor docenten primair en voortgezet onderwijs heb opgezet. Die cursus bestaat uit acht tot tien lessen. Het probleem voor een ZZP'er is dat je niet alles tegelijk kunt doen en ik heb mijn handen al vol aan de uitgeverij. Een cursus organiseren is nog wel te doen, maar hoe bereik je de docenten?

Ik hoop al een tijdje aan te kunnen sluiten bij professionele organisaties die al cursussen verzorgen, maar dat is nog niet gelukt. De organisaties die ik sprak wijzen mij resoluut af, waarschijnlijk omdat ik geen academicus ben. Maar... mijn cursus is dan ook een beginnerscursus, voor docenten die een fundament willen, een basis om het heelal beter te kunnen begrijpen! De man van Natk4all begreep dat gelukkig wel, maar zij hebben helaas niet de ruimte in hun programma om zoiets aan te bieden.

Ik heb er wel weer meer energie uit geput en ga in het voorjaar proberen zelf weer een cursus te organiseren, in Amersfoort. Die cursus is namelijk gewoon veel te leuk om niet te geven!

oktober 2016

Deze nieuwsbrief verschijnt circa tien maal per jaar en bevat:

- * De sterrenhemel van de maand
- * Nieuws en leuke weetjes over het heelal;
- * Leuke en leerzame lesactiviteiten voor scholen;
- * Nieuws over Rob Walrecht Productions;
- * Speciale aanbiedingen.

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

Lezingen in Amersfoort

Op 21 oktober geef ik de lezing *Sterren, waarin geboorte, leven en dood van sterren worden behandeld*.

Op 4 november geef ik de lezing *Kleine werelden van het zonnestelsel, over de planeet Vesta, de dwergplaneten Ceres en Pluto, de hypothetische Planet Nine én de pas ontdekte planeet Proxima b*. Lezers van mijn nieuwsbrief zijn welkom, maar geef even door dat je komt. In de ruimte kunnen slechts 40 bezoekers. Beide lezingen zijn op de Sterrenwacht Midden-Nederland in Amersfoort:

www.sterrenwacht-mn.nl/

Linksonder: productafbeelding van de nieuwe Set 7: de meest uitgebreide set die wij aanbieden.

Rechtsonder: de voorzijde van de nieuwe brochure. Ik kon de avondschemering, dus de gloed laag boven de horizon, niet goed krijgen met *Illustrator*. Dat is iets voor *Photoshop*, maar dat beheers ik niet goed. Dus mijn vriend Wil Tirion weer gevraagd en die kon de lagen mooi in elkaar laten overlopen!



Centaurs

Centaurs zijn objecten die zijn 'weggestuurd' uit de Kuiper-gordel en een instabiele baan hebben. Ze bewegen meestal geleidelijk naar de zon toe maar ze kunnen ook weer teruggestuurd worden naar de Kuiper-gordel, door de zwaartekracht van de grote planeten. Er zijn er maar weinig bekend maar de schatting is dat er 44.000 zijn van meer dan 1 km diameter. De enkele die we een beetje kennen zijn hooguit 300 km groot. Ze hebben namen van de centaurs, de mythologische manpaard figuren.

In ons Zonnestelselmodel (de aanvulset) worden op het kaartje van Chariklo drie Centaurs genoemd: Chariklo, Pholus en Chiron (die laatste gedraagt zich ook als een komeet!). Chariklo en Chiron zijn óók mogelijke dwergplaneten.

Hieronder: artist impression van een object in de Kuiper-gordel (NASA, ESA, G. Bacon).
Onderaan: de baan van het object 2015 RR245. Voorbij de baan van Neptunus begint de Kuiper-gordel.

Zonnestelselnieuws

Kort

Een korte nieuwsbrief omdat de brochure wat meer tijd kostte. Gelukkig had ik nog wat liggen en daarnaast is er in september het een en ander bekend gemaakt waaraan ik graag aandacht besteed. Toevallig gaat het allemaal over het zonnestelsel, en over twee zelfmoordmissies!

Dwergplaneet voorbij Neptunus ontdekt

Er is weer een grote ijsdwerf ontdekt, een op 9 miljard km van de zon. De grote bal van ijs en gesteenten heeft als code 2015 RR245 en ligt dus tweemaal zo ver van de zon als Neptunus. Deze TNO (*Trans Neptunian Object*: een object voorbij de baan van Neptunus) werd in februari ontdekt op foto's die in september 2015 werden gemaakt met de Canada-France-Hawaii Telescope op Hawaï.

2015 RR245 is een mogelijke dwergplaneet in de Kuiper-gordel. Hij is gevangen in een 2:9 resonantie met Neptunus, wat betekent dat hij twee baantjes om de zon aflegt in de tijd dat Neptunus er negen doet. Neptunus heeft een omlooperperiode van bijna 165 jaar, dus dat betekent dat een 'jaar' op 2015 RR245 bijna 1500 jaar is! Zijn baan is ongeveer bekend: zijn *perihelium* (zie *Rob's Nieuwsbrief* van januari-februari 2016, pag. 5) is vermoedelijk op 34 AE (astronomische eenheden) van de zon, zijn *aphelium* zou voorbij 120 AE liggen (Neptunus staat op *gemiddeld* 30 AE). Zijn formaat is onzeker, maar de beste schatting is ca. 700 km. Het grootste object in de Kuiper-gordel, Pluto, is 2374 km in diameter. Nu nog een mooie naam bedenken, maar daarvoor moet meer bekend zijn over het object. Zijn grootte zou kunnen betekenen dat hij tot de dwergplaneten zal worden gerekend.

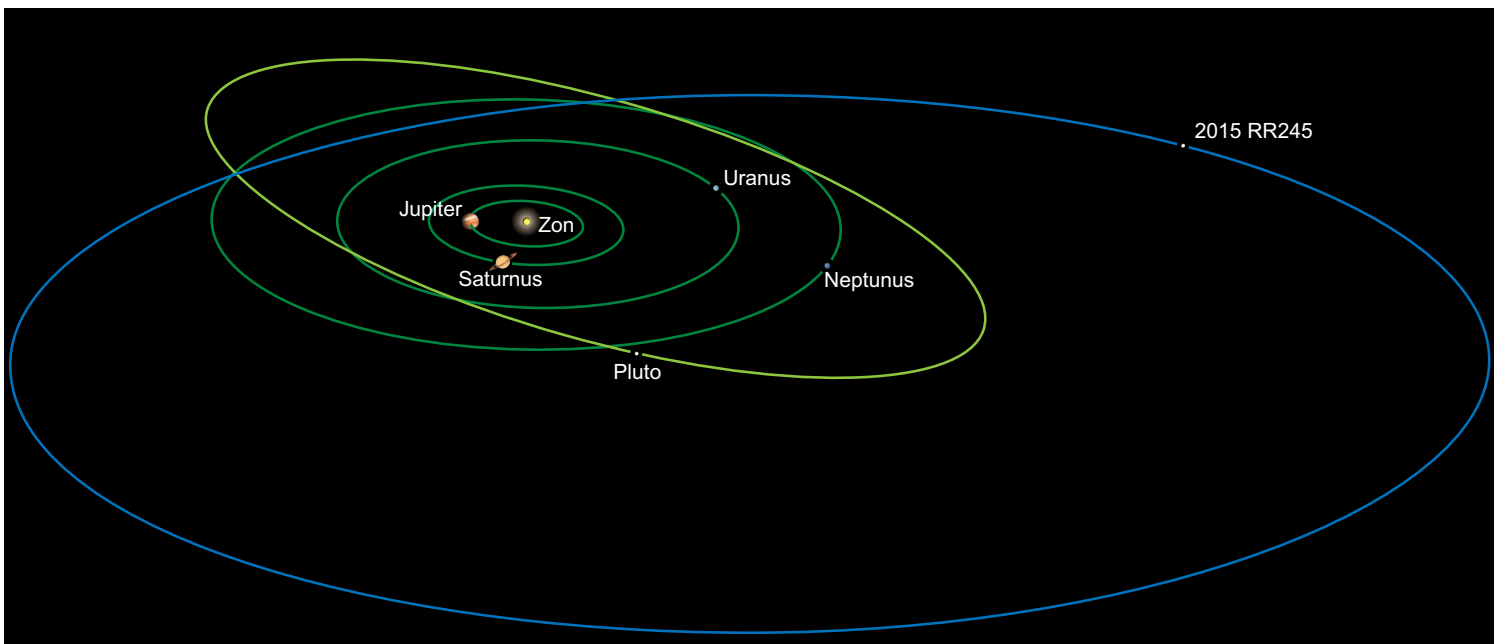
Nog een vreemd object voorbij Neptunus

In augustus werd de ontdekking van een andere TNO, 2011 KT19, bekend gemaakt. De ontdekking was in 2015 maar de code lijkt aan te geven dat de ontdekking al in 2011 was! Dat klopt want het bleek te gaan om een object dat in 2011 werd ontdekt maar later uit het oog is verloren.

Het object, met de bijnaam Niku (Chinees voor *rebels*), heeft een behoorlijke baanhelling van 110°, wat betekent dat zijn baan bijna loodrecht op het vlak van de ecliptica staat (het vlak waarin de planeten bewegen). Zelfs iets verder zodat hij officieel de verkeerde kant op beweegt: een **retrograde** beweging. Vandaar dat 'rebelse'. Nu bevindt hij zich boven het eclipticavlak. Zijn afstand tot de zon is gemiddeld 35,6 AE, maar zijn baan is erg excentrisch en brengt hem van een perihelium op 23,8 AE tot een aphelium op 47,4 AE. Dat betekent dat hij een deel van de tijd in het gebied van de reuzenplaneten doorbrengt, want Neptunus ligt immers op 30 AE. Zo'n object noemen we een **Centaur** (zie kader).

Lid van een groep

Niku is maar klein, de schattingen lopen uiteen van 60 tot 250 km. Hij zal ongetwijfeld uit waterijs, andere ijzen en gesteenten bestaan maar hoe helder het oppervlak is kan bij dit soort verre, kleine objecten nooit helemaal goed bepaald worden. Het reflecterend vermogen van een oppervlak (de **albedo**) wordt gebruikt om de diameter te schatten. Als de albedo niet goed bekend is blijft de diameter onzeker. Wel kunnen het licht meten dat we op Aarde ontvangen van Niku: 160.000 maal



zwakker dan Neptunus (magnitude 22). Er zijn zeven TNO's met vergelijkbare banen rond de zon. Hoewel dit niet toevallig kan zijn gebeurd (die kans is 0,016%) is de reden hiervoor onbekend. Wat het vreemder maakt is dat vier van die TNO's retrograde banen hebben en de drie andere een prograde (die bewegen dus in de 'goede' richting). Men denkt daarom dat de leden van de groep een gezamenlijke oorsprong hebben en ooit normale banen hadden, alvorens daar door een groot object uitgenikkerd te worden.

Planet Nine lijkt in elk geval niet de verklaring te zijn voor de banen van deze groep objecten, want dan zou deze hypothetische planeet zo dichtbij moeten staan dat we hem allang hadden opgemerkt! Er moet dus een ander groot, nog onbekend object in het buitenste zonnestelsel zijn dat de oorzaak is. Dat hoeft geen grote planeet te zijn. Het kan ook een dwergplaneet zijn zoals Pluto.

Grootste object zonder naam

Dwergplaneten vormen nog een mysterieus groepje zonnestelselobjecten. Behalve Ceres, die 'dichtbij', in de Planetoïdengordel verblijft, bevinden alle andere (kandidaat) dwergplaneten zich voorbij de baan van Neptunus. En daarvan kennen we sinds een jaar alleen Pluto goed. Daarvoor was hij zelfs voor de Hubble Space Telescope niets meer dan een piepklein vlekje, van enkele pixels. Geen wonder dat de meeste vijftien jaar geleden nog onbekend waren. De ijsdwarf 2007 OR10 is een officieuze dwergplaneet (hij hoort nog niet bij de officiële groep van vijf dwergplaneten), werd in 2007 ontdekt en is het op twee na verste bekende zonnestelselobject, na V774104 (zie Rob's Nieuwsbrief

van april 2016, pag. 7) en Eris. Hij kreeg als bijnaam 'Snow White', omdat men aannam dat hij heel erg helder moest zijn om op die afstand zichtbaar te zijn en ook omdat het de 'zevende dwarf' was die het team van Mike Brown ontdekte.

Om meer te weten te komen van die verre, koude objecten moeten de astronomen allerlei gegevens van allerlei bronnen met elkaar combineren. Op die manier werd in het voorjaar ontdekt dat 2007 OR10 beduidend groter is dan eerst werd gedacht, groter dan elke andere bekende dwarf behalve Pluto en Eris. Met de Kepler (K2 missie) en archiefgegevens van de Herschel infrarood-ruimtetelescoop kon men bepalen dat Snow White eigenlijk vrij donker is en langzamer roteert dan bijna elk ander zonnestelselobject: hij heeft een 'dag' van 45 uur!

Groter dan gedacht

Dat hij zoveel donkerder is betekent dat de eerdere schattingen van de diameter veel te laag waren. Nu komt men op ongeveer 1535 km, groter dan Makemake en slechts een derde kleiner dan Pluto.

2007 OR10 heeft een roodachtig oppervlak, wat wijst op methaanijs, terwijl er verder hoogstwaarschijnlijk andere vluchtige 'ijzen' voorkomen, zoals koolmonoxide en stikstof. Een kleiner object zou die allang verloren zijn aan de ruimte eromheen.

Het object kan nu misschien ook eindelijk toegelaten worden tot de echte dwergplaneten en zijn officiële naam krijgen. Die naam mogen de ontdekkers bedenken: Meg Schwamb, Mike Brown en David Rabinowitz. Waarschijnlijk hebben zij al een voorstel ingediend.

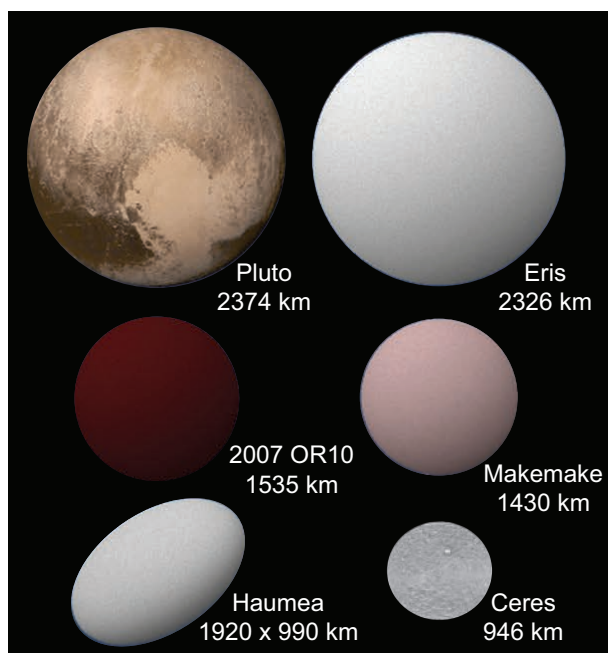
Planetoïde scheert langs

Aan het begin van de avond van 7 september vloog een kleine planetoïde op 38.463 km afstand langs de aarde. Dat is een afstand van een tiende van de afstand Aarde-Maan en driemaal de diameter van de aarde! Onze weer- en communicatiesatellieten bevinden zich in de geostationaire baan, op 35.786 km van het aardoppervlak (zeeniveau). Bijzonder (en eng) is dat het object (2016 RB1) 2,5 dag eerder, op 5 september, was ontdekt! De planetoïde is zo groot als een bus (16-17 m) en vloog met ruim 29 km/s over de zuidpool. Het was de derde planetoïde die die week binnen de baan van de maan kwam.

Overigens hoeven we ons geen zorgen te maken want de kans dat de aarde getroffen wordt is zeer klein. Een schaalmodel waarin de aarde zo groot is als een basketbal, is de planetoïde een korrel grof zand op 73 cm.

Linksonder: alle dwergplaneten, hoewel 2007 OR10 er nog niet officieel bij hoort.

Rechtsonder: het Anti-Atlas gebergte in west-Algerije ontstond uit de botsing tussen Afrika en Europa en was ooit hoger dan de Himalaya nu! Die cirkel in het midden is de krater Quarkziz (3,5 km in diameter), die 70 miljoen jaar geleden bij een inslag ontstond. Toen leefden de dino's nog! Het is een opname van de Europese aardobservatiesatelliet Sentinel 2A. Foto ESA



Laatste jaar van Cassini

De volgende pagina's gaan over het eind van Rosetta, maar na meer dan twaalf jaar Saturnus, zijn ringen en zijn manen te hebben bestudeerd is de NASA ruimtesonde Cassini nu ook haar laatste jaar ingegaan: in september 2017 is de spetterende finale van deze historische planeetmissie.

Op 30 november wordt de baan van Cassini veranderd en begint een reeks van twintig wekelijkse 'F-ring banen'. Daarbij komt het toestel binnen 7800 km van de smalle, mysterieuze F-ring, die net buiten de goed zichtbare hoofdringen ligt. Deze ring heeft een vreemde gevlochten structuur. Op die korte afstand kan men ook de kleine maantjes zien die de ringen in hun banen 'hoeden' (schaapherdersmanen) en andere objecten in de ringen.

Grande Finale

De 'Grand Finale' begint op 17 april 2017, als een dichte 'close flyby' van de grote maan Titan Casini's baan zodanig verandert dat de sonde door de opening tussen Saturnus en zijn ringen scheert: een 2500 km breed gebied dat nog nooit van zo nabij is onderzocht! (Titan is gedurende het hele project gebruikt om de baan naar wens aan te passen.) Cassini zal er daarna nog 21 maal doorheen vliegen, waarbij ook de beste close-ups ooit van de planeet zullen worden gemaakt. Daarnaast zal het magnetisch veld en gravitatieveld van Saturnus met een ongekennde precisie in kaart worden gebracht. Men hoopt ook meer te weten te komen over het inwendige van Saturnus, de exacte lengte van een Saturnus 'dag', de totale massa van de ringen (wat definitief hun leeftijd zal bepalen) en de buitenste delen van de atmosfeer. Het laatste jaar van Cassini is dus een complete missie op zich! Het laatste moment komt op 15 september 2017, als Cassini in Saturnus' dampkring duikt, en daarbij gegevens doorstuurt over de chemische samenstelling tot haar allerlaatste signaal.

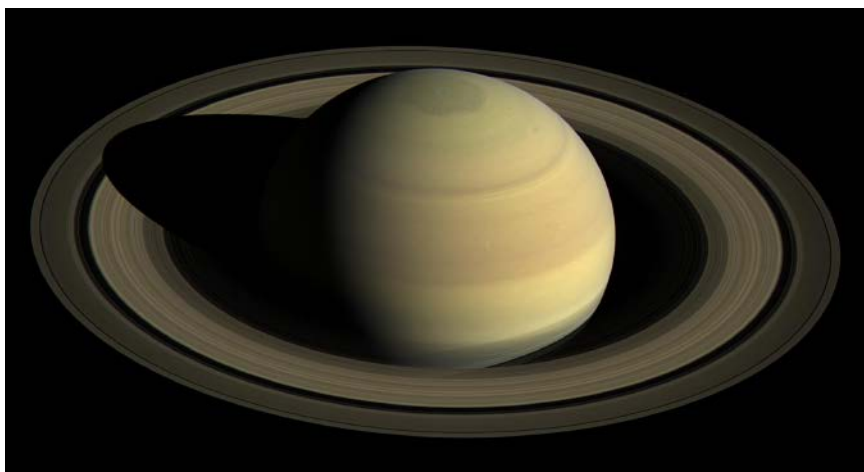
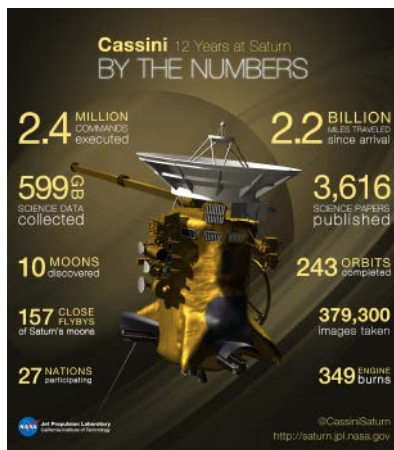
De sonde zal als een meteor tot haar einde komen: 'The Final Plunge'!

Hieronder: een overzicht van 12 jaar onderzoek van de geringde planeet door Cassini. Niet te lezen? Zie dan:

<https://saturn.jpl.nasa.gov/resources/7501/>

Onderaan: de rotatieas van Saturnus is geheld, ongeveer zoveel als die van de aarde en Mars, zodat Saturnus seizoenen heeft. De omlooperperiode van de planeet (zijn 'jaar') is 29,65 aardse jaren, dus in 12 jaar onderzoek hebben we de nodige veranderingen gezien, in belichting en seizoenen (winter en lente op het noordelijke halfrond). De blauwige waas die we in het begin zagen is weg, maar de enorme zes-kantige straalstroom is nu veel duidelijker te zien. Deze foto is samengesteld uit opnamen in rood, groen en blauw, op 25 april 2016. Een filmpje hiervan vind je op:

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA21047>.



Hemel van oktober

Overzicht

De zichtbaarheid van de heldere planeten en de fasen van de maan voor deze periode, informatie afkomstig uit de **Sterrengids**. Dat is een interessante jaargids en een must voor wie de verschijnselen aan de hemel van dag tot dag wil volgen: www.sterrengids.nl/.

Maanfasen

Nieuwe maan	1 okt, 2:11 u MEZT
Eerste kwartier	9 okt, 6:33 u MEZT
Volle maan	16 okt, 6:23 u MEZT
Laatste kwartier	22 okt, 21:14 u MEZT
Nieuwe maan	30 okt, 18:38 u MET

Apogeum: 4 okt, 13:03 u MEZT, 406.097 km

Perigeum: 17 okt, 1:35 u MEZT, 357.861 km

Apogeum: 31 okt, 20:29 u MET, 406.662 km

Op zondag 30 oktober gaat de klok weer terug naar de gewone tijd (MET). Die nacht hebben we dus een uur langer om te slapen.

Planeten

Voor de planeten geven we het sterrenbeeld waarin ze deze periode staan, plus de **rechte klimming** (RA; voor het midden van de periode) waarmee je de locatie van de planeet in de buurt van de ecliptica kan opzoeken. De declinatie is daardoor niet nodig.

planeet	sterrenbeeld	RA
Mercurius	Maagd	niet zichtbaar
Venus	Lib/Sco/Oph (zie verder)	13:21 u
Mars	Boogschutter	17:30 u
Jupiter	Maagd	12:07 u
Saturnus	Slangendrager	16:37 u
Uranus	Vissen	1:27 u
Neptunus	Waterman	22:48 u

De planeten

Mercurius staat vanaf de 3e aan de hemel te dicht bij de zon. Op 27 oktober is hij zelfs in **bovenconjunctie**, wat betekent dat hij precies áchter de zon staat (in dezelfde richting dus).

Venus wordt weer steeds meer Avondster en gaat op 8 oktober al weer een uur na de zon onder. Op 30 oktober staat Venus 3° ten zuiden van Saturnus (een **conjunctie**). Venus doorloopt achtereenvolgens Weegschaal (Lib), Schorpioen (Sco) en Slangendrager (Oph).

Mars komt nu steeds verder van de aarde af te staan, waardoor hij minder helder wordt.

Jupiter is vanaf half oktober weer te zien, in het oosten, vlak voor zonsopkomst.

Saturnus staat 's avonds in het zuidwesten en gaat begin van de avond al onder. Zie onder Venus voor de conjunctie op 30 oktober.

Uranus is op 15 oktober in oppositie: dan staat de aarde precies tussen de zon en de blauw-groene planeet in. Die situatie is gunstig, want dan is hij rond middernacht hoog aan de hemel te zien, én de afstand tot de aarde is dan het kleinst.

Neptunus is de hele avond te zien (met een telescoop!) en gaat ruim na middernacht onder.

Mission Completed!

Grande Finale van Rosetta

De Rosetta-missie is tot een definitief einde gekomen: hij is gebotst met de komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko! Het was een gecontroleerde 'inslag', na een reis van 8 miljard km, drie flyby's van de aarde, één elk van Mars en de planeetoiden 2867 Steins en 21 Lutetia, en een verblijf rond de kleine ijswereld van 786 dagen (sinds 6 augustus 2014).

Op 29 september voerde men om 22:50 uur onze tijd een laatste koerswijziging uit, op 19 km van het oppervlak, waarna het toestel rechtstreeks naar de komeet ging, naar het Ma'at-gebied (zie Rob's Nieuwsbrief van maart 2015), op de 'kop' van het badeendvormige object. Dat ging niet met een hoge snelheid maar met wandelsnelheid: 3,6 km/u. Met die snelheid botste *Rosetta* op de komeet, op 30 september, om 13:19 u onze tijd.

Waarom de botsing?

De beslissing om het toestel te laten crashen komt doordat de komeet, en dus ook *Rosetta*, nu voorbij de baan van Jupiter is gekomen, verder dan ze ooit is geweest. Jupiter staat vijfmaal zo ver van de zon als de aarde. Het zonlicht neemt in kracht af met het kwadraat van de afstand, dus bij Jupiter krijgen de zonnepanelen nog maar 4% van het zonlicht. Nog



minder en *Rosetta* heeft te weinig energie om te functioneren. Daarbij komt dat er een maandenlange periode aankomt waarin de komeet in de richting van de zon staat, áchter de zon. Dat maakt de communicatie steeds ingewikkelder.

Laatste werk van Rosetta

Deze beslissing bood geweldige mogelijkheden. Op een kortere afstand kon men beter het gas, stof en plasma vlakbij het oppervlak van de komeet onderzoeken, én foto's in de hoogste resolutie maken. Men is in het bijzonder geïnteresseerd in de actieve 'pits' in Ma'at Region, een soort 'sink-holes' van meer dan 100 m diameter: groter dan twee voetbalvelden! Ze zijn 50 tot 65 m diep (zie ook *Rob's Nieuwsbrief* van maart 2015, pag. 6). Deze pits spelen een belangrijke rol bij de activiteit van een komeet. Met activiteit bedoelen we het overgaan van ijs in damp onder invloed van het zonlicht. Daaruit

Lander Philae

Op 4 november landde de meegebrachte lander Philae ('filé') op de komeet. Hij eindigde zijn reis helaas in een spleet, wat gevolgen had voor de duur van zijn missie, want hij stond in de schaduw en had dus te weinig energie.

Meer over de komeet

In mijn nieuwsbrief van maart 2015 heb ik over de komeet geschreven, met veel foto's, maar er is sindsdien erg veel gebeurd. In mijn boekje *Kleine werelden van het zonnestelsel*, dat uitkomt in 2017/2018, komt het complete verhaal!

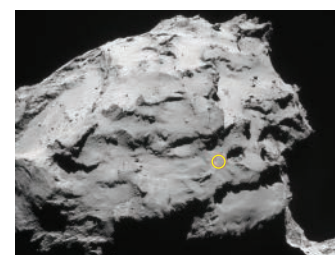
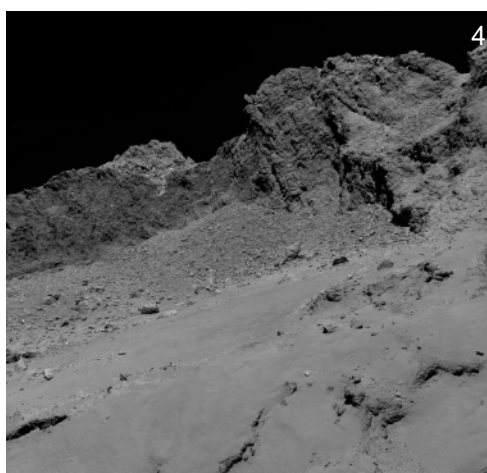
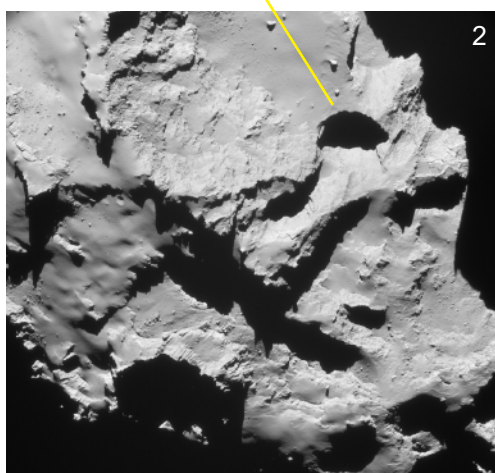
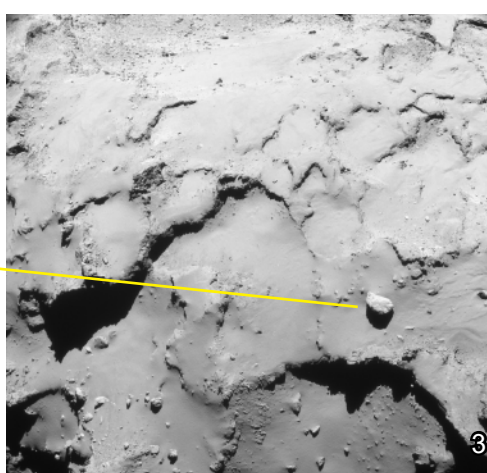
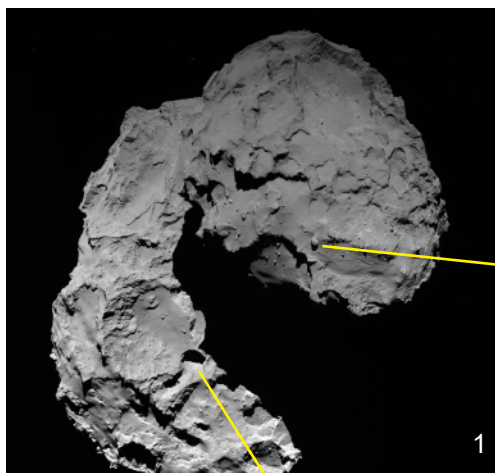
Midden, boven: het moment dat *Rosetta* het oppervlak van de komeet raakt. Het is uiteraard een artist impression.

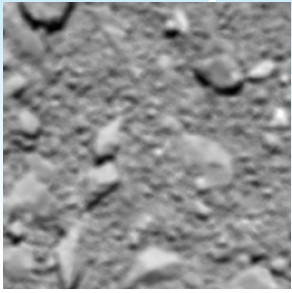
Rechtsboven: een mooi zicht op de pit Ma'at 02 (zie pag. 6), met puin op de bodem. Men noemt hem *Deir el-Medina*, naar een put in Egypte waarin men afval vond van de arbeiders die aan de piramiden werkten. Foto van 13 september 2014, van 30 km.

Rechtsonder: de gele cirkel geeft aan waar *Rosetta* is neergelkomen.

Serie afdaling, met datum, tijd, afstand tot het centrum van de komeet en tussen haakjes de resolutie. Met gele lijnen zijn details aangegeven die je in andere opnamen ziet.

1. 29 september, 13:49 uur MEZT; 22,9 km.
2. 30 september, 2:25 uur; 19,4 km (1,7 m per pixel).
3. 30 september, 2:59 uur, 17,4 km (1,5 m/p).
4. 30 september, 3:50 uur, 16 km (30 cm/p).





Hierboven: de laatste foto van *Rosetta*, op 30 september om 13:19 uur MEZT. We 'zijn' hier op 20 m hoogte (2 mm/p) en wat we zien is 96 breed.

Linksboven: de Ma'at pits op een foto van 8 oktober 2014.

Linksonder: de 3 actieve pits in Ma'at Region, waar *Rosetta* neerkwam. Ze zijn (v.l.n.r.) 125 m, 130 m en 140 m in diameter, en 50-65 m diep.

Vervolg serie afdaling (let op grillige, gebroken landschap):
5. 30 sep, 7:25 uur MEZT; 11,7 km (22 cm/p). Het gebied dat je ziet is 450 m breed.

6. 30 sep, 8:53 uur MEZT; 8,9 km (17 cm/p), gebied 350 m br.

7. 30 sep, 10:18 uur MEZT; 5,8 km (11 cm/p), gebied 225 m br.

8. 30 sep, 10:21 uur MEZT; 5,7 km (11 cm/p), 225 m br.

9. 30 sep, 12:14 uur MEZT; 1,2 km (2,3 cm/p), 33 km breed.

ontstaat eerst de coma, een soort dampkring van een komeet. Daaruit kan vervolgens een komeetstaart komen.

In die pits zien we brokken puin (ijsbrokken), terwijl de wanden vol intrigerende bulten zitten van ongeveer 1 m diameter, die 'goosebumps' ('kippenvel') worden genoemd. Men denkt dat ze het overblijfsel zijn van de ijsklompen, de bouwstenen, waaruit kometen in het vroege zonnestelsel ontstonden: **kometesimalen**. Wat we zien is een uniek venster op het inwendige van een komeet. Om die reden liet men *Rosetta* neerkomen in glad terrein in **Ma'at Region**, tussen de pits Ma'at 02 en Ma'at 03 (zie de foto linksonder).

Ontdekkingen

Rosetta heeft ons veel opgeleverd. Zo kon men vaststellen dat verreweg het meeste water van de oceanen op Aarde niet van kometen afkomstig is. De vraag of kometen de bouwstenen van het leven op onze planeet hebben gebracht werd wel positief beantwoord: men ontdekte het aminozuur glycine (een normaal onderdeel van eiwitten) en fosfor, een belangrijk element in DNA en celmembranen. *Rosetta*

(vanuit haar baan) en *Philae* (op het oppervlak) vonden verder vele andere organische verbindingen.

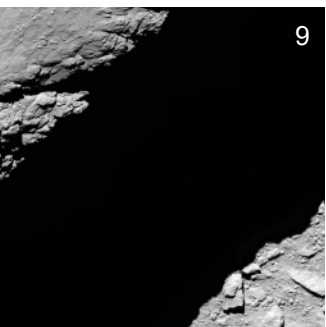
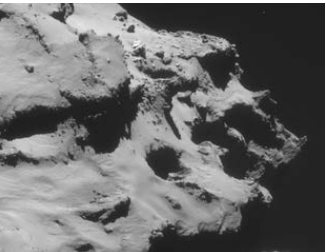
Al met al heeft *Rosetta* kunnen aantonen dat kometen de 'restjes' zijn van de vorming van planeten en andere grotere leden van het zonnestelsel, en niet de brokstukken van botsingen tussen grotere hemellichamen. Het geeft ons een beter inzicht in het ontstaan van het zonnestelsel, 4,6 miljard jaar geleden.

The end

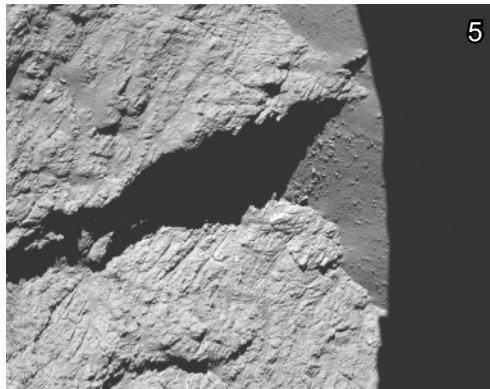
Hoewel de operationele missie is afgelopen zal de analyse van alle data nog jaren doorgaan. De komeet heeft niet al zijn geheimen prijsgegeven en er kunnen nog verrassingen verborgen zitten in het materiaal dat men heeft verzameld!

Het is nu niet meer mogelijk om met *Rosetta* te communiceren, zelfs al heeft ze de botsing goed doorstaan. 'Nee, het toestel heeft de opdracht geen contact meer met de aarde te zoeken', zegt project scientist Matt Taylor (ESA).

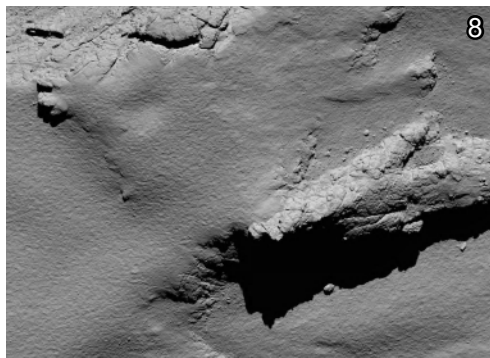
'Zoals Jim Morrison ooit zei:
'This is the end... beautiful friend.'



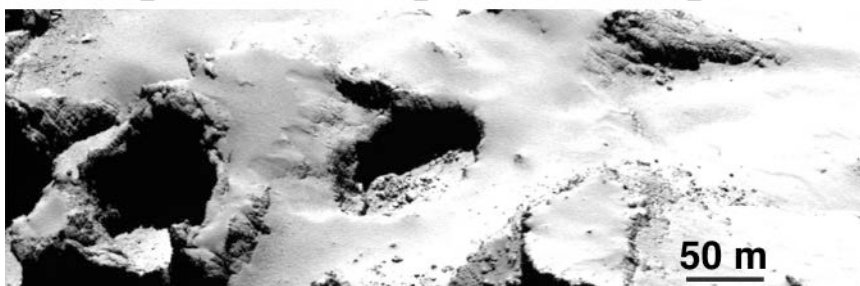
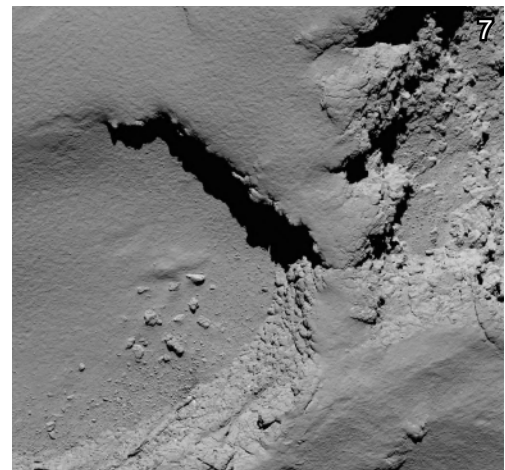
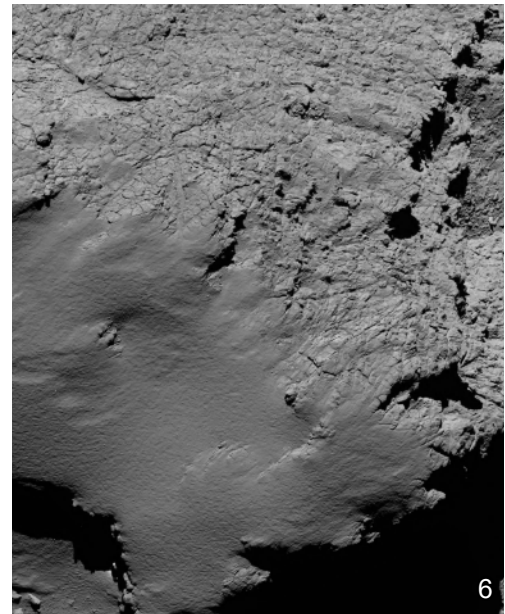
Ma'at_01



Ma'at_02



Ma'at_03



50 m