

Bombardement van de aarde!

De dreiging van kosmisch puin

Rob Walrecht

Leer het heelal te begrijpen

Rob Walrecht Productions



Bombardement!

Bij het lezen

In deze brochure zijn belangrijke begrippen vet gedrukt. Als zo'n begrip op een andere plek ook wordt genoemd, of als het hetzelfde is als de kop boven het stukje, staat het daar cursief gedrukt (in kaders vet en cursief). Zo wil ik voorkomen dat veel informatie wordt herhaald en wil ik de ruimte zo goed mogelijk benutten! Let wel op: namen en codes van kleine objecten zijn ook cursief gedrukt.

Theia

De populairste hypothese voor het ontstaan van de maan is die van een botsing van een protoplaneet, zo groot als Mars (met de naam *Theia*), met de aarde. Dat zou 4,53 miljard jaar geleden zijn gebeurd, toen het zonnestelsel nog maar 40 miljoen jaar oud was. *Theia* werd bij de botsing vernietigd en zijn kern smolt samen met die van de aarde, waardoor onze planeet een opvallend grote en zware kern kreeg. Een deel van de mantels van de aarde en *Theia* kwam in een baan om de aarde terecht, waaruit in ongeveer een eeuw de maan ontstond. Hieronder een 'artist impression' van de botsing.



Rechtsonder: een 'artist impression' van de aarde en de maan (helemaal links) tijdens het oerbombardement, 4,1 tot 3,8 miljard jaar geleden. Eén object is zichtbaar in een baan te dicht bij de aarde gekomen en is door de getidenkrachten van de aarde uiteen gerukt. We zien daar nu een donkere planeetring. Zo heftig als toen zal het gelukkig nooit meer worden.

Bombardement!

Inleiding

Je kent vast de kraters op de maan. Ze zijn er in alle soorten en maten, tot 2500 km diameter! De meeste ontstonden miljarden jaren geleden, toen het zonnestelsel nog heel jong was. In die tijd was er veel 'afval' over na de vorming van de planeten en hun manen. Al dat 'puin' zwierf rond en het meeste botste met de grotere objecten. De 'projectielen', of **impactors**, sloegen enorme deuken, **kraters**, in alle leden van het zonnestelsel met een vast oppervlak, zoals de maan, Mercurius, Mars en de manen van de grote planeten. En natuurlijk ook de aarde: er zijn 140 grote inslagkraters op Aarde bekend. Zeer grote inslagen kunnen de oorzaak zijn geweest van een aantal mysteries: hoe de maan is ontstaan (zie kader), waarom Uranus 'op zijn kant ligt', en Venus in de verkeerde richting om zijn as beweegt (dus misschien wel 180 graden is omgegooid).

Ongeveer 4,1 miljard jaar geleden, toen het zonnestelsel nog maar 450 miljoen jaar oud was, gebeurde er iets van een catastrofale omvang. Terwijl Jupiter in de richting van de *Planetoïdengordel* bewoog, bewogen de andere drie reuzen juist naar buiten toe. Door deze **migratie** bewogen de reuzenplaneten in een gebied waar zich heel veel ijsdwergeren en kometen bevonden (de jonge *Kuiper gordel*). Met hun zwaartekracht gooiden zij hele wolken ijsdwergeren in de richting van de zon. Bij al dat geweld wisselden de twee ijsreuzen zelfs van plek: Neptunus stond eerst dicht bij de zon dan Uranus!

Oerbombardement

Een ander gevolg was een enorm hevige bombardement van alle planeten en manen. Dat noemen wij het **Late Zware Bombardement** of *Oerbombardement*. Het duurde 300 miljoen jaar, tot 3,8 miljard jaar geleden. Verreweg de meeste inslagkraters die we nu zien op de werelden met een vast oppervlak stammen uit die periode. Ook de enorme maanzeeën, of **inslagbekkens**, ontstonden in die tijd. Zoals Mare Tranquillitatis (875 km diameter), waar in 1969 de Apollo 11 maanlander landde.

Ook de aarde werd zwaar getroffen. Afgaande op het maanoppervlak moet de aarde minstens 20.000 kraters van minstens 20 km diameter hebben 'gescoord', waaronder 40 inslagbekkens van 1000 km en verscheidene van 5000 km diameter! Door de sterke erosie op onze planeet (door stromend water, wind, temperatuurverschillen, plantenwortels), zijn bijna alle kraters al lang verdwenen.

Sommige impactors waren honderden km in diameter, met genoeg kracht om de oceanen te verdampen! Het is niet zo vreemd dat het leven dat wij nu kennen afstamt van de eerste eencelligen die ná dat Oerbombardement ontstonden (ongeveer 3,6 miljard jaar geleden). Als er al leven was op Aarde vóór die tijd, is dat uitgeroeid door het Oerbombardement.

Na het Oerbombardement werd het rustiger maar echt veilig werd (en wordt) het nooit. De maan krijgt er nog met enige regelmaat een krater bij, een kleintje want het meeste grote puin is al lang geleden 'opgeveegd' door de planeten en manen.

Ook de aarde wordt nog regelmatig getroffen door ruimtepuin, maar het meeste daarvan verbrandt in onze beschermende dampkring.

Het stelsel van de zon

Het zonnestelsel is zoals de naam aangeeft: een stelsel rond de zon. De zon is onze ster en veruit het belangrijkste lid van dat stelsel. De zon bevat 99,85% van alle materie in het zonnestelsel. De rest, 0,15%, is in feite niets meer dan het afval dat na de vorming van de zon overbleef! De zon geeft ons licht en warmte. Die energie wekt hij op in zijn kern, door middel van kernfusie.

Om de zon bewegen vele miljarden objecten, allemaal in hun eigen baan om onze ster. De verschillen zijn enorm: van stofjes van enkele moleculen tot de reuzenplaneet Jupiter. De stelregel daarbij is: hoe kleiner, des te meer ervan zijn. Tussen Jupiter en die stofjes zit een heel scala aan grotere en kleinere objecten.

Laten we ze eens in volgorde van hun grootte bekijken.



Planeten



Planeten

Van de acht planeten is Jupiter 2,5 maal zo groot als alle andere planeten en hun manen bij elkaar! Jupiter en Saturnus zijn **gasreuzen** omdat zij voor minstens 98% bestaan uit de twee lichtste gassen: waterstof en helium.

Na de gasreuzen komen de **ijsreuzen**, Uranus en Neptunus. Zij hebben tijdens hun vorming naast het net gevist als het ging om waterstof en helium. Ze bestaan daardoor vooral uit de vluchtige stoffen die na die die lichte gassen het meest voorkwamen, zoals water, methaan, ammoniak en ammoniumwaterstofsulfide. Die zijn op deze enorme afstanden van de zon bevroren, zodat astronomen ze **ijzen** noemen (hoewel het binnenste van een ijsreus vloeibaar en warm en, door de enorme druk, heel dicht is).

Daarna komen de aardachtige planeten, of **rotsplaneten**: Aarde, Venus, Mars en Mercurius. Als je alleen naar de samenstelling kijkt hoort de maan daar ook bij. Alle vijf bestaan zij namelijk uit gesteenten en metalen. Rotsplaneten hebben dan ook een vast oppervlak, waarop je kunt staan en springen, in tegenstelling tot de reuzenplaneten.

Dwergplaneten

Pluto werd tot 2006 tot de planeten gerekend, hoewel hij veel kleiner is dan de maan, voor de helft uit ijzen bestaat en een erg vreemde baan heeft. Die baan is 17° geheld ten opzichte van het vlak van de ecliptica (zie kader) en erg excentrisch (variërend van 4,5 tot 7,5 miljard km (30 tot 50 AE, zie kader) van de zon.

Voorbij de baan van Neptunus verwachtte men meer kleine, Pluto-achtige ijswerelden. We noemen ze **ijsdwergen**. In 1992 werd de eerste ontdekt, snel gevolgd door meer. In 2005 ontdekte men een object op 15 miljard km van de zon. Dat object, Eris, is even groot als Pluto. Moesten we dat nu de tiende planeet noemen? In 2006 kwam men met een

definitie voor een *planeet*: dat is een object dat om de zon beweegt, onder zijn eigen zwaartekracht een bolvorm heeft gekregen en de 'baas' is in zijn baan. De nieuwe klasse van *dwergplaneten* voldoet niet aan die laatste conditie (ze domineren hun baan niet). Er zijn nu vijf officiële dwergplaneten: de ijsdwergen Pluto, Eris, Haumea en Makemake, en de planetoïde Ceres. Maar er zijn zeker veertig kandidaat-dwergplaneten. Er zijn nu al meer dan duizend ijsdwergen ontdekt.

Kleine Zonnestelselobjecten

Alle andere leden van het zonnestelsel noemen we de *kleine zonnestelselobjecten*. Het gaat dan om manen van planeten en dwergplaneten, planetoïden, ijsdwergen en kometen.

In totaal zijn er in het zonnestelsel ongeveer 180 manen, of natuurlijke **satellieten**. Dat zijn manen van planeten en dwergplaneten, maar ook veel kleinere ijsdwergen en planetoïden hebben maantjes.

Planetoïden

De eerste planetoïde, Ceres, werd in 1801 ontdekt. Planetoïden bestaan uit gesteenten en metalen, maar ook water. We vinden ze voornamelijk tussen de banen van Mars en Jupiter, in een ongeveer 100 miljoen km dikke ring. In de sterrenkunde noemen we zo'n dikke ring een gordel, dus dit is de **Planetoïden-gordel**. De planetoïden in die gordel zijn de overgebleven bouwstenen van planeten, want door Jupiters invloed kon zich hier in het jonge zonnestelsel geen planeet vormen.

Door onderlinge botsingen van planetoïden kunnen hele planetoïden of de brokstukken ervan buiten de Planetoïdengordel terecht komen. Ze krijgen dan instabiele banen, dichterbij de zon. Daarbij kunnen ze de banen gaan kruisen van de binnenste planeten, zoals de aarde. In dat laatste geval spreken we van *Near Earth Asteroids* – of *NEA's* (zie verder).

Een Planetenpad!

Afstanden en afmetingen in het zonnestelsel worden pas duidelijk als je gebruik maakt van een schaalmodel van het zonnestelsel, of Planetenpad. In mijn boeken maak ik veel gebruik van getekende of beschreven schaalmodellen. Daarnaast bieden wij het unieke en complete Zonnestelselmodel (zie pag. 8).

Het vlak van de ecliptica

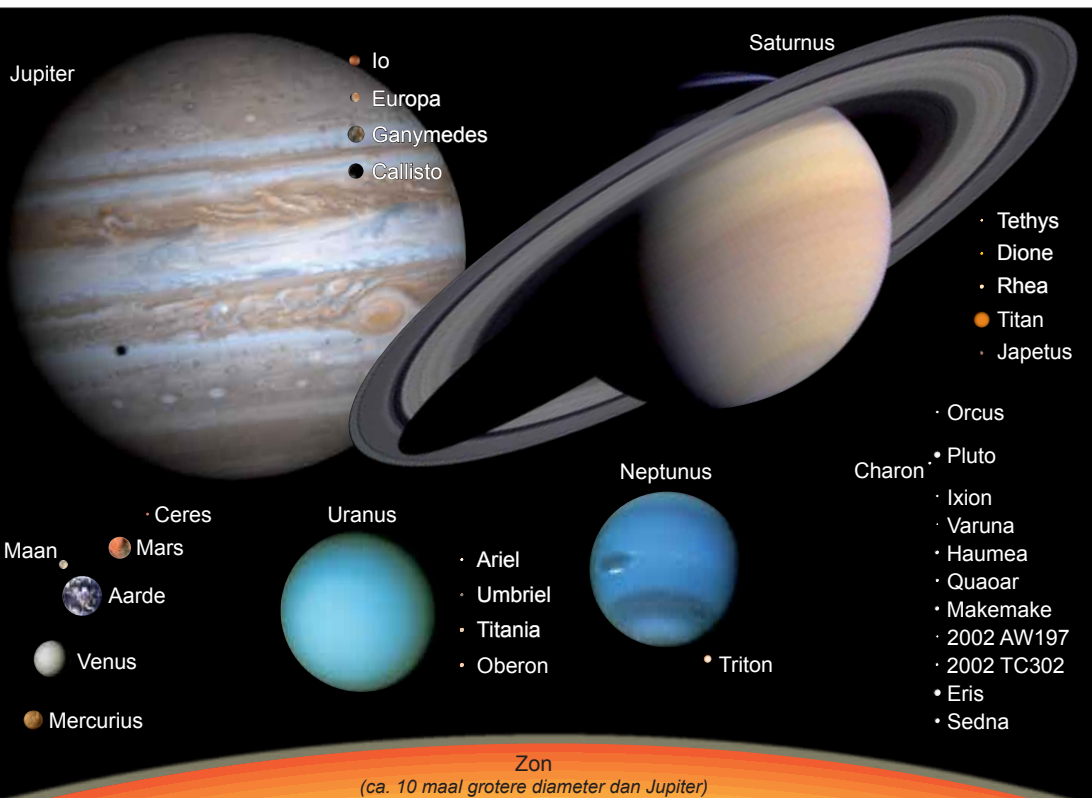
De aarde en de andere planeten bewegen ongeveer in hetzelfde vlak om de zon. Dat is dus ook het vlak van de aardbaan, ofwel het vlak van de ecliptica. We gebruiken dat als een referentievlak, waarmee we de posities van objecten kunnen aangeven (onder of boven dat vlak).

AE

Binnen het zonnestelsel geeft men afstanden vaak weer in Astronomische Eenheden (AE), in plaats van in km. Dat is omdat zelfs de 'kleine' afstand van de aarde tot de zon al bijna 150 miljoen km is! Die afstand Aarde-Zon hebben we daarom als eenheid van afstand genomen: de aarde staat op 1 AE. Dan staat Mercurius op 0,39 AE, Jupiter op 5,2 AE, Neptunus op 30 AE. Neptunus, de buitenste planeet, staat dus 30 maal zo ver van de zon als de aarde!

Linksonder: een soort 'familieportret', met de zon (onder) en alle objecten in het zonnestelsel die 1000 km zijn of groter.

Rechtsonder: het ca. 23 km grote Mars-maantje Phobos is vermoedelijk een door de rode planeet ingevangen planetoïde. Ook dit piepkleine object zit vol kraters.



Ijswergen

Kometen in 2013

Begin 2013 leek het een 'jaar van kometen' te worden. In maart waren er twee te zien. Op 28 november 2013 bereikt de komeet **C/2012 S1 (ISON)** zijn **perihelium**, op 1,2 miljoen km. Op korte afstand van de zon wordt de komeet natuurlijk sterker opgewarmd, zodat komeetstaarten na de passage van de zon groter en helderder zijn. De verwachtingen waren erg hooggespannen, hij zou wel eens de 'komeet van de eeuw' kunnen worden. Het is namelijk een verse komeet en die hebben nog veel ijs dat kan verdampen, zodat een spectaculaire staart mogelijk zou zijn. Nu (oktober 2013) ziet het er minder goed uit, hoewel het voor astronomen een erg interessant object blijft. De komeet wordt wel redelijk helder, helderder dan Venus, maar dat is maar kort. Ook staat hij natuurlijk dicht bij de zon: hij is alleen te zien in de schemering en gaat vlak na zonsondergang óók onder. Na 28 november zal hij snel in helderheid afnemen, maar met een verrekijker of kleine telescoop is hij nog een tijdje te zien. En... kometen zijn erg onvoorspelbaar, dus wie weet wat voor stunt ISON voor ons in petto heeft!

Linksonder: de komeet Hartley 2, in oktober 2010 (foto Mike-Broussard).

Midden, onder: de komeet West was in het voorjaar van 1975 een prachtig gezicht. Hij toont ook mooi de twee typen staarten (foto John Laborde, Tierra Del Sol Observatory).

Rechtsboven: de komeet Hartley 2 (1,2 bij 1,6 km) werd in november 2010 bezocht door het Deep Impact toestel, dat in juli 2005 al de komeet Tempel 1 had bestudeerd. Let op de jets! (foto NASA).

Rechtsonder: de komeet McNaught, de 'Grote Komeet van 2007': een nieuwe komeet en de helderste in 40 jaar!

Ijswergen

De ijswergen vinden we voornamelijk voorbij de baan van Neptunus, in een ruim 2 miljard km dikke, donutvormige ring: de **Kuiper gordel**. Die loopt van de baan van Neptunus (30 AE) tot ongeveer 55 AE. De objecten erin bewegen in een stabiele baan rond de zon. Ze worden naar hun baan verder ingedeeld in klassen.

Komeetkernen

In een enorm gebied vanaf de buitendelen van de Kuiper gordel tot mogelijk meer dan 100.000 AE van de zon vinden we vele miljarden kleine objecten, hooguit enkele km groot. Het zijn kometen, of beter **komeetkernen**. Ze bestaan uit ijzen (80-90% waterijs) vermengd met fijn rotsachtig materiaal: stof, gruis en grind. We noemen ze daarom wel 'vuile sneeuwballen'. Ze zijn ook erg los van structuur, bijna 'donzig'. Op die enorme afstanden geeft de zon nog nauwelijks licht en warmte en het is er dan ook verschrikkelijk koud: -270°C. Dat betekent dat kometen sinds de vorming van het zonnestelsel, 4,5 miljard jaar geleden, in de 'diepvries' zitten. Ze zijn geconserveerd! Dat maakt ze voor de wetenschap erg interessant, omdat ze ons veel kunnen leren over het jonge zonnestelsel.

De kleine komeetkernen kunnen gemakkelijk uit hun baan worden geduwd, door onderlinge botsingen, de invloed van de grote planeten of zelfs van sterren in de buurt. Ze beginnen dan naar de zon toe te 'vallen', een reis die miljoenen jaren kan duren. In de buurt van de zon wordt hun baan veranderd, door de zwaartekracht van de zon, de grote planeten en hun eigen jets (zie rechter kolom). Zo kan een komeet het zonnestelsel worden 'uitgeknikkerd', worden ingevangen door een van de grote planeten, of recht in de zon vliegen.

De baan kan ook zodanig veranderen dat deze korter en minder elliptisch wordt. Daardoor zal de komeetkern met een bepaalde regelmaat gaan

terugkeren naar het binnenste zonnestelsel. We noemen dat **periodieke kometen**. De lengte van die periode hangt af van de **omlooperperiode**, de tijd die een object nodig heeft om één maal om de zon te bewegen. Er zijn **kortperiodieke kometen**, met een omlooperperiode van minder dan 200 jaar, en **langperiodieke kometen** die eens in de 200 tot miljoenen jaren bij de zon terugkeren.

Komeet!

Als een komeetkern in het binnenste zonnestelsel komt gaat het ijs verdampen, eerst de vluchtige gassen als kooldioxide, ammoniak en methaan, maar net buiten de Marsbaan ook water. Daar ligt de 'waterijs-lijn', waarbinnen water gaat verdampen (ijs gaat hier direct over in gas, wat we **sublimeren** noemen).

Doordat deze kleine objecten nauwelijks zwaartekracht uitoefenen, spuit het gas met hoge snelheid de ruimte in, daarbij het stof, gruis en grind meesleurend. Aan de zonkant levert dat krachtige 'spuiters' op, vergelijkbaar met de straalmotoren van een vliegtuig: **jets**. Die jets hebben op de komeet hetzelfde effect als de stuurraketten van een ruimteschip en beïnvloeden dus zijn baan.

Het gas en stof dat de komeet verlaat vormt eerst een soort atmosfeer rond de komeetkern, de **coma**, en dan de **komeetstaart**. Die staart is wat wij de komeet noemen.

Eigenlijk gaat het om twee staarten. De **gasstaart** ontstaat door de **zonnewind**, een voortdurende stroom geladen deeltjes van de zon. Die zonnewind ioniseert de gasdeeltjes die daardoor elektronen kwijtrafen. Daarbij wordt blauw licht uitgezonden. De **stofstaart** ontstaat door de stralingsdruk van het zonlicht en is zichtbaar doordat de stofdeeltjes het gele zonlicht reflecteren.

Nieuwe, 'verse' kometen hebben nog veel ijs dat kan verdampen. De kans dat zij actiever zijn en een spectaculaire staart ontwikkelen is dan ook veel groter.

Als kometen in de buurt van de zon kunnen komen, komen ze óók in de omgeving van de aarde, want die staat niet zo ver van de zon. Dat maakt ze voor ons een potentiële gevaar.



Ruimtepuin

Ruimtepuin

Stof

De hele dag valt er ruimtepuin op Aarde, gemiddeld 40 ton per dag. Dat betekent dat de aarde per jaar 15.000 ton zwaarder wordt! Veel van dat materiaal bestaat uit zeer fijn ruimtestof of *micrometeoroïden* (zie kader). Die stofdeeltjes zijn enkele moleculen tot een paar miljoenste mm groot. Ze hebben te weinig massa om in de dampkring te verbranden, ook al hebben ze snelheden van tientallen km/s. Voor astronauten, het ISS en onze satellieten kunnen ze echter wel een gevaar vormen.

Het stof in het zonnestelsel, **interplanetair stof**, is onder andere afkomstig van kometen (80 tot 85%) en botsingen tussen planetoïden.

Meteor

Als we een *meteor* ('vallende ster') zien komt er een deeltje uit de ruimte, een **meteoroïde**, met hoge snelheid (10-70 km/s) in onze dampkring terecht, waar het verbrandt. De meeste meteoren worden veroorzaakt door deeltjes zo groot als kiezelsteentjes.

Bij die hoge snelheid wordt het ding gloeiend heet en op 120 km hoogte gaat het smelten en verdampen. Het gevolg is een gloeiend lichtspoor dat alleen is te zien als het goed donker is: de **meteor**. Op 75 km hoogte, na hooguit een seconde, is er meestal al niets meer over van de meteoroïde.

Grotere brokken (keien, rotsblokken) kunnen een zeer heldere meteor opleveren, die we een **vuurbol** noemen. Ze kunnen uiteen spatzen. Vuurbollen zijn vrij zeldzaam.

Van een meteoroïde die bij binnenkomst in de aardse dampkring minstens zo groot was als een basketbal kunnen restanten overblijven die op de aarde vallen: **meteorieten**.

Veel meteorieten zijn afkomstig van de buurplaneten of planetoïden. Grotere rotsblokken vallen gewoonlijk uit elkaar tijdens hun 'reis' door de atmosfeer.

Meteorenzwermen

Kleine meteoroïden zijn vaak afkomstig van kometen. Als een komeet in de buurt van de zon is geweest blijft het stof en gruis achter in de baan van de komeet. De aarde trekt in haar jaarlijkse baan om de zon door meerdere van die oude komeetbanen, waarbij zij met hele

wolken meteoroïden botst. Je kunt dan 's nachts veel meteoren zien: een *meteorenzwerm* (of 'sterrenregen'). Alle meteoren van een zwerm lijken uit één punt te komen: de **radiant**. Van de beroemde meteorenzwerm *Perseïden*, die elk jaar rond 12 augustus is te zien, ligt de radiant in het sterrenbeeld PERSEUS.

Objecten tot 10 m noemen we *meteoroïden*, daarboven noemen we het *planetoïden*. De grootte is het enige verschil want ze bestaan uit dezelfde materialen: gesteenten, metalen en wat ijs.

Nabije planetoïden en kometen

Planetoïden en oude kometen die de banen van de planeten kruisen kunnen óók met een planeet in botsing komen. Dergelijke objecten die binnen 45 miljoen km van de aardbaan kunnen komen noemen we **Near-Earth Objects (NEO's)**. We kennen er nu ruim 10.000 en de grootste is ca. 34 km! Men denkt dat er 1000 NEO's zijn van minstens 1 km grootte (waarvan naar schatting 70 nog niet zijn gevonden), 15.000 van ca. 150 m diameter en meer dan een miljoen van ca. 30 m. Van de bekende NEO's bestaat 1% uit kometen en de rest uit **NEA's: Near Earth Asteroids**.

Kortperiodieke kometen komen regelmatig in de buurt van de zon, dus ook in de buurt van de aarde. Een beroemd lid van deze groep is de komeet van Halley, die elke 75 of 76 jaar terugkeert. De komeet van Encke komt veel vaker in de buurt van de aarde: elke 3,3 jaar! Die is dus gevaarlijker.

Kometen met zo'n kleine baan zijn al honderden keren bij de zon geweest. Ze hebben daarbij (bijna) al hun ijs verloren, en zijn nu donkere klompen puin en gruis geworden: 'dode' komeetkernen. Die zijn moeilijk te onderscheiden van planetoïden, maar wel veel gevaarlijker door hun hogere snelheid: 70 km/s (de snelheid van NEA's is rond 30 km/s). De inslagenergie hangt af van de massa en de snelheid van de *impactor*.

Als een NEA van minstens 100 m de baan van de aarde kan kruisen is hij een potentieel gevaar voor ons. Het gaat om ongeveer 1400 objecten. Er is nu géén NEA bekend die op een ramkoers met de aarde ligt.

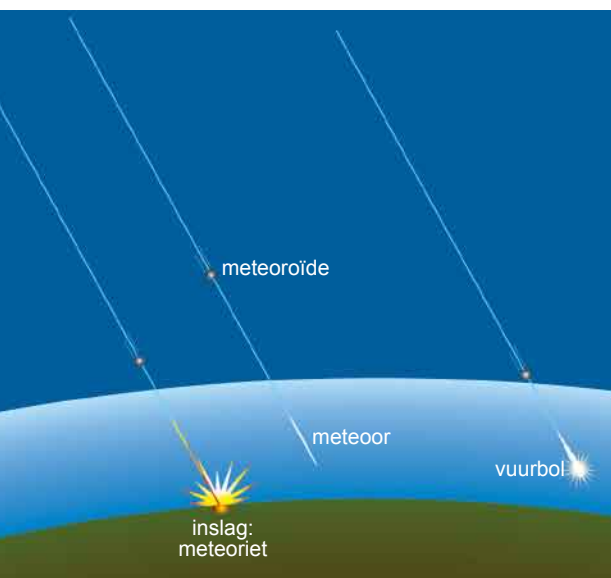
Hoog in de lucht!

'**Meteor**' betekent 'hoog in de lucht' (denk maar aan het woord 'meteorologie'). Een *meteor* is het lichtspoor van een **meteoroïde** die met zo'n hoge snelheid in onze dampkring komt dat hij verbrandt. Als niet alles verbrandt vallen de restanten op Aarde: **meteorieten**. Een meteoriet die groot genoeg is slaat een deuk in het aardoppervlak: een **inslagkrater**.

De populaire naam voor meteor is 'vallende ster'. Geen goede naam, want sterren zijn miljoenen malen groter dan de aarde en meteoroïden juist heel klein. Zie ook de tekening linksonder.

Hieronder: een vuurbol (foto anoniem). Er zijn naar schatting 500.000 vuurbollen per jaar, maar de meeste vallen niet op omdat ze boven zee of dun bevolkt gebied, of overdag plaatsvinden.

Rechtsonder: zo mooi als Roel Weijenberg de meteoren van de Perseïden, mét de radiant, kan tekenen, is met een foto praktisch niet te evenaren.



Voorraad NEA's

NEO-ontdekprogramma's

De afgelopen 15 tot 20 jaar is een aantal speciale waarnemingsprogramma's ('surveys') actief (geweest) met het doel om systematisch en automatisch NEO's te ontdekken en in kaart te brengen. Voorbeelden zijn Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System) en het International Scientific Optical Network (ISON).

Aphelium en perihelium

Het **perihelium** is het punt in de baan van een object dat om de zon beweegt, dat het dichtst bij de zon ligt; in zijn **aphelium** is een object juist het verst van de zon.

Linksboven: het object dat 50.000 jaar geleden de 1186 m grote Meteor Crater (of Barringer Crater) in Arizona veroorzaakte was 50 m groot. Alles binnen een straal van 50 tot 100 km werd bij die inslag verwoest door schokgolven en materiaal dat tijdens de inslag werd uitgestoten (foto Fred Espenak).

Linksonder: Eros (34 x 11 km) is de op één na grootste NEA. In 2001 landde de NASA verkenners NEAR Shoemaker erop! In 100 miljoen tot een miljard jaar zou hij kunnen inslaan op de aarde. Dat wordt dan een inslag zoals die van 66 miljoen jaar geleden...

Rechtsonder: zo zou de inslag van een object van 10 km grootte, zoals die welke de Chicxulub-krater veroorzaakte, eruit zien (© Don Davis).



In 2004 werd *Aphophis* ontdekt en men berekende dat hij in 2029 de aarde of de maan zou kunnen raken. Na herberekeningen bleek dat niet het geval, maar is er een kleine kans op een botsing in 2036.

Voorraad NEA's

NEA's houden het hooguit enkele miljoenen jaren vol in hun baan. Ze verdwijnen dan in de zon, botsen met de aardachtige planeten of worden door die planeten diep de ruimte in geslingerd. Dat er toch nog zoveel zijn betekent dat er een voortdurende aanvoer is van NEA's, waarschijnlijk doordat Jupiter (met zijn zwaartekracht) objecten uit de Planetoïden-gordel in onze richting gooit.

Met grote regelmaat komt er een NEA wel erg dicht in de buurt van de aarde. Een lijstje op **SpaceWeather.com** laat de afmetingen zien van NEA's die de komende tijd bij de aarde komen, en de afstand waarop zij de aarde zullen missen. Die afstand wordt aangegeven in **LD: Lunar Distance** (dat is de afstand Aarde-Maan, gemiddeld 384.400 km). Als dat getal kleiner is dan 1,0 komt het object dus dichterbij de aarde dan de maan! Dat gebeurt enkele keren per jaar, hoewel het meestal om kleine, redelijk onschadelijke objecten gaat.

Aardscheerder

Op 15 februari 2013 'scheerde' de 30 m grote planetoïde *2012 DA14* op nog geen 28.000 km langs de aarde: 0,07 LD! Hij kwam zelfs binnen de *geostationaire baan*, waarin wij onze communicatie- en weersatellieten hebben geplaatst.

Dit klinkt erg gevaarlijk, en dat kan het ook ooit worden, maar we begrijpen het risico beter met behulp van een **schaalmodel**. Stel je voor dat we alle afmetingen en afstanden in het zonnestelsel zo verkleinen dat de aarde zo groot is als een basketbal en de maan zo groot als een tennisbal, op 7,2 m van die basketbal. *2012 DA14* zou dan zo groot zijn als een rookdeeltje (0,001 mm) en de 'aarde' tot op 53 cm naderen: niet echt een schampschot...

Het was dichtbij, maar niet té dichtbij. Er zijn heel veel van zulke 'near misses' geweest in het verleden. Op 23 maart 1989 miste de 300 m grote Apollo-planetoïde *Asclepius* de aarde op 700.000 km. Hij kruiste de aardbaan op precies de plek waar de aarde slechts zes uur eerder was! Een inslag zou de grootste explosie van de afgelopen duizenden jaren hebben opgeleverd, een met de kracht van 450.000 Hiroshima-bommen!

Botsing!

Wat nu als de 130.000 ton zware *2012 DA14* wel op aarde zou raken? In dat geval zou hij met bijna 13 km/s de dampkring binnen dringen en op 16 km hoogte exploderen, met de kracht van 35 Hiroshima-bommen! De restanten ervan zouden een flinke krater slaan.

Waarschijnlijker is het echter dat hij in zee zou storten, omdat hij de aarde van boven (onder?) de zuidpool naderde. Het zuidelijk halfrond bestaat voor bijna 90% uit oceaan. De inslag van *2012 DA14* zou een stad kunnen vernietigen. Een inslag van die omvang komt statistisch gezien eens in de 185 jaar voor.

De beroemde *Meteor Crater* in Arizona werd veroorzaakt door een planetoïde van 50 m diameter (zie foto en beschrijving links).

Op 30 juni 1908 ramde een planetoïde van ca. 50 m de aardatmosfeer (zie kader over Meteor Crater). Op 8,5 km boven het dal van de rivier de Toengoeska, in Siberië, explodeerde het, met de kracht van duizend Hiroshima-bommen. Zoiets gebeurt eens in de 300 jaar. Het gebeurde boven een erg dun bevolkt gebied, maar toch waren de gevolgen enorm: een bosgebied met een diameter van 60 km werd met de grond gelijk gemaakt: ruim 80 miljoen bomen! Op honderden kilometers afstand werden rendieren gedood, nomadenkampen verwoest en ruiten vernield. Veel mensen zaten onder de blaren en hele families waren weggevaagd. De explosie was in onze streken hoorbaar, op duizenden km afstand! Restanten ijs en stof van het object bleven in de dampkring hangen en zorgde in Europa dagenlang voor een 'gloeiende hemel', waarbij je 's nachts buiten de krant kon lezen.



De meteor van Chelyabinsk

De meteor van Chelyabinsk

We wisten dat de planetoïde 2012 DA14 op 15 februari 2013 de aarde zou passeren. Maar zestien uur eerder gebeurde er iets dat veel spectaculairder was en dat niemand had kunnen voorspellen. Boven Chelyabinsk, een stad met ruim 1 miljoen inwoners ten oosten van de Oeral, verscheen om 9:20 uur plaatselijke tijd plotseling een helder licht aan de hemel, in het oosten. Dat licht werd steeds helderder, tot het explodeerde! Nog geen 2,5 minuut na die explosie richtte de schokgolf een enorme ravage aan: duizenden ruiten sneuvelden. In de omgeving raakten zo 7200 gebouwen beschadigd en liepen meer dan duizend mensen verwondingen op, vooral door rondvliegend glas. Wat was er gebeurd?

Een planetoïde van 17 tot 20 m (niet veel kleiner dan 2012 DA14!) en naar schatting 11.000 ton, was de atmosfeer binnengedrongen. De kracht van de explosie was gelijk aan die van 30 Hiroshima-bommen. Het was het grootste object dat sinds 1908 in de dampkring terecht was gekomen, voor zover wij weten. En óók boven Siberië, maar dat is dan ook een enorm gebied.

Het Chelyabinsk-object, dat niets te maken had met 2012 DA14, raakte de dampkring met 18,6 km/s en kwam onder een lage hoek van 20° binnen. De hele 'event' duurde maar 32,5 seconden, tot de explosie op 23 km hoogte. Een groot deel van de energie van de explosie werd omgezet in licht: de vuurbol was helderder dan de zon! Dat is goed te zien op filmpjes die je op internet kunt vinden.

Het object liet een 'rookspoor' achter, van verdampt en gesmolten materiaal van de planetoïde, en enorme wolken waar het was ontploft. Naderhand probeerden astronomen zoveel mogelijk meteorieten te vinden, vooral rond een 8 m groot gat in het ijs van het Meer van Chebarkul, 70 km ten westen van de stad. Daar vond men zeker 53 steentjes, allemaal kleiner dan 1 cm, en in de modder van het meer een meteoriet van 60 cm en ca. 300 kg. Het zijn vrij gewone meteorieten, chondrieten genaamd, die voornamelijk uit gesteente bestaan (met 10% ijzer). Die meteorieten leren ons iets over waar de planetoïde vandaan is gekomen.

De explosie bracht ook honderden tonnen stof in de stratosfeer, die na vier dagen, vanuit het westen, Chelyabinsk bereikte. De stofwolk was rond de hele aarde getrokken!

Erger

Het Chelyabinsk-object richtte veel schade aan, maar was geen ramp. Er zijn naar schatting 80 miljoen objecten van dat formaat. Er zijn slechts duizend NEA's van 1 km. Wat als het Chelyabinsk-object zó groot zou zijn geweest? Op deze website kun je bepalen wat de schade en de andere effecten zouden zijn: www.lpl.arizona.edu/impac effects.

Als je de gegevens in de linker kolom invoert, maar met een diameter van 1000 m, krijg je een overzicht. Je ziet dat het object zou zijn ingeslagen, iets dat eens in de 320.000 jaar gebeurt. Voor Chelyabinsk is een inslag met de kracht van 200.000 Hiroshima-bommen, op 70 km afstand, natuurlijk niet fijn. En het Meer van Chebarkul zou behoorlijk worden verbouwd: daar ontstaat een krater van 10 km diameter en 600 m diepte. Bij de inslag zou 400 miljoen m³ (kuub) materiaal verdampen. 14 seconden na de inslag wordt de stad getroffen door een aardbeving van 7,6 op de schaal van Richter, die zwakkere gebouwen en bruggen zwaar beschadigt. Twee minuten na de inslag begint klein puin op Chelyabinsk te vallen, tot een laag van 7,5 cm.

Het lijkt allemaal erg mee te vallen, totdat twee minuten na de aardbeving de drukgolf van de inslag de stad bereikt, met 200 m/s! Dat is windkracht 40... Het geluid doet zeer aan de oren. Gebouwen die de aardbeving doorstonden worden nu alsnog vernietigd, evenals 90% van alle bomen in de omgeving.

Wij zouden er in Nederland niet meteen veel van merken, totdat de stofwolken het zonlicht gaan belemmeren.

Namen en codes

Een nieuw ontdekt object, zoals een komeet, een maan of een planetoïde, krijgt altijd meteen een code. Daarin zijn het type object en het jaar en de datum van de ontdekking verwerkt, en in het geval van kometen vaak de naam van de ontdekker. Vroeger waren dat bijna altijd amateurs, maar de laatste jaren worden veel kometen ontdekt door de NEO-surveys (zie pag. 6). Voorbeeld: C/2012 S1 (ISON) is een nieuwe komeet (daar staat de code 'C' voor). Hij werd ontdekt op beelden van het ISON, van 21 september 2012: de 'S' staat voor de tweede helft van september, de '1' vertelt dat het de eerste ontdekte komeet van die periode was.

Achtergrond: de explosie, gefotografeerd door Marat Ametvaleyev. Op internet vind je een aantal andere fraaie foto's van het rookspoor van hem (© Marat Ametvaleyev).

Linksonder: het 8 m grote gat in het ijs van het Meer van Chebarkul.

Midden, onder: door de explosie is het dak van deze fabriek ingestort.

Hieronder: het rookspoor dat de meteor achterliet, enkele minuten na de explosie.

Rechtsonder: een van de bij het meer gevonden Chelyabinsk-meteorieten.



De dino's

Waarom deze brochure?
 Wij worden voortdurend bedreigd door kosmisch puin. In 'Bombardement van de aarde!' vindt u een overzicht van al die projectielen en hun herkomst. Deze brochure is geschreven als aanvulling op het boek **Genieten van het zonnestelsel** (zie verder op deze pagina) en past achterin dat boek.

Meer over de planeten
 Daarnaast hebben wij het unieke **Zonnestelselmodel**, een schaalmodel van het zonnestelsel in kaartjes (schaal 1:100 miljard). Daarmee kunt u een Planetenpad opzetten in de school, op het schoolplein of een grasveld in de buurt. Via onze website kunt u gratis extra kaartjes voor dit schaalmodel downloaden, voor later ontdekte objecten én een nieuwe voor Pluto.

Gratis Nieuwsbrief
 Je kunt je gratis inschrijven voor onze Nieuwsbrief, via info@walrecht.nl.

Linksboven: zo zou de rampzalige inslag van 66 miljoen jaar geleden er uit hebben kunnen zien (© Don Davis).
Rechts: de enorme krater op het Yucatán schiereiland.
Linksonder: in de toekomst moeten we middelen hebben om gevaarlijke NEO's om te leiden naar een veilige baan (illustratie ESA).

De dino's
 66 miljoen jaar geleden sloeg een planetoïde van 10 km in op het aardoppervlak. De 180 km grote Chicxulub-krater, op het Yucatán schiereiland (Mexico) is wat wij er nu nog van zien, maar toen waren de gevolgen catastrofaal! De energie die vrijkwam bij de inslag was gelijk aan die van 7 miljard Hiroshima-bommen. Schokgolven door de aardkorst veranderden delen van het landschap drastisch, de ozonlaag werd vernietigd, er waren reusachtige tsunami's, vuurstormen in Noord- en Zuid-Amerika, en enorme hoeveelheden superhete as- en stofdeeltjes en stoom werden de atmosfeer in gestoten. De dichte, hete atmosfeer zou het aardoppervlak misschien wel tien jaar lang in een diepe duisternis houden. Al met al was de inslag verantwoordelijk voor het uitsterven van 50% van alle planten- en diersoorten, waaronder de dinosauriërs. De kans op zo'n inslag is erg klein: de laatste keer was 66 miljoen jaar geleden! We moeten ons dus geen zorgen maken. Dat neemt niet weg dat de gevolgen van zo'n inslag wel verschrikkelijk zouden zijn. Het zou het einde betekenen van onze beschaving, hoewel de mens wel creatiever is dan de dino's waren...



Onderzoek en ruimtemijnbouw
 Sinds 1971, toen de Mariner 9 langs de Mars-maantjes Phobos en Deimos vloog, zijn twaalf andere planetoïden bezocht. In 2001 landde de speciale verkenners NEAR Shoemaker zelfs op het oppervlak van een planetoïde: Eros. Het meest spectaculair is de missie van Dawn, een toestel dat in 2011-2012 ruim een jaar rond de grote planetoïde Vesta cirkelde. Het leerde ons veel over wat men wel een **protoplaneet** noemt, een ongebruikte bouwsteen van planeten. Dawn is nu onderweg naar de dwergplaneet (en grootste planetoïde) Ceres, waar hij in 2015 aankomt. Er zijn nieuwe bezoeken aan planetoïden gepland, waaronder de OSIRIS-Rex missie (van NASA) naar de planetoïde Bennu. Deze moet onder andere monsters mee terug nemen naar de aarde. Dat materiaal moet ons meer vertellen over de oorsprong van het zonnestelsel en van het water en het leven op Aarde. Op die manier wil men ook onderzoeken of de mensheid planetoïden kan gebruiken voor hun grondstoffen, dus voor ruimtemijnbouw. Het zou dan gaan om grondstoffen die op Aarde uitgeput of van nature zeldzaam zijn, of materiaal dat gebruikt kan worden voor de constructie van ruimteonderkomens en ruimteschepen (zoals ijzer en titanium), voor de astronauten (water en zuurstof) en als brandstof voor raketmotoren (waterstof en zuurstof). De ruimtetelescoop WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) bracht in 2010 onder andere planetoïden in kaart. Koele objecten als planeten, manen en planetoïden 'zie' je beter in infrarood en je kunt daarmee ook hun grootte bepalen. In totaal werden 157.000 objecten vastgelegd, waaronder 33.000 nieuwe planetoïden en 20 kometen. Daarna ging de ruimtetelescoop in 'slaapstand', maar in augustus 2013 besloot men aanvullend onderzoek te doen naar potentiële gevaarlijke NEO's.

Rob Walrecht Leert je het heelal te begrijpen!

Rob Walrecht is uitgever van leuke, leerzame producten: boeken, planisferen, posters, bouwplaten en meer. Deels speciaal ontwikkeld voor jongeren en dus erg geschikt voor scholen.

Daarnaast hebben wij een cursus sterrenkunde ontwikkeld, speciaal voor docenten PO en VO. De cursus maakt u vertrouwd met de processen in het heelal en een goed inzicht in onze plek daarin.

voor meer informatie:
info@walrecht.nl ★ www.walrecht.nl
 twitter: [robwalrecht1](https://twitter.com/robwalrecht1)

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

het Zonnestelselmodel: je eigen planetenpad! € 9,95



De drie andere boeken, alle in full colour, boordevol foto's en fraaie, heldere illustraties (A4 formaat).

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

