



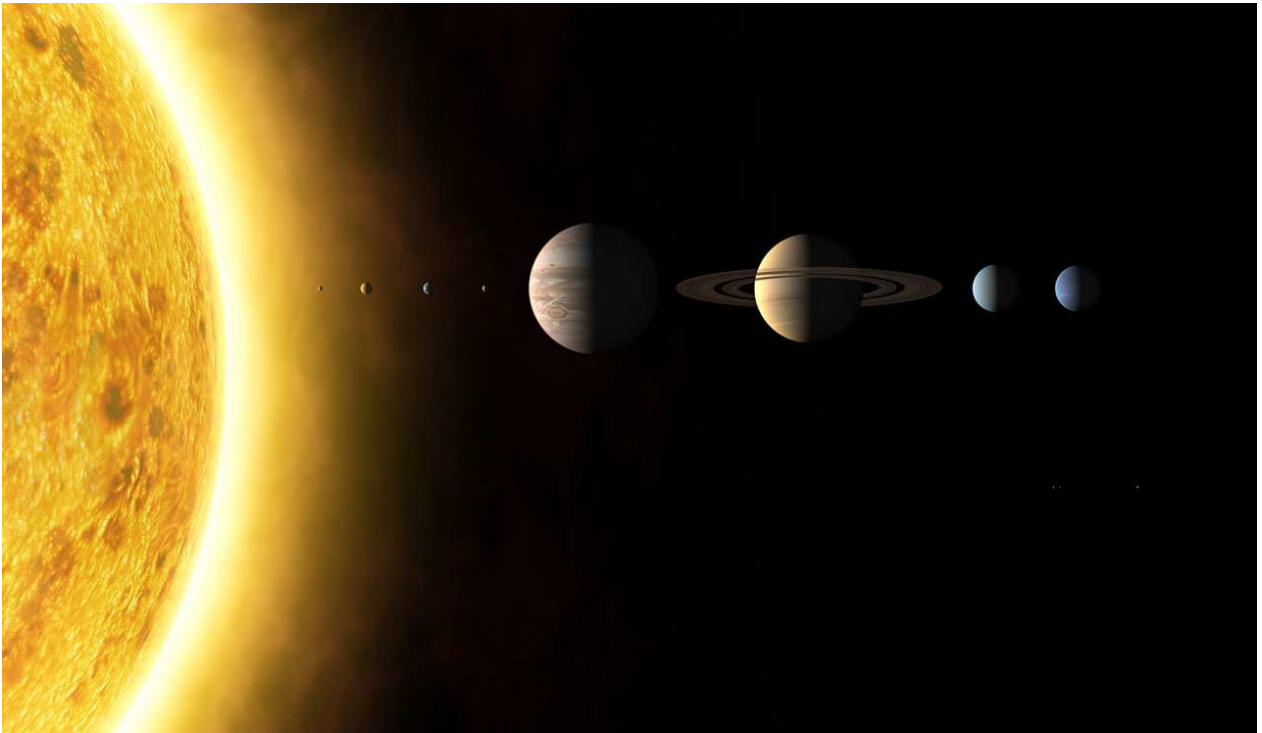
Volkssterrenwacht MIRA v.z.w.

Abdijstraat 22 - 1850 Grimbergen Tel. 02/269.12.80 Fax 02/269.10.75
<http://www.mira.be/> e-mail: info@mira.be



Workshop

Waar zit de Aarde verborgen?

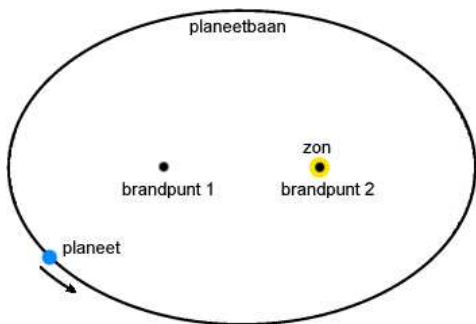


Hoe groot is groot en hoe ver is ver?

Zin om even te fietsen van Brussel naar Madrid? Goed gek, zeker? Dat is veel te ver!

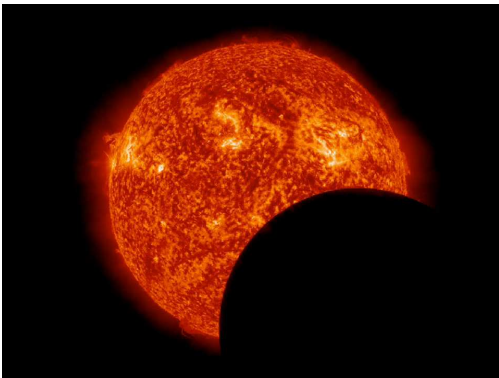
Ver? Wat dan te zeggen als we het zonnestelsel bekijken? Dat zijn pas afstanden die we daarin tegenkomen. Als we tegen iemand zeggen: "Loop eens naar de Maan", zeggen we dit enkel en alleen om van die persoon af te zijn, minstens voor een hele tijd.

Ken je trouwens de afstand tot de Maan? Gemiddeld 384.399 km, maar omdat de baan waarin de Maan rond de Aarde draait een ellips is, staat de Maan soms wat dichterbij ons en soms wat verder van ons, om even wat moeilijke woorden te hanteren: in zijn perigeum staat de Maan op 363.295 km terwijl hij zich in zijn apogeum op 405.503 km bevindt.



Maar om te tonen dat we niet moeilijk willen doen, ronden we de afstand van de Aarde tot de Maan af naar de gemakkelijk te onthouden waarde 400.000 km.

De Zon staat een eind verder, dat is logisch. We weten allemaal dat de Zon veel en veel groter is dan de Maan, maar soms slaagt de Maan er toch in om de Zon te bedekken. Dus kunnen we logischerwijs afleiden dat de Zon heel veel verder moet staan. We kunnen via een aantal technieken berekenen hoe ver, en dan komen we uit bij 150 miljoen km. Wat blijft? 150 miljoen km? Dat is pas ver, onbegrijpelijk ver zelfs.



Maar als we dan verder rekenen voor andere objecten in het zonnestelsel, en zo te achterhalen dat de planeet Uranus op bijna 3 miljard km staat, dat is nog een heel pak verder. En nog minder te begrijpen.

Om die reuzenafstanden toch wat begrijpelijker te maken is een **schaalmodel** een handig middel, dan kunnen we als het ware aanvoelen hoe groot de Zon eigenlijk wel is, en hoe ver een miljoen of een miljard km is.

De structuur van het zonnestelsel

Hoe zit het zonnestelsel in elkaar?

In het midden is een ster, die we kennen als de **Zon**.

Daar omheen draaien 8 **planeten**, in volgorde vanaf de Zon geteld:

1. Mercurius
2. Venus
3. Aarde
4. Mars
5. Jupiter
6. Saturnus
7. Uranus
8. Neptunus

De vier eerste planeten zijn planeten zoals de Aarde, we zouden er kunnen op landen (ook al zou zo'n landing niet overal goed aflopen voor ons). De vier volgende planeten zijn reuzenplaneten van gas en ijs. Ze hebben een vaste kern, maar die zit diep verscholen onder dikke lagen gas, ijs en vloeibare materie.

Er zijn ook planeten die **manen** hebben (eigenlijk alle planeten behalve Mercurius en Venus).

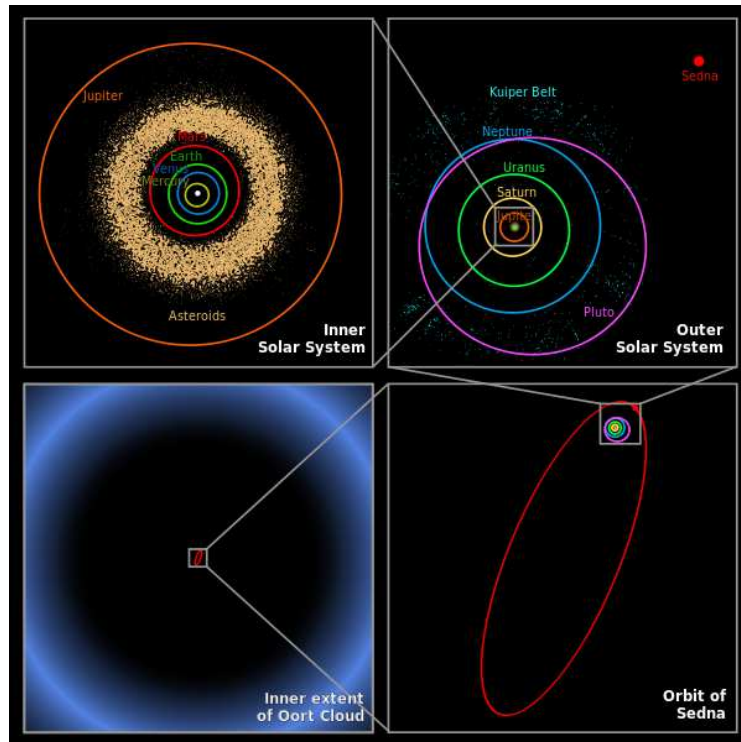
Sinds 2006 hanteren astronomen een nieuwe categorie objecten in het zonnestelsel, die van de **dwergplaneten**. Het meest prominente object in die categorie is uiteraard ex-planeet Pluto. Voorts hebben we daar nog Ceres, Eris, Haumea en Makemake. Voorlopig zijn dat de dwergplaneten, maar binnenkort komen er vast nog een boel objecten in die categorie terecht.

Een boeiende categorie objecten zijn de **planetoïden**, ook asteroïden genoemd. Die zijn met zeer velen, hebben de meest uiteenlopende namen (de ontdekker mag zelf namen voorstellen, vandaar namen als Bamberga, Patientia, Toutatis, Mathilde, ...), en doorlopen het zonnestelsel in velerlei banen. Maar we zien toch twee grote groeperingen: tussen de banen van de planeten Mars en Jupiter enerzijds en buiten de baan van de planeet Neptunus anderzijds. De eerste noemen we de planetoïdengordel, de tweede de Kuipergordel.

In de Kuipergordel zitten we intussen al op ettelijke miljarden km van de Zon, het is er dus behoorlijk koud, en dus zijn de planetoïden die we daar aantreffen vaak rijkelijk voorzien van ijs. Als die objecten in hun vaak heel langgerekte banen dicht bij de Zon komen, zal dat ijs verdampen. Wat we dan te zien krijgen is een komeet.

Kometen komen van ver weg, zoals net gezegd uit de Kuipergordel. Maar helemaal rondom het zonnestelsel is ook nog een grote wolk materie te vinden, de zogenaamde Oortwolk. Die is ontstaan in de begindagen van het zonnestelsel toen door de zwaartekrachtstrijd tussen de Zon en de planeten en de planeten onderling veel brokken materie in alle richtingen naar buiten werden geslingerd uit het vlak waarin de rest van de objecten rond de Zon draaien. Als die koude en bevroren weggeslingerde brokstukken door een of andere verstoring een reis naar de binnenste delen van het zonnestelsel

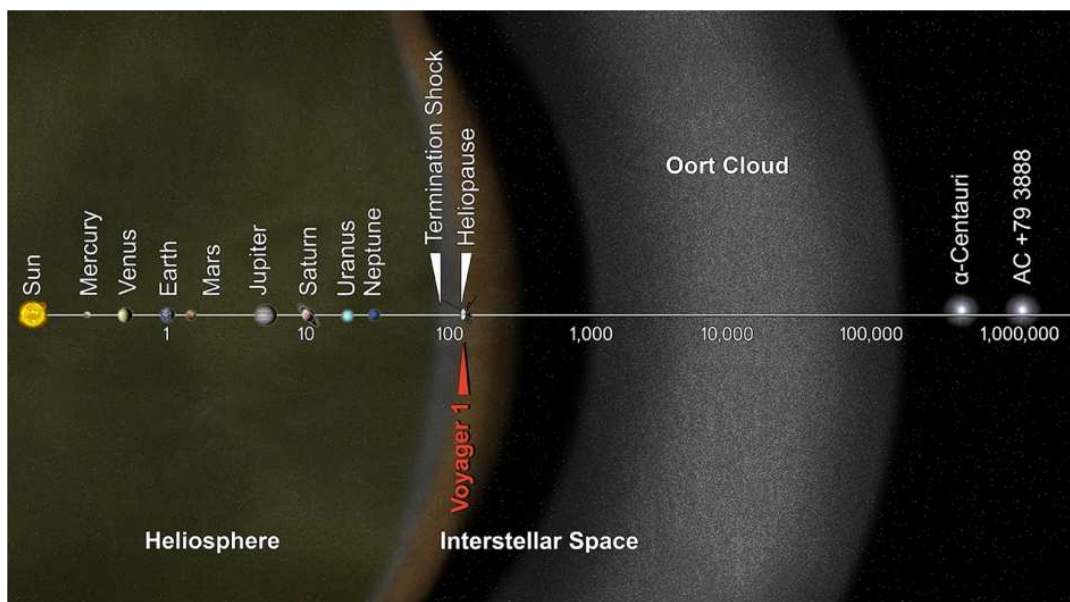
maken zal ijs verdampen en stof en gruis loskomen en krijgen we die fameuze verschijningen te zien met die spectaculaire staarten.



Het voorlaatste ingrediënt van het zonnestelsel zijn de **meteoroiden**, dat zijn kleine korrels en brokjes materie die te klein zijn om planetoïden genoemd te worden. Wij zien ze op Aarde vaak als vallende sterren of meteoren. Soms valt een dergelijk stukje tot op de grond, dan spreken we van een meteoriet.

Ten slotte bevat het zonnestelsel heel wat **geladen deeltjes** die voortdurend ontsnappen aan de Zon. Die vormen de zogenaamde zonnewind. Vaak beschouwt men als grens van het zonnestelsel het gebied waar die zonnewind tot stilstand komt. Dat geheel veld met geladen deeltjes tot ver weg rondom de Zon is de heliosfeer.

Kijk op het bijgevoegde werkblad om zicht te krijgen op de afstanden in het zonnestelsel tussen de Zon en de planeten.



Het zonnestelsel in het grotere geheel

De machten van 10

In de sterrenkunde werken wetenschappers met extreem grote maar ook met extreem kleine getallen. Hun onderzoek gaat nu eenmaal over de allergrootste structuren in het heelal, maar ook over de allerkleinste bouwstenen van de materie.

Als er dan iets in cijfers wordt uitgedrukt zit men vaak met een overvloed aan nullen te werken. En daarbij durft men al wel eens de tel kwijt te raken. Was het nu 0,000000000000000001 meter of 0,00000000000000000001 m? En hoe moeten we dat getal precies lezen?

Om die problemen te omzeilen kunnen we gebruik maken van een verkorte schrijfwijze die ook het rekenen een stuk makkelijker maakt. We gaan werken met de **machten van 10**.

In de tabel hieronder vind je een overzicht, daarmee kan je al een heel eind aan de slag.

Voluit in cijfers	Machten van tien	Benaming	Voorvoegsel	Afkorting
1.000.000.000.000.000.000.000	10^{21}	triljard	Zetta	Z
1.000.000.000.000.000.000	10^{18}	triljoen	Exa	E
1.000.000.000.000.000	10^{15}	biljard	Peta	P
1.000.000.000.000	10^{12}	biljoen	Tera	T
1.000.000.000	10^9	miljard	Giga	G
1.000.000	10^6	miljoen	Mega	M
1.000	10^3	duizend	kilo	k
100	10^2	honderd	hecto	h
10	10^1	tien	deca	da
1	10^0	één		
0,1	10^{-1}	tiende	deci	d
0,01	10^{-2}	honderdste	centi	c
0,001	10^{-3}	duizendste	milli	m
0,000001	10^{-6}	miljoenste	micro	μ
0,000000001	10^{-9}	miljardste	nano	n
0,000000000001	10^{-12}	biljoenste	pico	p
0,0000000000000001	10^{-15}	biljardste	femto	f
0,000000000000000001	10^{-18}	triljoenste	atto	a
0,00000000000000000001	10^{-21}	triljardste	zepto	z

In het schaalmodel dat we hier hanteren maken we alle objecten en afstanden 100 miljard keer kleiner dan ze in werkelijkheid zijn.

De afstand van de Aarde tot de Zon, die 150 miljoen km wordt dan:

150.000.000 gedeeld door 100.000.000.000 = 0,0015 km. Pardon? 1,5 m, dat leest beter.

Als we kleine en grote getallen wiskundig noteren, maken we gebruik van de machten van 10.

Duizend wordt dan geschreven als 10^3 , want als je het getal tien drie keer met zichzelf vermenigvuldigt, is de uitkomst duizend: $10 \times 10 \times 10 = 1\ 000$.

Miljoen is 10^6 , want $10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 1.000.000$.

Voor kleine getallen gebruiken we het minteken bij de exponent: 10^{-3} komt overeen met een duizendste, immers $1 / (10 \times 10 \times 10) = 0,001$. 10^{-6} is een miljoenste, enzovoort.

En rekenen met machten van 10 is warempel kinderspel, niveau tweede kleuterklas.

Machten van 10 vermenigvuldigen is gewoon de exponenten optellen:

$$10^3 \times 10^5 = 10^8 \quad (\text{want } 10 \times 10 \times 10 \quad \times \quad 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^8)$$

Machten van 10 delen is gewoon de exponenten van elkaar aftrekken:

$$10^3 / 10^5 = 10^{-2} \quad (\text{want } 10 \times 10 \times 10 \quad / \quad 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 0,01 = 10^{-2})$$

Afstanden meten: van millimeter tot lichtjaar

Op school leren we rekenen met centimeters, meters en we leren ook de kilometer kennen. We weten ook dat als we een centimeter in tien stukjes hakken we telkens een restje van 1 millimeter overhouden.

Maar er is veel kleiner dan de millimeter, en er is ook veel groter dan de kilometer. In de tabel hierboven hebben we ze leren kennen, al die voorvoegsels die we bij het woord meter kunnen plaatsen, met de overeenkomende grootte.

Het probleem in de sterrenkunde is dat alle sterren die we 's avonds kunnen zien zo ver weg staan dat wij ons totaal niet kunnen voorstellen hoever ze in realiteit van ons verwijderd staan. Ook onze gewone afstandsmaten van meter, kilometer, enzovoort zijn niet echt meer bruikbaar.

Enkele voorbeelden van afstanden tot buursterren van de Zon:

- Zoals hierboven gesteld: de afstand van de Aarde tot de Zon bedraagt 150.000.000 km.
- De meest nabije ster ten opzichte van de Zon is Proxima Centauri. In km uitgedrukt staat die ster 40.110.400.000.000 km verwijderd van de Zon.
- De afstand tot Sirius, de helderste ster die we aan de nachthemel kunnen zien, bedraagt 81.356.000.000.000 km en tot de Poolster is dat 4.105.640.000.000.000 km.

Dergelijke afstanden zijn praktisch onbruikbaar omdat we er ons totaal niks kunnen bij voorstellen. En daarom maakt men in de sterrenkunde gebruik van een andere eenheid om afstanden in uit te drukken: het **lichtjaar**.

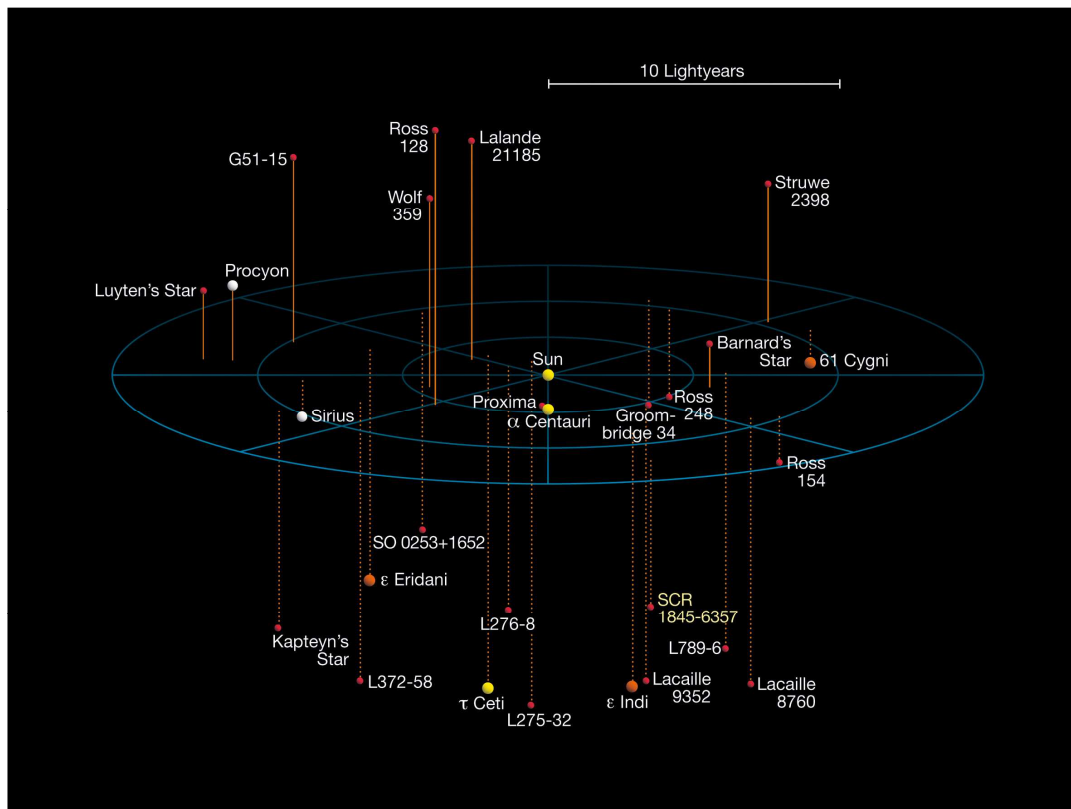
De definitie luidt: een lichtjaar is de afstand die het licht aflegt in één jaar, dit in het luchtledige. Of in de ruimte, daar is ook geen lucht.

Dienen we nog te kennen: de snelheid van het licht.

Die is zeer groot, zelfs onbegrijpelijk groot: ongeveer 300.000 km in één enkele seconde. In een jaar zal het licht dus zoveel keer 300.000 km afleggen als er seconden zijn in een jaar.

En die afstand noemt men een lichtjaar, uitgerekend wordt dat km.
Reken dit zelf maar even uit op je werkblad.

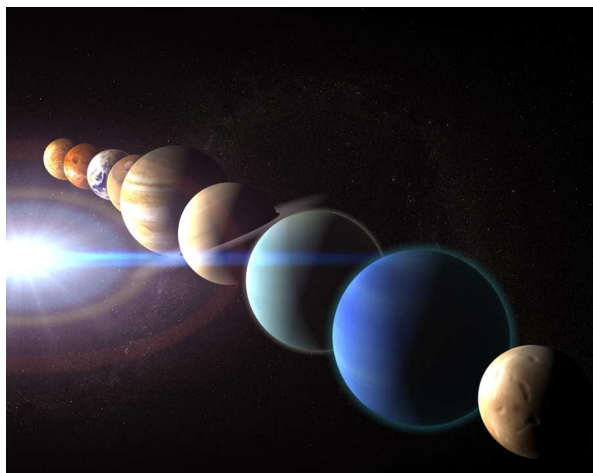
Het is nu eenvoudig om de afstand tot Sirius uit te drukken in lichtjaar: je hoeft alleen de afstand in km te delen door het aantal km die er in een lichtjaar gaan.



De Zon met daaromheen de buursterren binnen een straal van 10 lichtjaar

Let op: nooit alle planeten netjes op een rij

We kunnen er nu op uit trekken om onze objecten op schaal in het zonnestelsel op schaal een plaatsje te geven. We zullen geneigd zijn om ze netjes op een rijtje op te stellen, vertrekkend van de Zon en zo verder en verder, tot we onze verst verwijderde objecten ook ergens een plaatsje hebben gegeven.



Een dergelijke opstelling is leuk om mooie plaatjes te maken, zoals hierboven te bewonderen valt. In werkelijkheid zullen we de planeten nooit allen netjes op een rij zien staan pronken. Daar zijn een aantal goede redenen voor.

Het is niet de fout van Johannes Kepler, maar na jaren van noest rekenwerk kwam hij tot de volgende vaststellingen:

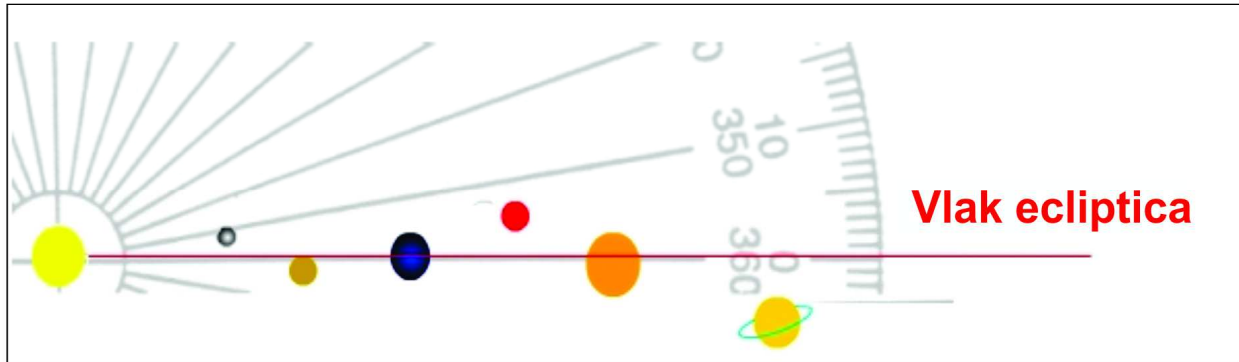
- dat de planeten niet in cirkelbanen maar in ellipsbanen rond de Zon draaien;
- dat de planeten in hun baan sneller rond de Zon bewegen als ze dichterbij staan en trager als ze zich verder weg van de Zon bevinden;
- dat de planeten, naarmate hun baan rond de Zon groter is, trager bewegen, en dit volgens een precies te berekenen verhouding.

Die drie vaststellingen noemen we sindsdien de wetten van Kepler.



Elk object in een baan rond de Zon doet dus zijn eigen ding, maar wel volgens de wetten van Kepler.

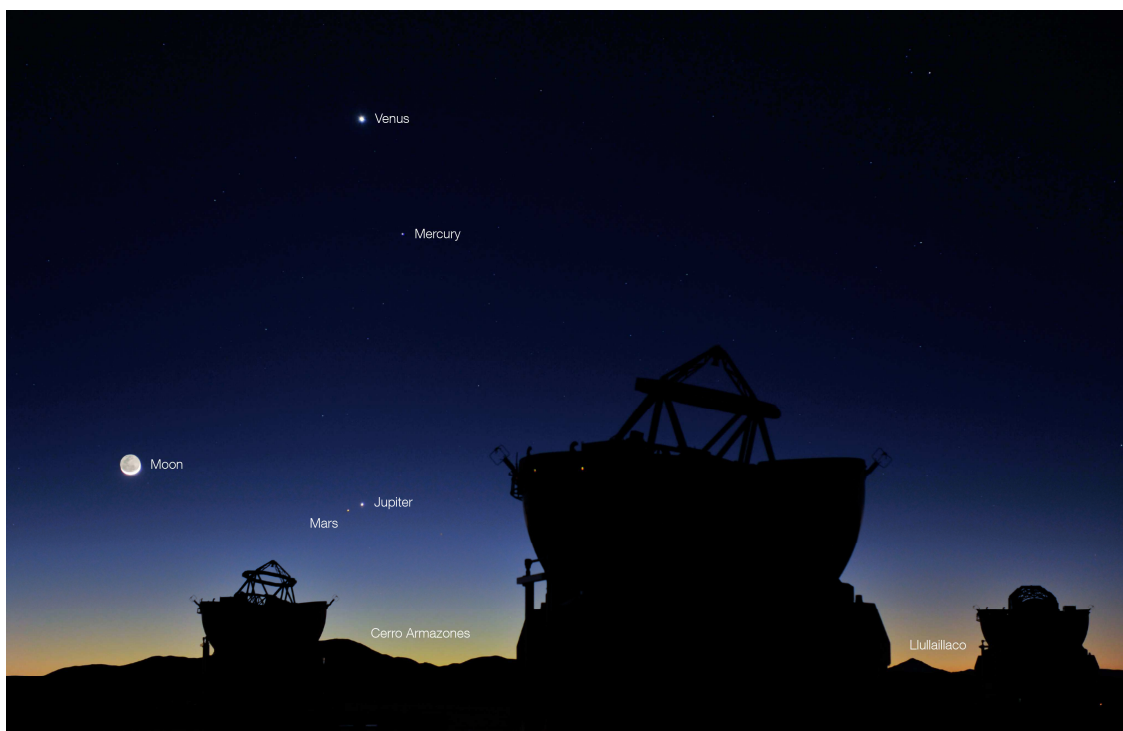
Een tweede bedenking is dat de planeten niet in een perfect plat vlak rond de Zon draaien, maar de ene baan is al meer geheld dan de andere ten opzichte van het vlak waarin de Aarde rond de Zon draait. Dat vlak noemen we het eclipticavlak.



Zo krijgen we een zicht op het zonnestelsel dat niet slechts twee dimensies toont (in de lengte en de breedte), maar wel in drie dimensies (we voegen aan lengte en breedte ook hoogte toe). En dat beeld komt overeen met de werkelijkheid: ook in het zonnestelsel kunnen we alle objecten in de driedimensionale ruimte situeren.

Als er zich al eens een planetensamenstand aan de sterrenhemel voordoet, gaat het vanuit ons aards gezichtspunt bekeken om een aantal planeten, die ongeveer in dezelfde richting opgesteld staan. En zo gebeurt het af en toe dat we twee of zelfs drie planeten aan de hemel zien pronken.

Voor meer dan drie stuks komt dat al veel minder vaak voor, en dat ze alle acht precies op één lijn staan, dat zullen wij tijdens ons leven nooit meemaken.



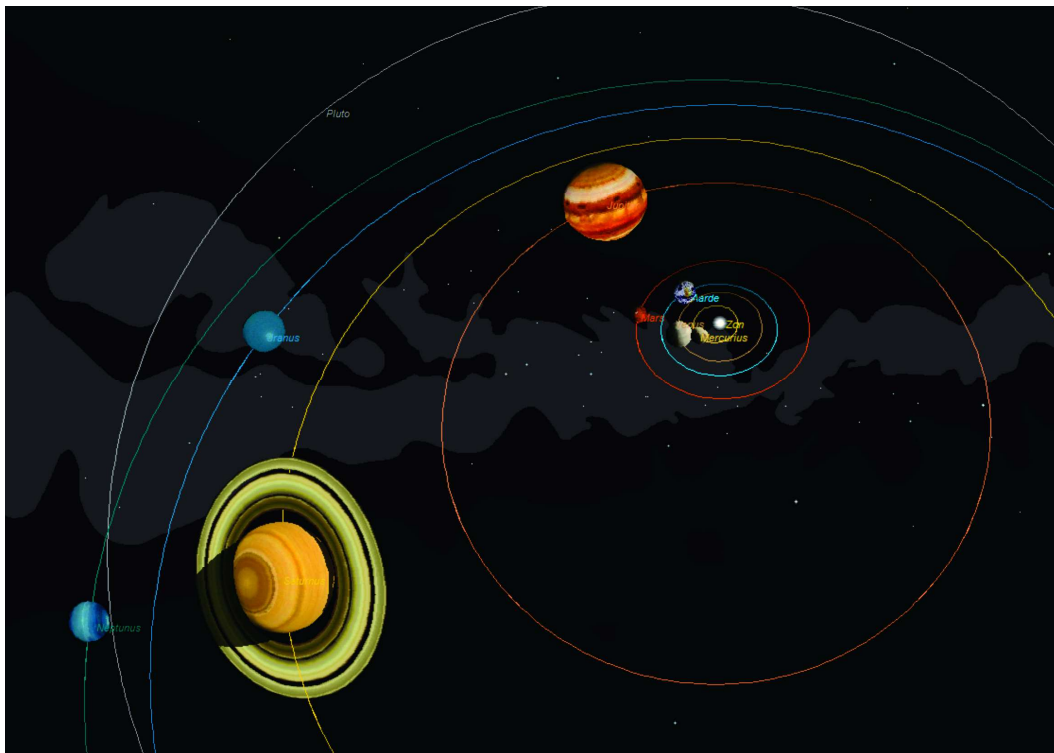
Mensen die niet veel van natuurkunde en sterrenkunde snappen, verzinnen vaak verhalen over naderend onheil dat ons vanuit de ruimte zou bedreigen.

Ook bij planetensamenstanden is dat het geval. De gecombineerde aantrekkingskracht van meerdere planeten zou immers een verwoestende werking kunnen hebben voor onze eigen planeet die daardoor dreigt in stukken uiteen getrokken te worden.

Wat een onzin!

Je weet natuurlijk dat de aantrekkingskracht van de Zon ervoor zorgt dat de Aarde mooi in één jaar één rondje maakt rond die ster op 150 miljoen km afstand. En je weet ook wel dat de Maan aan de Aarde trekt, anders zou er geen eb en vloed zijn. Die getijden zijn zeer zeker een gevolg van de aantrekkingskracht van de Maan, maar ook van de Zon. De Zon kan dat doen omdat ze zo heel veel, enorm veel massa heeft, en de Maan doet dat omdat hij zo dichtbij staat. Maar als we de aantrekkingskracht (of juist de getijdenkracht) van bv. de reuzeplaneet Jupiter op Aarde berekenen, dan stellen we vast dat die kracht belachelijk klein is. Onze Aarde kan echt wel tegen een stootje ☺

Oh ja, voor de liefhebbers van samenstanden, noteer alvast volgende datum in jullie agenda: dinsdag 6 mei 2492. Hier alvast een overzicht (screenshot Redshift 3). Let op, de planeten staan hier niet op de juiste schaal afgebeeld, maar dat dachten jullie vast ook zelf wel.



Minder ver in de toekomst doet er zich vast en zeker een bijzondere samenstand aan de sterrenhemel voor in de periode rond 8 september 2040, dan staan immers Jupiter, Saturnus, Mars, Venus en Mercurius op hun dichtst, gezien vanaf de Aarde, met daarbij ook nog de fijne Maansikkel. Maar op dat moment staat onze planeet dan wel zo ongeveer aan de andere kant van de Zon. Resultaat? De Zon verblindt ons en van het fraaie spektakel zullen we niet veel te zien krijgen ☹