



Draaien om de zon

Vroeger dacht men dat de zon, de maan, de sterren en planeten om de aarde draaien. Tijdens de renaissance zagen drie belangrijke wetenschappers dat dit idee niet klopte. Maar veel mensen geloofden hen niet. Hoe kwamen deze knappe koppen tot hun conclusies? In deze les verplaatsen de leerlingen zich in de wetenschappers die ontdekten dat de aarde om de zon draait.

Lesdoelen

De leerlingen:

- leren aan de hand van de posities van sterren en planeten een beeld van ons zonnestelsel af te leiden.
- maken kennis met de geschiedenis van ons wereldbeeld aan de hand van ontdekkingen van wetenschappers.

Voorbereidingen

Zet voor de filmpjes een computer met internetverbinding en beamer klaar. Zoek de benodigde animaties op in de beeldbank en zorg per leerling voor de benodigdheden.

Benodigdheden

Per tweetal:

- A3-papier
- Passer
- Potlood
- Liniaal
- Schaar
- Lijm

Tijdsduur

45 minuten

Kerdoelen

21, 24, 25,
26, 28, 32

Vakken

Wiskunde
Natuurkunde
Geschiedenis



Geef de leerlingen een inleiding over hoe men in de middeleeuwen naar de hemel keek. Er waren toen nog geen telescopen. Mensen konden de hemel alleen met het blote oog bekijken. Wat zagen ze toen? Alles leek om de aarde te draaien. De sterren leken in een grote bol te zitten die elke dag rond de aarde draait.

Laat bij deze inleiding ook onderstaand filmpje zien. Het filmpje geeft versneld de beweging van sterren weer. <http://bit.ly/d9SDCp>

Het wereldbeeld dat alles om de aarde draait, is gezien vanuit iemand die nog nooit door een telescoop heeft gekeken eigenlijk helemaal niet zo gek. Hoe weten we nu eigenlijk dat de aarde om de zon draait?



De planeten lijken met het blote oog op sterren. Vertel dat het woord planeet in het Grieks dwaallicht of dwaalster betekent. De Grieken dachten dat planeten bijzondere sterren waren, omdat ze anders bewegen aan de hemel. Laat de afbeelding van de zogenoemde retrograde beweging van Mars zien. Waarom beweegt Mars in zo'n

bijzondere lus? Kan dat wel kloppen met het idee dat Mars de aarde draait? En hoe kunnen we deze beweging verklaren met het idee dat de aarde en Mars om de zon draaien?



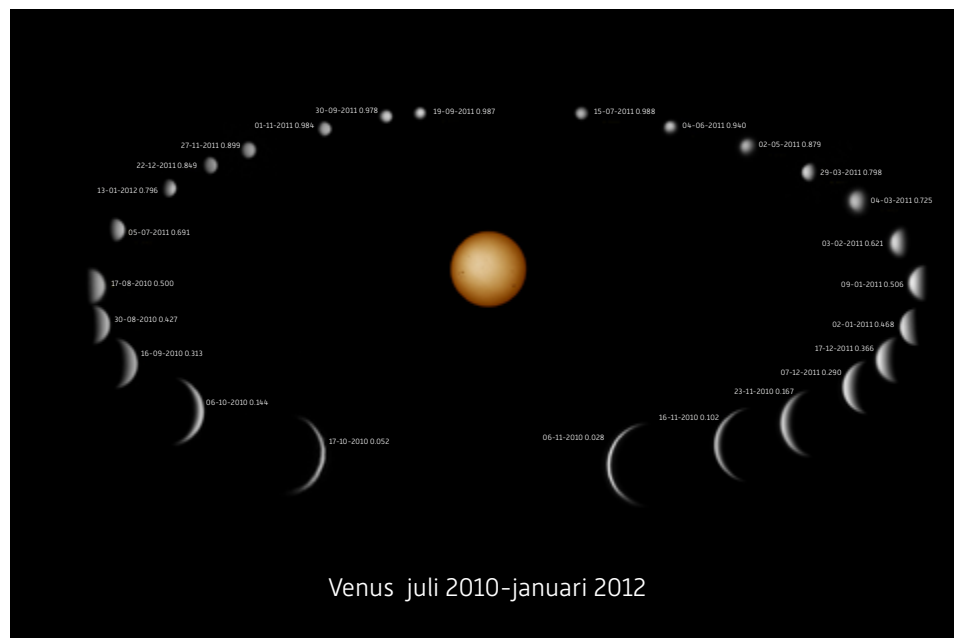
Laat de leerlingen het werkblad *Draaien om de zon* maken. Ze ontdekken hiermee hoe we Mars aan de hemel zien bewegen als de aarde hem tijdens haar omloop om de zon passeert.



Bespreek de opdrachten van het werkblad en laat daarbij eventueel het filmpje van 'The wonders of the solarsystem' <http://youtu.be/kbynKfNfHk4> en de animatie uit de beeldbank Zien. Is er volgens de leerlingen nu genoeg bewijs voor dat de planeten om de zon draaien? Of zou het andere model waarin de aarde het middelpunt is, ook waar kunnen zijn?



Vertel de leerlingen over Galileo Galilei. Hij was in 1609 een van de eerste mensen die het heelal door een telescoop bekeek. Hij kon de planeten daardoor veel beter zien. Hij zag onder andere dat Venus schijngestalten heeft, net als de maan. Dat betekende dat Venus niet altijd op dezelfde plek staat ten opzichte van de zon. Soms staat hij voor de zon, soms naast en soms achter de zon. Dat leverde een belangrijk bewijs dat Venus om de zon draait.



De schijngestalten van Venus Bron: Dave Smith astrosnaps.co.uk

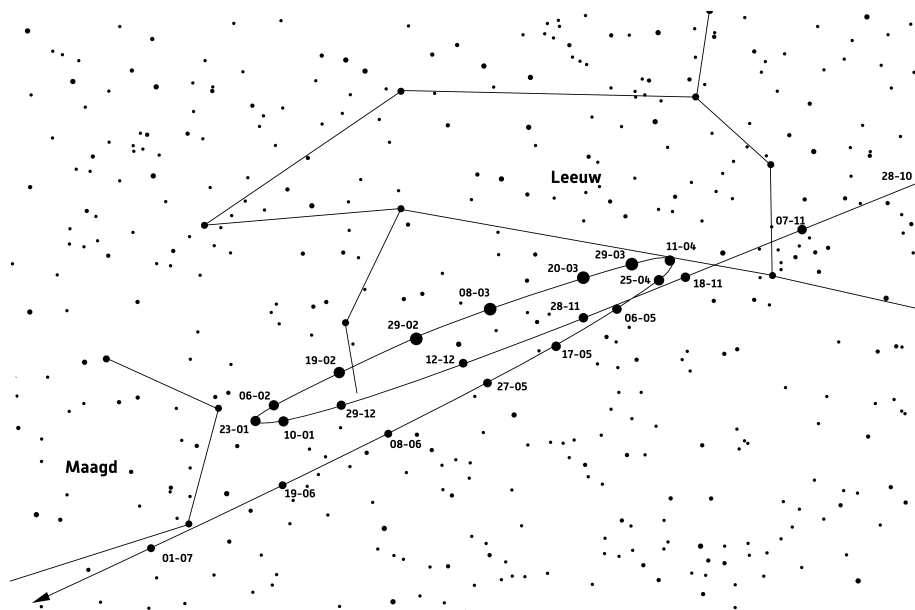
Achtergrondinformatie voor de docent

Al duizenden jaren lang bestuderen astronomen de sterrenhemel. Toch is het pas 400 jaar geleden dat de Italiaanse astronoom Galileo Galilei de belangrijkste bewijzen leverde voor het idee dat de aarde om de zon heen draait. Wat ontdekte Galilei toen precies? En waarom ontdekte men dat niet eerder?

Voor de tijd van Galilei keken astronomen alleen met het blote oog naar de sterren. Ze zagen dat de sterren ten opzichte van elkaar elke nacht op dezelfde positie stonden en gedurende de nacht langzaam langs de hemel bewogen. Ze leken daarbij om de aarde te draaien. Ook de maan en de zon leken volgens een bepaalde baan om de aarde te draaien.

Toch waren er onvolmaaktheden in dit wereldbeeld. Zo bewogen de zon en de maan anders dan de sterren. Zij beschreven een baan door een deel van de sterrenhemel, de ecliptica. Daarnaast waren er een aantal 'dwaallichten' die een nog vreemdere beweging maakten. Ze leken eerst in een rechte lijn van rechts naar links te bewegen, maar maakten af en toe een lusbeweging. Deze sterren noemde men planeten, het Griekse woord voor dwaalsterren.

De lusbeweging wordt ook wel retrograde beweging genoemd. Retrograde betekent letterlijk tegengesteld. De planeten lijken op een bepaald moment even de andere kant op te bewegen aan de sterrenhemel. De retrograde beweging is bij Mars het duidelijkst te zien en vindt eens per twee jaar plaats over een periode van ongeveer drie maanden.



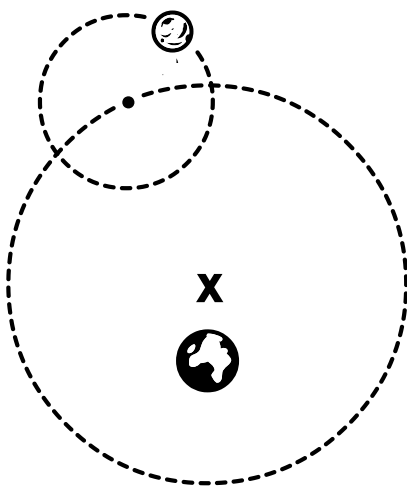
Een visualisering van de retrograde beweging van Mars.

[Een fotoafbeelding staat op <http://apod.nasa.gov/apod/ap120809.html>]

Deze beweging is te verklaren met het idee dat de aarde en Mars samen om de zon draaien. De aarde staat dicht bij de zon en bevindt zich dus binnen de draaicirkel die Mars maakt. Vanuit de aarde gezien zal Mars het grootste deel van zijn omloop van rechts naar links bewegen langs de sterrenhemel. Maar omdat de aarde een bijna tweemaal zo kortere omlooptijd heeft als Mars komt er een moment dat de aarde Mars 'inhaalt'. Hierdoor gaat Mars vanaf de aarde gezien een paar maanden lang de andere kant op, van links naar rechts. In onderstaande filmpjes wordt dat uitgelegd en visueel weergegeven: <http://youtu.be/kbynKfNfHk4> en http://youtu.be/72FrZz_zJFU

Met dit model zijn de banen die de planeten aan de hemel beschrijven goed te verklaren. Toch heeft het lang geduurd voordat astronomen overtuigd waren van dit wereldbeeld. Er waren in de Griekse oudheid wel wetenschappers die dachten dat de aarde om de zon draaide, maar ze konden dit niet goed onderbouwen.

De astronoom Claudius Ptolemaeus was in de tweede eeuw na Christus de eerste die een wiskundig model opstelde voor de beweging van de planeten. Volgens hem bewogen alle hemellichamen in perfecte cirkels om de aarde heen. De planeten hadden daarnaast een aantal cirkelbewegingen om denkbeeldige middelpunten. Deze hulpcircels noemde hij epicykels, waarvan hij er vele gebruikte om het geheel te verklaren. Maar zelfs dan zou de aarde nog niet het middelpunt zijn.



Toch was het wereldbeeld met de aarde als middelpunt van het universum tot aan 1610 algemeen geaccepteerd in de westerse wereld. In de eeuw daarvoor had Nicolaas Copernicus al wel het eerste wiskundige heliocentrische model gepresenteerd, waarin de planeten om de zon heen draaien. De retrograde bewegingen van planeten konden hiermee verklaard worden en een aantal hulpcircels van Ptolemaeus werden overbodig. Maar Copernicus had er nog wel een paar nodig omdat hij ervan uitging dat de planeten in perfecte cirkels om de zon draaien.

De baan van Mars en de aarde uitgelegd met de epicykels van Ptolomeus

Begin 17e eeuw, kwam de Duitse astronoom Johannes Kepler met een nauwkeuriger model om de planeetbewegingen te verklaren. Volgens hem maken de planeten elliptische banen om de zon. Daarnaast kon hij de omlooptijden koppelen aan de relatieve afstand van de planeten tot de zon. De aarde gedraagt zich net als planeten en zou daarom ook een planeet zijn (dat was in die tijd nog niet vanzelfsprekend). De maan heeft een afwijkende omlooptijd, doordat de maan niet om de zon, maar om de aarde draait. Ongeveer tegelijkertijd, in 1610 ontdekte Galileo Galilei de volgende verschijnselen met zijn telescoop.

- De planeten Mercurius en Venus hebben schijngestalten, net als de maan. Hierdoor is te bewijzen dat Venus zich op verschillende momenten voor, naast en achter de zon bevindt.
- Er draaien een aantal manen om Jupiter. Niet alle hemellichamen draaien dus om de aarde. Deze manen draaien ook volgens de wetten van Kepler, maar de ratio afstand versus omlooptijd waren anders dan die van de planeten om de zon. Volgens Galilei had elk hemellichaam met manen zijn eigen verhouding.

Het heliocentrische model leek door deze waarnemingen erg consistent, maar er was nog geen theoretische onderbouwing. Welke kracht kon ervoor zorgen dat de planeten hun banen beschreven? Dat antwoord kon de Engelse natuurkundige Isaac Newton geven met zijn gravitatiewet die stelde dat alle hemellichamen elkaar aantrekken. De grootte van deze kracht hangt af van de massa's van de objecten en de afstand tussen de objecten. En doordat de zon veel groter is dan de aarde, moest de aarde wel om de zon draaien.

Inmiddels weten we dat de zon zelf ook niet stil staat, maar samen met miljarden andere sterren rond het middelpunt van de Melkweg draait. Op zijn beurt is de Melkweg ook weer een van de vele sterrenstelsels. Het heliocentrische wereldbeeld is daarmee ook achterhaald. Maar de ontdekkingen die de wetenschappers in de renaissance hebben gedaan, hebben onze ideeën over het heelal ingrijpend veranderd.

Draaien om de zon



Je hebt waarschijnlijk geleerd dat de aarde en de andere planeten om de zon draaien. Maar hoe weten we dat zo zeker? In deze les leer je hoe wetenschappers dat konden ontdekken zonder telescoop.

Wat heb je nodig?

- A3-papier
- Passer
- Potlood
- Liniaal
- Schaar
- Lijm



Wat ga je doen?

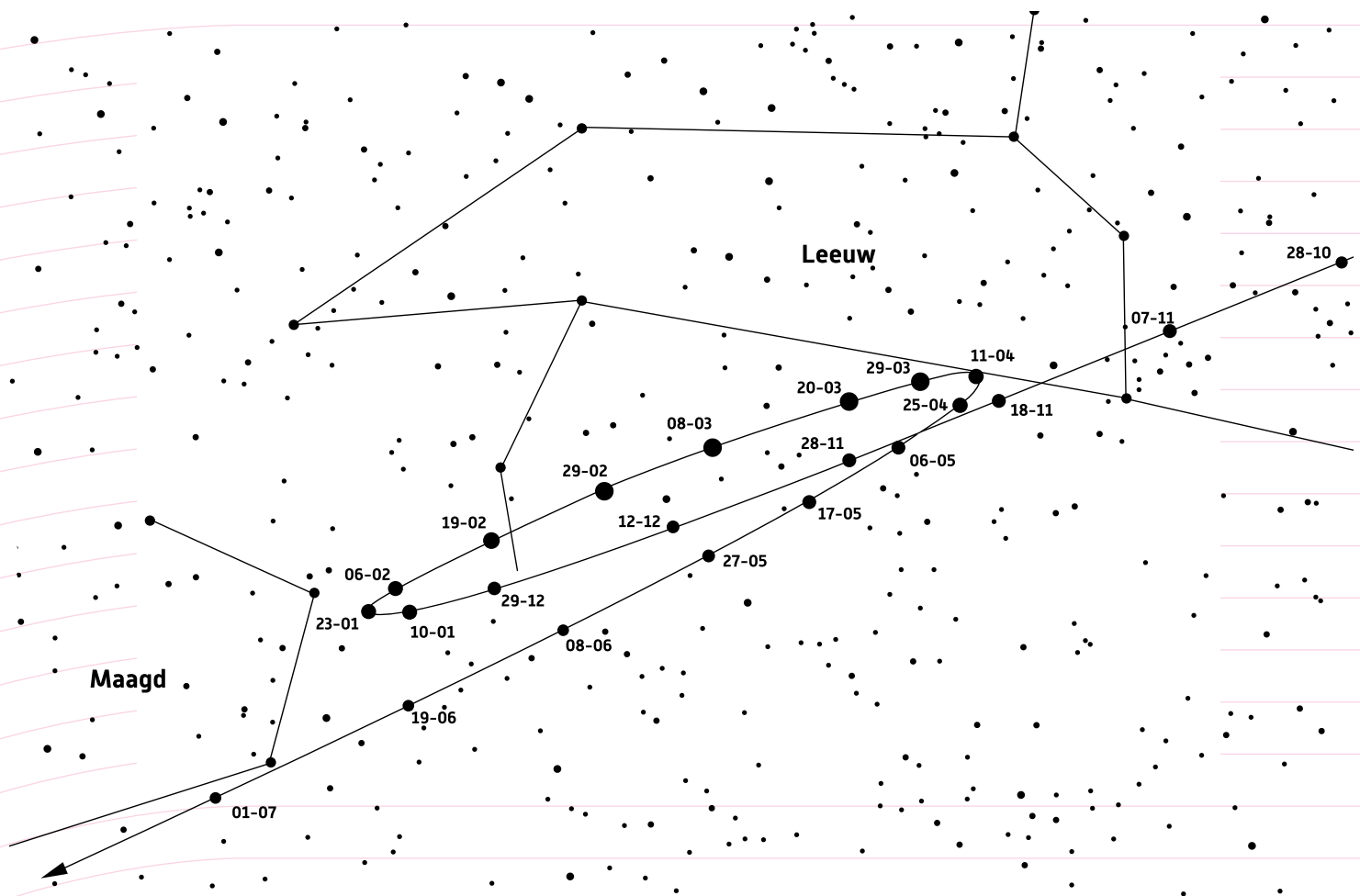
- 1 Als je 's avonds naar boven kijkt, dan zie je meestal veel sterren. Maar tussen de sterren zitten ook planeten. Kun jij met het blote oog het verschil zien tussen een planeet en een ster? En zo ja, hoe?

De Oude Grieken zagen dat de planeten anders bewegen dan de sterren. De sterren staan stil ten opzichte van elkaar. Maar de planeten bewegen langs de sterren. Ze zagen dat de planeet Mars elke nacht een klein beetje opschuift ten opzichte van de sterren.

Op de afbeelding, op de volgende pagina, zie je de positie van Mars gedurende een periode van een half jaar. De zwarte rondjes stellen Mars voor op verschillende momenten tijdens dat half jaar. De cijfers zijn de data waarop Mars op die positie aan de hemel te zien was.

2 Op de afbeelding zie je Mars soms grote ene dan weer kleiner.

Waardoor komt dat denk je?



3 Op welk punt denk jij dat Mars het dichtst bij staat? Schrijf de datum op.



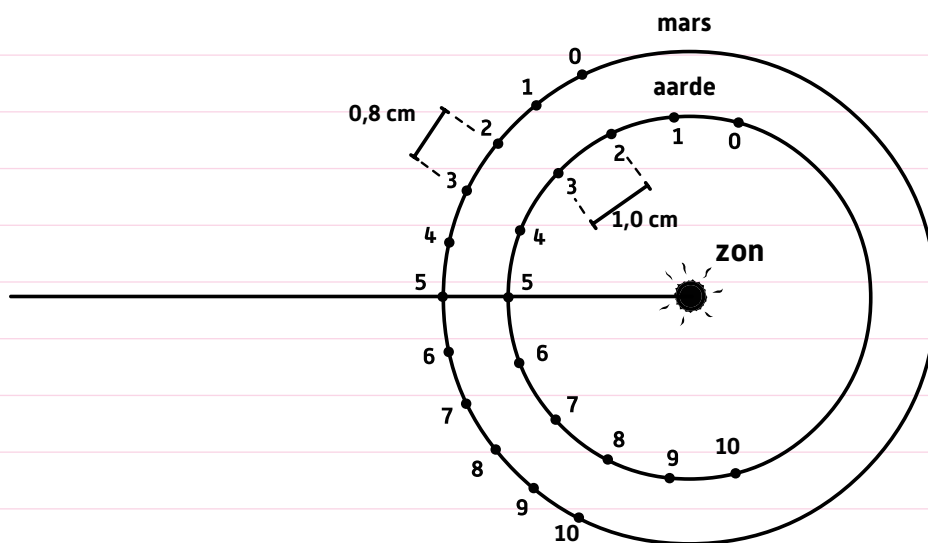
- 4** Stel nu dat de aarde het middelpunt is van het heelal. Wat zou denk je de baan van Mars zijn om de aarde? Teken dat in het volgende vak.



Je hebt misschien gemerkt dat het niet makkelijk is om een baan te bedenken van Mars om de aarde die klopt met de afbeelding. De wetenschapper Nicolaas Copernicus vond een baan van Mars om de aarde niet logisch. Want waarom zou Mars dan zo'n rare beweging maken aan de hemel? Hij bedacht dat de planeten om de zon draaien. Hieronder ga je zelf ontdekken of je met dit idee de beweging van Mars kunt verklaren.

- 5** Leg het A3-papier in de breedte voor je. Zet een stip helemaal aan de rechterkant in het midden. Dit moet de zon voorstellen.
- 6** Teken om de zon een halve cirkel met straal 3 centimeter. Dit is de baan van de aarde.
- 7** Teken nog een halve cirkel om de zon, met straal 4,5 centimeter. Dit is de baan van Mars.

- 8 Teken links van de zon een stip op de baan van de aarde en een stip op de baan van Mars. Deze twee stippen liggen in een lijn met de zon. Zet bij beide stippen een 5.
- 9 Teken nu op de baan van de aarde 5 stippen boven en 5 stippen onder de stip die je al getekend hebt. Let op, de stippen moeten precies 1,0 centimeter uit elkaar liggen. Nummer de stippen. Kijk goed naar de tekening.
- 10 Teken op de baan van Mars stippen die precies 0,8 centimeter uit elkaar liggen. Kijk weer goed naar de tekening.



De stippen zijn de posities van de aarde en Mars op gelijke tijdstippen. Elk cijfer is een tijdstip. De stippen liggen in het echt ongeveer 3 weken uit elkaar.

De aarde draait sneller om de zon dan Mars. Zoals je ziet heeft de aarde Mars vanaf stip 6 'ingehaald'. Nu ga je ontdekken hoe je dat kunt zien als je vanaf de aarde naar boven kijkt.

11 Knip de sterrenkaart op de volgende bladzijde uit en plak deze op het A3-blad, 30 centimeter links van de zon. Deze sterren zijn te zien op de achtergrond als je naar Mars kijkt.

12 Trek een streep vanuit de aarde op tijdstip 0 door Mars op tijdstip 0. Trek de streep door tot aan de sterren in de verte.

13 De lijn die je hebt getekend noemen we een zichtlijn. Zet een stip op de plek waar de streep midden in de sterren komt. Op deze plek is Mars te zien als je op tijdstip 0 naar de sterren kijkt. Zet een 0 bij deze nieuwe stip.

14 Herhaal de stappen 11 en 12 voor de punten 1 t/m 10. Zet de stippen 4, 5 en 6 iets hoger in de sterren dan de overige stippen.

15 Trek een vloeiende lijn door de stippen 0 t/m 10. Heb je ongeveer dezelfde vorm als op de foto?



16 Vind jij dit voldoende bewijs dat de aarde en mars samen om de zon draaien? Zo nee, waarom niet?

17 Kun jij nog andere dingen bedenken die bewijzen dat de planeten om de zon draaien?

