

LESBRIEF

Het zonnestelsel



LEERDOELEN

- 1.1 Je kunt beschrijven hoe de sterren (vanaf de aarde) langs de hemel lijken te bewegen.
- 1.2 Je kunt uitleggen waardoor de schijnbare beweging van de sterren wordt veroorzaakt.
- 1.3 Je kunt toelichten wat wordt bedoeld met 'aardas', 'aswenteling' en 'hemelpool'.
- 1.4 Je kunt uitleggen hoe een astronoom planeten kan onderscheiden van echte sterren.
- 1.5 Je kunt beschrijven hoe de acht planeten in het zonnestelsel rond de zon bewegen.
- 1.6 Je kunt de namen van de planeten noemen, in volgorde van hun afstand tot de zon.
- 1.7 Je kunt de belangrijkste verschillen benoemen tussen de aardse en de reuzenplaneten.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
Onthouden	1a		1b, 3b	1d	1c, 2c		2ab
Begrijpen					5c, 6bcde	6a	
Toepassen	3ab		4abcd	5de	5ab, 7cd		
Analyseren	3c				7ab		

Mensen volgen al duizenden jaren de banen van zon, maan en sterren. De aarde was daarbij lang het vaste uitgangspunt: alle bewegingen werden beschreven zoals je die vanuit de aarde ziet. Pas in de laatste 500 jaren is dat beeld helemaal veranderd.

DE STERREN

Om de sterrenhemel goed te zien, moet je ergens naar toe gaan waar het 's nachts echt donker is. In Nederland is dat lastig: er is teveel licht uit andere lichtbronnen. Op eenzame plaatsen, ver van grote bevolkingscentra, gaat het beter. Daar kun je op een heldere nacht zonder maan meer dan 2000 sterren aan de hemel zien staan.

Als je regelmatig naar die sterren kijkt, ga je al snel bepaalde patronen herkennen. Groepjes sterren vormen herkenbare figuren, die altijd dezelfde vorm en grootte hebben. Zo'n figuur noem je een **sterrenbeeld**. Een bekend voorbeeld is de jager Orion (figuur 1). Astronomen gebruiken een lijst met 88 sterrenbeelden, elk met een eigen naam, om zich tussen de sterren te oriënteren.

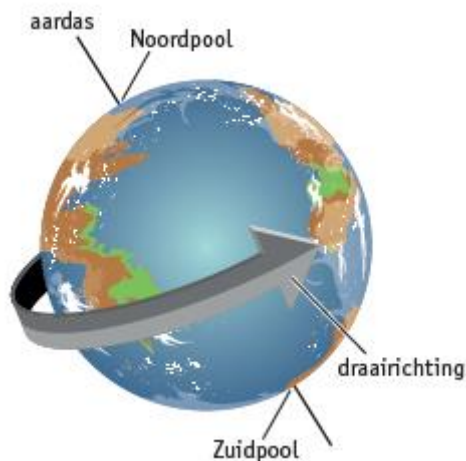


figuur 1 Het sterrenbeeld Orion kun je herkennen aan de drie sterren die zijn gordel vormen.

Als je sterren een tijdje volgt, zie je dat ze langs de hemel bewegen. In het oosten komen voortdurend sterren op. Ze bewegen schuin omhoog, in een grote boog, naar het zuiden. Daar bereiken ze hun hoogste punt. Daarna dalen ze weer, tot je ze in het westen onder de horizon ziet verdwijnen.

Sterren die in het noordoosten opkomen, blijven lang boven de horizon. Ze bereiken hun hoogste punt (bijna) recht boven je hoofd. En in het noorden heb je sterren die helemaal niet ondergaan. Ze bewegen in grote cirkels rond een centraal punt, hoog aan de hemel. Dit punt noem je de **noordelijke hemelpool**. Hier staat een heldere ster, die de Poolster wordt genoemd.

Astronomen hebben lang gedacht dat de aarde stil stond en de sterren bewogen. Vanuit de aarde gezien lijkt dat ook zo. Na het jaar 1500 zijn ze zich gaan realiseren dat het de sterren zijn die stilstaan. Dat ze lijken te bewegen, komt doordat de aarde draait rond de **aardas**: een denkbeeldige lijn door de aarde die naar de Poolster wijst. Deze beweging wordt de **aswenteling** van de aarde genoemd (figuur 2).



figuur 2 De aswenteling van de aarde.

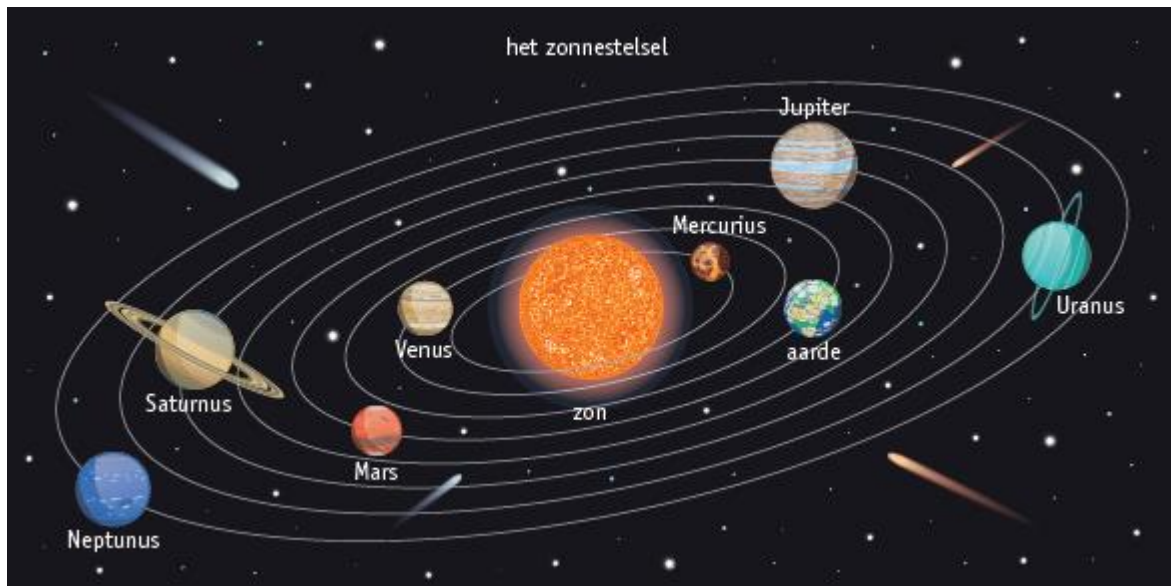
DE PLANETEN

De aarde is een van de zeven **planeten** die rond de zon draaien. Vijf daarvan zijn vanaf de aarde goed te zien. Ze hebben hun namen al in de oudheid gekregen: Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus. Uranus en Neptunus zijn pas later ontdekt, in 1781 en in 1846.

Planeten lijken vanaf de aarde gezien veel op sterren. Met het blote oog zien ze eruit als kleine licht-punten. Als je sterren en planeten door een telescoop bekijkt, is er wel een verschil. Een ster blijft dan een punt; de telescoop zorgt er alleen voor dat de ster helderder wordt. Maar een planeet wordt dan een schijf, met een eigen, kenmerkend uiterlijk.

Voor astronomen is er nog een ander, belangrijk verschil. Sterren hebben een vaste plaats aan de sterrenhemel. Ten opzichte van elkaar bewegen ze niet. Bij de planeten is dat anders. Die bewegen net als de zon door de twaalf sterrenbeelden van de dierenriem. Ze doen dat wel allemaal in een ander tempo: Mercurius het snelst, Neptunus het langzaamst.

In figuur 3 zie je een model van het zonnestelsel. Het model is niet op schaal. In werkelijkheid zijn alle afstanden veel groter. Ook zijn de zon en de planeten niet op schaal getekend. Er is nog een derde verschil. In het model lijken alle planeetbanen allemaal in hetzelfde vlak te liggen. In werkelijkheid wijken ze daar iets van af: de een wat meer, de ander wat minder.

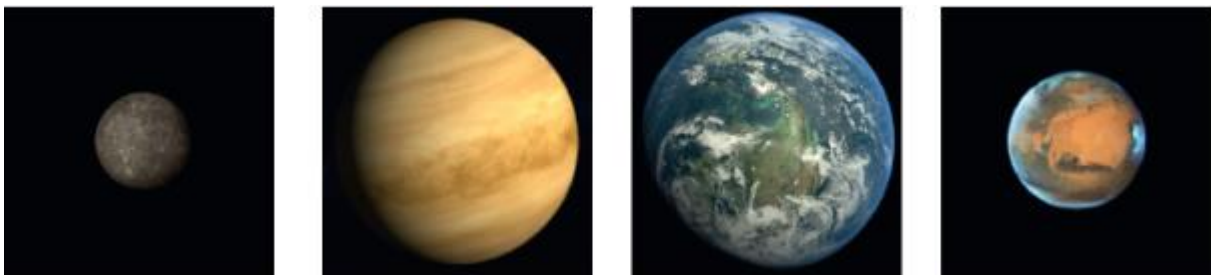


figuur 3 Een model van het zonnestelsel (niet op schaal).

Planeten bewegen in een **ellips**, een soort afgeplatte cirkel, rond de zon. Daardoor staan ze de ene keer dichtbij de zon dan de andere. Maar de verschillen zijn bij de meeste planeten maar klein: hun banen wijken maar weinig af van een zuivere cirkel. Daarom geeft hun gemiddelde afstand tot de zon je een goede indruk van hun baan. Alleen bij Mercurius zijn de verschillen groter.

AARDSE PLANETEN

Mercurius, Venus, de aarde en Mars worden **aardse planeten** genoemd. Qua afmetingen en samenstelling lijken ze veel op elkaar (figuur 4). Ze hebben alle vier een hard, rotsachtig oppervlak. Binnenin bestaan ze uit gesteentes en metalen, in vaste of vloeibare vorm. De aarde is als enige aardse planeet grotendeels bedekt met water.



figuur 4 De planeten Mercurius, Venus, Aarde en Mars, op dezelfde schaal weergegeven.

Net als de maan kun je planeten alleen zien, doordat ze het licht van de zon weerkaatsen. Venus en Mars staan 'dichtbij' de aarde en zijn daardoor goed zichtbaar. Venus is dankzij haar witte wolkendeek zelfs een van de helderste hemellichamen; alleen de zon en de maan geven nog meer licht. Je ziet Venus soms als 'avondster' vroeg in de avond, en soms als 'morgenster' laat in de nacht.

Zowel op Venus als op Mars zijn planeetverkenners geland, om metingen te doen en foto's te maken. Venus is zo heet dat een verkenner het daar maar even uithoudt, hoogstens enkele uren. Maar op Mars kunnen verkenners jarenlang doorgaan. Het robotkarretje Opportunity is zelfs 14 jaar actief geweest, van 2004 tot 2018. Dankzij dit soort verkenners is goed bekend hoe het oppervlak van Mars eruit ziet (figuur 5).

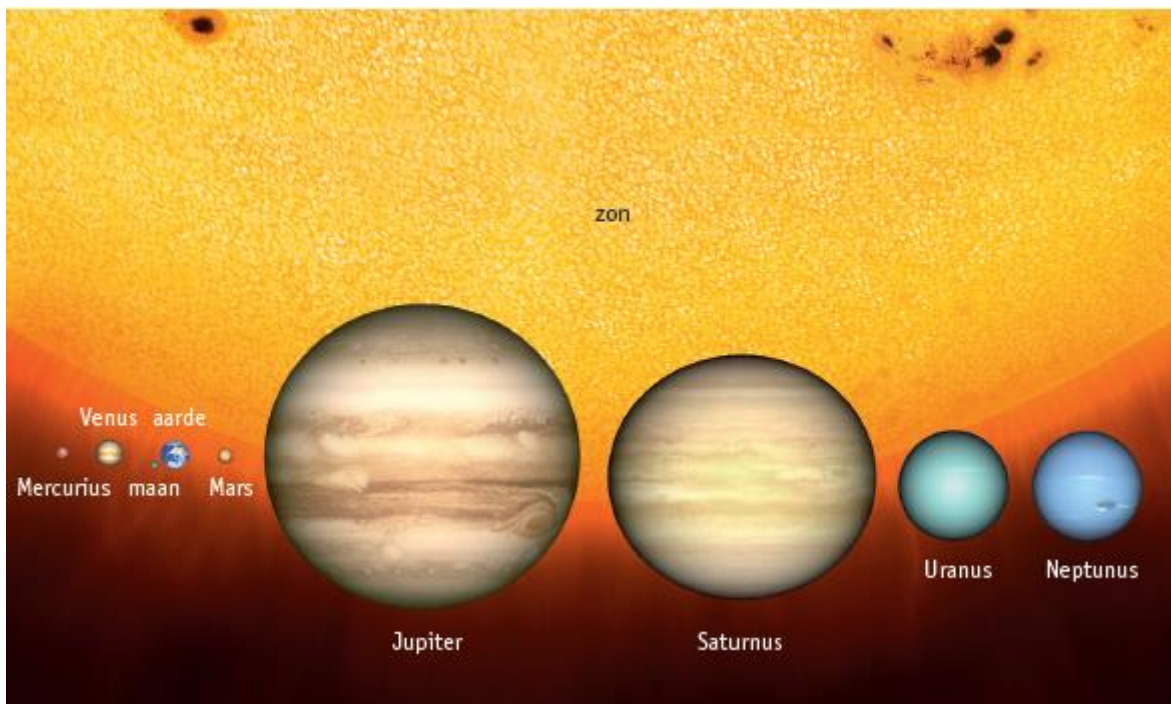


figuur 5 Een foto van de planeet Mars, gemaakt door de planeetverkenner Curiosity.

REUZENPLANETEN

De planeten Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus worden **reuzenplaneten** genoemd. Ze zijn veel groter dan de aardse planeten (figuur 6) en staan verder van de zon. Jupiter en Saturnus staan het dichtste bij, en zijn helderder dan de meeste sterren. Uranus en Neptunus staan veel verder weg. Uranus kun je nog net zien met het blote oog, maar voor Neptunus heb je een telescoop nodig.

De reuzenplaneten bestaan voor een groot deel uit gassen. Van buitenaf zie je alleen de bovenste laag wolken die de planeet omringen. Maar onder die wolken is geen stevig, rotsachtig oppervlak, waarop je een ruimtevaartuig kunt laten landen. Een planeetverkenner sturen heeft daarom geen zin; hij zou spoorloos verdwijnen in de diepere lagen van de planeet.



figuur 6 De zon en de planeten, op dezelfde schaal weergegeven.

LEERSTOF

1

Vul in.

- a Een is een groepje sterren dat een herkenbare figuur vormt, en een eigen heeft gekregen.
- b De is een heldere ster in het verlengde van de aardas, die in het hoog aan de hemel staat.
- c Planeten bewegen in een rond de zon; meestal wijkt hun baan maar weinig af van een zuivere
- d Planeten geven zelf geen licht; net als de kun je ze alleen zien, doordat ze het licht van de zon

2

Vul in.

- a Mercurius, de aarde en Mars worden aardse planeten genoemd; ze staan veel de zon dan de reuzenplaneten.
- b Van de vier reuzenplaneten, Saturnus, en Neptunus zie je van buitenaf alleen de bovenste laag rond de planeet.
- c Hoe dichter een planeet bij de zon staat, des te beweegt hij; is dus de snelste planeet en de langzaamste.

TOEPASSING

3

In figuur 7 zie je een tijdopname van de sterrenhemel. Zo'n opname wordt gemaakt met een camera op een statief. Tijdens het maken van de foto laat de fotograaf de sluiters lange tijd open staan. Op de foto worden dan de banen vastgelegd die de sterren langs de hemel beschrijven.

- a Waaraan zie je dat deze foto richting het noorden genomen is?
- b Hoe wordt het centrale punt genoemd waar alle sterren op de foto omheen draaien?
- c In de foto zie je een deel van de cirkels die sterren pal in het noorden beschrijven. Leg uit waarom het niet mogelijk is om een volledige cirkel vast te leggen.



figuur 7 Een tijdopname van de sterrenhemel.

4

In Nederland zie je de Poolster onder een hoek van 52° aan de hemel staan. (Horizontaal, recht voor je uit, is 0° en verticaal, recht boven je hoofd, is 90°).

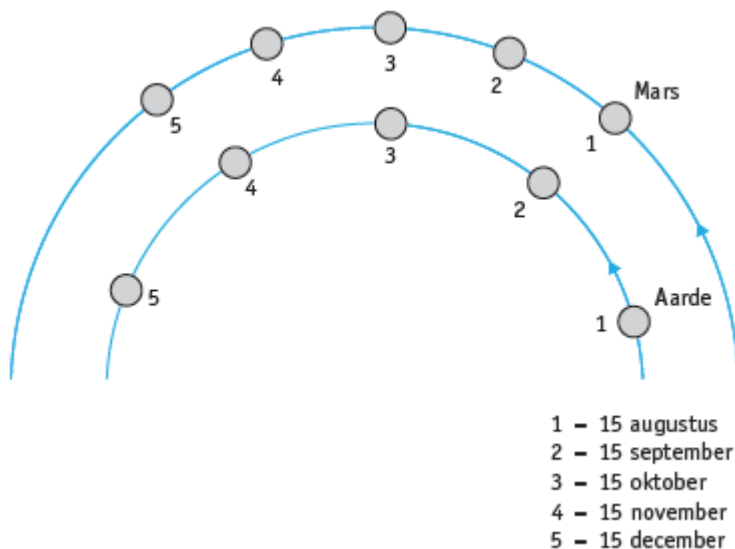
Hoe verandert de hoek waaronder je de Poolster ziet:

- a** als je van Nederland recht naar het noorden reist (bijvoorbeeld naar Noorwegen)?
Tip: Maak een schets van de aardbol en de Poolster om je de situatie voor te stellen.
- b** als je van Nederland recht naar het oosten reist (bijvoorbeeld naar Polen)?
- c** als je van Nederland recht naar het zuiden reist (bijvoorbeeld naar Spanje)?
- d** als je van Nederland recht naar het westen reist (bijvoorbeeld naar Ierland)?

5

In figuur 8 zijn de aarde en Mars getekend op vijf verschillende tijdstippen (1 t/m 5).

- a** Hoe kun je in de tekening zien dat de aarde sneller beweegt dan Mars?
- b** Teken de zon op de juiste plaats in figuur 8 en zet er het woord 'zon' bij.
- c** Op welk moment is de afstand tussen de aarde en Mars het kleinst?
- d** De helderheid van Mars is sterk veranderlijk (gezien vanaf de aarde).
In welke periode in figuur 8 wordt Mars steeds helderder?
- e** In welke periode neemt de helderheid van Mars steeds verder af?



figuur 8 Mars en de aarde in de tweede helft van 2020 (niet op schaal).

6

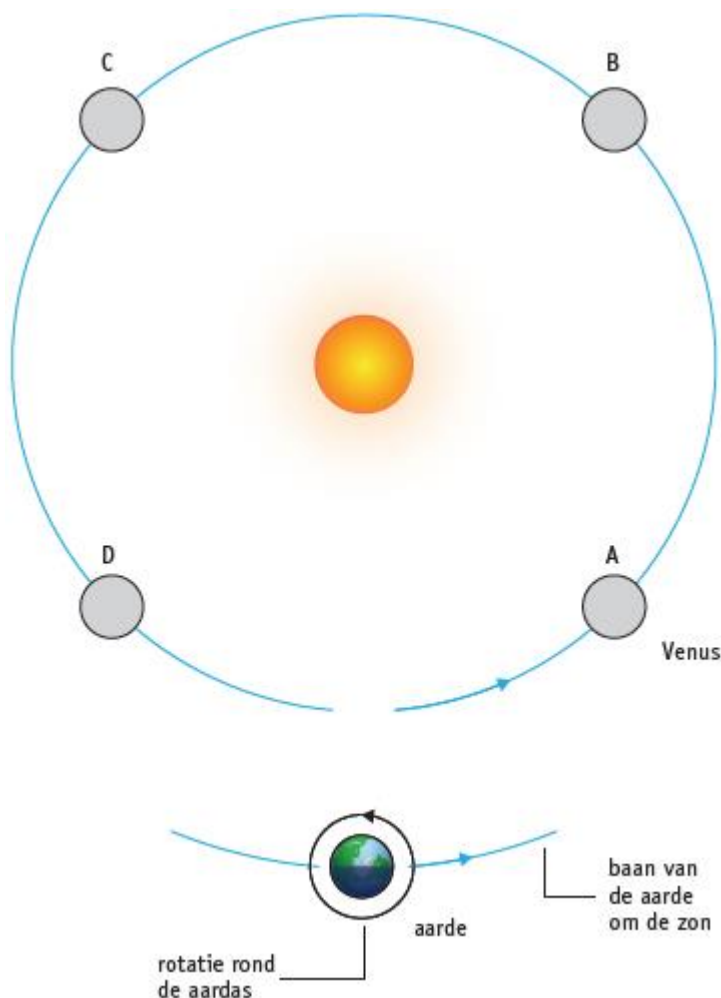
Deze opdracht gaat over de twee buurplaneten van de aarde, Venus en Mars. Kies steeds de juiste mogelijkheid: *Mars* of *Venus*.

- a Welke planeet staat vanaf de aarde gezien altijd in de buurt van de zon?
- b Welke planeet heeft een kortere omlooptijd om de zon dan de aarde?
- c Welke planeet kun je soms de hele nacht aan de hemel zien staan?
- d Welke planeet kun je af en toe voor de zon langs zien bewegen?
- e Welke planeet kan zich in zijn baan het verste van de aarde verwijderen?

7

In figuur 9 zie je de aarde, Venus en de zon. Venus is vier keer ingetekend, op vier verschillende posities in zijn baan (A t/m D).

- a In welke posities is Venus te zien als 'avondster'?
- b In welke posities is Venus te zien als 'ochtendster'?
- c Net als de maan heeft Venus ook schijngestalten. Je hebt een kleine telescoop nodig om dat goed te kunnen zien.
In welke twee posities is Venus 'halfvol' (vanuit de aarde gezien)? Tip: arceer in de figuur het niet-verlichte deel van de planeet.
- d Hoe zie je Venus in de andere twee posities: grotendeels verlicht of grotendeels in het donker?



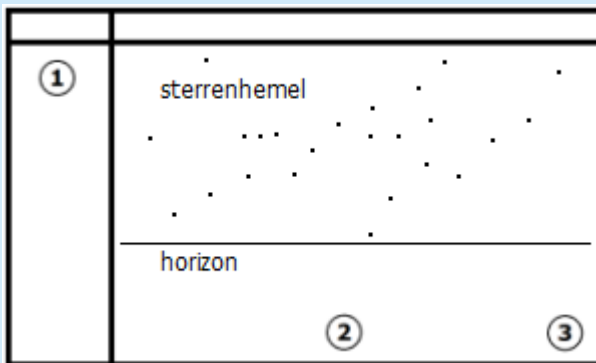
figuur 9 Venus op vier posities rond de zon (niet op schaal).

Uit de docentenhandleiding

Om de leerlingen enige basiskennis over de sterrenhemel bij te brengen, is een digitale sterrenkaart een uitstekend hulpmiddel. Voor gebruik in de klas raden we de webversie van Stellarium aan, op stellarium-web.org. In het vervolg wordt een aantal demonstratieproeven (bij gebrek aan een beter woord) beschreven, die je met deze digitale sterrenkaart kunt uitvoeren. We gaan er daarbij van uit dat je Stellarium steeds op dezelfde manier klaarzet, voordat je de demo uitvoert. Een korte instructie:

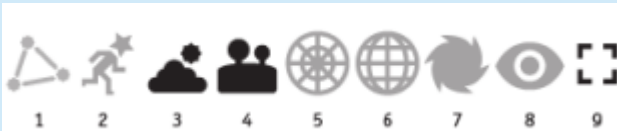
Stellarium klaarzetten voor een demo

- Ga naar de website <https://stellarium-web.org>. Er verschijnt dan een scherm dat als volgt is ingedeeld:



- 1 = View Settings
- 2 = Menu met negen symbolen
- 3 = Venster met datum en tijd

- Kies voor **Locatietoegang toestaan** als Stellarium daarom vraagt.
- Klik linksboven op **View Settings**. Vink de twee bovenste vakjes aan (**Milky Way** en **DSS**).
- Midden onderaan je scherm staat een menu met negen symbolen:



- Zet de symbolen 3, 4 en 9 op aan (= wit), en de overige symbolen op uit (= grijs).

Je kunt nu met de demo beginnen.

Demo 1

Doel: demonstreren hoe de sterren 's nachts langs de hemel bewegen.

Nodig: computer, digibord, verbinding met internet.

Voorbereiden

- Zet Stellarium klaar zoals hiervoor beschreven.
- Selecteer het venster met datum en tijd (rechtsonder). Stop de klok met de pauzetoets II. Stel de datum in op 2021-12-21 en de tijd op 18:00:00.
- Versleep de kaart tot je recht naar het oosten (E) kijkt.

Uitvoeren

- Selecteer het venster met datum en tijd. Klik op het pijltje boven het aantal minuten. Houd de linker muis-knop daarbij ingedrukt, zodat het aantal minuten continu blijft verspringen, van 18:00 tot circa 21:00 uur. Vraag de leerlingen om de beweging van de sterren in het oosten te beschrijven.
- Versleep de kaart tot je recht naar het zuiden (S) kijkt. Laat het aantal minuten opnieuw continu verspringen, tot het circa 00:00 uur is. Vraag de leerlingen om de beweging van de sterren in het zuiden te beschrijven.
- Versleep de kaart tot je recht naar het westen (W) kijkt. Laat het aantal minuten opnieuw continu verspringen, tot het circa 03:00 uur is. Vraag de leerlingen om de beweging van de sterren in het westen te beschrijven.
- Versleep de kaart tot je recht naar het noorden (N) kijkt. Laat de sterren opnieuw langs de hemel bewegen, tot circa 07:00 uur. Vraag de leerlingen om de beweging van de sterren in het noorden te beschrijven. Laat een van de leerlingen tot slot de Poolster aanwijzen.

Demo 2

Doel: demonstreren hoe de verschillende planeten eruit zien en waar je ze aan de hemel kunt vinden.

Nodig: computer, digibord, verbinding met internet.

Voorbereiden

- Zet Stellarium klaar zoals beschreven, maar vink bij **View Settings** ook het vakje voor **Ecliptic Line** aan. De planeten zijn dan gemakkelijker te vinden.
- Stop de klok. Stel de datum in op 2022-12-15 en de tijd op 17:00:00.
- Versleep de kaart om de ecliptica centraal in beeld te brengen.

Uitvoeren – Mars, Jupiter en Saturnus

- Wijs de planeten Mars, Jupiter en Saturnus aan en vertel dat deze planeten omstreeks deze tijd zichtbaar worden, nu de zon is ondergegaan. Wijs ook de planeten Mercurius en Venus aan en leg uit dat je deze twee planeten op deze datum niet goed waar kunt nemen.

- Selecteer het venster met datum en tijd. Klik twee keer op het pijltje boven het aantal uren, zodat de tijd verspringt naar 19:00. Bespreek met de leerlingen dat de planeten net als de sterren bewegen, in een grote boog via het zuiden naar het westen. Wijs aan waar Uranus zich bevindt. Vraag de leerlingen waarom deze planeet zo moeilijk te zien is.
- Selecteer het venster met datum en tijd. Klik twee keer op het pijltje boven het aantal uren, zodat de tijd verspringt naar 21:00. Vraag de leerlingen te beschrijven hoe de planeten in de afgelopen twee uur hebben bewogen.
- Klik drie keer op het pijltje boven het aantal uren, zodat de tijd verspringt naar 00:00. Vraag de leerlingen opnieuw te beschrijven hoe de planeten hebben bewogen. Probeer om ze zelf de conclusie te laten trekken dat planeten niet van sterren te onderscheiden zijn, als je op de waarnemingen in één nacht afgaat. (In demo 7 zullen ze zien dat je langere tijd achter elkaar waarnemingen moet doen, om het afwijkende gedrag van planeten in kaart te kunnen brengen.)

Uitvoeren – Mercurius en Venus

- Op 15 december 2022 zijn Mars, Jupiter en Saturnus goed te zien, maar staan Mercurius en Venus (vanuit de aarde gezien) te dicht bij de zon. Kondig aan dat je daarom nu gaat schakelen naar een andere datum, negen maanden verder, waarop Venus en Mercurius beter zichtbaar zijn. Stel de datum in op 2023-09-15 en de tijd op 00:00:00. Wijs Jupiter en Saturnus aan. Laat de leerlingen concluderen dat ze eruit zien als 'heldere sterren'.
- Klik vier keer op het pijltje boven het aantal uren, zodat de tijd verspringt naar 04:00. Venus is nu in het oosten net boven de horizon uitgekomen. Vraag de leerlingen om de naam 'ochtendster' voor Venus te verklaren.
- Klik op het pijltje boven het aantal minuten. Houd de linker muisknop daarbij ingedrukt, zodat het aantal minuten continu blijft verspringen. Ga daarmee door totdat Mercurius vlak voor 06:00 boven de horizon uitkomt. Bespreek waarom Venus en in nog sterkere mate Mercurius zich nooit ver van de zon verwijderen.
- Laat de minuten verder verspringen, totdat de zon is opgekomen en de planeten onzichtbaar zijn geworden.
- Kondig aan dat je opnieuw naar een andere datum gaat schakelen, nu vijftien maanden verder. Stel de datum in op 2024-12-15 en de tijd op 16:00:00. Laat het aantal minuten verspringen totdat Venus verschijnt. Vraag de leerlingen om de naam 'avondster' voor Venus te verklaren. Laat het aantal minuten verder verspringen totdat Venus helemaal onder is gegaan.
- Klik in het menu onderaan het scherm op symbool 4:



De aarde verdwijnt dan, en de zon en Mercurius worden zichtbaar. Vraag de leerlingen welk hemellichaam de volgende dag het eerst opkomt: Mercurius of de zon? Klik daarna opnieuw op symbool 4, zoek het oosten op en klik verder naar 07:00. Laat vervolgens zien hoe eerst Mercurius opgaat, en daarna de zon. Bespreek ten slotte waarom Mercurius zo'n lastig waar te nemen planeet is.

Demo 3

Doel: demonstreren hoe Mars langs de sterrenhemel beweegt, van het ene sterrenbeeld naar het andere.

Nodig: computer, digibord, verbinding met internet.

Voorbereiden

- Zet Stellarium klaar zoals beschreven, maar vink bij **View Settings** ook het vakje voor **Ecliptic Line** aan. Mars is dan gemakkelijker te vinden.
- Stop de klok. Stel de datum in op 2023-02-15 en de tijd op 00:00:00.
- Versleep de kaart om de ecliptica centraal in beeld te brengen.

Uitvoeren

- Klik in het menu onderaan het scherm op symbool 1:



De sterrenbeelden worden nu zichtbaar, met hun namen. Laat de leerlingen benoemen in welk sterrenbeeld Mars op dit moment staat: Stier (Taurus).

- Vertel de leerlingen dat je de datum straks telkens met een halve maand laat verspringen. Zo kun je een serie van acht waarnemingen van Mars doen, steeds met een halve maand ertussen.
- Selecteer het venster met datum en tijd. Klik in een rustig tempo op het pijltje boven de dag van de maand, totdat de datum 2023-03-01 is. Vraag de leerlingen hoe Mars in de afgelopen twee weken is verschoven ten opzichte van de sterrenhemel.
- Laat de datum opnieuw dag voor dag verspringen, totdat de datum 2023-03-15 is. Vraag de leerlingen opnieuw hoe Mars is verschoven ten opzichte van de sterrenhemel.
- Schuif de datum steeds opnieuw een halve maand op, en bespreek elke keer de verschuiving in de positie van Mars met de klas. Ga hiermee door totdat je de achtste waarneming kunt doen op 2023-06-01. Mars heeft ondertussen het sterrenbeeld Tweelingen (Gemini) gepasseerd en staat nu in het sterrenbeeld Kreeft (Cancer).
- Vraag de leerlingen ten slotte hoe de helderheid van Mars tussen februari en juni is veranderd. Vraag ze om hiervoor een verklaring te bedenken. Je zou ze nu ook aan het werk kunnen zetten met opdracht 5, die naadloos op deze demo aansluit.