



# Leven in het heelal

Docentenhandleiding

Lesmateriaal  
Klas 2 en 3 havo-vwo

Dit lesmateriaal is voor gebruik  
in de klas én in NEMO



# SCIENCE MUSEUM

# Informatie bij dit lesmateriaal

## NEMO en onderwijs

NEMO heeft een uitgebreid gratis educatief aanbod om uw bezoek aan NEMO te verdiepen. Het aanbod sluit aan op de kerndoelen uit het curriculum van het voortgezet onderwijs.

## Lesmateriaal *Leven in het heelal*

Voor u ligt het lesmateriaal *Leven in het heelal* van NEMO Science Museum. Dit lesmateriaal is geschikt voor de klassen 2 en 3 havo-vwo van het voortgezet onderwijs. De leerlingen ontdekken dat zij en alles om hen heen onderdeel zijn van het heelal. Op basis van observaties aan de hemel kunnen zij dit zelf onderzoeken. Ze leren spelenderwijs dat onze kennis over het heelal is gekoppeld aan hun eigen direct waarneembare wereld.

---

Doelgroep	Klas 2 en 3 havo-vwo van het voortgezet onderwijs.
Lesdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ leren over de plek van de aarde ten opzichte van de zon en de planeten;</li><li>▪ vormen een wereldbeeld op basis van waarnemingen aan de hemel en modellen die de waarnemingen verklaren;</li><li>▪ onderzoeken hemellichamen waar ze niet zelf naartoe kunnen, maar die ze wel kunnen zien vanaf de aarde.</li></ul>
Kerdoelen	Kerdoelen 24 en 26 van leergebied Rekenen en wiskunde, en kerndoelen 28, 29, 31 en 32 van leergebied Mens en natuur.
Inhoud	Het lesmateriaal bestaat uit vier modules <ul style="list-style-type: none"><li>- Inleidende les in de klas <i>Jouw plek in het heelal</i>.</li><li>- Bezoek aan de tentoonstelling <i>Leven in het heelal</i> in NEMO met werkbladen.</li><li>- De begeleide workshop <i>Planeetonderzoek</i> in NEMO. Deze workshop kunt u gratis boeken voordat u NEMO bezoekt.</li><li>- Verdiepende les <i>Zwaartekracht in het heelal</i>.</li></ul>
Leerlingmateriaal	Het leerlingmateriaal bestaat uit twee documenten: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Document Werkbladen in NEMO – <i>Leven in het heelal</i>.</li><li>▪ Document Werkbladen in de klas – <i>Leven in het heelal</i>.</li></ul>

---

## Docentenhandleiding

In deze docentenhandleiding vindt u per module instructies die u helpen bij de voorbereiding en de uitvoering. Ook leggen we hierin kort de opbouw van het lesmateriaal uit.

Wij wensen u en uw leerlingen veel plezier met het materiaal.

### TIP

Kijk op [www.nemosciencemuseum.nl/bereikbaarheid](http://www.nemosciencemuseum.nl/bereikbaarheid) voor de meest actuele informatie over de bereikbaarheid van NEMO.

### TIP

Behalve de lessen in dit lespakket heeft NEMO in samenwerking met ESA en NSO de website [www.esero.nl](http://www.esero.nl) opgezet. Op deze website staan meer dan vijftig lessen voor het voortgezet onderwijs over ruimtevaart en sterrenkunde. De volgende lessen sluiten het beste aan op de onderwerpen in dit lespakket:

- Reis door de ruimte in machten van 10
- De oerknal
- Exoplaneten
- Is er leven in de ruimte?
- Reizen door het zonnestelsel

# Inhoud

## Werken met het NEMO lesmateriaal 05

Het materiaal in één oogopslag

In NEMO

## Tentoonstelling *Leven in het heelal* bezoeken 07

Een bezoek aan de interactieve tentoonstelling *Leven in het heelal*.  
De leerlingen gebruiken hierbij de *Werkbladen in NEMO – Leven in het heelal*.  
Deze werkbladen kunt u gratis downloaden via [www.nemosciencemuseum.nl/werkbladen](http://www.nemosciencemuseum.nl/werkbladen)

In de klas

## Inleidende les *Jouw plek in het heelal* 14

Een inleidende les op school, waarin leerlingen door te kijken naar de hemel ontdekken dat ze zelf deel uitmaken van het zonnestelsel.

## Verdiepende les *Zwaartekracht in het heelal* 19

Een verdiepende les op school, waarin de leerlingen met behulp van een computermodel het natuurverschijnsel zwaartekracht op aarde vergelijken met zwaartekracht in het heelal.

© 2018 NEMO Science Museum

Deze uitgave van NEMO Science Museum is ontwikkeld door het NEMO Science Learning Center, het expertisecentrum van NEMO op het gebied van leren over wetenschap en techniek, en door ESERO NL, een samenwerking tussen de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA, het ruimtevaartagentschap van de Nederlandse overheid NSO, en NEMO Science Museum.

Het is toegestaan om zonder winstoogmerk het materiaal of delen van het materiaal te kopiëren en te distribueren, zolang vermelding van de herkomst van het materiaal goed is aangegeven.

Fotografie DigiDaan

Illustraties Henk Stolker, Ckoe



NEMO Science Museum t +31 (0) 20 531 32 33  
Oosterdok 2 info@e-nemo.nl  
1011 VX Amsterdam  
Postbus 421 nemosciencemuseum.nl  
1000 AK Amsterdam esero.nl

# Werken met het NEMO lesmateriaal

## Het materiaal in één oogopslag

### Docentenhandleiding

In deze docentenhandleiding vindt u waar nodig verwijzingen naar de leerlingwerkbladen.

**In NEMO**

### Tentoonstelling *Leven in het heelal* bezoeken

U gaat met uw klas naar NEMO om de tentoonstelling *Leven in het heelal* te bezoeken. Uw leerlingen beantwoorden in deze tentoonstelling vijf wetenschappelijke vragen. De vragen prikkelen de fantasie, zetten de leerlingen op het denken, en zoeken de grenzen van onze huidige kennis over het heelal op. Het is een uitdaging om met dit tijdje een antwoord te geven. Maar wetenschappers hebben wel facten ontdekt die ons mogelijk inzicht geven in het antwoord. Laat de leerlingen open voor de prikkelende vragen nadat u met hen de kennis die ze hebben uit de tentoonstelling vertaalt in hun antwoorden.

**Belangrijkste informatie op een rijtje**

Tijdsduur	45 minuten
Leerdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• geven beargumenteerd antwoord op wetenschappelijke vragen</li> <li>• ontdekken de relatie tussen levende en niet levende materie, en de diversiteit van leven op aarde</li> <li>• en denken na over of er leven mogelijk is op andere planeten</li> </ul>
Voorbereiding	Deel de klas in tweetallen in. Krijger voor elk tweetal Werkbladen in NEMO - <i>Leven in het heelal</i> . Regel voldoende begeleiders (1 per 20 leerlingen). Krijger voor elke begeleider de informatie voor de begeleider uit deze handleiding.
Materiaal	Voor elke leerling: <ul style="list-style-type: none"> <li>• De Werkbladen in NEMO - <i>Leven in het heelal</i>. Deze download u gratis via <a href="http://www.nemocooperation.nl">www.nemocooperation.nl</a></li> <li>• Een potlood (lezer: geen pennen in NEMO)</li> </ul> Voor elke begeleider: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informatie en antwoordenbladen voor begeleiders. Deze vindt u in deze handleiding.</li> </ul>
Organisatie van de les	Elk werkblad begint met een wetenschappelijke vraag. Leerlingen gaan op zoek naar een of twee exhibits (onderdelen van de tentoonstelling) die hen kunnen helpen de vraag te beantwoorden. Daarna discussiëren ze bij de exhibit een kort antwoord op de vraag en bespreken ze de wetenschappelijke vraag.

Leven in het heelal, onderhoudeven.com  
Docentenhandleiding, versie januari 2018

### Het leerlingmateriaal bestaat uit twee documenten.

#### 1 Leerlingmateriaal 'werkbladen in NEMO'

**A** De kopjes zijn prikkelende vragen die de leerlingen beantwoorden. Bij elke vraag horen een of twee exhibits (tentoonstellingsonderdelen) die ze zelf moeten vinden.

**B** Als de leerlingen de juiste exhibit hebben gevonden, dan voeren zij de opdrachten op het werkblad uit.

**C** Tot slot geven ze met de opgedane kennis een antwoord op de vraag.

**Werkblad**

### 5. Hoe zijn wij ontstaan? **A**

Zoek de exhibit die bij deze vraag past en schrijf de naam ervan op: \_\_\_\_\_

Zet deze punten in de juiste volgorde:

a) Ontstaan van de aarde  
b) Ontstaan van de zon  
c) Ontstaan van de eerste ster  
d) Ontstaan van atomen  
e) Oerknal  
f) Ontstaan van leven

1 \_\_\_ 2 \_\_\_ 3 \_\_\_ 4 \_\_\_ 5 \_\_\_ 6 \_\_\_

Deze ideeën over de geschiedenis van het heelal zijn goed onderzocht, maar niet compleet. Ze weten we bijvoorbeeld nog niet hoe het leven is ontstaan uit levende materie. Er staat in NEMO een wetenschappelijk experiment waarin we proberen te ontdekken hoe leven is ontstaan. Zoek de exhibit en beschrijf het experiment.

Naam van de exhibit: \_\_\_\_\_

Omschrijving van het experiment: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**C** Wat denk jij? Hoe is het leven op aarde ontstaan?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Leven in het heelal, onderhoudeven.com  
Leerlingen | NEMO, versie januari 2018

#### 2 Leerlingmateriaal 'werkbladen in de klas'

**Werkblad**

### Draaien om de zon

De aarde en de andere planeten draaien om de zon. Maar hoe kun je dit zien? Ervoor zelf hoe wetenschappers dit hebben ontdekt.

Dit heb je daarvoor nodig:

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

1. Als je 's avonds als het donker is naar buiten kijkt, dan zie je veel sterren. Maar tussen de sterren zijn er ook planeten. Hoe kun je met het beste oog het verschil zien tussen een planeet en een ster?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Het zonnestelsel is een platte schijf met de zon in het midden en de planeten daaromheen. De aarde, dus ook jij, zit in die platte schijf, dichtbij het midden. Hoe ziet een platte schijf eruit als je er van bovenaf naar kijkt?

\_\_\_\_\_

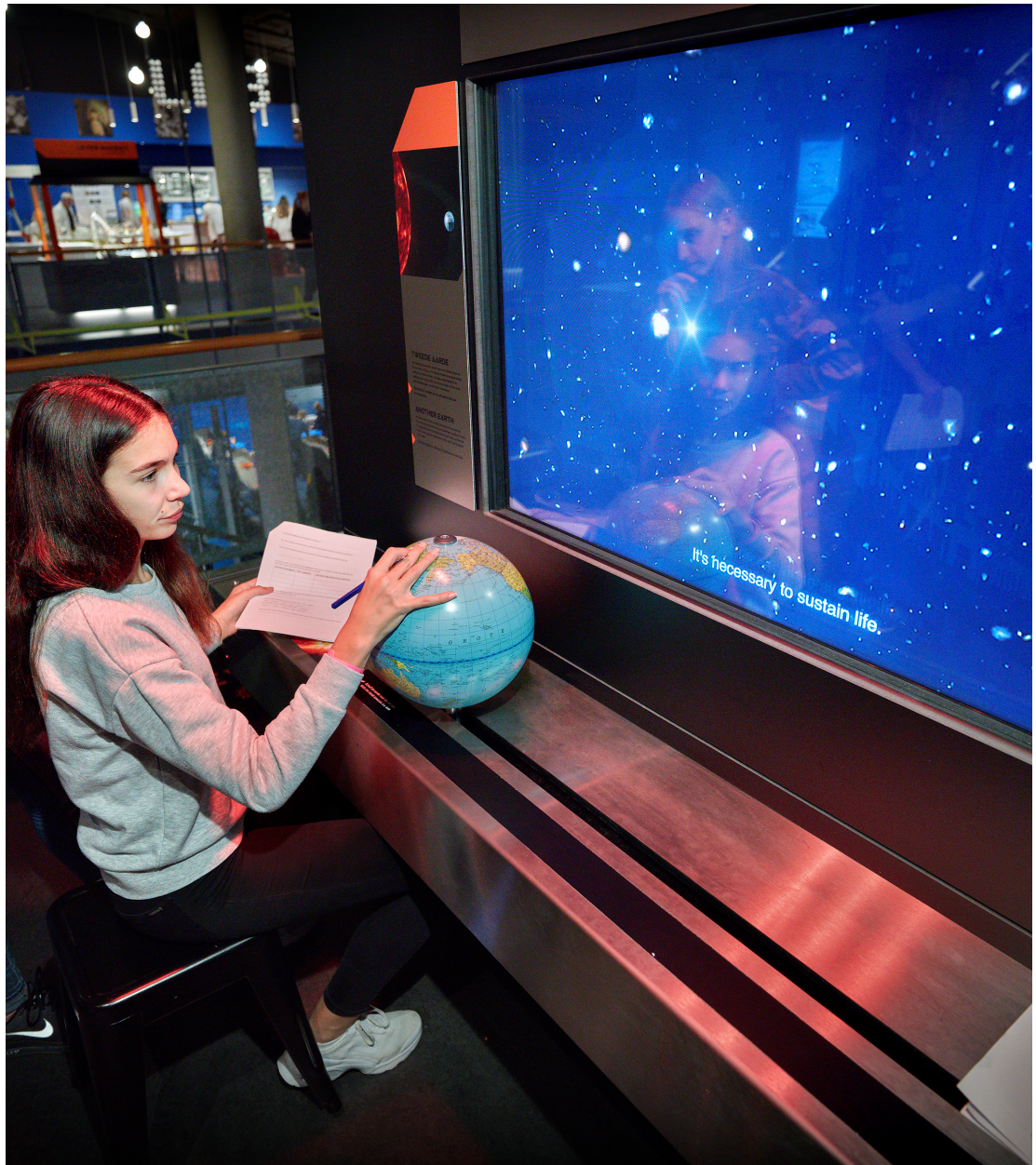
\_\_\_\_\_

Maar als je de positie van Mars zoekt (jij die nu bent) dan zie je op de kaart links. Elke dag staat Mars op een andere plek. De zwarte stippen zijn Mars. De kleine cijfertjes zijn de data van waarop Mars op die plek te zien was.

Leven in het heelal, 2-3 havo-vo  
Leerlingen | NEMO, versie januari 2018



# Leven in het heelal



Tentoonstelling *Leven in het heelal* bezoeken

07

# Tentoonstelling *Leven in het heelal* bezoeken

U gaat met uw klas naar NEMO om de tentoonstelling *Leven in het heelal* te bezoeken. Uw leerlingen beantwoorden in deze tentoonstelling vijf wetenschapsfilosofische vragen. De vragen prikkelen de fantasie, zetten de leerlingen aan het denken, en zoeken de grenzen van onze huidige kennis over het heelal op. Het zijn vragen waarop we niet altijd een antwoord weten. Maar wetenschappers hebben wel feiten ontdekt die ons mogelijk dichterbij het antwoord brengen. Laat de leerlingen open over de prikkelende vragen nadenken maar wel de kennis die ze halen uit de tentoonstelling verwerken in hun antwoorden.

## Belangrijkste informatie op een rijtje

---

Tijdsduur	45 minuten
Lesdoelen	<p>De leerlingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ geven beargumenteerd antwoord op wetenschapsfilosofische vragen</li> <li>■ ontdekken de relatie tussen levende en niet levende materie, en de diversiteit van leven op aarde</li> <li>■ en denken na over of er leven mogelijk is op andere planeten</li> </ul>
Vorbereiding	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Deel de klas in tweetallen in.</li> <li>■ Kopieer voor elk tweetal <i>Werkbladen in NEMO – Leven in het heelal</i>.</li> <li>■ Zorg voor voldoende begeleiding. NEMO verwacht 1 begeleider per 10 leerlingen.</li> <li>■ Kopieer voor elke begeleider de informatie voor begeleiders uit deze handleiding, te vinden onder het kopje <i>Informatie voor de begeleider</i>.</li> </ul>
Materialen	<p>Voor elke tweetal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ de <i>Werkbladen in NEMO – Leven in het heelal</i>. Deze zijn gratis te downloaden via <a href="http://www.nemosciencemuseum.nl/werkbladenvo">www.nemosciencemuseum.nl/werkbladenvo</a></li> <li>■ potlood (liever geen pennen in NEMO).</li> </ul> <p>Voor elke begeleider:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ informatie en antwoordenbladen voor begeleiders. Deze vindt u in deze handleiding.</li> </ul>
Organisatie van de les	<p>De leerlingen gaan zelfstandig met de werkbladen aan de slag in de tentoonstelling op de derde verdieping.</p> <p>Elk werkblad begint met een wetenschapsfilosofische vraag. Leerlingen gaan op zoek naar een of twee exhibits (onderdelen van de tentoonstelling) die hen kunnen helpen de vraag te beantwoorden. Daarna doorlopen ze bij de exhibit een aantal opdrachten en tot slot beantwoorden ze de wetenschapsfilosofische vraag.</p>

---

## Informatie voor de begeleider

NEMO gaat over onderzoeken en experimenteren. Het gaat niet om goed of fout. De antwoorden op de volgende pagina's dienen vooral ter ondersteuning. In NEMO 'spelen' leerlingen met exhibits (tentoonstellingsonderdelen) en daarbij doen ze kennis op. Niet elke leerling leert daarbij hetzelfde. Als begeleider kunt u dit spel verdiepen, bijvoorbeeld door de leerlingen vragen te stellen terwijl ze bezig zijn met een exhibit. Door de leerlingen te laten verwoorden wat ze doen, verwerken ze informatie beter.

### TIP

Laat elk tweetal beginnen met een andere vraag. Zo voorkomt u dat alle leerlingen tegelijk bij dezelfde exhibit staan.

## De tentoonstelling

Op de derde verdieping is de tentoonstelling *Leven in het heelal*. In deze tentoonstelling gaan de leerlingen op ontdekkingsreis naar de verste uithoeken van het heelal. Via miljarden jaren oude sterren naar planeten waar wel of geen leven mogelijk is. Ze ontdekken verder waar wij en alles om ons heen vandaan komen en maken kennis met verschillende onderzoeksmethoden om meer te weten te komen over het heelal en over eigenschappen van leven.

De exhibits die aan bod komen in het lesmateriaal, staan op de plattegrond bij de werkbladen. Op de volgende pagina's staan de antwoorden op de werkbladen. Hierbij staat ook telkens een korte omschrijving van de exhibits. Op elke wetenschapsfilosofische vraag is een mogelijk antwoord geformuleerd. De ene vraag biedt meer ruimte voor speculatie en alternatieven dan het andere. Bij de gegeven antwoorden is altijd uitgegaan van informatie die we al zeker weten, gebaseerd op zorgvuldig uitgevoerd wetenschappelijk onderzoek.



## Antwoorden op de werkbladen in NEMO

### Werkblad 1 *Is er leven mogelijk op andere planeten?*

Exhibit: *Extreem leven*

Deze exhibit laat diverse organismen zien die leven onder voor de mens gevaarlijke omstandigheden. De opstelling laat zien hoe divers het leven op aarde is. De leerlingen kiezen vier van de onderstaande organismen:

Extreme omstandigheid	Naam organisme in exhibit	Bijzondere eigenschap van het organisme
In het donker	Addervis	Heeft een lichtgevende hengel waarmee deze prooien lokt.
Geen zuurstof	Darmbacterie	Produceert gasen die als scheidt uit de darm komen
Extreme kou, ijle lucht	Mensen	Kan zich goed aanpassen aan meerdere extreme omstandigheden.
Heet water	Algen	Kan leven bij 80 graden.
Extreme kou	Rendier	Heeft een dikke vacht met holle haren. De holle haren isoleren de warmte goed.
Omgeving zonder voedingsstoffen	Ijzervreter, schimmel die in gips leeft	Is in staat om kleine hoeveelheden voedsel te halen uit stoffen die uit zichzelf niet voedzaam zijn.
Droog en zoet	Rupsen en kevers	Kan leven in een zoete droge omgeving. Normaal gesproken is te veel suiker in combinatie met te weinig water gevaarlijk.
In de ruimte (zonder beschermende laag)	Korstmos	Is bestand tegen gevaarlijke straling, extreme kou en gebrek aan water.
Geen water	Cactus	Kan water vasthouden in een droge omgeving met felle zon.

In de exhibit worden ook twee mensen genoemd die getraind zijn om kort onder extreme omstandigheden te overleven. Deze staan niet in de tabel, omdat het hier gaat om twee individuen in plaats van om een soort.

**Exhibit 2: Een tweede aarde**

In deze exhibit verschuiven leerlingen een globe ten opzichte van de zon. Daarna verschijnt een video waarin wordt uitgelegd hoe het leven eruit zou zien als de aarde verder van of dichtbij de zon zou staan. Als de leerlingen de aarde te ver of te dichtbij zetten, zien ze dat er geen leven meer mogelijk is op deze tweede aarde.

*Als de aarde dicht bij de zon staat, dan ...is het warmer op aarde.*

*Als de aarde verder van de zon staat, dan ...is het kouder op aarde.*

*Organismen kunnen alleen leven bij een bepaalde temperatuur. Dit heeft te maken met de stof ...water. Voor leven op aarde moet water vloeibaar zijn.*

*Wat denk jij? Is er leven mogelijk op andere planeten?*

Theoretisch is er leven mogelijk op elke planeet die lijkt op de aarde. Maar ook op extreem koude en warme plekken op aarde, of plekken zonder zuurstof is leven mogelijk. Dus misschien dat er ook leven bestaat op warmere of koudere planeten. Of er ook leven mogelijk is op planeten die helemaal niet op de aarde lijken weten we niet.

**Werkblad 2 Hoe zou leven eruitzien op een andere planeet?**

Naam exhibit: *Levende planeet*

De exhibit is een animatie van een buitenaards wezen dat je kunt aanpassen als je aan de hendels draait. Het wezentje is een artistieke interpretatie van hoe omstandigheden invloed hebben op het uiterlijk.

*Hoe is dit buitenaardse wezen aan de omstandigheden aangepast?*

- **Zwaartekracht:** het wezentje krijgt meer spieren bij meer zwaartekracht.
- **Ozon:** bij meer ozon krijgt het wezentje meer huidpigment.
- **Water:** bij veel water krijgt het wezentje zwemvliezen.
- **Zuurstof:** bij veel zuurstof krijgt het wezentje meer gaten om door te ademen.
- **Temperatuur:** bij een lage temperatuur krijgt het wezen een beschermende vacht.

*Hoe zou leven eruitzien op een andere planeet?*

Leerlingen mogen zelf een buitenaards wezen bedenken en tekenen. Daarnaast bedenken ze een fictieve planeet waar dit wezentje leeft. Laat leerlingen beargumenteren hoe de omstandigheden op de vreemde planeet invloed hebben op het uiterlijk van het wezentje.

**TIP**

Moedig de leerlingen aan om niet alleen een dierlijk wezen te bedenken. Ook planten, bacteriën en schimmels kunnen buitenaardse wezens zijn.

### Werkblad 3 *Hoeveel planeten zijn er*

Naam exhibit: *Planeet gezocht*

In de exhibit worden twee meetmethoden uitgelegd waarmee wetenschappers zien of er planeten rondom een ster draaien. Een planeet die rondom een andere ster draait, heet een exoplaneet. Exoplaneten staan te ver weg om te kunnen zien, zelfs niet met een extreem gevoelige telescoop. Daarom gebruiken we andere informatie om te beoordelen of er een planeet rondom een ster draait.

*Met welke twee meetmethoden kun je zien of er een planeet om een ster draait?*

1. Even geen licht. Een exoplaneet die voor de ster langs beweegt, blokkeert een deel van het licht van de ster. Als je dus een korte tijd minder licht meet, dan draait er mogelijk een planeet voor de ster langs.
2. Wiebelende ster. Planeten en sterren trekken elkaar aan. Hierdoor wiebelt de ster een beetje. Die wiebel kun je meten vanaf de aarde. Als de ster wiebelt, dan draait er een planeet omheen.

*Hoeveel planeten zouden er zijn?*

Er zijn zeer waarschijnlijk extreem veel planeten. Als elke ster gemiddeld een exoplaneet heeft, dan zijn er meer dan een triljard (een 1 met 21 nullen) exoplaneten.

*Zouden er planeten zijn die lijken op de aarde?*

Zelfs als de kans heel klein is dat er leven is op een planeet (bijvoorbeeld één op een miljoen), dan zijn er nog steeds zo extreem veel planeten dat de kans zeer groot is dat er veel planeten zijn die lijken op de aarde – en waarop dus leven mogelijk is.

### Werkblad 4 *Waar ben ik van gemaakt?*

Naam exhibit: *CHNOPS?!*

Deze exhibit is een weegschaal die laat zien hoeveel kilogram van zes verschillende atomen voorkomen in je lichaam. Het resultaat dat de opstelling weergeeft hangt af van het gewicht van de persoon op de weegschaal. Op basis van geprogrammeerde percentages (die afhangen van leeftijd en geslacht) berekent de exhibit hoeveel er van elk atoom in je lichaam voorkomt.

Zuurstof is het meestvoorkomende atoom in het lichaam. Ongeveer 65 procent van je gewicht bestaat uit zuurstofatomen.

*Welk molecuul komt het meest voor in jouw lichaam?*

Water

Dit kun je als volgt beredeneren.

- Zuurstof is het meestvoorkomende atoom in je lichaam
- Eiwit, suiker en vet bevatten naast O ook veel C en N. Volgens de weegschaal komen die minder vaak voor
- In water zit O, maar ook H. Maar H-atomen zijn heel licht en mag je negeren

## Werkblad 5 *Hoe zijn wij ontstaan?*

Naam exhibit 1: *Bouwstenen uit de ruimte.*

In deze exhibit wordt in een animatie de geschiedenis van het heelal uitgelegd. Het heelal begint met niets, gevolgd door de oerknal. Na de oerknal worden atomen gevormd. Die atomen klonteren samen tot sterren. Deze sterren exploderen na hun levenscyclus. Tijdens die explosie vormen ze zwaardere atomen. Die zwaardere atomen vormen weer nieuwe sterren, maar ook planeten. Op één van die planeten is ook leven ontstaan.

Zet deze punten op de juiste volgorde

1 e 2 d 3 c 4 b 5 a 6 f

Naam van de exhibit: *Leven maken ?!*

In deze exhibit staan drie varianten op het Urey-Miller experiment, een beroemd experiment uit de jaren '50 van de vorige eeuw.

*Omschrijving van het experiment:*

In drie glazen kolven staat drie keer de oersoep, een mengsel van stoffen die miljarden jaren geleden onze atmosfeer vormden: water, waterstof, ammoniak en methaan. Samen met bliksem uit de hemel (eerste experiment) vormen ze de belangrijkste bouwstoffen van het leven: aminozuren! Misschien ontstaan deze stoffen ook onder de UV-lamp (tweede experiment) en in klei (derde experiment).

*Wat denk jij? Hoe is het leven op aarde ontstaan?*

Dit is misschien wel de grootste onbeantwoorde vraag uit de wetenschap. Wetenschappers hebben een goed beeld van de geschiedenis van het heelal. Ze weten ongeveer wanneer het leven is ontstaan. Ook weten ze vrij zeker dat het eerste leven veel kleiner en simpeler was dan het leven nu. Deze simpele cellen zijn gedurende vele miljarden jaren geëvolueerd tot grote, complexe organismen. Maar het is nog niet gelukt om uit niet-levende materie echt leven te maken.



# Leven in het heelal



Inleidende les *Jouw plek in het heelal*

14

Verdiepende les *Zwaartekracht in het heelal*

19

# Inleidende les *Jouw plek in het heelal*

De aarde draait om zijn eigen as en om de zon. Naast de aarde zijn er nog zeven planeten die om de zon draaien. Dit is vanaf aarde te zien, omdat wij zelf onderdeel zijn van het zonnestelsel. De leerlingen gaan de hemel stap voor stap observeren, en ontdekken zo zelf hoe het zonnestelsel in elkaar zit.

## Belangrijkste informatie op een rijtje

---

Locatie	In de klas
Tijdsduur	45 minuten
Lesdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ leren aan de hand van de positie van Mars aan de hemel en de schijngestalten van Venus een beeld te vormen van het zonnestelsel;</li> <li>▪ leren dat het zonnestelsel bestaat uit de zon in het midden, met acht planeten die om de zon draaien.</li> </ul>
Vorbereiding	Zet alle video's en foto's klaar op een computer met scherm. Print voor elk tweetal leerlingen het werkblad <i>Draaien om de zon uit</i> . Leg de overige materialen klaar.
Materialen	Per tweetal: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A3-papier</li> <li>▪ Lange liniaal (30 of 50 centimeter)</li> <li>▪ Passer</li> <li>▪ Potlood</li> <li>▪ Schaar</li> <li>▪ Lijm</li> </ul>
Organisatie van de les	De leerlingen bekijken klassikaal een aantal filmfragmenten van de sterrenhemel. Daarna maken ze in tweetallen het werkblad <i>Draaien om de zon</i> . Tot slot bekijken ze klassikaal een afbeelding die is gemaakt met een telescoop.

---

## Lesbeschrijving

### Inleiding 10 minuten

Vraag de leerlingen naar de zon, de aarde en de planeten. Hoe zat het ook alweer? Wat draait om wat? Maak eventueel een tekening van het zonnestelsel op het bord. Zet voor de volledigheid ook de omlooptijden<sup>1</sup> van in ieder geval de aarde om de zon en de maan om de aarde erbij:

- de aarde draait om zijn as in 24 uur;
- de maan draait om de aarde in 29,5 dagen;
- de aarde draait om de zon in 365,25 dagen (eens in de 4 jaar hebben we schrikkeljaar).

Overige belangrijke voorkennis:

- de sterren staan extreem ver weg (meer dan 10.000 maal zo ver als de verste planeet);
- de zon is een ster; sterren geven licht;
- planeten (en manen) geven geen licht, maar weerkaatsen licht van de zon.

Sommige van deze verschijnselen zijn gemakkelijk te zien als je naar de hemel kijkt: we zien bijvoorbeeld de zon opkomen en ondergaan. Hieruit zou je kunnen afleiden dat de aarde om zijn as draait. Maar het idee dat de aarde om de zon draait is veel lastiger te zien. Dat komt doordat wij zelf onderdeel zijn van het zonnestelsel. Het zonnestelsel is een platte schijf met de zon in het midden. De aarde zit in die platte schijf. Kijk je vanaf aarde naar het zonnestelsel, dan zie je geen cirkel maar een streep. Een streep met daarin de zon en de planeten. In deze les gaan we stap voor stap bekijken hoe je kunt zien dat de aarde en alle andere planeten om de zon draaien.

## TIP

Leerlingen kunnen andere ideeën hebben over hoe het heelal is opgebouwd. Maak deze ideeën bespreekbaar zonder te zeggen dat ze niet kloppen. Noteer ze en kom er later op terug.

Laat dit filmfragment zien:

<https://www.eso.org/public/netherlands/videos/2015-07-03/>

Dit filmpje is een timelapse vanuit een observatorium op het Canarische eiland La Palma. Vraag de leerlingen wat ze zien. De sterren lijken te draaien om één ster: de Poolster (rechtsboven in beeld). Hieruit kun je herleiden dat de aarde om zijn as draait. De Poolster staat in het verlengde van de draaias van de aarde. Ook zie je dat de sterren niet bewegen ten opzichte van elkaar.

## TIP

Laat de leerlingen zelf ervaren hoe de rest van de wereld eruitziet als ze om hun as draaien. Laat ze recht omhoog kijken en hun blik fixeren op een punt. Daarna draaien ze langzaam een rondje. Ze zien dan hetzelfde effect als in het filmpje te zien is: het plafond lijkt te draaien om het punt waarop ze hun blik gefixeerd hebben.

<sup>1</sup> Bij de omlooptijden gaan we uit van zogeheten synodische omlooptijden. Dat zijn omlooptijden zoals die te zien zijn vanaf de aarde. Werkelijke omlooptijden worden siderische omlooptijden genoemd. Een siderische ronde van de aarde om zijn eigen as is 23:56 uur. Omdat de aarde ook om de zon draait, zal de aarde iets meer dan een ronde moeten draaien om een synodische ronde te maken, namelijk 24:00 uur.

In het filmpje zijn vooral sterren te zien. Maar er staan ook planeten tussen. Hoe herken je planeten? Met het blote oog zie je geen verschil tussen een planeet en een ster. Vertel dat het woord planeet in het Grieks 'dwaalster' betekent. De oude Grieken dachten dat planeten bijzondere sterren waren, omdat ze net iets anders bewegen aan de hemel. Ze staan namelijk elke nacht op een andere plek.

Laat het volgende fragment zien:

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2014/09/ESA\\_Studio\\_Retrograde\\_Motion\\_No\\_Dates](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/09/ESA_Studio_Retrograde_Motion_No_Dates)

In dit fragment is de beweging van Mars als een oranje lijn te zien met wat sterren op de achtergrond. Het sterrenbeeld Waterman is blauw gemarkeerd. Als je een halfjaar lang elke nacht een foto zou maken van Mars met deze sterren op de achtergrond, dan zou je deze film kunnen maken. De sterren blijven altijd op dezelfde plek staan, maar de 'dwaalster' Mars lijkt te bewegen.

## TIP

Vergelijkbare fragmenten zijn te vinden op internet als u zoekt op 'retrograde motion of Mars', maar wij kunnen niet garanderen dat deze video's altijd beschikbaar zijn en of ze kloppen.

### **Werkblad** 20 minuten

#### *Draaien om de zon*

Waarom maakt Mars een lusbeweging? Dit gaan de leerlingen ontdekken door in tweetallen het werkblad *Draaien om de zon* te maken. Op een vel A3 maken ze een voorspelling van de beweging van Mars langs de sterren op de achtergrond. Rechts op het papier tekenen ze de banen van de aarde en Mars om de zon. Links op het papier plakken leerlingen een sterrenhemel. Daarna tekenen ze zichtlijnen vanuit de aarde naar Mars. Die lijn trekken ze door naar de sterren links op het papier. De plek waar de lijn terechtkomt, is waar Mars is te zien is tussen de sterren.

Bespreek de activiteit. Waar liepen de leerlingen tegenaan? En is hiermee bewezen dat de aarde en Mars allebei om de zon draaien?

Laat het volgende filmfragment zien:

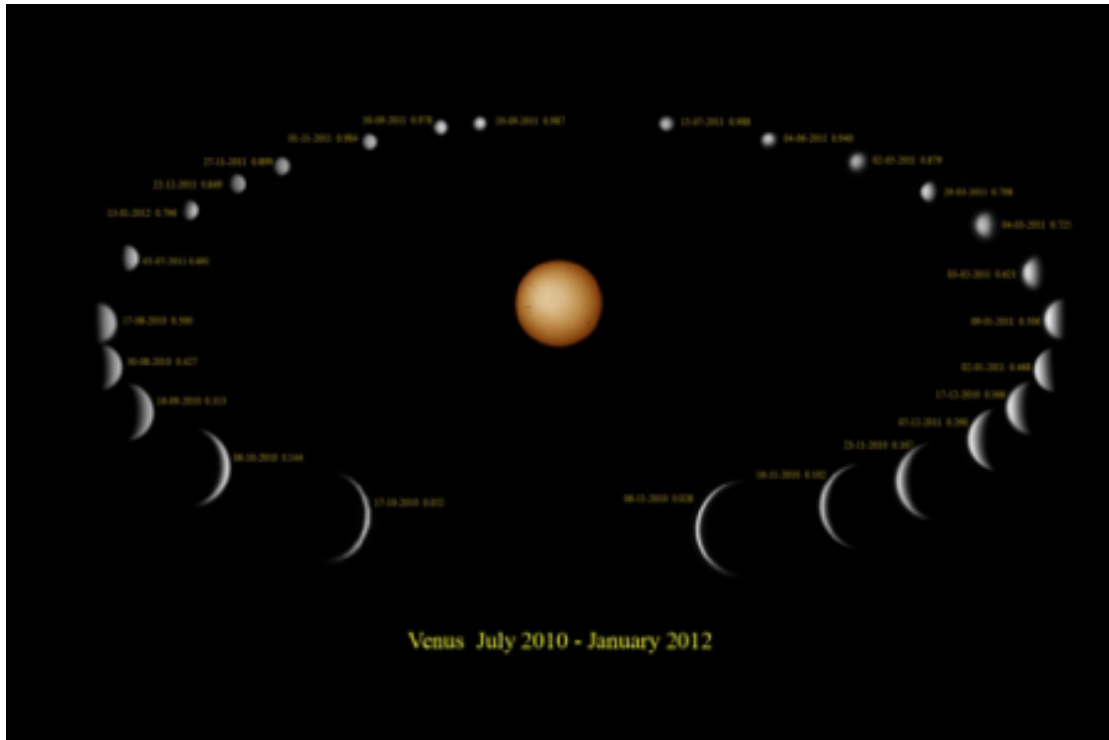
[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2014/09/ESA\\_Studio\\_Retrograde\\_Motion\\_Explanation](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/09/ESA_Studio_Retrograde_Motion_Explanation)

Deze film geeft ongeveer hetzelfde weer als wat de leerlingen gedaan hebben.



**De binnenste planeten** 5 minuten

Vertel dat alle planeten een vergelijkbare lusbeweging maken. Bij de planeten die dichterbij de zon staan, is de lusbeweging moeilijk met het blote oog te zien. Ze staan tijdens hun lusbeweging voor de zon. Venus is meestal heel goed te zien aan de hemel, vlak voor zonsopkomst (rechts van de zon), of vlak na zonsondergang (links van de zon). Maar kijk je door een telescoop, dan ziet Venus eruit zoals op deze afbeelding:



Deze afbeelding is te vinden op <https://esero.nl/lessen/draaien-om-de-zon>

Hoe komt het dat Venus soms helemaal rond is en soms een sikkeltje (net als de maan)? Dit komt doordat Venus telkens van een andere kant belicht wordt.

**TIP**

Vergelijk de schijngestalten van Venus met een groep kinderen in een kring rond een kampvuur. Je bekijkt de kinderen van buiten de kring. De kinderen achter het kampvuur zijn goed te zien. Je ziet het licht van het vuur weerkaatsen op hun gezichten. De kinderen aan jouw kant van het kampvuur zijn veel minder goed te zien. Het licht weerkaatsen ze de andere kant op, waardoor jij alleen hun silhouet ziet.

**TIP**

Neem een (liefst witte) bol en beschijn deze met een lamp. Als je de bol van voren beschijnt, is hij helemaal zichtbaar. Beschijn je hem van achteren, dan is hij veel minder goed zichtbaar. Hieraan kun je zien dat de schijngestalte van de bol afhangt van de positie van het licht ten opzichte van de bol. Je kunt zien dat de bol voor, naast of achter de lamp staat.

**Afsluiting** 5 minuten

Kom tot de conclusie dat de aarde en de zeven andere planeten om de zon draaien. Dit kun je zien vanaf aarde door te kijken naar de planeetbanen.

Door goed te kijken naar de hemel kun je meer te weten komen over sterren en planeten. Want het heelal is niet ver weg, jij zit er middenin. We weten ontzettend veel over het heelal, ook over plekken die extreem ver weg zijn. Maar mensen zijn nog nooit verder geweest dan de maan. Alles wat we weten, weten we vooral door vanaf de aarde naar de hemel te kijken.

**TIP**

In plaats van de filmfragmenten kunt u ook gebruikmaken van online modellen waarmee u de planeetbewegingen simuleert. [www.solarsystemscope.com](http://www.solarsystemscope.com) (direct online te gebruiken) en [www.stellarium.org](http://www.stellarium.org) (hiervoor moet u eerst een programma downloaden) zijn goede, aantrekkelijke voorbeelden. Het voordeel van een online model is dat u zelf kunt bepalen wat de leerlingen te zien krijgen en dat ze zelf onderzoek kunnen doen. Het nadeel is dat het veel tijd kan kosten om ze onder de knie te krijgen.

Deze les is gebaseerd op de les *Draaien om de zon* van ESERO NL. Deze les is te vinden op [www.esero.nl](http://www.esero.nl).

## Antwoorden op de vragen

### Werkblad *Draaien om de zon*

1. *Hoe kun jij met het blote oog het verschil zien tussen een ster en een planeet?*

De planeten staan elke dag op een iets andere plek aan de hemel, terwijl de sterren ten opzichte van elkaar altijd op dezelfde plek staan.

2. *Hoe ziet een platte schijf eruit als je er van binnenuit naar kijkt?*

Als een streep die helemaal om je heen loopt. Alle planeten en de zon liggen op een denkbeeldige ring aan de hemel die helemaal rondom de aarde loopt.

3. *Waarom zijn sommige stippen groter en andere kleiner?*

Als Mars dicht bij de aarde staat, dan lijkt hij groter.

4. *Op welke stip staat Mars het dichtst bij de aarde?*

Op 8-3. De data 29-2, 20-3 en 29-3 mag u ook goedkeuren.

16. *Denk jij dat andere planeten ook een lusbeweging maken?*

Alle planeten maken een lusbeweging. Het experiment is voor alle planeten precies hetzelfde, alleen is de baan van de planeet groter of kleiner dan die van Mars.

NB De binnenste planeten (Mercurius en Venus) maken vanaf de aarde gezien ook een lusbeweging. Ze staan tijdens de lusbeweging tussen de aarde en de zon in, waardoor ze zeer moeilijk met het blote oog te zien zijn: alleen kort voor zonsopkomst of kort na zonsopgang.

# Verdiepende les

## *Zwaartekracht in het heelal*

Deze afsluitende les is bedoeld om het bezoek aan de tentoonstelling *Leven in het heelal* te verdiepen. In de voorgaande lessen lag de nadruk op het observeren en conclusies verbinden aan deze observaties. In deze les ligt de nadruk op het doen van voorspellingen op basis van een model. Leerlingen doen op de computer experimenten met een model dat laat zien hoe zwaartekracht in het heelal werkt.

### Belangrijkste informatie op een rijtje

---

Locatie	In de klas
Tijdsduur	45 minuten
Lesdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ leren dat er overal in het heelal zwaartekracht is en alle sterren en planeten elkaar aantrekken;</li> <li>■ leren dat een model een (gedeeltelijke) simulatie is van de werkelijkheid.</li> </ul>
Vorbereiding	Zet voor alle leerlingen computers klaar, of reserveer een computerlokaal. Start op elke computer een webbrowser en ga naar <a href="http://www.zwaartekrachtmodel.nl">www.zwaartekrachtmodel.nl</a> . Print het werkblad <i>Zwaartekracht in het heelal</i> .
Materialen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ werkblad <i>Zwaartekracht in het heelal</i></li> <li>■ pen</li> </ul>
Organisatie van de les	In de inleiding vindt een klassengesprek plaats over zwaartekracht op aarde. Daarna gaan de leerlingen op de computer met een model in spelvorm onderzoeken hoe zwaartekracht in het heelal werkt. Als afsluiting van de les worden de belangrijkste bevindingen van het model klassikaal besproken.

---

## Lesbeschrijving

### Inleiding 10 minuten

Bespreek de inleidende les en het bezoek aan NEMO. De leerlingen hebben in deze lessen vooral iets geleerd van het heelal door te kijken naar de hemel. In deze les gaan zij op basis van wat zij weten over hun eigen omgeving, voorspellen wat er kan gebeuren in het heelal. Hiervoor maken ze gebruik van een computermodel. Het onderwerp is zwaartekracht.

Bespreek de volgende vraag: Waarom valt een appel naar beneden, maar de maan niet?

Een vallende appel laat zien hoe voorwerpen op aarde zich gedragen; ze vallen naar beneden. Waarom valt een appel naar beneden? Valt alles naar beneden? Wat is beneden eigenlijk? Is beneden in Nederland hetzelfde als beneden in Australië? Kom tot de conclusie dat beneden hetzelfde is als 'gericht naar het midden van de aarde'. Alles valt naar het midden van de aarde.

Is er ook zwaartekracht in de ruimte? Waar houdt de zwaartekracht op? De maan valt niet naar beneden, maar waarom niet? De maan draait rondjes om de aarde, maar waarom eigenlijk?

### Het zwaartekrachtmodel 20 minuten

Het zwaartekrachtmodel is te vinden op [www.zwaartekrachtmodel.nl](http://www.zwaartekrachtmodel.nl). Het is een model in spelvorm, waarbij de leerlingen tussen de aarde en de maan voorwerpen kunnen schieten. De aarde en de maan trekken die voorwerpen naar zich toe.

Vertel nadrukkelijk dat het model niet op schaal is. Zou het model wel op schaal zijn, dan zou de maan veel verder weg moeten staan, of de aarde en de maan zouden te klein zijn om goed zichtbaar op het scherm te zijn. Ook de snelheden en de grootte van de krachten zijn niet realistisch. De snelheden lopen in het echt zo ver uiteen, dat de maan niet zichtbaar zou bewegen. Of bij het versnellen van de tijd zouden de objecten rondom de aarde zo snel ronddraaien, dat je ze niet meer kunt zien. De parameters in het model (de afstanden, massa's, posities van alle voorwerpen en de grootte van de zwaartekracht) zijn zo aangepast, dat het model een acceptabele speelbaarheid heeft.

De leerlingen doen negen opdrachten waarin ze voorwerpen door de ruimte laten bewegen. Bij elke opdracht is een vraag. Als een opdracht is voltooid, verschijnt het antwoord op de vraag op het scherm. De antwoorden vatten ze samen op een werkblad. Daarna geven ze antwoord op de hoofdvraag: Waarom valt een appel naar beneden, maar de maan niet?



**Nabespreking zwaartekrachtmodel** 10 minuten

Vraag de leerlingen wat ze op basis van het model nu weten over zwaartekracht. Gebruik hierbij de hoofdvraag als uitgangspunt: Waarom valt een appel naar beneden, maar de maan niet? Ga eventueel ook in op de vragen die in het model zijn behandeld. Deze vragen vindt u met antwoord verderop in deze handleiding.

De hoofdvraag is gebaseerd op een anekdote over Isaac Newton, de wetenschapper die de theorie over zwaartekracht heeft opgesteld. Het verhaal gaat dat hij in een boomgaard lag na te denken en ineens een appel zag vallen. Waarom valt de appel naar beneden en niet opzij of omhoog? Het is duidelijk dat de aarde alles naar zich toe trekt, maar hoe ver reikt die kracht? Trekt de aarde ook de maan aan? En trekt de maan ook aan de aarde? En trekt de zon aan de aarde? Newton kwam tot de conclusie dat de kracht die de appel naar beneden trekt, dezelfde kracht moet zijn die de maan om de aarde laat draaien en de aarde om de zon. Alles in het heelal trekt elkaar aan.

Mogelijke bespreekpunten:

- Overall in de ruimte is zwaartekracht.
- Zwaartekracht zorgt ervoor dat voorwerpen afbuigen in de richting van de aarde of de maan.
- Dicht bij de aarde is de zwaartekracht van de aarde sterker dan verder weg van de aarde.
- Ook de maan heeft zwaartekracht, maar minder dan de aarde.
- Als een voorwerp traag beweegt, zal het uiteindelijk op de aarde of de maan neerstorten.
- Als een voorwerp snel (en van de aarde en de maan af) beweegt, kan het ontsnappen aan de zwaartekracht. Het vliegt dan weg van de aarde.
- Een voorwerp dat met de juiste snelheid en in de juiste richting beweegt, zal rondjes gaan draaien om de aarde. Beweegt het te snel, dan zal het ontsnappen aan de zwaartekracht. Beweegt het te langzaam, dan stort het neer op aarde.
- De maan draait om de aarde, omdat deze met de juiste snelheid in de juiste richting beweegt (zie het vorige punt).

In de inleidende les hebben de leerlingen ontdekt dat planeten rond de zon draaien. Zou dat ook komen door de zwaartekracht? Hoe dan? De zon trekt net als de aarde alles in de buurt naar zich toe. Planeten draaien om de zon net zoals de maan om de aarde draait.

**TIP**

Het model laat niet zien waarom astronauten in de ruimte gewichtloos zijn. Als u daar dieper op in wilt gaan met de leerlingen, raden wij u aan om (onderdelen van) de ESERO NL-les *In de ban van de zwaartekracht* toe te voegen aan deze les. U vindt die les op [www.esero.nl](http://www.esero.nl).

Kort samengevat is gewichtloosheid hetzelfde als een vrije val. Alle voorwerpen die vrij vallen zijn gewichtloos zolang ze vallen. Astronauten zweven, omdat ze continu om de aarde heen aan het vallen zijn.

**Nabespreking gehele lespakket** 10 minuten

Loop alle lessen nog een keer kort na. Vraag de leerlingen om in één zin samen te vatten wat ze hebben geleerd van alle activiteiten. Mogelijke antwoorden zijn:

- Ik ben (en alles om mij heen is) onderdeel van het heelal.
- Vanaf de aarde kun je zien hoe het heelal is opgebouwd.
- Sommige dingen kun je niet zien, maar je kunt er wel wat over zeggen met behulp van dingen die je wel ziet.

## Antwoorden op de vragen in het zwaartekrachtmodel

### 1. *Is er zwaartekracht in de ruimte?*

Overall in de ruimte is zwaartekracht. Alle voorwerpen trekken elkaar aan. Hoe zwaarder een voorwerp, hoe harder het andere voorwerpen naar zich toe trekt. De meeste voorwerpen zijn zo klein, dat je niet kunt zien dat ze elkaar aantrekken. Maar grote voorwerpen, zoals de aarde en de maan, trekken alle lichtere voorwerpen in de buurt naar zich toe. Ook ver weg van de aarde is zwaartekracht. Maar hoe verder je van de aarde bent, hoe zwakker de zwaartekracht van de aarde is.

### 2. *Waarom draait een satelliet rondjes om de aarde?*

Dat komt doordat een satelliet continu naar de aarde toe wordt getrokken. Als een satelliet precies snel genoeg beweegt, wordt hij precies genoeg afgebogen om te blijven draaien. Dat betekent dat hij steeds als hij wegvliegt weer naar de aarde toe wordt getrokken. Beweegt hij te langzaam, dan zal hij naar de aarde toe vallen. Beweegt hij te snel, dan zal hij van de aarde wegvliegen. Voor een stabiele baan rond de aarde moet de satelliet langs de aarde schieten: niet naar de aarde toe, maar ook niet van de aarde af.

### 3. *Hoe lang kan een satelliet rondjes blijven draaien om de aarde?*

Zolang een satelliet niet wordt afgeremd, zal hij voor altijd rondjes om de aarde blijven draaien. De oudste satelliet, de Vanguard 1 uit Amerika, draait al sinds 1958 zonder brandstof onafgebroken rondjes om de aarde, zonder brandstof. Voor de lancering vanaf de aarde heb je natuurlijk wel brandstof nodig.

### 4. *Hoe noem je een raket die een gedeeltelijke baan om de aarde aflegt?*

Een ballistische raket. Ballistische raketten worden gebruikt om satellieten in een baan om de aarde te brengen. Helaas ook door sommige landen om aan de andere kant van de wereld een bom af te leveren. Op de afbeelding zie je de eerste ballistische raket: de V2 uit Duitsland. Het Griekse woord ballistra betekent 'gooien'. Ballistiek is de wetenschap die zich bezig houdt met (kogel)banen. Ook jij bent nu bezig met ballistiek.

### 5. *Hoe hard moet je vanaf de aarde schieten, als je het voorwerp wilt laten draaien om de aarde?*

Minimaal 8 kilometer per seconde. Dat is van Groningen naar Maastricht in 34 seconden! Als je minder hard schiet, dan wordt het voorwerp door de zwaartekracht te sterk afgebogen en valt het weer terug naar de aarde. Raketten verlaten met deze snelheid de aarde om satellieten in een baan rond de aarde te brengen.

### 6. *Waarom kun je niet in een rechte lijn naar de maan?*

De zwaartekracht buigt een raket voortdurend af. Dicht bij de aarde is de zwaartekracht van de aarde het sterkst. De aarde buigt de raket af. Maar zodra de raket dicht bij de maan komt, is de zwaartekracht van de maan het sterkst en buigt hij af richting de maan.

7. *Hoe heet het apparaatje in telefoons dat gebruikmaakt van satellieten?*

Een gps-ontvanger. Het global positioning system (gps) is een groep satellieten die informatie over hun eigen baan zenden naar de aarde. Elke satelliet zit in een baan die tot op de centimeter nauwkeurig is berekend. Als jouw smartphone je locatie bepaalt, dan berekent deze de afstand tot vier satellieten. Met die vier afstanden kan een telefoon precies uitrekenen waar hij zich bevindt. Het gps is eigendom van de Amerikaanse overheid. Maar ook Europa heeft sinds kort een navigatiesysteem: Galileo.

8. *Hoe lang duurt een rondje van een voorwerp om de aarde?*

Dat hangt ervan af hoe ver weg je van de aarde bent. Het internationale ruimtestation (waarin André Kuipers een halfjaar heeft gewoond) dicht bij de aarde en doet 1,5 uur over een rondje. De maan draait veel verder van de aarde en doet ongeveer een maand over een rondje. Verder van de aarde zijn rondjes groter, maar is de snelheid lager. Kortom: hoe verder een voorwerp van de aarde is, hoe minder snel het kan draaien.

9. *Waarom is bij ruimtereizen het tijdstip van lanceren zo belangrijk?*

Omdat alles in de ruimte beweegt. Een lancering naar de maan lukt alleen als de maan op de juiste plek staat ten opzichte van de aarde. De aarde draait in een dag om zijn as. Dat betekent dat de maan na twaalf uur aan de andere kant van de aarde staat. Bij ruimtereizen naar andere planeten is niet alleen het tijdstip belangrijk, maar ook de datum. Als je naar Mars wilt reizen, dan kan dat maar op één dag in twee jaar. Ben je op die dag niet klaar voor de reis, dan moet je weer twee jaar wachten op de eerstvolgende mogelijkheid.

## Overige vragen

*Waarom valt een appel naar beneden, maar de maan niet?*

Alles in het heelal trekt elkaar aan. Ook de maan en de aarde trekken elkaar aan. De maan beweegt met precies de juiste snelheid, zodat hij rondjes gaat draaien. Zou hij sneller bewegen, dan zou hij wegvliegen van de aarde. Zou hij langzamer bewegen, dan zou hij uiteindelijk tegen de aarde botsen.

*De aarde draait ook om de zon. Kun je dat verklaren met het model?*

Ook de zon veroorzaakt zwaartekracht. Het zonnestelsel met de zon in het midden en de planeten die eromheen draaien, werkt daardoor hetzelfde als het aarde-maansysteem. Dicht bij de zon is zijn zwaartekracht het sterkst. Daar draaien de planeten ook het snelst. Ver weg van de zon draaien de planeten langzamer, want daar is zijn zwaartekracht het zwakst.