



## E-klas Zonnestelsel en heelal

Auteur

Team

Laatst gewijzigd

Licentie

Webadres

Bètapartners

Wikiwijs Maken Auteurs

7 mei 2015

CC Naamsvermelding-GelijkDelen 3.0 Nederland licentie

<https://maken.wikiwijs.nl/55224/>



Dit lesmateriaal is gemaakt met Wikiwijs van Kennisnet. Wikiwijs is hét onderwijsplatform waar je leermiddelen zoekt, maakt en deelt.

# Inhoudsopgave

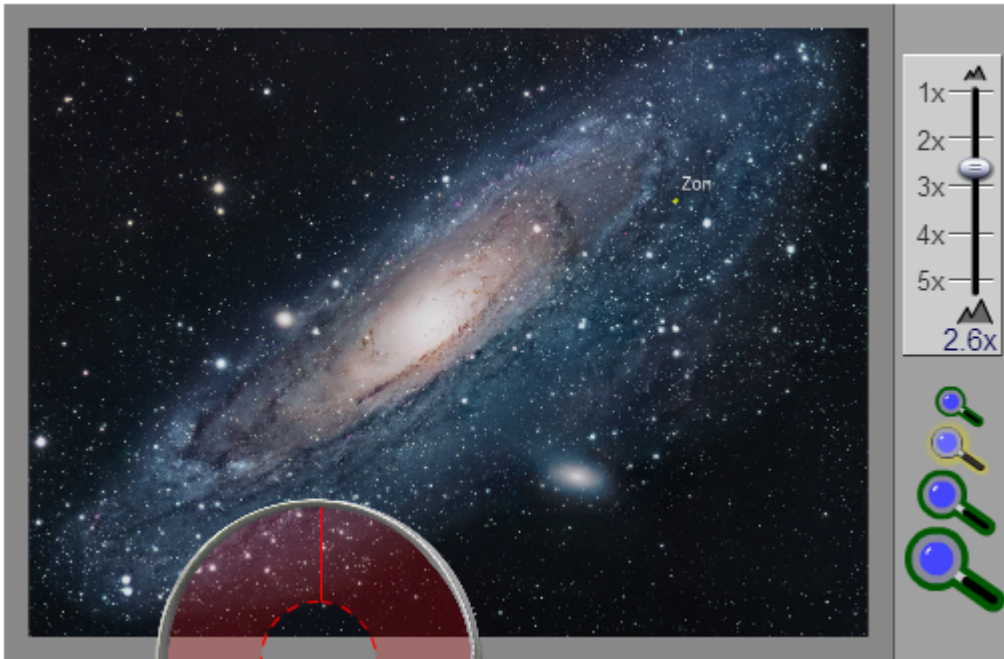
Home .....	2
Studiewijzer .....	3
Index .....	4
Inleiding .....	6
H1 Het zonnestelsel .....	11
1.1 Zon, maan en sterren .....	13
1.2 Het Zonnestelsel .....	23
1.3 De aardachtige planeten .....	29
1.4 De reuzenplaneten .....	33
1.5 Opgaven .....	36
H2 Zes reuzen in 2000 jaar .....	49
2.1 Sterrenkunde in het oude Griekenland .....	50
2.2 Naar een heliocentristisch wereldbeeld .....	55
2.3 Opgaven .....	58
H3 Beweging in het zonnestelsel .....	65
3.1 De beweging van planeten .....	66
3.2 De gravitatiewet van Newton vervolg .....	70
3.3 Opgaven .....	74
H4 Het heelal .....	79
4.1 Een heelal vol sterrenstelsels .....	80
4.2 Evolutie van het heelal .....	94
4.3 Opgaven .....	101
H5 Satellieten .....	114
5.1 Soorten satellieten .....	117
5.2 Satellietbanen .....	121
5.3 Opgaven .....	128
Praktische opdrachten .....	132
Opdracht 1 .....	132
Opdracht 2 .....	136
Computersimulaties .....	138
Simulatie hoofdstuk 3 .....	138
Simulatie hoofdstuk 5 .....	139
D-toets .....	140
Eindopdracht .....	141
Over deze module .....	142
Over dit lesmateriaal .....	143

# Home



## Welkom bij de module Zonnestelsel en Heelal.

In deze lessenserie leer je hoe ons zonnestelsel en de rest van het heelal eruit zien. Maar ook hoe we die kennis hebben gekregen: dankzij het werk van veel onderzoekers en geleerden in de loop van vele eeuwen. Ook leer je hoe wetenschap werkt: op welke manier de wetenschappers tot hun resultaten zijn gekomen. Soms was dat toeval, soms door gebruik te maken van nauwkeurige metingen, soms door diep nadenken, maar altijd door ontwikkelde theorieën te vergelijken met de metingen van de onderzoekers.



Onze sterrenkundige kennis is waarschijnlijk vanuit Babylon via Griekenland naar ons toegekomen. Kennis van bewegingen van planeten en manen aan de hemel en de kunst om deze te kunnen voorspellen, stond van oudsher in hoog aanzien. Deze kennis werd gebruikt bij belangrijke gebeurtenissen om zo belangrijke beslissingen te nemen. Op deze manier stond de astrologie aan de wieg van de astronomie. De belangstelling van de mens stopte hier echter niet. Men wilde bijvoorbeeld precies weten wanneer de zomer begon en wanneer het volle maan was. Deze belangstelling vormde de aanzet tot de sterrenkunde, ook wel de astronomie genoemd. En met astronomie houden we ons in dit domein bezig.

Wij hopen dat je met plezier aan de module zult werken.

De auteurs

# Studiewijzer

## Studieduur

Een voorbeeld-lesplanning vind je [hier](#). De module is ontwikkeld voor een studielast van 40 uur. Daarvan moet je wel een gedeelte als huiswerk doen. En misschien niet alle opdrachten, maar dat hoor je wel van je docent.....



# Index

## Inhoudsopgave Zonnestelsel en Heelal

### [Inleiding](#)

#### Hoofdstuk 1 - [Het zonnestelsel](#)

##### [1.1 - Zon, maan en sterren](#)

- De sterrenhemel
- De maan
- Eigenbeweging en afstand van sterren

##### [1.2 - Het Zonnestelsel](#)

- Onze ster: de zon
- Kometen en meteoroiden

##### [1.3 - De aardachtige planeten](#)

##### [1.4 - De reuzenplaneten](#)

##### [1.5 - Opgaven paragraaf 1.1](#)

- Opgaven paragraaf 1.2
- Opgaven paragraaf 1.3 & 1.4
- Practicum & groepsopdrachten

#### Hoofdstuk 2 - [Zes reuzen in 2000 jaar](#)

##### [2.1 - Sterrenkunde in het oude Griekenland](#)

- Ptolemaeus

##### [2.2 - Naar een heliocentrisch wereldbeeld](#)

##### [2.3 - Opgaven paragraaf 2.1](#)

- Opgaven paragraaf 2.2
- Practicum & groepsopdrachten

#### Hoofdstuk 3 - [Bewegingen in het zonnestelsel](#)

##### [3.1 - De beweging van planeten](#)

##### [3.2 - De gravitatiewet van Newton vervolg](#)

##### [3.3 - Opgaven paragraaf 3.1](#)

- Opgaven paragraaf 3.2

#### Hoofdstuk 4 - [Het heelal](#)

##### [4.1 - Een heelal vol sterrenstelsels](#)

- De afstand van sterren
- Ons Melkwegstelsel
- Sterrenstelsels

##### [4.2 - Evolutie van het heelal](#)

- Bewijs voor de oerknal

##### [4.3 - Opgaven paragraaf 4.1a](#)

- Opgaven paragraaf 4.1b
- Opgaven paragraaf 4.2
- Groepsopdrachten

#### Hoofdstuk 5 - [Satellieten](#)

##### [5.1 - Soorten satellieten](#)

##### [5.2 - Satellietbanen](#)

- Geostationaire satellietbaan

- Gewichtloosheid
- [5.3 - Opgaven paragraaf 5.1](#)
- Opgaven paragraaf 5.2
- Groepsopdrachten

### **[Praktische opdrachten](#)**

- [- Opdracht 1](#)
- [- Opdracht 2](#)

Een voorbeeld lesplanning vind je hier: [Lesplanning](#)



[Lesplanning](#)



[Zonnestelsel en Heelal versie 17/9/2009](#)

# Inleiding

Welkom bij de e-klas Zonnestelsel en Heelal.

## Over deze lessenserie

De lessenserie Zonnestelsel en Heelal voor klas 4 havo gaat over de bouw van het zonnestelsel, over de bewegingen van de planeten en andere hemelobjecten in dat zonnestelsel en over het ontstaan, de ontwikkeling en de toekomst van het heelal. Daarbij is ook aandacht voor de manier waarop de ideeën over het zonnestelsel en het heelal tot stand zijn gekomen. Dus: de manier waarop wetenschap werkt.

## Wat ga je doen?

In deze e-klas kun je het lesmateriaal van de module Zonnestelsel en Heelal bestuderen met behulp van een papieren lesboekje en ook met de website waar hetzelfde materiaal in staat. Je ziet dan in de tekst van deze e-klas een boek- of een webplaatje.

In deze website vind je de vragen en opdrachten bij het lesmateriaal. Aan het begin van een hoofdstukparagraaf staat kleine samenvatting van de leerstof. Tijdens het maken van de opdrachten noteer je antwoorden en uitwerkingen in je schrift of in een Word document dat je later inlevert in Sakai. Vraag eerst aan je docent wat je moet doen. Ook al staan de antwoorden bij veel vragen onder een 'klik hier' knop, je kunt maar het beste even goed nadenken voordat je die hulp gebruikt.



Oefentoets Inleiding H1 Zonnestelsel

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/1032306>

### Algemene Informatie

**Titel** Oefentoets Inleiding H1 Zonnestelsel  
**Aantal Vragen** 14

Deze oefentoets bestaat uit 14 waar/niet waar vragen over hoofdstuk 1: Het Zonnestelsel.

## MAIN\_SECTION

De zon draait in 24 uur rond de aarde.

☐

Waar

☐

Niet waar

De aarde is de enige planeet met een maan.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Het heelal is ongeveer 5 miljoen jaar oud.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Bij een zonsverduistering staat de aarde in de schaduw van de zon.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

bij een maansverduistering staat de maan achter de aarde.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Buiten de dampkring is er geen aantrekkingskracht van de aarde

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

De zon is eigenlijk een doodgewone ster.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

De maan draait in iets meer dan 24 uur rond de aarde.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

"Vallende sterren" zijn meteoren, die in de dampkring verbranden.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Rond de zon draaien 9 planeten.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

De planeten bewegen rond de zon onder invloed van de gravitatiekracht van de zon.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Het zonnestelsel is onderdeel van het Melkwegstelsel.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Een deel van de sterren, die we aan de hemel zien zijn eigenlijk complete sterrenstelsels.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Een satelliet in een geostationaire baan staat stil ten opzichte van de aarde.

☐ Waar

☐ Niet waar

---

# H1 Het zonnestelsel

## Hoofdstuk 1 - Het zonnestelsel



Lees eerst de inleidende lesstof van dit hoofdstuk. Voor de verwerking van de leerstof maak je nu een paar opgaven, deels 'gewone' tekstvragen, deels webvragen. Noteer je antwoorden en uitwerkingen in je schrift of in een Word document dat je later inlevert in Sakai. Vraag eerst aan je docent wat je moet doen.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/b/bdc6d725c2a413a7ab1758714a5b5c3f.docx>

### Hoe is ons zonnestelsel opgebouwd, en welke eigenschappen hebben de zon en haar planeten?

Ons zonnestelsel is 4,5 miljard jaar geleden ongeveer op de volgende wijze ontstaan: eerst een grote gaswolk die onder invloed van de gravitatiekracht in het centrum samengedrukt werd. Dit proces duurde ongeveer 100 duizend jaar. In dat centrum vormde zich geleidelijk een ster: onze zon.

Lesstof gelezen? Maak de volgende vragen.



#### Webopgave 1 - Het zonnestelsel

In Binas tabel 31 en 33b staan gegevens over de planeten van ons zonnestelsel en over de zon. In die tabellen staan onder andere de afstand  $r$  van de planeten tot de zon en de straal  $R$  van de zon en de planeten.

Maak met behulp van deze gegevens een tekening op schaal van ons zonnestelsel. Kies de schaal van je tekening zodanig dat het zonnestelsel op een blad A4 past. Je kunt voor de afstand en de straal verschillende schalen kiezen, als de tekening daardoor duidelijker wordt.



#### Webopgave 2 - De planeten van het zonnestelsel

In Binas tabel 31 staan gegevens over de planeten van ons zonnestelsel. In die tabel staan onder andere de massa  $m$ , de straal  $R$  en de dichtheid  $\rho$  van de planeten.

1. Zoek in Binas de massa en de straal van de planeet aarde op. Bereken daarmee de dichtheid van de aarde. Controleer je antwoord met de waarde van de dichtheid in Binas. Aanwijzing - Voor het volume  $V$  van de aarde (een bol) geldt:  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$
2. Zoek in Binas de dichtheid van de acht planeten op, en noteer de waarden in een tabel.
3. Je kunt de acht planeten op grond van hun dichtheid in twee groepen verdelen. Welke twee groepen zijn dat?
4. Hoe is het verschil in dichtheid tussen die twee groepen planeten te verklaren?

Hoe is het zonnestelsel ontstaan?





**Webopgave 3** - Beantwoord deze vraag kort in je schrift met behulp van het onderstaande filmpje.



[Klik hier voor film.](#)



Meer weten? [http://nl.wikipedia.org/wiki/Ontstaan\\_van\\_een\\_zonnestelsel](http://nl.wikipedia.org/wiki/Ontstaan_van_een_zonnestelsel)



#### **Webopgave 4** - Invuloefening

Na het bekijken van de filmpjes zou je de onderstaande zin goed moeten kunnen invullen. Kijk zo nodig nog even op de wikipedia link hierboven

- Het zonnestelsel ontstaat, omdat er een grote  samenging trekken. In het midden van het beginnende zonnestelsel, is er veel gas aanwezig.
- Dat gas gaasamentrekken. Hier ontstond later de .
- Derest van de materie gingen samenklonteren en vormde uiteindelijk onze .

# 1.1 Zon, maan en sterren

## 1.1 - Zon, maan en sterren

### Hoe ziet de dagelijkse beweging van de zon, maan en sterren eruit?

#### Samenvatting

Doordat de aarde om haar as draait, voeren de zon, de maan en de sterren een schijnbare beweging uit. Naast de schijnbare beweging, bewegen de sterren ook ten opzichte van elkaar: hun eigenbeweging. De vorm waarin je de maan aan de hemel ziet staan noemen we de schijngestalten van de maan of de maanfasen. In de sterrenkunde gebruiken we voor het opgeven van afstanden speciale eenheden als het lichtjaar (ly) en de Astronomische Eenheid (AE).



Lees eerst de leerstof. Voor de verwerking van de leerstof maak je een paar webvragen. Noteer je antwoorden en uitwerkingen in je schrift of in een Word document dat je later inlevert in Sakai. Vraag eerst aan je docent wat je moet doen.



[Hoofdstuk 1 paragraaf 1.1](#)

Nadat je de leerstof hebt bestudeerd kun je de volgende webvragen maken.



#### Webopgave 5

Welke beweging voer jij uit in één dag? Sleep het mannetje in de volgende animatie rond de aarde (vink 'show time tickmarks' aan). Van welke kant zie je de aarde hier: onder, boven of zijaanzicht?



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/710bd9d801f222460c438df47078e457.swf>



#### Webopgave 6 - Welke beweging voer jij uit in één jaar? (Selecteer 'show Labels')



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/d6f17dfe03a6194c96bc4ae1a6458377.swf>



### Webopgave 7

Door de schuine stand van de aardas (zie bovenstaande animatie) hebben we seizoenen en midden in de zomer (rond 21 juni) gaat boven de poolcirkel de zon niet onder. Zie onderstaand filmpje. Leg dit eens uit aan je buurman.



[Klik hier voor film.](#)



### Webopgave 8

Waarom gaat de zon rond de noordpool 's nachts niet onder?



#### Meer weten?

<http://www.hetweer.org/hetwonderlijkeweer/seizoene.htm>  
[sterrenkundige encyclopedie van de UvA](#)



### Webopgave 9 - Waar/Niet waar-vraag

Wij kennen het begrip 'dag', omdat de aarde in 1 dag om haar as wentelt en de zon dan telkens de helft verlicht. De nacht is de schaduwzijde van de aarde.

- ☐ waar
- ☐ niet waar
- 

Een jaar is precies de tijd, die nodig is voor een omwenteling van de zon om de aarde.

- ☐ waar
- ☐ niet waar
- 

De seizoenen ontstaan, omdat de aarde in de winter verder van de zon en in de zomer dichterbij de zon staat.

- ☐ waar
- ☐ niet waar
- 

De zon gaat niet onder in Alta, want de aardas staat iets schever in de zomer.

- ☐ waar
- ☐ niet waar
-



[Uitleg](#)

## 1.1 De sterrenhemel

### 1.1 - De maan

#### De fasen van de maan

Je ziet in de loop van een maand telkens een ander deel van het oppervlak van de maan. Die verschillende vormen noemen we schijngestalten of fasen van de maan.



In de onderstaande animatie wordt getoond hoe de schijngestalten van de maan ontstaan. Je kijkt vanaf de aarde naar de maan en ziet verschillende gedeelten van de maan verlicht in het vakje rechtsboven.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/af7180c9b2915e7c28c084de4d72c0ac.s wf>



#### Webopgave 13

1. Leg uit hoe het komt dat je vanaf de aarde nooit de achterkant van de maan ziet.
2. Kun je de achterkant van de maan wel vanuit de ruimte zien? Leg uit aan je buurman, noteer het antwoord waar je beiden tevreden mee bent.
3. Wij zien de maan het best als het om ons heen donker is, s'avonds of s'nachts dus. Op deze bijzondere opname zie je een straalvliegtuig dat net voor de grootste volle maan van 2009 langs vliegt:



 Vincent Jaques Sky Shows

Waarom wordt deze maan de **grootste** volle maan genoemd? Kies het goede alternatief:

- ☐ De maan is altijd groter als hij vlak boven de horizon staat.
- ☐ De maan is altijd even groot, dus de uitspraak is gewoon onzin.
- ☐ De maan staat hier dichterbij de aarde dan anders.
- ☐ De foto is genomen met een sterk vergrotende lens op de camera.

---

Nu kun je met de volgende animatie naar de stand van de maan kijken bij elke fase. Je kijkt als waarnemer vanaf de aarde naar de maan en dan zie je telkens een ander gedeelte van de maan verlicht.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/32b51748fa18c073d3913f216200d53e.s wf>



#### Webopgave 14

Download hier het werkblad bij deze animatie en vul het in. Plak daarna het werkblad in je Word document dat je telkens inlevert of print het uit voor je schrift.



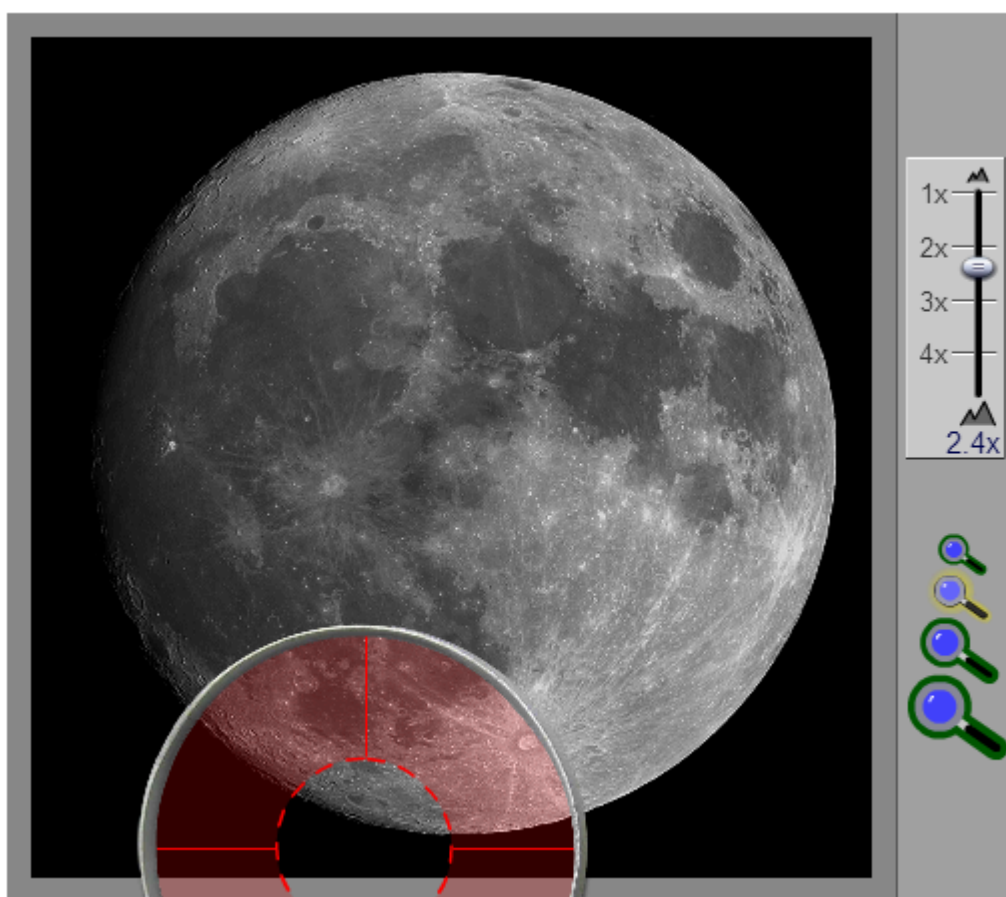
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/b/bfa1921c8ef60574b6758b06e59c7708.doc>

### Werkwijze:

- klik op "hide" in horizon diagram
- vink "show time tickmarks" aan
- vink "show angle" aan
- klik "start animation"

### Opdracht maankraters

Het oppervlak van de maan bestaat uit kraters en zeeën. Je kunt ze onderzoeken met deze animatie.



Kraters en 'zeeën' op de maan



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/6c50a5e3bce5560735d500024785b527.s wf>



### Webopgave 15 - Zoekopdracht:

1. Ga met het vergrootglas over de maan en beschrijf kort wat het verschil is tussen de kratergebieden en de zeeën.
2. Zoek met het vergrootglas de volgende kraters
3. - Tycho - Copernicus. Wat zijn de namen van de donkere vlekken op de maan (rechtsboven in het plaatje)? Ze worden in het algemeen zeeën of in het latijn 'mare' genoemd. Zoom goed in en gebruik de volgende website om achter de namen van de zeeën te komen: [Maankaart](#).

## 1.1 Eigenbeweging en afstand van sterren



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.

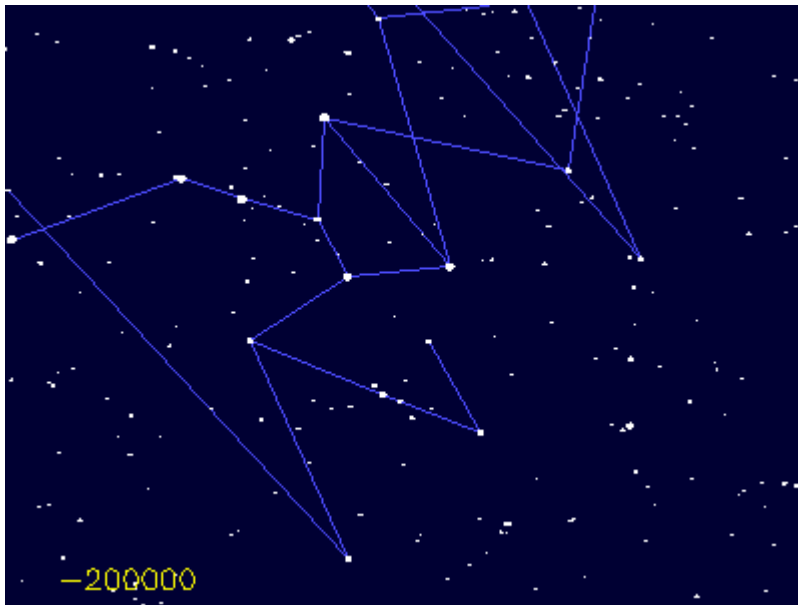


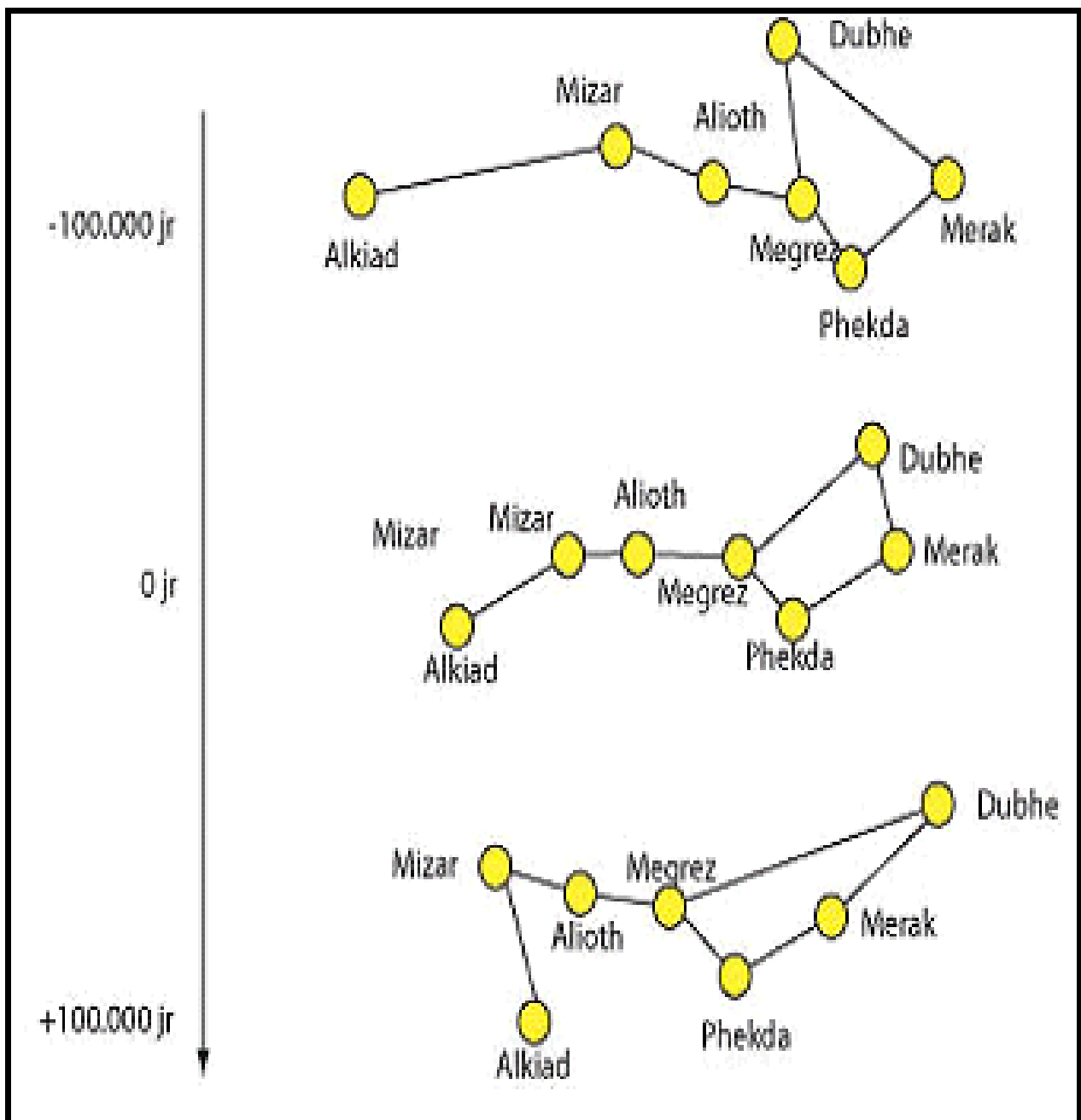
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/5/561ab8f6f9a2a152e6d9a9d3fd361009.docx>

Sterren lijken wel op een vast gefixeerd punt aan de hemel te staan, maar dit is in werkelijkheid niet zo. In de loop van duizenden jaren verschuiven ze van plek. Dit wordt de *eigenbeweging* van sterren genoemd.

Je ziet dat in de loop van 200.000 jaar het sterrenbeeld nogal van vorm verandert: van de zeven heldere sterren in het sterrenbeeld Grote Beer vertonen er vijf een beweging in dezelfde richting, terwijl de overige twee - Alkid en Dubhe - in een andere richting bewegen. Bekijk ook de onderstaande animatie van de (eigen-)beweging van de sterren van de Grote Beer!







Bron: Malmberg



### Webopgave 16 - Verschuiving

Noteer welke sterren het meeste verschuiven met behulp van deze uitgebreide sterrenkaart van de grote beer (noteer de griekse letters van de sterren in grote beer) Voor de namen van de sterren van de grote beer, zie figuur boven, of kijk op de [deze site](http://www.sterrenkunde.nl/index/encyclopedie/eigenbeweging.html).



### Meer weten?

<http://www.sterrenkunde.nl/index/encyclopedie/eigenbeweging.html>



### Webopgave 17 - Projectie

1. Leg uit waarom we een driedimensionaal sterrenbeeld toch als een bepaald patroon zien.
2. Leg uit op welke plek je moet gaan staan in onderstaande animatie om de Grote Beer te zien zoals wij die op aarde zien (Je kunt de projectie van de grote beer verslepen met je muis).



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/9a965abea11423792c2e963f70c41735.swf>

[klik hier](#)

Afstanden in het heelal zijn heel groot. Je kunt deze afstanden in meters of km weergeven. Je krijgt dan enorme getallen. De afstand van de zon tot de aarde is bijvoorbeeld  $150 \cdot 10^6$  km. En de afstand tot de dichtstbijzijnde ster (Proxima Centauri) is  $40 \cdot 10^{12}$  km. We drukken de afstanden daarom liever uit in andere eenheden. De afstand van de aarde tot de zon noemen we 1 astronomische eenheid, afgekort 1 AE. De afstand die licht in een jaar aflegt noemen we een lichtjaar. 1 lichtjaar is ongeveer  $9,46 \cdot 10^{15}$  m. De afstand van de zon tot Proxima Centauri is dan ongeveer 4 lichtjaar.



### Webopgave 18 - Hoe groot is een lichtminuut?



### Webopgave 19

Bekijk de onderstaande animatie en schrijf de volgende afstanden op in je schrift of je Word bestand.

1. zon naar pluto in AE.
2. zon naar proxima centauri in AE en Lichtjaar.
3. zon naar centrum van de melkweg in AE en lichtjaar.
4. zon naar andromeda stelsel in lichtjaar.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2e1c0bca2fbd64a84d5dac6fa37e33df.swf>



### Webopgave 20 - Invuloefening

Vul de ontbrekende woorden/afstanden in, in de tekst hieronder.

- De afstand in het heelal zijn erg groot, we nemen daarom andere eenheden voor afstand. De afstand die licht aflegt  genoemd.
  - De afstand van de zon tot de aarde heet de  en wordt afgekort met .
  - De afstand van de zon tot Jupiter is  lichtminuten of 5,3 AE.
  - afstand van de zon tot de aarde is 8,3 lichtminuten, dat betekent dat het licht van de zon 8,3 minuten overdoet om de aarde te bereiken.
  - Het dichtstbijzijnde sterrenstelsel heet het Andromeda stelsel dat staat op 2,6  lichtjaren van ons vandaan.
- 

## 1.2 Het Zonnestelsel

### 1.2 - Hoe ziet ons zonnestelsel eruit?

#### Samenvatting

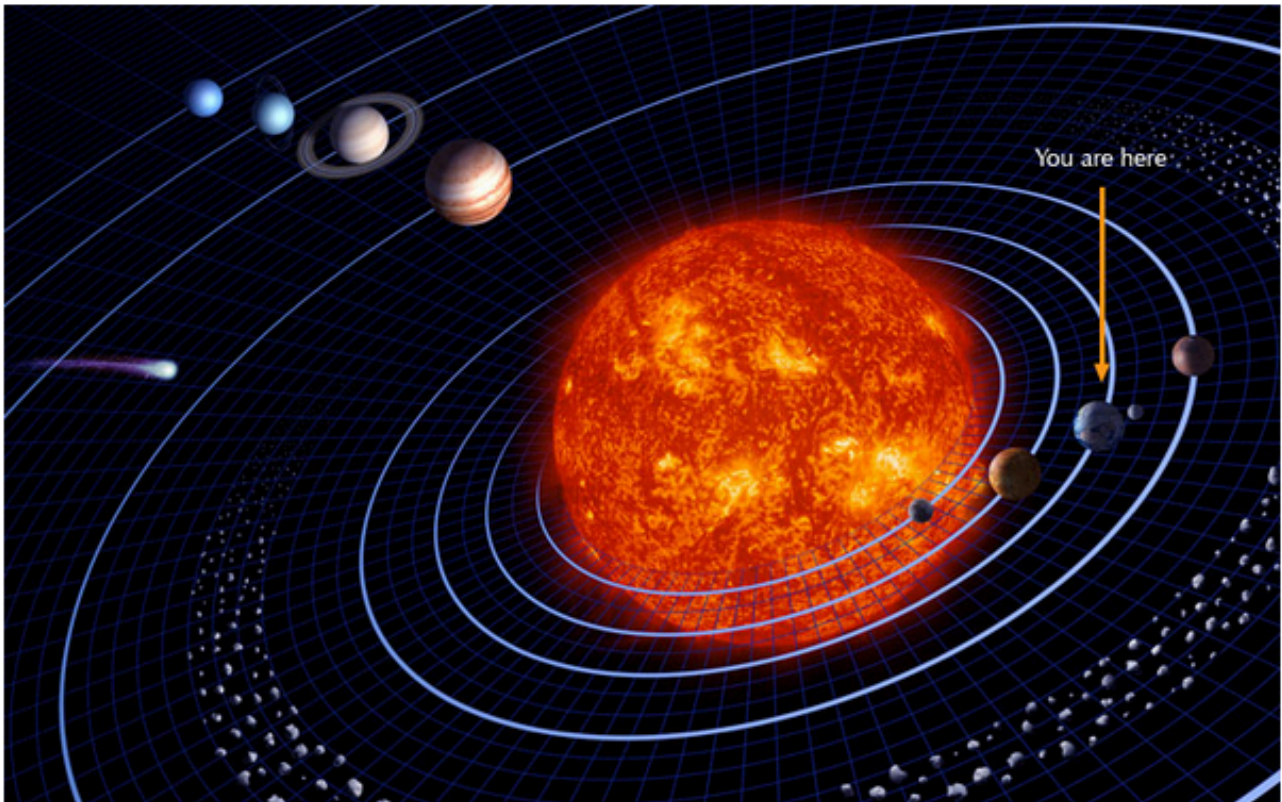
Het zonnestelsel wordt gevormd door onze zon en alle objecten in haar (gravitationele) invloedssfeer: de planeten en hun manen, planetoïden, kometen en meteoroiden. De zon straalt energie uit in de vorm van elektromagnetische straling, waaronder ultravioletstraling, licht en infraroodstraling. De intensiteit van de uitgezonden straling hangt af van de golflengte of de frequentie. Voor de zon met een oppervlaktetemperatuur van ongeveer 6000 K heeft piek in het stralingsspectrum een golflengte van ongeveer 500 nm. Dit is golflengte van geel-groen licht. Het stralingsspectrum als geheel geeft de indruk van geel-wit licht.



Lees eerst de lesstof.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/f/fd9d09cfa52ec9908483e89275dbc787.docx>



Zonnestelsel (© Malmberg)

## 1.2 - Onze ster: de zon



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/3/35bcc6a1ecec8360491aac75b7c70b8d.docx>



De zon (© NASA)

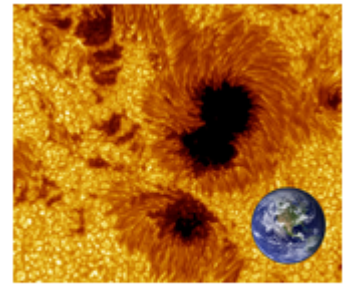
Het belangrijkste hemellichaam in ons zonnestelsel is de zon. De diameter van de zon is 1,4 miljoen km. Dat betekent dat als we het volume van de aarde en zon vergelijken, dat er ongeveer 1,3 miljoen aardes in de zon passen. Het oppervlak van deze zonnevlekken ligt enkele honderden kilometers lager dan dat van de rest van de zon. Bovendien is de temperatuur van de vlek lager (4000 K).

Binnen in de zon heerst een temperatuur van ongeveer 15 miljoen K, dit is genoeg om kernfusie op gang te brengen. Kernfusie levert de energie, die de zon weer uitstraalt in de vorm van o.a. zichtbaar licht, warmte (IR) en UV-straling. De zon schijnt al 4,6 miljard jaar en zal nog 5 miljard jaar door kunnen met haar brandstof.

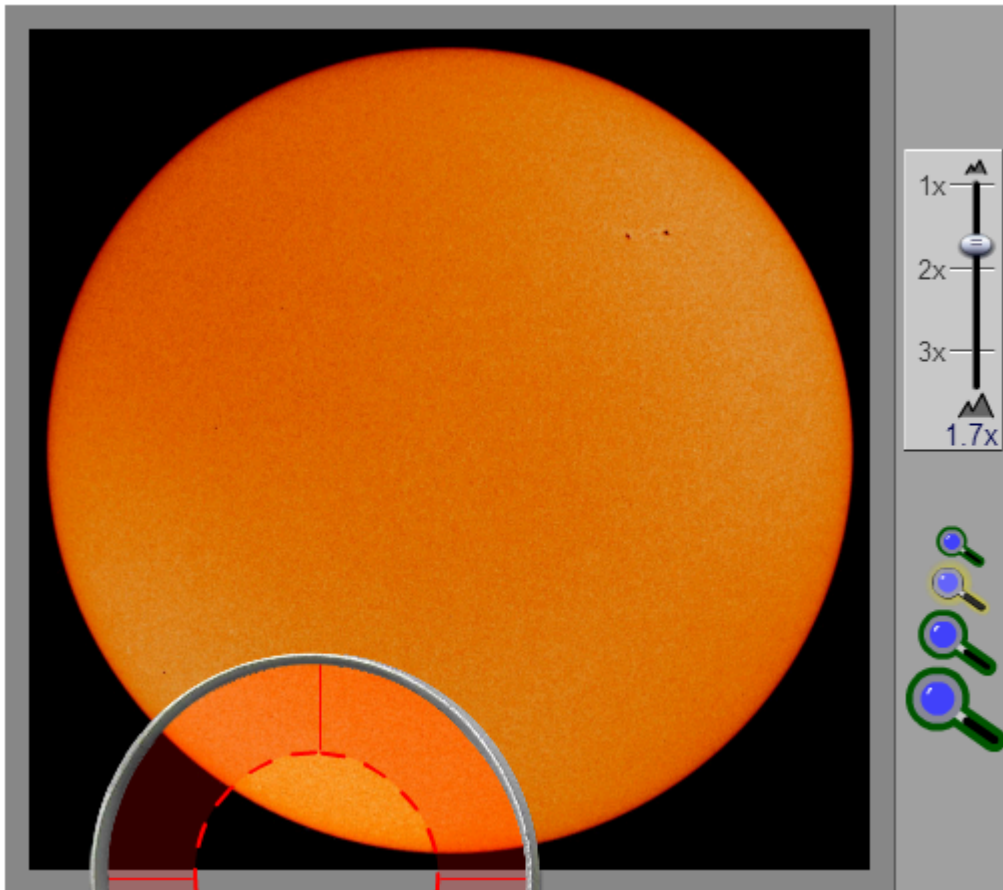


## Webopgave 21

Op dit plaatje van de zon kun je heel klein de zonnevlekken zien. Vergroot ze met je vergrootglas. Hoeveel kun je er vinden? Zie je dat de vlekken erg klein zijn in verhouding tot de zon zelf?



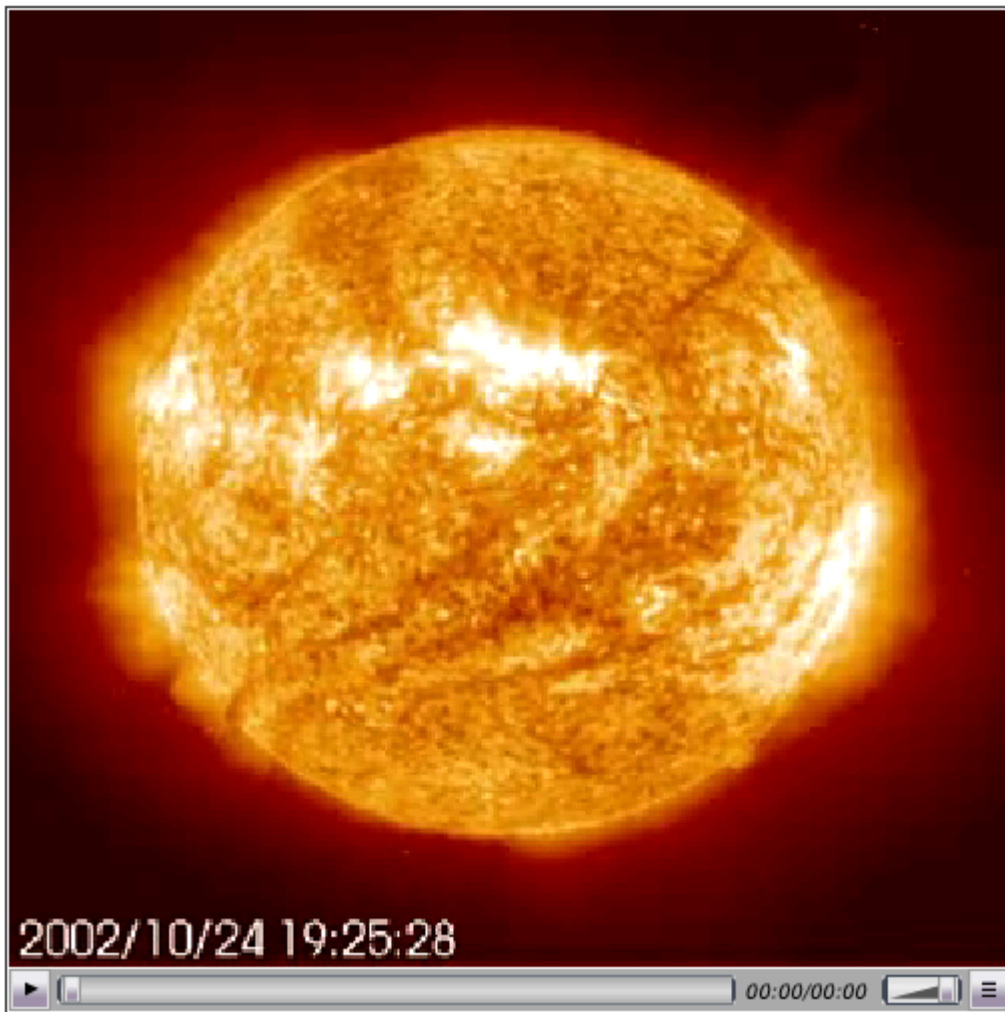
Zonnevlekken groter dan de aarde (bron: wikipedia)



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/030936dccc1eb0d3f8d30ac57c3776e6.s wf>



Op de zon vinden ook regelmatig uitbarstingen plaats van zonnevlammen (in het Engels: solar flares) . Daarbij komen geweldige hoeveelheden energie vrij. Bekijk het volgende filmpje van de NASA:



[Klik hier voor film.](#)



**Webopgave 22** - Zoek op internet het antwoord op de volgende vraag:

- Waarom kunnen zonnevlammen gevaarlijk zijn voor de aarde? (je moet minimaal twee redenen kunnen noemen.)

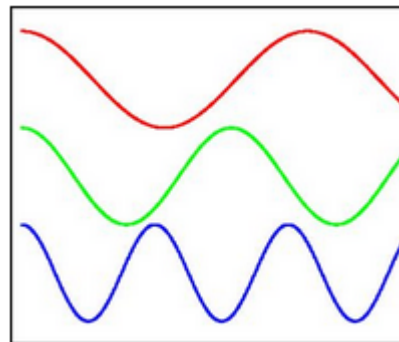
### **Stralingsspectrum**

#### **Spectrum van de zon**



De zon zendt straling uit in diverse vormen; IR, UV en zichtbaar licht zijn daarvan de bekendste. De golflengte van de straling ligt tussen 300 en 3000 nm. ( $1 \text{ nm} = 1.10^{-9} \text{ m}$ ). In het plaatje hiernaast zie je de verschillen in golflengte tussen rood, groen en blauw licht.

Straling met een korte golflengte heeft meer energie dan straling met een lange golflengte. Zo is ultraviolet schadelijk voor je huid, infra rood warmt je alleen maar lekker op.



De zichtbare straling van de zon kun je ontleden met bijvoorbeeld een prisma of een tralie tot een zonne-spectrum. De regenboog is daar ook een voorbeeld van. Je ziet dan dat het licht van de zon bestaat uit de bekende kleuren van de regenboog.

### Verband golflengte en frequentie

Met behulp van allerlei instrumenten kunnen we verschillende vormen van e-m straling zichtbaar maken. Kijk in de volgende flash wat de mogelijkheden zijn. In het blokje boven de afbeeldingen wordt telkens de golflengte voor je uitgerekend met behulp van de frequentie en de snelheid.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/9bd4550200454e6a9624c2539efdc465.swf>



### Webopgave 23

1. Welke formule wordt hier telkens gebruikt voor de berekeningen?
2. Met welke snelheid wordt hier gerekend? Dat is een bekende waarde, namelijk de.....



### Webopgave 24 - Meerkeuzevraag



Meerkeuzevragen  
<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/992461>

### Algemene Informatie

Titel Meerkeuzevragen



## MAIN\_SECTION

**1.2 - Kometen en meteoroiden**

In ons zonnestelsel bevinden zich ook kometen. Die bestaan uit ijs en stof en bewegen in een baan rond de zon. Als ze in de buurt van de zon komen smelt een deel van het ijs. De komeet krijgt zo een staart van stof en ijsdeeltjes. Maar een deel van de moleculen uit de komeet wordt afgebroken en geïoniseerd. Door de stralingsdruk van de zon ontstaat dan een ionenstaart. Een komeet krijgt bij de zon dus twee staarten zoals je ziet Kometen lichten helder op aan de nachtelijke hemel en zijn indrukwekkend om te zien.



© NASA

Hoe zo'n komeet precies beweegt en hoe meteorieten ontstaan zie je in de onderstaande animatie:



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/c05303521394d77a5526d2061bfcc2ad.s wf>

**Webopgave 25 - Wanneer zien we op aarde een meteorenregen?**

© Wikipedia

De stof- en ijsdeeltjes lijken op aarde uit de richting van een bepaald sterrenbeeld te komen. Daarom krijgt zo'n regen van vallende sterren de naam van het sterrenbeeld waaruit ze vandaan lijken te komen. Voorbeelden zijn de Perseïden en Leoniden.

Een andere

naam voor vallende sterren is meteorieten. Als een meteoriet op aarde inslaat noemen we hem een meteoriet. Meteorieten kunnen voor een groot deel uit ijzer bestaan, zoals deze Chinga-ijzermeteoriet van 700 gram.



© Wikipedia



© NASA

**Ontstaan van de Perseïdenzwerm**

Bekijk deze animatie over het ontstaan van meteorieten en hun kenmerken:



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/b600dc337fe829e431ced8ff29f689eb.swf>



### Webopgave 26

1. In de film zie je een botsing van een grote meteor met de aarde. Daardoor neemt de bewegingsenergie van de aarde af met.....( $E_{bew} = 1/2 \cdot m_A \cdot v_A^2$ ).
2. Van welke meteorenzwerm kun je er de meeste per uur zien? In welke periode in het jaar is deze zwerm te zien?



### Webopgave 27 - Heb je de paragraaf begrepen?

Vul de woorden in die ontbreken.

- Een  krijgt in de buurt van de zontweestaarten, een  ene staart met verdampende .
- De  laat zijn baan stof en gruis achter. Deze blijven achter in een baan, waar ook de  door heen beweegt. We zien het verbrande van dit gruis als  in de lucht.
- Een  slaat in op het aardoppervlak. Een  verbrandt in de atmosfeer van de aarde.

## 1.3 De aardachtige planeten

### Samenvatting

De aardachtige planeten zijn Mercurius, Venus, Aarde en Mars. Zij bevinden zich relatief dicht bij de zon, hebben allemaal een vast oppervlak met kraters en zijn relatief klein. De aarde is uniek vanwege de aanwezigheid van vloeibaar water en een zuurstofrijke atmosfeer. De planeten Aarde en Mars hebben begeleiders in de vorm van manen. De omlooptijd van deze planeten in hun banen rond de zon neemt toe naarmate hun afstand tot de zon groter is. De scheve draaias van de planeten Aarde en Mars veroorzaakt seizoenen.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/e/efdb0369346a96af3b3b51ff870022eb.docx>

Wat zijn de kenmerken van de kleinste vier planeten? Lees telkens eerst de lesstof en beantwoord daarna de vragen.

### De vier binnenplaneten



Lees het stukje met informatie over Mercurius.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/7/7efb6c75d138769ef890885105c1502a.docx>



**Webopgave 28** - Waarom is er waarschijnlijk geen leven op Mercurius?



Lees het stukje met informatie over Venus.



Lees nu eerst de inleidende lesstof van par 1.3.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/6/62deb3ef7246d3f160e6aa50ddc38d32.docx>



**Webopgave 29** - Waarom heeft Venus ook 'fasen' net zoals onze maan?



Lees het stukje met informatie over Aarde.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/1/15d03c9c89dfb695a8ef0d69e4a63c49.docx>



### Webopgave 30 - Hoe dik is de korst van onze aarde ?



Lees het stukje met informatie over Mars.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/e/e37335c8000a5fb6e33b732ab1b693e3.docx>



### Webopgave 31



Zijn de volgende uitspraken waar of niet waar?  
<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/992483>

#### Algemene Informatie

**Titel** Zijn de volgende uitspraken waar of niet waar?  
**Aantal Vragen** 3

Hint: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Mars\\_\(planeet\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Mars_(planeet))

MAIN\_SECTION

Een Marsjaar duurt even lang als een aardjaar

☐

Waar

☐

Niet waar

Bij een Marsverduistering staat de aarde tussen de zon en Mars

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Als je op Mars zou staan kun je soms een zonsverduistering zien.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 



### **Webopgave 32** - Eventjes opzoeken.... (1)

Gebruik de hierboven aangeboden informatie, het BINAS-boek of andere sites.  
Van welke planeet is de atmosfeer het heetst?

[klik hier](#)  
[site 1](#)  
[site 2](#)



### **Webopgave 33** - Eventjes opzoeken.... (2)

Gebruik de hierboven aangeboden informatie, het BINAS-boek of andere sites.  
Welke planeet is het grootst?

[klik hier](#)  
[site 1](#)  
[site 2](#)



### **Webopgave 34** - Eventjes opzoeken.... (3)

Welke planeet heeft het langst nodig om om de zon heen te draaien?

[klik hier](#)  
[site 1](#)  
[site 2](#)

## **Planetoïden**



Lees het stukje met informatie over de Planetoïden.



[de Planetoiden](#)



**Webopgave 35** - Hoe zijn de planetoiden ontstaan?



**Webopgave 36** - In het filmpje zag je de landing van een ruimtevoertuig op Eros en ook de opnamen van het oppervlak.

1. Waarom was het niet zo moeilijk om een zachte landing te maken?
2. Waarom lijkt het oppervlak erg op dat van de maan?
3. Eros draait vrij snel om haar as, veel sneller dan de aarde. Hoe komt dat?

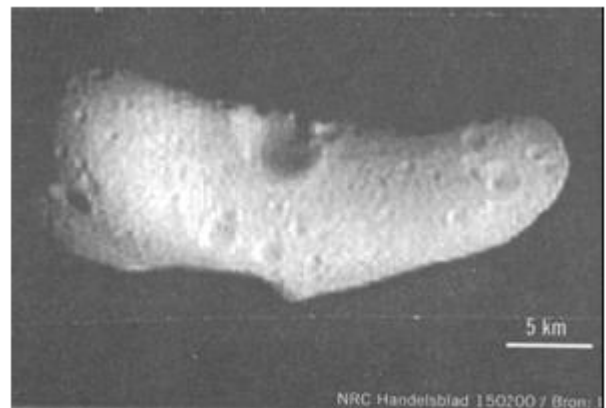


**Webopgave 37** - Een beetje rekenen....

Op de foto van Eros zie je een afstands balkje (5 km). Gebruik de lengte van dat balkje om een schatting te maken van de massa (kg) van Eros. Doe net of Eros een balk is met een lengte, een breedte en een hoogte (die even groot is als de breedte).

Gebruik als dichtheid voor het materiaal van Eros een waarde van  $2,5 \text{ g/cm}^3$ .

[klik hier](#)



## 1.4 De reuzenplaneten

### Samenvatting

De reuzenplaneten zijn Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. Deze gasreuzen verschillen sterk van de aardachtige planeten. Ze bevinden zich verder van de zon, zijn behoorlijk groter van formaat en hebben geen vast oppervlak. Ze bestaan uit gas dat door de grote zwaartekracht van deze planeten voor een groot deel is samengeperst tot vast en vloeibaar materiaal. Aan het gasvormige oppervlak woeden zware stormen. Elk van de vier gasreuzen heeft manen en een ringenstelsel. Het ringenstelsel van Saturnus is het duidelijkst te zien. De omlooptijd van deze planeten in hun banen rond de zon neemt toe naarmate hun afstand tot de zon groter is.



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2/217118221d48e154792e0ba8677b489c.docx>

### Wat zijn de kenmerken van de vier reuzenplaneten?

De grootste vier planeten (ook wel de reuzenplaneten genoemd) zijn heel verschillend van de binnenplaneten. De reuzenplaneten bestaan voor een groot deel uit gassen. Hieronder zie je ze in de juiste volgorde: Jupiter beweegt het dichtst bij de zon, Neptunus het verst.

### De vier reuzenplaneten



Lees het stukje met informatie over Jupiter.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/5/5c78c4d5ab189df60fa253283895565c.docx>



### Webopgave 38

1. Waarom is er waarschijnlijk geen leven op Jupiter?
2. Hoeveel aarde's passen er in de grote rode vlek?



Lees het stukje met informatie over Saturnus.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/5/550da3ea3efd15a2d1c9b1f63bff0fb4.docx>



### Webopgave 39

1. Hoe zijn de ringen van Saturnus ontstaan?
2. Hoe heet de sonde die door de ringen van saturnus vloog?
3. Waarom is die sonde niet vernietigd tijdens zijn tocht?



Lees het stukje met informatie over Uranus.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/4/4686db2c735a062e81cc2c28cc644456.docx>



### Webopgave 40

1. Wat is er zo bijzonder aan de baan van Uranus?
2. Kent Uranus zomer en winterseizoen? Uitleg?



Lees het stukje met informatie over Neptunus.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/6/6bcab23386c5f09a5173089a60c7398a.docx>



### Webopgave 41

1. Hoeveel manen heeft Neptunus?
2. Waarom is Neptunus niet kouder dan Uranus?



### Webopgave 42 - Eventjes opzoeken.... (1)

Gebruik de hierboven aangeboden informatie, het BINAS-boek of andere sites.  
Welke planeet heeft de grootste diameter?

[klik hier](#)

[site 1](#)

[site 2](#)



### Webopgave 43 - Eventjes opzoeken.... (2)

Welke planeet heeft het grootste aantal manen?

[klik hier](#)

[site 1](#)

[site 2](#)





#### Webopgave 44 - Eventjes opzoeken.... (3)

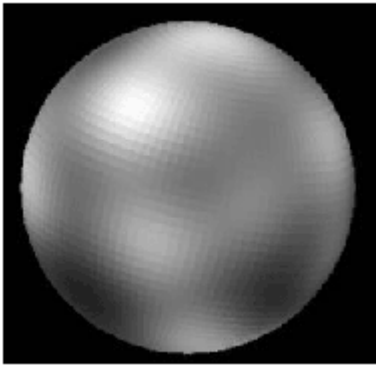
Op welke planeet is de dampkring het heetst?

[klik hier](#)

[site 1](#)

[site 2](#)

Pluto



Misschien heb je bij dit overzicht van de planeten gedacht: 'Het waren er toch negen?' Waar is Pluto? Pluto heeft in augustus 2006 de naam 'planeet' verloren, door een aanscherping van de definitie van het begrip planeet. Pluto bevindt zich wel in een baan om de zon, heeft wel voldoende massa om door zijn eigen zwaartekracht in een bolvorm te zijn geperst, maar heeft zijn omgeving niet schoongeveegd van andere objecten. Dit is een voorwaarde om 'planeet' genoemd te worden. Pluto heeft de naam planeet dus verloren en wordt nu als een 'ijsachtig hemellichaam' aangeduid.



#### Webopgave 45 - Eventjes opzoeken... (4)

Zoek op internet naar het antwoord op de vraag of Pluto manen heeft en, zo ja, hoeveel.

[klik hier](#)

[site](#)



Meer weten? [encyclopedie van de sterrenkunde.](#)

## 1.5 Opgaven

### Opdrachten paragraaf 1.1

Maak de volgende opdrachten in je schrift of in je Word document.



#### Webopgave 46

Waarom noemen we de beweging van de zon 'schijnbaar'?

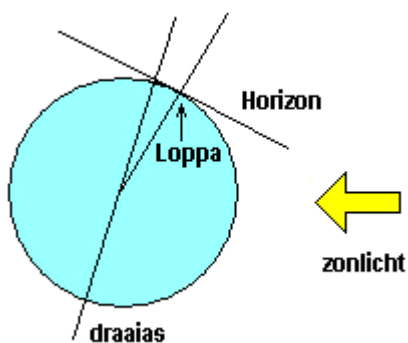


#### Webopgave 47

In onderstaande figuur zie je dat de zon op 21 juni in de stad Loppa niet ondergaat.



In de figuur hieronder zie je een schets van de aarde op die dag met daarop de positie van Loppa.



1. Leg met behulp van de figuur hierboven uit dat de zon op 21 juni in Loppa niet ondergaat.
2. Maak een schets van de aarde met daarop de positie van Loppa een half jaar later. Dus: op 21 december. *Aanwijzing - Bedenk bij het maken van de schets dat de stand van de draaias van de aarde in de loop van een jaar niet verandert.*
3. Is de zon vanuit Loppa op 21 december te zien? Leg uit waarom wel of niet.



#### Webopgave 48

Afstanden in het heelal worden vaak in lichtjaren gemeten. Voor afstanden binnen het zonnestelsel rekenen we in lichtminuten of zelfs lichtseconden.

1. Laat met een berekening zien dat het licht van de zon er ongeveer 8 minuten over doet om de aarde te bereiken.  
Gebruik Binas voor de benodigde gegevens.
2. De afstand zon-aarde is dus 8 lichtminuut. Bereken op dezelfde manier de afstanden aarde-maan, zon-Jupiter en zon-Pluto. Kies daarbij de eenheid die het meest toepasselijk is: lichtseconde, lichtminuut, lichtuur, lichtdag of lichtjaar.



#### Webopgave 49

Wat verstaan we onder de eigenbeweging van sterren?

#### Maanfasen



Hier zie je de maanfasen in een tekening en in een filmpje.



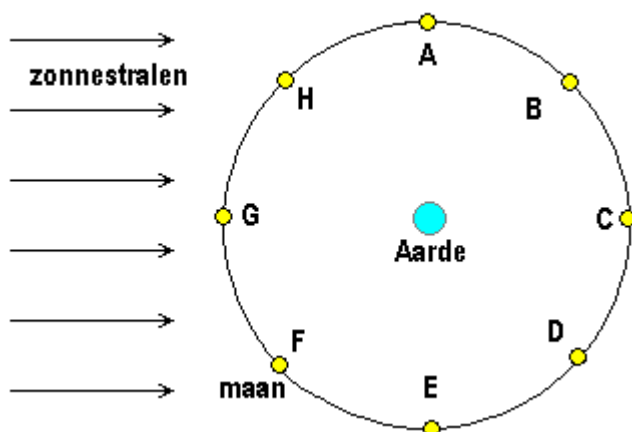
[//www.youtube.com/embed/tjBL8VIO8ml](https://www.youtube.com/embed/tjBL8VIO8ml)

Bron: [http://www.youtube.com/watch?v=tjBL8VIO8ml](https://www.youtube.com/watch?v=tjBL8VIO8ml)



### Webopgave 50

1. Hoeveel dagen zitten er tussen twee opvolgende fasen?
2. Waarom trilt het beeld in het filmpje zo? (tip: hoe lang duurde de opname?)



Hier zie je schematisch de baan van de maan rond de aarde met de richting waaruit het zonlicht komt. De tekening is ongeveer op schaal.

Je kunt bij deze opgave eventueel gebruik maken van deze [animatie](#).



### Webopgave 51

1. Teken elk van de maanfasen bij de letters A tot en met H.
2. Als de maan in positie C staat, lijkt de maan in de schaduw van de aarde te liggen. Toch kun je de maan dan zien. Leg uit hoe dat komt.

### Opdrachten paragraaf 1.2



## Webopgave 52 Zonsverduistering



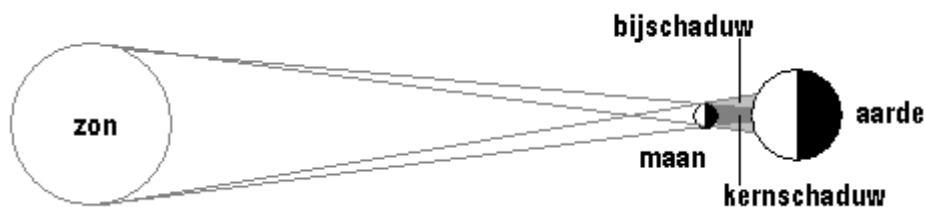
Bekijk eerst een videofragment van een volledige zonsverduistering.



[//www.youtube.com/embed/xxvA51LBxTg](https://www.youtube.com/embed/xxvA51LBxTg)

Bron: <http://www.youtube.com/watch?v=xxvA51LBxTg>

Soms wordt de zon of de maan verduisterd, terwijl ze eigenlijk normaal had moeten schijnen. Een zonsverduistering ontstaat als de zon, de maan en de aarde op één lijn staan, zoals onderstaande figuur.



In de figuur zijn twee gebieden aangegeven: de kernschaduw en de bijschaduw.

a. Vanuit welk van deze twee gebieden op aarde is de zon helemaal niet te zien? En hoe zie je de zon vanuit het andere gebied?



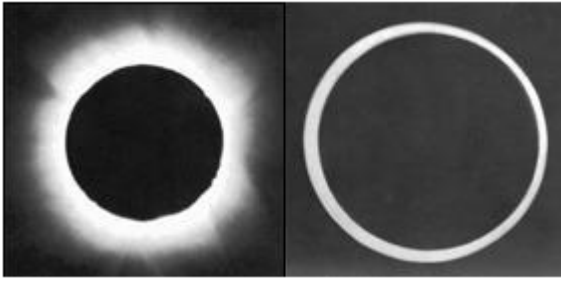
Bekijk een videofragment van een zogenaamde ringvormige zonsverduistering.



[//www.youtube.com/embed/Qhfkddd1ESg](https://www.youtube.com/embed/Qhfkddd1ESg)

Bron: <http://www.youtube.com/watch?v=Qhfkddd1ESg>

In onderstaande figuur zie je twee zonsverduisteringen: een volledige en een ringvormige zonsverduistering.



b. Betekent dit dat de zon en de maan (ongeveer) even groot zijn? Leg uit waarom wel of niet.

c. Hoe kan het dat bij de ene zonsverduistering nog een ring van de zon te zien is en dat bij de andere zonsverduistering de hele zon bedekt wordt?

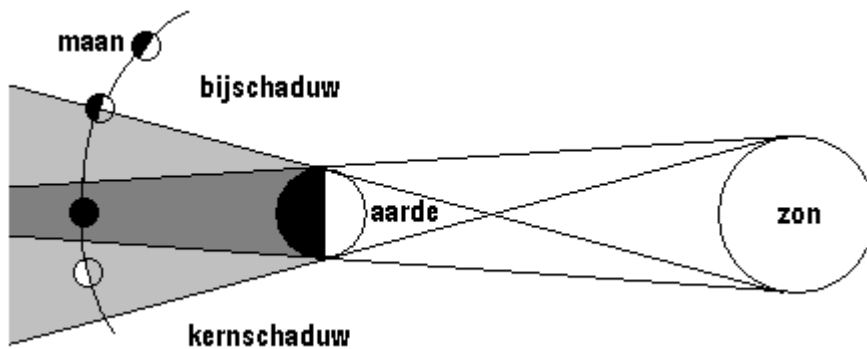


### Webopgave 53 - Maansverduistering



*Maansverduistering*

In de figuur hieronder zie je de positie van de zon, de maan en de aarde bij een maansverduistering.



Bij een maansverduistering beweegt de maan door de kernschaduw van de aarde.

1. Leg met behulp van de figuur uit dat een maansverduistering voor een groot deel van de wereldbevolking te zien is.

De maan draait in een maand rond de aarde. Dan zou je verwachten dat er elke maand een maansverduistering te zien is.

2. Leg uit waardoor dat niet het geval is.



### Webopgave 54 - Vliegtuig voor ondergaande zon

In de foto hieronder kruist een DC10 de ondergaande zon. De lengte van het vliegtuig bedraagt

ongeveer 55 m.



Hoe ver (ongeveer) is het vliegtuig van je weg?

*Aanwijzing - Gebruik de middellijn van de zon en de afstand zon-aarde (zie Binas).*

### Opdrachten paragraaf 1.3 en 1.4



#### Webopgave 55



Bekijk onderstaand videofragment dat gaat over radarwaarnemingen door de ruimtesonde Magellan.

b. Leg uit hoe de ruimtesonde Magellan het reliëf van Venus in kaart heeft gebracht (dus: hoogteverschillen op het oppervlak van Venus heeft gemeten).



[Klik hier voor film.](#)



#### Webopgave 56 - Kraters

Leg uit waardoor er op aarde zo weinig inslagkraters te zien zijn in vergelijking met de andere planeten in het zonnestelsel. Gebruik zo nodig internet: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Inslagkrater>



#### Webopgave 57 - Planeten

De planeten van ons zonnestelsel zijn in twee groepen te verdelen: de aardachtige planeten en de reuzenplaneten.

1. Welke planeten zijn de aardachtige planeten? Waarom noemen we ze zo?
2. Welke planeten zijn de reuzenplaneten? Waarom noemen we ze zo?
3. Wat zijn de belangrijkste verschillen tussen deze twee groepen planeten?

4. Vergelijk je antwoorden op deze drie vragen met je antwoorden bij oriëntatieopdracht 6.

## Practicum en Groepsopgaven

### Practicum



#### Webopgave 58 - Een radark kaart maken

De planeet Venus is door een aantal ruimtesondes bezocht. De laatste was de ruimtesonde Magellan, die van 1990 tot 1994 in een baan rond Venus draaide en meer dan 98 % van het oppervlak van Venus in kaart heeft gebracht. Dat deed hij door in een vast patroon van meetpunten de afstand tussen de sonde zelf en het Venusoppervlak te meten met behulp van radargolven.

In dit experiment gaan we de opnametechniek van de ruimtesonde nabootsen. Niet met radar, maar met ijzerdraadjes.

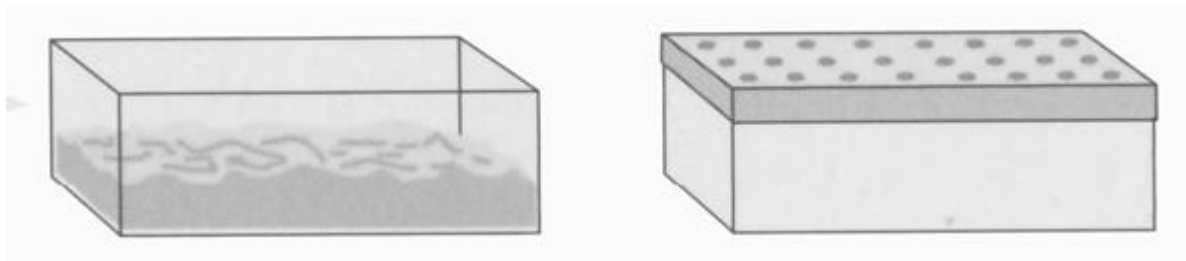
Doel van het experiment: ervaring opdoen met het in kaart brengen van een golvend landschap dat niet zichtbaar is.

Benodigdheden:

een schoenendoos, boetseerlei, millimeterpapier en een stukje ijzerdraad.

Uitvoering

- Maak met de boetseerlei een mooi golvend landschap in de schoenendoos en plak de doos dicht met millimeterpapier.
- Prik op een aantal plaatsen het ijzerdraad door het millimeterpapier en meet hoe diep het landschap onder het millimeterpapier ligt.
- Noteer je meetresultaten zo overzichtelijk mogelijk: steeds de plaats op het millimeterpapier en de diepte van het kleioppervlak.



Uitwerking

- Noteer de gemeten diepte per prikpunt op een nieuw blad millimeterpapier, steeds op dezelfde plaats als waar je geprikt hebt.
- Teken een aantal hoogtelijnen.
- Komt jouw resultaat overeen met de werkelijkheid?
- Waar zitten afwijkingen?

### Groepsopdrachten



#### Webopgave 59 - Kalenders

Ga naar de [kalendersite](#). Kies een kalender en geef antwoord op de volgende vragen.

1. Op de bewegingen van welke hemellichamen is jouw kalender gebaseerd?
2. Hoe bepalen de kalendermakers op welke datum bepaalde feesten (zoals Ramadan, Pasen,

Loofhuttenfeest) vallen?



### Webopgave 60 - Hemelobjecten

Maak een 'portret' van een object uit het zonnestelsel. Daarbij kun je denken aan de zon, één van de planeten, de maan of manen van een planeet, de ringen van een planeet, de planetoïdengordel, een komeet, meteoroiden enzovoort.

Zo'n portret bestaat uit ongeveer vijf foto's met bij elke foto een bijschrift. De bijschriften moeten duidelijk aangeven wat er op de foto te zien is en wat daaraan bijzonder is.

Gebruik bij deze opdracht bijvoorbeeld de [website van Astronomical Picture of the Day](http://hubblesite.org/gallery/) of de volgende sites waar je goed kunt zoeken:

<http://hubblesite.org/gallery/> en <http://chandra.harvard.edu/photo/category.html>



Oefentoets hoofdstuk 1: Zonnestelsel

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/1032307>

#### Algemene Informatie

**Titel** Oefentoets hoofdstuk 1: Zonnestelsel  
**Aantal Vragen** 11

MAIN\_SECTION

Wat is een meteoriet?

- ☐ een "vallende ster".
- ☐ een natuurlijke satelliet van de aarde.
- ☐ een rotsblok met ijs erin, die een baan rond de zon beschrijft.
- ☐ een stuk steen, die licht weerkaatst van de zon tussen Mars en Jupiter.

#### Zonsverduistering



Een zonsverduistering kan alleen optreden bij:

- ☐ nieuwe maandag
- ☐ volle maan
- ☐ eerste kwartier
- ☐ nieuwe maan



---

### Fasen/schijngestalten

Welke planeten vertonen schijngestalten?

- ☐ Venus en de aarde
- ☐ Mercurius en Mars
- ☐ Venus en Mercurius
- ☐ Mars en de aarde

---

Waarom zijn er op de maan veel kraters en op de aarde zo weinig?

- ☐ dat komt door erosie van het aardoppervlak.
- ☐ op aarde vielen veel meteorieten in de zee en dan heb je geen inslagkrater.

- ☐ de maan heeft geen atmosfeer.
  - ☐ de maan heeft door zijn rotatie om de aarde veel meer kans op meteorieteninslag.
- 

Welke van de onderstaande eigenschappen horen bij de **buitenplaneten**? Let op: er zijn meer antwoorden goed.

- ☐ gasplaneten
  - ☐ vaste steenachtige planeten
  - ☐ groot en zwaar
  - ☐ klein en licht
  - ☐ grote omlooptijd om de zon
  - ☐ allemaal meer dan 2 manen
  - ☐ allemaal meer dan 6 manen
  - ☐ staan ver weg van de zon
  - ☐ staan dicht bij de zon
-

Geef de juiste benaming bij de gegeven termen.

<input type="checkbox"/> Maan van Uranus	<b>a</b> Triton
<input type="checkbox"/> De verplaatsing van een ster ten opzichte van de achtergrond sterrenhemel	<b>b</b> Jupiter
<input type="checkbox"/> Maan van Saturnus	<b>c</b> Jaar
<input type="checkbox"/> Overblijfsel van een inslag van een meteoriet	<b>d</b> Eigenbeweging
<input type="checkbox"/> Planeet	<b>e</b> Maan
<input type="checkbox"/> Wervelstorm op Jupiter	<b>f</b> Titan
<input type="checkbox"/> Stuk steen met ijs in een baan rond de zon	<b>g</b> Miranda
<input type="checkbox"/> Rotsachtig hemellichaam, draait om een planeet	<b>h</b> Komeet
<input type="checkbox"/> Een omwenteling van de aarde rond de zon	<b>i</b> Rode vlek
<input type="checkbox"/> Maan van Neptunus	<b>j</b> Krater

---

Bereken de afstand tussen de volgende planeet en de zon in AE (Astronomische Eenheid).

1 AE is  $1,49 \cdot 10^{11}$  m.

N.B. Geef je antwoord in **1 decimaal** (dus bijv. 1,3)

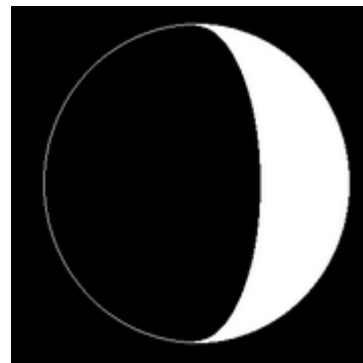
De afstand van Uranus tot de zon is  $2.875 \cdot 10^{12}$  m.

(geef in het eerste blok het getal VOOR de komma en in het tweede blok het getal NA de komma)

- De afstand van Uranus tot de zon is  AE
- 

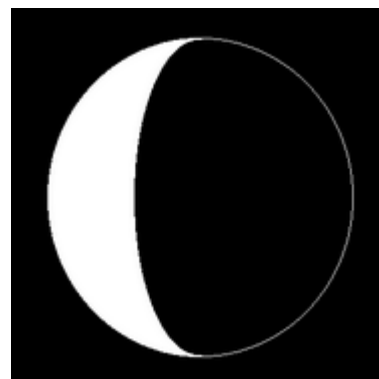
Hoe heet de fase van de maan die je in het plaatje ziet?

- ☐ Volle maan
  - ☐ Nieuwe maan
  - ☐ Wassende maan
  - ☐ Afnemende maan
- 



Bekijk het volgende plaatje. Geef aan wanneer je deze stand van de maan kunt waarnemen.

- ☐ In de avondscheming.
  - ☐ Rond middernacht.
  - ☐ Deze fase kun je niet zien, want deze fase is overdag aan de hemel.
  - ☐ In de ochtendscheming.
- 



Bekijk het plaatje.

Let uit waarom je 'sterrensporen' ziet in deze opname.



- ☐ Dat komt doordat de aarde om haar as draait en de sterren 'stil' staan.
  - ☐ Dat komt omdat de sterren draaien en jij stil staat.
  - ☐ Dat komt omdat de aarde en de sterren allebei draaien, maar in tegengestelde richting.
  - ☐ Dat komt doordat de aarde om de zon draait en de sterren niet.
- 

Leg uit waarom je in het plaatje de Poolster niet als een sterrenspoor ziet.



- ☐ De Poolster is de enige ster die niet beweegt.
  - ☐ De Poolster staat in het verlengde van de evenaar en lijkt daarom stil te staan.
  - ☐ De Poolster staat in het verlengde van de draaias van de aarde en blijft daarom t.o.v. de aarde op haar plaats.
  - ☐ De Poolster is de enige ster die recht van ons af beweegt. Daarom zie je die beweging niet vanaf de aarde.
-

# H2 Zes reuzen in 2000 jaar



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/1/19d93c2db2ead922ba21b12aa6ffc4d8.docx>

**Hoe is ons huidige beeld van het zonnestelsel tot stand gekomen?**



De zes reuzen die het huidige beeld van het zonnestelsel hebben ontwikkeld zijn: Aristarchos van Samos, Claudius Ptolemaeus, Nicolas Copernicus, Tycho Brahe, Johannes Kepler en Galileo Galilei.



## Webopgave 61

Welk van deze astronomen is de 'jongste'? <http://nl.wikipedia.org/wiki/Astronomen>



## Webopgave 62

Van geocentrisch naar heliocentrisch wereldbeeld

In de figuur hierboven is het geocentrisch wereldbeeld weergegeven. In dat wereldbeeld staat de aarde in het centrum. Buiten de aarde draaien de hemellichamen die vastzitten aan kristallen schillen. De maan draait het dichtst om de aarde heen, daarna volgen Mercurius, Venus, de zon, Mars, Jupiter en Saturnus. Deze hemellichamen zijn perfect rond en glad en

bewegen in perfecte cirkels. De buitenrand wordt gevormd door een schil waarin zich de sterren bevinden. Dit geocentrisch wereldbeeld heeft eeuwenlang stand gehouden. Nicolaus Copernicus was de eerste die het geocentrische wereldbeeld ter discussie stelde en met een alternatief kwam: het heliocentrisch wereldbeeld, met de zon in het centrum en de planeten - waaronder de aarde - die daarom heen bewegen.

1. Wat zijn de sterke en de zwakke punten van het geocentrisch wereldbeeld?
2. Wat zijn de sterke en de zwakke punten van het heliocentrisch wereldbeeld?

## 2.1 Sterrenkunde in het oude Griekenland

### Samenvatting

Het geocentrisch wereldbeeld gaat uit van een stelsel met de aarde als middelpunt voor de beschrijving van hemelverschijnselen. Het heliocentrisch wereldbeeld gaat uit van een zonnestelsel met de zon in het middelpunt.

### Hoe keken de Grieken uit de Oudheid tegen de hemel aan?



Rond 400 tot 200 jaar voor Christus kwamen in Griekenland de wetenschappen tot ontwikkeling. De meeste sterrenkundigen hielden zich toen bezig met het precies waarnemen van de positie van hemellichamen. Men vermoedde toen al dat de aarde een bol was.

Bekijk de onderstaande animatie waarin de Griekse geleerde Erathostenes de omtrek van de aarde meet met behulp van schaduw. Klik met je rechtermuisknop op de afbeelding en kies voor de optie play of klik op de pijlen bovenin de afbeelding.



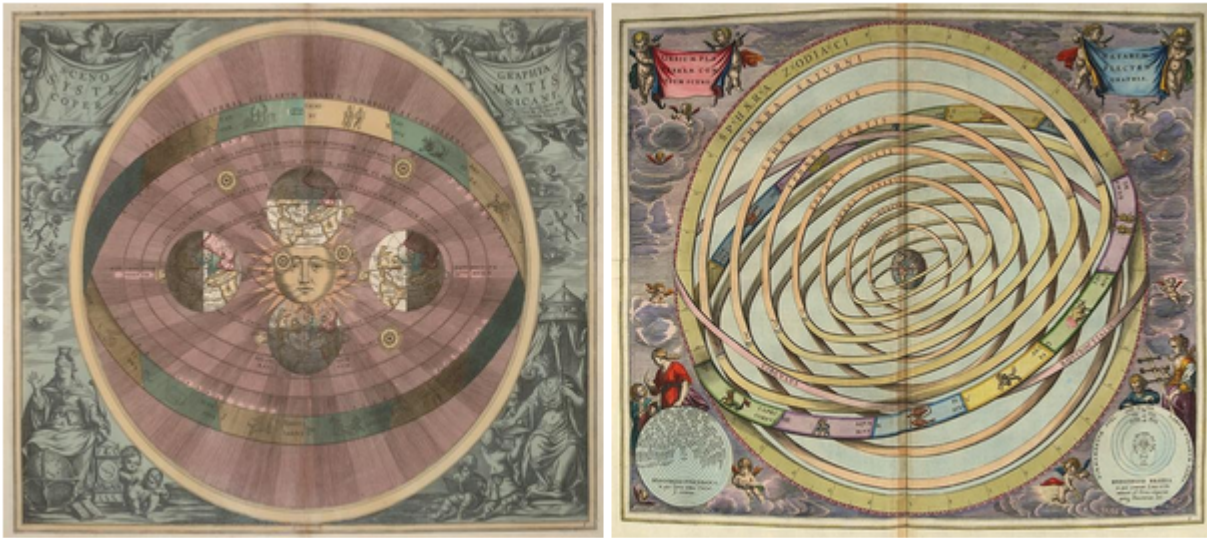
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/442cd605a3f4b2be90833a0c073ffde9.swf>

In die tijd was de gangbare gedachte, dat de zon om de aarde draaide. Met andere woorden, de aarde staat in het midden en de andere planeten en de zon draaien om de aarde heen. Dit noemen we het **geocentrische** model. Toch was er zelfs in die tijd al iemand die het bij het juiste eind had. Aristarchos van Samos had als zienswijze dat de wereld bestaat uit een stelsel waarbij de aarde rond de zon draait. Dit wordt het **heliocentrische** model genoemd. Helios is Grieks voor zon.



### Webopgave 63

Welke van de onderstaande plaatjes staat voor een heliocentrisch model en welk plaatje hoort bij een geocentrisch model? (bron: wikipedia)



Wat is het goede antwoord?

- ☐ A. Het rechterplaatje hoort bij het heliocentrische model en het linkerplaatje hoort bij het geocentrische model.
- ☐ B. Alleen het linkerplaatje hoort bij het heliocentrische model en het rechterplaatje is middeleeuwse kunst.
- ☐ C. Het linkerplaatje hoort bij het heliocentrische model en het rechterplaatje hoort bij het geocentrische model.

---

Hoewel het heliocentrische model het juiste is hadden de oude grieken toch een aantal (schijnbare) aanwijzingen voor het geocentrische model.



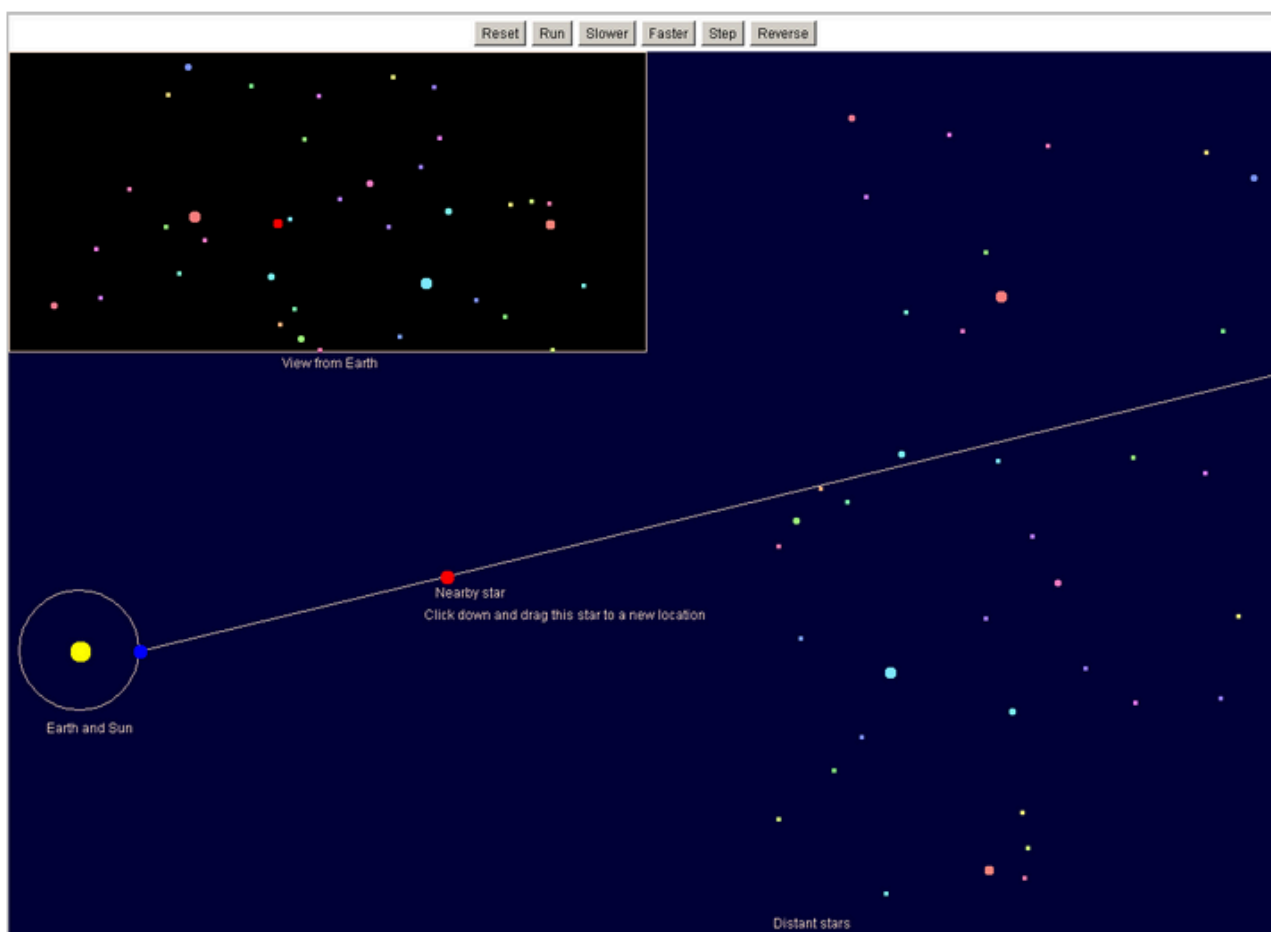
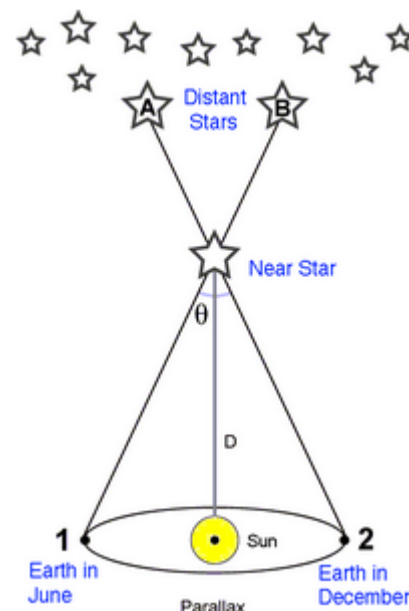


## Webopgave 64

Welke waren dat? Sterparallax

Deze schijnbare beweging van de sterren wordt de sterparallax genoemd.

De volgende applet maakt het duidelijker: klik op onderstaande afbeelding om de applet te openen en kies voor 'run' om het ontstaan van de parallax te zien.



Als we met een telescoop naar een ster kijken en dat een half jaar later weer doen, dan lijkt de ster een heel klein beetje verschoven, dit verschijnsel wordt parallax genoemd.



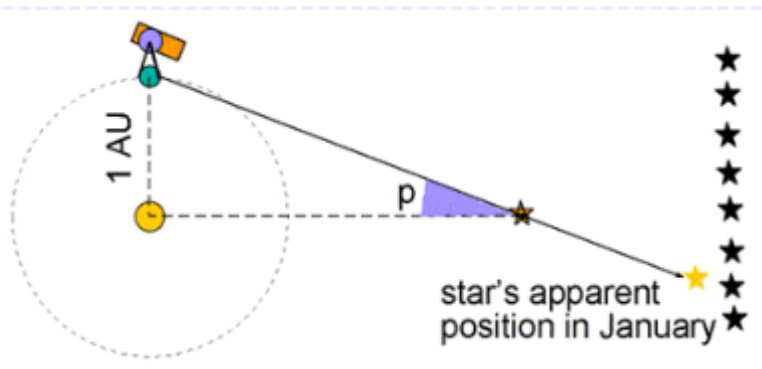
## Webopgave 65

Afstand berekenen met parallax

Zie onderstaande schets. De hoek  $p$  bij de ster, Thijstar, is 0,12 graad.

1 AU is een astronomische eenheid ofwel de afstand van de aarde tot de zon. Zie BINAS.

1. Hoe groot is het grondvlak van deze driehoek (1 AU=) in km?
2. Bereken hiermee de afstand tot de ster Thijstar.



## 2.1 Ptolemaeus



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.



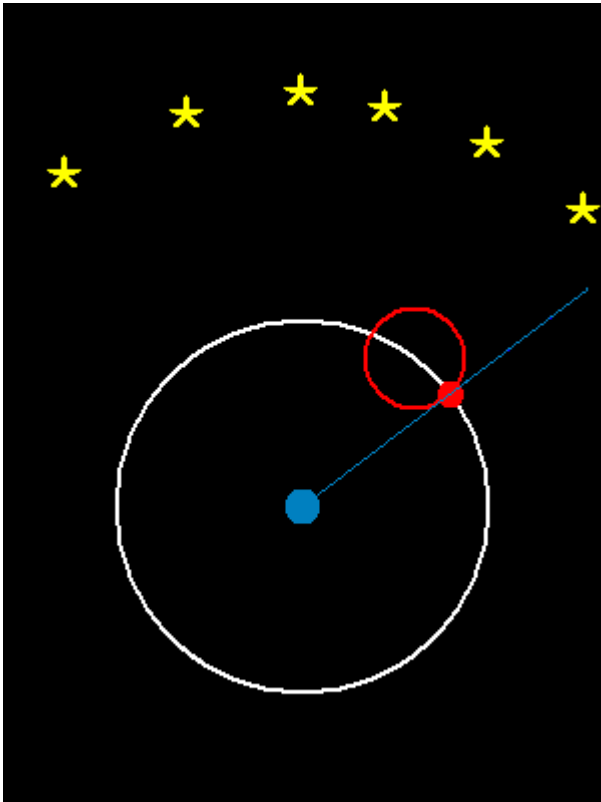
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/5/57e19e6cb072728692e874359486e8ff.docx>

Een sterke voorstander van het geocentrische wereldbeeld is de astronoom Ptolemaeus. Deze astronoom ging uit van de perfecte beweging volgens de filosoof Plato; de cirkelbeweging.



Ptolemaeus (bron: wikipedia)

Om deze lusbeweging en de variërende afstand van de hemellichamen te verklaren bedacht Ptolemaeus de epicykels. Dat zijn cirkels op cirkels, de planeten zouden naast hun cirkelbeweging om de aarde ook nog een tweede cirkelbeweging uitvoeren.



In het bovenstaande plaatje zie je epicykels bewegen. Het blauwe bolletje is de aarde en het rode bolletje is Mars. Snap je dat Mars een lusbeweging aan de hemel maakt?

Het stelsel van Ptolemaeus kon de hemelverschijnselen redelijk goed verklaren, beschrijven en voorspellen. Toch kwamen er in de loop van de tijd meer en meer problemen met dit stelsel. Toch hield men aan dit stelsel vast vanwege bijbelse gronden. Kritiek op het geocentrische wereldbeeld stond gelijk aan kritiek op de bijbel.

### Verklaring van de lusbeweging van Mars

In de onderstaande animatie zie je hoe de lusbeweging van Mars verklaart wordt in het heliocentrische model.



**Webopgave 66** Lusbeweging Mars



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/80b99f72d58f5635173d1ae4b6b631fd.swf>

Vul de ontbrekende woorden/afstanden in, in de tekst hieronder.

- Omdeveranderendeafstandvanplanetenende  vanMarsteverklarenheeftPtolemaeusde  ingevoerd.
- Ptolemaeuswaseenvoorstandervanhet  wereldbeeld.
- Deverklaringvandelusbewegingvolgendedebovenstaandeanimatie,isdatte

## 2.2 Naar een heliocentristisch wereldbeeld

### Samenvatting

De wetenschappelijke revolutie betekent een omwenteling in het denken over de natuur om ons heen. Ideeën worden niet meer aanvaard op grond van het geloof in een autoriteit (de kerk), maar worden pas geaccepteerd na het uitvoerig beproeven van deze ideeën door waarnemingen en experimenten. Een voorbeeld is de worsteling van Johannes Kepler om het heliocentrische wereldbeeld in overeenstemming te brengen met de waarnemingen van Tycho Brahe. In deze wetenschappelijke revolutie speelde ook de techniek een belangrijke rol. Voorbeelden zijn de instrumenten waarmee Tycho Brahe de posities van sterren en planeten nauwkeurig kon bepalen, en de sterrenkijker waarmee Galileo Galilei nieuwe verschijnselen zoals de manen van Jupiter kon waarnemen.



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.

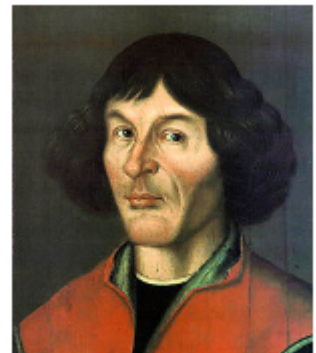


<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/c/c246f90726d76de8764878be99072591.docx>

### Hoe kwam er verandering in het geocentrische wereldbeeld?

#### Het wereldbeeld van Copernicus.

In 1543 verschijnt het boek: *Revolutionibus Orbium Coelestium* van Copernicus, hierin stelt hij dat de zon in het midden van het heelal staat en dat de planeten om de zon draaien. Een heliocentrisch model dus.



Copernicus (bron: wikipedia)

#### De waarnemingen van Tycho Brahe

Tycho Brahe was een astronoom die in zijn leven zeer veel waarnemingen heeft gedaan. Hij stelde een sterrencatalogus op, die beter was dan alle voorgaande. Ook bepaalde hij zeer precies de positie van de toen bekende planeten.



Tycho Brahe (bron: wikipedia)

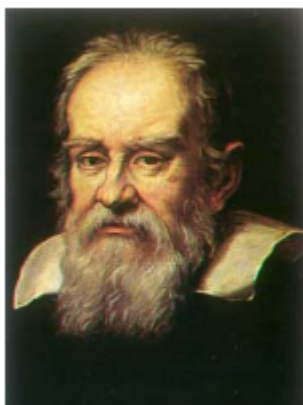
## De wetten van Kepler

Johannes Kepler was een assistent van Tycho Brahe. Met behulp van de waarnemingen van Brahe kwam achter zijn beroemde 3 wetten.

Zo kwam hij er achter dat de planeten ellipsen beschrijven en niet bewegen in cirkelbanen.



Kepler (bron:wikipedia)



Galileo (bron:wikipedia)

### Galilei en de manen van Jupiter

Galilei was een van de eersten die een sterrenkijker bouwde, waarmee hij naar Jupiter keek. Daar ontdekte de 4 grootste manen van Jupiter. Hij concludeerde hieruit dat als Jupiter zelfs manen had, dat het geocentrisch model fout moest zijn en dat het model, wat Copernicus voorstelde, dus juist was. Dit leidde tot heftige weerstand van de aanhangers van de theorie van Ptolemaeus. Uiteindelijk is Galilei veroordeeld tot levenslange gevangenisstraf.



Webopgave 67



Geocentrisch en Heliocentrisch

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/992541>

### Algemene Informatie

**Titel** Geocentrisch en Heliocentrisch  
**Aantal Vragen** 3

Vul het goede antwoord in.

MAIN\_SECTION

Welke uitspraak is waar in een geocentrisch model?

- ☐ De planeten bewegen in ellipsvormige banen.
- ☐ De sterren bewegen aan de hemel
- ☐ De aarde staat stil in het heelal.

In een heliocentrisch model draait de aarde eenmaal per dag om haar as in oostelijke richting. Zo kun je de volgende verschijnsel verklaren:

- ☐ de lusbeweging van de planeten,
  - ☐ de beweging van de maan
  - ☐ de westwaarts beweging van de gehele hemel ten opzichte van de horizon,
  - ☐ de geobserveerde oostwaartse beweging van de gehele hemel ten opzichte van de horizon.
- 

De lusbeweging van mars, die aan de hemel werd waargenomen:

- ☐ is alleen te verklaren met het geocentrische model.
  - ☐ is alleen te verklaren met het heliocentrische model.
  - ☐ is te verklaren met zowel het geo- als heliocentrische model.
- 



#### **Webopgave 68 - Keuzeopdracht**

Achtergrondinformatie over de genoemde wetenschappers en hun modellen. Deze links verwijzen je naar een aantal bladzijden van Wikipedia . Lees deze eerst aandachtig door voordat je de opdracht maakt.

[Heliocentrisch model](#)

[Geocentrisch model](#)

[Claudius Ptolemaeus](#)

[Tycho Brahe](#)

[Johannes Kepler](#)

[Galileo Galilei](#)

Opdracht:

1. geef 4 argumenten voor het heliocentrische model
2. Geef 3 argumenten van de kerk tegen het heliocentrische model
3. Welke sferen kennen we in het geocentrische model?
4. Maak een CV van een van de bovengenoemde wetenschappers.  
Daarin staat: geboorte- en sterfdatum, land, beroep, belangrijke ontdekkingen, belangrijke publicaties.



### Webopgave 69

Documentaire over ontwikkeling astronomie



Bekijk de hier onderstaande filmpjes (in het engels). Deze filmpjes vatten heel hoofdstuk 2 samen. Maak daarna de opdracht.



[//www.youtube.com/embed/2sgULSPowjU](https://www.youtube.com/embed/2sgULSPowjU)



[//www.youtube.com/embed/4Mn38PXSVIQ](https://www.youtube.com/embed/4Mn38PXSVIQ)

Opdracht:

1. Geef met behulp van de video's weer hoe precies de kennis van het heelal ontstond.
2. Wat/hoe was de verhouding tussen Brahe en Kepler? Waren ze vrienden?  
Licht toe.
3. Welke gangbare ideeën over de bewegingen van planeten bleken niet waar te zijn naar aanleiding van de waarnemingen van Kepler?

## 2.3 Opgaven

### 2.3 - Opdrachten paragraaf 2.1

Maak de volgende opgaven in je schrift of in je Word document.

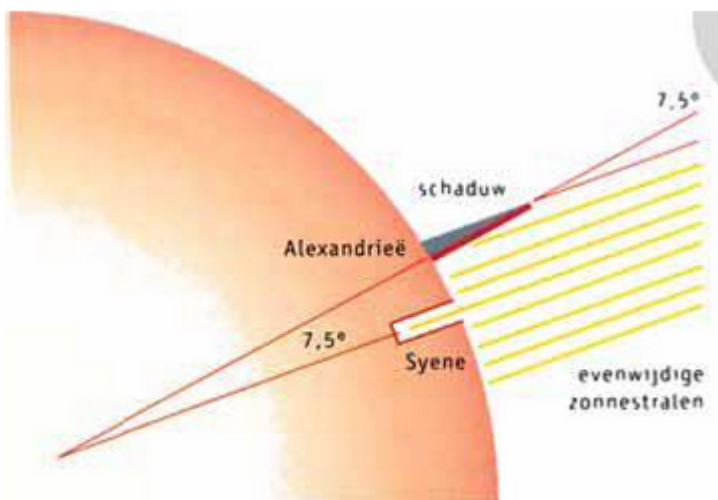


### Webopgave 70 - De omtrek van de aarde

De Griekse wetenschapper Erathostenes uit Cyrene bepaalde de omtrek van de aarde. Hij deed daarvoor de volgende aannames: de aarde heeft een bolvorm, en de zon is zo ver weg dat alle stralen evenwijdig op de aarde vallen. In deze opgave volgen we zijn redenering.

In Syene (nu Aswan in Egypte) staat de zon op 21 juni op zijn hoogste punt recht boven je hoofd, zodat de lichtstralen loodrecht invallen (zie figuur). Er is in Syene dan geen schaduw. Tegelijkertijd is in Alexandrië dan wel een schaduw te zien. Syene en Alexandrië liggen op dezelfde lengtegraad (noordzuid lijn).

1. De lichtstralen van de zon vallen bij Alexandrië in onder een hoek van  $7,2^\circ$ . Laat zien dat deze hoek  $1/50$  deel van een cirkel is.
2. Hoeveel keer de afstand Alexandrië-Syene is dan de omtrek van de aarde?
3. De afstand Alexandrië-Syene schatte Erathostenes aan de hand van de reistijd van kamelen op 800 km.
4. Hoe groot is dan volgens Erathostenes de omtrek van de aarde?
5. Vergelijk de waarde volgens Erathostenes met de nu bekende omtrek van de aarde.



(bron: Malmberg)



### Webopgave 71 - De bolvorm van de aarde

Doordat mensen de kromming van de aarde niet zomaar kunnen zien, werd lange tijd gedacht dat de aarde plat was. In de loop van de eeuwen vond men steeds meer argumenten voor het feit, dat de aarde een bol is. Hieronder staan vijf van die argumenten.

Bespreek elk argument afzonderlijk en geef aan of dit inderdaad aantoont dat de aarde niet plat is.

1. Een zeilschip dat uit de haven vertrekt, zakt langzaam onder de horizon. Eerst is het schip niet meer zichtbaar en de mast verdwijnt als laatste. Dat is niet zo als de aarde plat is.
2. In sommige landen is het dag, terwijl het op hetzelfde tijdstip in andere
3. landen nacht is. Als de aarde plat was, dan was het in alle landen tegelijkertijd dag (of nacht).
4. Soms verdwijnt de maan in de schaduw van de aarde. Tijdens de maansverduistering zien we dat de schaduw van de aarde op de maanschijf gekromd is. Dus moet de aarde een bol zijn.
5. Ontdekkingsreizigers ontdekten dat ze rond de aarde konden varen zonder de randen te zien.
6. Foto's gemaakt vanuit de ruimte laten zien dat de aarde een bol is.





### Webopgave 72 - De dagelijkse beweging van de zon

Zowel het geocentrisch als het heliocentrisch wereldbeeld geven een verklaring voor de dagelijkse beweging van de zon. Welke verklaringen zijn dat?



### Webopgave 73 - Heliocentrisch beeld

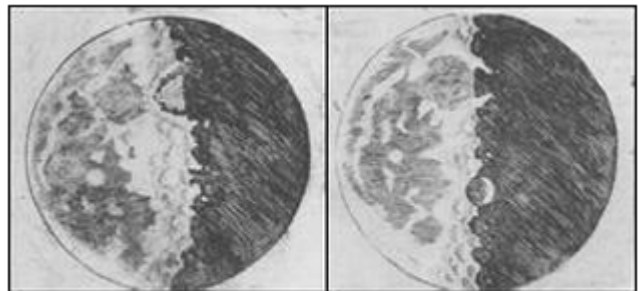
Hieronder staan drie argumenten tegen een aarde die in een heliocentrisch wereldbeeld rond de zon beweegt en om zijn as draait. Weerleg elk van deze argumenten.

1. Je voelt dat de aarde vast staat en niet door de ruimte gaat of om zijn as draait.
2. Als de aarde in een dag om zijn as draait, dan wil dat zeggen dat het oppervlak met hoge snelheid ronddraait. Waardoor voelen we dan geen sterke wind?
3. Als we een voorwerp recht omhoog gooien, dan komt het weer in je hand terug. Maar als je met grote snelheid ronddraait, dan zou het een stuk achter ons landen, want we zijn een stuk verder gegaan toen dat voorwerp in de lucht was.

## 2.3 - Opdrachten paragraaf 2.2



### Webopgave 74 - Kraters op de maan



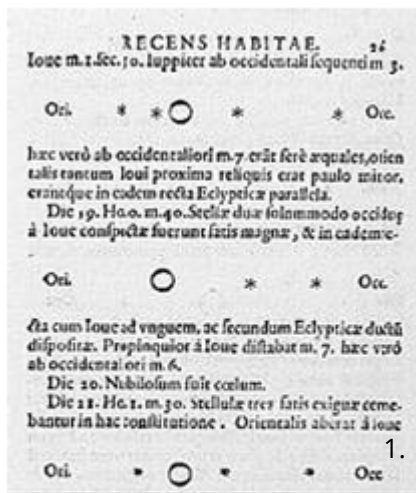
Tekeningen van de maan door Galilei.  
(bron: Malmberg)

Een van de eerste waarnemingen die Galilei met zijn telescoop deed waren de kraters op de maan. De tekeningen in onderstaande figuur zijn door Galilei gemaakt. Hij heeft de schaduwgebieden op de rand van licht en donker wat vergroot getekend.

1. Leg uit hoe je uit deze schaduwen kunt afleiden dat er kraters op de maan zijn.
2. Waarom was de ontdekking van de kraters op de maan in strijd met het geocentrisch wereldbeeld?



### Webopgave 75 - De manen van Jupiter



De waarnemingen van Galilei aan de lichtpuntjes bij Jupiter (bron: Malmberg)

Toen Galilei zijn telescoop op Jupiter richtte, ontdekte hij vier heel kleine lichtpuntjes. Hij besloot deze lichtpuntjes een aantal weken te observeren. In zijn logboek schreef hij onder andere de volgende waarnemingen:

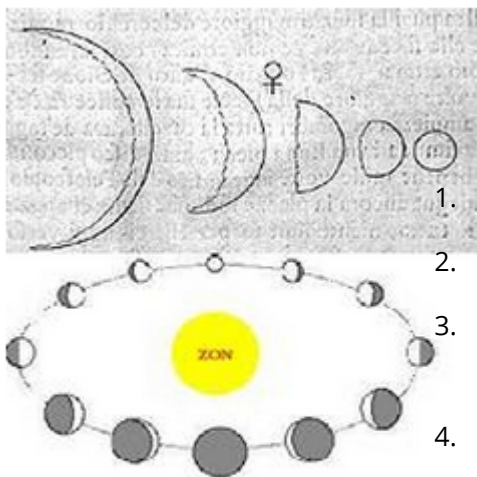
De lichtpuntjes verplaatsen zich en komen na een bepaalde periode weer op dezelfde plaats terug en dat patroon herhaalt zich. [...] Soms zie ik vier lichtpuntjes, het andere moment maar twee of drie. Heel vreemd... [...] De lichtpuntjes lijken zich allemaal op één horizontale lijn te bewegen.

Wat waren dat voor lichtpuntjes die zich rond de planeet Jupiter bevonden?

1. Waardoor zag Galilei de ene keer vier lichtpuntjes en het andere moment maar twee of drie?
2. Waardoor liggen de lichtpuntjes steeds op één lijn?
3. Waarom was deze ontdekking in strijd met het geocentrisch wereldbeeld?



#### Webopgave 76 - De schijngestalten van Venus



Bij het bekijken van Venus merkte Galilei op dat deze planeet net als de maan schijngestalten had. Merkwaardig was vooral dat de grootte van Venus steeds veranderde (zie figuur 60). Naarmate de schijngestalte 'voller' is, wordt Venus kleiner. Galilei kan die waarnemingen maar op één manier verklaren (zie figuur).

1. Leg aan de hand van figuur uit waardoor het sikkeltje van Venus veel groter is dan de 'volle' Venus.
2. Kun je nu ook beredeneren of Venus dicht bij de zon staat dan de aarde, of juist verder weg? Zo ja: hoe?
3. Waarom was deze ontdekking in strijd met het geocentrisch wereldbeeld?



4. De schijngestalten en veranderende grootte van Venus worden ook uitgelegd in deze animatie: [fasen van Venus](#)

Waarnemingen van Galilei aan Venus (boven) en zijn verklaringen van de schijngestalten van deze planeet (onder) (bron: Malmberg)



#### Webopgave 77 - Vlekken op de zon

Galilei deed ook waarnemingen aan de zon. Hij keek natuurlijk niet door een telescoop rechtstreeks naar de zon, maar hij gebruikte de telescoop om een projectie van de zon op een stuk papier te maken. Op die manier zag hij donkere vlekken, maar hij wist niet zeker of de vlekken op de zon zaten of dat het donkere voorwerpen of bijvoorbeeld wolken waren die tussen de aarde en de zon bewogen.

Bekijk onderstaand videofragment.

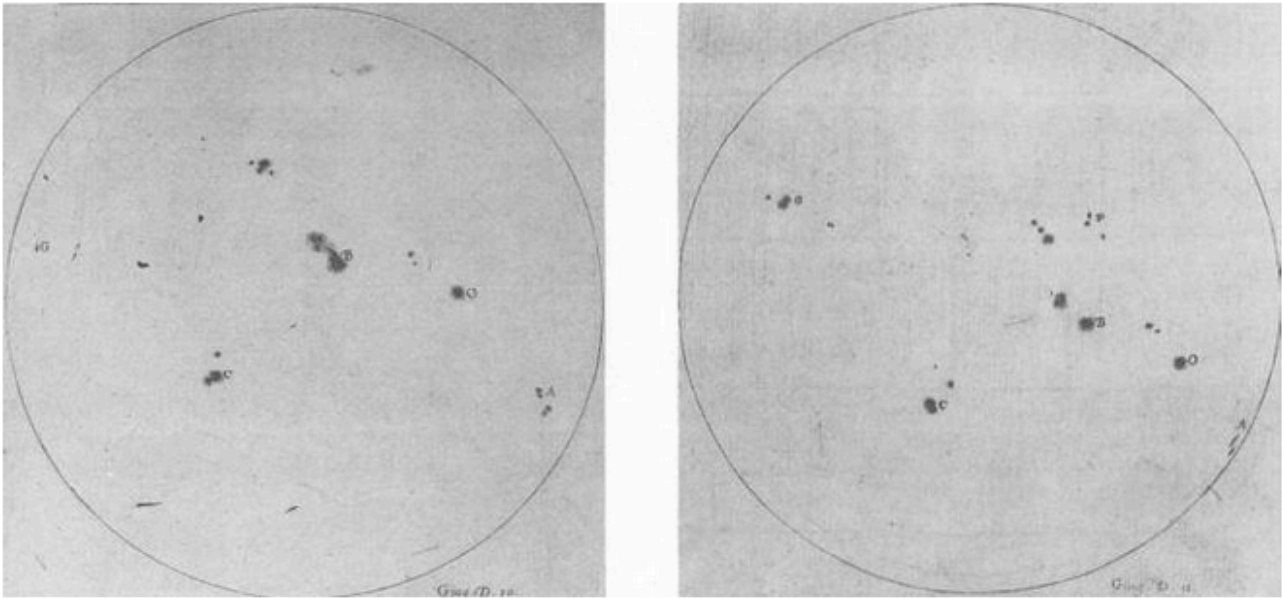


[//www.youtube.com/embed/Gvb11bmE1vU](https://www.youtube.com/embed/Gvb11bmE1vU)

Bron: <http://www.youtube.com/watch?v=Gvb11bmE1vU>

De door Galilei waargenomen donkere vlekken hebben de volgende eigenschappen:

- De vlekken bewegen zich van oost naar west over de zonneschijf.
- Aan de rand van de zon bewegen de vlekken langzamer dan in het midden.
- De vlekken die ter hoogte van de zonne-equator liggen, bewegen in ongeveer 25 dagen eenmaal om de zon.
- De vlekken hebben geen constant patroon. De vlekken verdwijnen soms of komen spontaan op.



Waarnemingen van Galilei aan de zon. (bron: Malmberg)

1. Probeer aan de hand van de waarnemingen af te leiden dat de vlekken die Galilei zag op de zon moeten zitten.
2. Waarom was deze ontdekking in strijd met het geocentrisch wereldbeeld?



### Webopgave 78 - Geocentrisch wereldbeeld

1. Welke verschijnselen in het zonnestelsel zijn in strijd met het geocentrisch wereldbeeld?
2. Wat zijn de sterke punten van het heliocentrisch wereldbeeld?
3. Vergelijk je antwoorden op deze twee vragen met je antwoorden bij orientatieopdracht 22.
4. Waardoor heeft het geocentrisch wereldbeeld zo lang stand gehouden?

## 2.3 - Practicum en Groepsopdrachten



### Webopgave 79 - Jacobsstaf

- Zoek op wat een Jacobsstaf is en bouw er zelf één.
- Meet daarmee de hoek tussen verschillende sterren aan de hemel.
- Bepaal ook hoeveel keer groter de maan aan de horizon is dan wanneer deze hoog aan de hemel staat.



## Webopgave 80 -Telescoop

### Bouw zelf een telescoop.

Benodigdheden:

- twee kartonnen kokers met verschillende diameter,
- een bolle lens (diameter 50 mm en brandpuntsafstand 40 cm of sterkte +2,5 D) en een plat-bolle lens (diameter 25 mm en brandpuntsafstand 5 cm of sterkte +20 D).

Het is geen probleem als je lenzen van enigszins afwijkende sterkte gebruikt.

Interessante linkjes voor het zelf maken van een telescoop:

- [www.deltaopschool.nl](http://www.deltaopschool.nl)
- [www.sterrenkunde.nl](http://www.sterrenkunde.nl)

Uitvoering

- Bevestig de bolle lens aan een uiteinde van de breedste koker.
- Gebruik plakband of punaises. Let er op dat de lens recht voor de opening zit. Snij de koker af, zodat zijn lengte 30 cm is.
- Bevestig de plat-bolle lens aan een uiteinde van de smalste koker, met de bolle kant naar buiten. Snij de koker af op 25 cm lengte.
- Schuif de smalle koker in de brede, zodat de afstand tussen beide lenzen 45 cm is.
- Dicht de opening tussen de kokers af met isolatieschuim, zodat je ze in en uit kunt schuiven om je kijker scherp te stellen.

Uitwerking

- Test je telescoop door hem overdag als verrekijker te gebruiken.
- Kijk nooit rechtstreeks naar de zon, ook niet door je kijker. Het zonlicht is zo fel dat je schade aan je oog kunt oplopen.
- Gebruik je telescoop om waarnemingen te doen aan de sterrenhemel. Bedenk eerst een aantal interessante plekken aan de hemel om te bekijken. Gebruik daarvoor zo nodig de lijst met internetsites (zie bladzijde 8 van de module).



## Webopgave 81 - Groepsopdracht

### Biografie

De grondleggers van het heliocentrisch wereldbeeld waren Nicolaus Copernicus, Tycho Brahe, Johannes Kepler en Isaac Newton.

Schrijf een korte biografie van één van deze wetenschappers naar keuze. 'Kort' betekent: maximaal 500 woorden.

Ga in deze biografie zo mogelijk in op onder andere de volgende punten: nationaliteit, studie (wat en waar), belangrijke publicaties (boeken) en betekenis voor de ontwikkeling van de sterrenkunde.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/5/584a3b706388bd0d48aeca2b7905eb21.docx>

# H3 Beweging in het zonnestelsel



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/c/c2403e1367d8e5bf86a062966f02db1e.docx>

## Wat is de gravitatiewet van Newton, en hoe zijn daarmee bewegingen in ons zonnestelsel te verklaren?

Isaac Newton heeft met zijn theorie over de beweging van voorwerpen onder invloed van krachten de basis gelegd voor ons huidige beeld van het zonnestelsel. Met deze theorie was Newton in staat de bewegingen van de hemellichamen (de planeten, manen en kometen) in ons zonnestelsel te verklaren en voorspellen. In 1687 verscheen zijn beroemde werk *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.



### Webopgave 82 - Eventjes opzoeken....(1)

In Binas tabel 31 staan gegevens over de planeten van ons zonnestelsel. In die tabel staan onder andere de afstand  $r$  tot de zon en de omlooptijd  $T$  rond de zon.

Zet in een diagram de omlooptijd  $T$  (verticaal) uit tegen de afstand  $r$  (horizontaal) van de verschillende planeten.

Teken in dit diagram met een kromme lijn het verband tussen  $T$  en  $r$ .

Geef in woorden zo goed mogelijk weer wat het verband is tussen  $T$  en  $r$ .

[klik hier](#)



### Webopgave 83 - Eventjes opzoeken....(2)

De afstand  $r$  tot de zon is de straal van de (cirkel)baan van een planeet rond de zon. De snelheid  $v$  van een planeet in zijn baan rond de zon is dan te berekenen uit de omtrek van de (cirkel)baan en de omlooptijd:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

Bereken de snelheid  $v$  waarmee elk van de planeten in zijn baan rond de zon beweegt.

Zet in een diagram deze snelheid  $v$  (verticaal) uit tegen de afstand  $r$  (horizontaal) van de verschillende planeten.

Teken in dit diagram met een kromme lijn het verband tussen  $v$  en  $r$ .

Geef in woorden zo goed mogelijk weer wat het verband is tussen  $v$  en  $r$ .

[klik hier](#)



#### Webopgave 84 - T en r

De verbanden tussen T en r en tussen v en r in de twee getekende diagrammen zien er - ondanks de kromme lijnen - vrij regelmatig uit.

Zou dit toeval zijn, of zou er een verklaring voor die regelmaat moeten zijn?

[klik hier](#)

## 3.1 De beweging van planeten

### Samenvatting

Voor de omlooptijd T van satellieten die in een cirkelbaan met een straal r rond een object met een grote massa bewegen geldt de derde wet van Kepler:

$$r^3/T^2 = K$$

De baansnelheid v bij een eenparige cirkelbeweging met baanstraal r en omlooptijd T wordt gegeven door:

$$v = 2\pi r/T$$

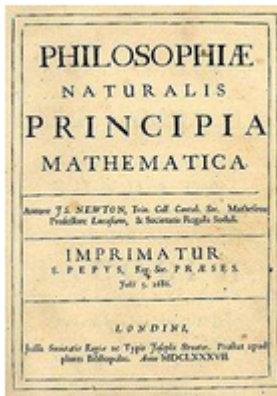
Een eenparige cirkelbeweging vindt plaats onder invloed van een middelpuntzoekende kracht F. Deze kracht is gericht naar het middelpunt van de cirkelbaan, en staat dus loodrecht op de baansnelheid. De grootte van de middelpuntzoekende kracht hangt af van de massa m, de baansnelheid v en de baanstraal r:

$$F_{mpz} = m \cdot v^2/r$$

De middelpuntzoekende kracht is de resultante van de krachten op het in een cirkelbaan bewegende voorwerp.

### Volgens welke wetten bewegen de planeten?

#### De Principia van Newton



Newtons belangrijkste werk is de Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica, meestal kortweg de Principia genoemd. Dit boek heeft een grote invloed gehad op de ontwikkeling van de natuurkunde en de sterrenkunde.

De gravitatiewet wordt in het laatste deel van het boek behandeld. Daar paste Newton zijn theorieën en wetten die gelden voor aardse voorwerpen ook toe op de beweging van de maan, planeten en sterren.



Hier zie je een bladzijde uit dit beroemde boek. Je ziet onder andere een tabel met waarnemingen die door Cassini en Borelli gedaan zijn. 'Distantiae Satellitum a centro Jovis' betekent: afstanden van de satellieten (manen) ten opzichte van Jupiter. Klik [hier](#) voor de vertaling....

In deze hypothese uit de Principia noemt Newton een evenredigheid die ontdekt is door Kepler en die daarom tegenwoordig de derde wet van Kepler wordt genoemd die voor alle planeten en manen in ons zonnestelsel geldt.

## De derde wet van Kepler

Je oefent nu eerst met de derde wet van Kepler.



### Webopgave 85 - Oefenen met deze

formule....  $r^3/T^2 = K(1)$

Gebruik gegevens uit BINAS of van internet...

- Bereken de grootte van de constante K voor de beweging van Jupiter om de zon.
- Bereken ook de waarde van K voor de beweging van de aarde om de zon.
- En, wat valt je op?

[klik hier](#)



### Webopgave 86 - Oefenen met deze formule.... $r^3/T^2 = K(2)$

- Bereken de grootte van de constante K voor de beweging van de maan Callisto om Jupiter.
- Bereken ook de waarde van K voor de beweging van de maan Europa om Jupiter.
- En, wat valt je op bij de gevonden waarden van K?
- En wat zie je, als je de deze waarde van K vergelijkt met die van de bewegingen van Jupiter en de aarde om de zon?

[klik hier](#)

Voor de volledigheid volgen hier alledrie de wetten van Kepler (klik op de gekleurde tekst voor een toelichting):

1. **De eerste wet:** planeten bewegen in ellipsvormige banen om de zon.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/d/dc9f0a1ac9d801bc4f8f22f63d6bf465.docx>

2. **De tweede wet:** planeten bewegen sneller, als ze zich dichterbij de zon bevinden.

*Satellitum tempora periodica,*

1d. 18h. 28'. 3d. 13h. 17'. 7d. 3h. 59'. 16d. 18h. 5'.

*Distantiae Satellitum à centro Jovis.*

<i>Ex Observationibus</i>	1.	2.	3.	4.	
Cassini	5.	8.	13.	23.	} Semidiam. Jovis.
Borelli	5.	8.	14.	24.	
Toumlei per Micromet.	5,51.	8,78.	13,47.	24,71.	
Flamstedii per Microm.	5,31.	8,85.	13,98.	24,13.	
Flamst. per Eclips. Satel.	5,578.	8,816.	14,159.	24,803.	
<i>Ex temporibus periodicis.</i>	5,578.	8,878.	14,168.	24,798.	

*Hypothesis VI. Planetas quinque primarios Mercurium, Venerem, Martem, Jovem & Saturnum Orbibus suis Solem circumgere.*

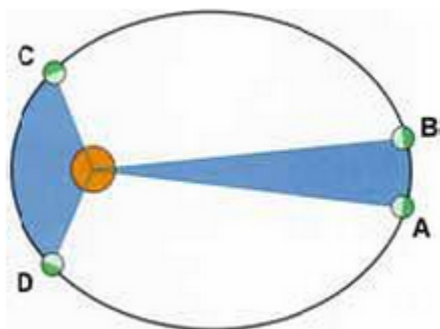
*Mercurium & Venerem circa Solem revolvit ex eorum phasibus lunariis demonstratur. Plenâ facie lucentes ultra Solem siti sunt, dimidiatâ è regione Solis, falcata cis Solem; per discum ejus ad modum macularum nonnunquam transeunt. Ex Martis quoque plena facie prope Solis conjunctionem, & gibbosa in quadraturis, certum est quod is Solem ambit. De Jove etiam & Saturno idem ex eorum phasibus scilicet patet demonstratur.*

*Hypothesis VII. Planetarum quinque primariorum, & (vel Solis circa Terram vel) Terra circa Solem tempora periodica esse in ratione sesquialtera mediocrium distantiarum à Sole.*





<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/c/c4eefee8cb9847a5f49c9eef660a68f7.docx>



Als een planeet in een bepaalde tijd van A naar B gaat, bestrijkt zijn baanstraal een bepaalde oppervlakte (met blauw aangegeven). Gaat de planeet van C naar D (met grotere snelheid, maar in een even lange tijd), dan is de bestreken oppervlakte even groot.

3. **De derde wet:** de derde macht van de baanstraal van een planeet is evenredig met het kwadraat van de omlooptijd om de zon.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/4/427ca42ea8d6c86b17f4867349446214.docx>

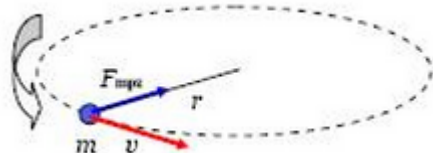


### Webopgave 87 - Wat denk je?

Waar moet de snelheid van een planeet 't grootst zijn om aan de perkenwet te voldoen?

[klik hier](#)

**Eenparige cirkelbeweging .....**



Bij een eenparige cirkelbeweging is de grootte van de baansnelheid  $v$  constant, maar de richting natuurlijk niet. Die verandert steeds tijdens een rondje. De richting van de baansnelheid  $v$  wordt gegeven door de raaklijn aan de cirkel.



### Webopgave 88 -Invullen.....



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2fb61ba1a60ee7852a272a387d92f7c2.s wf>

Gebruik deze animatie om onderstaande vragen te beantwoorden. Je kunt de verschillende grootheden zichtbaar maken door de juiste hokjes aan te vinken.

Vul het goede antwoord in.

- Alshetvoorwerpen rondjemaakt, is de grootte van de snelheid .
- Alshetvoorwerpen rondjemaakt, wijst de snelheid altijd in de richting van de  aan de cirkelbaan.
- Alshetvoorwerpen rondjemaakt, wijst de kracht die nodig is voor de cirkelbaan altijd naar het .



### Webopgave 89

Je kunt met deze animatie ook de derde wet van Kepler controleren door de getallen uit het scherm in te vullen. Hoe groot is hier de K?



### Webopgave 90 - Even oefenen.....

Gebruik BINAS of internet net om uit te rekenen met welke snelheid de aarde om de zon draait.

[klik hier](#)

..... en de middelpuntzoekende kracht

Als je een plankje aan een touwtje rondslingert werkt er ook een middelpuntzoekende kracht. Je kunt er een blik op zetten en dat valt niet van de plank ook niet als het boven in de cirkelbaan is.



Bekijk het filmpje:



<http://www.youtube.com/embed/56QCI4lg4EY>

Bron: <http://www.youtube.com/watch?v=56QCI4lg4EY>



### Webopgave 91 - Even oefenen.....

niet aanwezig



Als een auto door een bocht wordt gestuurd, voelen de inzittenden een kracht. De auto en de inzittenden willen eigenlijk rechtdoor (eerste wet van Newton), maar de wrijvingskrachten uitgeoefend door het wegdek op de banden zorgen ervoor dat de auto in het spoor blijft. Als je goed in de gordel zit, dan duwt de auto je mee door de bocht. In het geval dat de bocht (een deel van) een cirkel is en de snelheid constant is, dan voelen de inzittenden een constante kracht uitgeoefend door de auto. Die constante kracht is gericht naar het middelpunt van de cirkel. Dit is de middelpuntzoekende kracht die nodig is om een eenparige cirkelbeweging uit te voeren.



### Webopgave 92

Wat zou er met een auto gebeuren als er géén middelpuntzoekende kracht zou werken?



### Webopgave 93 - Oefenen met deze formule...



Bekijk het videofragment. Stel dat een wagentje met personen een massa van 400 kg heeft en de achtbaan heeft een hoogste punt van 15 m boven de grond. Meet de omlooptijd van de eerste looping met een stopwatch en bereken met deze gegevens de kracht die nodig is om zo'n achtbaanwagentje rond te laten gaan.



[//www.youtube.com/embed/XuA9M2Px5Zo](https://www.youtube.com/embed/XuA9M2Px5Zo)

## 3.2 De gravitatiewet van Newton vervolg

### Samenvatting

Voor de gravitatiekracht  $F$  waarmee twee massa's  $m$  en  $M$  op een onderlinge afstand  $r$  elkaar aantrekken geldt:

$$F_{\text{grav}} = G \cdot m \cdot M / r^2$$

In deze formule is  $G$  de gravitatieconstante. Volgens de derde wet van Newton is dit de gravitatiekracht die de twee massa's op elkaar uitoefenen.

Uit de formule  $F = m \cdot g$  voor de zwaartekracht en de formule voor de gravitatiekracht volgt een formule voor de valversnelling  $g$  van een voorwerp op een afstand  $r$  van het midden van een hemellichaam met een massa  $M$ :

$$F_z = F_{\text{grav}} \text{ dus } g = G \cdot M / r^2$$

Uit de formule  $F = m \cdot v^2 / r$  voor de middelpuntzoekende kracht en de formule voor de gravitatiekracht volgt een formule voor de baansnelheid  $v$  van een hemellichaam in een cirkelbaan met een straal  $r$  rond een ander hemellichaam met een massa  $M$ :

$$F_{\text{mpz}} = F_{\text{grav}} \text{ dus } v^2 = G \cdot M / r$$

Met de baansnelheid  $v$  is de omlooptijd  $T$  van het hemellichaam te berekenen:

$$T = 2.\pi.r/v$$

Door de laatste twee formules met elkaar te combineren, vinden we de derde wet van Kepler:

$$r^3/T^2 = K = G.M/4.\pi^2$$

**Hoe is met de gravitatiekracht van Newton de beweging van planeten en manen in het zonnestelsel te verklaren?**



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/8/86587ef3ada5a66b97c0ebc23f18729b.docx>

### De gravitatiewet

De gravitatiewet van Newton stelt dat alle voorwerpen met massa in het heelal elkaar aantrekken. Op aarde kennen we deze kracht als de zwaartekracht.

Voor de grootte van de gravitatiekracht geldt:

1. Hoe verder de voorwerpen van elkaar verwijderd zijn, des te kleiner is de gravitatiekracht.
2. Hoe groter de massa's van de voorwerpen zijn, des te groter is de gravitatiekracht.

In formulevorm:  $F_{\text{grav}} = G.m.M/r^2$



#### **Webopgave 93** - Oefenen met deze formule ...(1)

Stel dat je een voorwerp met een massa van een kg in je handen hebt. Dan kun je makkelijk uitrekenen hoeveel gewicht daar bij hoort.

Zou je met Newtons gravitatiewet dezelfde uitkomst krijgen?

Probeer dat...

[klik hier](#)



#### **Webopgave 95** - Oefenen met deze formule ...(2)

Met de formule van de gravitatiekracht kun je ook de waarde van de valversnelling bij het aardoppervlak berekenen.

Doe dat.

[klik hier](#)

Uit Newtons formule blijkt dat de valversnelling  $g$  niet afhangt van de massa van een voorwerp. Dat heeft tot gevolg dat in een omgeving waar geen luchtweerstand is, voorwerpen met een even grote massa ook even snel vallen. Kijk maar.



### Webopgave 96 - Een videofragment bekijken



Bekijk het filmpje hieronder met het 'Galileo experiment' en zie wat er gebeurt, als je op de maan een licht en een zwaar voorwerp tegelijk laat vallen....de astronaut Scott laat een hamer en een veer van een (amerikaanse natuurlijk...) adelaar vallen.



[//www.youtube.com/embed/03SPBXALJZI](http://www.youtube.com/embed/03SPBXALJZI)

Bron: <http://www.youtube.com/watch?v=03SPBXALJZI>

### De banen van planeten

De gravitatiekracht houdt ook de maan en de planeten in hun baan. Als we weten dat de nodige middelpuntzoekende kracht geleverd wordt door deze gravitatie, vinden we:

$$F_{mpz} = F_{grav} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \Rightarrow v^2 = G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$$



### Webopgave 97 - Meerkeuzevraag

Waarom verandert de grootte van de snelheid van een planeet in een cirkelbaan niet, er werkt immers een kracht op ?

- ☐ De grootte van de snelheid verandert niet omdat de gravitatiekracht te klein is op deze afstand van de aarde
- ☐ De grootte van de snelheid verandert niet omdat de richting van de gravitatiekracht loodrecht op de snelheid staat
- ☐ De grootte van de snelheid verandert niet omdat de gravitatiekracht op het voorwerp veel kleiner is dan de gravitatiekracht van het voorwerp op de aarde.



### Webopgave 98 - Het planetarium van Eise Eisinga ...(1)

Een planetarium is een werkend model van ons zonnestelsel. Een eeuwen oud planetarium is dat van Eise Eisinga. (kijk op [deze website](#))

Je kunt daar goed zien dat hoe groter de straal van een planeetbaan is, des te groter is de baansnelheid van de planeet.

Zoek in het planetarium twee planeten waarvan de baanstralen ongeveer een factor 4 verschillen. Controleer of de snelheid van de planeten (ongeveer) een factor 2 verschillen. Noteer de namen van jouw planeten en de waarden die je vindt in je werkdocument of schrift.

Tips:

- bepaal de straal van de baan (bijv. in cm),
- bereken de omtrek,
- meet de omlooptijd (stopwatch, horloge) in s,
- bereken de baansnelheid (bijv. in cm/s).

### Planeetbanen voorspellen



Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/a/ab8ff163b6645e7c1fd0fd9031457d49.docx>

Maar nu kun je dus je eigen planeet in een baan om de zon brengen! Als je maar de juiste snelheid en afstand kunt berekenen.

In onderstaande animatie kun je de waarde van de halve lange as variëren van 0.5 AE tot en met 1.5 AE. Geef de planeet jouw naam en vul een willekeurige waarde tussen de 0.5 en 1.5 in. Klik daarna op het 'start' knopje om de planeet in de baan te laten lopen.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/8e194c3478d72943c03a471384daef7f.swf>



### Webopgave 99 - Opdracht

Kies een waarde voor de halve lange as, waar je de rest van de opdracht mee gaat werken. Kies nu een snelheid tussen de 6 en 35 km/s. Je zult zien dat niet alle snelheden bij alle waardes voor de halve lange as in de animatie passen. Dat geeft de animatie aan. Kies in dat geval een nieuwe waarde voor de snelheid. Als je een snelheid hebt gevonden, waarbij de animatie loopt, noteer je de waarden in je

werkdokument. Controleer de formule:

$$F_{mpz} = F_{grav} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \Rightarrow v^2 = G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$$

## 3.3 Opgaven

### 3.3 - Opdrachten paragraaf 3.1

Maak de volgende opgaven in je schrift of in je Word document.



#### Webopgave 100 - Derde wet van Kepler

### *Formules – derde wet van Kepler*

Volgens de *derde wet van Kepler* geldt voor de planeten die rond de zon draaien het volgende verband tussen hun baanstraal en omlooptijd:

$$\frac{r^3}{T^2} = K$$

De omlooptijd van de aarde rond de zon en de afstand zon-aarde zijn bekend (zie Binas).

1. Laat met een berekening met deze gegevens zien dat voor de constante K in de derde wet van Kepler geldt:  
 $K = 3,36 \cdot 10^{18} \text{ m}^3/\text{s}^2$ .
2. De omlooptijd van de planeet Mars rond de zon is 687 dagen.
3. Bereken met de derde wet van Kepler de baanstraal van Mars.  
Controleer je antwoord met Binas.
4. De baanstraal van de planeet Neptunus is  $4,5 \cdot 10^9 \text{ km}$ .
5. Bereken met de derde wet van Kepler de omlooptijd van Neptunus om de zon.  
Controleer je antwoord met Binas.



#### Webopgave 101 - Omlooptijden

De planeten Jupiter en Saturnus hebben een omlooptijd die veel groter is dan een jaar. Verklaar dit met de derde wet van Kepler.



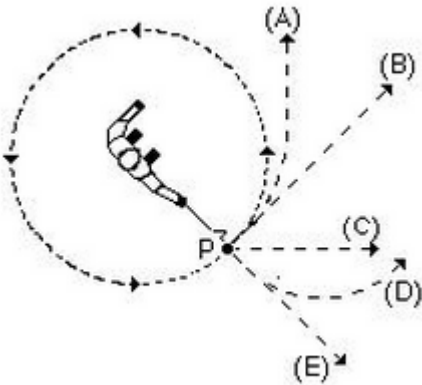
#### Webopgave 102 - De manen van Jupiter

Geldt de derde wet van Kepler ook voor de vier manen van Jupiter?  
Leg uit waarom wel of niet.



### Webopgave 103 - Eenparige cirkelbeweging

Een stalen kogel is vastgemaakt aan het uiteinde van een touw. Alice gaat met het touw in de rondte slingeren zoals weergegeven in onderstaande figuur. Het touw oefent een middelpuntzoekende kracht uit op de kogel.

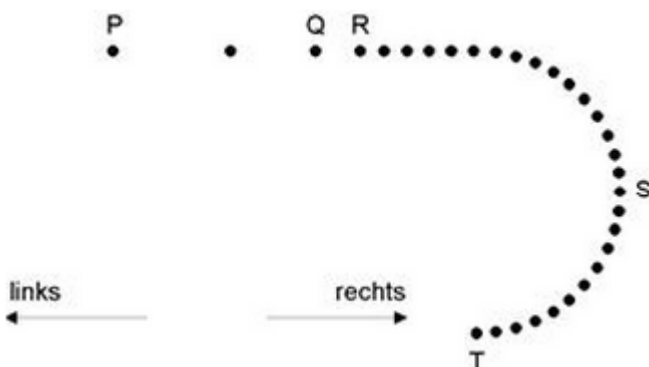


1. Hoeveel keer zo groot wordt deze middelpuntzoekende kracht als Alice de kogel met een tweemaal zo grote snelheid in dezelfde cirkelbaan gaat rondslingeren?
2. Hoeveel keer zo groot wordt deze middelpuntzoekende kracht als Alice de kogel met dezelfde snelheid in een cirkelbaan met een tweemaal zo grote straal gaat rondslingeren?
3. Op het punt P geeft breekt plotseling het touw, heel dicht bij de bal.
4. Als dit van bovenaf bekeken wordt, zoals in de figuur te zien is, welke baan zal de bal dan gaan volgen vanaf het moment dat het touw breekt?



### Webopgave 104 - Bewegend voorwerp

In de figuur hieronder geven de stippen telkens de plaats aan van een voorwerp dat van P via Q, R en S naar T beweegt.



De tijdsduur waarin het voorwerp van de ene stip naar de volgende stip beweegt is constant. Op het voorwerp werkt bij Q slechts één kracht:  $F_Q$ . In S werkt er op het voorwerp ook slechts één kracht:  $F_S$ . Welke richtingen hebben de krachten  $F_Q$  en  $F_S$ ?



### Webopgave 105 - Middelpuntzoekende kracht op aarde



De aarde beweegt in een cirkelbaan rond de zon. Daarvoor is een middelpuntzoekende kracht op de aarde nodig.

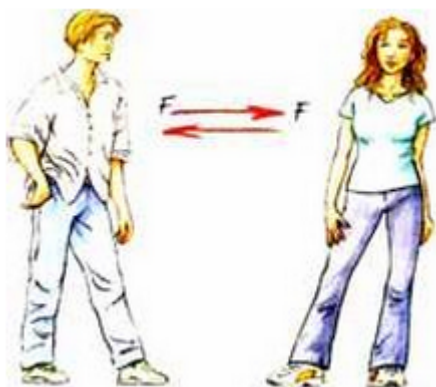
1. Bereken de grootte van deze middelpuntzoekende kracht.  
*Aanwijzing - Gebruik Binas voor de benodigde gegevens.*
2. Welke kracht levert deze middelpuntzoekende kracht?

### 3.3 - Opdrachten paragraaf 3.2



#### Webopgave 106 - Aantrekkingskracht

In onderstaande figuur staan twee personen met massa's van 50 en 60 kg op een afstand van 2,0 m.



1. Bereken de gravitatiekracht die deze twee personen op elkaar uitoefenen.
2. Vergelijk deze gravitatiekracht met de zwaartekracht op één van de twee personen. Hoeveel keer zo groot is die zwaartekracht?
3. Leg uit waardoor die zwaartekracht zoveel groter is dan de gravitatiekracht die de twee personen op elkaar uitoefenen.



#### Webopgave 107 - Gravitatiekracht op de aarde

De zon en de aarde oefenen een gravitatiekracht op elkaar uit.

1. Bereken de gravitatiekracht van de zon op de aarde.  
*Aanwijzing - Gebruik Binas voor de benodigde gegevens.*
2. Vergelijk deze gravitatiekracht met de middelpuntzoekende kracht die nodig is om de aarde rond de zon te laten bewegen (zie opgave 41).
3. Welke kracht levert de middelpuntzoekende kracht die nodig is om de aarde rond de zon te laten bewegen?



#### Webopgave 108 - De omlooptijd van de maan

De massa van de aarde en de afstand aarde-maan zijn bekend (zie Binas).

1. Bereken met deze gegevens de baansnelheid van de maan in haar baan rond de aarde.  
*Aanwijzing - Stel de formules voor de middelpuntzoekende kracht en de gravitatiekracht aan elkaar gelijk.*
2. Bereken met behulp van deze baansnelheid de omlooptijd van de maan rond de aarde. Controleer je antwoord met Binas.



### Webopgave 109 - De massa van de zon

De omlooptijd van de aarde rond de zon en de afstand aarde-zon zijn bekend (zie Binas).

1. Bereken met deze gegevens de baansnelheid van de aarde.
2. Bereken met behulp van deze baansnelheid de massa van de zon. Controleer je antwoord met Binas.  
*Aanwijzing - Stel de formules voor de middelpuntzoekende kracht en de gravitatiekracht aan elkaar gelijk.*
3. Is de massa van de zon op deze manier ook te bepalen uit de baangegevens van de andere planeten in ons zonnestelsel?  
Leg uit waarom wel of niet.



### Webopgave 110 - De massa van Jupiter

De baangegevens (omlooptijd en afstand) van de vier manen van Jupiter zijn bekend (zie Binas).

1. Bereken met deze gegevens de massa van Jupiter.  
Controleer je antwoord met Binas.  
*Aanwijzing - Ga op dezelfde manier te werk als in opgave 45.*
2. Van welke andere hemellichamen in ons zonnestelsel is op deze manier de massa te bepalen?  
Leg uit hoe.



### Webopgave 111 - De 'weging' van de aarde

Zo'n tweehonderd jaar geleden (in 1798) woog de Engelse natuur- en scheikundige Henry Cavendish als eerste de aarde. Hij deed dat door met een torsiebalans de gravitatiekracht te meten tussen twee loden bollen met bekende massa op een bekende afstand. Uit die metingen kon hij de gravitatieconstante  $G$  berekenen:  $G = 6,754 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ . In die tijd waren de waarden van de valversnelling  $g$  bij het aardoppervlak en de straal  $R$  van de aarde al bekend:  $g = 9,80 \text{ m/s}^2$  en  $R = 6,38 \cdot 10^3 \text{ km}$ . Met behulp van deze gegevens kon Cavendish de massa en de dichtheid van de aarde bepalen.

1. Leg uit hoe Cavendish de gravitatieconstante  $G$  uit zijn metingen kon berekenen.
2. Hoe groot was volgens Cavendish de massa van de aarde?  
*Aanwijzing - Stel de formules voor de zwaartekracht en de gravitatiekracht aan elkaar gelijk.*
3. Hoe groot was volgens Cavendish de dichtheid van de aarde?
4. Hoeveel procent wijken deze waarden af van de op dit moment bekende waarden van de massa en dichtheid van de aarde?



### Webopgave 112 - Valversnelling

Voor de valversnelling  $g$  bij het aardoppervlak geldt:  $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ . Die valversnelling wordt volgens de gravitatiewet van Newton bepaald door de massa  $M$  en de straal  $R$  van de aarde:

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

1. Geef de afleiding van deze formule voor de valversnelling bij het aardoppervlak.
2. Deze formule geldt ook voor de valversnelling op de maan en op andere planeten.

3. Bereken de valversnelling bij het oppervlak van de maan en bij het oppervlak van Jupiter.
4. Zie Binas voor de benodigde gegevens.



### Webopgave 113 - De derde wet van Kepler

In deze opgave ga je de derde wet van Kepler afleiden uit de gravitatiewet van Newton.

1. Voor een planeet in een cirkelbaan rond de zon moet de middelpuntzoekende kracht gelijk zijn aan de gravitatiekracht van de zon op de planeet. Leg uit waarom.
2. Stel de formules voor de middelpuntzoekende kracht en de gravitatiekracht aan elkaar gelijk, en geef de afleiding van de volgende formule:

$$v^2 = \frac{G \cdot M}{r}$$

1. In deze formule is M de massa van de zon en r de afstand zon-planeet.
2. Geef de formule voor het verband tussen de baansnelheid v en de omlooptijd T bij een cirkelbeweging.
3. Combineer de twee formules en geef daarmee de afleiding van de derde wet van Kepler.  
*Aanwijzing - Je kunt de twee formules combineren door de formule voor de baansnelheid (vraag c) in te vullen in de andere formule (vraag b).*
4. De constante K in de derde wet van Kepler hangt af van de gravitatieconstante G en de massa M van de zon.
5. Geef een formule voor de constante K.
6. Laat met een berekening zien dat voor de planeten die rond de zon draaien geldt:
7.  $K = 3,36 \cdot 10^{18} \text{ m}^3/\text{s}^2$ .

De derde wet van Kepler geldt onder andere ook voor de manen van Jupiter, maar dan heeft de constante K een andere waarde.

8. Bereken de constante K voor de manen die rond Jupiter draaien.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/9/952bc7d96d6776fc1f20db1e8a890e59.docx>

# H4 Het heelal



Lees eerst de lesstof van de inleiding van hoofdstuk 4. Maak daarna de vraag op deze pagina.



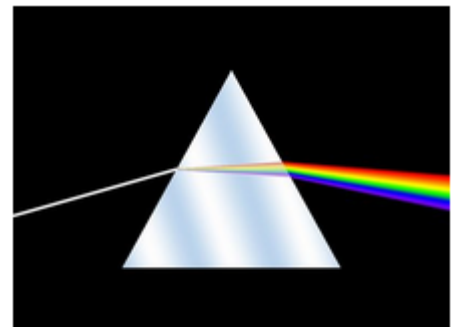
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/8/8f32c052ccae0e089a6b61eda0f836b5.docx>

## Hoe is het heelal opgebouwd, en wat is daarin de plaats van ons zonnestelsel?

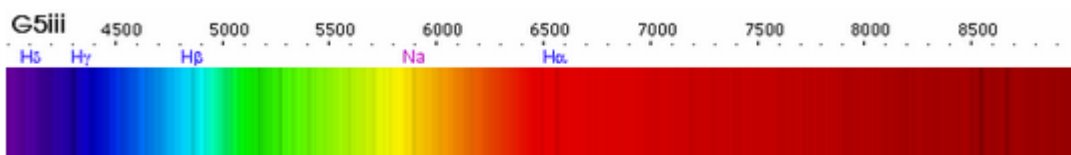
De gravitatiewet van Newton geldt niet alleen in ons zonnestelsel, maar overal in het heelal. Zo heeft de gravitatietheorie van Newton, samen met de relativiteitstheorie van Albert Einstein, de basis gelegd voor ons huidige beeld van het heelal. Door steeds betere waarnemingstechnieken en de vooruitgang in onze natuurkundekennis, weten we nu dat we leven in een ruimte van onvoorstelbare omvang, bijeengehouden door de aantrekking van de gravitatiekracht. Een groot deel van onze kennis over de sterren is afkomstig van waarnemingen met meetinstrumenten op aarde en in satellieten in een baan rond de aarde. Met een telescoop is de door een ster uitgezonden straling te bundelen.



Optische telescoop



Met een prisma of tralie is die straling uiteen te rafelen tot een spectrum.



Een spectrum van een ster vertoont donkere lijnen. (bron:wikipedia).  
Dat komt omdat er straling geabsorbeerd wordt in de buitenste lagen van de ster.

Met detectoren is de intensiteit van de uitgezonden straling te meten, zowel voor het spectrum als geheel als voor de afzonderlijke golflengten.  
Met die meetinstrumenten kunnen we de eigenschappen en afstanden van sterren en sterrenstelsels in het heelal bepalen.



**Webopgave 114 - Schaalmodel van het heelal**

Maak net als in hoofdstuk 1 een schaalmodel, maar nu van het gehele heelal.

Kies de schaal zo dat het heelal op een blad A4 past.



Bekijk onderstaande video van een reis door het heelal.

Gebruik de gegevens uit deze animatie voor het maken van het schaalmodel en gebruik de afstandstabel hieronder voor aanvullende gegevens. Realiseer je daarbij wel dat er grote onzekerheden zitten in de gegeven afstanden.

Object	Afstand (m)
Zon	$1,5 \cdot 10^{11}$
Pluto	$5,8 \cdot 10^{12}$
Proxima Centauri (dichtstbijzijnde ster)	$4,1 \cdot 10^{16}$
Lokale bel (opening in het interstellair gas, waarin ons zonnestelsel zich bevindt)	$8,5 \cdot 10^{17}$
Rigel (ster in het sterrenbeeld Orion)	$9,0 \cdot 10^{18}$
Middelpunt van ons Melkwegstelsel	$2,5 \cdot 10^{20}$
Magelhaense wolk (een dwergstelsel dat om ons Melkwegstelsel draait)	$1,6 \cdot 10^{21}$
Andromedanevel (dichtstbijzijnde sterrenstelsel, onderdeel van de 'Lokale groep' van sterrenstelsels waartoe ook ons Melkwegstelsel behoort)	$2,2 \cdot 10^{22}$
Canes Venaticiwolk (cluster van sterrenstelsels, waartoe ook de 'Lokale Groep' behoort)	$1,2 \cdot 10^{23}$
Rand van het Lokale of Virgo Supercluster (waartoe ook de Canes Venaticiwolk behoort)	$6,2 \cdot 10^{23}$
Grote Muur (een aaneenrijging van superclusters, onder andere het Virgo Supercluster)	$9,5 \cdot 10^{24}$
Zichtbare heelal	$1,3 \cdot 10^{26}$



[//www.youtube.com/embed/nsKGvTmu-jw](https://www.youtube.com/embed/nsKGvTmu-jw)

## 4.1 Een heelal vol sterrenstelsels

### 4.1 - Een heelal vol sterrenstelsels

#### Samenvatting

Het heelal is onvoorstelbaar groot, met daarin meer dan een miljard sterrenstelsels. Eén van die sterrenstelsels is het Melkwegstelsel, waarvan ons zonnestelsel een klein onderdeel is. Een ster straalt energie uit in de vorm van elektromagnetische straling. De intensiteit van de uitgezonden straling hangt af van de golflengte. De golflengte waarbij de intensiteit van de uitgezonden straling maximaal is, wordt bepaald door de oppervlaktetemperatuur van de ster. Hoe hoger deze oppervlaktetemperatuur  $T$  is, des te kleiner is de golflengte  $\lambda_{\max}$  van de piek in het stralingsspectrum (wet van Wien):

$$\lambda_{\max} = k_W/T$$

Voor afstandsbepalingen in het heelal bestaan verschillende methoden. Voor sterren op relatief kleine

afstand is de parallaxmethode bruikbaar. Voor sterren die verder weg staan volgt de oppervlaktetemperatuur met de wet van Wien uit het stralingsspectrum. Uit het Hertzsprung-Russelldiagram is dan de lichtsterkte af te lezen. Vergelijking van de lichtsterkte met de op aarde waargenomen stralingsintensiteit levert ten slotte de afstand. Voor sterrenstelsels op zeer grote afstand gebruikt men de Cepheïdenmethode. Van deze veranderlijke sterren is de lichtsterkte te bepalen door meting van de periode waarmee hun lichtsterkte varieert. Vergelijking van deze lichtsterkte met de op aarde waargenomen stralingsintensiteit levert dan weer de afstand.



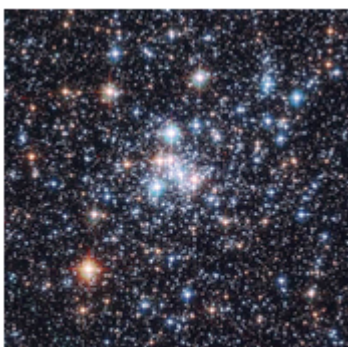
Lees eerst de lesstof. Maak daarna de vragen op deze pagina.



[Een heelal vol sterrenstelsels](#)

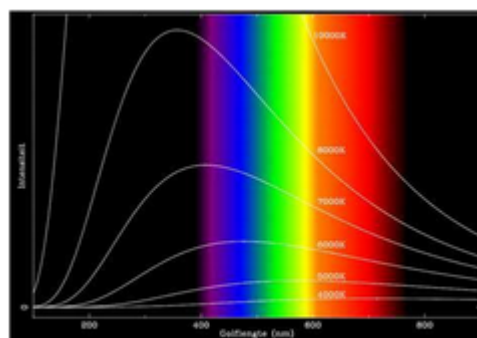
## Hoe ziet het heelal er buiten het zonnestelsel uit?

In de figuur zie je het stralingsspectrum van sterren: de intensiteit als functie van de golflengte van de uitgezonden straling. Hoe het stralingsspectrum van een ster eruit ziet, hangt voornamelijk af van de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur is, des te kleiner is de golflengte waarbij de intensiteit in het stralingsspectrum maximaal is.



Opname van de Hubble telescoop. (bron:ESA)

Zelfs met het blote oog is te zien dat sterren aan de hemel verschillende kleuren hebben: sommigen zijn blauwachtig, anderen zijn meer rood van kleur. Dat is te verklaren met het stralingsspectrum van sterren in de bovenstaande figuur. Koele sterren hebben een oppervlaktetemperatuur van 4000 K of minder. In de bovenstaande figuur is te zien dat de piek van het spectrum bij een temperatuur van 4000 K bij een golflengte van ongeveer 800 nm ligt: de golflengte van rood licht. Koele sterren zijn daardoor roodachtig van kleur. Duidelijk is te zien dat de kleuren van sterren verschillen. De allerheetste sterren hebben een blauwachtige glans.



Stralingsspectrum (bron: Malmberg)

De wet van Wien is in 1893 opgesteld door de Duitse natuurkundige Wilhelm Wien. De wet van Wien zegt, dat deze golflengte  $\lambda_{\max}$  omgekeerd evenredig is met de absolute temperatuur  $T$  in kelvin (K). Dat betekent bijvoorbeeld: als de temperatuur tweemaal zo hoog is, is de golflengte van de piek in het stralingsspectrum tweemaal zo klein.

## Orion

We maken nu eerst kennis met een paar sterren in het sterrenbeeld Orion: Betelgeuze, Saiph, Bellatrix en Rigel.



### Webopgave 115 - Orion

Bekijk Orion met het vergrootglas en zoek de vier genoemde sterren op de

webpagina: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Orion\\_\(sterrenbeeld\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Orion_(sterrenbeeld)) .

Maak een schetsje in je schrift en zet daar de namen bij.



### Webopgave 116 en 117 - Meerkeuzevragen



meerkeuzevragen 116-117

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/992590>

#### Algemene Informatie

**Titel** meerkeuzevragen 116-117  
**Aantal Vragen** 2

Vul het goede antwoord in.

MAIN\_SECTION

Kies het goede alternatief:

- ☐ Rigel is blauw en Betelgeuze wit.
- ☐ We zien Bellatrix kleiner dan Saiph.
- ☐ Saiph ligt onder Betelgeuze.
- ☐ Betelgeuze is groter dan Rigel.

We beschouwen een ster nu als een zwarte straler. Daarmee wordt de kleur van een ster bepaald door de temperatuur aan het oppervlak.

Kies het juiste antwoord:

- ☐ Betelgeuze is heter dan Saiph

- ☐ Rigel is heter dan Bellatrix
- ☐ Alle blauwe sterren zijn even heet
- ☐ Betelgeuze is heter dan een brandende gloeilamp.
- 

Nu je de namen van de vier sterren die we gaan meten kent, kun je naar de volgende opdracht.



### Webopgave 118 - Meting

Je kunt de ster van je keuze selecteren met je muis en een spectrum laten tekenen met het 'voorwaarts' pijltje in het 'control' scherm. Als een spectrum klaar is kun je met het schuifbalkje naar elke plek op de grafiek gaan en aflezen om welke golflengte en intensiteit het gaat.

De intensiteit van de straling wordt telkens in een klein stukje van het golflengtegebied gemeten, dus langs de verticale as van der grafiek vinden we de eenheid:  $\text{W/m}^2$  per  $\Delta\lambda$ .



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/b3fdb2b867c2ae442a04481beca59a.s wf>

Kies nu een ster en teken het spectrum. Beantwoord daarna de vragen van webopgave 118. Noteer je uitwerking in je schrift of in je Word document.

Omdat we naar de opgevangen straling kijken kunnen we alleen de verschuivingswet van Wien toepassen om de oppervlaktetemperatuur van een ster te bepalen. Daarvoor hebben we de golflengte nodig waarop de meeste energie wordt uitgezonden.

1. Bepaal nu de oppervlaktetemperatuur van de ster die jij hebt gekozen. Vergelijk jouw antwoord met de gegevens op deze website: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Orion\\_\(sterrenbeeld\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Orion_(sterrenbeeld)).
2. Bepaal hoe groot de totaal opgevangen intensiteit van jouw ster is.
3. Bepaal het percentage van de intensiteit van de straling van jouw ster die wij ook kunnen **zien**.
4. Van onze zon kun je de zonneconstante berekenen (zie paragraaf 1.1 van je lestekst). Bereken nu ook de jouwster-constante.
5. Bereken nu ook hoeveel energie de aarde per jaar van jouw ster ontvangt. Vergelijk die waarde eens met de energie van de Zon.



### Webopgave 119 - Rekenen met de wet van Wien





Webopgave 119

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/992595>

### Algemene Informatie

**Titel** Webopgave 119  
**Aantal Vragen** 2

Vul het goede antwoord in.

MAIN\_SECTION

Een ster heeft een oppervlakte temperatuur van 5000k.

Bereken golflengte waarbij de meeste straling wordt uitgezonden en bepaal de kleur licht, die de ster voor ons heeft.

- ☐ 620 nm en een rood-gele kleur
- ☐ 1450 nm en ver infrarood.
- ☐ 580 nm en gele kleur

Gegeven is dat een ster voornamelijk violet (paars) licht uitzendt.

Zoek op welke golflengte daarbij hoort en bereken de oppervlaktetemperatuur van deze ster.

- ☐ De temperatuur van deze ster is 20 000 K
- ☐ De temperatuur van de ster is 4 000 K
- ☐ de temperatuur van deze ster is 7 000 K



## Webopgave 120 - Keuzeopdracht zonnenspectrum

Je gaat zelf een grafiek maken van het spectrum van de Zon, op basis van meetgegevens van D. Silva van de Universiteit van Oregon. Je kunt hier een excelbestand downloaden met gegevens van de intensiteit van het zonlicht voor een grote hoeveelheid golflengten.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/0/0176dc1a2f9156651c3c4dcb9aeeca4.xls>

Je ziet in het excelbestand een tabel met drie kolommen:

- het nummer van de meting,
- de golflengte  $\lambda$  in nm,
- de relatieve intensiteit bij die  $\lambda$ .

De (verticale) kolommen van de tabel zijn aangegeven door de letters A, B, C, ...; de (horizontale) rijen zijn genummerd.

### Opdracht:

Als je de tabel doorloopt zul je zien dat er 801 metingen zijn, om de halve nanometer, beginnend bij 360 nm. Zo'n tabel geeft geen duidelijk beeld van het spectrum van de Zon; daarom ga je er nu een grafiek van maken. Om een nette grafiek te maken in Excel, klik op de button met "**klik hier**".

Je grafiek toont een zgn. continu spectrum, d.w.z. een spectrum, dat een breed golflengtegebied beslaat. Voor zo'n spectrum bestaat er een verband tussen de golflengte  $\lambda_{\max}$  waarbij de intensiteit maximaal is en de temperatuur  $T$  van de bron. Dat verband heet de wet van Wien.

De Zon straalt dus licht uit waarvan de maximale intensiteit ligt in het zichtbare gebied van het elektromagnetisch spectrum. En de Aarde?

1. Maak een grafiek van het spectrum van de Zon, waarin de relatieve intensiteit staat uitgezet tegen de golflengte (in nm). Laat de grafiek lopen van 360 tot 760 nm.
2. Bekijk je grafiek. Bij één bepaalde golflengte ( $\lambda_{\max}$ ) is de intensiteit maximaal. Bepaal die  $\lambda_{\max}$  (zo goed mogelijk).
3. Hier en daar in het spectrum is de intensiteit nul. Hoe zou dat komen?
4. Schat met behulp van je grafiek de temperatuur van het oppervlak van de zon.
5. Schat de temperatuur van het oppervlak van de Aarde en bereken daaruit de  $\lambda_{\max}$  van de door de Aarde uitgezonden straling. In welk deel van het elektromagnetisch spectrum ligt dat?

[klik hier](#)

### 4.1 - De afstand van sterren

Een blik op de sterrenhemel maakt duidelijk dat sterren verschillen in helderheid. Die verschillen in helderheid worden veroorzaakt door verschillen in grootte, oppervlaktetemperatuur en afstand.

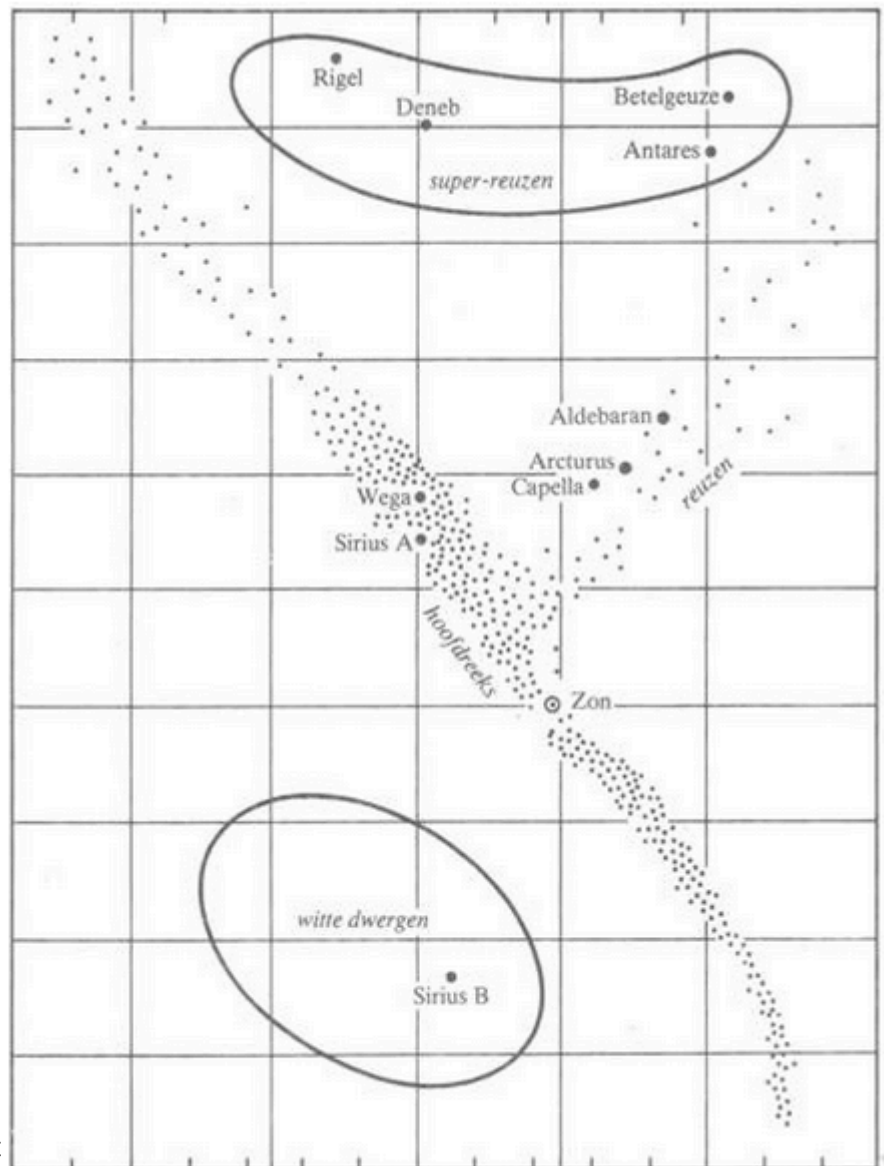


De grootte van de stip is een maat voor de helderheid van de ster, groter is helderder.

Hoe groter de afmeting en hoe hoger de oppervlaktetemperatuur van een ster zijn, des te groter is het uitgezonden stralingsvermogen. Dit stralingsvermogen noemen we de lichtsterkte ( $L$ ) van een ster. Op aarde kunnen we de stralingsintensiteit ( $I$ ) van een ster meten: het waargenomen stralingsvermogen per vierkante meter. Als we ook de afstand ( $r$ ) tot de ster weten, is de lichtsterkte van een ster te berekenen met de gemeten stralingsintensiteit en de afstand. Voor relatief dichtbij geleiden sterren is de afstand te bepalen uit de parallax van deze sterren over een periode van zes maanden. Hoe kleiner deze beweging is, des te verder weg staat de ster.

In het begin van de vorige eeuw combineerden E. Hertzsprung en H.N. Russell de kennis over alle sterren waarvan de stralingsintensiteit en de afstand - en dus de lichtsterkte - bekend was in het diagram (zie hiernaast). Dit is het Hertzsprung-Russell diagram. Langs de verticale as staat de lichtsterkte, langs de horizontale as de oppervlaktetemperatuur van de sterren. Uit dit diagram blijkt dat de meeste sterren (waaronder de zon) zich op de zogenaamde hoofdreeks bevinden: de strook van rechtsonder naar linksboven. Een kleiner aantal sterren wijkt van die regelmaat af: de *reuzen*, de *superreuzen* en de *witte dwergen*.

Langs de verticale as staat de lichtsterkte  $L$ , uitgedrukt in de bekende lichtsterkte van de zon ( $L_{\text{zon}}$ ). Langs de horizontale as staat de oppervlaktetemperatuur  $T$  van een ster. Beide schaalverdelingen zijn niet lineair. Dat maakt het aflezen van waarden in het diagram wat lastig. Bovendien is de schaalverdeling langs de horizontale as wat ongebruikelijk: langs de as neemt de temperatuur van links naar rechts af.



Het Hertzsprung- Russell diagram. (bron: Malmberg)

In het volgende diagram kun je de levensloop van een ster zoals onze zon volgen in het HR diagram: van geboorte in een wolk van waterstofgas en andere stoffen tot zijn dood als zwarte dwerg.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/a1bb253e3d1a3556432f7c313b102cba.s wf>



### Webopgave 121

1. Hoe lang duurt deze reis van geboorte tot dood van een ster? Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Zon>
2. Bij welke temperatuur is een ster het helderst?
3. Wat gebeurt er met de ster na de variabele fase?



### Webopgave 122 - Invuloefening

Lees de tekst hierboven aandachtig door en vul de ontbrekende woorden in.

- Hoe groter de afmetingen hoe hoger de oppervlaktetemperatuur van een ster zijn, des te groter is het uitgezonden stralingsvermogen.  (  ) van een ster.
- Opaar de kunnen we de  (  ) van een ster meten: het waargenomen stralingsvermogen per  .
- Als we ook de  (  ) tot de ster weten, is de  van een ster te berekenen met de gemeten stralingsintensiteit en de afstand.
- Voor relatief dicht bij gelede sterren is de afstand te bepalen uit de  van deze sterren overeenperiode van zes maanden. Hoe kleiner deze beweging is, des te verder weg staat de ster.
- In het begin van de vorige eeuw combineerden E. Hertzsprung en H. N. Russell de kennis over alle sterren waarvande  en de afstand- en dus de lichtsterkte bekend was in het diagram (zie onder). Dit is het Hertzsprung-Russell diagram.
- Langs de verticale as staat de lichtsterkte, langs de horizontale as de  van de sterren.
- Uit dit diagram blijkt dat de meeste sterren (waaronder de zon) zich op de zogenaamde  bevinden: de strook van rechtsonder naar links boven. Een klein aantal sterren wijkt van die regelmaat af: de  de  en de .

### Parallaxmethode

Voor sterren die ver weg liggen is een afstandsbepaling met de parallaxmethode niet mogelijk: de parallax is zo klein dat die niet is waar te nemen. Maar in dat geval is die afstand met het Hertzsprung-Russell diagram te bepalen. Uit het waargenomen sterspectrum volgt met de wet van Wien de oppervlaktetemperatuur. Uit het Hertzsprung-Russell diagram is dan de lichtsterkte  $L$  van die ster af te lezen. De aanname daarbij is dat de ster op de hoofdreeks ligt. Astronomen kunnen uit de eigenschappen van het sterspectrum opmaken of dat het geval is. Uit de zo bepaalde lichtsterkte  $L$  en de

op aarde waargenomen stralingsintensiteit  $I$  van de ster is dan de afstand  $r$  te berekenen. Want: als het - zoals eerder gezegd - mogelijk is om uit  $I$  en  $r$  de lichtsterkte  $L$  te berekenen, dan is het ook mogelijk om uit  $L$  en  $I$  de afstand  $r$  te berekenen. Op deze manier kunnen we dus een beeld krijgen van de lichtsterkte, de oppervlaktetemperatuur en de afstand van de sterren die we aan de hemel zien. Astronomen kunnen daaruit bovendien de grootte en de massa van sterren afleiden.



### Webopgave 123

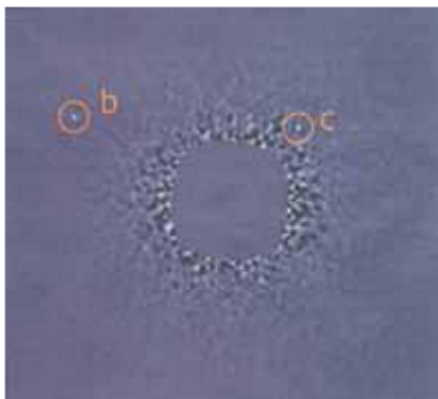
Gegeven een hoofdreeks-ster met  $\lambda_{\max}$  bij 580nm. De waargenomen stralingsintensiteit is 400 keer kleiner dan die van de zon. Als de afstand van een ster twee keer zo groot wordt, wordt de intensiteit van de straling vier keer zo klein.

1. Wat is zijn lichtsterkte?
2. Hoe ver staat de ster van ons af?



### Webopgave 124 - Extra: Exoplaneten

De zon heeft een stelsel van planeten om zich heen. Men heeft zich lang afgevraagd of de zon de enige ster is met zo'n planetenstelsel. De zoektocht naar planeten bij andere sterren heeft inmiddels zo'n 300 zogenaamde exoplaneten opgeleverd. Aanwijzingen voor de aanwezigheid van een exoplaneet bij een ster zijn heel kleine variaties in de snelheid en lichtsterkte van die ster. De snelheidsvariaties zijn alleen goed te meten bij zware exoplaneten die met grote snelheid in een kleine baan rondom de ster draaien. En om de lichtsterktevariaties te kunnen meten, moeten we vanaf de aarde tegen de zijkant van het stelsel aankijken, zodat de exoplaneet voor de ster langs beweegt.



In 2008 zijn de eerste exoplaneten ook echt op telescoopbeelden te zien: de ster HR8799 met zijn planetenstelsel. De ster staat op een afstand van 128 ly. Op de foto zijn twee van de drie reuzenplaneten te zien, met omlooptijden van 100, 190 en 460 jaar. Bij het maken van de foto is het licht van de ster zelf afgeschermd, omdat de planeten anders niet zichtbaar zouden zijn. (bron: Malmberg)

#### Opdracht:

Beschrijf in eigen woorden ten minste 3 methoden om een exoplaneet te ontdekken.



Meer weten? Je kunt deze site als bron gebruiken : [website wikipedia over exoplaneten](#)

## 4.1 - Ons Melkwegstelsel



Lees eerst de lesstof van hoofdstuk 4 paragraaf 4.1 Maak daarna de vragen op deze pagina.

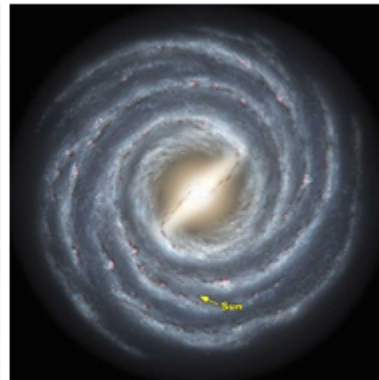


<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/f/fc43133f1b8cb78d1333b335a8ac0eba.docx>

De zon, met al haar planeten en bijbehorende manen, maakt deel uit van het Melkwegstelsel. We zien de melkweg als een lichte band over de hemel. Het is voor astronomen niet gemakkelijk geweest om zich een beeld te vormen van de structuur van het Melkwegstelsel, want wij zitten er middenin.



(bron wikipedia)



(bron wikipedia)

Het Melkwegselsel bestaat uit zo'n 200 tot 400 miljard sterren in een discussvormige schijf (zie figuur). Het Melkwegstelsel wordt bijeen gehouden door de gravitatiekracht en roteert om zijn middelpunt. Met de **gravitatiewet van Newton** heeft men berekend, dat de massa in het centrum van het Melkwegstelsel ongeveer 100 miljard zonsmassa's bedraagt. De totale massa van het Melkwegstelsel is nog veel groter.

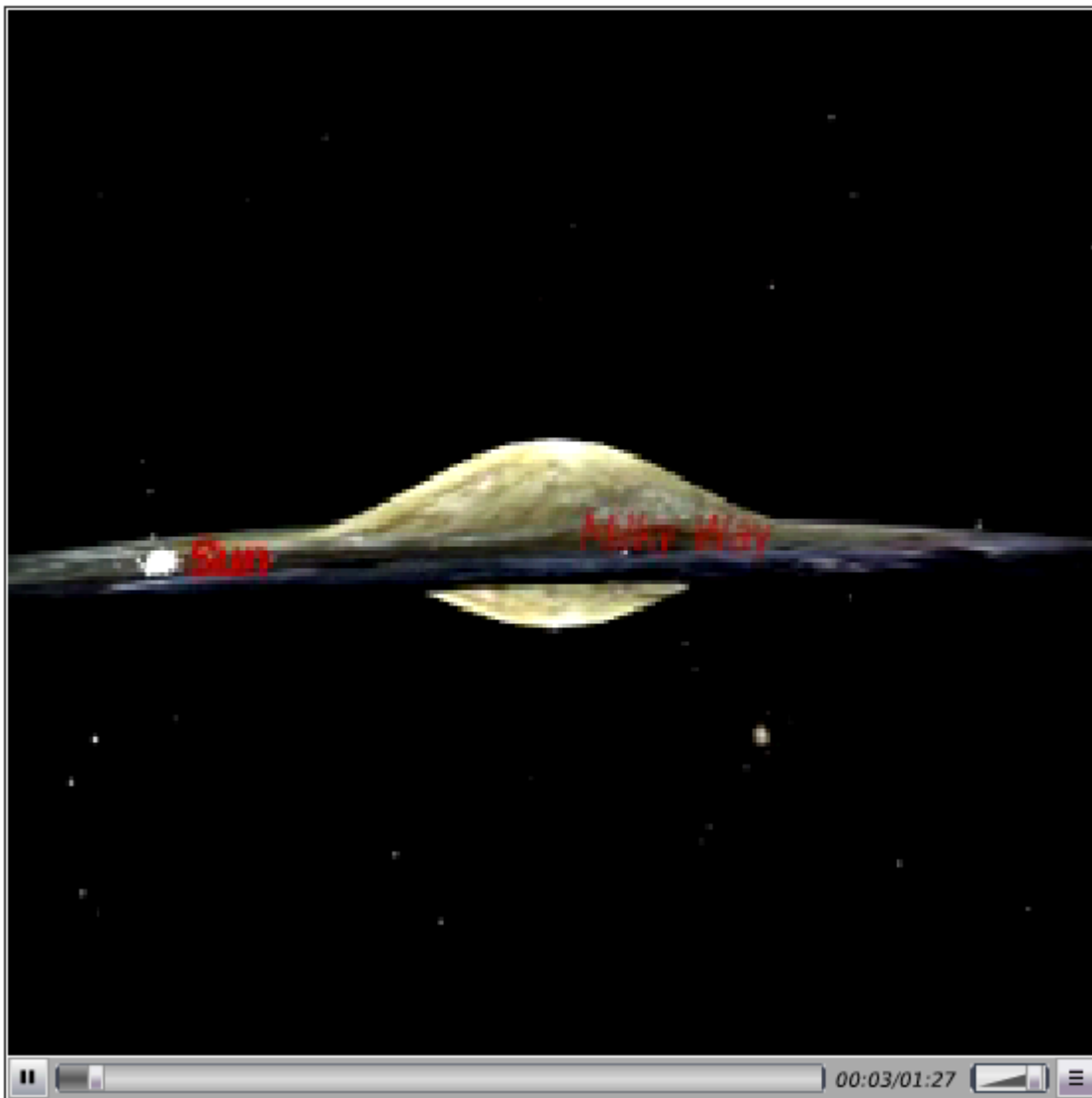


### Webopgave 125 - Newton

Hoe kun je met de gravitatiewet berekenen hoe groot de massa in het centrum is? Schrijf de stappen één voor één op. (Tip: denk aan de middelpuntzoekende kracht op een ster  $F_{mpz} = mv^2/r$  die geleverd wordt door de  $F_g = G \cdot m \cdot M/r^2$ )



Een impressie van de vorm van ons Melkwegstelsel zie je in dit videofragment.



[Klik hier voor film.](#)



**Webopgave 126** - Meerkeuzevraag



webopgave 126  
<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/992609>

## Algemene Informatie

**Titel** webopgave 126  
**Aantal Vragen** 2

Vul het goede antwoord in.

MAIN\_SECTION

Waarom weten we niet zeker dat de melkweg er zo uit ziet?

- ☐ aan de hemel zie je alleen sterren en geen sterrenstelsels, daarom weten we niet zeker.
- ☐ We zitten in de melkweg en kunnen dus niet zien hoe de melkweg ervan buiten uitziert.
- ☐ We zitten in de melkweg en kunnen dus niet zien hoe de melkweg ervan buiten uitziert.

Uit hoeveel sterren bestaat de melkweg ongeveer en hoe weten we dat?

- ☐ Ongeveer 100 miljard en sterrenkundigen hebben ze één voor één geteld.
- ☐ De massa is berekend met de gravitatiewet van Newton en het aantal sterren is dan te berekenen met de aanname dat ze allen even zwaar zijn als de zon, dan kom je op gemiddeld 200 miljard.
- ☐ Ongeveer 500 miljard sterren, dat bepaal je doordat je weet dat de melkweg een gemiddeld sterrenstelsel is en een gemiddeld sterrenstelsel heeft 500 miljard sterren. Dat is namelijk gemeten.

### 4.1 - Sterrenstelsels





De Andromedanevel (bron: Malmberg)

Ons melkwegstelsel lijkt erg op een van onze 'buren' in het heelal: de Andromedanevel. De Amerikaanse astronoom Edwin Hubble was in staat om de afstand tot de Andromedanevel te bepalen. Hij vond een afstand die veel groter was dan de afmetingen van ons Melkwegstelsel. In latere metingen is vastgesteld dat de Andromedanevel zelf een sterrenstelsel is, met een structuur en afmetingen die sterk op ons eigen Melkwegstelsel lijken. De Andromedanevel staat op 2,2 miljoen lichtjaar van de aarde, bevat 200 miljard sterren en is voor ons het dichtstbijzijnde sterrenstelsel in het heelal.



### Webopgave 127 - Hubble

Een satelliet zoals de Hubble bestaat uit heel veel verschillende onderdelen. Om je te laten zien dat we in de natuurkunde allerlei onderwerpen combineren maak je deze opgave waarin de optica een grote rol speelt. Een satelliet 'kijkt' toch op een wat andere manier naar de verre ruimte. Voor de telescoop is het niet zo handig een grote dikke lens te gebruiken. Het grote gewicht en de afwijkingen van de beeldvorming zijn behoorlijk bezwaarlijk. De oplossing ligt in het gebruik van holle spiegels, die kunnen het licht ook bundelen en zo een beeld vormen in de opname apparatuur.

Hier zie je een animatie van de Space Telescope Hubble.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/89db83e308a52dbea8b319eafee1c1e6.s wf>

Ga naar 'model' en vereenvoudig het plaatje totdat je de spiegels kunt zien. Beschrijf kort, met een tekening, hoe het licht van de ver weg gelegen sterrenstelsels op de camera van de Hubble terecht komt.



**Meer weten?**

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Ruimtetelescoop\\_Hubble](http://nl.wikipedia.org/wiki/Ruimtetelescoop_Hubble)

### Afstanden van sterrenstelsels

Het op een betrouwbare manier bepalen van de afstanden van sterrenstelsels in het heelal is een probleem. De parallax van sterrenstelsels is zo klein, dat deze niet is waar te nemen. Daarom gebruikt men de waargenomen stralingsintensiteit van een speciaal soort sterren: de Cepheïden. Dit zijn veranderlijke sterren die genoemd zijn naar hun prototype: de ster Delta Cephei. Uit de lichtsterkte  $L$  en de op aarde gemeten stralingsintensiteit  $I$  de afstand  $r$  van de Cepheïde te berekenen. Deze methode werd door Hubble gebruikt om de afstand tot de Andromedanevel te bepalen. (zie ook: <http://nl.wikipedia.org/>)



### Webopgave 128 - Afstandbepaling met Cepheïde



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/abda194dfafa5fcd0234bfdf92f97dc1.swf>

Hoe kon Hubble de geweldig grote afstand tot de andromedanevel meten? Beschrijf kort zijn methode.  
( zie ook <http://nl.wikipedia.org/wiki/Cephe%C3%AFde>)



**Webopgave 129 - Stellingen.**



Webopgave 129 - Stellingen.

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/992617>

#### Algemene Informatie

**Titel** Webopgave 129 - Stellingen.  
**Aantal Vragen** 5

Waar of niet waar?

MAIN\_SECTION

Een cepheïde is een ster met constante lichtkracht.

☐

waar

☐

niet waar

De andromedanevel lijkt op de melkweg.

☐

waar

☐

niet waar

Henrietta Leavitt wist de afstand tot de andromedanevel op te meten met parallax.

- ☐ waar
- ☐ niet waar
- 

De melkweg bestaat uit 200-400 miljard sterren.

- ☐ waar
- ☐ niet waar
- 

Onze zon ligt op ongeveer 100 000 lichtjaar van het centrum van de melkweg.

- ☐ waar
- ☐ niet waar
- 

## 4.2 Evolutie van het heelal

### Samenvatting

Kosmologen proberen de vraag te beantwoorden hoe het heelal is ontstaan, hoe het heelal zich heeft ontwikkeld en hoe de toekomst van het heelal eruit ziet. Volgens de moderne inzichten ontstond het heelal ongeveer 13,7 miljard jaar geleden met de oerknal. Hiervoor is een aantal aanwijzingen, waaronder de waargenomen uitdijning van het heelal (volgens de wet van Hubble) en het bestaan van de kosmische achtergrondstraling. De wet van Hubble geeft het verband tussen de vluchtsnelheid  $v$  en de afstand  $d$  van sterrenstelsels:  $v = H \cdot d$ . In een relatief korte periode na de oerknal konden quarks zich verbinden tot protonen en neutronen, gevolgd door de vorming van eerst de atoomkernen en later de atomen van de lichtste elementen. Ruwweg 1 miljard jaar na de oerknal klonterde deze materie onder invloed van de gravitatiekracht samen tot de eerste sterren en sterrenstelsels. De atomen van de zwaardere elementen zijn later door kernfusieprocessen in de sterren ontstaan en bij supernova-explosies door het heelal verspreid. Het licht van een ster of sterrenstelsel heeft tijd nodig om de afstand naar de aarde te overbruggen. Wanneer wij dat licht waarnemen, kijken we dus naar het verleden.



Lees eerst de lesstof van hoofdstuk 4 paragraaf 4.2 t/m 'de vorming van zwaardere elementen'. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2/224b28cf1dbda34114e9d34c52a4db21.docx>

**Hoe is het heelal ontstaan, hoe heeft het heelal zich ontwikkeld en hoe ziet de toekomst van het heelal eruit?**

### Kosmologie

Beantwoord na het lezen van de leerstof de volgende vragen.



#### Webopgave 130 - Invuloefening

Vul de juiste woorden in.

- Isotroop betekent in alle richting dezelfde .
- is de studie naar het ontstaan en de structuur van het heelal.
- betekent vanzelfde aard of samenstelling.
- Het studieobject van kosmologie is het .



#### Webopgave 131 - Oerknal

### Wat is de oerknaltheorie?

De bekendste theorie over het ontstaan van het heelal wordt de oerknaltheorie, ook wel de Big Bang-theorie genoemd.



Bekijk de volgende film over de oerknal.

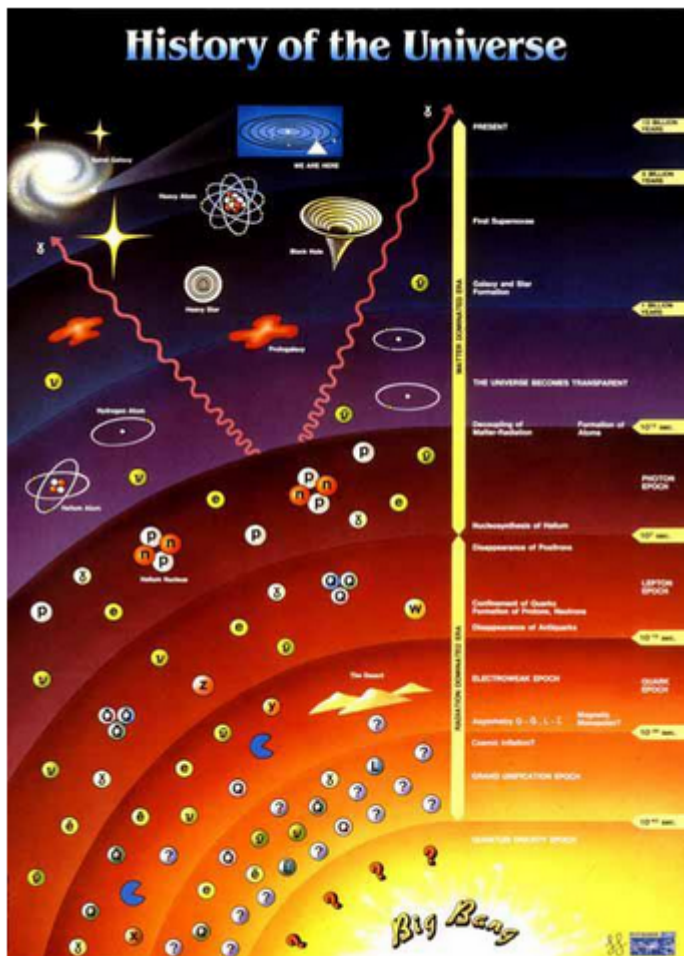


<http://www.youtube.com/embed/OZPmQMyJnGc>

Bron: <http://www.youtube.com/watch?v=OZPmQMyJnGc>

## Vragen:

1. Hoe lang duurt het voordat de eerste protonen en neutronen ontstaan?
2. Hoe lang duurt het vanaf de oerknal voordat de mensen op de aarde ontstaan?
3. Hoe heten de vier fundamentele krachten van de natuur?
4. Waarom kijk je eigenlijk naar het 'verleden' als je naar ver weg gelegen sterren kijkt?



Schematische voorstelling van de oerknal. (bron: Malmberg)

## Verloop van de oerknal

De oerknal of Big Bang begon met een hete en zeer dichte oersoep van quarks. Na ongeveer een milliseconde had het heelal de omvang van het zonnestelsel. Door de dalende temperatuur konden de quarks zich verbinden tot protonen en neutronen. Na 100 seconden werden de atoomkernen van de lichtste elementen gevormd, eerst waterstof en na verdere afkoeling ook helium (twee protonen en twee neutronen) en lithium (drie protonen en drie neutronen).

Na zo'n 300 000 jaar was het heelal zó ver afgekoeld, dat de elektronen en atoomkernen in atomen werden gebonden. Licht kan nu vrij bewegen. Na 1 miljard jaar klonterde materie onder invloed van de gravitatiekracht samen tot de eerste sterren en sterrenstelsels. We leven nu ongeveer 13,7 miljard jaar na de oerknal, schattingen lopen uiteen van 10 tot 20 miljard jaar.



## Webopgave 132 - Tijdlijn oerknal

Bekijk de animatie (in het engels) en maak een gedetailleerde tijdlijn van de gebeurtenissen na de Big Bang.



Klik op de play knop rechts onder.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/dad1a88ff2d4b138a92572a1246e0866.s wf>

## Hoe zijn de zwaardere elementen gevormd?



Lees eerst de lesstof van hoofdstuk 4 paragraaf 4.2 vanaf 'de vorming van zwaardere elementen'. Maak daarna de vraag op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/8/8e69984cb8585754fce8ac2107e1af20.docx>

De zware elementen zijn ontstaan bij de explosie van zware sterren: die explosies zijn waar te nemen als nova's of de grotere supernova's..



In 1987 was er een supernova (links), een paar dagen voor de explosie is er op die plaats alleen een gewone ster te zien (rechts).



### Webopgave 133

1. Lees de tekst en geef in maximaal 10 zinnen weer hoe de elementen als zuurstof, koolstof en bijvoorbeeld zwavel in het heelal ontstaan zijn.
2. Waarom zegt men wel dat wij allemaal bestaan uit sterrenstof? Is de uitspraak helemaal juist?

## 4.2 - Bewijs voor de oerknal



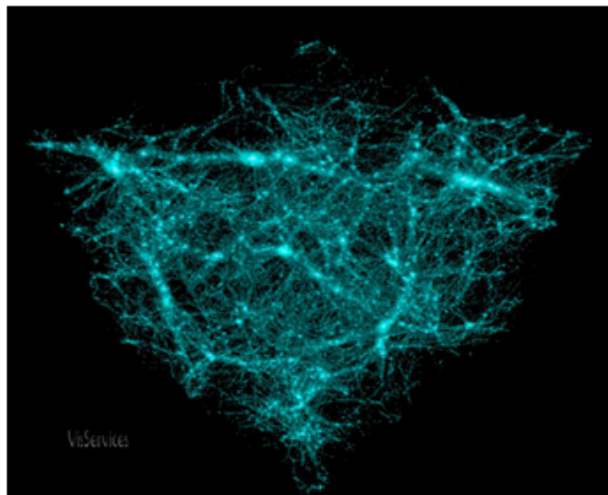
Lees eerst de lesstof van hoofdstuk 4 paragraaf 4.2 t/m de samenvatting. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/1/148801264a14f524201cb5d55f99ddc0.docx>



Om de theorie van de oerknal weerleggen moet men één of ander verschijnsel waarnemen dat in strijd is met de uitgangspunten van deze theorie. We zouden een ster kunnen waarnemen die ouder is dan de het moment van de eerste stervorming, zoals voorspeld door de oerknaltheorie. Of we zouden een waarneming kunnen doen waaruit blijkt dat de verdeling van de Melkwegstelsels over het heelal niet homogeen is. Bijvoorbeeld over de 'donkere materie'.



Donkere materie (bron: Kennislink)



Opgave van de Hubble ruimte telescoop (bron: Malmberg)



Meer weten? Maar dat dat niet altijd tot eenduidige resultaten leidt kun je lezen in het volgende artikel over donkere materie: [kosmologen-tasten-in-het-duister](#) en [http://nl.wikipedia.org/wiki/Donkere\\_materie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Donkere_materie)



### Webopgave 134 - Donkere materie

1. Wat is donkere materie?
2. Hoe hebben de kosmologen de donkere materie ontdekt? Welke waarnemingen hebben ze daarvoor gedaan?

### De wet van Hubble

Een belangrijke voorspelling van de oerknaltheorie is de uitdijning van het heelal. In 1929 nam de astronoom Edwin Hubble de uitdijning van het heelal daadwerkelijk waar. Aan de hand van zijn metingen stelde hij vast dat alle Melkwegstelsels zich van elkaar af bewegen. Bovendien geldt dat hoe verder ze van ons verwijderd zijn, des te groter is hun snelheid. Zijn resultaten vatte hij samen in een formule, die de wet van Hubble is gaan heten: volgens de wet van Hubble verwijderen sterrenstelsel zich van ons af met een snelheid die gegeven wordt door:

$$v = H \cdot d$$

waarin geldt:

- $v$  is de snelheid van een Melkwegstelsel in meters per seconde ( $\text{ms}^{-1}$ )
- $H$  is de afstand van het Melkwegstelsel tot ons in meters (m)
- $d$  is een constante; deze wordt de constante van Hubble genoemd. De huidige waarde is:  $2,31 \cdot 10^{-8}$ .



### Webopgave 135 - Video Edwin Hubble

Edwin Hubble ontdekte dat het heelal heel groot was. Met zijn wet beschreef hij ook het uitdijende heelal.



Bekijk de video.



[//www.youtube.com/embed/hVApTLE7Csc](https://www.youtube.com/embed/hVApTLE7Csc)

Bron: [http://www.youtube.com/watch?v=hVApTLE7Csc](https://www.youtube.com/watch?v=hVApTLE7Csc)

#### Vragen :

1. Leg uit wat redshift (roodverschuiving) is.
2. Hoe kwam Edwin Hubble achter zijn wet?
3. Leg uit dat de wet van Hubble een argument is, dat de oerknal theorie waar kan zijn.
4. Welke eenheid hoort er bij de Hubble constante d?
5. Op welke hoogte hangt de Hubble telescoop? (reken het aantal miles om naar km.)

Door de onzekerheid in de afstandsschaal is er echter ook de waarde van de Hubble constante niet precies bekend en daarmee in de leeftijd van het heelal.

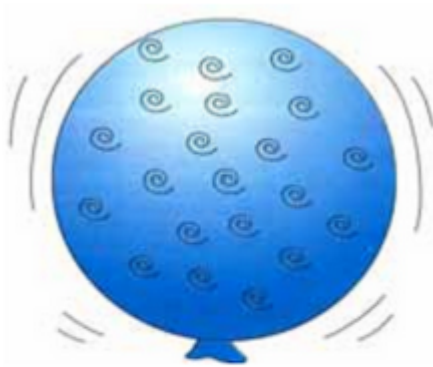
Als de Hubble constante groot is, dijt het heelal sneller uit en moet de huidige toestand sneller bereikt zijn. De leeftijd van het heelal is dus evenredig met het omgekeerde van de Hubble constante. De wet van Hubble wil overigens niet zeggen, dat ons sterrenstelsel zich in het centrum bevindt. Dat wordt ook het kosmologisch principe genoemd.



### Webopgave 136

1. Beschrijf in het kort wat dit principe inhoudt, zie ook: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Kosmologisch\\_principe](http://nl.wikipedia.org/wiki/Kosmologisch_principe)
2. Waarom bevinden wij ons dus niet in het midden van het heelal?





Stel je eens voor dat we op de ballon van de onderstaande figuur leven en dat de stippen op de ballon de sterrenstelsels voorstellen. Als de ballon wordt opgeblazen, drijft het gehele heelal (het oppervlak) uit en "ziet" elke stip de andere stippen van zich af bewegen. Vanuit elk punt lijkt het dus alsof jij je in het middelpunt van het heelal bevindt. Probeer het maar eens uit!



### Webopgave 137 - Krentenbol

Verwijderende sterrenstelsels op een ballon (bron: Malmberg)

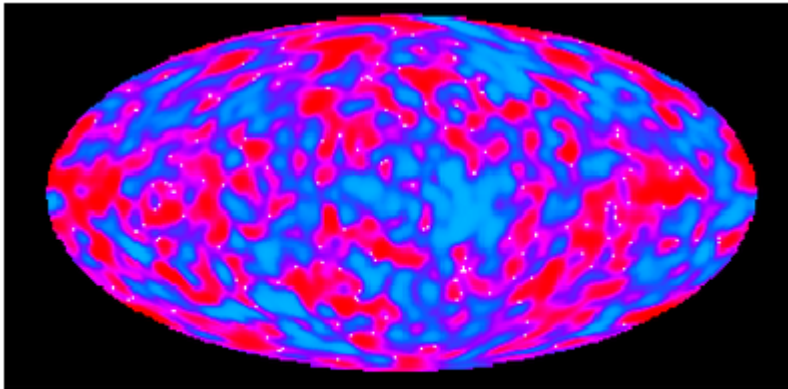
Soms nemen we ook wel een ander voorbeeld: een bol deeg met daarin wat krenten. Als het deeg rijst.....

Waarom is dit voorbeeld beter dan het balonnetje?

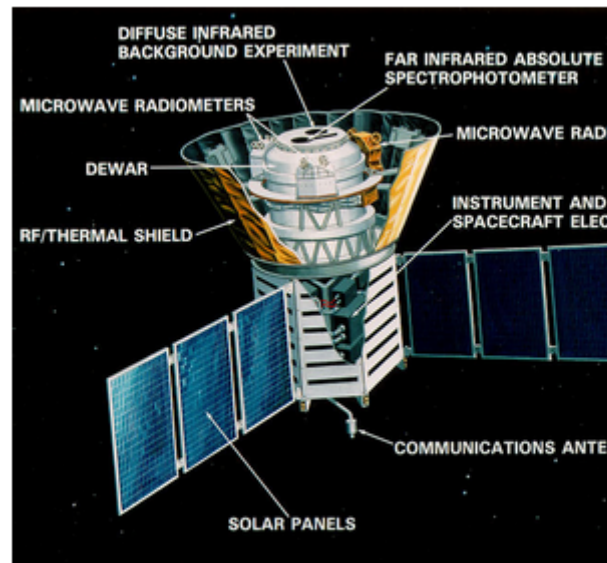
[klik hier](#)

## Kosmische achtergrondstraling

De kosmische achtergrondstraling geeft ons informatie over de begintijd van het Heelal. Deze microgolfstraling werd in 1965 door Arno Penzias en Robert Wilson ontdekt. Met de satelliet Cobe (COsmic Background Explorer) werd in 1991 de kosmische achtergrondstraling nauwkeurig in kaart gebracht. Deze straling bleek - zoals voorspeld door de oerknaltheorie - heel gelijkmatig te zijn, met slechts minimale variaties.



Kosmische achtergrondstraling, zoals waargenomen door de COBE satelliet. (bron: Wikipedia)



De Cosmic Background Explorer



### Webopgave 138 COBE keek dus naar de achtergrondstraling van ons Heelal.

1. Wanneer is die straling uitgezonden?
2. Waarom geven de kleine variaties in de straling aan dat er sterrenstelsels gevormd kunnen zijn?

## 4.3 Opgaven

### 4.3 - Opgaven paragraaf 4.1 a



#### Webopgave 139 - Orion

De onderstaande figuur laat het sterrenbeeld Orion zien met de heldere sterren Betelgeuze en Rigel. Betelgeuze is roodachtig van kleur en Rigel blauwachtig. Van welke ster is de oppervlaktetemperatuur het hoogst? Leg uit waarom.



Figuur - sterrenbeeld Orion (bron: Malmberg)



#### Webopgave 140 - Warmtestraling

Alle voorwerpen in je omgeving stralen - net als een ster - energie uit.

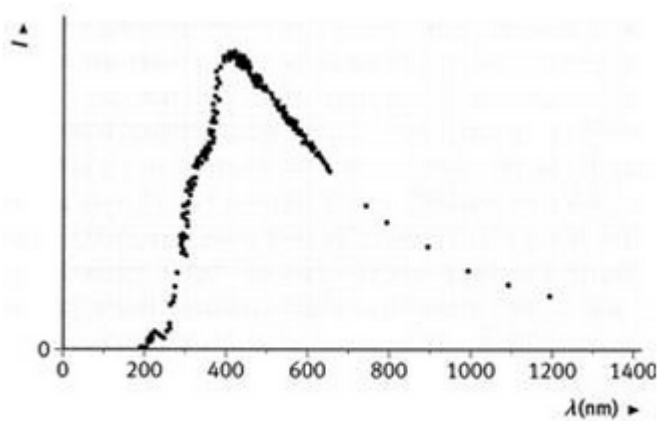
1. Waarom kun je deze voorwerpen dan in het donker niet zien?
2. Bereken de golflengte van de piek in het stralingsspectrum van deze voorwerpen. In welk gebied van het elektromagnetisch spectrum ligt deze straling?



#### Webopgave 141 - Oppervlaktetemperatuur van een ster

De onderstaande figuur geeft het stralingsspectrum weer van een ster.

Bepaal met de grafiek de oppervlaktetemperatuur.



Figuur - Het stralingsspectrum van een ster (bron: Malmberg)



#### Webopgave 142 - Zwakke en heldere sterren

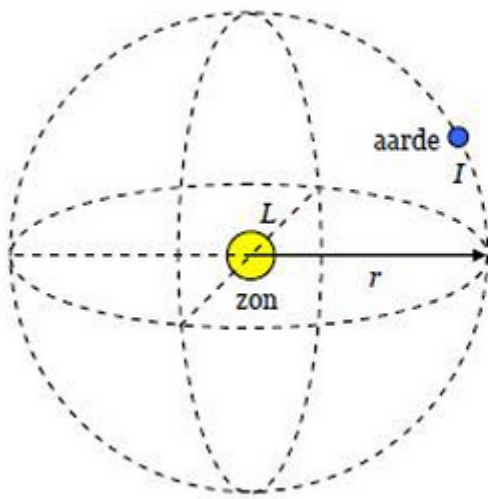
Een ster met een grote lichtsterkte kan voor ons op aarde zwakker zijn dan een ster met een kleine lichtsterkte. Verklaar dit.



#### Webopgave 143 - Lichtsterkte van de zon

De stralingsintensiteit  $I$  van de zon hier op aarde is  $1,40 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$ . We noemen dit de zonneconstante. Met dit gegeven is de lichtsterkte of het stralingsvermogen van de zon te berekenen. Het door de zon uitgezonden stralingsvermogen  $L_{\text{zon}}$  verspreidt zich in alle richtingen over een boloppervlak in de ruimte (figuur). Ter plaatse van de aarde is dat het oppervlak van een bol met een straal  $r$  die gelijk is aan de afstand zon-aarde. En op dat boloppervlak is de stralingsintensiteit  $I$  van de zon bekend: de zonneconstante.

1. Bereken het oppervlak van de bol om de zon waarop de aarde ligt.  
*Aanwijzing: Het oppervlak  $A$  van een bol met straal  $r$  wordt gegeven door  $A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ .*
2. Bereken met dat boloppervlak en de zonneconstante het door de zon uitgestraalde vermogen  $L_{\text{zon}}$ . Controleer je antwoord met Binas.
3. Laat zien dat je de lichtsterkte  $L_{\text{zon}}$  bepaald hebt met de volgende formule:  
$$L_{\text{zon}} = I_{\text{zon}} \cdot 4 \pi r^2$$
  
In deze formule is  $I_{\text{zon}}$  de zonneconstante (de stralingsintensiteit van de zon op aarde) en  $r$  de afstand zon-aarde.



boloppervlak in de ruimte (bron: Malmberg)



#### Webopgave 144 - Lichtsterkte van de ster Sirius

Op aarde is de stralingsintensiteit van de ster Sirius  $1,33 \cdot 10^{-7} \text{ W/m}^2$ . De afstand van de aarde tot Sirius is bekend:  $8,1 \cdot 10^{16} \text{ m}$ .

*Aanwijzing: ga op dezelfde wijze te werk als in webopgave 143.*

1. Bereken de lichtsterkte van de ster Sirius.
2. Hoeveel keer zo groot is de lichtsterkte van de ster Sirius, vergeleken met de lichtsterkte van de zon?

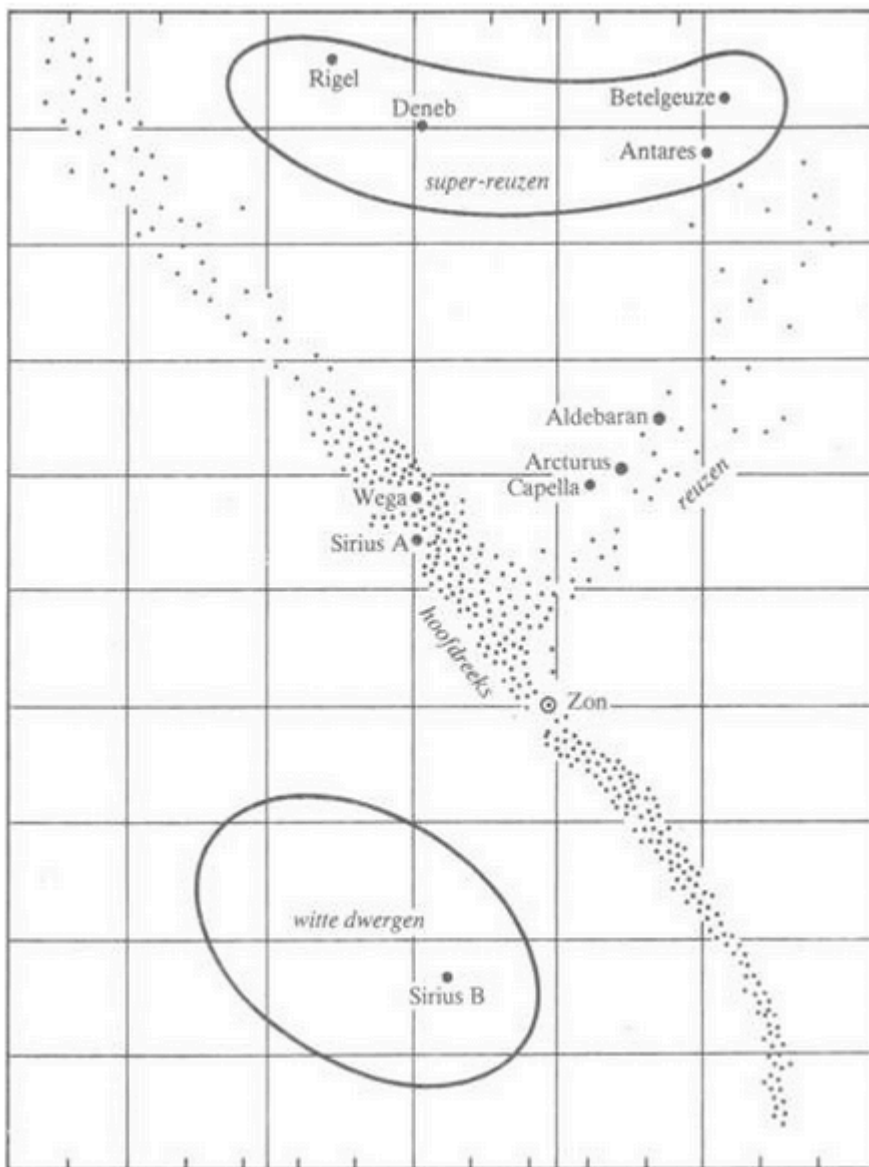
#### 4.3 - Opgaven paragraaf 4.1 b



#### Webopgave 145 - Het Hertzsprung-Russel diagram

In het Hertzsprung-Russel diagram hieronder staan de sterren waarvan de lichtsterkte  $L$  en de oppervlaktetemperatuur  $T$  bekend is.

1. Welke gegevens van een ster hebben we nodig om de lichtsterkte van die ster te kunnen bepalen? En hoe bepalen we dan die lichtsterkte?
2. Welke gegevens van een ster hebben we nodig om de oppervlaktetemperatuur van die ster te kunnen bepalen? En hoe bepalen we dan die oppervlaktetemperatuur?



Hertzsprung-Russel diagram (bron: Malmberg)



#### Webopgave 146 - Afstandbepaling met het Hertzsprung-Russel diagram

Met behulp van het Hertzsprung-Russel diagram van de figuur hierboven is de afstand van een ster te bepalen, als die ster te ver weg ligt voor het gebruik van de parallaxmethode.

De aanname hierbij is dat de ster op de zogenaamde hoofdreeks ligt.

Voor deze manier van afstandbepaling moet het stralingsspectrum van de ster worden gemeten.

1. Leg uit waarom dit een redelijke aanname is.
2. De piek van het stralingsspectrum van deze ster ligt bij een golflengte van 290 nm. Bereken de oppervlaktetemperatuur van deze ster.
3. Bepaal met deze oppervlaktetemperatuur en het Hertzsprung-Russel diagram van de figuur hierboven de lichtsterkte van deze ster.  
De stralingsintensiteit van deze ster is op aarde  $1,4 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2$ .
4. Bereken de afstand van deze ster.

*Aanwijzing: ga op dezelfde wijze te werk als in webopgave 143, maar dan in omgekeerde volgorde: je weet nu de lichtsterkte  $L$  en de stralingsintensiteit  $I$  van de ster, maar niet de*

afstand  $r$ .



### Webopgave 147 - Exoplaneet

Lees eerst het onderstaande deel van een krantenartikel over de speurtocht naar exoplaneten: planeten bij andere sterren dan de zon.

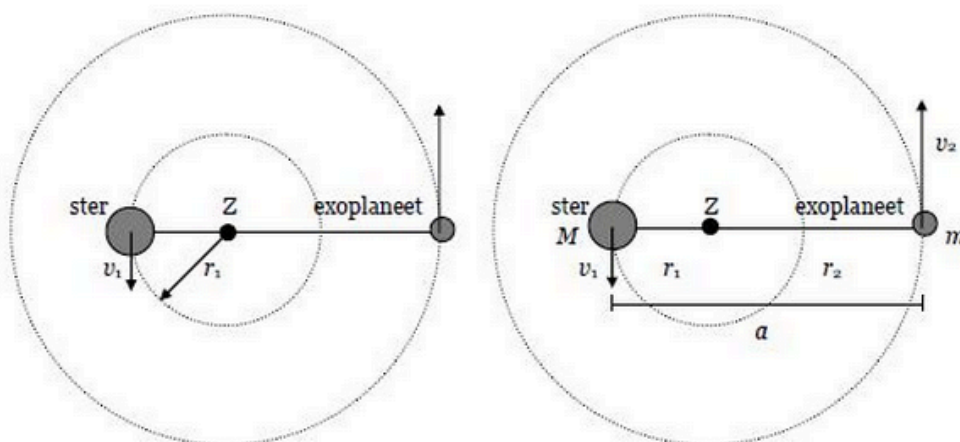
#### Planeet in zicht

Over het bestaan van planeten bij andere sterren (exoplaneten) wordt al eeuwenlang gespeculeerd. Christiaan Huygens rekende al voor dat je ze met een telescoop nooit kunt zien: een planeet weerkaatst maar een heel klein beetje licht van zijn moederster, en zo'n zwak lichtstipje wordt volledig door de ster overstraald. Toch zijn er sinds 1995 ruim honderd exoplaneten gevonden. Hun bestaan is afgeleid uit kleine, periodieke snelheidsvariaties van de ster waar ze omheen draaien: de ster schommelt een beetje door de geringe zwaartekracht van de planeet. Op die manier worden vooral zware planeten in kleine omloopbanen gevonden - die veroorzaken de grootste snelheidsvariaties.

**Bron: de Volkskrant, 9 augustus 2003.**

In deze opgave ga je na hoe astronomen de massa en de baanstraal van zo'n exoplaneet bepalen. Een voorbeeld van een exoplaneet is die bij de ster HD 209458. Van deze ster is de massa  $M$  bekend:  $M = 2,1 \cdot 10^{30}$  kg.

Uit het spectrum van deze ster blijkt, dat deze afwisselend naar ons toe en van ons af beweegt. Die beweging wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een exoplaneet. Planeten draaien namelijk niet in (ruwweg) een cirkelbaan rond een ster, maar zowel de planeet als de ster draaien beide in een cirkelbaan rond hun gemeenschappelijk zwaartepunt  $Z$ . Dat is in bovenaanzicht - en nogal overdreven - weergegeven in de onderstaande figuur. Als we aannemen dat de aarde zich in hetzelfde vlak bevindt als het baanvlak van de exoplaneet, zal de ster zich regelmatig in zijn baan rond het punt  $Z$  naar de aarde toe en van de aarde af bewegen.

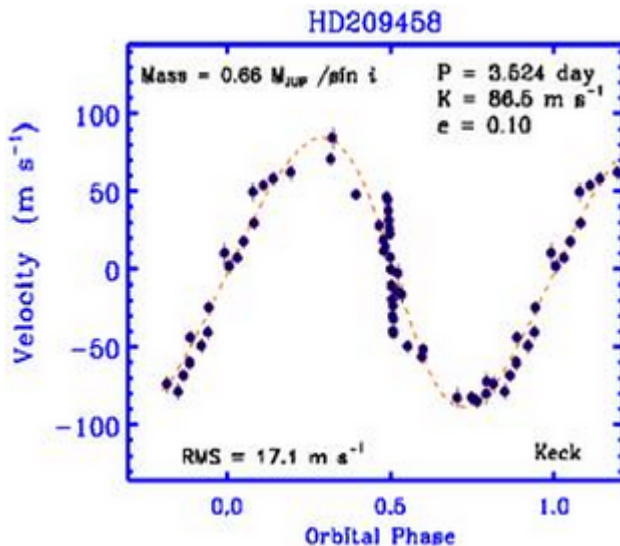


Figuur **Links** - De ster HD 209458 en zijn exoplaneet draaien in cirkelbanen rond hun gemeenschappelijke zwaartepunt  $Z$ .

Figuur **Rechts** - De ster HD 209458 en zijn exoplaneet draaien in cirkelbanen met stralen  $r_1$  en  $r_2$  rond hun gemeenschappelijk zwaartepunt  $Z$ . De afstand  $a$  tussen ster en exoplaneet is de som van de twee baanstralen. (bron: Malmberg)

Uit het spectrum van de ster is met de theorie van het dopplereffect de snelheid van de ster te berekenen. Het resultaat staat in de onderstaande figuur.





De snelheid  $v$  van de ster HD 209458 ten opzichte van de aarde in de loop van de tijd  $t$ . (bron: Malmberg)

1. Bepaal uit het diagram de baansnelheid  $v_1$  en de omlooptijd  $T$  van de ster.
2. Bereken met behulp van de baansnelheid  $v_1$  en de omlooptijd  $T$  de straal  $r_1$  van de cirkelbaan van de ster rond het gemeenschappelijk zwaartepunt  $Z$ .  
Met behulp van de bekende gegevens van de ster zijn nu de massa  $m$  en de baanstraal  $r_2$  van de exoplaneet te bepalen. In figuur 95 zijn nogmaals de banen van de ster en de exoplaneet weergegeven. Beide massa's beschrijven in dezelfde omlooptijd  $T$  cirkelbanen rond hun gemeenschappelijke zwaartepunt  $Z$ . De relatie tussen de onderlinge afstand  $a$  en de omlooptijd  $T$  van de planeet rond de ster wordt gegeven door de derde wet van Kepler:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{4 \cdot \pi^2}$$

3. *Aanwijzing: De massa  $M$  van de ster is bekend: zie het begin van deze opgave.*

Voor de massa's van de ster en de exoplaneet geldt de volgende formule:

4. Bereken met de derde wet van Kepler de onderlinge afstand  $a$  tussen de ster en de exoplaneet.

Bereken nu met  $a$  en  $r_1$  de baanstraal  $r_2$  van de exoplaneet.

$$\frac{M}{m} = \frac{r_2}{r_1}$$

5. Bereken met deze formule de massa  $m$  van de exoplaneet.
6. Vergelijk de baanstraal van de exoplaneet met die van de aarde: staat de exoplaneet dichterbij zijn ster dan de aarde bij de zon?
7. Vergelijk de massa van de exoplaneet met die van de aarde: hoeveel keer groter is de massa van de exoplaneet? Op welke planeet uit ons zonnestelsel lijkt de exoplaneet waarschijnlijk het meest?



**Extra:** exoplaneet ontdekt door Leidse studenten.

Leidse sterrenkundigen laten voor het eerst zien dat een planeet rondom een andere ster dan de zon net zulke schijngestalten vertoont als onze maan. De exoplaneet, CoRoT-1b, staat op zo'n 1600 lichtjaar afstand in het sterrenbeeld Eenhoorn, en is ontdekt door de Frans/Europese CoRoT-satelliet. De resultaten van de Leidse onderzoekers worden aanstaande donderdag gepubliceerd in het tijdschrift Nature.

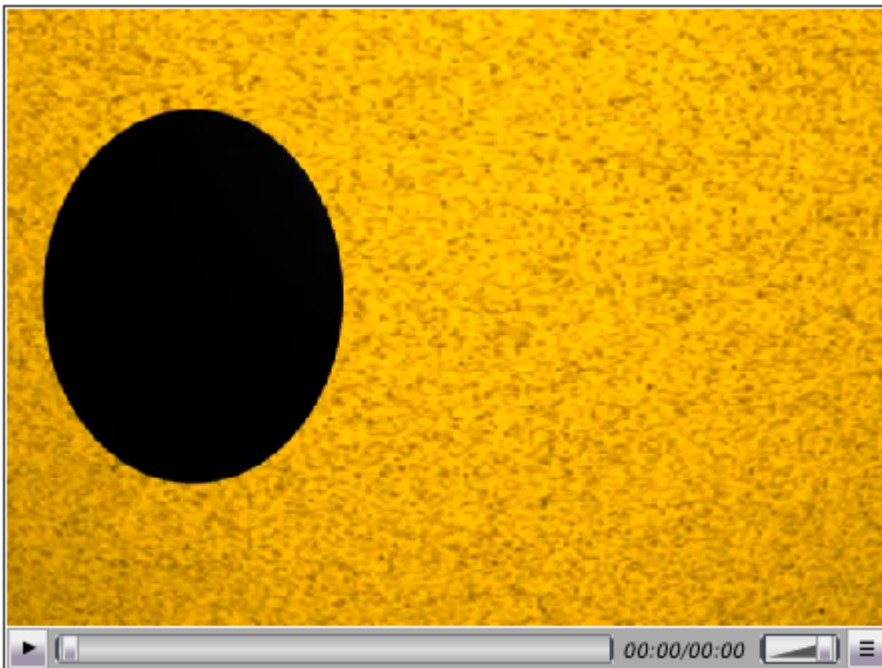
Uit de waarnemingen van CoRoT maken de astronomen op dat de nachtzijde van de planeet compleet donker is, terwijl de dagzijde sterk wordt verwarmd door de ster, tot waarschijnlijk zo'n 2000 graden celsius.

"De afstand van CoRoT-1b tot de ster is dan ook minder dan 3 procent van de afstand aarde-zon", zegt Ignas Snellen, die het onderzoek heeft geleid. Gedurende de 36 uur dat de planeet om de ster draait, zien de astronomen afwisselend de lichte dagzijde en de donkere nachtzijde van de planeet. Omdat de ster zo'n 10.000 keer helderder is dan de planeet, zien ze het systeem bij elkaar steeds éénhonderdste van een procent lichter en donkerder worden. "Een ongelooflijk precieze meting, waarvoor het team rondom de CoRoT-satelliet alle credit moet krijgen", aldus Snellen.

Het gemeten effect lijkt erg op de schijngestalten bij hemellichamen in ons eigen zonnestelsel, zoals bij onze maan, waarbij de zon steeds van een andere kant op de maan schijnt terwijl deze om de aarde draait. Al gaat het hierbij wel om gereflecteerd zonlicht, terwijl het bij CoRoT-1b waarschijnlijk om warmtestraling gaat. Een interessant detail is dat 2009 door de Verenigde Naties is uitgeroepen tot Internationaal Jaar van de Sterrenkunde. Dit jaar wordt herdacht dat 400 jaar geleden, in 1609, Galileo Galilei voor het eerst met een (in Nederland uitgevonden) telescoop de sterrenhemel bestudeerde. Een van de eerste waarnemingen van de Italiaanse astronoom waren de schijngestalten van Venus, waarmee hij de ware aard van ons zonnestelsel blootlegde. Precies 400 jaar later is nu voor het eerst hetzelfde effect waargenomen voor een hemellichaam buiten ons zonnestelsel.



Bekijk het filmpje.







[Klik hier voor film.](#)



#### **Webopgave 148 - Opdracht:**

Het waarnemen van schijngestalten bij een hemellichaam is dus opnieuw wereldnieuws en leidt tot nieuwe ontdekkingen.

1. Waarom waren de schijngestalten die Galilei waarnam bij Venus ook alweer zo belangrijk?
2. Probeer uit te zoeken op internet welke technieken de leidse astronomen gebruiken om de schijngestalten waar te nemen.

#### **4.3 - Opgaven paragraaf 4.2**



#### **Webopgave 149 - Oerknal**

In de onderstaande figuur staat een schematische weergave van de oerknaltheorie.

1. Wat houdt de oerknaltheorie in?
2. Maak een tijdlijn van de geschiedenis van het heelal vanaf de oerknal tot nu. Geef op die tijdlijn de volgende gebeurtenissen aan: de vorming van protonen en neutronen, de vorming van atomen, de vorming van sterren en sterrenstelsels en de eerste supernova-explosies.

Hint: website [met een animatie van de big bang](#)



#### **Webopgave 150 - Vluchtende sterrenstelsels**

In 1912 onderzoekt C. Slipher het spectrum van een groot aantal sterrenstelsels. Uit zo'n spectrum is met behulp van de theorie van het dopplereffect de snelheid van een sterrenstelsel te bepalen. Uit Slipher's metingen blijkt dat alle sterrenstelsels zich van ons Melkwegstelsel verwijderen.

En dat de grootste snelheden optreden bij zeer lichtzwakke sterrenstelsels.

a. Op welk (kwalitatief) verband tussen de vluchtsnelheid en de afstand van de onderzochte sterrenstelsels wijst dit?

In 1936 gebruikt Edwin Hubble de door hem gemeten afstand van een aantal sterrenstelsels om de relatie tussen vluchtsnelheid en afstand in een formule vast te leggen. Zijn metingen staan in de onderstaande tabel.

b. Zet in een diagram de vluchtsnelheid (verticaal) uit tegen de afstand (horizontaal) voor minstens vijf sterrenstelsels uit de tabel.

Het verband tussen vluchtsnelheid en afstand blijkt recht evenredig te zijn, en kan dus worden uitgedrukt in de volgende formule:  $v = H \cdot d$

In deze formule is  $v$  de vluchtsnelheid (in m/s) van een sterrenstelsel en  $d$  de afstand (in m) tot ons Melkwegstelsel. De evenredigheidsconstante  $H$  noemen we de constante van Hubble.

c. Bepaal uit het getekende diagram de waarde van de Hubble-constante.

d. De huidige waarde van de Hubble-constante  $H$  is  $2,31 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ . Verklaar het verschil met de waarde waarop Hubble zelf uitkwam (vraag c).

Sterrenstelsel	Snelheid ( $10^3 \text{ km/s}$ )	Afstand ( $10^8 \text{ ly}$ )
Virgo	1,2	0,07
Coma	6,7	0,41
U Ma I	15,0	0,92
Leo	19,5	1,20
Cr B	21,5	1,32
Gem	23,4	1,44
Boo I	39,3	2,42
U Ma II	40,0	2,46
Hydra	60,9	3,75

Tabel - Vluchtsnelheid en afstand van een aantal sterrenstelsels volgens Hubble in 1936.



#### Webopgave 151 - Bewegend sterrenstelsel

Een sterrenstelsel beweegt met de helft van de lichtsnelheid van ons af.  
Hoe ver weg staat dit sterrenstelsel?



#### Webopgave 152 - Ouderdom van het heelal

De schatting van de ouderdom van het heelal berust op de veronderstelling dat de vluchtsnelheid van een sterrenstelsel steeds constant is geweest.

1. Een sterrenstelsel bevindt zich op een afstand van  $2,0 \cdot 10^{25} \text{ m}$  van het Melkwegstelsel. Bereken de vluchtsnelheid van dit sterrenstelsel met de formule van Hubble.
2. Bereken de tijd, die dit sterrenstelsel nodig heeft gehad om deze afstand met constante snelheid af te leggen.
3. Hoe groot is dan naar schatting de ouderdom (in jaren) van het heelal?
4. Laat met een berekening of een redenering zien dat de ouderdom van het heelal gelijk is aan het omgekeerde van de Hubble-constante.



#### Webopgave 153 - Achtergrondstraling

De kosmische achtergrondstraling is te vergelijken met die van een stralend object met een temperatuur van 2,73 K.

1. Bij welke golflengte ligt de piek in het spectrum van de kosmische achtergrondstraling?
2. In welk gebied van het elektromagnetisch spectrum ligt deze piek?

### Groepsopdrachten



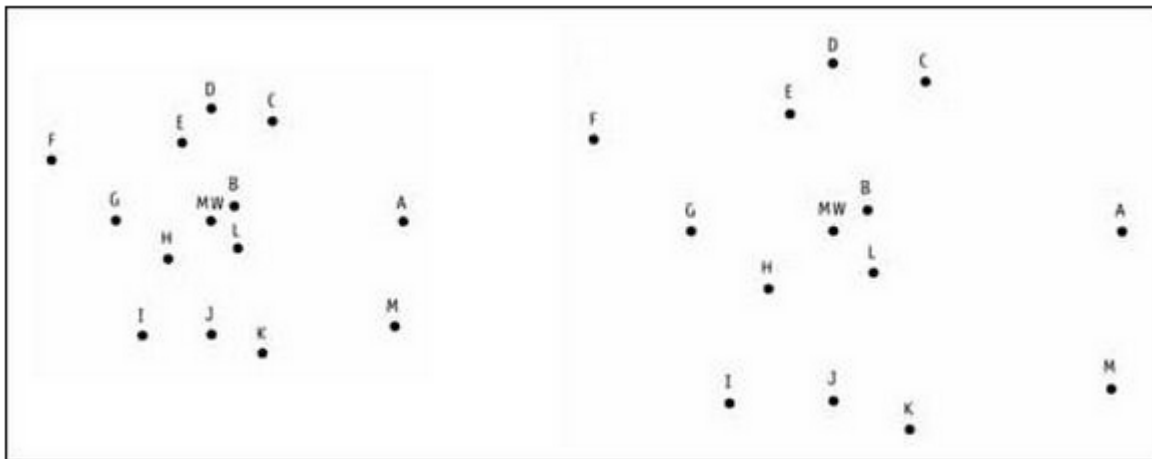
### Webopgave 154 - Sterrenstelsels in soorten

Een sterrenstelsel kan de vorm hebben van een spiraal, zoals het Melkwegstelsel en het Andromedastelsel. Deze soort sterrenstelsels noemen we spiraalstelsels. Maar er zijn ook sterrenstelsels met andere vormen. Ga naar de website van [Astronomical Picture of the Day](https://www.astronomicalpictureoftheday.com/). Zoek minstens drie sterrenstelsels met duidelijk van elkaar verschillende vormen en beschrijf elk van die vormen.



### Webopgave 155 - Een uitdijend heelal

Op de twee kaarten van de onderstaande figuur zie je het Melkwegstelsel (MW) en enkele relatief dichtbij gelegen sterrenstelsels. Links is de huidige situatie getekend, rechts de situatie over 6 miljard jaar.



Sterrenstelsels in de buurt van ons Melkwegstelsel (MW). (bron: Malmberg)

Welke twee gegevens over de sterrenstelsels zijn gebruikt om de twee kaarten te maken?

Maak een kopie van de rechterkaart op een vel doorzichtig plastic (bijvoorbeeld een transparant voor de overheadprojector). Bestand om het plaatje om uit te printen.



[om te printen](#)

Leg de kopie over de linkerkaart en laat het Melkwegstelsel op beide kaarten samenvallen. Beschrijf hoe vanuit het Melkwegstelsel gezien het heelal uitdijt.

Kies een willekeurig ander sterrenstelsel en laat dat sterrenstelsel op de twee kaarten samenvallen. Beschrijf hoe vanuit dit sterrenstelsel gezien het heelal uitdijt.

Kun je nu ook zeggen in welk punt de Big Bang is begonnen? Leg uit waarom wel of niet.



Oefentoets hoofdstuk 4: Het heelal

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/1032310>

### Algemene Informatie

**Titel** Oefentoets hoofdstuk 4: Het heelal  
**Aantal Vragen** 8

MAIN\_SECTION

Met de wet van Wien kun je berekenen hoe helder een ster is.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar

Het stralingsspectrum van de maan bevat twee pieken.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar

Hoe hoger de temperatuur van een ster, des te hoger de piek in het spectrum.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar

Hoe groter een ster, des te hoger de piek in het spectrum

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

De ster 'Madonna' heeft een lichtkracht van 10 keer die van onze zon en ligt op de hoofdreeks.

Bepaal met het Herzprung-Russell diagram tussen welke temperaturen de oppervlakte van de ster kan liggen.

- ☐ Tussen de 10.000 en 45.000 K
- ☐ Tussen de 20.000 en 60.000 K
- ☐ Tussen de 30.000 - 75.000 K
- ☐ Tussen de 40.000 - 90.000 K
- 

Witte dwergen zijn altijd kouder dan rode reuzen.

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar
- 

Afstanden van sterren zijn altijd te meten met de parallaxmethode.

- ☐ Waar

☐ Niet waar

---

Om de afstand van sterren in de Andromedanevel te bepalen kunnen we de Cepheïden methode toepassen.

☐ Waar

☐ Niet waar

---

# H5 Satellieten



Lees eerst de lesstof van paragraaf 5.1. Maak daarna de vragen op deze pagina.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2/2eaf0b12424918b622da914e4fdb0f88.docx>

## Waarvoor gebruiken we satellieten in een baan rond de aarde en in welke banen bewegen ze?

We kunnen de satellieten indelen op soort:

- Natuurlijke satellieten
- Kunstmatige satellieten

Maar ook naar functie:

- Communicatie
- Plaatsbepaling op aarde
- Astronomisch onderzoek
- Aardobservatie

En ook op de baan die ze volgen:

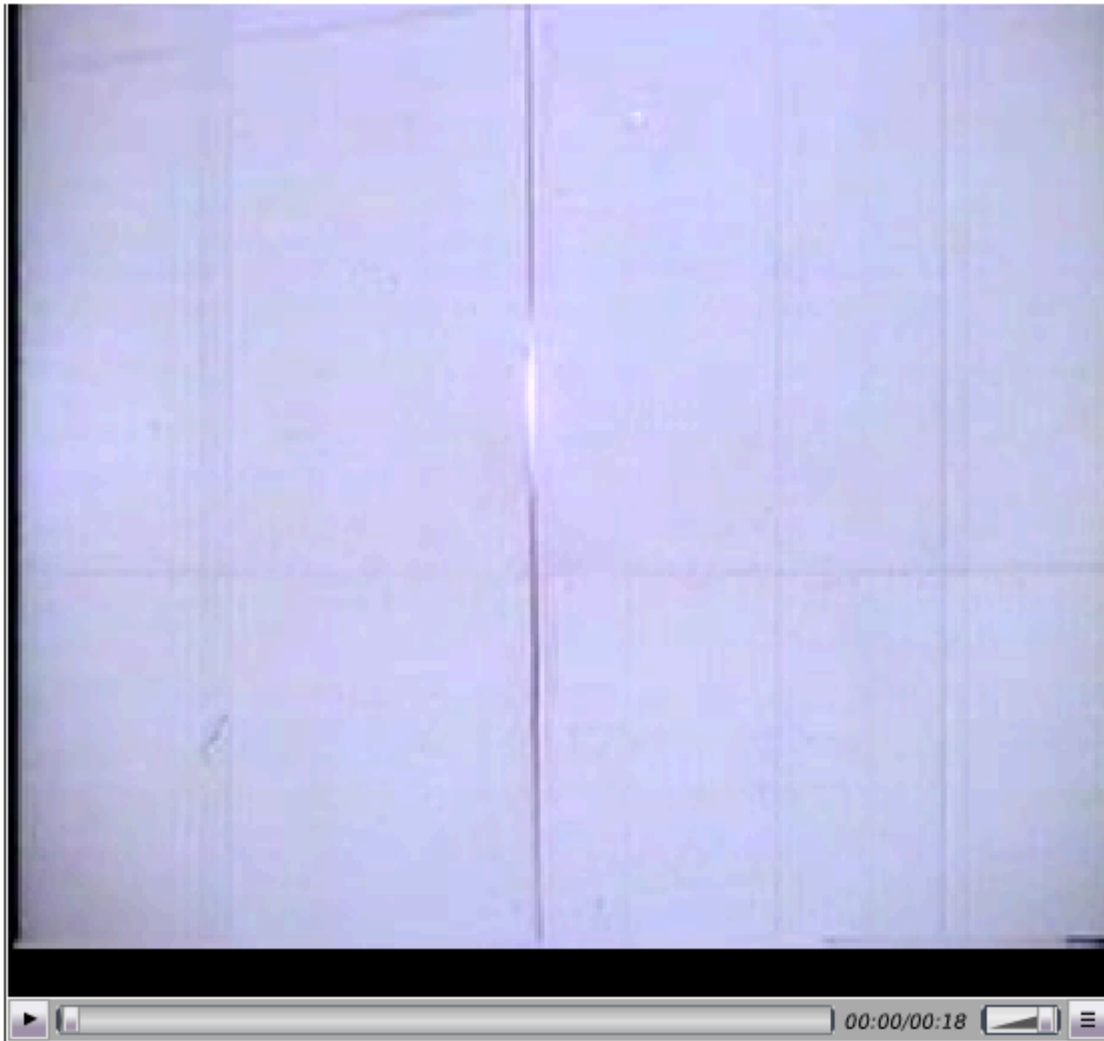
- Geostationair
- Polair

Natuurlijk is er wel verband tussen de functie en de baan van een kunstmatige satelliet.

De eerste kunstmaan Spoetnik werd in 1957 door de Sovjet-Unie in een baan rond de aarde gebracht.



In de onderstaande video, zie je hoe deze satelliet wordt geprepareerd voor de lancering.



[Klik hier voor film.](#)



In 1958 volgden de Amerikanen met de Explorer I.





[Klik hier voor film.](#)



#### **Webopgave 156 - Vraag over Explorer 1**

##### **Vraag:**

Wat heeft de explorer I allemaal onderzocht in de ruimte? Noem minstens 3 onderdelen!

[klik hier](#)

Er bevinden zich nu in totaal zo'n vijfduizend satellieten in een baan rond de aarde. De meeste werken niet meer: ze zijn verouderd of het zijn restanten van mislukte experimenten. In dit hoofdstuk bespreken we verschillende soorten satellieten en de banen waarin ze bewegen.



### Webopgave 157 - Satellieten

Satellieten in banen rond de aarde worden voor verschillende doeleinden gebruikt. Ze bewegen ook in verschillende banen. De meeste satellieten bewegen in een geostationaire baan of in een polaire baan.

1. Waarvoor worden satellieten in een baan rond de aarde gebruikt?
2. Wat is een geostationaire baan? En wat is een polaire baan?
3. Welk verband bestaat er tussen de functie van een satelliet en het soort baan waarin deze beweegt? Leg uit.

Satellieten kunnen zichzelf tientallen jaren van energie voorzien met zonnepanelen (bron: Malmberg)

## 5.1 Soorten satellieten

### Samenvatting

Geostationaire satellieten (zoals communicatiesatellieten) staan op een vast punt boven de evenaar. Polaire satellieten (zoals aardobservatiesatellieten) draaien rond de aarde in een baan over de polen, terwijl de aarde onder de satelliet doordraait. Deze satellieten kunnen dus het volledige aardoppervlak scannen. Vanaf het aardoppervlak is het heelal waar te nemen met optische telescopen en radiotelescopen. De turbulente atmosfeer van de aarde zorgt echter voor verstoring van de beelden. Bovendien laat de atmosfeer grote delen van het elektromagnetisch spectrum niet door. Daarom worden satellieten gebruikt voor astronomische waarnemingen in het zichtbare licht en een groot aantal andere gebieden van het elektromagnetisch spectrum

### Waarvoor gebruiken we satellieten?

Een satelliet is een voorwerp, dat om de aarde, om een andere planeet of om de zon draait. De eerste bekende satelliet was de maan. Maar ook de manen van andere planeten zijn satellieten. Zoals de maan om de aarde draait en daardoor een satelliet van de aarde is, zo is de aarde een satelliet van de zon. Rondom de aarde zweeft een groot aantal door de mens gemaakte satellieten. Deze satellieten zijn op verschillende manieren in te delen. Een eerste indeling is naar hun functie:

- *Communicatiesatellieten* voor het doorgeven van telefoongesprekken en tv-programma's.
- *GPS-satellieten* voor plaatsbepaling op aarde (Global Positioning System).
- *Astronomische satellieten* voor onderzoek van het heelal.
- *Aardobservatiesatellieten* voor hulp bij het maken van weersverwachtingen en voor onderzoek van de aarde.

### Verschillende satellietbanen: geostationair of polair.

- *Geostationaire satellieten* draaien rondom de aarde in een baan boven de evenaar op een hoogte van bijna 36 duizend km boven het aardoppervlak. Een satelliet in deze geostationaire baan heeft een omlooptijd van 24 uur en staat dus stil ten opzichte van een punt op de ronddraaiende aarde.



### Animatie van een geostationaire satelliet

[Klik hier voor de animatie.](#)

Klik in de animatie op achtereenvolgens: Time on/off  
Distance on/off

Nu doe je:

Increase distance zodanig dat de omlooptijd 24 h wordt en klik dan op "view from above northpole".

Wat valt je op?"

- *Polaire satellieten* draaien rondom de aarde in een baan die over de polen loopt. Omdat de aarde onder de baan doordraait, komt elke 24 uur iedere locatie op het aardoppervlak in zicht van een satelliet in zo'n polaire baan. De meeste polaire satellieten bevinden zich op een hoogte van 700 tot 1000 km boven het aardoppervlak en hebben een omlooptijd van ongeveer 1,5 uur.

De ASTRA communicatiesatellieten staan op 19,2° OL (oosterlengte, dus 19,2° ten oosten van de Greenwich meridiaan) (bron: wikipedia)



### Webopgave 158 - Verschillende satellieten

**Opdracht:** Download dit word document en doe de opdracht. Lever deze in in Sakai of bij je docent.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/f/f6670594032584e6872a14483c22f736.doc>



### Webopgave 159 - Meerkeuzevragen



webopgave 159  
<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/992656>

#### Algemene Informatie

Titel webopgave 159  
Aantal Vragen 2

Kies het goede antwoord / de goede antwoorden.

MAIN\_SECTION

Wat is een geostationaire baan?

- ☐ Een baan waarbij de satelliet steeds dichterbij de aarde komt.
  - ☐ Een baan waarbij de satelliet op een hoogte hangt zodanig, dat de satelliet een omlooptijd heeft die gelijk is aan 24 uur.
  - ☐ De satelliet hangt als het ware stil boven de noord of zuidpool.
  - ☐ De satelliet heeft een onregelmatige baan boven de aarde.
- 

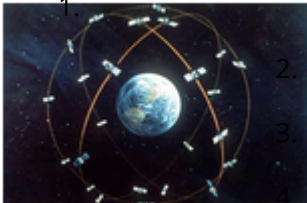
Wat is/zijn geen satelliet/satellieten?

- ☐ de manen van jupiter
- ☐ de COBE
- ☐ de maan
- ☐ ASTRA
- ☐ Hubble ruimte telescoop
- ☐ Internationaal Ruimtestation ISS
- ☐ Telstar



### Webopgave 160 - Opdracht GPS

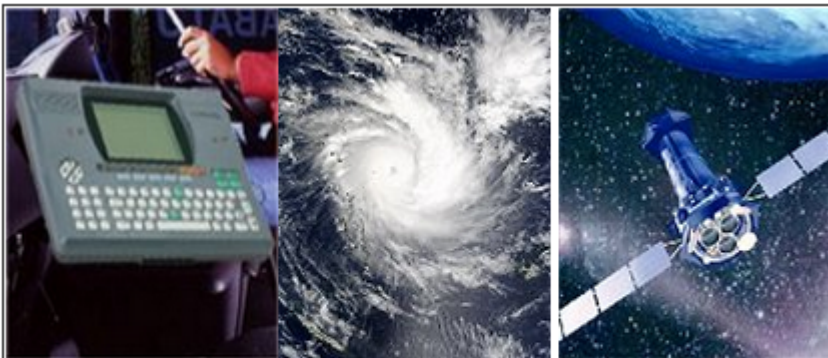
In deze opdracht onderzoek je hoe de GPS satellieten werken.



1. Volg de link: [GPS satelliet](#). Maak de vraag op de site en controleer je antwoord.
2. Leg kort uit hoe een ontvanger weet welk van de snijpunten van de bollen hij moet gebruiken
3. Ga naar de site <http://www.n2yo.com/index.php?k=20> en zoek naar de GPS satellieten die op dit moment zichtbaar zijn. Maak een schermafdruck met

PrtSc en plak die in een Word document.

### Informatie over satellieten



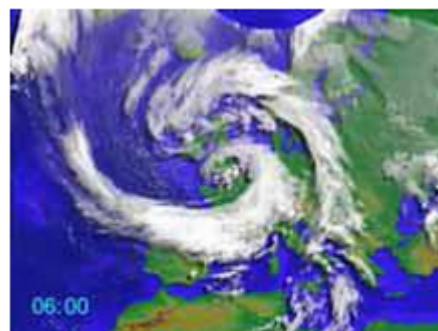
Klik op de plaatjes en lees de beschrijving van de satellieten en hun functies.



<http://www.kennislink.nl/publicaties/nieuwste-satellietmetingen-van-wolken-verbeteren-klimaatmodellen>

### Aardobservatie satellieten.

De meest bekende aardobservatiesatellieten zijn de weersatellieten. Met weersatellieten is onder andere de bewolking, de temperatuur van het aardoppervlak en de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer waar te nemen. Wolkenfoto's worden door een satelliet gemaakt met behulp van zichtbaar licht. Waterdamp absorbeert straling met een golflengte tussen 5,7 en 7,1 mm. Uit de signaalsterkte van de teruggekaatste straling kan de satelliet de concentratie van waterdamp in de atmosfeer schatten. Andere aardobservatiesatellieten worden onder andere gebruikt voor vegetatieonderzoek, cartografie, archeologisch onderzoek, oceanografisch onderzoek en opsporing van grondstof- en watervoorraden.



Opname van de weersatelliet Meteosat



**Webopgave 161** - Deze opgave is vervallen.

## 5.2 Satellietbanen

### Samenvatting

Satellieten draaien om de aarde met een omlooptijd die afhankelijk is van de baanstraal. Hoe groter de baanstraal is, des te langer is de omlooptijd - net als bij de planeten in het zonnestelsel. Geostationaire satellieten hebben een omlooptijd van 24 uur in een baan op 36 duizend km boven het aardoppervlak. De baanstraal en omlooptijd van polaire satellieten zijn kleiner dan die van geostationaire satellieten. Je bent gewichtloos wanneer je geen kracht uitoefent op een ondergrond. Dit is bijvoorbeeld het geval in een ruimteschip in een baan rond de aarde. Zowel het ruimtestation als je lichaam zijn dan voortdurend in een vrije val onder invloed van alleen de gravitatiekracht. Bij gewichtloosheid hebben voorwerpen nog steeds hun massa. Er is dan ook nog steeds een kracht nodig om de snelheid van die voorwerpen te veranderen.



Lees eerst de lesstof van paragraaf 5.2. Maak daarna de vragen op deze pagina.



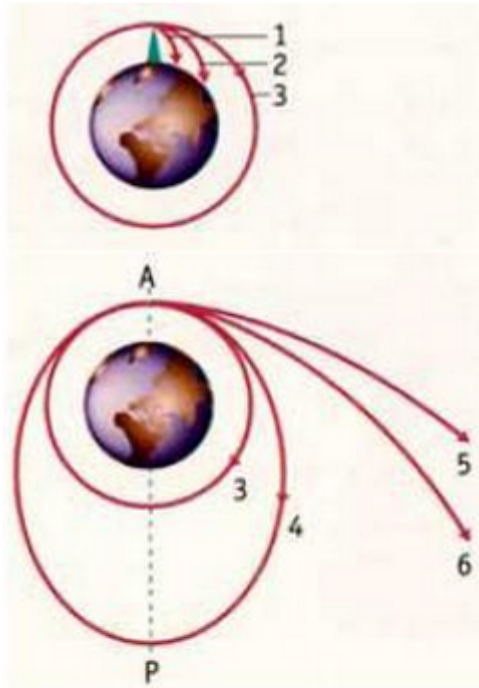
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/7/7f66b546812226dab4610b4259af966e.docx>

### In welke banen bewegen satellieten?

#### Gedachte-experiment van Newton

De beweging van satellieten werd voor het eerst door Newton verklaard. Newton gebruikte in zijn gedachte-experiment een hoge berg. Vanaf de top van de berg wordt een voorwerp horizontaal weggeschoten en valt een stuk verder op de aarde neer. Hoe groter de snelheid is waarmee het voorwerp wordt weggeschoten, des te verder komt het op het aardoppervlak neer (zie figuur baan 1 en 2). Bij een bepaalde snelheid is de kromming van de baan van het voorwerp even groot als de kromming van het aardoppervlak (zie figuur baan 3). Dan draait het voorwerp dus om de aarde: het is een satelliet

geworden.



Gedachte-experiment van Newton:  
als je maar hard genoeg gooit, komt  
een voorwerp in een baan om de  
aarde.

Maken we de beginsnelheid vervolgens nog groter, dan wordt de baan een ellips (zie figuur, baan 4). Het is zelfs mogelijk de beginsnelheid zover op te voeren dat het voorwerp zich steeds verder van de aarde verwijdt (zie figuur, baan 5 en 6). We zeggen dan dat het voorwerp ontsnapt aan de zwaartekracht van de aarde. De conclusie is dat satellieten rond de aarde of rond een ander hemellichaam een ellipsbaan volgen, net zoals de planeten rond de zon. Met de gravitatiewet van Newton (zie hoofdstuk 3) zijn deze banen precies te beschrijven en te berekenen.



### Webopgave 162 - Gedachte-experiment van Newton



In deze animatie kun je zien hoe het gedachte-experiment van Newton in z'n werk gaat.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/ed4e881a620abca2f8ab77418099c316.swf>

### Opdracht:

Sleep de snelheidspijl van de berg zodanig, dat het voorwerp precies de banen, D, E, F, B volgen in de tekening.

Noteer de benodigde snelheid voor de banen hieronder:

- baanD=   km/s
- baanE=   km/s
- baanF=   km/s
- baanB=   km/s



### Webopgave 163 - Ontsnappingsnelheid



Bekijk de onderstaande animatie.

Onderzoek bij welke snelheid de kogel net niet meer terugkeert op aarde.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/0021024cb9dff75333b0b60ec760ad91.swf>

1. De gevonden snelheid waarbij de kogel ontsnapt aan de aantrekkingskracht van de aarde is ..... km/s.
2. Reken deze snelheid om naar km/u.
3. Zoek eens op met welke snelheid het Internationale Ruimtestation (ISS) om de aarde draait. Geef een conclusie!

## 5.2 - Geostationaire satellietbaan

### Communicatiesatellieten bewegen in een geostationaire baan.

'Geostationair' betekent: stilstaand vanuit de aarde gezien. Deze satellieten draaien dus rond met dezelfde snelheid als waarmee de aarde om haar as draait. De straal van de cirkelbaan van een geostationaire satelliet is te berekenen met de formules uit hoofdstuk 3.



## Rekenvoorbeeld

De baanstraal  $r$  van een satelliet met een bekende omlooptijd  $T$  is het makkelijkst uit te rekenen met de derde wet van Kepler volgens Newton:

$$\frac{r^3}{T^2} = K = \frac{G \cdot M}{4 \cdot \pi^2}$$

Voor een satelliet in een baan rond de aarde is  $M$  de massa van de aarde. De waarde van de evenredigheidsconstante  $K$  is dan:

$$K = \frac{G \cdot M}{4 \cdot \pi^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{4 \cdot \pi^2} = 1,01 \cdot 10^{13} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

Voor een satelliet in een geostationaire baan is de omlooptijd  $T$  bekend: 24 h =  $8,64 \cdot 10^4$  s. Voor de baanstraal  $r$  van de satelliet vinden we dan:

$$\frac{r^3}{T^2} = K \rightarrow r^3 = K \cdot T^2 = 1,01 \cdot 10^{13} \cdot (8,64 \cdot 10^4)^2 = 7,54 \cdot 10^{22} \rightarrow$$
$$r = 4,2 \cdot 10^7 \text{ m}$$

Dit is de baanstraal van een geostationaire baan, onafhankelijk van de massa van de satelliet.

De hoogte  $h$  van de geostationaire baan boven het aardoppervlak is het verschil tussen de baanstraal  $r$  en de straal  $R$  van de aarde:

$$h = r - R = 4,2 \cdot 10^7 - 6,38 \cdot 10^6 = 3,6 \cdot 10^7 \text{ m} = 36 \cdot 10^3 \text{ km}$$

Een satelliet in een geostationaire baan bevindt zich dus op een hoogte van 36 duizend km boven het aardoppervlak.



### Webopgave 164 - Geostationaire satelliet

Een geostationaire satelliet draait rond de aarde op een hoogte van  $36 \cdot 10^3$  km boven het aardoppervlak.

Hoe groot is de baansnelheid van zo'n satelliet?



### Webopgave 165 - International Space Station

Het International Space Station (ISS) in een baan rond de aarde heeft een omlooptijd van 1,5 uur.

1. Bereken de hoogte van het ISS boven het aardoppervlak.
2. Bereken de baansnelheid van het ISS.

Op dezelfde manier is de baanstraal van polaire satellieten te berekenen uit hun omlooptijd, of volgt - omgekeerd - hun omlooptijd uit de baanstraal. De baanstraal van een polaire baan is kleiner dan de baanstraal van een geostationaire baan. Daardoor is de omlooptijd van polaire satellieten kleiner dan 24 uur.

Satellieten worden met een raket in de juiste baan rond de aarde gebracht, met precies de snelheid die hoort bij de baanstraal. Een deel van de satellieten wordt vanuit de Amerikaanse Space Shuttle in de ruimte gezet. Een robotarm tilt de satelliet uit het laadruim. Vervolgens wordt de satelliet met kleine stuurraketten in de juiste baan gemanoeuvreed.



Het uitzetten van een satelliet met de Space Shuttle zie je het onderstaande filmpje.



[Klik hier voor film.](#)



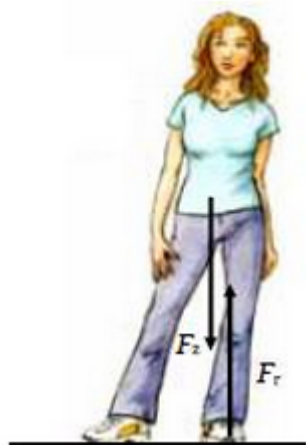
### Webopgave 166 - Satelliet

Waarom wordt deze satelliet gelanceerd met een snelle rotatie?

## 5.2 - Gewichtloosheid

**Wat is gewicht?**

Op aarde is het gewicht van je lichaam - of een ander voorwerp - de kracht (in N) waarmee je lichaam tegen het aardoppervlak duwt. De oorzaak daarvan is de zwaartekracht van de aarde op je lichaam. De zwaartekracht wordt gegeven door  $F_z = m \cdot g$ .



Op aarde wordt het gewicht van je lichaam - of een ander voorwerp - (in N) gecompenseerd door het aardoppervlak, die volgens de derde wet van Newton een even grote (reactie)kracht  $F_r$  omhoog uitoefent op je lichaam (zie figuur ).

Als je lichaam stil staat, trekt de zwaartekracht  $F_z$  je lichaam tegen het aardoppervlak aan. Daardoor oefent je lichaam een kracht  $F_a$  omlaag uit op het aardoppervlak. Deze kracht is *jegewicht*. Ook de krachten  $F_a$  en  $F_r$  zijn volgens de derde wet van Newton even groot. Dus is je gewicht  $F_a$  even groot als de zwaartekracht  $F_z$  op je lichaam.

Dat geldt niet alleen op de aarde, maar bijvoorbeeld ook op de maan. Alleen is de valversnelling  $g$  bij het maanoppervlak ongeveer zesmaal zo klein als op aarde, zodat daar ook de zwaartekracht en dus je gewicht zesmaal zo klein is.

Zwaartekracht  $F_z$ ,  
actiekracht,  $F_a$  (gewicht) en  
reactiekracht  $F_r$ . (bron:  
malmberg)



#### Webopgave 167 - Gewicht

Wat is jouw gewicht op Jupiter? Zie: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Jupiter\\_\(planeet\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Jupiter_(planeet))

[Jupiter \(planeet\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Jupiter_(planeet))



#### Webopgave 168 - Gewicht

Kijk eerst nog eens goed naar het plaatje hier boven.

Als Julie van een toren naar beneden springt weegt zij 650 N.



waar



niet waar



Filmpje: hoger springen op de maan.



[//www.youtube.com/embed/Fg0VCv-8ZZg](http://www.youtube.com/embed/Fg0VCv-8ZZg)

Wat is gewichtloosheid dan wel?

In een ruimteschip in een cirkelbaan rond de aarde voert het lichaam van een astronaut onder invloed van de gravitatiekracht (of zwaartekracht) dezelfde cirkelbeweging uit als het ruimteschip. De astronaut zweeft dus ten opzichte van het ruimteschip: ze voeren beide een voortdurende *vrije val rond de aarde uit*. De astronaut wordt dus niet tegen de 'vloer' van het ruimteschip getrokken, en heeft dus geen gewicht. Met andere woorden: de astronaut is *gewichtloos*.

In een toestand van gewichtloosheid heeft het lichaam van de astronaut - of een ander voorwerp in het ruimteschip - nog wel massa. De massa (in kg) is de eigenschap van materie om zich te 'verzetten' tegen een versnelling. Deze eigenschap van materie noemen we *traagheid*. Vanwege deze eigenschap van materie is er een kracht nodig om de snelheid van een voorwerp te veranderen.

En volgens de tweede wet van Newton ( $F = m \cdot a$ ) geldt: hoe groter de massa  $m$  van het voorwerp is, des te groter is de kracht  $F$  die nodig is om het voorwerp eenzelfde versnelling  $a$  te geven. In een ruimteschip als de Space Shuttle of het ISS betekent dit: er is een kracht nodig om de snelheid van het lichaam van de astronaut ten opzichte van het ruimteschip te veranderen. Om in het ruimteschip in beweging te komen of af te remmen, moet de astronaut zich dus tegen de wanden van het ruimteschip afzetten.

Zoiets geldt ook voor alle andere voorwerpen in het ruimteschip. Een rondzwevend voorwerp is gewichtloos, maar heeft nog steeds dezelfde massa als op aarde. Dat betekent: als een astronaut in het ruimteschip zo'n voorwerp tegen zijn of haar hoofd krijgt, is er - net als op aarde - een kracht nodig om dat voorwerp af te remmen. En het effect daarvan op het hoofd van de astronaut is hetzelfde als op aarde.



filmpje: gewichtloos in ISS



[//www.youtube.com/embed/coX1u2\\_KBsQ](http://www.youtube.com/embed/coX1u2_KBsQ)

bron: [http://www.youtube.com/watch?v=coX1u2\\_KBsQ](http://www.youtube.com/watch?v=coX1u2_KBsQ)



**Webopgave 169** - Astronaut worden.

Als je astronaut zou willen worden, dan moet je een opleiding volgen. In de onderstaande animatie zie je hoe de opleiding precies in elkaar zit.



Speel de animatie af. Gebruik de bolletjes om alle stukjes te lezen. Klik nog eens in een tekstblokje als de tekst niet compleet is.



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/10d5401ecf66e75f7d6679b65bb098cb.s wf>

**Opdracht:** Beschrijf in het kort de 20 stappen, die nodig zijn om je astronautentraining af te ronden.

## 5.3 Opgaven

### 5.3 - Opgaven paragraaf 5.1



#### Opgave 170 Geostationaire baan

Communicatiesatellieten draaien rond de aarde in een geostationaire baan.

1. Wat is een geostationaire baan?
2. Waarom zetten we geen geostationaire satelliet boven de lijn parallel aan de evenaar boven Nederland? Daar hebben we toch veel meer aan dan aan een satelliet die boven de evenaar staat?



#### Opgave 171 Schotelantenne

De ASTRA communicatiesatellieten geven tv-zenders door. Voor het ontvangen van deze signalen is een schotelantenne nodig.

Hoe kun je het punt aan de hemel vinden waar zich deze satellieten bevinden, zodat je de schotelantenne goed kunt richten?



#### Opgave 172 Pentagon en het GPS

Is het GPS beter dan het Pentagon toegeeft?

Burgers die gebruikmaken van het militaire Global Positioning System GPS, konden in april 1997 een dag lang kennis maken met alle mogelijkheden die dit systeem biedt. Op 20 april zocht de Amerikaanse luchtmacht naar het wrak van een A-10-raket, die in de Rocky Mountains vermist werd. Het satellietsysteem GPS werd plotseling veel nauwkeuriger dan het volgens het Pentagon kan zijn.

Een GPS-satelliet zendt twee signalen uit. Het ene signaal kan iedereen gebruiken, terwijl het andere zo gecodeerd is, dat alleen het leger het kan gebruiken. Door het tijdsverschil tussen de signalen van de verschillende satellieten te meten, kunnen burgers de plaats van voorwerpen en posities op aarde tot op ongeveer honderd meter nauwkeurig bepalen.

Via eenzelfde signaal afkomstig van een zender op aarde, kan men het GPS ook voor burgergebruik veel nauwkeuriger maken: wel tot op een paar meter. Volgens het Pentagon komen de ontvangers van het leger niet verder dan een nauwkeurigheid van ongeveer twintig meter. Stan Hunting echter, de auteur van het programma SA-watch dat de afwijkingen in GPS-signalen bepaalt, vertelt dat op 20 april 1997 burgerinstallaties plotseling de plaats van voorwerpen op aarde konden bepalen met een nauwkeurigheid van minder dan twee meter, zonder gebruik te maken van een hulpzender.

Het ruimtevaartcommando van de Amerikaanse luchtmacht, dat de GPS-satellieten in beheer heeft, bevestigt dat de gebruikelijke onnauwkeurigheid, die in het signaal voor de burgers is ingebouwd, op 20 april werd uitgeschakeld. Maar luitenant-kolonel Don Miles, woordvoerder van het

ruimtevaartcommando, weigert te vertellen waarom.

Een mogelijke oorzaak is dat de GPSsatellieten gebruikt werden bij het opsporen van het wrak van de A-10-raket, die tijdens een trainingsvlucht een paar weken eerder verdween. Zowel burgervliegtuigen als militaire vliegtuigen doorzochten een bergachtige streek in Colorado naar het wrak. En het Pentagon stelde alle vliegtuigen, die bij het zoeken betrokken waren, het veel nauwkeuriger GPS-signaal ter beschikking.

Hunting constateert dat enkele dagen later het GPS weer met de gebruikelijke nauwkeurigheid is uitgezonden, nadat bekend is gemaakt dat het wrak inderdaad gevonden is.

**Bron: New Scientist, 17 mei 1997.**

1. Wat is het Pentagon? Waarom heet het zo?
2. Waarom stelt het Amerikaanse leger niet voor iedereen GPS met grote nauwkeurigheid ter beschikking?
3. Welke voordelen heeft een nauwkeurig GPS?
4. Hoe nauwkeurig moet GPS ongeveer zijn voor koerscontrole van een auto? En voor gebruik door een blinde? Is een nauwkeurigheid van 'minder dan twee meter' dan voldoende?



Meer weten? **Check deze site:** <http://tweakers.mobi/nieuws/49413>



#### **Opgave 173** Hubble ruimtetelescoop

De Hubble ruimtetelescoop bekijkt het heelal in het zichtbare en het infrarode deel van het elektromagnetisch spectrum.

1. Noem minstens twee voordelen van een telescoop in de ruimte, vergeleken met een telescoop op aarde.
2. Zijn er ook nadelen? Zo ja: welke?



#### **Opgave 174** Ozonlaag

Satellieten bewaken allerlei aspecten van de aarde. Waarom is het zo belangrijk om de dikte van de ozonlaag in de gaten te houden?

### **5.3 - Opgaven paragraaf 5.2**



#### **Opgave 175** Krachten op satellieten

Satellieten bewegen in een cirkelbaan rond de aarde.

1. Zonder krachten gaat een satelliet rechtdoor. Welke kracht zorgt ervoor dat een satelliet netjes rond de aarde draait?
2. Men zegt wel eens dat een satelliet voortdurend valt. Is dit juist?



#### **Opgave 176** Geostationaire satelliet

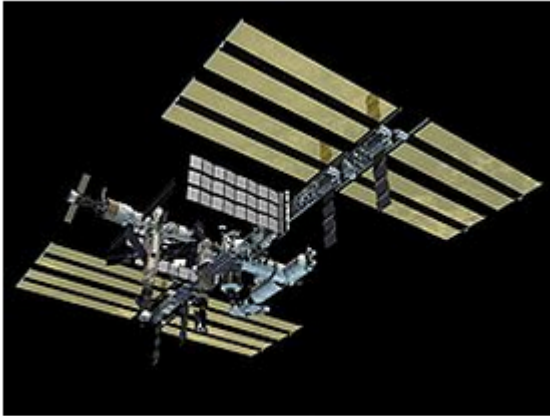
Een geostationaire satelliet draait rond de aarde op een hoogte van  $36 \cdot 10^3$  km boven het aardoppervlak. Hoe groot is de baansnelheid van zo'n satelliet?



### Opgave 177 International Space Station

Het International Space Station (ISS) in een baan rond de aarde heeft een omlooptijd van 1,5 uur.

1. Bereken de hoogte van het ISS boven het aardoppervlak.
2. Bereken de baansnelheid van het ISS.



ISS (bron: wikipedia)



### Opgave 178 Gewichtloosheid

De bemanning van het ISS in zijn baan rond de aarde is gewichtloos.

1. Op het ruimtestation en zijn bemanning werkt de zwaartekracht. Hoe kunnen de astronauten dan toch gewichtloos zijn?
2. Betekent gewichtloosheid dat een astronaut geen massa meer heeft? Leg uit waarom wel of niet.



### Opgave 179 Landsat

De aardobservatiesatelliet Landsat beweegt in een polaire baan. In één dag (24 h) draait deze satelliet 14 keer rond de aarde.

1. Bereken de hoogte van Landsat boven het aardoppervlak.
2. Bereken de baansnelheid van Landsat.



### Opgave 180 Satellietbanen

Welk verband is er tussen de functie van een satelliet en het soort baan (geostationair of polair) waarin deze beweegt?

Vergelijk je antwoord op deze vraag met je antwoord bij oriëntatieopdracht 67 (vraag c).

## 5.3 - Groepsopdrachten





### Opdracht 181 Global Positioning System

Op Internet is veel informatie te vinden over GPS. Zoek met een zoekmachine naar Nederlandse documenten over GPS.

Maak een kort werkstuk (maximaal 500 woorden) over één van de volgende aspecten van GPS:

- de manier waarop GPS werkt
- de maatschappelijke doelstellingen
- de militaire doelstellingen
- het aantal GPS-satellieten en de banen waarin ze rond de aarde draaien.



### Opdracht 182 Meteosat

Via internet kun je weerbeelden van Meteosat ontvangen. Elk kwartier komt er een nieuwe opname. Print de foto's van de afgelopen twee uur uit en beschrijf aan de hand daarvan de beweging van het wolkendeck. Probeer ook de bewolkingssituatie twee uur (of langer) vooruit te voorspellen (en controleer of je voorspelling klopt).



### Opdracht 183 Astronomische Satellieten

Maak een 'portret' van een astronomische satelliet. Daarbij kun je denken aan satellieten die in verschillende delen van het elektromagnetisch spectrum waarnemen.

Zo'n portret bestaat uit een korte tekst (maximaal 250 woorden) over het doel van de satelliet: wat neemt deze satelliet waar, en waarom is dat belangrijk.

Daarnaast bevat het portret minstens twee foto's: één van de satelliet zelf en minstens één van de beelden die deze satelliet levert. Het bijschrift bij de satellietbeelden moet duidelijk aangeven wat er op de foto te zien is en wat daaraan bijzonder is.



Meer weten? Een beschrijving van een groot aantal astronomische satellieten is te vinden op Wikipedia bij het onderwerp '[ruimteonderzoek](#)'.



# Praktische opdrachten

In dit onderdeel vind je eindopdrachten van de module Zonnestelsel & heelal.



## Opdracht 1

### Opdrachten 1



**Tentoonstelling 10 SLU - HAVO EN VWO -**



Gebruik de APOD (Astronomy Picture of the Day) site en andere bronnen voor het maken van een tentoonstelling over het heelal. De tentoonstelling kan over het totale heelal gaan, maar je kunt je ook beperken tot een paar 'topics', zoals...

- De geheime planeet Mercurius
- Een portret van planetoïden
- De manen van Jupiter
- De manen van Saturnus
- Planeten met ringen
- Kometen
- Meteorieten
- Is Pluto een planeet of planetoïde?
- Leven in het heelal
- De ouderdom van het heelal

De tentoonstelling kan op een ouderwetse manier vorm gegeven worden: met posters, filmpjes op een PC of laptop, schaalmodellen, enz. Maar je kunt in overleg met de docent ook besluiten er een geheel virtuele (on-line) tentoonstelling van te maken.



### **Online waarnemen met telescoop 10 SLU - HAVO EN VWO -**



In deze praktische opdracht doe je on-line waarnemingen met echte telescopen. Je oefent eerst met het waarnemen van bijvoorbeeld sterrenstelsels. Uiteindelijk ga je op zoek naar grote rotsblokken die in het heelal de boel onveilig (kunnen) maken: je gaat op zoek naar asteroiden.

Praktische opdracht: [online waarnemen](#).

**Bron: Universiteit van Amsterdam**



### **Afstanden meten 10 SLU - HAVO EN VWO -**



Deze praktische opdracht gaat over afstanden meten in het heelal met behulp van metingen door de Hubble telescoop verricht. Bij die metingen werden de 'Cepheïden' gebruikt. In par. 4.1 zag je al enige informatie over de 'Cepheïden'.

Praktische opdracht: [de afstand van M100 bepaald met behulp van Cepheïden](#).

**Bron: ESA/ESO.**



[de afstand van M100 bepaald met behulp van Cepheïden](#)



### Onderzoek van meteorieten 20 SLU - VWO -



Deze praktische opdracht gaat over het onderzoeken van de samenstelling van objecten waar metalen in zitten. Het betreft een 'webexperiment'. Je meet online aan diverse metaalhoudende objecten, zoals een euromuntstuk. Vervolgens onderzoek je met behulp van dit webexperiment de samenstelling van twee meteorieten die in de opstelling opgenomen zijn. Maak daarbij gebruik van [deze site](#). Rechtstreekse toegang tot het [webexperiment krijg je hier](#).

**Bron: Vrije Universiteit.**



### Bolhopen 20 SLU - VWO -



Bolhopen: de oudste sterren van het Melkwegstelsel.

In de halo van het Melkwegstelsel komen we een paar honderd bolvormige sterrenhopen tegen. Elk van deze bolvormige sterrenhopen bestaat uit ruwweg een miljoen sterren en is ongeveer 100 lichtjaar groot. De meeste van deze sterrenhopen zijn zeer oud - misschien zelfs ouder dan het Melkwegstelsel zelf....

Praktische opdracht: Het bepalen van de afstand en leeftijd van een bolvormige sterrenhoop

**Bron: ESA/ESO.**



## Radiosterrenkunde 20 SLU - VWO -



Radiosterrenkunde is een bijzondere vorm van sterrenkunde. Doordat de radiosignalen uit het heelal erg zwak zijn heb je daar grote 'oren' voor nodig in de vorm van enorme schotels die het signaal opvangen en versterken.

Radiosignalen bestaan uit golven die je niet kunt zien. Deze zijn soms erg lang, soms erg kort. Veel informatie over de structuur en de eigenschappen van het heelal is afkomstig uit radiogolven.

Praktische opdracht: radiosterrenkunde.

**Bron: Nederlands Institute for Radio Astronomy**



[radiosterrenkunde](#)



## Infrarood straling 10 SLU - VWO -



Het Heelal is een koude plek. In onderstaande opgaven wordt duidelijk hoe belangrijk juist daarom waarnemingen in het infrarood zijn om ons Heelal te doorgonden. Dit geldt voor sterren, planeten, stofwolken en het extreem vroege Heelal.

Praktische opdracht: infrarode straling

**Bron: Rijks Universiteit Groningen**



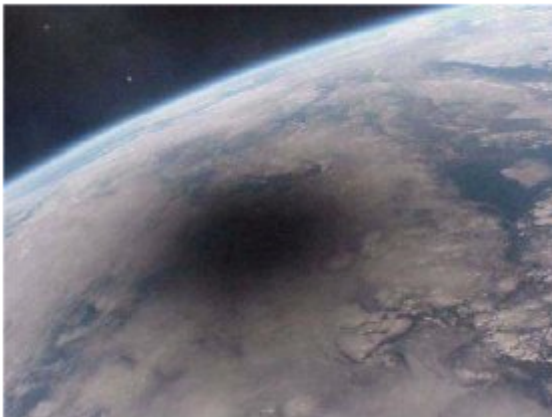
[infrarode straling](#)

## Opdracht 2

### Opdrachten 2



#### Zonsverduisteringen 10 SLU - VWO -



Iedereen die ooit een totale zonsverduisteringen gezien heeft, spreekt van een 'kosmische' ervaring. Zullen zonsverduisteringen altijd blijven plaatsvinden? Zo ja, met welke regelmaat? Zo nee, hoe komt dat?

In 2000 was op de wiskunde-B dag een praktische opdracht over zonsverduisteringen. In de oorspronkelijke tekst wordt gevraagd een artikel te schrijven voor een tijdschrift. Dat hoeft nu natuurlijk niet. Voer alle deelopdrachten uit en schrijf een verslag.

Praktische opdracht: [zonsverduisteringen](#)

**Bron: Freudenthal Instituut - Universiteit Utrecht**



[zonsverduisteringen](#)



#### Stellarium 5 SLU - HAVO/VWO -



Met het freeware/opensource pakket Stellarium kun je op je computer de sterrenhemel simuleren.

Download [Stellarium hier](#).

**Bron: [www.sterrenkundeopschool.nl](http://www.sterrenkundeopschool.nl)**



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/0/07383f0acd6c3d784d8e5854b4a8dfa.pdf>

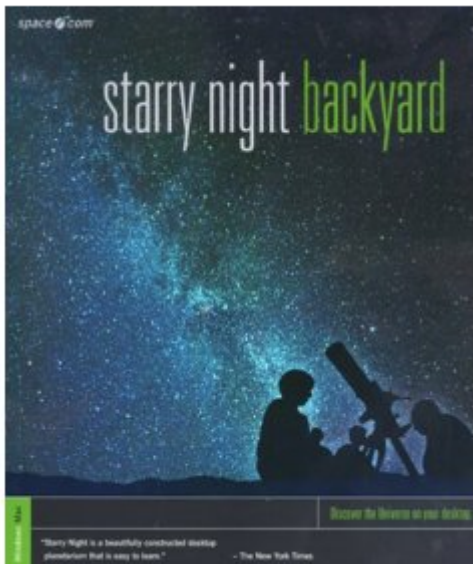
# Computersimulaties



## **Starry Night Backyard Simulatie**

### **De baan van de planeten Venus, Mercurius en Mars**

Bij deze simulatie wordt gebruik gemaakt van het programma *Starry Night Backyard*. Te vinden op:  
[http://download.cnet.com/Starry-Night-Backyard-ESD/3000-2054\\_4-10066547.html](http://download.cnet.com/Starry-Night-Backyard-ESD/3000-2054_4-10066547.html)



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/0/0b34379bf2a3a49dc3e9634d46c232d9.docx>

## **Simulatie hoofdstuk 3**



### **Flashanimatie planeet & komeetbanen**

Ga naar de onderstaande website en gebruik de onderstaande animatie:



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2cc625797e033865fae7e37ece6751a6.swf>



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/f/f5535e683b24fa83ac59cafeafdb13cc.docx>

## Simulatie hoofdstuk 5



### Flashanimatie ISS

Gebruik de onderstaande animatie:



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/391ac338e42ce04d02e65f2676594b08.swf>



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/6/606950b5cbd55085b8455047e853c394.docx>



<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/5/547f3c3158a08e509d503a69da8ac68f.docx>



# D-toets

# Eindopdracht

# Over deze module

Docentenhandleidingen en toetsen zijn voor docenten verkrijgbaar via de bètasteunpunten: zie colofon.

# Over dit lesmateriaal

## Colofon

<b>Auteurs</b>	Bètapartners
<b>Team</b>	Wikiwijs Maken Auteurs
<b>Laatst gewijzigd</b>	7 mei 2015 om 16:03
<b>Licentie</b>	De Nederlandse Creative Commons 3.0 licentie waarbij de gebruiker het werk mag kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken mag maken onder de voorwaarden: Naamsvermelding en Gelijk Delen, zie <a href="http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nl/">http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nl/</a> . <a href="#">Meer informatie over de CC Naamsvermelding-GelijkDelen 3.0 Nederland licentie licentie.</a>

## Aanvullende informatie over dit lesmateriaal

Van dit lesmateriaal is de volgende aanvullende informatie beschikbaar:

<b>Leerniveaus</b>	HAVO 4, HAVO 5
<b>Leerinhoud en doelen</b>	Zonnestelsel en heelal, Ruimte, Natuurkunde
<b>Eindgebruiker</b>	leerling/student
<b>Studiebelasting</b>	40 uur en 0 minuten
<b>Trefwoorden</b>	e-klassen rearrangeerbaar

## Bronnen

<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/710bd9d801f222460c438df47078e457.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/d6f17dfe03a6194c96bc4ae1a6458377.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/af7180c9b2915e7c28c084de4d72c0ac.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/32b51748fa18c073d3913f216200d53e.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/6c50a5e3bce5560735d500024785b527.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/9a965abea11423792c2e963f70c41735.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2e1c0bca2fbd64a84d5dac6fa37e33df.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/030936dccc1eb0d3f8d30ac57c3776e6.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/9bd4550200454e6a9624c2539efdc465.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/c05303521394d77a5526d2061bfcc2ad.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/b600dc337fe829e431ced8ff29f689eb.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/442cd605a3f4b2be90833a0c073ffde9.swf>

<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/80b99f72d58f5635173d1ae4b6b631fd.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/80b99f72d58f5635173d1ae4b6b631fd.swf>  
<//www.youtube.com/embed/2sgULSPowjU>  
<//www.youtube.com/embed/2sgULSPowjU>  
<//www.youtube.com/embed/4Mn38PXSVIQ>  
<//www.youtube.com/embed/4Mn38PXSVIQ>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2fb61ba1a60ee7852a272a387d92f7c2.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2fb61ba1a60ee7852a272a387d92f7c2.swf>  
<//www.youtube.com/embed/XuA9M2Px5Zo>  
<//www.youtube.com/embed/XuA9M2Px5Zo>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/8e194c3478d72943c03a471384daef7f.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/8e194c3478d72943c03a471384daef7f.swf>  
<//www.youtube.com/embed/nsKGvTmu-Jw>  
<//www.youtube.com/embed/nsKGvTmu-Jw>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/b3fdb2b867c2ae442a04481beca59a.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/b3fdb2b867c2ae442a04481beca59a.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/a1bb253e3d1a3556432f7c313b102cba.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/a1bb253e3d1a3556432f7c313b102cba.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/89db83e308a52dbea8b319eafee1c1e6.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/89db83e308a52dbea8b319eafee1c1e6.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/abda194dfafa5fcd0234bdfd92f97dc1.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/abda194dfafa5fcd0234bdfd92f97dc1.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/dad1a88ff2d4b138a92572a1246e0866.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/dad1a88ff2d4b138a92572a1246e0866.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/ed4e881a620abca2f8ab77418099c316.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/ed4e881a620abca2f8ab77418099c316.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/0021024cb9dff75333b0b60ec760ad91.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/0021024cb9dff75333b0b60ec760ad91.swf>  
<//www.youtube.com/embed/Fg0VCv-8ZZg>  
<//www.youtube.com/embed/Fg0VCv-8ZZg>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/10d5401ecf66e75f7d6679b65bb098cb.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/10d5401ecf66e75f7d6679b65bb098cb.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2cc625797e033865fae7e37ece6751a6.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/2cc625797e033865fae7e37ece6751a6.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/391ac338e42ce04d02e65f2676594b08.swf>  
<https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/391ac338e42ce04d02e65f2676594b08.swf>

## Gebruikte Wikiwijs Arrangementen

*Zonnestelsel en heelal (2014)*

Link: <https://maken.wikiwijs.nl/46116/>

Auteur: , Bètapartners