

## ZONNESTELSEL & HEELAL - HAVO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde

Foton is gratis te downloaden via [natuurkundeuitgelegd.nl/foton](http://natuurkundeuitgelegd.nl/foton)

Uitwerkingen van alle opgaven staan op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

Videolessen over de theorie zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen)

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Zonnestelsel](#)

[Kometen & meteoren](#)

[Helio- Geocentrisch](#)

[Maanfasen](#)

[Cirkelbeweging & baansnelheid](#)

[Middelpuntzoekende kracht](#)

[Gravitatiewet](#)

[Planeetbanen](#)

[Satellietbanen](#)

[Lichtjaar](#)

[Sterrenstelsels](#)

[Oerknal/BigBang](#)

[Telescopen](#)

[Elektromagnetisch spectrum](#)

[Soorten straling](#)

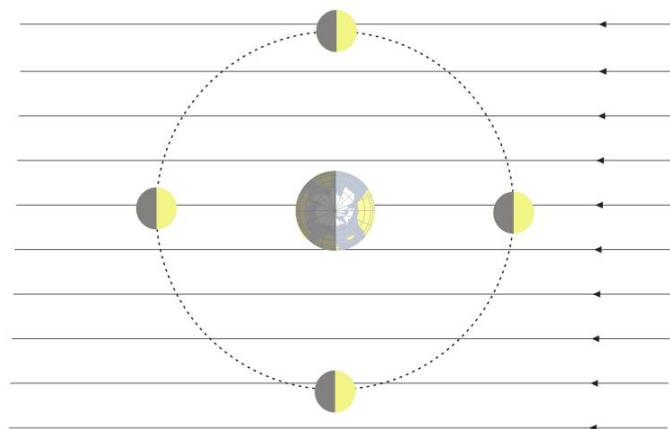
[Wet van Wien](#)



### 1 Maanfasen

De afbeelding hieronder stelt schematisch de maan voor op 4 verschillende tijdstippen tijdens de baan om de aarde. In het midden staat de aarde gezien van bovenaf. Je kijkt recht op de noordpool. De zon staat niet op de afbeelding. Zowel de maan als de aarde worden vanaf de rechterkant door de zon beschenen.

- Schrijf in de afbeelding op de juiste plaats de namen van de verschillende maanfasen op. Kies uit: *Nieuwe maan*, *volle maan*, *eerste kwartier* en *laatste kwartier*.
- Beredeneer of de maan in het plaatje hieronder linksom of rechtsom om de aarde draait.
- Leg aan de hand van de afbeelding uit waarom de volle maan overdag nooit zichtbaar is.



## 2 Zonsverduistering

Bij een zonsverduistering staat de aarde tussen de zon en de maan in. Vanaf de aarde gezien staat de maan voor de zon en blokkeert zo het zonlicht.

- Leg uit aan de hand van de linker figuur hieronder uit waarom een volledige zonsverduistering maar op een enkele plaats op aarde zichtbaar is.
- Leg uit waarom zonsverduisteringen alleen bij nieuwe maan kunnen plaatsvinden.
- Zonsverduisteringen zijn vrij zeldzaam. De reden dat er niet elke nieuwe maan een zonsverduistering is heeft te maken met het feit dat de baan van de maan gekanteld is ten opzichte van de lijn aarde-zon (zie rechter figuur hieronder). Leg uit waarom er niet elke nieuwe maan een zonsverduistering plaatsvindt.



## 3 Heliocentrisch

Vroeger werd gedacht dat de aarde in het midden van het heelal stond en dat alles om de aarde draaide: Een geocentrisch heelal. Op zich een logische gedachte: De zon komt op in het oosten en gaat onder in het westen en lijkt inderdaad om de aarde te draaien. Ook de sterren komen 's avonds op in het oosten en gaan onder in het westen. Vanaf het eind van de middeleeuwen kwamen er betere instrumenten en waarnemingen waardoor wetenschappers begonnen te twijfelen aan dit geocentrische heelal. De belangrijkste ontdekkingen werden gedaan door de Italiaanse wetenschapper Galileo. Leg van elk van onderstaande waarnemingen waarom ze eerder op een heliocentrisch heelal wijzen dan op een geocentrisch heelal.

- De zon heeft zonnevlekken en hieraan is te zien dat de zon om zijn eigen as draait.
- Om de planeet Jupiter draaien 4 maantjes.
- De planeet Venus lijkt soms groter en soms kleiner.

## 4 Venus

Venus is een planeet die vanaf aarde goed met het blote oog te zien is. De planeet is het helderste object aan de hemel (na de zon en de maan).

- Leg in je eigen woorden uit wat een planeet is.
- Zoek in BINAS tabel 31 op de hoeveelste planeet Venus is, gerekend vanaf de zon.
- Een van de redenen dat Venus vanaf de aarde gezien zo helder is, is dat de planeet bedekt is met een dik wolkendek. De witte kleur weerkaatst veel zonlicht. Noem twee andere redenen waarom Venus zo helder is.
- ondanks het feit dat Venus een planeet is en geen ster wordt Venus ook wel de

*ochtendster* of de *avondster* genoemd omdat de planeet altijd in de buurt van de zon aan de hemel staat en daarom meestal alleen vlak voor zonsopgang of vlak na zonsondergang goed te zien is. Leg uit waarom Venus vanaf de aarde gezien altijd in de buurt van de zon staat.

## 5 Ontbrekende woorden

Vul in onderstaand stukje de juiste ontbrekende woorden in.

Kies uit: meteoriet, meteor, komeet, planetoïde.

*Tussen de banen van Mars en Jupiter in bevindt zich een gebied waarin miljoenen rotsblokken van allerlei groottes en vormen in een baan om de zon cirkelen. Hoewel ze, net als planeten, om de zon draaien, zijn ze te klein om als volwaardige planeet te gelden en worden daarom ..... genoemd. Ook bewegen zich objecten om de zon in een extreem langgerekt elliptische baan. Deze objecten bestaan uit ijs en gruis en als ze in de buurt van de zon komen smelt een deel van het ijs en ontstaat er een typische staart die ook vanaf aarde meestal goed zichtbaar is. Deze objecten worden ook wel..... genoemd. Soms komt een stuk gruis of een rotsblok in de buurt van de aarde en wordt door de aarde aangetrokken. Wanneer zo'n object in de dampkring terecht komt wordt het door de luchtwrijving zo heet dat het licht uitstraalt en verbrandt. Dit is vanaf het aardoppervlak zichtbaar en wordt ook wel een vallende ster of ..... genoemd. Wanneer een rotsblok zo groot is dat het niet volledig verbrand of uit elkaar valt, kan er een stuk rots op het aardoppervlak terecht komen. Dit wordt een ..... genoemd.*

## 6 Cirkelbeweging

De aarde beweegt in één jaar tijd om de zon in een vrijwel cirkelvormige baan. De straal van de baan die de aarde om de zon aflegt is gelijk aan de afstand tussen de aarde en de zon.

- Zoek in BINAS tabel 31 de baanstraal van de aarde op.
- Bereken met behulp van de straal van de aardbaan de afstand die de aarde in één jaar tijd aflegt. Aanwijzing: de formule voor de omtrek van een cirkel staat in BINAS tabel 36B.
- Laat met een berekening zien dat de baansnelheid van de aarde om de zon gelijk is aan 29,8 km per seconde.
- Leg uit waarom we in de praktijk vrijwel niets merken van deze enorme snelheid waarmee we door de ruimte bewegen.

## 7 Slijptol

Een slijptol is een stuk gereedschap voor metaalbewerking. Hij bestaat uit een snel draaiende slijpschijf die tegen het te bewerken metaal aan wordt gehouden. Hierbij ontstaat een vonkenregen van wegschietende gloeiende metaaldeeltjes. Bereken de maximale snelheid die de wegschietende metaaldeeltjes kunnen hebben bij het werken met een slijptol met een straal van 7,5 cm die draait met 2800 rotaties per minuut (RPM).



## 8 Draaimolen

Melissa en Suzanne zitten samen in een draaimolen. Melissa zit op een houten paard op een afstand van 2,6 m van het midden. Suzanne zit naast haar in een brandweerauto op een afstand van 4,0 m van het midden. De draaimolen doet 9,4 s over één rondje.

- Bereken de baansnelheid van Melissa en van Suzanne.
- De draaimolen gaat sneller draaien zodanig dat de baansnelheid van Melissa hetzelfde wordt als de eerdere baansnelheid van Suzanne. Hoe lang doet de draaimolen nu over één rondje?
- Wat wordt in dit geval de nieuwe baansnelheid van Suzanne?

## 9 Middelpuntzoekende kracht

In onderstaande situaties beschrijft een voorwerp steeds een (deel van een) cirkelbaan. Noem in elke situatie de kracht aan die verantwoordelijk voor de middelpuntzoekende kracht.

- Een kogel wordt aan een touw rondgeslingerd.
- De planeet Mars draait rond de zon.
- Je maakt op de fiets een bocht.

## 10 Eenheid

Voor de grootte van de middelpuntzoekende kracht geldt onderstaande formule. Laat zien dat de eenheden aan beide kanten gelijk zijn.

$$F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$$

$F_{mpz}$  = middelpuntzoekende kracht (N)

$m$  = massa (kg)

$v$  = baansnelheid ( $\text{ms}^{-1}$ )

$r$  = straal (m)

## 11 $F_{mpz}$

Bereken voor elk van onderstaande situaties de grootte van  $F_{mpz}$ .

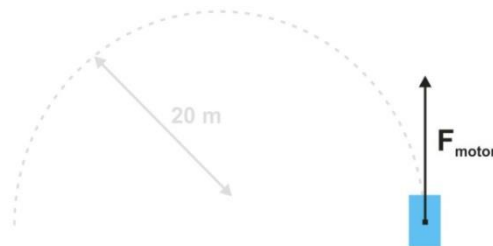
- Een massa van 2,3 kg draait met  $4,2 \text{ ms}^{-1}$  rondjes met straal 1,0 m.
- Dezelfde massa draait met een twee keer grotere straal maar met dezelfde omlooptijd.

- c Een maan met een massa van  $3,2 \cdot 10^{20}$  kg draait met een omlooptijd van 4,0 dagen rond een planeet op een afstand van 12000 km van het middelpunt van de planeet.

## 12 Bocht

Een auto met een massa van 2200 kg maakt een bocht met een straal van 20 m naar links met een constante snelheid van 20 km/h (zie onderstaande afbeelding). De voorwaartse kracht van de motor ( $F_{\text{motor}}$ ) tijdens het maken van de bocht is 850 N.

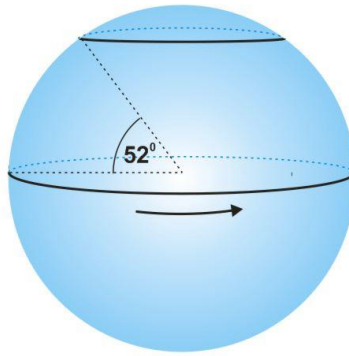
- Bereken de grootte van de middelpuntzoekende kracht.
- Waar komt de middelpuntzoekende kracht vandaan?
- Bepaal de totale wrijvingskracht op de auto.



## 13 Aardrotatie

De aarde draait in ongeveer 24 uur om haar eigen as. Dit betekent dat op voorwerpen op het aardoppervlak ook een middelpuntzoekende kracht werkt. We gaan er bij deze opgave van uit dat de aarde bolvormig is met een straal van 6371 km en dat de zwaartekracht overal gelijk is aan  $9,81 \cdot \text{massa}$ .

- Hoe groot is de baansnelheid als je op de evenaar staat?
- Bereken de middelpuntzoekende kracht op een massa van 50,0 kg op de evenaar.
- Frederieke weegt volgens een nauwkeurige weegschaal op de noordpool 50,0 kg. Welke massa zou dezelfde weegschaal aangeven op de evenaar? Ga er hierbij vanuit dat de kracht die op de weegschaal wordt uitgeoefend wordt de zwaartekracht is verminderd met de  $F_{\text{mpz}}$  uit de vorige vraag.
- Nederland ligt op  $52^\circ$  noorderbreedte (zie afbeelding hieronder). Dit betekent dat de cirkel die wij beschrijven tijdens een rotatie kleiner is dan op de evenaar. Bereken de grootte en de richting van de middelpuntzoekende kracht in Nederland. Bereken hiervoor eerst de baansnelheid.
- Welke massa zou Frederieke meten als ze zich met dezelfde weegschaal in Nederland zou wegen?



## 14 Gravitatiekracht

Bereken de grootte van de gravitatiekracht tussen de twee objecten. De gegeven afstanden zijn steeds tussen de middelpunten van de objecten.

- Een massa van 3,2 kg en massa 1,0 kg op een afstand van 2,0 m.
- Twee neutronen op een afstand van 3,0 nm.
- De aarde en de maan.

## 15 Gravitatieconstante

Hieronder staat de formule voor de gravitatiekracht waarmee twee massa's elkaar aantrekken. In de formule voor gravitatiekracht komt een constante G voor: de gravitatieconstante.

- Laat aan de hand van de formule zien dat de eenheid van  $G$   $\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$  is.
- Henry Cavendish heeft  $G$  eind 18<sup>e</sup> eeuw voor het eerst experimenteel bepaald. Hij heeft een gravitatiekracht van  $1,45 \cdot 10^{-7}$  N gemeten tussen een lichte loden bol van 0,73 kg en een zware bol van 158 kg op een afstand van 23 cm (tussen de middelpunten). Laat met een berekening zien dat de waarde voor  $G$  die hieruit volgt overeenkomt met de gravitatieconstante in BINAS tabel 7.

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$F_g$  = gravitatiekracht (N)

$G$  = gravitatieconstante (...)

$m_{1,2}$  = massa's (kg)

$r$  = afstand tussen massa's (m)

## 16 Hoogte

Lex en Babette vergelijken de zwaartekracht op verschillende hoogtes. Ze doen dit door de zwaartekracht te meten op een massa van 5,0 kg op verschillende etages in hun school.

Lex zegt: "Op een twee keer zo grote hoogte is de zwaartekracht vier keer zo klein want in de formule staat  $r^2$  onder de deelstreep". Babette zegt: "Voor de zwaartekracht geldt de formule  $F_z = m \cdot g$  en de hoogte maakt dus niks uit." Wie heeft er volgens jou gelijk? Leg uit.

## 17 Appel

Een appel met een massa van 200 g en een doorsnede van 10 cm ligt op de grond.

- Hoe groot is de afstand tussen het middelpunt van de appel en het middelpunt van de aarde? Zoek hiervoor eerst de straal van de aarde op in BINAS tabel 31.
- Hoe groot is de gravitatiekracht die de aarde op de appel uitoefent?
- Hoe groot zou de gravitatiekracht op de appel zijn als deze zich in het International Space Station (ISS) zou bevinden op 330 km boven het aardoppervlak?
- Op welke afstand van de aarde zou de appel zich moeten bevinden om helemaal geen gravitatiekracht van de aarde te ondervinden?

## 18 Valversnelling

Een knikker met een massa van 5,0 g bevindt zich vlak boven het oppervlak van de planeet Mars.

- Bereken de kracht van de planeet op de knikker met behulp van de gravitatiewet.
- Toon met een berekening met de tweede wet van Newton ( $F = m \cdot a$ ) aan dat de versnelling die de knikker ondergaat tijdens het vallen gelijk is aan de gravitatieversnelling op zoals deze in BINAS tabel 31 staat.
- Een planeet heeft een massa van  $3,0 \cdot 10^{26}$  kg en een straal van  $4,0 \cdot 10^7$  m. Bereken de valversnelling (gravitatieversnelling) op het planeetoppervlak.
- Hoeveel keer zo zwaar zou je je voelen als je op het oppervlak van deze planeet zou staan?

## 19 Afleiding

Voor planeten in een baan om de zon geldt dat de benodigde middelpuntzoekende kracht geleverd wordt door de gravitatiekracht die de zon op de planeet uitoefent. Voor de omlooptijd en de afstand tot de zon geldt de 3<sup>e</sup> wet van Kepler (zie onder).

- De formule volgt uit het gelijkstellen van  $F_{\text{mpz}}$  en  $F_{\text{grav}}$  en het uitschrijven de formules van beide krachten. Leidt op deze manier onderstaande formule af.
- Laat zien dat de eenheden aan beide kanten gelijk zijn.
- De massa van de zon kan berekend worden met de 3<sup>e</sup> wet van Kepler. Toch is het pas eind 18<sup>e</sup> eeuw, lang ná Kepler en Newton, gelukt om de massa van de zon te bepalen. Leg uit waarom dit pas toen kon.

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{G \cdot M_{\text{zon}}}{4\pi^2}$$

$r$  = afstand tot de zon (m)

$T$  = omlooptijd (s)

$G$  = gravitatieconstante ( $\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$ )

$M_{\text{zon}}$  = massa zon (kg)

## 20 Jupitermaantjes

In 1610 ontdekte Galileï vier maantjes die om de planeet Jupiter draaien: De gegevens van deze maantjes staan in BINAS tabel 31.

- Beredeneer (geen berekening) op grond van de gegevens dat het maantje Io de grootste gravitatiekracht van Jupiter ondervindt.
- Bereken de grootte van de gravitatiekracht die Io ondervindt van Jupiter.
- Bereken de baansnelheid van Io door de middelpuntzoekende kracht gelijk te stellen aan de gravitatiekracht.
- Laat met een berekening zien dat de baansnelheid klopt met de omlooptijd van Io in tabel 31.
- Stef beweert: *“De omlooptijd van Io is het kleinst van de vier maantjes omdat de gravitatiekracht op Io het grootst is”*. Ben jij het hiermee eens? Leg uit.

## 21 Exoplaneet

Een exoplaneet is een planeet die niet om de zon maar om een andere ster draait. Bij de ster Gliese 876 zijn sinds 1998 vier exoplaneten ontdekt. De gegevens staan in BINAS tabel 32G.

- Volgens de wet van Kepler geldt dat  $r^3/T^2 = \text{constant}$ . Bepaal voor elk van de vier exoplaneten deze constante.
- Hoe komt het dat de constante niet hetzelfde is voor de vier exoplaneten?
- Bereken de massa van de centrale ster Gliese 876.
- Hoeveel keer zwaarder of lichter is Gliese 876 dan onze zon?

## 22 Geostationair

Geostationaire satellieten draaien in een baan recht boven de evenaar om de aarde op een afstand van  $3,579 \cdot 10^4$  km boven het aardoppervlak. Op deze afstand is de omlooptijd precies gelijk aan de rotatieperiode van de aarde: 23 uur en 56 minuten. De satelliet draait op deze manier met de aarde mee en staat altijd recht boven dezelfde positie. Voordeel hiervan is dat satelliet vanaf de aarde gezien altijd op hetzelfde punt aan de hemel staat wat handig is als je een schotel op de satelliet wil richten.

- Laat met een berekening zien dat geostationaire satellieten een baansnelheid van  $3,1 \cdot 10^3$   $\text{ms}^{-1}$  hebben.
- Een geostationaire satelliet heeft een massa van 2300 kg. Bereken de middelpuntzoekende kracht die er op de satelliet werkt.
- De middelpuntzoekende kracht wordt geleverd door de gravitatiekracht van de aarde. Laat met een berekening zien dat de gravitatiekracht die de aarde op de satelliet uitoefent gelijk is aan de middelpuntzoekende kracht.
- Omdat een satelliet in de ruimte geen wrijving ondervindt houdt een geostationaire satelliet in principe gewoon zijn snelheid. Beredeneer wat er met de baan van de satelliet zou gebeuren als de snelheid tóch zou veranderen.

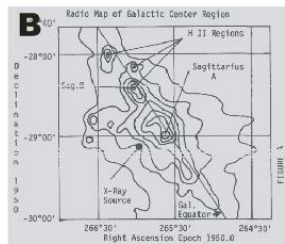


## 23 Telescopen

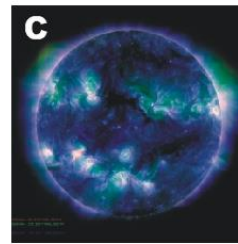
Om meer over het heelal te weten te komen gebruiken astronomen telescopen. Naast zichtbaar licht kijken astronomen ook naar andere soorten straling die voor ons oog niet zichtbaar zijn. Hieronder staan 3 opnames gemaakt met een in bepaald soort straling. Bepaal voor elke opname (A,B,C) met welk van de onderstaande instrumenten de opname gemaakt zou kunnen zijn.



Foto planeet Saturnus



Radiostraling uit melkwegcentrum



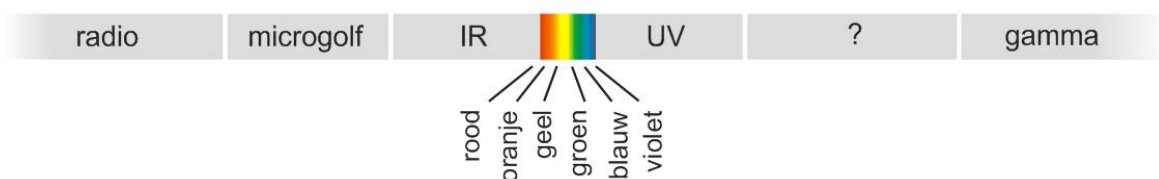
Röntgenstraling van zon



## 24 Elektromagnetisch spectrum

Hieronder staat schematisch het elektromagnetisch spectrum met daarin aangegeven de verschillende soorten elektromagnetische straling.

- Wat is elektromagnetische straling?
- Waarvoor staan de afkortingen 'IR' en 'UV'?
- Welke stralingsoort hoort op de plaats van het vraagteken te staan?
- Sommige stralingssoorten kunnen gevaarlijk zijn. Dit komt omdat de straling in staat is om moleculen en atomen te ioniseren. Staan de ioniserende stralingssoorten aan de linkerkant of aan de rechterkant van het schema?
- Omcirkel het juiste woord in onderstaande zin:  
Rood licht heeft een *langere/kortere* golflengte dan blauw licht



## 25 Stralingssoort

Gebruik bij deze opgave BINAS tabel 19B.

Om welke straling gaat het in onderstaande gevallen?

- a Straling met een golflengte van 546 nm
- b Straling met een golflengte van 2,0  $\mu\text{m}$
- c Straling met een frequentie van 96,8 MHz
- d Ook een magnetronoven gebruikt elektromagnetische straling voor het opwarmen van voedsel. De frequentie van deze straling is 2,45 GHz de golflengte 12 cm. Zoek aan de hand van tabel 19B uit wat voor soort straling dit is.

## 26 Lichtsnelheid

De snelheid waarmee elektromagnetische golven zich in vacuüm voortplanten is hetzelfde voor alle soorten elektromagnetische straling:  $2,99792458 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ . De naam "lichtsnelheid" is dus enigszins misleidend aangezien het ook de snelheid is voor alle andere soorten elektromagnetische straling.

- a De lichtsnelheid in een bepaald medium, zoals lucht, water of glas, is altijd lager dan de lichtsnelheid in vacuüm en hangt af van de brekingsindex van het medium volgens onderstaande formule.  $n_{\text{water}}$  is 1,3. Bereken de lichtsnelheid onder water.
- b Rudy en Agnes zijn het niet eens over de lichtsnelheid. Rudy zegt dat de lichtsnelheid voor alle soorten straling constant is. Agnes zegt dat dit alleen in vacuüm geldt en dat in een medium de lichtsnelheid voor verschillende soorten straling best kan verschillen. Leg aan de hand van BINAS tabel 18 uit wie er gelijk heeft.

$$c_{\text{medium}} = \frac{c_{\text{vacuum}}}{n_{\text{medium}}}$$

$c_{\text{medium}}$  = lichtsnelheid in medium ( $\text{ms}^{-1}$ )

$c_{\text{vacuum}}$  =  $2,99792458 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

$n_{\text{medium}}$  = brekingsindex medium

## 27 Wet van Wien

Uit de golflengte waarbij een object de meeste straling uitzendt kan m.b.v. de wet van Wien bepaald worden wat de temperatuur van het object is.

- a Zoek in BINAS tabel 35-E1 de wet van Wien op.
- b De oppervlaktetemperatuur van de zon is 5780 K. Bereken de golflengte waarbij de zon de meeste straling uitzendt. De constante  $k_{\text{W}}$  die in de formule voorkomt staat in BINAS tabel 7.
- c De temperatuur van gaswolken onder invloed van gravitatiekracht van zware objecten in het heelal kan zó hoog oplopen dat er röntgenstraling uitgezonden wordt. Bereken de temperatuur van een gaswolk die röntgenstraling met  $\lambda_{\text{max}} = 5,0 \text{ nm}$  uitzendt.
- d Ook het menselijk lichaam is warm en zendt straling uit. Bereken in welke golflengte de meeste straling wordt uitgezonden. Welke stralingsoort is dit?

## 28 Lichtjaar

In de sterrenkunde wordt voor afstanden vaak de eenheid 'lichtjaar' gebruikt. Een lichtjaar is de afstand die licht in één jaar tijd aflegt.

- Bereken met hoeveel meter een lichtjaar overeenkomt. Zoek hiervoor eerst de lichtsnelheid op in BINAS tabel 7.
- De poolster staat op een afstand van 433 lichtjaar van de aarde. Bereken hoeveel dit in km is.
- De ster "Proxima Centaurus  $\alpha$ " is vanaf het zonnestelsel de meest nabije ster. Zoek in BINAS tabel 32B de afstand tot deze ster.
- Op hoeveel lichtjaren afstand staat Proxima Centaurus  $\alpha$ ?

## 29 Reistijd

Omdat licht er een tijdje over doet om onze ogen te bereiken kijken we altijd terug in het verleden. Hoe verder weg iets staat hoe verder we in het verleden kijken.

- De ster Betelgeuze staat op een afstand van 497 lichtjaar. Hoe lang heeft het licht wat we nu zien erover gedaan om ons te bereiken?
- Ook als we naar de zon kijken, kijken we in het verleden: We zien de zon zoals deze er 8 minuten geleden uit zag. Laat dit zien met een berekening. Zoek hiervoor eerst de afstand aarde-zon op in BINAS tabel 31 (baanstraal).
- Ook voor een mogelijke toekomstige bemande vlucht naar Mars speelt deze vertraging een grote rol. Ook radiostraling verplaatst zich namelijk met de lichtsnelheid waardoor een boodschap er een tijdje over doet. Op het moment dat Mars en aarde het dichtst bij elkaar staan bedraagt de afstand tussen de planeten 78,4 miljoen km. Toon dit aan m.b.v. BINAS tabel 31.
- Bereken hoe lang het minimaal duurt om vanaf aarde antwoord te krijgen op een vraag aan astronauten op Mars.
- Bereken wat het antwoord op de vorige vraag zou zijn als Mars en de aarde juist het verst van elkaar staan.

## 30 Deneb

In de zomer is Deneb één van de helderste sterren aan de hemel.

- Zoek op het sterrenkaartje in BINAS tabel 32A in welk sterrenbeeld Deneb staat.
- Deneb staat op een zeer grote afstand van de aarde vergeleken met de meeste andere sterren. Ga dit na aan de hand van BINAS tabel 32B.
- Bereken de afstand tot Deneb in lichtjaren.
- Leg uit hoe het kan dat Deneb ondanks de grote afstand toch zo helder is.

## 31 Oerknal

Begin 20<sup>e</sup> eeuw ontdekte de Amerikaanse astronoom Edwin Hubble door metingen aan de

snelheid van verre sterrenstelsels dat er een verband bestaat tussen de afstand van een object en de snelheid waarmee het van ons af beweegt. In de grafiek hieronder staan van een aantal verre sterrenstelsel de afstand en de snelheid waarmee het van ons af beweegt uitgezet.

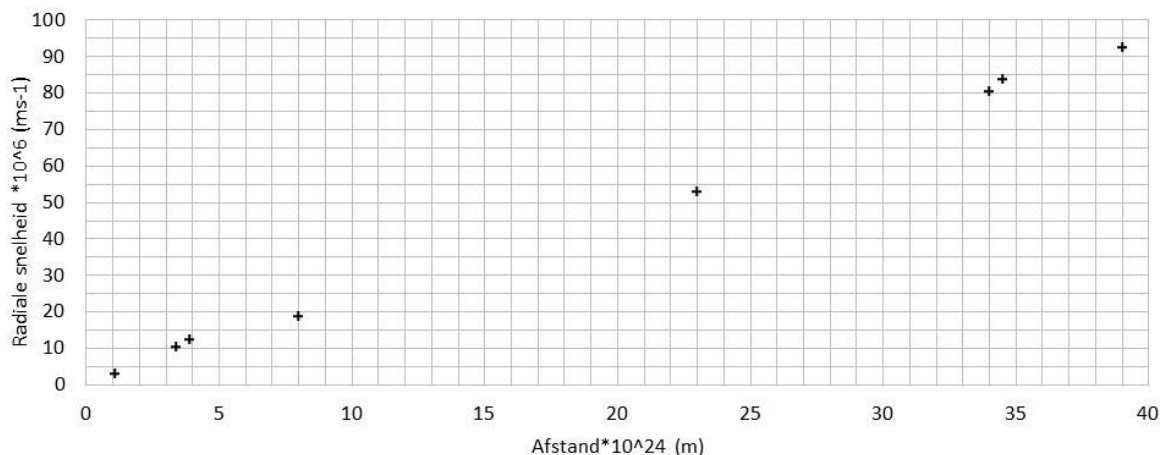
- Wat voor soort verband bestaat er tussen de afstand en de snelheid?
- Op grond van zijn waarnemingen heeft Hubble onderstaande formule opgesteld. De constante  $H_0$  die in de formule voorkomt wordt de Hubbleconstante genoemd. Bepaal uit de grafiek zo nauwkeurig mogelijk  $H_0$ .
- Een verklaring voor dit verband tussen afstand en snelheid is dat het heelal ooit is ontstaan in een oerknal waarna het heelal is gaan uitdijen. Door met de afstand en de snelheid terug te rekenen naar het moment dat het heelal in één punt bijeen was kan de leeftijd van het heelal bepaald worden. De leeftijd van het heelal wordt op dit moment door astronomen tussen de 13 en 14 miljard jaar geschat. Laat zien dat de in de vorige vraag bepaalde waarde van  $H_0$  hiermee in overeenstemming is.

$$v = H_0 \cdot d$$

$v$  = wegvliegsnelheid ( $\text{ms}^{-1}$ )

$H_0$  = Hubbleconstante ( $\text{s}^{-1}$ )

$d$  = afstand (m)



### 32 Andromedastelsel

Sterren zijn niet willekeurig door het heelal verspreid maar staan bij elkaar in gigantische sterrenstelsels. Hieronder staat een foto van de Andromedanevel. Dit is vanaf ons eigen melkwegstelsel het dichtstbijzijnde sterrenstelsel. Op de foto zijn ook duizenden losse sterren te zien die buiten het sterrenstelsel lijken te staan. Hoe komt dat je deze sterren ziet terwijl het heelal eigenlijk 'leeg' is buiten de sterrenstelsels?



## ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op

[natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

### 6 Cirkelbeweging

- a  $0,1496 \cdot 10^{12}$  m
- b  $9,400 \cdot 10^{11}$  m

### 7 Slijptol

- a  $22 \text{ ms}^{-1}$

### 8 Draaimolen

- a 1,7 en  $2,7 \text{ ms}^{-1}$
- b 6,1 s
- c  $4,1 \text{ ms}^{-1}$

### 11 Fmpz

- a 41 N
- b 81 N
- c  $1,3 \cdot 10^{18}$  N

### 12 Bocht

- a  $3,4 \cdot 10^3$  N
- c  $3,5 \cdot 10^3 \text{ N} / 14^\circ$

### 13 Aardrotatie

- a  $463,3 \text{ ms}^{-1}$
- b 1,68 N
- c 49,8 kg
- d 1,04 N
- e 49,9 kg

### 14 Gravitatiekracht

- a  $5,3 \cdot 10^{-11}$  N
- b  $2,1 \cdot 10^{-47}$  N
- c  $1,98 \cdot 10^{20}$  N

### 17 Appel

- a  $6,371 \cdot 10^6$  m
- b 1,96 N
- c 1,78 N

### 18 Valversnelling

- a  $1,9 \cdot 10^{-2}$  N
- b  $3,7 \text{ ms}^{-2}$
- c  $13 \text{ ms}^{-2}$
- d 1,3

### 20 Jupitermaantjes

- b  $6,3 \cdot 10^{22}$  N
- c  $1,7 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$
- d 1,8 dagen

### 21 Exoplaneet

- a 1,1 1,1 1  $0,9 \cdot 10^{18}$
- b  $6,3 \cdot 10^{29}$  kg
- c 3,1 x lichter

### 22 Geostationair

- b 515,7 N

### 26 Lichtsnelheid

- a  $2,3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

### 27 Wet van Wien

- a 501,3 nm
- b  $5,8 \cdot 10^5$  K
- c  $9,34 \mu\text{m}$  (IR)

### 28 Lichtjaar

- a  $9,4607 \cdot 10^{15}$  m
- b  $4,10 \cdot 10^{15}$  km
- c  $4,0 \cdot 10^{16}$  m
- d 4,2 lj

### 29 Reistijd

- a 497 jaar
- d 8,72 min
- e 42,0 min

### 30 Deneb

- a Cygnus (Zwaan)
- c 1374 lj

### 31 Oerknal

- b  $2,4 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$