

## Activiteit 4 Afsluitende les *Zoeken naar leven*

### Inhoud

Activiteit 4 is de afsluitende les van dit lespakket. Bij deze laatste activiteit gebruiken de leerlingen de kennis uit de voorgaande lessen om zelf een planeet te onderzoeken. De leerlingen kiezen een ster, berekenen de verschillende parameters van de planeet en geven een mening over de bewoonbaarheid van hun gevonden planeet.

### Doel

- Leerlingen kunnen rekenen met de derde wet van Kepler.
- Leerlingen kunnen een vergelijking met een onbekende oplossen.
- Leerlingen kunnen een grafiek aflezen.
- Leerlingen kunnen de informatie uit de grafiek verwerken.

### Materiaal

- Leerling werkblad *Zoeken naar leven*
- Rekenmachine
- Sterrendata (bijlage)

### Organisatie van de les

De leerlingen kunnen dit zelfstandig of in groepsverband doen.

### Vorbereiding voor de docent

Kopieer het werkblad *Zoeken naar leven* voor de leerlingen en zorg voor genoeg exemplaren van de sterrendata.

### Kies een ster

De leerlingen kiezen een ster. Geef hen daarna de grafiek van de betreffende ster. Vertel dat de massa en de straal verhoudingen weergeven ten opzichte van de massa en straal van onze zon. Massa 1 betekent dat de massa van de ster even groot is als de massa van de zon. Straal 1 betekent dat de straal van de ster even groot is als de straal van de zon. De temperatuur aan de buitenkant van de zon is  $5,78 \cdot 10^3$  kelvin. Dat komt overeen met  $5,51 \cdot 10^3$  graad Celsius.

### De omlooptijd van de planeet

Vertel de leerlingen dat de omlooptijd van de planeet te achterhalen is uit de grafiek van de ster. Een planeet kan ontdekt worden door een ster te observeren. Als een ster regelmatig een tijdelijke afname van zijn lichtintensiteit laat zien, kan dat betekenen dat er een planeet omheen draait. In de tentoonstelling hebben de leerlingen dit ook al gezien. We gaan in deze activiteit er vanuit dat de planeet door het midden van de zichtlijn van de ster gaat. Laat de leerlingen de omlooptijd van de planeet berekenen op het werkblad.

### De derde wet van Kepler

De derde wet van Kepler beschrijft dat het kwadraat van omlooptijd  $T$  van een planeet evenredig is met de derde macht van haar gemiddelde afstand  $R$  tot de ster. De formule is af te leiden uit de formule voor de gravitatiekracht ( $F_g$ ) en middelpuntzoekende kracht ( $F_{mpz}$ ) en wordt dan als volgt:

$$F_g = G \cdot M \cdot m \cdot R^{-2}$$

$$F_{mpz} = m v^2 \cdot R^{-1} \text{ en } v = 2\pi R \cdot T^{-1} \rightarrow F_{mpz} = m \cdot 4\pi^2 R^2 \cdot T^{-2} \cdot R^{-1}$$

$$F_{mpz} / F_g = (m \cdot 4\pi^2 \cdot T^{-2} \cdot R^{-1}) / (G \cdot M \cdot m \cdot R^{-2})$$

$$= (m \cdot 4\pi^2 R^2 \cdot T^{-2}) / (G \cdot M \cdot m \cdot R \cdot T^{-2})$$

$$= (m \cdot 4\pi^2 R^4) / (G \cdot M \cdot m \cdot R \cdot T^2) = (4\pi^2 R^3) / (G \cdot M \cdot T^2)$$

Dus als  $F_{mpz}$  gelijk is aan  $F_g$  dan:  $T^2 / R^3 = 4\pi^2 / (G \cdot M)$

Leg de derde wet van Kepler uit en laat de leerlingen hiermee de afstand van de planeet tot de ster berekenen.

### De afstand van de planeet tot de ster

De leerlingen maken het werkblad.

### De temperatuur van de atmosfeer van de planeet

De temperatuur van de atmosfeer van de planeet hangt af van de grootte en temperatuur van de buitenkant van de ster en van de afstand van de ster tot de planeet. De formule om dit uit te rekenen is gegeven op het werkblad van de leerlingen.

Bij deze formule gaan we er vanuit dat er geen reflectie aan de oppervlakten van zowel de ster als de planeet plaatsvindt. Deze formule komt tot stand via de volgende redenering:

De ster straalt een vermogen uit via een cirkelvormig vlak volgens:  $\pi \cdot r_{ster}^2 \cdot \text{vermogen van de ster}$ .

Op afstand  $R$  is dit vermogen op een cirkelvormig vlak:  $\pi \cdot R^2 \cdot \text{vermogen van de ster}$ .

Het vermogen heeft op afstand  $R$  daarom een grootte van  $(\pi \cdot r_{ster}^2) / (\pi \cdot R^2) \cdot \text{vermogen van de ster}$ .

$\pi$  kun je nu uit de formule wegstrepen. De formule wordt dan:  $r_{ster}^2 / R^2 \cdot \text{vermogen van de ster}$ .

Bij de planeet op afstand  $R$  van de planeet kan een vermogen op een cirkelvormig vlak opgenomen worden van  $\pi \cdot r_{planeet}^2 \cdot \text{vermogen van de ster}$ .

## Vervolg activiteit 4 Zoeken naar leven

De planeet is een bol en zal het vermogen over de bol moeten verspreiden. Het oppervlak van deze bol is:  $4\pi \cdot r_{\text{planeet}}^2$ . Dit oppervlak is dus een factor 4 groter!

Het vermogen dat per  $\text{m}^2$  door de planeet kan worden uitgezonden is daarom een factor 4 kleiner dan het vermogen dat door de ster aan de planeet wordt uitgezonden. In formule wordt dit:

Uitgezonden vermogen door de planeet per  $\text{m}^2 = r_{\text{ster}}^2 / 4R^2$  . vermogen van de ster

De temperatuur van de planeet is afhankelijk van de temperatuur van de ster en het uitgestraalde vermogen van de ster dat bij de planeet is aangekomen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de wet van Stefan-Boltzmann waarbij geldt dat het uitgestraalde vermogen recht evenredig is met  $T^4$ .

$T^4$  is dus recht evenredig met  $r_{\text{ster}}^2 / 4R^2$ .

$T$  is daarom recht evenredig met  $\sqrt{r_{\text{ster}}^2 / 4R^2}$ .

De temperatuur van de planeet is nu uit te rekenen met de volgende formule:

$$T_{\text{planeet}} \text{ (K)} = T_{\text{ster}} \cdot \sqrt{(r_{\text{ster}}) / 2 \cdot R)}$$

$r_{\text{ster}}$  geven we als verhouding ten opzichte van de straal van de zon waarbij  $r_{\text{zon}} = 0,7 \cdot 10^9 \text{ m}$  is.  $R$  geven we in astronomische eenheden waarbij  $1 \text{ AE} = 150 \cdot 10^9 \text{ m}$  is. Dit moet in de formule verwerkt worden. De verhouding geven we aan door  $150 \cdot 10^9$  te delen door  $0,7 \cdot 10^9$ . De uiteindelijke formule wordt dan:

$$\begin{aligned} T_{\text{planeet}} \text{ (K)} &= T_{\text{ster}} \cdot \sqrt{(r_{\text{ster}}) / 214 \cdot R} \\ &= T_{\text{ster}} \cdot \sqrt{(r_{\text{ster}}) / 428 \cdot R} \end{aligned}$$

De gegevens die hiervoor nodig zijn kunnen leerlingen uit de tabel aan het begin van het werkblad halen. Vertel dat de temperatuur die met de formule wordt uitgerekend in kelvin is. Dit moeten de leerlingen nog omzetten in graad Celsius.

### De grootte van de planeet

De straal van de planeet kunnen de leerlingen afleiden uit de vermindering van de lichtsterkte. Hoe groter de planeet, hoe meer licht hij wegvangt van de ster. De leerlingen kunnen met behulp van de grafiek deze straal nu berekenen.

### Wat weet je nu

De leerlingen hebben nu alle gegevens om een beargumenteerde mening te geven over de bewoonbaarheid van de planeet. Laat hen hierbij ook de opgedane kennis uit de eerste les, de tentoonstelling en de workshop gebruiken. Laat de leerlingen dit vertellen. Eventueel kan hier ook een discussie bij op gang komen.