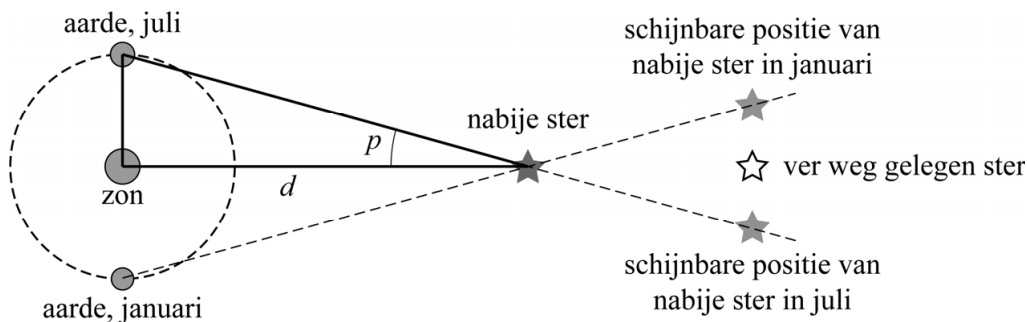


Cepheïden

De parallaxmethode is een manier om de afstand tot een ster te bepalen. Door de beweging van de aarde rond de zon lijkt de positie van een nabije ster te verschuiven ten opzichte van verder weg gelegen sterren. Na een periode van een half jaar is de schijnbare verplaatsing maximaal. Zie figuur 1.

figuur 1

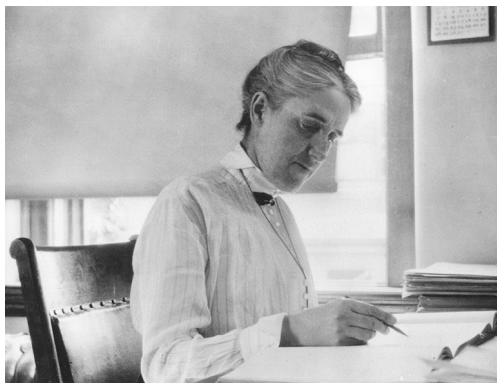


Hoek p in figuur 1 wordt de parallax genoemd. Hoe groter de afstand d tot de ster, des te kleiner is de parallax. Rond het jaar 1900 was de kleinste parallax die kon worden gemeten $3 \cdot 10^{-5}$ graad. Afstanden in de ordegrrootte van 10^{18} m en groter waren toen nog niet te onderscheiden.

3p

11 Toon dit aan.

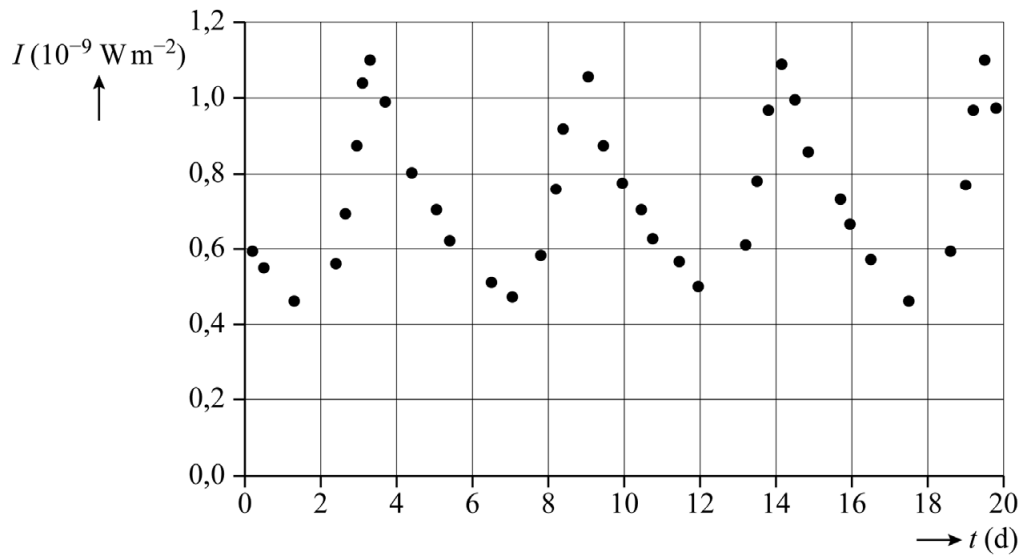
figuur 2



Omstreeks 1910 onderzocht Henrietta Leavitt (zie figuur 2) een bepaald type sterren: de Cepheïden. De stralingsintensiteit van deze sterren varieert met een constante periode T van enkele dagen tot enkele weken. De Cepheïden zijn vernoemd naar de heldere ster Delta Cephei, waarvan als eerste werd vastgesteld dat de stralingsintensiteit periodiek verandert.

Figuur 3 laat hedendaagse metingen zien van de waargenomen stralingsintensiteit I van Delta Cephei.

figuur 3

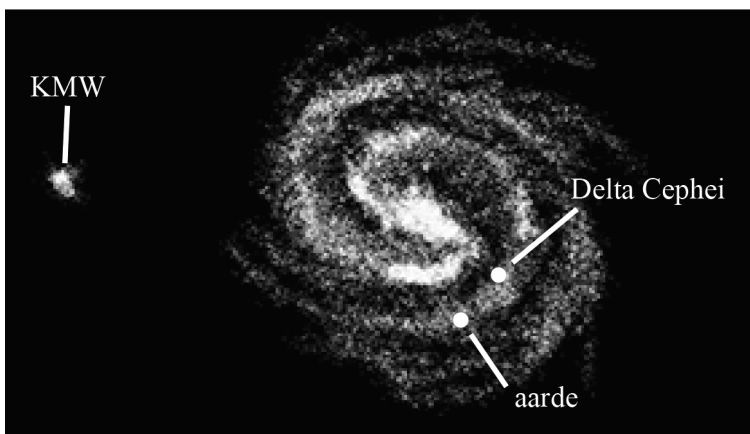


Uit andere metingen blijkt dat de oppervlaktetemperatuur van Delta Cephei tijdens één periode varieert tussen $5,5 \cdot 10^3 \text{ K}$ en $6,8 \cdot 10^3 \text{ K}$. De waargenomen variatie van de stralingsintensiteit komt overeen met de verwachte variatie op basis van de oppervlaktetemperaturen.

3p 12 Toon dit aan.

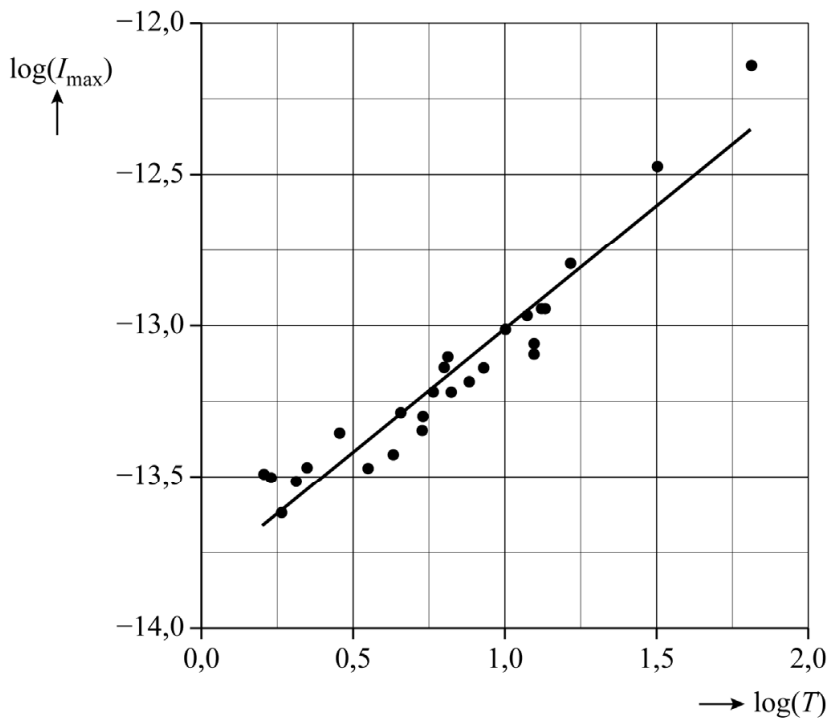
Sterren zijn niet gelijkmatig verdeeld over het heelal, maar gegroepeerd in een groot aantal sterrenstelsels. De Kleine Magelhaense Wolk (KMW) is een sterrenstelsel dat in de buurt van ons eigen melkwegstelsel ligt. Zie figuur 4. Henrietta Leavitt ontdekte in de KMW ruim twintig Cepheïden.

figuur 4



Leavitt bepaalde van iedere Cepheïde in de KMW de maximale stralingsintensiteit $I_{\max}$ en de periode T . Vervolgens zette zij de logaritme van $I_{\max}$ uit tegen de logaritme van T . Zie figuur 5.

figuur 5



Tot Leavitts verrassing werd een lineair verband tussen $\log(I_{\max})$ en $\log(T)$ zichtbaar. Het verband is te beschrijven met de formule:

$$\log(I_{\max}) = a \cdot \log(T) + \log(C) \quad (1)$$

Hierin is:

- $I_{\max}$ de gemeten maximale stralingsintensiteit in W m^{-2}
- T de periode in dagen
- a een constante (zonder eenheid)
- C een constante in W m^{-2}

Het diagram uit figuur 5 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

4p **13** Voer de volgende opdrachten uit met het diagram op de uitwerkbijlage:

- Bepaal de grootte van a in formule (1). Noteer je antwoord in twee significante cijfers.
- Toon aan dat voor de KMW geldt: $C = 1,5 \cdot 10^{-14} \text{ W m}^{-2}$.

Leavitt vond ook voor Cepheïden in een ander sterrenstelsel een lineair verband tussen $\log(I_{\max})$ en $\log(T)$. Daarbij was alleen de waarde van de constante C anders. Zij concludeerde dat de constante a voor alle Cepheïden in het heelal hetzelfde is, en dat C alleen afhangt van de afstand van de Cepheïde tot de aarde. Tegenwoordig noemt men formule (1) de 'wet van Leavitt'.

Leavitt kon haar wet ontdekken doordat zij metingen deed aan meerdere Cepheïden in twee verschillende sterrenstelsels. Dit was niet gelukt als ze de gegevens van Cepheïden op willekeurige plekken in het heelal in het diagram had uitgezet.

2p **14** Leg dit uit.

Uit de wet van Leavitt volgt dat Cepheïden met dezelfde periode hetzelfde stralingsvermogen P_{bron} uitzenden. Bij gelijke periodes hangt de waargenomen maximale intensiteit $I_{\max}$ van een Cepheïde dus alleen af van zijn afstand tot de aarde.

In figuur 4 is te zien dat de ster Delta Cephei veel dichterbij de aarde ligt dan de KMW. Omstreeks 1930 was men in staat om de afstand tot Delta Cephei met de parallaxmethode te bepalen: deze is $8,4 \cdot 10^{18}$ m. Met dit gegeven en de wet van Leavitt kon men vervolgens ook de afstand tot de veel verder weg gelegen KMW bepalen.

Op de uitwerkbijlage is figuur 3 afgebeeld. Ook zijn de data uit figuur 5 daar nogmaals weergegeven, nu op logaritmisch papier. Voor Delta Cephei geldt: $I_{\max} = 1,1 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$.

- 4p **15** Voer de volgende opdrachten uit met de figuren op de uitwerkbijlage:
- Bepaal de periode T van Delta Cephei. Noteer je antwoord in dagen en in twee significante cijfers.
 - Bepaal hiermee de afstand tussen de aarde en de KMW. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.