

Cepheïden

11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $\tan(p) = \frac{r}{d}$, waarbij r gelijk is aan de baanstraal van de aarde.

Hieruit volgt bij een minimale parallax van $3 \cdot 10^{-5}^\circ$ dat de maximale afstand die nog kan worden bepaald gelijk is aan

$$d = \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{\tan(3 \cdot 10^{-5})} = 2,9 \cdot 10^{17} \text{ (m)}.$$

(Afstanden van de orde grootte 10^{18} m en meer konden niet onderscheiden worden.)

- inzicht dat $\tan(p) = \frac{r}{d}$ 1
- opzoeken van de baanstraal van de aarde 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Wanneer de kandidaat de sinus gebruikt in plaats van de tangens: goedrekenen.

12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Aflezen van de minimale en de maximale intensiteit in figuur 3 geeft

$I_{\min} = 0,46 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$ en $I_{\max} = 1,10 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$. De intensiteit varieert

met een factor $\frac{1,10}{0,46} = 2,39$.

Voor de stralingsintensiteit van een ster geldt $I \propto P_{\text{bron}} \propto T^4$, met P_{bron} het stralingsvermogen en T de oppervlaktetemperatuur van de ster. Ten gevolge van de variatie van de temperatuur zal de stralingsintensiteit dus variëren

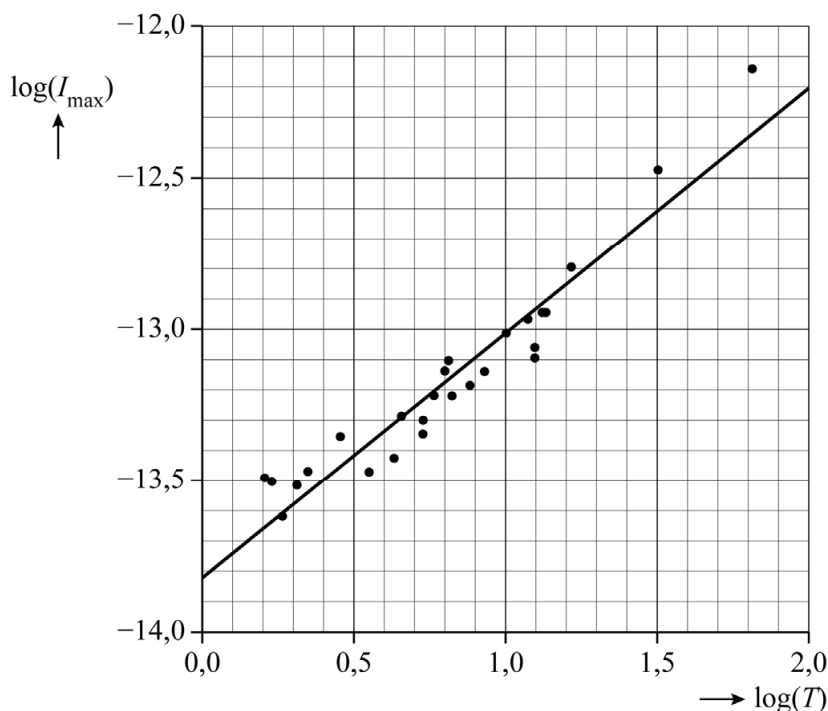
met een factor $\left(\frac{6,8 \cdot 10^3}{5,5 \cdot 10^3}\right)^4 = 2,34$.

(De variatie in de waargenomen stralingsintensiteit komt overeen met de verwachte variatie op basis van de oppervlaktetemperaturen.)

- aflezen van $I_{\min}$ en $I_{\max}$ met een marge van $0,02 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$ 1
- inzicht dat $I \propto P_{\text{bron}}$ en $P_{\text{bron}} \propto T^4$ 1
- completeren van de berekening 1

13 maximumscore 4

uitkomst: $a = 0,81$ (met een marge van 0,01)



voorbeeld van een bepaling:

- a komt overeen met de steilheid van het lineaire verband.

Deze steilheid is gelijk aan $a = \frac{-12,61 - (-13,50)}{1,50 - 0,40} = 0,81$.

- $\log(C)$ komt overeen met het snijpunt van de trendlijn met de verticale as. Dit snijpunt ligt bij $-13,82$ dus $\log(C) = -13,82$, en

$$C = 10^{-13,82} = 1,5 \cdot 10^{-14} \text{ (W m}^{-2}\text{)}. \text{ / Invullen van } a = 0,81 \text{ en de}$$

coördinaten van het punt $(0,40; -13,50)$ in formule (1) geeft

$$-13,50 = 0,81 \cdot 0,40 + \log(C) \rightarrow \log(C) = -13,82 \text{ en}$$

$$C = 10^{-13,82} = 1,5 \cdot 10^{-14} \text{ (W m}^{-2}\text{)}.$$

- inzicht dat a bepaald kan worden uit de steilheid van de trendlijn 1
- completeren van de bepaling van a en significantie 1
- aflezen van het snijpunt van de trendlijn met de verticale as / invullen van a en coördinaten van een punt op de trendlijn in formule (1) 1
- completeren van de bepaling van C 1

Opmerking

Ook als de kandidaat de deelvragen in omgekeerde volgorde heeft beantwoord kunnen alle scorepunten behaald worden.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

14 maximumscore 2

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Van Cepheïden op willekeurige plekken in het heelal is de afstand tot de aarde verschillend. Daarbij horen verschillende waarden van de constante C , waardoor de gegevens van willekeurig gekozen Cepheïden niet op één rechte lijn terecht kunnen komen (en er geen conclusie over a en C getrokken kan worden).

- inzicht dat de afstanden van willekeurige Cepheïden tot de aarde verschillend zijn / dat bij willekeurige Cepheïden de waarde van C verschillend is 1
- inzicht dat de gegevens daardoor niet op één rechte lijn liggen 1

methode 2

Alle Cepheïden in een sterrenstelsel bevinden zich op ongeveer dezelfde afstand van de aarde. Daarmee is de waarde van C voor deze Cepheïden bij benadering gelijk, waardoor de gegevens van deze Cepheïden op één rechte lijn terecht komen (en er een conclusie over a en C getrokken kan worden).

- inzicht dat de afstand van alle Cepheïden in een sterrenstelsel tot de aarde vrijwel gelijk is 1
- inzicht dat de gegevens daardoor op één rechte lijn liggen 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

15 maximumscore 4

uitkomsten: $T = 5,4 \text{ d}$

$$d = 1,1 \cdot 10^{21} \text{ m (met een marge van } 0,1 \cdot 10^{21} \text{ m)}$$

voorbeeld van een antwoord:

- Uit aflezen in de (I, t) -grafiek volgt dat de periode van Delta Cephei gelijk is aan $T = 5,4 \text{ d}$.
- Een Cepheïde in de KMW die dezelfde periode heeft als Delta Cephei en op de trendlijn ligt, heeft een waargenomen maximale intensiteit $I_{\text{max}} = 5,9 \cdot 10^{-14} \text{ W m}^{-2}$.

Volgens de wet van Leavitt heeft de Cepheïde in de KMW hetzelfde stralingsvermogen P_{bron} als Delta Cephei. Voor de waargenomen

intensiteit geldt de kwadratenwet: $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$. Hieruit volgt dat

$$\frac{I_{\text{Delta Cephei}}}{I_{\text{KMW}}} = \frac{r_{\text{KMW}}^2}{r_{\text{Delta Cephei}}^2} \rightarrow r_{\text{KMW}} = \sqrt{\frac{I_{\text{Delta Cephei}}}{I_{\text{KMW}}}} \cdot r_{\text{Delta Cephei}}, \text{ dus}$$

$$r_{\text{KMW}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-9}}{5,9 \cdot 10^{-14}}} \cdot 8,4 \cdot 10^{18} = 1,1 \cdot 10^{21} \text{ m}.$$

- bepalen van T tussen 5,2 en 5,6 dagen 1
- consequent bepalen van de intensiteit in de KMW 1
- gebruik van de kwadratenwet 1
- completeren van de bepaling van de afstand en beide significanties 1