

31 Arcturus is een van de helderste sterren. Deze ster heeft een oppervlakte-temperatuur van $4,2 \cdot 10^3$ °C. Arcturus is een zogenaamde reuzenster en veel groter dan de zon.

De straling van deze ster doet er 141 jaar over om de aarde te bereiken.

- a Bereken de afstand tot deze ster in km.
- b Toon met een berekening aan dat het stralingsmaximum van Arcturus bij 647,8 nm ligt.

Arcturus beweegt met grote snelheid van de aarde af. Door deze grote snelheid verandert de golflengte van de elektromagnetische golven die de ster in de richting van de aarde uitzendt.

Dat de waargenomen golflengte van een bewegend voorwerp verandert, wordt het dopplereffect genoemd. De Oostenrijkse wis- en natuurkundige Christian Andreas Doppler (1803-1853) was de eerste die dit effect wiskundig beschreef.

De verandering van de golflengte hangt af van de snelheid. Voor de snelheid waarmee een ster naar de aarde toe of van de aarde af beweegt geldt:

$$v = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \cdot c$$

- v is de snelheid van de ster in m s^{-1} .
- λ is de golflengte die de ster uitzendt in m.
- $\Delta \lambda$ is de verandering van de waargenomen golflengte als gevolg van het dopplereffect in m.
- c is de lichtsnelheid in m s^{-1} .

Arcturus beweegt van de aarde af. Het stralingsmaximum λ_{max} van Arcturus is door het dopplereffect 0,15 nm verschoven.

- c Bereken de snelheid waarmee de ster van de aarde af beweegt.

Het dopplereffect treedt ook op bij geluidsgolven. Als een auto met sirene je nadert, klinkt het geluid hoger dan wanneer de auto bij je vandaan beweegt.

- d Leg uit dat de golflengte van het geluid bij naar je toe bewegen kleiner is dan bij van je af bewegen.

Bij licht treedt hetzelfde effect op. De verandering van de golflengte van licht van een bewegende ster noem je roodverschuiving of blauwverschuiving.

- e Leg uit of door de beweging van Arcturus roodverschuiving of blauwverschuiving optreedt.

Opgave 31

- a De afstand in km bereken je met de omrekeningsfactor van lichtjaar.

1 lichtjaar is gelijk aan $9,461 \cdot 10^{15}$ s. (zie BINAS tabel 5)
 $s = 141 \text{ lichtjaar} = 141 \times 9,461 \cdot 10^{15} = 1,3340 \cdot 10^{18} \text{ m}$
 $s = 1,3340 \cdot 10^{18} \text{ m}$
Afgerond: $s = 1,33 \cdot 10^{15} \text{ km}$.

- b De golflengte van het stralingsmaximum bereken je met de wet van Wien.

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = k_{\text{W}}$$
$$T_{\text{Celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 173,15$$
$$4,2 \cdot 10^3 = T_{\text{kelvin}} - 173,15$$
$$T_{\text{kelvin}} = 4,473 \cdot 10^3 \text{ K}$$

$$k_{\text{W}} = 2,8977721 \cdot 10^{-3} \text{ m K} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A})$$

Invullen levert: $\lambda_{\text{max}} = \frac{2,8977721 \cdot 10^{-3}}{4,473 \cdot 10^3} = 6,478 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

Afgerond: $\lambda_{\text{max}} = 647,8 \text{ nm}$.

- c De snelheid bereken je met de formule voor het dopplereffect.

$$v = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \cdot c$$

$$\Delta \lambda = 0,15 \text{ nm} = 0,15 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$
$$\lambda = 647,8 \text{ nm} = 647,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$
$$c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A})$$

Invullen levert: $v = \frac{0,15 \cdot 10^{-9}}{647,8 \cdot 10^{-9}} \times 2,997 \cdot 10^8$.

$$v = 6,939 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: $v = 6,9 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$.

- d Dat de golflengte kleiner is, leg je uit met de formule voor de golfsnelheid.

Voor de geluidssnelheid geldt $v = \lambda \cdot f$.
De toon is hoger, dus de frequentie is groter.
Omdat de geluidssnelheid constant is, is de golflengte dus kleiner.

- e Arcturus beweegt van je af. De golflengte van de straling is dan groter. Dus er treedt roodverschuiving op.