1 Het licht van de sterren legt enorme afstanden af om ons te bereiken. Astronomen gebruiken de eenheid lichtjaar voor afstanden in het heelal.

a Toon aan dat een lichtjaar gelijk is aan $9{,}461 \cdot 10^{15}$ m.

De ster Sirius is de helderste ster aan de nachtelijke hemel. Sirius staat op $8{,}2 \cdot 10^{13}$ km van de aarde. De straal van Sirius is 1,7 keer de straal van de zon. De effectieve temperatuur van Sirius is $9{,}9 \cdot 10^{3}$ K.

b Bereken hoeveel jaar het licht van Sirius erover doet om de aarde te bereiken.

c Leg uit of de piek in het stralingsspectrum van Sirius links of rechts van de piek in het stralingsspectrum van de zon ligt.

De relatieve lichtsterkte is de verhouding van de lichtsterkte van een ster tot die van de zon.

d Bereken de relatieve lichtsterkte van Sirius.

Proxima Centauri staat het dichtst bij de zon. De effectieve temperatuur van deze ster is $3{,}0 \cdot 10^{3}$ K en de lichtsterkte is 0,0017 maal die van de zon.

e Bereken de straal van Proxima Centauri en druk die straal uit in aantal zonstraal $R_{\odot}$.

## 12.1 Straling van sterren

**Opgave 1**

a De afstand die het licht in een jaar aflegt, bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging. Gebruik hierbij de nauwkeurige waarde voor de omlooptijd van de aarde om de zon in BINAS tabel 31.

$s = v \cdot t$

$t$ = 1 jaar = 365,256 d = 365,256 × 24 × 60 × 60 = $3{,}15581184 \cdot 10^{7}$ s

$v = c = 2{,}99792458 \cdot 10^{8}$ m s$^{-1}$ (zie BINAS tabel 7A)

Invullen levert: $s = 2{,}99792458 \cdot 10^{8} \times 3{,}15581184 \cdot 10^{7} = 9{,}46088588 \cdot 10^{15}$ m.

Afgerond: $s = 9{,}461 \cdot 10^{15}$ m.

b Het aantal jaar dat het licht erover doet, volgt uit de afstand uitgedrukt in lichtjaren.

$8{,}2 \cdot 10^{13}$ km = $8{,}2 \cdot 10^{16}$ m

1 lichtjaar = $9{,}461 \cdot 10^{15}$ m (zie BINAS tabel 5)

$$\text{het aantal lichtjaar} = \frac{8{,}2 \cdot 10^{16}}{9{,}461 \cdot 10^{15}} = 8{,}667$$

Het licht doet er dus afgerond 8,7 jaar over om vanaf Sirius de aarde te bereiken.

c Of de piek links of rechts ligt beredeneer je met de wet van Wien.

$\lambda_{max} \cdot T = k_W$

Volgens BINAS tabel 32B geldt voor de temperatuur van de zon $T_{zon} = 5{,}78 \cdot 10^{3}$ K.

Hieruit volgt dat $T_{Sirius}$ groter is dan $T_{zon}$.

Omdat $k_w$ een constante is, is $\lambda_{max,Sirius}$ kleiner dan $\lambda_{max,zon}$.

Dus ligt de piek in het stralingsspectrum bij een lagere golflengte en daardoor links van de piek van de zon.

d De relatieve lichtsterkte bereken je met de verhouding van het uitgestraalde vermogen.
Het uitgestraalde vermogen bereken je met de wet van Stefan-Boltzmann.
De oppervlakte bereken je met de oppervlakte van een bol.

$A = 4\pi R^2$

$P_{bron} = \sigma \cdot A \cdot T^4$

$$L_{rel} = \frac{P_{bron,Sirius}}{P_{bron,zon}} = \frac{\sigma \cdot 4\pi R_{Sirius}^2 \cdot T_{Sirius}^4}{\sigma \cdot 4\pi R_{zon}^2 \cdot T_{zon}^4} = \frac{(1{,}7 \times R_{zon})^2 \times (9{,}9 \cdot 10^3)^4}{R_{zon}^2 \times (5{,}78 \cdot 10^3)^4} = 25$$

(Dit betekent dus dat de lichtsterkte van Sirius 25 keer zo groot is als die van de zon.)

e Het aantal zonnestraal $R_{\odot}$ bereken je met de straal van de zon en de straal van Proxima Centauri.
De straal van Proxima Centauri bereken je met de oppervlakte van Proxima Centauri.
De oppervlakte van Proxima Centauri bereken je met de wet van Stefan-Boltzmann.
Het uitgestraalde vermogen bereken je met de lichtsterkte van Proxima Centauri.

$P_{bron,PC} = 0{,}0017 \cdot L_{bron,zon} = 0{,}0017 \cdot P_{bron,zon}$

$P_{bron,zon} = 3{,}85 \cdot 10^{26}$ W (zie BINAS tabel 32C)

Invullen levert: $P_{bron,PC} = 0{,}0017 \times 3{,}85 \cdot 10^{26}$

$P_{bron,PC} = 6{,}545 \cdot 10^{23}$ W

$P_{bron,PC} = \sigma \cdot A \cdot T^4$

$\sigma = 5{,}670373 \cdot 10^{-8}$ W m$^{-2}$ K$^{-4}$

Invullen levert: $6{,}545 \cdot 10^{23} = 5{,}670373 \cdot 10^{-8} \cdot A \cdot (3{,}0 \cdot 10^{3})^4$

$A = 1{,}4249 \cdot 10^{17}$ m$^2$

$A = 4\pi R^2$

Invullen levert: $1{,}4249 \cdot 10^{17} = 4\pi R^2$

$R = 1{,}0648 \cdot 10^{8}$ m

$R_{zon} = 6{,}963 \cdot 10^{8}$ m (zie BINAS tabel 32C)

Dus de straal van Proxima Centauri is $\frac{1{,}0648 \cdot 10^{8}}{6{,}963 \cdot 10^{8}} = 0{,}1529 R_{\odot}$ .

Afgerond: $0{,}153 R_{\odot}$ .