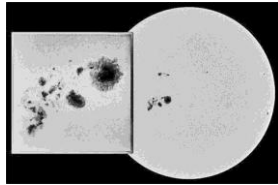


1 Een zonnevlek

Op een onbewolkte dag is de intensiteit van de straling van de zon gemeten: $I_{zon} = 986 \text{ W/m}^2$.

- a¹ Zoek in *Binas* de gemiddelde afstand tussen de aarde en de zon op.
- a² Bereken de lichtsterkte L van de zon, waarbij je ermee rekening houdt dat de aarde 30% van de opvallende straling weerkaatst.

► Als de zon op een scherm wordt afgebeeld, is een zonnevlek als een donker gebiedje te zien.

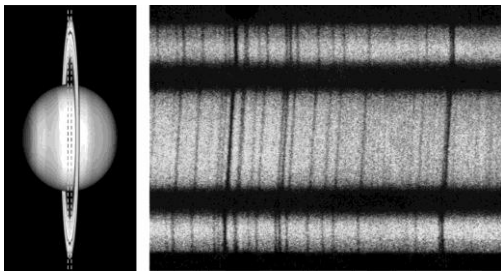


In het scherm is precies op plek waar de zonnevlek zich bevindt een gaatje gemaakt zodat de intensiteit I van de zonnevlek gemeten kan worden: $I_{vlek} = 0,42 \cdot I_{zon}$.

- b Toon aan: $T_{vlek} = 0,81 \cdot T_{zon}$.
- c Bereken λ_{top} van de vlek.

2 De ringen van Saturnus

Saturnus en zijn ringen weerkaatsen zonlicht. Het licht uit het gemarkeerde gebied valt op de spleet van een spectroscop. In deze spectra met absorptie-lijnen neemt λ naar rechts toe. De lijnen van Saturnus hellen naar rechts en de lijnen van de ringen een beetje naar links.

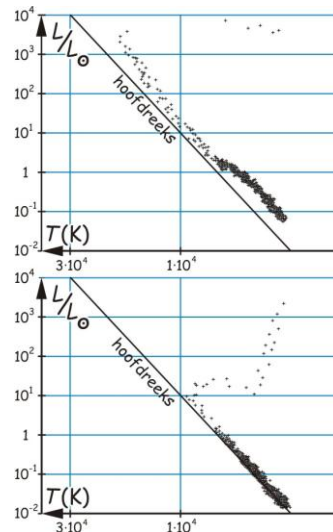


- a¹ Waaraan kun je zien dat de planeet draait?
- a² In welke richting draait de bovenkant van Saturnus?
- a³ Waaruit blijkt dat de buitenkant van de ringen langzamer draait dan de binnenkant?
- b Beredeneer of Huygens gelijk had toen hij in 1656 beweerde dat de ringen uit los gruis moesten bestaan en niet massief konden zijn.

- c Toon met *Binas* aan dat de rotatiesnelheid van Saturnus $9,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ is.
 - Hier geldt: $\Delta\lambda/\lambda = 2v/c$ omdat het om weerkaatst licht gaat.
- d Bereken hoeveel de calciumlijn van 617 nm in het spectrum van Saturnus maximaal is verschoven.
 - In het spectrum bevinden zich ook zuurstoflijnen; die staan recht op.
- e Waar zijn deze lijnen blijkaar ontstaan?

3 Rode reuzen

- a Waar zijn in het H-R-diagram de rode reuzen te vinden?
- b Is hun λ_{top} groter of kleiner dan λ_{top} van de zon?
 - Sterren stralen als een zwart lichaam.
- c Leg uit dat dus voor L geldt: $L = 4\pi R^2 \sigma \cdot T^4$.
 - Een ster is geëvalueerd tot een rode reus met $R = 100 \cdot R_{\odot}$. Voor de oppervlaktetemperatuur T geldt $\log T = 3,57$.
- d¹ Bereken T en L .
- d² Controleer deze waarde van L met tabel 33.
- e Leg met twee argumenten uit welk diagram bij een jonge sterrenhoop hoort.



- f Past jouw keuze bij deze bewering: ‘Bij jonge sterrenhopen liggen alle jonge sterren nog niet op de hoofdreeks.’

De antwoorden staan op de volgende pagina's.

De antwoorden van de toets

1 Een zonnevlek

-
- a¹** $r = 0,1496 \cdot 10^{12} \text{ m}$ (Binas tabel 32C)
-
- a²** I aan de rand van de atmosfeer = $986/0,70 = 1408,5.. \text{ W/m}^2$
 $I = L/A$ met $A = 4\pi r^2 \Rightarrow L = I \cdot 4\pi r^2 = 1408,5.. \cdot 4\pi \cdot (0,1496 \cdot 10^{12})^2 = 3,96 \cdot 10^{26} \text{ W}$
-
- b** $I \sim L \sim T^4 \Rightarrow T \sim I^{0,25}$
 $T_{\text{vlek}} = (0,42)^{0,25} \cdot T_{\text{zon}} = 0,81 \cdot T_{\text{zon}}$
-
- c** $T_{\text{zon}} = 5,78 \cdot 10^3 \text{ K}$
 $T_{\text{vlek}} = 0,81 \cdot 5,78 \cdot 10^3 = 4,68.. \cdot 10^3 \text{ K}$
 $\lambda_{\text{top}} \cdot T = 2,90 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \lambda_{\text{top}} = 2,90 \cdot 10^{-3} / (4,68.. \cdot 10^3) = 619 \text{ nm} = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
-

2 De ringen van Saturnus

-
- a¹** Omdat de absorptielijnen van Saturnus niet rechtop staan. Dit duidt op het dopplereffect en dat kan alleen ontstaan als de planeet beweegt.
-
- a²** Als $\Delta\lambda$ positief is (roodverschuiving), dan verwijdt het voorwerp zich. De bovenkant van Saturnus draait zich van ons af.
-
- a³** Hoe groter de snelheid, hoe groter $\Delta\lambda \Rightarrow$ binnenkant van de ringen draait het snelst.
-
- b** Als de ring uit los gruis bestaat, kan de binnenkant harder draaien dan de buitenkant. Bij een massieve ring is dit onmogelijk, want daar is de snelheid aan de buitenkant altijd hoger. Huygens had dus gelijk.
-
- c** $R = 58,2 \cdot 10^6 \text{ m}$ en $T = 0,444 \text{ d}$
 $v = 2\pi R/T = 2\pi \cdot 58,2 \cdot 10^6 / (0,444 \cdot 24 \cdot 3600) = 9,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
-
- d** $\Delta\lambda = (2v/c) \cdot \lambda = (2 \cdot 9,5 \cdot 10^3 / 3,0 \cdot 10^8) \cdot 617 \cdot 10^{-9} = 3,9 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
-
- e** In de atmosfeer van de aarde.
-

3 Rode reuzen

-
- a** Rechts boven de hoofdreeks (zie Binas tabel 33)
-
- b** De temperatuur van de rode reuzen is lager $\Rightarrow \lambda_{\text{top}}$ groter
-
- c** Bij een zwart lichaam ($\varepsilon = 1$) dat straalt, geldt voor het vermogen $P = \sigma AT^4$
 Bij een bolvormige ster is $L = P$ en $A = 4\pi R^2$, dus $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$
-
- d¹** $R_{\text{zon}} = 6,963 \cdot 10^8 \text{ m}$ (Binas tabel 32C)
 $\text{Log}(T) = 3,57 \Rightarrow T = 10^{3,57} = 3,72 \cdot 10^3 \text{ K}$
 $L = 4\pi \cdot (100 \cdot 6,963 \cdot 10^8)^2 \cdot 5,6704 \cdot 10^{-8} \cdot (3,72 \cdot 10^3)^4 = 6,62 \cdot 10^{29} \text{ W}$
-
- d²** Aflezen uit Binas tabel 33: kijk op de x-as bij 3,6 en $R = 100 \cdot R_{\text{zon}}$ en dan lees je af op de y-as 3,2.
 Berekening:
 $L/L_{\text{zon}} = 6,62 \cdot 10^{29} / (3,85 \cdot 10^{26}) = 1718$
 $\log(L/L_{\text{zon}}) = \log(1718) = 3,2$
 Dit komt met elkaar overeen.
-
- e** Het bovenste diagram hoort bij de jonge sterrenhoop omdat:
 - nog veel sterren op de hoofdreeks zitten (en er dus nog weinig reuzen zijn)
 - er nog veel hete felle sterren zijn
 - de 'afslag' naar de reuzen bij het onderste diagram veel lager ligt
-
- f** a, in het bovenste diagram zijn nog niet alle sterren op de hoofdreeks aangekomen.
-