

Adelaarsnevel

Een interstellaire wolk is een groot gebied in het heelal, van vele tientallen lichtjaren in omvang, dat zeer ijl gas bevat. Dit gas bestaat voor het grootste deel uit atomair waterstof.

Onder bepaalde omstandigheden kan een interstellaire wolk zelf licht uitzenden. De wolk wordt dan een emissienevel genoemd. Figuur 1 is een foto van zo'n nevel, de Adelaarsnevel.

In een emissienevel wordt voortdurend waterstof geïoniseerd, waarna de protonen en elektronen weer recombineren tot atomen. Hierbij wordt zichtbaar licht uitgezonden. De lijnen van het waterstofspectrum zijn altijd terug te vinden in het spectrum van een emissienevel. Eén van de waterstoflijnen overheerst in het zichtbare spectrum, namelijk de lijn met een golflengte van 656,28 nm. Emissienevels hebben daardoor vaak een karakteristieke rode kleur.

figuur 1



- 5p **13** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken, uitgaande van de gegeven golflengte, de fotonenergie in eV van de overheersende waterstoflijn in het spectrum van een emissienevel. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.
 - Toon met behulp van de formule voor de energie van het waterstofatoom aan dat deze lijn hoort bij de overgang tussen de eerste en de tweede aangeslagen toestand van waterstof.
 - Geef aan of het een overgang is van eerste naar tweede aangeslagen toestand of andersom.

Om van een interstellaire wolk een emissienevel te maken moet aan twee voorwaarden worden voldaan:

- 1 er moet een ster in de nevel aanwezig zijn,
- 2 deze ster moet vooral straling uitzenden met frequenties die groter zijn dan van zichtbaar licht.

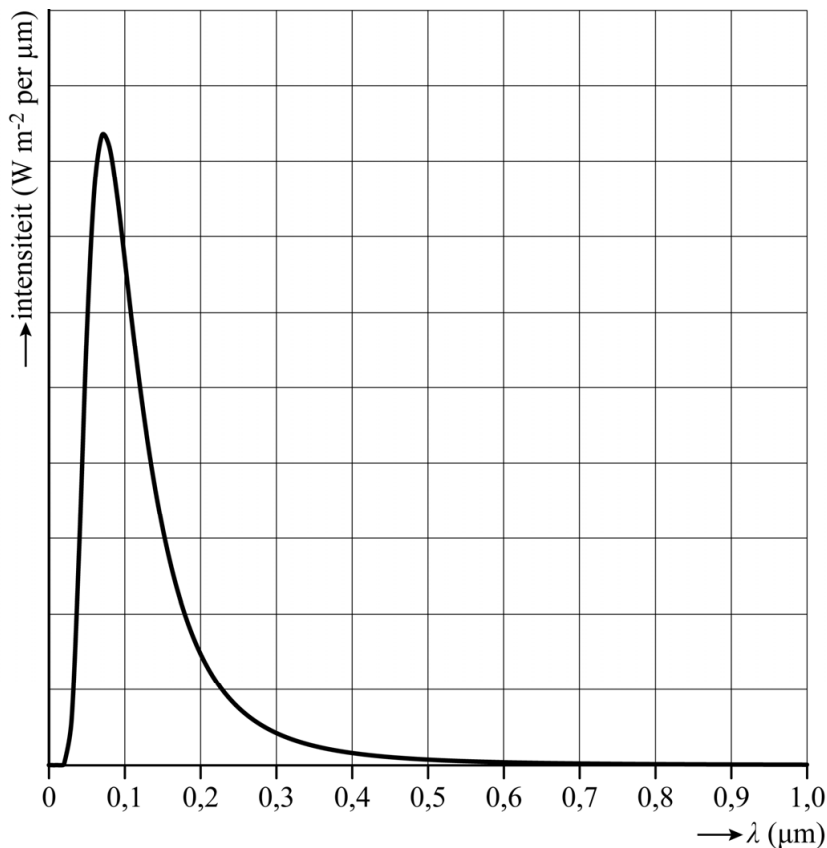
- 2p **14** Leg uit waarom voorwaarde 2 noodzakelijk is.

Het valt Eva en Isa op dat ster HD168076 op dezelfde plek aan de hemel staat als de Adelaarsnevel. Deze ster wordt in de rest van deze opgave 'de ster' genoemd.

Eva en Isa willen de hypothese toetsen dat de ster één van de sterren is die van de interstellaire wolk een emissienevel maakt.

De planckkromme van de ster is in figuur 2 weergegeven.

figuur 2



- 2p **15** Leg met behulp van figuur 2 uit dat de ster aan voorwaarde 2 voldoet.
- 3p **16** Toon met behulp van figuur 2 aan dat de ster een temperatuur van $4 \cdot 10^4$ K heeft.

Op de uitwerkbijlage is een Hertzsprung-Russelldiagram weergegeven. Op de verticale as staat het uitgezonden vermogen ten opzichte van de zon, op een logaritmische schaal. Op de horizontale as staat de temperatuur, aflopend van links naar rechts, eveneens op een logaritmische schaal.

De ster is een ster op de hoofdreeks. Eva en Isa benaderen de hoofdreeks met een lijn. Deze lijn is getekend in de figuur op de uitwerkbijlage. Ze gaan ervan uit dat hoofdreekssterren op deze lijn liggen.

- 5p **17** Voer de volgende opdrachten uit:
- Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan dat het uitgestraald vermogen van de ster gelijk is aan $2 \cdot 10^{32} \text{ W}$.
 - Bereken hiermee de straal van de ster.

Eva en Isa gebruiken een optische telescoop om de stralingsintensiteit van de ster te bepalen die op aarde wordt ontvangen. De telescoop detecteert 60% van de stralingsintensiteit in het golflengtegebied van 400 tot 800 nm.

Eva en Isa meten met deze telescoop een stralingsintensiteit van $4,7 \cdot 10^{-11} \text{ W m}^{-2}$ in dit golflengtegebied.

Uit hun meting bepalen ze met behulp van figuur 2 dat de totale ontvangen stralingsintensiteit op aarde van de ster $3,4 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$ is.

Figuur 2 staat vergroot op de uitwerkbijlage. Het gebied onder de grafiek tussen 400 nm en 800 nm is gearceerd. De oppervlakte van dit gebied is gelijk aan 0,2 hokje.

- 4p **18** Voer de bepaling van Eva en Isa uit en toon aan dat de uitkomst inderdaad tussen $3 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$ en $4 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$ ligt.

De Adelaarsnevel bevindt zich op een afstand van $7 \cdot 10^3$ lichtjaar.

- 3p **19** Toon met behulp van een berekening aan of aan voorwaarde 1 kan zijn voldaan.