

Hertentamen Sterren

26 Mei 2009 14.00–17.00

Schrijf op het eerste blad uw naam, studentnummer en e-mail adres; op elk volgend blad uw naam. Nummer de bladen. Schrijf duidelijk, let op de eenheden en wees volledig en duidelijk in uw uitleg. Alle onduidelijkheden worden onvoorwaardelijk in uw nadeel uitgelegd. Lees de vragen aandachtig en volledig door vóórdat u ze beantwoordt.

1. We beschouwen de kleuren van sterren in het Johnson UBV filter systeem.
 - a. Leg uit wat de betekenis is van een kleurindex van een ster.
 - b. Neem vier zwarte lichamen met temperaturen van 30 000, 10 000, 7000, en 3000 K. Gebruik tabel 1 om bij benadering de kleuren $U - B$ en $B - V$ uit te rekenen voor ieder van deze zwarte lichamen. Gebruik hierbij $C_{U-B} = -0.87$ en $C_{B-V} = 0.65$ en benader de respons van de Johnson filters als constant over het interval $\Delta\lambda$.
 - c. Waarom is het bereik van de waarden van de kleurindices groter over het kleinere temperatuurbereik van 3000–7000 K?
 - d. Figuur 1 laat de kleuren van zwarte lichamen en sterren zien in het $U - B$ vs. $B - V$ kleur-kleur diagram. Figuur 2 laat het spectrum van een A0 ster zien. Is het verschil in kleur tussen A-sterren en zwarte lichamen met dezelfde temperatuur voornamelijk in $B - V$ of $U - B$? Motiveer uw antwoord.
 - e. Voor B en A sterren (zie figuur 2) kan de temperatuur bepaald worden met behulp van de Balmer-sprong. Leg uit wat de Balmersprong is en hoe deze ontstaat in sterren.
 - f. Waarom is de Balmersprong een maat voor de temperatuur bij B en A sterren?
 - g. Hoe kan de Balmersprong waargenomen worden in het Johnson filter systeem?
2. We beschouwen een horizontale planparallelle gaslaag waarbij er straling van onderaf de laag ingaat en we de laag van boven waarnemen (we kijken loodrecht op de laag).
 - a. Schrijf de vergelijking op voor de verandering van de intensiteit $I_\lambda = I_\lambda(\tau_\lambda)$ als functie van optische diepte in de laag en leidt de formele oplossing van deze vergelijking af. Neem hierbij aan dat de optische diepte τ_λ aan de bovenkant van de laag 0 is en aan de onderkant de waarde τ_0 heeft. De intensiteit van de straling die aan de onderkant de laag inkomt is $I_{\lambda,0}$. Aan de bovenkant is de intensiteit van de straling die de laag verlaat $I_\lambda(0)$.
 - b. Schrijf de oplossing op voor een bronfunctie S_λ die niet van de optische diepte afhangt en geef de oplossing ook voor de limieten $\tau_0 \gg 1$ en $\tau_0 \ll 1$.
 - c. De gaslaag heeft over een zeker golflengtebereik een hogere optische diepte ($\tau_\lambda > \tau_0$) met een maximum τ_{λ_c} bij de golflengte λ_c , zoals geschetst in figuur 3. Neem nu weer aan dat de bronfunctie niet van optisch diepte afhangt en neem ook aan dat de waarde constant is als functie van golflengte ($S_\lambda = S$). Gebruik het resultaat van **b** om de waargenomen intensiteit $I_\lambda(0)$ te schetsen als functie van λ voor de volgende situaties. Geef in alle gevallen ook de waarden S en $I_{\lambda,0}$ in de grafiek aan.

- i. $\tau_0 \gg 1$
- ii. $\tau_0 < \tau_{\lambda_c} \ll 1, I_{\lambda,0} < S$
- iii. $\tau_0 < \tau_{\lambda_c} \ll 1, I_{\lambda,0} > S$
- iv. $\tau_0 \ll 1, \tau_{\lambda_c} \gg 1, I_{\lambda,0} > S$

3. We beschouwen atoomkernen A en B die met elkaar fuseren in het inwendige van een ster tot een nieuwe kern C.

a. Het aantal reacties $A + B \rightarrow C$ per eenheid van tijd en volume geïntegreerd over all energieën van de fuserende deeltjes is:

$$r_{AB} = \int_0^{\infty} n_A n_B \sigma(E) v(E) \frac{n_E}{n} dE.$$

Leg uit wat de rol is van de verschillende fysische grootheden in deze uitdrukking bij het bepalen van de reactiesnelheid r_{AB} .

b. Leg uit waarom de kans dat de reactie plaatsvindt het grootst is in een beperkt interval van de kinetische energie van de botsing van kernen A en B.

4. Leg uit waarom de reeks kernfusiereacties in het inwendige van sterren ophoudt op het moment dat ijzer gevormd wordt.

5. Witte dwergen zijn sterren in een ver gevorderd stadium van hun evolutie waarbij de voor het hydrostatisch evenwicht benodigde druk niet meer geleverd wordt door kernfusiereacties, maar door het gedegeneerde electronengas in het inwendige.

a. Wat is het verschil tussen een klassiek en een gedegeneerd electronengas?

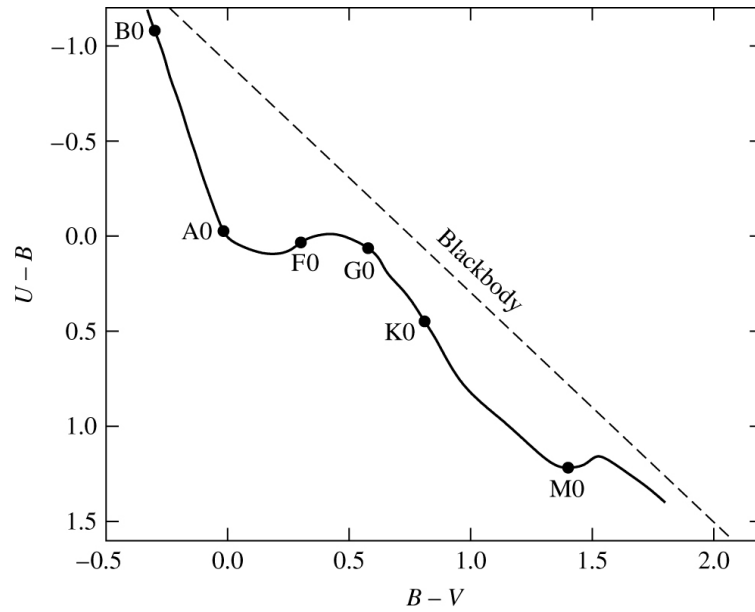
b. De druk van een gedegeneerd electronengas is zelfs bij $T = 0$ K niet nul. Geef de fysische reden hiervoor.

c. Er is een bovenlimiet aan de massa van witte dwergen, de Chandrasekhar massa. Wat is de waarde van deze massa?

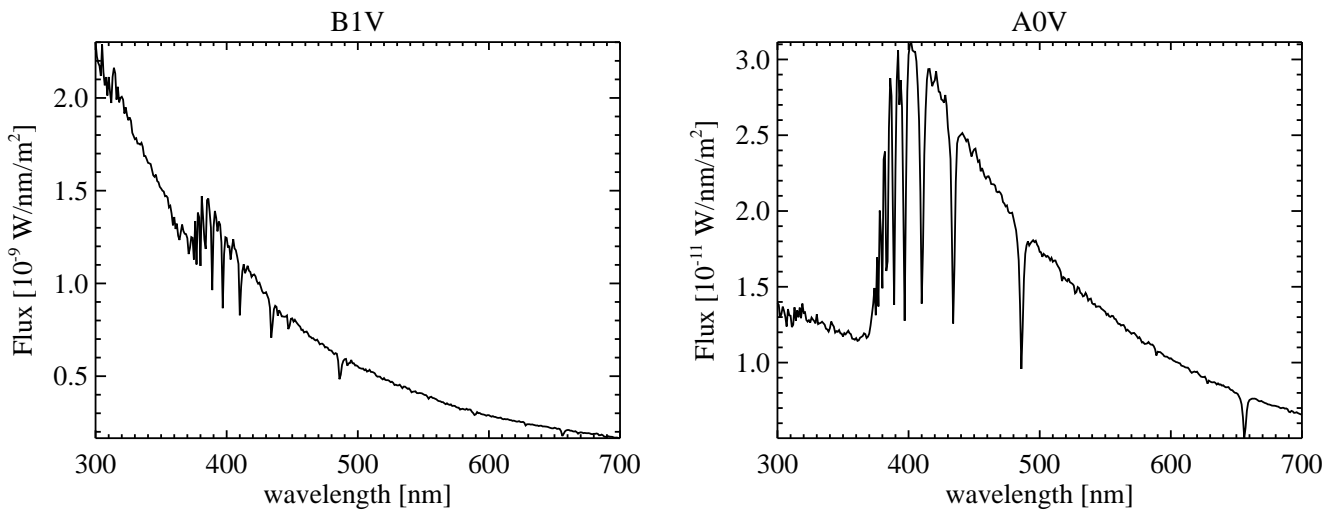
d. Leg aan de hand van de toestandsvergelijking van het electronengas en de viriaalstelling uit waarom we een bovenlimiet voor de massa van witte dwergen kunnen verwachten.

Tabel 1: De U , B , en V filters in het Johnson fotometrische systeem. De kolommen in de tabel geven voor ieder filter de centrale golflengte λ_c en de breedte $\Delta\lambda$ van het filter in nm.

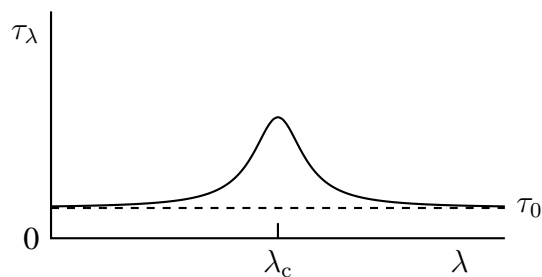
filter	λ_c	$\Delta\lambda$
U	365	68
B	440	98
V	550	89



Figuur 1: Het $U - B$ vs. $B - V$ diagram voor zwarte lichamen en sterren.



Figuur 2: Spectra van een B1 ster (links) en een A0 ster (rechts).



Figuur 3: Optische diepte als functie van golflengte voor vraag 2 c.