

# Tentamen Sterren

21 April 2009 14.00–17.00

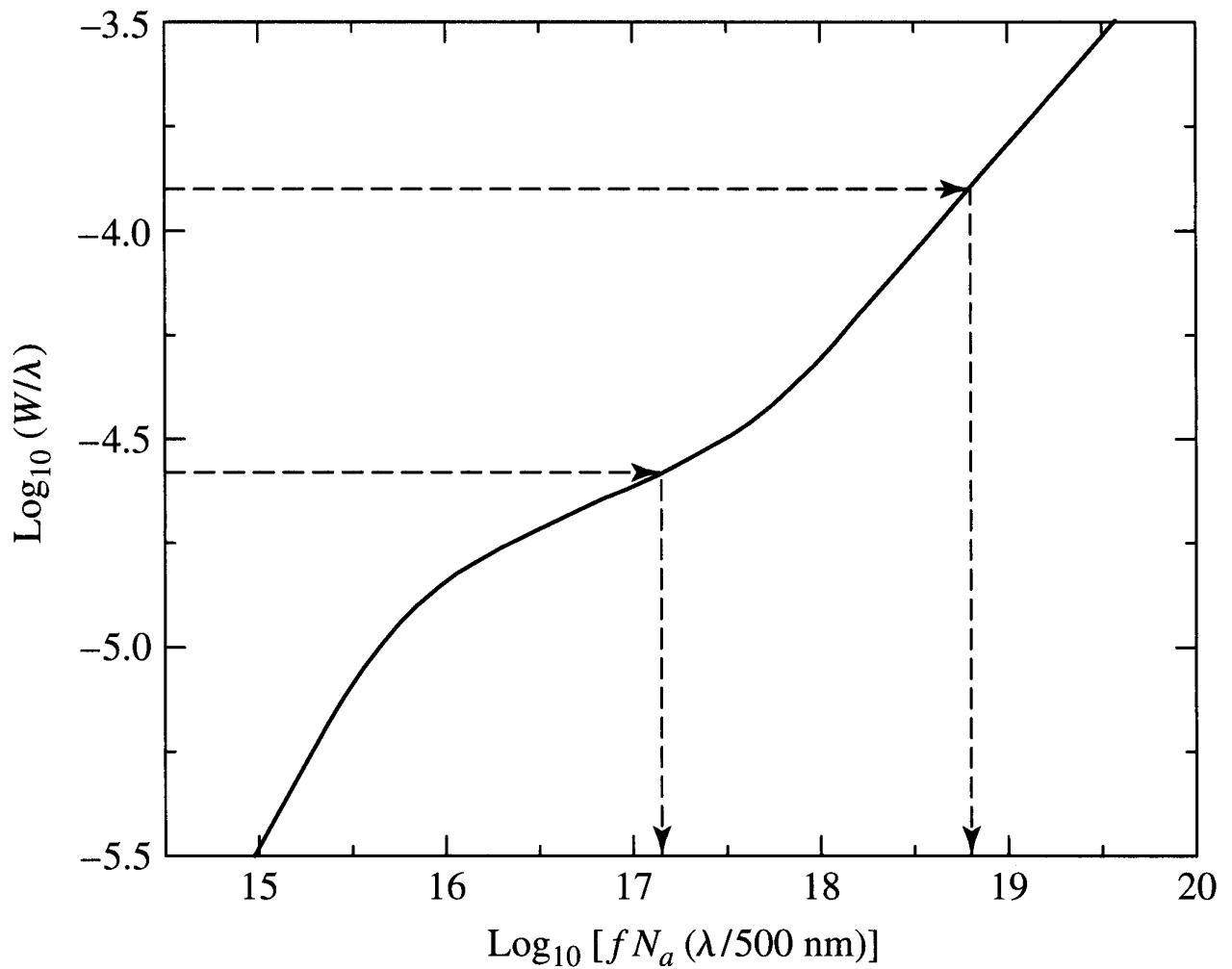
*Schrijf op het eerste blad uw naam, studentnummer en e-mail adres; op elk volgend blad uw naam. Nummer de bladen. Schrijf duidelijk, let op de eenheden en wees volledig en duidelijk in uw uitleg. Alle onduidelijkheden worden onvoorwaardelijk in uw nadeel uitgelegd. Lees de vragen aandachtig en volledig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

1. We beschouwen natriumlijnen in de zon. De waargenomen eigenschappen van de lijnen staan in tabel 1. Deze lijnen worden geproduceerd als de elektronen een overgang vanuit de grondtoestand van het neutrale Na I atoom maken.
  - a. Bereken met behulp van de algemene groeikromme voor de zon, afgebeeld in figuur 1, het aantal absorberende natriumatomen  $N_a$  per eenheid van oppervlak van de fotosfeer.
  - b. Gebruik de Boltzmann en Saha vergelijkingen om het totaal aantal natriumatomen per vierkante meter van de zonnefotosfeer te berekenen. Gebruik voor de effectieve temperatuur van de zon de waarde 5800 K en neem een elektronendruk van  $P_e = 1.0 \text{ N m}^{-2}$ . Gebruik voor de partitiefuncties van natrium:  $Z_I = 2.4$ ,  $Z_{II} = 1.0$  en  $\chi_I = 5.14 \text{ eV}$  voor de ionisatie-energie. Verwaarloos de natriumatomen die meer dan één keer geïoniseerd zijn.
  - c. Leg uit waarom een zelfde berekening aan de hand van waarnemingen van waterstoflijnen een overschatting van het aantal waterstofatomen geeft.
2. De witte dwerg die het makkelijkst waar te nemen is aan de hemel bevindt zich in het sterrenbeeld Eridanus. Er zijn drie sterren in het 40 Eridani systeem: 40 Eri A is een 4<sup>e</sup> magnitude ster lijkend op de zon; 40 Eri B is een 10<sup>e</sup> magnitude witte dwerg; en 40 Eri C is een 11<sup>e</sup> magnitude M5 ster. In deze vraag beschouwen we alleen de laatste twee sterren die zich op 400 AU van 40 Eri A bevinden.
  - a. De periode van het 40 Eri B en C systeem is 247.9 jaar. De trigonometrische parallax van het systeem is 201 milli-boogseconde en de echte hoek opgespannen door de halve lange as van de gereduceerde massa is 6.89 boogseconde. De verhouding van de afstanden van 40 Eri B en C tot het massacentrum is  $a_B/a_C = 0.37$ . Bepaal de massa's van 40 Eri B en C, uitgedrukt in de massa van de zon.
  - b. De absolute bolometrische magnitude van 40 Eri B is 9.6. Bepaal de lichtkracht uitgedrukt in de lichtkracht van de zon.
  - c. De effectieve temperatuur van 40 Eri B is 16 900 K. Bereken de straal en vergelijk die met de stralen van de Zon, de aarde en Sirius B (de laatste heeft een straal van  $5.5 \times 10^6 \text{ m}$ ).
  - d. Bereken de gemiddelde dichtheid van 40 Eri B en vergelijk deze met de gemiddelde dichtheid van Sirius B ( $3 \times 10^9 \text{ kg m}^{-3}$ ).
  - e. Leg uit waarom 40 Eri B een hogere cq. lagere dichtheid heeft dan Sirius B.

- 
- f.** De waargenomen magnitudes van 40 Eri B en C in de  $B$  en  $V$  banden zijn:  $B = 9.61$ ,  $V = 9.50$  voor 40 Eri B; en  $B = 12.85$  en  $V = 11.17$  voor 40 Eri C. Stel dat we beide sterren tegelijk waarnemen met een telescoop met een fotometrisch instrument (i.e. het systeem is onopgelost door de telescoop). Wat is dan de gemeten ( $B - V$ ) kleur van het 40 Eri B/C systeem?
- g.** Stel dat we met dezelfde telescoop ook een spectrum van dit systeem maken, schets dan hoe dit spectrum eruit ziet en leg uw schets uit.
- 3.** Leg uit waarom de waterstoflijnen van de *Balmerreeks* voor hoofdreekssterren het sterkst zijn voor sterren van spectraal type A. Leg duidelijk de fysica hierachter uit.
- 4.** Gebruik de viriaalstelling om een ruwe schatting te maken van de inwendige temperatuur van de zon. Gebruik hierbij dat de gemiddelde massa  $\bar{m}$  van een deeltje in de zon gelijk is aan  $0.61 u$  (atomaire massa-eenheid).
- 5.** We beschouwen de levensduur van sterren op de hoofdreeks. De lichtste sterren op de hoofdreeks hebben een massa van  $0.072 M_{\odot}$  en een lichtkracht  $\log_{10}(L/L_{\odot}) = -4.3$ . Zware sterren van  $85 M_{\odot}$  hebben een lichtkracht  $\log_{10}(L/L_{\odot}) = 6.006$ .
- a.** Bereken hoe lang deze sterren waterstof kunnen verbranden op de hoofdreeks en neem hierbij aan dat de  $0.072 M_{\odot}$  ster volledig convectief is zodat al het waterstof beschikbaar is voor verbranding en niet slechts de binnenste 10%.
- b.** Welk reactie-mechanisme is dominant in ieder van deze sterren?
- 6.** Leg uit hoe we de leeftijd van een stercluster kunnen bepalen.

Tabel 1: Metingen van twee natriumlijnen in het zonnenspectrum. De tabel geeft de golflengte  $\lambda$ , de equivalente breedte  $W$ , en de oscillatorsterkte  $f$  voor deze lijnen.

$\lambda$ (nm)	$W$ (nm)	$f$
330.298	0.0067	0.0049
589.594	0.0560	0.325



Figuur 1: De algemene groeikromme voor de zon.