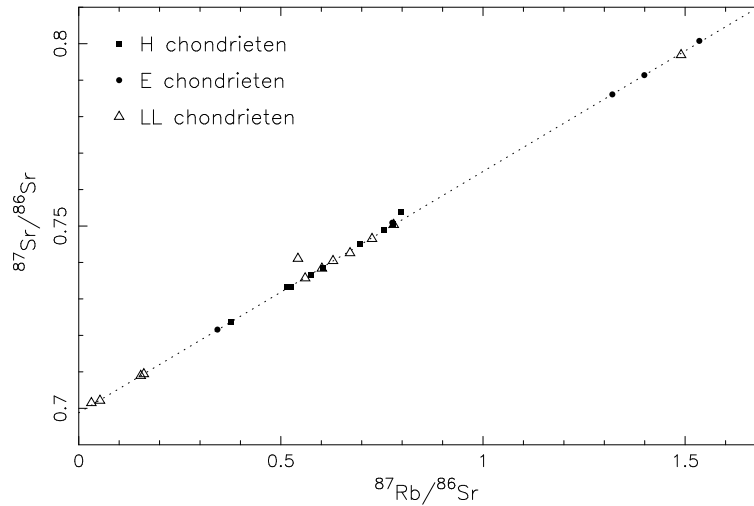


Tentamen NS-151B Inleiding tot de Sterrenkunde I
29 juni 2010. Docent: Frank Verbunt

Diegenen die het deel-tentamen over hoofdstukken 2-4 hebben gemaakt en het cijfer daarvan willen laten tellen, maken alleen opgaven 4, 5 en 6. De anderen maken 5 van de 6 opgaven, naar keuze. (Dus: als je één of meerdere van de opgaven 1-3 inlevert, vervalt het cijfer van het deel-tentamen! Lees alle opgaven goed voor je begint. Geen open-boek tentamen; geen formule-blad.

Opgave 1. Rubidium-37 vervalst tot strontium: $^{87}\text{Rb}_{37} \rightarrow ^{87}\text{Sr}_{38} + e^- + \bar{\nu}_e$. De hoeveelheid rubidium op tijdstip t is dan $^{87}\text{Rb}(t) = ^{87}\text{Rb}(0)e^{-\lambda t}$ waar $^{87}\text{Rb}(0)$ de oorspronkelijke hoeveelheid rubidium is, en $\lambda = 1.42 \times 10^{-11} \text{ jr}^{-1}$ de vervalsconstante.

a. Leid een formule af voor de hoeveelheid strontium-87 als een functie van de tijd.



b. de helling van de lijn in de figuur is 0.0662. Bepaal hiermee de leeftijd van het zonnestelsel.

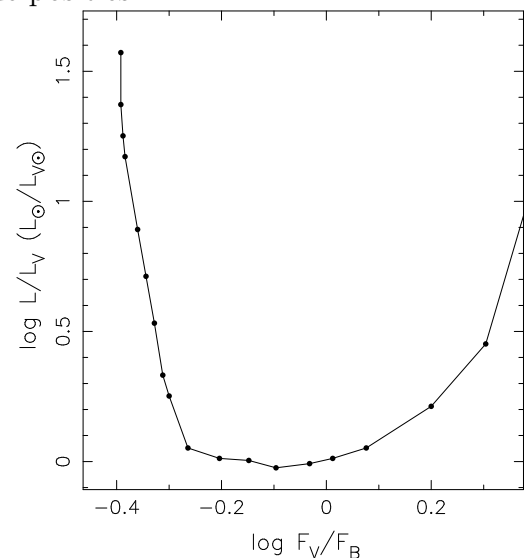
c. twee punten in de figuur liggen niet op de rechte lijn. Dit is niet het gevolg van meetfouten. Geef een mogelijke andere verklaring voor de afwijkende posities.

Opgave 2. De figuur hiernaast geeft de verhouding van de bolometrische lichtkracht tot de visuele lichtkracht voor hoofdreekssterren.

a. leg kort uit wat de begrippen bolometrische lichtkracht en visuele lichtkracht betekenen.

b. bij fluxverhoudingen $\log F_V/F_B \lesssim -0.3$ en fluxverhoudingen $\log F_V/F_B \gtrsim 0.3$ zijn de verhoudingen L/L_V erg onnauwkeurig bekend. Verklaar hoe dit komt.

c. voor welk(e) spectraaltipe(n) geldt $F_V \simeq F_B$ en voor welk(e) $F_V \ll F_B$?; verklaar je antwoord.



Opgave 3. Een ster met lage metalliciteit is blauwer dan een ster met normale metalliciteit als beide dezelfde visuele lichtkracht hebben. Beredeneer dat verwaarlozing van dit effect in de afleiding van de spectroscopische parallax tot een overschatting van de afstand leidt.

Opgave 4. De stralingsdichtheid van een Plancks stralingsveld is gegeven door

$$u = \frac{4\sigma}{c} T^4$$

en de stralingsdiffusie-vergelijking luidt

$$F = -\frac{c}{3\kappa\rho} \nabla u$$

Leid hieruit de wet af voor de temperatuursafgeleide in een ster in stralingsevenwicht. Schrijf hierbij $F(r)$ in termen van de lichtkracht $L(r)$.

Opgave 4. De vergelijking voor hydrostatisch evenwicht luidt:

$$\frac{dP(r)}{dr} = -\frac{GM(r)}{r^2} \rho(r)$$

- schat hieruit hoe de centrale dichtheid van een ster P_c schaalt met de massa M en straal R van die ster.
- Voor volledig relativistisch gedegenereerd gas wordt de druk gegeven door

$$P = K\rho^{4/3}$$

met K constant. Combineer deze vergelijking met de vergelijking voor hydrostatisch evenwicht om de massa van een volledig relativistisch gedegenereerde ster te schatten.

Opgave 6. In zware sterren fuseren de elementen van waterstof en helium tot steeds zwaardere elementen, maar niet verder dan ijzer.

- Wat is de natuurkundige reden dat fusie bij ijzer stopt?
- De totale energie van een ster kan ruw worden geschat met $E = -fGM^2/R$, waar f een getal van orde grootte 1 is. Beschouw een ijzerkern met een massa $1.4M_\odot$ en straal 5000 km die instort tot een neutronenster met een straal van 10 km. Schat de hoeveelheid vrijkomende energie voor $f = 0.5$.
- De ijzerkern uit opgave b) is het binnenste deel van een ster met een totale massa $11.4 M_\odot$. Bij de supernova wordt de materie buiten de ijzerkern afgeworpen met een snelheid van 10^4 km/s. Bereken de totale kinetische energie van de afgewopen materie. Deze is veel kleiner dan de in opgave b) berekende vrijkomende energie. Waar blijft het verschil?