

Übungen zur Einführung in die **Astronomie und Astrophysik I, 9**

1. Für ein Sonnenmodell erhält man im Zentrum ungefähr $T = 1,5 \times 10^7$ K und $\rho = 10^5 \text{ kg m}^{-3}$; das mittlere Molekulargewicht sei $\mu = 0,62$.

- a) Wie groß ist das Verhältnis von Strahlungsdruck zu Gasdruck?
- b) Bei welcher Sternmasse erreicht der zentrale Strahlungsdruck 20% des Gasdrucks. (Verwenden Sie die einfachen Skalierungs- bzw. Homologierelationen für Hauptreihensterne)

(3 Punkte)

2. Ein Stern von $10 M_{\odot}$ bestehe anfangs nur aus Wasserstoff. In einem Zentralbereich, der 20% der Sternmasse enthält, werde der Wasserstoff im Laufe der Entwicklung vollständig in ^{56}Fe umgewandelt.

- a) Wieviel Kernenergie wird dabei freigesetzt?
- b) Welcher Bruchteil davon entfällt auf die erste Stufe der Umwandlung zu ^4He im sog. Hauptreihenstadium?
- c) Wie lange dauert diese Hauptreihenphase? (Verwenden Sie die empirische Masse-Leuchtkraft-Relation für Hauptreihensterne: $L \propto M^{3,5}$)

Die Kernmassen (in atomaren Masseneinheiten u , $1 u = 1,6605389 \times 10^{-27} \text{ kg}$) betragen: 1,0072766 für ^1H , 4,0015065 für ^4He und 55,920679 für ^{56}Fe .

(3 Punkte)

3. Schätzen Sie die Zahl der pp-Reaktionen pro Sekunde für die Sonne ab. Wieviele Neutrinos ν_e werden die Erde – als Resultat dieses Prozesses – pro Sekunde treffen? (Hinweis: Zur Vereinfachung sollen nur die pp1-Reaktionen betrachtet werden)

(2 Punkte)

4. Bei dem sog. Drei-Alpha-Prozess werden drei Heliumkerne (α -Teilchen) durch Kernfusionsreaktionen in Kohlenstoff umgewandelt.

- a) Berechnen Sie zunächst die Kernmasse von $^{12}_6\text{C}$ in Einheiten von u . Warum lässt sich der Literaturwert von $11,9967096 u$ nicht exakt mit der Massenbilanz $m_K = m_A - Z m_e$ reproduzieren?
- b) Welche Energie liefert der 3α -Prozess pro Kohlenstoffatom?
- c) Schätzen Sie die Dauer des Heliumbrennens der Sonne ab. Dafür soll vereinfachend angenommen werden, dass sie als Roter Riese eine konstante Leuchtkraft von $100 L_{\odot}$ hat und 10% der Sonnenmasse für diesen Prozess zur Verfügung steht.

(2 Punkte)