Übungsblatt 5

(Ausgabe 08.06.2009, Abgabe 18.06.2009)

Achtung: Wegen der Streikwoche vom 15. bis zum 19. Juni müssen von diesem Übungsblatt nur 7 von 10 Punkten erreicht werden!

1. Aufgabe *Energieerzeugung* (1 Punkt)
Wieviele Proton-Proton-Reaktionen finden in der Sonne pro Sekunde statt?
Man berechne dies aus der Leuchtkraft der Sonne und dem bekannten Netto-Massendefekt der α-Teilchen. Wieviele Neutrinos werden pro Sekunde erzeugt?

2. Aufgabe *Eddington-Limit* (6 Punkte)
Angenommen, die äußere Schicht eines Sternes besteht aus ionisiertem Wasserstoff und die Opazität dieser Schicht wird durch Elektronenstreuung (Thomsonquerschnitt σ_e) verursacht. Die resultierende Kraft durch den Strahlungsdruck ist dann gegeben durch

$$F_\mathrm{rad} = \frac{L\sigma_\mathrm{e}}{4\pi R^2 c}\,. \tag{1}$$

Dem wirkt die Gravitationskraft entgegen. Ist die Strahlungskraft größer als die Gravitationskraft, so ist der der Stern instabil (Eddington-Limit).

(a) Drücken Sie das Verhältnis

$$\Gamma_\mathrm{e} := \frac{g_\mathrm{rad}}{g} = \frac{F_\mathrm{rad}}{F_\mathrm{G}} \tag{2}$$

in Einheiten von $\mathrm{L}_\odot$ und $\mathrm{M}_\odot$ aus. (2 Punkte)

(b) Einer der leuchtkräftigsten Sterne in der Galaxis, η Car, hat eine Leuchtkraft von ungefähr $L \approx 6 \times 10^6\,\mathrm{L}_\odot$ und eine geschätzte Masse von $150\,\mathrm{M}_\odot$. Kann man annehmen, dass η Car stabil ist? Ist die Sonne stabil? (2 Punkte)

(c) Wie wäre gemäß dem Eddington-Limit die maximale Masse für stabile Hauptreihensterne, wenn die Leuchtkraft der Sterne mit $M63$ skaliert? (2 Punkte)

(d) **Zusatzaufgabe:** Drücken Sie nun Γ_e mithilfe von T_eff und g_eff anstelle von $\mathrm{L}_\odot$ von $\mathrm{M}_\odot$ aus. Wie sieht das durch diese Bedingung gegebene Eddington-Limit im $\log g$-$\log T_\mathrm{eff}$-Diagramm aus? (+2 Punkte)

3. Aufgabe *Homologe Kontraktion und Hydrostatisches Gleichgewicht* (3 Punkte)
Ein Stern soll homolog kontrahieren, so dass $\frac{\dot{r}}{r} = \mathrm{const.}$ Zeigen Sie, dass wenn der Stern bei der Kontraktion im Hydrostatischen Gleichgewicht ist, dann auch gilt:

$$\frac{\dot{P}}{P} = -4\frac{\dot{r}}{r} \tag{3}$$

Schreiben Sie dazu die hydrostatische Gleichung auf Massenkoordinaten um, indem Sie sie mit $\partial r/\partial m = (4\pi r^2 \varrho)^{-1}$ multiplizieren. Integrieren Sie diese Gleichung über m und leiten Sie die so für den Druck P auf eine Massenschale erhaltene Gleichung nach t ab.