

Übungen zur Vorlesung „Astronomie und Astrophysik 1“, WS 2020/2021**3. Übungsblatt vom 08.12.2020**

Abgabe der schriftlichen Aufgabe: Dienstag, 15.12.2020, bis spätestens 17:00 elektronisch an patric.rommel@itp1.uni-stuttgart.de

Aufgabe 9: Eddingtonsche Leuchtkraftgrenze**(schriftlich, 10 Punkte)**

Aus den Grundgleichungen des Sternaufbaus kann eine Obergrenze für die Leuchtkraft L (gesamte emittierte Energie pro Zeiteinheit) eines Sternes hergeleitet werden, der sich im hydrostatische Gleichgewicht befindet und durch Strahlungstransport dominiert wird. Wir nehmen sphärische Symmetrie an.

- Wie groß ist die Energiestromdichte $S(r)$ (Energie pro Zeit und Fläche) der Strahlung im Abstand r ? Wie groß ist damit die Impulsstromdichte $S_{\text{imp}}(r)$ der Strahlung?
- Bei der Thomson-Streuung der Strahlung an den Elektronen wird Impuls auf die Elektronen übertragen. Berechnen Sie unter Verwendung der Beziehung "Rate = Wirkungsquerschnitt \times Stromdichte" und dem Thomson-Streuquerschnitts $\sigma_{\text{Th}} = \frac{8\pi}{3} r_e^2$ ($r_e =$ klassischer Elektronenradius $= 2,82 \times 10^{-15}$ m) die bei der Streuung übertragene Kraft $F_{\text{rad}}(r)$.
- Setzen Sie diese gleich der Gravitationskraft, die vom Stern mit Masse M auf eine Protonenmasse $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg am Ort r ausgeübt wird, und berechnen Sie daraus die Leuchtkraft. Welcher Wert ergibt sich für die Sonnenmasse $M = 1,99 \times 10^{30}$ kg?

Aufgabe 10: Fermienergie in weißen Zwergen**(freiwillig schriftlich 5 Punkte)**

Schätzen Sie ab, wie hoch die Fermienergie E_F (in eV) des Elektronengases in einem weißen Zwergstern der kritischen Dichte $\rho_c = m_p/\lambda_{\text{Ce}}^3$ ist ($m_p =$ Protonenmasse, $\lambda_{\text{Ce}} = \hbar/m_e c =$ Compton-Wellenlänge des Elektrons).

Welcher Temperatur E_F/k_B (k_B : Boltzmann-Konstante) entspricht dies?

Vergleichen Sie mit typischen Werten der Fermienergie des Elektronengases in Festkörpern.

Aufgabe 11: Zusammensetzung von Neutronensternen**(freiwillig schriftlich 5 Punkte)**

Wieviel Prozent eines ungeladenen Neutronensternes mit dem Radius $R = 10^4$ m und der Masse $M = 1,4 M_\odot = 2,8 \cdot 10^{30}$ kg müssen aus Elektronen und Protonen bestehen, damit der Stern gegen Neutronenzerfall $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ stabil ist?

$$m_p = 1,672\,649 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 938,278 \text{ MeV}/c^2,$$

$$m_n = 1,674\,955 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 939,573 \text{ MeV}/c^2,$$

$$m_e = 9,109\,54 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 511,003 \text{ keV}/c^2.$$