

Übungen zur Vorlesung „Astronomie und Astrophysik 1“, WS 2019/2020**3. Übungsblatt vom 12.11.2019**

Abgabe der schriftlichen Aufgabe: Dienstag, 19.11.2019, 14:45 Uhr, nach der Vorlesung

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.

- a) 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?
- b) 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 $F_{\text{rad}}(r)$.
- c) 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**(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.