

Übungen zur Vorlesung „Astronomie und Astrophysik 1“, WS 2019/2020

4. Übungsblatt vom 26.11.2019

Abgabe der schriftlichen Aufgabe: Dienstag, 03.12.2018, 14:45 Uhr, nach der Vorlesung

Aufgabe 11: Massen der Hauptreihensterne**(schriftlich, 10 Punkte)**

Wir haben in der Vorlesung gelernt, dass die Masse eines *entarteten Sternes* nicht größer sein kann als die Chandrasekhar-Grenzmasse

$$M_C = m_p \cdot \left(\frac{\hbar c}{G m_p^2} \right)^{3/2} = 2 \cdot 10^{57} m_p \approx 3 \cdot 10^{30} \text{ kg} \approx 1,5 M_\odot ,$$

wobei $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ die Masse eines Protons ist.

Auch für *nichtentartete Hauptreihensterne* existiert eine obere Grenzmasse. Physikalisch wird sie dadurch bedingt, dass der Strahlungsdruck

$$p_R \approx \frac{(k_B T)^4}{(\hbar c)^3} .$$

den Gasdruck p nicht übersteigen darf.

Nehmen Sie an, dass die Sternmaterie sich wie ein ideales Gas verhält, und zeigen Sie mit Hilfe der in der Vorlesung hergeleiteten Beziehung

$$\frac{p}{\rho c^2} \approx \frac{R_S}{R}$$

(R_S : Schwarzschild-Radius), dass die Bedingung $p_R < p$ bei Weglassen aller Zahlenfaktoren ebenfalls auf die Chandrasekhar-Grenzmasse M_C führt. (Tatsächlich liegt der Wert bei etwa 60 Sonnenmassen.)

Aufgabe 12: Zusammensetzung von Neutronensternen**10 Punkte**

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

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

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

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