

# Physik der Sterne

---

## Übungsblatt 9

Abgabe am **19.12.2025**

Besprechung am **16.01.2026**

### Aufgabe 41:

- a) Berechnen Sie allgemein die mittlere Dichte  $\rho$  eines Hauptreihensterns in Abhängigkeit von seiner Masse  $M$ . [1 Punkt]
- b) Berechnen Sie allgemein die Leuchtkraft  $L$  eines Hauptreihensterns in Abhängigkeit von seiner Effektivtemperatur  $T_{eff}$ . [1 Punkt]

### Aufgabe 42:

- a) Zeichnen Sie die Hauptreihe aus Aufgabe 41b zusammen mit der Sonne in ein HRD ein. x-Achse nach links:  $\log(T_{eff}/T_{eff\odot})$ ; y-Achse nach oben:  $\log(L/L_{\odot})$ . [1 Punkt]
- b) Zeichnen Sie in das HRD aus Aufgabe 42a nun noch die Kurven ein auf denen Sterne mit  $R = 0.1 R_{\odot}$ ,  $R = 1 R_{\odot}$ ,  $R = 10 R_{\odot}$ ,  $R = 100 R_{\odot}$  und  $R = 1000 R_{\odot}$  liegen. [1 Punkt]
- c) Berechnen Sie das obere und untere Ende der Hauptreihe (jeweils  $L$  in Einheiten von  $L_{\odot}$  und  $T_{eff}$  in K angeben). Berücksichtigen Sie dabei, dass die minimale Masse eines Hauptreihensterns bei ca.  $0.08 M_{\odot}$  liegt. [1 Punkt]

### Aufgabe 43:

- Photonen, die im Kern der Sonne erzeugt werden, können sich innerhalb der Sonne entlang einer mittleren freien Weglänge bewegen bevor sie an Teilchen gestreut werden. Die mittlere freie Weglänge  $l$  kann dabei aus dem mittleren Massenabsorptionskoeffizient in der Sonne  $\tilde{\kappa} = 0.4 \text{ m}^2/\text{kg}$  und der mittleren Dichte  $\rho$  der Sonne berechnet werden, wobei gilt:  $l = (\tilde{\kappa} \cdot \rho)^{-1}$ .
- a) Leiten Sie zunächst eine allgemeine Beziehung her, die die mittlere Zahl der Streuereignisse eines Photons bis dieses die Sonne verlässt in Abhängigkeit von der mittleren freien Weglänge und dem Radius der Sonne beschreibt. [2 Punkte]
  - b) Wie lange (in Jahren) braucht im Mittel ein Photon, das im Kern der Sonne erzeugt wurde, um aus der Sonne zu entweichen? Wie lange bräuchte es ohne Streuung um aus der Sonne zu entkommen? [1 Punkt]

### Aufgabe 44:

- a) Leiten Sie einen allgemeinen Ausdruck für den Massen- ( $dM/dr$ ) und Schweredruckgradienten ( $dP/dr$ ) im Inneren der Sonne her. [2 Punkte]
- b) Bestimmen Sie nun den Druck (in bar) und die Temperatur (in K) im Zentrum ( $r = 0 \text{ km}$ ) der Sonne. Nehmen Sie dazu vereinfacht an, dass die Sonne aus einem idealen Gas aus Wasserstoffatomen mit konstanter Dichte besteht, dessen Druck im Sonneninneren immer genau dem Schweredruck entgegenwirkt. [1 Punkt]

**Bitte wenden!**

**Aufgabe 45:**

Leiten Sie einen allgemeinen Ausdruck für die Gravitationsenergie  $E_{grav}$  eines Sterns her, also für die potentiellen Energie, die bei der Entstehung des Sterns freigesetzt wird. Beschreiben Sie  $E_{grav}$  als Funktion der Masse  $M$  und des Radius  $R$  des Sterns. Nehmen Sie dazu vereinfacht an, dass der Stern in seinem Inneren eine konstante Dichte aufweist. Berechnen Sie damit für einen Neutronenstern ( $M = 1.5 M_{\odot}$ ,  $R = 10 \text{ km}$ ) sowie für ein schwarzes Loch das Verhältnis  $E_{grav}/E_0$  mit  $E_0 = Mc^2$  der Ruheenergie des Sterns. [3 Punkte]