



Frage 1: Sternaufbau

In dieser Aufgabe werden wir die Bedingungen, die im Inneren der Sonne herrschen, grob abschätzen.

- Die Sonne hat eine Masse von $M = 2 \times 10^{30}$ kg und einen Radius von $R = 700000$ km. Berechnen Sie die Schwerebeschleunigung an ihrer Oberfläche und vergleichen Sie diese mit der auf der Erdoberfläche.
- Bestimmen Sie die mittlere Dichte der Sonne, $\langle \rho \rangle$.
- Schätzen Sie unter Zuhilfenahme der hydrostatischen Gleichung

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM_r \rho}{r^2} \quad ()$$

und unter der groben Annahme, die Dichte der Sonnenmaterie sei überall $\langle \rho \rangle$ den Druck in der Sonne bei einem Radius von $r = R_\odot/2$ ab.

(Erinnerung: M_r ist die vom Radius r eingeschlossene Masse)

- Bestimmen Sie mit Hilfe der Zustandsgleichung eines idealen Gases die Temperatur an dieser Stelle. Nehmen Sie an, dass die Sonne ausschliesslich aus ionisiertem Wasserstoff besteht, d.h. vernachlässigen Sie Helium und die Metalle.

Frage 2: Be-Sterne

- Die Sonne dreht sich am Äquator einmal in 25.38 Tagen um ihre Achse.
 - Bestimme die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne an ihrem Äquator.
 - Was ist die relative Verschiebung der Wellenlänge der $H\alpha$ -Linie zwischen dem östlichen und dem westlichen Rand der Sonne aufgrund dieser Rotation für einen unbewegten Beobachter?
- Manche Sterne drehen sich deutlich schneller als die Sonne, die durch den Sonnenwind schon einen großen Teil ihres Drehimpulses verloren hat. Die am schnellsten rotierenden Sterne sind Be-Sterne.
 - Bestimme die Fluchtgeschwindigkeit eines Sterns der Masse M und mit Radius R , d.h. die Geschwindigkeit, bei der Material den Stern verlassen kann.
 - Ermittle daraus die maximale Rotationsperiode eines Sterns.
- Be-Sterne rotieren mit dieser maximalen Rotationsgeschwindigkeit. In ihrer Äquatorregion werden Scheiben heißen Plasmas gefunden, das vom Stern weggeflossen ist. Da dieses Gas sehr dünn ist, werden Emissionslinien detektiert (Der Spektraltyp Be bedeutet, daß es sich um Sterne vom Spektraltyp B mit Emissionslinien handelt). Ein typischer Be-Stern ist GX 301-2/Wray 977. Dieser Stern hat eine Leuchtkraft von $1.3 \times 10^6 L_\odot$.
 - Wray 977 befindet sich bei einer Entfernung von 5.3 kpc. Was ist seine scheinbare Helligkeit?
 - Schätze mit Hilfe der Masse-Leuchtkraft-Beziehung die Masse von Wray 977 ab.
 - Schätze die Temperatur des Sterns aus seinem Spektraltyp ab und bestimme seinen Radius.
 - Bestimme die Oberflächenbeschleunigung am Pol von Wray 977 und vergleiche sie mit der auf der Erde ($g_\oplus = 9.81 \text{ m s}^{-2}$).
 - Wray 977 rotiert mit maximaler Rotationsgeschwindigkeit. Bestimme die Rotationsperiode des Sterns. Wie stark ist aufgrund der Rotation die $H\alpha$ -Absorptionslinie im Spektrum von Wray 977 verbreitert?