

Übungen zur Physik der Sterne WiSe 2011/12

Übungszettel 5 (18. November 2011)

**Abgabe: bis Donnerstag, 24. November, bei der Vorlesung
Besprechung in den Übungen am 1. & 2.12.**

Übungen: Do 14-16h und Fr 12-14h (Dr. Tobias Schmidt)

- 1. Randbedingungen der Grundgleichungen.** Zur Lösung der Grundgleichungen des Sternaufbaus (vier nicht-lineare Differentialgleichungen erster Ordnung) benötigt man vier Randbedingungen. Geben Sie Masse M , Leuchtkraft L , Druck P und Temperatur T für das Zentrum ($r = 0$) und die Oberfläche ($r = R$) an. Berechnen Sie mit der idealen Gasgleichung, also unter Nicht-Berücksichtigung von Strahlungsdruck, den Zentraldruck $P_z = P_0 = P_{r=0}$ im Zentrum der Sonne. Hierbei sollten Sie das mittlere Molekulargewicht schätzen unter der Annahme, alle Materie in der Sonne sei vollständig ionisiert.
(3 Punkte)
- 2. Wassereiskondensationsschockfront.** Ermitteln Sie die Verteilung der mittleren Massendichte in der protoplanetaren Scheibe in Abhängigkeit vom Abstand von der Protosonne wie folgt:
Nehmen Sie die Mittelwerte zwischen den grossen Halbachsen von je zwei benachbarten Planeten, um die sog. Einflußsphären zu berechnen (Bsp.: Venus bei $a = 0,72$ AE, Erde bei $a = 1,00$ AE und Mars bei $a = 1,60$ AE, dann also Einflußsphäre der Erde von $0,86$ bis $1,30$ AE, etc.). Dann können Sie die heutigen Massen der Planeten wegen des typischen Gas-zu-Staub-Verhältnisses von $100:1$ um den Faktor 100 erhöhen, um die Gas- und Staubmasse zu erhalten, die in der jeweiligen Einflußsphäre vorhanden war. Dann können Sie diese auf die Einflußsphären verschmieren und das Dichteprofil der Scheibe erhalten (und als Graph zeichnen).
Berücksichtigen Sie auch, dass zwischen Jupiter und Mars die Einflußsphäre eines weiteren Planeten war (mittlere grosse Halbachse $2,90$ AE), der sich jedoch nicht bildete (die Lücke in der Massenverteilung können Sie durch Interpolation schliessen.).
Verwenden Sie folgende weiteren Werte: Merkur $0,39$ AE, Jupiter $5,20$ AE, Saturn $9,55$ AE, Uranus $19,20$ AE, Neptun $30,09$ AE; die Massen finden Sie leicht im Lehrbuch oder Internet.
In einem zweiten Fall sollten Sie dann die Massenverteilung berechnen unter der Annahme, dass Neptun und Uranus kurz nach der Entstehung ihre Plätze gewechselt haben.
In beiden Fällen sollten Sie auch überlegen, wie die Dichten von Gas und Staub sich innen zwischen Merkur und Sonne (hohe Temperatur !) und aussen (hinter dem letzten Planeten) verhalten. (4 Punkte)
- 3. Junge Sonne im HRD.** Zeichnen Sie in das HRD auf der Rückseite dieses Blattes (Entwicklungswege mit Massen in Sonnenmassen, Isochronen mit Alter logarithmisch in Jahren) Geburtslinie und Null-Alter-Hauptreihe ein. Sodann tragen Sie bitte auch die Sonne ein und berechnen Sie (in SI-Einheiten) ihre heutige Leuchtkraft, ihren Radius und ihre Schwerebeschleunigung (an der Oberfläche). Die Sonne hat heute eine effektive Oberflächentemperatur von 5780 K; mit Temperatur ist immer die effektive Oberflächentemperatur gemeint. Tragen Sie im HRD sodann die Lage der Sonne ein für:
(i) 1 Mio Jahre, (ii) 10 Mio Jahre, und (iii) 90 Mio Jahre. (Nicht eingezeichnete Isochronen und Entwicklungswege kann man interpolieren oder extrapolieren.) Entnehmen Sie dem HRD für diese drei Zeitpunkte die Werte für Masse, Radius, Temperatur und Schwerebeschleunigung und geben Sie sie sowohl in SI-Einheiten als auch in jeweiligen Sonneneinheiten an (Sonnenmasse, Sonnenradius, Sonnentemperatur und Sonnen-Schwerebeschleunigung).
Wie lange brauchte die Sonne, um von der Geburtslinie aus die Null-Alter-Hauptreihe zu erreichen ? Wie alt ist die Sonne heute ? Woher weiss man das ? Wo liegt sie heute im HRD ?
(3 Punkte) NB: HRD auf Rückseite aus D'Antona & Mazzitelli 1994, ApJS 90, 467