

Übungen zur Vorlesung

Einführung in die Astronomie (WS2012/13)

Cornelis Dullemond, Ralf Klessen

Kapitel 5

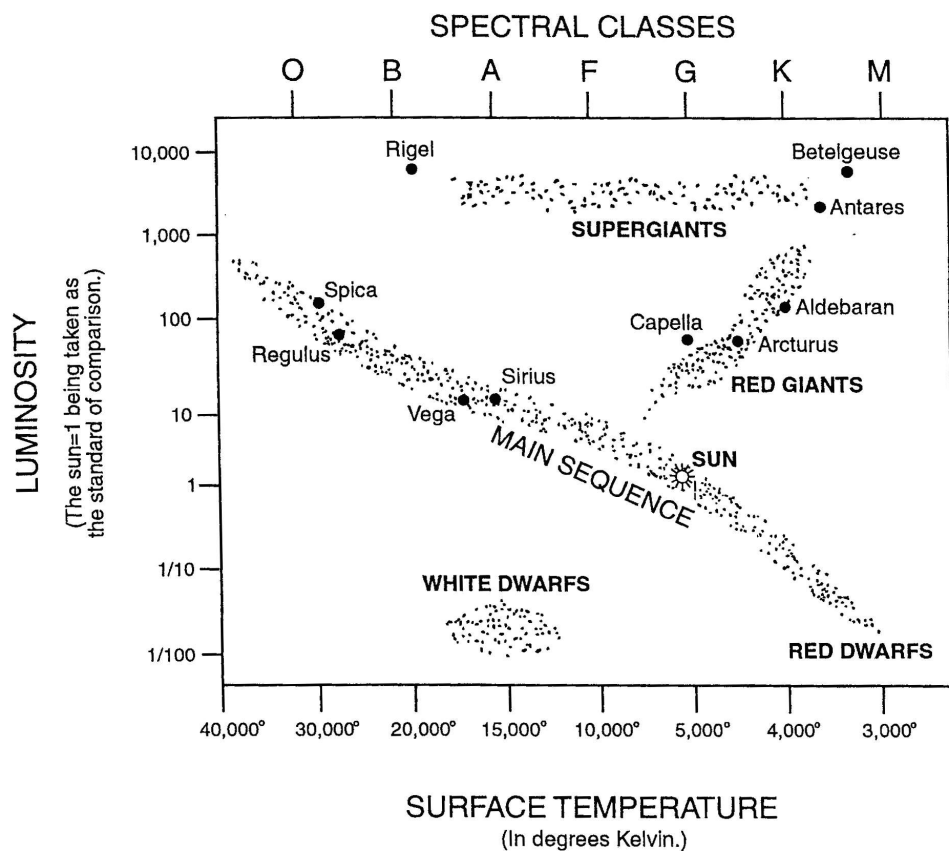
20 Punkte

1. Hertzsprung-Russel Diagramm

Das Hertzsprung-Russel Diagramm (HRD) stellt den Zusammenhang zwischen zwei fundamentalen Eigenschaften der Sterne dar. Auf der Abszisse wird die Farbe (oder Oberflächentemperatur) und auf der Ordinate die Helligkeit (oder die Leuchtkraft) aufgetragen. Eine sehr schöne Animation findet man auf der Webseite:

<http://www.spacetelescope.org/videos/heic1017b/>.

Betrachten Sie das unten stehende HRD und zeichnen Sie die Kurven von Sternen mit Radien von $0.1R_{\odot}$, $1R_{\odot}$, $10R_{\odot}$ und $100R_{\odot}$ ein. Nehmen Sie an, die Sterne sind perfekte Schwarzkörper und berücksichtigen Sie den geometrischen Zusammenhang zwischen Leuchtkraft und Strahlungsfluss. (3 Punkte)



2. Zentraltemperatur der Sonne

Verwenden Sie die Gleichungen des hydrostatischen Gleichgewichts, um eine grobe Abschätzung der Zentraltemperatur der Sonne zu gewinnen. Nähern Sie Ableitungen durch Differenzenquotienten an. (5 Punkte)

3. Zeitskalen der Sonne

- (a) *Dynamische Zeitskala:* Die Kollapszeitskala für ein selbstgravitierendes Objekt ohne inneren Druck beträgt $t_{\text{dyn}} \approx (G\rho)^{-1/2}$. Dabei sind G die Gravitationskonstante und ρ die Dichte. Berechnen Sie t_{dyn} für die Sonne unter der Annahme einer mittleren Dichte von $\rho = 1.4 \text{ g cm}^{-3}$. Überlegen Sie, ob die Annahme gerechtfertigt ist. (2 Punkte)
- (b) *Schalllaufzeit:* Berechnen Sie den Zeitraum, den eine Schallwelle benötigt, um einmal quer durch die Sonne zu laufen. Verwenden Sie die Zustandsgleichung für ideale Gase, um die Schallgeschwindigkeit in der Sonne abzuschätzen. Nehmen Sie der Einfachheit halber wieder an, die Sonne sei homogen mit einer Temperatur von etwa 14 Millionen Kelvin. (3 Punkte)
- (c) *Nukleare Zeitskala:* Ein Stern wie unsere Sonne deckt seinen Energiebedarf auf der Hauptreihe durch die Fusion von Wasserstoff zu Helium im Kern. Schätzen Sie ab, wie viel Zeit die Sonne in diesem Zustand verbringt. Nehmen Sie dazu an, dass während dieses Zeitraumes etwa 10% des solaren Wasserstoffes in Helium umgewandelt wird und dass dabei die Leuchtkraft der Sonne konstant bleibt. Verwenden Sie die Formel $t_{\text{nuc}} = E/\dot{E}$ und gehen Sie davon aus, dass 0.7% der Ruhemasse von H im Fusionsprozess freigesetzt wird. (3 Punkte)
- (d) *Kelvin-Helmholtz Zeitskala:* Bevor der Prozess der Kernfusion bekannt war, hat man vermutet, dass die Energie, die die Sonne kontinuierlich an ihrer Oberfläche verliert, durch Kontraktion erzeugt wird. William Thomson (Lord Kelvin, 1824 – 1907) und Herrmann von Helmholtz (1821 - 1894) haben unter dieser Annahme die Lebensdauer der Sonne auf 20 bis 30 Millionen Jahren abgeschätzt. Folgen Sie diesen Überlegungen und nehmen Sie dabei wieder an, die Sonne sei homogen und strahle mit zeitlich konstanter Luminosität.
- Im 19. Jahrhundert erlebte die geologische Forschung einen ersten Höhepunkt. Ebenso hatte man damit begonnen, Fossilien wissenschaftlich genau zu untersuchen, zu klassifizieren und zu datieren. Diskutieren Sie, warum die Berechnungen von Kelvin und Helmholtz zu einer ersten „Krise“ im wissenschaftlichen Sonnenmodell geführt haben. Sind Ihnen Sie noch weitere „Krisen“ des Sonnenmodelles bekannt? (4 Punkte)

Hinweis: Besorgen Sie sich eventuell fehlende Angaben und Zahlenwerte durch eigenständige Recherche.