

**Übungsblatt 5 (Besprechung am 22. November)**

1. Die Saha-Gleichung kann man auch als

$$\frac{n_{i+1}}{n_i} = \frac{2kT Z_{i+1}}{P_e Z_i} \frac{(2\pi m_e kT)^{3/2}}{h^3} e^{-(E_{i+1} - E_i)/kT}$$

hinschreiben, wobei  $P_e = n_e kT$  den Druck der Elektronen in der Sternatmosphäre darstellt.  $Z_{i+1}$  und  $Z_i$  sind die Partitionsfunktionen der Atome im Anfangs- und Endzustand der Ionisation. Für einen Zustand  $E_j$  ist diese:

$$Z_j(T) = g_1 + \sum_{j=2}^{\infty} g_j \exp\left(-\frac{(E_j - E_1)}{kT}\right)$$

Typische  $P_e$  in Sternatmosphären sind  $1 \text{ dyne cm}^{-2}$  für kühlere Sterne, bis  $1000 \text{ dyne cm}^{-2}$  für heißere Sterne.

a) Unter der Annahme, dass  $P_e = 200 \text{ dyne cm}^{-2}$  und konstant ist, berechnen Sie den Ionisationsgrad ( $n_{II}/n_{\text{tot}}$ ) einer Sternatmosphäre aus purem Wasserstoff. Tragen Sie  $n_{II}/n_{\text{tot}}$  als Funktion der Temperatur auf (Bereich: 5000-20000 K). (Hinweis: berechnen Sie zuerst  $n_{II}/n_I$  aus der Saha-Gleichung, und daraus  $n_{II}/n_{\text{tot}}$ ).

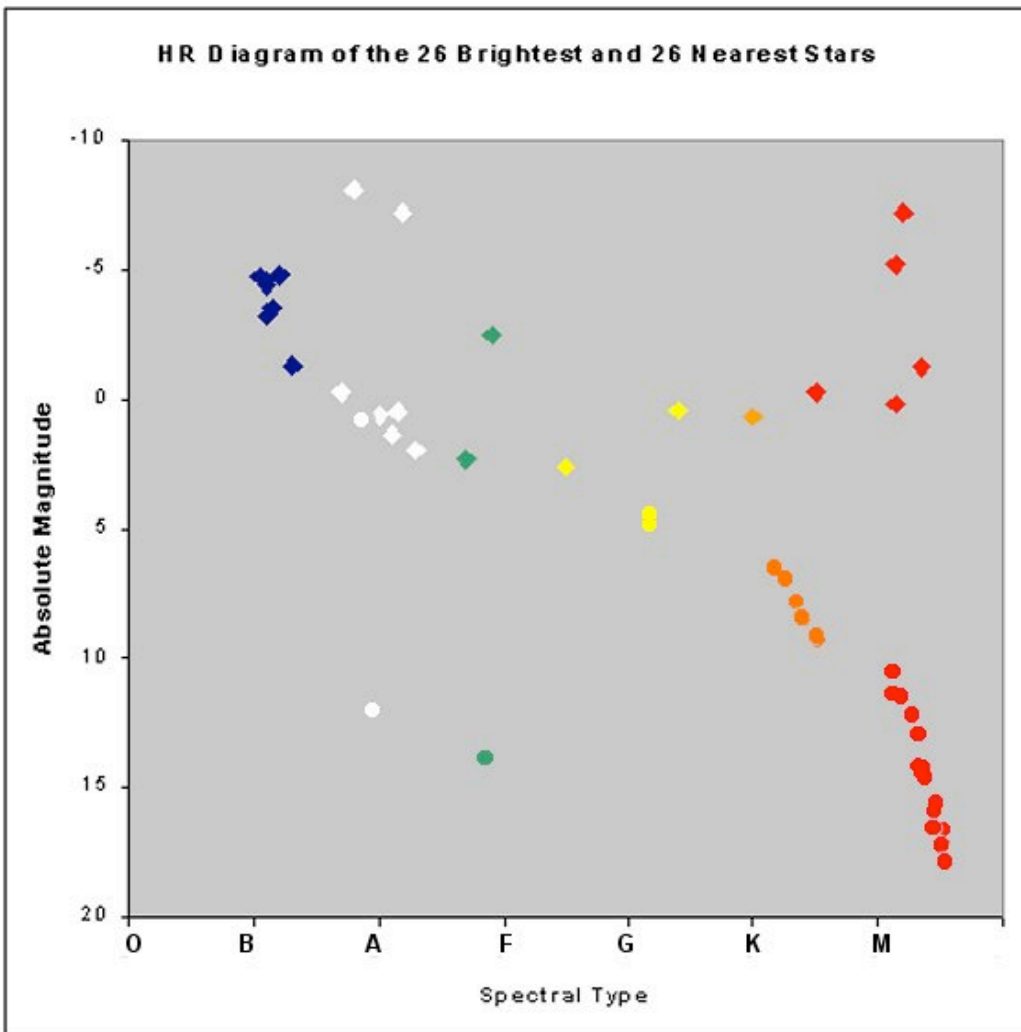
b) Was ist das Verhältnis der H-Atome im ersten angeregten Zustand, zu der Gesamtzahl der H-Atome ( $n_2/n_{\text{tot}}$ )? Tragen Sie dieses als Funktion der Temperatur auf (Bereich: 5000-20000 K). (Hinweis: Kombinieren Sie die Saha und die Boltzmann Gleichungen und machen Sie die Näherung, dass  $n_1 + n_2 \approx n_I$ , da fast alle neutralen H-Atome  $n_I$  sich entweder im Grundzustand  $n_1$  oder im 1. angeregten Zustand  $n_2$  befinden).

2. In der Photosphäre der Sonne befinden sich etwa 500000 Wasserstoff Atome für jedes Kalzium Atom. Schätzen Sie die relative Stärke der H-Balmer Absorptionslinien zu den Ca (II H und K) Linien ab. (Hinweis: vergleichen Sie die Anzahl der neutralen H-Atome mit Elektronen im 1. angeregten Zustand mit der Anzahl der einfach ionisierten Ca-Atome im Grundzustand.  $P_e \approx 15 \text{ dyne cm}^{-2}$  und die Partitionsfunktionen für Ca sind  $Z_I=1.32$  und  $Z_{II}=2.30$ ).

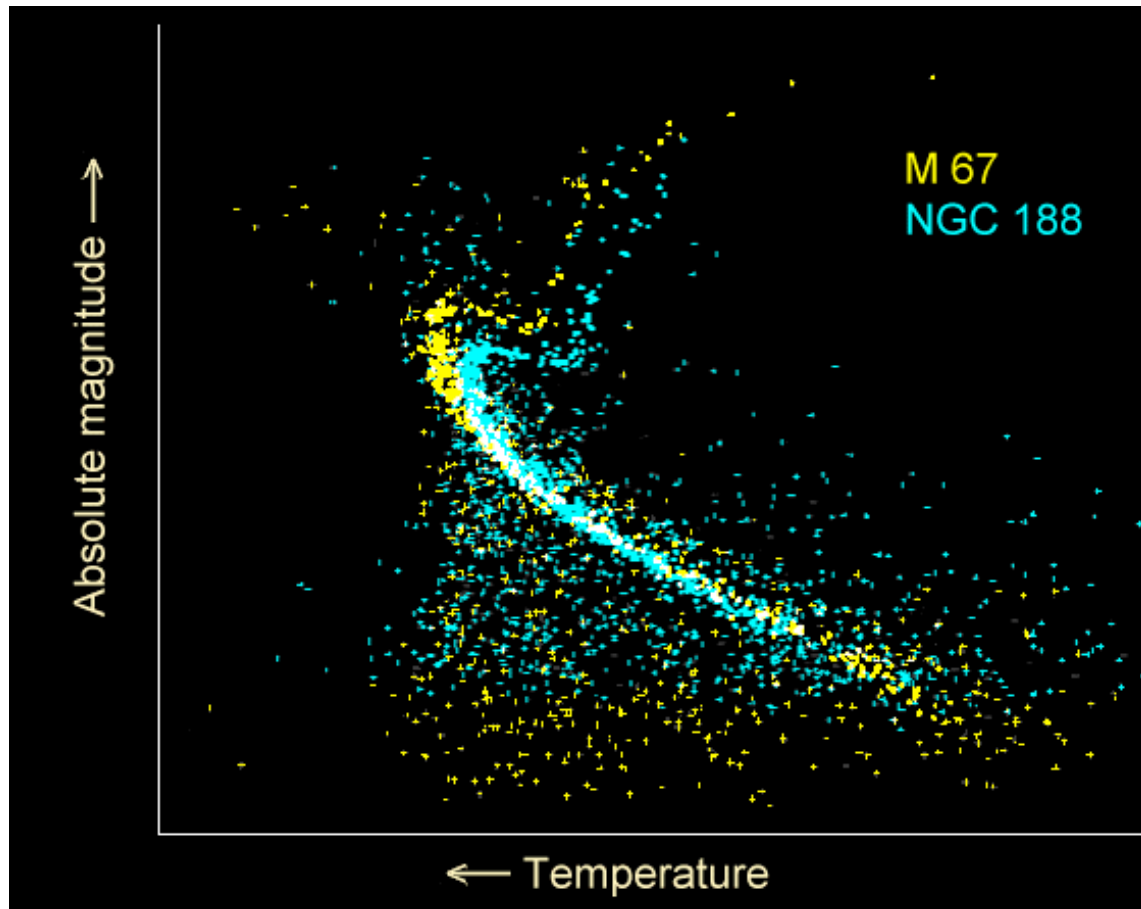
3. a) Die V-Magnituden zweier Sterne sind beide 7.5, aber ihre B-Magnituden sind  $B_1=7.2$  und  $B_2=8.7$ . Was ist der Farbindex der beiden Sterne? Welcher ist "blauer" und um welchen Faktor ist er heller im blauen Wellenlängenbereich?

b) Die scheinbare Helligkeit eines veränderlichen Sterns vom Typ RR Lyrae schwankt zwischen 7.1 und 7.8. Wieviel heller ist der Stern im Maximum als im Minimum?

4. Im unten gegebenen HR Diagramm sind die Vierecke die 26 hellsten Sterne am Himmel und die Kreise die 26 der Sonne am nächsten liegenden Sterne. Was kann man daraus über die beiden Sterngruppen sagen (dh über ihre Masse, Leuchtkraft, Temperatur)? M-Sterne leben über 30 Milliarden Jahre, O-Sterne dagegen nur bis 5 Millionen Jahre. Macht die Anzahl der aufgetragenen Sterne der jeweiligen Spektralklassen Sinn?



5. Die verschiedenen Regionen des HR Diagramms kennzeichnen verschiedene Entwicklungsstadien von Sternen (beginnend mit der Hauptreihe, dann Rote Riesen, Blaue Riesen und Weiße Zwerge). Wie kann man auf dieser Grundlage aus dem gegebenen HR Diagramm zweier offenen Sternhaufen deren Alter abschätzen?



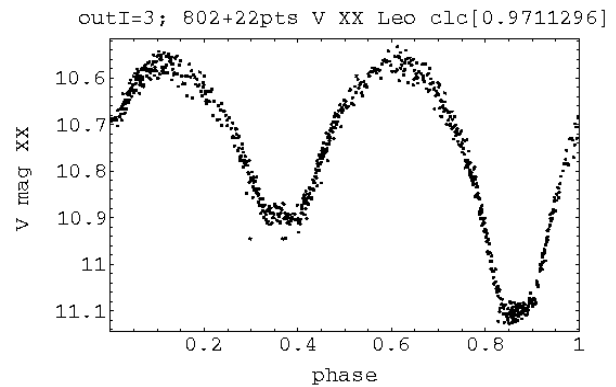
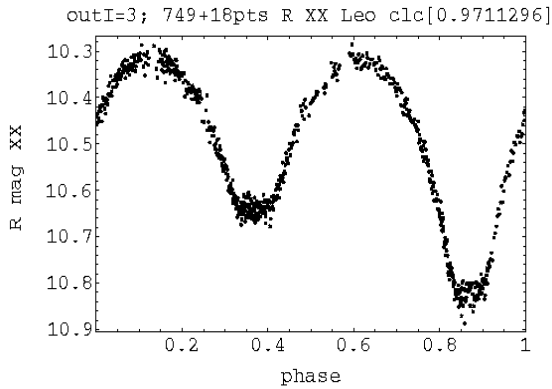
6. Sirius ist ein astrometrisches Doppelsternsystem. Der sichtbare Stern ist Sirius A, Sirius B ist ein weißer Zwerg. Sirius B braucht 49.94 Jahre für eine Umlauf um Sirius A. Sirius A hat eine Parallaxe von  $0.377''$ , der größte Winkelabstand zwischen den beiden ist  $\theta = 7.47''$ . Angenommen die Umlaufbahn hat eine Neigung von  $i = 90^\circ$ ,

a) was ist die Länge der großen Halbachse  $l$ , und was ist die Gesamtmasse des Systems?

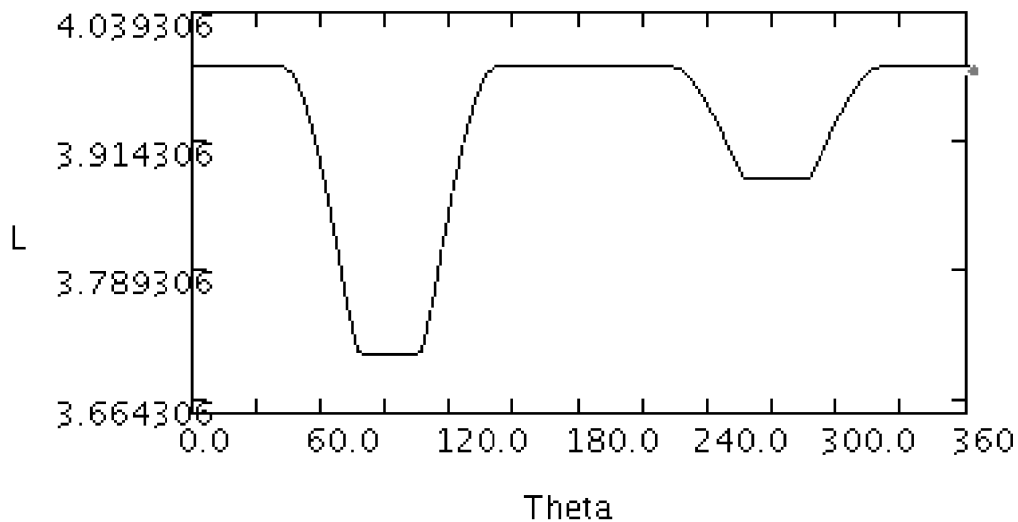
b) Aus der Massen-Leuchtkraft-Beziehung wurde die Masse von Sirius A zu  $\log(M/M_\odot) = 0.45$  bestimmt ( $M_\odot$  = Masse der Sonne). Was ist die Masse von Sirius B?

7. a) Was ist die Bahnneigung eines visuellen Doppelsternsystems, wenn man bei spektroskopischen Untersuchungen keine Hinweise auf ein Doppelsternsystem findet?

b) Bestimmen Sie aus den gegebenen Lichtkurven von XX Leo, welcher der kühlere Stern ist. Was kann man über die Umlaufbahn sagen?



8. Gegeben ist die Lichtkurve eines Bedeckungsveränderlichen. Eine volle Periode des Systems entspreche 20 Tage. Die Maximalhelligkeit sei  $m = 5.0$ , der maximale Abstand der beiden Sterne sei  $0.25 \text{ AE}$ . Bestimmen Sie:



- die Gesamtmasse des Systems
- die Radien der beiden Komponenten
- die Helligkeit der beiden Komponenten