

Übungsblatt 2.2

(Ausgabe 24.04.2015, Abgabe 06.05.2015)

1. Aufgabe Schwarzkörper (50 Punkte)

Der Schwarzkörper (siehe Kapitel IV!) mag wie ein künstliches Konstrukt wirken, gehört aber zu den fundamentalsten und hilfreichsten Konzepten der Physik. In “nullter” Näherung geht man oft davon aus, dass Sterne wie Schwarzkörper strahlen.

- a) Das Plancksche Strahlungsgesetz lautet:

$$B_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \left[\exp\left(\frac{hc/\lambda}{kT}\right) - 1 \right]^{-1}. \quad (1)$$

- Wie lautet die spezifische Intensität I_λ : (1) innerhalb eines Schwarzkörpers? (2) außerhalb des Schwarzkörpers (abhängig von der Ausbreitungsrichtung)? Nehmen Sie an, der Raum außerhalb des Schwarzkörpers sei leer. (4 Punkte)
- b) Wie lautet der spezifische Fluss F_λ : (1) innerhalb des Schwarzkörpers? (2) senkrecht zur Oberfläche des Schwarzkörpers? (6 Punkte)
- c) Drücken Sie den Gesamtfluss F senkrecht zur Oberfläche des Schwarzkörpers mittels T aus. (3 Punkte)
- d) Wie ist die effektive Temperatur eines Sterns definiert? (3 Punkte)
- e) Erklären Sie den prinzipiellen Weg (ohne die Rechnung im Detail auszuführen), wie das Wiensche Verschiebungsgesetz hergeleitet wird. Wie lautet dieses Gesetz? (Zahlenwert der Konstanten ist egal.) (6 Punkte)
- f) Jupiter hat die Effektivtemperatur $T_{\text{J}} \sim 110 \text{ K}$. Bei welcher Wellenlänge liegt sein Strahlungsmaximum unter der Annahme, er strahle wie ein Schwarzkörper? Welcher Spektralbereich ist das? (8 Punkte)
- Hinweis:* Für die geforderte Schätzung nutzen Sie, dass das Maximum von B_λ im Fall der Sonne ($T_\odot \sim 6000 \text{ K}$) bei $\sim 5000 \text{ \AA}$ liegt.
- g) Berechnen Sie das Verhältnis der Leuchtkräfte von Jupiter und der Sonne, $L_\odot/L_{\text{J}}$.
Hinweis: Benutzen Sie das Verhältnis der Radien von Jupiter und der Sonne: $R_{\text{J}}/R_\odot \simeq 1/10$. Vernachlässigen Sie jeglichen Beitrag anderer Objekte unseres Sonnensystems. (8 Punkte)
- h) Eine weit entfernte Planetenforscherin beobachtet unser Sonnensystem vor und während einer vollen Bedeckung von Jupiter durch der Sonne (relativ zu ihrer Sichtlinie). Was wäre die von ihr gemessene Magnitudendifferenz Δm_{λ_0} bei der Wellenlänge $\lambda_0 = 30 \mu\text{m}$? Warum hat sich Ihrer Meinung nach die Alien-Lady diese Wellenlänge ausgesucht? (12 Punkte)

2. Aufgabe Doppelsterne (50 Punkte + 10 Zusatz)

Die Sterne η_1 und η_2 sind die zwei Komponenten eines *bedeckungsveränderlichen SB2-Doppelsterns*. Es wurde eine Lichtkurve des Sterns aufgenommen, die die scheinbare visuelle Helligkeit m_V als Funktion der Zeit angibt. (Abb. 1, oberes Diagramm). Die gemessene Umlaufzeit U beträgt fünf Monate. Es wurden ferner mithilfe einer Spektrallinie bei $\lambda = 6793 \text{ \AA}$ die Dopplerverschiebungen beider Komponenten als Funktion der Zeit aufgenommen und in einem Diagramm zusammengefasst (siehe Abb. 1, unteres Diagramm).

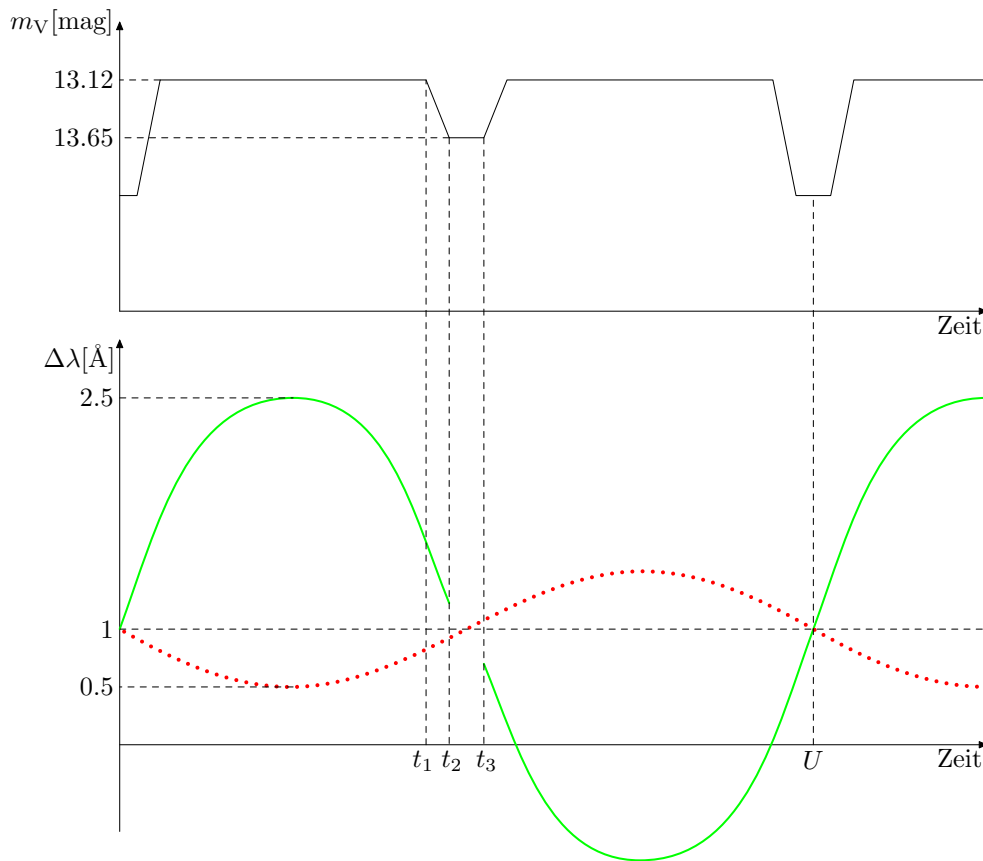


Abbildung 1: Oben: Lichtkurve des Doppelsternes: Aufgetragen ist die scheinbare visuelle Helligkeit als Funktion der Zeit. Unten: Dopplerverschiebung einer Spektrallinie bei $\lambda = 6793 \text{ \AA}$ für beide Komponenten.

- Überlegen Sie zunächst qualitativ: Welche Komponente ist massereicher? Was ist die Ursache dafür, dass das Spektrum der Komponente η_2 im Zeitintervall $[t_2, t_3]$ nicht beobachtbar ist? Was beschreiben die zwei angegebenen Helligkeiten? Wie groß ist der Inklinationswinkel i der Normalen der Bahnebene (mit sehr guter Genauigkeit)? (6 Punkte)
- Ab jetzt dürfen Sie rechnen: Wie groß ist die Radialgeschwindigkeit des Schwerpunktes *relativ zur Erde*, γ ? Wie groß sind die Radialgeschwindigkeit-Halbamplituden K_1 und K_2 ? Geben Sie die Geschwindigkeiten jeweils in km/s an. (8 Punkte)
- Angenommen, die absoluten Bahnen der Komponenten seien kreisförmig (d.h. $\epsilon = 0$), wie groß sind dann jeweils die Bahnradien a_1 und a_2 der beiden Komponenten in AU? (8 Punkte)
- Wie groß sind die Massen M_1 und M_2 der beiden Komponenten in $M_\odot$? (8 Punkte)
- Sie messen: $t_2 - t_1 = 13 \text{ h}$. Wie groß ist folglich der Sternradius von η_2 in $R_\odot$? (5 Punkte)
- Sie haben ferner festgestellt: $t_3 - t_2 = 26 \text{ h}$. Wie groß ist der Sternradius von η_1 in $R_\odot$? (5 Punkte)
- Zusatz:** Wie groß ist das Verhältnis der emergenten Flüsse beider Komponenten im Visuellen, $F_{V,\eta_1}/F_{V,\eta_2}$? Verwenden Sie hierfür die angegebenen Magnituden im Diagramm 1. (10 Punkte)