

Übungsblatt 7

(Ausgabe 15.01.2015, Abgabe 26.01.2015)

1. Aufgabe *Hintergrundstrahlung* (2 Punkte)

Das Universum ist gefüllt mit der sogenannten „kosmischen Hintergrundstrahlung“, einem Überbleibsel aus der Frühzeit des Kosmos. Die derzeitige Verteilung der Hintergrundstrahlung entspricht einer Schwarzkörperstrahlung mit $T = 2.7\text{ K}$. Bei welcher Wellenlänge liegt das Maximum dieser Strahlung? In welchem Bereich des elektromagnetischen Spektrums liegt dieses Maximum? Wie groß ist der bolometrische Fluss \mathfrak{F} der Strahlung?

2. Aufgabe *Helligkeiten* (2 Punkte)

- (a) Die Gesamthelligkeit eines Dreifach-Sternsystems beträgt 0.0 mag. Zwei der gebundenen Sterne haben Helligkeiten von 1.0 mag bzw. 2.0 mag. Wie groß ist die Helligkeit des dritten Objekts?
- (b) Ein Stern mit einer absoluten Helligkeit von $M_V = 5\text{ mag}$ explodiert in der Andromeda-Galaxie (Entfernung 690 kpc) als Supernova und wird milliardenfach heller. Wie groß wird die scheinbare V-Helligkeit? Wird die Supernova heller als Wega?

3. Aufgabe *Rötung* (5 Punkte)

Das Licht astronomischer Objekte wird durch Staub im Interstellaren Medium (ISM) gestreut und absorbiert. Die scheinbare visuelle Helligkeit (V , in der Vorlesung als m_V definiert) wird dann zu

$$V = M_V + DM + A_V. \quad (1)$$

Dabei ist M_V die absolute Helligkeit des betrachteten Objekts im Visuellen, $DM = 5 \lg \frac{d}{10 \text{ pc}}$ das Distanzmodul und A_V die Extinktion im V-Band. Eine analoge Gleichung lässt sich für das blaue B-Band aufstellen.

Der beobachtete Farbindex eines Sterns ist dann

$$B - V = M_B - M_V + A_B - A_V. \quad (2)$$

$(B - V)_0 = M_B - M_V$ beschreibt die intrinsische Farbe des Sterns, und der Farbexzess $E_{B-V} = A_B - A_V$ entspricht der „Rötung“ durch das ISM. Beobachtungen zeigen, dass die visuelle Extinktion näherungsweise proportional zum Farbexzess ist: $A_V \approx 3.1 E_{B-V}$.

- (a) Bestimmen Sie für einen Stern mit $V = 15.1\text{ mag}$, $B - V = 1.6\text{ mag}$, $M_V = 1.3\text{ mag}$ und $A_V = 2.1\text{ mag}$ die intrinsische Farbe und die Entfernung. (1 Punkt)
- (b) Der Quintuplet-Sternhaufen und der Arches-Sternhaufen liegen beide im galaktischen Zentrum ($d = 8\text{ kpc}$). Die Extinktion im infraroten K-Band wird für den Arches-Sternhaufen als $A_K = 2.8\text{ mag}$ und für den Quintuplet-Sternhaufen als $A_K = 3.3\text{ mag}$ gemessen. Es gilt etwa $A_V = 8.9 A_K$. Recherchieren Sie eine

typische absolute visuelle Helligkeit eines O-Sternes und die Detektionsgrenzen (limiting magnitude) im V-Band der Spektrographen FORS1 oder FORS2 der ESO in Chile. Ist ein O-Stern im galaktischen Zentrum im Visuellen beobachtbar? (4 Punkte)

4. Aufgabe *Linienabsorption* (3 Punkte + 3 Zusatzpunkte)

Gegeben sei ein mit Gas befülltes Absorptionsrohr der Länge L . Der Absorptionskoeffizient dieses Gases besitze bei der Frequenz ν_0 eine nur Doppler-verbreiterte Spektrallinie, d.h. $\kappa(\nu) = \frac{\kappa_0}{\Delta\nu_D\sqrt{\pi}} \exp(-(\frac{\nu-\nu_0}{\Delta\nu_D})^2)$. An einem Ende des Rohres wird nun weißes Licht der Intensität I_ν^0 eingestrahlt.

- (a) Welche optische Tiefe $\tau = \tau_0$ hat die Linienmitte? (1 Punkt)
- (b) Welches Spektrum $I_\nu(\nu)$ tritt am anderen Ende aus? (2 Punkte)
- (c) Zusatzaufgabe: Vereinfachen Sie dieses Ergebnis für den Fall $\tau \ll 1$. (+1 Zusatzpunkt)
- (d) Zusatzaufgabe: Plotten oder zeichnen Sie den Verlauf von $I_\nu(\nu)/I_\nu^0$ über $\nu - \nu_0$ (in Einheiten von $\Delta\nu_D$) für verschiedene $\tau_0 = 0.1, 0.5, 1, 2, 5, 10, 100, 1000$. (+2 Zusatzpunkte)

5. Zusatzaufgabe *Formales Integral* (2 Punkte)

Berechnen Sie für eine planparallele Atmosphäre mit konstanter Quellfunktion $S = 1/2$ und der optischen Dicke τ_{\max} die emergente Intensität $I^+(\tau = 0, \mu)$. Dabei sei die Einstrahlung am inneren Rand durch $I^+(\tau_{\max}, \mu) = 1$ (für alle $\mu > 0$) gegeben.