

5. Übungsblatt zur Vorlesung SMKS-1 (WS 25/26)

Seidel/Kühnemuth

Abgabe bis Sonntag 23.11.2025, 24:00 Uhr
Besprechung: Dienstag, 25.11.2025

Wiederholungsfragen

- 5.1) Wie kommt es zur Dopplerverbreiterung? Welche Linienprofile können unter welchen Randbedingungen experimentell beobachtet werden?
- 5.2) Wo macht man sich die Druckverbreiterung von Spektrallinien technisch zu Nutze?
- 5.3) Wodurch ist die kinetische Energie der Rotation klassisch gegeben?
- 5.4) Welche Formel beschreibt die Energiedifferenz eines starren zweiatomigen Moleküls? Welche Auswahlregel gilt für die MW-Absorption?

Aufgabe 20: Dopplerverbreiterung

Ein Astronom spektroskopiert das Licht eines Sterns. In seinem Spektrum liegt die H_α-Linie des Wasserstoffatoms bei einer Wellenlänge von 656,61 nm. Die H_α-Linie weist auf der Erde eine Wellenlänge von 656,28 nm auf. Wie schnell bewegt sich der Stern relativ zur Erde? Die Linie weist eine Breite von $\Delta\tilde{\nu} = 0,8 \text{ cm}^{-1}$ auf. Wir nehmen an, dass diese Breite allein durch den Dopplereffekt verursacht wird. Welche Temperatur hat das Gas?

Aufgabe 21: Doppler-Verbreiterung (Herleitung der Gleichung)

Leiten Sie aus der Beziehung (21.1) für die Dopplerverschiebung der Frequenz den Ausdruck (21.2) her, der die Dopplerverbreiterung von Absorptionslinien aufgrund thermischer Bewegung der absorbierenden Moleküle beschreibt. Hinweis: Nutzen Sie die eindimensionale Maxwell-Boltzmann-Verteilung für die Geschwindigkeit.

$$\nu_B = \nu_0 \left(1 \pm \frac{|\mathbf{v}|}{c} \right) \quad (21.1)$$

$$\Delta\nu = \frac{\nu_0}{c} \sqrt{\frac{8k_B T \ln 2}{m}} \quad (21.2)$$

Aufgabe 22: Rotationsspektroskopie des HI (Energien der Niveaus)

Wie lauten die Energien der ersten vier Rotationsniveaus eines HI-Moleküls, das frei in drei Dimensionen rotieren kann (Angabe in J, s⁻¹ und cm⁻¹)? Verwenden Sie für das Trägheitsmoment $I = \mu R^2$ mit $\mu = m_H m_I / (m_H + m_I)$ und $R = 160 \text{ pm}$.