

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

#### Seidel/Kühnemuth

Abgabe bis Sonntag 9.11.2025, 24:00 Uhr  
Besprechung: Dienstag, 11.11.2025

#### Wiederholungsfragen

- 3.1) Beschreiben Sie den Ramaneffekt. Welche molekularen Prozesse können dadurch beeinflusst werden?
- 3.2) Welche Einheit hat die Oszillatorenstärke und warum?
- 3.3) Welche Effekte können die Breite eines elektronischen Übergangs beeinflussen?
- 3.4) Wie ist der Zusammenhang zwischen Dämpfung und Linienbreite?
- 3.5) Wie entstehen Schwebungen?

#### Aufgabe 12

Der optische Tisch in unserem Laserlabor hat eine Eigenfrequenz von 2 Hz. Die Dämpfungskonstante beträgt  $2 \text{ s}^{-1}$ . Welchen Wert nimmt die Übertragungsfunktion bei einer Frequenz von 50 Hz an?

#### Aufgabe 13: Oszillatorstärke

Die Absorptionsbande eines Farbstoffes habe ein Maximum bei 420 nm und eine Breite von 70 nm (FWHM). Die Form kann mit einer Gauß-Funktion angenähert werden. Der Absorptionskoeffizient  $\varepsilon$  betrage am Maximum  $21000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ . Berechnen Sie die Oszillatorstärke  $f$ , das Übergangsdipolmoment  $\mu_{if}$  und die strahlende Ratenkonstante  $k_r$  des Übergangs, der diese Bande verursacht. Der Ausdruck für die strahlende Ratenkonstante  $k_r$  lautet:

$$k_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2}{h/2\pi} \cdot \left(\frac{\omega_{\max}}{c}\right)^3 \cdot |\mu_{if}|^2$$

#### Aufgabe 14: Fourier-Spektroskopie

In dieser Aufgabe sollen Sie die Gleichungen herleiten, mit deren Hilfe man das Michelson-Interferometer für einfallendes Licht einer einzigen Frequenz erklären kann.

a) Zeigen Sie, dass der Ausdruck

$$A(t) = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \left(1 + e^{i\delta(t)}\right) e^{i(ky_D - \omega t)}$$

die Summe zweier Wellen der Form

$$A(t) = \frac{A_0}{\sqrt{2}} e^{i(kx - \omega t)}$$

ist und eine der beiden Wellen am Ort  $y_D$  um  $\delta(t)$  phasenverschoben

ist.

b) Zeigen Sie mit Hilfe der Definition  $I(t) = A(t)A^*(t)$ , dass

$$I(t) = \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos \delta(t)\right).$$

c) Drücken Sie  $\delta(t)$  durch die Wegdifferenz  $\Delta d(t)$  aus und erläutern Sie, dass

$$I(t) = \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos \frac{2\pi \Delta d(t)}{\lambda}\right).$$

**d)** Schreiben Sie  $\Delta d(t)$  als Funktion der Geschwindigkeit v des Spiegels und zeigen Sie, dass

$$I(t) = \frac{I_0}{2} \left( 1 + \cos \frac{2v}{c} \omega t \right).$$

**Aufgabe 15: Einstein-Koeffizienten (I)**

Berechnen Sie das Verhältnis A/B der Einsteinkoeffizienten der spontanen und der induzierten Emission relativ zu seinem Wert für Röntgenstrahlen der Wellenlänge 70.8 pm für folgende Frequenzen:

- a)** sichtbares Licht der Wellenlänge 500 nm,
- b)** Infrarotstrahlung der Wellenzahl  $3000 \text{ cm}^{-1}$ ,
- c)** Mikrowellenstrahlung der Wellenlänge 3 cm und
- d)** Radiowellen mit einer Frequenz von 500 MHz.

Hinweis:  $\frac{A}{B} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3}$

**Bitte kommentieren Sie abschließend aus dem berechneten Verhalten die Konsequenzen für die Lebensdauern der angeregten Zustände.**