

Besprechung am 4.11.2016

Übungsblatt 2

Aufgabe 1 – Lambert, Beer und Planck

- a) Eine Farbstofflösung in einer 0,5 cm-Küvette lässt 60 % des eingestrahlten Lichts mit einer Wellenlänge von 500 nm durch. Der Farbstoff in Lösung besitzt einen Extinktionskoeffizienten von $240\,000\text{ cm}^{-1}\text{ M}^{-1}$. Geben Sie die Absorbanz und die Konzentration der Lösung an.

- b) Das Planck'sche Strahlungsgesetz lautet in seiner allgemeinen Form:

$$\rho(\nu) d\nu = \frac{8 \cdot \pi \cdot h \cdot \nu^3}{c^3} \left(e^{\frac{h \cdot \nu}{k \cdot T}} - 1 \right)^{-1} d\nu$$

Formen Sie das Gesetz so um, dass es von der Wellenlänge λ abhängt (und nicht mehr von der Frequenz ν).

Finden Sie eine geeignete Näherung des Strahlungsgesetzes für sehr große Wellenlängen.

Aufgabe 2 – Einstein-Koeffizienten

Ein nichtentartetes Zweizustandssystem befindet sich im thermischen Gleichgewicht mit einem Strahlungsfeld der spektralen Energiedichte $\rho(\nu)$. Die Übergangsraten für die Absorption, spontane Emission und stimulierte Emission können hierbei mit Hilfe der Einstein-Koeffizienten ausgedrückt werden.

- a) Welche Einheiten haben die Einstein-Koeffizienten B , B' und A ? Durch welche Größe lässt sich A ersetzen?
- b) Leiten Sie eine Formel für das Verhältnis der Einstein-Koeffizienten für spontane und stimulierte Emission $\frac{A}{B'}$ im thermischen Gleichgewicht her.
Hinweis: Nehmen Sie das Planck'sche Strahlungsgesetz aus Aufgabe 1 b) zu Hilfe.
- c) Berechnen Sie $\frac{A}{B'}$ für die im Mikrowellenherd verwendeten Mikrowellen ($\nu = 2,45\text{ GHz}$), für sichtbares Licht ($\lambda = 0,5\text{ }\mu\text{m}$) und für Röntgenstrahlen ($E_{\text{Photon}} = 10\text{ keV}$).
- d) Beim Laser wird die stimulierte Emission zur Verstärkung von Lichtfeldern benutzt. Dazu muss eine sogenannte Besetzungsinversion $N_1 \gg N_0$ vorherrschen. Kann die Besetzungsinversion in dem in dieser Aufgabe beschriebenen System realisiert werden? Begründen Sie.

Besprechung am 4.11.2016

Aufgabe 3 – Linienbreiten

a) **Natürliche Linienbreite:**

Schätzen Sie die Lebensdauer von zwei Zuständen ab, die Spektrallinien mit den Halbwertsbreiten i) $\Delta\nu = 0,2 \text{ cm}^{-1}$ und ii) $\Delta\nu = 130 \text{ MHz}$ besitzen.

b) **Doppler-Verbreiterung:**

Im Inneren einer Na-Dampflampe herrscht eine Temperatur von ca. 500 K. Berechnen Sie die Dopplerbreite der Na-D-Linie des Überganges $3 P_{1/2} \rightarrow 3 S_{1/2}$ im Na-Atom ($\lambda = 589,1 \text{ nm}$). Um wie viele Größenordnungen unterscheidet sich die Dopplerverbreiterung von der natürlichen Linienbreite im Fall der Na-D-Linie ($\tau = 16 \text{ ns}$)? Welches Intensitätsprofil besitzt die dopplerverbreiterte Spektrallinie?