

**Blatt 7**

---

**Aufgabe 1:** Linienbreiten (4 Punkte)

- a) Zeigen Sie, daß eine emittierte Spektrallinie bei reiner Stoßdämpfung Lorentz-Form hat. Nehmen Sie dabei an, dass das Atom zunächst ungestört strahlt und durch Stöße mit anderen Teilchen (Atom, Ion, Wand, ...) den Strahlungsvorgang abrupt abbricht. Die Stöße erfolgen statisch, d.h. die Wahrscheinlichkeit  $P(t)dt$  dafür, einen einzigen Stoß im Zeitintervall  $[t, t + dt]$  zu finden, ist durch die Exponential-Verteilung

$$P(t) = \gamma e^{-\gamma t}$$

gegeben, wobei  $\gamma$  die Stoßrate symbolisiert.

- b) Die Breite einer Absorptionslinie kann durch die Wechselwirkungszeit des Atoms mit der Lichtwelle begrenzt sein. Wie groß müßte die Wechselwirkungszeit mindestens sein, wenn man bei dem Ca-Übergang  $^1S_0 \rightarrow ^3P_1$  ( $\lambda = 657.46$  nm) mit einer Lebensdauer  $\tau = 0.39$  ms des oberen Niveaus eine Linienbreite von 3 kHz erreichen will? Wie lang müßte dann die Wechselwirkungszone in einem Ca-Atomstrahl sein, wenn die Ofentemperatur  $T = 900$  K ist?

**Aufgabe 2:** Lebensdauer (5 Punkte)

Wasserstoffatome wurden von  $1s$  in den  $3p$ -Zustand versetzt, wobei angenommen werden soll, dass die Zustände zu unterschiedlichen magnetischen Quantenzahlen gleich besetzt sind. Während der spontanen Emission kann das System über elektromagnetische Dipolwechselwirkung sowohl in den  $2s$ - als auch in den  $1s$ -Zustand übergehen und ein Photon aussenden. Wie groß ist die mittlere Lebensdauer im angeregten Niveau? Wie groß sind die Oszillatorstärken dieser Übergänge? Was bedeutet das? Die Oszillatorstärke ist definiert als  $f_{if} = \frac{2m_e}{3\hbar} \omega_{if} |\langle r \rangle_{if}|^2$ . Wie groß ist der Einsteinkoeffizient dieser spontanen Emission?

(Hinweis: Es ist über alle charakteristischen Zustände (magnetische Quantenzahl) zu mitteln, da ein Zustandgemisch vorliegt, d.h. die Lebensdauer im Zustand  $b$ , der in Zustand  $k$  zerfallen

kann, ist  $\tau_p^{-1} = \sum_k \omega_{kb}$  speziell  $\tau_p^{-1} = \frac{1}{2l+1} \sum_{m=-l}^l \tau_{bm}^{-1}$  )

**Aufgabe 3:** (2 Punkte)

- a) Warum ist es ein viel größeres Problem, einen Röntgenlaser zu bauen als einen Infrarotlaser?
- b) Warum sind im allgemeinen Gaslaser länger als Festkörperlaser?