

**Blatt 8**(Ausgabe am 14.12., Besprechung am 18.12./20.12.)

---

Aufgaben 31-32 dienen zur Ergänzung des Vorlesungsstoffs. Sie sind mit Hilfe des Skripts lösbar.

**Aufgabe 31:** Lebensdauer im Wasserstoffatom

Das Elektron im Wasserstoffatom befinde sich im 2p-Zustand, die magnetische Quantenzahl  $m$  sei nicht festgelegt. Das System kann in den 1s-Zustand über spontane Emission zerfallen und dabei ein Photon aussenden.

- Was sind die möglichen Quantenzahlen  $n, l, m$  des Ausgangszustands (2p-Zustand) und des Endzustands (1s-Zustand)?
- Berechnen Sie die mittlere Lebensdauer  $\tau$  des Elektrons im 2p-Zustand ohne äußere Einflüsse, d.h. es kann nur spontane Emission stattfinden. Verwenden Sie die Dipolnäherung.

Hinweise zu b):

Beachten Sie hierbei, dass der Ausgangszustand entartet ist! Mitteln Sie über die möglichen Ausgangszustände.

Ergebnis:  $\tau = 1,6$  ns

**Aufgabe 32:** Lebensdauer und Oszillatorstärke im H-Atom

Die Spektrallinie zum Übergang  $2p \rightarrow 1s$  im H-Atom hat eine über die magnetische Quantenzahl  $m$  gemittelte Oszillatorstärke von  $\bar{f}_{1s,2p} = -0,139$ . Bestimmen Sie nun mit Hilfe dieser Angabe die mittlere Lebensdauer  $\tau$  des 2p-Zustands und die natürliche Linienbreite der Spektrallinie in Wellenzahlen ( $\text{cm}^{-1}$ ). Verwenden Sie die Dipolnäherung und vernachlässigen Sie Feinstruktureffekte.

**Aufgabe 33:** Lebensdauer und Linienbreite im H-Atom

- Die  $H_\alpha$ -Linie (optischer Übergang vom 3p- in den metastabilen 2s-Zustand) der im sichtbaren Spektralbereich liegenden Balmer-Serie des Wasserstoffatoms hat eine natürliche Linienbreite von  $\Delta\nu = 30$  MHz. Berechnen Sie die mittlere Lebensdauer  $\tau$  des angeregten 3p-Zustands. Wie groß ist das Verhältnis  $\Delta\nu/\nu$  für die  $H_\alpha$ -Linie?
- Berechnen Sie die Energie, die bei Emission des Photons in Folge des Rückstoßimpulses auf das Wasserstoffatom (Atommasse  $m_H = 1,674 \times 10^{-27}$  kg) übertragen wird (nicht-relativistische Rechnung).
- Der 3s-Zustand hat eine mittlere Lebensdauer von  $\tau = 160$  ns und der 2p-Zustand von  $\tau = 1,6$  ns. Wie groß ist die natürliche Linienbreite des Übergangs  $3s \rightarrow 2p$  (in MHz), der die gleiche Übergangsfrequenz wie die  $H_\alpha$ -Linie hat (ohne Berücksichtigung der Feinstruktur), also an der gleichen Position im Spektrum erscheinen würde?