

Aufgabe 43 (schriftlich): Zeeman-Effekt

(9 Punkte)

Berechnen Sie die Aufspaltung der Balmer- α Linie von Wasserstoff im Übergang $2s^2S_{1/2} \rightarrow 3p^2P_{3/2}$ im Magnetfeld.

Benutzen Sie die Ausdrücke für die Energieverschiebung von HFS-Niveaus für $l = 0$ und für $l > 0$.

Geben Sie die HFS-Aufspaltung der Zustände und der Spektrallinien

- a) ohne Magnetfeld
- a) für eine Magnetfeldstärke von $B = 1$ Tesla an. Vernachlässigen Sie dabei den Beitrag des Kern-Zeeman-Effektes zum g_j -Faktor.

Aufgabe 44 (schriftlich): Unschärferelation

(4 Bonus Punkte)

Betrachten Sie die beiden Operatoren x^2 und L_z .

- a) Formulieren Sie die Unschärferelation für $(\Delta x^2)(\Delta L_z)$.
- b) Berechnen Sie ΔL_z für einen beliebigen Wasserstoffzustand $|\psi_{nlm}\rangle$.
- c) Was können Sie über den Erwartungswert $\langle xy \rangle$ in diesem Zustand schlussfolgern?

Aufgabe 45 (schriftlich): Energie-Zeit-Unschärfe

(4 Bonus Punkte)

Gegeben sei ein Zustand $|\psi\rangle$ eines Systems mit Energieunschärfe ΔE und eine nicht explizit zeitabhängige Observable A , deren Erwartungswert $\langle A \rangle$ und Unschärfe ΔA betragen. Zeigen Sie, dass die folgende Ungleichung gilt:

$$(\Delta A)(\Delta E) \geq \frac{\hbar}{2} \left| \frac{d\langle A \rangle}{dt} \right|.$$

Zeigen Sie, dass hieraus die Energie-Zeit-Unschärfe folgt, falls die Zeit Δt , in der sich $\langle A \rangle$ um ΔA ändert, definiert ist durch

$$\Delta t = \frac{\Delta A}{\left| \frac{d\langle A \rangle}{dt} \right|}.$$

Hinweis: Verwenden Sie das Ehrenfest-Theorem.