

Theoretische Physik E — Quantenmechanik II

V: Prof. Dr. D. Zeppenfeld, Ü: PD Dr. S. Gieseke

Übungsblatt 4

Abgabe: Fr, 29.11.'19, 11:30 Uhr, Besprechung: Di, 3.12.'19

Aufgabe 13: Quadratischer Zeeman-Effekt

[12]

Der quadratische Term

$$H_Q = \frac{e^2 \vec{A}^2}{2m_e} = \frac{e^2 B^2}{8m_e} (x^2 + y^2)$$

im Hamilton-Operator des Eielektronenatoms im homogenen Magnetfeld $\vec{B} = B\hat{z}$ wird häufig vernachlässigt. Berechnen Sie die Energiekorrektur durch H_Q für ein Wasserstoffatom im Grundzustand, $\langle \vec{x} | 0 \rangle = (\pi a_0^3)^{-1/2} \exp(-r/a_0)$. Die Energiekorrektur des Zeeman-Effekts ist proportional zu $E_Z = e\hbar B / (2m_e)$. Zeigen Sie, dass der quadratische Zeeman-Effekt gegenüber dem linearen um $E_Z / (1\text{Ry})$ unterdrückt ist.

Aufgabe 14: Zusammengesetztes Spin-System

[16]

Wir untersuchen ein System von zwei Spin- $\frac{1}{2}$ -Elektronen. Für $t < 0$ sei das System ungestört und wir setzen $H = 0$. Bei $t > 0$ gibt es zwischen den Elektronen eine Wechselwirkung

$$H = \frac{4\Delta}{\hbar^2} \vec{S}_1 \cdot \vec{S}_2.$$

Nehmen wir an, das System befinde sich für $t < 0$ im Zustand $|+-\rangle$. Wie gross sind die Wahrscheinlichkeiten, das System zu Zeiten $t > 0$ in den Zuständen $|++\rangle$, $|+-\rangle$, $| - + \rangle$ bzw. $| -- \rangle$ zu finden? Lösen Sie das Problem

(a) exakt.

(b) mit zeitabhängiger Störungsrechnung erster Ordnung.

Vergleichen Sie die Ergebnisse aus (a) und (b). Unter welchen Bedingungen stimmen sie gut überein? Falls nicht, warum nicht?

Aufgabe 15: Radialsymmetrisches System im E-Feld

[12]

Ein radialsymmetrisches System im Grundzustand ($1s$) wird in einem Plattenkondensator dem homogenen, zeitabhängigen elektrischen Feld

$$\vec{E} = E_0 \hat{z} e^{-t/\tau}$$

ausgesetzt, das bei $t = 0$ eingeschaltet wird.

(a) Wie groß ist jeweils die Wahrscheinlichkeit, das System für $t \gg \tau$ in einem der drei $2p$ -Zustände vorzufinden?

(b) Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit für einen Übergang in den $2s$ -Zustand?