

## Moderne Theoretische Physik II

Vorlesung: Prof. Dr. K. Melnikov – Übung: Dr. M. Jaquier, Dr. R. Rietkerk

### Übungsblatt 4 – Teil A

Ausgabe: 23.11.18 – Abgabe: 07.12.18 bis 11:00 Uhr – Besprechung: 11.12.18

#### Aufgabe 1: Linearer Stark-Effekt im Wasserstoffatom

2 Punkte

Im Wasserstoffatom kann es zu einem linearen Stark-Effekt kommen, weil es entartete Zustände gibt, welche ein nichtverschwindendes Matrixelement

$$\langle nlm | \vec{\mathcal{E}} \cdot \vec{d} | n'l'm' \rangle$$

für die Wechselwirkung zwischen dem Dipolmoment  $\vec{d}$  des Atoms und dem äusseren konstanten elektrischen Feld  $\vec{\mathcal{E}}$  haben. In diesem Argument wurde die Spin-Bahn-Kopplung des Elektrons vernachlässigt in der Annahme, dass die dadurch hervorgerufene Aufspaltung der Energieniveaus viel kleiner ist als die vom Elektrischen Feld verursachten Effekte.

- (a) 1 Punkt Geben Sie für  $n = 2$  an, welche Zustände  $|nlm\rangle$  in Abwesenheit einer Spin-Bahn-Kopplung durch die Störung  $\vec{\mathcal{E}} \cdot \vec{d}$  gemischt werden. Tun Sie das Gleiche für den Fall, in dem man eine Spin-Bahn-Kopplung hat und geben Sie an, inwiefern die Entartung der Zustände durch die Kopplung aufgehoben wird.
- (b) 1 Punkt Schätzen Sie die Stärke der externen elektrischen Felder ab, für die die Vernachlässigung der Spin-Bahn-Kopplung gerechtfertigt ist.

#### Aufgabe 2: Zeeman-Effekt und Hyperfeinstruktur

3 Punkte

Betrachten Sie ein Wasserstoffatom in einem externen konstanten Magnetfeld  $\vec{B}$ . Das Atom befinde sich im Grundzustand, wobei die Wechselwirkung zwischen den Spins des Elektrons und des Kerns eine Hyperfein-Aufspaltung des Energieniveaus um  $\Delta_1 - \Delta_0 = \Delta_{HF}$  verursacht. Fassen Sie diese Wechselwirkung sowie die Wechselwirkung zwischen dem Elektron und dem äusseren Magnetfeld als Störung auf und berechnen Sie die Energieverschiebung in erster Ordnung in Abhängigkeit von  $\Delta_{0,1}$  und  $\vec{B}$ . Betrachten Sie dabei sowohl den Fall von starken ( $\Delta_{HF} \ll \mu_B |B|$ ) und schwachen ( $\Delta_{HF} \gg \mu_B |B|$ ) externen Magnetfeldern.

*Hinweis* : Verwenden Sie Störungstheorie für entartete Zustände. Die Korrektur erster Ordnung für die Energie der entarteten Zustände ist dabei durch die Eigenwerte der Störung in der ungestörten Basis des entarteten Unterraums gegeben.