

# Experimentalphysik 5a

WS 13/14

Prof. Dr. Werner Heil

Blatt 10

---

<http://www.ag-heil.physik.uni-mainz.de>

Abgabetermin: 20.01.2014, 10:30

## Aufgabe 1 Zeeman-Effekt (6 Punkte)

Wenn ein Atom mit einem äußeren Magnetfeld  $\vec{B}$  wechselwirkt, muss man zwischen dem Fall eines schwachen Feldes und dem eines starken Feldes unterscheiden. Im Fall des schwachen Feldes ist die Kopplung des Spins sowie des orbitalen magnetischen Moments an das externe Magnetfeld deutlich schwächer als die Spin-Bahn-Kopplung. Hierbei handelt es sich um den Zeeman-Effekt.

- Betrachten Sie den Übergang zwischen dem  ${}^2S_{1/2}$  Niveau und den  ${}^2P_{1/2}$  und  ${}^2P_{3/2}$  Niveaus eines Alkaliatoms. Aufgrund der Spin-Bahn-Kopplung unterscheiden sich die Frequenzen dieser Übergänge um  $\Delta E_{ls}$ . Geben Sie quantitative Bedingungen für die Fälle eines schwachen und eines starken Feldes an.
- Für das  ${}^2P$ -Dublett im Natrium kann man  $\Delta E_{ls}$  experimentell zu  $17,2 \text{ cm}^{-1}$  bestimmen. Geben Sie eine Abschätzung für das Magnetfeld an, das das Elektron aufgrund seiner Bahnbewegung „sieht“.
- Skizzieren Sie die  ${}^2D_{3/2}$  und  ${}^2D_{5/2}$  Niveaus eines Alkaliatoms in einem Energiediagramm ohne Magnetfeld, in einem schwachen Magnetfeld und in einem starken Magnetfeld. Geben Sie die relevanten Quantenzahlen für jedes Niveau an. Verbinden Sie jedes Niveau im Fall eines starken Magnetfeldes mit dem Niveau, aus dem es im Fall eines schwachen Magnetfeldes hervorgeht. Verbinden Sie ebenfalls jedes Niveau im Fall eines schwachen Magnetfeldes mit dem entsprechenden Niveau im magnetfeldfreien Fall.  
(Beispiel: Das  ${}^2D$ ,  $m_L=1$ ,  $m_S=1/2$  Niveau im Fall eines starken Feldes entspricht dem  ${}^2D_{5/2}$ ,  $m_J=3/2$  Niveau im Fall eines schwachen Feldes, welches aus dem  ${}^2D_{5/2}$  Niveau im magnetfeldfreien Fall hervorgeht. Für den Fall des starken Magnetfeldes werden die Niveaus nach dem Schema  $m_L+2m_S$  angeordnet.)

## Aufgabe 2 Zeeman-Effekt im Grundzustand von Rubidium-87 (3 Punkte)

${}^{87}\text{Rb}$  besitzt einen Kernspin  $I=3/2$ . Man will den Effekt eines Magnetfeldes auf die Hyperfeinstruktur untersuchen. Gehen Sie bei allen Teilaufgaben davon aus, dass die Zeeman-Verschiebung der Energieniveaus klein gegenüber der Hyperfeinstrukturaufspaltung ist.

- Berechnen Sie den Landé  $g_F$ -Faktor für die beiden Hyperfeinzustände des Grundzustandes von  ${}^{87}\text{Rb}$ .
- Wie verschieben sich die magnetischen Unterzustände der Hyperfeinstruktur des Grundzustandes von  ${}^{87}\text{Rb}$ , wenn ein schwaches Magnetfeld angelegt wird? Zeichnen Sie dies wieder qualitativ in einem Energiediagramm auf. Welche maximale Magnetfeldstärke dürfen Sie anlegen, damit der Fall eines schwachen Feldes noch vorliegt.

## Aufgabe 3 Stark-Effekt (1 Punkt)

Beschreiben Sie in kurzen Sätzen den relevanten Unterschied zwischen dem linearen und dem quadratischen Starkeffekt.