

ÜBUNGSAUFGABEN IX

Abgabe am: 05.07.2023, 10:00 Uhr

Aufgabe 1: Zeeman-Spektroskopie in Wasserstoff (8 Punkte)

Es soll der Übergang $1^2S_{\frac{1}{2}} \rightarrow 2^2P_{\frac{3}{2}}$ von Wasserstoff in einem relativ schwachen Magnetfeld B_0 spektroskopisch analysiert werden. Die Hyperfeinstruktur soll dabei vernachlässigt werden.

- Bestimmen Sie die Landé Faktoren g_j der beteiligten Niveaus.
- In wie viele Linien spaltet der Übergang durch den Zeeman-Effekt auf? Ordnen sie diese Übergänge nach aufsteigender Energie.
- Wie stark muss das Magnetfeld B_0 mindestens sein, damit die Vernachlässigung der Hyperfeinstruktur gerechtfertigt ist?
- Berechnen Sie das minimale Magnetfeld, welches eine Zeeman Aufspaltung des Übergangs verursacht, die in einem Spektrometer mit 0.005nm Auflösung beobachtet werden kann.
Hinweis: der anomale Zeeman-Effekt muss hier nicht berücksichtigt werden.

Aufgabe 2: Natrium-Dampf (7 Punkte)

Das Absorptionsspektrum von Natrium-Dampf weist im gelben Spektralbereich zwei eng benachbarte Linien bei 589.0 nm (D_1) und 589.6 nm (D_2) auf, die den Übergängen nur des äußersten Elektrons aus dem Grundzustand $^2S_{1/2}$ in die Zustände $^2P_{1/2}$ und $^2P_{3/2}$ zugeordnet werden.

- Berechnen Sie die Stärke des für die Aufspaltung verantwortlichen „inneren“ Magnetfelds, das vom Elektron selbst erzeugt wird.
- Ein äußeres statisches Magnetfeld $B_0 = 1\text{T}$ wirke in z -Richtung auf die Na-Atome ein. Berechnen und skizzieren Sie die Aufspaltung der Zustände $^2S_{1/2}$, $^2P_{1/2}$ und $^2P_{3/2}$.
- Für die Absorption von Licht gelten für den Unterschied zwischen der Drehimpulsquantenzahl im Anfangs- und im Endzustand die Auswahlregeln $\Delta l = \pm 1$ und $\Delta m_j = 0, \pm 1$. Das heißt, es sind ausschließlich solche Übergänge erlaubt, die beide Gleichungen erfüllen. Berechnen Sie mittels (b) die Aufspaltung der Linien D_1 und D_2 im Spektrum inklusive ihrer Energieverschiebungen.

Aufgabe 3: Wechselwirkung zwischen magnetischen Momenten (5 Punkte)

Die Wechselwirkungsenergie E zwischen zwei magnetischen Momenten $\boldsymbol{\mu}_1$ und $\boldsymbol{\mu}_2$ beträgt

$$E = \frac{\mu_0}{4\pi} \left(\frac{\boldsymbol{\mu}_1 \boldsymbol{\mu}_2}{r^3} - 3 \frac{(\boldsymbol{\mu}_1 \mathbf{r})(\boldsymbol{\mu}_2 \mathbf{r})}{r^5} \right),$$

wobei \mathbf{r} der Radiusvektor von $\boldsymbol{\mu}_1$ nach $\boldsymbol{\mu}_2$ ist.

- Unter welchen Bedingungen ist, bei gegebenem \mathbf{r} , $E = 0$?
- Bei welcher Anordnung nimmt bei parallel stehenden Momenten E einen Extremwert an?
- Berechnen Sie im Fall (b) mit $r = 2\text{\AA}$ die Energie für Elektron-Elektron, Elektron-Proton und Proton-Proton-Wechselwirkung. Wie groß ist dabei jeweils das Magnetfeld am Ort von $\boldsymbol{\mu}_2$, das von $\boldsymbol{\mu}_1$ verursacht wird?