



Übungen zur Physik IV: Integrierter Kurs (Exp) Sommersemester 2023

Prof. Dr. Mikhail Fonin

Übungsblatt 11, Ausgabe: 03.07.2023, Abgabe: 10.07.2023
Besprechung in den Übungen am 12.07.2023

Aufgabe 1: Was der Zeeman-Effekt verraten kann (schriftlich abzugeben, 10 Punkte)

Eine Spektrallinie ($\lambda_0 = 766,7012 \text{ nm}$) eines Atoms wird in einem schwachen Magnetfeld von 2,00 T in sechs Komponenten aufgespalten. Ihre Wellenlängen sind (in nm):

A1: 766,6097

A2: 766,6463

B1: 766,6829

B2: 766,7195

C1: 766,7561

C2: 766,7927

Bei einer Beobachtung in einer Ebene senkrecht zum Magnetfeld sind die Linien linear polarisiert, wobei A und C in dieser Ebene schwingen, und B parallel zum B-Feld. Bei Beobachtung in Feldrichtung werden nur die Linien A und C gefunden, wobei diese nun entgegengesetzt zueinander zirkular polarisiert sind.

- Liegt der normale oder der anomale Zeeman-Effekt vor? Woran erkennen Sie das?
(2 Punkte)
- Gegeben sei nun, dass LS-Kopplung vorliegt, und es sich um einen Übergang innerhalb der Feinstruktur eines Hauptniveaus handelt. Ferner sei $s = 1/2$. Ihr Ziel ist es nun, detektivisch zu ermitteln, zwischen welchen Orbitalen der Übergang stattfindet. Berechnen Sie dafür zunächst alle vorkommenden $\Delta(gm_j) = g_2m_{j2} - g_1m_{j1}$.
(2 Punkte)
- Sie möchten herausfinden, in wie viele Unterniveaus die beiden Niveaus aufgesplittet sind, da Sie dann j kennen. Was schließen Sie – für eines der Niveaus – aus der Tatsache, dass genau zwei Linien entlang des B-Feldes fehlen? **(1.5 Punkte)**

- d) Für das andere Niveau – was schließen Sie aus der Tatsache, dass es insgesamt sechs Linien gibt? **(1.5 Punkte)**
- e) Welche zwei Übergänge kommen also noch in Frage? Verwenden Sie für Ihre Antwort die spektroskopische Schreibweise $^{2s+1}X_j$ mit $X = S, P, D, \dots$ für $l = 0, 1, 2, \dots$ **(1.5 Punkte)**
- f) Berechnen Sie nun die beteiligten Lande-g-Faktoren, und identifizieren Sie per Vergleich mit Teilaufgabe b) den Übergang. **(2 Punkte)**

Aufgabe 2: Nochmal Wasserstoff im Magnetfeld (ein Häkchen)

Wasserstoffatome befinden sich in einem Magnetfeld $B_0 = 6 \text{ T}$.

- a) Wird bei dieser Feldstärke die Aufspaltung der Linie $n = 3 \rightarrow n = 2$ durch den anomalen Zeeman-Effekt oder durch den Paschen-Back-Effekt beschrieben? Verwenden Sie, dass die Spin-Bahn-Aufspaltung zwischen den Termen $3^2P_{1/2}$ und $3^2P_{3/2}$ des Wasserstoffatoms $0,108 \text{ cm}^{-1}$ beträgt.
- b) Skizzieren Sie die Aufspaltung der Energieniveaus im angegebenen Magnetfeld.
- c) Bestimmen Sie die spezifische Ladung e/m des Elektrons, wenn die Frequenzaufspaltung zwischen zwei benachbarten Komponenten $8,37 \cdot 10^{10} \text{ Hz}$ beträgt.

Aufgabe 3: Hyperfeinstruktur (ein Häkchen)

Die Hyperfeinstruktur beschreibt eine weitere Aufspaltung magnetischer Zustände, die analog zur Spin-Bahn-Kopplung durch die Kopplung des magnetischen Moments $\vec{\mu}_j$ mit dem des Kernspins $\vec{\mu}_I$ entsteht.

- a) Schätzen Sie das Verhältnis $\frac{\Delta E_{\text{HFS}}}{\Delta E_{\text{FS}}}$ der Hyperfeinaufspaltung zur Spin-Bahn-Kopplung ab.
- b) Der Grundzustand von Deuterium ist in zwei Hyperfeinniveaus mit $F = 1/2$ und $F = 3/2$ aufgespalten. Welchen Wert muss entsprechend die dem Deuterium zugeordnete Spinquantenzahl I haben?
- c) In welche Hyperfeinzustände spaltet das $P_{3/2}$ -Niveau des Deuteriums auf, wenn Sie vom vorher ermittelten I ausgehen?