
Übungen zur Vorlesung Physik III – Atom- und Quantenphysik –

Prof. C. Zeitnitz, Dr. F. Ellinghaus

Wintersemester 2015/2016

Universität Wuppertal

BLATT VIII

ABGABE BIS DONNERSTAG, DEN 14. JAN. 2016, 12:00

1. Anomaler Zeeman-Effekt

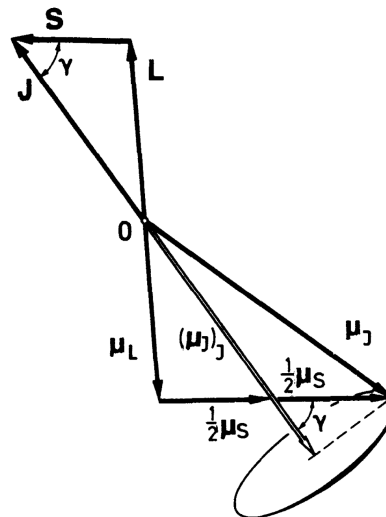
(12 Punkte)

Man findet die Übergänge $3p_{1/2} \rightarrow 3s_{1/2}$ bei Natrium bei einer Wellenlänge von $\lambda_0 = 5895.92 \text{ \AA}$ und $3p_{3/2} \rightarrow 3s_{1/2}$ bei $\lambda_0 = 5889.95 \text{ \AA}$.

(a) Leiten sie den g-Faktor

$$g_j = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)} \quad \text{her.} \quad (1)$$

Hinweis: Berechnen Sie $|(\mu_J)_J|$ mittels der Abbildung und vergleichen Sie den so erhaltenen Ausdruck mit dem allgemeinen Ausdruck aus der Vorlesung



- (b) Wie groß sind die g -Faktoren der drei beteiligten Energieniveaus?
- (c) Skizzieren Sie das zugehörige Termschema für $B = 0 \text{ T}$ und für ein Magnetfeld von $B = 1.3 \text{ T}$ und zeichnen Sie die erlaubten Übergänge mit $\Delta m_j = 0, \pm 1$ für den Fall $B = 1.3 \text{ T}$ ein.

- (d) Berechnen Sie die Wellenzahlen (in cm^{-1}) der erlaubten Übergänge.
- (e) Für sehr starke Magnetfelder ist die Spin-Bahn-Kopplung aufgehoben (Paschen-Back-Effekt). Die Energie ergibt sich in diesem Fall zu $E_{PB} = (m_l + 2m_s) \mu_B B$.
- Skizzieren Sie das zugehörige Termschema und zeichnen Sie die erlaubten Übergänge mit $\Delta m_j = 0, \pm 1$ ein.
 - Wie viele Linien würde man in einem Spektrum sehen?
 - Wie groß muss das Magnetfeld mindestens sein, um den Paschen-Back-Effekt beobachten zu können?

2. Energieniveaus und Besetzungsdichten (4 Punkte)

Eine Probe, deren Atome den Grundzustand $^2S_{1/2}$ haben, wird auf 1 K abgekühlt.

- In wie viele Energieniveaus spaltet der Grundzustand in einem Magnetfeld ($B = 1 \text{ T}$) auf?
- Berechnen Sie den relativen Anteil der unterschiedlichen Besetzungsdichten der Niveaus im thermischen Gleichgewicht mittels des Boltzmann-Faktors ($N_i = A \cdot e^{-\frac{E_i}{k_B T}}$).
- Wie groß ist die Temperaturerniedrigung, wenn das B -Feld langsam auf 1 mT reduziert wird und sich die Besetzungsdichten dabei nicht ändern?

3. Hyperfeinstruktur (4 Punkte)

- In wieviele Hyperfeinstrukturkomponenten sind die Grundzustände folgender Atome aufgespalten: $^3\text{H}(^2S_{1/2}, I = \frac{1}{2})$, $^6\text{Li}(^2S_{1/2}, I = 1)$, $^{14}\text{N}(^4S_{3/2}, I = 1)$, $^{15}\text{N}(^4S_{3/2}, I = \frac{1}{2})$
- Für die Hyperfeinwechselwirkung bei atomarem Wasserstoff gilt für die S -Zustände:

$$E_{\text{Hyperfein}} = \frac{a}{\hbar^2} \langle \vec{I} \vec{j} \rangle \quad (2)$$

mit der Hyperfeinkonstanten $a = \frac{2\mu_0}{3\pi a_0^3} \cdot g_e \cdot \mu_B \cdot g_p \cdot \mu_K \cdot \frac{1}{n^3}$

Hinweis: Kernspin $I = 1/2$, g-Faktor des Protons $g_p = 5.585$, g-Faktor des Elektrons $g_e = 2.002$, Kernmagneton $\mu_K = 5.051 \cdot 10^{-27} \text{ Am}^2$, Bohr'sches Magneton $\mu_B = 9.274 \cdot 10^{-24} \text{ Am}^2$, Bohr'scher Radius $a_0 = 5.292 \cdot 10^{11} \text{ m}$

- Welche Werte kann die Gesamtdrehimpulszahl F annehmen?
- Berechnen Sie die Hyperfeinaufspaltung in den Einheiten eV, cm^{-1} und Hz.

Die Übungsblätter und weitere Informationen sind verfügbar unter
<http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~elli/AtomQuantenWiSe1516/>

ellinghaus@uni-wuppertal.de