

# Physik IV – Atome und Moleküle; Sommer 2012

Prof. Wim de Boer & Dr. Frank Hartmann, KIT

Aufgabenblatt 8; Übung am 18. Juni (Montag)

## 1. Stern-Gerlach Versuch

Beim Stern-Gerlach Experiment werden Silberatome in einem Ofen bei der Temperatur  $T$  verdampft. Durch einen schmalen Spalt werden sie kollimiert und durchfliegen im Anschluss ein stark inhomogenes Magnetfeld mit konstantem Gradienten  $\partial B/\partial z$ , das von zwei Polschuhen der Länge  $a$  erzeugt wird. Nach dem Austritt aus dem Magnetfeld trifft der Strahl auf einen Beobachtungsschirm.

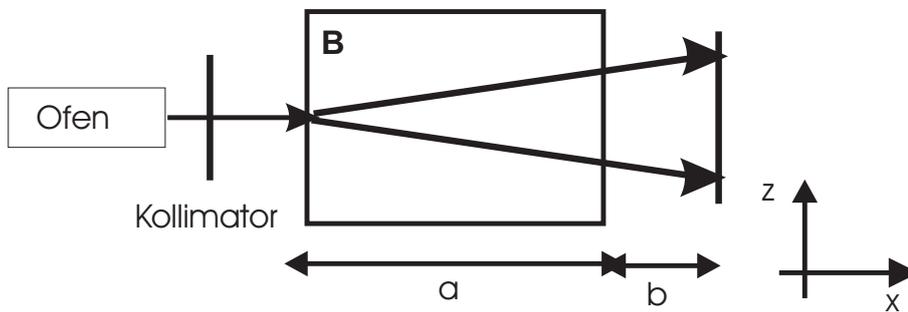
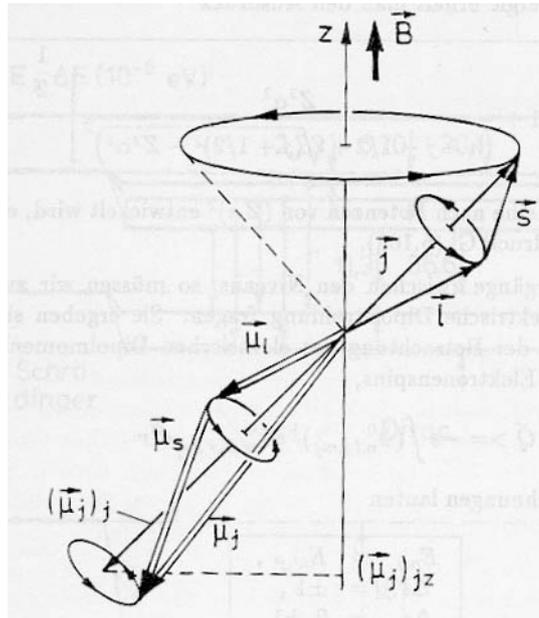


Abbildung 1: Stern-Gerlach-Versuch

- Diskutieren Sie den beobachteten Effekt.
- Zeigen Sie, dass für den Abstand  $d$  der beiden beobachteten Linien gilt:  
$$d = \frac{ae\hbar}{3m_e kT} \frac{\partial B}{\partial z} \left( \frac{a}{2} + b \right)$$
mit der Elektronenmasse  $m_e$ .  
Es soll hierbei vereinfachend angenommen werden, dass alle Atome dieselbe kinetische Energie  $\frac{3}{2}kT$  haben.
- Würde sich das Messergebnis ändern, wenn andere Silberisotope im Strahl vorhanden wären?
- Die Annahme, alle Atome bewegen sich mit derselben kinetischen Energie, kann in der Realität nicht gemacht werden. Welche Geschwindigkeitsverteilung wäre sinnvollerweise anzusetzen? Wie wirkt sich das auf das Messergebnis aus?

## 2. Landé g-Faktor, anomaler Zeemann Effekt

- Erklären sie die Bedeutung des g-Faktors!
- Leiten sie den g-Faktor  $g_j = 1 + \frac{j(j+1)+s(s+1)-l(l+1)}{2j(j+1)}$  für den anomalen Zeemann Effekt her. Hinweis: als Vektordiagramm kann unten stehende Abbildung oder Abbildung 13.12 im Haken-Wolf zu Rate gezogen werden.
- Berechnen sie den g-Faktor der Zustände  $p_{1/2}$  und  $s_{1/2}$ ! Wie groß ist der Energieabstand der jeweiligen Zeemannkomponenten im Magnetfeld  $\vec{B}$ ? Wie groß ist der g-Faktor für reinen Spin- bzw. reinen Bahndrehimpuls?



*Drehimpulse und magnetische Momente beim anomalen Zeemann Effekt.*

### 3. Spin-Bahn Kopplung

Die Energieverschiebung eines Elektron aufgrund der Spin-Bahn Kopplung im Wasserstoffatom ist gegeben durch:

$$E_{ls} = \frac{\alpha^4 m_e c^2}{2\hbar^2} \frac{\langle \vec{s} \cdot \vec{l} \rangle}{n^3 l(l+1/2)(l+1)}$$

- Berechnen sie den Erwartungswert  $\langle \vec{s} \cdot \vec{l} \rangle$  für die Spin-Bahn Kopplung!
- Berechnen sie  $E_{ls}$  in den Einheiten eV und  $cm^{-1}$  für alle Zustände des Wasserstoffatoms mit  $n=1,2,3$ ! Kann man diese Aufspaltung konventionell spektroskopisch beobachten? Gilt ihre Aussage auch für Alkali- bzw. Erdalkaliatome?
- Welche Besonderheit ergibt sich für die s-Zustände? Zeichnen sie ein Termschema für  $n=1,2,3$  unter Berücksichtigung der Spin-Bahn Kopplung! Diskutieren sie die Entartung der Zustände.

### 4. Feinstruktur beim Wasserstoff

Für die gesamte Feinstrukturaufspaltung (einschließlich relativistischer Korrekturen) gilt:

$$\Delta E_{n,j} = E_n \frac{\alpha^2}{n} \left( \frac{1}{j+1/2} - \frac{3}{4n} \right) \text{ mit } E_n = -\frac{13.6eV}{n^2}$$

- Welche relativistischen Korrekturen sind gemeint?
- Berechnen sie die Aufspaltung der Zustände in eV mit  $n=1,2,3$  und diskutieren sie die Unterschiede zu den Ergebnissen der Spin-Bahn Kopplung (siehe letzte Aufgabe)!

### 5. Positronium

Warum hat das Positronium kein magnetisches Moment?

Matrix: 1a+1b/1c+1d/2a+2b/2c+3a/3b+3c/4/5 Übungsleiter: Frank Hartmann,  
Tel.: +41 (76) 487 4362; Email: Frank.Hartmann@kit.edu

[www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom12.htm](http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom12.htm)