Physik IV – Atome und Moleküle; Sommer 2010

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

Aufgabenblatt 8; Übung am 14.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 Beobachtungschirm.

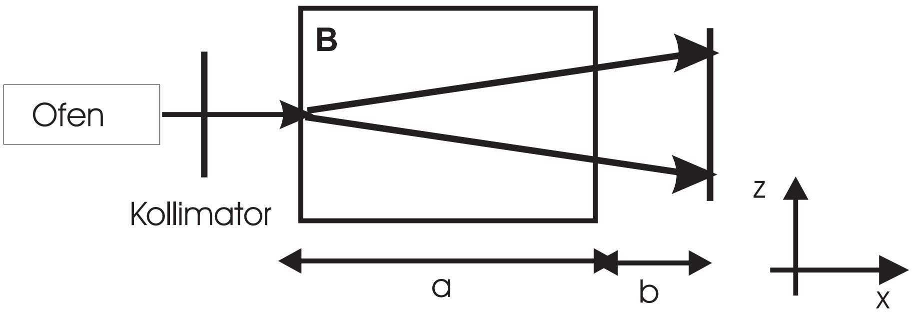


Abbildung 1: *Stern-Gerlach-Versuch*

   (a) Diskutieren Sie den beobachteten Effekt.

   (b) Zeigen Sie, dass für den Abstand d der beiden beobachteten Linien gilt: $d = \frac{ae\hbar}{3m_e kT}\frac{\partial B}{\partial z}(\frac{a}{2}+b)$
   mit der Elektronenmasse m_e.
   Es soll hierbei vereinfachend angenommen werden, dass alle Atome dieselbe kinetische Energie $\frac{3}{2}kT$ haben.

   (c) Würde sich das Messergebniss ändern, wenn andere Silberisotope im Strahl vorhanden wären?

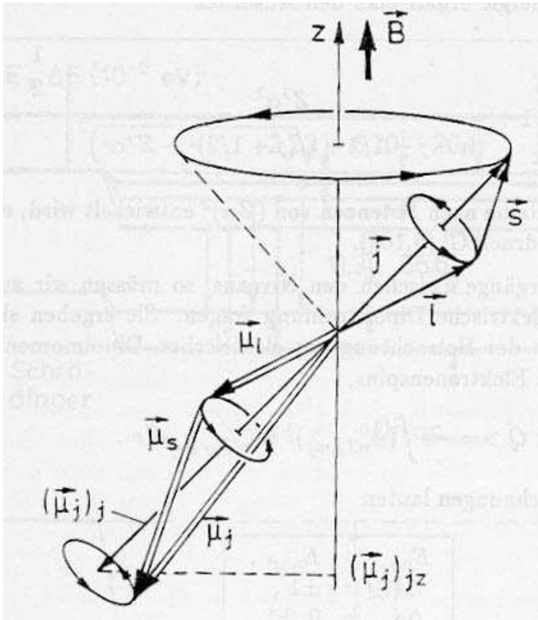
   (d) Die Annahme, alle Atome bewegen sich mit derselben kinetischen Energie, kann in der Realität nicht gemacht werden. Welche Geschwindigkeitsverteilung wäre sinnvollerweise anzusetzen? Wie wirkt sich das auf das Messergebnis aus?

2. Landé g-Faktor, anomaler Zeemann Effekt

   (a) Erklären sie die Bedeutung des g-Faktors!

   (b) Leiten sie den g-Faktor $g_j = 1 + \frac{j(j+1)+s(s+s)-l(l+1)}{2j(j+1)}$ für den anomalen Zeemann Effekt her. Hinweis: als Vektordiagramm kann unten stehende Abbildung oder Abbildung 13.12 im Haken-Wolf zu Rate gezogen werden.

   (c) 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 Bahndrehimplus?



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:
   $E_{ls} = \frac{\alpha^4 m_e c^2}{2\hbar^2} \frac{<\vec{s}\vec{l}>}{n^3 l(l+1/2)(l+1)}$
   (a) Berechnen sie den Erwartungswert $<\vec{s}\vec{l}>$ für die Spin-Bahn Kopplung!
   (b) 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?
   (c) 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:
   $\Delta E_{n,j} = E_n \frac{\alpha^2}{n}(\frac{1}{j*1/2} - \frac{3}{4n})$ mit $E_n = -\frac{13.6eV}{n^2}$
   (a) Welche relativistischen Korrekturen sind gemeint?
   (b) 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/atom10.html