

*Aufgabenblatt 8; Übungen (23.06 Dienstag/ 25.06. Donnerstag)*

1. Es sei  $l=3!$  Bestimmen Sie den Betrag des Drehimpulses und die möglichen Werte von  $m$ . Zeichnen Sie ein Vektordiagramm mit den möglichen Orientierungen von  $L$  bezüglich der z-Achse.
2. Welche Werte kann  $l$  für  $n=3$  annehmen? Geben Sie für jedes  $l$  die möglichen Kombinationen von  $m$  an. Für jede Kombination von  $l$  und  $m$  sind wegen des Elektronenspins zwei Zustände möglich. Bestimmen Sie die Anzahl aller Zustände eines Elektrons mit:  $n=3$ ;  $n=4$ .
3. Das Trägheitsmoment  $\Theta$  einer Vinyl-Schallplatte beträgt  $10^{-3} \text{kgm}^2$ . Berechnen Sie den Drehimpuls  $L = \Theta\omega$ , wenn Sie mit  $\frac{\omega}{2\pi} = 33,3 \frac{\text{U}}{\text{min}}$  dreht. Wie groß ist ungefähr die Quantenzahl  $l$ ?
4. Magnetisches Moment, Einstein-de-Haas Versuch
  - (a) Berechnen Sie das orbitale magnetische Moment eines Wasserstoffatoms im Grundzustand unter der Annahme des Bohr'schen Modells.
  - (b) Ein Eisenzylinder, der so aufgehängt ist, dass er reibungsfrei um seine Symmetrieachse rotieren kann, werde mit Hilfe einer Spule bis zur Sättigung magnetisiert. Nach Umpolen des Spulenstroms beobachtet man, dass der Zylinder mit der Masse  $M_{Fe}$  und Trägheitsmoment  $\Theta_{Fe}$  sich mit der Umdrehungsfrequenz  $\omega$  dreht. Erklären Sie diesen Befund und berechnen Sie  $\omega$  als Funktion des atomaren Drehimpulses. In welche Richtung dreht sich der Zylinder?
  - (c) Bestimmen Sie aus dem magnetischen Moment des Zylinders im Spulenfeld und der gemessenen Frequenz  $\omega$  das Verhältnis aus magnetischen Moment und Drehimpuls eines Eisenatoms.
  - (d) Berechnen Sie  $\omega$  unter der vereinfachten Annahme, der Drehimpuls eines jeden Eisenatoms sei gleich dem Drehimpuls eines Elektrons im ersten Bohr'schen Orbital. Die Länge des 1g schweren Zylinders betrage 1 cm ( $\rho_{Fe} = 7.87 \text{g} \times \text{cm}^{-3}$ )

### 5. 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.

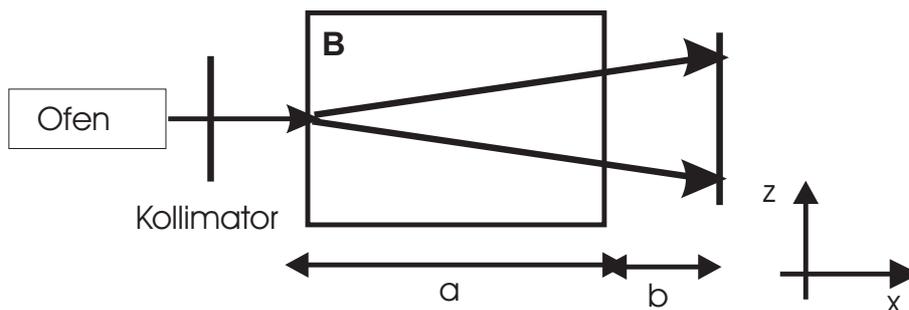


Abbildung 1: Stern-Gerlach-Versuch

- 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?

Matrix (1/2/3/4a+4b/4c+4d/5a+5b/5c+5d))

Übungsleiter: Frank Hartmann, Forschungszentrum Karlsruhe,  
Tel.: +41 (76) 487 4362; Email: Frank.Hartmann@cern.ch

[www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom09](http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom09)