

# Übung zur Vorlesung Theoretische Physik III LAG (Quantenmechanik und Statistische Physik)

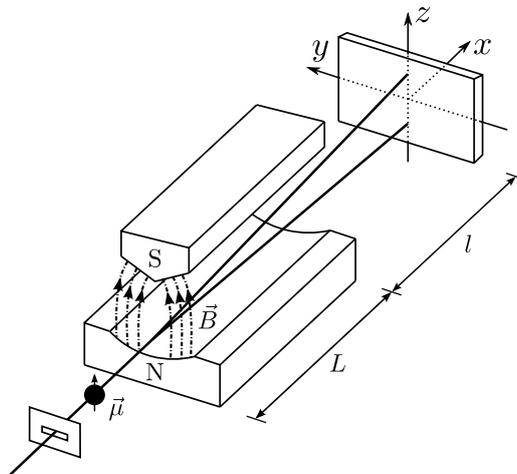
SoSe 2014

Blatt 1

17.04.2014

## Aufgabe 1 Stern-Gerlach-Versuch

Wir betrachten einen Stern-Gerlach-Versuch der unten abgebildeten Geometrie. Das Magnetfeld kann um den Atomstrahl herum linearisiert und als  $\vec{B} = (B_0 + B_1 z) \vec{e}_z$  geschrieben werden. Die Blende am Anfang soll nur Atome mit  $v_y = v_z = 0$  passieren lassen.



- a) Zeigen Sie, dass die Kraft auf ein Atom mit dem magnetischen Moment  $\vec{\mu}$  die Form

$$\vec{F} = \mu B_1 \cos \theta \vec{e}_z$$

hat, wobei  $\mu = |\vec{\mu}|$  gilt und  $\theta$  den Azimutalwinkel bezeichnet. (1 Punkt)

- b) Berechnen Sie den Auftreffpunkt eines Atoms auf die  $z$ -Achse in Abhängigkeit der räumlichen Ausrichtung von  $\vec{\mu}$ . (2 Punkte)
- c) Der Teil der Apparatur, der aus den beiden Magneten besteht, sei nun um  $180^\circ$  um die  $x$ -Achse gedreht. Machen Sie eine begründete Aussage, wo Atome mit positiven bzw. negativen  $z$ -Komponenten von  $\vec{\mu}$  in diesem Fall auftreffen und ziehen Sie einen Vergleich mit dem Ergebnis aus b). (1 Punkt)
- d) Kehren wir zu der Geometrie aus der Abbildung zurück. Berechnen Sie die Verteilung der Auftreffpunkte, wenn man eine Gleichverteilung der magnetischen Momente in alle Raumrichtungen annimmt. (2 Punkte)

## Aufgabe 2 *Magnetisches Moment im homogenen Magnetfeld*

Wir nehmen an, dass das magnetische Moment  $\vec{\mu}$  eines Atoms proportional zu seinem internen Drehimpuls  $\vec{L}$  ist und schreiben  $\vec{\mu} = \gamma \vec{L}$ , mit einer Konstanten  $\gamma$ .

- a) Das Atom befinde sich in einem homogenen Magnetfeld  $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$ . Zeigen Sie, dass das magnetische Moment als Funktion der Zeit durch

$$\vec{\mu}(t) = R_z(-\Omega t) \vec{\mu}(0)$$

gegeben ist und bestimmen Sie  $\Omega$ . Hierbei stellt

$$R_z(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

die Drehmatrix für eine Rotation um die  $z$ -Achse dar.

(2 Punkte)

- b) Unter welchen Bedingungen kann das magnetische Moment im homogenen Magnetfeld invertiert werden, d.h.  $\vec{\mu}(T) = -\vec{\mu}(0)$ ? Bestimmen Sie die Zeit  $T$ . (1 Punkt)
- c) Zurück zum Stern-Gerlach-Versuch: Einer Ihrer Kommilitonen stellt die Hypothese auf, dass sich die magnetischen Momente im Magnetfeld gemäß  $E_{\text{pot}} = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$  parallel zum  $\vec{B}$ -Feld einstellen um die Energie zu minimieren und somit alle Atome an einem Punkt auf den Schirm auftreffen müssten. Widerlegen Sie seine Hypothese mit Hilfe der Ergebnisse aus Teil a). (1 Punkt)