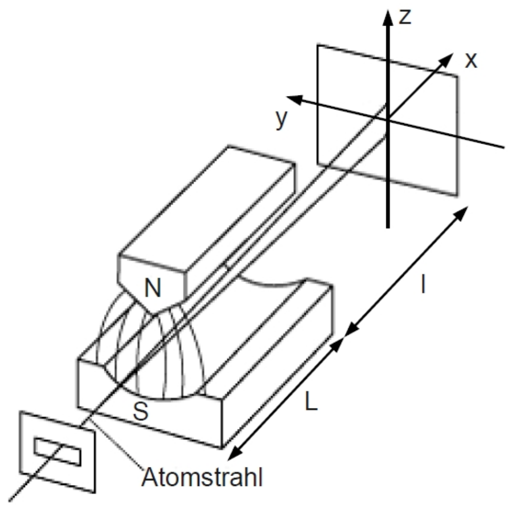
Übungen zur Vorlesung
Theoretische Physik III für LAG
(Quantenmechanik und Statistische Physik)

SS 2013 **Blatt 1** **18.04.2013**

Aufgabe 1 *Stern-Gerlach-Versuch*

Wir betrachten den Stern-Gerlach-Versuch für den Fall, dass sich ein klassischer magnetischer Dipol $\vec{\mu}$ mit der Geschwindigkeit v durch ein Magnetfeld bewegt, welches in z-Richtung zeigt und in dieser Richtung inhomogen ist. Der Bereich, in dem das Magnetfeld vorhanden ist, hat die Länge L. Im Abstand l davon befindet sich ein Schirm, auf den der Dipol auftrifft (siehe Abbildung). Wir nehmen an, dass die Blende, die die Atome vor Eintritt in das Magnetfeld durchfliegen, nur Atome mit $v_z = 0$ hindurchlässt. Bei unseren Überlegungen beschränken wir uns zunächst auf Atome, für die weiterhin $v_y = 0$ gilt und die die Blende bei $y = 0$ und $z = 0$ passieren.



a) Zeigen Sie, dass die Kraft auf ein solches Atom durch

$$\vec{F} = \mu \frac{\partial B_z}{\partial z} \cos(\theta)\, \vec{e}_z, \quad \text{mit } \mu = |\vec{\mu}|$$

gegeben ist, wobei θ den Winkel zwischen dem magnetischen Dipol und dem Feldgradienten bezeichnet. *(1 Punkt)*

b) Berechnen Sie den Ort z, an dem das Atom auf den Schirm auftrifft. *(2 Punkte)*

c) Berechnen Sie die klassische Auftreffwahrscheinlichkeit des Atoms auf dem Schirm entlang der z-Achse ($y = 0$), wenn für die Atome, die das Magnetfeld durchqueren, eine Gleichverteilung der magnetischen Dipole in alle Raumrichtungen angenommen wird. Überlegen Sie sich anschließend qualitativ, welche Verteilung sich auf dem Schirm ergibt, wenn wir die endliche Ausdehnung der Blende in y-Richtung berücksichtigen, d. h. auch Atome mit $v_y \neq 0$ auftreten, und skizzieren Sie diese. *(2 Punkte)*

Aufgabe 2 *Magnetisches Moment im homogenen Magnetfeld*

Wir nehmen an, dass das magnetische Moment $\vec{\mu}$ eines Atoms proportional zu dessen internem Drehimpuls $\vec{L}$ ist, $\vec{\mu} = -\kappa \vec{L}$, wobei κ ein konstanter Faktor ist.

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

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

gegeben ist, wobei

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

die Drehmatrix für Rotation um die z-Achse ist. *(2 Punkte)*

b) In welcher Konfiguration 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) Diskutieren Sie die oben gefundenen Effekte im Kontext des Stern-Gerlach-Versuches. *(1 Punkt)*