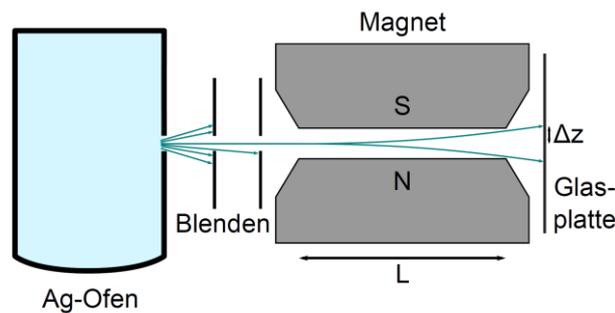


ÜBUNGSAUFGABEN VII

Abgabe am: 21.06.2023, 10:00 Uhr

Aufgabe 1: Stern-Gerlach Experiment (7 Punkte)

In dem Experiment von O. Stern und W. Gerlach (1922) tritt ein Strahl von Silberatomen aus einem Ofen (1000°C) aus. Der Strahl passiert einen $L = 5$ cm langen Magneten, in welchem ein Gradient des Magnetfeldes von $\frac{\partial B}{\partial z} = 1 \cdot 10^3$ T/m herrscht. Direkt nach dem Magneten befindet sich eine Glasplatte, wo sich das Silber niederschlägt.



- Berechnen Sie die Ablenkung des Strahls Δz unter der Annahme, dass das magnetische Moment der Silberatome μ_B beträgt, mit $\mu_B = 9.27 \cdot 10^{-24}$ J/T.
- Im Experiment beobachtet man eine Aufspaltung in zwei diskrete Teilstrahlen. Welche Schlussfolgerungen kann man daraus ziehen?
- Warum muss das Magnetfeld inhomogen sein?
- Wie kann solch ein inhomogenes Magnetfeld erzeugt werden?
- Wie würde das Streumuster aussehen, wenn man statt Silber einen Strahl aus Wasserstoffatomen im Grundzustand benutzen würde?
- Welche Aufspaltung würde man erwarten, wenn ein Strahl aus Quecksilberatomen im Grundzustand (1S_0) verwendet würde? Warum?

Aufgabe 2: Wasserstoff in Sternen (4 Punkte)

Auf einem Stern mit Oberflächentemperatur $T = 10\,000$ K ist atomarer Wasserstoff an der Oberfläche auch in Energiezuständen mit Hauptquantenzahl $n > 1$ angeregt. Berechnen Sie das Verhältnis der Anzahl der Atome im Zustand $n = 2$ zur Anzahl Atome im Zustand $n = 3$ unter Berücksichtigung der Entartungsgrade der Energieniveaus.

Aufgabe 3: Spin-Bahn Kopplung (4 Punkte)

Sie beobachten die Fluoreszenz von Wasserstoffatomen in einem Spektrometer mit einer Auflösung von $\delta\lambda = 0.01\text{nm}$ und sehen beispielsweise die Lyman-Beta-Linie. Welche Energieunterschiede der Übergänge erwarten Sie, wenn man bei der Lyman-Beta-Linie noch die Spin-Bahn-Kopplung berücksichtigt? Können Sie diese Feinstruktur-niveaus in Ihrem Spektrum sehen?

Aufgabe 4: Dopplerverbreiterung (5 Punkte)

Die Beobachtung kleiner Aufspaltungen atomarer Übergänge (z.B. Hyperfeinaufspaltung oder Lamb-Shift) ist häufig wegen der Dopplerverbreiterung nicht direkt möglich. Die Atome zeigen aufgrund ihrer thermischen Bewegung eine Verteilung von Geschwindigkeitskomponenten in der Beobachtungsrichtung. Entsprechend erhält man bei der Spektroskopie eine Verteilung von Absorptions- bzw. Emissionsfrequenzen, wobei für die dopplerverschobene Resonanzfrequenz gilt

$$\omega' \approx \omega_0 \left(1 + \frac{v_z}{c}\right).$$

- a) Bestimmen Sie die Halbwertsbreite $\Delta\omega_d$ des Doppler Profils in Abhängigkeit von T und m . Nehmen Sie dazu eine Maxwell-Boltzmann Verteilung der Geschwindigkeiten der Atome an.
- b) Wie groß ist die Verbreiterung für ein Wasserstoff-Atom bei Raumtemperatur? Vergleichen Sie diese Verbreiterung mit dem Lamb-Shift.