

# Einführung in die Physik II (für Nicht-PhysikerInnen)

## Hausaufgaben Woche 9

27 – 31 Mai 2019

1. In dem Stern-Gerlach-Experiment wird ein Strahl aus (z.B.) Silberatomen (die ursprüngliche Richtung des Strahls bezeichnen wir als die  $X$ -Richtung) durch einen magnetischen Feldgradienten im  $Z$ -Richtung ( $\frac{dB}{dz} = 1,4 \text{ T/mm}$ ) abgelenkt (in  $Z$ -Richtung). Die Strecke den der Strahl durch das Magnetfeld zurücklegt beträgt  $3,5 \text{ cm}$  und die Geschwindigkeit der Atome ist  $750 \text{ m/s}$ . Die Masse eines Silberatoms ist  $1,8 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ .

- (a) Die potenzielle Energie eines elektrischen Dipols  $\vec{\mu}$  in einem Magnetfeld  $\vec{B}$  ist gegeben durch:  $E_{\text{pot}} = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$ . Die Kraft die von einem Gradienten der potenzielle Energie ( $\frac{dE_{\text{pot}}(x)}{dx}$ ) ausgeht ist, analog zur klassischen Mechanik, gleich der örtlichen Änderung der potenzielle Energie:

$$F_z = -\frac{dE_{\text{pot}}}{dz}.$$

Leiten Sie eine Formel ab, die die Kraft auf die Silberatome als Funktion des magnetischen Feldgradienten  $\frac{dB}{dz}$  darstellt.

- (b) Das magnetische Moment des Spindrehimpuls eines Elektrons, ist gegeben durch:

$$\vec{\mu}_S = -\frac{e}{m_e} \vec{S},$$

wobei  $\vec{S}$  der Spindrehimpuls,  $m_e$  die Masse und  $e$  die Ladung des Elektrons sind. Die Komponente von  $\vec{S}$  entlang der  $Z$ -Achse ist gegeben durch:

$$S_z = m_S \frac{h}{2\pi},$$

mit  $m_S$  das Spinquantenzahl. Zeigen Sie, dass die  $Z$ -Komponente von  $\vec{\mu}$  gleich  $-2m_S\mu_{\text{Bohr}}$  ist, mit  $\mu_{\text{Bohr}}$  dem Bohr'sche Magneton.

- (c) Berechnen Sie jetzt, für  $m_s = \pm 1/2$  um welchen Abstand  $\Delta d_z$  die Atome abgelenkt werden. Benutzen Sie hierzu die folgenden Gleichungen der Mechanik:  $a_z = F_z/m$  und  $\Delta d_z = v_{0,z}t + \frac{1}{2}a_z t^2$ .
2. Unter einem Rydberg-Atom versteht man ein Atom, in dem ein äußeres Elektron in einen *sehr* hoch angeregten Zustand ( $n \approx 40$  oder höher) versetzt ist. Solche Atome sind nützlich, wenn man den Übergang vom quantenmechanischen zum klassischen Verhalten experimentell untersuchen will. Nehmen Sie an, dass bei einem Wasserstoffatom  $n = 45$  ist.
- (a) Wie hoch ist die Ionisierungsenergie des Atoms in diesem Zustand?
- (b) Wie groß ist der Energieunterschied (in eV) zwischen diesem Zustand und dem mit  $n = 44$ ?
- (c) Wie groß ist die Wellenlänge eines Photons dessen Energie dem Unterschied der Niveaus entspricht?
- (d) Wie groß ist das Atom im Zustand  $n = 45$ ?