



**Übungen zu Experimentalphysik II**  
**für Studierende der Biologie und der Sportwissenschaft**  
**Blatt 04**

**Aufgabe 1:** Multipole im äußeren Feld

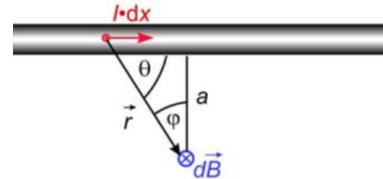
Erklären Sie anschaulich,

- was mit einem Monopol in einem äußeren homogenen Feld geschieht.
- was mit einem Dipol in einem äußeren homogenen Feld geschieht.
- was mit einem Dipol in einem äußeren inhomogenen Feld geschieht.

**Aufgabe 2:** Biot-Savart-Gesetz

Sie haben in der Vorlesung das Gesetz von Biot-Savart kennengelernt, mit dem Sie das magnetische Feld einer beliebigen Stromverteilung berechnen können:

$$d\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}.$$



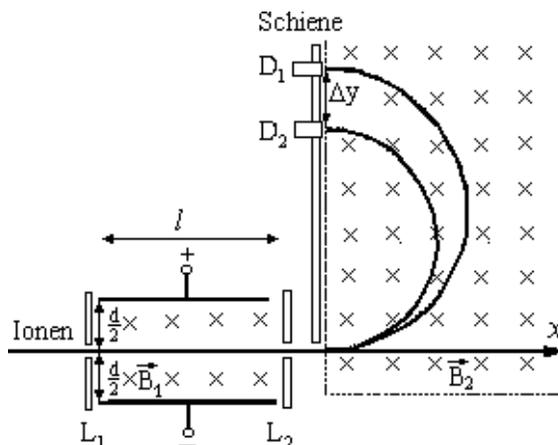
- Beschreiben Sie die im Gesetz von Biot-Savart vorkommenden Größen.
- Leiten Sie ausgehend vom Biot-Savart Gesetz einen Ausdruck für  $dB$  im Falle eines geraden stromdurchflossenen Leiters her (siehe Abbildung). Lösung:  $dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dx}{r^2} \cos\varphi$ .
- Integrieren Sie das Ergebnis aus b) in den Grenzen von  $\varphi_1$  bis  $\varphi_2$ . Substituieren Sie dazu  $x = a \cdot \tan\varphi$  und drücken Sie die Ableitung des Tangens durch  $r$  und  $a$  aus. Lösung:  $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\sin\varphi_2 - \sin\varphi_1)$

**Aufgabe 3:** Kraft auf stromdurchflossenen Leiter

- Berechnen Sie die Kraft auf einen Leiter mit der Länge  $L = 1\text{m}$ , durch den ein Strom von  $I = 2\text{A}$  fließt in einem Magnetfeld von  $B = 5\text{T}$ . Welche Masse würde die gleiche Gewichtskraft auf der Erdoberfläche erzeugen?
- Wie ändert sich die Kraft, wenn sich der Durchmesser des Leiters bei gleichbleibender Geschwindigkeit der Elektronen verdoppelt?

### Aufgabe 4: Massenspektrograph

Ein Gemisch aus einfach positiv geladenen Kohlenstoffionen  $^{12}\text{C}$  und  $^{14}\text{C}$  tritt durch eine Lochblende  $L_1$  in den ersten Bereich des Massenspektrographen ein, der aus einem Magnetfeld mit der Flussdichte  $B_1$  und einem elektrischen Feld eines Plattenkondensator mit Plattenabstand  $d = 2\text{cm}$  und Länge  $l = 4\text{cm}$  besteht. Am Ende des Kondensators treten alle Ionen mit einer geraden Flugbahn durch die Lochblende  $L_2$  in den zweiten Bereich ein, in dem nur ein Magnetfeld mit der Flussdichte  $B_2$  wirkt. Ionen mit einer gekrümmten Flugbahn werden durch  $L_2$  blockiert. Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum.



- Skizzieren Sie die Bahnen zweier Ionen unterschiedlicher Masse innerhalb des Plattenkondensators, wenn eine Spannung  $U$  anliegt und  $B_1$  ausgeschaltet ist und die Ionen die gleiche Geschwindigkeit haben. Welche Bahn ist welchem Kohlenstoffion zuzuordnen?
- Die Ionen treten nun mit einer Mindestgeschwindigkeit von  $1,5 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  in den Kondensator ein. Berechnen Sie, wie groß die Spannung am Kondensator höchstens sein darf, damit die Ionen nicht auf die Kondensatorplatten treffen. (Hinweis: Die Bewegung in  $y$ -Richtung ist eine konstant beschleunigte Bewegung ohne Anfangsgeschwindigkeit, die Sie aus der Mechanik kennen. Drücken Sie die Beschleunigung in  $y$ -Richtung  $a_y$  durch die Eigenschaften des Kondensators aus)
- Am Kondensator liegt nun eine Spannung von  $U = 700\text{V}$  an. Die Flussdichte  $B_1$  soll so eingestellt werden, dass alle Ionen mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 2,5 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  den Kondensator aufgrund der resultierenden Lorentzkraft unabgelenkt durchqueren. Berechnen Sie  $B_1$ . Was fällt Ihnen bezüglich der Massen der Ionen auf?
- Das Magnetfeld rechts von  $L_2$  (siehe Abbildung) hat die Flussdichte  $B_2 = 0,14\text{T}$ . Die Teilchen, die den Kondensator verlassen, durchlaufen zwei Halbkreise. Zeigen Sie, dass für den Abstand  $\Delta y$  der beiden Punkte, an denen die Kohlenstoffionen das Magnetfeld wieder verlassen, gilt:

$$\Delta y = \frac{2 \cdot (m_{c14} - m_{c12}) \cdot v_0}{e \cdot B_2}$$