

### Allgemeine Hinweise:

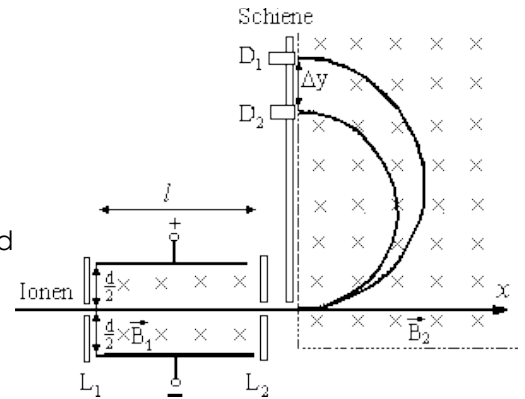
- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

**Erlaubte Hilfsmittel:** Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

### Aufgabe 1: Massenspektroskopie

Ein Massenspektroskop ist ein wichtiges Messinstrument in Chemie und Kernphysik. Es besteht im Wesentlichen aus einem Wienfilter und einem Raum mit einem weiteren Magnetfeld und einem Detektoraufbau, wie z.B. in der nebenstehenden Abbildung dargestellt. (Der Detektor kann auch aus einer Fotoplatte bestehen.)

Ein Gemisch aus einfach positiv geladenen Kohlenstoffionen  $^{12}\text{C}$  und  $^{14}\text{C}$  tritt durch eine Lochblende  $L_1$  in einen Plattenkondensator mit dem Plattenabstand  $d=2,0\text{ cm}$  und der Länge  $l=4,0\text{ cm}$  ein. Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum. Das Magnetfeld mit der Feldstärke  $B_1$  ist zunächst abgeschaltet; an den Platten liegt die Spannung  $U$ .



- 1.1. Skizziere die Bahnen der Kohlenstoffionen unterschiedlicher Masse, aber gleicher Geschwindigkeit zwischen  $L_1$  und  $L_2$ . Begründe, welche Bahn welchem Isotop zuzuordnen ist. (Tipp: Betrachte die Bewegung als ungestörte Überlagerung einer unbeschleunigten Bewegung in  $x$ - und einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung in  $y$ -Richtung.)
- 1.2. Die Ionen treten nun mit einer Mindestgeschwindigkeit  $v=1,5 \cdot 10^5\text{ m/s}$  in den Kondensator ein. Wie groß darf die Spannung am Kondensator höchstens sein, damit die Ionen nicht auf die Kondensatorplatten treffen? Berechne auch die dabei maximal auftretende Erhöhung der kinetischen Energie (in eV). (Tipp: siehe Tipp zu 1.1.)

Am Kondensator liegt nun die Spannung  $U=700\text{ V}$ . Die Feldstärke  $B_1$  soll so eingestellt werden, dass alle Ionen mit der Geschwindigkeit  $v_0=2,5 \cdot 10^5\text{ m/s}$  den Kondensator unabgelenkt durchqueren.

- 1.3. Berechne  $B_1$  und begründe, dass Ionen beider Kohlenstoffisotope den Kondensator durch die Blende  $L_2$  verlassen.

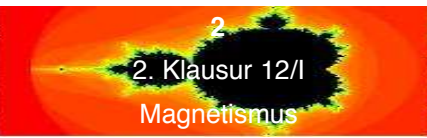
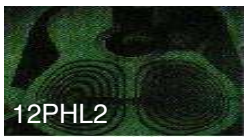
Das Magnetfeld rechts von  $L_2$  hat die Feldstärke  $B_2=0,14\text{ T}$ . Die Teilchen, die den Kondensator verlassen, durchlaufen zwei Halbkreise.

- 1.4. Zeige, dass für den Abstand  $\Delta y$  der beiden Punkte, an denen die Ionen das Magnetfeld wieder verlassen, gilt: 
$$\Delta y = \frac{2 \cdot (m_{^{14}\text{C}} - m_{^{12}\text{C}}) \cdot v_0}{e \cdot B_2}$$

Die Flussdichte  $B_2$  wird nun variiert, alle anderen Größen bleiben unverändert. Die Ionen sollen durch zwei verschiebbare Detektoren  $D_1$  und  $D_2$  registriert werden, die einen Mindestabstand von  $1,5\text{ cm}$  haben. Die äußerste Position von  $D_1$  ist  $60\text{ cm}$  von der  $x$ -Achse entfernt.

- 1.5. Berechne, zwischen welchen Werten die Flussdichte  $B_2$  liegen muss, damit beide Isotope gleichzeitig gezählt werden können.

(3 Tipps: 1. Jedesmal nach einer  $B_2$ -Änderung werden die Detektoren verschoben. 3. Die Verschiebung unterliegt nur den beiden Randbedingungen ( $1,5\text{ cm}/60\text{ cm}$ ). 3. Diese Aufgabe ist anspruchsvoll.)



## Aufgabe 2: Statische Magnetfelder und Induktion

Magnetfelder beeinflussen elektrische Ladungen, die sich bewegen. Bewegte Ladungen erzeugen ihrerseits ein Magnetfeld, was man sich z.B. in Elektromagneten und -motoren zu Nutze machen kann. Veränderliche Magnetfelder haben einen Einfluss sogar auf ruhende Ladungen: sie induzieren eine Spannung, die etwa in einer Leiterschleife einen elektrischen Strom in Gang setzen kann.

- 2.1. Ein zylindrischer Draht mit dem Radius  $a$  werde von einem Strom der Stärke  $I$  durchflossen. Die Stromdichte sei über dem gesamten Querschnitt konstant, d.h.  $\frac{\Delta I}{\Delta A}$  hat überall im Draht den gleichen Wert. Bestimme das Magnetfeld innerhalb und außerhalb des Leiters und skizziere es in einem  $r$ - $B$ -Diagramm.
- 2.2. Im Feld einer „langen“ Spule ( $n = 500$ ,  $l=0,6$  m) wird bei einer Stromstärke  $I=1,2$  A mit Eisenfüllung die Feldstärke  $B=0,75$  T gemessen.
  - a) Leite die Beziehung für die Berechnung des Magnetfeldes einer langen Spule ohne füllende Materie her.
  - b) Berechne die Permeabilitätszahl  $\mu_r$  für Eisen.
- 2.3. Ein homogenes Magnetfeld von 0,2 T bilde mit dem Flächenvektor einer Spule einen Winkel von  $30^\circ$ . Die Spule habe 300 Windungen und einen Radius von 4 cm. Wie groß ist der magnetische Fluss durch die Spule?
- 2.4. Ein Zug, dessen Achsen eine elektrische Verbindung zwischen den Schienen mit der Spurweite 1435 mm darstellen, fahre mit einer konstanten Geschwindigkeit  $v=144$  km/h die nahezu gerade Strecke von W'tal nach D'dorf. Berechne die Induktionsspannung zwischen den Schienen in Elberfeld, wenn die vertikale Komponente des Erdmagnetfeldes  $43$   $\mu$ T beträgt. Welche Rolle spielt die Zahl der Achsen?

## Aufgabe 3: Wirbelstrombremse

Bei Wirbelstrombremsen reiben keine Materialien aneinander, also ist diese Art der Bremsung materialverlust- und nahezu wartungsfrei (in der Realität stimmt das nicht, wovon die ICE-3-Konstrukteure wohl etwas überrascht wurden). Sie werden verwendet in ICE-Zügen der 3. Generation, in Free-Fall-Towers oder in Fitnessgeräten als Lastregelung.

Läßt man eine Aluminiumscheibe zwischen den Polen eines Magneten schwingen, so wird die Scheibe beim Eintritt in und beim Austritt aus dem Magnetfeld stark gebremst (Abb. a)). Schlitzt man die Scheibe (Abb. b)), läßt dieser Effekt stark nach. Entwickle auf der Grundlage deiner physikalischen Kenntnisse eine Hypothese zur Erklärung dieses Phänomens.

