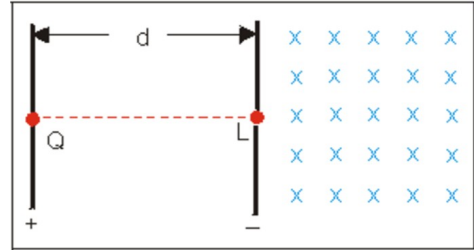


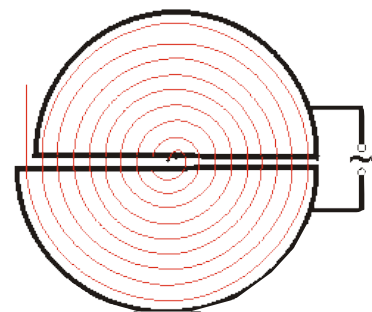
## Physik-Aufgaben: magnetische und elektrische Felder

1. In einem Plattenkondensator (Plattenabstand  $d = 10 \text{ cm}$ ) befindet sich bei Q eine Protonenquelle. Die Austrittsgeschwindigkeit der Protonen ist so klein, dass sie im folgenden nicht zu berücksichtigen ist.



Die ganze Anordnung befindet sich im Vakuum. Die Protonen erfahren im homogenen elektrischen Feld des Kondensators die Kraft  $F = 8,0 \cdot 10^{-15} \text{ N}$ .

- Berechnen sie die Spannung  $U$  zwischen den Platten des Kondensators.
  - Mit welcher Geschwindigkeit durchfliegen die Protonen eine kleine Öffnung bei L?  
[zur Kontrolle:  $v = 9,8 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ ]
  - Berechnen sie die Flugzeit der Protonen zwischen Q und L. Die Protonen gelangen durch das Loch bei L in das homogene magnetische Feld (vgl. Skizze) der Flussdichte  $B = 0,50 \text{ T}$ , das an die rechte Kondensatorplatte unmittelbar anschließt und dessen Feldlinien senkrecht zur bisherigen Flugrichtung der Protonen stehen.
  - Berechnen sie den Radius der Kreisbahn, auf der sich die Protonen nun bewegen. Warum behalten die Protonen im Magnetfeld ihre kinetische Energie bei?
2. Ein Zyklotron (siehe Skizze) dient zur Beschleunigung geladener Teilchen auf nichtrelativistische Geschwindigkeiten. Es wird mit einem homogenen Magnetfeld  $B$  und einer Wechselspannung konstanter Frequenz betrieben.



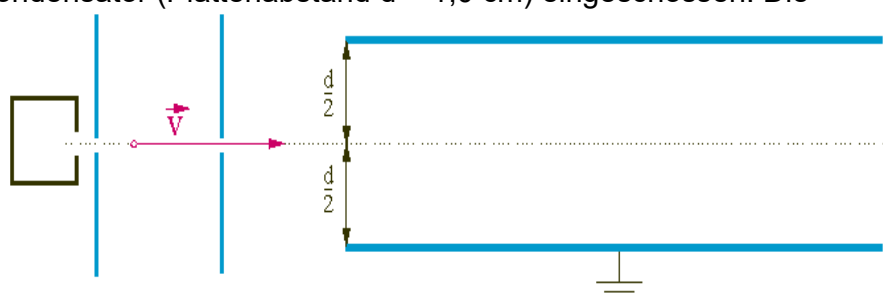
- Leiten Sie an Hand einer geeigneten Kräftebetrachtung den Zusammenhang zwischen dem Bahnradius und der Geschwindigkeit der Teilchen (Ladung  $q$ ; Masse  $m$ ) her und zeigen Sie, dass für die Frequenz gilt:

$$f = \frac{q \cdot B}{2\pi \cdot m}$$

Erläutern Sie damit, dass mit diesem Zyklotron Teilchen nicht auf relativistische Geschwindigkeiten beschleunigt werden können.

Im Folgenden soll ein "low-cost-Zyklotron" für Protonen betrachtet werden, das mit der Haushaltswechselspannung (Frequenz:  $50,0 \text{ Hz}$ ) betrieben wird. Die Energiezufuhr findet dabei für ein Proton immer dann statt, wenn die Spannung ihren Scheitelwert  $325 \text{ V}$  annimmt.

- b) Welchen Zuwachs an kinetischer Energie erhalten die Protonen bei einem Umlauf?
- c) Berechnen Sie die magnetische Flussdichte  $B$ , mit der dieses Zyklotron betrieben werden muss. [Zur Kontrolle:  $B = 3,28 \mu\text{T}$ ]
- d) Wie lange dauert es, bis dieses Zyklotron ein anfangs ruhendes Proton auf 1,0% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt hat?  
Berechnen Sie den Radius  $r$  der Kreisbahn, die auf 1,0% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigte Protonen durchlaufen.
- e) Halten Sie ein solches "low-cost-Zyklotron" für realisierbar? Begründen Sie Ihre Antwort.

3. Entsprechend der nebenstehenden Abbildung werden kontinuierlich  $\alpha$ -Teilchen eines radioaktiven Präparates mit der Geschwindigkeit  $v = 1,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  in einen ungeladenen Plattenkondensator (Plattenabstand  $d = 1,0 \text{ cm}$ ) eingeschossen. Die untere Platte dieser Anordnung, die sich im Vakuum befindet, ist geerdet. Zwischen den Platten besteht ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte  $B = 40 \text{ mT}$ , dessen Feldlinien senkrecht zur Zeichenebene verlaufen.
- 
- Die Abbildung zeigt einen Plattenkondensator mit zwei horizontalen Platten, die einen Abstand  $d$  voneinander haben. Die untere Platte ist geerdet. Ein Alpha-Teilchen (roter Punkt) bewegt sich von links nach rechts durch den Kondensator. Ein Magnetfeld  $B$  wirkt senkrecht zur Zeichenebene. Die Geschwindigkeit  $v$  ist durch einen Pfeil angedeutet.

- a) Erläutern Sie anhand einer Skizze, dass bei geeigneter Orientierung der Magnetfeldlinien eine Spannung  $U_s$  zwischen den Platten entstehen kann.
- b) Welche Spannung  $U_k$  müsste am Kondensator anliegen, damit ihn die  $\alpha$ -Teilchen geradlinig durchqueren. Warum wird die Spannung  $U_s$  aus Teilaufgabe a den Wert  $U_k$  nicht erreichen?

Im Folgenden sind beide Platten geerdet, so dass kein elektrisches Feld entstehen kann.

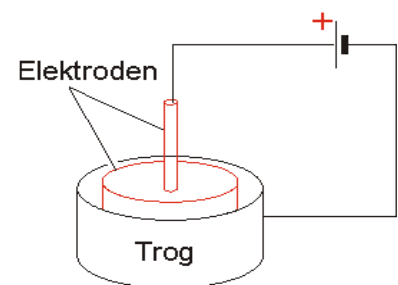
- c) Warum bewegen sich die  $\alpha$ -Teilchen jetzt im Kondensator auf einem Kreisbogen? Berechnen Sie den Radius dieser Kreisbahn. [zur Kontrolle:  $r = 62 \text{ cm}$ ]
  - d) Wie lang müssen die Kondensatorplatten mindestens sein, damit kein  $\alpha$ -Teilchen den Kondensator verlassen kann? Fertigen Sie hierzu eine Skizze an.
4. Ein  $\alpha$ -Teilchen durchläuft eine Beschleunigungsspannung von  $U = 200 \text{ V}$  und tritt dann in ein Magnetfeld der Stärke  $B = 0,12 \text{ T}$  ein. Berechnen Sie die Kraft, falls

seine Geschwindigkeit mit dem Magnetfeld einen Winkel von  $\varphi = 90^\circ$  bzw.  $60^\circ$  bzw.  $0^\circ$  einschließt.

5. Die magnetische Feldstärke in im homogenen Teil eines Helmholtz-Spulenfeldes wird mit einer Hall-Sonde zu  $B = 9,65 \cdot 10^{-4} \text{ T}$  bestimmt. Bei einer Beschleunigungsspannung von 210 V wird im Fadenstrahlrohr der Durchmesser der Kreisbahn mit 10,2 cm gemessen. Ermitteln Sie daraus die spezifische Ladung eines Elektrons.

6. Das elektrische Feld eines Geschwindigkeitsfilters hat die Stärke  $1,4 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ , und die beiden Magnetfelder haben die Feldstärke 0,7 T. Welchen Radius beschreibt ein einfach ionisiertes  $\text{Na}^{24}$ -Isotop?

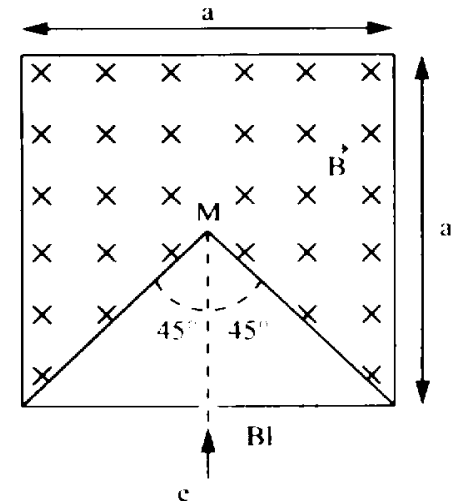
7. In einem zylindrischen Glastrog, der mit einer wässrigen Salzlösung gefüllt ist, taucht axial eine stabförmige und am Rand eine ringförmige Elektrode ein. Die Elektroden sind gemäß nebenstehender Abbildung an eine Batterie angeschlossen.



- a) Fertigen Sie eine Zeichnung in Draufsicht an, in der Sie die Richtung des elektrischen Feldes zwischen den Elektroden und die Richtungen der Kräfte auf Ionen beiderlei Vorzeichens deutlich machen. Nun wird die Anordnung in ein homogenes Magnetfeld gebracht, dessen Feldlinien den Trog von unten nach oben in axialer Richtung durchsetzen. Man beobachtet das Einsetzen einer zirkularen Strömung in der Flüssigkeit zwischen den beiden Elektroden.
- b) Machen Sie das Zustandekommen der Strömung verständlich, indem Sie darstellen, welchen Einfluss das Magnetfeld auf die Ionenbewegung ausübt. Zeichnen Sie in die unter Teilaufgabe a) begonnene Skizze die Richtungen der magnetischen Kräfte ein.
8. a) In einem bestimmten Gebiet des interstellaren Raumes gibt es freie Elektronen ( $E_{\text{kin}} = 1,6 \cdot 10^{-16} \text{ J}$ ), die sich auf Kreisbahnen mit dem Radius  $r = 25 \text{ km}$  bewegen. Wie groß ist ihre Geschwindigkeit und wie hoch ist die Magnetflussdichte  $B$ ?
- b) In einem Zyklotron wird zur Beschleunigung von Protonen die Frequenz 10 MHz benötigt. Berechnen Sie die Flussdichte  $B$  des Magnetfeldes. Welche Frequenz ist erforderlich, um  $\alpha$ -Teilchen bei gleich starkem Magnetfeld zu beschleunigen?

## 9. Elektronenspiegel

Von einem Quadrat der Seitenlänge  $a = 1,20 \text{ m}$  wird ein bis zum Mittelpunkt reichender, keilförmiger Teilbereich ausgeschnitten (vgl. Skizze). Die verbleibende Fläche wird im Vakuum von einem Magnetfeld der Flussdichte  $B = 2,27 \cdot 10^{-4} \text{ T}$  senkrecht durchsetzt. Es werden nun durch die Blende BI Elektronen mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 1,00 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  lotrecht zu den Feldlinien eingeschossen (vgl. Skizze).

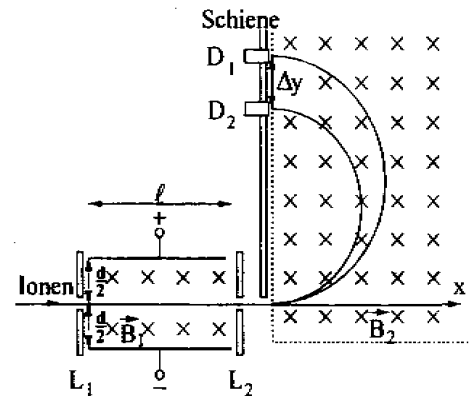


Im folgenden soll gezeigt werden, dass die Anordnung auf die Elektronen als Spiegel wirkt, d. h., dass die Elektronen durch das Magnetfeld um  $180^\circ$  abgelenkt werden.

- Beim Eintreten in das Magnetfeld bei M bewegen sich die Elektronen zunächst auf einem Kreisbogen vom Radius  $r$ . Berechnen Sie  $r$ , und zeichnen Sie dann die gesamte Flugbahn eines Elektrons vom Durchtritt durch die Blendenöffnung bis zum Wiederaustritt aus der Blendenöffnung im Maßstab 1 : 10.
- Zeigen Sie allgemein, dass die Flugzeit eines Elektrons der Geschwindigkeit  $v \leq v_0$  vom Eintritt in das Magnetfeld bei M bis zum Wiederaustritt bei M unabhängig von der Geschwindigkeit  $v$  ist.

## 10. Massenspektrograph

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



- Skizzieren Sie die Bahnen zweier Ionen unterschiedlicher Masse, aber gleicher Geschwindigkeit zwischen  $L_1$  und  $L_2$ . Begründen Sie, welche Bahn welchem Isotop zuzuordnen ist.

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

- Berechnen Sie  $B$ , und begründen Sie, dass Ionen beider Kohlenstoffisotope den Kondensator durch die Blende  $L_2$  verlassen.

Das Magnetfeld rechts von  $L_2$  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 Ionen

auf die Detektoren treffen, gilt:  $\Delta y = \frac{2 \cdot (m_{C14} - m_{C12}) \cdot v_o}{e \cdot B}$