

Aufgabe 1 Lorentzkraft (3 Punkte)

Der Erdradius am Äquator sei $R = 6400 \text{ km}$, der Betrag des Erdmagnetfeldes am Äquator sei $B = 7.6 \times 10^{-5} \text{ T}$. Das magnetische Feld der Erde steht auf der Äquatorebene senkrecht.

- Wie groß müsste der Impuls p eines Elektrons sein um eine Kreisbahn längs des Äquators einzuhalten? Vernachlässigen Sie dabei die Gravitationskraft.
- Berechnen sie die (relativistische) kinetische Energie dieses Elektrons in GeV.

Aufgabe 2 Ablenkung im Magnetfeld (3 Punkte)

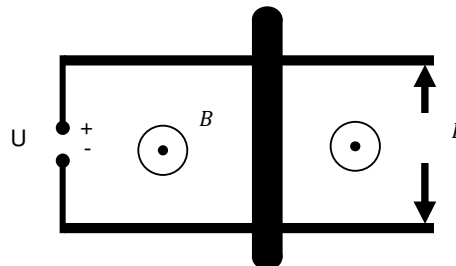
Ein Strahl ionisierter Borisotope ^{10}B und ^{11}B durchläuft die Beschleunigungsspannung $U = 100 \text{ kV}$. Danach gelangen die (einfach positiv geladenen) Ionen in ein zu ihrem Anfangsimpuls senkrecht gerichtetes Magnetfeld mit $B = 1.5 \text{ T}$, werden darin um 180° abgelenkt und treffen senkrecht auf eine Fotoplatte.

- Skizzieren Sie den Aufbau dieses Massenspektrometers (mit Flugbahn der Ionen).
- Berechnen Sie die Geschwindigkeiten, mit denen die Ionen auf die Fotoplatte treffen.
- Wie groß ist der Abstand d der Auftreffpunkte von ^{10}B und ^{11}B auf der Fotoplatte?

Aufgabe 3 Leiter im Magnetfeld (3 Punkte)

Ein dünner Kupferstab (Länge L) wird von einem Strom I durchflossen. Der Stab kann sich reibungsfrei auf den skizzierten Leitern bewegen. Die gesamte Anordnung wird von einem homogenen senkrechten Magnetfeld B durchdrungen.

- Welche Kraft wirkt auf den Stab?
- In welche Richtung bewegt er sich?



Zahlenwerte: $L = 20 \text{ cm}$, $I = 1 \text{ A}$, $B = 1 \text{ T}$

Aufgabe 4 Zyklotron, Wienfilter, Massenfilter (5 Punkte)

Positiv geladene Teilchen unbekannter Ruhemasse m_0 werden in einem *Zyklotron* auf die Endgeschwindigkeit v_0 gebracht. Senkrecht zur Teilchenbahn ist ein konstantes Magnetfeld B_z angelegt. Die Ionen werden in der Lücke zwischen den Elektroden durch eine Spannung der Form $U = U_0 \sin(\omega t)$ beschleunigt, d.h. sie erhalten bei jedem halben Umlauf eine zusätzliche kinetische Energie von 20 keV . Um eine resonante Beschleunigung zu erreichen, muss die Frequenz des Ionenumlaufs mit der Wechselfrequenz koinzidieren. Nach mehreren Umläufen verlassen die Ionen den Beschleuniger und treten in den *Wienfilter* (*Geschwindigkeitsfilter*), d.h. einen langen Kondensator mit dem Plattenabstand $d = 4.5 \text{ mm}$ ein. Dessen homogenes elektrisches Feld (Spannung U_K) ist ein homogenes Magnetfeld der Stärke $B = 10 \text{ mT}$ orthogonal überlagert.

- Skizzieren Sie den Aufbau von Zyklotron und Wienfilter unter Angabe der Felder und der Ionenbahn.
- Bei der Einstellung der Spannung $U_K = 8000 \text{ V}$ zwischen den Platten beobachtet man, dass die Teilchen sich auf einer geraden Bahn mit kinetischer Energie E_{Kin} bewegen und den Kondensator wieder verlassen. Erklären sie diesen Befund. Wie groß ist die Austrittsgeschwindigkeit? Muss man relativistisch rechnen?
- Nach dem Verlassen des Wienfilter erfolgt die *Massenfilterung* (analog zu Aufgabe 2). Der Teilchenstrahl trifft auf eine im Abstand $L = 1.58 \text{ m}$ befindliche fotografische Platte. Die Ablenkung aufgrund des dortigen Magnetfeldes, ebenfalls mit der Stärke B , beträgt $a = 4.5 \text{ mm}$.

Hinweis: Rechnungen mit altem, fehlerhaften $L = 5.6 \text{ m}$ werden akzeptiert.

Bestimmen sie q/m_0 , wobei q die Elementarladung ist und m_0 die Ruhemasse der Ionen. Um welches Ion handelt es sich? (Anmerkung: $L \gg a$)

- Nach Verlassen des Zyklotrons beträgt die Gesamtenergie $E_p = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$. Wie hoch war die Anzahl n der Umdrehungen der Ionen im Zyklotron?
- Berechnen Sie analytisch die Umlaufzeit $T = \frac{2\pi}{\omega}$ als Funktion der Teilchenenergie E_p , und diskutieren Sie die Abhängigkeit $T(E_{Kin})$ vom relativistische Massenanstieg der Ionen.