

Zentralabituraufgabe 2009

Leistungskurs Physik

Aufgabenteil G1: Wechselwirkungen von geladenen Teilchen mit Feldern



Diese Aufgabe basiert auf einer Zentralabituraufgabe des Landes Sachsen-Anhalt. Die Originalversion ist im Downloadbereich für Abituraufgaben auf dem Bildungsserver Sachsen-Anhalt unter der Lizenz *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike* verfügbar.



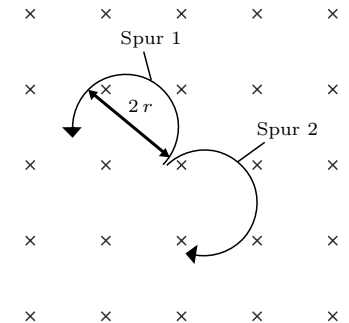
Dieses Dokument wurde vom Abi-Physik Team erstellt. Weitere Informationen:

www.abi-physik.de/materialien

1 Nachweis von Elementarteilchen

Eine Nebelkammer befindet sich in einem homogenen Magnetfeld mit der Flussdichte $B = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ T}$. In dieser Nebelkammer werden Spuren zweier Teilchen nachgewiesen. Beide Spuren verlaufen anfangs näherungsweise auf Kreisbahnen mit dem Radius $r = 3,5 \text{ cm}$ senkrecht zu den Feldlinien (Bild 1). Eine der Spuren wurde von einem Elektron erzeugt.

- Entscheiden und begründen Sie, welche der beiden Spuren die Elektronenspurspur ist.
- Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Elektrons.
- Charakterisieren Sie ein Teilchen, welches die andere Spur erzeugt haben könnte.
Begründen Sie Ihre Antwort.



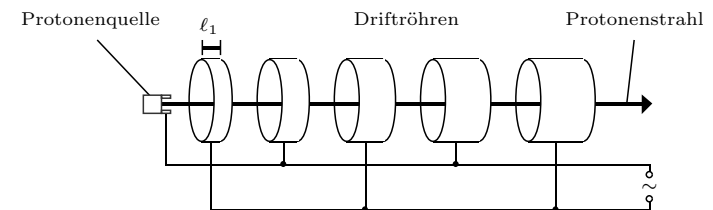
2 Beschleunigung von Elektronen in Elektronenstrahlröhren

Elektronenstrahlröhren finden in der Technik noch immer zahlreiche Einsatzmöglichkeiten. In den Röhren werden Elektronen auf große Geschwindigkeiten gebracht. Deshalb kann man sie als einfache Teilchenbeschleuniger bezeichnen.

- Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau und erklären Sie die Wirkungsweise einer Braun'schen Röhre. Nennen Sie eine Einsatzmöglichkeit.
- Berechnen Sie die erforderliche Beschleunigungsspannung, um Elektronen auf die Geschwindigkeit $v = 0,01 \cdot c$ zu bringen.

3 Linearbeschleuniger

Linearbeschleuniger werden u. a. zur Beschleunigung von Protonen eingesetzt, bevor diese in ein Synchrotron gelangen. Im Bild 2 ist der prinzipielle Aufbau eines Linearbeschleunigers dargestellt.



- Erklären Sie die Wirkungsweise eines Linearbeschleunigers mithilfe der Abbildung.

- b) Protonen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit sollen durch einen Linearbeschleuniger auf die Energie $E = 50 \text{ MeV}$ beschleunigt werden. Die Frequenz der beschleunigenden Wechselspannung beträgt $f = 200 \text{ MHz}$. Die Spannung zwischen den Driftröhren während des Beschleunigungsvorganges wird zur Vereinfachung als konstant mit $U_B = 400 \text{ kV}$ angenommen.

Hinweis: Alle Rechnungen der Aufgabe 3b sind nichtrelativistisch auszuführen.

- c) Berechnen Sie die erforderliche Anzahl der Driftröhren.
- d) Berechnen Sie die Länge der Driftröhre nach dem ersten Beschleunigungsvorgang (ℓ_1) und nach dem zehnten Beschleunigungsvorgang (ℓ_{10}), wenn man annimmt, dass die Protonen die Zeit $t = 0,5 \text{ T}$ zum Durchlaufen einer Driftröhre benötigen.
- e) Bei einem Realexperiment haben die Protonen beim Eintritt in die erste Beschleunigungsphase bereits die Energie $E_0 = 90 \text{ keV}$.

Berechnen Sie für diesen Fall bei sonst gleichen Versuchsbedingungen die erforderliche Länge ℓ_1 .

4 Zyklotron

In Zyklotrons werden Protonen stufenweise beschleunigt und durch ein Magnetfeld auf eine Kreisbahn gezwungen. Mit zunehmender Geschwindigkeit wird der Bahnradius immer größer.

- a) Zeigen Sie, dass bei einem Zyklotron die Umlaufzeit unabhängig von der Geschwindigkeit und vom Bahnradius ist, wenn man die relativistische Massenzunahme vernachlässigt.
- b) Erläutern Sie, welchen Einfluss die relativistische Massenzunahme bei hohen Teilchengeschwindigkeiten auf die Funktion des Zyklotrons hat.

5 Synchrotron

Nach der Beschleunigung im Linearbeschleuniger werden Protonen in Synchrotrons auf noch größere Energien beschleunigt, bevor sie zur Kollision gebracht werden. Dabei werden zwei Protonenstrahlen in entgegengesetzte Richtungen auf eine nahezu kreisförmige Umlaufbahn mit dem Durchmesser $d = 8486 \text{ m}$ gebracht.

Infolge der großen Geschwindigkeiten kann man die relativistische Massenzunahme nicht vernachlässigen.

- a) Leiten Sie die folgende Gleichung für die Geschwindigkeit der Protonen in Abhängigkeit von ihrer relativistischen kinetischen Energie her.

$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{E_{\text{kin}}}{m_0 \cdot c^2}\right)}}$$

- b) Stellen Sie die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Protonen von der kinetischen Energie im Intervall $0 < E_{\text{kin}} < 5,0 \text{ GeV}$ in einem $\frac{v}{c}(E_{\text{kin}})$ -Diagramm dar.

Ergänzen Sie dazu den fehlenden Wert in der Tabelle.

E_{kin} in GeV	0,1	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$\frac{v}{c}$	0,43	0,65	0,76	0,88		0,97	0,98	0,99

Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen der kinetischen Energie und dem Verhältnis $\frac{v}{c}$ mithilfe des Kurvenverlaufs.