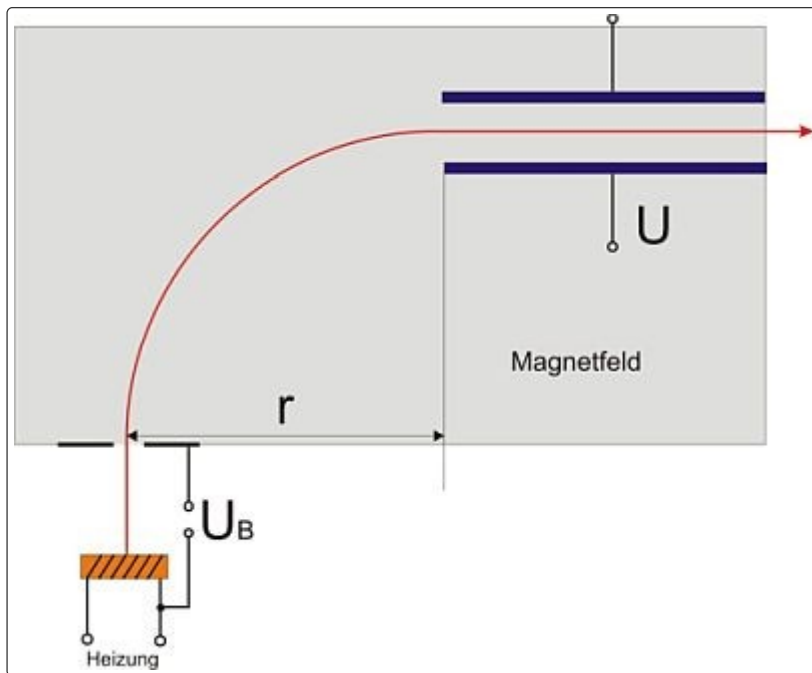


Pittys Physikaufgaben: physikaufgaben.de

Aufgabe 1105



Elektronen werden durch die Spannung U_B beschleunigt und treten mit der Geschwindigkeit $v_0 = 5,9 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ein zur Zeichenebene senkrecht, homogenes Magnetfeld ein (im Bild grau).

Nach Durchlaufen eines Viertelkreises mit 10 cm Radius treten die Elektronen in x-Richtung in einen Plattenkondensator mit 8,0 cm Plattenabstand ein. Die Anordnung befindet sich im Vakuum.

- Berechnen Sie die Größe der Beschleunigungsspannung.
- Bestimmen Sie die Flussdichte des Magnetfeldes und geben Sie seine Richtung an. (zur Kontrolle: $B=0,34 \text{ mT}$)
- Die Elektronen fliegen mit der oben angegebenen Geschwindigkeit v_0 in den Kondensator hinein. Begründen Sie, warum sich die Geschwindigkeit nicht geändert hat.
- Die Spannung zwischen den Kondensatorplatten ist so eingestellt, dass sich die Elektronen geradlinig parallel zu den Platten bewegen. Berechnen Sie die Größe der Spannung zwischen den Platten. Geben Sie die Polung der Spannung an.
- Nun wird der Plattenabstand bei konstant gehaltener Spannung U etwas vergrößert. Wie ändert sich dadurch die Bewegung der Elektronen im Kondensator. Begründen Sie Ihre Aussage.

Lösung

- Die Elektronen bekommen ihre kinetische Energie aus der Energie des elektrischen Feldes, dass durch die Beschleunigungsspannung erzeugt wird.

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{el}}$$

$$\frac{m}{2} \cdot v^2 = e \cdot U$$

Stellt man diese Gleichung nach der Spannung U um, kann die gesuchte Größe berechnet werden.

$$U = \frac{m}{2 \cdot e} \cdot v^2$$

$$U = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot \left(5,9 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2$$

$$U = 99 \text{ V}$$

b) Die Elektronen bewegen sich auf einer Kreisbahn. Das bedeutet, auf sie muss eine Kraft zum Mittelpunkt der Kreisbahn wirken, die Radialkraft. Diese Radialkraft wird von der Lorentzkraft aufgebracht. Das ist die Kraft, die im Magnetfeld auf bewegte Ladungsträger wirkt.

Die Lorentzkraft steht immer senkrecht zur Bewegungsrichtung des geladenen Teilchens und zur Richtung des Magnetfeldes. Zur Bestimmung der Richtung des Magnetfeldes wird die Linke-Hand-Regel verwendet.

Daumen: physikalische Richtung des Stromes, das ist hier direkt die Flugrichtung der Elektronen nach oben.

Mittelfinger: Kraftrichtung auf die Elektronen, hier nach rechts.

Der Zeigefinger zeigt dann in die Ebene des Blattes hinein.

Das Magnetfeld hat auf der Seite des Betrachters den Südpol und in der Blattebene den Nordpol.

Für die Größe der Kraft wird die Lorentzkraft gleich der Radialkraft gesetzt.

$$F_L = F_R$$

$$e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$B = \frac{m \cdot v}{e \cdot r}$$

$$B = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 5,9 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

$$B = 0,34 \text{ mT}$$

c) Die Elektronen treten in den Kondensator mit der gleichen Geschwindigkeit ein, mit der sie nach der Beschleunigungsstrecke in das Magnetfeld hineinfliegen, sie sind also weder schneller noch langsamer geworden.

Die Kraft, die die Elektronen beim Flug durch das Magnetfeld spüren, wirkt immer senkrecht zur Bewegungsrichtung. Damit ändert diese Kraft zwar die Richtung der Geschwindigkeit, kann aber den Betrag nicht ändern. Das würde nur gehen, wenn eine Kraftkomponente in Bewegungsrichtung wirkt.

d) Die Lorentzkraft wirkt auch im Kondensator auf die Elektronen und zieht sie weiter auf die Kreisbahn. Da sie im Kondensator geradlinig fliegen sollen, muss eine entgegengesetzt gerichtete Kraft wirken. Diese muss in diesem Fall nach oben zeigen. Demnach muss die obere Kondensatorplatte positiv geladen sein und die untere negativ.

Für einen geraden Durchflug müssen sich alle Kräfte, die auf das Elektron wirken aufheben und

die resultierende Kraft muss Null sein.

Beim Einflug wirkt die Lorentzkraft nach unten. Die Kraft durch das elektrische Feld im Kondensator muss mit der gleichen Größe nach oben wirken.

$$F_L = F_{el}$$

$$e \cdot v \cdot B = e \cdot E$$

$$v \cdot B = E$$

Die gesuchte Spannung steckt in der elektrischen Feldstärke E:

$$E = \frac{U}{d}$$

Damit kann die gesuchte Spannung berechnet werden:

$$v \cdot B = \frac{U}{d}$$

$$U = v \cdot B \cdot d$$

$$U = 5,9 \cdot 10^6 \frac{m}{s} \cdot 0,34 \cdot 10^{-3} T \cdot 8,0 \cdot 10^{-2} m$$

$$U = 160,5 V$$

e) Wenn der Plattenabstand vergrößert wird, bleibt die Lorentzkraft unverändert. Wie ändert sich die elektrische Kraft?

Die Kraft durch das elektrische Feld ist

$$F = e \cdot E$$

e ist die Ladung des Elektrons und unveränderbar. Wie ändert sich die elektrische Feldstärke?

Sie ist im homogenen Feld des Plattenkondensators

$$E = \frac{U}{d}$$

Damit ist die Kraft

$$F = e \cdot \frac{U}{d}$$

Da der Kondensator während der Vergrößerung des Plattenabstandes an der Spannungsquelle bleibt, ist die Spannung ebenfalls unverändert. Es gilt also

$$F \sim \frac{1}{d}$$

Die elektrische Kraft ist bei konstanter Spannung umgekehrt proportional zum Plattenabstand.

Wird der Abstand also vergrößert, wird die Kraft auf die Elektronen kleiner.

Da die Lorentzkraft aber immer noch mit gleicher Stärke wirkt, fliegen die Elektronen in Richtung der unteren Platte.