

b) Der Feldbereich wird jetzt nur von einem homogenen elektrischen Feld mit der Feldstärke E durchsetzt (Feldrichtung parallel zur y -Achse).

Die Elektronen treten wieder bei A mit der Geschwindigkeit $v_0=9,4 \cdot 10^6$ m/s in das Feld der Stärke E ein und treffen im Punkt Q(6cm | 0cm) auf die untere Platte auf.

1. Bestimme den Betrag der elektrischen Feldstärke E ___11P

2. Berechne den Auftreffwinkel α im Punkt Q. ___7P

3. Welche Spannung muss man an die beiden Platten legen, damit der Elektronenstrahl im Punkt Q die untere Platte trifft? ___3P

Angaben:

$e=1,6 \cdot 10^{-19}$ C $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ kg $\mu_0=1,26 \cdot 10^{-6}$ Tm/A $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ C/(Vm) $g=9,81$ m/s²

Punkte: _____ Note: _____

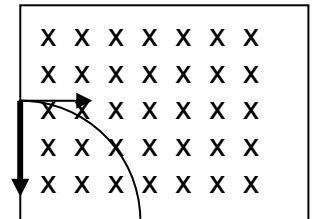
Lösung der Klausuraufgaben

a)

$$1. \frac{1}{2}mv_0^2 = eU \Rightarrow U = \frac{mv_0^2}{2e} = \dots \approx 251V.$$

Die kinetische Energie der Elektronen nach dem Durchlaufen der Spannung von 251 V beträgt 251 eV.

2. Das B-Feld geht in die Zeichenebene hinein. Dann werden die Elektronen wegen der Zentripetalkraft auf einer Kreisbahn sich bewegen. Die Zentripetalkraft ist gleich der Lorentzkraft.



Es gilt $F_L = Z$, d.h. $evB = \frac{mv^2}{r}$. Daraus folgt $B = \frac{m \cdot v}{e \cdot r}$

$$B = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 9,4 \cdot 10^6 \text{ m/s}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,06 \text{ m}} = 891 \cdot 10^{-6} \text{ T} = 0,891 \text{ mT}$$

3. Für die Umlaufdauer gilt: $T = \frac{2\pi r}{v}$. Wegen $v = \frac{B \cdot e \cdot r}{m}$ ergibt sich also $T = \frac{\pi 2r}{Ber/m} = \frac{2\pi \cdot m}{B \cdot e}$

Die Umlaufdauer ist also nur abhängig von der Flussdichte und der spezifischen

Ladung der Elektronen. Die Zeit für die Bewegung von A bis R ist somit $t = \frac{T}{4} = \frac{\pi \cdot m}{2B \cdot e}$.

$T = 40 \text{ ns}$. Also ist $t = 10 \text{ ns}$.

4. Die magnetische Flussdichte muss nach 2. gleich 0,891 mT. Für eine lange Spule gilt

$$B = \mu_0 I \frac{n}{l}. \text{ Also ist } I = \frac{B \cdot l}{\mu_0 n} = \frac{0,891 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 0,2 \text{ m}}{1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Tm/A} \cdot 10^4} \approx 0,141 \cdot 10^{-1} \text{ A} = 14,1 \text{ mA}$$

5. Die Elektronen werden durch die Spannung U beschleunigt auf die Geschwindigkeit v. Es

gilt A: $\frac{1}{2}mv^2 = eU$. Im Magnetfeld werden sie durch die Lorentzkraft auf eine Kreisbahn

abgelenkt. Es gilt: $evB = \frac{mv^2}{r}$. Daraus folgt $v = \frac{eBr}{m}$. Setze v in die Gleichung A ein.

Daraus folgt $\frac{1}{2}m\left(\frac{eBr}{m}\right)^2 = eU$. D.h. es gilt $eB^2r^2 = 2mU$

Für die Spannung U gilt also $U = \frac{eB^2r^2}{2m}$

6. Aussage: In homogenen magnetischen Feldern werden die Elektronen nicht beschleunigt.

1.Fall: Wenn die Elektronen sich parallel zu den Feldlinien bewegen, erfahren sie keine Kraft und damit keine Beschleunigung.

2.Fall: Wenn die Elektronen sich senkrecht zu den Feldlinien bewegen, erfahren sie die Lorentzkraft und werden daher auf eine Kreisbahn gelenkt. Ihre Geschwindigkeit bleibt dem Betrag nach gleich, aber ändert ständig die Richtung. Sie erfahren also eine Beschleunigung

3.Fall: Wenn die Elektronen sich schräg zu den Feldlinien bewegen, muss man die Geschwindigkeit in eine Komponente v_P parallel und eine Komponente v_S senkrecht zu den Feldlinien zerlegen. Auf Grund der Komponente v_S erfahren sie die Lorentzkraft. Auf Grund der Komponente v_P erfahren sie keine Kraft. Die Elektronen bewegen sich auf einer Schraubenlinie. Dabei ändert sich ständig die Richtung der Geschwindigkeit, aber der Betrag bleibt gleich. Sie erfahren also eine Beschleunigung.

Die Aussage trifft also nur im 1.Fall zu.

b)

1. Die Elektronen erfahren im elektrischen Feld E zwischen den Platten die Kraft

$F_{el} = eE$. Der Nullpunkt des Koordinatensystems liegt beim Eintritt in das elektrische Feld.

Somit werden sie in y -Richtung beschleunigt mit der Beschleunigung $a = \frac{F_{el}}{m} = \frac{eE}{m}$. Die

Bewegungsgleichungen lauten: $x = v_0 t$ und $y = \frac{1}{2} a t^2$. Daraus folgt $y = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} \left(\frac{x}{v_0} \right)^2$. Damit

gilt für die Feldstärke $E = \frac{2ymv_0^2}{ex^2}$. Die Elektronen gelangen zum Punkt R(6cm / 6cm)

Für $x=0,06m$ und $y= 0,06m$ gilt also $E = \frac{2 \cdot 0,06m \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} kg \cdot (9,4 \cdot 10^6 m/s)^2}{1,6 \cdot 10^{-19} C \cdot (0,06m)^2} \approx 16,75 \frac{kV}{m}$

2. Für den Auftreffwinkel gilt $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0}$ mit $v_y = a \cdot t = \frac{eE}{m} \cdot t$ und $t = \frac{r}{v_0}$. $r=0,06m$

Daraus folgt $\tan \alpha = \frac{eE \cdot r}{v_0 \cdot m \cdot v_0} = \frac{eE \cdot r}{m \cdot v_0^2}$. Also ist $\tan \alpha = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} C \cdot 16751V/m \cdot 0,06m}{9,1 \cdot 10^{-31} kg \cdot (9,4 \cdot 10^6 m/s)^2} = 2$

Daraus ergibt sich der Auftreffwinkel zu $63,4^\circ$.

3. Die Spannung ergibt sich aus der elektrischen Feldstärke E und dem Abstand d der Platten. $U = E \cdot d = 16751V/m \cdot 0,12m = 2,01kV$