Abi-Training Physik: Felder und Induktion

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

Name: _____ Datum: _____

kostenlos, mit Lösungen

Abi-Training: 60 Minuten, 35 Punkte. Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung. Schreibe zu jeder Rechnung Ansatz, Einsetzen mit Einheiten und Ergebnis. e = 1,6 · 10^{-19} C, m_e = 9,11 · 10^{-31} kg, 1,76 · 10^{11} C/kg = Literaturwert für e : m.

Material 1: Im Fadenstrahlrohr werden Elektronen mit U_B = 250 V beschleunigt. Das Magnetfeld der Helmholtzspulen ist B = k · I mit k = 0,78 mT/A. Gemessen werden die Bahnradien: I = 1,0 A: r = 6,8 cm; I = 1,5 A: r = 4,6 cm; I = 2,0 A: r = 3,4 cm.

1 Bestimme die spezifische Ladung des Elektrons. (14 Punkte)

Beschleunigung: $e \cdot U_B = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$. Kreisbahn: $e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{r}$.

a) Erläutere, warum die Elektronen im Magnetfeld auf einer Kreisbahn laufen. (3 P.)

Die Lorentzkraft steht immer senkrecht zur Geschwindigkeit. Sie ändert deshalb nur die Richtung, nicht den Betrag der Geschwindigkeit. Eine Kraft mit festem Betrag, die immer senkrecht zur Bahn zeigt, wirkt als Zentripetalkraft und zwingt die Elektronen auf einen Kreis.

b) Leite $\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_B}{B^2 \cdot r^2}$ her. (4 P.)

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

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

Beschleunigung: $e \cdot U_B = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

v einsetzen: $e \cdot U_B = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (\frac{e \cdot B \cdot r}{m})^2 = \frac{e^2 \cdot B^2 \cdot r^2}{2 \cdot m}$

durch e teilen und umstellen: $\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_B}{B^2 \cdot r^2}$

c) Berechne $\frac{e}{m}$ für alle drei Messungen und den Mittelwert. (5 P.)

B = k · I ergibt 0,78 mT, 1,17 mT und 1,56 mT.

I = 1,0 A: $\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 250\ V}{(0{,}78 \cdot 10^{-3}\ T)^2 \cdot (0{,}068\ m)^2} \approx 1{,}78 \cdot 10^{11}$ C/kg

I = 1,5 A: $\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 250\ V}{(1{,}17 \cdot 10^{-3}\ T)^2 \cdot (0{,}046\ m)^2} \approx 1{,}73 \cdot 10^{11}$ C/kg

I = 2,0 A: $\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 250\ V}{(1{,}56 \cdot 10^{-3}\ T)^2 \cdot (0{,}034\ m)^2} \approx 1{,}78 \cdot 10^{11}$ C/kg

Mittelwert: $\frac{(1{,}78 + 1{,}73 + 1{,}78) \cdot 10^{11}\ C/kg}{3} \approx 1{,}76 \cdot 10^{11}$ C/kg, genau der Literaturwert.

d) Der Radius lässt sich auf etwa 1 mm genau ablesen. Beurteile, welche Messung am genauesten ist. (2 P.)

r steht im Quadrat im Nenner: Der relative Fehler von r geht doppelt in $\frac{e}{m}$ ein.

r = 6,8 cm: 1 mm sind etwa 1,5 %, also etwa 3 % Fehler für $\frac{e}{m}$.

r = 3,4 cm: 1 mm sind etwa 3 %, also etwa 6 % Fehler für $\frac{e}{m}$.

Am genauesten ist die Messung mit dem größten Radius (I = 1,0 A).

Material 2: Ein Metallstab (l = 0,2 m) wird mit v = 5 m/s gleichmäßig über zwei Schienen gezogen, die über einen Widerstand verbunden sind. Senkrecht zur Schienenebene steht ein Magnetfeld B = 0,5 T. Der ganze Stromkreis hat R = 0,5 Ω.

2 Untersuche die Induktion am bewegten Leiter. (12 Punkte)

$U = B \cdot l \cdot v$, $I = \frac{U}{R}$, $F = B \cdot I \cdot l$, $P = F \cdot v = U \cdot I$

a) Berechne die induzierte Spannung und die Stromstärke. (3 P.)

$U = B \cdot l \cdot v = 0{,}5\ T \cdot 0{,}2\ m \cdot 5\ m/s$

$U = 0{,}5\ V$

$I = \frac{U}{R} = \frac{0{,}5\ V}{0{,}5\ \Omega}$

$I = 1\ A$

b) Berechne die Kraft, die nötig ist, um den Stab mit konstanter Geschwindigkeit zu ziehen. (3 P.)

Auf den Strom im Stab wirkt im Magnetfeld die Kraft $F = B \cdot I \cdot l$, sie bremst den Stab.

$F = 0{,}5\ T \cdot 1\ A \cdot 0{,}2\ m = 0{,}1\ N$

Bei konstanter Geschwindigkeit muss die Zugkraft diese Kraft genau ausgleichen: F = 0,1 N.

c) Zeige, dass mechanische und elektrische Leistung gleich sind, und erläutere die Energieumwandlung. (4 P.)

P_mech = F · v = 0,1 N · 5 m/s = 0,5 W

P_el = U · I = 0,5 V · 1 A = 0,5 W

Beide Leistungen sind gleich: Die Arbeit beim Ziehen wird ganz in elektrische Energie umgewandelt und im Widerstand zu Wärme.

d) Begründe mit der Lenzschen Regel, in welche Richtung die Kraft des Magnetfelds auf den Stab zeigt. (2 P.)

Die Kraft zeigt entgegen der Bewegung. Nach der Lenzschen Regel wirkt der Induktionsstrom seiner Ursache, der Bewegung, entgegen. Sonst würde der Stab von selbst immer schneller, und es entstünde Energie aus dem Nichts.

Material 3: Ein Kondensator (C = 100 µF) wird auf U0 = 12 V geladen und dann über einen Widerstand R = 50 kΩ entladen.

3 Untersuche die Entladung eines Kondensators. (9 Punkte)

$Q = C \cdot U$, $W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$, $U(t) = U0 \cdot e^{-t:\tau}$ mit $\tau = R \cdot C$, $T_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$

a) Berechne Ladung und gespeicherte Energie zu Beginn. (3 P.)

$Q = C \cdot U0 = 100 \cdot 10^{-6}\ F \cdot 12\ V$

$Q = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\ C = 1{,}2\ mC$

$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U0^2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 10^{-6}\ F \cdot (12\ V)^2$

$W = 7{,}2 \cdot 10^{-3}\ J = 7{,}2\ mJ$

Abi-Training Physik: Felder und Induktion (Fortsetzung)

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

Name: _____ Datum: _____

kostenlos, mit Lösungen

b) Berechne die Zeitkonstante und die Spannung nach 10 s. (4 P.)

$\tau = R \cdot C = 50\,000\ \Omega \cdot 100 \cdot 10^{-6}\ F$

$\tau = 5\ s$

$U(10\ s) = 12\ V \cdot e^{-10\ s\ :\ 5\ s} = 12\ V \cdot e^{-2}$

$U(10\ s) \approx 1{,}6\ V$

c) Berechne die Halbwertszeit. (2 P.)

$T½ = \tau \cdot \ln 2 = 5\ s \cdot 0{,}693$

$T½ \approx 3{,}5\ s$