Magnetisches Feld und Induktion

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

Name: _____ Datum: _____

kostenlos, mit Lösungen

Konstanten: e = 1,6 · 10^{-19} C, m_e = 9,11 · 10^{-31} kg, μ0 = 1,257 · 10^{-6} Vs/(Am). 1 T = 1 Vs/m², 1 Wb = 1 Vs.

1 Bestimme die spezifische Ladung des Elektrons mit dem Fadenstrahlrohr.

Beschleunigung: $e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$. Kreisbahn: Die Lorentzkraft ist die Zentripetalkraft, $e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{r}$.

a) Im Fadenstrahlrohr werden Elektronen mit U = 200 V beschleunigt. Im Magnetfeld B = 0,95 mT laufen sie auf einem Kreis mit r = 5,0 cm.
Begründe, warum die Bahn ein Kreis ist.

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 Bewegung zeigt, zwingt das Elektron auf einen Kreis.

b) Leite die Formel $\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{B^2 \cdot r^2}$ her.

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

In die Energie einsetzen: $e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (\frac{e \cdot B \cdot r}{m})^2 = \frac{e^2 \cdot B^2 \cdot r^2}{2 \cdot m}$

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

c) Berechne $\frac{e}{m}$ und vergleiche mit dem Literaturwert 1,76 · 10^{11} C/kg.

Umrechnen: B = 0,95 mT = 0,95 · 10^{-3} T, r = 5,0 cm = 0,05 m

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 200\ V}{(0{,}95 \cdot 10^{-3}\ T)^2 \cdot (0{,}05\ m)^2}$$

$$\frac{e}{m} \approx 1{,}773 \cdot 10^{11}\ C/kg$$

Abweichung: $\frac{1{,}773 - 1{,}76}{1{,}76} \approx 0{,}7\ \%$. Das ist eine sehr gute Messung.

Magnetisches Feld und Induktion (Fortsetzung)

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

2 Bestimme die magnetische Feldkonstante aus einer Messreihe.

Lange Spule: $B = \frac{\mu0 \cdot N \cdot I}{l}$. Bei fester Spule ist $\frac{B}{I} = \frac{\mu0 \cdot N}{l}$, also $\mu0 = \frac{(B : I) \cdot l}{N}$.

a) Eine lange Spule hat N = 600 Windungen und die Länge l = 30 cm. Eine Hallsonde misst im Inneren:
I in A: 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0
B in mT: 1,3 | 2,5 | 3,8 | 5,0
Zeige, dass B proportional zu I ist, und bestimme $\frac{B}{I}$.

$\frac{B}{I} = \frac{1,3}{0,5} = 2,6$, $\frac{2,5}{1,0} = 2,5$, $\frac{3,8}{1,5} \approx 2,53$, $\frac{5,0}{2,0} = 2,5$ (in mT/A)

Die Quotienten sind fast gleich, also ist B proportional zu I.

Mittelwert: $\frac{B}{I} \approx 2,53$ mT/A

b) Berechne daraus μ0 und vergleiche mit dem Tabellenwert.

$\mu0 = \frac{(B : I) \cdot l}{N}$

Umrechnen: $\frac{B}{I} = 2,53 \cdot 10^{-3}$ T/A, $l = 30$ cm $= 0,30$ m

$\mu0 = \frac{2,53 \cdot 10^{-3} \text{ T/A} \cdot 0,30 \text{ m}}{600} \approx 1,27 \cdot 10^{-6}$ Vs/(Am)

Das liegt etwa 1 % über dem Tabellenwert $1,257 \cdot 10^{-6}$ Vs/(Am).

3 Beschreibe die Spannung beim Durchfahren eines Magnetfelds.

Fährt eine Spule mit der Breite l senkrecht ins Feld, wächst die Fläche im Feld gleichmäßig: $U = N \cdot B \cdot l \cdot v$. Ändert sich der Fluss nicht, ist $U = 0$.

a) Eine rechteckige Spule (N = 100, Breite l = 5 cm, Länge 8 cm) fährt mit v = 2 cm/s in ein 20 cm langes Feld mit B = 0,4 T hinein, ganz hindurch und wieder hinaus.
Berechne die Spannung beim Hineinfahren.

$U = N \cdot B \cdot l \cdot v$

Umrechnen: $l = 5$ cm $= 0,05$ m, $v = 2$ cm/s $= 0,02$ m/s

$U = 100 \cdot 0,4$ T $\cdot 0,05$ m $\cdot 0,02$ m/s $= 0,04$ V $= 40$ mV

Magnetisches Feld und Induktion (Fortsetzung)

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

Name: _____ Datum: _____

kostenlos, mit Lösungen

b) Beschreibe den Verlauf der Spannung während der ganzen Fahrt mit Zeitangaben. Begründe die Vorzeichen.

0 bis 4 s: Die Spule fährt hinein. Bis sie ganz im Feld ist, braucht sie $\frac{8\ cm}{2\ cm/s}$ = 4 s. So lange wächst der Fluss gleichmäßig, U = 40 mV.

4 bis 10 s: Die Spule ist ganz im Feld, $\frac{20\ cm - 8\ cm}{2\ cm/s}$ = 6 s lang. Der Fluss ändert sich nicht, also U = 0.

10 bis 14 s: Die Spule fährt hinaus. Wieder 4 s lang 40 mV, aber mit umgekehrtem Vorzeichen: Jetzt nimmt der Fluss ab statt zu, nach der Lenzschen Regel fließt der Induktionsstrom andersherum.

4 Berechne die Induktion durch ein sich änderndes Feld.

Lange Spule: $B = \frac{\mu 0 \cdot N \cdot I}{l}$. Induktion: $U_ind = \frac{N \cdot \Delta\Phi}{\Delta t}$ mit $\Phi = B \cdot A$. Ändert sich nur B, ist $\Delta\Phi = \Delta B \cdot A$. 1 cm² = 10^{-4} m².

a) In einer langen Feldspule (N1 = 1000, l = 50 cm) steigt der Strom in 0,2 s gleichmäßig von 0 auf 2 A. In ihr liegt eine Induktionsspule mit N2 = 200 Windungen und A = 10 cm².
Berechne die Flussdichte am Ende.

$B = \frac{\mu 0 \cdot N1 \cdot I}{l}$

$B = \frac{1{,}257 \cdot 10^{-6}\ Vs/(Am) \cdot 1000 \cdot 2\ A}{0{,}5\ m}$

$B \approx 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ T = 5{,}0\ mT$

b) Berechne die Flussänderung und die induzierte Spannung. Wie groß ist sie, wenn der Strom danach in 0,05 s abgeschaltet wird?

$A = 10\ cm^2 = 10 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 10^{-3}\ m^2$

$\Delta\Phi = \Delta B \cdot A = 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ T \cdot 10^{-3}\ m^2 = 5{,}0 \cdot 10^{-6}\ Wb$

$U_ind = \frac{N2 \cdot \Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{200 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-6}\ Wb}{0{,}2\ s} = 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ V = 5\ mV$

Abschalten: Der Fluss nimmt um denselben Betrag ab, aber in 0,05 s, also in einem Viertel der Zeit.

$U_{ind} = \frac{200 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-6}\ Wb}{0{,}05\ s} = 0{,}02\ V = 20\ mV$, mit umgekehrtem Vorzeichen

5 Berechne die Scheitelspannung eines Generators.

Dreht sich eine Spule gleichmäßig im Feld, ist $U(t) = U_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ mit $U_{max} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$ und $\omega = 2\pi \cdot f$.

a) Eine Spule (N = 250, A = 0,02 m²) dreht sich mit f = 50 Hz in einem Feld mit B = 0,1 T. Berechne U_{max}.

$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 50\ Hz \approx 314\ \frac{1}{s}$

$U_{max} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$

$U_{max} = 250 \cdot 0{,}1\ T \cdot 0{,}02\ m^2 \cdot 314\ \frac{1}{s} \approx 157\ V$

b) Wie ändert sich die Spannung, wenn man doppelt so schnell dreht? Begründe.

U_{max} ist proportional zu ω: Dreht man doppelt so schnell, ändert sich der Fluss doppelt so schnell, und U_{max} verdoppelt sich. Zugleich verdoppelt sich die Frequenz der Wechselspannung auf 100 Hz.

6 Erkläre mit der Lenzschen Regel.

Lenzsche Regel: Der Induktionsstrom ist so gerichtet, dass sein Magnetfeld der Ursache der Induktion entgegenwirkt.

a) Ein starker Magnet fällt durch ein senkrechtes Kupferrohr viel langsamer als daneben. Erkläre.

Man kann sich das Rohr als viele übereinanderliegende Kupferringe denken. Der fallende Magnet ändert den Fluss durch diese Ringe, dort werden Wirbelströme induziert. Ihr Magnetfeld

wirkt nach Lenz der Bewegung entgegen und bremst den Magneten. Seine Lageenergie wird zu Wärme im Rohr statt zu Bewegungsenergie.

b) Tim sagt: „Schiebe ich den Magneten schneller in die Spule, bekomme ich mehr elektrische Energie, ohne mehr Kraft aufzuwenden.“ Beurteile.

Die Aussage ist falsch. Schneller hineinschieben heißt größere Spannung und größerer Strom. Nach Lenz wird dann auch die bremsende Kraft größer. Man muss mehr Arbeit verrichten, und genau diese Arbeit steckt in der elektrischen Energie.