

Physik 12 Klausur 3 24.3.2004

Aufgabe 1

- a) Ein quadratischer Kupferrahmen von 40 cm Seitenlänge wird in 0,2 s gleichförmig ganz in ein homogenes, horizontales Magnetfeld von 1,2 T senkrecht zu den B-Feld-Linien geschoben. Der Rahmen hat 5 Windungen.
- Berechne die induzierte Spannung auf zwei Arten.
 - Der Kupferdraht, aus dem der Rahmen besteht, hat einen Widerstand von 0,2 Ohm. Wie groß ist beim Einschieben der induzierte Strom?
- b) Der Rahmen beginnt jetzt vertikal mit der Startgeschwindigkeit 0 m/s in das obige Feld zu fallen.
- Welche Bremskraft erfährt er bei der Geschwindigkeit $v = 2 \text{ cm/s}$?
 - Bei welcher Geschwindigkeit ist die Bremskraft so groß wie seine Gewichtskraft, wenn die Masse des Rahmens 20 g beträgt?
- c) Der Kupferrahmen wird jetzt im B-Feld festgehalten. Das B-Feld wird gleichmäßig in 6 s von 0 T auf 1,2 T hochgeregelt und dann in 2 s von 1,2 T auf 0 T heruntergeregelt.
- Zeichne in ein passendes Gitternetz das Schaubild der B-t-Funktion.
 - Zeichne in dasselbe Gitternetz mit Hilfe entsprechender Rechnungen das Schaubild der induzierten Spannung.

Aufgabe 2

- a) Elektronen sollen in einem Magnetfeld der Flussdichte B eine Kreisbahn durchlaufen.
- Welche Beschleunigungsspannung U müssen Elektronen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit durchlaufen, damit sie die Geschwindigkeit $v = 1,00 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ erreichen?
 - Die Kreisbahn soll den Durchmesser $d = 20 \text{ cm}$ haben. Wie groß muss dann der Betrag der magnetischen Flussdichte sein?
 - Wie groß ist die Umlaufzeit T?
- b) Die Elektronen mit obiger Geschwindigkeit sollen jetzt eine Schraubenlinie durchlaufen. Dazu beträgt der Winkel zwischen Einschussrichtung und obigem Magnetfeld 70° .
- Berechne den Durchmesser d' sowie die Ganghöhe h der Schraubenlinie (Skizze ist verlangt).

Aufgabe 3

Eine eisengefüllte Spule, die in ihrem Inneren ein homogenes Magnetfeld erzeugt, hat die Daten:

Baujahr:	1996	Preis:	298 DM
Masse:	2,8 kg	Drahtmaterial:	Kupfer
Länge:	43,5 cm	Durchmesser:	8,3 cm
Windungszahl:	6300	rel. Permeabilität:	2050
Ohmscher Widerstand:	150 Ohm	wasser- bzw. biergekühlt	
Hersteller:	Vereinigte Draht- und Eisenverbiegungshütten Eriwan		

- a) Berechne die Eigeninduktivität dieser Spule.
 b) Die Spule wird an eine Gleichspannung von 60 V angeschlossen. Dabei misst man beim Einschalten folgenden Strom-Zeit-Verlauf:

Zeit t/s	0	1	3	5	7	10	15	20	40
Strom I/mA	0	45	120	178	225	277	332	364	397

Zeichne ein Strom-Zeit-Diagramm für die ersten zwanzig Sekunden in einem übersichtlichen Maßstab.

- c) Bestimme damit zu den Zeiten 3s und 7s die Eigeninduktivität der Spule.

$e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Tm/A}$

Lösungen:

Aufgabe 1: a) geg: $b = 0,4\text{m}$ $t = 0,2\text{s}$ $B = 1,2\text{T}$ $n = 5$

ges: Spannung U_{ind} auf 2 Arten:

1. Weg:

$$U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = B \cdot \frac{b}{t} \cdot n \cdot b = 1,2\text{T} \cdot \frac{0,4\text{m}}{0,2\text{s}} \cdot 5 \cdot 0,4\text{m} = 4,8\text{V}$$

2. Weg: Rechnen mit Flächenänderung

$$U_{\text{ind}} = n \cdot (\dot{B} \cdot A + \dot{A} \cdot B) \quad B \text{ ändert sich nicht} \Rightarrow \dot{B} = 0$$

$$U_{\text{ind}} = n \cdot \dot{A} \cdot B = 5 \cdot \frac{0,4^2\text{m}^2}{0,2\text{s}} \cdot 1,2\text{T} = 4,8\text{V}$$

geg: $R = 0,2\Omega$

laut ohm'schem Gesetz gilt:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4,8\text{V}}{0,2\Omega} = 24\text{A}$$

b) neue Geschwindigkeit $v = 2\text{ m/s}$

Lorentzkraft wirkt als Bremskraft:

$$F_L = F_{\text{Brems}} = n \cdot B \cdot I \cdot s = \frac{n^2 \cdot B^2 \cdot d^2 \cdot v}{R} = \frac{5^2 \cdot (1,2\text{T})^2 \cdot (0,4\text{m})^2 \cdot 0,02}{0,2\Omega} = 0,576\text{N}$$

Lorentzkraft soll gleich Gewichtskraft werden:

$$F_L = G$$

$$B \cdot I \cdot s = m \cdot g$$

$$v = 0,79\text{ cm/s}$$

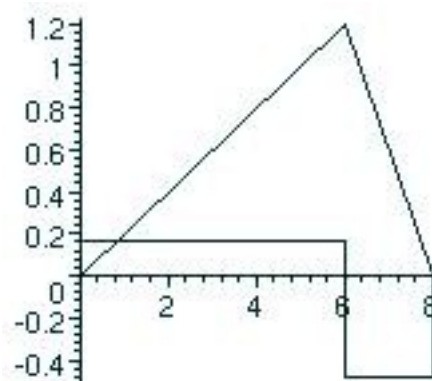
c) Phase I:

$$U_{\text{ind}} = n \cdot (\dot{A} \cdot B + \dot{B} \cdot A) \quad \text{Die Fläche ändert sich nicht} \Rightarrow \dot{A} = 0$$

$$U_{\text{ind}} = n \cdot \dot{B} \cdot A = n \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot A = 5 \cdot \frac{1,2\text{T}}{6\text{s}} \cdot 0,4^2\text{m}^2 = 0,16\text{V}$$

Phase II:

$$U_{\text{ind}} = n \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot A = 5 \cdot \frac{(-1,2\text{T})}{2\text{s}} \cdot 0,4^2\text{m}^2 = -0,48\text{V}$$



Aufgabe 2: a) geg: $v = 10^7 \text{ m/s}$ $v_0 = 0$ $r = 0,1\text{m}$

Beschleunigungsspannung:

$$U = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot e} = \frac{(10^{7\text{m}})^2 \text{ kg}}{2 \cdot 1,76 \cdot 10^{11} \text{ C s}^2} = 284,1 \text{ V}$$

Damit ein e^- eine Kreisbahn beschreibt, muss die Lorentzkraft wie eine Zentripetalkraft wirken.

$$F_L = F_Z$$

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

$$B = \frac{m \cdot v}{r \cdot e} = \frac{(10^{7\text{m}} \text{ kg})^2}{0,1 \text{ m} \cdot 1,76 \cdot 10^{11} \text{ C s}^2} = 5,68 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

Umlaufzeit:

$$T = \frac{2 \cdot \text{Pi} \cdot r}{v} = \frac{2 \cdot \text{Pi} \cdot 0,1 \text{ m}}{10^7 \text{ m/s}} = 6,28 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

b) Geschwindigkeit parallel zum B-Feld:

$$v_p = \cos(70) \cdot 10^7 \text{ m/s} = 3,42 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Geschwindigkeit senkrecht zum B-Feld:

$$v_s = \sin(70) \cdot 10^7 \text{ m/s} = 9,4 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Durchmesser d ist nur von v_s abhängig:

$$d = \frac{2 \cdot m \cdot v}{B \cdot e} = \frac{2 \cdot 9,4 \cdot 10^6 \text{ m kg}}{5,68 \cdot 10^{-4\text{T}} \cdot 1,76 \cdot 10^{11} \text{ C s}} = 18,8 \text{ cm}$$

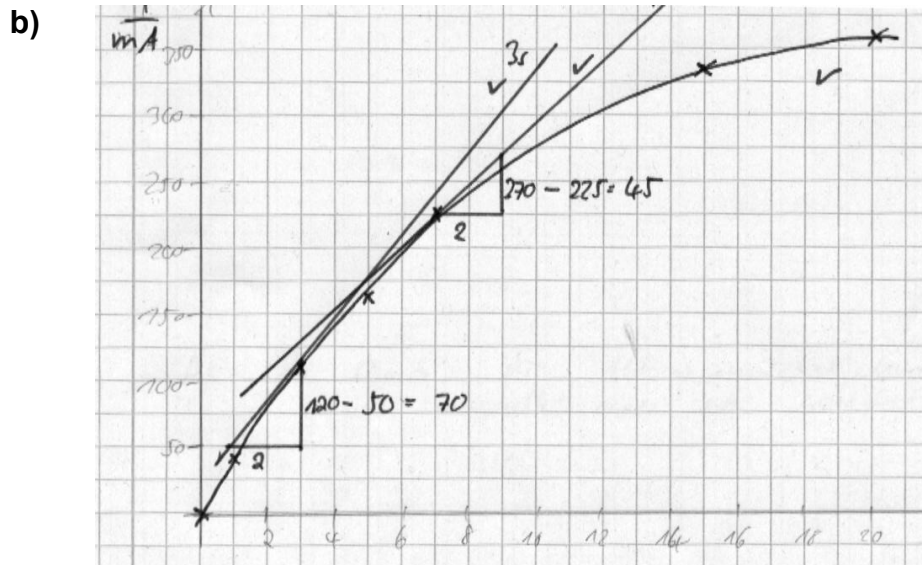
Ganghöhe h ist nur von v_p abhängig, da die Bewegung in Richtung des Magnetfelds geht, handelt es sich um eine gleichförmige Bewegung:

$$h = v_p \cdot T = 3,42 \text{ m/s} \cdot 6,28 \cdot 10^{-8\text{s}} = 21,5 \text{ cm}$$

Aufgabe 3: a) geg: $n = 6300 \text{ l} = 0,435\text{m}$ $r = 0,0415\text{m}$ $A = 0,00541\text{m}^2$

Eigeninduktivität der Spule:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A \cdot n^2}{l} = \frac{1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Tm/A} \cdot 2050 \cdot 0,00541 \text{ m}^2 \cdot 6300^2}{0,435 \text{ m}} = 1271 \text{ H}$$



c) Der induzierte Strom wirkt nach Lenz gegen die angelegte Spannung

nach dem ohm'schem Gesetz gilt: $I = \frac{U}{R}$

$$I(t) = \frac{U_{\text{Batt}} + U_{\text{ind}}}{R} = \frac{U_{\text{Batt}} - L \cdot \dot{I}(t)}{R}$$

abgelesene Tangentensteigungen:

$$t_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = \frac{0,07 \text{ A}}{2 \text{ s}} = 0,035 \text{ A/s}$$

$$t_5 = \frac{\Delta I_5}{\Delta t} = \frac{0,045 \text{ A}}{2 \text{ s}} = 0,0225 \text{ A/s}$$

Eigeninduktivität der Spule:

$$L_3 = \frac{U_{\text{Batt}} - L \cdot I \cdot R}{\dot{I}_3(t)} = \frac{60 \text{ V} - 0,12 \text{ A} \cdot 150 \Omega}{0,035 \text{ A/s}} = 1200 \text{ H}$$

$$L_5 = \frac{60 \text{ V} - 0,12 \text{ A} \cdot 150 \Omega}{0,0225 \text{ A/s}} = 1866,7 \text{ H}$$

Die Abweichung zu der rechnerisch bestimmten Lösung von 1271H ist auf die Ablesungenauigkeit zurückzuführen.

Lösung von Sven Reichel www.sven-reichel.de