Vorbemerkung

Dies ist ein korrigierter Übungszettel aus dem Modul physik211.

Dieser Übungszettel wurde von einem Tutor korrigiert. *Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.*

Alle Übungszettel zu diesem Modul können auf http://martin-ueding.de/de/university/bsc_physics/physik211/ gefunden werden.

[disclaimer]

physik210 Übung 11

Gruppe 2
Tutor: Tobias Guttenberger

Martin Ueding
mu@uni-bonn.de

Christoph Hansen
christophhansen@uni-bonn.de

26. Juni 2012

Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
Punkte	6 / 6	2 / 4	3 / 3	0 / 9	7 / 7	18 / 29

1 Helmholtzspulen

1a Feldstärke

Wir können das Magnetfeld mit dem Magnetfeld von zwei kreisförmigen Leiterschleifen darstellen, dann lässt sich einfach über $B\left(x+\frac{d}{2}\right)+B\left(x-\frac{d}{2}\right)$ berechnen.

$$B(x) = 4I\mu_0 R^2 \left(\frac{1}{(5R^2-4Rx+4x^2)^{3/2}} + \frac{1}{(5R^2+4Rx+4x^2)^{3/2}} \right) \checkmark$$

1b Ableitungen verschwinden

Die Ableitungen können wir bestimmen:

$$B'(x) = 48I\mu_0 R^2 \left(\frac{R-2x}{2\,(5R^2-4Rx+4x^2)^{5/2}} - \frac{\frac{R}{2}+x}{(5R^2+4Rx+4x^2)^{5/2}} \right)$$

$$B'(0) = 0 \quad \checkmark$$

Und die zweite Ableitung:

$$B''(x) = 48I\mu_0 R^2 \left(\frac{5(R-2x)^2}{(5R^2-4Rx+4x^2)^{7/2}} - \frac{1}{(5R^2-4Rx+4x^2)^{5/2}} + \frac{5(R+2x)^2}{(5R^2+4Rx+4x^2)^{7/2}} - \frac{1}{(5R^2+4Rx+4x^2)^{5/2}} \right)$$

$$B''(0) = 0$$

$\checkmark$

Und die dritte Ableitung:

$$B'''(x) = 480 I \mu_0 R^2 \left(\frac{7(R-2x)^3}{(5R^2-4Rx+4x^2)^{9/2}} - \frac{3(R-2x)}{(5R^2-4Rx+4x^2)^{7/2}} - \frac{7(R+2x)^3}{(5R^2+4Rx+4x^2)^{9/2}} + \frac{3(R+2x)}{(5R^2+4Rx+4x^2)^{7/2}} \right)$$

$$B'''(0) = 0$$

Hier haben wir noch die Ableitungen und die Funktion selbst dargestellt.

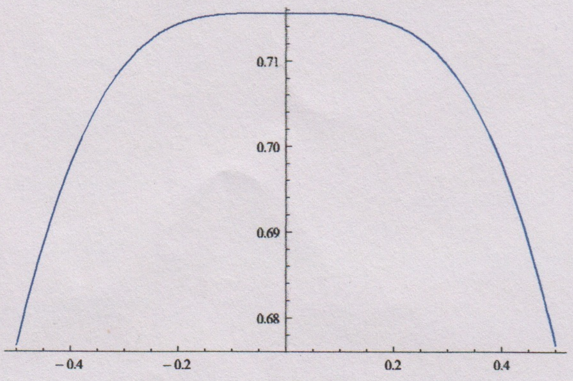

Abbildung 1: $B(x)$

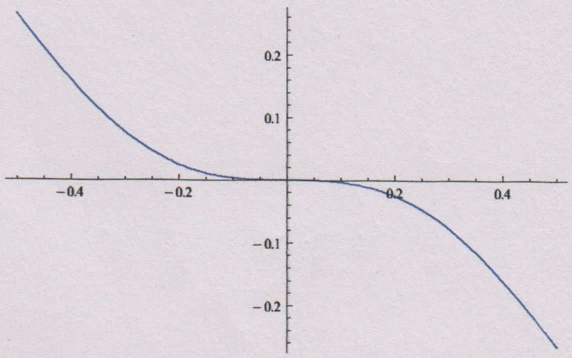

Abbildung 2: $B'(x)$

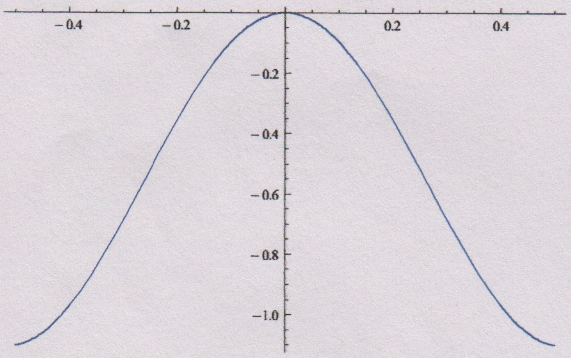

Abbildung 3: $B''(x)$

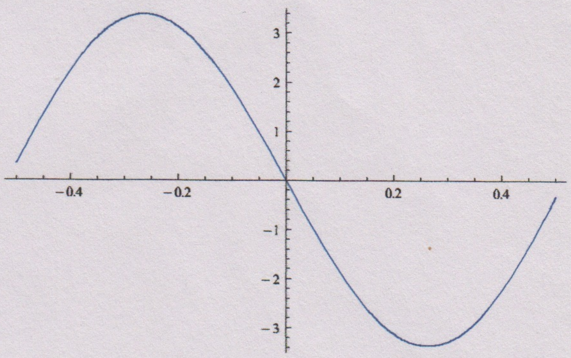

Abbildung 4: $B'''(x)$

$B\cancel{D}(x) = ?$

2 Magnetischer Dipol

Die Feldstärke in einer langen Spule ist $B = \mu_0 \frac{n}{L} I$. Wenn wir nun einen Meter betrachten verschwindet das $\frac{1}{L}$. Gleichzeitig betrachen wir auch eine einen Meter lange Magnetnadel. Damit ergibt sich für das auf die Magnetnadel wirkende Magnetfeld:

$$B = \mu_0 n I$$

Wir gehen im folgenden davon aus, das das Erdmagnetfeld parallel zum Boden verläuft. Dann ergibt sich aus der geometrischen Betrachtung:

$$B_E = \mu_0 n I \tan(\alpha)$$

+2

Wort?

3 Spule im Magnetfeld

Die durchsetzte Fläche ist $A = ab\cos(\omega t + \phi_0)$. Mit $\phi = B \cdot A$ ergibt sich:

$$\phi = B \cdot ab \cdot \cos(\omega t + \phi_0)$$

Die in einer Leiterschleife induzierte Spannung ist grade $U_i = -\frac{\mathrm{d}\phi}{\mathrm{d}t}$. Wir setzen ein:

$$U_i = -\frac{B \cdot ab \cdot \cos(\omega t + \phi_0)}{\mathrm{d}t}$$

$$U_i = -B \cdot ab \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \phi_0)$$

Das ist die induzierte Spannung in Abhängigkeit der durchsetzen Fläche. Man erkennt hier leicht, das es sich um Wechselspannung handeln muss. Über Bürsten an der Leiterschleife kann diese abgegriffen werden.
Wenn die Winkelgeschwindigkeit hoch genug ist, wird der Verlauf der Spannung uninteressant. Der Sinusterm fällt einfach weg und man kann $U_i = -B \cdot ab \cdot \omega$ einfach den Maximalwert der induzierten Spannung errechnen.

4 Lorentz-Kraft und Induktion

4a

Der Strom durch den Stab ist $I = \frac{U_0}{R}$. Die Kraft auf einen Leiter im Magnetfeld ist $F = lIB$. Diese Formel findet man in jeder Formelsammlung und kann mittels der Formel für die Lorentzkraft auf Elektronen und der Zahl der Elektronen im Leiter ($N = nAl$) hergeleitet werden. Wir setzen ein:

$$F = l\frac{U_0}{R}B$$

2 0

4b

Durch die Bewegung des Leiters mit der Geschwindigkeit v in einem homogenen Magnetfeld, werden sich Elektronen am hinteren Ende des Stabes ansammeln und positive Atomrümpfe am vorderen Ende des Stabes hinterlassen. Es baut sich ein elektrisches Feld auf, bis im stationären Zustand das elektrische Feld im Gleichgewicht mit der Lorentzkraft steht:

$$qE + qvB = 0$$

?

Hier fehlen noch Inhalte.

5 Selbstinduktion

5a

Wir rechnen zunächst die Länge der Spule aus. Da das Konstrukt ringförmig ist berechnen wir einfach den Umfang.

$$U = l = 2\pi r_s = \frac{1}{10}\pi$$

Damit können wir die Induktivität L der Spule errechnen:

$$L = \frac{\mu_0\mu_r N^2 \pi r_e^2}{l} = 0.068$$

Mit der Induktivität können wir jetzt die Stromstärke $I(t)$ bestimmen.

$$\begin{aligned} I(t) &= I_0 e^{\frac{-t}{\tau}} \\ &= I_0 e^{\frac{-tR_L}{L}} \end{aligned}$$

Ohmsches Gesetz

$$\begin{aligned} &= I_0 e^{\frac{-tU_0}{LI_0}} \\ &= 2.00158\,\mathrm{A} \end{aligned}$$

5b

Wir hatten in der Vorlesung eine Formel für den Einschaltvorgang:

$$U_0 = RI + \underbrace{L\dot{I}}_{=\,U_{ind}}$$

Für $t \to \infty$ muss also gelten $I(t) = \frac{U_0}{R}$. Wir setzen jetzt in die Formel für den Einschaltvorgang ein:

$$I(I_0 \cdot 0.99) = \frac{U_0}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{tR}{L}}\right)$$

Wenn man jetzt nach t auflöst dann kommt man auf $t = 0.368\,\mathrm{s}$.