**Aufgaben** zur Experimentalphysik 2 - Lösungen - Thorsten Wolf - 28.02.08

# 1 Biot-Savart

1. Zuerst suchen wir das Magnetfeld eines Kreisbogens in seinem Mittelpunkt. ds sei ein infinitesimal kleines Kreisbogensegment und r der Vektor vom Kreisbogen zum Mittelpunkt. ds und r stehen senkrecht aufeinander. Für die Beträge gilt: $dB = \frac{\mu_o I ds}{4\pi r^2}$
Ströme von links nach rechts führen zu einem B-Feld in die Zeichenebene hinein, was wir als positiv betrachten.
Da für jede Stelle des Kreisbogens das Feld in P gleich ist gilt: $B = \frac{\mu_o I s}{4\pi r^2} = \frac{\mu_o I \Theta}{4\pi r}$, mit Bogenlänge s
Auf unser Beispiel angewandt ergibt sich: $B = \frac{\mu_o I \Theta}{4\pi}(\frac{1}{b} - \frac{1}{a})$ (die radial gerichteten Ströme rufen Magnetfeld an P hervor)

2. Legen Sie die Ampere'sche Schleife so an den Rand des Magnetfelds, dass sich die eine zu den Feldlinien parallele Seite innerhalb des B-Felds befinde, die andere außerhalb. Der von der Ampere'schen Schleife eingeschlossene Strom ist Null. Also muss auch das geschlossene Kurvenintegral über B Null sein. Entlang der zum B-Feld senkrechten Komponenten und der zum Feld parallelen Komponente außerhalb ist das Integral über Bds Null. Entlang der zum B-Feld parallelen Komponente unserer Schleife innerhalb des Felds, ist das Integral jedoch nicht Null. Das ist ein Widerspruch zum Ampere'schen D Gesetz. Hieraus folgern wir, dass es keine Felder gibt, die abrupt aufhören.

3. a) Nehmen wir an, das Feld sei nicht parallel, sondern schaue nach links oben. Polen wir die Stromrichtung um, folgt mit Biot-savart, dass sich auch die Feldrichtung umdreht. Also zeigt das Feld nun nach rechts unten. Drehen wir nun die gesamte Anordnung um 180 Grad um eine Achse senkrecht zur stromführenden Schicht, ist die Stromverteilung wie zu Beginn. Da unser B-Feld mitgedreht wurde, zeigt es jetzt nach links unten. Es müsste aber in die gleiche Richtung wie zu Beginn zeigen. Folglich muss das Feld parallel zur Schicht verlaufen.
Wenden wir die Rechte-Daumen-Regel auf unseren Strom an, erhalten wir für die Richtung von B: oberhalb der Platte nach links, unterhalb nach rechts. Wie in der Zeichnung zu sehen.
b) Legen wir eine rechteckige Amperesche Schleife mit einer x-Längeneinheit als Breite und beliebiger Höhe auf die stromführende Platte, erhalten wir für das Integral von B entlang dieser Kurve: $2Bx = \mu_0 \lambda x$ hieraus folgt, was zu zeigen war.

# 2 Induktion

1. a) Mit dem Faradayschen Induktionsgesetz gilt: $U = -\frac{d\phi_B}{dt}$
Der Strom im Ring folgt ist $I = U/R = -\frac{1}{R}\frac{d\phi_B}{dt}$ Die Ladung , die zwischen Zeit 0 bis t den Widerstand durchläuft ergibt sich als Integral über den Strom nach der Zeit von 0 bis t.
$q = -\frac{1}{R}\int_0^t \frac{d\phi_B}{dt}dt = -\frac{1}{R}\int_{\phi_B(0)}^{\phi_B(t)} d\phi_B = \frac{1}{R}[\phi_B(0) - \phi_B(t)]$
q wird nur durch die Änderung des magnetischen Flusses bestimmt, wie er sich geändert hat spielt keine Rolle.
b) Aus $\phi_B(0) = \phi_B(t)$ folgt, dass q Null ist, das heißt aber nicht, dass der induzierte Strom während der ganzen Zeit von 0 bis t Null war. Ist er erst positiv und später die gleiche Zeit bei gleicher Stromstärke negativ, ist q ebenso Null.

2. a) Die Spulenfläche ist A=ab. Zu einer gewissen Zeit bildet die Normale auf der Spulenfläche den Winkel $\theta$ mit dem Magnetfeld. Für den magnetischen Fluss durch die Spule gilt dann:
$\phi_B = NabBcos\theta$ Das F. Induktionsgesetz liefert: $U = -\frac{d\theta_B}{dt} = [NabBsin\theta]\frac{d\theta}{dt}$
$\frac{d\theta}{dt} = \omega = 2\pi f$ und $\theta = 2\pi ft$
Hieraus folgt $U = 2\pi fNabBsin(2\pi ft) = U_0 sin(2\pi ft)$ mit $U_0 = 2\pi fNabB$
b)Wir wollen $U_0 = 2\pi fNabB = 150V$ daraus folgt: $Nab = \frac{\epsilon_0}{2\pi fB} = 0,796m^2$
Genauer ist die Spule durch die Angabe nicht bestimmt.

3. a) In der Spule wird eine Gegenspannung induziert, sodass der anfängliche Strom durch die Spule Null ist. Es folgt:
$I_1 = I_2 = \frac{U}{R_1+R_2} = 3,33A$
b) Lange Zeit nach dem Öffnen, sind alle Ströme konstant, folglich kann die Spule durch einen Draht (Leiter) ersetzt werden. Der Strom in $R_3$ist $I_1 - I_2$. Aus der Maschenregel folgt:
$U - I_1R_1 - I_2R_2 = 0$ und $U - I_1R_1 - (I_1 - I_2)R_3 = 0$
Gleichungssystem lösen liefert: $I_1 = \frac{U(R_2+R_3)}{R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3} = 4,55A$
$I_2 = \frac{UR_3}{R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3} = 2,73A$
c) Die linke Masche ist nun unterbrochen. Da hier keine Spule vorhanden ist, sinkt der Strom $I_1$sofort auf Null.
Der Strom durch $R_3$ ändert sich nur geringfügig, da sich in seiner Masche eine Spule befindet, die das sinkende Feld aufrecht zu erhalten versucht. Unmittelbar nach dem Öffnen ist der Strom durch $R_3$ so groß wie vor dem Öffnen:
$I_1 - I_2 = 1,82A$. Das ist ebenso die Stromstärke durch $R_2$
d) Keine Spannungsquellen mehr: Strom überall Null

# 3 Wechselstrom

1. a)$1,5\mu s = T/2$
b)$f = 1/T = 3,33.. \cdot 10^5 Hz$
c)beide Mal gleiches wie in a $T = 3\mu s$

2. Man vergleicht die mittlere Leistung des gegebenen Wechselstroms mit der mittleren Leistung eines zu ermittelnden Gleichstroms $P = RI^2$ im Falle des Wechselstroms integriere man P nach dt über eine Periodendauer und teile es anschließend durch die Periodendauer. So erhält man die mittlere Leistung.
$cos^2(x)$gemittelt ist $1/2$
So folgt, dass die mittlere Leistung $\frac{1}{2}RI_0^2$ist. Für den Gleichstrom der die gleiche mittlere Leistung hat muss gelten: $I^2 = \frac{1}{2}I_o^2$ Hieraus folgt: $I = \frac{1}{\sqrt{2}}I_0$

# 4 Strahlung

1. Strahlungsdruck auf absorbierendes Medium $P = I/c = \frac{10W/m^2}{c}$
Kraft $F = PA = P \cdot 0,0002m^2$

# 5 Relativistik

1. a) Die 0,99 c sind 0,99 Lichtjahre pro Jahr. Zeitdifferenz ist Ortsdifferenz durch geschwindigkeit: 26,3 Jahre
b)Das Signal wird als elektromagnetische Welle angenommen, deshalb braucht es 26 Jahre. Gesamtzeit ergibt sich als Summe zu 52,3 Jahren
c)Die richtige Zeitdifferenz wird in einer Uhr im Raumschiff gemessen. $\Delta t_0 = \Delta t/\gamma = 3,7$Jahre