2. Probeklausur in Experimentalphysik 2

Prof. Dr. C. Pfleiderer

Sommersemester 2015

8. Juli 2015

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Einseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

Aufgabe 1 (6 Punkte)

Zwei Punktladungen $q_1 = 10^{-9}$C und q_2 befinden sich auf der x-Achse bei $x_1 = 0$cm und $x_2 = 3$cm. Eine dritte Punktladung $q_3 = 0,5 \cdot 10^{-9}$ hat von der Ladung q_1 und der Ladung q_2 den gleichen Abstand $r = 2,5$cm (und liegt zunächst nicht auf der x-Achse).

(a) Wie groß ist die auf die Ladung q_3 wirkende Kraft $\vec{F}$, wenn $q_2 = -4q_1$ ist?

(b) Wie groß ist $\vec{F}$, wenn $q_2 = q_1$ ist?

(c) Die Ladung q_3 befindet sich nun auf der x-Achse. Skizzieren Sie den Verlauf der Kraft $F(x)$ auf die Ladung q_3 für die unter b) gegebenen Ladungen $q_1 = q_2$, wenn q_3 entlang der x-Achse bewegt wird (von $-\infty$ bis ∞). Gibt es Stellen, an denen die resultierende Kraft auf die Ladung q_3 Null ist? Wenn ja, berechnen Sie diese.

Lösung:

(a) Man benutzt das Superpositionsprinzip und erhält:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1 q_3}{r^3}\vec{r}_1 + \frac{q_2 q_3}{r^3}\vec{r}_2\right) \tag{1}$$

mit $\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} 1,5\text{cm} \\ \sqrt{r^2 - (1,5\text{cm})^2} \end{pmatrix}$ und $\vec{r}_2 = \begin{pmatrix} -1,5\text{cm} \\ \sqrt{r^2 - (1,5\text{cm})^2} \end{pmatrix}$

[1,5]

Mit $r = 2,5$cm erhält man schließlich

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\begin{pmatrix} 1,5\text{cm} \cdot (q_1 q_3 - q_2 q_3) \\ \sqrt{r^2 - (1,5\text{cm})^2} \cdot (q_1 q_3 + q_2 q_3) \end{pmatrix} \tag{2}$$

Mit $q_2 = -4q_1$ folgt dann für die resultierende Kraft:

$$\vec{F} = \begin{pmatrix} 2,16 \\ -1,73 \end{pmatrix} \cdot 10^{-5}\text{N} \tag{3}$$

bzw.

$$|\vec{F}| = 2,77 \cdot 10^{-5}\text{N} \tag{4}$$

[1]

(b) Mit $q_1 = q_2$ folgt aus (2):

$$\vec{F} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1,15 \end{pmatrix} \cdot 10^{-5}\text{N} \tag{5}$$

bzw.

$$|\vec{F}| = 1,15 \cdot 10^{-5}\text{N} \tag{6}$$

[1]

(c) Jetzt befindet sich q_3 auf der x-Achse und für die resultierende Kraft auf q_3 am Ort x gilt:

$$F = F_1 + F_2 = -\frac{q_1 q_3}{4\pi\varepsilon_0 x^2} - \frac{q_1 q_3}{4\pi\varepsilon_0 |3\text{cm} - x|^2} \tag{7}$$

Damit die resultierende Kraft auf q_3 verschwindet, muss gelten:

$$0 = -\frac{q_1 q_3}{4\pi\varepsilon_0 x^2} - \frac{q_1 q_3}{4\pi\varepsilon_0 |3\text{cm} - x|^2} \tag{8}$$

was sich vereinfacht zu

$$0 = -q_1(3\text{cm} - x)^2 - q_1 x^2 \Rightarrow x = 1,5\text{cm} \tag{9}$$

[1]

Es ergibt sich folgender Graph für die Kraft auf q_3 in Abhängigkeit vom Ort x.

[1,5]

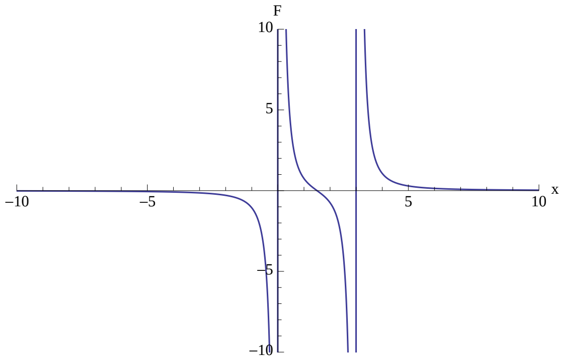
Aufgabe 2 (6 Punkte)

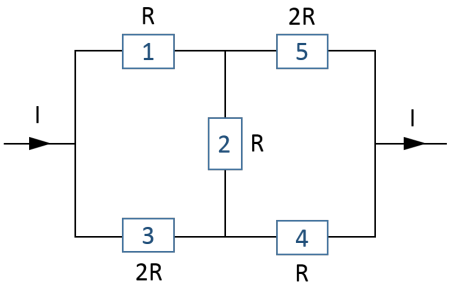
Betrachten Sie die in der Abbildung gezeigte Anordnung von 5 Widerständen als Vielfache von R. Durch die Anordnung fließe ein Strom I.

(a) Stellen Sie die Gleichungen für das Gleichungssystem auf, wenn Sie die Ströme durch die verschiedenen Widerstände berechnen wollen. Sie müssen das Gleichungssystem nicht lösen!

(b) Wenn man dieses Gleichungssystem löst erhält man folgende Ströme $I_1 = \frac{3}{5}I$, $I_2 = \frac{1}{5}I$, $I_3 = \frac{2}{5}I$, $I_4 = \frac{3}{5}I$, $I_5 = \frac{2}{5}I$ Welcher Anteil der gesamten Wärmeleistung wird in Widerstand 2 umgesetzt?

(c) Wie groß ist der Gesamtwiderstand der Anordnung?





Lösung

(a) Es gilt die Knotenregel:

$$I_1 + I_3 = I \tag{10}$$
$$I_2 + I_5 = I_1 \tag{11}$$
$$I_3 + I_2 = I_4 \tag{12}$$
$$I_5 + I_4 = I \tag{13}$$

und die Maschenregel:

$$RI_1 + RI_2 - 2RI_3 = 0 \quad \Rightarrow I_1 + I_2 = 2I_3 \tag{14}$$
$$RI_2 + RI_4 - 2RI_5 = 0 \quad \Rightarrow I_2 + I_4 = 2I_5 \tag{15}$$

[**3**]

(b) Die gesamte Wärmeleistung ist

$$P_{ges} = \sum_i P_i \tag{16}$$
$$= RI_1^2 + RI_2^2 + 2RI_3^2 + RI_4^2 + 2RI_5^2 \tag{17}$$
$$= \left(\frac{9}{25} + \frac{1}{25} + \frac{8}{25} + \frac{9}{25} + \frac{8}{25}\right) RI^2 \tag{18}$$
$$= \frac{7}{5} RI^2 \tag{19}$$

und für den Anteil von P_2 erhält man

$$\frac{P_2}{P_{ges}} = \frac{\frac{1}{25}RI^2}{\frac{35}{25}RI^2} = \frac{1}{35} \approx 2,9\% \tag{20}$$

[2]

(c) Der Ersatzwiderstand der Anordnung lässt sich direkt aus Teilaufgabe b) ablesen:

$$P_{ges} = R_{ges}I^2 \quad \Rightarrow R_{ges} = \frac{7}{5}R \tag{21}$$

[1]

Aufgabe 3 (7 Punkte)

Ein Plattenkondensator (Plattenfläche 4 cm^2, Plattenabstand $3mm$) befindet sich im Vakuum. Zur Zeit $t = 0$ sei keine Ladung auf den Platten. Für $t > 0$ werden die Platten mit einem konstanten Strom $I_C = 2\ mA$ aufgeladen.

(a) Berechnen Sie für die Zeit $t = 5,0 \cdot 10^{-6}\ s$ die Ladung auf den Platten, das elektrische Feld zwischen den Platten sowie die Potentialdifferenz zwischen den Platten.

(b) Berechnen Sie die zeitliche Änderung $\frac{dE}{dt}$ des elektrischen Feldes zwischen den Platten.

(c) Wie groß ist die Verschiebungsstromdichte j_D zwischen den Platten? Berechnen Sie den Verschiebungsstrom $I_D = j_D A$ und vergleichen Sie ihn mit I_C.

(d) Nach weiteren $5,0 \cdot 10^{-6}s$ wird die Aufladung unterbrochen und der Kondensator wird über einen Widerstand $R = 1\ \Omega$ entladen.
Durch welche Differentialgleichung wird die zeitliche Änderung der Ladung nach Schließen dieses Stromkreises beschrieben? Lösen Sie diese und geben Sie einen Ausdruck für $Q = Q(t)$ als Funktion der Zeit nach Beginn des Entladevorganges an.

(e) Nach welcher Zeit T ist die Ladung auf den 1/e-ten Teil ihres ursprünglichen Wertes abgesunken?

Lösung

(a)

$$Q = I_C \cdot t = 5,0 \cdot 10^{-6}s \cdot 2 \cdot 10^{-3}A = 1 \cdot 10^{-8}C$$

Mit $U = E \cdot d$, $C = \frac{Q}{U}$ und $C = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d}$ erhält man für das elektrische Feld

$$\begin{aligned} E &= \frac{Q}{C \cdot d} = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot A} = \frac{1 \cdot 10^{-8}C}{8,854 \cdot 10^{-12}A^2s^2N^{-1}m^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-4}m^2} \\ &= 2,82 \cdot 10^6 NC^{-1} \end{aligned}$$

und für die Spannung

$$\begin{aligned} U &= E \cdot d = 2,82 \cdot 10^6 NC^{-1} \cdot 3 \cdot 10^{-3}m \\ &= 8,46 \cdot 10^3 V. \end{aligned}$$

[**2**]

(b)

$$\frac{dE}{dt} = \frac{I_C}{\epsilon_0 \cdot A} = \frac{2 \cdot 10^{-3} A}{8,854 \cdot 10^{-12} A^2 s^2 N^{-1} m^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-4} m}$$
$$= 5,65 \cdot 10^{11} \frac{N}{Cs}$$

[**1**]

(c)

$$j_D = \epsilon_0 \frac{dE}{dt} = \frac{I_C}{A} = \frac{2 \cdot 10^{-3} A}{4 \cdot 10^{-4} m} = 5Am^{-2}$$
$$I_D = j_D \cdot A = I_C = 2mA$$

[**1**]

(d) Aufstellen der DGL.:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{-Q}{RC}.$$

Lösen der DGL durch Umstellen und Integration:

$$\int_{Q_0}^{Q} \frac{dQ'}{Q'} = \int_0^t -\frac{dt'}{RC}$$
$$\ln \frac{Q_0}{Q} = -\frac{t}{RC}$$
$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Dabei gilt für C und Q_0:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8,854 \cdot 10^{-12} A^2 s^2 N^{-1} m^{-2} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-4} m^2}{3 \cdot 10^{-3} m} = 1,18 \cdot 10^{-12} CV{-1}$$
$$Q_0 = I_C \cdot t = 2 \cdot 10^{-3} A \cdot 1 \cdot 10^{-5} s = 2 \cdot 10^{-8} C$$

[**2**]

(e)

$$Q(T) = Q_0 \cdot \frac{1}{e}$$
$$\Rightarrow T = RC = 1VA^{-1} \cdot 1,18 \cdot 10^{-12} AsV^{-1} = 1,18 \cdot 10^{-12} s$$

[**1**]

Aufgabe 4 (4 Punkte)

Eine Gewitterwolke habe eine Ausdehnung von 100 km^2 und befinde sich in 1 km Höhe.

(a) Unter der Annahme, eine Wolke verhalte sich idealerweise wie ein Kondensator: Welche Ladung muss sich auf der Wolke befinden, damit es zu einem Blitz kommt?

Hinweis: Die Durchschlagfeldstärke von Luft beträgt 10^4 V/cm.

(b) Der Blitz entlade die Wolke vollständig, welche Energie wird auf die Erde übertragen?

Lösung

(a) Die Kapazität der Wolke ist gegeben als

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8,8 \cdot 10^{-7}\text{F} \tag{22}$$

[**1**]

Die für die Entladung nötige Spannung beträgt

$$U = 10^4\text{V/cm} \cdot d = 10^9\text{V} \tag{23}$$

[**1**]

Man erhält als für eine Entladung notwendige Spannung

$$Q = CU = 8,8 \cdot 10^2\text{C} \tag{24}$$

[**1**]

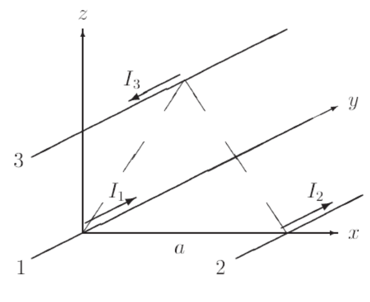
(b) Der Blitzt überträgt damit eine Energie von

$$E = \frac{1}{2}CU^2 = 4,4 \cdot 10^{11}\text{J} \tag{25}$$

[**1**]

Aufgabe 5 (5 Punkte)

Gegeben seien drei unendlich, lange, gerade, parallele Drähte. Draht 1 bilde die y-Achse eines kartesischen Koordinatensystems, Draht 2 liege in der (x, y)-Ebene bei $x = +a$, Draht 3 liege so, dass die Durchstoßpunkte der Drähte durch die (x, z)-Ebene ein gleichseitiges Dreieck bilden (siehe Skizze). Durch die Drähte fließen die Gleichströme $I_1 = I, I_2 = \alpha \cdot I$ mit $\alpha > 0$ und $I_3 = 5I$. Die Stromrichtungen sind der Figur zu entnehmen.



(a) Wie groß ist der Faktor α, wenn die pro Meter Länge auf dem Draht 3 wirkende Kraft den Betrag $\frac{|\vec{F}_3|}{l} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{10I^2}{a} \cdot \sqrt{7}$ hat?

(b) Wie lautet die Komponentendarstellung des Einheitsvektors in Richtung von $\vec{F}_3$?

Lösung

(a) Für die Kraft zwischen zwei geraden stromdurchflossenen Drähten gilt:

$$\vec{F}_{i,j} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} I_i I_j \frac{\vec{r}_{i,j}}{r_{i,j}^2}$$

Hieraus folgt für die Kraft von Draht 2 auf Draht 3:

$$\vec{F}_{32} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} 5I \cdot \alpha I \frac{1}{a^2} a \begin{pmatrix} -\frac{1}{2} \\ 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} = \frac{\mu_0}{2\pi} 5I^2 \cdot \alpha \frac{l}{a} \begin{pmatrix} -\frac{1}{2} \\ 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix}$$

Hieraus folgt für die Kraft von Draht 1 auf Draht 3:

$$\vec{F}_{31} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} 5I \cdot I \frac{1}{a^2} a \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} = \frac{\mu_0}{2\pi} 5I^2 \frac{l}{a} \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix}$$

Die Gesamtkraft auf Draht 3 ist somit:

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{32} + \vec{F}_{31} = \frac{\mu_0}{2\pi} 5I^2 \frac{l}{a} \left(\alpha \begin{pmatrix} -\frac{1}{2} \\ 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \right) = \frac{\mu_0}{2\pi} 5I^2 \frac{l}{2a} \begin{pmatrix} 1-\alpha \\ 0 \\ (\alpha+1)\sqrt{3} \end{pmatrix}$$

[2]

Die Richtung der Kraft ist:

$$\vec{r}_3 = \begin{pmatrix} 1-\alpha \\ 0 \\ (\alpha+1)\sqrt{3} \end{pmatrix} \text{ und } |\vec{r}_3| = 2\sqrt{\alpha^2+\alpha+1}$$

Somit ist der Betrag der Gesamtkraft auf Draht 3:

$$\left|\vec{F}_3\right| = \frac{\mu_0}{4\pi} 5I^2 \frac{l}{a} \cdot 2\sqrt{\alpha^2+\alpha+1}$$

[1]

Hieraus folgt die Kraft pro Meter:

$$\frac{\left|\vec{F}_3\right|}{l} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{10I^2}{a} \cdot \sqrt{\alpha^2+\alpha+1}$$

Mit der in der Aufgabe gegebenen Kraft folgt:

$$7 = \alpha^2 + \alpha + 1 \Rightarrow \alpha_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1+24}}{2} \Rightarrow \alpha_1 = 2, \alpha_2 = -3$$

[1]

(b) Für $\alpha = 2$ wird die Richtung der Kraft auf Draht 3:

$$\vec{r}_3 = \begin{pmatrix} -2+1 \\ 0 \\ (2+1)\sqrt{3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 3\sqrt{3} \end{pmatrix} \text{ und } |\vec{r}_3| = \sqrt{28}$$

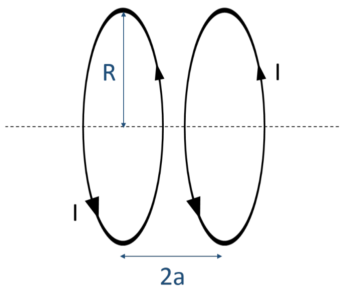
Damit ist der Einheitsvektor:

$$\vec{r}_3 0 = \frac{1}{2\sqrt{7}} \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 3\sqrt{3} \end{pmatrix}$$

[**1**]

Aufgabe 6 (4 Punkte)

Gegeben seien zwei parallele Leiterschleifen im Abstand 2a (siehe Abbildung). Beide werden in gleicher Richtung vom Strom I durchflossen. Berechnen Sie mithilfe des Biot-Savart'schen Gesetzes das Magnetfeld auf der Achse senkrecht durch die beiden Leiterschleifen.



Lösung

Zunächst berechne man das Magnetfeld auf der Achse senkrecht durch den Mittelpunkt einer stromdurchflossenen Leiterschleife. Hierzu wählen wir als Parametrisierung:

$$d\vec{s} = R \begin{pmatrix} -\sin\phi \\ \cos\phi \\ 0 \end{pmatrix} d\phi \qquad \vec{r} = R \begin{pmatrix} -\cos\phi \\ -\sin\phi \\ \frac{z}{R} \end{pmatrix}$$

[**1**]

Also lautet das Biot-Savartsche Gesetz:

$$\begin{aligned} \vec{B}_i(z) &= \int \frac{\mu_0 I}{4\pi r^3} (d\vec{s} \times \vec{r}) \\ &= \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 I R^2}{4\pi r^3} \begin{pmatrix} z\cos\phi/R \\ z\sin\phi/R \\ (\sin^2\phi + \cos^2\phi) \end{pmatrix} d\phi \\ &= \frac{\mu_0 I R^2}{4\pi r^3} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2\pi \end{pmatrix} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{\sqrt{R^2+z^2}^{\,3}} \vec{e}_z \end{aligned}$$

[2]

Für das Magnetfeld von zwei Leiterschleifen gilt das Superpositionsprinzip. Wir setzen Schleife 1 auf $z = -a$ und Schleife 2 auf $z = +a$. Also erhalten wir für das gesamte Magnetfeld:

$$\begin{aligned}\vec{B}_{ges}(z) &= \vec{B}_1(z) + \vec{B}_2(z) \\ &= \frac{\mu_0 I R^2}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{R^2+(z+a)^2}^{\,3}} + \frac{1}{\sqrt{R^2+(z-a)^2}^{\,3}}\right)\vec{e}_z\end{aligned}$$

Hier ist auch z^2 und $(z-2a)^2$ im Nenner möglich bei anderer Wahl des Nullpunktes.

[1]

Aufgabe 7 (5 Punkte)

A und B seien Zwillinge. A reise mit einer Geschwindigkeit von 0,6c zum Stern Alpha Centauri (Abstand zur Erde: 4 Lichtjahre) und kehre sofort zur Erde zurück. Jeder Zwilling sende dem anderen im Abstand von 0,01 Jahren (im jeweiligen Ruhesystem gemessen) Lichtsignale.

(a) Mit welcher Frequenz erhält B Signale, wenn A sich von ihm weg bewegt

(b) Mit welcher Frequenz erhält B Signale, wenn A sich auf ihn zu bewegt?

(c) Wie viele Signale sendet A auf seiner gesamten Reise aus?

(d) Wie viele Signale sendet B während der Reise von A aus?

Lösung

(a) Ein von A gemessenes Zeitintervall Δt_A hat für B die Dauer $\Delta t_B = \gamma \Delta t_A$. Zudem entfernt sich A zwischen den Signalen um die Strecke $v\Delta t_B$. Für diesen zusätzlichen Weg benötigt das Lichtsignal die Zeit $\frac{v}{c}\Delta t_B$. Wenn A jeweils nach $\Delta t_A = 0{,}01a$ ein Signal sendet, so empfängt B ein Signal nach jeweils

$$\begin{aligned}\Delta T &= \Delta t_B + \frac{v}{c}\Delta t_B \\ &= \gamma\left(1+\frac{v}{c}\right)\Delta t_A \\ &= \sqrt{\frac{1+\frac{v}{c}}{1-\frac{v}{c}}}\Delta t_A = 0{,}02\end{aligned}$$

Jahren.

[1,5]

(b) Der Unterschied im gemessenen Zeitintervall bleibt der gleiche. Allerdings verringert sich die Strecke zwischen dem Abschicken der Signale um $\frac{v}{c}\Delta t_B$. Also empfängt B ein Signal nach jeweils

$$\begin{aligned}\Delta T &= \Delta t_B - \frac{v}{c}\Delta t_B \\ &= \gamma\left(1-\frac{v}{c}\right)\Delta t_A \\ &= \sqrt{\frac{1-\frac{v}{c}}{1+\frac{v}{c}}}\Delta t_A = 0,005\end{aligned}$$

Jahren.

[1,5]

(c) Für A beträgt die Entfernung zu Alpha Centauri $l' = \frac{l}{\gamma} = 3,2$ Lj. Somit ist die gesamte Reisezeit für A $\frac{2l'}{0,6c} = 10,66$ Jahre. Zwilling A sendet alle 0,01 Jahre ein Signal aus, somit sendet er insgesamt 1066 Signale (lässt sich auch mit Zeitdilatation rechnen).

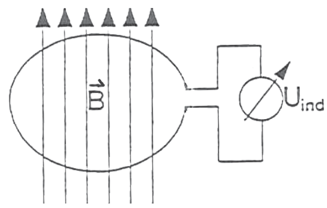
[**1**]

(d) Für B dauert die Reise von A $\frac{2l}{0,6c} = 13,33$ Jahre. Sendet er alle 0,01 Jahre ein Signal aus, ergibt das eine Gesamtzahl von 1333 Signalen.

[**1**]

Aufgabe 8 (5 Punkte)

Ein Metallring mit Radius $r = 10\ cm$ wird in ein räumlich homogenes Magnetfeld gehalten, wobei die Normale des Kreisrings parallel zum Magnetfeld $\vec{B}$ gerichtet ist. Der Widerstand des Metallrings beträgt $R = 0,1\ \Omega$. Das Magnetfeld hat die Zeitabhängigkeit $B = B_0 \exp(-t/\tau)$ mit $B_0 = 1,5\ T$ und $\tau = 3\ s$.



(a) Geben Sie einen Ausdruck für den magnetischen Fluss durch den Metallring als Funktion der Zeit an.

(b) Geben Sie einen Ausdruck für die im Metallring induzierte Spannung als Funktion der Zeit an.

(c) Wie groß ist die maximale induzierte Spannung?

(d) Der Ring wird nun geschlossen. Berechnen Sie den durch den Ring fließenden Strom. Wie groß ist der maximale Wert?

(e) In welcher Richtung fließt der Strom? Markieren Sie diese in einer von Ihnen angefertigten Zeichnung des Versuchsaufbaus und begründen Sie Ihre Antwort.

Lösung

(a)

$$\begin{aligned}\Phi(t) &= \int \vec{B} \circ d\vec{A} \\ &= \pi r^2 B_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\end{aligned}$$

[1]

(b)

$$\begin{aligned}&= \pi r^2 B_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \\ &= 0,047\mathrm{Vs} \cdot \exp\left(-\frac{t}{3\mathrm{s}}\right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_{ind}(t) &= -\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{A \cdot B_0}{\tau} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \\ &= \frac{0,047\mathrm{Vs}}{3\mathrm{s}} \exp\left(-\frac{t}{3\mathrm{s}}\right) \\ &= 0,016\mathrm{V} \exp\left(-\frac{t}{3\mathrm{s}}\right)\end{aligned}$$

[1,5]

(c) Die maximale Spannung liegt vor für $t = 0$:

$$U_{ind,max} = 0,016\mathrm{V}$$

[0,5]

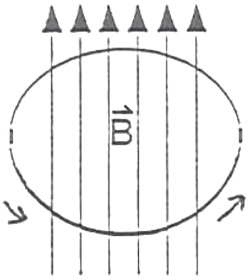
(d)

$$\begin{aligned}I(t) &= \frac{U_{ind}(t)}{R} = \frac{0,016V}{0,1\Omega} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = 0,16\mathrm{A} \cdot \exp\left(-\frac{t}{3\mathrm{s}}\right) \\ I_{max} &= I(0) = 0,16\mathrm{A}\end{aligned}$$

[1]

(e) Der Strom wirkt der Schwächung von $\vec{B}$ entgegen (Lenz'sche Regel) und fließt gegen den Uhrzeigersinn.

[1]



Konstanten

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19}\mathrm{C} \qquad m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}\mathrm{kg}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\mathrm{As/Vm} \qquad \mu = 12.57 \cdot 10^{-7}\mathrm{N/A^2}$$