Klausur in Experimentalphysik 2

Prof. Dr. J. Finley

Sommersemester 2021

20.07.2021

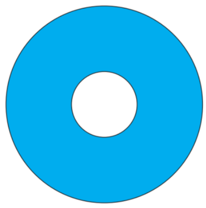
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Doppelseitig 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 (7 Punkte)

Die untenstehende Abbildung zeigt den Querschnitt einer Hohlkugel aus einem nichtleitenden Material. Der innere Radius beträgt R_1 und der äußere Radius R_2. Das Material ist gleichmäßig mit der Ladungsdichte ρ geladen.



(a) Bestimmen Sie die eingeschlossene Ladung und das elektrische Feld im Abstand r vom Zentrum der Hohlkugel für $R_1 < r < R_2$.

(b) Jetzt sei der innere Radius $R_1 = 1,00$ cm und der äußere Radius $R_2 = 3,00$ cm. Die Ladungsdichte des Materials betrage $-1.07\ \mathrm{nCm}^{-3}$. Berechnen Sie die Gesamtladung Q der Kugel und das elektrische Potential auf der äußeren Kugeloberfläche für den Fall, dass das elektrische Potential für $r \to \infty$ verschwindet.

Lösung

(a) Verwendet man eine konzentrische Kugel als Gauss'sche Oberfläche zwischen R_1 und R_2, beträgt die eingeschlossene Ladung:

$$Q_{in} = \rho\left(\frac{4\pi}{3}r^3 - \frac{4\pi}{3}R_1^3\right) \tag{1}$$

Hier wurde das leere Volumen im Zentrum subtrahiert, um den ausgefüllten Teil der Kugel zu erhalten. Das Flussintegral ist:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \cdot 4\pi r^2 \tag{2}$$

Das Gauss'sche Gesetz liefert also:

$$E = \frac{1}{\epsilon_0 3}\rho\left(r - \frac{R_1^3}{r^2}\right) \tag{3}$$

[3]

(b) Außerhalb der Kugel entspricht das Feld dem einer Punktladung mit:

$$Q = \rho\frac{4\pi}{3}\left(R_2^3 - R_1^3\right) \tag{4}$$

$$E(r > R_2) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \tag{5}$$

und das Potential auf der Oberfläche ist

$$V = \int_{R_2}^{\infty} E dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_2} \tag{6}$$

Mit den in der Angabe gegebenen Werten erhält man die Ladung:

$$Q = -1.165 \cdot 10^{-13}\ \mathrm{C} \tag{7}$$

und das Potential: $V = -34.9$ mV

[4]

Aufgabe 2 (7 Punkte)

Zwei kleine Kugeln mit identischer Ladung q und derselben Masse m sind durch zwei Fäden der Länge L am selben Punkt befestigt. Anfangs besitzen die Kugeln auf Grund ihrer Ladung einen horizontalen Abstand $x \ll L$ voneinander.

(a) Stellen Sie das Kräftegleichgewicht in x- und y-Richtung auf und bestimmen Sie q in Abhängigkeit von x, m und L.

(b) Die Kugeln entladen sich mit der Rate dq/dt. Deshalb nähern sich die Kugeln mit der Relativgeschwindigkeit $dx/dt = a/\sqrt{x}$ an, wobei a eine Konstante ist. Zeigen Sie, dass für die Rate, mit der die Ladung entweicht, gilt:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{3}{2}a\sqrt{\frac{2\pi\varepsilon_0 mg}{L}}$$

Lösung

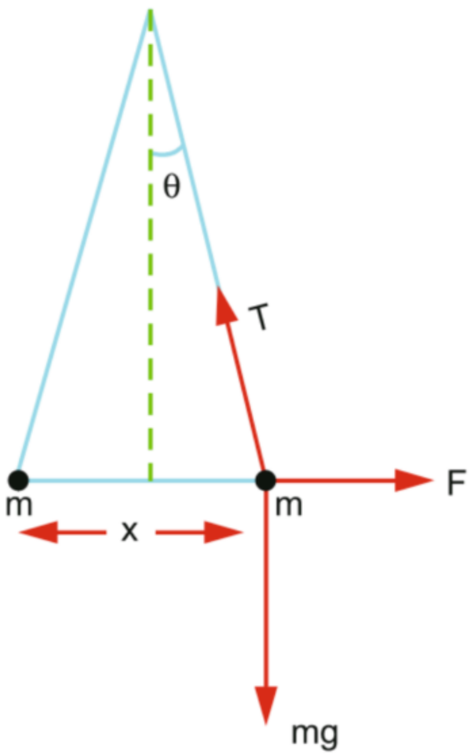
(a) Die Abbildung zeigt das Kräftegleichgewicht einer der beiden Kugeln. Mit T der Fadenspannung erhält man:

$$T\cos\theta = mg \tag{8}$$

$$T\sin\theta = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 x^2} \tag{9}$$

$$\tan\theta \approx \sin\theta = \frac{x}{2L} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 mgx^2} \tag{10}$$

$$\Rightarrow q = \left(\frac{2\pi\varepsilon_0 mg}{L}\right)^{\frac{1}{2}} x^{\frac{3}{2}} \tag{11}$$



[4]

(b) Damit ergibt sich für die Geschwindigkeit:

$$\frac{dq}{dx} = \frac{3}{2}\sqrt{\frac{2\pi\varepsilon_0 mg}{L}}\sqrt{x} \tag{12}$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{dq}{dx}\frac{dx}{dt} = \frac{dq}{dx}v = \frac{dq}{dx}\frac{a}{\sqrt{x}} = \frac{3}{2}a\sqrt{\frac{2\pi\varepsilon_0 mg}{L}} \tag{13}$$

[3]

Aufgabe 3 (11 Punkte)

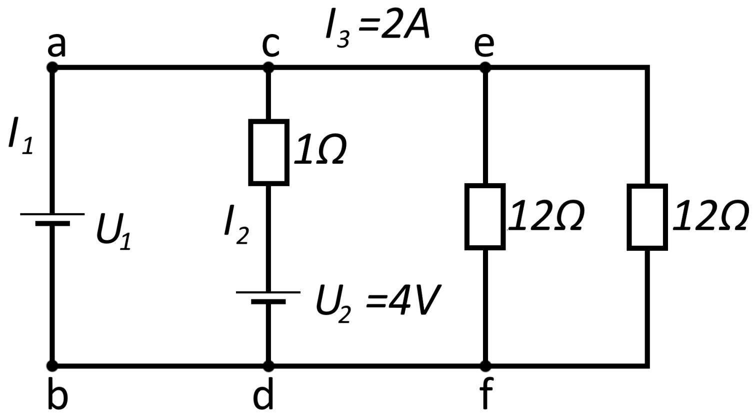
Betrachten Sie den unten abgebildeten Schaltkreis mit vier Knoten. Die Ströme I_1 und I_2 sowie die Spannung U_1 sind unbekannt. Der Strom, der von c nach e fließt beträgt 2 A. Die weiteren Werte lesen Sie bitte aus der Abbildung ab.

(a) Wie groß sind die Ströme, die durch jeden der beiden 12 Ω-Widerstände fließen?

(b) Wie hoch ist die Spannung U_1?

(c) Wie groß sind die Ströme I_1 und I_2 und in welche Richtung fließen sie?

(d) Stellt die Spannungsquelle U_2 Energie zur Verfügung oder absorbiert sie Energie? Wie groß ist die Leistung, die sie liefert oder absorbiert?



Lösung

(a) Die 2 A, die von c zu e fließen, teilen sich an e gleichmäßig auf, sodass durch jeden 12 Ω-Widerstand 1 A fließt.

[2]

(b) Betrachtet man die Masche $bacefdb$, ergibt sich:

$$+U_1 - (12\ \Omega)(1\ \text{A}) = 0V \tag{14}$$

Daraus erhält man:

$$U_1 = 12\ \text{V}$$

[2]

(c) Unter der Annahme, dass I_2 von d zu c strömt, so ergibt sich in der Masche $dcabd$:

$$U_2 - (1\ \Omega)I_2 - U_1 = 0\ \text{V} \tag{15}$$

Daraus erhält man:

$$I_2 = -8\ \text{A}$$

Die physikalische Stromrichtung ist von c nach d.

Unter der Annahme, dass I_1 von b nach a fließt, erhält man am Knoten c:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0\ \text{A} \tag{16}$$

Daraus erhält man:

$$I_1 = +10\ \text{A}$$

Die physikalische Stromrichtung ist von b nach a.

[5]

(d) Da der Strom von + nach - durch die Batterie fließt, absorbiert U_2 Energie mit der Rate

$$P = |I_2 U_2| = 32\ \text{W} \tag{17}$$

[2]

Aufgabe 4 (6 Punkte)

Betrachten Sie eine runde, dünne Scheibe mit Radius R, auf deren Oberfläche die Ladung q gleichmäßig verteilt ist. Die Scheibe rotiere mit der Winkelgeschwindigkeit ω um ihre Symmetrieachse.

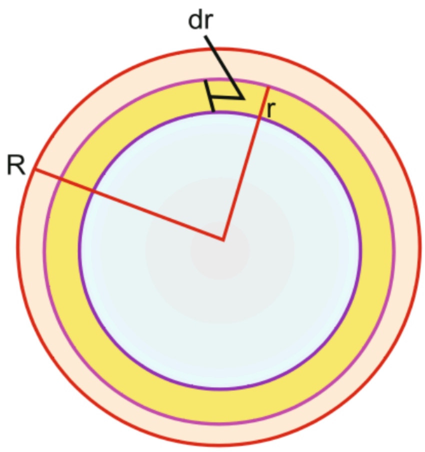
(a) Bestimmen Sie die Ladung dq und den Strom di, der in einem Ring des Radius r und der Breite dr erzeugt wird.

(b) Bestimmen Sie das infinitesimale Magnetfeld dB dass im Zentrum eines solchen Ringes auftritt.

(c) Zeigen Sie, dass für das induzierte Magnetfeld im Mittelpunkt der gesamten Scheibe gilt:

$$B = \frac{\mu_0 \omega q}{2\pi R}$$

Lösung



(a) Man betrachte einen Ring mit Radius r und Dicke dr, der konzentrisch mit der Scheibe ist (siehe Abbildung). Die Ladung auf dem Ring beträgt:

$$dq = q\frac{2\pi r dr}{\pi R^2} = \frac{2qrdr}{R^2} \tag{18}$$

Der Strom, der durch die Rotation der Ladung mit der Frequenz f erzeugt wird, ist:

$$di = fdq = \frac{\omega}{2\pi}\frac{2qrdr}{R^2} = \frac{\omega rqdr}{\pi R^2} \tag{19}$$

[**2**]

(b) Das Magnetfeld im Zentrum eines Ringes ist

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi}\oint \frac{r \times ds}{r^3} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi r^2}\oint ds = \frac{\mu_0 \cdot I}{2r} \tag{20}$$

$$dB = \frac{\mu_0 di}{2r} = \frac{\mu_0}{2r}\frac{\omega qrdr}{\pi R^2} = \frac{\mu_0 \omega qdr}{2\pi R^2} \tag{21}$$

[3]

(c) Damit beträgt das gesamte induzierte Magnetfeld durch die rotierende Scheibe:

$$B = \int dB = \int_0^R \frac{\mu_0 \omega q dr}{2\pi R^2} = \frac{\mu_0 \omega q}{2\pi R} \tag{22}$$

[1]

Aufgabe 5 (18 Punkte)

Ein Zug mit Eigenlänge L bewegt sich mit der Geschwindigkeit $c/2$ gegenüber dem Boden. Ein Ball wird mit einer Geschwindigkeit von $c/3$ gegenüber dem Zug vom hinteren Ende zum vorderen Ende des Zuges geworfen (gemmessen im Zugsystem). Berechnen Sie **jeweils** die erforderliche **Zeit** sowie die vom Ball zurückgelegte **Strecke**:

(a) Im Ruhesystems des Zuges.

(b) Im Ruhesystem des Bodens.

(c) Im Ruhesystem des Balls.

(d) Zeigen Sie, dass die Zeiten im Ruhesystem des Balls und des Bodens durch den entsprechenden γ-Faktor verknüpft sind.

(e) Zeigen Sie dasselbe, aber dieses Mal für das Ruhesystem des Balls und des Zuges.

(f) Zeigen Sie, dass die Zeiten im Ruhesystems des Zuges und des Bodens *nicht* durch den entsprechenden γ-Faktor verknüpft sind. Begründen Sie diese Beobachtung.

Lösung

(a) Im Ruhesystems des Zuges beträgt die zurückgelegte Strecke einfach:

$$d = L \tag{23}$$

Und die erforderliche Zeit ist:

$$t = \frac{L}{\frac{c}{3}} = \frac{3L}{c} \tag{24}$$

[2]

(b) (i) Variante 1: Addition von Geschwindigkeiten: Die Geschwindigkeit des Balls gegenüber dem Boden (Index "g" für engl. "ground") beträgt mit mit $u = c/3$ und $v = c/2$:

$$V_g = \frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}} = \frac{\frac{c}{3}+\frac{c}{2}}{1+\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{2}} = \frac{5c}{7} \tag{25}$$

Die Länge des Zuges im Ruhesystems des Bodens ist:

$$\frac{L}{\gamma_{1/2}} = \frac{\sqrt{3}L}{2} \tag{26}$$

Daher beträgt die Position des vorderen Ende des Zuges zur Zeit t:

$$\frac{\sqrt{3}L}{2} + vt \tag{27}$$

Und die Position des Balls ist:

$$V_g \cdot t \tag{28}$$

Diese beiden Positionen sind identisch, wenn gilt:

$$(V_g - v) \cdot t = \frac{\sqrt{3}L}{2} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{\frac{\sqrt{3}L}{2}}{\frac{5c}{7} - \frac{c}{2}} = \frac{7L}{\sqrt{3}c}. \tag{29}$$

Diese Zeit kann gleichermaßen durch folgende Überlegung erhalten werden: Das vordere Ende des Zuges besitzt anfangs die Position:

$$\frac{\sqrt{3}L}{2} \tag{30}$$

Und der Ball holt mit einer relativen Geschwindigkeit von:

$$V_g - v \tag{31}$$

auf. Währenddessen bewegt der Ball sich um die Strecke:

$$d = V_g \cdot t = \frac{5c}{7} \cdot \frac{7L}{\sqrt{3}c} = \frac{5L}{\sqrt{3}} \tag{32}$$

(ii) Variante 2: Lorentz-Transformation verwenden, um vom Ruhesystems des Zuges zum Ruhesystems des Bodens zu wechseln: Aus Teilaufgabe (a) sind die Raum- und Zeitintervalle im Ruhesystems des Zuges bekannt:

$$x' = L \quad \text{und} \quad t' = \frac{3L}{c} \tag{33}$$

Der γ-Faktor für die Lorentz-Transformation zwischen Ruhesystems des Zuges und Ruhesystems des Bodens ist:

$$\gamma_{1/2} = \frac{2}{\sqrt{3}} \tag{34}$$

Damit lassen sich die Koordinaten x und t im Ruhesystems des Bodens ermitteln:

$$x = \gamma\,(x' + vx') = \frac{2}{\sqrt{3}}\left(L + \frac{c}{2} \cdot \left(\frac{3L}{c}\right)\right) = \frac{5L}{\sqrt{3}} \tag{35}$$

$$t = \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right) = \frac{2}{\sqrt{3}}\left(\frac{3L}{c} + \frac{\frac{c}{2}(L)}{c^2}\right) = \frac{7L}{\sqrt{3}c} \tag{36}$$

Diese Ergebnisse stimmen mit denen aus Methode (i) überein.

[**5**]

(c) Im Ruhesystems des Balls besitzt der Zug die Länge:

$$\frac{L}{\gamma_{1/3}} = \frac{\sqrt{8}L}{3} \tag{37}$$

Die Zeit, die der Zug benötigt, um mit der Geschwindigkeit $c/3$ einmal am Ball vorbei zu fahren ist daher:

$$t = \frac{\frac{\sqrt{8}L}{3}}{\frac{c}{3}} = \frac{2\sqrt{2}L}{c} \tag{38}$$

Im Ruhesystems des Balls ist die von ihm zurückgelegte Strecke:

$$d = 0 \tag{39}$$

[2]

(d) Das Ruhesystem des Balls bewegt sich mit einer Relativgeschwindigkeit von $5c/7$ gegenüber dem Ruhesystems des Bodens. Daher beträgt der γ-Faktor:

$$\gamma_{5/7} = \frac{7}{2\sqrt{6}} \tag{40}$$

Für die Zeiten gilt:

$$t_g = \gamma \cdot t_b \quad \Leftrightarrow \quad \frac{7L}{\sqrt{3}c} = \frac{7}{2\sqrt{6}}\left(\frac{2\sqrt{2}L}{c}\right), \quad \text{was wahr ist.} \tag{41}$$

[3]

(e) Das Ruhesystem des Balls bewegt sich mit einer Relativgeschwindigkeit von $c/3$ gegenüber dem Ruhesystems des Zuges (Index “t” für engl. “train”). Daher beträgt der γ-Faktor:

$$\gamma_{1/3} = \frac{3}{2\sqrt{2}} \tag{42}$$

Für die Zeiten gilt:

$$t_t = \gamma \cdot t_b \quad \Leftrightarrow \quad \frac{3L}{c} = \frac{3}{2\sqrt{2}}\left(\frac{2\sqrt{2}L}{c}\right), \quad \text{was wahr ist.} \tag{43}$$

[3]

(f) Das Ruhesystem des Zuges bewegt sich mit einer Relativgeschwindigkeit von $c/2$ gegenüber dem Ruhesystems des Bodens. Daher beträgt der γ-Faktor:

$$\gamma_{1/2} = \frac{2}{\sqrt{3}} \tag{44}$$

Hier sind die Zeiten *nicht* durch einen einfachen Zeitdilatations-Faktor verknüpft:

$$t_g \neq \gamma \cdot t_t \quad \Leftrightarrow \quad \frac{7L}{\sqrt{3}c} \neq \frac{2}{\sqrt{3}}\left(\frac{3L}{c}\right) \tag{45}$$

Hier erhält man keine wahre Aussage, da die Zeitdilatation nur angewendet werden darf, falls beide Ereignisse *am selben Ort* in einem der beiden Bezugssysteme stattfinden. Mathematisch betrachtet führt die Lorentz-Transformation:

$$\Delta t = \gamma\left(\Delta t' + \left(\frac{v}{c^2}\right)\Delta x'\right) \tag{46}$$

nur dann zu:

$$\Delta t = \gamma \Delta t'$$

falls gilt:

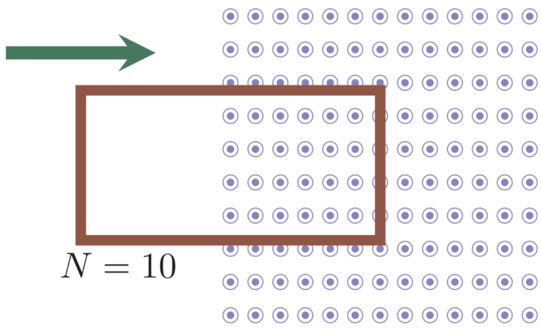
$$\Delta x' = 0 \tag{47}$$

Im hier betrachteten Fall geschehen die Ereignisse “Ball verlässt hinteres Ende des Zuges” und “Ball trifft auf vorderes Ende des Zuges” am selben Ort im Ruhesystems des Balls, aber an verschiedenen Orten in den anderen beiden Ruhesystemen. Weder das Ruhesystems des Zuges noch des Bodens sind gegenüber dem anderen ausgezeichnet bezüglich der beiden Ereignisse. Falls man hier also das Konzept der Zeitdilatation anwenden möchte, wäre es unmöglich zu entscheiden, auf welcher Seite der Gleichung γ stehen sollte.

[3]

Aufgabe 6 (10 Punkte)

Betrachten Sie eine leitende Spule mit zehn Windungen, wie in untenstehender Abbildung gezeigt. Der Querschnitt der Spule ist rechteckig mit den Abmessungen 20 cm × 40 cm und der Gesamtwiderstand beträgt 50 Ω. Die Spule bewegt sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von 50 cms^{-1} von einem Bereich mit verschwindendem Magnetfeld in einen Bereich hinein, in dem ein Magnetfeld von $2,00$ T entlang der $+z$-Achse anliegt. Betrachten Sie im Folgenden den Fall,



dass die Spule gerade ins Magnetfeld eindringt, d.h. dass sie sich weder vollständig außerhalb noch vollständig innerhalb des Feldes befindet.

(a) Bestimmen Sie Betrag und Richtung (von oben betrachtet) des induzierten Stroms in der Spule.

(b) Bestimmen Sie Betrag und Richtung der magnetischen Kraft, die auf die Spule wirkt.

(c) Wie viel Energie wird durch den Widerstand der Spule abgestrahlt in der Zeitspanne zwischen dem Moment, an dem die Spule beginnt, in das Feld einzudringen, und dem Moment, an dem sie vollständig im Feld ist?

Lösung

(a) Das Magnetfeld zeigt aus der Zeichenebene heraus. Der magnetische Fluss durch die Spule zeigt ebenfalls aus der Zeichenebene hinaus und nimmt stetig zu. Daher ist der entgegengesetzt induzierte Fluss in die Zeichenebene hinein gerichtet. Der induzierte Strom muss deshalb im Uhrzeigersinn um die Spule fließen. Die Rate, mit der sich der Fluss im Spulenquerschnitt ändert, ist:

$$\frac{d\Phi_m}{dt} = B \cdot L \cdot v = 2,00 \text{ T} \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 0,50 \text{ ms}^{-1} = 0,20 \text{ V} \tag{48}$$

Die induzierte Spannung um die Spule herum ist:

$$|U| = N \cdot \frac{d\Phi_m}{dt} = 2,00 \text{ V}. \tag{49}$$

Daher beträgt der Strom:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2,00 \text{ V}}{50,00\ \Omega} = 40,00 \text{ mA}. \tag{50}$$

[4]

(b) Die Kräfte an der oberen und der unteren Seite der Spule heben sich gegenseitig auf und es bleibt nur die Kraft an der rechten Seite übrig:

$$F = I \cdot L \cdot B = 0,04 \text{ A} \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 2,00 \text{ T} = 16,00 \text{ mN} \tag{51}$$

Dies ist die Kraft, die auf ein Stück Draht wirkt. Da dieser jedoch zehn mal um den Querschnitt gewickelt ist, und jede Windung dieselbe Kraft erfährt, beträgt die Gesamtkraft:

$$F = 0,16 \text{ N} \tag{52}$$

Der Strom fließt nach unten und das Feld zeigt aus der Zeichenebene hinaus. Daher muss die Kraft nach links zeigen.

[**2**]

(c) Laut Angabe bewegt sich die Spule mit einer konstanten Geschwindigkeit. Daher muss die angreifende Kraft gerade die vom Magnetfeld hervorgerufene Kraft kompensieren. Folglich muss eine Leistung von:

$$P = \vec{F} \cdot v = F \cdot v = 0,16 \text{ N} \cdot 0,50 \text{ ms}^{-1} = 0,08 \text{ W} \tag{53}$$

bereitgestellt werden. Die Zeit, die die Spule benötigt, um vollständig in das Magnetfeld einzudringen, beträgt:

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{0,4 \text{ m}}{0,50 \text{ ms}^{-1}} = 0,8 \text{ s} \tag{54}$$

Damit beträgt die verrichtete Arbeit:

$$W = P \cdot \Delta t = 0,08 \text{ W} \cdot 0,8 \text{ s} = 0,064 \text{ J} \tag{55}$$

Aufgrund der Energieerhaltung muss diese aufgewendete Arbeit identisch sein mit der Energie, die vom Widerstand abgestrahlt wird.

Anmerkung:

Alternativ hätte man die Leistung auch durch:

$$P = I^2 R = (0,04 \text{ A})^2 \cdot 50,00\ \Omega = 0,08 \text{ W} \tag{56}$$

ermitteln können

[**4**]

Aufgabe 7 (9 Punkte)

In dem unten abgebildeten Schaltkreis wird der Schalter S auf Position b gestellt, nachdem er vorher lange Zeit auf Position a war.

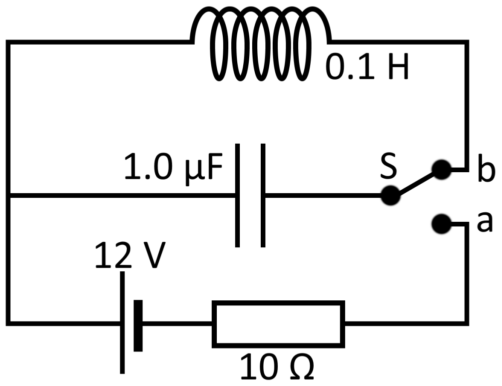
(a) Bestimmen Sie die Schwingungsfrequenz im LC-Schaltkreis (Herleitung der Formel nicht nötig).

(b) Bestimmen Sie die maximale Ladung auf dem Kondensator.

(c) Bestimmen Sie den maximalen Strom in der Spule.

(d) Bestimmen Sie die magnetische Energie im Schaltkreis 3 ms nachdem der Schalter auf die Position b gestellt wurde.

(e) Bestimmen Sie die Gesamtenergie im Schaltkreis 3 ms nachdem der Schalter auf die Position b gestellt wurde.



Lösung

Nachdem der Schalter auf Position b gestellt wurde, liegt ein LC-Schaltkreis vor.

(a) Für die Schwingungsfrequenz gilt:

$$\omega = 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 3160\text{s}^{-1} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,1\ \text{H} \cdot 1,0 \cdot 10^{-6}\ \text{F}}} = \underline{\underline{503\ \text{Hz}}} \tag{57}$$

[**2**]

(b) Nachdem der Schalter lange Zeit auf Position a stand, konnte die Ladung auf dem Kondensator bis zu ihrem Maximum ansteigen. Dieses wird erreicht, wenn das Potential V_C im Kondensator der Batteriespannung U entspricht:

$$Q_{max} = U \cdot C = 12\ \text{V} \cdot 1,0 \cdot 10^{-6}\ \text{F} = \underline{\underline{12\ \mu\text{C}}} \tag{58}$$

[**2**]

(c) Wenn die Ladung im Kondensator Null ist, dann ist der Strom in der Spule maximal. An diesem Punkt ist die Gesamtenergie des Schaltkreises in der Spule gespeichert. Wenn der Kondensator hingegen vollständig aufgeladen ist, dann ist der Strom in der Spule Null und die gesamte Energie der Schaltung ist im Kondensator gespeichert:

$$U_{L,max} = U_{C,max} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2}LI_{max}^2 = \frac{1}{2}CV_{C,max}^2 \tag{59}$$

Daraus erhält man für den maximalen Strom:

$$I_{max} = U_{C,max} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = 12,0\ \text{V} \cdot \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-6}\text{F}}{0,1\ \text{H}}} = \underline{\underline{0,0379\ \text{A}}} \tag{60}$$

[**2**]

(d) Die Energie, die 3 ms nach Schließen des LC-Kreises in der Spule gespeichert ist, beträgt:

$$U_L = \frac{1}{2}LI^2, \quad \text{with } I = I_{max}\sin(\omega t) \tag{61}$$

Also:

$$U_L = \frac{1}{2} \cdot 0,10 \text{ H} \cdot \left(0,0379 \text{ A} \cdot \sin\left(2\pi \cdot 503 \text{ s}^{-1} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ s}\right)\right)^2 = \underline{\underline{2,67 \cdot 10^{-7} \text{ J}}} \qquad (62)$$

[**2**]

(e) Die Gesamtenergie im Schaltkreis ist für alle Zeiten konstant:

$$U_{total} = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{1}{2} L I_{max}^2 = \frac{1}{2} \cdot \left(0,10 \text{ H} \cdot (0,0379 \text{ A})^2\right) = \underline{\underline{7,18 \cdot 10^{-5}}} \text{ J} \qquad (63)$$

[**1**]

Konstanten

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{CV}^{-1}\text{m}^{-1} \qquad \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{mkgs}^{-2}\text{A}^{-2}$$

$$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{C} \qquad c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}$$

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg} \qquad m_U = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$