Seminar zur Vorlesung Physik II für Naturwissenschaftler

Sommersemester 2024 **Blatt 9** **10.06.2024**

Aufgabe 24 *Zeitabhängige Magnetfelder und Induktion*

Wir betrachten eine Leiterschleife, welche senkrecht zu einem Magnetfeld steht. Das Magnetfeld wird durch

$$B(t) = B_0 \left(1 - e^{-t^2/\tau^2}\right), \qquad B_0 = 0{,}5\,\mathrm{T},\ \tau = 0{,}2\,\mathrm{s}$$

beschrieben. Skizzieren und diskutieren Sie den zeitlichen Verlauf dieses Magnetfelds. Berechnen und skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der induzierten Spannung. (1 Punkt)

Aufgabe 25 *Induktionsgesetz*

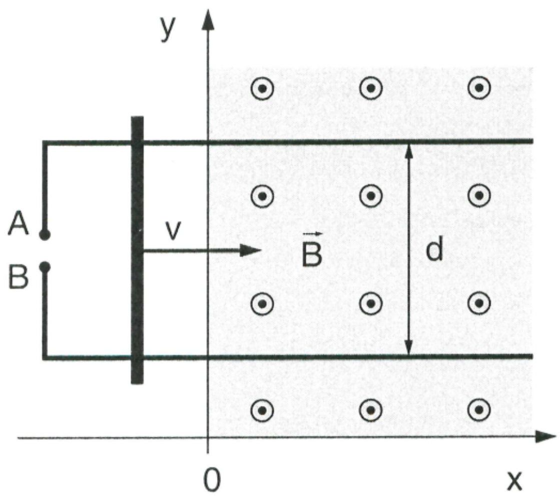


Abb. 1: Leiterschleife im Magnetfeld

Ein Metallstab bewegt sich, wie in Abb. 1 skizziert, mit der konstanten Geschwindigkeit $v = 0.75\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ auf einem U-förmigen Metallprofil mit der Breite $d = 16\,\mathrm{cm}$ (vgl. auch Vorlesung). Im Bereich $x \geq 0$ ist ein homogenes Magnetfeld mit $|\vec{B}| = 0,5\,\mathrm{T}$ vorhanden. Der Metallstab ist in y-Richtung orientiert, das Magnetfeld steht senkrecht zur x-y-Ebene. Zur Zeit $t = 0$ erreicht der Stab das Magnetfeld. Für die nachfolgenden Rechnungen beschränken wir uns auf Zeiten $t > 0$.

a) Berechnen Sie die Induktionsspannung in der Leiterschleife zwischen den Punkten A und B. Überlegen Sie sich, welche Kräfte auf die Elektronen im bewegten Metallstab wirken und bestimmen Sie damit die Polung der Induktionsspannung an den Punkten A und B. Wiederholen Sie diese Überlegung mit der Lenzschen Regel. (1 Punkt)

Wir schließen zwischen A und B einen Ohm'schen Widerstand mit $R = 60\,\Omega$ als Verbraucher an.

c) Welcher Strom fließt durch den Stromkreis? (1 Punkt)

d) Wie ändert sich die Geschwindigkeit des Metallstabs, wenn man ihn sich selbst überlässt? (kurze Begründung, keine Rechnung!) Mit welcher Kraft (Betrag und Richtung!) muss man den Metallstab durch das Magnetfeld bewegen, damit er die Geschwindigkeit $v = 0.75\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ beibehält? (1 Punkt)

Hinweis: Überlegen Sie sich zunächst, in welche Richtung der Strom aus c) durch die Leiterschleife fließt.

Aufgabe 26 *Parallel-Schwingkreis*

Wir betrachten den Stromkreis aus Abb. 2. Nach dem Einschalten bei $t = 0$ fließt der Strom $I(t)$ durch den Ohm'schen Widerstand R.

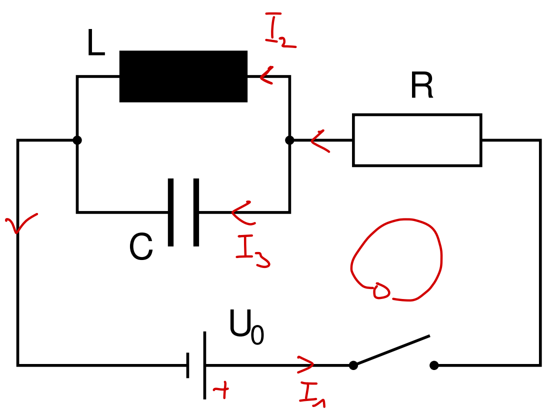


Abb. 2: Parallel-Schwingkreis

a) Stellen Sie die Knoten- und Maschenregeln für diesen Stromkreis auf. (1 Punkt)

b) Leiten Sie daraus eine Differentialgleichung für $I(t)$ her und bringen Sie diese auf die Form

$$\frac{d^2 I}{dt^2} + \frac{1}{RC}\frac{dI}{dt} + \frac{1}{LC} I = \frac{U_0}{LCR}\,.$$

Welche Eigenfrequenz ω_0 und welche Dämpfungskonstante κ hat dieser Schwingkreis? (1 Punkt)

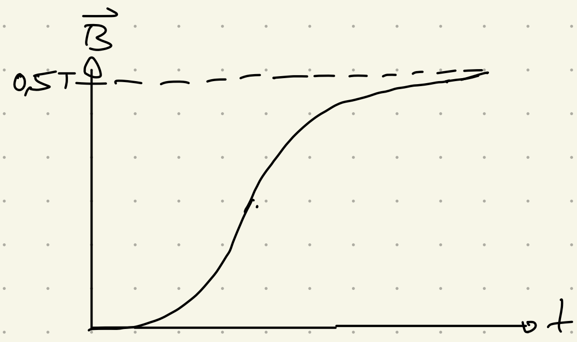
Hinweis: Gleichungen, die zu jeder Zeit t richtig sind, können bei Bedarf nach t abgeleitet werden.

c) Im Grenzfall $t \to \infty$ stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, bei dem ein konstanter Strom I_∞ durch den Ohm'schen Widerstand R fließt. Bestimmen Sie diesen Strom und skizzieren Sie (qualitativ!) den Verlauf von $I(t)$ für den Fall $I(0) = \dot{I}(0) = 0$. (1 Punkt)

d) Erklären Sie das Verhalten des Stromkreises im Grenzfall $t \to \infty$ ohne Rechnung. (1 Punkt)

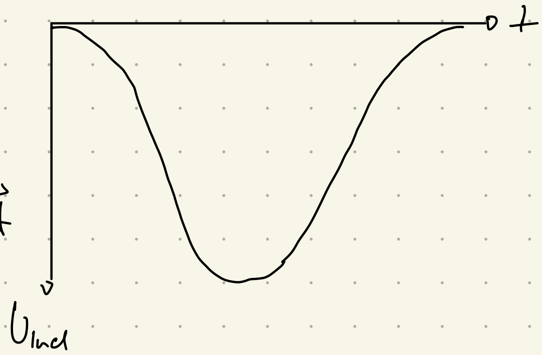
Aufgabe 24: Zeitabhängige Magnetfelder und Induktion

$$B(t) = B_0 \left(1 - e^{-\frac{t^2}{\tau^2}}\right) \quad ; \quad B_0 = 0{,}5\,T \; ; \; \tau = 0{,}2\,s$$



$$U_{Ind} = -\frac{d}{dt}\Phi_{mag} = -\frac{d}{dt}(\vec{B}\cdot\underbrace{\vec{A}}_{\text{konstant}})$$

$$= -\frac{d\vec{B}}{dt}\cdot\vec{A} = -\frac{d}{dt}\left(B_0\left(1-e^{-\frac{t^2}{\tau^2}}\right)\right)\vec{A}$$



$$= -\frac{d}{dt}\left(B_0 - B_0\, e^{-\frac{t^2}{\tau^2}}\right)\vec{A}$$

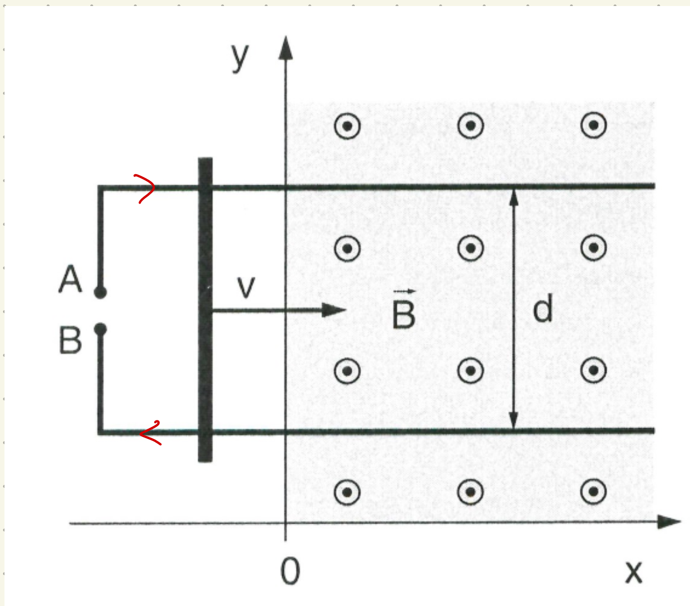
$$= 2B_0 \frac{t}{\tau^2}\, e^{-\frac{t^2}{\tau^2}}\cdot\vec{A}$$

$$= \underbrace{2\cdot 0{,}5\,T}_{1\,T}\cdot\frac{t}{(0{,}2\,s)^2}\, e^{-\frac{t^2}{(0{,}2\,s)^2}}\cdot\vec{A} = \underline{\underline{25\,T\cdot t\cdot e^{-25t^2}\cdot\vec{A}}}$$

Aufgabe 25: Induktionsgesetz

$v = 0{,}75\,\frac{m}{s}$, $d = 0{,}16\,m$

$|\vec{B}| = 0{,}5\,T$



a) $$U_{Ind} = -\frac{d}{dt}\Phi_{mag} = -\frac{d}{dt}(\vec{B}\cdot\vec{A})$$

mit $\vec{B}$ konstant und $\vec{A} = v\cdot t\cdot d$

$$\Rightarrow U_{Ind} = -\vec{B}\cdot\frac{d}{dt}(v\cdot t\cdot d) = -\vec{B}\cdot vd$$

$$= -0{,}5\,T\cdot 0{,}75\,\frac{m}{s}\cdot 0{,}16\,m$$

$$= \underline{\underline{-0{,}06\,V}}$$

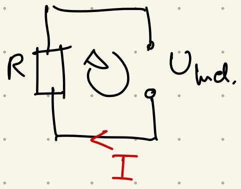
↯ $e \to e\frac{d}{\Delta t}|\vec{B}|$

$= I\,d\,|\vec{B}| \approx -8\cdot 10^{-5}\,N$

zwischen A und B: R mit 60 Ω

c)

mit RHR: ⊖ bei B



MR: $U_{ind} - R \cdot I = 0$

$$I = \frac{U_{ind}}{R} = \frac{-0{,}06\,V}{60\,\Omega} = \underline{\underline{-0{,}001\,A}}$$

d)

Lorentzkraft wirkt entgegen der Schiebrichtung!

$F_L = F_{Schieb}$

$$e \cdot |\vec{v}| \cdot |\vec{B}| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 0{,}75\,\frac{m}{s} \cdot 0{,}5\,T \approx 6 \cdot 10^{-20}\,CT\,\frac{m}{s}\ (N)$$

Aufgabe 26: Parallel-Schwingkreis

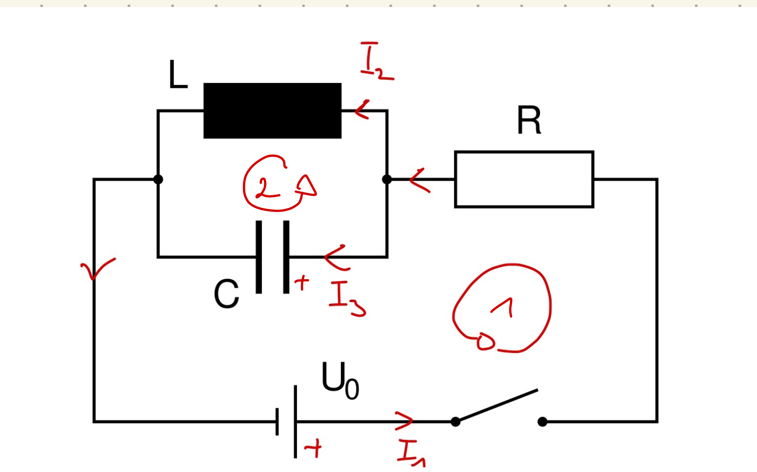


Abb. 2: Parallel-Schwingkreis

a)

KR: $I_1 = I_2 + I_3$

MR$_1$: $U_0 - R \cdot I_1 - L\dot{I}_2 \overset{!}{=} 0$

MR$_2$: $\frac{Q}{C} - L I_2 \overset{!}{=} 0$

b) $\overset{MR}{\Longrightarrow} \quad U_0 - I_1 R - \frac{Q}{C} = 0$

$$-\dot{I}_1 R - \frac{I_3}{C} = 0$$

ableiten

$$-\dot{I}_1 R - \frac{I_1 - I_2}{C} = 0$$

Abl.

$$-\ddot{I}_1 R - \frac{\dot{I}_1}{C} + \frac{\dot{I}_2}{C} = 0$$

MR1: $\rightsquigarrow \dot{I}_2 = \frac{U_0 - I_1 R}{L}$

$$\Longrightarrow -\ddot{I}_1 R - \frac{\dot{I}_1}{C} + \frac{U_0 - I_1 R}{LC} = 0$$

$$\Longleftrightarrow \frac{U_0}{LC} = \ddot{I}_1 R + \frac{\dot{I}_1}{C} + \frac{I_1 R}{LC} \qquad | : R$$

$$\frac{U_0}{LCR} = \ddot{I}_1 \quad \underbrace{\frac{\dot{I}_1}{CR}}_{2K} + \underbrace{\frac{I_1}{LC}}_{\omega_0^2}$$

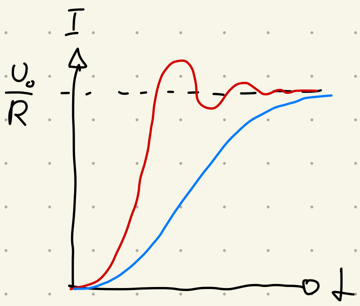
c) $\frac{1}{\cancel{L}C} I_1 \xrightarrow{t\to\infty} \frac{U_0}{\cancel{L}CR}$

$$\Downarrow$$

$$I_1 \xrightarrow{t\to\infty} \frac{U_0}{R}$$

Muss so, da sonst keine gedämpfte Schwingung

d)



für R recht klein,

wenn R größer übergedämpft.