Seminar zur Vorlesung Physik II für Naturwissenschaftler

Sommersemester 2024 **Blatt 8** **03.06.2024**

Aufgabe 21 *Wiederholungsaufgabe Feldlinien und elektrisches Potential*

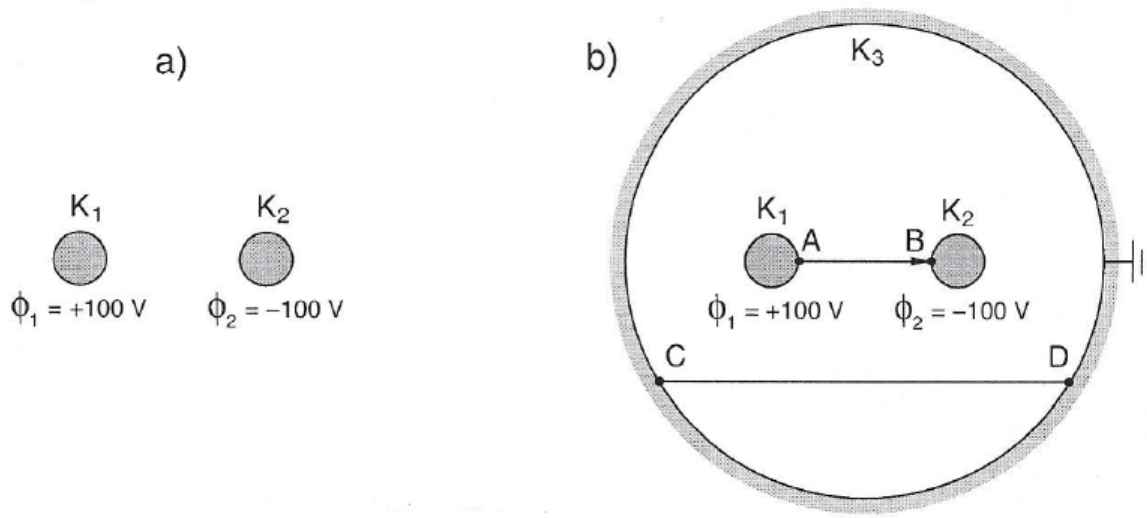


Abb. 1: Leitende Kugeln.

Wir betrachten zunächst die beiden leitenden Kugeln K_1 und K_2 aus Abb. 1a mit den Radien $R_1 = R_2 = 1\,\mathrm{cm}$. Die Kugel K_1 hat das Potential $\phi_1 = +100\,\mathrm{V}$ und K_2 hat das Potential $\phi_2 = -100\,\mathrm{V}$.

a) Skizzieren Sie die Feldlinien dieser Anordnung. (1 Punkt)

Wir bringen die beiden Kugel K_1 und K_2 wie in Abb. 1b skizziert in eine ebenfalls leitende Hohlkugel K_3 mit dem Radius $R_3 = 10\,\mathrm{cm}$. Diese Hohlkugel ist geerdet.

b) Welches elektrische Potential besitzt folglich K_3? Skizzieren Sie die Feldlinien dieser Anordnung innerhalb und außerhalb der Hohlkugel und die Influenzladungen auf K_3. (1 Punkt)

c) Auf K_1 wird ein geladener Massenpunkt mit der Masse $m = 2 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{kg}$ und der Ladung $q = +5 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{C}$ ohne Anfangsgeschwindigkeit im Punkt A losgelassen und bewegt sich auf einer Geraden zum Punkt B auf K_2 (siehe Abb. 1b). Mit welcher Geschwindigkeit erreicht er den Punkt B? (1 Punkt)

d) Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf des elektrostatischen Potentials ϕ entlang der Geraden CD (siehe Abb. 1b). (1 Punkt)

Aufgabe 22 *Induktionsgesetz II*

Ein konstantes homogenes Magnetfeld mit $B = 0{,}2\,\mathrm{T}$ ist auf einen Bereich mit einem quadratischen Querschnitt mit der Seitenlänge $a = 20\,\mathrm{cm}$ lokalisiert. Durch dieses Magnetfeld wird geradlinig mit der konstanten Geschwindigkeit $v = 5\,\mathrm{m/s}$ eine quadratische Leiterschleife mit der Seitenlänge $b = 10\,\mathrm{cm}$ gezogen. Die genaue Geometrie folgt aus Abb. 2 a.

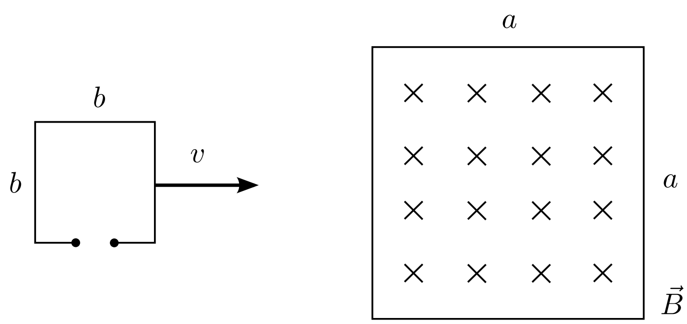
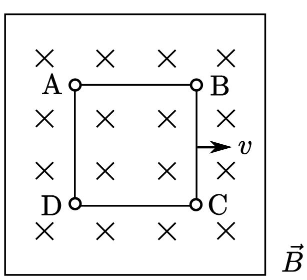


Abb. 2 a: Leiterschleife in einem Magnetfeld

a) Skizzieren Sie (qualitativ) den zeitlichen Verlauf des magnetischen Flusses durch die Leiterschleife und der in der Leiterschleife induzierten Spannung. Dabei soll am Anfang die Leiterschleife noch komplett außerhalb des Magnetfelds sein und am Ende das Magnetfeld komplett verlassen haben. (1 Punkt)

b) Bestimmen Sie den maximalen und den minimalen Wert, den die induzierte Spannung annimmt, wenn die Leiterschleife komplett durch das Magnetfeld gezogen wird. (1 Punkt)



Wir ersetzen die Leiterschleife durch ein Quadrat, dessen Seiten aus einem leitenden Draht bestehen. An den Ecken des Quadrats sind die Seiten durch einen Isolator miteinander verbunden. Wir beschränken uns auf das Zeitintervall, in dem sich dieses Quadrat vollständig im Magnetfeld befindet.

Abb. 2 b: Leiter im Magnetfeld

c) Kann man zwischen den Punkten A und B, A und C, und A und D eine Spannung messen? (kurze Begründung, keine Rechnung!) (1 Punkt)

Aufgabe 23 *RL-Stromkreise*

Wir betrachten den Stromkreis aus Abb. 3. Nach dem Einschalten fließt ein zeitabhängiger Strom $I(t)$ durch die Spule L und den Ohm'schen Widerstand R.

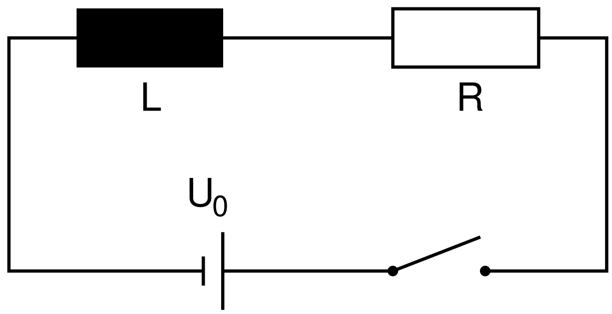


Abb. 3: LR-Stromkreis.

a) Leiten Sie mithilfe der Maschenregel für den Stromkreis aus Abb. 3 eine Differentialgleichung für $I(t)$ her und bestimmen Sie den zeitlichen Verlauf von $I(t)$. Das Ergebnis hat die Form

$$I(t) = \frac{U_0}{R}\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right) .$$

Was folgt für die charakteristische Zeit τ? (1 Punkt)

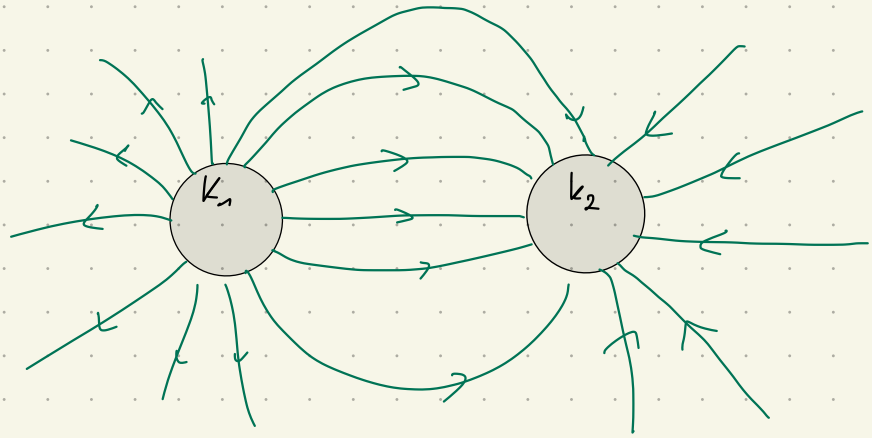
Hinweis: Schauen Sie sich noch einmal die Rechnung aus der Vorlesung zum Aufladen eines Kondensators an.

b) Wir verwenden eine Spule mit $L = 1\,\mathrm{H}$. Wie groß muss der Widerstand R gewählt werden, damit der Strom nach einer Sekunde die Hälfte seines Maximalwerts erreicht? Welcher maximale Strom fließt in diesem Fall durch den Stromkreis, wenn eine Spannung von $U_0 = 10\,\mathrm{V}$ angelegt wird? (1 Punkt)

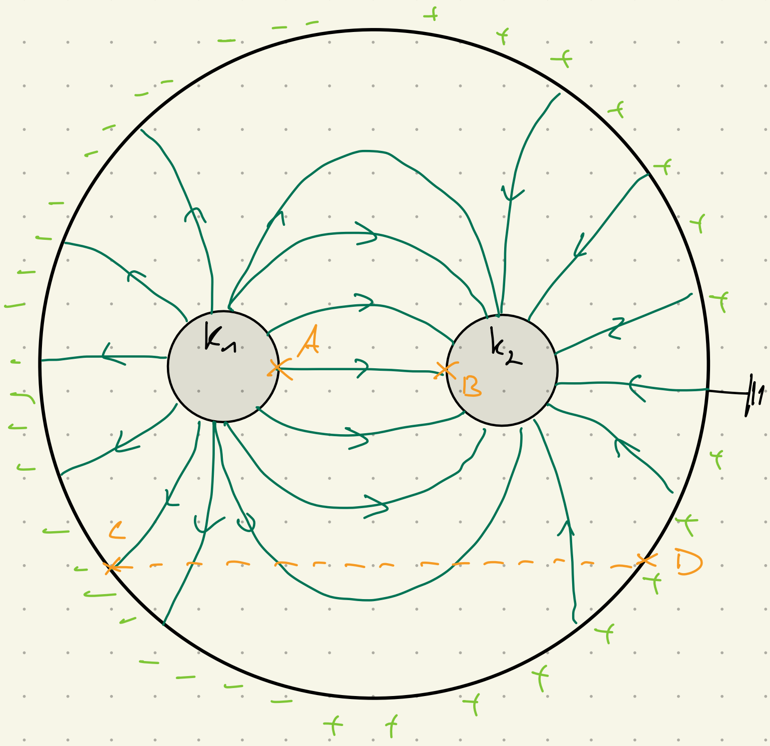
c) Vergleichen Sie das Verhalten der Ströme in einem RL-Stromkreis und einem RC-Stromkreis (s. Vorlesung), insbesondere das Verhalten für $t \to \infty$ (stationärer Fall). Welche Funktion hat demzufolge eine Spule bzw. ein Kondensator im stationären Fall? (1 Punkt)

Aufgabe 21: Wdh. Feldlinien und elektrisches Feld Potential

a) ✓ $\phi_1 = +100V$ $\phi_2 = -100V$



b) ✓
$\phi_3 = 0V$



c)
K_1: $m = 2 \cdot 10^{-10}$ kg, $q = 5 \cdot 10^{-7}$ C, $v_i = 0$

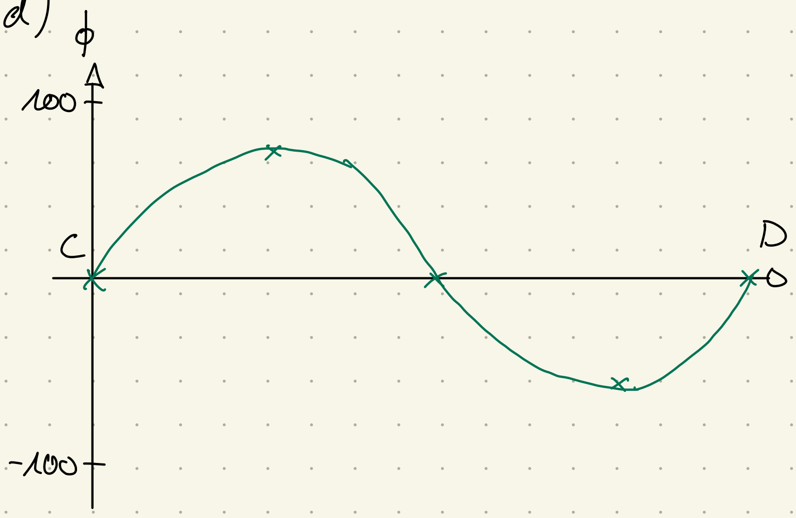
$$\underbrace{E_{kin_1}}_{0} + q\,\phi(\vec{A}) = E_{kin_2} + q\,\phi(\vec{B})$$

$$q\,\phi(\vec{A}) = \frac{1}{2}mv^2 + q\,\phi(\vec{B})$$

$$v = \sqrt{\frac{2q\left(\phi(\vec{A}) - \phi(\vec{B})\right)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-7}\,C\,(100V - (-100V))}{2 \cdot 10^{-10}\,kg}}$$

$$\approx \underline{\underline{1000\,\frac{m}{s}}}$$ ✓

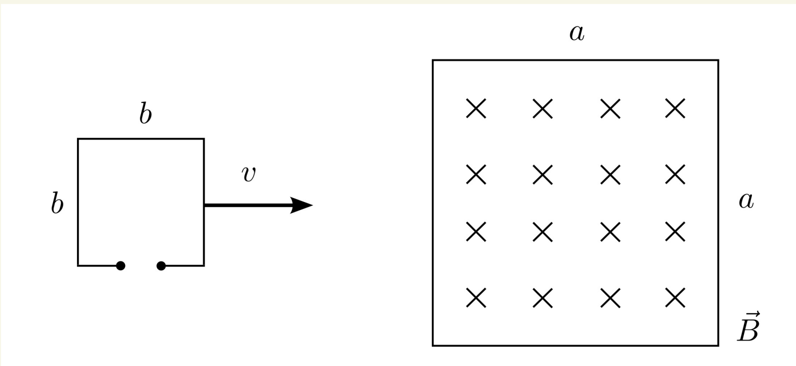
d)



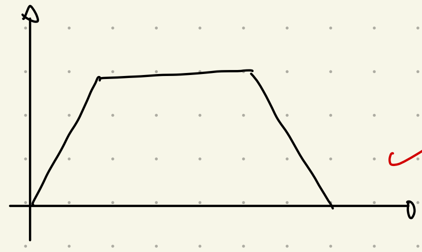
Aufgabe 22: Induktionsgesetz II

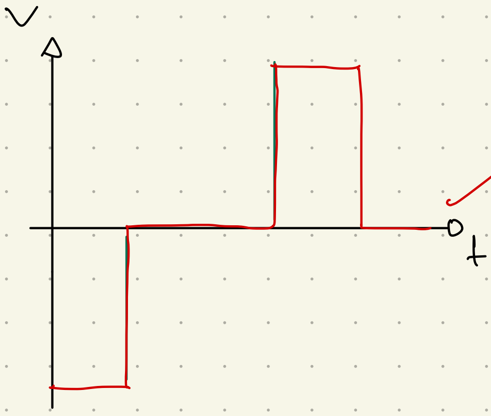
$B = 0{,}2\,T$, $a = 0{,}2\,m$, $v = 5\,\frac{m}{s}$

$b = 0{,}1\,m$



a)



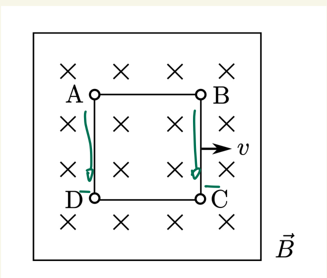


b)

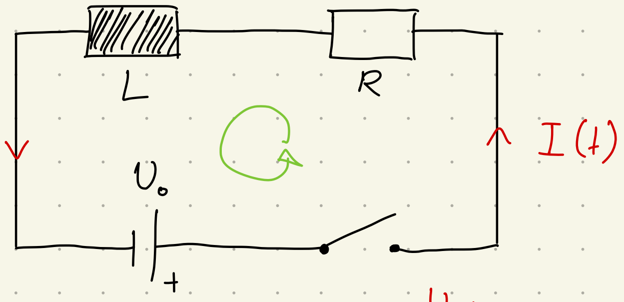
$$U = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{BA}{\frac{b}{v}} = -\frac{Bb^2}{\frac{b}{v}} = \frac{0{,}2T \cdot 0{,}01m^2}{\frac{0{,}1m}{5\frac{m}{s}}} \approx \underline{\underline{-0{,}1\,V}}$$

analog $\rightsquigarrow$ $\underline{\underline{+0{,}1\,V}}$

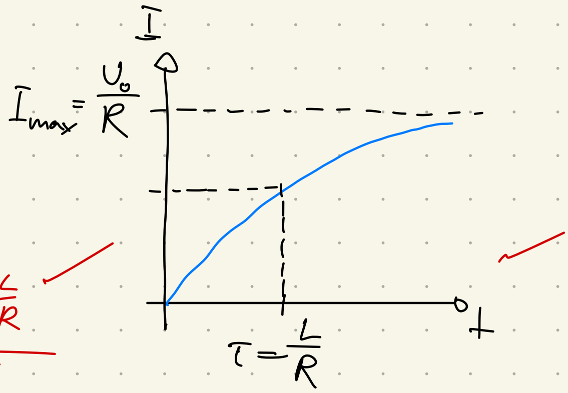
c)



Aufgabe 23: RL-Stromkreise



a) MR: $U_0 - RI - \overbrace{L\frac{dI}{dt}}^{U_{ind}} \overset{!}{=} 0$



$\Leftrightarrow \quad U_0 - U_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) - \frac{L U_0}{R\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$

$\Leftrightarrow \quad U_0\left(e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{L}{R\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 0 \Rightarrow \tau = \frac{L}{R}$

b)

$I(t=1s) = \frac{1}{2} I_{max}$

$\Leftrightarrow \quad \frac{\cancel{U_0}}{\cancel{R}}\left(1 - e^{-\frac{1}{\tau}}\right) = \frac{1}{2}\frac{\cancel{U_0}}{\cancel{R}}$

$\Leftrightarrow \quad \left(1 - e^{-\frac{1}{\tau}}\right) = \frac{1}{2}$

$\Leftrightarrow \quad e^{-\frac{1}{\tau}} = \frac{1}{2} \quad | \ln$ 1s ?

$\Leftrightarrow \quad -\frac{1}{\tau} = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$

$\Leftrightarrow \quad -\frac{R}{L} = \ln\left(\frac{1}{2}\right) \quad | \cdot(-L)$

$\Leftrightarrow \quad R = \frac{-\ln\left(\frac{1}{2}\right) L}{1s}$

$\approx -0{,}69\ H \Rightarrow \Omega$

$I_{max} = \frac{U_0}{R} = \frac{10V}{-0{,}69\Omega} \approx 14{,}49\ A$

c)

RC — monoton wachsend $\xrightarrow[0]{t\to\infty}$ 0

RL - " fallend $\xrightarrow[0]{t\to\infty}$ $\frac{U_0}{R}$