

Übungsaufgaben zum Magnetfeld und zur magnetischen Induktion

- Ein Leiter der Länge $s = 10\text{cm}$ wird von einem Strom der Stärke $I = 2\text{A}$ durchflossen. Der Leiter erfährt in einem Magnetfeld ($B \perp s$) eine Kraft $F = 0,005\text{N}$.
 - Bestimmen Sie den Betrag der magnetischen Feldstärke!
 - Mit welcher Kraft wirkt das homogene Magnetfeld auf den Leiter, wenn dieser parallel zu den Feldlinien liegt?
 - Berechnen Sie die magnetische Feldstärke für den Fall, dass Magnetfeld und Leiter einen Winkel 30° bilden!
- Der von einem Strom $I = 1,5\text{A}$ durchflossene Leiter mit der wirksamen Leiterlänge $s = 5,8\text{cm}$ erfährt in einem homogenen Magnetfeld der Stärke $B = 0,08\text{T}$ die Kraft $F = 5\text{mN}$.
 - Welchen Winkel bildet der Leiter mit den magnetischen Feldlinien?
 - Bei welcher Stromstärke ist bei sonst unveränderten Größen der Winkel $\alpha = 65^\circ$?
- Ein Elektron fliegt mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ durch ein homogenes Magnetfeld der Feldstärke $\vec{B} = 1,8 \cdot 10^{-2}\text{T}$. Zwischen dem Geschwindigkeitsvektor \vec{v} und dem Vektor der magnetischen Feldstärke \vec{B} wird der Winkel α gemessen. Berechnen Sie den Betrag der Lorentzkraft \vec{F} , wenn $\alpha = 60^\circ$ ist!
- Ein Proton ($m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}\text{kg}$; $Q = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{As}$) durchläuft im Vakuum eine Beschleunigungsspannung von 5kV und tritt dann senkrecht zu den Feldlinien eines quadratischen Plattenkondensators von 12cm Plattenlänge und 8mm Plattenabstand ein. Zwischen den Kondensatorplatten liegt eine Spannung $U = 500\text{V}$ an.
 - Mit welcher Geschwindigkeit \vec{v} fliegt das Proton in das Kondensatorfeld ein?
 - Bestimmen Sie die Kraft, die das Proton im Kondensatorfeld erfährt!
- Ein Leiter bewegt sich mit der Geschwindigkeit $v = 0,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ gleichförmig und senkrecht zu den Feldlinien durch ein homogenes Magnetfeld der Stärke $B = 0,6\text{T}$. Berechnen Sie die im Leiter induzierte Spannung, wenn das Magnetfeld eine Breite von 4cm hat.
- Mit welcher Geschwindigkeit muss der in Aufgabe 5) erwähnte Leiter senkrecht zu dem dort angegebenen Magnetfeld bewegt werden, damit die induzierte Spannung 3mV beträgt?
- Ein in Ost – West – Richtung liegender Metallstab von 1m Länge fällt aus 10m Höhe zu Boden. Welche Spannung wird zwischen seinen Enden vom Magnetfeld der Erde ($\vec{B} = 2 \cdot 10^{-5}\text{T}$)
 - in 5m Höhe
 - beim Erreichen des Erdbodens induziert?
- Eine kreisförmige Leiterschleife mit dem Durchmesser $7,4\text{cm}$ steht senkrecht zu einem magnetischen Feld der Stärke $B = 0,05\text{T}$.
 - Bestimmen Sie die mittlere induzierte Spannung, wenn die Leiterschleife innerhalb $0,15\text{s}$ auf eine Fläche von 5cm^2 zusammengedrückt wird!
 - Um welchen Winkel müsste die nicht deformierte Spule gedreht werden, um die gleiche Induktionsspannung in der gleichen Zeit zu erzeugen?

Sehr geehrte interessierte Schüler des Physikgrundkurses!

Hiermit übermittle ich Euch die Lösungen der Internetaufgaben. Da diese aus einem Buch stammen, haben diese auch andere Nummern!

Nachfolgend gebe ich Ihnen die Zuordnung der Aufgaben zu den Lösungen. Die Lösungen sind nach einer Seitenzahl und der Nummer im Buch geordnet.

Aufgabe 1	S.244/1
Aufgabe 2	S.244/4
Aufgabe 3	S.245/1
Aufgabe 4	S.245/4
Aufgabe 5	S.257/1
Aufgabe 6	S.257/2
Aufgabe 7	S.257/4
Aufgabe 8	S.261/5

Euer Physiklehrer!

Permanentmagneten gezogen oder abgestoßen. Da sich bei akustischen Signalen der Strom in der Schwingkreisspule ständig ändert, schwingen Spule und Membran im Rhythmus des sich ändernden Stromes.

- Der Bolzen aus Weicheisen wird unabhängig von der verwendeten Stromart in die Spule hineingezogen.
- Die Empfindlichkeit des Drehspulinstrumentes kann z. B. durch die Verringerung der Federkonstanten gesteigert werden.

Zu den Aufgaben S. 244

1. a) Aus $F = B \cdot I \cdot s$ folgt

$$B = \frac{F}{I \cdot s} = \frac{0,005 \text{ N}}{2 \text{ A} \cdot 0,01 \text{ m}} = 0,025 \text{ T}$$

- b) $F = 0 \text{ N}$

- c) Aus $F = B \cdot I \cdot s \sin \alpha$ folgt $B = \frac{F}{I \cdot s \cdot \sin \alpha}$

α	30°	45°	60°	120°	180°
B	0,05 T	0,035 T	0,029 T	0,029 T	-

2. $F = B \cdot I \cdot s = 0,1 \text{ T} \cdot 1,5 \text{ A} \cdot 0,05 \text{ m} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

3. Wirksame Leiterlänge:

$$s = n \cdot l = 50 \cdot 0,05 \text{ m} = 2,5 \text{ m}$$

$$B = \frac{F}{I \cdot s} = \frac{6,25 \cdot 10^{-3} \text{ N}}{0,1 \text{ A} \cdot 2,5 \text{ m}} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$$

4. a) $\sin \alpha = \frac{F}{B \cdot I \cdot s}$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ N}}{8 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 1,5 \text{ A} \cdot 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 0,71839 \Rightarrow \alpha = 46^\circ$$

- b) $I = \frac{F}{B \cdot s \cdot \sin \alpha}$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ N}}{8 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \sin 65^\circ} = 0,189 \text{ A} \approx 1,2 \text{ A}$$

19.7 Lorentz-Kraft

Zu den Aufgaben S. 245

1. $F = e \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$

$$= 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot \sin \alpha$$

α	0°	45°	60°	90°	180°
F in N	0	$2 \cdot 10^{-16}$	$2,5 \cdot 10^{-16}$	$2,9 \cdot 10^{-16}$	0

2. $F = e \cdot v \cdot B = 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ m T}$
 $= 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ N}$

3. Da die Vektoren \vec{F} und \vec{v} senkrecht aufeinander stehen, werden die Elektronen im Magnetfeld nur abgelenkt und der Betrag der Geschwindigkeit bleibt unverändert. Damit bleibt auch ihre kinetische Energie konstant. Dies ist im elektrischen Feld anders. Dort werden die Elektronen in Richtung der Feldlinien beschleunigt und der Betrag der Geschwindigkeit wird verändert.

4. $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

a) $v = \sqrt{2 \cdot \frac{Q}{m_p} \cdot U} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 5000 \text{ V}}{1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}}$
 $= 9,787 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) $F_{\text{El}} = Q \cdot E = 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot \frac{500 \text{ V}}{8 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$

$$= 1 \cdot 10^{-14} \text{ N}$$

$$F_{\text{Grav}} = m \cdot g = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$= 1,64 \cdot 10^{-26} \text{ N}$$

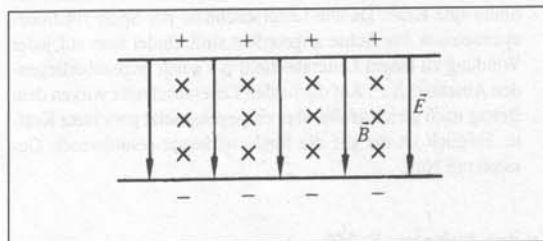
$$F_{\text{Grav}} \ll F_{\text{El}}; \text{ die Schwerkraft ist vernachlässigbar.}$$

- c) Die Lorentzkraft F_L und die elektrische Feldkraft F_{El} müssen dem Betrag nach gleich sein.

$$v \cdot Q \cdot B = Q \cdot E$$

$$B = \frac{E}{v} = \frac{500 \text{ V}}{8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 9,787 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$B = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ T}$$



Zu den Aufgaben S. 247

1. a) Wenn nur positive Ladungsträger frei beweglich sind, besitzt die Hallspannung in Abb. 246.2 gerade entgegengesetzte Polarität. A_1 ist nun positiv geladen und A_2 negativ.

2. Die Hall-Spannung ist genau dann maximal, wenn die magnetischen Feldlinien senkrecht zur Metallfolie der Hall-Sonde stehen. In diesem Fall ist auch die Lorentz-Kraft maximal.

3. a) $R_H = \frac{V}{N e}$

$$N = \frac{V}{R_H \cdot e} = \frac{1 \text{ m}^3}{-5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ C}^{-1} \cdot (-1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C})}$$

$$N = 1,17 \cdot 10^{29} \text{ Elektronen}$$

b) $U_H = R_H \cdot \frac{B \cdot I}{d}$

$$= -5,3 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{As}} \cdot 0,8 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot \frac{20 \text{ A}}{5 \cdot 10^{-5} \text{ m}} = -1,7 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

$$\text{Aus } |U_H| = v \cdot B \cdot b \text{ folgt}$$

$$v = \frac{U_H}{B b} = \frac{1,696 \cdot 10^{-5} \text{ V}}{0,8 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4. $R_H = \frac{U_H \cdot d}{B I} = \frac{64 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}}{1 \text{ Vs m}^{-2} \cdot 0,05 \text{ A}} = 3,84 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{C}}$

Dieses Ergebnis entspricht $1,63 \cdot 10^{22}$ Elektronen pro m^3 .

Elektromagnetische Induktion

21 Zeitabhängige elektromagnetische Felder

Zu den Aufgaben S. 257

- $U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = 0,6 \text{ T} \cdot 0,06 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,04 \text{ m} = 1,44 \text{ mV}$
- $v = \frac{U_{\text{ind}}}{B \cdot d}$ a) $12,5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$; b) $25 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$; c) $4,17 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- Aus $B = \frac{U_{\text{ind}}}{v \cdot d}$ und $U_{\text{ind}} = R \cdot I$ erhalten wir

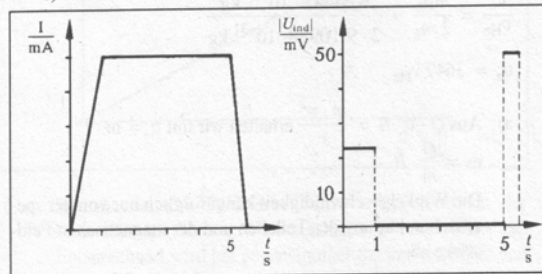
$$B = \frac{R \cdot I}{v \cdot d} = \frac{5 \Omega \cdot 0,003 \text{ A}}{0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,04 \text{ m}} = 3,75 \text{ T}$$
- Der Stab fällt senkrecht zum Magnetfeld der Erde mit der Fallgeschwindigkeit $v = \sqrt{2gh}$. Die induzierte Spannung beträgt dann $U_{\text{ind}} = B \cdot \sqrt{2gh} \cdot d$
 - $U_{\text{ind}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ m}} \cdot 1 \text{ m} = 0,198 \text{ mV}$.
 - $U_{\text{ind}} = 0,28 \text{ mV}$
- $U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = 0,52 \cdot 10^{-4} \text{ T} \cdot 246 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 22 \text{ m} = 78,2 \text{ mV}$
- $U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot l = 0,48 \cdot 10^{-4} \text{ T} \cdot \frac{80\,000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \cdot 1,435 \text{ m} = 1,53 \text{ mV}$
- $U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot l = 0,02 \text{ T} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 0,02 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ V}$
 Diese Spannung wird so lange induziert, bis auch das obere Rahmenstück in das Feld eintaucht. Dies ist nach
 $t_1 = \frac{0,03 \text{ m}}{0,02 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,5 \text{ s}$ der Fall.
 Nach $t_2 = \frac{0,1 \text{ m}}{0,02 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 5 \text{ s}$ verläßt das untere Rahmenstück das Feld. Es wird wieder eine Spannung von $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ induziert, die jetzt allerdings eine andere Polarität besitzt. Nach insgesamt $t_3 = 6,5 \text{ s}$ verläßt auch das obere Rahmenstück das magnetische Feld und die induzierte Spannung geht auf Null zurück.

Zu den Aufgaben S. 261

- Sowohl Generator als auch Elektromotor bestehen beide aus Spulen auf einem Rotor, der sich in einem Magnetfeld dreht. Beim Generator besteht die Eingabe aus mechanischer Energie und man erhält als Ausgabe elektrische Energie. Beim Elektromotor ist das gerade umgekehrt. Da eine induzierte Spannung immer dann entsteht, wenn der Rotor sich im Magnetfeld dreht, ist jeder Elektromotor auch ein Generator, da es für den Rotor natürlich gleichgültig ist, ob er durch elektrische oder mechanische Energie angetrieben wird. Wenn sich der Motor frei ohne externe Last dreht, erzeugt er fast ebensoviel Strom wie er erhält.
- $U_{\text{ind}} = n \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = 200 \cdot 50 \text{ cm}^2 \cdot \frac{0,9 \text{ T}}{20 \text{ s}} = 45 \text{ mV}$
- a) $B = \mu_0 \cdot \frac{n \cdot I}{l}$

$$= 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ T A}^{-1} \text{ m} \cdot \frac{16\,000 \cdot 0,1 \text{ A}}{0,48 \text{ m}} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } |U_{\text{ind}}| &= n \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \\ &= 2000 \cdot 28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 4,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{T}}{\text{s}} = 23,5 \text{ mV} \\ |U_{\text{ind}}| &= 2000 \cdot 28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \frac{4,2 \cdot 10^{-3} \text{ T}}{0,5 \text{ s}} = 47 \text{ mV} \end{aligned}$$



Da die Lenzsche Regel an dieser Stelle des Unterrichts den meisten Schülern noch unbekannt ist, wird im U - t -Diagramm der Betrag der induzierten Spannung aufgetragen.

- $B = \mu_0 \cdot n \cdot \frac{I}{l} = 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ TmA}^{-1} \cdot 16\,000 \cdot \frac{0,08 \text{ A}}{0,48 \text{ m}} = 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
 - $U_{\text{ind}} = n \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = n \pi r^2 \frac{\Delta B}{\Delta t} = \pi \cdot (0,012 \text{ m})^2 \cdot \frac{3,35 \cdot 10^{-3} \text{ T}}{0,1 \text{ s}} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ V}$
 - $U_{\text{ind}} = n \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \cos \varphi \frac{\Delta B}{\Delta t} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ für $\varphi = 30^\circ$
 $U_{\text{ind}} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ für $\varphi = 45^\circ$
 - $U_{\text{ind}} = 0 \text{ V}$
 - Die induzierte Spannung ist dem Betrag nach gleich der induzierten Spannung bei $\varphi = 0^\circ$, jedoch ist die Polarität wegen $\cos 180^\circ = -1$ gerade entgegengesetzt.
- $A = \pi r^2 = 43 \text{ cm}^2$
 - $U_{\text{ind}} = n B \frac{\Delta A}{\Delta t} = 0,05 \text{ T} \cdot \frac{38 \text{ cm}^2}{0,15 \text{ s}} = 1,3 \text{ mV}$
 - $U_{\text{ind}} = n \cdot \pi r^2 \cdot \cos \varphi \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$ liefert $\cos \varphi = U_{\text{ind}} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta B} \cdot \frac{1}{\pi r^2} = 1,2667 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \frac{0,15 \text{ s}}{0,05 \text{ T}} \cdot \frac{1}{43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,88374 \Rightarrow \varphi = 28^\circ$
 - $\Delta t = \frac{n \cdot A \Delta B}{U_{\text{ind}}} = \frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,05 \text{ T}}{3 \cdot 10^{-3} \text{ V}} = 8,3 \text{ ms}$

Zu den Aufgaben S. 265

$$\begin{aligned} \text{1. a) } A &= \pi r^2 = \pi (2,7 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 = 2,29 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \\ \Phi &= \vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cdot \cos \varphi \end{aligned}$$

φ in $^\circ$	0	30	45	60	90	120	180
$\Phi \cdot 10^{-5}$ in Wb	6,4	5,6	4,5	3,2	0	-3,2	-6,4

$$\text{b) } U_{\text{ind}} = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

φ in $^\circ$	0	30	45	60	90	120	180
$U_{\text{ind}} \cdot 10^{-5}$ in V	0	-0,8	-1,9	-3,2	-6,4	-3,2	0