AB (1-4)

3) a) $U_i = B l v = 0{,}0225\,V \Rightarrow I = \frac{U_i}{R} = 0{,}045\,A$

b) Es muss gegen die magnetische Kraft angearbeitet werden (Energieerhaltungssatz!): $F_L = B \cdot I \cdot l = 4{,}05\,mN$

c) $W = F_s \cdot s$ $\quad [W = \vec{F} \cdot \vec{s} = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cdot \cos\sphericalangle(\vec{F}, \vec{s})]$

$\overset{\text{hier}}{=} F_L \cdot v \cdot t$

$= 10{,}125\,m\,J$

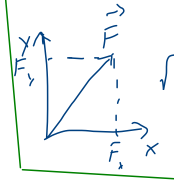
$W_{el} = U_i\, I \cdot t$

$[P = U \cdot I\,,\; P = \frac{\Delta W}{\Delta t}]$

physikalisch präziser: $\Delta W_{el} = U_i \cdot I \cdot \Delta t$

$= 10{,}125\,mJ$

Exkurs

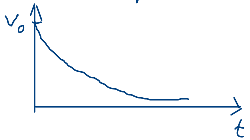


$\sqrt{F_x^2 + F_y^2} = |\vec{F}|$

$\alpha/°$	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$
0	$\frac{1}{2}\sqrt{0}$	$\frac{1}{2}\sqrt{4}$
30	$\frac{1}{2}\sqrt{1}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$
45	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$
60	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{1}$
90	$\frac{1}{2}\sqrt{4}$	$\frac{1}{2}\sqrt{0}$

d) $F_L = B \cdot l\, I = B\, l\, \frac{U_i}{R} = B\, l\, \frac{B l v}{R}$

$= \frac{B^2 l^2 v}{R}$ □



$v_0 = 25\,cm/s$

$F_L = m \cdot a = m\, \frac{dv}{dt} = \frac{-B^2 l^2}{R} \cdot v \quad | : 2$

$\Leftrightarrow \dot{v} = -k \cdot v \qquad k = \frac{B^2 l^2}{m R}$

Vermutung: $v(t) = v_0 \cdot e^{-kt} \Rightarrow \dot{v} = v_0 \cdot (-k)\, e^{-kt} = -k v$

$\left[\frac{B^2 l^2 \cdot v}{R}\right] = [F_L] = 1\,N = 1\,kg\,\frac{m}{s^2}$ $\qquad F_G = \gamma\,\frac{m M}{r^2}$

$= \frac{T^2 m^2\, m}{\Omega\; s} = \frac{N^2\, \cancel{m^2}\, m \cdot \cancel{A}}{A^{\cancel{2}}\, \cancel{m^2}\, V\; s}$

$= \frac{kg^{\cancel{2}}\, \cancel{m^2}\, \cancel{s^2}\, \cancel{As}\; m}{\cancel{A}\; s^{\cancel{4}}\, \cancel{kg}\, \cancel{m^2}\; s}$

$= kg\,\frac{m}{s^2}$ □

$\Omega = \frac{V}{A}$ wg. $R = \frac{U}{I}$ $\qquad \frac{U}{R \cdot I}$

$T = \frac{N}{A m}$ wg. $B = \frac{F}{I \cdot l}$

$V = \frac{J}{C}$ wg. $U = \frac{W}{q}$

$N = kg\,\frac{m}{s^2}$

$J = kg\,\frac{m^2}{s^2}$

$C = As$ wg. $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

$$\boxed{U_{ind} = -N \cdot \dot{\phi}} = -N \frac{d}{dt}(\vec{B} \cdot \vec{A}) \quad \Big| \quad \phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

magn. Fluss

$$= -N \left[\dot{\vec{B}} \cdot \vec{A} + \vec{B} \cdot \dot{\vec{A}} \right]$$

$$= -N \cdot \left[\vec{A} \cdot \frac{d\vec{B}}{dt} + B \cdot \frac{d\vec{A}}{dt} \right]$$

i.d.R. ist ein Summand 0!

A1 a) $U_{ind} = -N \cdot \dot{\phi} \overset{\text{hier}}{=} -N \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$

$$= -10 \cdot (0{,}3 \cdot 0{,}6\ m^2) \cdot \frac{0{,}8\ T}{4\ s}$$

$$= -0{,}36\ V$$

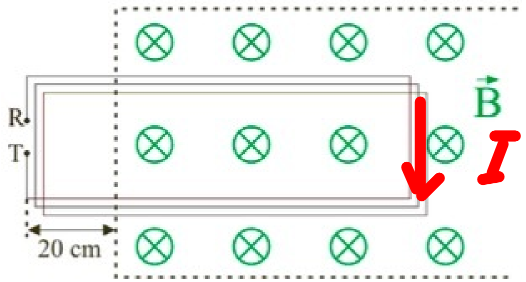
wg. $\vec{B} \parallel \vec{A}$

$\vec{B} \cdot \vec{A} = A \cdot B$

und $\frac{d\vec{A}}{dt} = 0$

und dB, dt: Intervalle

b) $I = \frac{U_{ind}}{\;} = -0{,}18\ A$



Dieser Strom würde das B-Feld in A vergrößern, wodurch er sich selbst antreiben würde: Verstoß gg. Energieerh.-Satz!
=> I muss gg. den Uhrzeigersinn fließen

c) • kein $I \Rightarrow$ keine F, also keine Bew.; $U_{ind} = -0{,}36V$

• F_L schiebt Spule nach links (Kräfte auf oben u. unten heben sich auf)

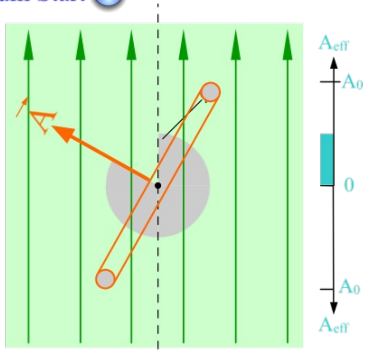
4. In einem homogenen Magnetfeld mit der Flussdichte B befindet sich eine flache Induktionsspule mit der Querschnittsfläche $A_0 = 40\ cm^2$ und der Windungszahl N = 500. Die Drehachse liegt in der Spulenebene und steht senkrecht auf den Feldlinien des Magnetfelds. Wenn die Induktionsspule mit konstanter Frequenz f rotiert, wird in ihr eine sinusförmige Wechselspannung mit dem Scheitelwert U_0 induziert. Indem f auf verschiedene Werte eingestellt wird, ermittelt man die folgende Messreihe:

f in Hz	16	22	28	36
U_0 in V	0,34	0,46	0,59	0,75

a) Zeigen sie durch graphische Auswertung, dass U_0 zu f direkt proportional ist und ermitteln sie den Wert des Proportionalitätsfaktors k.

b) Bestätigen sie, ausgehend vom Induktionsgesetz, dass für den Proportionalitätsfaktor k aus Teilaufgabe a gilt: $k = 2\cdot\pi\cdot N\cdot A_0\cdot B$. Berechnen sie B.

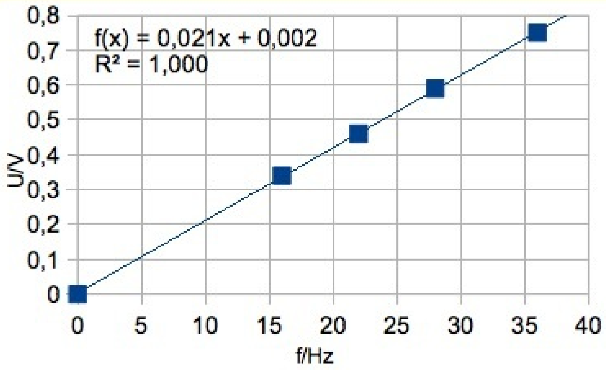
zum Start



Eine Spule (N Windungen, Fläche A0 rotiert gleichförmig in einem homogenen Magnetfeld

f/Hz	U/V
0	0
16	0,34
22	0,46
28	0,59
36	0,75

Steigung: $\underline{\underline{0{,}0209}} = k$



b) $U_i = -n\dot{\phi} = -n\frac{d}{dt}(\vec{B}\cdot\vec{A}) \overset{\text{hier}}{=} -n\cdot B\cdot\dot{A} = -n B\cdot\frac{d}{dt}(A_0\cdot\cos(\omega t))$

$= -nBA_0(-\omega)\sin(\omega t) = \underbrace{nBA_0\omega}_{U_0}\sin(\omega t)$

$\Rightarrow U_0 = \underbrace{n\cdot B\cdot A_0\cdot 2\pi}_{k} f$

$\Rightarrow B = \frac{k}{nA_0 2\pi} = \frac{0{,}0209\ Vs}{500\cdot 4\cdot 10^{-3}\ m^2\ 2\pi} = 1{,}67\ mT$

2. Im Inneren einer langgestreckten, zylinderförmigen Feldspule (l_1 = 750 mm, N_1 = 1460, A_1 = 45,0 cm^2) befindet sich eine Induktionsspule (l_2 = 105 mm, N_2 = 200, A_2 = 20,25 cm^2), deren Enden mit einem Spannungsmessgerät verbunden sind. Beide Spulenachsen sind zueinander parallel.

a) Erläutern Sie jeweils ausführlich, welche Wirkungen folgende zwei Experimente in der Induktionsspule hervorrufen:

α) Durch die Feldspule fließt ein sinusförmiger Wechselstrom.

β) In der Feldspule fließt ein Gleichstrom konstanter Stärke, während die Induktionsspule in Richtung ihrer Spulenachse im Inneren der Feldspule hin und her bewegt wird. (8 BE)

Durch die Feldspule fließt nun ein Gleichstrom der Stärke I = 3,0 A.

b) Berechnen Sie die magnetische Flussdichte B im Inneren der Feldspule. [zur Kontrolle: B = 7,3 mT] (4 BE)

c) Die Feldspule wird innerhalb von 0,50 Sekunden auf die doppelte Länge auseinander gezogen, wobei die Induktionsspule ihre Form und Position beibehält. Begründen Sie ausführlich, weshalb in der Induktionsspule eine Spannung induziert wird. Berechnen Sie den Wert dieser Induktionsspannung. (9 BE)

a) α) => sinusförm. B-Feld $\quad B = \underbrace{\mu_0 \frac{n}{l}}_{\text{konst.}} I \Rightarrow U_i = -n\dot{\phi} \overset{\text{hier}}{=} \underbrace{-n \cdot A}_{\text{konst.}} \dot{B}$ auch

β) $\phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = \text{konst.} \Rightarrow \dot{\phi} = 0 \Rightarrow U_i = -n\dot{\phi} = 0$

b) $B = \mu_0 \cdot \frac{N_1}{l} I = 7{,}3\,mT$

c) $B_1 = 7{,}3\,mT \quad , \quad B_2 = 0{,}5 \cdot 7{,}3\,mT \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{B_2 - B_1}{0{,}5\,s}$

$\Rightarrow U_i = -n\dot{\phi} \overset{\text{hier}}{=} -N_2 \cdot A_2 \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = -200 \cdot 20{,}25 \cdot 10^{-4}\,m^2 \cdot 7{,}3\,\frac{mT}{s}$

$= 3\,mV$