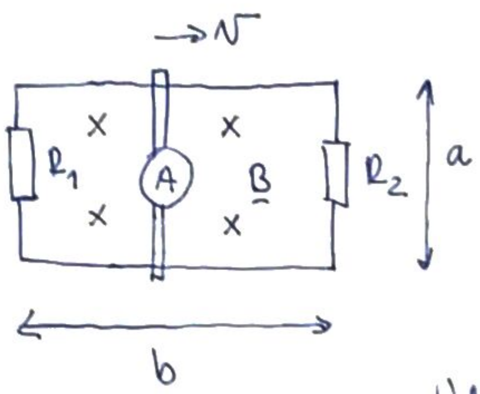
Fizika 2i – 5. gyakorlat

(F1.)



A rúd mozgása során létrejövő fluxusváltozás:

$$\Delta\Phi = B\cdot a\cdot v\cdot\Delta t \rightarrow$$

indukált feszültség nagysága a rúd két vége között:

$$U_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B\cdot a\cdot v$$

Ekkora feszültség esik mindkét ellenálláson, így az egyes ellenállásokon átfolyó áram:

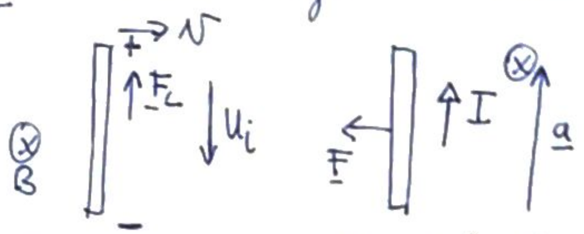
$$I_1 = \frac{U_i}{R_1} = \frac{Bav}{R_1} \quad ; \quad I_2 = \frac{U_i}{R_2} = \frac{Bav}{R_2}$$

A mozgó rúd telepként fogható fel, ez van a főágban, tehát az ampermérő

$$I_A = I_1 + I_2 = Bav\cdot\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}$$

áramerősséget mutat.

megjegyzés: Az áram irányát a Lorentz-erőből megadhatjuk:



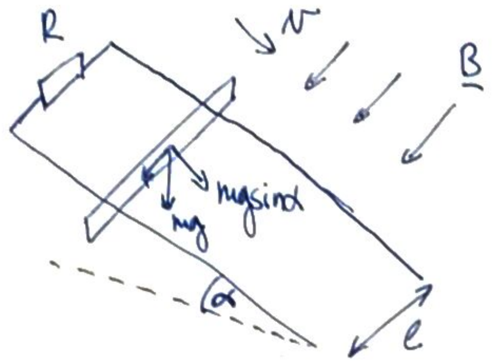
$\underline{F}_L = q\,\underline{v}\times\underline{B}$

$\underline{F} = I(\underline{a}\times\underline{B})$ erő lassítaná a mozgást, ezért a v=áll. mozgáshoz ugyanekkora, ellentétes irányú erőt kell kifejtenünk.

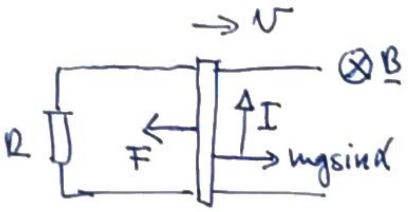
Vagy a bal és a jobb hurdra alkalmazva a balkéz-szabályt, az áram iránya szintén kitalálható.

F2

a,



A lejtőre merőlegesen nézve felülről



A Lorentz-erő hatására áram indul meg, ami miatt fellépő $F = IlB$ erő akadályozza a mozgást.

Ha $v = \text{áll.}$, akkor:

$$F = mg\sin\alpha$$

$$IlB = mg\sin\alpha \quad (*)$$

Az ellenálláson megjelenik az indukált feszültség:

$$U_i = R\cdot I = Blv \Rightarrow I = \frac{Blv}{R}$$

tehát (*)-ba beírva ezt:

$$\frac{B^2 l^2 v}{R} = mg\sin\alpha \Rightarrow v = \frac{mg\cdot\sin\alpha\cdot R}{B^2 l^2}$$

b)** Kondenzátor esetében (*) és az indukált feszültségre vonatkozó egyenlet módosul:

$$mg\sin\alpha - IlB = m\cdot a$$

$$U_i = Blv = \frac{Q(t)}{C}$$

Kicsiny Δt idő alatt a kondenzátor ΔQ-val feltöltődik, így:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = B\ell C \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = B\ell C \cdot a$$

tehát:

$$mg\sin\alpha - B^2\ell^2 C a = ma$$

$$a = \frac{mg\sin\alpha}{m + B^2\ell^2 C}$$

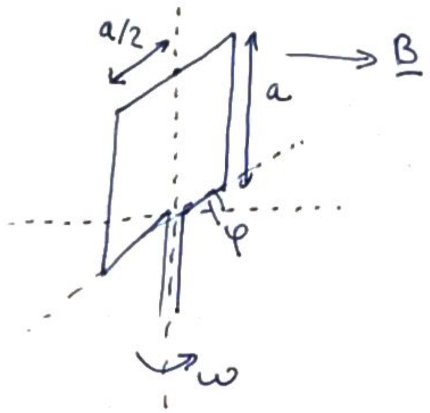
F3.

$B = 400\,mT$

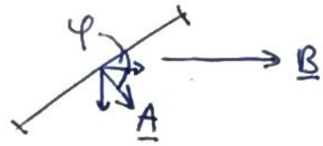
$a = 0{,}15\,m$

$\omega = 40\ 1/s$

$\varphi = 45°$



felülnézet:



Ebben a pillanatban a fluxusváltozás sebessége:

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta}{\Delta t}(\underline{B}\underline{A}) = \frac{\Delta}{\Delta t}\left(B\cdot A\cdot\cos(90°-\varphi)\right) =$$

$$= \frac{\Delta}{\Delta t}\left(Ba^2\cdot\sin\varphi(t)\right) = Ba^2\,\frac{\Delta\sin(\omega t)}{\Delta t} = Ba^2\omega\cdot\cos(\omega t) = U_i$$

Tehát az indukált feszültség nagysága ebben a pillanatban:

$$U_i = Ba^2\omega\cdot\cos\varphi = 0{,}25\,V$$

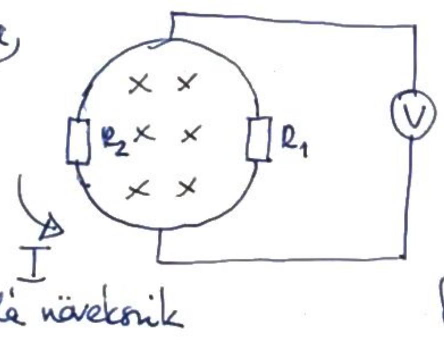
F4.

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 4V$

$R_1 = 20\Omega$

$R_2 = 40\Omega$

a)



Φ befelé növekszik

A voltmérő az R_1-en eső feszültséget méri, ami nem azonos az R_2-n esővel, hiszen így tekintve a kört, fluxusváltozást ölelünk körül.

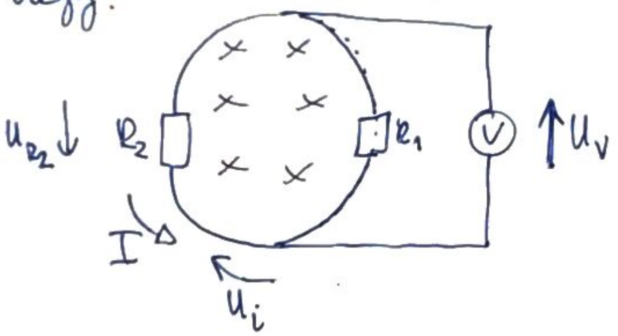
Mivel (V) ideális, így rajta nem folyik áram:

$$(R_1+R_2)\cdot I = U_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{(előjeltől eltekintve)}$$

$$I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\cdot\frac{1}{R_1+R_2} = \frac{1}{15}\,A$$

Tehát: $$U_V = R_1\cdot I = \frac{R_1}{R_1+R_2}\cdot\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{4}{3}\,V \approx 1{,}3\,V$$

Vagy:

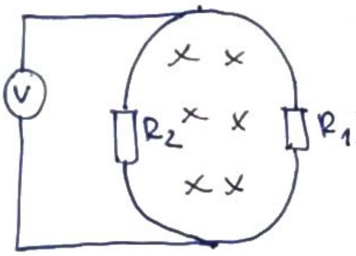


$$U_V + U_{R_2} = U_i$$

$$U_V = U_i - U_{R_2} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} - R_2 I =$$

$$= \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\left(1-\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) = \frac{R_1}{R_1+R_2}\cdot\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

b)



Hasonló gondolatmenettel:

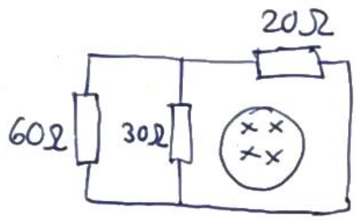
$$U_V = R_2\cdot I = \frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{8}{3}\,V \approx 2{,}7\,V$$

F5.

$r = 5\,cm$

$B = 200\,mT$

$\Delta t = 1{,}0\,ms$

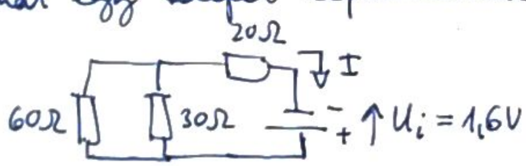


$\downarrow I$ (balkéz-szabállyal, Φ „felfelé növekszik")

A szolenoidban a fluxusváltozás: $$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta}{\Delta t}(B\cdot r^2\pi) = \underbrace{\frac{\Delta B}{\Delta t}}\cdot r^2\pi = 1{,}6\,V$$

$$\frac{200\,mT}{1\,ms} = 200\,\frac{T}{s}$$

Tehát egy telepet képzelhetünk el:



A eredő ellenállás: $20\Omega + \dfrac{60\Omega\cdot 30\Omega}{90\Omega} = 40\Omega$

$$I = \frac{1{,}6V}{40\Omega} = 0{,}04A \rightarrow 20\Omega\text{-on}$$

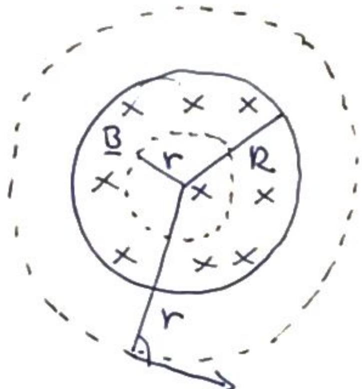
30Ω-on: $$U_{30\Omega} = U_i - 20\Omega\cdot I = 0{,}8V$$

$$I_{30\Omega} = \frac{U_{30\Omega}}{30\Omega} = 0{,}027A$$

60Ω-on: $$I_{60\Omega} = I - I_{30\Omega} = 0{,}013A$$

F6.

$$\underline{B(t) = B_0 + \alpha\cdot t} \qquad \oint \underline{E}\,d\underline{s} = -\frac{d\Phi}{dt}$$



$\underline{E}(r)$ (ha Φ befelé növekszik)

Hengerszimmetrikus elektromos mező alakul ki a szolenoid szimmetriája miatt

a) ha $r \leq R$:

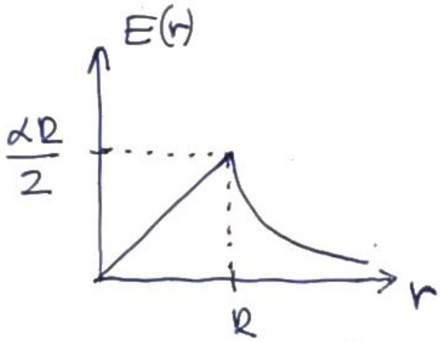
$$E\cdot 2r\pi = \frac{\Delta\Phi(r)}{\Delta t}$$

$$E(r) = \frac{1}{2r\pi}\cdot\frac{\Delta}{\Delta t}\left(B(t)\cdot r^2\pi\right) =$$

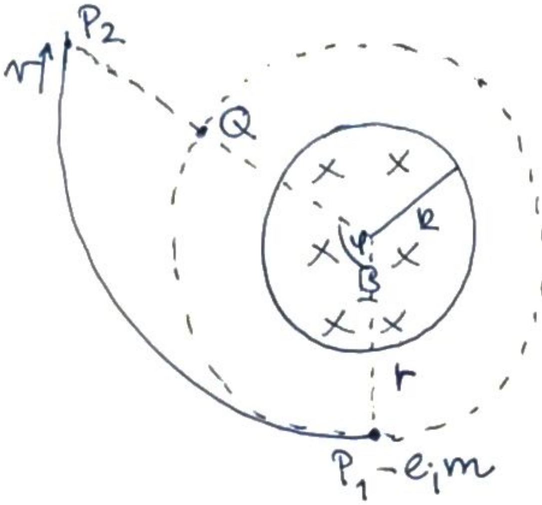
$$= \frac{1}{2\cancel{r}\cancel{\pi}}\cdot r^{\cancel{2}}\cancel{\pi}\cdot\alpha = \frac{\alpha}{2}\cdot r$$

ha $r > R$:

$$E\cdot 2r\pi = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \alpha\cdot R^2\pi \rightarrow E(r) = \frac{\alpha R^2}{2}\cdot\frac{1}{r}$$



b)**



$\varphi = 120^\circ = \frac{2\pi}{3}$ Munkatétellel.

Az elektronra ható erő minden pillanatban merőleges az elektront és a szolenoid középpontját összekötő szakaszra (sugárra). A pálya bonyolult, nehéz közvetlenül számolni az elektromos tér által végzett munkát, ráadásul az erő sem állandó.

$$\Delta E_{kin} = W^{elektromos}_{P_1 \to P_2}$$

Viszont máshogyan is ki tudjuk számolni $W^{el.}_{P_1 \to P_2}$-t. Tekintsük a Q pontot. Ha az elektron a $P_1 \to Q \to P_2$ pályán mozogna, ugyanannyi munkát végezne az elektromos mező, mint a $P_1 \to P_2$ szakaszon mozogva, hiszen a $P_1 \to P_2 \to Q \to P_1$ zárt görbe nem fog közre fluxusváltozást.

$$W_{P_1 \to Q} = eE(r) \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \cdot 2r\pi = e\frac{\alpha R^2}{\cancel{2r}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \cancel{2r}\pi = \frac{\pi \cdot \alpha R^2 e}{3}$$

$W_{Q \to P_2} = 0$, mert az erő merőleges az elmozdulásra.

tehát: $$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{\pi \alpha R^2 e}{3} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\pi \alpha R^2 e}{3m}}$$