

# Bevezető fizika (vill), 9. feladatsor

## Elektromágnesség

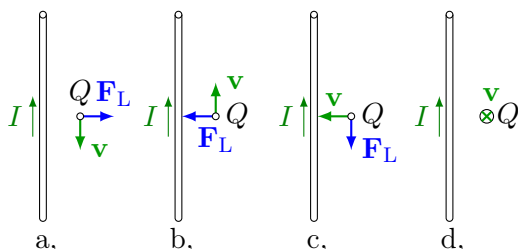
2014. november 8., 14:07

A mai órához szükséges **elméleti anyag**:

- mágnes, pólusok
- mágneses indukcióvektor ( $\mathbf{B}$ ,  $[\mathbf{B}] = 1 \text{ T}$ )
- Lorentz-erő  $\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$  vagy  $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ , jobbkézszabály
- forgatónyomaték  $\mathbf{M} = I\mathbf{B} \times \mathbf{A}$
- mágneses fluxus  $\Phi_B = \int \mathbf{B}d\mathbf{A}$
- tekercs/szolenoid tere bent  $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$ , ahol  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$  a vákuum permeabilitása (anyag jelenlétében  $\mu_r$ )
- egyenes vezető tere  $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$
- Ampère-féle gerjesztése törvény  $\int \mathbf{B}ds = \mu_0 \sum I$
- indukció, Lenz-törvény  $U = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ , tekercsre ...
- mágneses térerősség  $\mathbf{H} \sim \frac{\mathbf{B}}{\mu}$

**Órai feladatok:**

**20.5. feladat:** Egyenes vezető mágneses terében pozitív, pontszerű töltés mozog. Határozzuk meg a töltésre ható erő (Lorentz-erő) irányát az ábrán látható négy esetben!



Először meg kell határoznunk, hogy az egyenes vezető körül milyen mágneses indukció alakul ki. Ehhez a jobbkézszabályt alkalmazzuk.

a, A mágneses indukció befelé mutat a sebesség lefelé, tehát az erő jobbra.

b, A mágneses indukció befelé mutat a sebesség felfelé, tehát az erő balra.

c, A mágneses indukció befelé mutat a sebesség balra, tehát az erő lefelé.

d, A mágneses indukció befelé mutat és a sebesség is. E két vektor párhuzamos, így nem hat erő.

**20.9. feladat:** Mekkora forgatónyomaték hat a  $A = 100 \text{ cm}^2$  felületű vezetőkeretre, ha benne  $I = 2 \text{ A}$  erősségű áram folyik, és a  $B = 2 \text{ Vs/m}^2$  indukciójú homogén mágneses térben úgy helyezkedik el, hogy síkjának normálisa az indukcióvektorokkal  $\alpha = 30^\circ$ -os szöveget zár be?

A forgatónyomaték nagysága:

$$M = IBA \sin \alpha = 2 \text{ A} \cdot 2 \text{ T} \cdot 0,01 \text{ m}^2 \cdot \sin 30^\circ = 0,02 \text{ Nm}.$$

**20.11. feladat:** Mekkora erővel hat a  $B = 0,5 \text{ Vs/m}^2$  indukciójú homogén mágneses tér az egyenes vezető  $l = 1 \text{ m}$  hosszú szakaszára, ha abban  $I = 10 \text{ A}$  erősségű áram folyik, és

- a. a vezető merőleges az indukcióvonalakra;
- b. a vezető párhuzamos az indukcióvektorral;
- c. a vezető  $\alpha = 30^\circ$ -os szöveget zár be az indukcióvonalakkal?

a,  $F = IlB \sin \alpha = 10 \text{ A} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ T} \cdot \sin 90^\circ = 5 \text{ N}$

b,  $F = IlB \sin \alpha = 10 \text{ A} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ T} \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ N}$

c,  $F = IlB \sin \alpha = 10 \text{ A} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ T} \cdot \sin 30^\circ = 2,5 \text{ N}$

**20.17. feladat:** Egy kör alakú vezetőkben  $I$  áram folyik. Változik-e a az áram által keltett mágneses tér, ha a vezető kört a síkjára merőleges tengely körül  $\omega$  szögsebességgel forgatjuk?

Nem, a pozitív és negatív töltések ugyanúgy mozognak el, így az áram nem változik, és így  $\mathbf{B}$  sem.

**20.19. feladat:** Toroid tekercs középkörének sugara  $r = 10$  cm, a menetek száma  $N = 1500$ , a tekercsben folyó áramerősség  $I = 1$  A és a tekercs keresztmetszetének területe  $A = 4$  cm<sup>2</sup>. Mekkora a tekercs belsejében a mágneses indukció és az indukciófluxus, ha

- a tekercs belsejét levegő tölti ki
- a tekercs belsejét lágúvas tölti ki? ( $\mu_r = 200$ )

A gerjesztési törvény értelmében:

$$\int \mathbf{B} ds = \mu \sum I,$$

és nézzünk egy olyan görbét, amely a toroid menetek közepén megy végig (középkör!). Ekkor a következőt kapjuk:

$$B2\pi r = \mu NI$$

$$B = \frac{\mu NI}{2\pi r}$$

Ha csak levegő van benne:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot 1500 \cdot 1 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,1 \text{ m}}$$

$$= 0,003 \text{ T.}$$

$$\Phi_B = BA = 0,003 \text{ T} \cdot 0,0004 \text{ m}^2 = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Wb.}$$

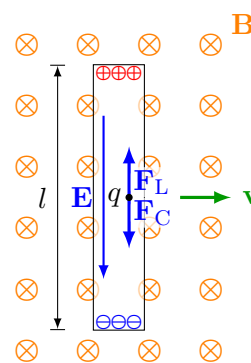
Lágúvassal:

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r NI}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot 200 \cdot 1500 \cdot 1 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,1 \text{ m}}$$

$$= 0,6 \text{ T.}$$

$$\Phi_B = BA = 0,003 \text{ T} \cdot 0,0004 \text{ m}^2 = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ Wb.}$$

**20.20. feladat:** Homogén,  $\mathbf{B}$  indukciójú mágneses térben az indukcióra merőleges,  $l$  hosszúságú vezetőszakasz mozog állandó, a hosszára és a mágneses indukcióra merőleges  $v$  sebességgel. Mekkora és milyen irányú elektromos térerősség lép fel a vezetőkben? Mekkora a vezetők két vége között a feszültség?



A vezető belsejében lévő töltések  $v$  sebességgel mozognak a sebességre merőleges  $B$  nagyságú mágneses térben, így azokra hat a Lorentz-erő. A pozitív és a negatív töltésekre az erő ellentétes irányba hat, így alakul ki a töltésszétválasztódás. Ez a szétválasztódás azonban nem lehet tetszőlegesen nagy, hiszen az azonos töltések taszítják egymást. Bizonyos mennyiségű töltés felhalmozódása után akkora térerősség jön létre a vezetőkben, hogy az abban található töltésekre ható Coulomb-erő és a Lorentz-erő kiegyenlíti egymást, vagyis megszűnik a szétválasztódás.

Az állandósult állapotban:

$$F_C = F_L$$

$$qE = qvB$$

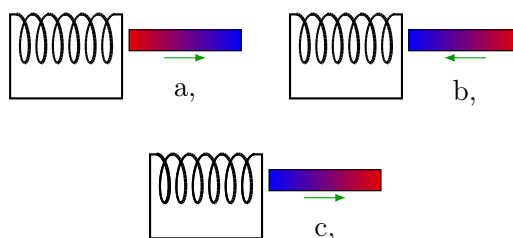
$$E = vB .$$

Mivel a  $\mathbf{B}$  indukció homogén, és a töltések sebessége is ugyanaz mindenhol (hiszen a vezetőt mozgatjuk), így a térerősség is homogén lesz a vezetőkben. Ekkor a feszültség a vezetők két vége között:

$$U = E \cdot l = vBl .$$

**20.22. feladat:** Milyen irányú áram indukálódik a tekercsben, ha a mágneses rúd

- északi sarkát húzzuk ki a tekercsből;
- déli sarkát toljuk be a tekercsbe;
- déli sarkát húzzuk ki a tekercsből?

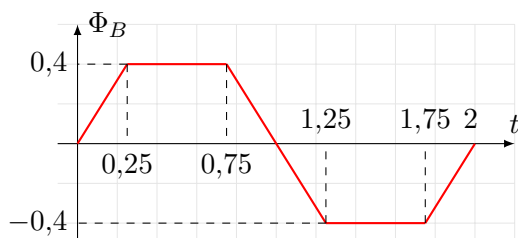


!! Ezt azért még át kell gondolni/szebben megfogalmazni, majd az ábrára rátenni!!

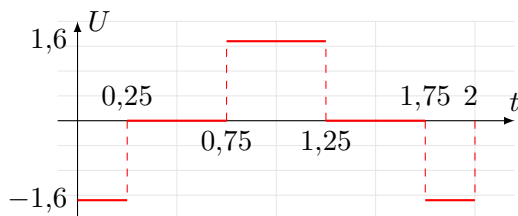
Ha a pozitív sarkot kihúzzuk, akkor Lenz-törvényének értelmében olyan áram fog indukálódni,

amely a gyengülő fluxust próbálja ellensúlyozni. Még arra kell emlékeznünk, hogy a pozitív pólusból kifelé, a negatívba befelé mennek a térerősség vonalak. Tehát az a, esetben az indukálódott térnek balra kell mutatnia, így az áramnak lent jobbra kell folynia. A b, esetben az erősödő negatív(jobbra) teret kell pozitívvá (balra) kompenzálni, amely ugyancsak lent jobbra áramot jelent. Végezetül a c, eset az a, megfordítottja, tehát ott azzal ellentétesen folyik az áram, tehát lent balra.

**20.23. feladat:** Változzék a fluxus egy vezető körben a diagramon látható módon. Ábrázoljuk az indukált feszültséget az idő függvényében!



Az indukció törvény értelmében az indukálódott feszültség, a fluxusváltozás függvény meredekségének mínusz egyszerese:



**20.25. feladat:** Mekkora az önindukciós együtthatója annak a tekercsnek, amelyben  $t = 0,5$  s alatt egyenletesen bekövetkezett  $I = 0,5$  A áramerősség-változás  $U = 0,12$  V önindukciós feszültséget hoz létre?

Tekercsre az indukciós feszültség:

$$U = L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

amelyből az öninduktivitás:

$$L = U \frac{\Delta t}{\Delta I} = 0,12 \text{ V} \frac{0,5 \text{ s}}{0,5 \text{ A}} = 0,12 \text{ H}.$$

**20.44. feladat:** Az ábrán egy forgótekercses árammérő vázlatos rajza látható. Az állandó mágnes sarkainál elhelyezett saruk és a tekercs hengeres lágyvasmaga közötti légrézben előállított mágneses tér  $B$  indukciója állandó nagyságú és sugárirányú. Ha a tekercsben áram folyik, a mágneses tér forgatónyomatéket fejt ki a tekercsre, melynek hatására az elfordul addig, amíg a forgástengelyhez rögzített csavarrugó visszatérítő forgatónyomatéke az áram okozta nyomatéket kiegyensúlyozza. Mekkora a műszerrel mérhető áram legnagyobb értéke, ha a mutató teljes kitérése esetén a csavarrugó  $M = 3 \cdot 10^{-5}$  Nm forgatónyomatéket fejt ki? (Az  $N = 300$  menetű tekercs  $a = 2$  cm oldalú négyzet, és a mágneses tér indukciója a légrézben  $B = 0,25$  T.)

A mágneses indukció és a forgatónyomaték közötti kapcsolat:

$$M = IBA \sin \alpha,$$

amelyből kifejezhető  $I$ , amely  $\alpha = 90^\circ$  esetben maximális:

$$I = \frac{M}{BA \sin \alpha} = \frac{3 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}}{0,25 \text{ T} \cdot (0,02 \text{ m})^2 \cdot 1} = 0,001 \text{ A}.$$

**? feladat:** Két egymásba tolt tekercs mind-egyikének hossza  $l = 20$  cm. A tekercsek keresztmetszetének területe közel egyenlő,  $A = 8 \text{ cm}^2$ . A belső tekercs menetszáma  $N_1 = 300$ , a külső  $N_2 = 200$ . A belső tekercsben bekapcsolás után  $\Delta t = 0,1$  s alatt egyenletesen növeljük az áramot nulláról  $I = 5$  A-ra.  
a. Mekkora feszültség indukálódik a külső tekercsben?  
b. Mekkora a kölcsönös indukciós együttható?

A belső (1) tekercs mágneses indukciója, és fluxusa:

$$B_1 = \frac{N_1 I \mu_0}{l} \quad \Phi_{B_1} = B_1 A = \frac{N_1 I \mu_0 A}{l}$$

Az indukálódott feszültség:

$$\begin{aligned} U_2 &= -N_2 \frac{\Delta(\Phi_B)}{\Delta t} = -N_2 \frac{\Phi_{B_1} - 0}{\Delta t} = -N_2 \frac{N_1 I \mu_0 A}{l \Delta t} \\ &= -200 \frac{300 \cdot 5 \text{ A} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 0,0008 \text{ m}^2}{0,2 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ s}} \\ &= 15 \text{ mV}. \end{aligned}$$

A kölcsönös indukciós együttható definíció szerint:

$$U = -M \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Most  $\Delta I = I$ , így kifejezhető a nekünk kellő rész a fenti számolás végéből:

$$M = \frac{N_1 N_2 \mu_0 A}{l} = \frac{300 \cdot 200 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} 0,0008 \text{ m}^2}{0,2 \text{ m}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ H.}$$

### Otthoni gyakorlásra:

**20.18. feladat:** Egy 6 cm hosszú, 300 menetű tekercsben 1 A erősségű áram folyik. Mekkora a mágneses térerősség és az indukció a tekercs belsőjében?

**20.27. feladat:** A 0,1 m oldalhosszúságú, négyzet alakú vezetőhurok normálisa  $30^\circ$ -os szöget zár be az  $1,5 \text{ Vs/m}^2$  indukciójú mágneses tér indukcióvektorával. A hurokra ható forgatónyomaték  $0,05 \text{ Nm}$ . Mekkora a hurokban folyó áramerősség?

**20.38. feladat:** Egy áramkör 10 cm hosszú egyenes vezetőből álló része  $0,5 \text{ Vs/m}^2$  indukciójú homogén mágneses térben van úgy, hogy az áram iránya  $30^\circ$ -os szöget zár be a tér irányával. Mekkora erővel hat a mágneses tér erre az egyenes vezetőre, ha benne 10 A erősségű áram folyik?

**20.41. feladat:** Egy 20 cm hosszú, 1,5 cm átmérőjű, 300 menetes tekercsben 5 A erősségű áram folyik. Az áramkört hirtelen megszakítva az áram  $0,01 \text{ s}$  alatt nullára csökken. Mekkora feszültség indukálódik a tekercsben, ha az áram csökkenését egyenletesnek tekintjük?

**20.42. feladat:** Egy 500 menetű,  $80 \text{ cm}^2$  keresztmetszetű vezetőhurok percnként 300 fordulatot tesz a forgástengelyre merőleges  $10^5/2\pi \text{ A/m}$  erősségű homogén mágneses erőterben. Számítsuk ki a tekercsben indukált feszültséget, amikor a tekercs síkja

- $0^\circ$ ;
- $30^\circ$ ;
- $60^\circ$ ;
- $90^\circ$ -os szöget zár be a térerősséggel!

**20.45. feladat:** Az ábra szerinti elrendezésben a homogén mágneses mezőben felfüggesztett vezetőben  $I = 2 \text{ A}$  erősségű áram folyik. A  $CD$  egyenes vezető súlya  $G = 0,1 \text{ N}$  és a mágneses mezőbe merülő része  $l = 20 \text{ cm}$  hosszú.

Hány fokkal lendülnek ki a függőlegetől az  $A$  és  $B$  pontokban rögzített felfüggesztőhuzalok, ha a mágneses tér indukciója  $B = 0,25 \text{ Vs/m}^2$ ?

**?. feladat:** Hosszú egyenes vezetőben  $I$  erősségű áram folyik. Az egyenes vezetőt rá merőleges síkban, szimmetrikusan egy  $N$  menetszámú  $R$  középkörsugarú toroid veszi körül. Mekkora a toroidban az áram, ha középköre mentén a mágneses térerősség zérus? ( $I = 10 \text{ A}$ ;  $N = 100$ )

A feladatok forrása Dér-Radnai-Soós Fizikai feladatok.