

Bevezető fizika (infó), 9. feladatsor

Elektromágnesség

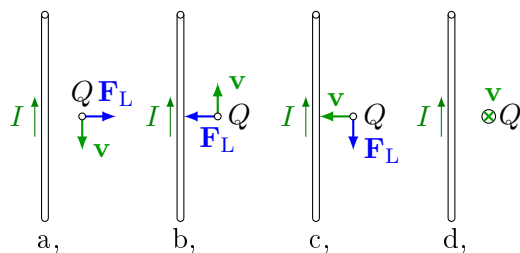
2014. november 24., 16:38

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 $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, jobbkézsabály
- forgatónyomaték $\mathbf{M} = I\mathbf{B} \times \mathbf{A}$
- mágneses fluxus $\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$
- tekercs/szolenoid tere bent: nagysága $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$, ahol $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ a vákuum permeabilitása (anyag jelenlétében μ_r), iránya a jobbkézsabály szerint.
- egyenes vezető tere $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$
- Ampère-féle gerjesztése törvény $\int \mathbf{B} \cdot ds = \mu_0 \sum I$
- indukció, Lenz-törvény $U = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, tekercsre ...
- mágneses térerősség $\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu}$

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. Az egyenes vezető körül körkörös mágneses indukció jön létre, melynek irányát a jobbkézsabályt adja meg. Ha a jobb kezünk hüvelykujja mutat az áram irányába, akkor jobb kezünk többi ujjja mutatja a kialakuló mágneses indukció irányát.

- a) A töltés helyén a mágneses indukció befelé mutat, a sebesség lefelé, tehát a keresztszorzat alapján az erő jobbra.
- b) A töltés helyén a mágneses indukció befelé mutat, a sebesség felfelé, tehát az erő balra.
- c) A töltés helyén a mágneses indukció befelé mutat, a sebesség balra, tehát az erő lefelé.
- d) A töltés helyén a mágneses indukció befelé mutat, a sebesség is befelé, így e két vektor párhuzamos, vagyis 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 szöget 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 szöget 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 vezetőben I áram folyik. Változik-e a az áram által keltett mágneses tér, ha a vezető kört a síkjára merőleges tengely körül ω 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 $r = 10 \text{ cm}$, a menetek száma $N = 1500$, a tekercsben folyó áramerősség $I = 1 \text{ A}$ és a tekercs keresztmetszetének területe $A = 4 \text{ cm}^2$. Mekkora a tekercs belsejében a mágneses indukció és az indukciófluxus, ha

- a tekercs belsejét levegő tölti ki
- a tekercs belsejét lágyvas 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:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 1500 \cdot 1 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,1 \text{ m}} = 0,003 \text{ T}.$$

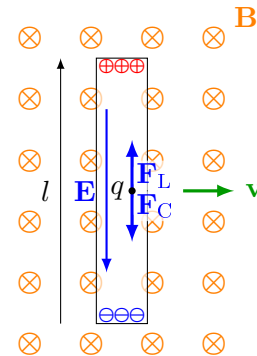
$$\Phi_B = BA = 0,003 \text{ T} \cdot 0,0004 \text{ m}^2 = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}.$$

Lágyvassal:

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r NI}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 200 \cdot 1500 \cdot 1 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,1 \text{ m}} = 0,6 \text{ T}.$$

$$\Phi_B = BA = 0,6 \text{ T} \cdot 0,0004 \text{ m}^2 = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}.$$

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 vezetőben? Mekkora a vezető 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 vezetőben, hogy az abban található töltésekre ható Coulomb-erő és a Lorentz-erő kiegyenlíti egymást, vagyis megszűnik a szétválasztódás.

Az állandósult állapotban:

$$0 = \mathbf{F}_C + \mathbf{F}_L$$

$$0 = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

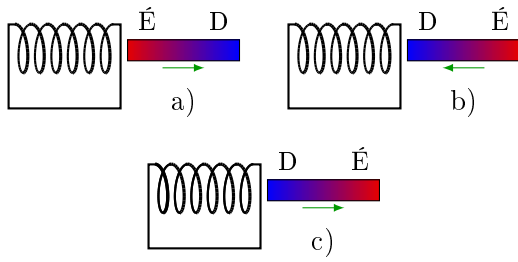
$$\mathbf{E} = -\mathbf{v} \times \mathbf{B}.$$

Mivel a \mathbf{B} indukció homogén, és a töltések sebessége is ugyanaz mindenhol (hiszen a vezetőt mozgatjuk), így a térerősség is homogén lesz a vezetőben. A feszültség a vezető két vége között, felhasználva, hogy \mathbf{B} és \mathbf{v} merőlegesek:

$$U = -\mathbf{E} \cdot \mathbf{l} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l} = vBl.$$

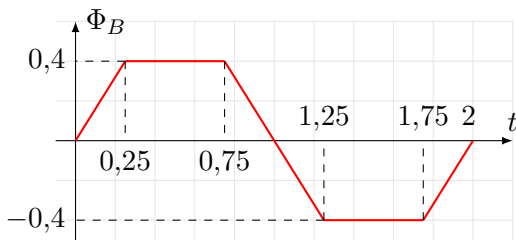
20.22. feladat: Milyen irányú áram indukálódik a tekercsben, ha a mágneses rúd

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

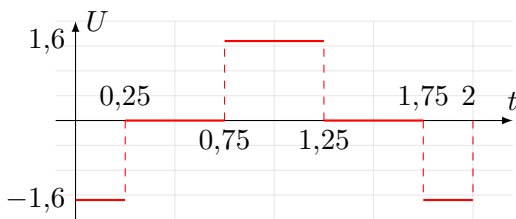


Ha a északi sarkot kihúzzuk, akkor Lenz-törvényének értelmében olyan áram fog indukálódni, amely a gyengülő fluxust próbálja ellensúlyozni. Még arra kell emlékeznünk, hogy az északi pólusból kifelé, a délbe befelé mennek a térerősség vonalak. Tehát az a) esetben az indukálódott térnek balra kell mutatnia, így az áramnak lent jobbra kell folynia. A b) esetben az erősödő jobbra irányított teret kell balra irányú térrel kompenzálni, amely ugyancsak lent jobbra folyó áramot jelent. Végezetül a c) eset az a) megfordítottja, tehát ott azzal ellentétesen folyik az áram, tehát az alsó ágban 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:



20.13. feladat: Igen hosszú egyenesen méterenként $Q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ töltés helyezkedik el egyenletesen. Mekkora a mágneses térerősség, az egyenestől $r = 10 \text{ cm}$ távolságban, ha az $v = 20 \text{ m/s}$ sebességgel mozog hosszirányban?

Egyenes vezető mágneses tere:

$$H = \frac{I}{2\pi r} = \frac{Q/t}{2\pi r} = \frac{Qv/l}{2\pi r}$$

$$= \frac{(Q/l)v}{2\pi r} = \frac{(2 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}) \cdot 20 \text{ m/s}}{2\pi} \cdot \frac{1}{0,1 \text{ m}} = 6,4 \cdot 10^{-7} \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

20.44. feladat: Az ábrán egy forgótekercses árammérő vázlatos rajza látható. Az állandó mágnes sarkainál elhelyezett saruk és a tekercs hengeres lágyvasmaga közötti légrésemben 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 forgatónyomatéka az áram okozta nyomatéket kiegyensúlyozza. Mekkora a műszerrel mérhető áram legnagyobb értéke, ha a mutató teljes kitérése esetén a csavarrugó $M = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}$ forgatónyomatéket fejt ki? (Az $N = 300$ menetű tekercs $a = 2 \text{ cm}$ oldalú négyzet, és a mágneses tér indukciója a légrésemben $B = 0,25 \text{ T}$.)

A mágneses indukció és a forgatónyomaték közötti kapcsolat:

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

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

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

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° -os szöget zár be az $1,5 \text{ Vs/m}^2$ indukciójú mágneses tér indukcióvektorával. A hurokra ható forgatónyomaték 0,05 Nm. Mekkora a hurokban folyó áramerősség?

20.30. feladat: Végtelen hosszú egyenes vezetőben I áram folyik. Egy tőle d távolságban elhelyezkedő, vele párhuzamos vezetőben az előzővel egyező irányú nI erősségű áram folyik. Az első vezetőtől milyen távolságban lesz az eredő H mágneses térerősség nulla?

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° -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 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

- a. 0° ;
- b. 30° ;
- c. 60° ;
- d. 90° -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 függőlegestől 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.