BME PHYSICS

Fizika 2i, 5. feladatsor

9. hét

A mai órához szükséges elméleti anyag:

- gerjesztési törvény:

$$\oint \mathbf{H}\mathrm{d}\mathbf{l} = \sum I$$

- Lorentz-erő:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B},$$

- áramvezetőre ható erő, forgatónyomaték:

$$\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B},$$
$$\mathbf{M} = \mu \times \mathbf{B} = I\mathbf{A} \times \mathbf{B},$$

- mágnese fluxus, és Faraday-törvény (indukció), Lenz-törvény:

$$\Phi_B = \int \mathbf{B}\mathrm{d}\mathbf{A}$$
$$U = -\frac{\mathrm{d}\Phi_B}{\mathrm{d}t}$$

Órai feladatok:

1. feladat: Számítsuk ki a H mágneses térerősséget és a B mágneses indukciót a 6 cm sugarú toroid belsejében, ha menetszáma 50, a benne folyó áram erőssége 2 A, és a belsejét kitöltő anyag relatív permeabilitása 500. Hogyan módosulnak az eredmények egy 0,5 cm-es légrés esetében?

Megoldás:
a, A gerjesztési törvényből a mágneses térerősség:

$$\oint \mathbf{H}\mathrm{d}\mathbf{l} = \sum I$$
$$H2r\pi = NI$$
$$H = \frac{NI}{2\pi r} = 265{,}25\,\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m}}.$$

A mágneses indukció:

$$B = \mu_0\mu_\mathrm{r}H = 0{,}1667\,\frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{m}^2}.$$

b, Légrés esetén a gerjesztési törvényből:

$$H_\mathrm{l}d + H_\mathrm{a}(2r\pi - d) = NI$$

Vegyük figyelme a feltételt, hogy $B_\mathrm{l} = B_\mathrm{a} =: B'$.

$$\frac{B_\mathrm{l}}{\mu_0}d + \frac{B_\mathrm{a}}{\mu_0\mu_\mathrm{r}}(2r\pi - d) = NI$$
$$B' = \frac{NI\mu_0\mu_\mathrm{r}}{2r\pi + d(\mu_\mathrm{r} - 1)} = 0{,}022\,\mathrm{T}.$$

2. feladat: Egy magas hőmérsékletet tűrő fonálra felfüggesztünk egy vasszeget. Ekkor a közelébe helyezett elektromágnest bekapcsolva a vasszeg kilendül. Ha a vasszeg alatt lévő Bunsen-égőt meggyújtjuk, a vasszeg hamarosan visszatér eredeti, függőleges pozíciójába, ahol a Bunsen-égő lángja már nem melegíti. Egy idő múlva megint kitér vasszeg és a láng fölé jut, aztán egy idő után megint függőleges helyzetbe kerül, s így tovább. Értelmezze a periodikus mozgást!

Megoldás: Curie-hőmérséklet alatt a vasszeg ferromágneses, fölött paramágneses. Az égő lángja T_C fölé melegíti, így a mágnes nem vonzza, visszaesik, és le tud hűlni. Úgy ismét ferromágneses és kilendül a lángba …

3. feladat: Galvanométer tekercsének menetszáma 400. A tekercs keresztmetszete 3 cm × 2 cm. A tekercs egy fonálon függ egy 0,1 Vs/m^2 indukciójú mágneses erőtérben, benne 10^{-7} A erősségű áram folyik. Határozzuk meg a tekercsre ható forgató nyomatékot, ha
a, a tekercs keresztmetszetének síkja párhuzamos a mágneses erőtér irányával,
b, a tekercs keresztmetszetének síkja 60°-os szöget zár be a mágneses erőtér irányával.

Megoldás: a, A felületvektor merőleges felületre, így a $\mathbf{B}$ és $\mathbf{A}$ közötti szög $\alpha = 90°$. A forgatónyomaték:

$$M = NI \cdot AB\sin\alpha = 2{,}4 \cdot 10^{-9}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}.$$

Utolsó módosítás 2015. április 14. 17:01 b, Most a közbezárt szög nagysága $\alpha' = 30°$, így a forgatónyomaték

$$M = NI \cdot AB \sin\alpha' = 1{,}2 \cdot 10^{-9}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}.$$

4. feladat: Mutassuk ki, hogy homogén mágneses erőtérbe az erővonalakra merőlegesen v sebességgel belőtt részecske a mágneses erőtérben körpályán halad változatlan v sebességgel. Határozzuk meg a részecske által befutott kör kerületét és a részecske keringési idejét.

Megoldás:

A Lorentz-erő merőleges a sebességre, így a gyorsulás is az, tehát megfelel körmozgásnak a 0 tangenciális gyorsulással. Így a teljes gyorsulás a centripetális rész, amely felírható a sebességgel és a sugárral:

$$\begin{aligned}\mathbf{F} = \mathbf{F}_\mathrm{L} &= m\mathbf{v} \times \mathbf{B}\\ m\mathbf{a} &= q\mathbf{v} \times \mathbf{B}\\ m\frac{v^2}{R} &= qvB,\end{aligned}$$

ahol kihasználtuk a sebesség és mágneses tér merőlegességét. Innen:

$$R = \frac{mv}{qB} \qquad k = 2r\pi = 2\pi\frac{mv}{qB}$$

A periódusidő:

$$T = \frac{k}{v} = \frac{2\pi mv}{QB}.$$

5. feladat: Vegyünk egy küllős fémtárcsát és forgassuk homogén mágneses erőtérben az erővonalakkal párhuzamos tengely körül. Mekkora feszültség mérhető a tárcsa tengelye és pereme között? A tárcsa sugara 30 cm, a mágneses indukció 0,5 Vs/m^2, a fordulatszám 3000/perc.

Megoldás:

Az indukált feszültség a fluxusváltozásból adódik, amely visszavezethető a forgás frekvenciájára. A maximális fluxus $\Phi_\mathbf{B} = BR^2 = 0{,}141\,\mathrm{Tm}^2$. Innen a feszültség nagysága

$$|U| = \frac{\mathrm{d}\Phi_B}{\mathrm{d}t} = \Phi_B f = 7{,}06\,\mathrm{V}$$

.

6. feladat: 0,1 Vs/m^2 indukciójú homogén mágneses erőtérben az erővonalakra merőlegesen elhelyezünk egy 25 cm^2 területű négyzet alakú keretet, amely 1 mm^2 keresztmetszetű rézdrótból készült. Mennyi töltés halad át egy adott pontban a keresztmetszeten, ha az erőteret kikapcsoljuk? (A réz fajlagos ellenállása 0,017 Ωmm^2/m.)

Megoldás: A területből a négyzet oldalhossza $a = \sqrt{A}$, így a vezeték ellenállás:

$$R = \rho\frac{4a}{A_0},$$

az indukált feszültség:

$$U = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = \frac{(B_0 - B')A}{\Delta t},$$

z áram definíciója szerint:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}.$$

A három mennyiséget összeköti az Ohm-törvény:

$$\begin{aligned}\rho\frac{4a}{A_0} &= \frac{\frac{(B_0-B')A}{\Delta t}}{\frac{\Delta Q}{\Delta t}}\\ \Delta Q &= \frac{BAA_0}{\rho 4a} = 7{,}35 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{C}.\end{aligned}$$

7. feladat: 2 cm sugarú kör alakú vezetőt a síkjára merőleges 0,2 Vs/m^2 indukciójú mágneses erőtérbe helyezünk. A körvezető ellenállása 1 Ω. Mekkora töltés mennyiség áramlik át a körvezetőn, ha 90°-kal elfordítjuk?

Megoldás: Kezdetben a mágneses indukció és a felületi merőleges párhuzamos egymással, így a fluxus:

$$\Phi_B^0 = BA\cos\alpha = Br^2\pi$$

A forgatás után már merőlegesek, azaz $\alpha = 90°$, így

$$\Phi_B^1 = BA\cos\alpha = 0.$$

Az indukált feszültség:

$$U = -\frac{\Phi_B^1 - \Phi_B^0}{\Delta t}.$$

Ezt ismét beírhatjuk az Ohm-törvénybe az áram definícióval együtt:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\frac{Br^2\pi}{\Delta t}}{\frac{\Delta Q}{\Delta t}}, \text{ amelyből:} \Delta Q = \frac{Br^2\pi}{R} = 2{,}5 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{C}.$$