

VI. Magnetostatika (Bevezetés)

1.) Történeti áttekintés (prerai)

- Kr.e. 600: Thalész → Magnesia könnyéltérek
- Kr.u. XI. sz.: Shen Kuo → iránytű, navigáció
- Villám mágneses hatása
- 1802 Humphry Davy → indukció, világ legnagyobb telepe
- 1820: Ørsted: áram mágneses hatása
- 1820: Biot és Savart, Ampère: matematikai leírás
- Faraday kísérletei
- 1864 Maxwell: elektromágnesség egységesítése

2.) Kísérleti megfigyelések.

a.) Állandó mágneseknél:

- két mágneses pólus (É, D)
- bizonyos anyagok mágnesesekké válnak
- földmágnesesség → dipólusjellegű
- földmágnesesség (milyen mág. pólus van észak)

b.) Mágnes hatása áramra:

- homogén térbe helyezett áramkört a mágneserőerők hat (kísérlet)
- mérőkeret elfordul állandó mágnes térében (kísérlet)

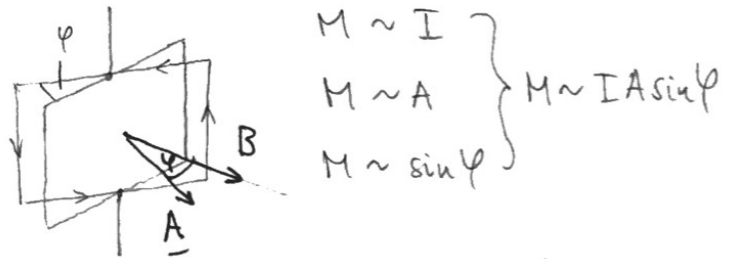
II. Mágneses mező matematikai leírása

1.) Definíció (mérési utasítással)

- mérőkeret: áramkört vektorkeret, két-tengelesű felfüggesztéssel
- stabil egyensúlyban a mérőkeret felület-elem vektora mutatja a mágneses tér irányát (akár egy iránytű)



- a kitértetett keretre ható forgatónyomaték a mérések szerint:



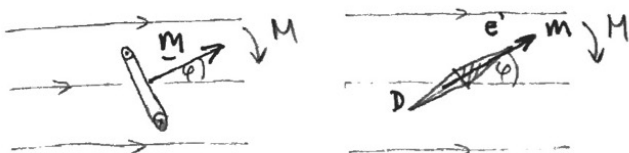
$$\left. \begin{aligned} M &\sim I \\ M &\sim A \\ M &\sim \sin \varphi \end{aligned} \right\} M \sim IAS \sin \varphi$$

- A mágneses tér erősségét a \underline{B} mágneses indukcióvektorral jellemezzük:

$$|\underline{B}| = \frac{M_{\max}}{IA} \leftarrow 90^\circ\text{-os kitértésnél fellépő } M$$

- mértékegység: $[\underline{B}] = \frac{Nm}{Am^2} = \frac{N}{Am} = T$ (tesla)

2.) A mágneses momentum



a keretre ható forgatónyomaték:

$$\underline{M} = \underline{IA} \times \underline{B} = \underline{m} \times \underline{B}$$

↑
mágneses dipólusmomentum

$$|\underline{M}| = mB \sin \varphi$$

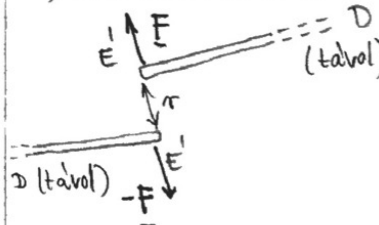
tér
↓
momentum

analógia: elektromos dipólus: $\underline{M} = \underline{p} \times \underline{E}$

↑
momentum

3.) Mágneses fluxus

a.) Coulomb kísérlete:



- mág. pólusok közötti erő arányos $1/r^2$ -tel
- az \underline{E} -tér mintájára a \underline{B} -tér is szemléltethető erővonalakkal

b.) fluxus:



$$\Phi = \underline{B} \cdot \underline{A} = BA \cos \varphi$$

(homogén térben)

c.) Mágneses Gauss-tv:

$$\Phi_{\text{zárt}} = \sum_{\text{zárt}} \underline{B} \cdot \underline{AA} = 0$$



III., Áramjárta vezetőre ható erő

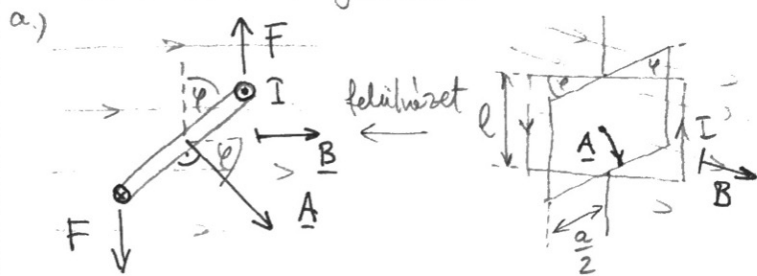
Milyen erőhatás okozza a vezetőkre ható forgatónyomatékokat?

- 1.) Kísérlet:
- homogén B-térben áramvezetőre ható erő
 - katódcsőcsőben az \vec{e} -nyaláb mágnessel ellentétes

2.) Tapasztalat:

- erő merőleges a mozgó töltés \vec{v} sebességére
- erő merőleges \vec{B} vektorra
- \vec{v} , \vec{B} és \vec{F} jobbsodrású rendszert alkot
- drótkan is működik

3., Matematikai megfontolás.



eddig tudjuk:

$$M = B I A \sin \varphi = B I a \cdot l \sin \varphi$$

most látjuk.

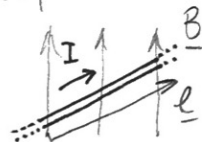
$$M = F \cdot \frac{a}{2} \sin \varphi + F \cdot \frac{a}{2} \sin \varphi = F a \sin \varphi$$

Lorentz-erő

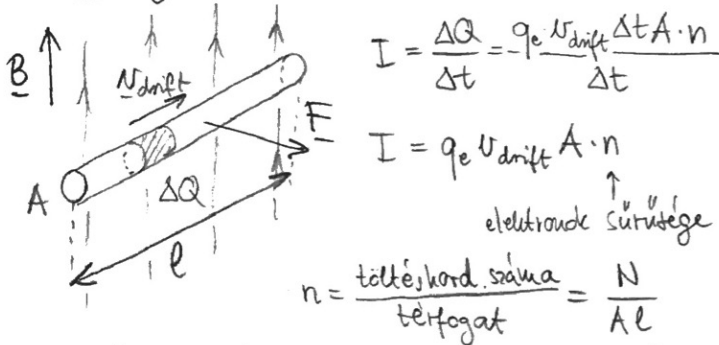
$$\boxed{F = I \vec{l} \times \vec{B}}$$

b.) precízebben:

$$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$$



IV. Mozgó töltésekre ható Lorentz-erő



$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = -q_e v_{drift} \frac{\Delta t A \cdot n}{\Delta t}$$

$$I = q_e v_{drift} A \cdot n$$

↑
elektronok sűrűsége

$$n = \frac{\text{töltésközp. száma}}{\text{térfogat}} = \frac{N}{A l}$$

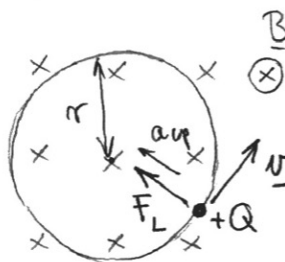
A vezetékre ható erő: össztöltés

$$F = I \cdot l B = \frac{N}{A l} q_e v_{drift} \cdot A l B = N q_e v_{drift} B$$

Tehát egy töltésre: $\vec{F} = Q \vec{v} \times \vec{B}$ + és - töltésekre ellentétes irányú

V. Töltések mozgása mágneses térben

1.) Speciális eset: $\vec{v} \perp \vec{B}$



$$F_L = m a_{cp}$$

$$Q v B = m \frac{v^2}{r}$$

ebből:

$$\boxed{r = \frac{m v}{Q B}} \text{ (ciklotronsugár)}$$

periódusidő:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi \frac{m}{Q B} \text{ (nem függ } r \text{-től!)}$$

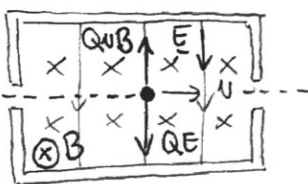
sűrűség:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{Q B}{m}, \text{ ciklotronfrekvencia}$$

2.) Alkalmazások:

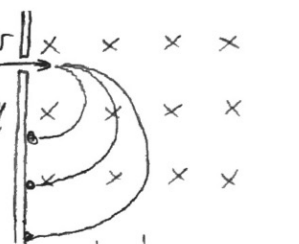
a.) sebességmérő:

- Csak azok a v sebességű részecskék jutnak át, melyekre $Q v B = Q E$.



b.) tömegspektroszkóp:

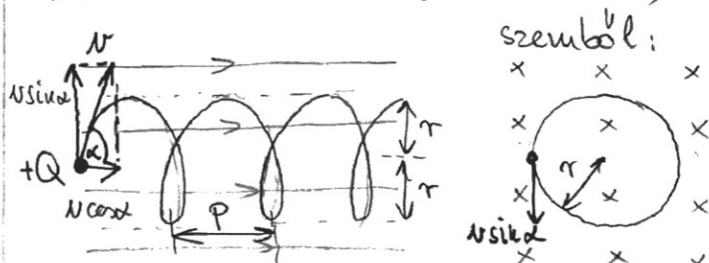
- Azonos v sebességgel belépő ionok pályasugara más, így r -ből a Q/m fajlagos töltés meghatározható



c.) ciklotron:



3.) Általános eset: (\vec{v} ∇ \vec{B} -re)



szenből:

$|v| = \text{all.}$ (a Lorentz-erő nem végez munkát)

$$\text{ciklotronsugár: } r = \frac{m v \sin \alpha}{Q B}$$

$$\text{"menetemelkedés": } \varphi = v \cos \alpha \cdot T = 2\pi \frac{m}{Q B} v \cos \alpha$$

Ha α kicsi $\rightarrow \cos \alpha \approx 1 \rightarrow$ elektronok fókuszálhatóak

PL: Fokuszálás B-térrel elektronmikroszkópban