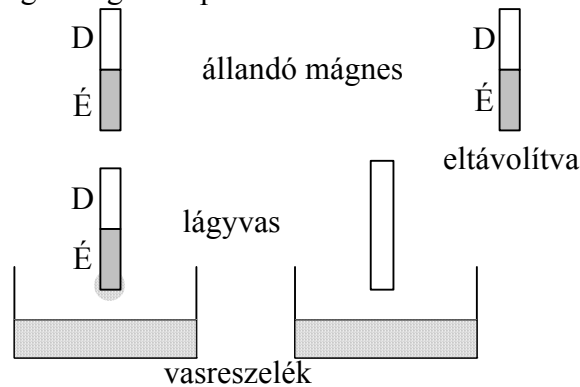


1. Mágneses alapjelenségek. A mágneses indukció vektor bevezetése áramelemre ható erővel. Ampere-erő képlete. Lorentz erő. Forgatónyomaték a homogén mágneses mezőben elhelyezett sík áramhurokra. Mágneses Gauss törvény.

Mágneses alapjelenségek

1. Egyes vasérccek, pl. magnetit Fe_3O_4 képesek apró vasdarabokat magukhoz vonzani. A mágneses test és a vasdarab között mindig vonzó a kölcsönhatás. (Permanens v. állandó mágnesek.)
Tapasztalat szerint az acél felmágnesezhető egy mágneses érc segítségével. Egy acél mágnesű két végét pólusnak nevezünk (a vasreszelék csak ide tapad)
2. Tapasztalat szerint egy felfüggesztett mágnesű a földrajzi É-D irányba áll be, tehát a Földnek is van mágneses mezője. Azt a pólust, amely a stabil egyensúlyi helyzetben É- felé néz, É-i pólusnak nevezünk. A másikat, pedig D-i pólusnak. Két mágnesű egymű pólusait közelítve taszítóerő, a különemű pólusok között, pedig vonzóerő lép fel.
3. A lágyvas felmágnesezhető, azonban a mágnes eltávolításakor mágneses tulajdonságát elveszti. A jelenséget mágneses polarizációnak nevezük.



4. A tapasztalat szerint semmi módon nem érhető el, hogy egy testben a kétfajta mágnesség közül az egyik túlsúlyba kerüljön:
Megj.: még az elemi részeknek, pl. elektron is ugyanannyi az É-i mint a D-i mágnessége. Mágneses töltés (mágneses monopólus) tehát nem létezik. A legegyszerűbb mágneses alakzat a mágneses dipólus. Az elektromos influenciának (megosztás) nincs mágneses megfelelője.
5. Tapasztalat szerint a mozgó töltés (pl. árammal átjárt vezető) közelébe helyezett mágnesű elfordul. A mozgó töltés tehát nemcsak elektromos, hanem mágneses mezőt is kelt, és ebben a mágneses dipólusra forgatónyomaték hat. A hatás kölcsönös, mivel áramjárta vezetőre mágneses mezőben erő hat, ezt Ampere-erőnek nevezük.

A mágneses indukció bevezetése:

A mágneses mezőt jellemző alapvektort, a \vec{B} mágneses indukcióvektort az Ampère-erő segítségével definiáljuk. Az áramelemet a mágneses mező egy tetszőleges pontjába helyezzük, és mérjük a rá ható erőt. Az áramelemre jellemző adatok az áramerősség I , és az ívelemvektor $d\vec{r} = ds\vec{t}$.

A mérési tapasztalatok:

1. az áramelemre mágneses mezőben vele párhuzamos erő nem hat, $d\vec{F} \perp d\vec{r}$

2. a vizsgált P ponton át felvehető egy olyan kitüntetett egyenes e , amelynek irányába állítva az áramelemet rá erő nem hat, $d\vec{r} \parallel e \Rightarrow d\vec{F} = \vec{0}$
3. ha az áramelem α szöget zár be az e egyenessel akkor az erő merőleges a $d\vec{r}$ és e síkjára és nagysága arányos az árammal I , valamint $|d\vec{r}_\perp| = ds \sin \alpha$ -val

A $\frac{dF}{I ds \sin \alpha}$ hányados az áramelem adataitól már nem függ, kizárólag a mágneses mezőt jellemzi a P pontban és ezt nevezzük a mágneses indukció nagyságának.

$$B = \frac{dF}{I ds \sin \alpha}$$

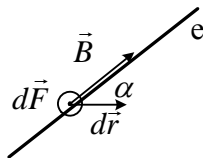
A mágneses indukció iránya pedig párhuzamos az e kitüntetett egyenessel, és értelme olyan, hogy $d\vec{F}, d\vec{r}$, és \vec{B} ebben a sorrendben jobbsodrású rendszert alkotson, illetve ciklikusan permutálva $\{d\vec{r}, \vec{B}, d\vec{F}\}$.

Ampère-erő képlete egy kicsiny áramelemre:

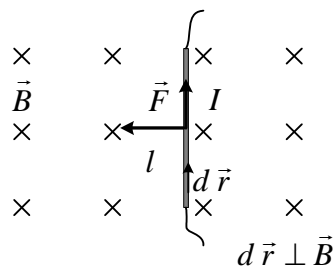
$$d\vec{F} = I d\vec{r} \times \vec{B},$$

illetve vonalas vezetőre:

$$\vec{F} = I \int d\vec{r} \times \vec{B}$$



Tekintsünk egy l hosszúságú, és A keresztmetszetű vonalas vezetőszakaszt. Legyen merőleges a homogén mágneses mezőre:



$$\vec{F} = I \int d\vec{r} \times \vec{B}.$$

$$F = I \int dr B = B I l$$

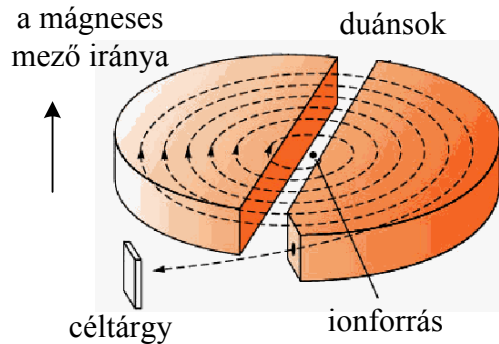
$$F = B I l$$

Ebben a vezetőben: $I = j A$ és $j = -en_e v_e$, tehát $F = -en_e v_e A l B$. Mivel $n_e A l$ azon elektronok száma, amelyek a vezető szakaszban a vezetésben részt vesznek. Így az egy elektronra ható erőt akkor nyerhetjük, ha az erőt ezzel elosztjuk: $\vec{F}_{-e} = -e \vec{v}_e \times \vec{B}$. Ha egy tetszőleges q töltésű pont mágneses mezőben \vec{v} sebességgel mozog, akkor rá a Lorentz-erő hat, és $\{\vec{v}, \vec{B}, \vec{F}\}$ jobbsodrású rendszert alkot:

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}.$$

Megjegyzés: Az áram a töltéshordozók rendezett mozgása. Az áramvezetőre azért hat erő a mágneses mezőben, mert a mozgó töltéshordozókra erő hat, és mivel ezek a vezetőhöz vannak kötve, az erőt átadják a vezető testének.

A Lorentz-erőnek fontos szerepe van akkor, amikor töltött részecskéket akarnak eltéríteni. Ciklotron (ATOMKI), részecskegyorsító.



A töltött részecskék gyorsítása a két duáns között történik. Az alkalmazott homogén mágneses mező pedig körpályára kényszeríti őket. Fizikai alap kutatásban alkalmazzák, és orvosi diagnosztikában használt izotóptermelésre pl.: $^{131}_{53}I$ (jódot).

Forgatónyomaték homogén mágneses mezőben nyugvó sík áramhurokra:

Egy áramelemre ható forgatónyomaték:

$$d\vec{M}_{\text{forg}} = \vec{r} \times d\vec{F} = \vec{r} \times (I d\vec{r} \times \vec{B}),$$

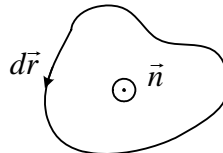
egy áramhurokra pedig:

$$\vec{M}_{\text{forg}} = I \oint \vec{r} \times (d\vec{r} \times \vec{B}),$$

az integrált a zártvonalas vezetőre kell elvégezni. Belátható, hogy az áramhurok alakjától függetlenül a nyomaték:

$$\vec{M}_{\text{forg}} = I \vec{A} \times \vec{B} \text{ ahol } \vec{A} = A \vec{n}.$$

Megállapodás: A nyílt felület peremgörbéjének irányítása és a felületi normálvektorának iránya a jobbszavar szabály szerint kapcsolódik össze. \odot a felületből kifelé mutató vektor, \otimes a felületbe befelé mutató vektor.



Ez az egyenlet lehetőséget teremt \vec{B} egy másik bevezetésére (kicsiny áramhurokra ható forgatónyomaték).

$$[B] = 1 \frac{N}{Am} = 1 \frac{Nm}{Am^2} = 1 \frac{VA s}{Am^2} = 1 \frac{Vs}{m^2} = 1 \text{tesla} = 1T.$$

Az elektromos dipólusra ható forgatónyomatékot már láttuk korábban:

$$\vec{M}_{\text{forg}} = \vec{p} \times \vec{E}$$

Ennek analógiájára az áramhuroknak mágneses dipólnyomatékot tulajdonítunk:

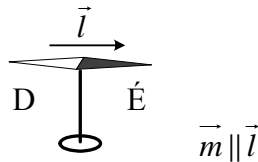
$$\vec{M}_{\text{forg}} = I \vec{A} \times \vec{B}$$

$$\vec{M}_{\text{forg}} = \vec{m} \times \vec{B},$$

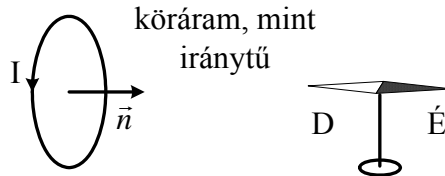
ahol $\vec{m} = I \vec{A}$, a mágneses dipólnyomaték, melynek mértékegysége: $[m] = 1Am^2$.

Permanens mágneses dipólusra (mágnesűre) ható forgatónyomaték, ennek analógiájára:

$$\vec{M}_{\text{forg}} = \vec{m} \times \vec{B}$$



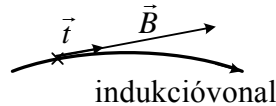
Az \vec{m} mágneses dipólnyomaték abszolút értéke attól függ, milyen erősen van felmágnesezve a mágnesű. A dipólusra ható forgatónyomaték akkor szűnik meg, ha $\vec{m} \parallel \vec{B}$.



A kis áramjárta hurok tehát iránytűként használható.

Mágneses indukciófluxus és Gauss-törvény:

A mágneses mező szemléltetésére a mágneses indukcióvonalakat használjuk. Ezek olyan irányított görbék, amelyeknek érintő egységvektora egyirányú az érintési pontbeli mágneses indukcióvektorral.



Megállapodás szerint a mágneses indukcióvonalakat olyan sűrűn vesszük fel, hogy a rájuk merőlegesen állított egységnyi felületen éppen annyi indukcióvonal haladjon át, mint amennyi ott az indukció mérőszáma. A mágneses indukciófluxus Φ irányított felületre vonatkozik, és megadja a felületet átdőfő mágneses indukcióvonalak előjeles számát.

$$\Phi = \int_A \vec{B} d\vec{A}$$

Mivel mágneses töltések (monopólusok) nem léteznek így a zárt felületre számított mágneses indukciófluxus zérus. A mágneses Gauss-törvény integrális alakja:

$$\oint_A \vec{B} d\vec{A} = 0$$

A Gauss-Osztogradszkij tétel alkalmazásával juthatunk a differenciális alakhoz:

$$\oint_A \vec{B} d\vec{A} = \int_V \nabla \cdot \vec{B} dV = 0,$$

mivel ez bármely térfogatra igaz, a mágneses Gauss-törvény lokális alakja

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0.$$

A mágneses indukcióvonalaknak nincs kezdetük és nincsen végük. A mágneses indukció forrásmentes vektormezőt képez. Így a határfeltétel: $B_{n2} - B_{n1} = 0$.

Megjegyzés: az elektrosztatikai analógia: $\oint_A \vec{D} d\vec{A} = 0$, $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$, $D_{n2} - D_{n1} = \sigma$.

Az elektromos indukcióvektor normális koordinátája a határfelületen azért szenvedett ugrást, mert ott elektromos töltések voltak. Mágneses töltések nincsenek, ezért a mágneses indukció normális koordinátája a két felület határán folytonos.