

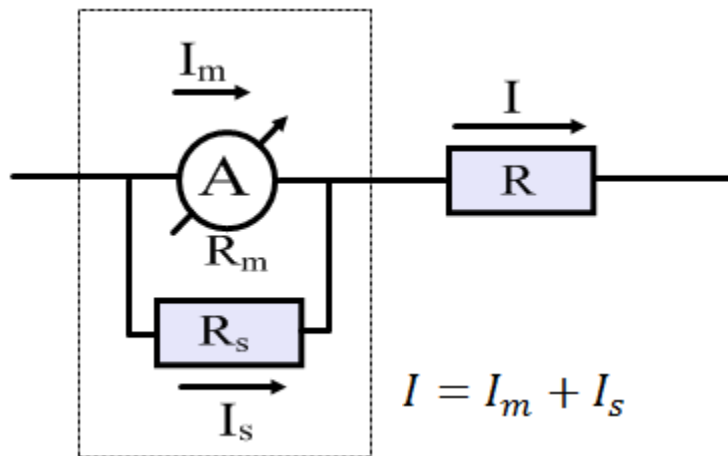
Áram és feszültségmérés

Ampermérőt sorba kell a mérendő elemmel kapcsolni. Kis ellenállása legyen.

Voltmérőt párhuzamosan kell a mérendő elemmel kapcsolni. Nagy ellenállása legyen.

Méréshatár kiterjesztése:

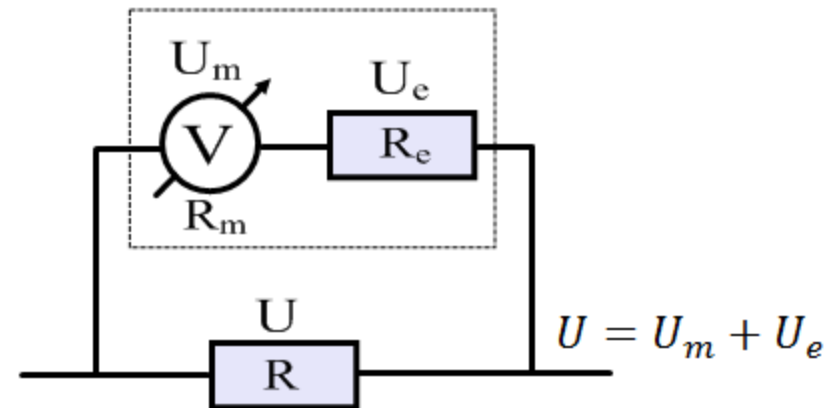
sönt ellenállás



$$\frac{I_m}{I_s} = \frac{R_s}{R_m} \rightarrow I_s = I_m \frac{R_m}{R_s}$$

$$I = I_m \left(1 + \frac{R_m}{R_s} \right)$$

előtét ellenállás



$$\frac{U_m}{U_e} = \frac{R_m}{R_e} \rightarrow U_e = U_m \frac{R_e}{R_m}$$

$$U = U_m \left(1 + \frac{R_e}{R_m} \right)$$

A stacionárius áram munkája és teljesítménye

Ha egy fogyasztó kivezetései között a feszültség U és rajta t idő alatt $Q = It$ töltés áramlik át, akkor az elektromos tér által végzett munka:

$$W = QU = ItU$$

Az elektromos energia eközben hővé alakul és a fogyasztót melegíti.

Az ehhez a munkához szükséges energiát általában az áramforrás biztosítja.

Ha a fogyasztó R ellenállása nem nulla, akkor hő mindig keletkezik. Erre az R ellenállásra a munkát a Joule-törvény adja meg:

$$W = ItU = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t \quad \text{innen a teljesítmény: } P = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}$$

Homogén drótban leadott teljesítményt osztva a $V = Al$ térfogattal kapjuk a Joule-törvény differenciális alakját:

$$\frac{P}{V} = \frac{UI}{V} = \frac{El \cdot jA}{Al} = Ej \quad \text{Más formákban: } p_J = \vec{E} \cdot \vec{j} = \sigma E^2 = \rho j^2$$

Az ellenállást befolyásoló tényezők

1. anyagi minőség
2. mechanikai feszültség (összenyomáskor általában csökken, nyújtáskor nő)
3. hőmérséklet (fémeké és ötvözeteké nő, félvezetőké, elektrolitoké csökken)

Meglehetősen tág hőmérsékleti tartományban a fémek fajlagos ellenállása a hőmérsékletnek lineáris függvénye:

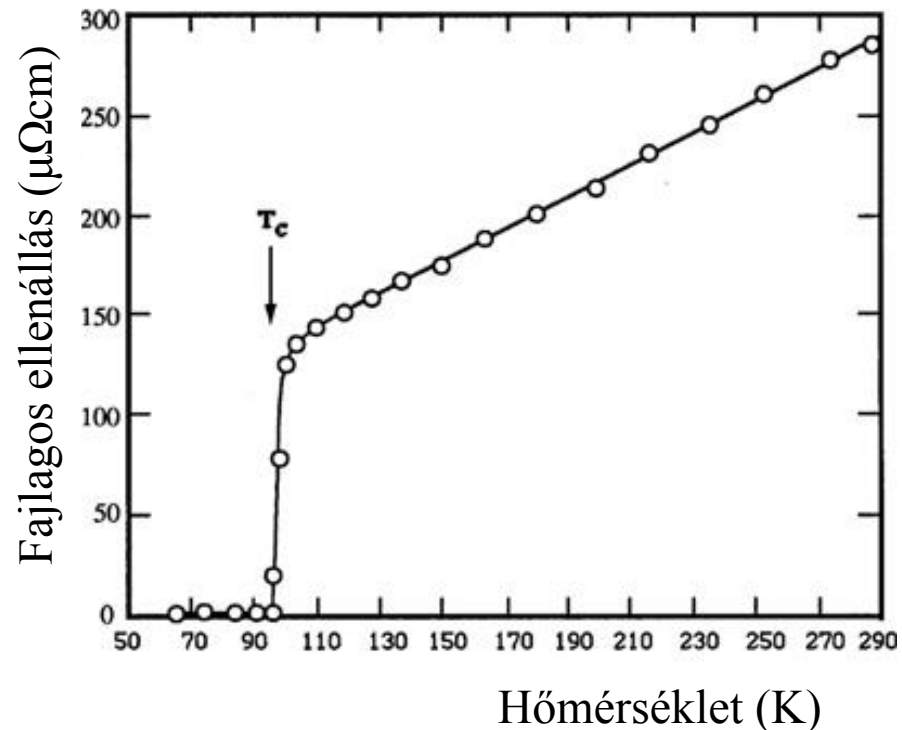
$$\rho(T) = \rho(T_0)\{1 + \alpha(T - T_0)\} \quad \text{ahol } \alpha \text{ a hőmérsékleti együttható.}$$

Szupravezetők: Egyes fémek és egyéb anyagok (pl. speciális kerámiák) fajlagos ellenállása egy bizonyos T_c kritikus hőmérséklet alatt nullára esik. Ezekben az anyagokban külső tér nélkül is folyhat áram.

Mivel $R = 0$, a hőveszteség is nulla.

Felhasználás:

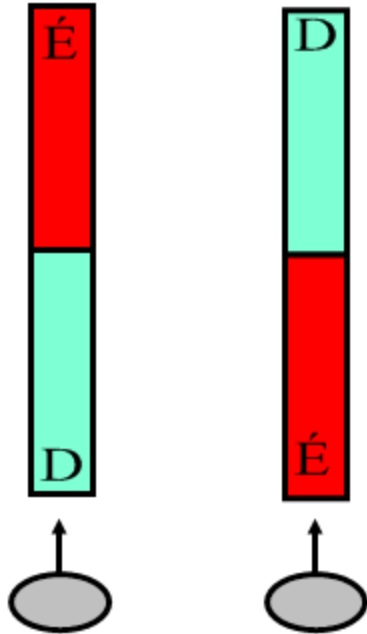
- nagy erősségű mágnesek tekercselésénél
- elektromos tápvezetékeknél



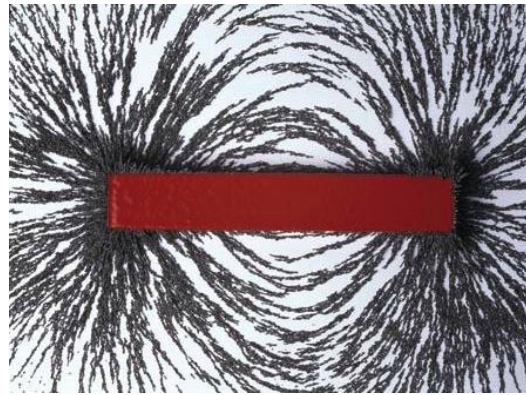
Mágneseesség

Mágneses alapjelenségek

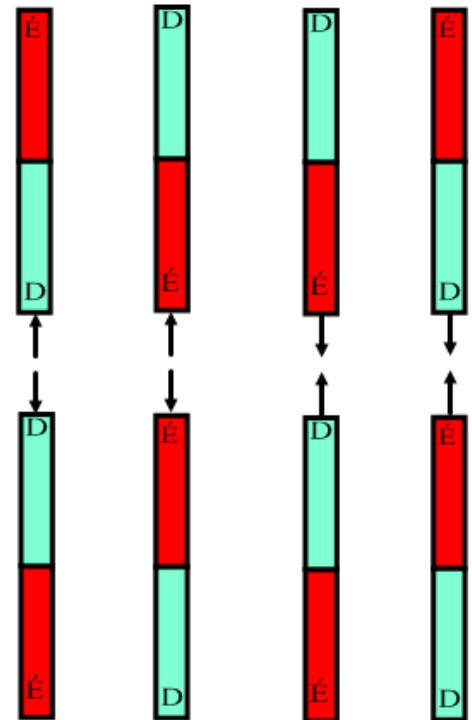
Bizonyos vasércek képesek apró vasdarabokat magukhoz vonzani: **permanens mágnes**



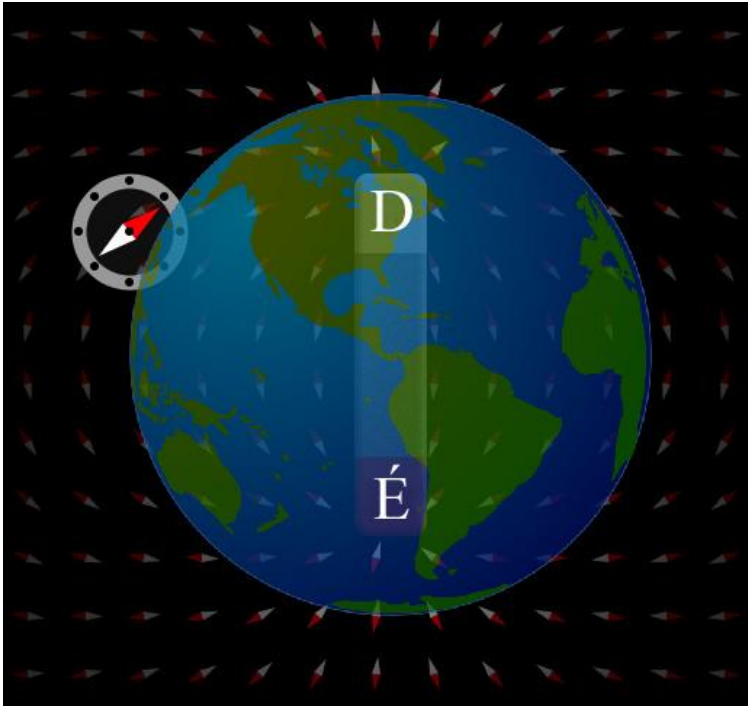
Az acélrúd felmágnesezhető ilyen ércek segítségével.
Rúd két vége: **pólusok** (a vasreszelék csak ide tapad)



Kétféle pólus - azonosak között taszítás,
ellentétesek között vonzás:

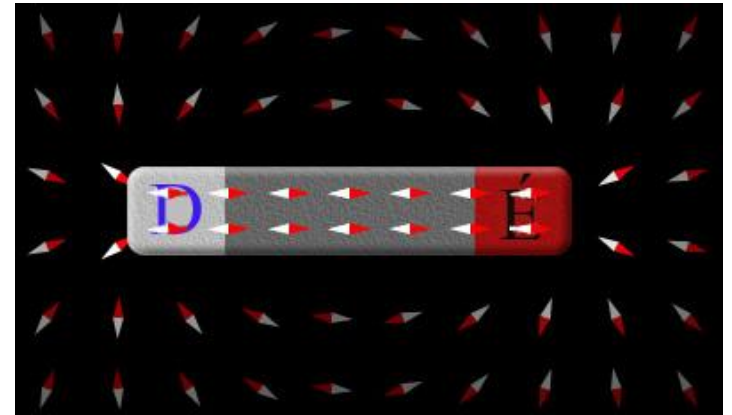


A Föld mágneses tere



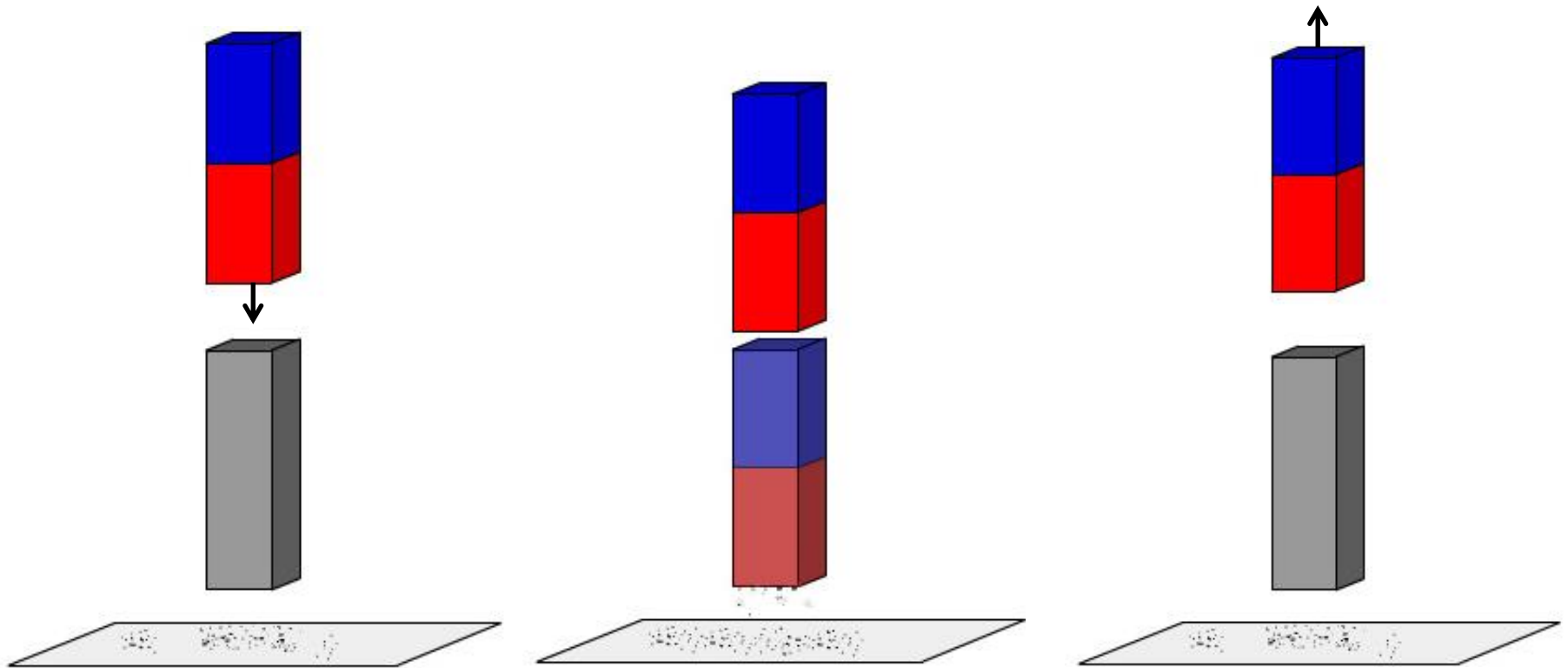
Mágnesű északi pólusa észak felé fordul a Föld mágneses tere miatt. (a Föld mágneses terének **déli** pólusa irányába)

Északi és Déli pólusok mindig együtt vannak jelen, magányos pólusok nem fordulhatnak elő.
Rúd mágneset kettévágva a kisebb daraboknak is lesz két pólusa.



Mágneses polarizáció

Közelbe helyezett mágnes rúd hatására a lágyvas mágnesessé válik. Eltávolítva a mágnezt a mágneses tulajdonság megszűnik.

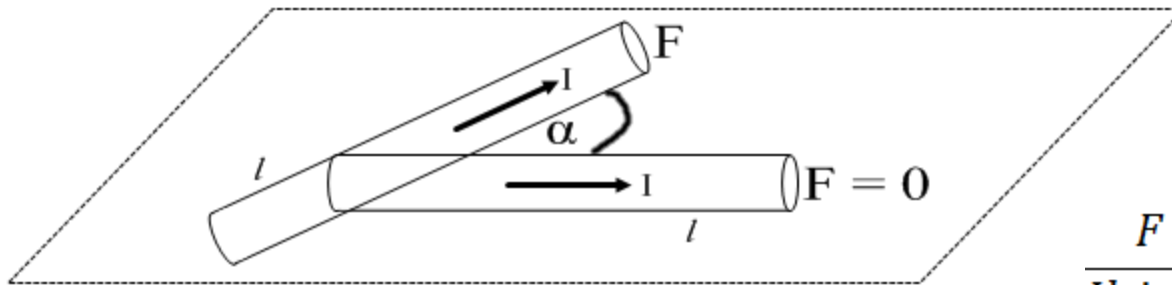


[ANIMÁCIÓ!](#)

Ampere-erő, a mágneses indukcióvektor

Árammal átjárt vezető közelébe helyezett mágnesű elfordul. A mozgó töltés tehát nemcsak elektromos, hanem mágneses teret is kelt. A mágneses tér pedig a mozgó töltésekre (Lorenz-erő) illetve áramjárta vezetőkre erőt fejt ki (Ampere-erő).

Homogén mágneses térben egy bizonyos irányban a vezetőre ható erő nulla.



Egyébként: $F \sim I$

$F \sim l$

$F \sim \sin \alpha$

$\frac{F}{I \sin \alpha}$ már csak a mágneses térre jellemző.

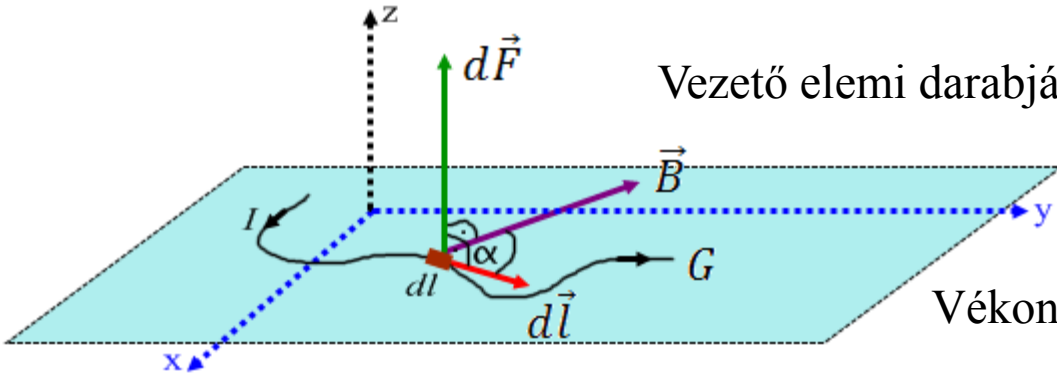
A **mágneses indukció** nagyságát tehát definiálhatjuk mint: $B = \frac{F}{I \sin \alpha}$

Íránya párhuzamos a vezetővel az $F = 0$ esetben, és úgy mutat, hogy az $\{\vec{l}, \vec{B}, \vec{F}\}$ vektorok jobbsodrású rendszert alkossanak.

Homogén térben lévő egyenes vezetőre: $\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$

Az indukció mértékegysége: $[B] = \frac{\text{N}}{\text{Am}} = \frac{\text{Nm}}{\text{Am}^2} = \frac{\text{J}}{\text{Am}^2} = \frac{\text{VAs}}{\text{Am}^2} = \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = \text{T(tesla)}$

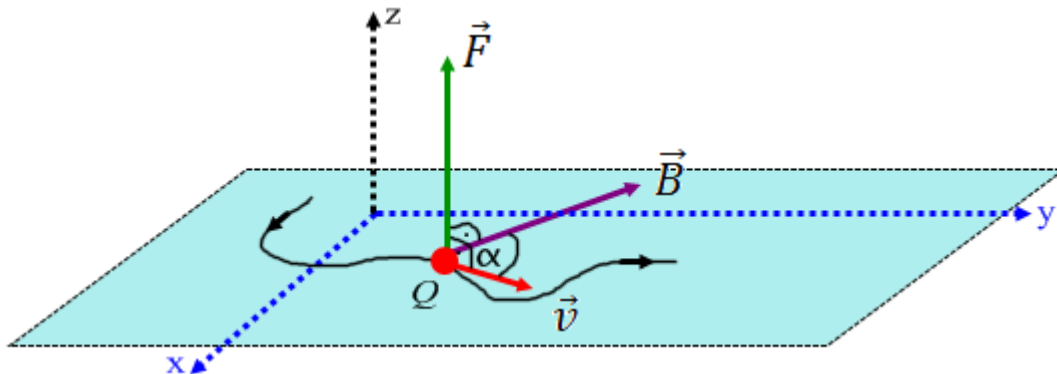
Ampere- és Lorentz-erő általánosan



Vezető elemi darabjára ható erő: $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$

Vékony vonalas vezetőre: $\vec{F} = I \int_G (d\vec{l} \times \vec{B})$

Az Ampere-erőt egy darabka egyenes vezetőre felírva:



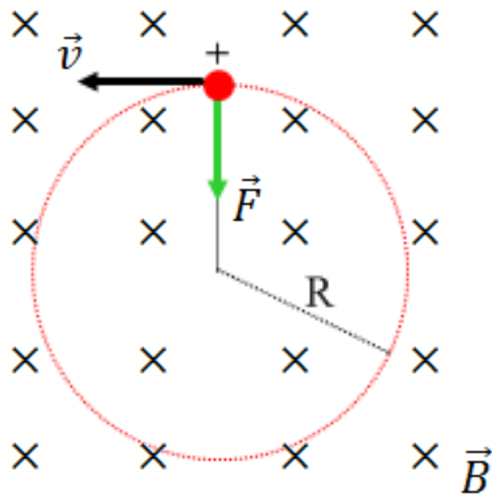
$$\Delta\vec{F} = I\Delta\vec{l} \times \vec{B} = \frac{Nq}{\Delta t} (\vec{v}\Delta t) \times \vec{B}$$

Innen egy töltött részecskére a Lorentz erő: $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

$\vec{F} \perp \vec{v}$ tehát a Lorentz-erő munkája nulla. A töltött részecske sebességének nagysága homogén mágneses térben állandó.

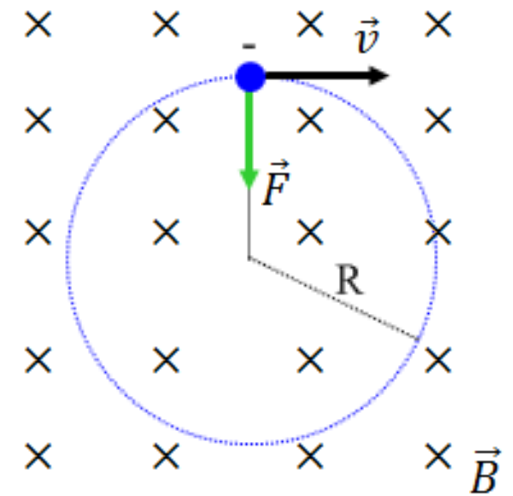
Töltött részecske mozgása homogén mágneses térben

Amennyiben $\vec{v} \perp \vec{B}$, a részecske körmozgást végez állandó sebességgel.



$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

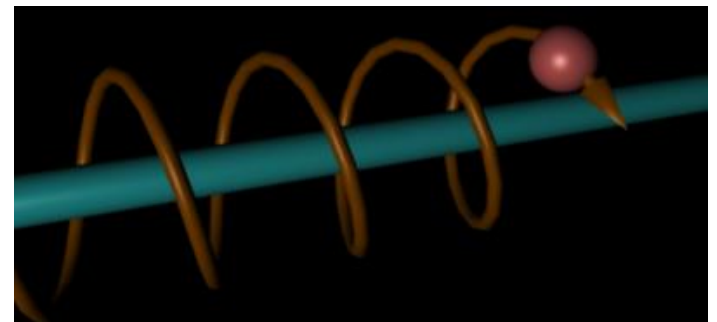


Ha a sebesség nem merőleges a térre, akkor felbontjuk a térrel párhuzamos és arra merőleges részekre:

v_{\parallel} állandó

v_{\perp} nagysága állandó, körmozgás

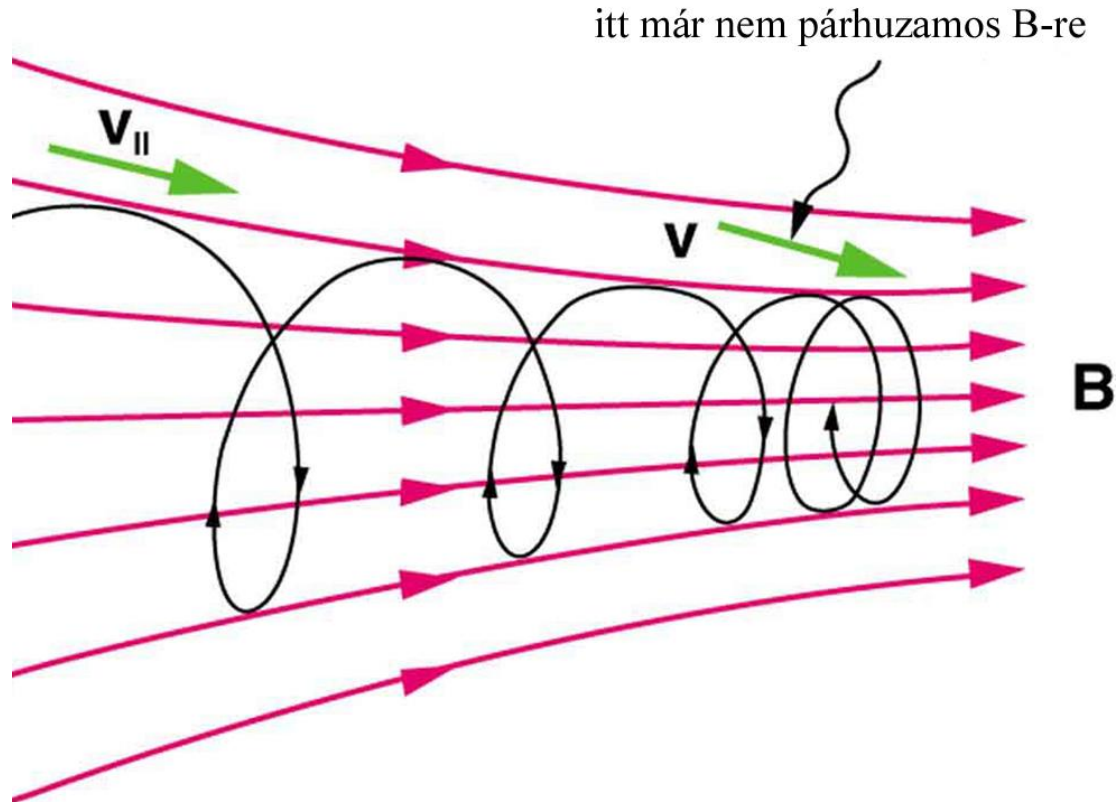
Eredmény: spirális mozgás a mágneses tér indukciójonalai körül.



Mágneses palack

Inhomogén mágneses térben spirálalakban mozgó töltött részecskére a csökkenő tér irányába mutató komponense is van az erőnek.

A töltött részecskék csapdába ejthetők egy térrészben melyet erősebb tér zár be mindkét irányból. Ilyen pl. a Föld mágneses tere bizonyos helyeken.

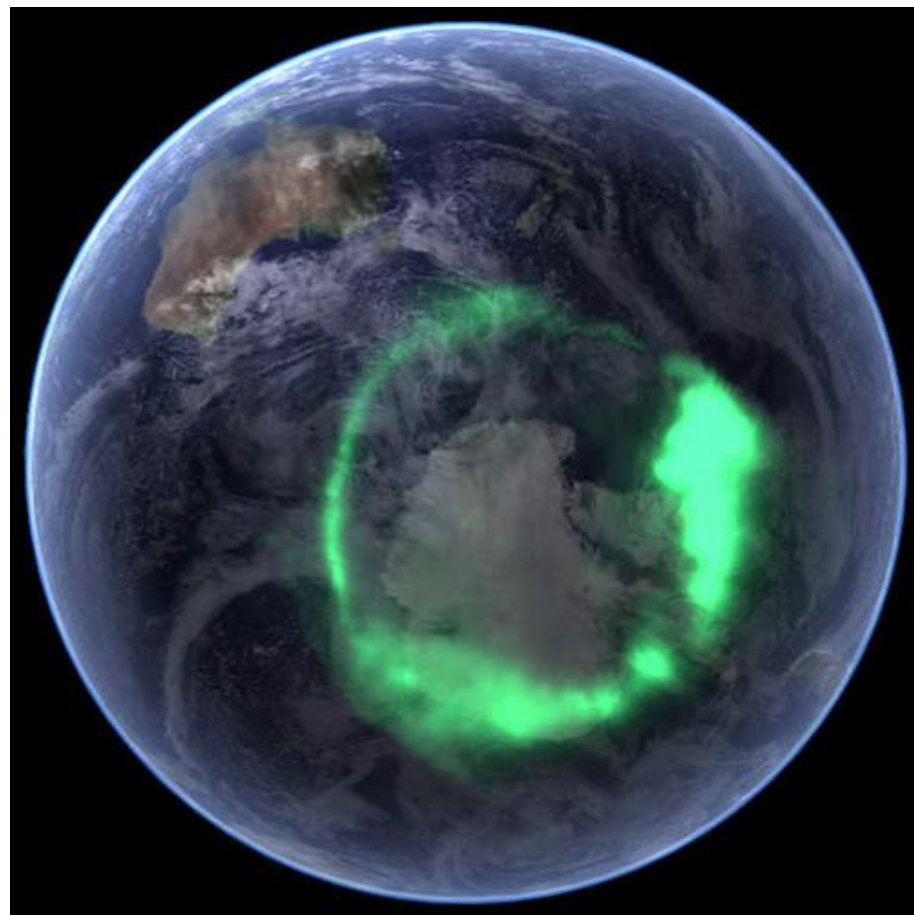
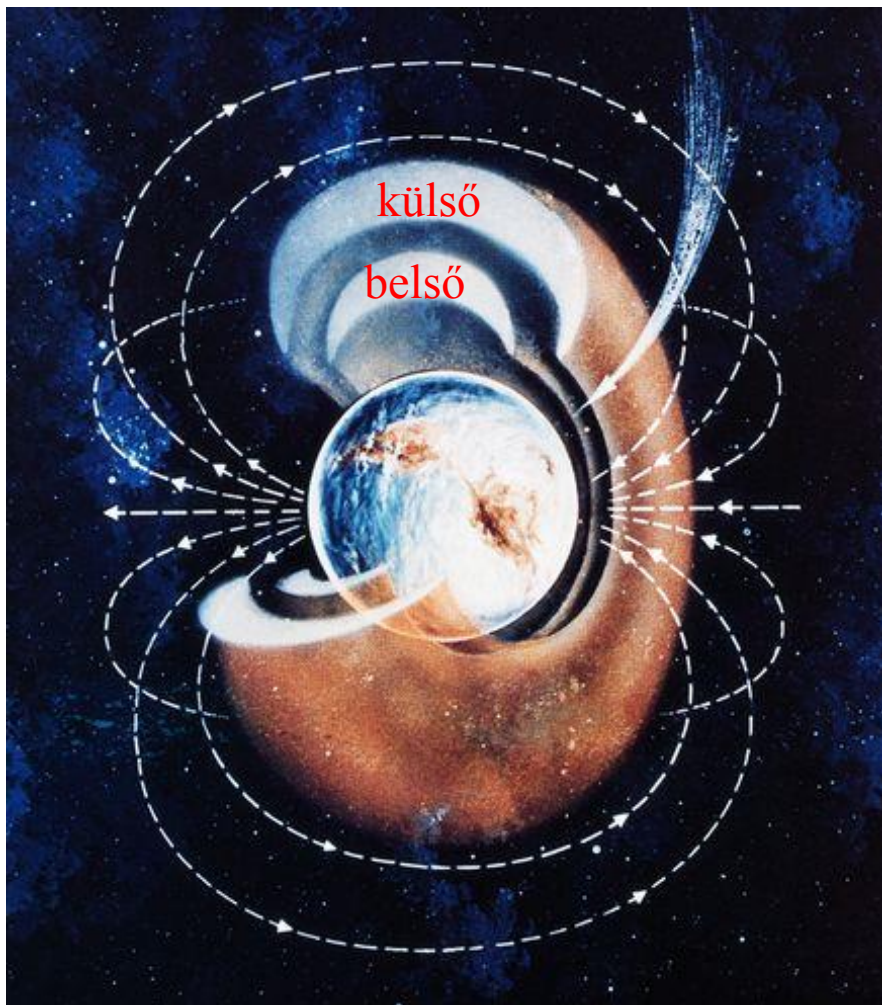


Van Allen övek

A Napból érkező töltött részecskék a Föld mágneses terében spirál mozgást végeznek és nagyrésztük a sarkok közelében lép be a Föld légkörébe jellegzetes **sarki fényt** okozva.

A részecskék egy része felhalmozódik az úgynevezett Van Allen övekben.

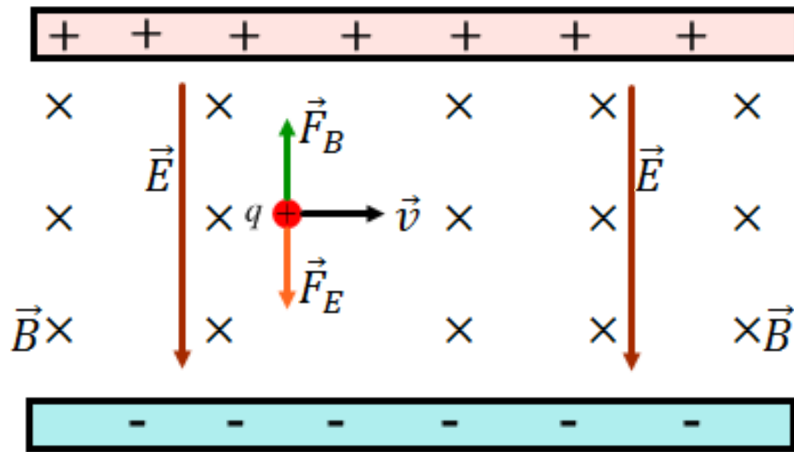
[VIDEÓ!](#)



Részecske elektromos és mágneses térben

Amennyiben elektromos és mágneses tér is jelen van: $\vec{F}_e = q\vec{v} \times \vec{B} + q\vec{E}$

Speciális eset: $\vec{B} \perp \vec{E}$ ekkor a Coulomb- és a Lorentz-erő kiejtheti egymást.



$$\vec{v} \perp \vec{E} \quad \text{és} \quad \vec{v} \perp \vec{B}$$

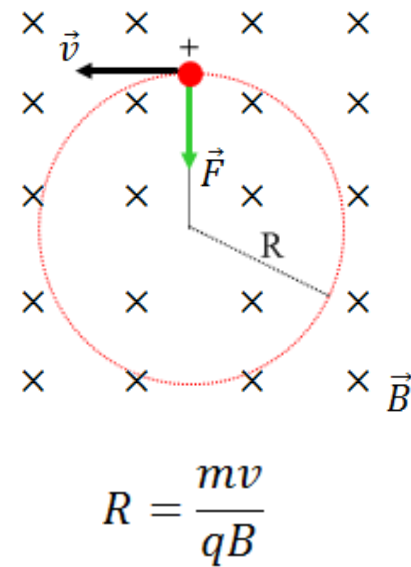
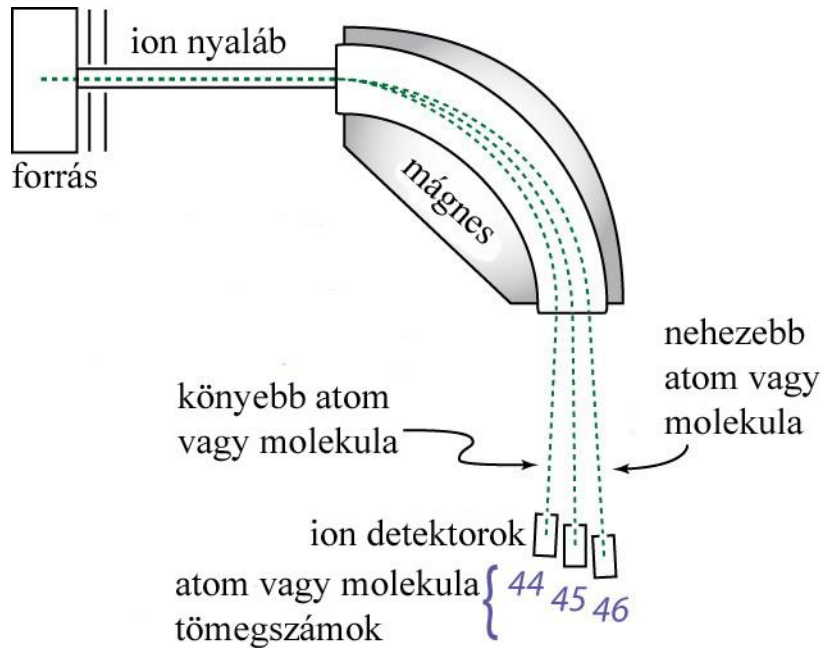
Sebességkiválasztó: csak azok a részecskék tudnak eltérülés nélkül keresztülmenni amelyekre

$$qvB = qE$$

$$\text{Tehát: } v = \frac{E}{B}$$

Az eltérülő részecskéket egy lemezzel felfogják, ezért csak a kiválasztott sebességű részecskék maradnak a nyalámban. E és B állításával bármilyen sebességű részecskék kiválaszthatók.

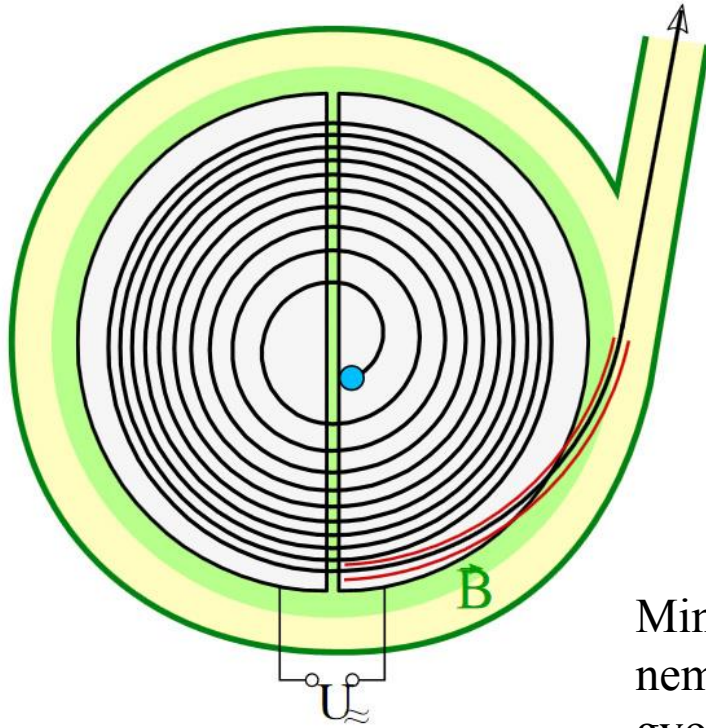
Tömegspektrométer



Amennyiben az ionok töltése és sebessége azonos (sebesség kiválasztás után), akkor az eltérülésük mértéke csak tömegüktől függ. Minden egyes atomtömeg eltérülési helyére tett ion detektorok jele megmondja a vizsgált anyag összetevőinek arányát (spektrum).

Ciklotron

A duánsok közötti feszültség minden áthaladáskor gyorsítja a töltött részecskét.
Ahogy nő a részecske sebessége (energiája), úgy nő a körpálya sugara.
Végül a felgyorsított részecske kilép a ciklotronból néhányszor 10 MeV energiával.



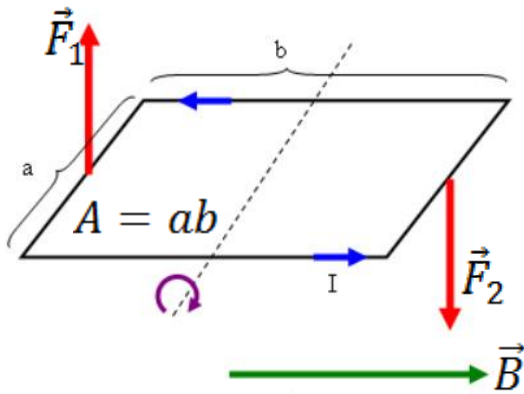
$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

A periódusidő: $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$

Mint látható a periódusidő állandó, tehát nem kell változtatni a feszültség frekvenciáját gyorsítás közben.

Áramhurokra ható forgatónyomaték



Homogén mágneses térben lévő egyenes vezetőre, amikor a tér a hurok síkjában van: $F_1 = F_2 = F = IaB$

Az eredő erő nulla, de a forgatónyomaték nem.

$$M = 2F \frac{b}{2} = IaBb = IAB$$

Tetszőleges orientáció esetén a forgatónyomaték: $M = F_1 \frac{b}{2} \sin \alpha + F_2 \frac{b}{2} \sin \alpha$

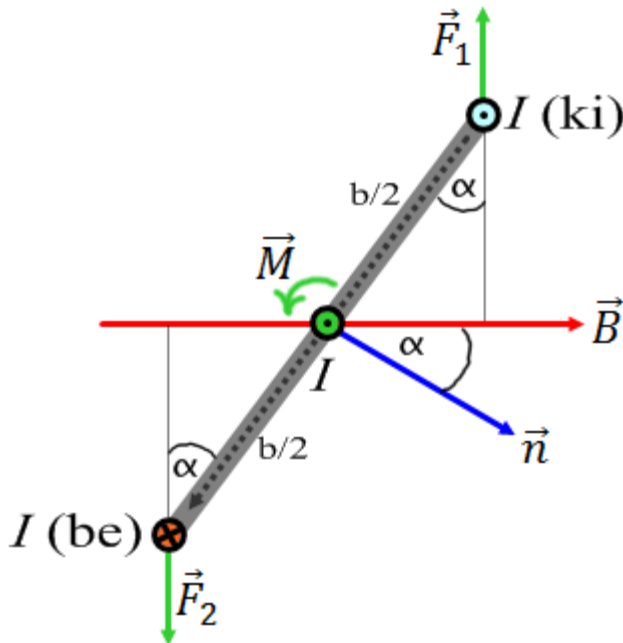
$$F_1 = F_2 = F = IaB$$

$$M = Fb \sin \alpha = IaBb \sin \alpha = IAB \sin \alpha$$

Az irányokat is figyelembe véve:

$$\vec{M} = IA\vec{n} \times \vec{B} = I\vec{A} \times \vec{B} = \vec{m} \times \vec{B}$$

$$\vec{m} = I\vec{A} \text{ a mágneses dipólmomentum} \quad [m] = \text{Am}^2$$



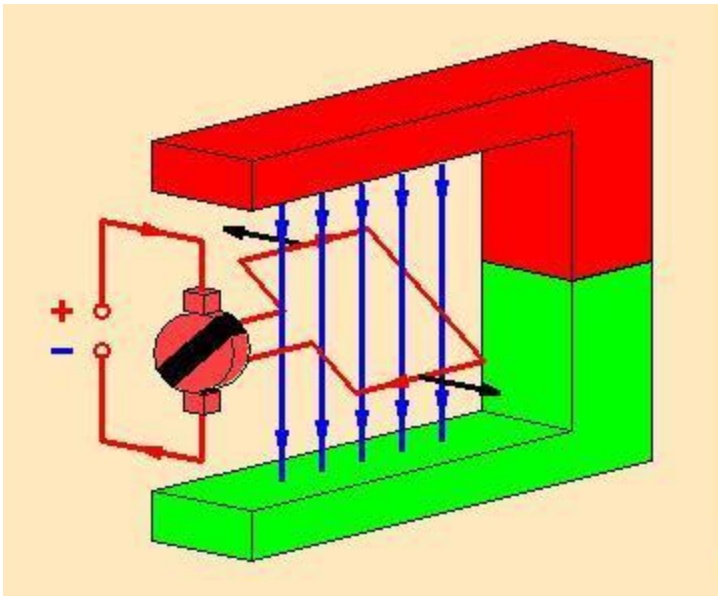
A forgatónyomaték akkor szűnik meg ha a dipól befordult a mágneses indukció irányába (stabil egyensúly, ellenkező irányban pedig labilis egyensúly!).

Íránytűként használható egy áramjárta hurok is.

Kétfázisú elektromotor

A forgó hurok két kivezetése a szigetelőlével elválasztott fél-hengerhez csatlakozik.

Az egyenfeszültség alá helyezett kefék minden félfordulatnál a másik fél-hengerhez csatlakoznak.



A homogén mágneses tér az áramjárta hurkot a stabil egyensúlyi helyzetbe igyekszik beforgatni.

Amire azonban a hurok elérné a stabil egyensúlyi helyzetet a polaritás megfordul.

Mivel az áram ellenkező irányba folyik, a stabil egyensúlyi helyzet a labilis egyensúlyi helyzetté válik.

A labilis egyensúlyi helyzeten a lendület miatt túlfordulva a hurok igyekszik továbbfordulni a stabil egyensúlyi helyzetbe, azonban ott ismét felcserélődik a polaritás...