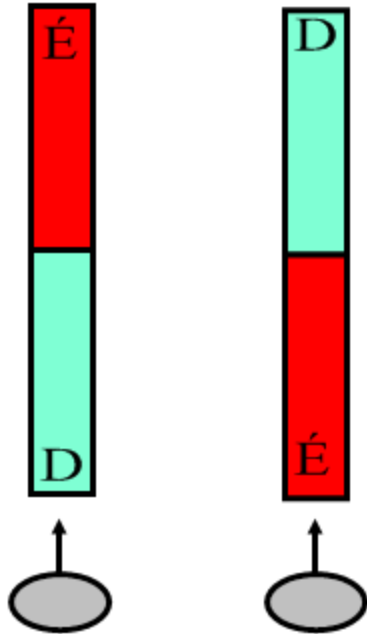


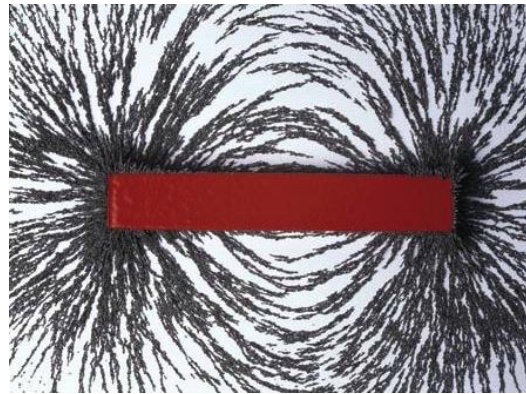
Magnetosztatika

Mágneses alapjelenségek

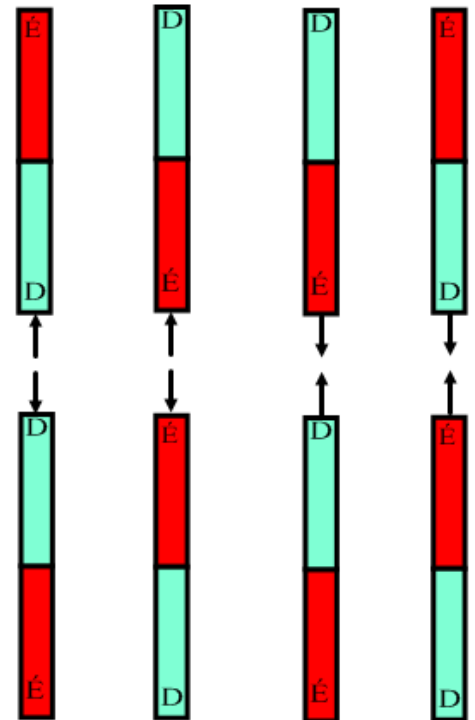
Bizonyos vasércek képesek apró vasdarabokat magukhoz vonzani: **permanens mágnes**



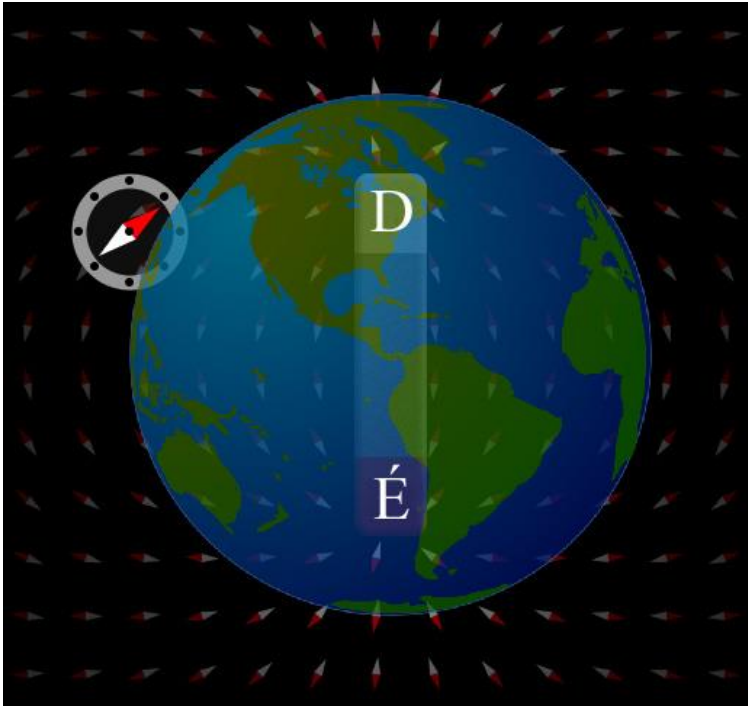
Az acélrúd felmágnesezhető ilyen ércek segítségével.
Rúd két vége: **pólusok** (a vasreszelék csak ide tapad)



Kétféle pólus - azonosak között taszítás,
ellentétesek között vonzás:

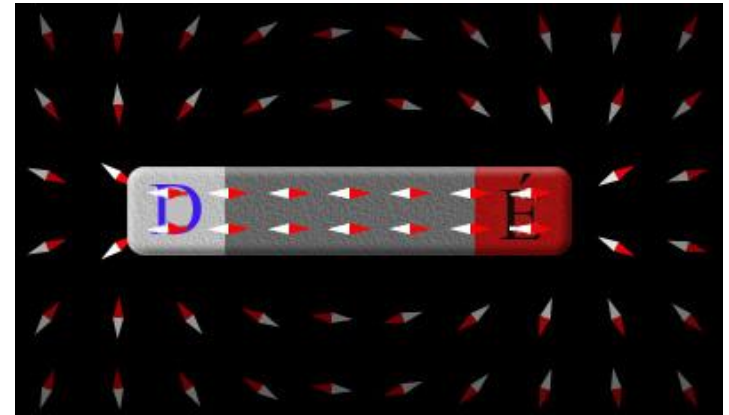


A Föld mágneses tere



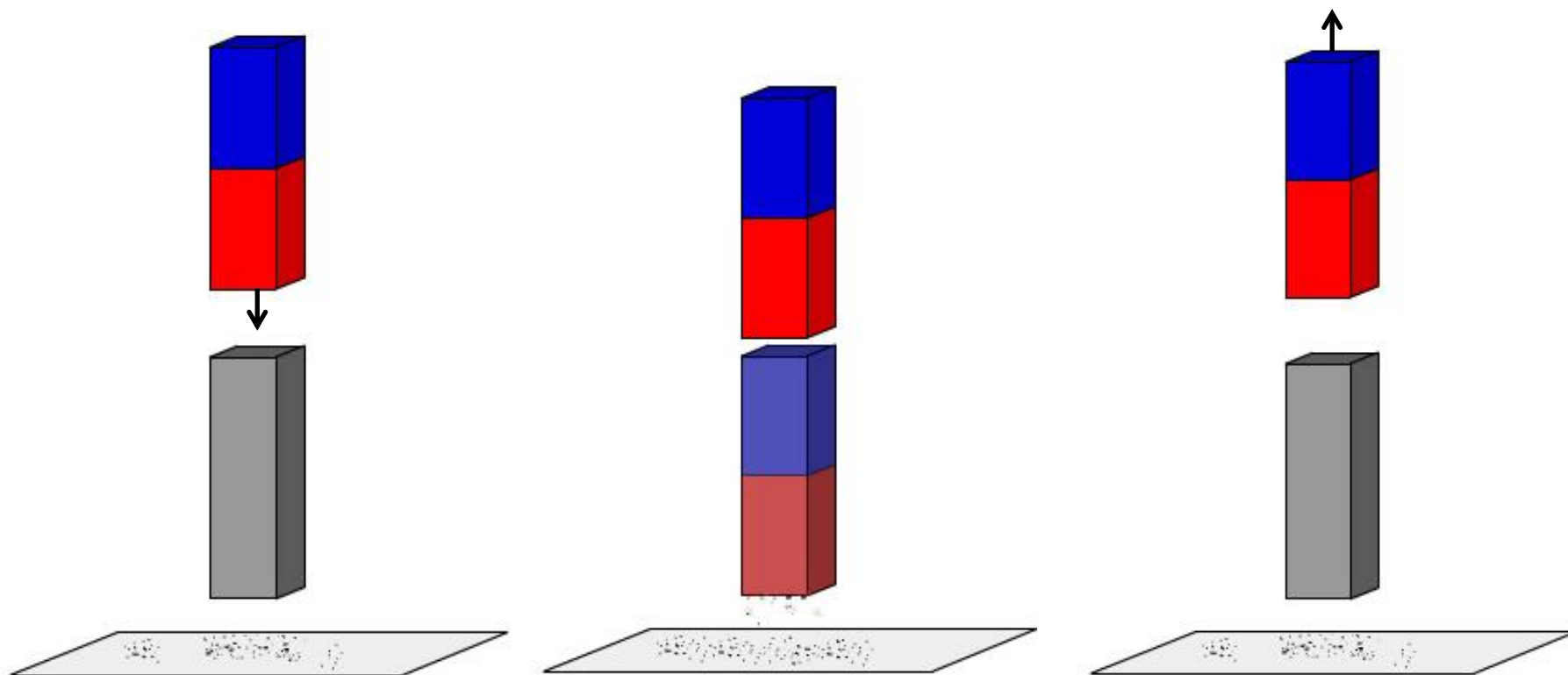
Mágnesű északi pólusa észak felé fordul a Föld mágneses tere miatt.
(a Föld mágneses terének **déli** pólusa irányába)

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 mágnest a mágneses tulajdonság megszűnik.

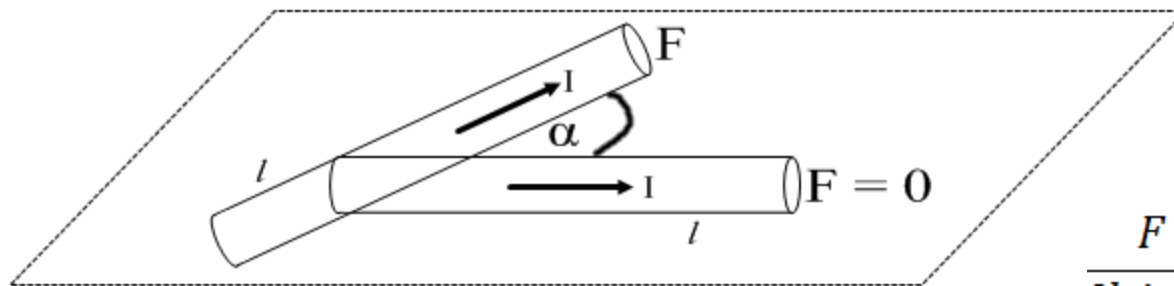


[ANIMÁCIÓ!](#)

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: $F \sim I$

$F \sim l$

$F \sim \sin \alpha$

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

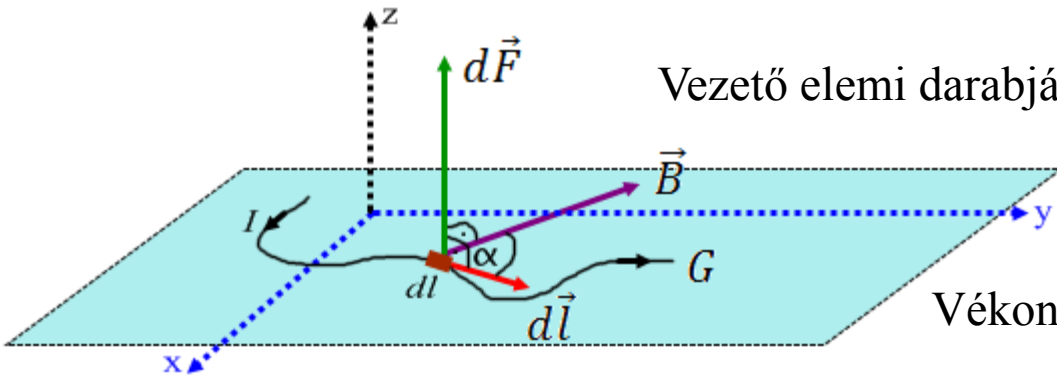
A **mágneses indukció** nagyságát tehát definiálhatjuk mint: $B = \frac{F}{Il \sin \alpha}$

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

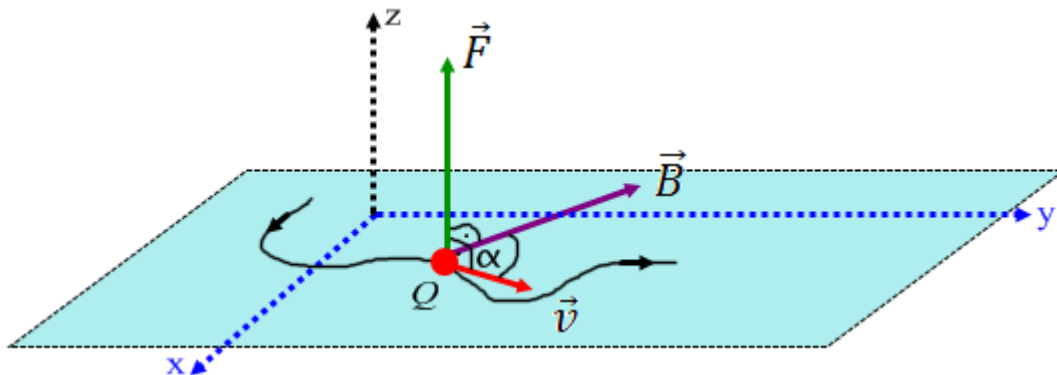
Ampere- és Lorentz-erő általánosan



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:



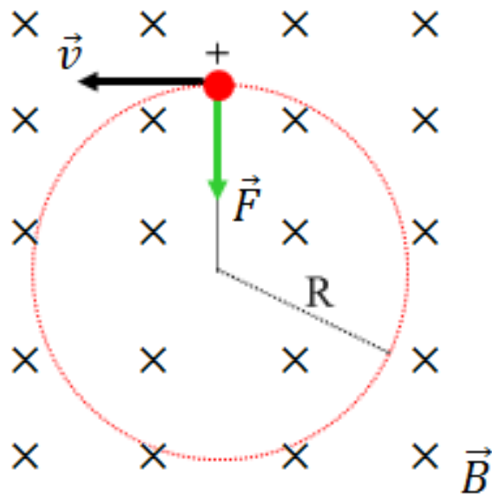
$$\Delta\vec{F} = I \Delta\vec{l} \times \vec{B} = \frac{Nq}{\Delta t} (\vec{v} \Delta t) \times \vec{B}$$

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.

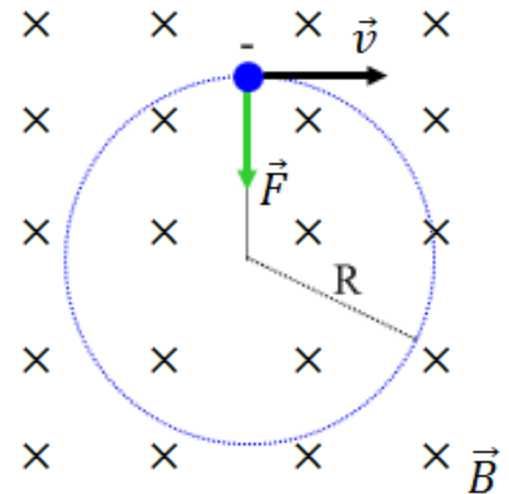
Töltött részecske mozgása homogén mágneses térben

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



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

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

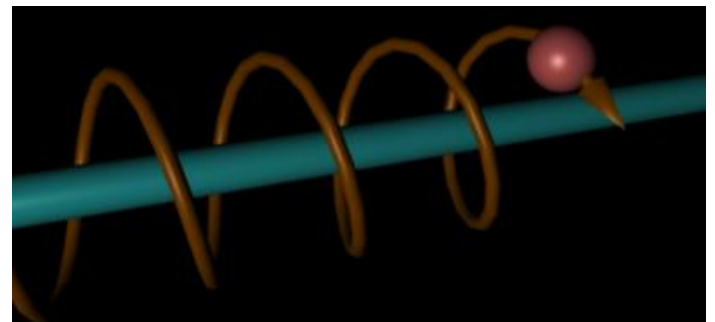


Ha a sebesség nem merőleges a térre, akkor felbontjuk a térrel párhuzamos és arra merőleges részekre:

$v_{\parallel}$ állandó

$v_{\perp}$ nagysága állandó, körmozgás

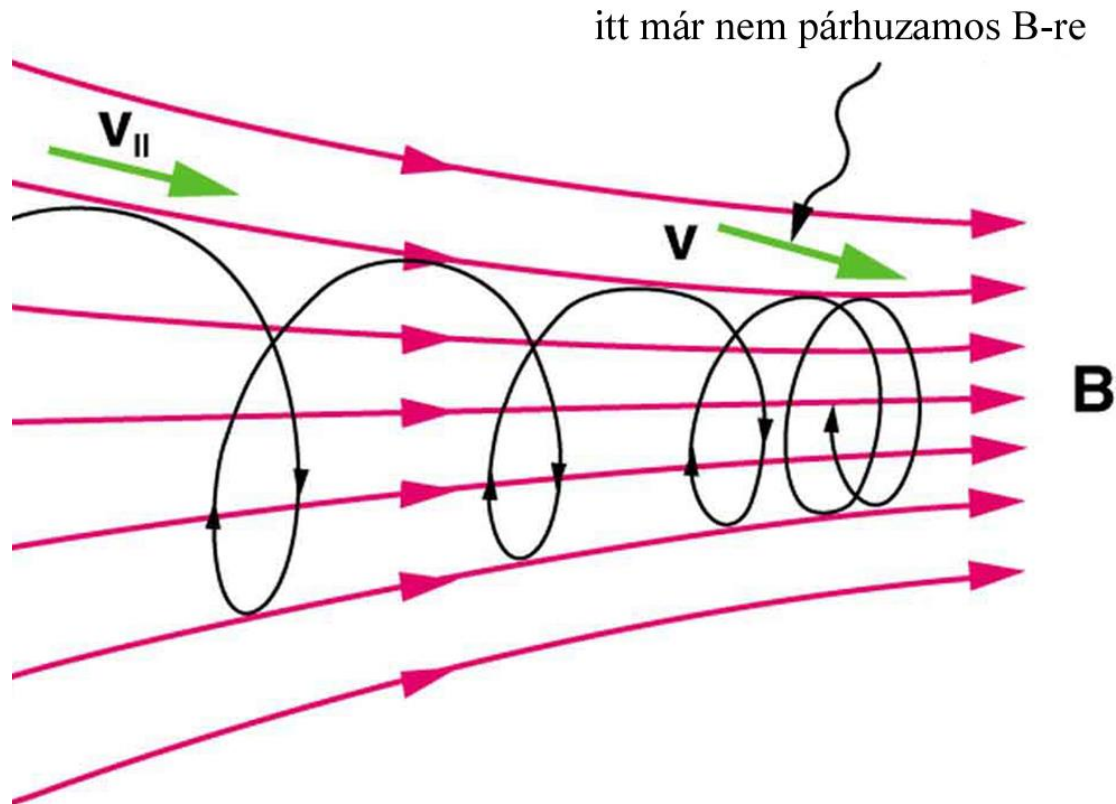
Eredmény: spirális mozgás a mágneses tér indukciójának körül.



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.

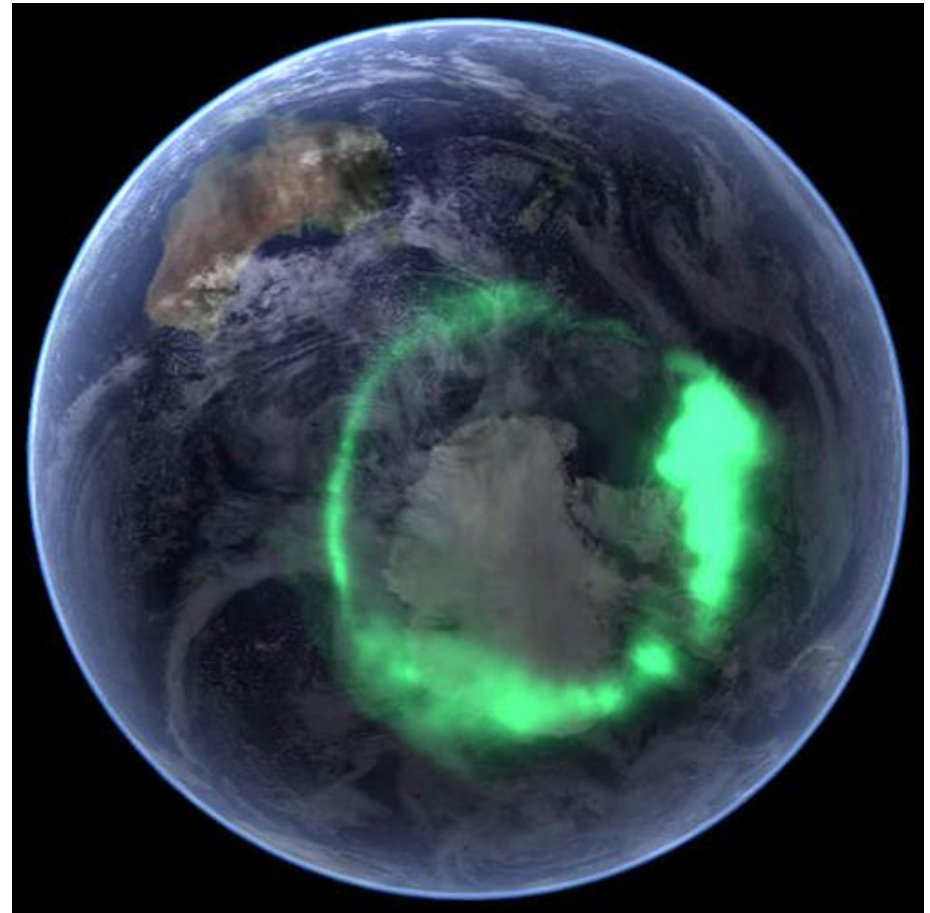


Van Allen övek

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

A részecskék egy része felhalmozódik az úgynevezett Van Allen övekben.

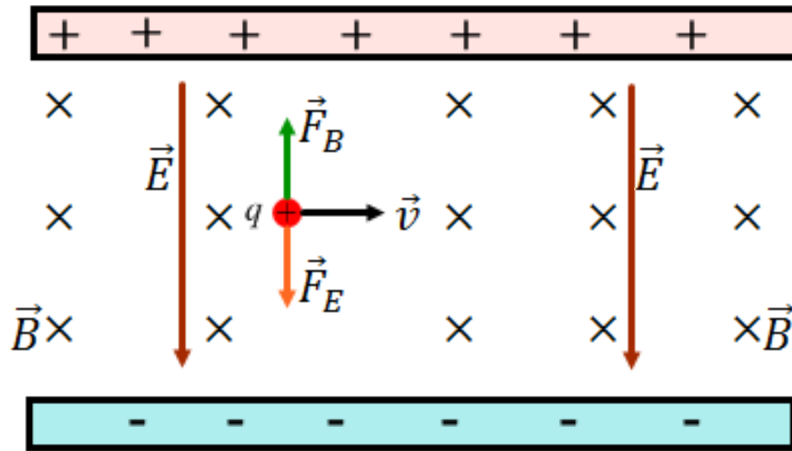
[VIDEÓ!](#)



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 kiegyezheti egymást.



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

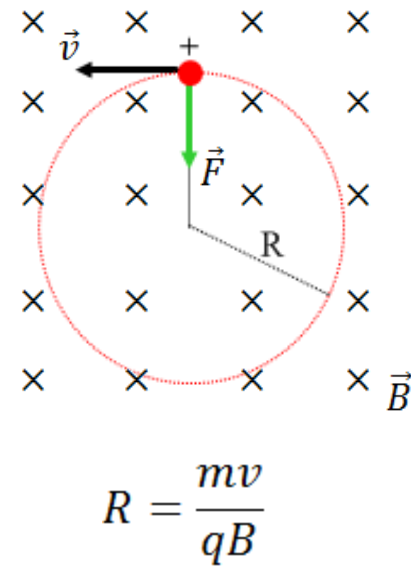
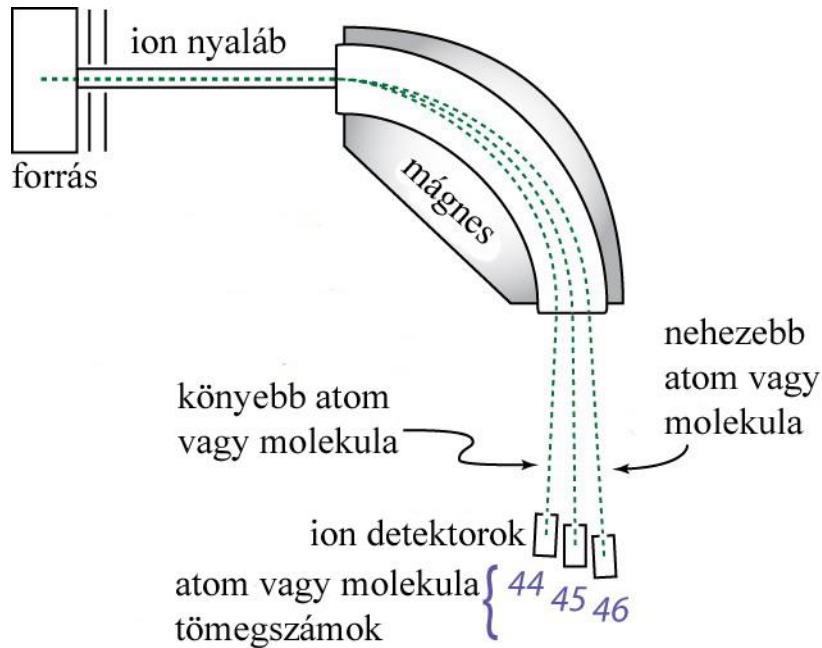
Sebességkiválasztó: csak azok a részecskék tudnak eltérülés nélkül keresztülmenni amelyekre

$$qvB = qE$$

$$\text{Tehát: } v = \frac{E}{B}$$

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

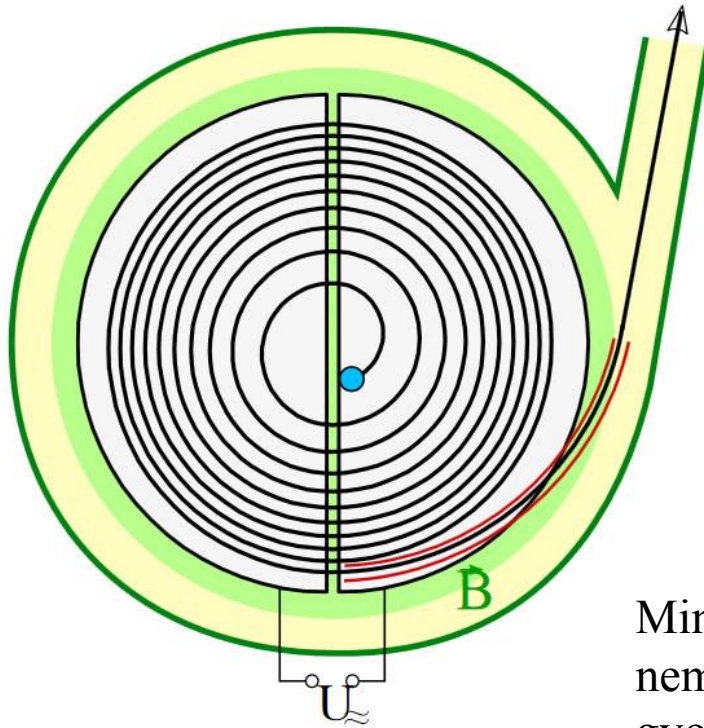
Tömegspektrométer



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.



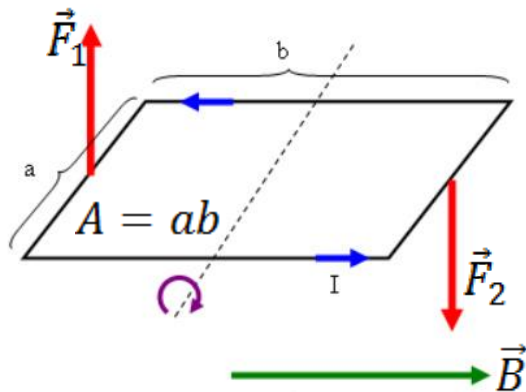
$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

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

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: $M = F_1 \frac{b}{2} \sin \alpha + F_2 \frac{b}{2} \sin \alpha$

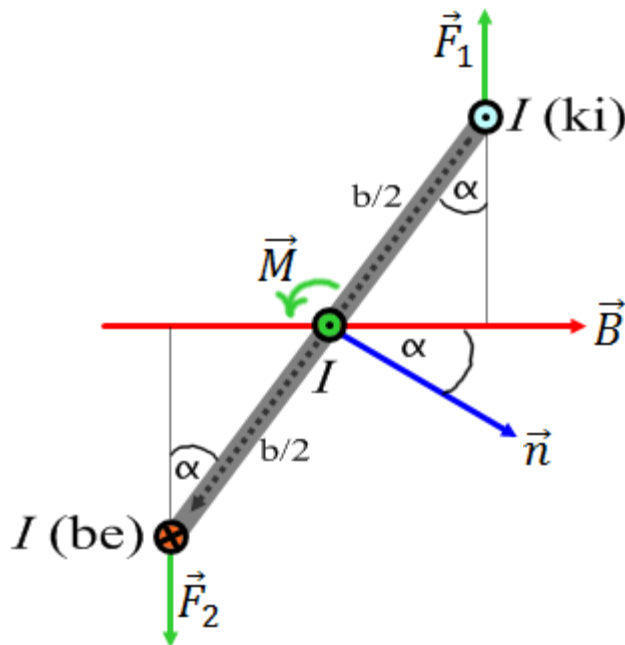
$$F_1 = F_2 = F = IaB$$

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

Az irányokat is figyelembe véve:

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

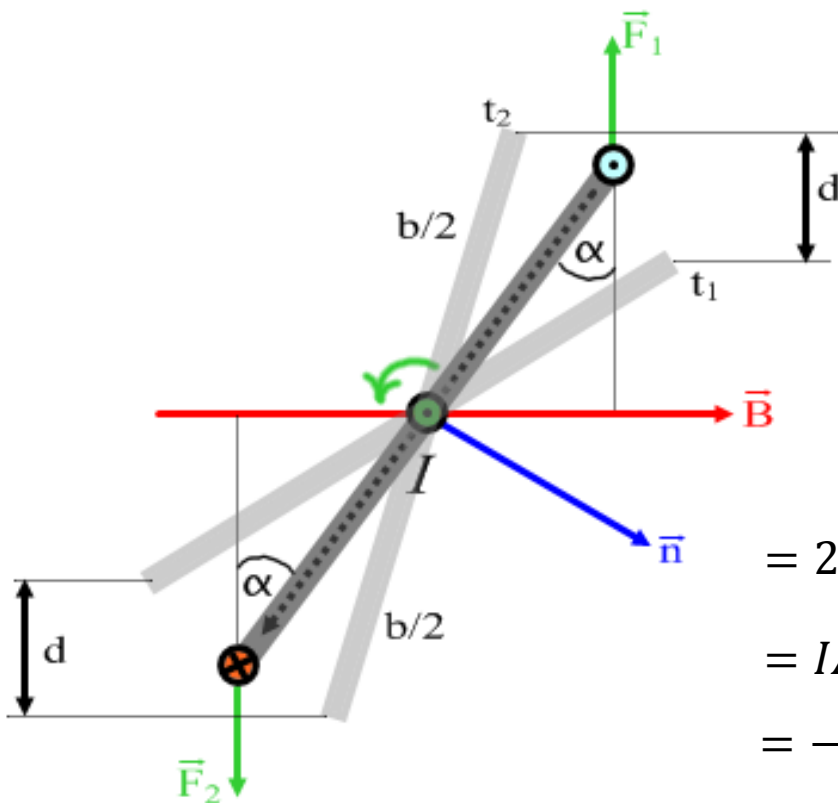
$$\vec{m} = I\vec{A} \quad \text{a mágneses dipólmomentum} \quad [m] = \text{Am}^2$$



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.

Áramhurok potenciális energiája



Számítsuk ki a kereten végzett munkát a t_1 és t_2 időpontok között, miközben a normális és a mágneses indukció közötti szög α_1 -ről α_2 -re változik (csökken):

$$F = F_1 = F_2 = IabB$$

$$\begin{aligned} W_{12} &= 2Fd = 2IaB \left(\frac{b}{2} \cos \alpha_2 - \frac{b}{2} \cos \alpha_1 \right) = \\ &= 2IaB \frac{b}{2} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) = IabB (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) = \\ &= IAB (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) = mB (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) = \\ &= -mB \cos \alpha_1 + mB \cos \alpha_2 \end{aligned}$$

Látható, hogy amennyiben: $E_P = -mB \cos \alpha = -\vec{m} \cdot \vec{B}$

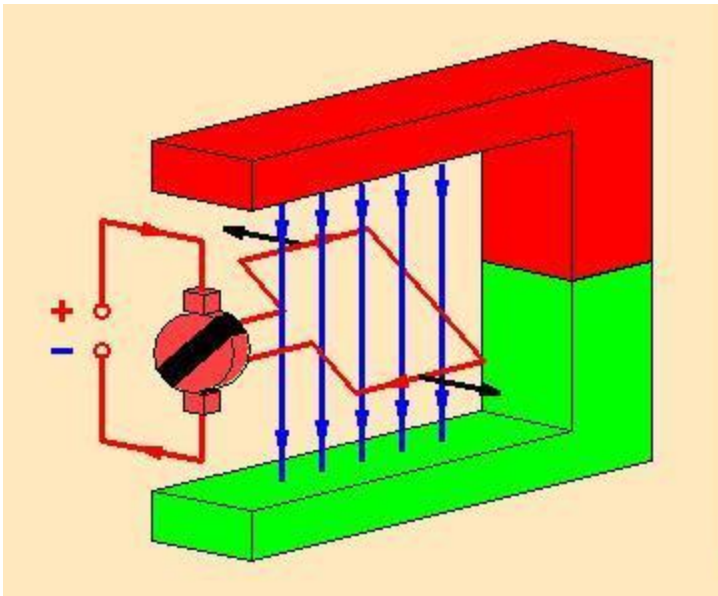
akkor a végzett munka felírható a konzervatív erőterekre jellemző formában:

$$W_{12} = E_{P1} - E_{P2}$$

Egyenáramú elektromotor

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

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



A homogén mágneses tér az áramjárta hurokot 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...