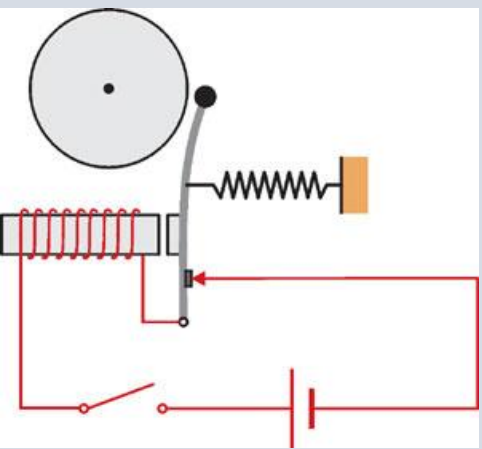
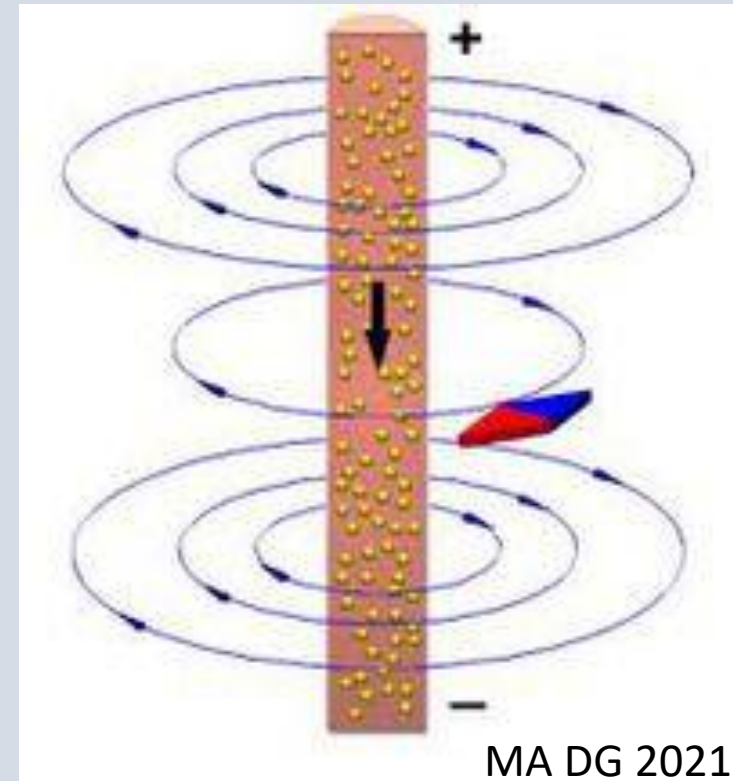




Egyenáram, mágneses mező I.



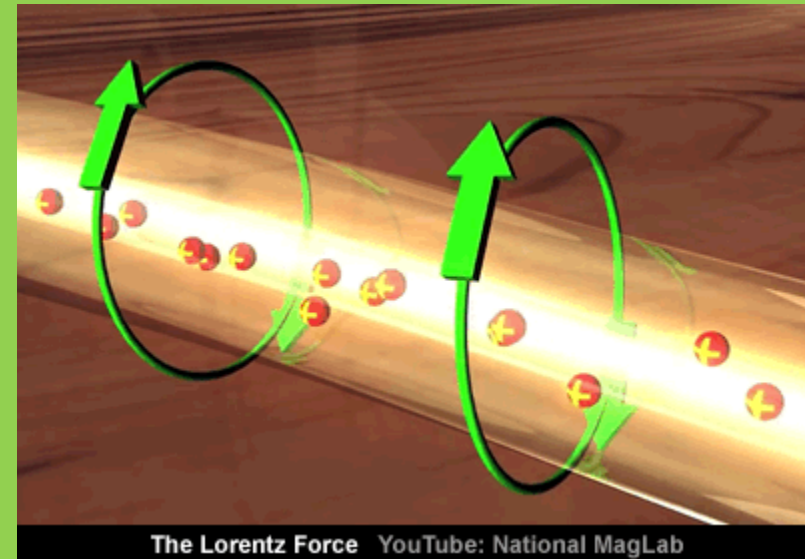
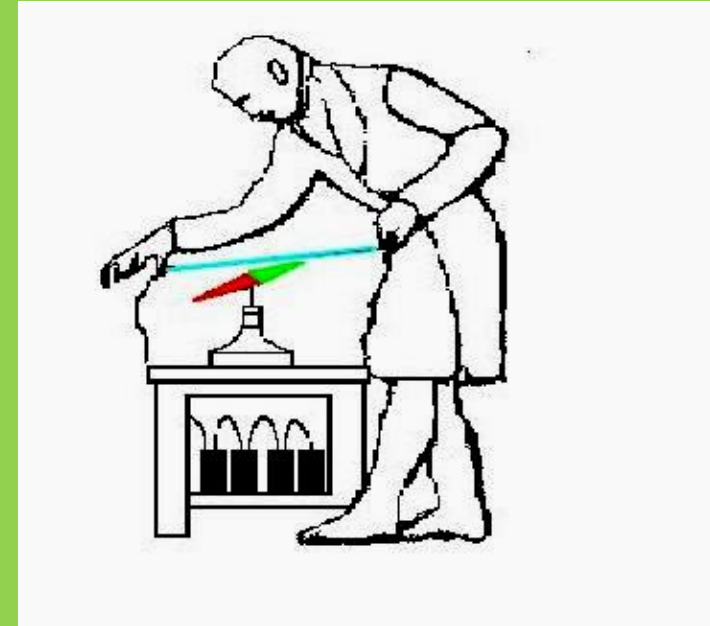
**Van valamilyen kapcsolat az
elektromosság és a
mágnesesség között?**

**Igen!
Milyen?**

Elektromos áram mágneses hatása

Elektromos áram mágneses hatása

- Nagyon sokáig azt hitték, hogy az elektromosság és mágnesesség között nincs kapcsolat. **1820** április 21-én *Hans Cristian Oersted* (1777 – 1851) dán fizikus a Koppenhágai Egyetemen egy kísérlet bemutatása során véletlenül **vette észre, hogy a vezetőt, amelyben áram haladt mágneses tér veszi körül.**



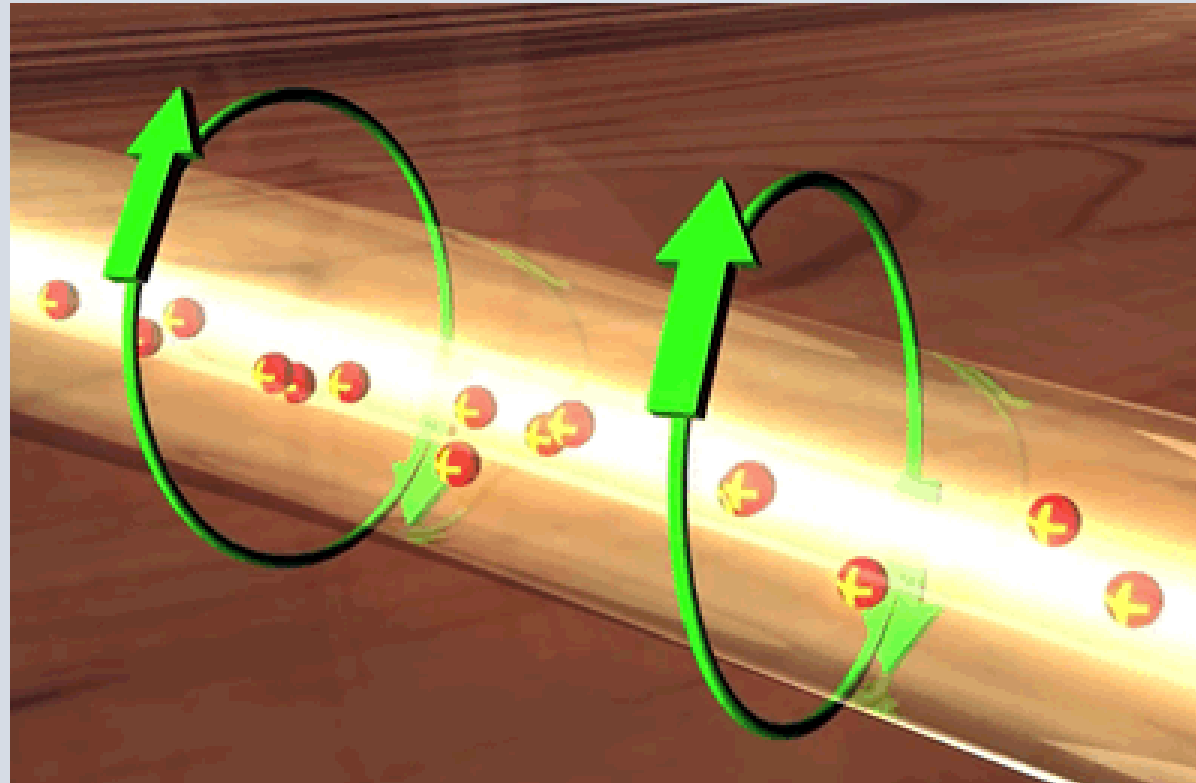
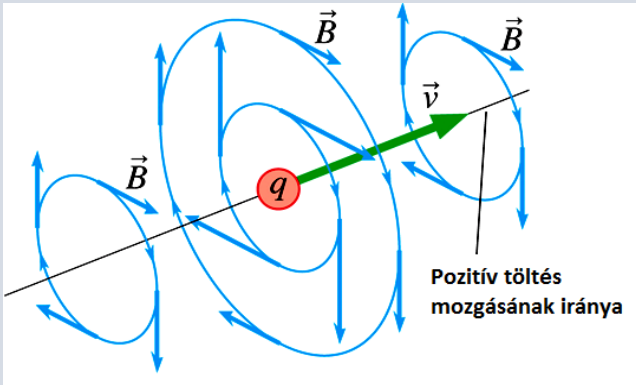
The Right Hand Rule

The direction of the magnetic field created by an electric current

Wikimedia: Jfmlero



A vezetőben mozgó töltés maga körül mágneses teret kelt

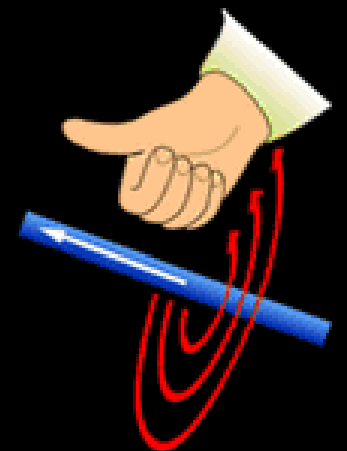


The Lorentz Force YouTube: National MagLab

The Right Hand Rule

The direction of the magnetic field created by an electric current

Wikimedia: Jfmlero



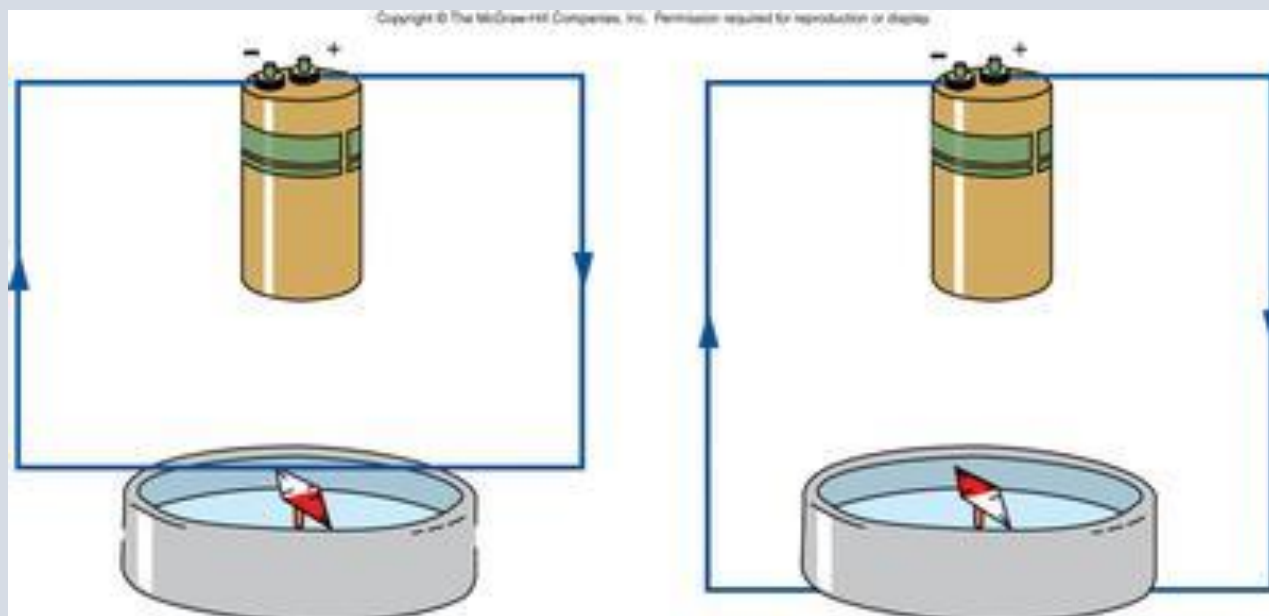
Oersted kísérlete



[video](#)

Hans
Christian
Oersted
(1777-1851)

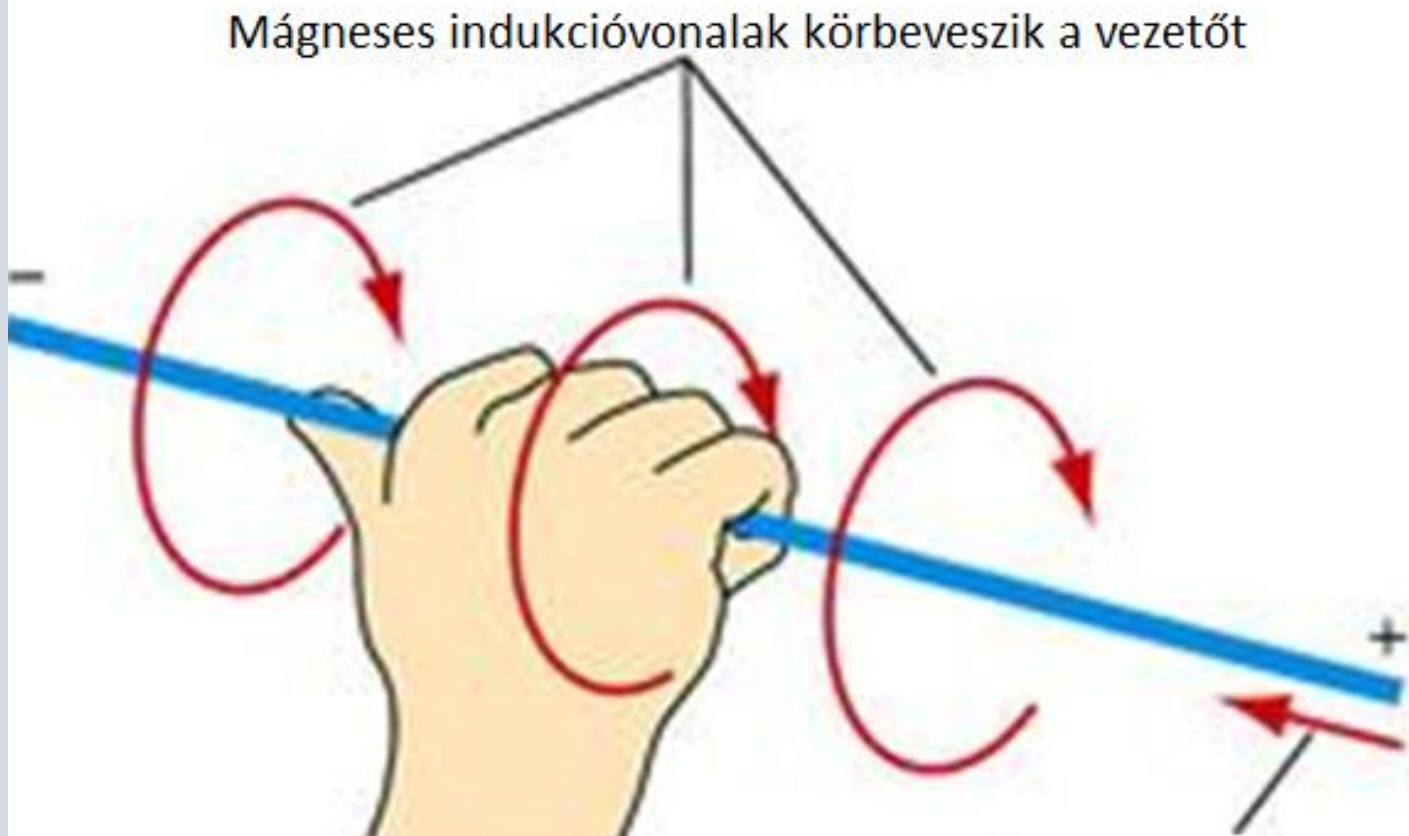
Oersted kísérletével bizonyította, hogy az áramátjarta vezető körül mágneses tér jön létre.



Vasreszelék az áramátjarta vezető körül.

Egyenes vezető mágneses tere, **jobbkeéz szabály**

Megfigyelt jelenség



Mágneses indukcióvonalak körbeveszik a vezetőt

Jobbkéz szabály: hüvelyk ujjunk az áram irányába, a többi az indukcióvonalak irányába mutat

Vezetőben haladó áram

A vezetőben folyó áram iránya a papír síkjára merőleges és tőlünk távolodó irányba mutat.



Áramátjarta vezetőt körülvevő indukcióvonalak.

Oersted tiszteletére kibocsátott emlékbélyeg és boríték

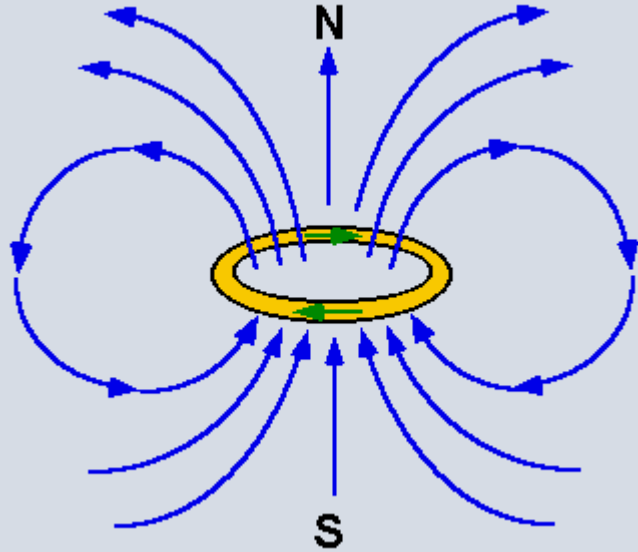
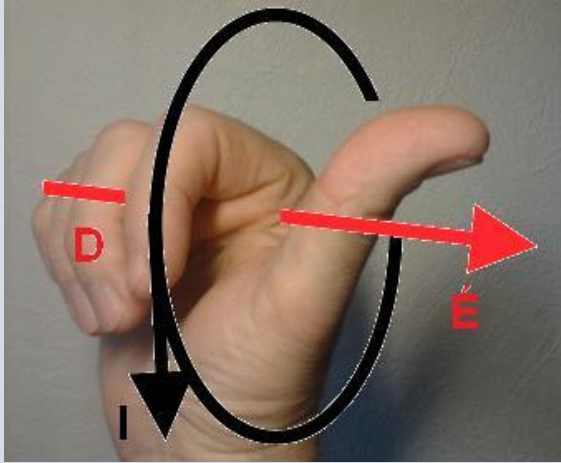


«Frimærke Nyt» 1. dagskuvert nr 153
København V First day cover no. 153

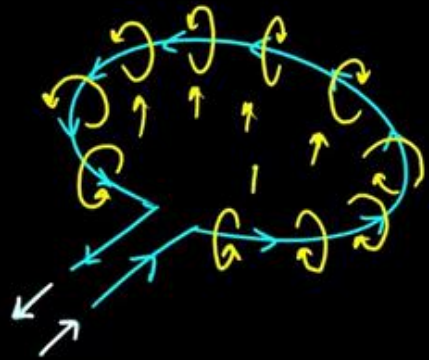


Mr. J. Teunissen
Kapelaniestraat 36
N E D E R W E E R T
H O L L A N D

Körvezető mágneses tere



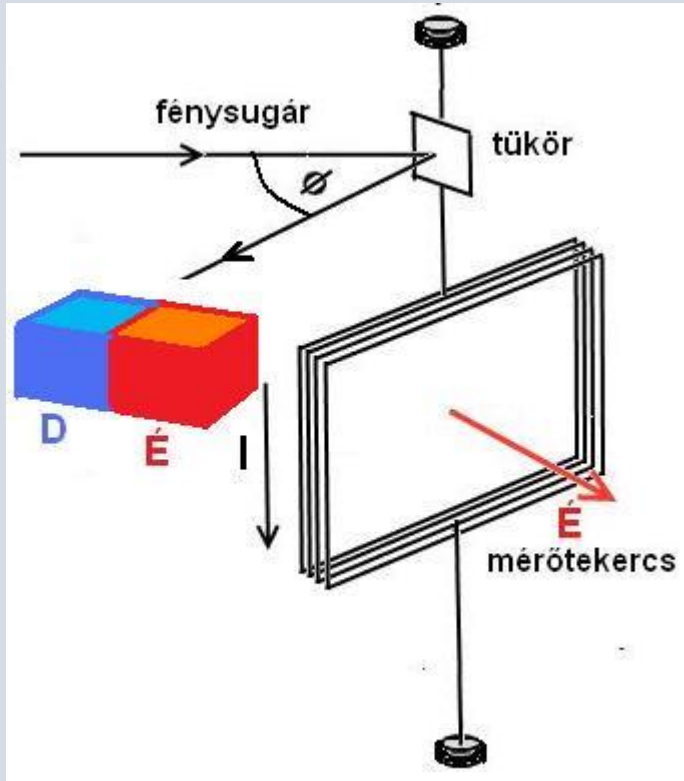
Ha áramátjárta vezetőből gyűrűt képezünk, akkor egymenetes tekercset kapunk. A tekercs északi pólusát az ábrán látható **jobbkéz szabály** alapján határozhatjuk meg. Ha jobb kezünkön behajlított ujjaink az áram irányát mutatják, akkor a kinyújtott hüvelykujjunk fogja a tekercs északi végét mutatni.



Mágneses tér erősségének meghatározása

Mágneses indukció, indukció mértékegysége

Mágneses indukció (jele: B)



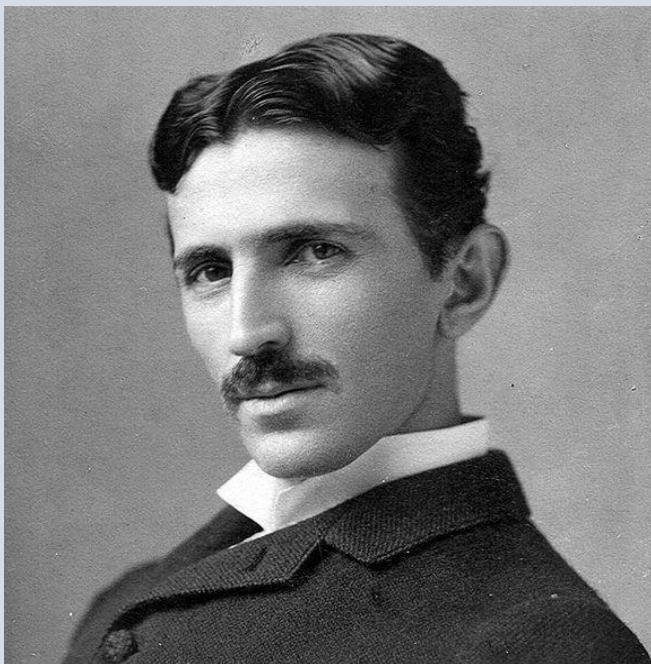
Mágneses indukció mérése magnetométerrel. Az áramátjárta mérőkeret belsejében mágneses tér indukálódik (irányát a piros nyíl mutatja). A keretre a közelében lévő (piros és kék színű) mágnes tere **forgató hatással van**. Ezt mérjük.

A $B = \frac{M}{N \cdot I \cdot A}$ hányadost mágneses indukciónak nevezzük.

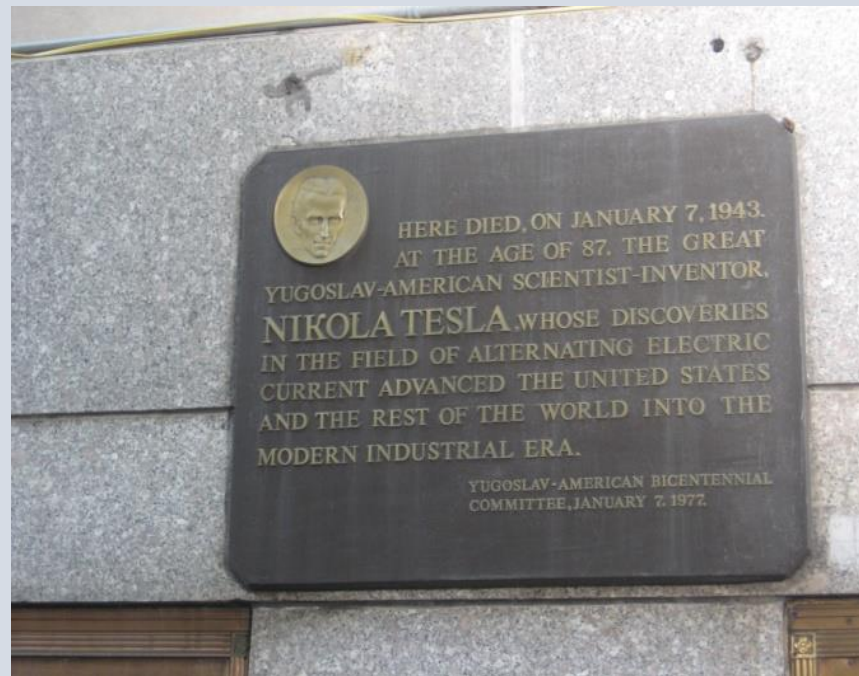
- N : a mérőkeret menetszáma
- I a keretben folyó áram erőssége
- A : a keret keresztmetszete
- M : az áramátjárta keretre a mágneses térben ható forgatónyomaték
- A mágneses indukció mértékegysége *Nikola Tesla* (1856 – 1943) emlékére a Tesla.

$$1T = 1 \frac{N \cdot m}{A \cdot m^2} = 1 \frac{V \cdot s}{m^2}$$

B = 1 Tesla. Sok vagy kevés?



34 éves Nikola Tesla



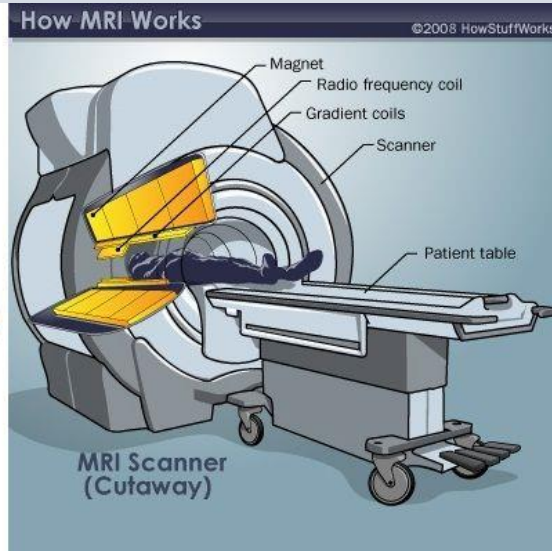
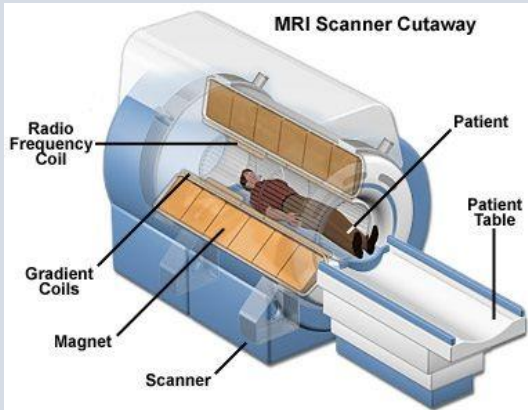
Tesla emléktáblája New Yorkban

1 Tesla igen erős mágneses mező. Ekkora indukciót létesítenek a mágneses rezonanciás (MRI) orvosi vizsgálatok végrehajtásához.

Egy mágneskártya letörléséhez kb. 0,1 T szükséges.

A Föld mágneses mezejének indukciója hazánkban kb. $4 \cdot 10^{-5}$ T.

MRI készülékek 1-3 tesla erős teret használnak

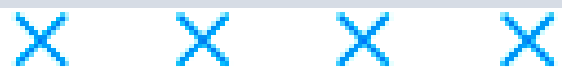


"Meaning other names"

- ~ Pencitraan resonansi magnetik (Indonesian Language)
- ~ Magnetic resonance imaging (MRI)
- ~ nuclear magnetic resonance imaging (NMRI)
- ~ magnetic resonance tomography (MRT)



Indukcióvonalak, áramirány jelölése rajzban



Oldal síkjára merőleges
befelé mutató vektor



Oldal síkjára merőleges
befelé mutató áramirány



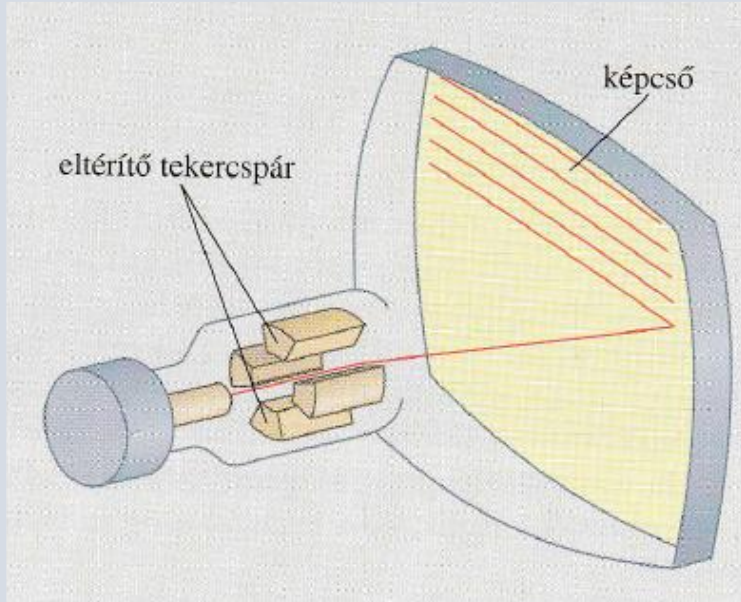
Oldal síkjára merőleges
felénk mutató vektor



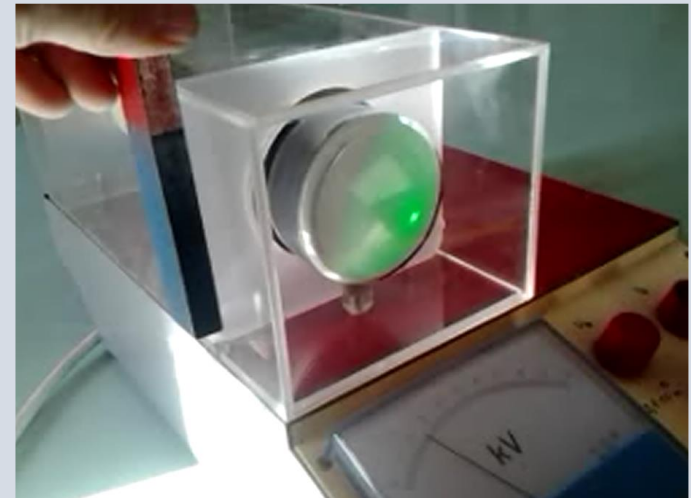
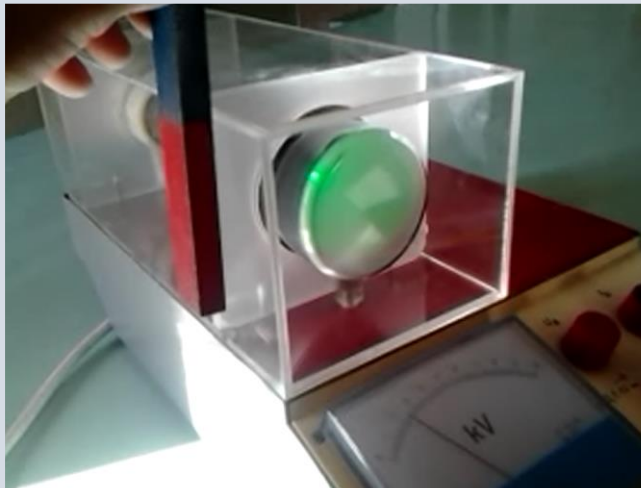
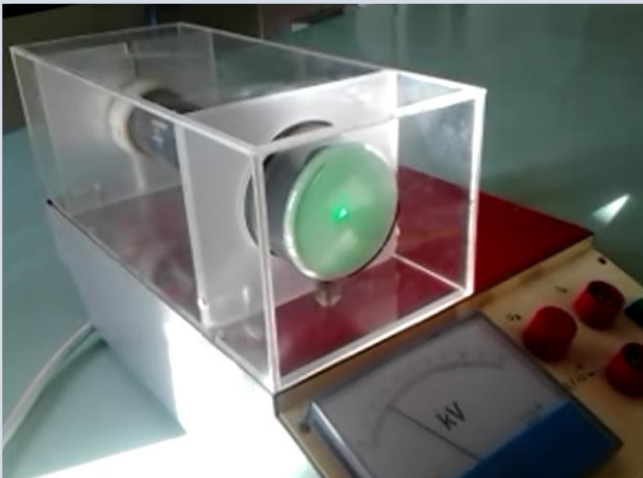
Oldal síkjára merőleges
felénk mutató áramirány

**Mágneses térbe v
sebességgel érkező,
töltéssel rendelkező
részecskét érő hatások**

Kísérletek, gyakorlati alkalmazások

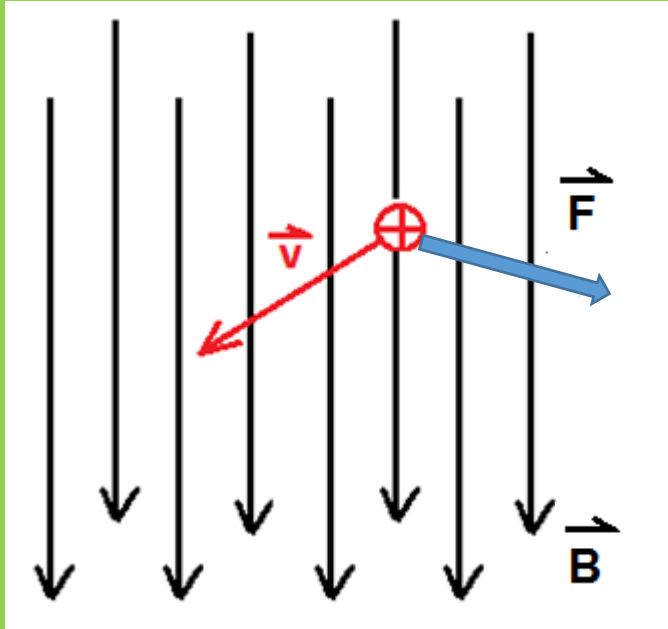


A hagyományos TV képcsővekben tekercspárok eltérítő mágneses tere irányította az elektronsugarakat.

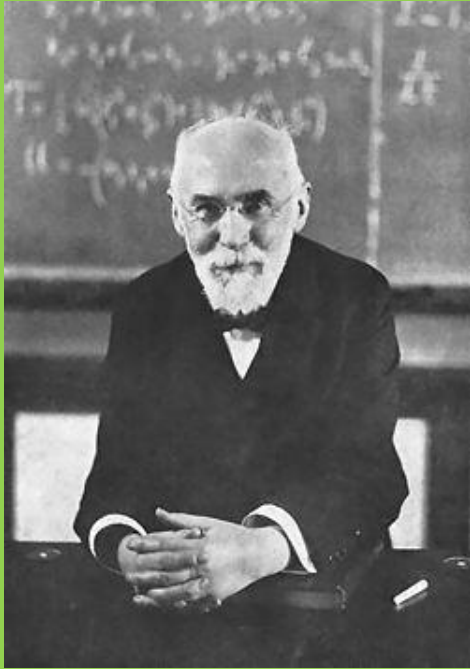


A katódsugárcsőben mozgó elektronok a közeledő mágnes hatására (pólustól függően) eltérülnek eredeti irányuktól.

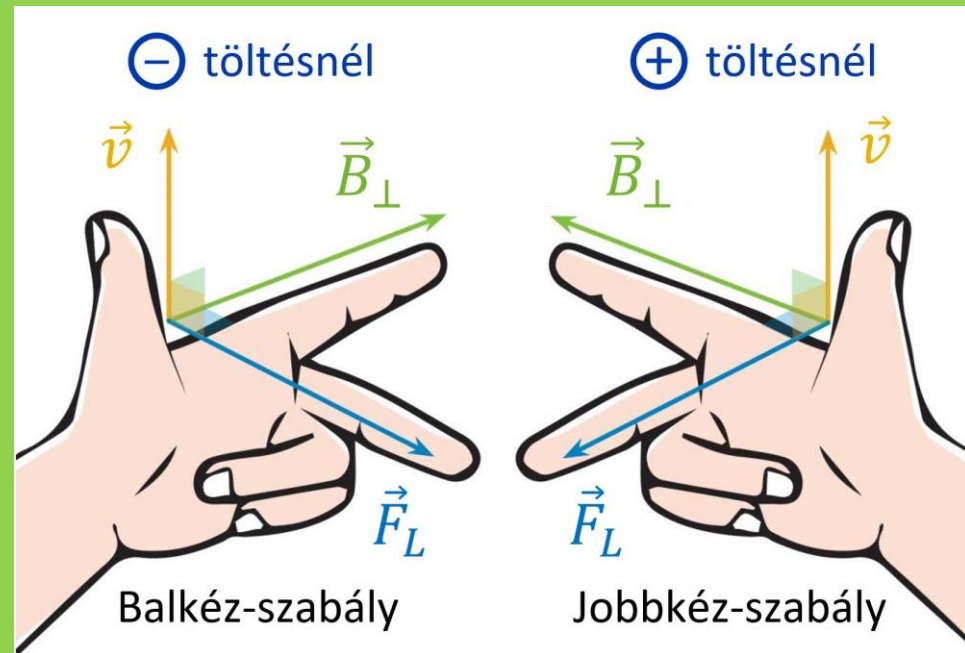
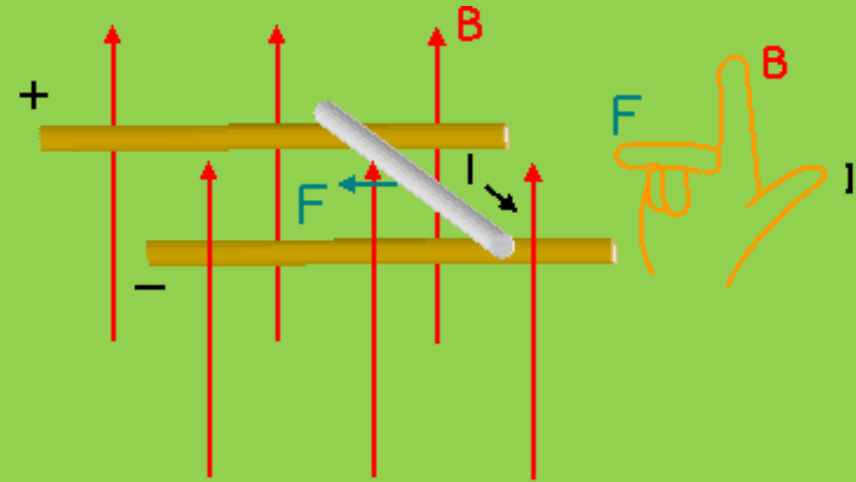
A mágneses tér az indukcióvonalakkal nem párhuzamosan mozgó töltésekre erővel hat

[video](#)

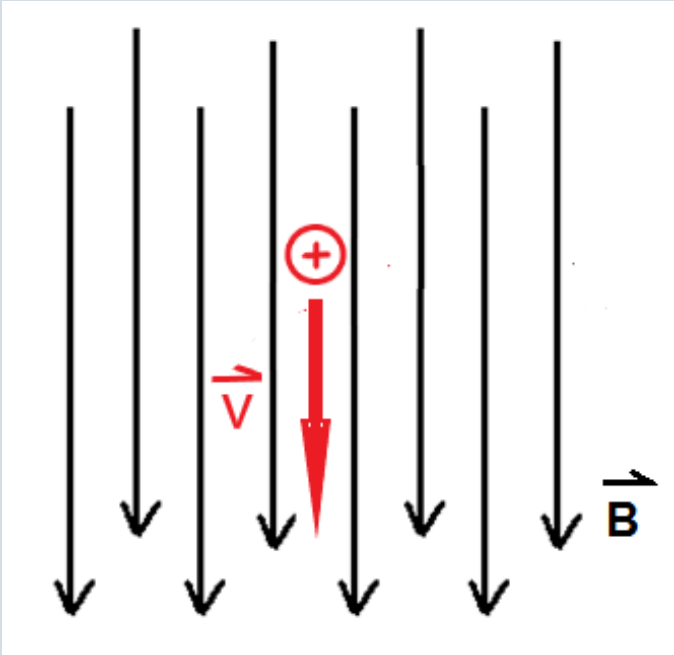
Lorentz erő



A mágneses mező által a mozgó töltésre kifejtett erőt **Hendrik Lorentz** (1853 – 1928) holland fizikusról **Lorentz erőnek** nevezzük.

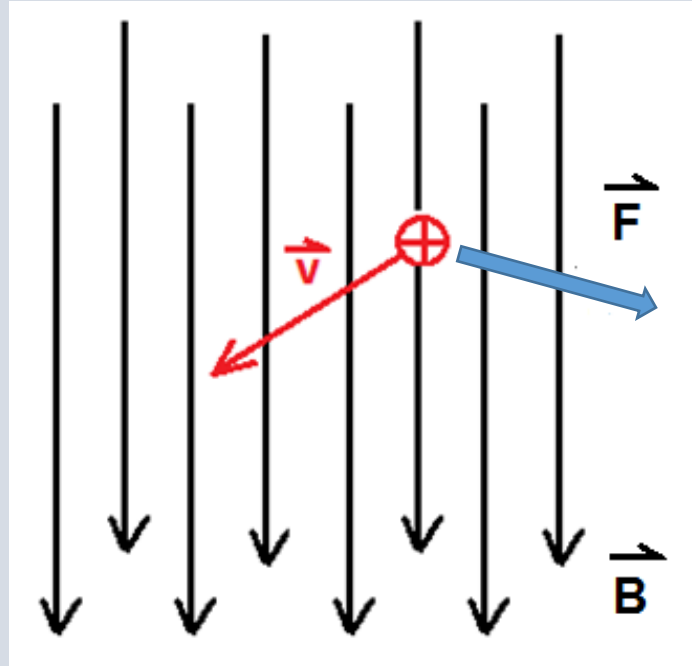


Mitől függ a töltésre ható erő nagysága?



A mágneses térbe belépő töltött részecskére ható erő nulla, ha a részecske **párhuzamosan halad az indukció vonalakkal** (nem metszi azokat).

$$\mathbf{F} = 0$$



Az erőhatás, akkor maximális, amikor a töltött részecske az **indukció vonalakra merőlegesen halad.**

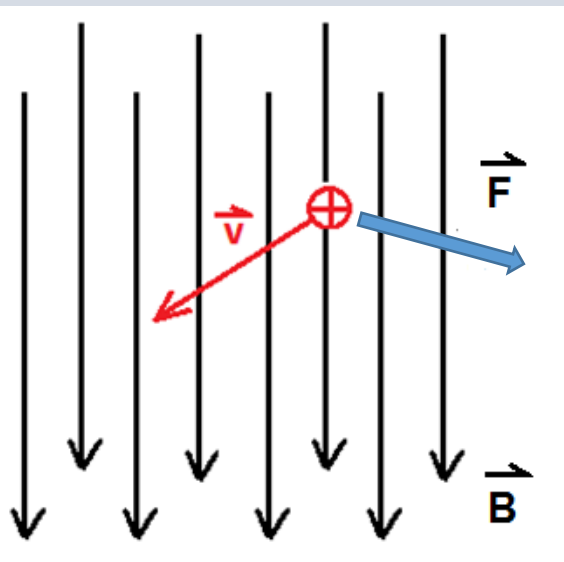
$$F_{\text{maximális}} = Q \cdot v \cdot B$$

Egyéb esetben az **erőhatás függ** a sebesség vektor és az indukcióvonalak által **bezárt szögtől.**

Q: a töltés nagysága,
v: a töltés sebessége,
B: a mágneses indukció nagysága

A Lorentz erő iránya

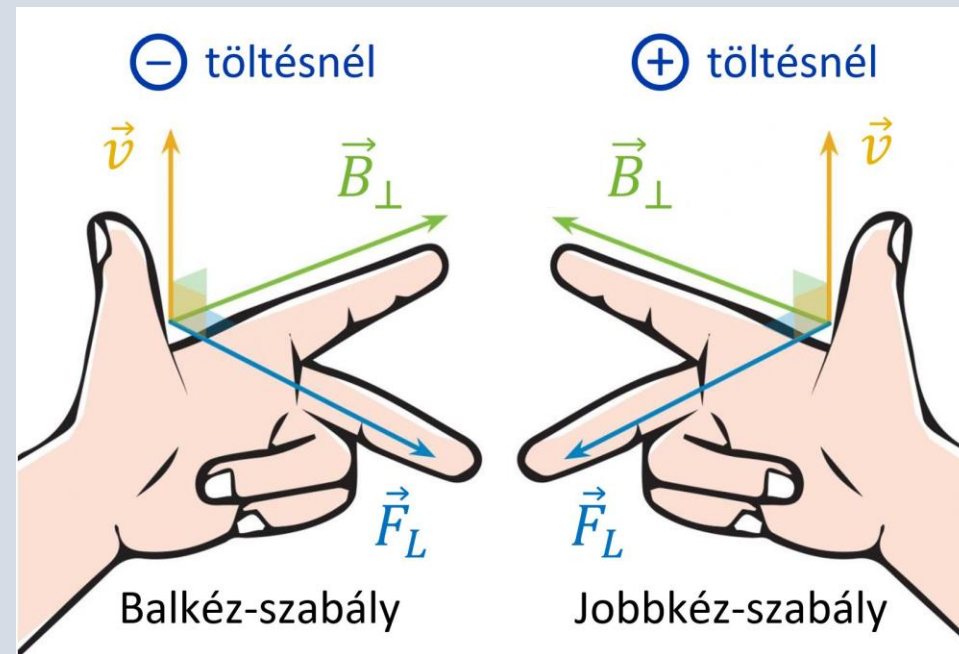
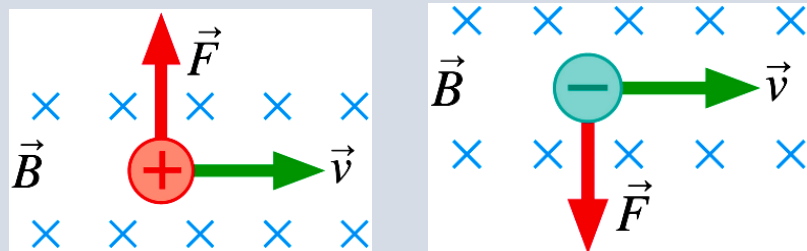
Az előző dián szerepelt, hogy a mágneses tér által kifejtett erő akkor lesz maximális, amikor a töltés az **indukcióvonalakra merőlegesen mozog**.



Ekkor az $\vec{F}$ erő iránya merőleges $\vec{v}$ és $\vec{B}$ síkjára.

Indukcióvonalakra merőleges nézet.

Kétdimenziós ábrázolás:



Ha $\vec{v}$ és $\vec{B}$ merőleges akkor az erőhatás nagysága:

$$\mathbf{F} = Q \cdot v \cdot B$$

Az erő irányának meghatározása **pozitív töltés esetén jobbkéz szabállyal történik**.

Negatív töltés esetében az erőhatás ezzel ellentétes irányú. Ennek meghatározása történhet a balkéz szabály segítségével.

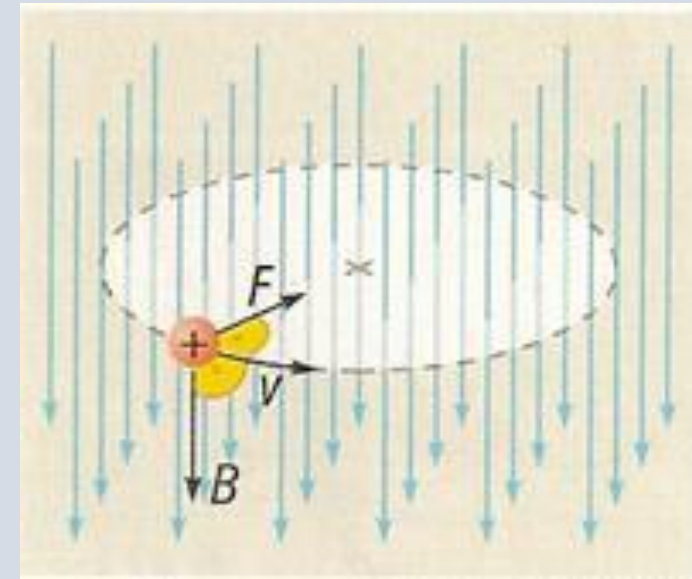
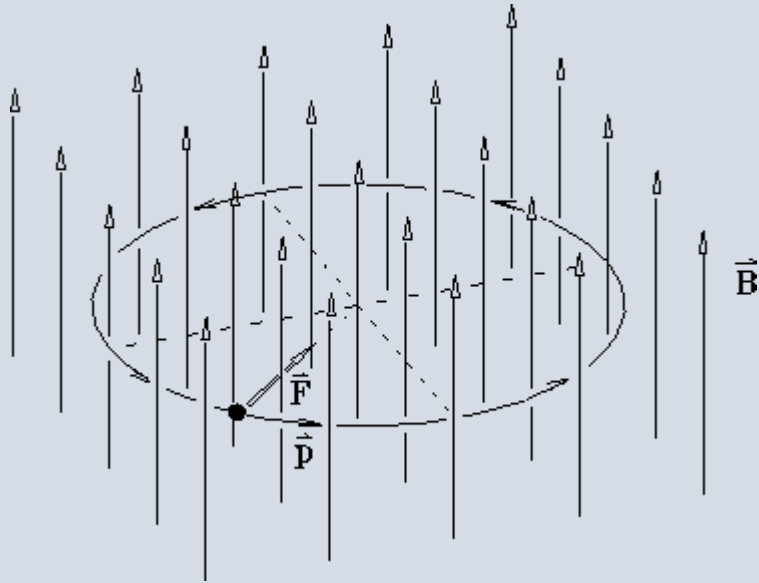
Mágneses térben mozgó töltésre ható erő nagysága és iránya, ha sebesség **nem merőleges** az indukcióvonalakra



Kiegészítés: Ha a sebesség nem párhuzamos az indukcióvonalakkal, és nem merőleges az indukcióvonalakra, akkor a sebesség **indukcióvonalakra merőleges komponensével** kell számolni.

$$F = Q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha \text{ (jobboldali ábra)}$$

Mozgó töltések homogén mágneses térben (a sebesség merőleges az indukcióvonalakra)

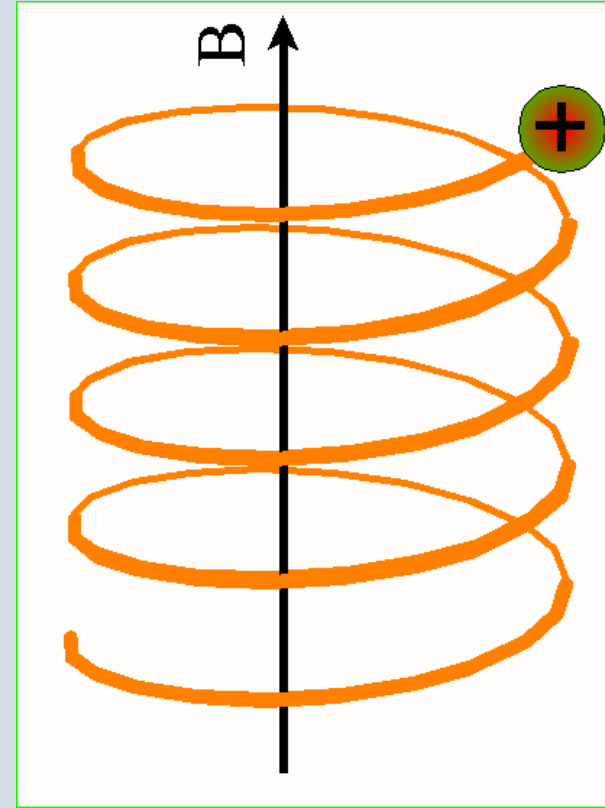
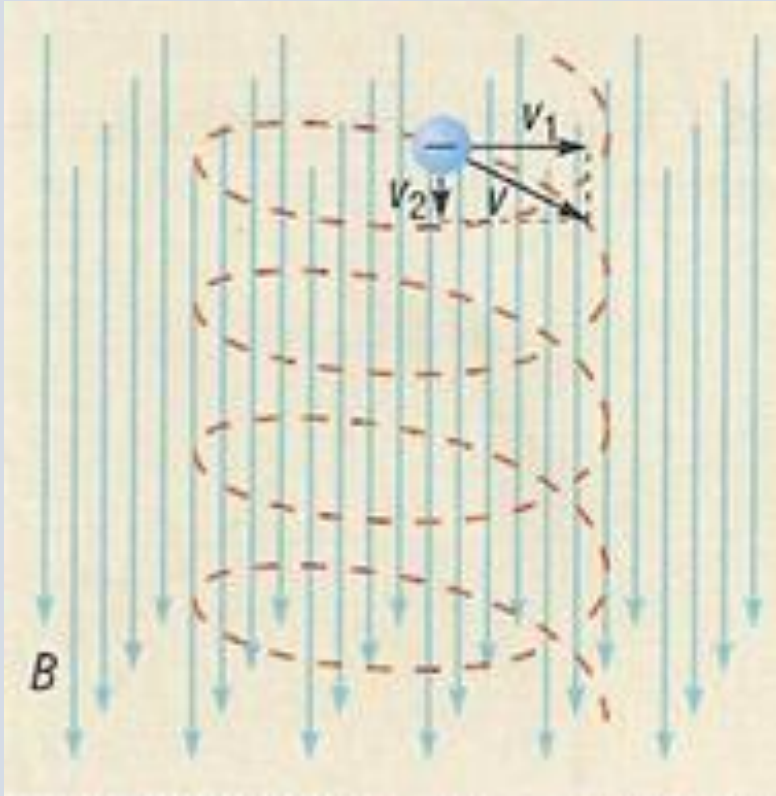


Homogén mágneses mezőben az indukcióvonalakra **merőleges sebességű** részecske körpályára kényszerül.

$$F_{cp} = F_L$$

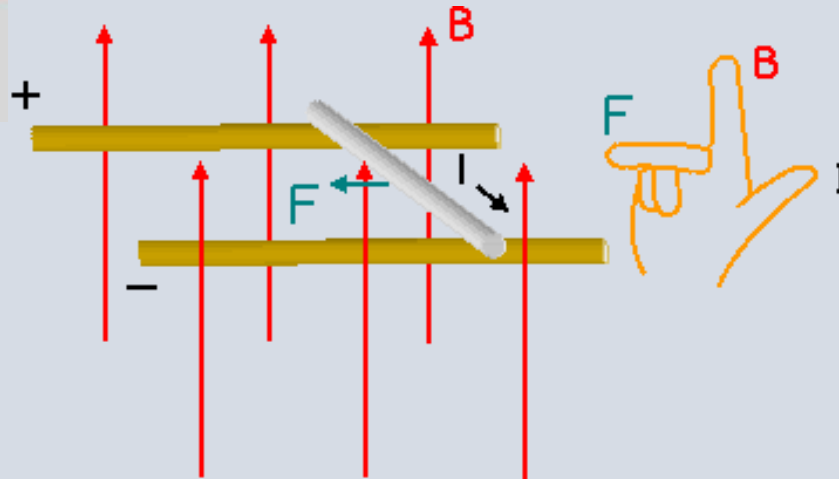
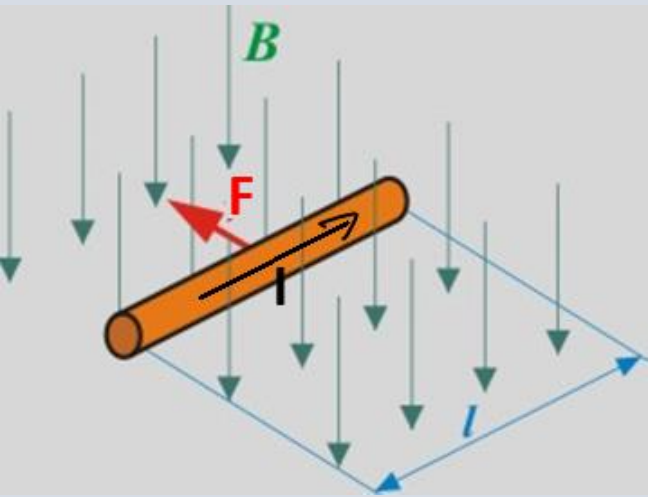
$$r = \frac{m \cdot v}{B \cdot Q}$$

Mozgó töltések homogén mágneses térben (a sebesség nem merőleges a mágneses indukcióvonalakra)



Homogén mágneses mezőbe a töltés általában **nem az indukcióvonalakra merőlegesen** érkezik. A sebességnek lesz az indukcióvonalakra merőleges (v_1) és azokkal párhuzamos (v_2) komponense. Ilyenkor a részecske **spirál pályán** mozog.

Mágneses mező által áramvezetőre kifejtett erő



A mágneses mező által az áramvezetőre kifejtett erő (F) egyenesen arányos

- A mágneses indukcióval (B)
- A vezetőben folyó áram erősségével (I)
- A vezető hosszával (l)

Az áramátjárta vezetőre merőleges indukció esetén:

$$F = B \cdot I \cdot l$$

Mágneses térben lévő vezetőben mozgó töltésekre a mágneses mező erővel hat. (Lorentz erő)

Feladat

0,05 T erősségű homogén mágneses indukciójú térbe az indukcióvonalakkal párhuzamosan $3 \cdot 10^4 \frac{m}{s}$ sebességgel beérkezik egy $6 \cdot 10^{-3} C$ töltés.

- a) Mekkora erő hat a töltésre?
- b) Milyen pályán fog mozogni a töltés?

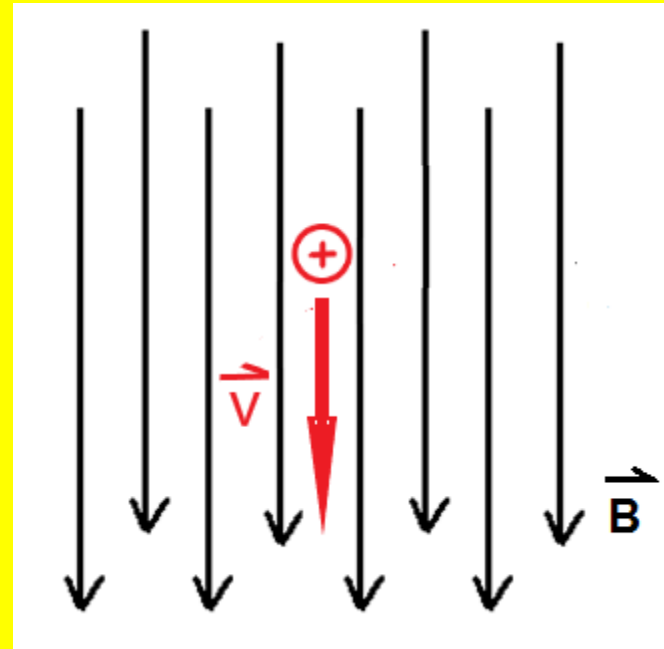
Adatok:

$$B = 0,05 \text{ T}$$

$$v = 3 \cdot 10^4 \frac{m}{s}$$

$$Q = 6 \cdot 10^{-3} C$$

$$F = ?$$



Megoldás:

- a) Az indukcióvonalakkal párhuzamosan mozgó töltésre nem hat erő! $F = 0$
- b) A töltés az indukcióvonalakkal párhuzamos egyenes pályán fog mozogni.

Feladat

0,05 T erősségű homogén mágneses indukciójú térbe az indukcióvonalakra merőlegesen $3 \cdot 10^4 \frac{m}{s}$ sebességgel beérkezik egy $6 \cdot 10^{-3} C$ töltés.

- a) Mekkora erő hat a töltésre?
- b) Milyen pályán fog mozogni a töltés?

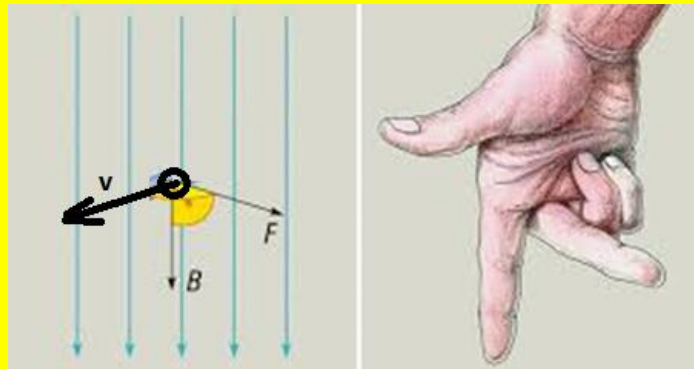
Adatok:

$$B = 0,05 \text{ T}$$

$$v = 3 \cdot 10^4 \frac{m}{s}$$

$$Q = 6 \cdot 10^{-3} C$$

$$F = ?$$



Megoldás:

$$F = Q \cdot v \cdot B = 6 \cdot 10^{-3} C \cdot 3 \cdot 10^4 \frac{m}{s} \cdot 0,05 \text{ T} = 9 \text{ N}$$

A töltés körpályán fog mozogni.

Feladat

0,05 T erősségű homogén mágneses indukciójú térbe az indukcióvonalakra merőlegesen $1,5 \cdot 10^5 \frac{m}{s}$ sebességgel beérkezik egy $5 \cdot 10^{-4} C$ töltés.

a) Mekkora erő hat a töltésre?

b) Milyen sugarú körpályán fog mozogni a töltés, ha a tömege $5 \cdot 10^{-9} g$?

Adatok:

$$B = 0,05 \text{ T}$$

$$v = 1,5 \cdot 10^5 \frac{m}{s}$$

$$Q = 5 \cdot 10^{-4} C$$

$$m = 5 \cdot 10^{-9} g = 5 \cdot 10^{-12} kg$$

$$F = ?$$

Megoldás:

$$F = Q \cdot v \cdot B = 5 \cdot 10^{-4} C \cdot 1,5 \cdot 10^5 \frac{m}{s} \cdot 0,05 \text{ T} = 3,75 \text{ N}$$

A körpályán tartáshoz szükséges centripetális erő megegyezik a Lorentz erővel.

$$F_{cp} = F_L$$

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

Innen a pálya sugara:

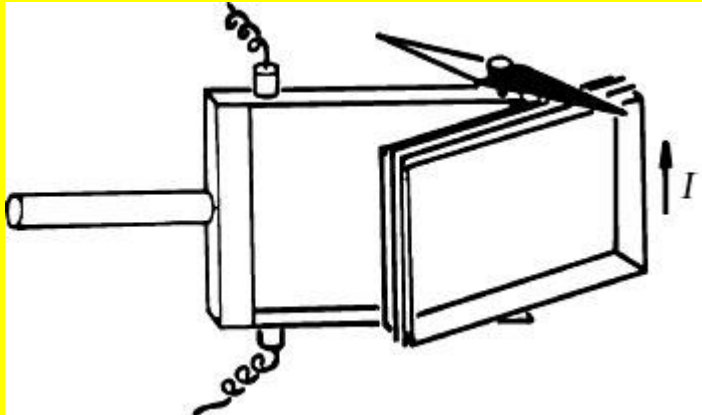
$$r = \frac{m \cdot v}{B \cdot Q}$$

$$r = \frac{5 \cdot 10^{-12} kg \cdot 1,5 \cdot 10^5 \frac{m}{s}}{0,05 \text{ T} \cdot 5 \cdot 10^{-4} C} = 0,03 \text{ m}$$

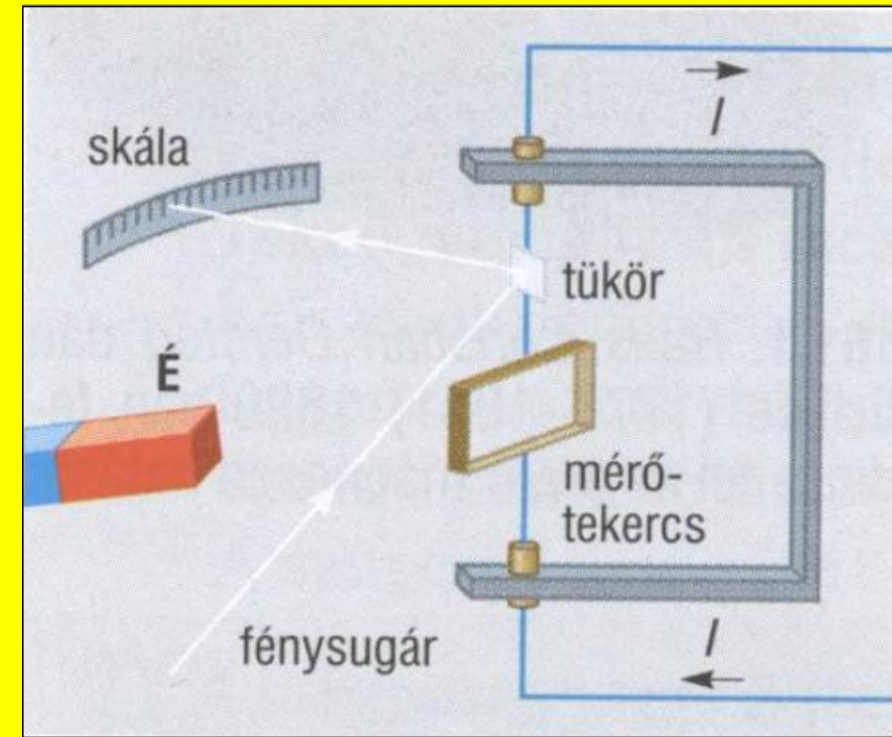
Feladat

0,5 T mágneses indukciójú mezőbe 150 menetes, 4 cm oldalú négyzet alakú tekercset helyezünk.

Mekkora forgatónyomaték hat a tekercsre, ha 0,2 A erősségű áramot vezetünk át rajta?



$$\begin{aligned} N &= 150 \\ B &= 0,5 \text{ T} \\ d &= 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m} \\ I &= 0,2 \text{ A} \\ M_{\text{max}} &= ? \end{aligned}$$



$$B = \frac{M}{N \cdot I \cdot A}$$

$$M = B \cdot N \cdot I \cdot A$$

$$M = 0,5 \text{ T} \cdot 150 \cdot 0,2 \text{ A} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,024 \text{ Nm}$$

Feladat

- Milyen irányban folyik az ábrán lévő vezetőben az áram (A-ból B felé vagy fordítva), ha az erőhatás az ábra szerinti?
- Mekkora az erőhatás, ha a vezetőben 2 A erősségű áram folyik, a vezető mágneses térben lévő része 10 cm és az indukció értéke 0,2 T?

$$1T = 1 \frac{Vs}{m^2} \quad 1V = 1 \frac{J}{C} \quad 1A = 1 \frac{C}{s}$$

$$1J = 1N \cdot m$$

Minden mértékegységet célszerű SI alapegységben megadni. Ennek szerepét ebben a feladatban mutatjuk meg. A feladatban szereplő mértékegységek egyeztetése:

$$T \cdot A \cdot m = \frac{Vs}{m^2} \cdot \frac{C}{s} \cdot m = \frac{\frac{J}{C} \cdot s}{m^2} \cdot \frac{C}{s} \cdot m = \frac{\frac{J}{C} \cdot s}{m^2} \cdot \frac{C}{s} \cdot m = \frac{J \cdot m}{m^2} = \frac{N \cdot m \cdot m}{m^2} = \frac{N \cdot \cancel{m} \cdot \cancel{m}}{\cancel{m}^2} = N$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$l = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

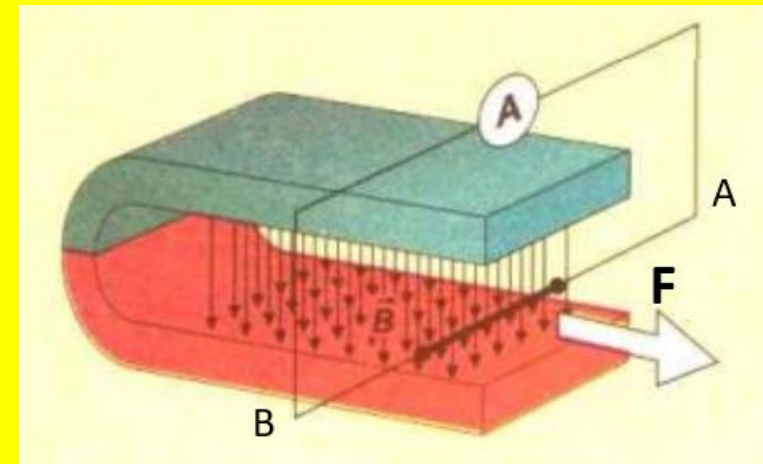
$$B = 0,2 \text{ T}$$

$$F = ?$$

A jobbkéz szabály alkalmazásával eldönthető, hogy az áram A-ból B felé halad.

$$F = B \cdot I \cdot l$$

$$F = 0,2 \text{ T} \cdot 2 \text{ A} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,04 \text{ N}$$

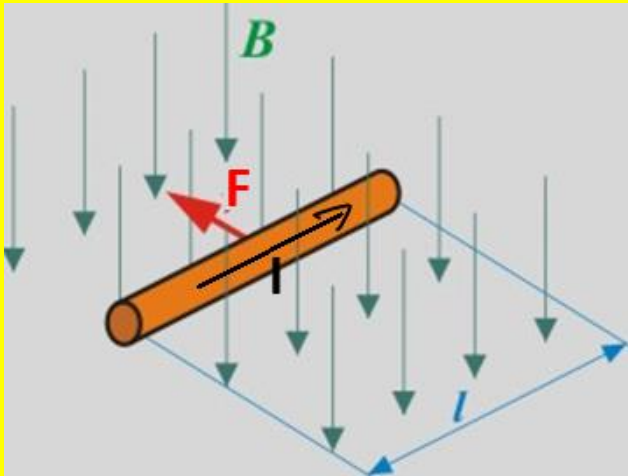


Ha mindenütt az SI alapegységet írjuk, akkor egyből be tudjuk írni az eredményben szereplő mértékegységet is.

Feladat

Homogén 0,6 T indukciójú mágneses mező az indukcióvonalakra merőleges helyzetű, 40 cm hosszú vezetőre 8 N erőt fejt ki.

- Mekkora a vezetőben folyó áram erőssége?



$$B = 0,6 \text{ T}$$

$$L = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$F = 8 \text{ N}$$

$$I = ?$$

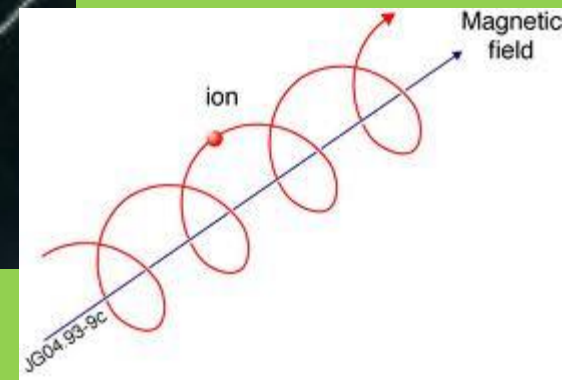
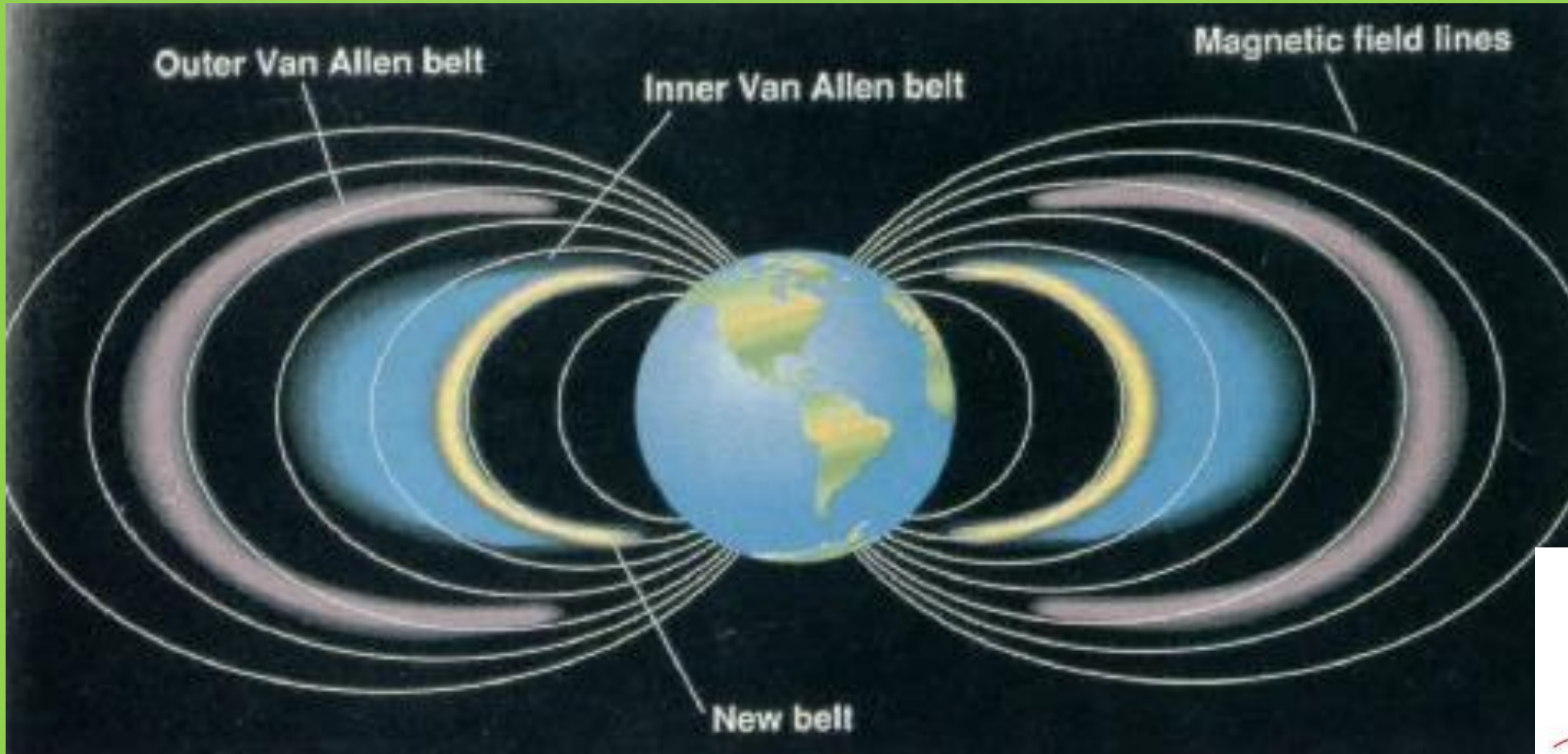
$$F = B \cdot I \cdot l$$

$$I = \frac{F}{B \cdot l}$$

$$I = \frac{8 \text{ N}}{0,6 \text{ T} \cdot 0,4 \text{ m}} = 33,3 \text{ A}$$

A Föld felé áramló töltött részecskék eltérülése a Föld mágneses terében

[video](#)



Kiegészítések : A Föld mágneses tere védelmet jelent

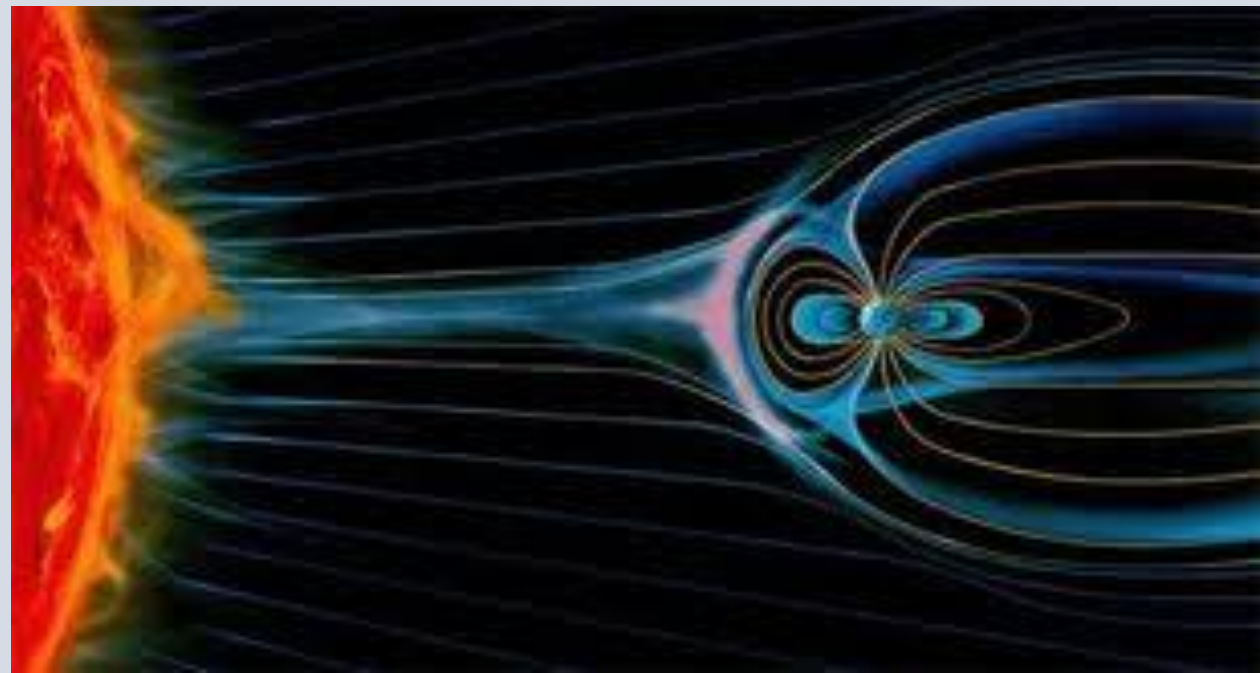
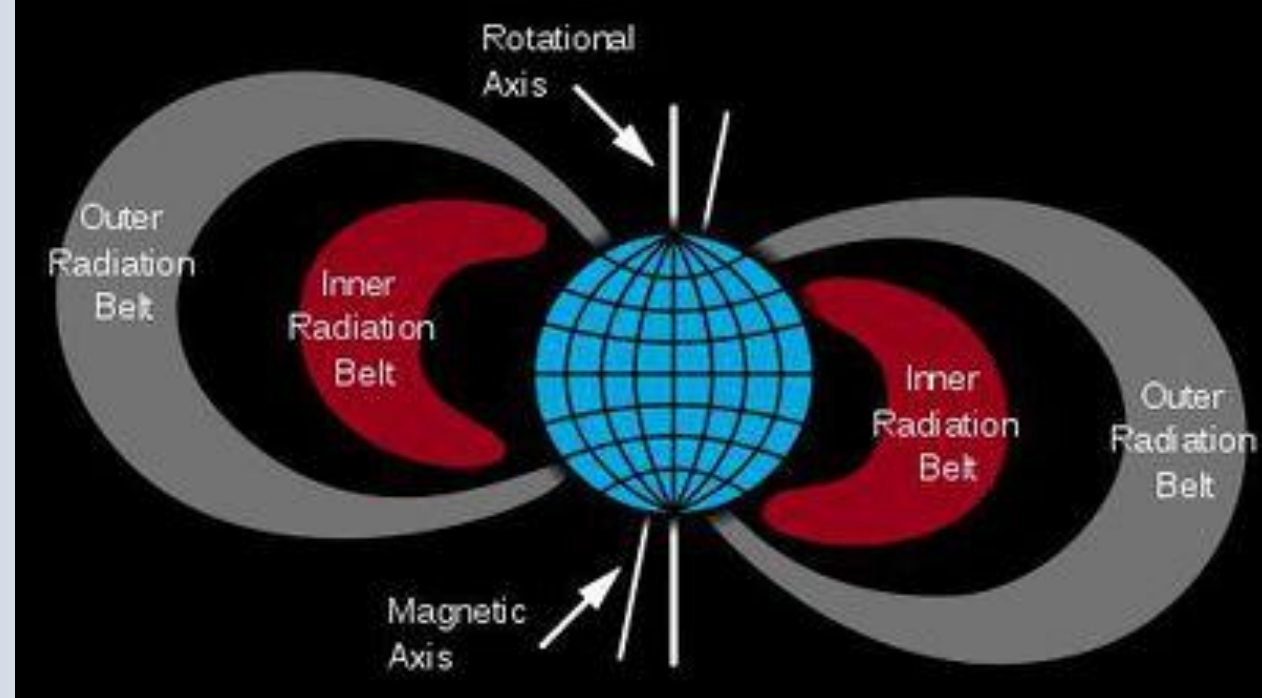
A Föld mágneses terének igen fontos szerepe van a **földi élet védelmezésében** is. A világűrből érkező vagy a légkör felső rétegeiben a kozmikus sugárzás hatására keletkező ionok ill. egyéb töltött részecskék felfűződnek a Föld mágneses indukciós erővonalaira, azok mentén helikális pályán mozognak a pólusok között oda-vissza.

Azok a részecskék okozzák az **északi fényt**, amelyek a mágneses tér mentén haladva végül becsapódnak a légkörbe. A mágneses erőter vonalai által "becsapdázott" részecskék sokasága egy **Van Allen övnek** nevezett **védőernyőt képez** (felső ábra) bolygónk körül, amely megszűri a világűrből érkező UV ill. kozmikus sugárzást.

Ez a védőernyő azonban **nem csak a bioszférát védi, hanem műszereinket, számítógépeinket és műholdjainkat** is. E nélkül a védelem nélkül a kozmikus sugárzás tönkretenné a processzorokat, az elektromágneses viharok pedig, amelyeket pl. a napszél okozna, használhatatlanná tenné az elektronikus távközlést (pl. mobiltelefon, vezetékes hálózatok, GPS, stb.) A nagysebességű töltött részecskékből álló napszél természetesen módosítja bolygónk mágneses terének szerkezetét is; ezt mutatja az alsó ábra (fantáziakép).

(https://fizipedia.bme.hu/index.php/Elektromos_töltések_mozgása_statikus_mágneses_térben)

<http://varazsbetu.hu/mesetar/sarkifeny>



Sarkifény



Sarki fény akkor keletkezik, amikor a napszél annyira felkavarja a magnetoszférát, hogy töltött részecskék hatolnak be a napszélből és a magnetoszférából a felső légkörbe, a Föld mágneses mezejének csapdájában energiájuk egy részét átadják a légkörnek. A légkör összetevői emiatt ionizálódnak és gerjesztődnek, így fényt bocsátanak ki különböző színekben.

Két lényeges különbség az elektromos és mágneses jelenségek között

1. **Mágneses pólusok nem választhatók szét. Az elektromos töltések szétválaszthatók.**
2. **A mágneses tér csak a mozgó elektromos töltésekre hat erővel. Az elektromos tér hat erővel a nyugvó és mozgó töltésekre egyaránt.**

