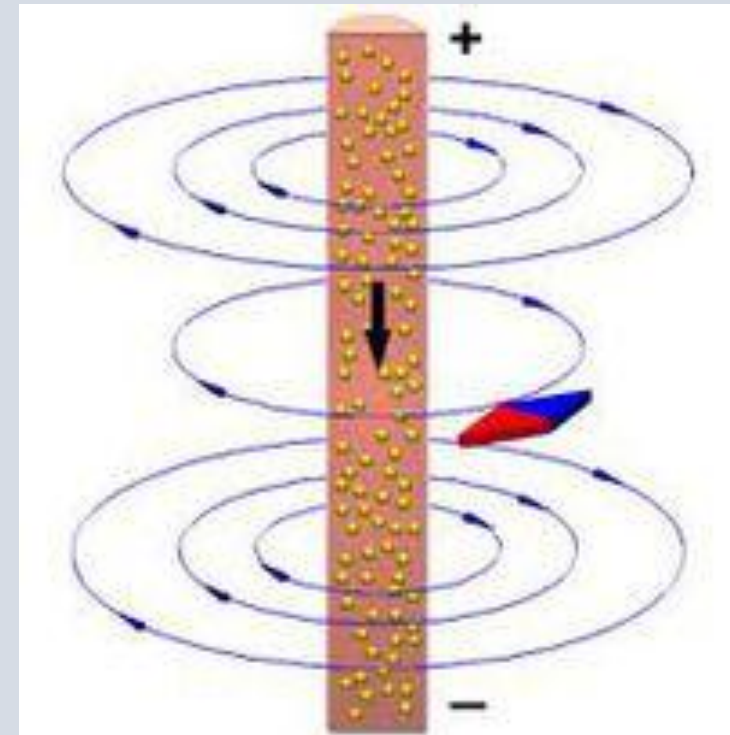


# Egyenáram, mágneses mező



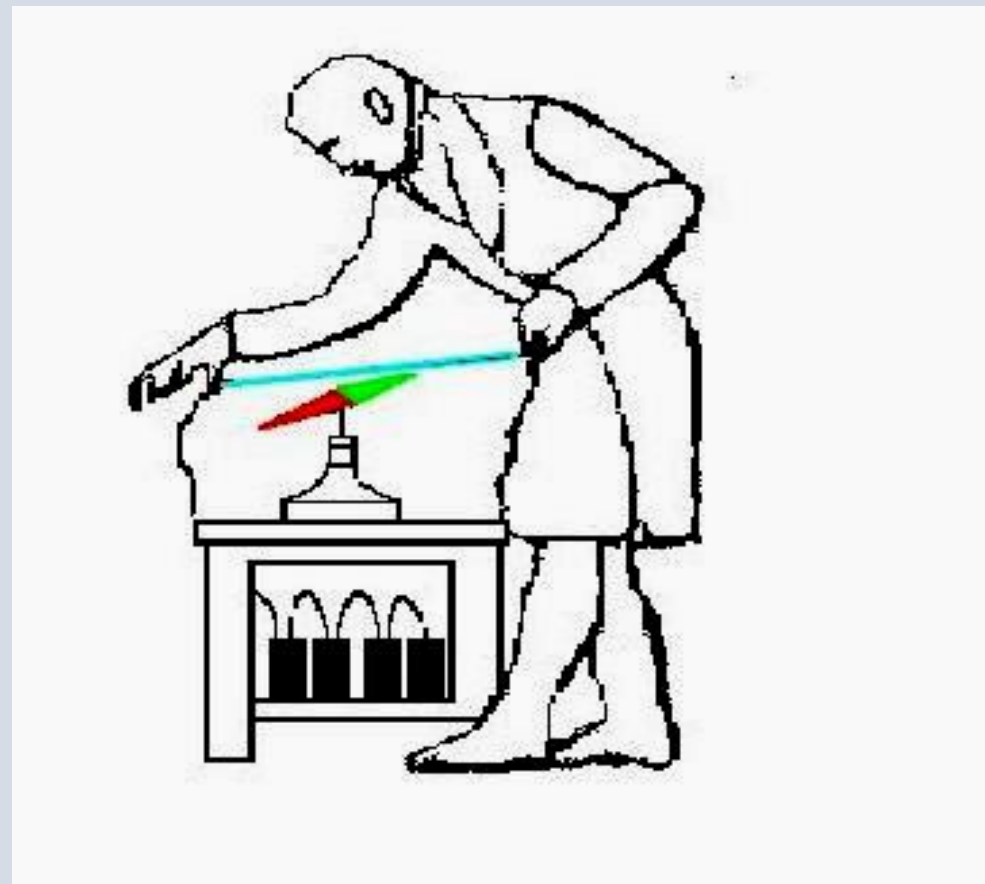
**Van valamilyen kapcsolat az  
elektromosság és a  
mágnesesség között?**

**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.



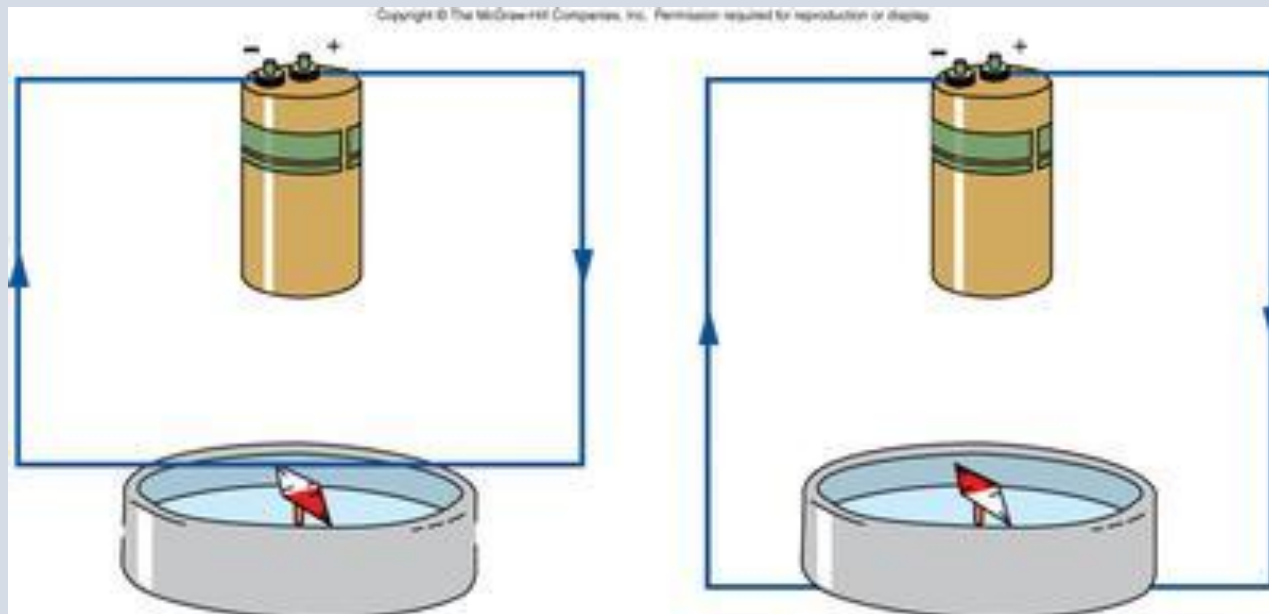
# Oersted kísérlete



[video](#)

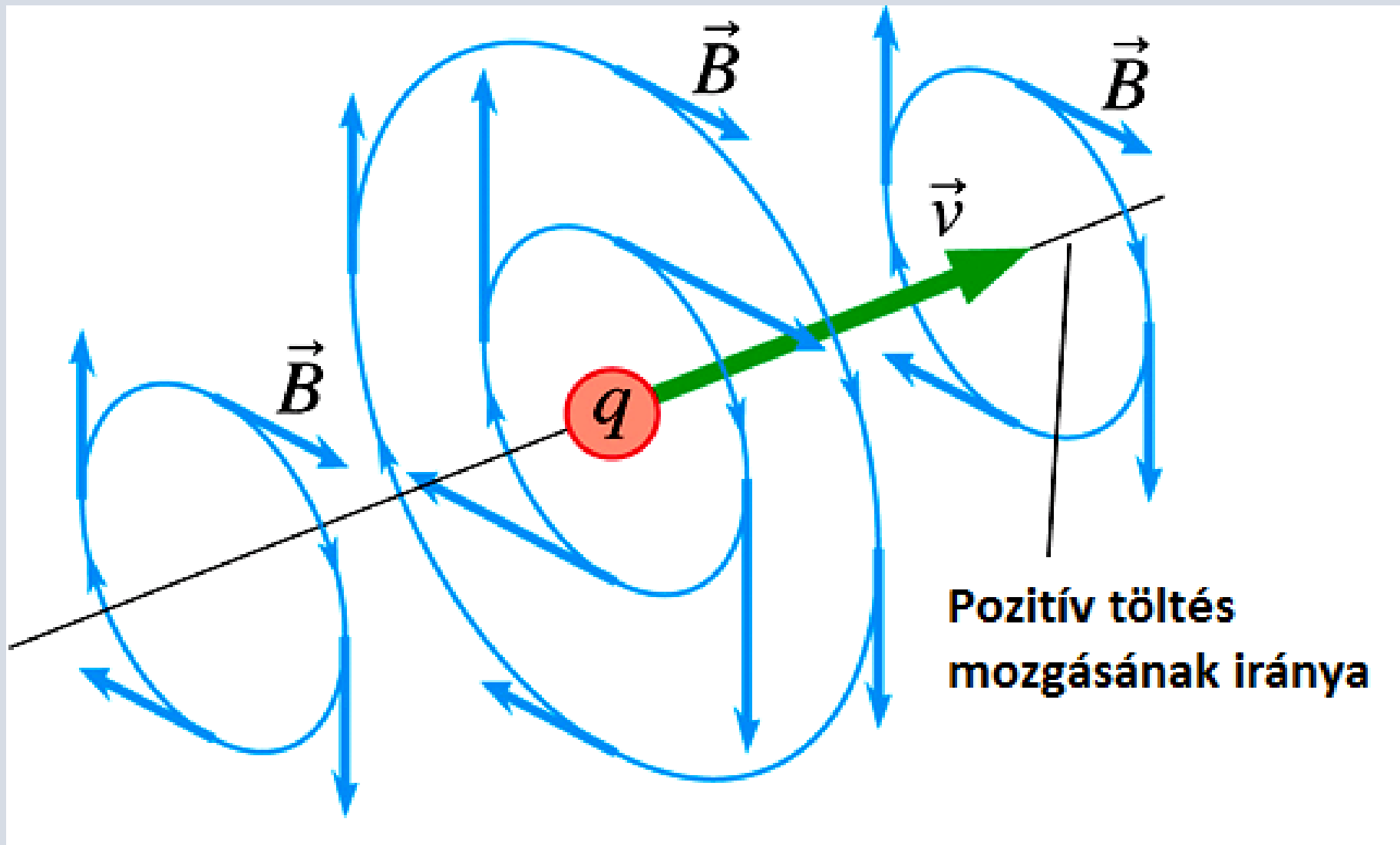
Hans  
Christian  
Oersted  
(1777-1851)

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



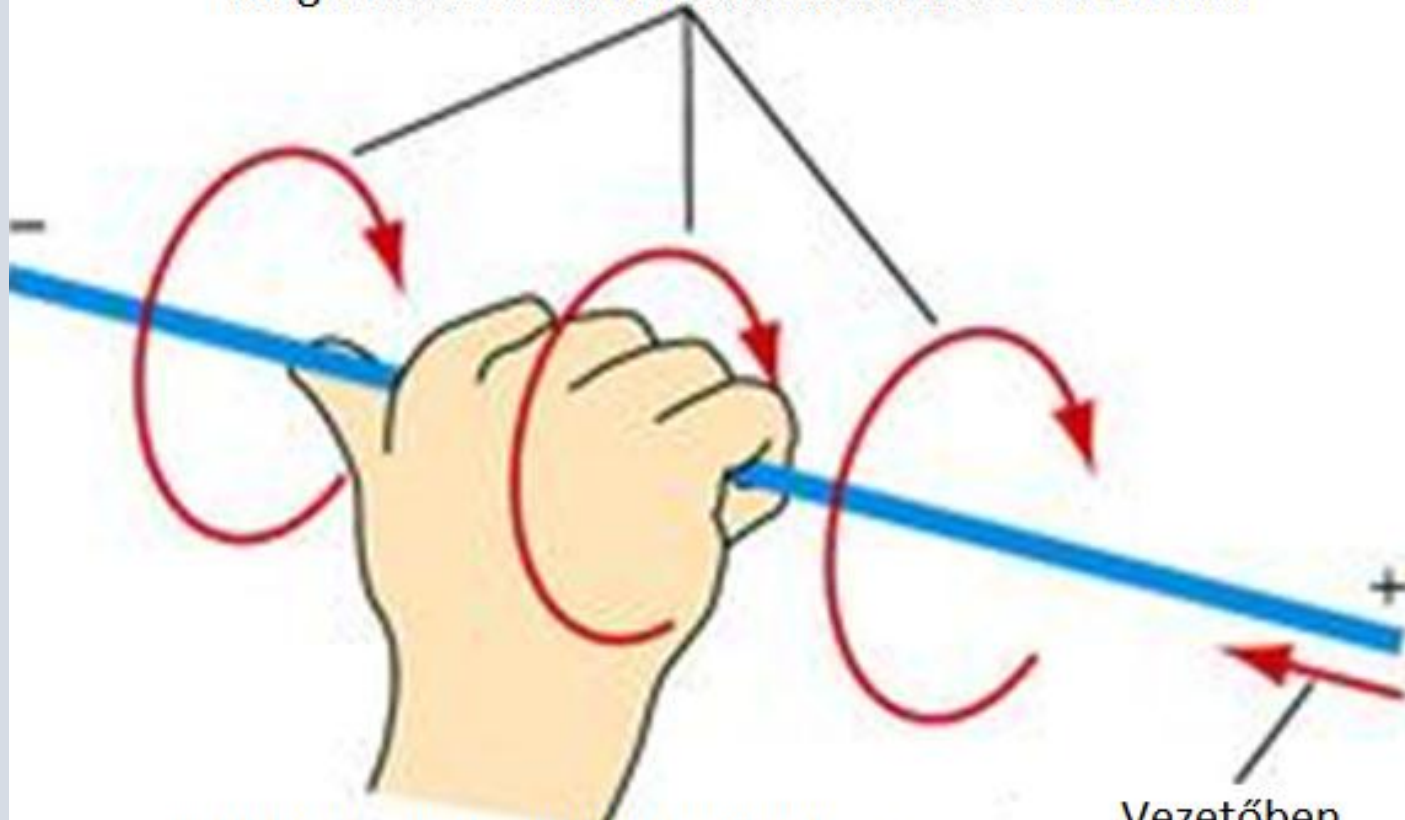
Vasreszelék az áramátjarta vezető körül.

# *A vezetőben mozgó töltés maga körül mágneses teret kelt*



# Egyenes vezető mágneses tere, *jobbkéz szabály*

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.



Áramátjárta vezető körülvevő indukcióvonalak.

# *Oersted tiszteletére kibocsátott emlékbélyeg és boríték*



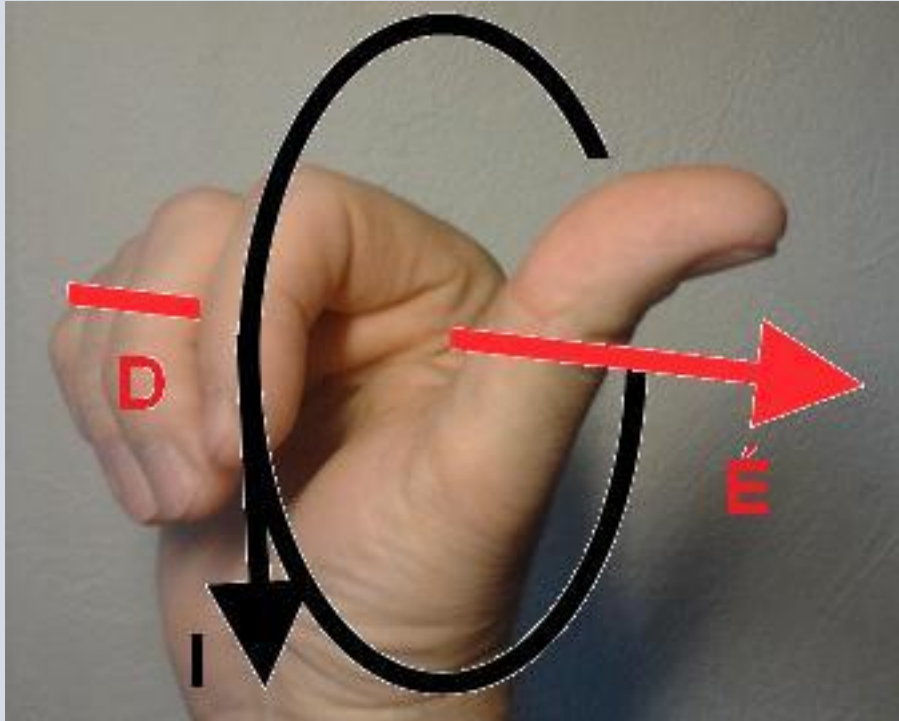
-Frimærke Nyt- 1. dagskuvert nr 153  
København V First day cover no. 153



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

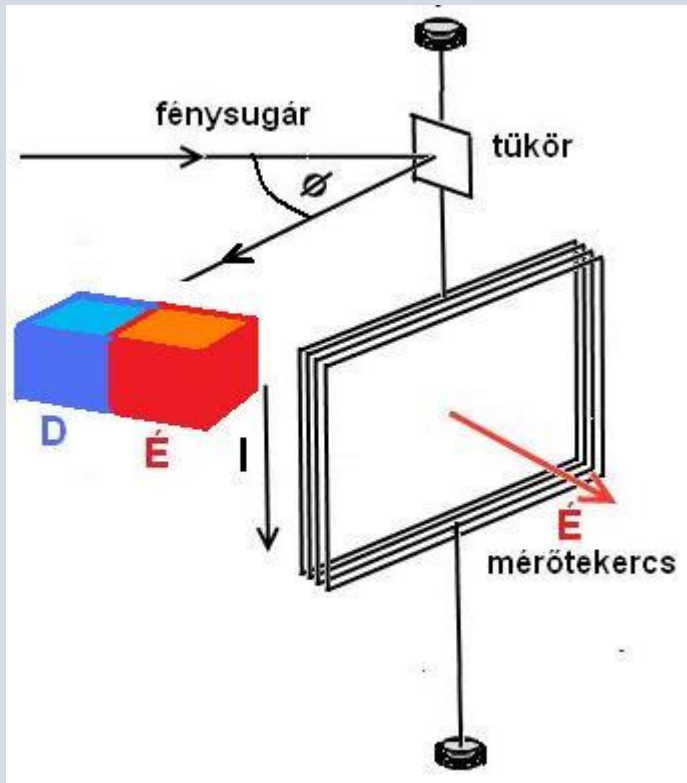


Ha áramátjárta vezetőből gyűrűt képezünk, akkor egymenetes tekercset kapunk. A tekercs északi pólusát az ábrán látható **jobbkez szabály** alapján határozhatjuk meg. Ha jobb kezünkön behajlított ujjaink az áram irányát mutatják, akkor a kinyújtott hüvelykujjunk fogja a tekercs északi végét mutatni.

# ***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.

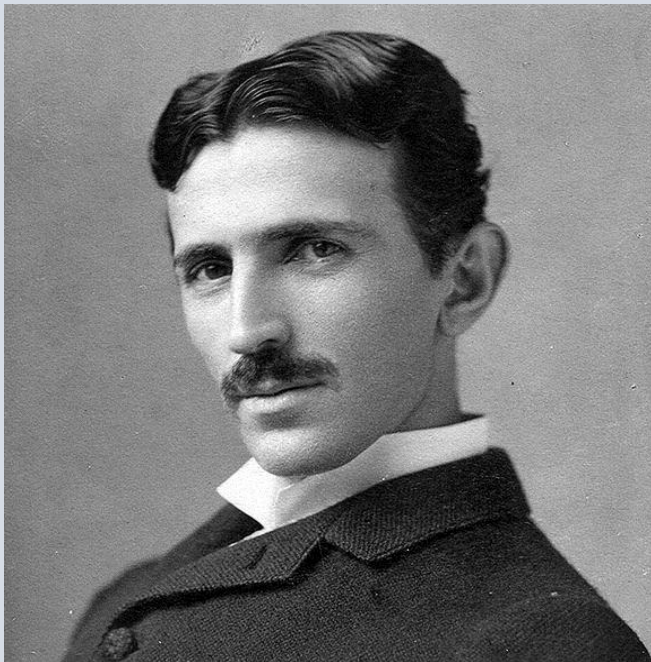
• A  $B = \frac{M}{N \cdot I \cdot A}$  hányadost mágneses indukciónak nevezzük.

- $N$ : a mérőkeret menetszáma
- $I$  a keretben folyó áram erőssége
- $A$ : a keret keresztmetszete
- $M$ : az áramátjárta keretre a mágneses térben ható forgatónyomaték

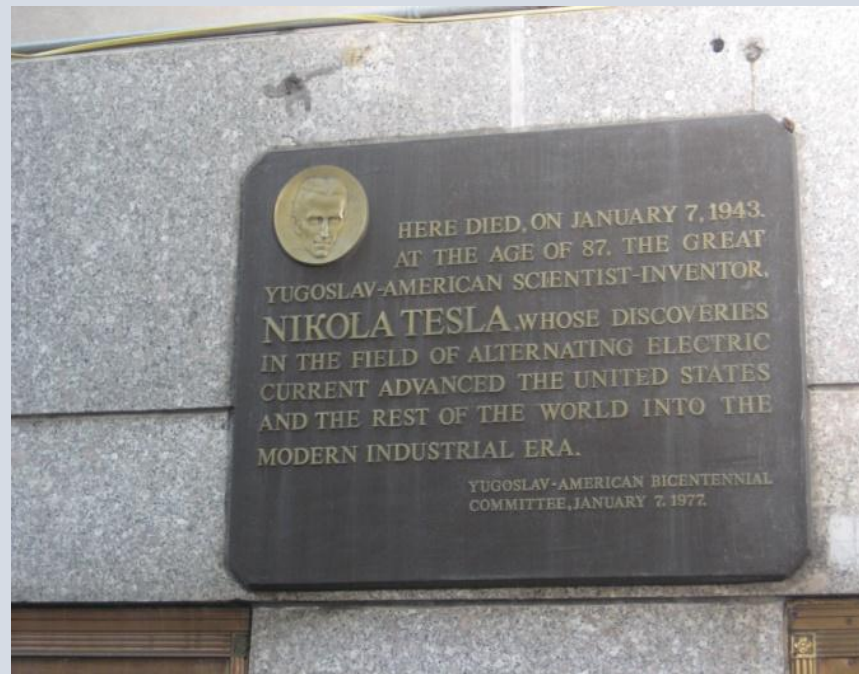
• A mágneses indukció mértékegysége *Nikola Tesla* (1856 – 1943) emlékére a Tesla.

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

# ***B = 1 Tesla. Sok vagy kevés?***



34 éves Nikola Tesla



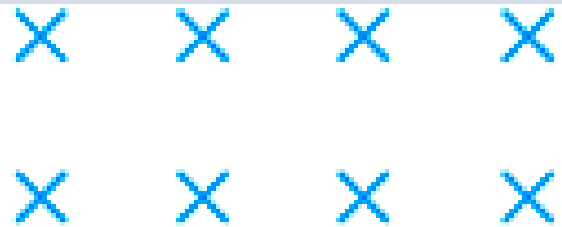
Tesla emléktáblája New Yorkban

**1 Tesla igen erős mágneses mező.** Ekkora indukciót létesítenek a Mágneses Rezonanciás orvosi vizsgálatok végrehajtásához.

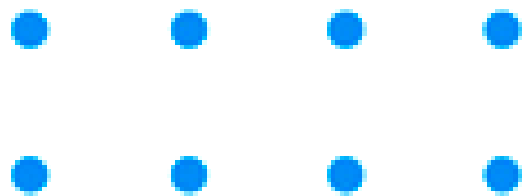
Egy mágneskártya letörléséhez kb. 0,1 T szükséges.

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

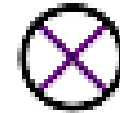
# *Indukcióvonalak, áramirány jelölése rajzban*



Oldal síkjára merőleges  
befelé mutató vektor



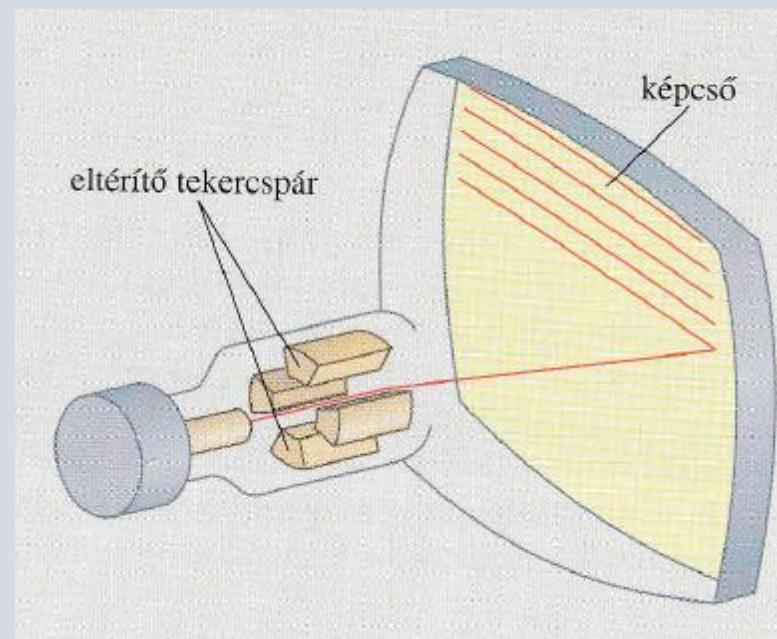
Oldal síkjára merőleges  
felénk mutató vektor



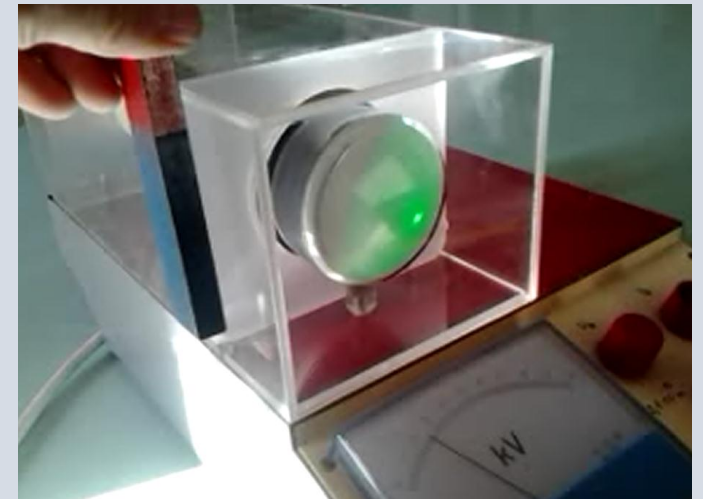
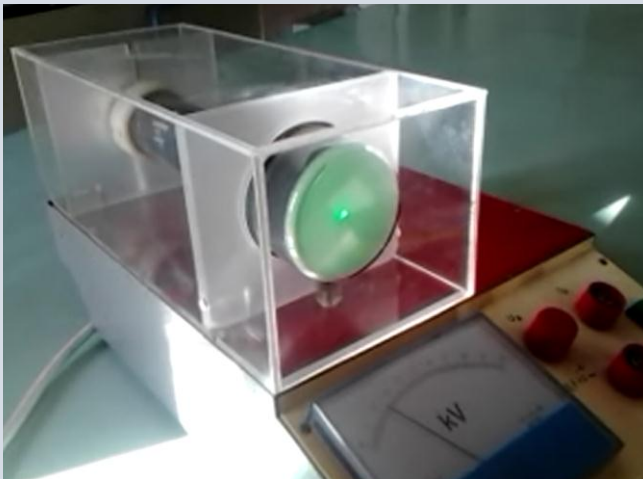
Oldal síkjára merőleges  
befelé mutató áramirány



Oldal síkjára merőleges  
felénk mutató áramirány



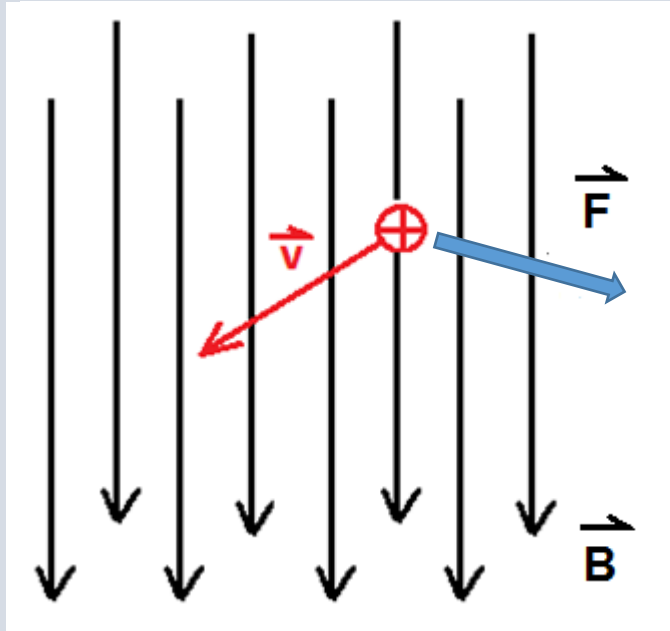
A hagyományos TV képcsőekben tekercspárok eltérítő mágneses tere irányította az elektronsugarakat.



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

# *A mágneses tér az indukcióvonalakkal nem párhuzamosan mozgó töltésekre erővel hat*

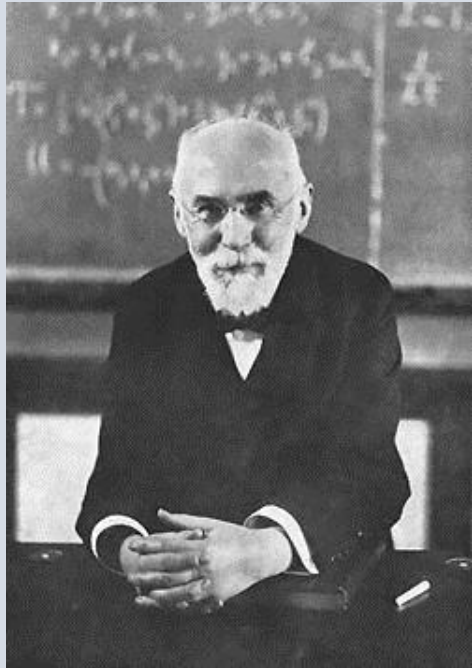
[video](#)



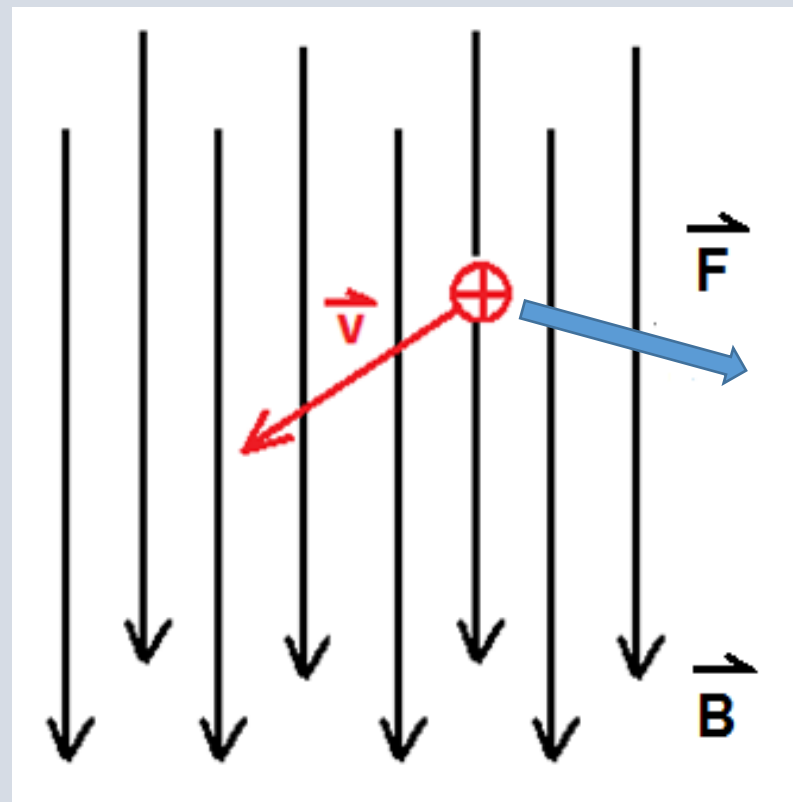
A töltésre ható erő a **Lorentz erő**



# Lorentz erő



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



A töltésre ható erő a **Lorentz erő**

Ha a sebesség **merőleges** az indukció irányára az erő nagysága:

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

Q: a töltés nagysága,

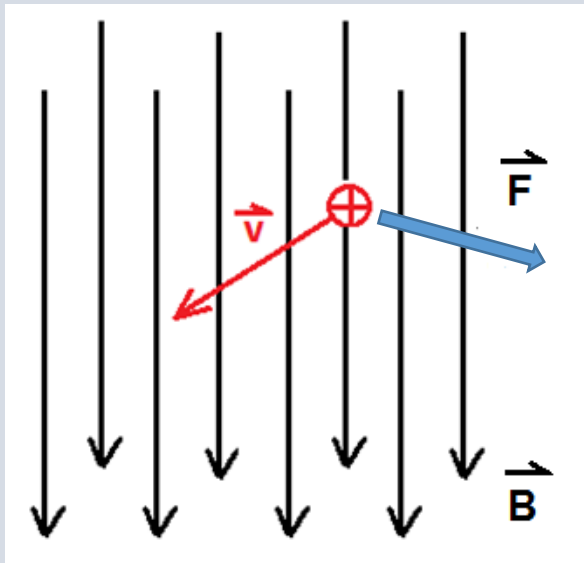
v: a töltés sebessége,

B: a mágneses indukció nagysága

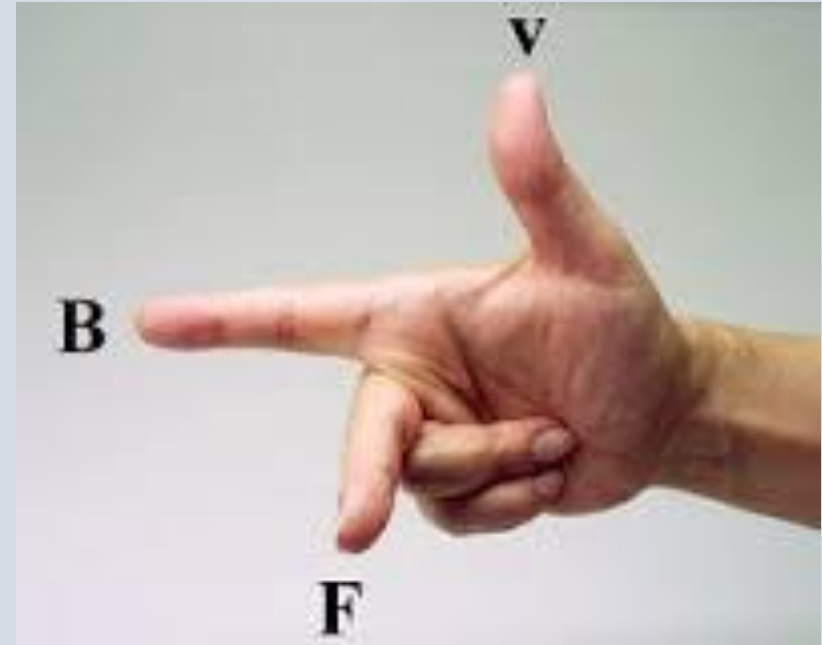


# Ismét **jobbkez szabály!**

A mágneses tér által kifejtett erő akkor lesz maximális, amikor a töltés az **indukcióvonalakra merőlegesen mozog.**

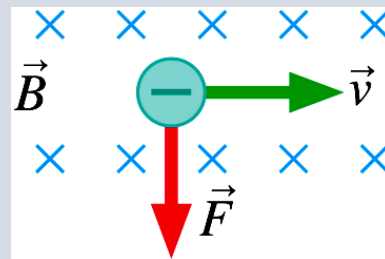
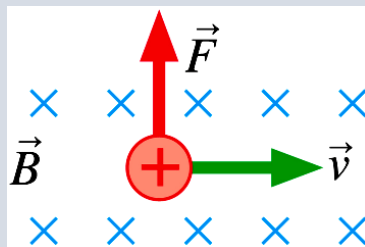


Ekkor az  $\vec{F}$  erő iránya merőleges  $\vec{v}$  és  $\vec{B}$  síkjára.



Indukcióvonalakra merőleges nézet.

Kétdimenziós ábrázolás:



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

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

**Az erő irányának meghatározása jobbkez szabállyal történik.**

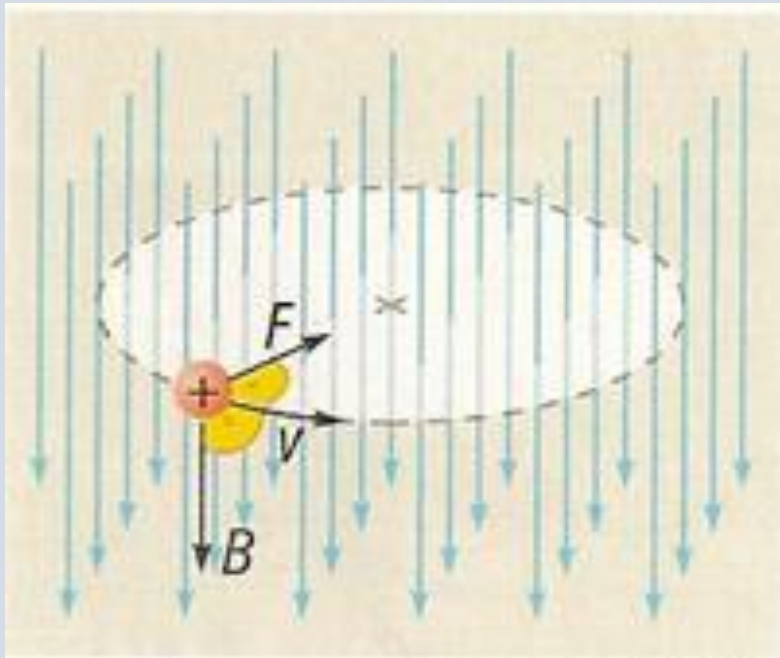
# Mágneses térben mozgó töltésre ható erő nagysága és iránya



Kiegészítés: Ha a sebesség nem merőleges az indukcióvonalakra, akkor a sebesség indukcióvonalakra merőleges komponensével kell számolni.

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

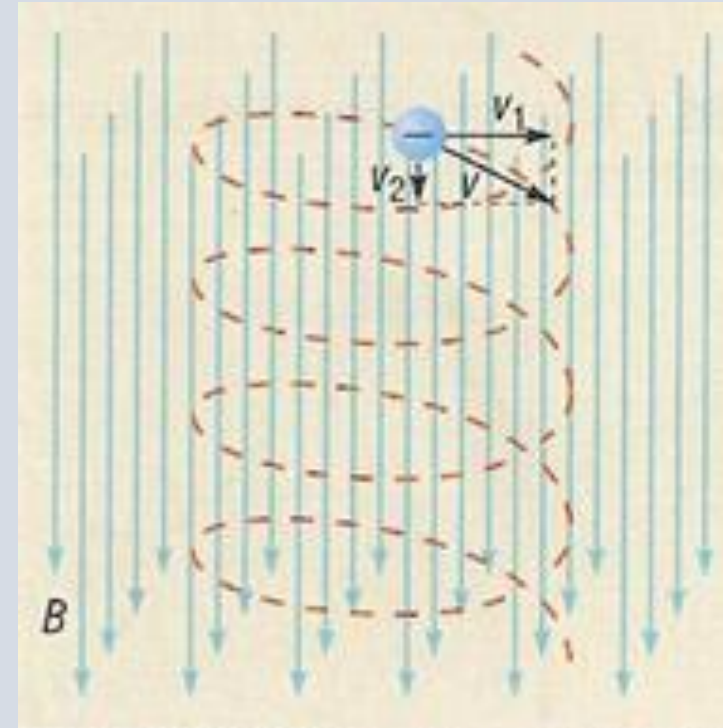
# Mozgó töltések homogén mágneses térben



Homogén mágneses mezőben az indukcióvonalakra merőleges sebességű részecske körpályára kényszerül.

$$F_{cp} = F_L$$

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



Homogén mágneses mezőbe a töltés általában nem merőlegesen érkezik. Ilyenkor a részecske spirál pályán mozog.

# Feladat

Mekkora erő hat a 0,05 T erősségű homogén mágneses indukciójú térbe az indukcióvonalakra merőlegesen  $3 \cdot 10^4 \frac{m}{s}$  sebességgel beérkező  $6 \cdot 10^{-3} C$  töltésre?

Milyen pályán fog mozogni a töltés?

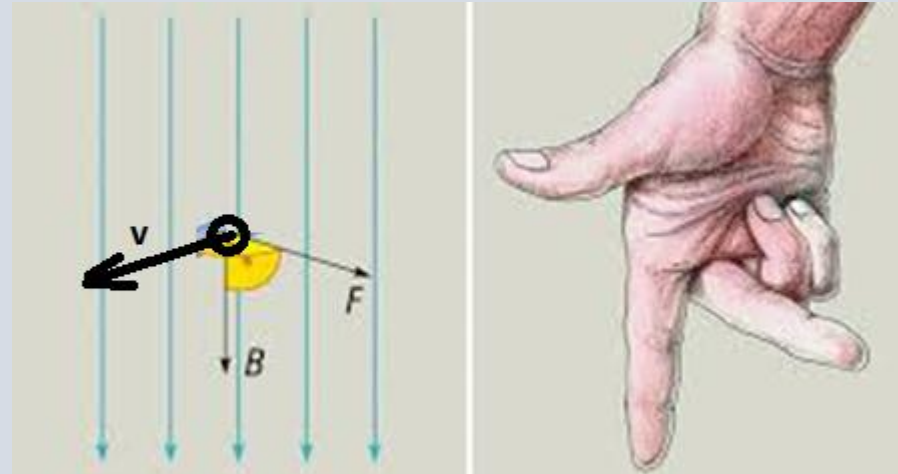
## Adatok:

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

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

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

$$F = ?$$



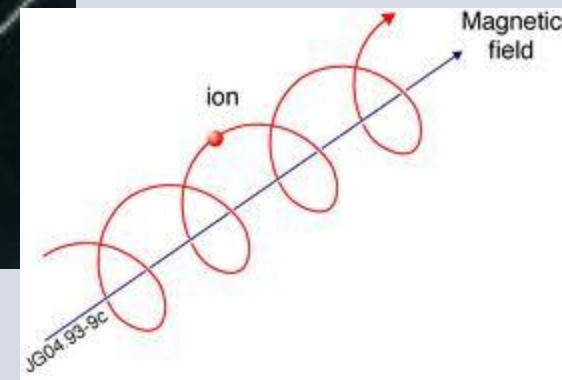
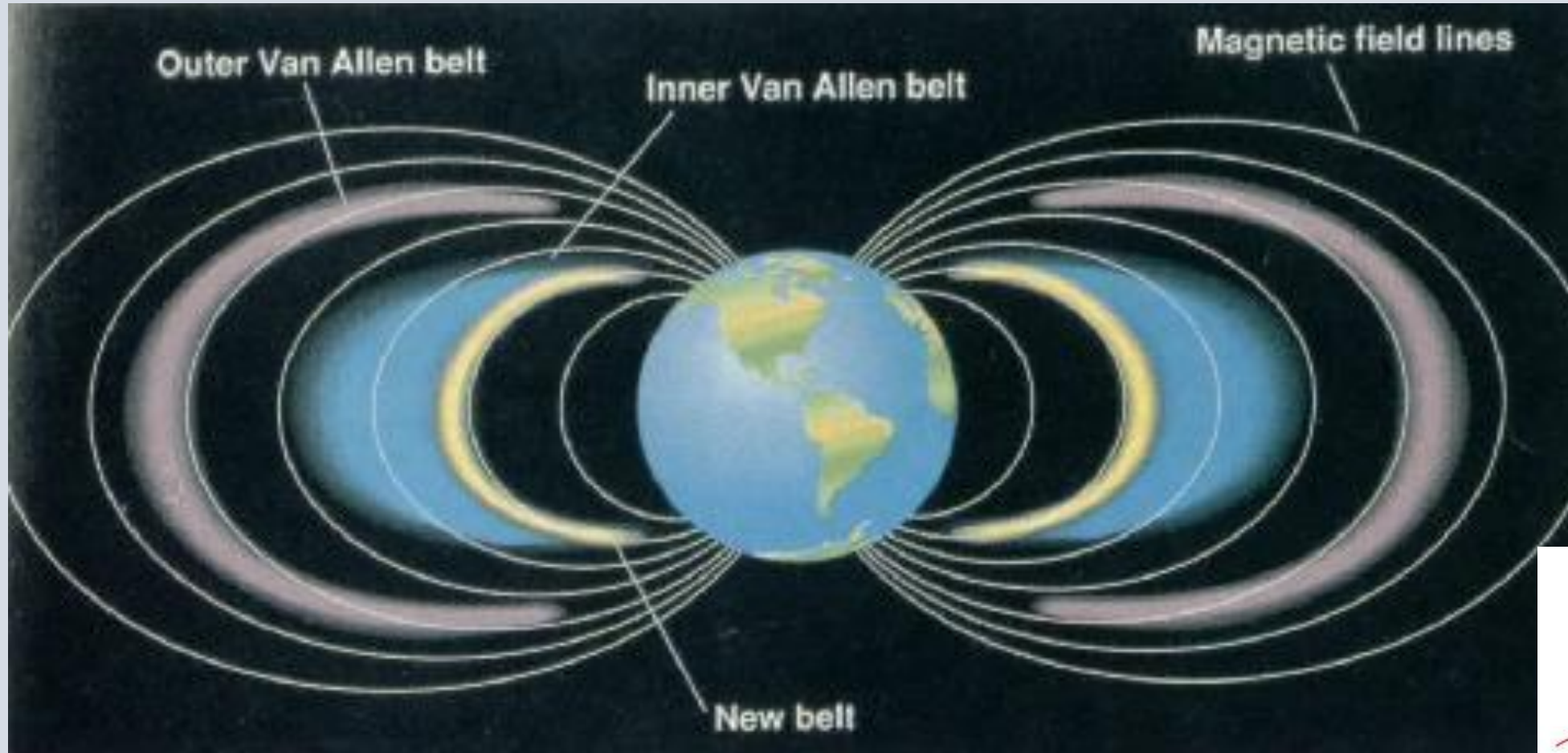
## Megoldás:

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

A töltés körpályán fog mozogni.

# A Föld felé áramló töltött részecskék eltérülése a Föld mágneses terében

[video](#)



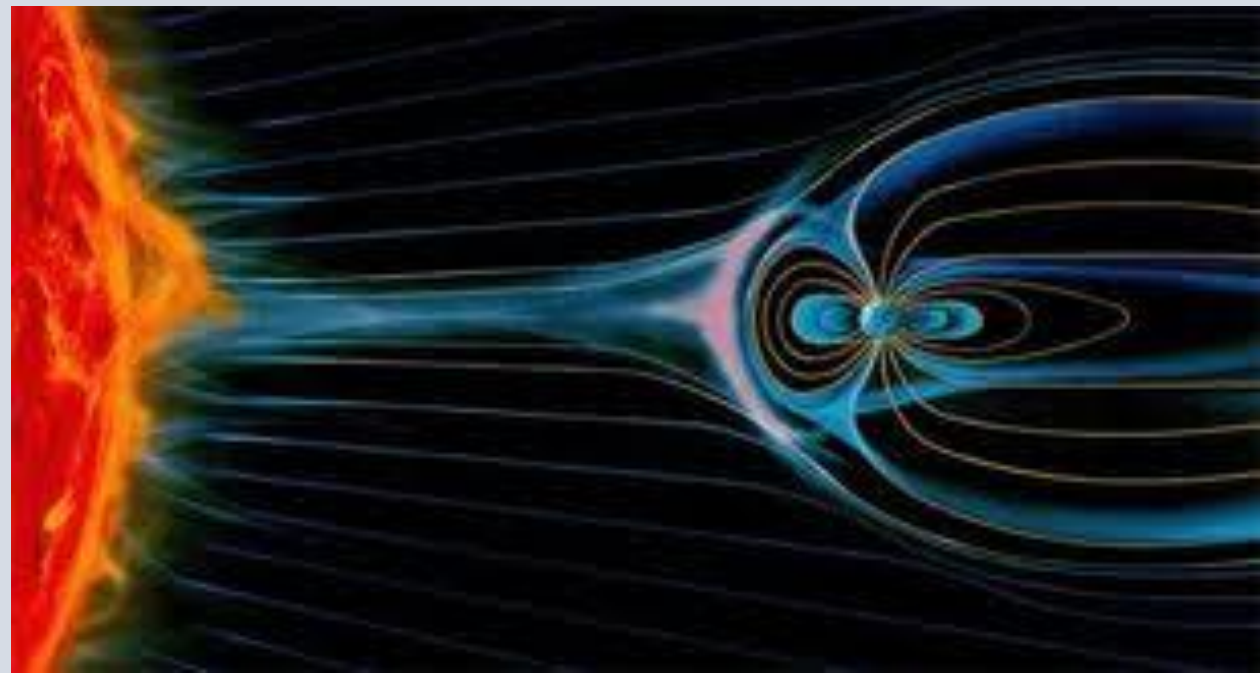
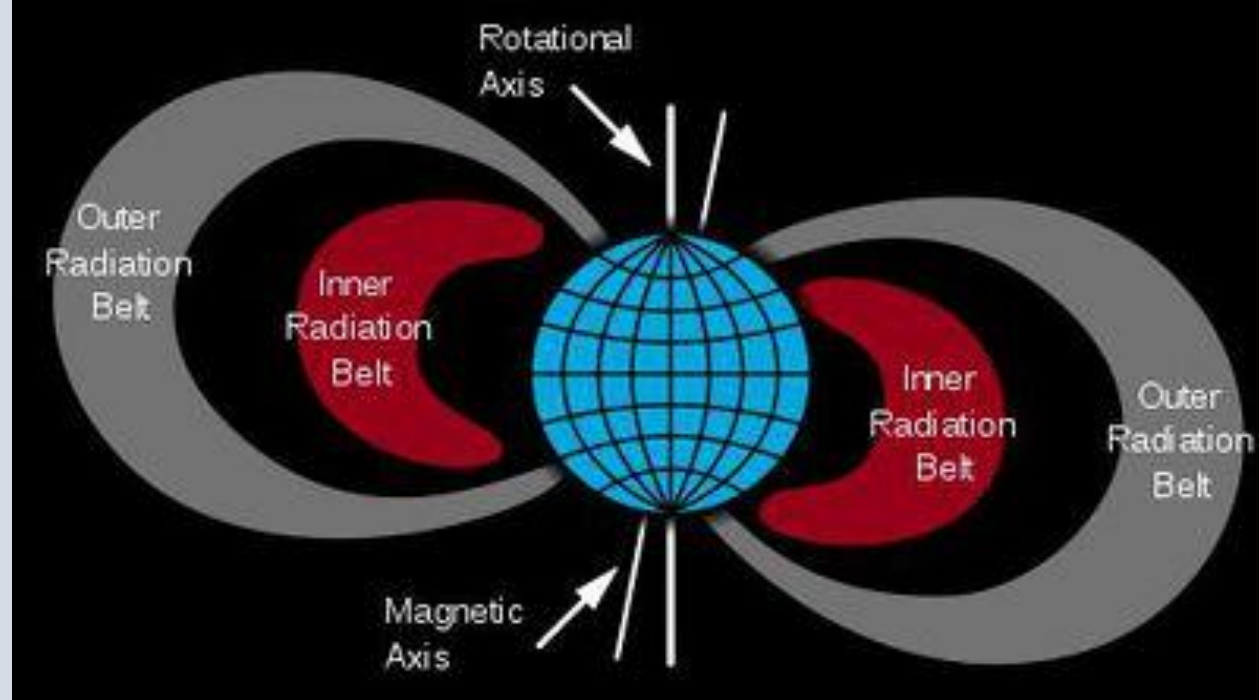
# Kiegészítések : A Föld mágneses tere védelmet jelent

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\\_töltésekmozgása\\_statikus\\_mágneses\\_térben](https://fizipedia.bme.hu/index.php/Elektromos_töltésekmozgása_statikus_mágneses_térben))



# *Sarkifény*



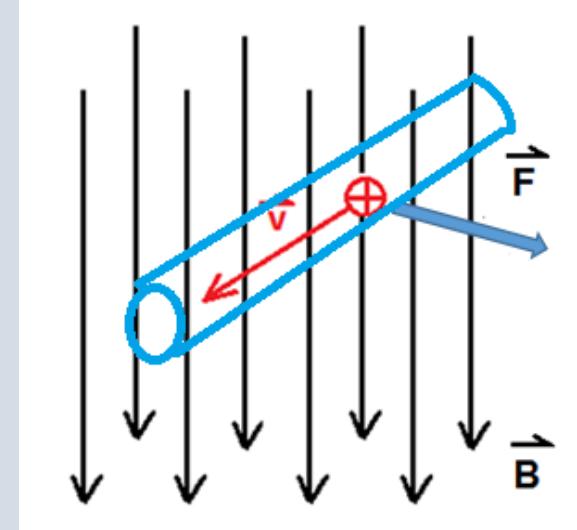
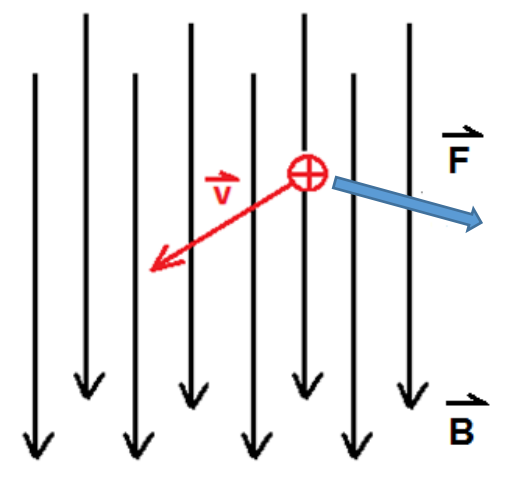
Sarki fény akkor keletkezik, amikor a napszél annyira felkavarja a magnetoszférát, hogy töltött részecskék hatolnak be a napszélből és a magnetoszférából a felső légkörbe, a Föld mágneses mezejének csapdájában energiájuk egy részét átadják a légkörnek. A légkör összetevői emiatt ionizálódnak és gerjesztődnek,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

# ***Két lényeges különbség az elektromos és mágneses tér 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.**

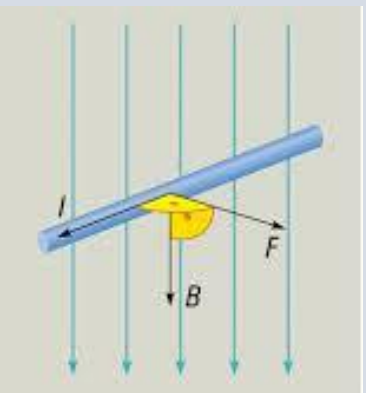


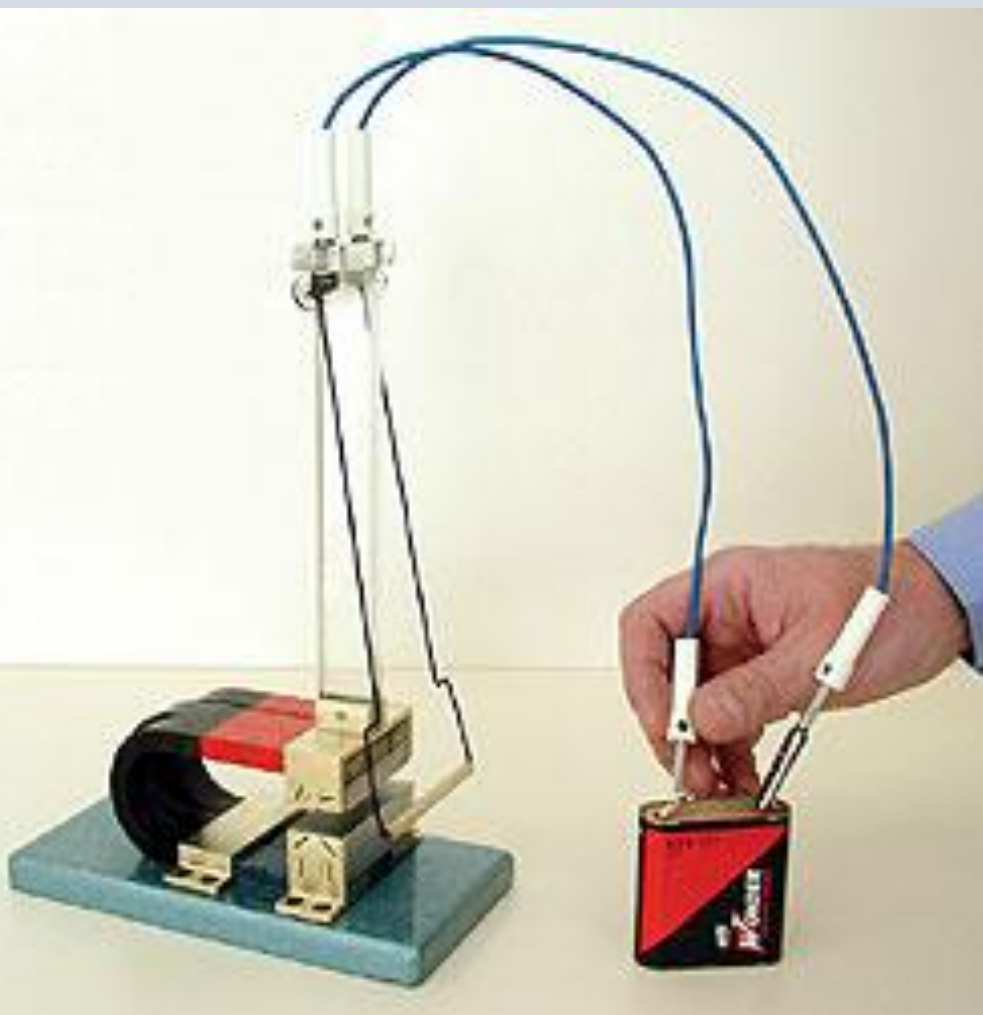




# Áramátjárta vezető mágneses térben

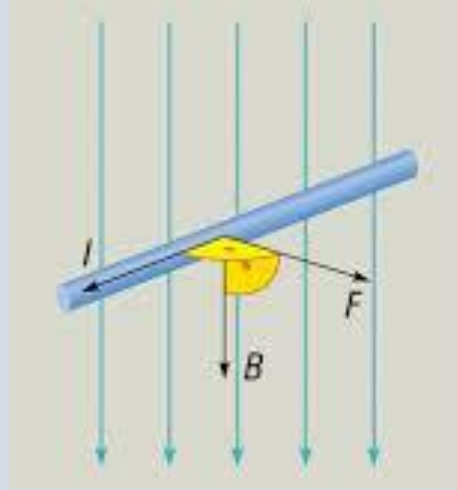
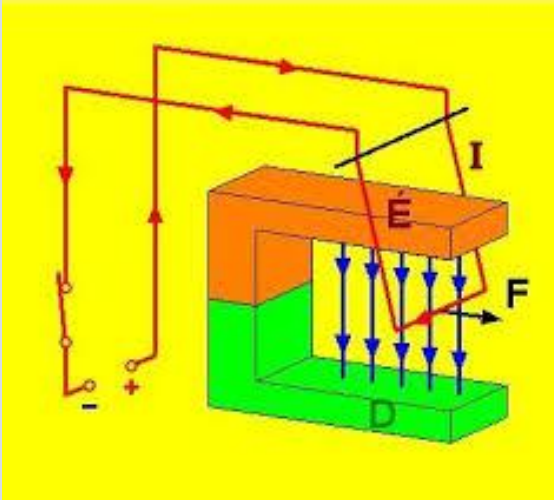
A mágneses térben az indukcióvonalakkal nem párhuzamosan mozgó töltésekre erő hat. Ez nyilván **igaz akkor is**, amikor a töltések vezetőben haladnak.





Ha az ábrákon lévő vezetőkre áramforrást kapcsolunk azok a mágneses tér hatására hintához hasonlóan kilendülnek.

# Áramvezetőre ható erő mágneses térben



Az erőhatás irányának meghatározása **ismét jobbkéz szabállyal** történik.

*A mágneses térben az áramátjárta vezetőre erő hat, amikor a vezető **nem párhuzamos helyzetű** az indukciójonalakkal.)*

*Az erőhatás nagysága **maximális**, ha az áram iránya merőleges az indukciójonalakra.*

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

***I** : vezetőben folyó áram*

***B** : mágneses indukció*

***l**: a vezető mágneses **térben lévő** hossza*

Kiegészítés: Ha a vezető iránya nem merőleges az indukciójonalakra, akkor a vezető szakasznak az indukciójonalakra merőleges vetületének hosszát vesszük számításba.  $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$ , ahol  $\alpha$  a vezetőnek az indukciójonalakkal bezárt szöge.

# Feladat

Hosszú egyenes vezetőt helyezünk el a homogén  $0,8 \frac{V \cdot s}{m^2}$  indukciójú mágneses mezőben az indukcióvonalakra merőlegesen. A vezető 50 cm-es darabjára 6 N erő hat. Mekkora a vezetékben folyó áram erőssége?

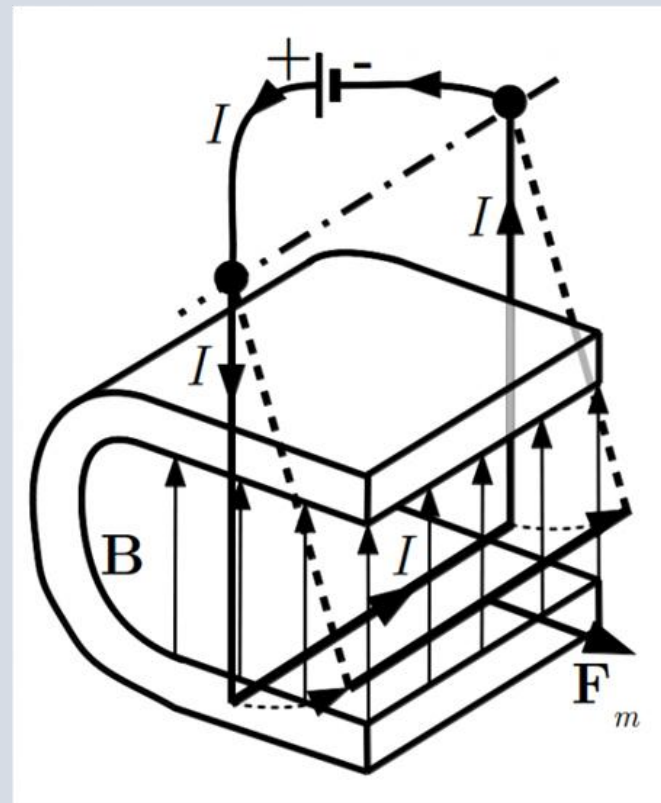
Adatok:

$$B = 0,8 \text{ T} = 0,8 \frac{V \cdot s}{m^2}$$

$$l = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 6 \text{ N}$$

$$I = ?$$



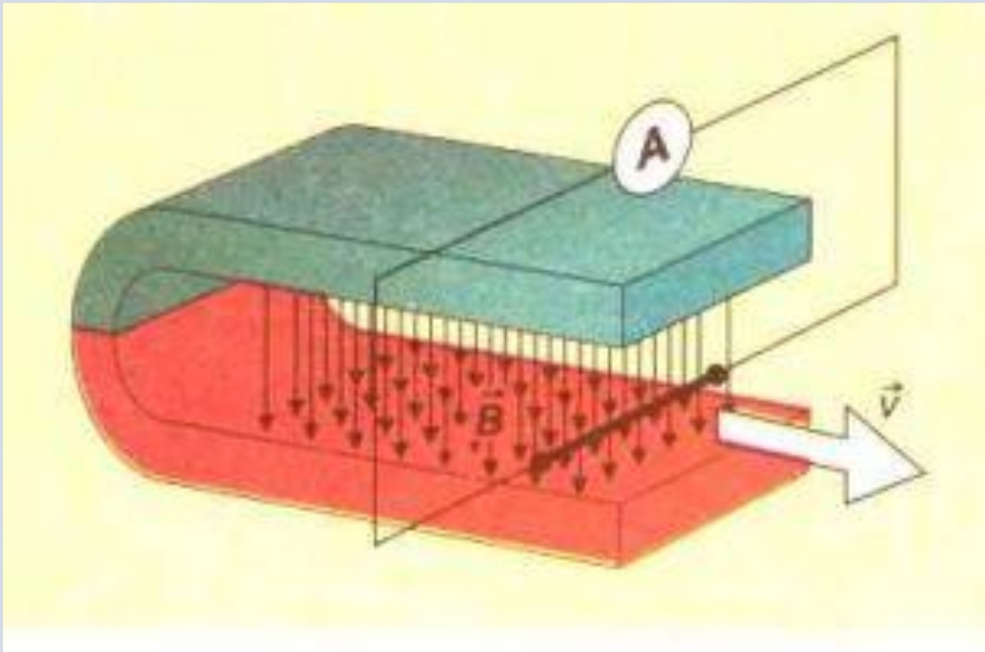
Megoldás:

$$F = I \cdot B \cdot l \text{ -ből}$$

$$I = \frac{F}{B \cdot l} = \frac{6 \text{ N}}{0,8 \frac{V \cdot s}{m^2} \cdot 0,5 \text{ m}} = 15 \text{ A}$$

# Mozgási indukció

## Mi történik a mágneses térben mozgó áramátjárta vezetővel?



Homogén mágneses mezőben az indukcióvonalakra merőlegesen mozgó vezetőben **feszültség indukálódik**. Ez a jelenség a **mozgási indukció**.

**Ha a vezető és a sebesség merőlegesek az indukcióvonalakra:**

$$U = B \cdot l \cdot v$$

Ahol:

$U$ : az indukálódott feszültség

$B$ : mágneses indukció nagysága

$l$ : a vezető térben lévő hossza

$v$ : a vezető sebessége

Kiegészítés: Ha  $l$  és  $v$  nem merőlegesek az indukcióvonalakra, akkor mindkettőnek az indukcióvonalakra merőleges komponensével kell számolni.

# Feladat

A Föld mágneses mezejében ( $B = 2 \cdot 10^{-5} \text{T}$ ) egy 0,75 m hosszú vezető mozog az  $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  sebességgel az indukcióvonalakra merőlegesen.

Mekkora feszültség indukálódik a vezetőben?

Adatok:

$$B = 2 \cdot 10^{-5} \text{T} = 2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$v = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\underline{l = 0,75 \text{ m}}$$

$$U = ?$$

Megoldás:

Az indukcióvonalakra merőlegesen mozgó vezetőben indukálódott feszültség:

$$U = B \cdot l \cdot v$$

Innen:

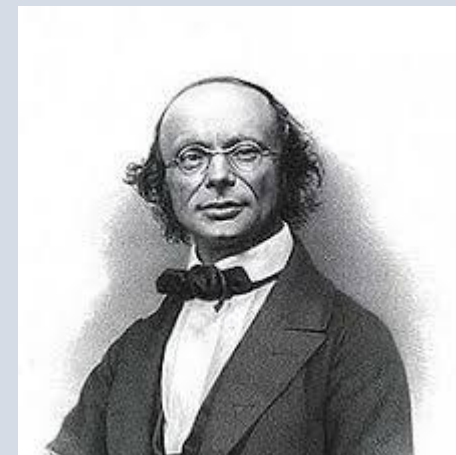
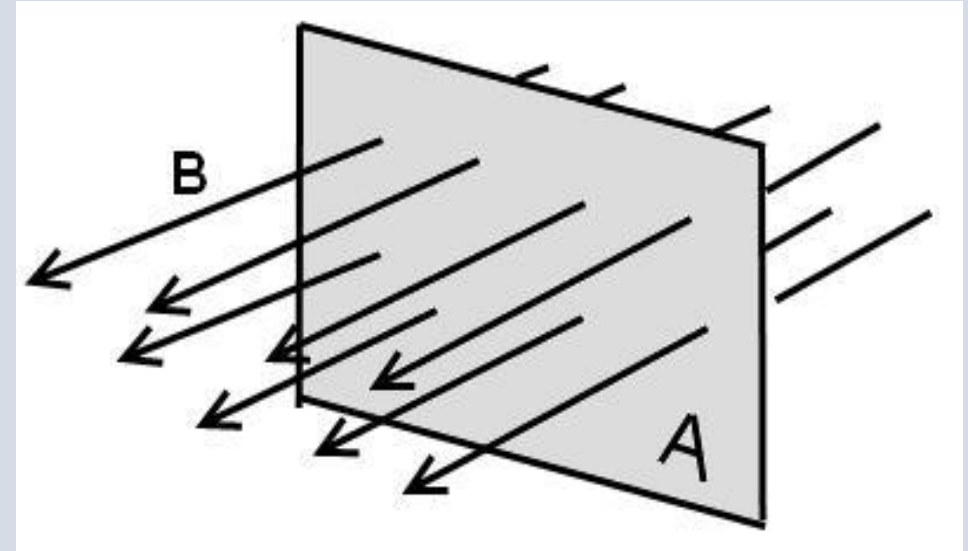
$$U = B \cdot l \cdot v = 2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 0,75 \text{ m} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$U = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{V}$$

# Mágneses fluxus

Szemléltessük a felületen áthaladó indukcióvonalak sűrűségét:

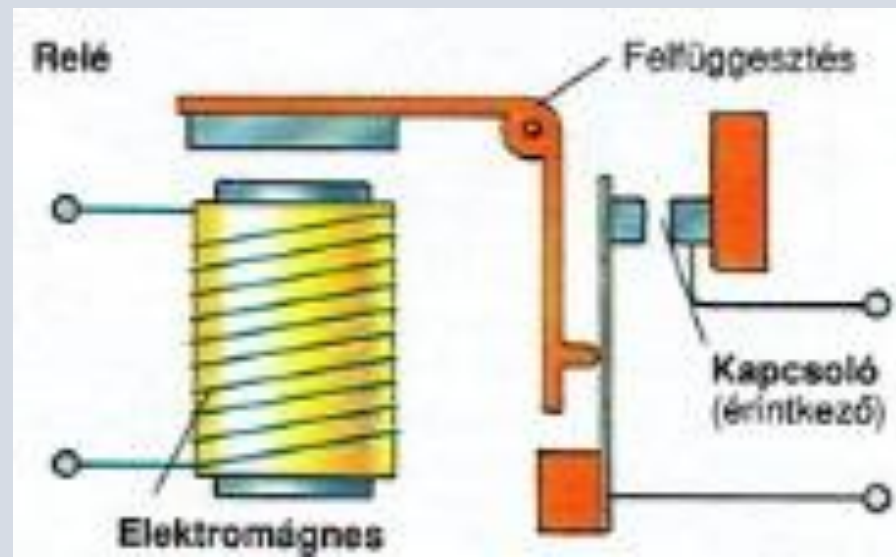
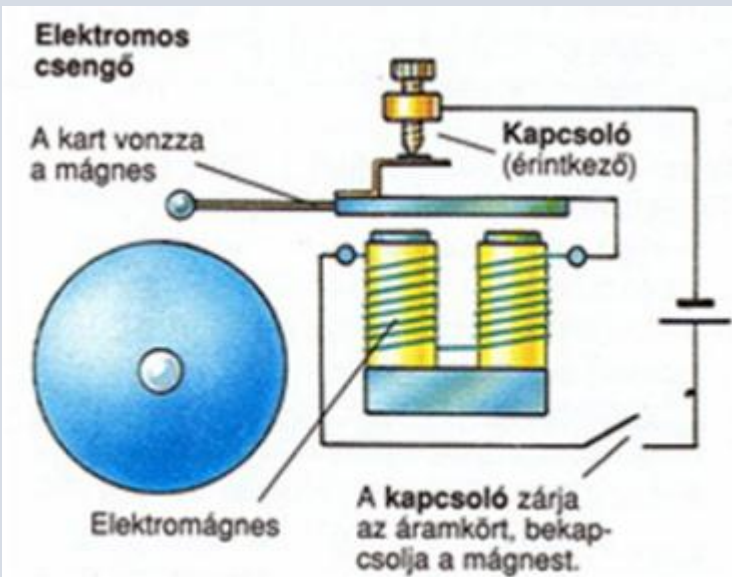
- Egy „A” felületen áthaladó összes mágneses indukcióvonal számával meghatározott fizikai mennyiséget az „A” felület mágneses fluxusának nevezzük. A **mágneses fluxus** jele:  $\Phi$  (fí).
- $\Phi = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}$ .
- A mágneses fluxus mértékegysége a weber (Wb). *Wilhelm Weber* emlékére.
- $1 \frac{Vs}{m^2} \cdot m^2 = 1 Vs = 1 Wb$
- Ha az indukció nem merőleges a felületre, akkor az indukcióvektor felületre **merőleges összetevőjével** kell számolni.



*Wilhelm Weber* (1804 – 1891)

# Áramátjárta tekercsben lévő mágneses indukció

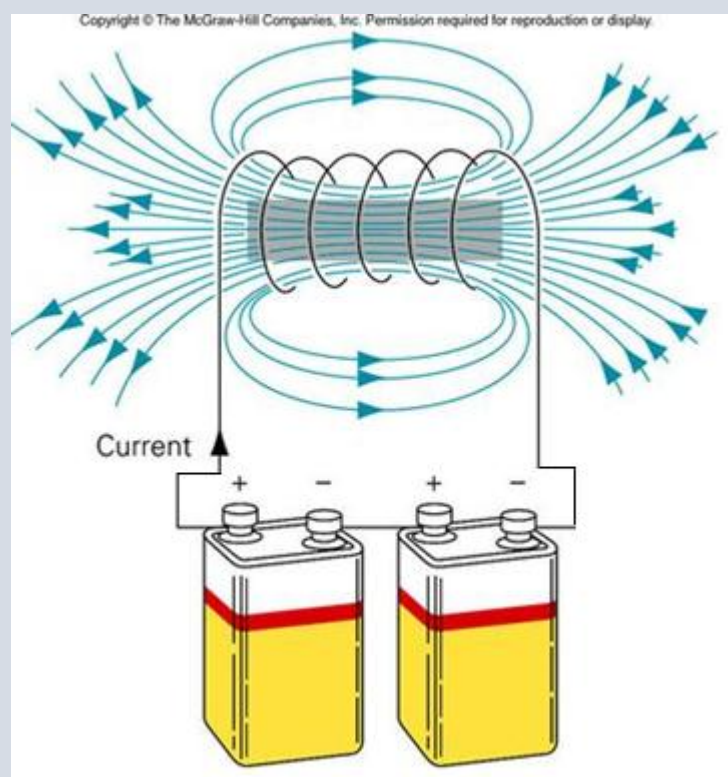
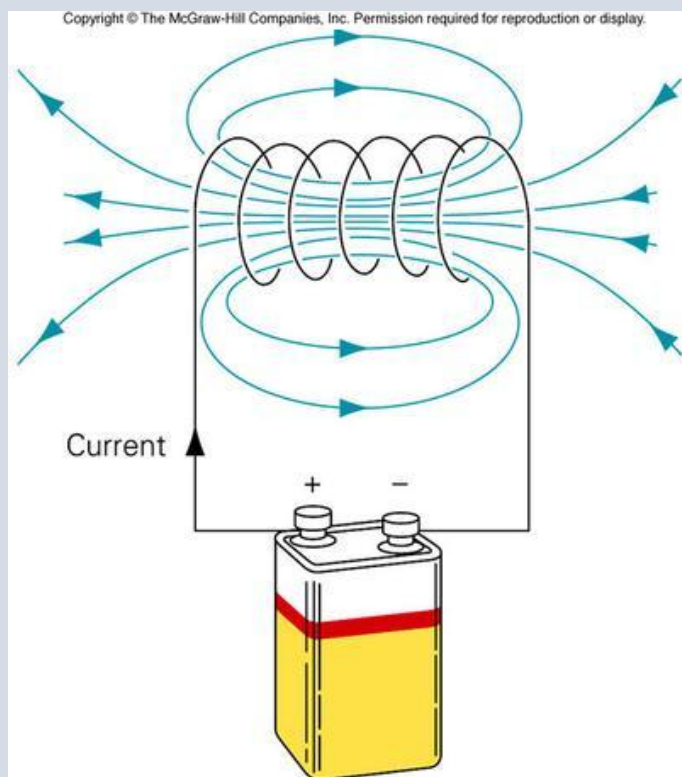
Elektromágnes





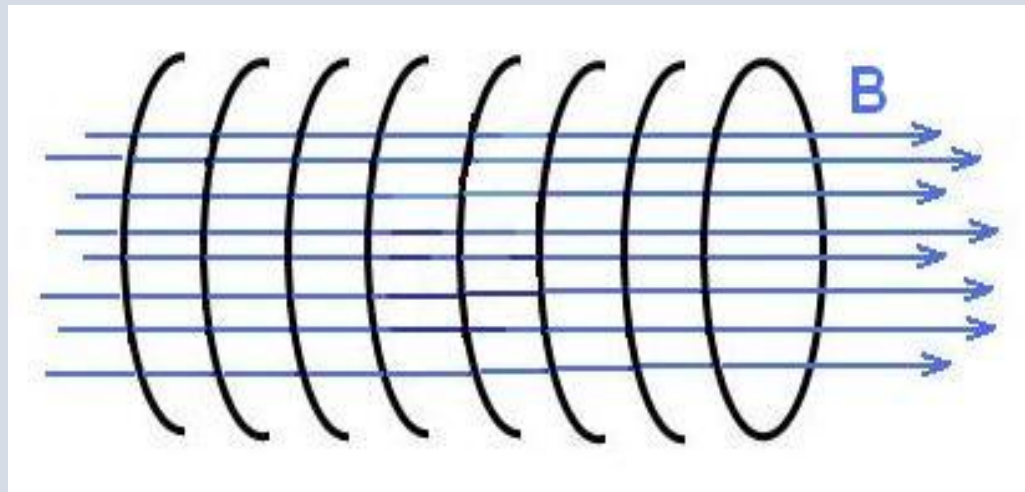
# Elektromágnes

Az áramátjárta tekercsben létrejövő mágneses tér miatt a tekercs az **állandó mágneshez hasonlóan viselkedik**. A mágnes erőssége függ a tekercsben folyó áram erősségétől.



# Mágneses indukció áramátjárta tekercs belsejében ( $B$ )

Vákuumban (levegőben):



$l$  a tekercs hossza

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

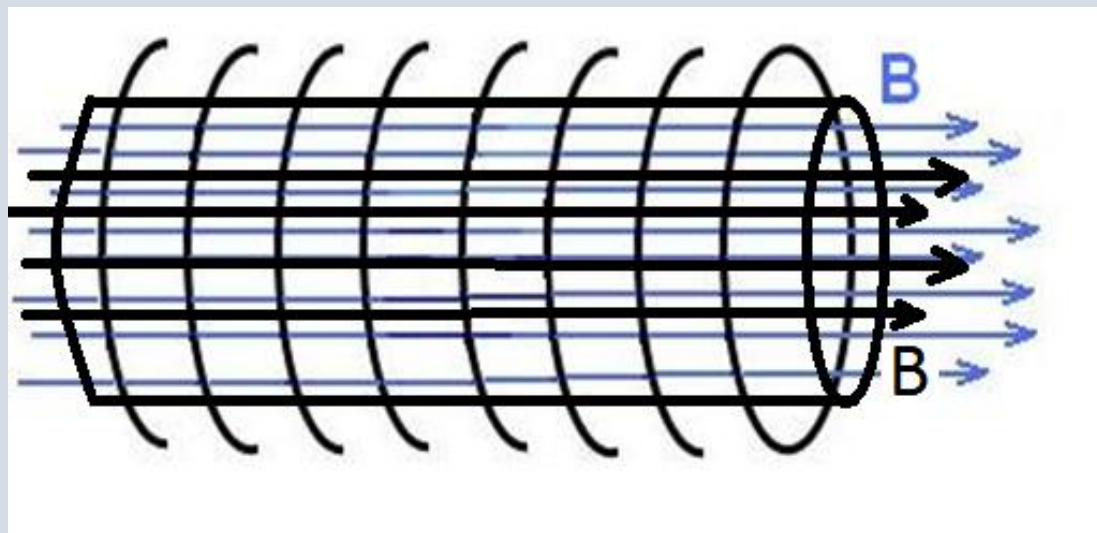
$B$  a tekercs belsejében mérhető indukció nagysága

- $\mu_0$  vákuum permeabilitása

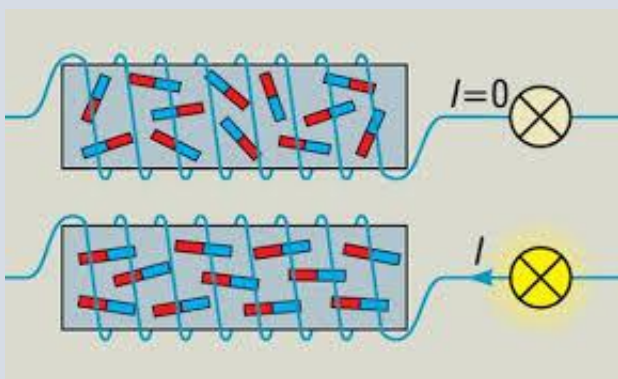
$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

- $N$  a tekercs menetszáma
- $l$  a tekercs hossza (nevezőben)
- $I$  a tekercsbe folyó áram erőssége

# Hogyan változik az indukció értéke, amikor a tekercsben nem vákuum van?



$l$  a tekercs hossza

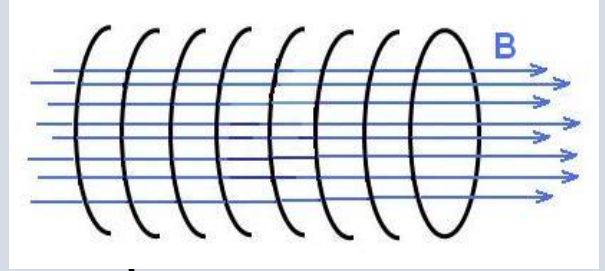


Ha a tekercsben nem levegő van, akkor **jelentősen megváltozhat** az indukció értéke:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

$\mu$  a tekercsben lévő anyagra jellemző állandó (vákuumban  $\mu = 1$ , de vasmag esetében akár 5000 is lehet)

- $N$  a tekercs menetszáma
- $l$  a tekercs hossza (nevezőben)
- $I$  a tekercsbe folyó áram erőssége



# Feladat

- Mekkora lesz a mágneses indukció abban a légmagos tekercsben, amelyben 30 mA áram folyik, 100 menetes és a tekercs hossza 10 cm?

## Adatok:

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}, \quad \mu=1$$

$$I=30 \text{ mA}$$

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

$$\underline{N=100}$$

$$B=?$$

## Megoldás:

$$\begin{aligned} B &= \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot \frac{100 \cdot 3 \cdot 10^{-2} A}{0,1 \text{ m}} = \\ &= 3,76 \cdot 10^{-5} \frac{Vs}{m^2} = 3,76 \cdot 10^{-5} \text{ T} \end{aligned}$$

# *Elektromágnes a gyakorlatban*

Az elektromágnessel óriási vasdarabokat fel tudnak emelni. Az áram ki- és bekapcsolásával szabályozható a működése.



[video 1 \(elektromágnes alkalmazásai\)](#)

[video 2 \(Ampere és elektromágnes\)](#)

# Mágneses vasút



[Holland mágneses vasút \(video\)](#)

[Levitáció=lebegés \(video\)](#)

Japán kísérleti mágneses vasút