

# Fizikai alapismeretek

## 7. előadás: Mágneses tér

Papp Ádám

[papp.adam@itk.ppke.hu](mailto:papp.adam@itk.ppke.hu)

407. szoba, 204. labor

2023. 11. 06.

# Biot-Savart törvény

Az elektromos áram mágneses teret kelt maga körül.

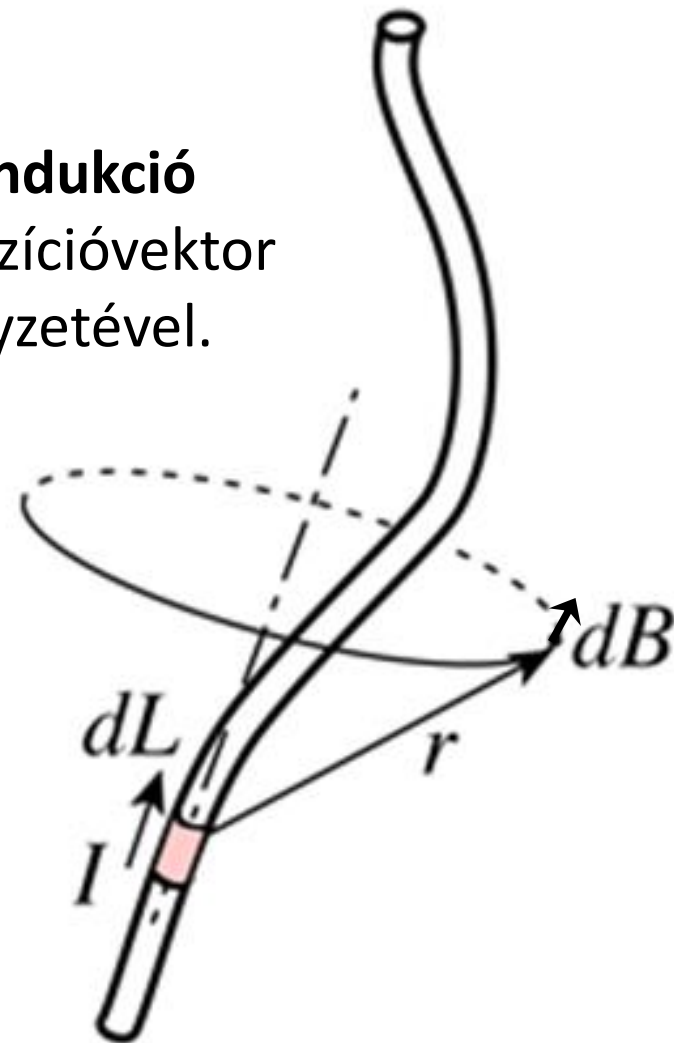
Egy  $d\mathbf{L}$  vezetékdarabban folyó  $I$  áram által keltett  $d\mathbf{B}$  **mágneses indukció** nagysága arányos az áram nagyságával, a vezetékdarab és az  $\mathbf{r}$  pozícióvektor által bezárt szög szinuszával és fordítottan arányos a távolság négyzetével.

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} (d\mathbf{L} \times \hat{\mathbf{r}})$$

$$|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \sin(\alpha)$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} dL \sin(\alpha)$$

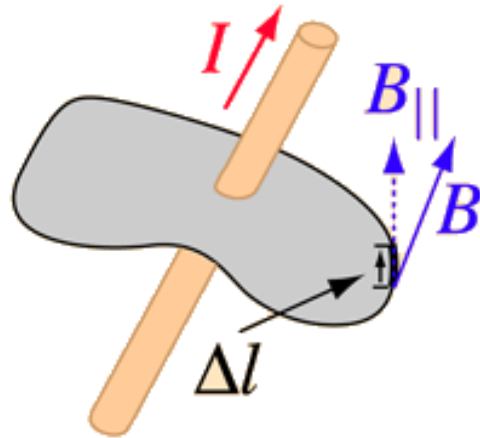
Mértékegysége:  $T = \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \text{A}}$



# Ampère törvény

Az Ampère törvény ugyanannak a fizikai jelenségnek egy másik megfogalmazása:

Egy zárt hurkon átfolyó áramok összege arányos a hurok mentén az áramok által keltett mágneses tér párhuzamos komponenseinek összegével.



$$\sum B_{||} \Delta l = \mu_0 I$$

Integrál alakban:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$$

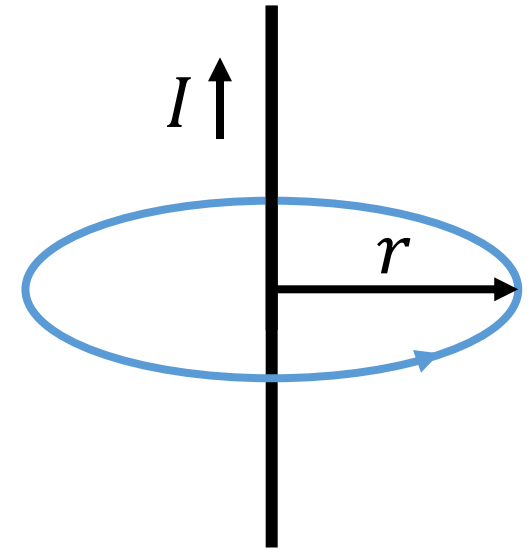
# Egyenes vezető tere

A Biot-Savart törvényt egy végtelen vezető minden  $d\mathbf{L}$  szakaszára alkalmazva, minden  $d\mathbf{B}$  mágneses indukciót összeadva a következőt kapjuk:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Tehát egy hosszú egyenes vezeték mágneses tere a távolsággal fordítottan arányosan csökken.

A mágneses indukcióvektor iránya mindenhol **tangenciális**, **jobbkez szabály** szerinti.

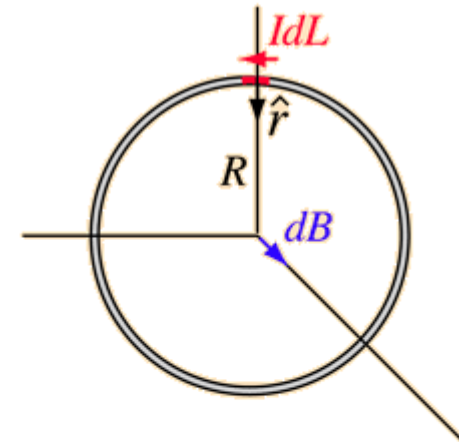


# Áramhurok tere a középpontban

A Biot-Savart törvényt egy vezető hurok minden  $d\mathbf{L}$  szakaszára alkalmazva, minden  $d\mathbf{B}$  mágneses indukciót összeadva a következőt kapjuk:

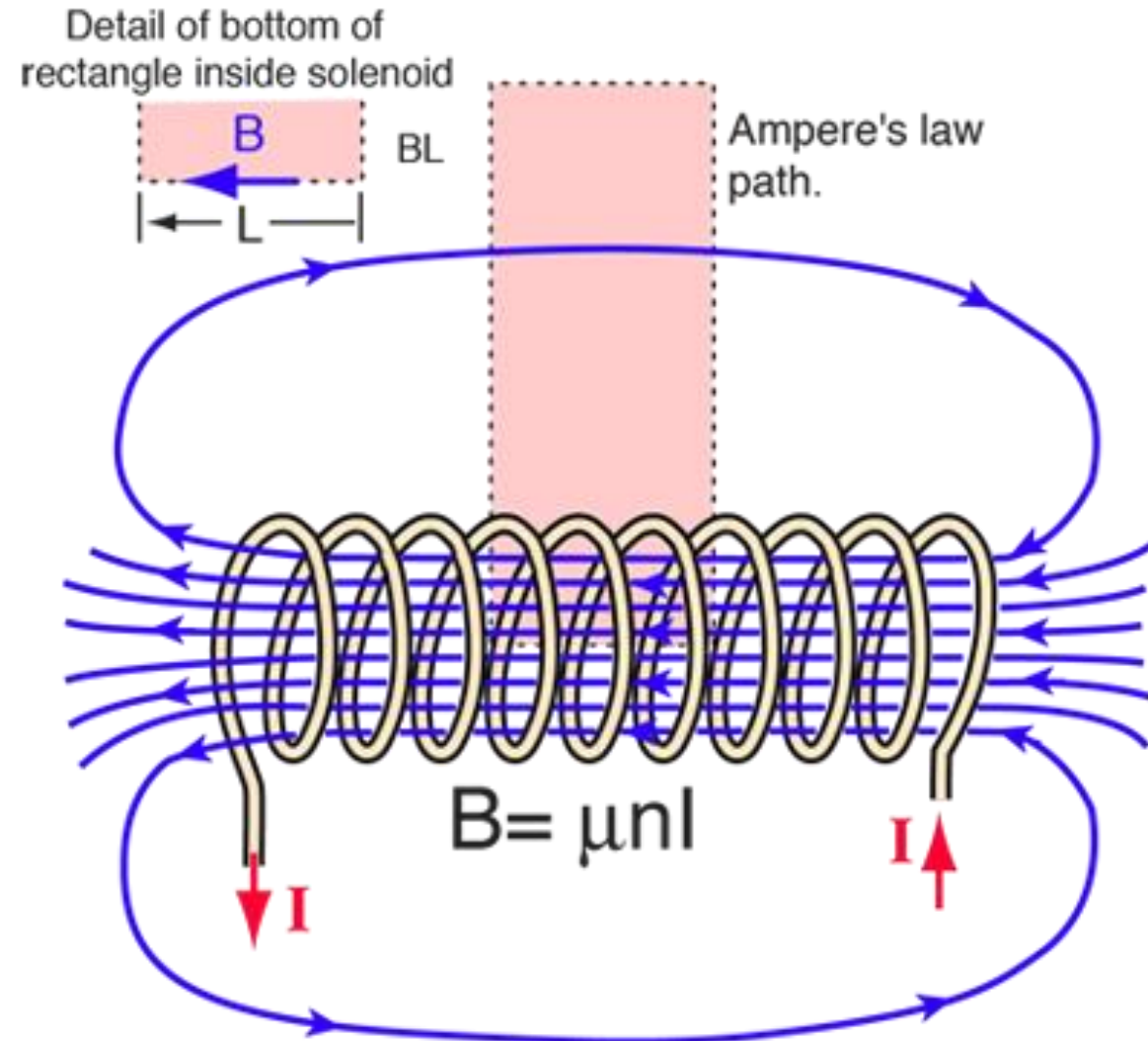
$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

A mágneses indukcióvektor iránya a hurok sírjára merőleges.



In this special case the symmetry is such that the field contributions of all the current elements around the circumference add directly at the center. The line integral of the length is just the circumference of the circle.

# Tekercs (solenoid)



# Lorentz erő

Mágneses térben mozgó töltésre erő hat.

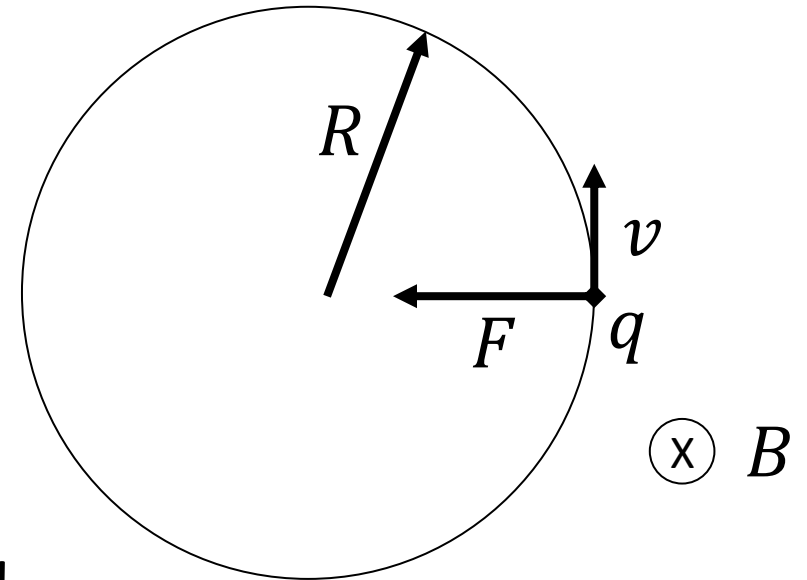
Az erő nagysága arányos a töltés, a sebesség, és a mágneses indukció nagyságával, a sebességvektor és indukcióvektor által bezárt szög szinuszával, iránya a két vektor által kifeszített síkra merőleges, jobbkéz szabály szerinti:

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

$$|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = |\mathbf{a}||\mathbf{b}|\sin(\alpha)$$

$$F = qvB\sin(\alpha)$$

Elektronok esetén a töltés negatív, az erő iránya ellentétes!



# Két áramjárta vezető közötti erő

Az egyik vezető által keltett tér:

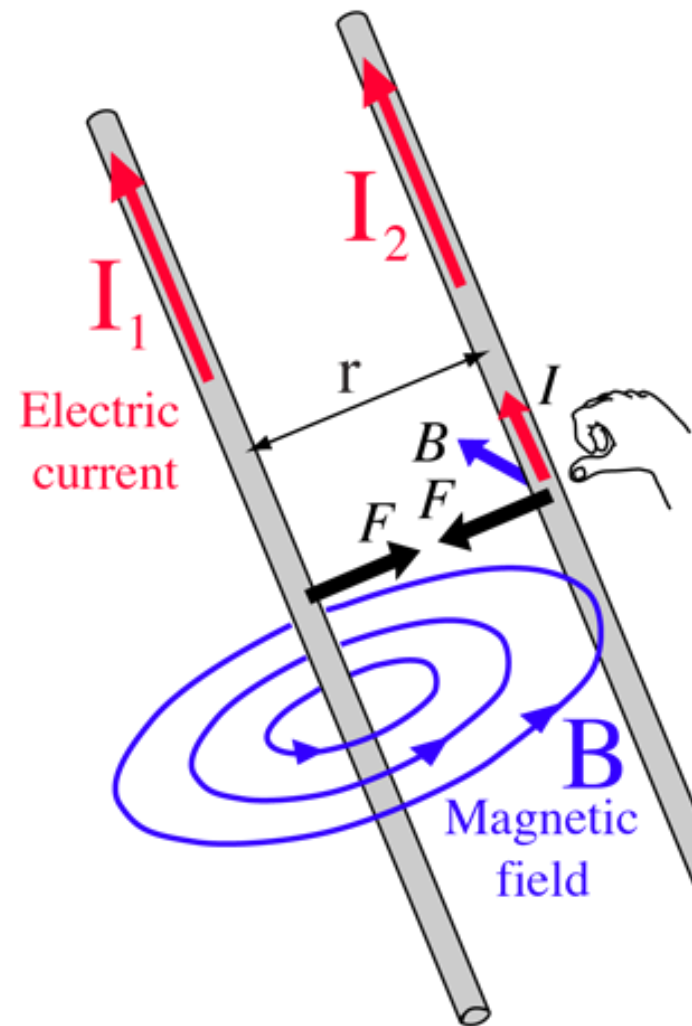
$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

A Lorentz törvény alapján a második vezető egy  $\Delta L$  darabjára ható erő:

$$\begin{aligned} F &= qvB\sin(\alpha) = q \frac{\Delta L}{t} B\sin(90^\circ) = \\ &= \Delta L \frac{q}{t} B = \Delta L I_2 B \end{aligned}$$

Az egységnyi hosszra ható erő:

$$\frac{F}{\Delta L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$





# Faraday indukciós törvénye

---

A változó mágneses tér a vezetőben feszültséget (elektromotoros erőt) indukál.

Mágneses fluxus: az  $A$  felületen áthaladó, a felületre merőleges indukció komponensek összege.

Ha az indukció homogén és merőleges a felületre:

$$\Phi = BA$$

Faraday törvénye szerint egy vezetőkörben a fluxus megváltozása feszültséget indukál:

$$U = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Feszültség indukálódik ha a **mágneses indukció változik**, vagy a vezetőkör mágneses indukcióra vett **merőleges vetülete változik** (pl: forgás miatt).

# Lenz törvény

---

Az indukált feszültség mindig olyan áramot hoz létre, mely gátolni igyekszik az indukciót kiváltó folyamatot (pl.: mozgást, mágneses tér megváltozását).

A nem mágneses fémekre a statikus mágneses tér nem hat, de a változó mágneses tér és álló vezető (vagy állandó mágneses tér és az abban mozgó vezető) között erőhatás jön létre, mely a változást fékezi.

A vezető belsejében az indukció hatására örvényáramok alakulnak ki, melyek mágneses tere a változást fékezi.

# Mágneses dipólusok

---

A mágneses térnek nincsenek monopólusai.

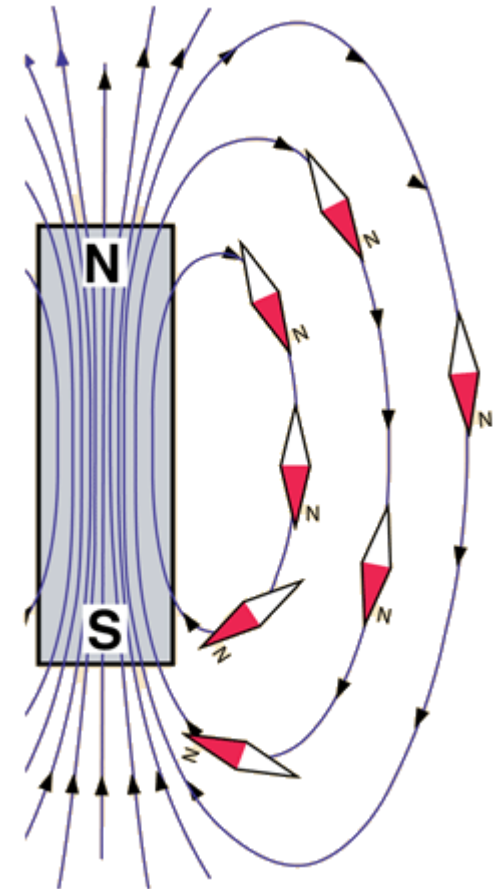
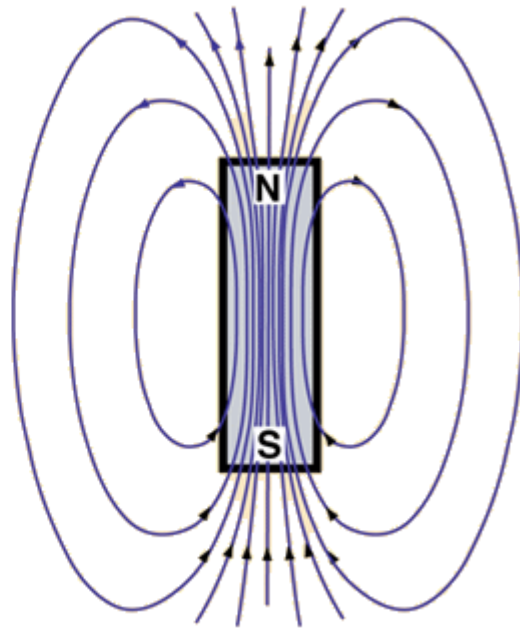
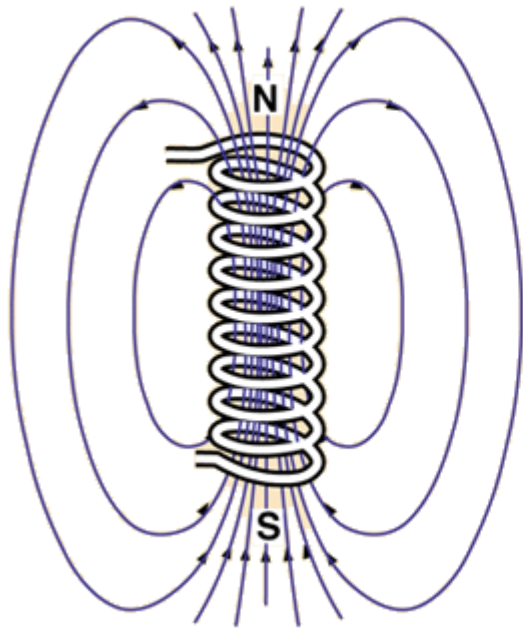
Az elektromos térben az erővonalak mindig a pozitív töltésekből a negatív töltésekbe vezetnek. A mágneses térnek nincsenek pozitív és negatív monopólusai, a mágneses erővonalak mindig önmagukba záródnak.

A mágneses tér forrása az elemi részecskék spinje, mely a töltéshez hasonlóan az elemi részecskék tulajdonsága. A spinek dipólusok, a belőlük kiinduló erővonalak önmagukba záródnak.

# Állandó mágnesek

Ferromágneses anyagokban a spinek (és egyéb mágneses momentumok) egy irányba rendeződve energetikailag stabil állapotban lehetnek.

Ekkor a teljes mágnes egy nagy dipólusként viselkedik.



# Vasmagos tekercs

