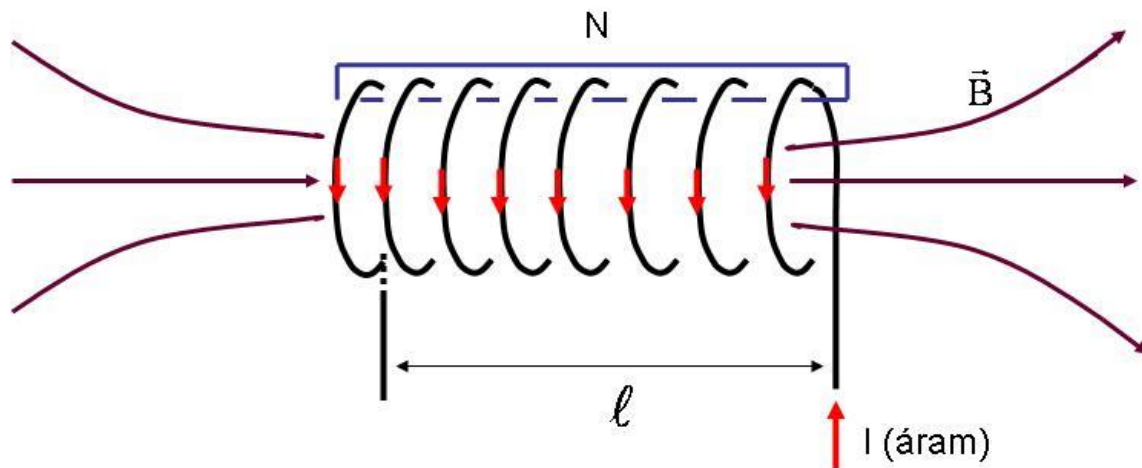


Fizika 2i

Önindukció, RL kör, kölcsönös indukció, mágneses tér energiája,
transzformátor, mágnesség, Ampère törvény általános alakja
Mágneses adattárolás ...

7. Előadás (2022 tavasz)

Az önindukció



$$\oint_s \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 \sum_j I_j$$

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

Szolenoidban kialakuló mágneses fluxus:

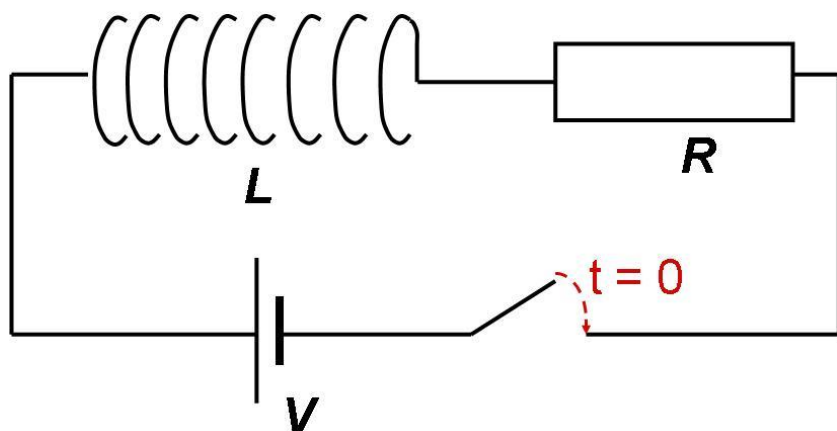
$$\Phi_m = BA = \frac{\mu_0 N I A}{l}$$

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_m}{dt} = V_{ind.}(t) = -\frac{\mu_0 N^2 A}{l} \frac{dI}{dt} \longrightarrow \varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

mértékegysége a Henry = Vs/A, jele: H

Példák: toroid, koaxiális kábel ...

Az RL kör



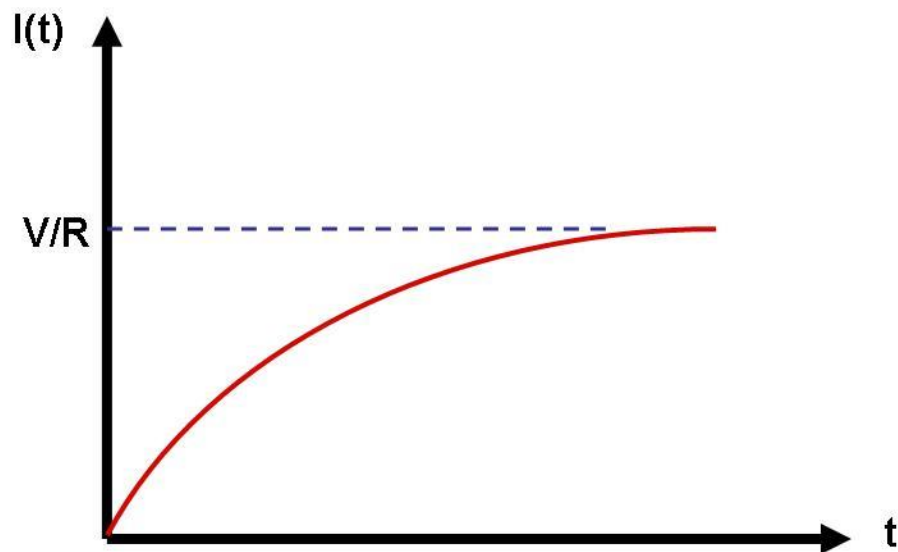
$$V_{ind} = -L \frac{dI}{dt}$$

Megoldás:
$$I = \frac{V}{R} \left[1 - \exp\left(-\frac{R}{L}t\right) \right]$$

$$V + V_{ind} - IR = 0$$

$$V - L \frac{dI}{dt} - IR = 0$$

$$\frac{dI}{dt} = -\frac{R}{L}I + \frac{V}{L}$$

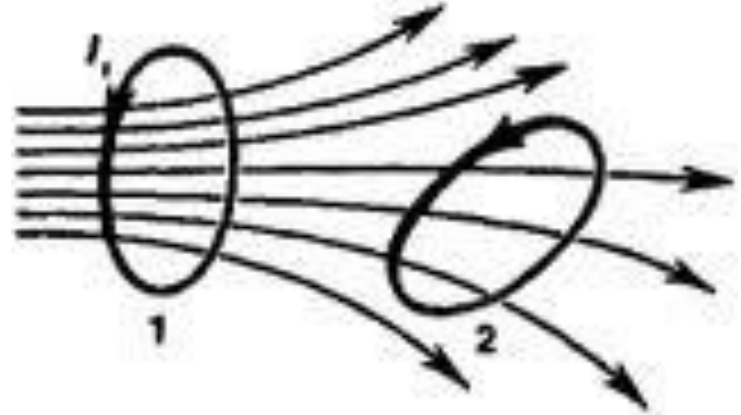


A kölcsönös indukció

$$\varepsilon_2 = -M_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

$$\varepsilon_1 = -M_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

vagy



Be lehet bizonyítani, hogy $\mathbf{M}_{12} = \mathbf{M}_{21}$ és ezután már csak \mathbf{M} – el jelöljük a **kölcsönös indukciós tényezőt**.

$$M = N_1 \frac{\Phi_{B_2}}{I_2}$$

vagy

$$M = N_2 \frac{\Phi_{B_1}}{I_1}$$

Példák: két tekercs, két hurok ...

Az indukciós tér energiája

Egy szolenoidra vagy toroidra a $t=0$ időpontban $i(t)$ áramot kapcsolunk:

$$\varepsilon = -L \frac{di}{dt}$$

Bemenő teljesítmény: $P = |\varepsilon|i = Li \frac{di}{dt}$

$$W = \int_0^I Li \frac{di}{dt} dt = \frac{1}{2} LI^2$$

Szolenoid esetében: $W = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} A\ell$

felhasználtuk:

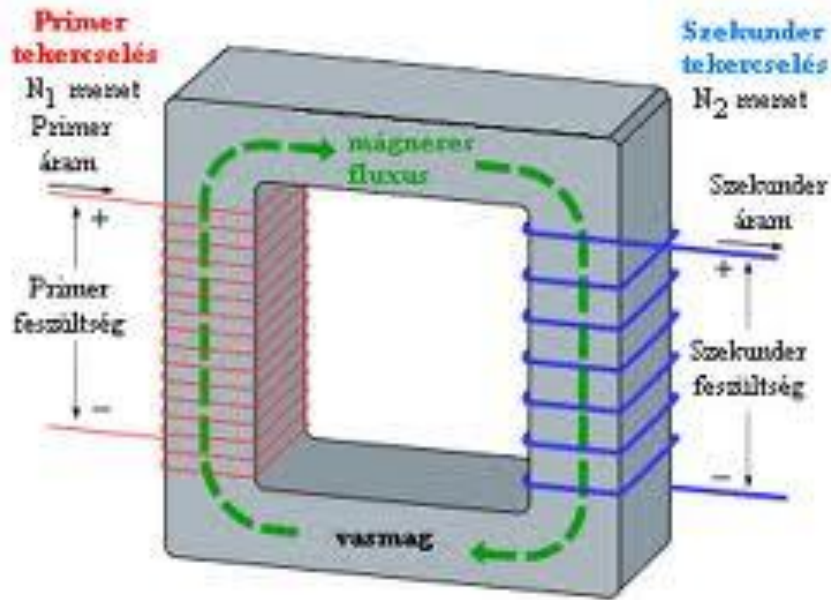
$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \quad L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$$

$$\varepsilon_m = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$$

Az elektromágneses tér energiasűrűsége:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$$

A transzformátor



Terhelés nélkül:
$$\frac{\varepsilon_1}{N_1} = \frac{\varepsilon_2}{N_2}$$

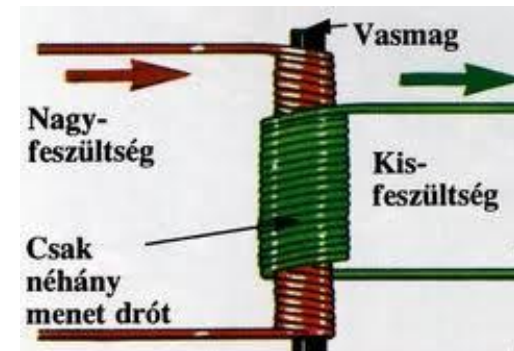
Távvezeték vesztesége: I^2R

Ideális (vesztésmentes) transzformátor:
$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

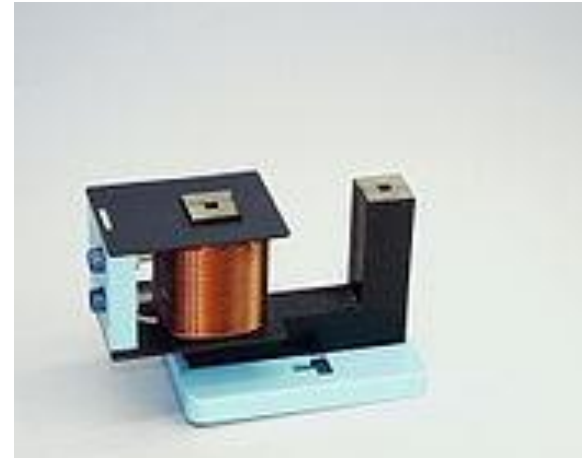
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{és} \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Feltranszformáljuk a feszültséget ($N_2 > N_1$).

Letranszformálás: fordítva



Szétcszedhető transzformátor:



Örvényáramok (vesztés) → vasmag vaslemezekből

Az Ampère-törvény általános alakja

Síkkondenzátor: $Q(t) \rightarrow I(t)$

$$E = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$

$$Q = EA\epsilon_0 \quad \longrightarrow \quad I = \frac{dQ}{dt} = \epsilon_0 A \frac{dE}{dt}$$

Az elektromos tér fluxusa:

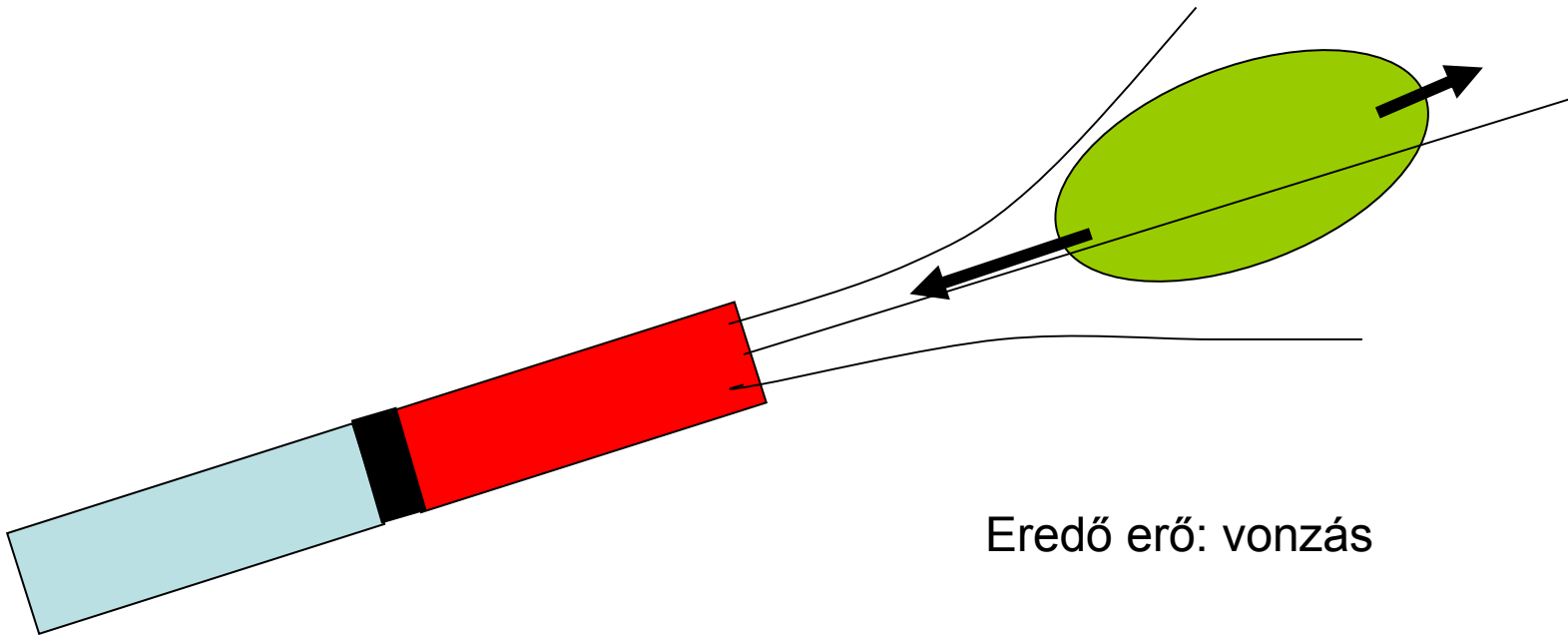
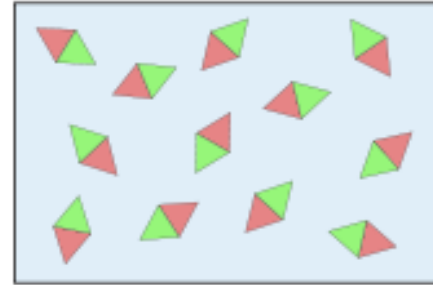
$$\Phi_E = EA$$

$$I = \epsilon_0 A \frac{dE}{dt} = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad \longrightarrow \quad \oint_s \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

$$D = \epsilon_0 E \quad \longrightarrow \quad \oint_s \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \frac{d\Phi_D}{dt}$$

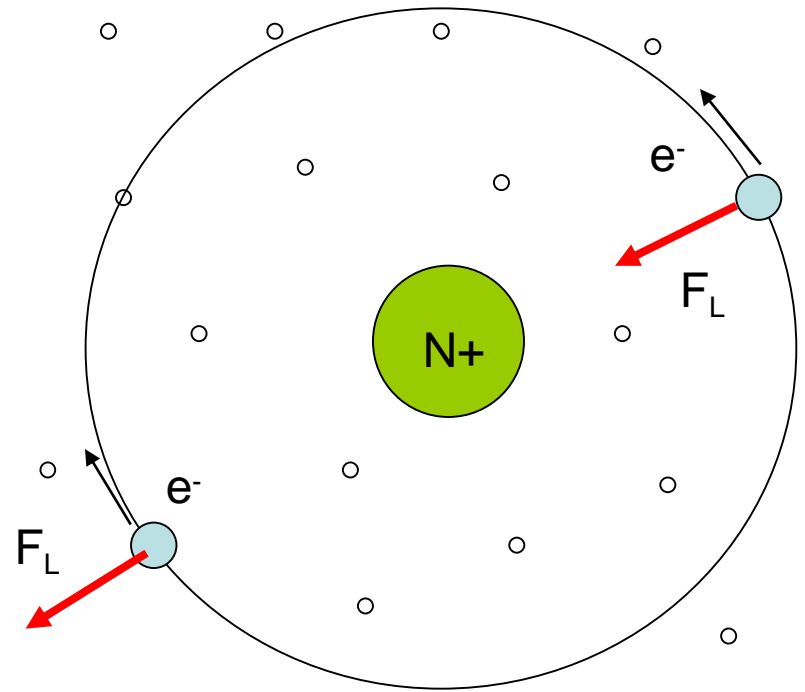
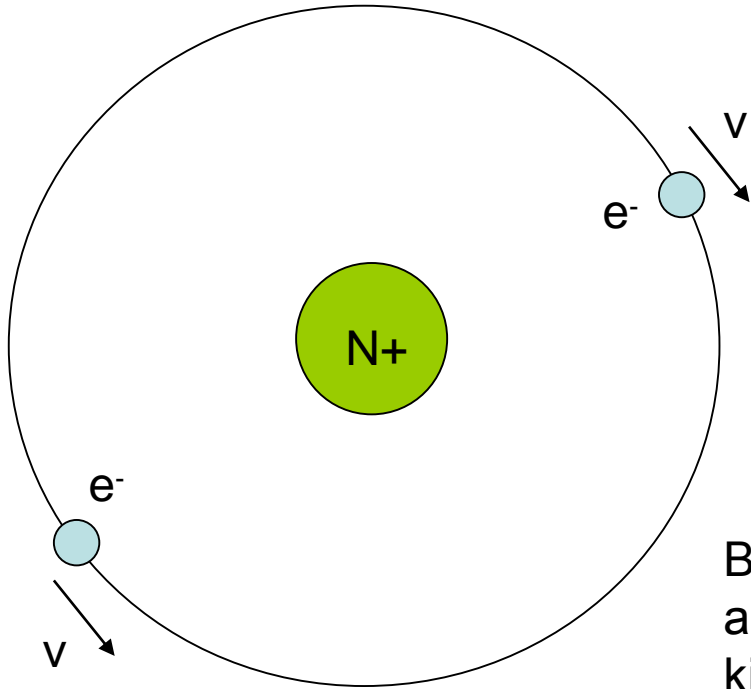
Paramágnesség

Külső tér hatására rendeződnek.

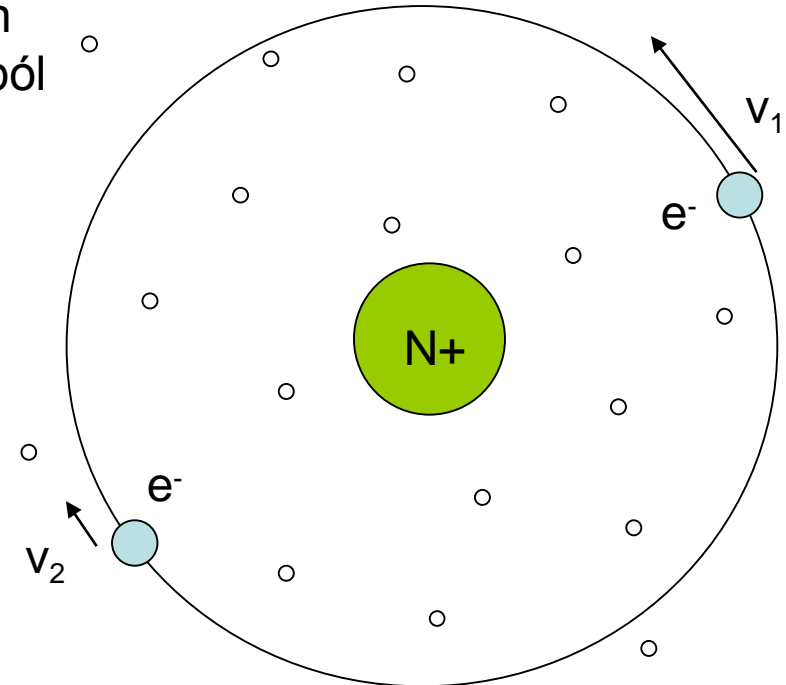


”...egy paramágnes a nagyobb térerősségű hely felé igyekszik elmozdulni”

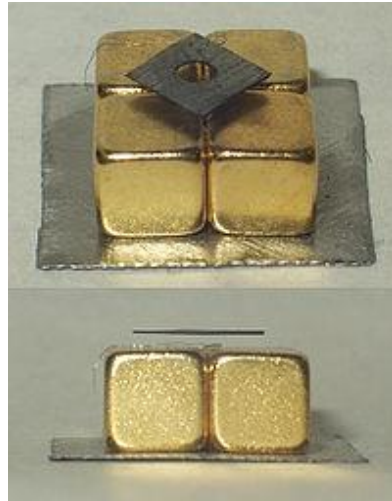
Diamágnesség



B: homogén
a kép síkjából
kifelé mutat



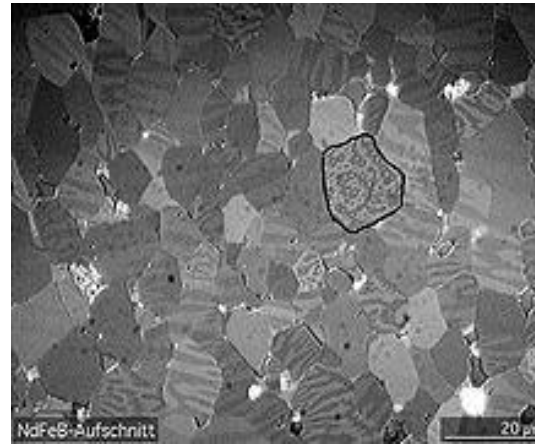
Külső tér hiányában
az eredő momentum
zérus.



”...egy diamágnés a
kisebb térerősségű
hely felé igyekszik
elmozdulni”

Ferromágnesség

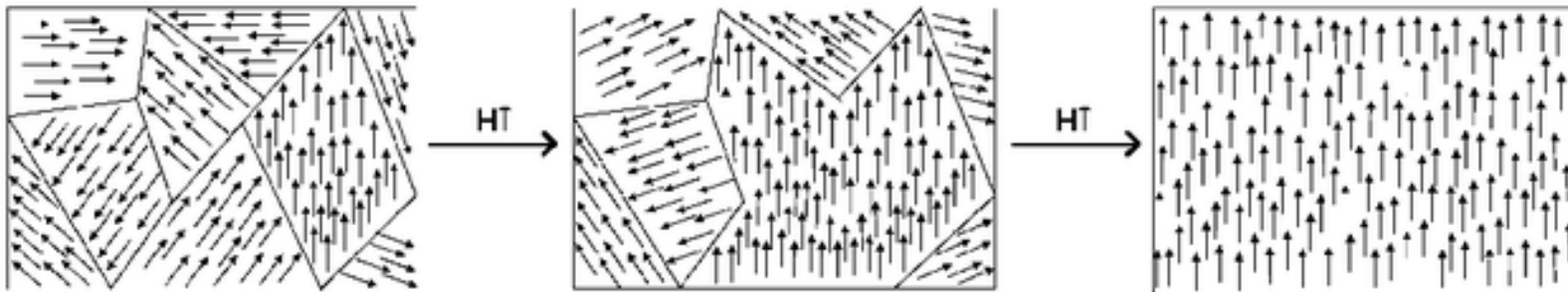
Fe, Co, Ni, Gd, Dy ill. azok ötvözetei



Domains Before Magnetization



Domains After Magnetization



Curie-hőmérséklet felett az anyag ferromágnessége megszűnik

Szolenoid vasmaggal

Vasmag nélkül: $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$

Vasmaggal: $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \mu_r$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} + (\mu_r - 1) \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \mu_0 (1 + \chi) \frac{NI}{\ell}$$

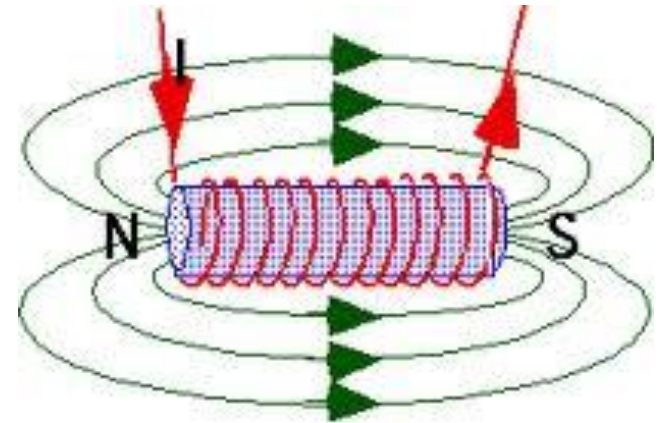
χ az anyag mágneses szuszceptibilitása

$$B = \mu_0 \mu_r H \quad H: \text{mágneses tér (mértékegysége: A/m)}$$

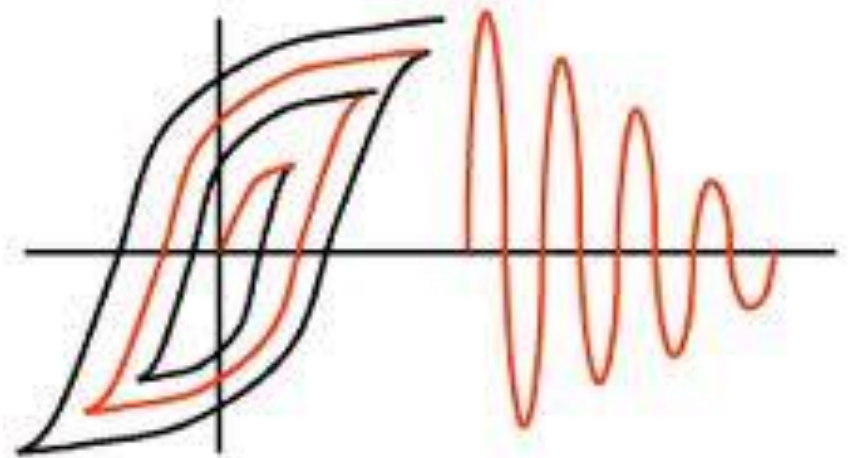
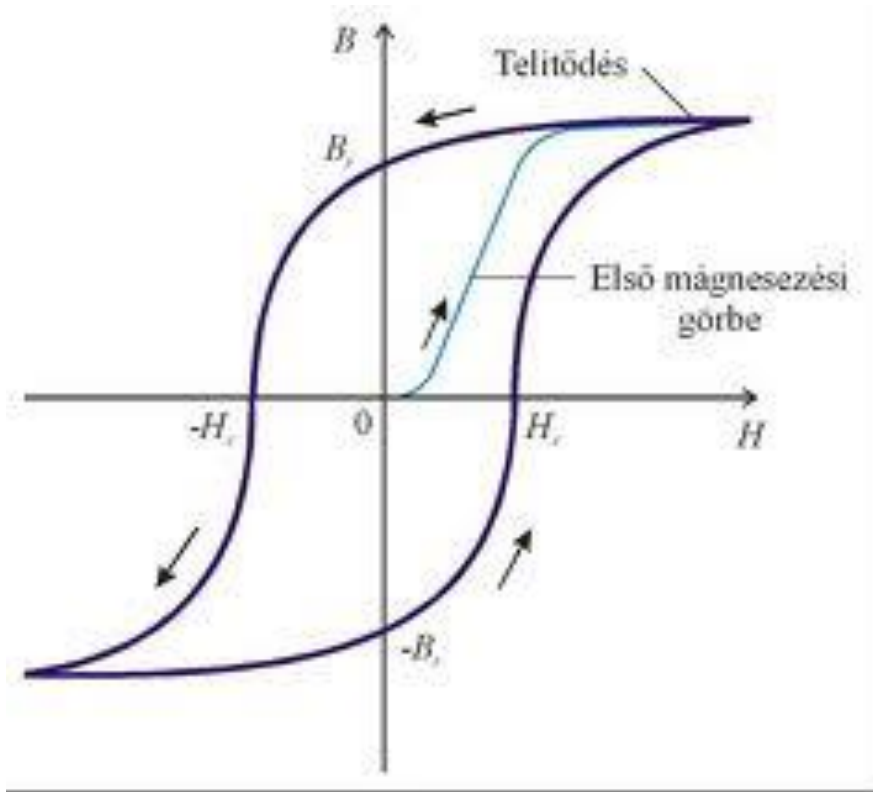
A vasmag nélküli szolenoidban kialakuló mágneses tér: $H = \frac{NI}{\ell}$

$$B = \mu_0 (H + M) \quad M: \text{mágnesezettség} \quad \text{Analógia: } D = \epsilon_0 E + P$$

”A mágneses térerősség H vektora az, amit megfizetünk, a mágneses indukció B vektora pedig az, amit kapunk érte.”



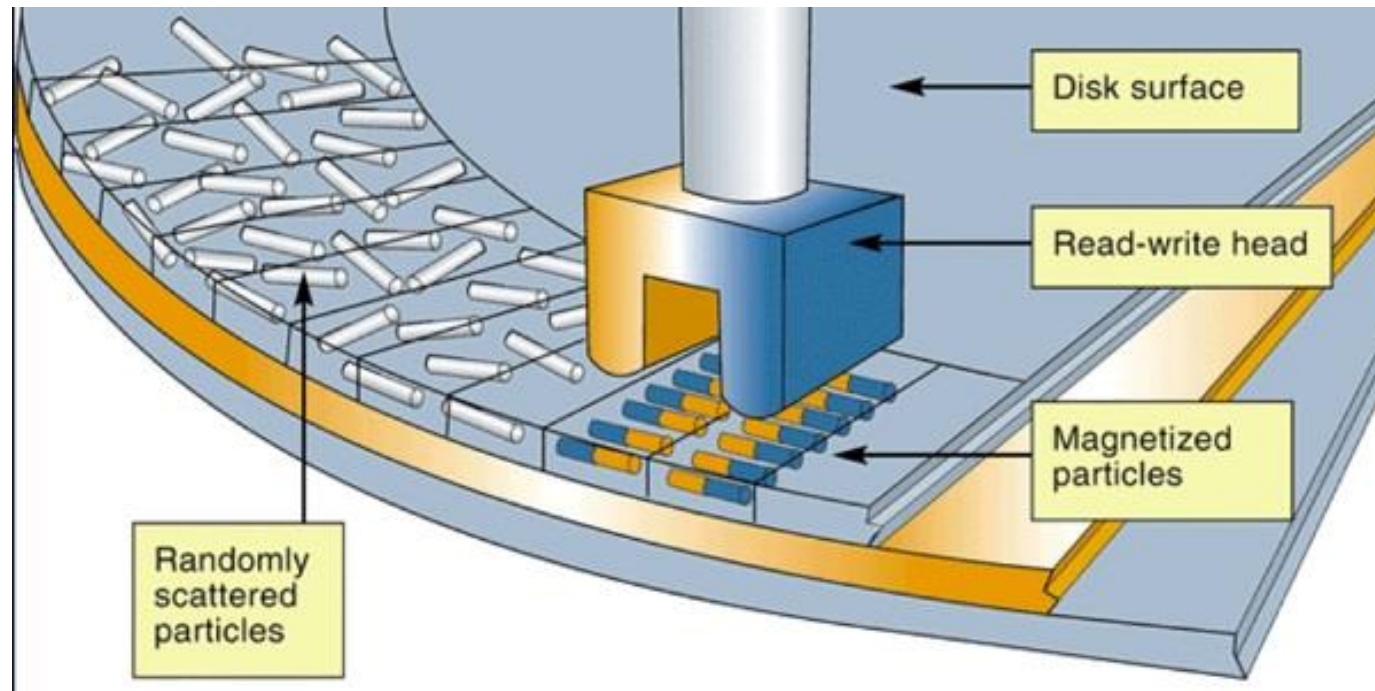
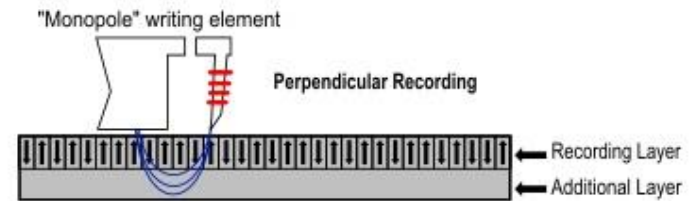
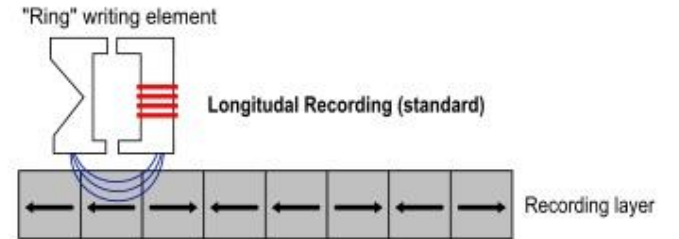
A mágneses hiszterézis



Telítésbe vitt ferromágnes \rightarrow hiszterézis \rightarrow van lehetőség demagnetizálni

Mágneses adattárolás I.

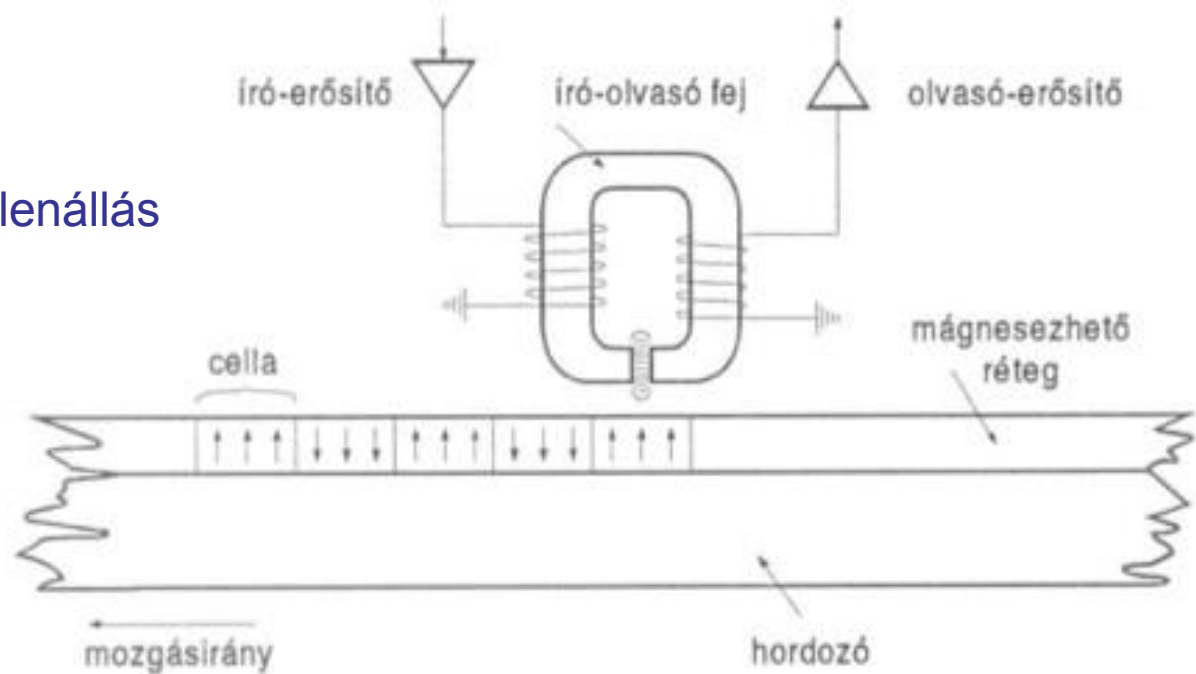
Adatrögzítés (írás)



Mágneses adattárolás II.

Adat kiolvasása:

Óriás mágneses ellenállás
(2003 óta)



Kb. 1972-ig ferritgyűrűs memória:

