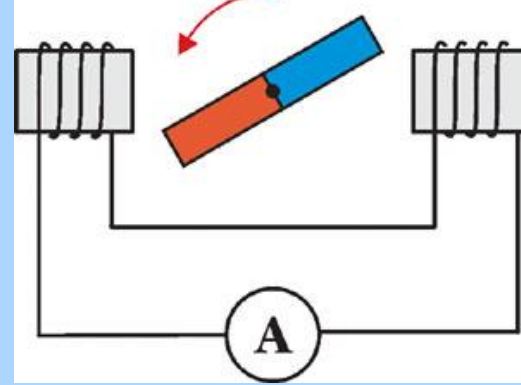
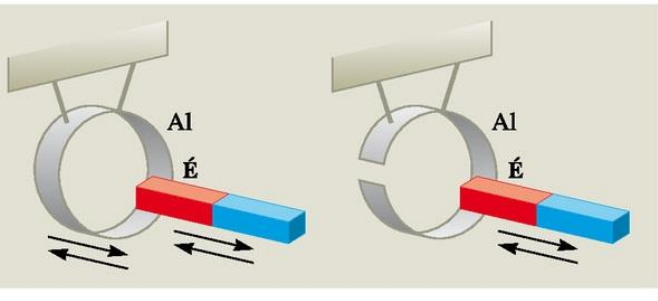
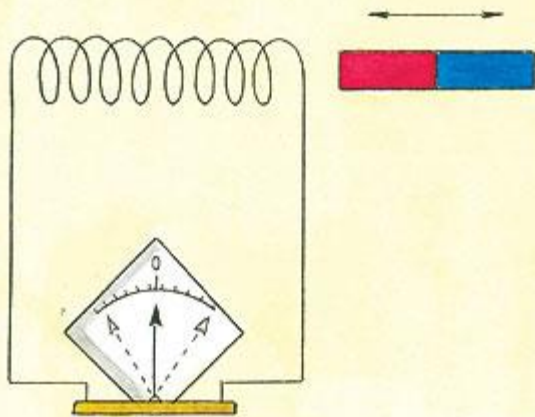


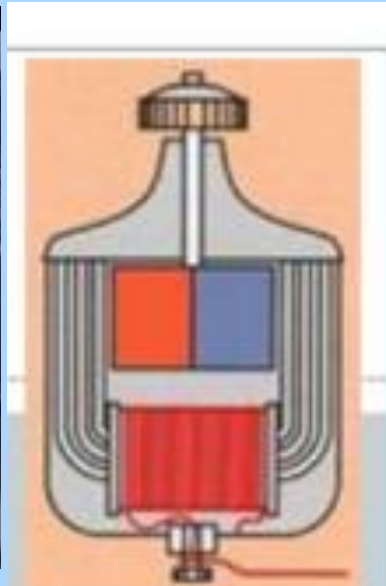


Elektromágneses jelenségek

Indukciós jelenségek



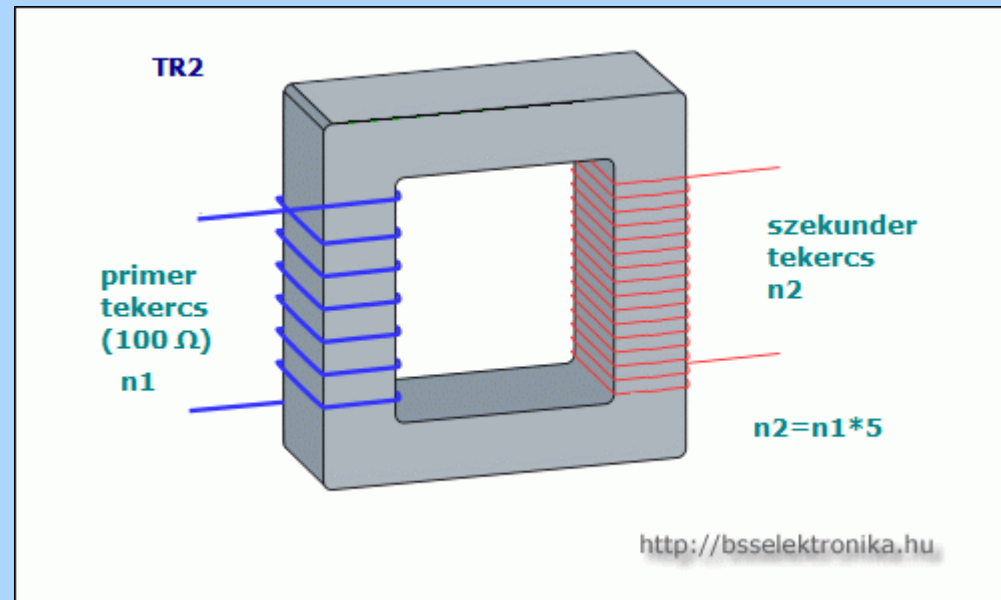
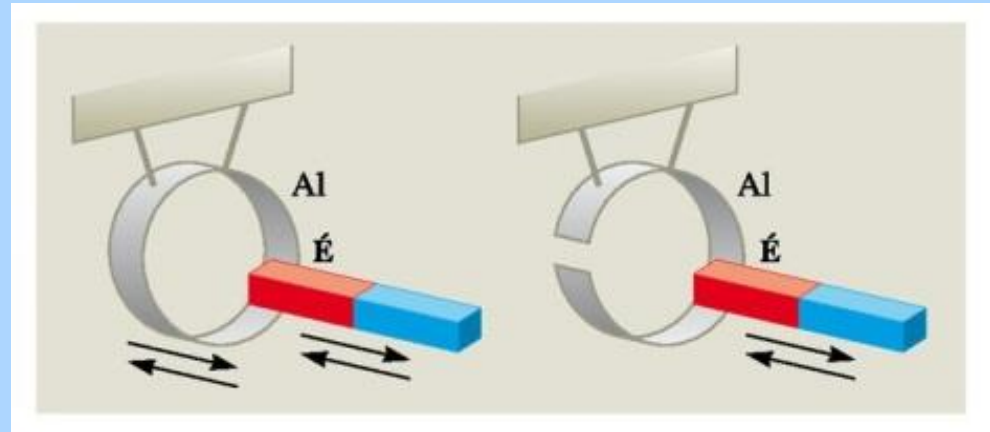
DG 2019
Mester András



Indukciós jelenségek

Megkülönböztetünk:

- **Mozgási indukciót** (egy vezeték mágneses térben, az indukcióvonalakat metszve elmozdul)
- **Nyugalmi indukciót** (a mágneses tér mozog a nyugvó vezetékhez képest)
- **Önindukciót**
- **Kölcsönös indukciót**

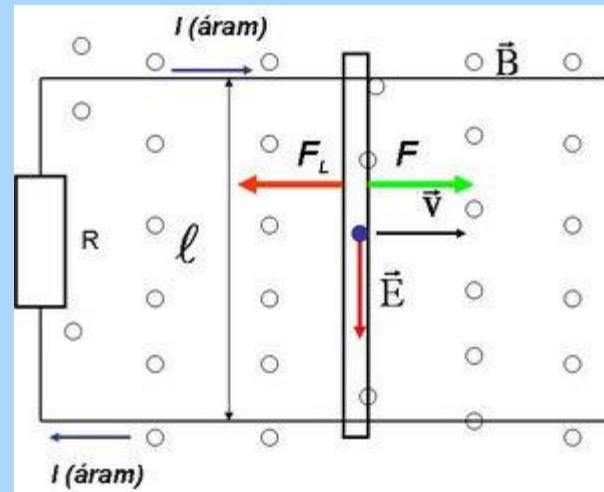


Mozgási indukció

Nyugvó mágneses térben vezető anyag mozog

■ Ismert jelenség:

■ Ha l hosszúságú vezetőt mozgatunk a vezetőre merőleges mágneses térben úgy, hogy a mozgás iránya merőleges a mágneses indukcióvonalakra a vezetőben **feszültség indukálódik**.

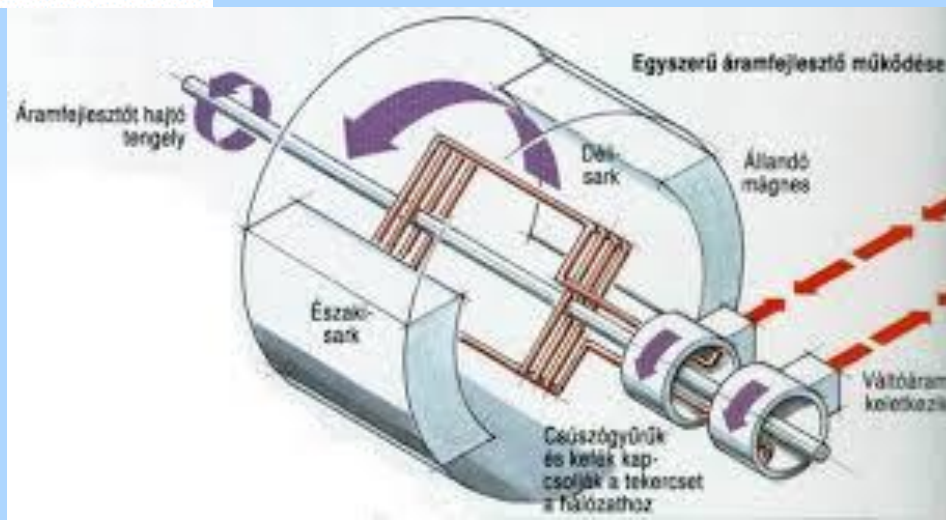
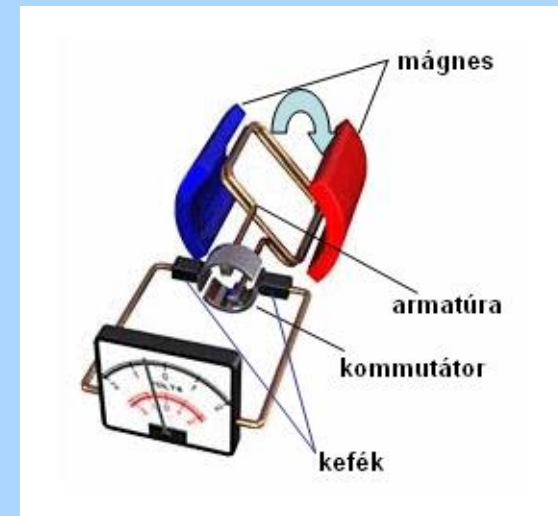
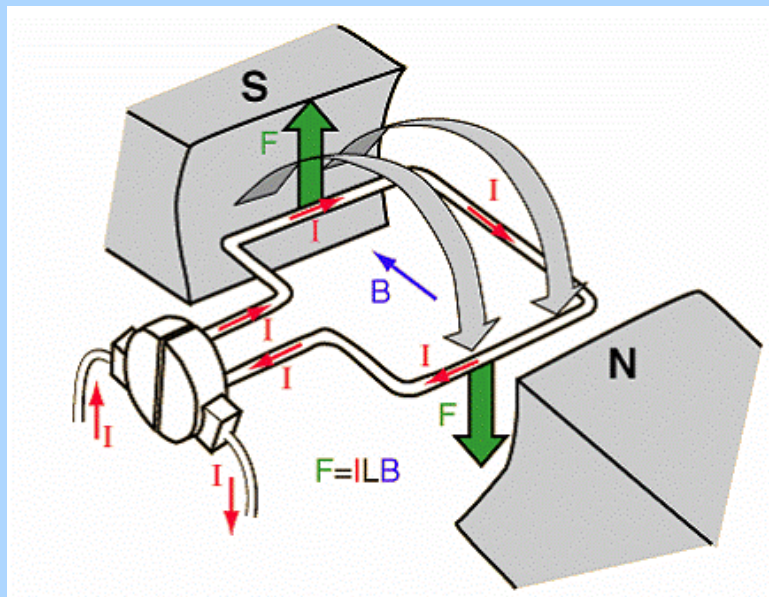


Ha a vezető mozgása α szöget zár be az indukció vonalakkal $U = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha$

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

Az indukált áramra ható erő olyan irányú, hogy akadályozza a vezeték mozgását, vagyis az őt létrehozó hatást.

Mozgási indukció alkalmazása



Időben változó mágneses mező

Kérdések, kísérletek

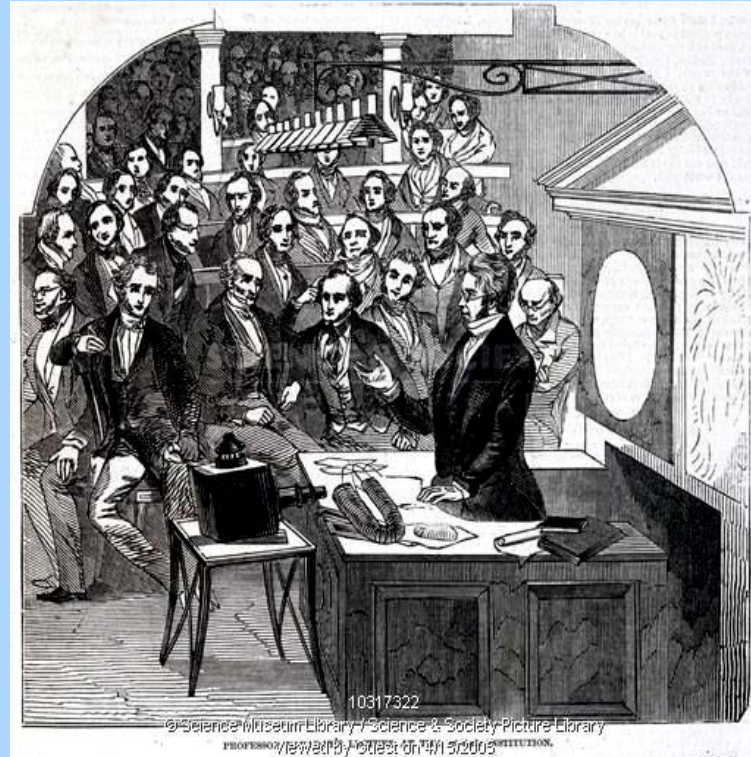
Oersted és Ampere kísérletei után a fizikusokban megfogalmazódott a kérdés: Ha az elektromos áram maga körül mágneses mezőt hoz létre, **vajon a mágneses mező képes-e elektromos áramot kelteni?**

A felvetés sokakkal egyetemben Michael Faraday-t is foglalkoztatta. Számtalan kísérletet végzett, de egy évtizeden keresztül **sem tudott eredményt felmutatni.**

Michael Faraday felismerése

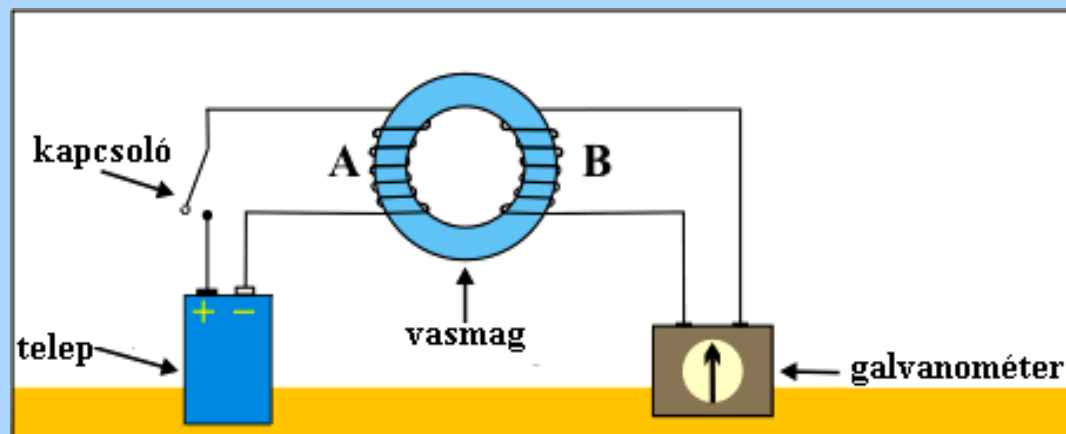
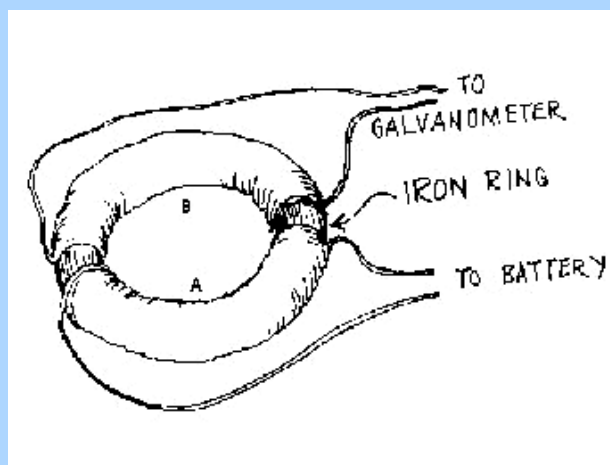


Michael Faraday
(1791-1867)

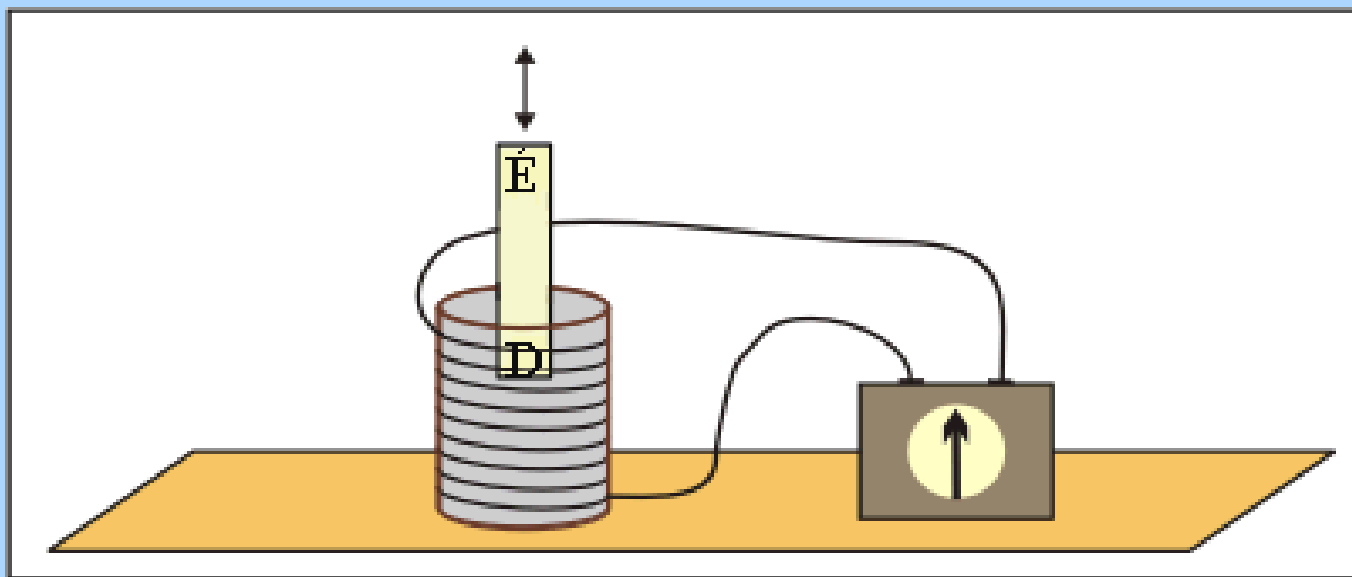


Faraday hosszú évek kísérletezései után 1831-ben rájött, hogy nem a mágneses mező fog elektromos áramot kelteni, hanem a **mágneses mező változása**.

Faraday kísérlete



Az elektromágneses indukció



A mágneses mező erősségének bármilyen folyamatban bekövetkezett változása elektromos mezőt -vezetőben áramot- indukál (hoz létre).

Nyugalmi indukció

A mágneses fluxus változásának
következményei

Faraday féle indukciós törvény

A mágneses tér változik
a nyugvó vezetékhez
képest.

$$U = N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

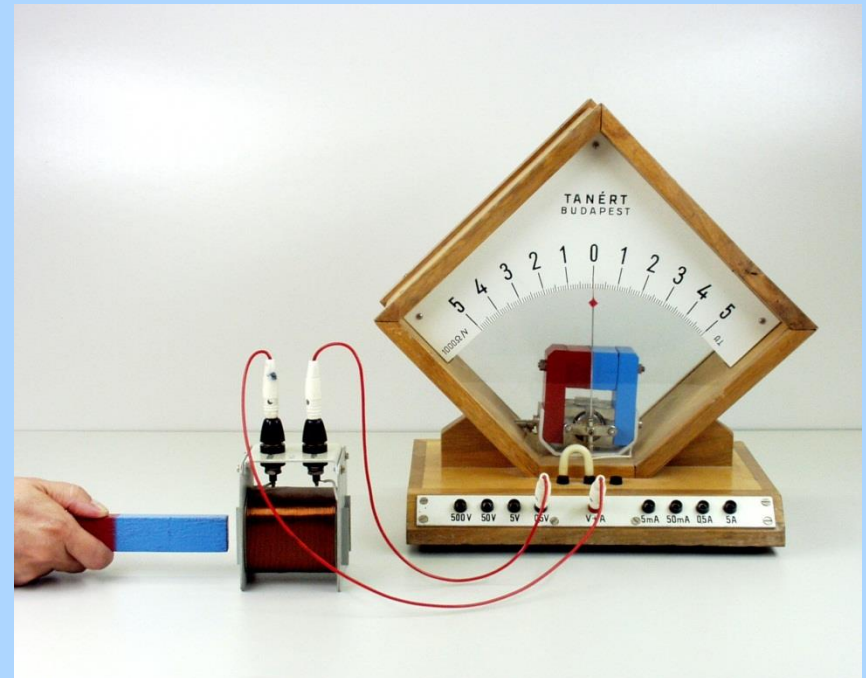
U : indukált feszültség nagysága

$\Delta\phi$: a mágneses mező
fluxusváltozása

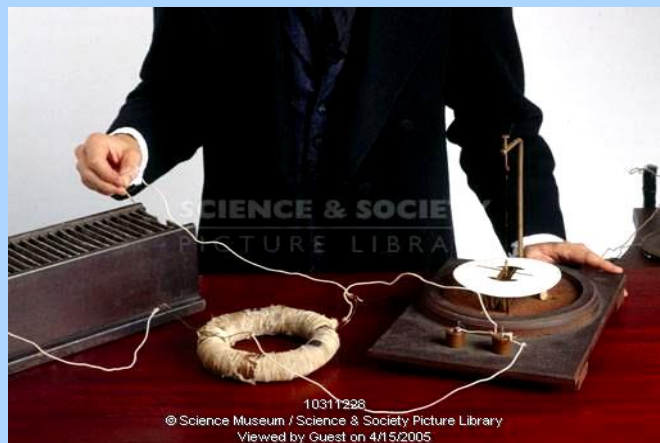
Δt : a változás időtartama

ϕ : mágneses fluxus

$$\phi = B \cdot A$$



„A legendás tekercsek”



Indukált áram iránya

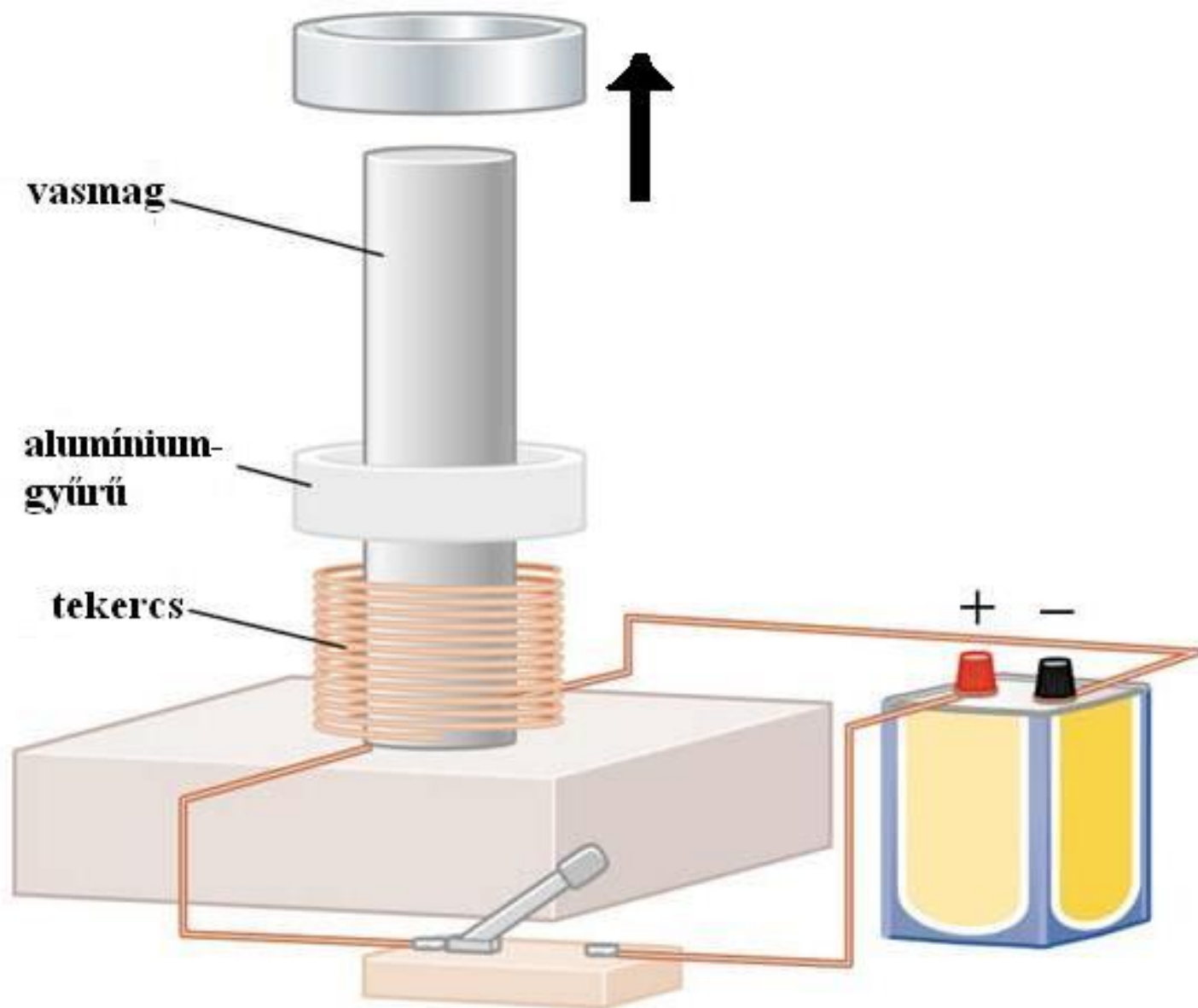
Lenz törvénye



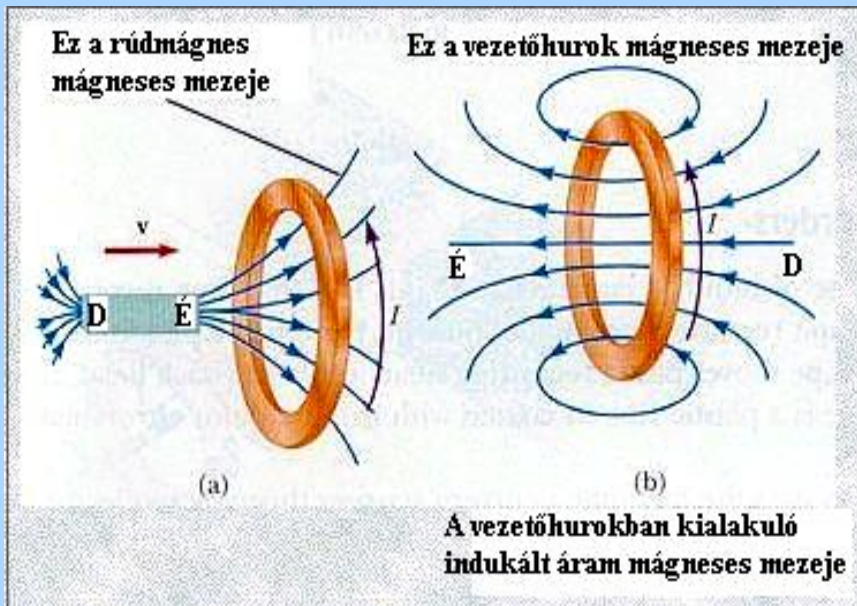
Heinrich Lenz (1804-1865)

Az ugró alumíniumkarika

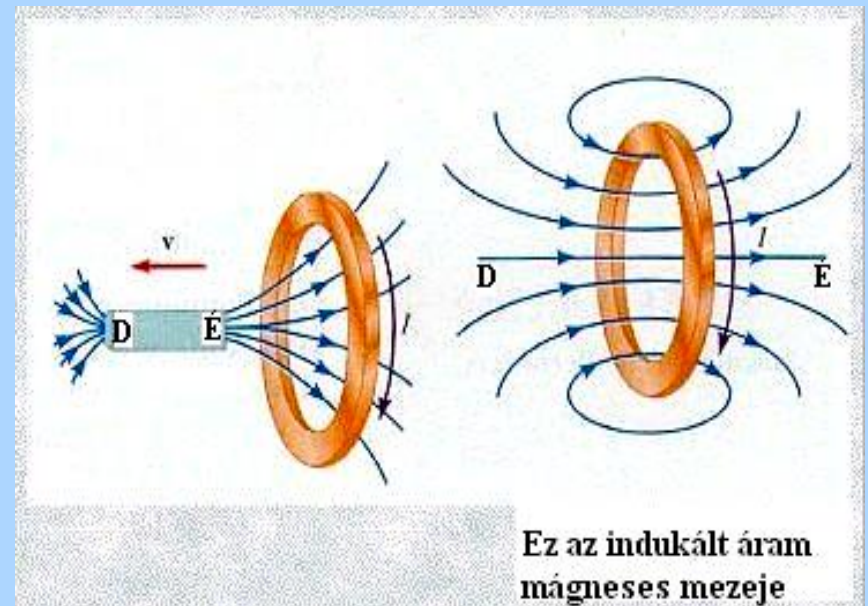
[video](#)



Lenz törvénye



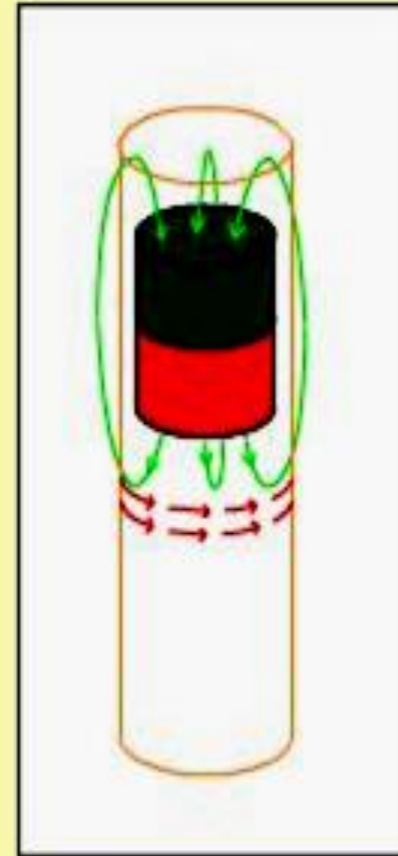
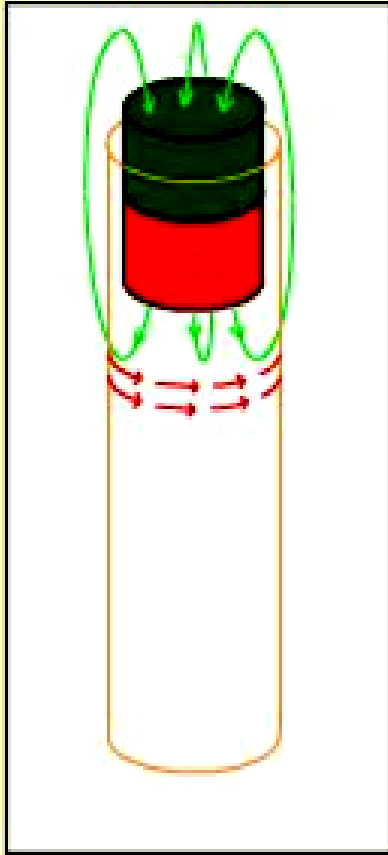
Közelítés - taszítás



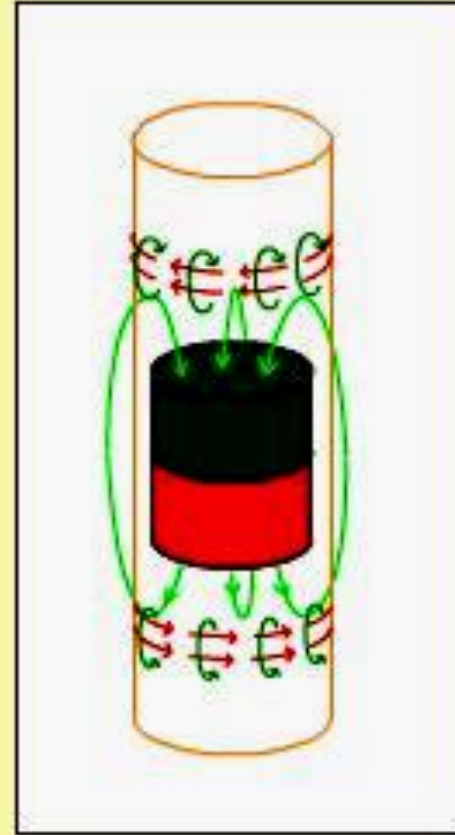
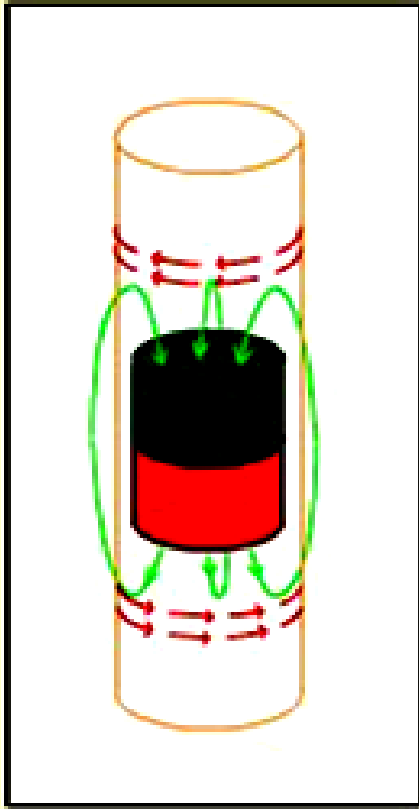
Távolítás - vonzás

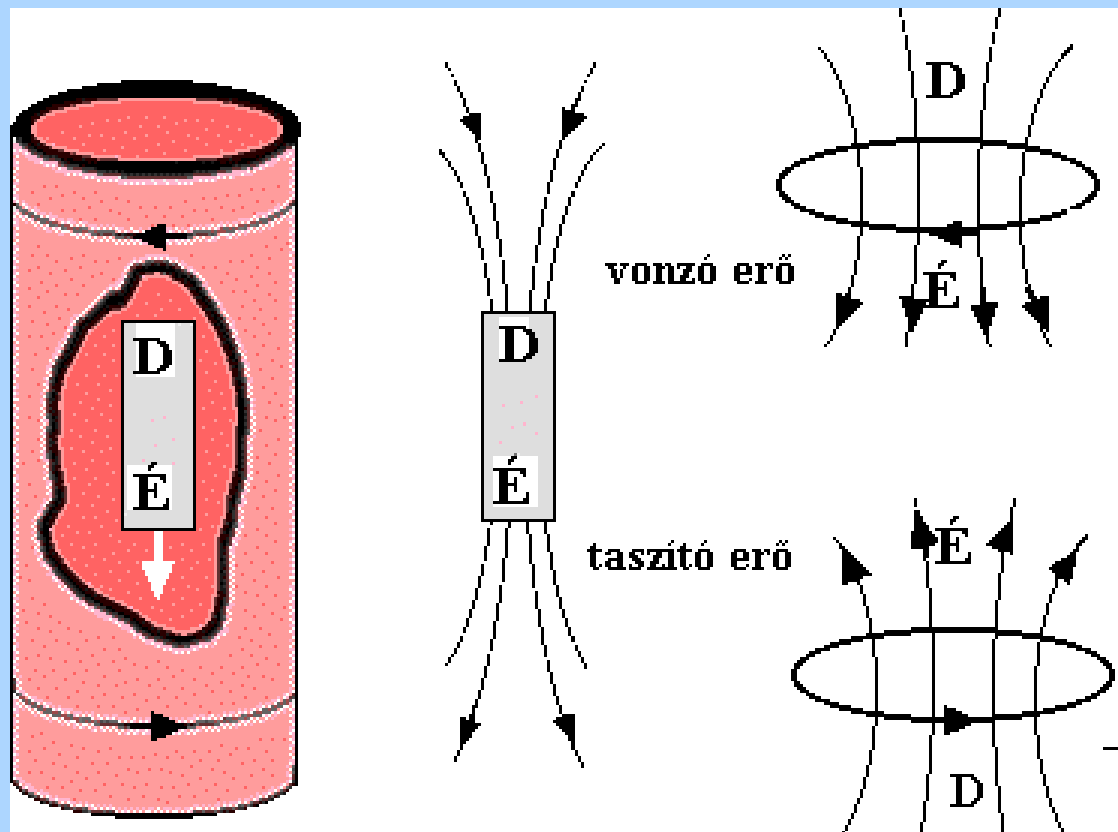
- Az indukált áram mindig olyan irányú, hogy saját mágneses mezejével az őt létrehozó hatást lerontani igyekszik

Szemben a gravitációval...

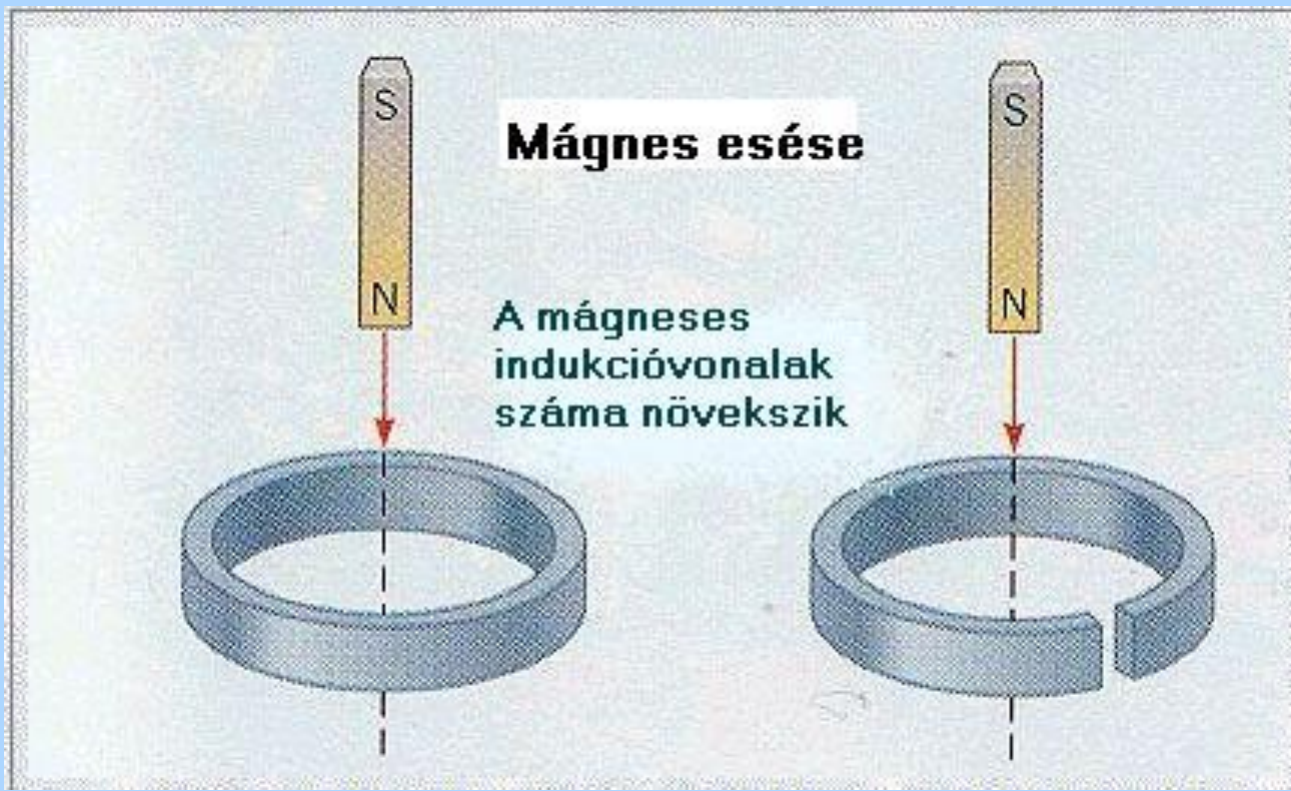


A hosszú rézcsőbe helyezett mágnes sokkal hosszabb ideig jut végig a csőben, mint a nem mágneses test.





A csőben mozgó mágnes elektromos teret kelt a cső falában, amely fékező hatással van az eső mágnesre.



**A felhasított csőben kevésbé
tudnak kialakulni az indukált
(örvény) áramok**



Önindukció

Joseph Henry (1797-1878) fedezte fel a jelenséget.

Önindukció:

Egy tekercsben folyó áram erősségének változása a tekercsben feszültséget indukál.

$$U = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

*L önindukciós együttható
mértékegysége:*

$$1 \frac{Vs}{A} = 1H \text{ (henry)}$$

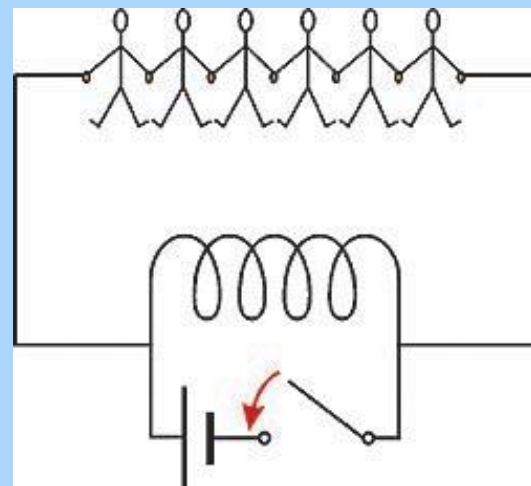
L értékét a tekercs adatai határozzák meg

$$L = N^2 \cdot \mu \cdot \frac{A}{l}$$

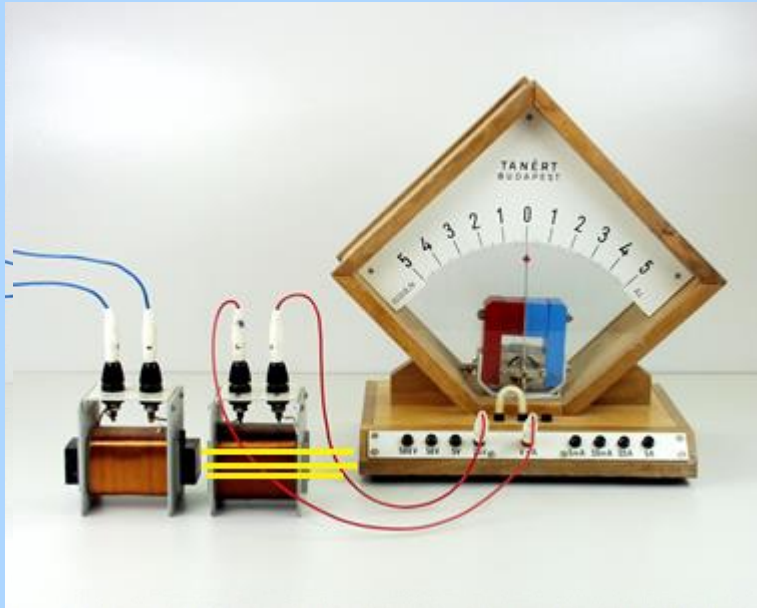
Ki- és bekapcsoláskor ugyanannyi a fluxusváltozás, de **kikapcsoláskor** lényegesen rövidebb idő alatt szűnik meg az áram, mint amennyi idő alatt bekapcsolásnál az elérte a végleges értéket, így **az indukálódott feszültség is nagyobb.**



video

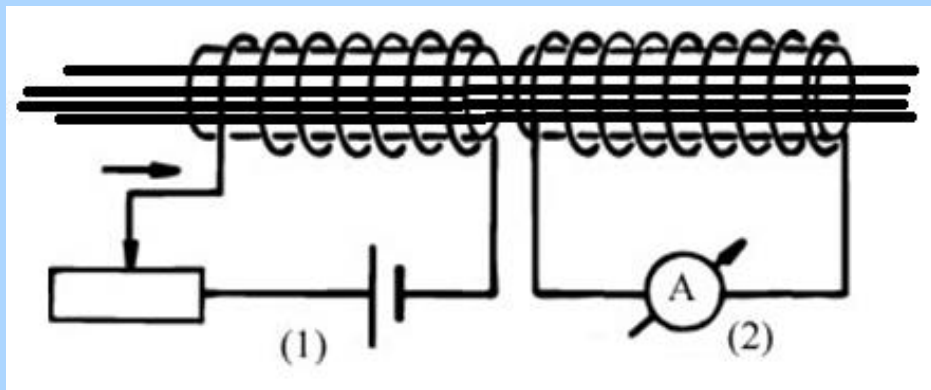


Kölcsönös indukció



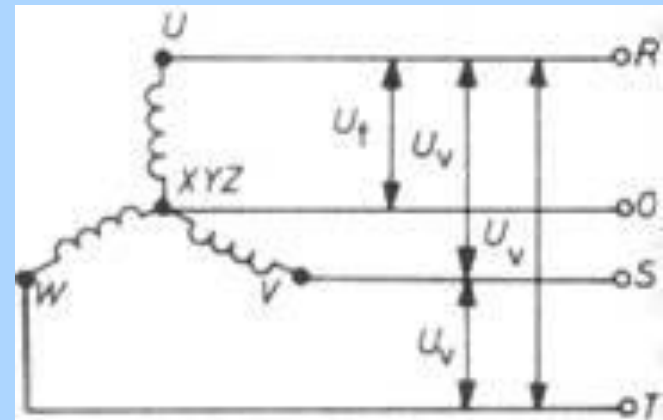
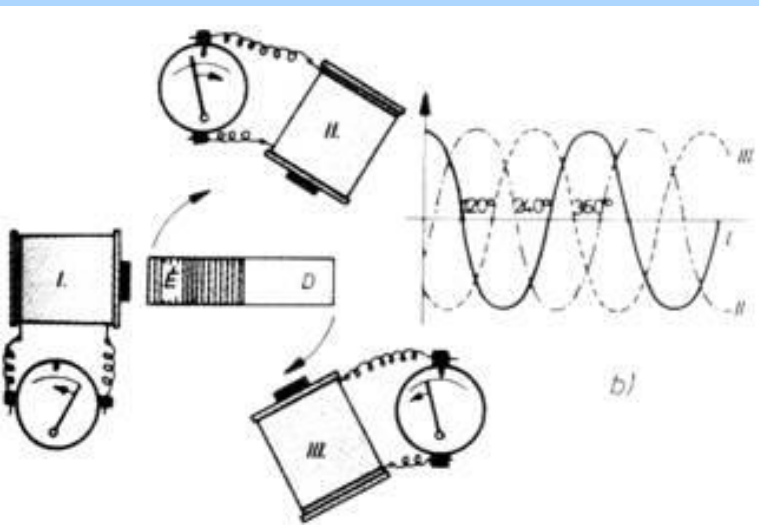
Egy tekercs (1) mágneses mezejében egy másik tekercs is található.

Amikor a mágneses mező megváltozik, akkor a másik tekercsben is változik a fluxus.



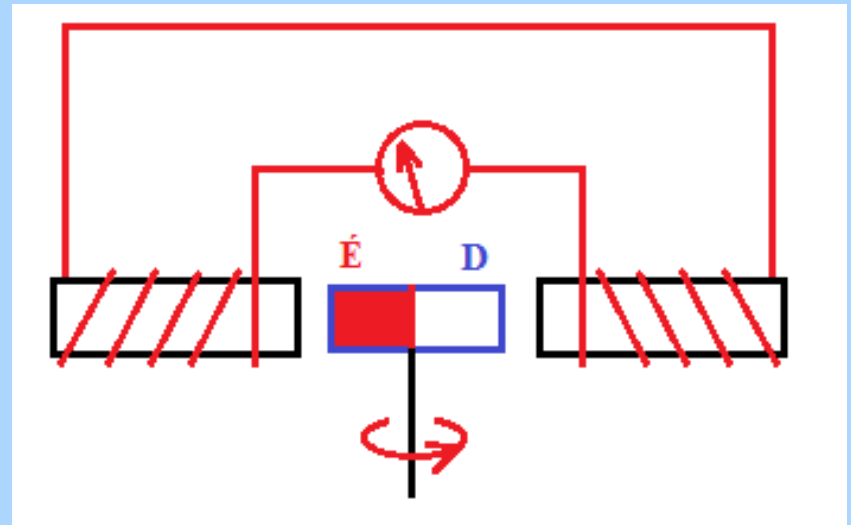
A fluxusváltozás hatására a másik tekercsben (2) feszültség indukálódik.
(Transzformátor elv)

Váltakozó feszültség előállítása



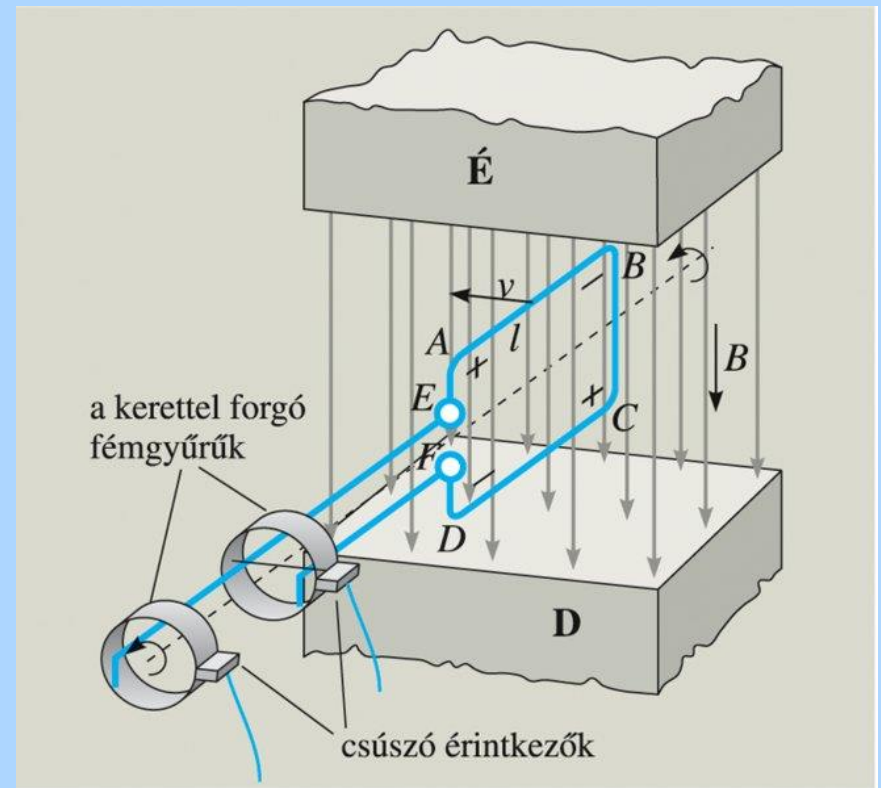
Egyfázisú váltakozó áramú generátor modellje

- A mágnes egy körülfordulása alatt a műszer kétszer mutat zérus és ellentétesen maximális értékeket.
- A kapott feszültség **váltakozó feszültség**.

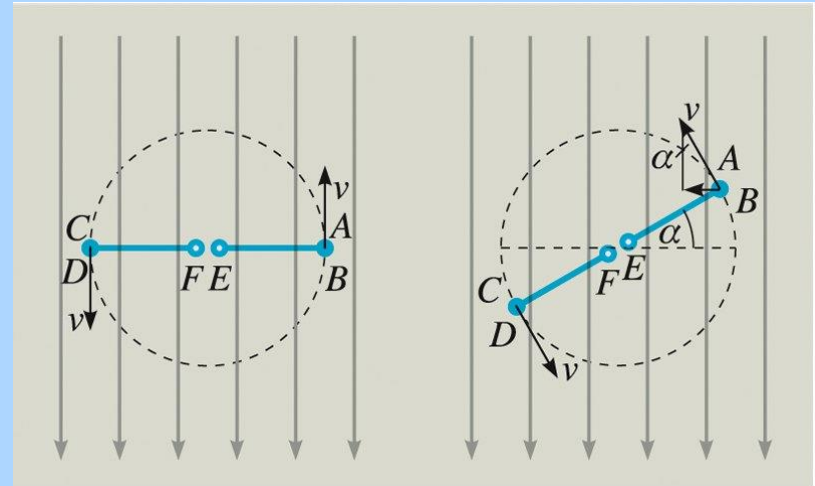
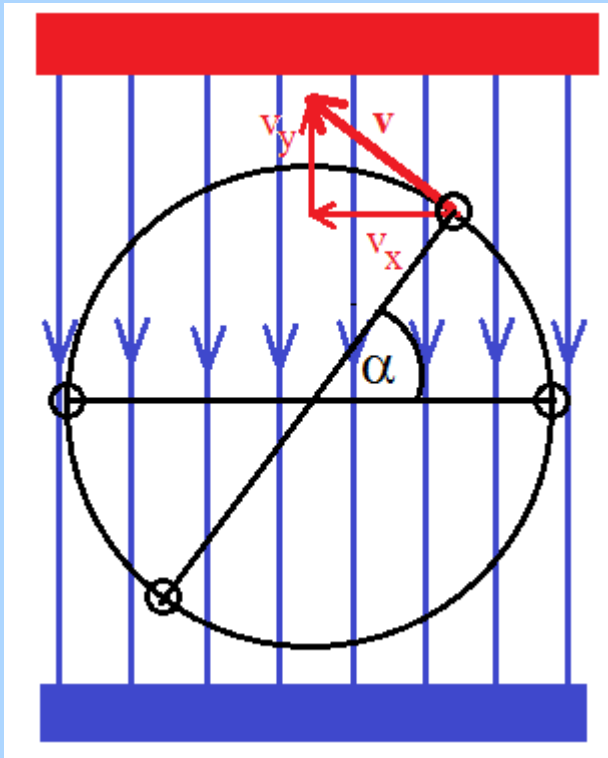


Forgó vezetőkeret

Az l hosszúságú vezetőszakaszok a forgás során metszik az indukcióvonalakat.



Állandó mágneses térben forgó keretben indukálódott feszültség



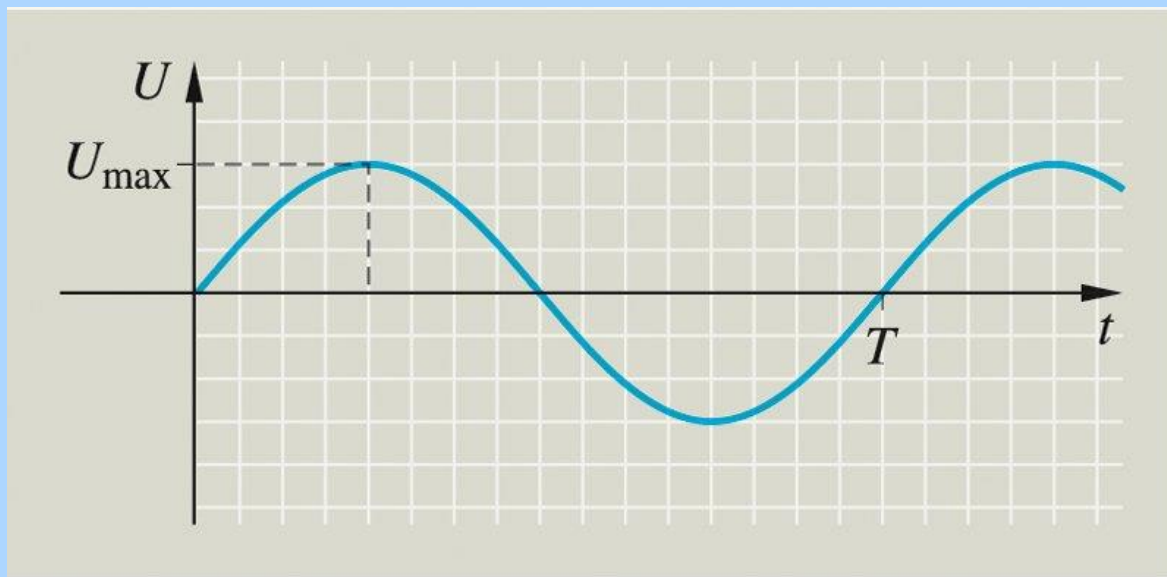
$$U(t) = 2 \cdot B \cdot l \cdot v \cdot \sin(\alpha)$$

α függ az időtől: $\alpha = \omega \cdot t$

$$U(t) = 2 \cdot B \cdot l \cdot v \cdot \sin(\omega \cdot t) = U_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$U(t) = U_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

A feszültség az időnek szinuszos függvénye



$$U(t) = U_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Jellemzők

$$U(t) = U_{\max} \cdot \sin \alpha(\omega \cdot t)$$

$$\alpha = \omega \cdot t$$

fázisszög

$$f = \frac{1}{T}$$

frekvencia

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f$$

körfrekvencia

Váltakozó áram

A váltakozó feszültséget fogyasztóra kapcsolva a feszültséggel megegyező periódusidejű, időben szinuszosan váltakozó áramot kapunk.

$$\mathbf{I(t) = I_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t)}$$

Effektív feszültség, áramerősség

Pillanatnyi jellemzők:

$$U(t) = U_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$I(t) = I_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Egy váltakozó feszültség effektív értékén olyan időben állandó egyen feszültséget értünk, amely ugyanazon fogyasztón ugyanannyi idő alatt **ugyanannyi hőt fejleszt**, mint az adott váltakozó feszültség.

Ezen pillanatnyi értékek helyett az effektív értékeket adjuk meg!

$$U_{eff} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{eff} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

230 V-os effektív feszültség esetén a maximális feszültség 325,27 V.

Váltakozó áram munkája, teljesítménye

$$P_{eff} = U_{eff} \cdot I_{eff} \qquad W = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot t$$

Feltéve, hogy nincs fáziseltolódás az áramerősség és a feszültség között.

Váltakozó áram, feszültség mérése



A váltakozó feszültségű műszerek effektív értéket jeleznek.

Hálózati váltakozó feszültség

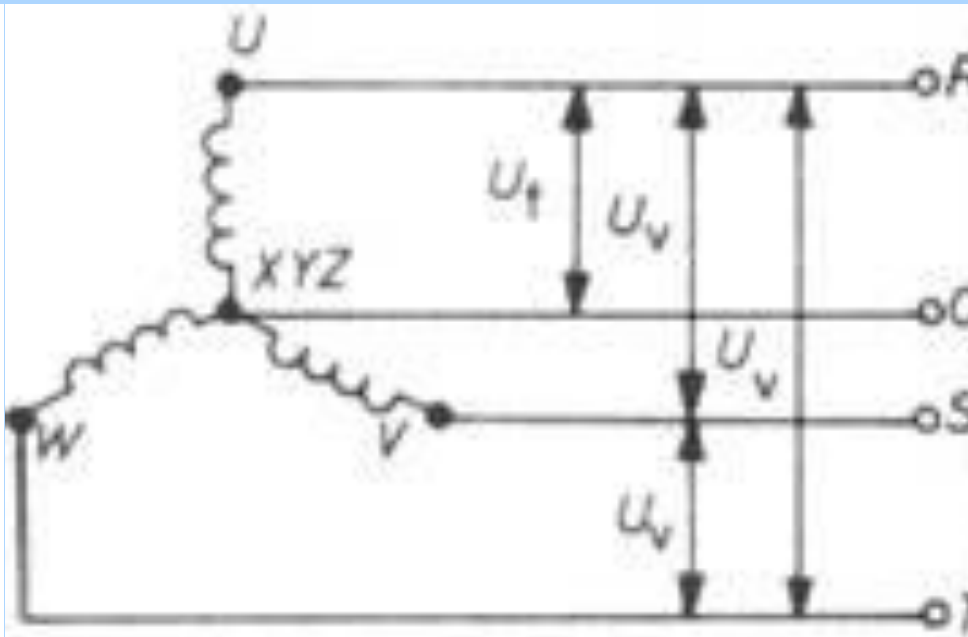
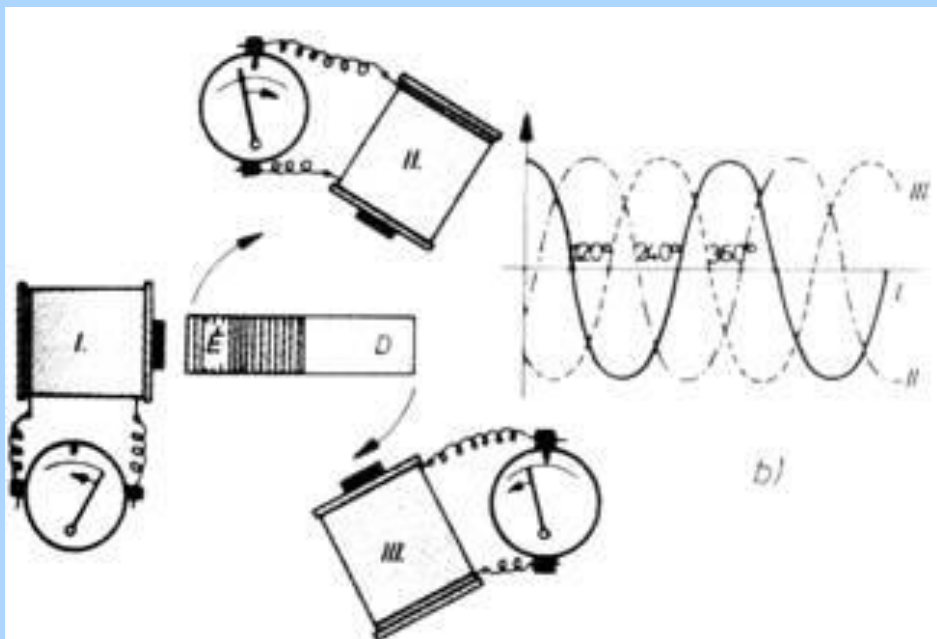
$$U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}, T = 0,02 \text{ s}$$

Mióta?

1993. decemberében közzétették, hogy a - nemzetközi egyezményekkel összhangban - Magyar Szabványügyi Hivatal (jelenlegi nevén: Testület) előírja, hogy az új villamos készülékeket a "megszokott" 380/220 V-os hálózati tápfeszültség helyett a továbbiakban Magyarországon is 400/230 V-ra kell tervezni, valamint csak ilyen készülékeket szabad gyártani.

1996. január 1-től már csak a 400/230 V-os készülékeket szabad forgalomba hozni, továbbá, hogy **2003. január 1-jétől a hálózati feszültség névleges értékének 230 V-nak kell lennie.**

Háromfázisú váltakozóáramú generátor



A váltakozó áram előállítása háromfázisú generátorban történik.

A váltakozó áramú generátornál egy elektromágnes állandó szögsebességgel forog. Az elektromágnes **körül három tekercset helyezünk el egymáshoz képest 120°-os szögben**. A tekercsekben az időben változó mágneses mező feszültséget indukál. Az indukált feszültségek pillanatnyi értékei egymáshoz képest **120°-kal vannak eltolódva**.

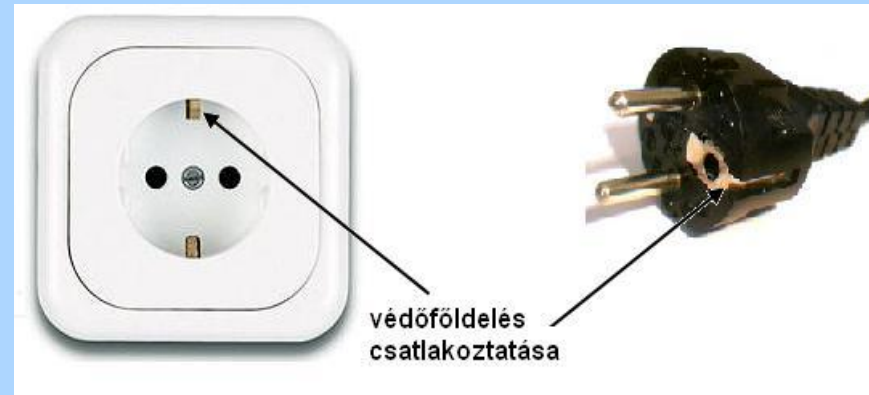
Ha ábrázoljuk a tekercsben indukálódott feszültséget az idő függvényében, akkor észrevehetjük, hogy **bármely pillanatban, a három tekercsben indukálódott feszültség összege nulla**. Ezért a tekercsek egyik kivezetéseit össze szokták kötni és leföldelik. A tekercsek másik kivezetéseire a fogyasztókat kapcsolják, a fogyasztók másik kivezetéseit, pedig a null-vezetékhez kötik.

A háromfázisú váltakozó áramú generátornál kétféle feszültséget lehet mérni. Az egyik a fázisfeszültség, amely bármely tekercs két kivezetése között mérhető, általában a fázis vezeték és a null-vezeték között tudjuk mérni. (**230 V**). A másik a vonalifeszültség (**400 V**), amely bármely két tekercs egy-egy kivezetése között mérhető.

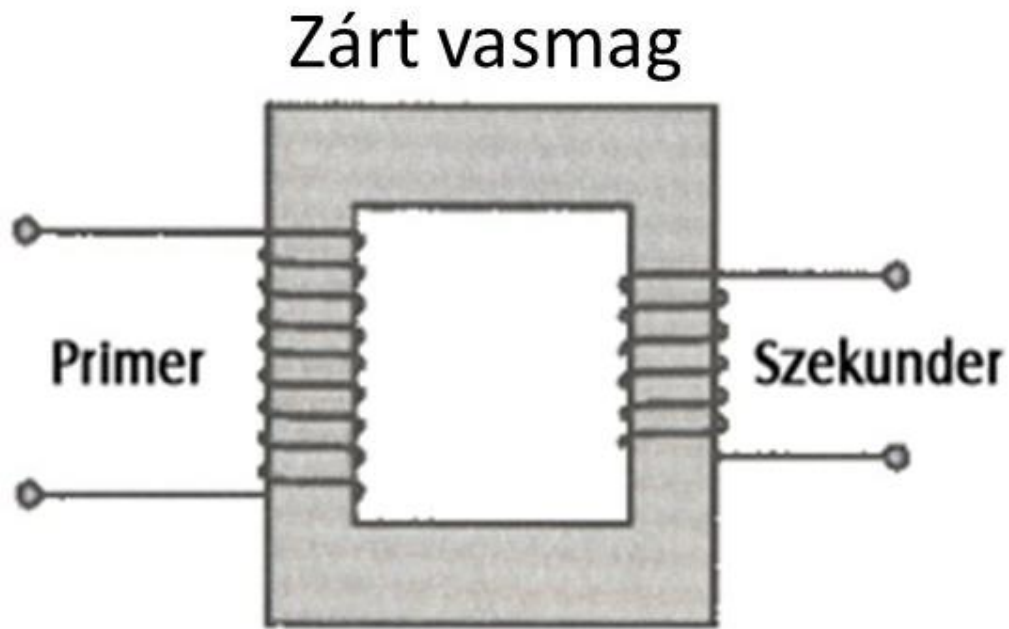
Külföldi szabványok

Continent/ Country	Voltage	Frequency	Plug Type	
North America				
Canada	120 V	60 HZ	USA	
United States	120 V	60 HZ	USA	
Mexico	120 V (127V)	60 HZ	USA	
Japan	110-220 V	50 HZ, 60 HZ	USA	

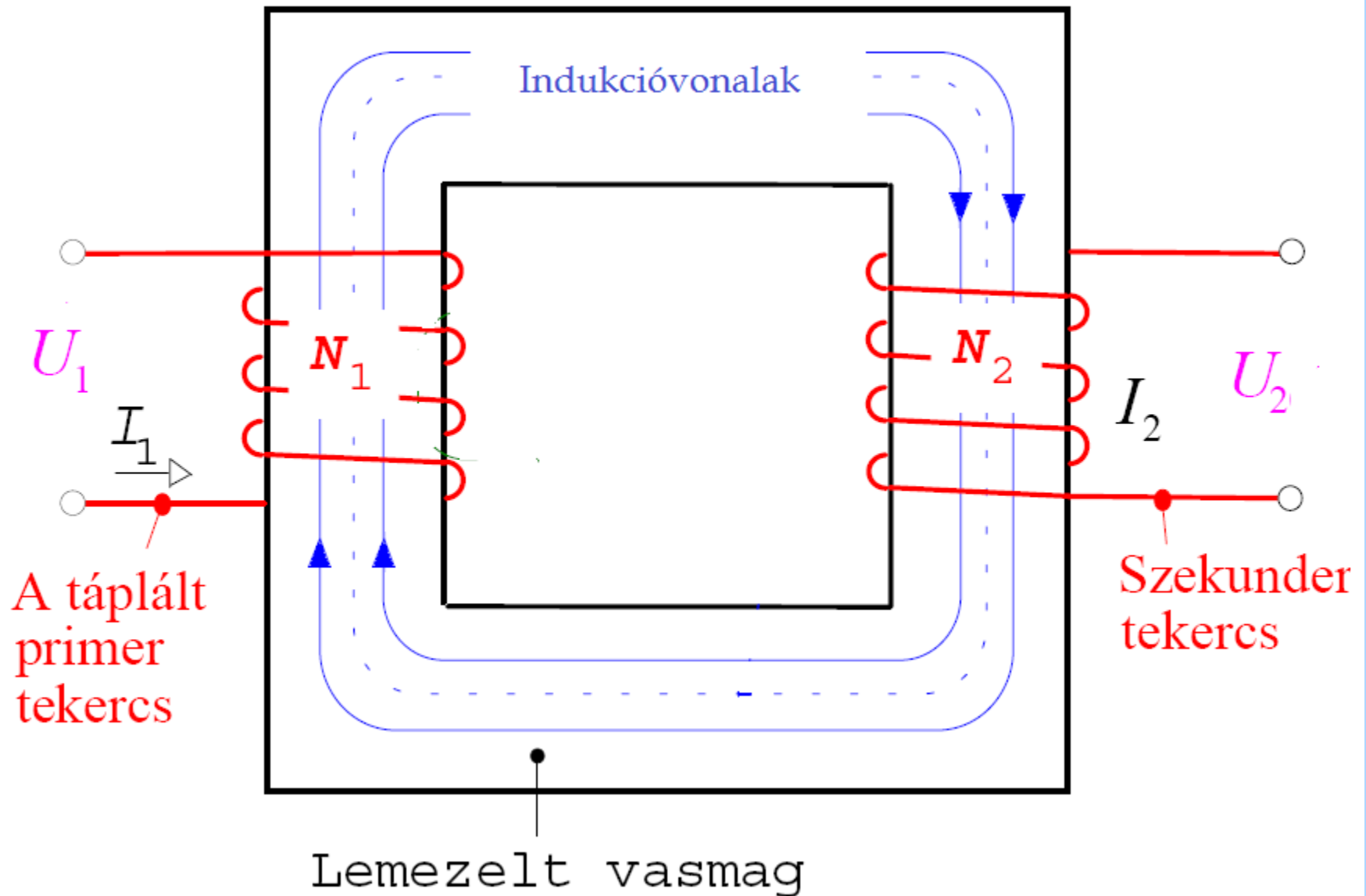
<http://www.powerstream.com/cv.htm>



Transzformátor

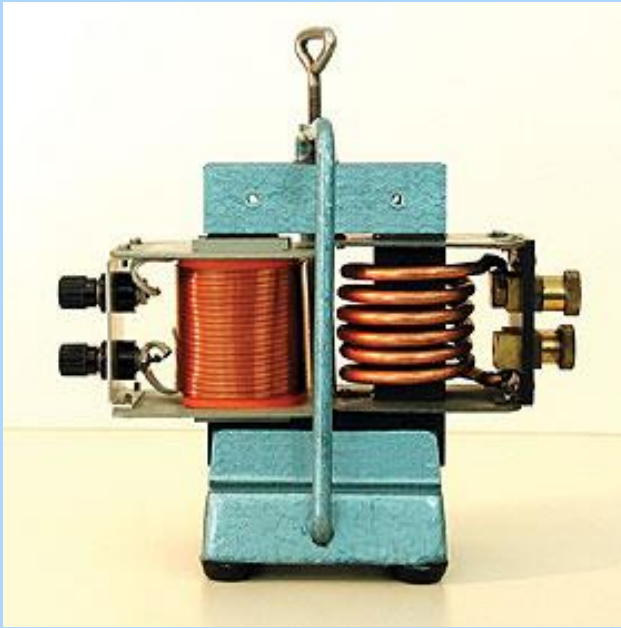


A transzformátor két zárt vasmagra csévált tekercsből áll.



Ideális transzformátorban a veszteségektől eltekintünk, ekkor a szekunder tekercsben a **fluxusváltozás megegyezik** a primer tekercsben lévővel.

Ideális transzformátor



A primer és szekunder feszültségek aránya megegyezik a primer és szekunder tekercsek menetszámának arányával:

$$\frac{U_p}{U_{sz}} = \frac{N_p}{N_{sz}}$$

Feltételezett 100%-os a hatásfok esetén a primer tekercsre juttatott elektromos teljesítmény közel egyenlő a szekunder tekercsen leadott elektromos teljesítménnyel:

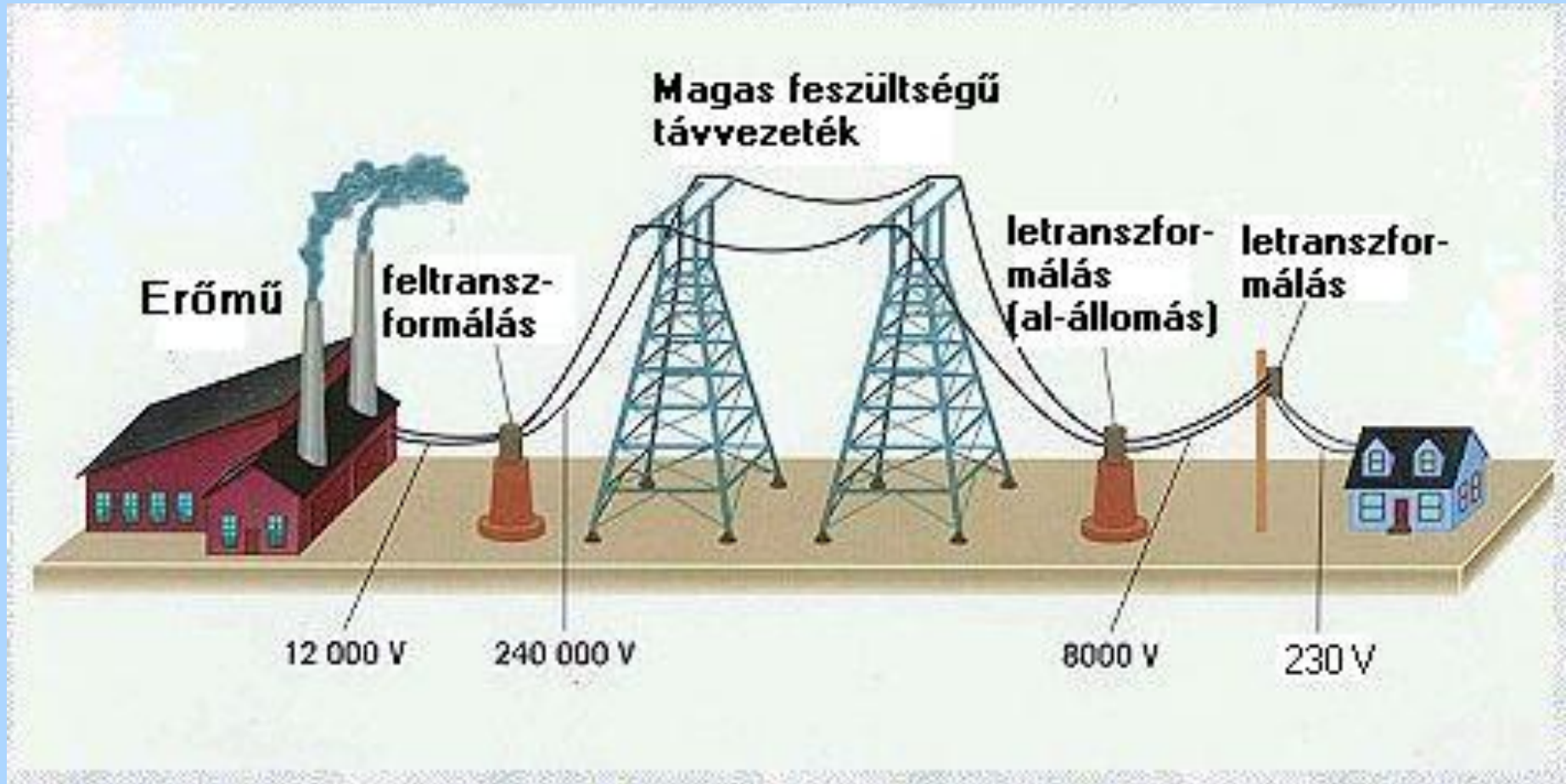
$$U_p \cdot I_p = U_{sz} \cdot I_{sz}$$

Az elektromos energia szállítása

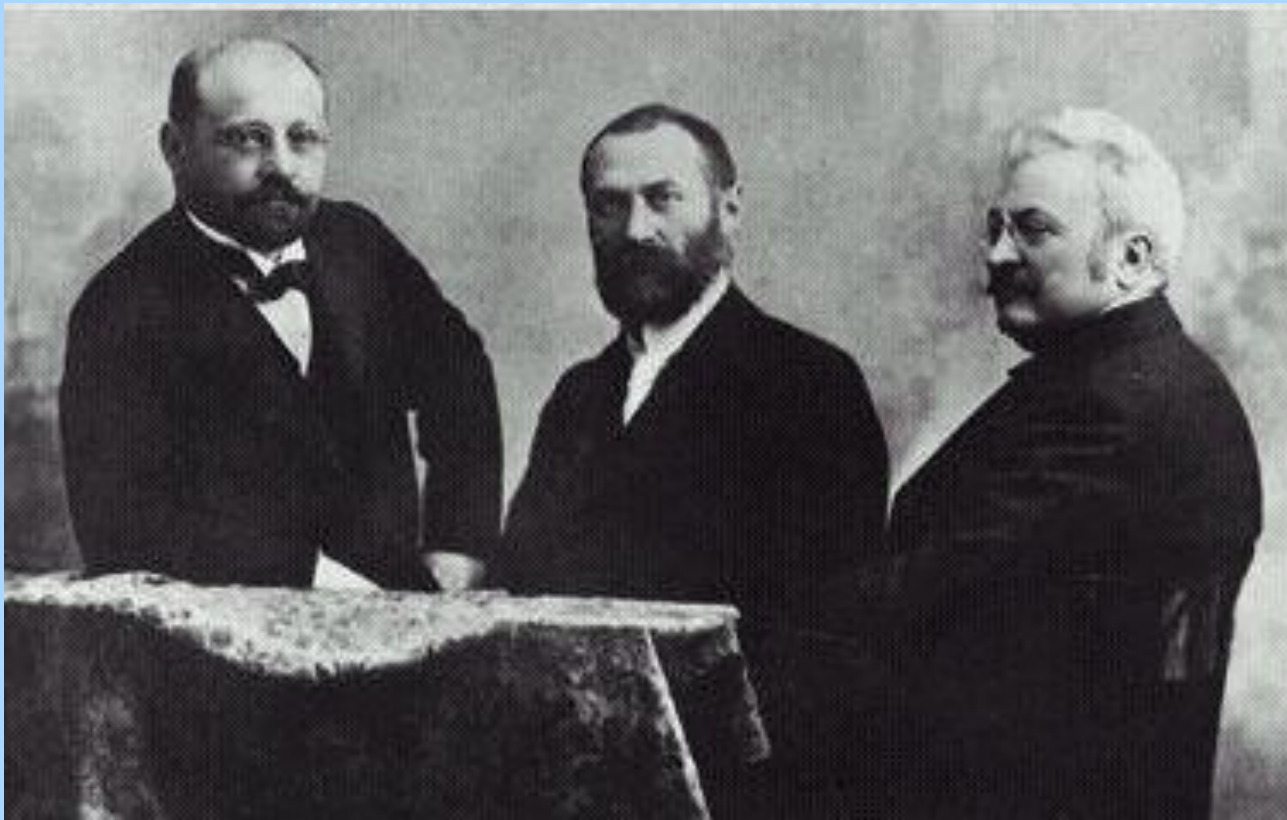
Az elektromos energiaszállításban is problémát jelent a veszteség, ami **a távvezetékek melegedésében jelentkezik.**

A hőveszteség az áramerősség négyzetével arányos, az erőmű által szolgáltatott teljesítmény pedig a vezetékekre kapcsolt feszültség és az áramerősség szorzatával határozható meg $\Rightarrow$ csökkenteni kell az áramerősséget (ezáltal **növelni a feszültséget**) úgy, hogy az átvitt teljesítmény állandó maradjon.

Az elektromos energiaszállítása



A transzformátor „szülei”



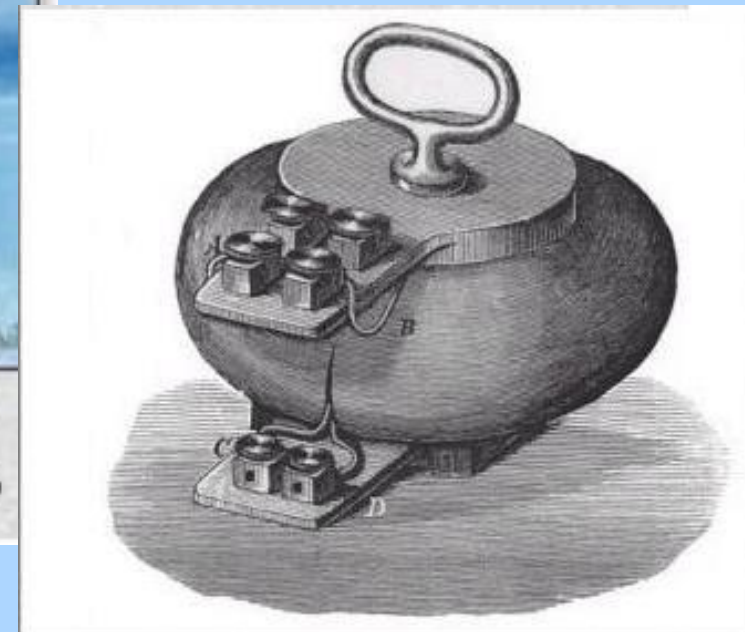
Balról jobbra: **Déri Miksa** (1854-1938), **Bláthy Ottó Titusz** (1860-1939), **Zipernowsky Károly** (1853-1942). (Korabeli újságban 1901-ben megjelent fényképen.)

**1885: A TRANSZFORMÁTOR ÉS A PÁRHUZAMOSAN KAPCSOLT
TRANSZFORMÁTOROKON ALAPULÓ VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ
ENERGIAELOSZTÓ RENDSZER KIDOLGOZÁSA**

„MÉRTÉKSTADIUMOK A TRANSZFORMÁTOROK ÉS A HÉRTANTRANSZFORMÁTOROK



Bláthy's watt-meter



Bláthy-ék transzformátora

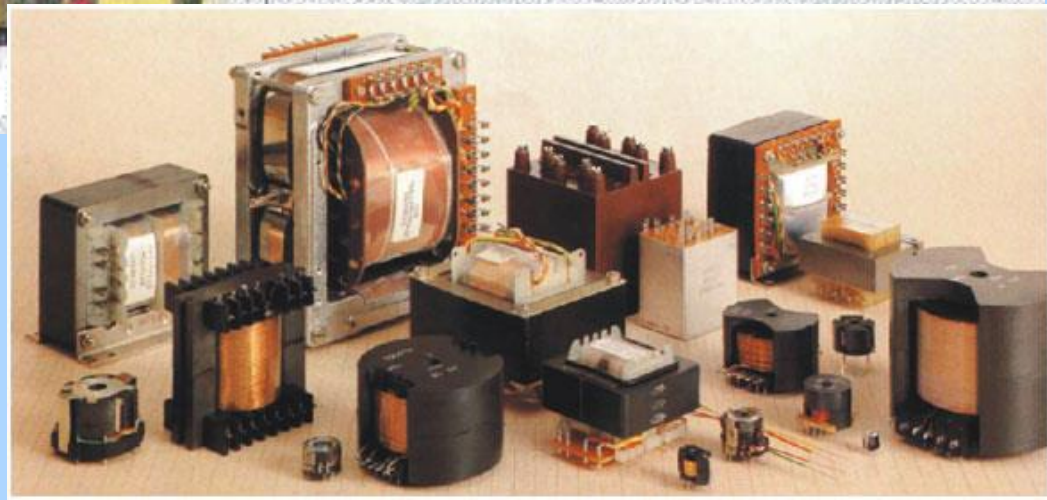
Transzformátorok mindenütt



Letranszformálás 240000 V-ról 8000 V-ra



Letranszformálás 8000V-ról 230 V-ra



Elektromos energiafogyasztás díja

Az elektromos eszközök munkát végeznek. **A munkát meg kell fizetni.**

Munka = teljesítmény szorozva idővel ($W = P \cdot t$)

Az áramszolgáltatók a teljesítményt wattban (jele: **W**, ezerszerese a kilowatt, jele: **kW**) az időt órában (jele: **h**) mérik, **az áram munkáját kilowatt órában (kWh) számolják.**

A fogyasztás mértékétől függően napjainkban **1 kWh kb. 30-45 forintba kerül.**

Néhány fogyasztó teljesítménye

FOGYASZTÓ	NÉVLEGES TELJESÍTMÉNY	FOGYASZTÓ	NÉVLEGES TELJESÍTMÉNY
zsebizzó	1 – 2 W	kávéfőző	700 – 1100 W
ventilátor	35 – 80 W	hőszugárzó	600 – 4000 W
izzólámpa (háztartási)	15 – 100 W	vasaló	1200 – 1800 W
számítógép	200 – 300 W	vízmelegítő	1400 – 2400 W
mosógép	1000 – 1200 W	villanytűzhely	3 – 10 kW
porszívó	1100 – 1800 W	villamos mozdony	1600 – 7000 kW

Fényforrások összehasonlítása

WATT vs. LUMEN

ENERGIA MEGTAKARÍTÁS

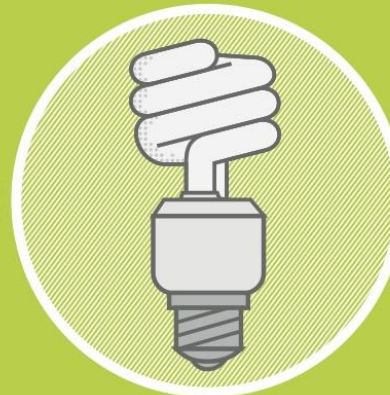
Izzólámpa



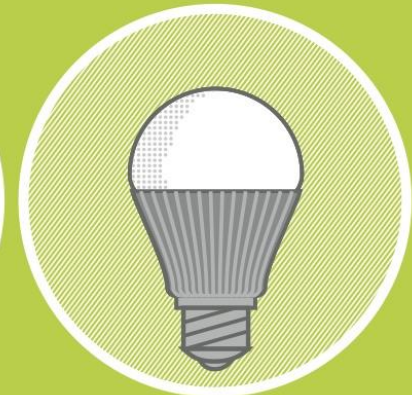
Halogén lámpa



Kompakt fénycső



LED



Megtakarítás: 0%

Watt	Lumen
25 W	220 lm
40 W	415 lm
60 W	710 lm
75 W	935 lm
100 W	1340 lm

Megtakarítás: 30%

Watt	Lumen
18 W	170 lm
28 W	345 lm
42 W	360 lm
35 W	840 lm
70 W	1200 lm

Megtakarítás: 80%

Watt	Lumen
5 W	270 lm
8 W	505 lm
12 W	741 lm
15 W	970 lm
20 W	1220 lm

Megtakarítás: akár 90%

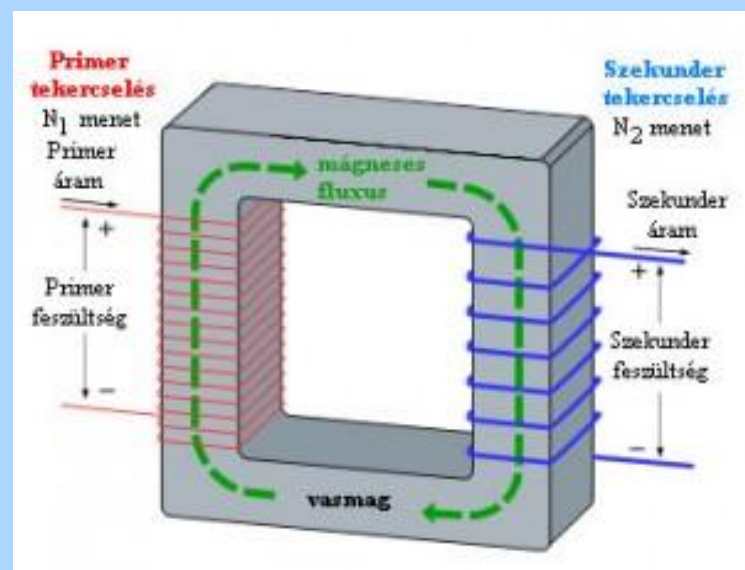
Watt	Lumen
4 W	250 lm
5,5 W	470 lm
9 W	806 lm
10,5 W	1055 lm
13,5 W	1521 lm

Feladatok

**Elektromágneses indukció
témaköréhez**

1. feladat

Egy transzformátortekercsinek menetszáma $N_p = 1200$ és $N_{sz} = 3600$. Mekkora lesz a szekunder tekercsben keletkező feszültség, ha a primer tekercset a 230 V-os hálózatra kapcsoljuk?



Forrás: Wikipédia

2. feladat

Egy transzformátor teljesítménye 10 W . A primer feszültség 230 V . Mekkora az áramerősség a primer és szekunder körben, ha a szekunder körben mért feszültség 9 V ? A veszteségektől tekintsünk el.



Megoldás: $0,043\text{ A}$ és 1 A

3. feladat

Egy hagyományos mosógép teljesítménye 750 W volt. Mennyibe került annak idején az üzemeltetése, ha egy program lefutása 45 perc volt és 1 kWh elektromos energia 25 Ft-ba került?



4. feladat

A jobboldali légmagos primer tekercs (1) hossza 6 cm, közepes átmérője 4,5 cm, menetszáma 600, a mellette lévő szekunder (2) tekercs menetszáma 1200.

A primer áramot 6 s alatt növeljük 0,1 A-ról 1 A-ra egyenletesen.

a) Mekkora a fluxusváltozás az egyes tekercsekben?

b) Mekkora az indukált feszültség a szekunder tekercsben?

Adatok:

$$N_1 = 600$$

$$N_2 = 1200$$

$$\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

$$\Delta t = 6 \text{ s}$$

$$I_1 = 0,1 \text{ A}$$

$$I_2 = 1 \text{ A}$$

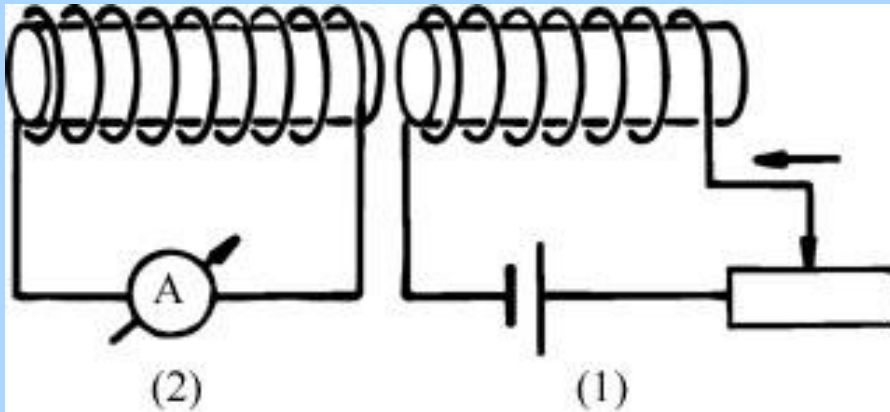
$$l = 6 \text{ cm (tekercs hossza)}$$

$$d = 4,5 \text{ cm}$$

$$\Delta \Phi = ?$$

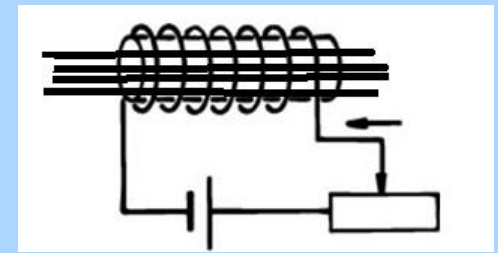
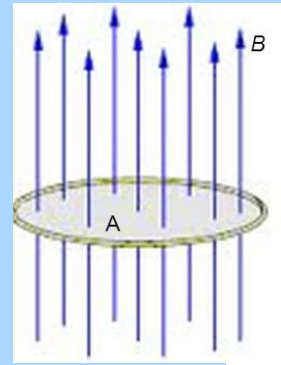
$$U_1 = ?$$

$$U_2 = ?$$



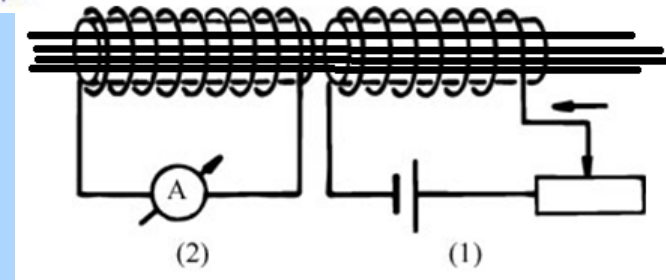
4. feladat megoldása

Mágneses fluxus számítása: $\Phi = B \cdot A$



A baloldali, szekunder tekercsben a fluxusváltozás megegyezik a jobboldali tekercs fluxusváltozásával. A veszteségektől eltekintünk.

Szükséges összefüggések:



Áramátjárta tekercsben mérhető indukció: $B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$

A tekercsben mérhető mágneses fluxus: $\Phi = B \cdot A = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} \cdot A$

A fluxusváltozás: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = \mu_0 \cdot \frac{N_1 \cdot I_2}{l} \cdot A - \mu_0 \cdot \frac{N_1 \cdot I_1}{l} \cdot A = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot \Delta I}{l} \cdot A$

Fluxusváltozás hatására egy tekercsben indukálódott feszültség: $U = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Végző összefüggés: $U_2 = N_2 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Eredmények:

$$A_1 = r^2 \cdot \pi = 15,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Delta\Phi = 15,97 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}$$

$$U_2 = N_2 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 3,59 \text{ mV}$$

5. feladat

Egy 8 mH önindukciós tényezőjű tekercsben 0,2 s alatt 120 mA-rel változik az áram erőssége. Mekkora az önindukciós feszültség a tekercsben?

Adatok:

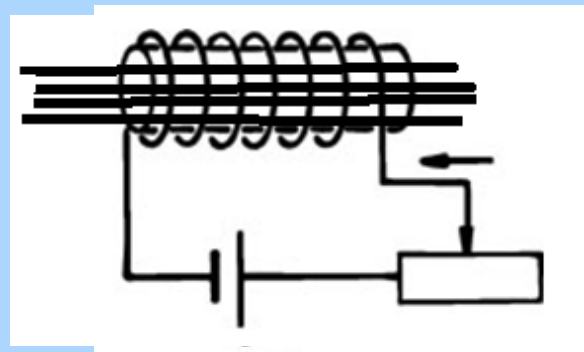
$$L = 8 \text{ mH} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$\Delta I = 120 \text{ mA} =$$

$$120 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ s}$$

$$U = ?$$



Szükséges összefüggés:

Az áramváltozás miatt létrejött önindukciós feszültség:
$$U = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Eredmény: 4,8 mV

Források

- <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszet tudomanyok/fizika>
- [https://fizipedia.bme.hu/index.php/Időben változó elektromos és mágneses terek kapcsolata](https://fizipedia.bme.hu/index.php/Időben_változó_elektromos_és_mágneses_terek_kapcsolata)
- <https://www.fizkapu.hu/fizfoto/fizfoto4.html>
- <http://berzelab.berze.hu/tag/onindukcio/>
- Drégen Csaba- Elblinger Ferenc – Simon Péter: Fizika 11.OFI, Budapest
- Wikipédia