

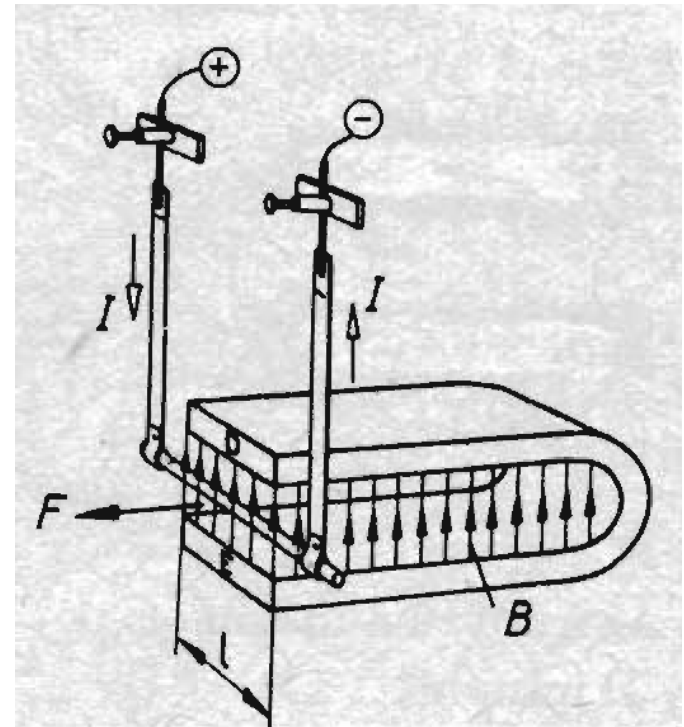
Elektrotechnika

Ballagi Áron

Mágneses tér

Mágneses indukció – kísérlet

- Állandó mágneses térben helyezünk el egy l hosszúságú vezetőt, és bocsássunk a vezetõbe I áramot!
 - **Tapasztalat:** a vezető kilendül, tehát erő hat rá!
- Változtassuk I áramerősséget és mérjük meg az F erőket!
- Változtassuk l vezetékhooszt és mérjük meg az F erőket!
- Végezzük el a kísérletet egy másik mágnessel is!



Mágneses indukció – kísérlet

- A kísérletből megállapítható, hogy a mágneses térben elhelyezett l hosszúságú vezetőre, amelyben I áram folyik, akkora F erő hat, hogy az $\frac{F}{I \cdot l}$ állandó.
- A villamos áram a vezető körül mágneses teret létesít.

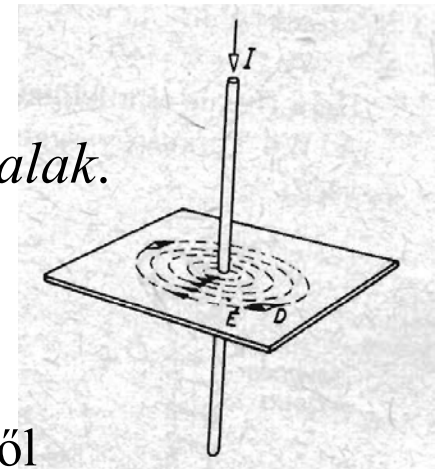
Mágneses indukció

Mágneses indukció a

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

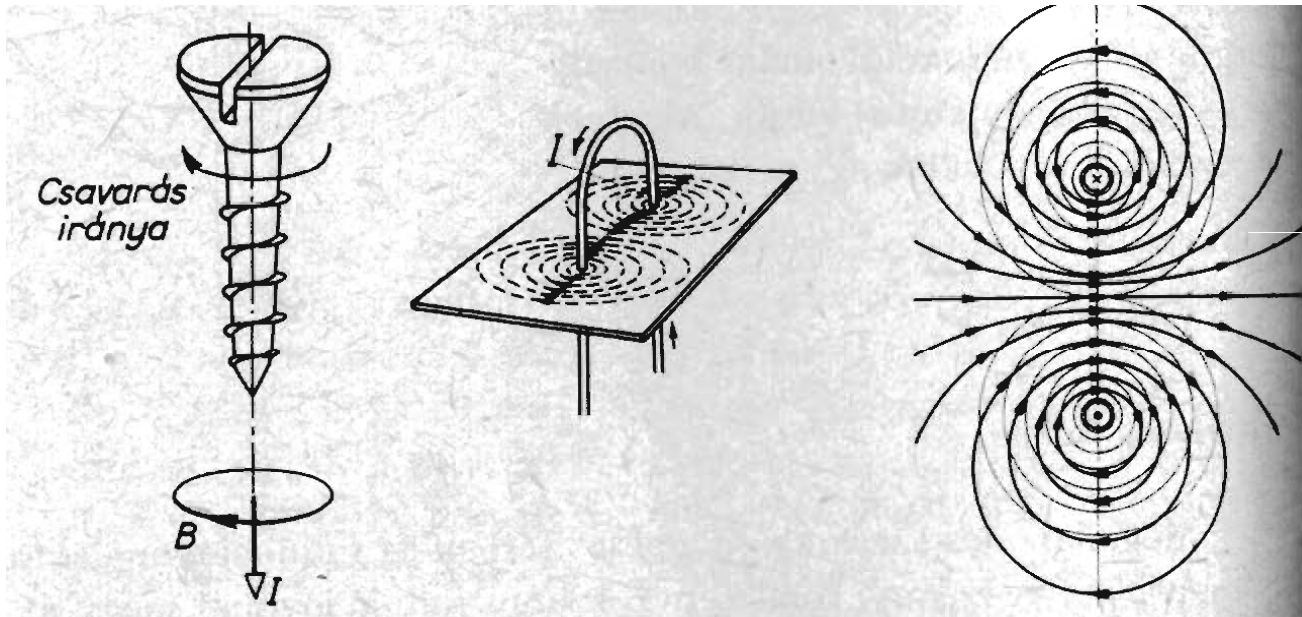
hányadossal megadott fizikai jellemző.

- jelölése: B
- mértékegysége: *tesla*, jele: T 1 tesla (T) = $1 \frac{Vs}{m^2}$
- A mágneses térben ható erő vektorok az *indukcióvonalak*.
 - Ha a mágneses tér homogén az indukcióvonalak párhuzamosak egymással.
 - Az egyenes vezető körül kialakult mágneses tér indukcióvonalai koncentrikus körök, melyek a vezetőtől távolodva egyre ritkulnak.



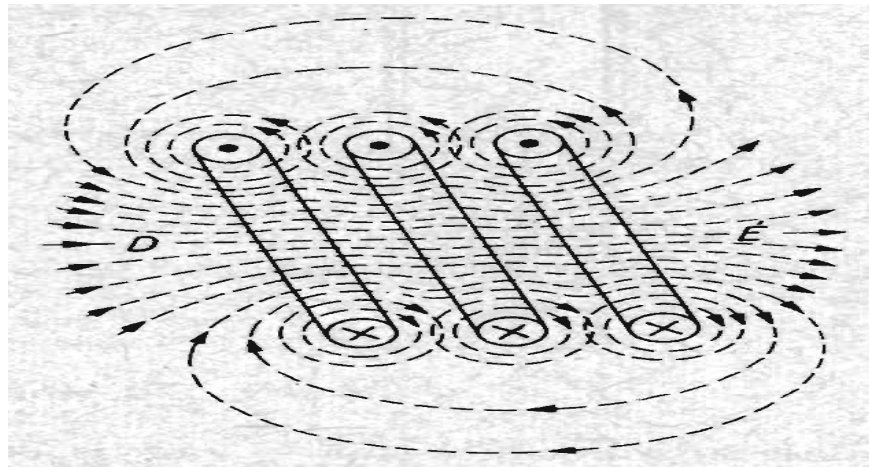
Indukcióvonalak

- Az indukcióvonalak irányának meghatározására a „jobbcsavar” szabályt használjuk.



Indukcióvonalak

- Ha az áramirány két vezetőben ellentétes, a vezetők közötti térben kapjuk a legnagyobb erőhatást.
- Ha az áramirány megegyezik, a két vezető között az indukcióvonalak ellentétes irányúak, egymás hatását gyengítik.
 - A több menetű tekercs szomszédos menetei között az erőhatás nagyon kicsi, így a tekercs külső terében gyakorlatilag nincs mágneses hatás, a tekercs mágneses tere csak a tekercs belsejében alakul ki.



Mágneses fluxus

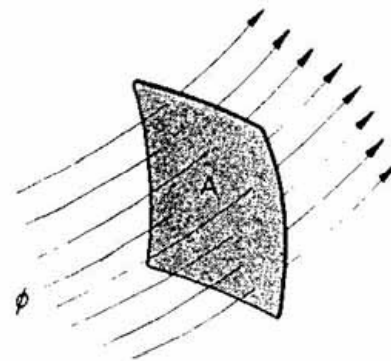
- Az mágneses indukció értelmezhető a felületegységen merőlegesen áthaladó indukciójonalak számaként is.

Mágneses fluxus az A felületen merőlegesen átmenő indukciójonalak száma

$$\Phi = B \cdot A$$

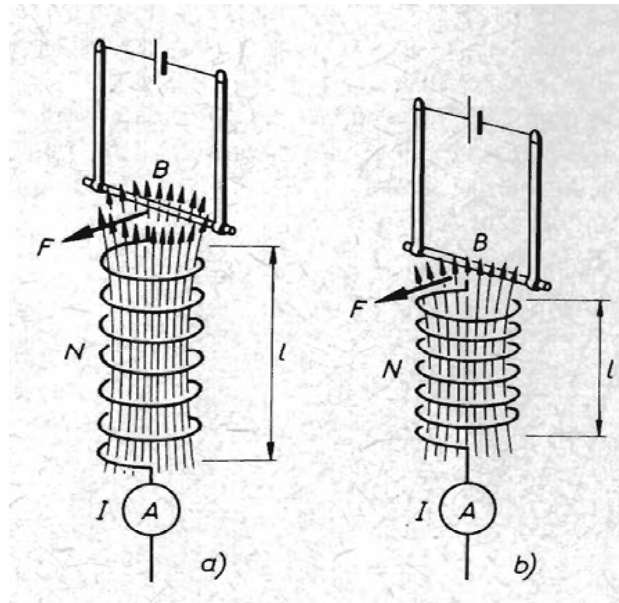
- jelölése: Φ
- mértékegysége: *weber*, jele: Wb

$$1 \text{ weber (Wb)} = 1 \frac{Vs}{m^2} \cdot m^2 = Vs$$



Mágneses térerő – kísérlet

- Bocsássunk áramot egy N menetű tekercsbe. A tekercs mágneses teret hoz létre, melyben a B mágneses indukciót erőméréssel határozhatjuk meg.
- Az indukcióvonalak közepes hossza, a tekercs l hosszával azonos.
- Több mérést végezzünk különböző l , I és N értékekkel.



Mágneses térerő

Mágneses térerősség a

$$H = \frac{I \cdot N}{l}$$

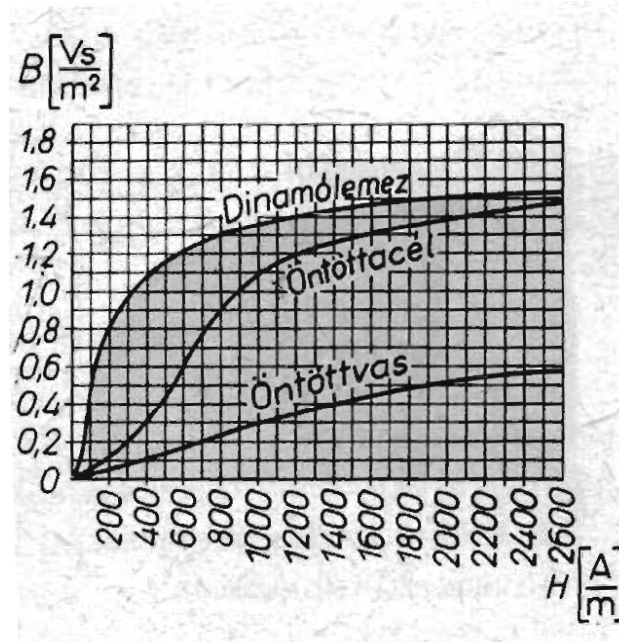
hányadossal megadott fizikai jellemző.

- jelölése: H
- mértékegysége: $\frac{\text{A}}{\text{m}}$
- A mágneses indukció és térerősség hányadosa légmagos tekercsben állandó – *abszolút vagy vákuum permeabilitás*

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

Mágnesezési görbék

- Vasanyagok mágnesezésekor a mágneses indukció és térerősség közötti összefüggés nem lineáris – mágnesezési jelleggörbe írja le.
- A görbék a telítési szinthez tartanak, e felett a mágneses indukció már nem (vagy csak nagyon csekély mértékben) növekszik



Permeabilitás

Ha az áramtekercs nem légyüres hanem valamilyen maggal rendelkezik, akkor a mágneses indukció és térerősség hányadosával megadott fizikai mennyiség az anyagra jellemző adat; a mágneses permeabilitás.

$$\mu = \frac{B}{H}$$

- A permeabilitás két tényezőből áll: μ_0 vákuum (abszolút) permeabilitásból és a μ_r relatív permeabilitásból.

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

- Gyakorlatban a relatív permeabilitást szokás megadni.
 - diamágneses anyagok: $\mu_r < 1$ és állandó, pl.:üveg, réz, víz
 - paramágneses anyagok: $\mu_r > 1$ és állandó, pl.:Al, Si
 - ferromágneses anyagok: $\mu_r \gg 1$ térerősség függő, pl.: Fe

Példák

1. Mekkora a mágneses indukció abban a mágneses térben, amelyben elhelyezett vezetőre $F = 3 \text{ N}$ erő hat, a vezető hossza $l = 20 \text{ cm}$, és benne $I = 15 \text{ A}$ erősségű áram folyik?

$$B = \frac{F}{I \cdot l} = \frac{3}{15 \cdot 0.2} = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = 1 \text{ T}$$

Példák

2. Az $N = 1000$ menetű, $l = 0.1$ m hosszú tekercs átmérője $d = 2$ cm, az áramerősség $I = 5$ A. A tekercsben $\Phi = 0.197 \cdot 10^{-4}$ Vs fluxust kell létesíteni. Mekkora a mágneses térerősség és az indukció?

A mágneses térerősség:
$$H = \frac{I \cdot N}{l} = \frac{5000}{0.1} = 50000 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

Az indukcióvonalakra merőleges keresztmetszet:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{2^2 \cdot \pi}{4} = 3.14 \text{ cm}^2 = 3.14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

A mágneses indukció:

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{0.197 \cdot 10^{-4}}{3.14 \cdot 10^{-4}} = 0.0627 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = 0.0627 \text{ T}$$

Példák

3. Egy állandó mágnesű műszerben a lengőtekercs $z = 42$ vezetőből áll, a vezetők hossza $l = 2$ cm. A mágneses indukció a mérések szerint $B = 0.1$ T. Az áramerősség $I = 15$ mA. A lengőtekercs átmérője $d = 2.5$ cm. Számítsuk ki, hogy egy vezetőre és az egész tekercsre mekkora erő hat, és mekkora az erő nyomatéka!

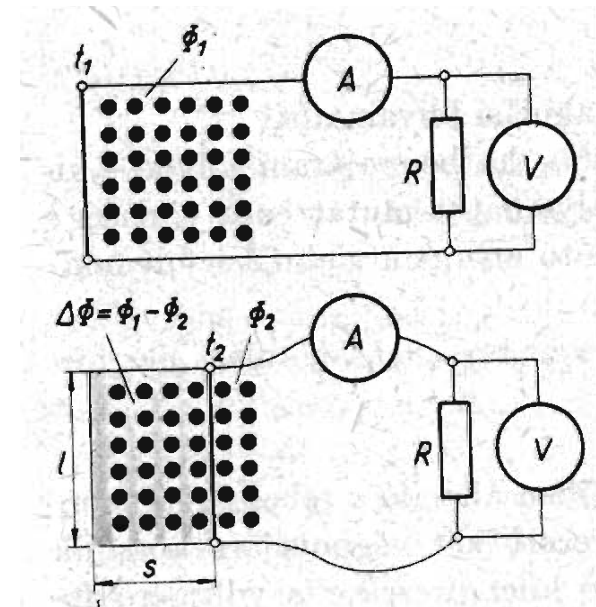
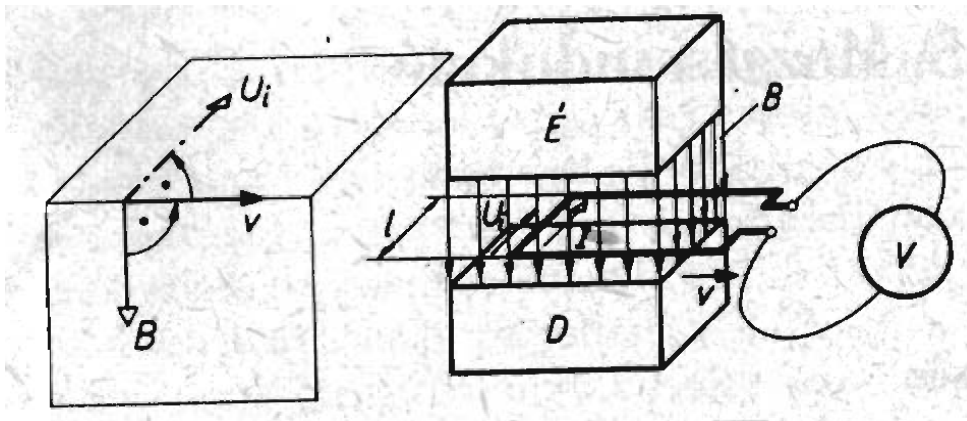
Egy vezetőre ható erő: $F_1 = B \cdot I \cdot l = 0.1 \cdot 0.015 \cdot 0.02 = 30 \cdot 10^{-6}$ N

A lengőtekercsre kifejtett erő: $F = z \cdot F_1 = 42 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 1260 \cdot 10^{-6}$ N

A lengőtekercsre ható nyomaték: $M = F \cdot \frac{d}{2} = 1260 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0.025}{2} = 15.75 \cdot 10^{-6}$ N

Mozgási indukció – kísérlet

- B indukciójú állandó mágneses térben állandó v sebességgel mozgassunk egy l hosszúságú vezetőt! A vezető két végpontja közé kössünk egy milivoltmérőt!
- Változtassuk a B , l , és v értékét egyenként!



Mozgási indukció

- Állandó mágneses térben az indukcióvonalakra merőlegesen mozgatva egy vezetőt, benne feszültség indukálódik. Ez a jelenség a *mozgási indukció*.

A mozgási indukció során a vezetőben indukált feszültség egyenesen arányos a tér B mágneses indukciójával, a vezető l hosszával és a mozgás v sebességével

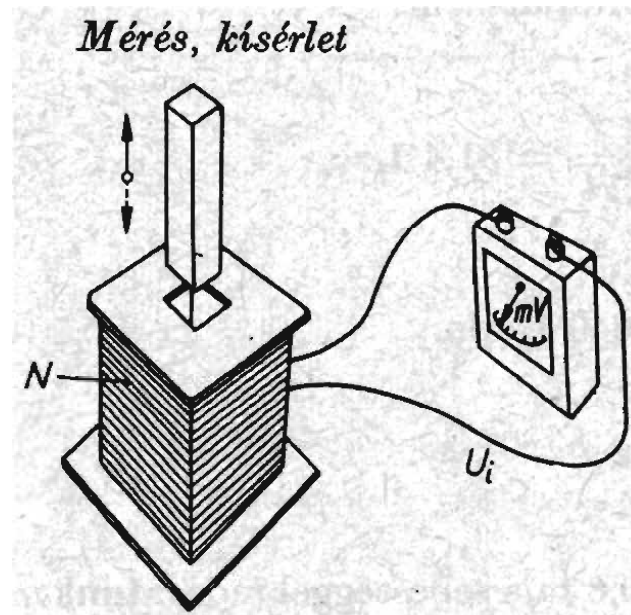
$$U_i = B \cdot l \cdot v$$

Lenz törvénye:

Az indukált áram iránya mindig olyan, hogy a mágneses hatásával a létrehozó változást akadályozza.

Nyugalmi indukció – kísérlet

- Változtassunk egy N menetszámú tekercsben a mágneses fluxust egy vasmag mozgatásával! Mérjük az indukált feszültséget.
- Változtassunk egy N menetszámú tekercsben a mágneses fluxust egy vasmag mozgatásával! Mérjük az indukált feszültséget.



Nyugalmi indukció

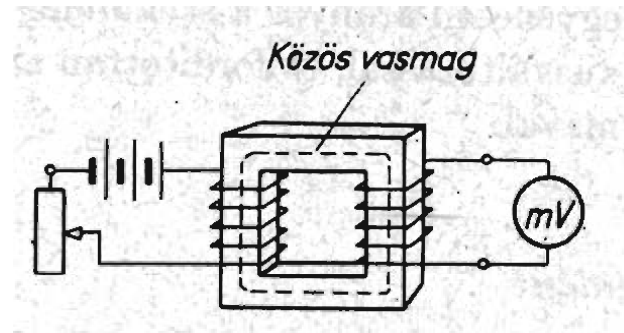
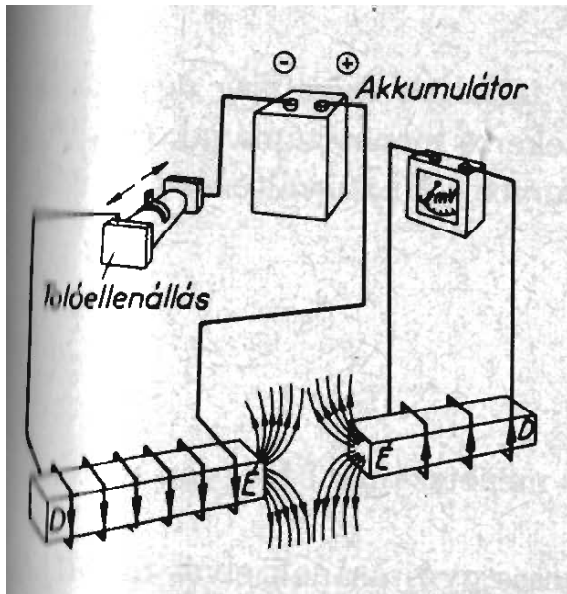
- Ha a mágneses térben levő nyugvó tekercs belsejében a mágneses fluxus megváltozik, a tekercsben (vezetőben) feszültség indukálódik. Ez a jelenség a *nyugalmi indukció*.

A nyugalmi indukció során az indukált feszültség egyenesen arányos a tekercs menetszámával és a fluxusváltozással, és fordítottan arányos a fluxusváltozás időtartamával.

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

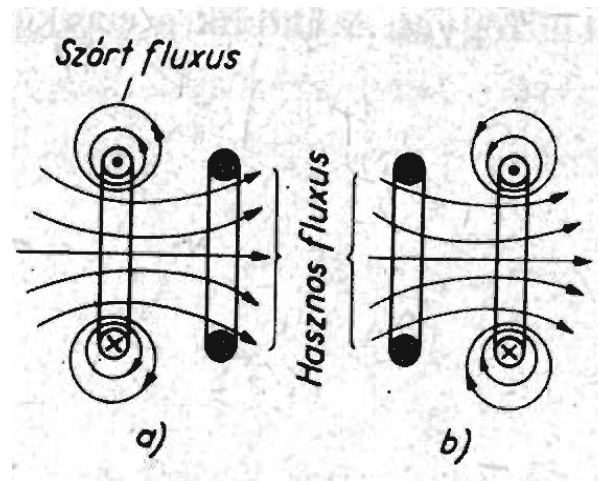
Kölcsönös indukció – kísérlet

- Helyezzünk két tekercset egymás közelébe! Változtassuk az egyik tekercs mágneses fluxusát az áram ki- és bekapcsolásával, illetve az áramerősség változtatásával!
A másik tekercsre kapcsolt voltmérő feszültséget jelez.



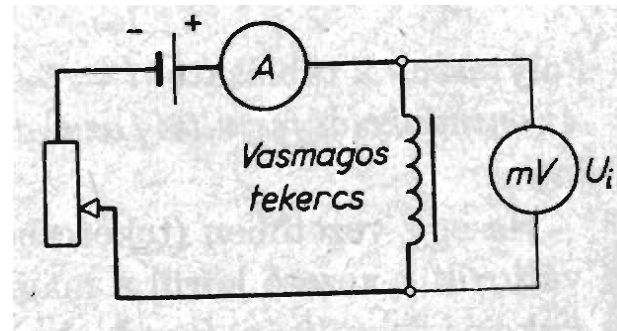
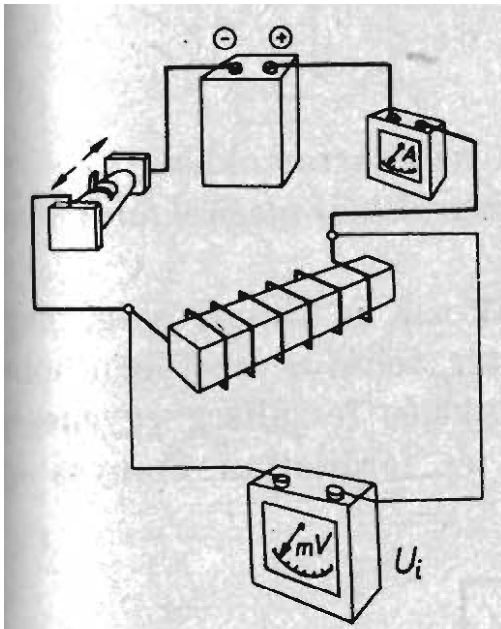
Kölcsönös indukció

- Kölcsönös indukció jelensége akkor áll elő, ha két tekercs közül az egyik (primer tekercs) fluxusát változtatjuk. Ekkor a második tekercsben (szekunder tekercs) feszültség indukálódik.
- A kölcsönös indukció során a szekunder tekercsben indukált feszültségre hasonló összefüggés írható le mint a nyugalmi indukciónál.



Önindukció – kísérlet

- Változtassuk egy tekercsben az áramerősséget!
Amíg az áramerősség-változás tart, a tekercsben feszültség indukálódik.



Önindukció

- Ha egy vezetőben (tekercsben) változik az áramerősség, megváltozik a vezető körül a mágneses tér, tehát a vezetőben önindukciós feszültség ébred.

Az önindukciós feszültség egyenesen arányos az áramerősség változással, és fordítottan arányos az áramerősség változás időtartamával.

$$U_i = L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

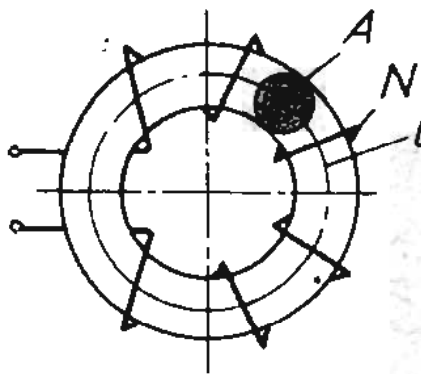
- Az L arányossági tényezőt önindukciós tényezőnek – *induktivitásnak* – nevezzük.

$$U_i = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta i}{\Delta i} = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta i} \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

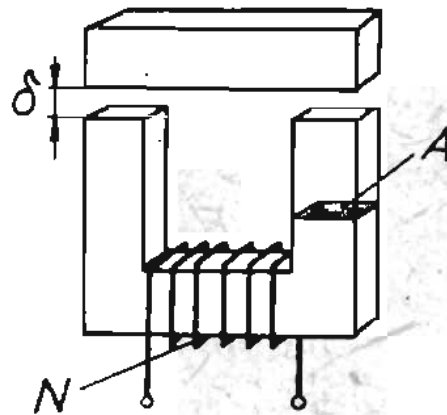
$$L = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta i}$$

Induktivitás

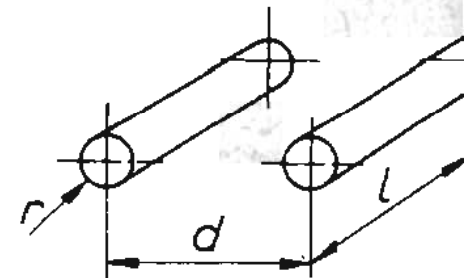
- Néhány fontos áramköri elem induktivitása



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



$$L = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot A}{\delta}$$



$$L = \frac{\mu_0}{\pi} \left[\ln \frac{d}{r} + \frac{1}{4} \right] \cdot l$$

Példák

- A $B = 0.8$ T indukciójú mágneses térben egy $l = 12$ cm hosszú vezetőt $v = 1$ m/s sebességgel mozgatunk. Mekkora feszültség indukálódik a vezetőben?

$$U_i = B \cdot l \cdot v = 0.8 \cdot 0.12 \cdot 1 = 0.096 \text{ V} = 96 \text{ mV}$$

Példák

- Egy $l = 20$ cm hosszú vezető $v = 1.4$ m/s sebességgel metszi a homogén mágneses teret. Az indukált feszültséget mérő műszer belső ellenállása $R_b = 2000 \Omega$; a vezető mozgatása közben a műszer $I = 0.08$ mA áramot vesz fel. Mekkora a mágneses indukció?

Az indukált feszültség – melyet a műszer mér – Ohm törvénye alapján:

$$U_i = I \cdot R_b = 0.08 \cdot 2000 = 160 \text{ mV} = 0.16 \text{ V}$$

A mágneses indukció:

$$B = \frac{U_i}{l \cdot v} = \frac{0.16}{0.2 \cdot 1.4} = 0.57 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = 0.57 \text{ T}$$

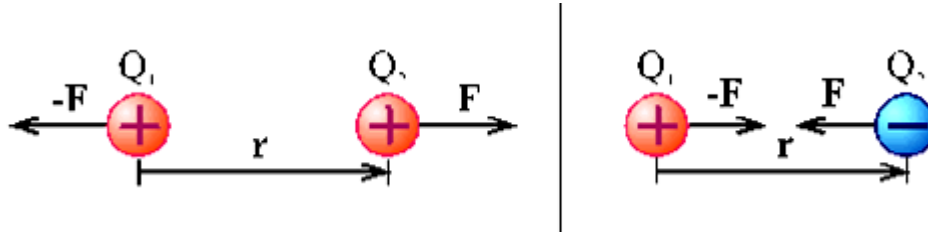
Vizsga!

Sorszám	Időpont	Helyszín	Max. létszám
1	2009.12.09. 08:00	F. fsz. F	50
2	2009.12.16. 08:00	C. fsz. C-1	70
3	2009.12.21. 08:00	D. fsz. D-1	100
4	2009.12.28. 08:00	D. fsz. D-1	100
5	2010.01.06. 08:00	A . fsz. A-1	50
6	2010.01.13. 08:00	F. fsz. F	50

Coulomb törvénye

A pontszerű töltések között erő lép fel, amely egyenesen arányos a Q_1 és Q_2 töltésekkel, és fordítottan arányos a köztük lévő r távolság négyzetével.

$$F = \pm k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$



- A k arányossági tényező értéke légtüres térre: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$
- Dielektromos állandó: $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ $k = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon}$
 - vákuum dielektromos állandó (permittivitás) $\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$
 - relatív permittivitás (ε_r , anyag jellemző)

Villamos térerősség

- A statikus villamos térben az Q töltésre ható F erő:

$$\bar{F} = Q \cdot \bar{E}$$

ahol az E a *villamos térerősség*.

- Párhuzamos fémlamezok között a tér homogén
- Ha d a lemezek közötti távolság a töltés által végzett mechanikai munka:

$$W_{mech} = F \cdot d = Q \cdot E \cdot d$$

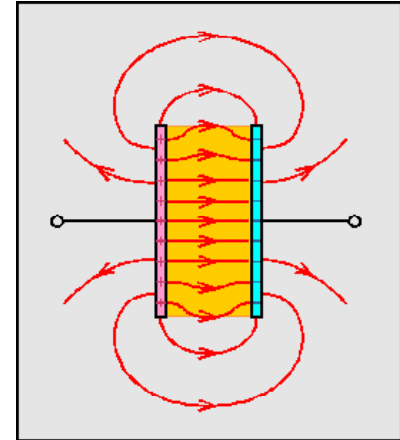
A villamos tér munkája:

$$W_{vill} = Q \cdot U$$

- Az energia megmaradás elve alapján: $Q \cdot E \cdot d = Q \cdot U$

$$E = \frac{U}{d}$$

- mértékegysége: $\frac{V}{m}$



Villamos kapacitás

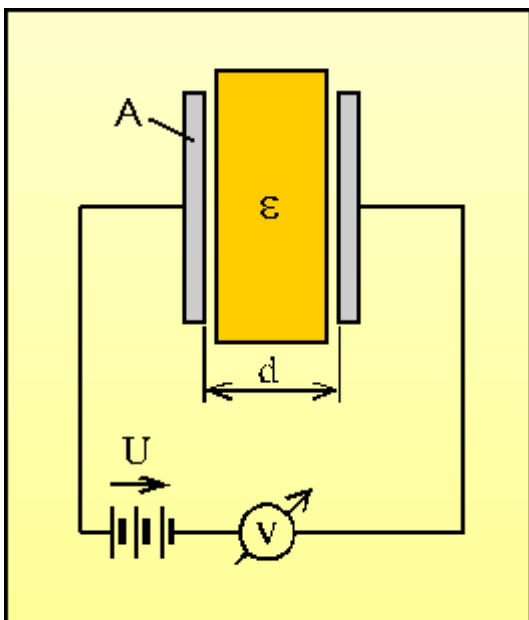
Homogén szigetelő közegben, egymás környezetében elhelyezkedő két vezető anyagú test *kapacitása* az egységnyi feszültség hatására a vezető testekben szétváló villamos töltésmennyiséget adja meg.

$$C = \frac{Q}{U}$$

- jelölése: C
- mértékegysége: farad, jele: F $F = \frac{\text{As}}{\text{mV}}$
- A villamos töltések befogadására a kondenzátorok alkalmasak

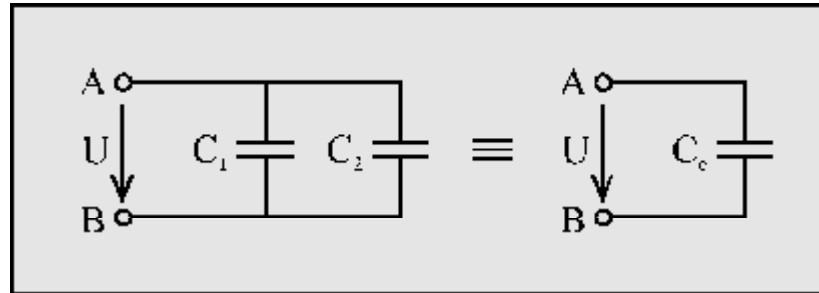
Síkkondenzátor

- A síkkondenzátor kapacitása egyenesen arányos a szigetelő anyag ε permittivitásával és a lemezek A felületével, és fordítottan arányos a lemezek közti d távolsággal.



$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

Kondenzátorok párhuzamos kapcsolása



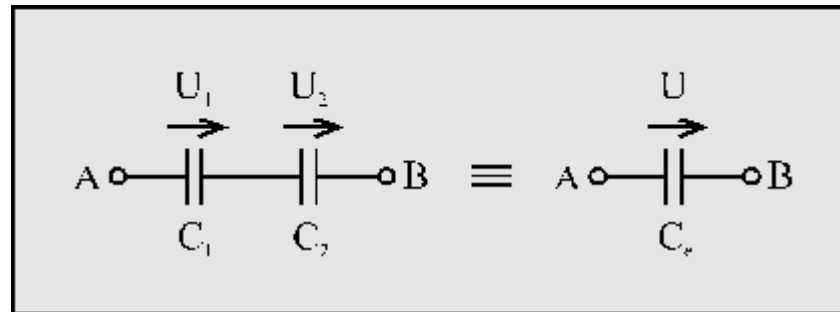
$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

$$Q = C \cdot U, \quad Q_1 = C_1 \cdot U, \quad \dots, \quad Q_n = C_n \cdot U$$

$$C \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U + \dots + C_n \cdot U$$

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i$$

Kondenzátorok soros kapcsolása



$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$U = \frac{Q}{C}, \quad U_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad \dots \quad U_n = \frac{Q}{C_n}$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \dots + \frac{Q}{C_n}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

KÉRDÉSEK?