

# Elektromosság

## Alapvető jelenségek és törvények

Elektromos töltés:  $q$  (Benjamin Franklin)

megmaradó fizikai mennyiség

pozitív vagy negatív

egysége: coulomb [C]

elemi töltés:  $1.6 \times 10^{-19}$  [C]

nyugvó elektromos töltés:

sztatikus elektromosság

mozgó elektromos töltés:

elektromos áram

## Sztatikus elektromosság

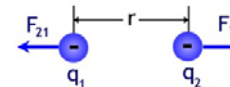
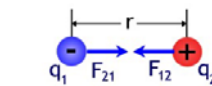


Hogyan jellemezhető a töltések közötti kölcsönhatás?

- a.) a köztük fellépő erővel ( $\vec{F}$ )
- b.) az általuk keltett elektromos térerősséggel ( $\vec{E}$ )
- c.) az általuk létrehozott feszültséggel ( $U$ )

## a.) Coulomb törvény

azonos töltések taszítják, ellentétesek vonzzák egymást



az erő a két töltés egyenesében hat

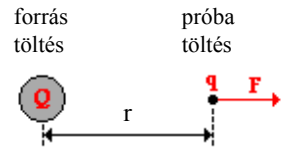
$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \left[ \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$$

Coulomb állandó

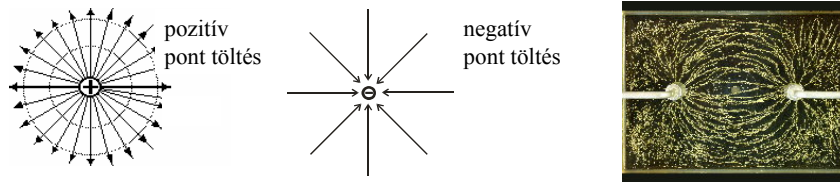
$\epsilon_0$  elektromos permittivitás

b.) elektromos térerősség: (Michael Faraday)  
az elektromos mezőbe tett próba töltésre ható erő



$$E = \frac{F}{q} = \frac{k \cdot Q}{r^2} \left[ \frac{N}{C} \right]$$

az elektromos mező szemléltetése: erővonalakkal

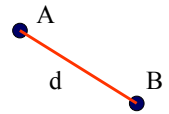


c.) Elektromos feszültség: a mező két pontja közötti potenciál különbség

az elektromos mező munkája:

$$W = F \cdot s \quad F = q \cdot E$$

$$W = q \cdot E \cdot d$$



(konzervatív mezőben két pont között a mező által végzett munka független a pálya alakjától)

$$\frac{W}{q} = konst = \Delta\varphi = U_{AB}$$

volt [V = J/C]

ekvipotenciális felületek

### Összefoglalás

Elektromos munka:  $W = F \cdot d = E \cdot q \cdot d = U \cdot q$

[J] = [V·C] új egység: [eV]

Elektromos feszültség:  $U = \frac{W}{q} = E \cdot d$

Elektromos térerősség:  $E = \frac{F}{q} = \frac{U}{d}$  új egység: [V/m]

Elektromos áram: töltött részecskék rendezett mozgása

feltételek:

- a.) potenciál különbség (U)

- b.) vezető közeg

(vezetők jellemző vezetőképességgel illetve ellenállással)

$R_{\Omega}$  ohmos ellenállás egysége: ohm [ $\Omega$ ]

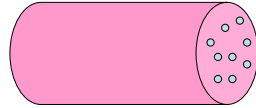
$G = \frac{1}{R_{\Omega}}$  vezetőképesség egysége: siemens [ $S = 1/\Omega$ ]

$R_{\Omega} = \frac{\rho \cdot l}{A}$  fajlagos ellenállás [ $\Omega \cdot m$ ]

Az elektromos áram jellemzői:

- a.) a töltés vándorlás intenzitása

áramerősség

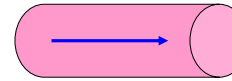


$$I = \frac{q}{t}$$

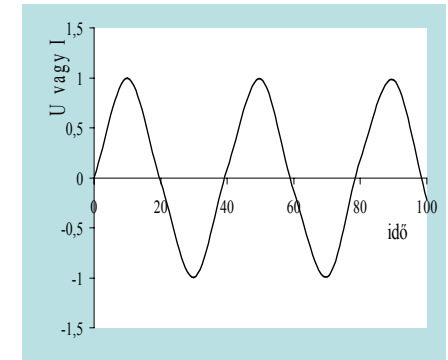
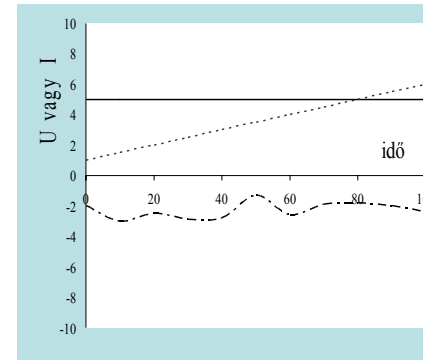
egysége: **amper [A] = [C/s]**

- b.) a töltésvándorlás iránya

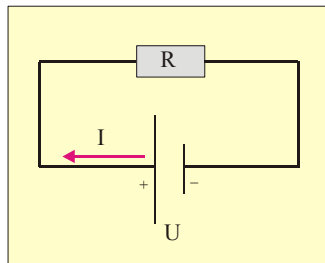
egyenáram (DC)



váltakozó áram (AC)



Ohm törvény: egy adott ellenálláson átfolyó áram erőssége arányos az ellenállásra kapcsolt feszültség nagyságával



$$U = I \cdot R \quad \left[ V = A \cdot \Omega = \frac{C}{s} \cdot \Omega \right]$$

$$R = \frac{U}{I} \quad \left[ \Omega = \frac{V}{A} \right]$$

$$I = \frac{U}{R} \quad \left[ A = \frac{V}{\Omega} \right]$$

Elektromos munka:

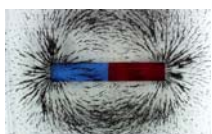
$$W = Q \cdot U = I \cdot t \cdot U \quad \left[ J = C \cdot V = A \cdot s \cdot V \right]$$

Elektromos teljesítmény:

$$P = U \cdot I \quad \left[ W = \frac{J}{s} = A \cdot V \right]$$

$$P = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

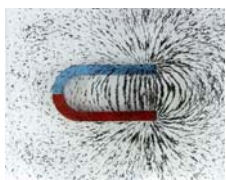
## Mágneses alapjelenségek



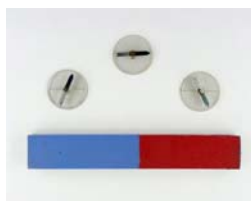
mágneses dipólus  $\vec{E} - \vec{D}$



mágneses erőhatások:  
vonzás – taszítás



mágneses mező



mágneses erőter

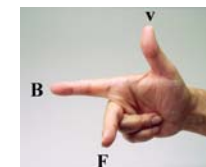
mágneses indukcióvonalak  
irányuk:  $\vec{E} \rightarrow \vec{D}$

mágneses indukcióvektor  $\underline{\underline{B}}$

mágneses mező hatása mozgó + elektromos töltésekre:

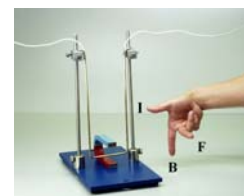
mágneses Lorentz erő

$$F = Q \cdot v \cdot B \sin \alpha$$



mágneses mező hatása árammal átjárt egyenes vezetőre:

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



mágneses indukció értelmezése:

$$B = \frac{F}{I \cdot l} \quad \text{mértékegysége: tesla [T]}$$

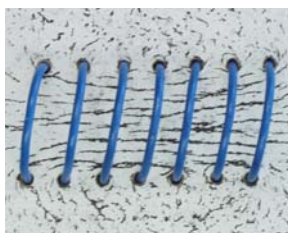
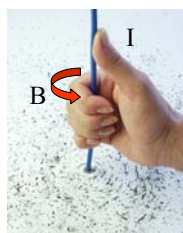
az egységnyi áram-elemre ható erő  
(ha I és B iránya merőleges egymásra)

## Elektromos áram mágneses mezeje



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

mágneses permeábilítás



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

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

relatív permeábilítás



## Mozgási indukció

Vezető mozgatása mágneses térben:

a vezetõn elektromos áram halad át

oka: a vezetõben feszültség indukálódik

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

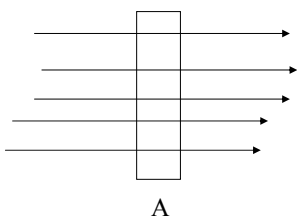
Tekercs mozgatása mágneses térben:

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

Lenz törvénye: az indukció során a mozgó vezetõben olyan irányú áram folyik, amely mágneses hatásával akadályozza az õt létrehozó változást

Mágneses fluxus:

adott felületen áthaladó indukciós vonalak száma



$$\Phi = B \cdot A \quad [\text{Tm}^2]$$

N menetű tekercsben:

$$\Phi = N \cdot B \cdot A$$

Faraday – féle indukciós törvény:

$$U_{ind} = -\frac{\Delta\Phi_{össz}}{\Delta t} = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Önindukciós feszültség: elektromos áram áthaladásakor a tekercsben indukálódó feszültség

oka: fluxusváltozás a tekercsben

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

$$U = -N \frac{\Delta(B \cdot A)}{\Delta t} = -\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A \frac{\Delta I}{l \cdot \Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

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

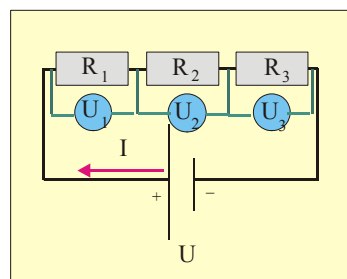
önindukciós együttható

mértékegysége: henry [H]=Vs/A

## Áramköri elemek

### 1. Ohmos ellenállás

sorosan kapcsolt ellenállások:

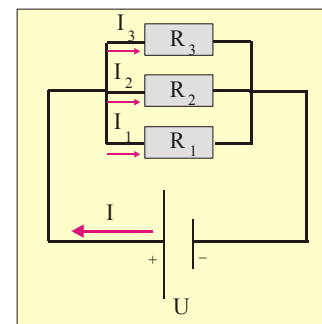


$$I = const$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

párhuzamosan kapcsolt ellenállások:

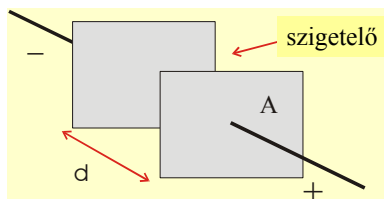


$$U = const$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

## 2. kondenzátor: töltések tárolása



kapacitás (C)

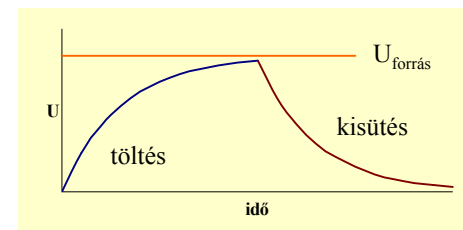
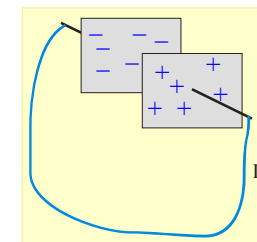
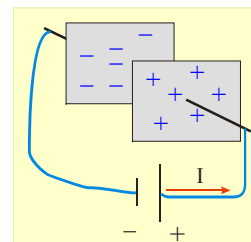
egysége: farad [F]

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

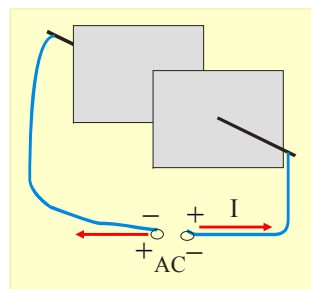
$$F = \frac{C}{V}$$

## kondenzátor elektromos áramkörben:

- egyenáram (DC):

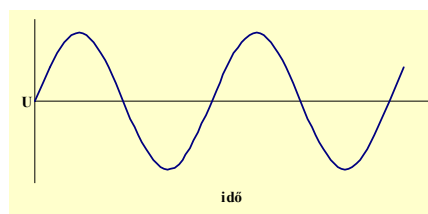


- váltakozó áram (AC)

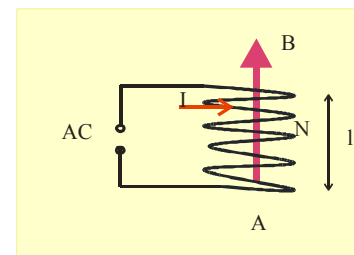


kapacitív ellenállás:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$



## 3. tekercs: mágneses mező indukálása



önindukciós együttható: (L)

egysége: henry [H]

$$L = \frac{U \cdot \Delta t}{\Delta I} = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l}$$

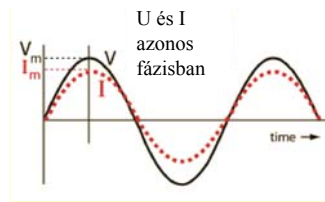
$$H = \frac{V \cdot s}{A}$$

Induktív ellenállás:

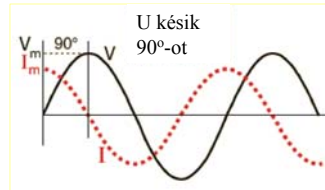
$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

## A feszültség és az áramerősség fázisa

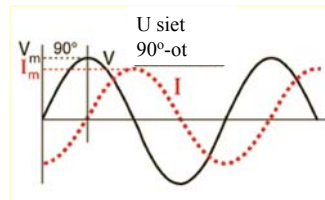
ohmos ellenállás



kondenzátor



tekercs



## Az áramköri elemek kombinálása

impedancia: teljes ellenállás váltakozó áram esetén

- kettő vagy több ohmos ellenállás
- ohmos ellenállás és kondenzátor

RC körök

jellemző paraméter: idő állandó

$$\tau = R \cdot C$$

- ohmos ellenállás és tekercs
- tekercs és kondenzátor

LC-kör, elektromos rezgőkör

Jellemző paraméter: frekvencia

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- ohmos ellenállás, tekercs és kondenzátor