



Elektromosság



Bozó Tamás
 Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet
 2017. október 3.


1

Elektromosság az orvoslásban



Electrocardiogram (ECG)

Elektromos töltés



Charles A. de Coulomb
1736-1806

q [C] *Coulomb*

elemi töltés: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

\nearrow
 $q_{p^+} = e$
 \searrow
 $q_{e^-} = -e$

Coulomb-törvény:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$(k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})$$

v.ö.:

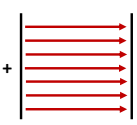
Gravitáció törvénye:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

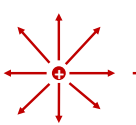
$$(\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2})$$

3

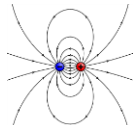
Elektromos erőter



homogén



inhomogén

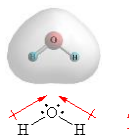



dipóltér

e. dipólusmomentum:

$$p = q \cdot d \quad [\text{C} \cdot \text{m}]$$

Debye: $1\text{D} = 3,34 \cdot 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$

4

Elektromos erőter

elektromos térerősség:

$$E = \frac{F}{q} \quad [\text{N/C}] \text{ vagy } [\text{V/m}]$$

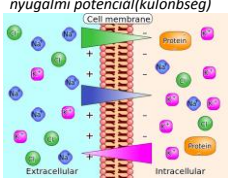
elektromos feszültség:

$$U_{21} = U = \frac{W}{q} \quad [\text{V}] \text{ Volt}$$

elektromos potenciál:

$$\varphi_i = U_{i0} \quad [\text{V}] \text{ Volt}$$

$$U_{21} = U = \varphi_2 - \varphi_1$$



nyugalmi feszültség
nyugalmi potenciál(különbség)

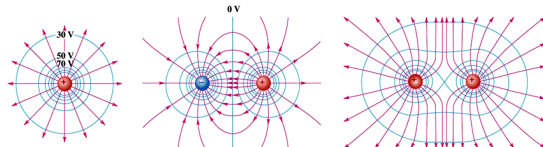
Cell membrane

Extracellular

Intracellular

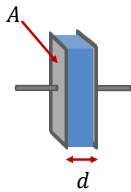
Elektromos erőter

equipotenciális felületek:



6

Kondenzátor



térerősség: $E = \frac{U}{d}$ [V/m]

kapacitás: $C = \frac{q}{U}$ [F] Farad

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$



tárolt energia: $W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$

soros kapcsolás:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

párhuzamos kapcsolás:

$$C = C_1 + C_2 + \dots$$

7

Elektromos áram



André-Marie Ampère
1775-1836

elektromos áramerősség:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad [\text{A}] \text{ Amper}$$

8

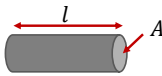
Elektromos áram



Georg Simon Ohm
1789-1854

Ohm törvénye: $U = R \cdot I$

Elektromos ellenállás: $R = \frac{U}{I}$ [Ω] Ohm



$$R = \rho \frac{l}{A}$$

soros kapcsolás:



$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

párhuzamos kapcsolás:



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

9

Elektromos áram



Ernst Werner von Siemens
1816-1892

Elektromos vezetőképesség:

$$G = \frac{1}{R} \quad [\text{S}] \text{ Siemens}$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{A}{l} = \frac{\sigma}{l} \frac{A}{l}$$

fajlagos vezetőképesség [S/m]

10

Elektromos áram



Az áram munkája (Joule-féle hő):

$$W = U \cdot I \cdot t \quad [\text{J}] \text{ Joule}$$

$$U = R \cdot I \quad \left. \vphantom{U = R \cdot I} \right\} W = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2}{R} t$$



Elektromos teljesítmény:

$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad [\text{W}] \text{ Watt}$$

11

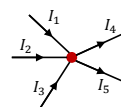
Elektromos áram



Gustav Robert Kirchhoff
1824-1887

Kirchoff I. törvénye:

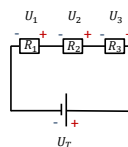
Egy csomópontba befolyó és onnan kifolyó áramok összege megegyezik. (Csomóponti törvény)



$$\text{pl. } I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

Kirchoff II. törvénye:

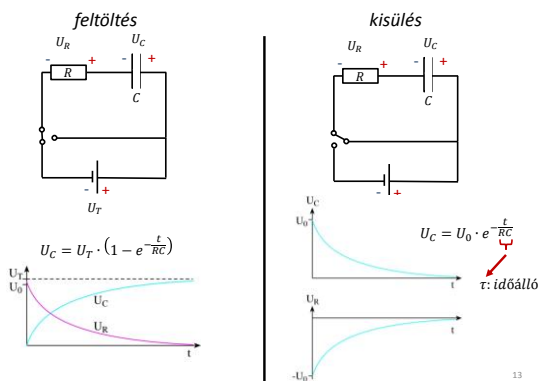
Zárt áramkört hurok mentén haladva az áramköri elemek feszültségeinek előjeles összege 0. (Huroktörvény)



$$\text{pl. } U_1 + U_2 + U_3 = U_T$$

12

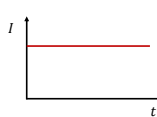
Elektromos áram: RC kör (soros)



13

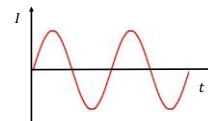
Elektromos áram

egyenáram
(direct current, DC)



Thomas Alva Edison
1847-1931

szinuszos váltóáram
(alternating current, AC)



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

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

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \quad U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$



Nikola Tesla
1856-1943

14

Elektromos áram

Kondenzátor ellenállása váltóáramú áramkörben

Kapacitív ellenállás: $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ [Ω] Ohm

Impedancia: ohmos és kapacitív ellenállásokat is tartalmazó váltóáramú kör eredő ellenállása.

$$Z \text{ [Ω] Ohm}$$

soros RC körben:

$$Z^2 = R^2 + X_C^2$$

párhuzamos RC körben:

$$\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2$$

15

Köszönöm a figyelmet!

16