

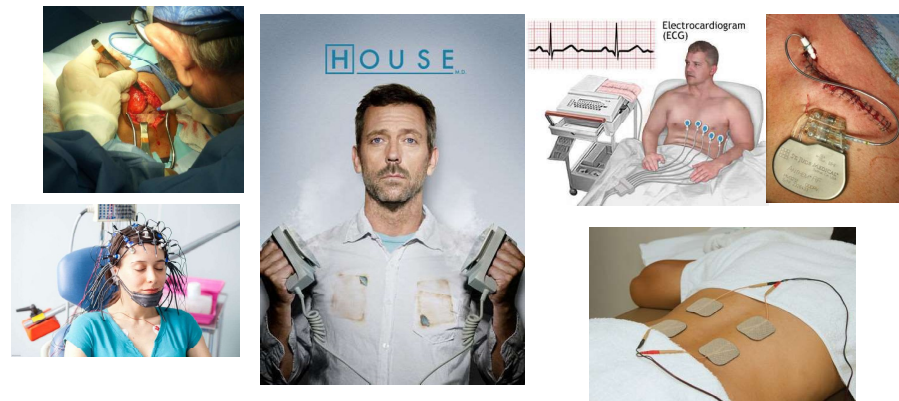
# Elektromosság

Kósa Nikoletta

Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet  
2019.09.30



1



## Elektromosság orvosi és gyógyszerészeti felhasználása



## Elektromos töltés

$Q$  [C] Coulomb **elemi töltés:**  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

$q_{p^+} = e$   
 $q_{e^-} = -e$



### Coulomb-törvény:

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

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

### 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

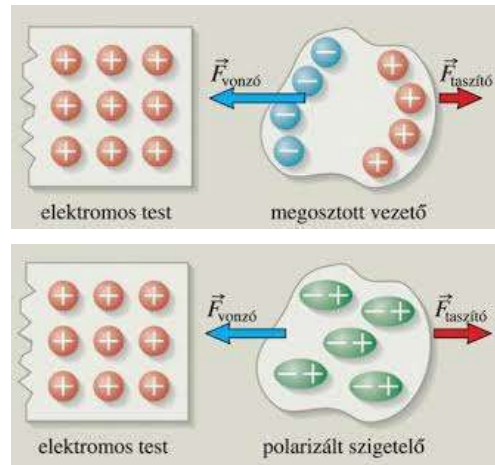
1. Két proton tömegénél fogva vonzza egymást, töltésénél fogva taszítja egymást. Melyik a kisebb erőhatás? Hányszor kisebb? A köztük lévő távolság 10 fm. Egy proton tömege  $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ; töltése:  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . A gravitációs állandó  $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$ .

Coulomb-törvényében szereplő állandó:  $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$

2. Szigetelőnyelekre erősített kis fémgolyók egyike  $-2\text{mC}$ , a másik  $50\mu\text{C}$  elektromos töltést tartalmaz. Képesek lennének-e ezt a két golyót 10 cm távolságban tartani egymástól?

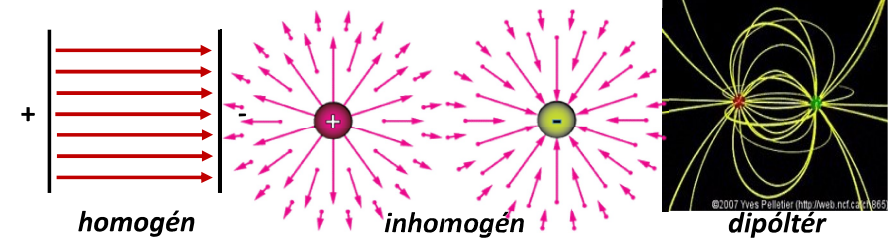
4

## Elektromos megosztás



5

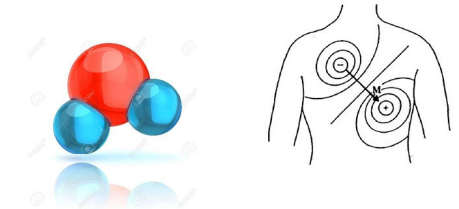
## Elektromos erőter



*e. dipólusmomentum:*

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

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



6

## Elektromos erőter

*elektromos térerősség:*

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

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

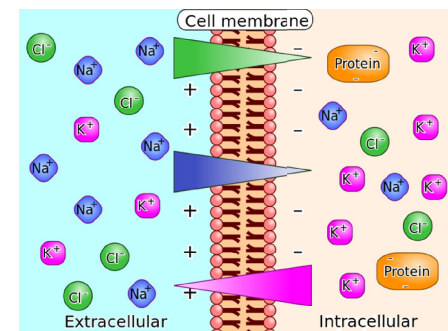
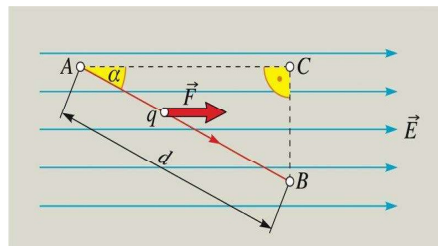
*elektromos feszültség:*

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

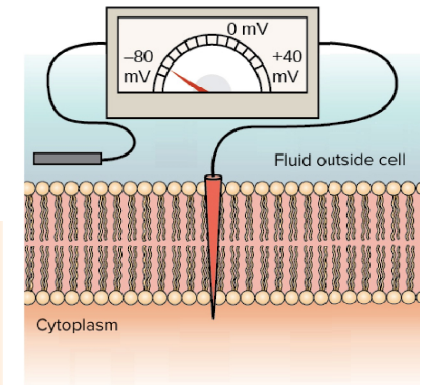
*elektromos potenciál:*

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

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



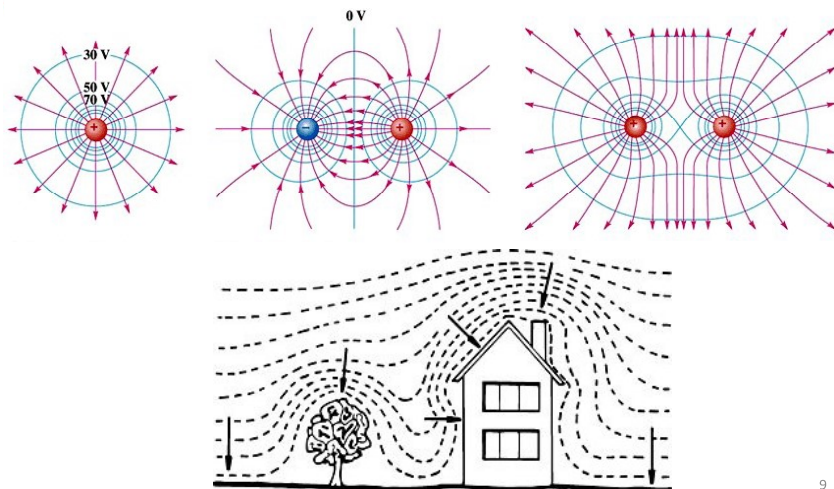
*nyugalmi feszültség  
nyugalmi potenciál(különbség)*



8

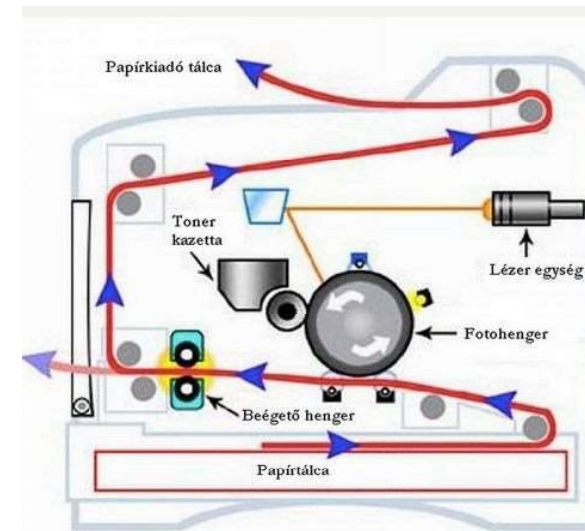
## Elektromos erőtér

equipotenciális felületek:



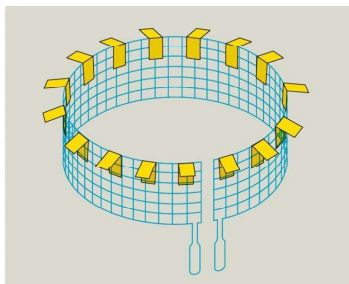
9

## A lézernyomtató működési elve



10

## Elektromos árnyékolás

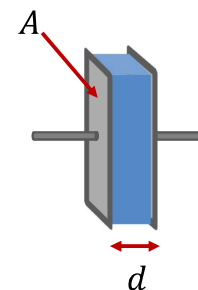


A vezetőre vitt többlettöltés mindig a vezető külső felületén helyezkedik el, ott is minél távolabb a többi töltéstől. Ezért a csúcsokon nagyobb a töltéssűrűség



11

## Kondenzátor

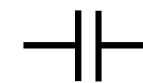


**térerősség:**

$$E = \frac{U}{d} \quad [\text{V/m}]$$

**kapacitás:**

$$C = \frac{q}{U} \quad [\text{F}] \text{ Farad}$$



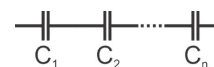
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

**tárolt energia:**

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

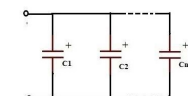
soros kapcsolás:

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



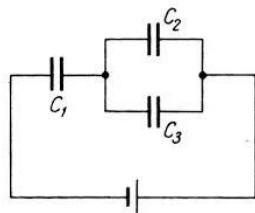
párhuzamos kapcsolás:

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



12

Három kondenzátort az ábra szerint rákapcsolunk egy  $U=12\text{ V}$  feszültségű telepre. Mekkora az egyes kondenzátorokon levő töltés?  $C_1=1\mu\text{F}$ ,  $C_2=2\mu\text{F}$ ,  $C_3=3\mu\text{F}$



13

## Elektromos áram



André-Marie Ampère  
1775-1836

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

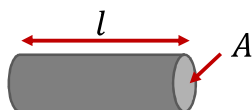
14

## Elektromos áram

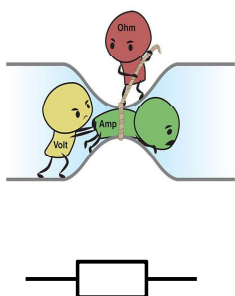
Georg Simon Ohm  
1789-1854

**Ohm törvénye:**  $U = R \cdot I$

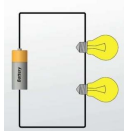
**Elektromos ellenállás:**  $R = \frac{U}{I} \quad [\Omega] \text{ Ohm}$



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

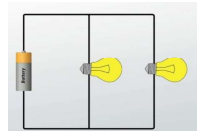


soros kapcsolás:



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

párhuzamos kapcsolás:



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

15

## Elektromos áram

**Elektromos vezetőképesség:**

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

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

fajlagos vezetőképesség  $[\text{S/m}]$



Ernst Werner von Siemens



16



## Elektromos áram



**Az áram munkája (Joule-féle hő):**

$$\left. \begin{aligned} W &= U \cdot I \cdot t \quad [\text{J}] \text{ Joule} \\ U &= R \cdot I \end{aligned} \right\} W = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2}{R} t$$

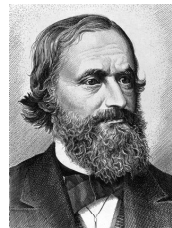


**Elektromos teljesítmény:**

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

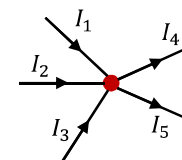
17

## Elektromos áram



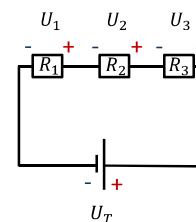
Gustav Robert Kirchhoff  
1824-1887

**Kirchhoff I. törvénye:** Egy csomópontba befolyó és onnan kifolyó áramok összege megegyezik. (Csomóponti törvény)



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

**Kirchhoff II. törvénye:** Zárt áramkört hurok mentén haladva az áramkört elemek feszültségeinek előjeles összege 0. (Huroktörvény)

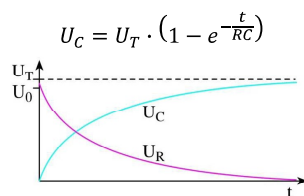
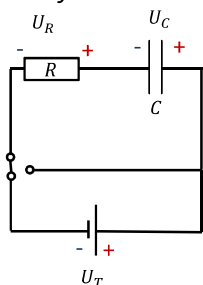


$$U_1 + U_2 + U_3 = U_T$$

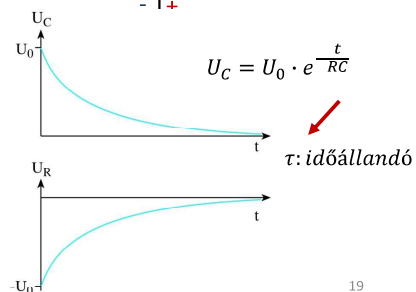
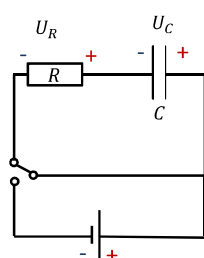
18

## Elektromos áram: RC kör (soros)

**feltöltés**



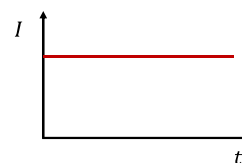
**kisülés**



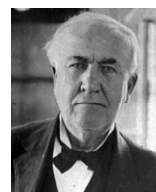
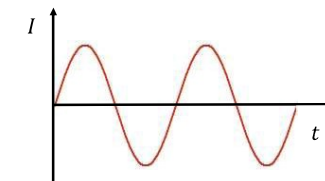
19

## Elektromos áram

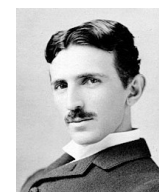
**egyenáram**  
(direct current, DC)



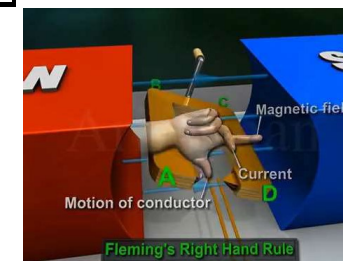
**szinuszos váltóáram**  
(alternating current, AC)



Thomas Alva Edison  
1847-1931



Nikola Tesla  
1856-1943



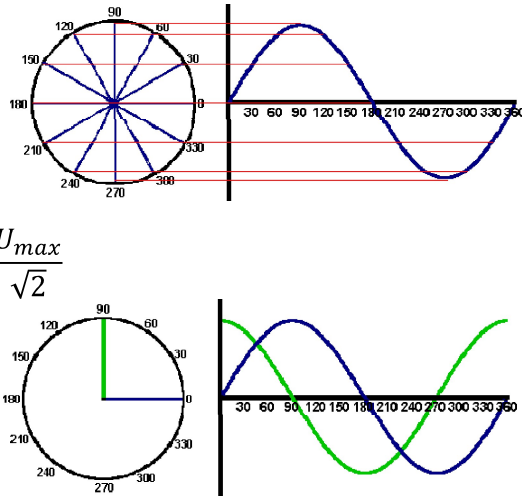
20

## Elektromos áram

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

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

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



21

### 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.

$$Z \text{ [Ω] Ohm}$$

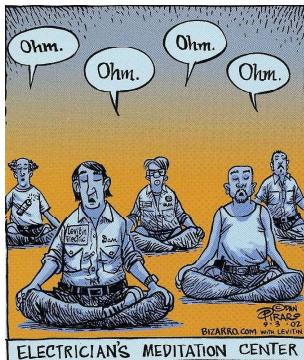
soros RC körben:

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

párhuzamos RC körben:

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

22



Köszönöm a figyelmet!

Kicsit leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy egy defibrillátor RC-körként működik. A készülékben alkalmazott kondenzátort ( $C = 20 \mu F$ ) kezelés előtt egy meglehetősen nagy feszültségre, pl. 5 kV-ra töltik fel, majd a két kezelő elektród segítségével a mellkasra kapcsolják. A kondenzátor a mellkason mint ellenálláson ( $R = 1200 \Omega$ ) keresztül kisül. a) Mekkora a feltöltött kondenzátorban tárolt energia? b) Mekkora a testen átfolyó áram erőssége az első pillanatban? c) Mekkora a kezelés során előálló RC-kör időállandója? d) Mekkora a kondenzátor feszültsége 0,1 s-al a kezelés megkezdése után? e) Mennyi idő múlva csökken a kondenzátor feszültsége az ezredrészére, azaz 5 V-ra?

Európában a háztartásokban használt hálózati váltakozó feszültség az  $U = 325 V \cdot \sin(314 \text{ 1/s} \cdot t)$  függvény szerint változik. Határozza meg: a) a feszültség csúcserőértékét, b) a feszültség effektív (hatásos) értékét, c) a váltakozó áram körfrekvenciáját és d) frekvenciáját

Egy, az  $U = 34 V \cdot \sin(6283 \text{ 1/s} \cdot t)$  függvény által jellemzett váltakozó feszültséget kapcsolunk egy 500 nF kapacitású kondenzátorra. Határozza meg a) a feszültség csúcserőértékét, b) a feszültség effektív értékét és c) a kondenzátor kapacitív ellenállását

23

24

Egy reumás beteg iontoforetikus kezelésénél (ionos gyógyszermolekulák bevitele a testbe egyenáram segítségével) 40 V feszültséget kapcsolnak a kezelt testrészre, amelynek ellenállása  $12\,500\,\Omega$ . a) Mekkora a kezelt testrészen átfolyó áram erőssége? b) Mennyi töltés áramlik át a kezelt testrészen egy 10 perces kezelés alatt? c) Mennyi gyógyszermolekula jut be a testbe a kezelés alatt, ha egyértékű ionok formájában kerülnek alkalmazásra? Adja meg a gyógyszermolekulák mennyiségét mólban is!

Egy 20 m hosszúságú hosszabbító rézvezetéke  $1,5\,\text{mm}^2$  keresztmetszetű. A réz fajlagos ellenállása  $1,78 \cdot 10^{-8}\,\Omega\text{m}$ . Határozza meg a) a vezeték ellenállását, b) a vezeték vezetőképességét és c) a réz fajlagos vezetőképességét!

Egy hagyományos villanykörteben lévő volfrámszál ellenállása — üzemi hőmérsékleten —  $529\,\Omega$ . A körtét a 230 V effektív feszültségű hálózatra kapcsoljuk. a) Mennyi hő keletkezik a körteben egy nap alatt? b) Mekkora a körte teljesítménye?