

Elektromosság



Kósa Nikoletta

Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

2018.10.01



1



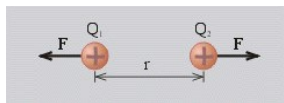
Elektromosság orvosi és gyógyszerészeti felhasználása



Elektromos töltés

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

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



Coulomb-törvény:

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

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

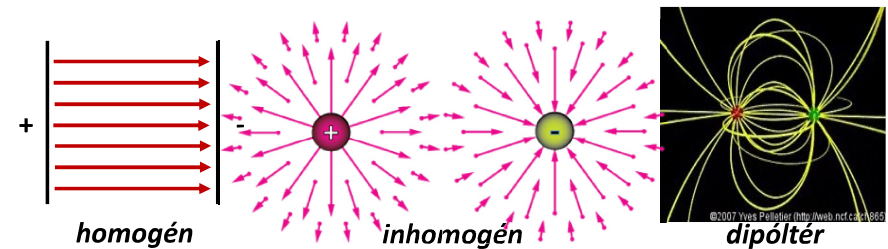
Gravitáció törvénye:

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

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

3

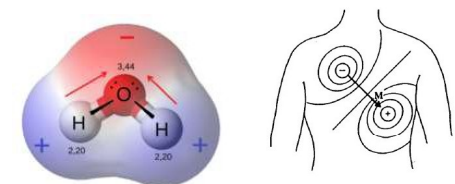
Elektromos erőter



e. dipólusmomentum:

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

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



4

Elektromos erőtér

elektromos térerősség:

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

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

elektromos potenciál:

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

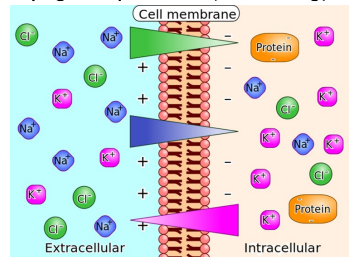


$$U_{21} = U = \varphi_2 - \varphi_1$$

elektromos feszültség:

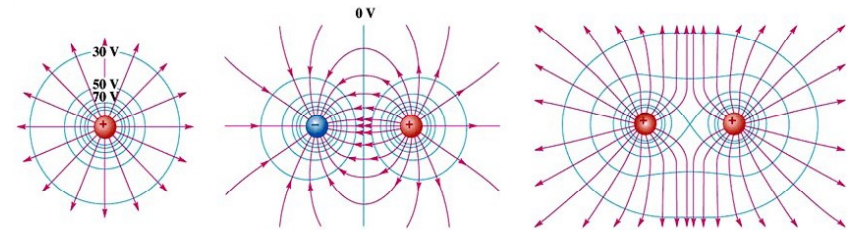
$$U_{21} = U = \frac{W}{q} \quad [\text{V}] \text{ Volt}$$

nyugalmi feszültség
nyugalmi potenciál(különbség)



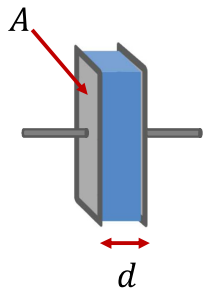
Elektromos erőtér

equipotenciális felületek:



6

Kondenzátor



térerősség:

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

kapacitás:

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



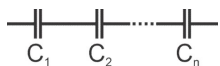
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

tárolt energia:

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

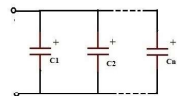
soros kapcsolás:

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



párhuzamos kapcsolás:

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



7

Mekkora a hidrogén atomban a magot alkotó egyetlen proton és az egyetlen elektron közötti Coulomb-erő, ha távolságukat 100 pm-nek vesszük?

Két ugyanakkora pozitív töltéssel bíró test egymástól 1 m távolságban van. $9 \cdot 10^9$ N erővel taszítják egymást. Mekkora a töltésük?

Egy $q = 0,1$ C töltéssel rendelkező testet egy homogén elektromos térben ($E = 1200$ N/C) az erővonalakkal párhuzamosan egyenletesen mozgatunk az 1-es pontból a 2-es pontba. a) Mekkora a testre ható erő? b) Mekkora munkát végzünk a mozgatás során? c) Mekkora a feszültség a két pont között?

8

Egy röntgencsőben 80 kV nagyságú feszültség gyorsít egy elektront a cső katódja felől az anód felé. a) Mekkora gyorsítási munkát végez a tér? b) Ez a munka az elektron kinetikus energiájaként jelenik meg. Mekkora az elektron sebessége, ha tömegét állandónak ($m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg) vesszük?

Egy defibrillátorban a kondenzátor kapacitása 50 μF . Beavatkozás előtt meglehetősen nagy, 5000 V feszültségre töltjük fel. a) Mekkora a kondenzátor töltése? b) Mennyi energiát tárol a kondenzátor?

Két, egyenként 10 nF kapacitású kondenzátort összekapcsolunk. Mekkora az eredő kapacitás a) párhuzamos és b) soros kapcsolás esetén?

Elektromos áram



André-Marie Ampère
1775-1836

elektromos áramerősség:

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

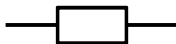
9

10

Elektromos áram

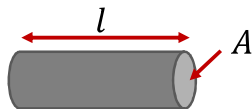


Georg Simon Ohm
1789-1854



Ohm törvénye: $U = R \cdot I$

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



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

Elektromos áram



Ernst Werner von Siemens
1816-1892

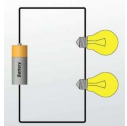
Elektromos vezetőképesség:

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

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

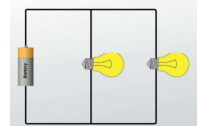
fajlagos vezetőképesség [S/m]

soros kapcsolás:



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

párhuzamos kapcsolás:



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

11

12

Elektromos áram



Az áram munkája (Joule-féle hő):

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

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

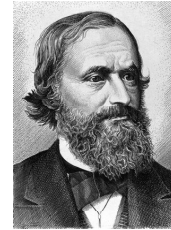


Elektromos teljesítmény:

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

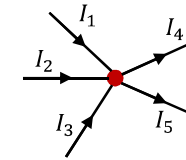
13

Elektromos áram



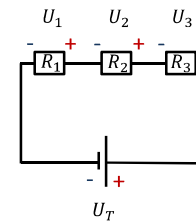
Gustav Robert Kirchhoff
1824-1887

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



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

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

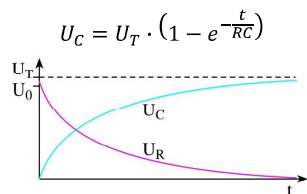
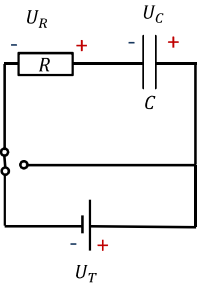


pl. $U_1 + U_2 + U_3 = U_T$

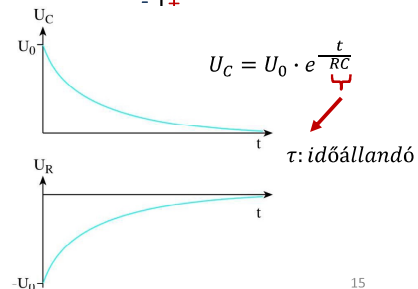
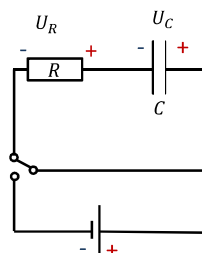
14

Elektromos áram: RC kör (soros)

feltöltés



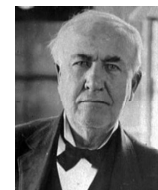
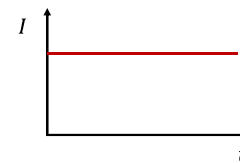
kisülés



15

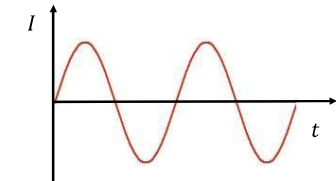
Elektromos áram

egyenáram
(direct current, DC)



Thomas Alva Edison
1847-1931

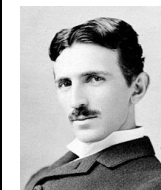
szinuszos váltóáram
(alternating current, AC)



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

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

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



Nikola Tesla
1856-1943

16

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:

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

17

Kicsit leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy egy defibrillátor RC-körként működik. A készülékben alkalmazott kondenzátort ($C = 20 \mu\text{F}$) 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 $U = 325\text{V} \cdot \sin(314 \text{ 1/s} \cdot t)$ 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 $U = 34\text{V} \cdot \sin(6283 \text{ 1/s} \cdot t)$ 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

19

Egy reumás beteg iontoforetikus kezelésénél (ionos gyógyszermolekulák bevitele a testbe egyenáram segítségével) 40 V feszültséget kapcsolnak a kezelt testrészre, amelynek ellenállása 12 500 Ω. a) Mekkora a kezelt testrészben átfolyó áram erőssége? b) Mennyi töltés áramlik át a kezelt testrészben 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 mm² keresztmetszetű. A réz fajlagos ellenállása 1,78·10⁻⁸ Ωm. Határozza meg a) a vezeték ellenállását, b) a vezeték vezetőképességét és c) a réz fajlagos vezetőképességét!

Egy hagyományos villanykörtében lévő volfrámszál ellenállása — üzemi hőmérsékleten — 529 Ω. A körtét a 230 V effektív feszültségű hálózatra kapcsoljuk. a) Mennyi hő keletkezik a körtében egy nap alatt? b) Mekkora a körte teljesítménye?

18



Köszönöm a figyelmet!

20