

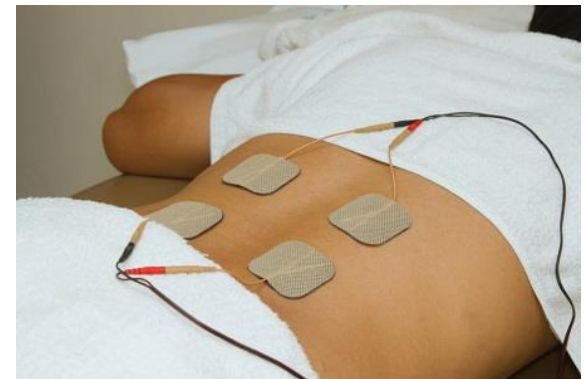
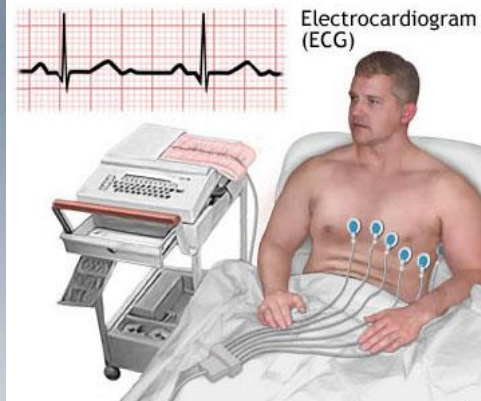
Elektromosság

Kósa Nikoletta

Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

2020.09.28





Elektromosság orvosi és gyógyszerészeti felhasználása

The image is a composite illustrating the relationship between current intensity and duration for human perception. It includes a graph, a photograph, a diagram, and portraits of scientists.

Graph: The graph plots "ingeráram-erősség, I (mA)" on the y-axis (logarithmic scale from 1 to 100) against "ingerlés ideje, t (ms)" on the x-axis (logarithmic scale from 0.01 to 1000). Two curves are shown: a red curve labeled "ÉRZET" (Perception) and a blue curve labeled "NINCSE ÉRZET" (No perception). The area between the curves is labeled "ÉRZÉSI SZÁRNY" (Sensation wing). A yellow bar indicates a "rövid, erős impulzus" (short, strong pulse) at low duration and high current. Another yellow bar indicates a "hosszú, gyenge impulzus" (long, weak pulse) at high duration and low current. The graph is divided into regions: "2^oreobázis" (2nd reobasis) and "reobázis (r)". The x-axis is also labeled "kronaxia, (t)".

Photograph: A person is shown holding a probe connected to a circuit, demonstrating the application of the concept.

Diagram: A cross-section of skin showing the layers and the path of current flow, with labels for "bőr" (skin) and "izom" (muscle).

Portraits: Portraits of Georg Simon Ohm (1787-1854) and Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) are included, along with a small diagram of a circuit with a battery and a resistor.

<p>PITVNI DEPOLARIZÁCIÓ 80 ms</p>	<p>SZÍVTALIS DEPOLARIZÁCIÓ 320 ms</p>	<p>APIKÁLIS DEPOLARIZÁCIÓ 250 ms</p>	<p>BAL KAMRAI DEPOLARIZÁCIÓ 140 ms</p>
<p>BAL KAMRAI DEPOLARIZÁCIÓ 250 ms</p>	<p>TELJES KAMRAI DEPOLARIZÁCIÓ 350 ms</p>	<p>KAMRAI REPOLARIZÁCIÓ 400 ms</p>	<p>TELJES KAMRAI REPOLARIZÁCIÓ 600 ms</p>

The diagram illustrates the operation of a pacemaker. At the top left, a human torso shows the heart with a pacemaker unit implanted in the chest, connected to the heart by leads. The text "beültetett pacemaker" (implanted pacemaker) is present. To the right, an ECG trace shows a regular rhythm. Below this, a circular inset shows a cross-section of the heart with the pacemaker leads inserted into the right atrium and right ventricle, labeled "elektroddok" (electrodes). The bottom part of the diagram shows a binary counter circuit and its timing diagram. The circuit consists of four flip-flops (BPP₁, BPP₂, BPP₃, BPP₄) and a clock input. The timing diagram shows the clock signal (pl.) and the output signals (Q₁, Q₂, Q₃, Q₄) over time. The clock signal is a square wave. The output signals are shown as pulses. The timing diagram is divided into four sections, each corresponding to a different output signal. The sections are labeled with binary values: 0·2³, 1·2², 0·2¹, and 1·2⁰. The total value is 5.

The diagram illustrates the vascular system of a plant stem, showing the flow of water and nutrients. It is divided into five sections: **árteriók** (arteries), **köz. árteriók** (intermediate arteries), **kapillárisok** (capillaries), **köz. vénák** (intermediate veins), and **vénák** (veins). The flow of water and nutrients is indicated by arrows. The diagram also shows the average diameter of the vessels (cm) and the average flow rate (cm³) at different points along the stem.

ágak száma (Number of branches): 1, 100, 87 · 10³, 12 · 10³, 1,3 · 10³, 1, 2

árteriók (arteries): 1, 100, 87 · 10³, 12 · 10³, 1,3 · 10³, 1, 2

köz. árteriók (intermediate arteries): 1, 100, 87 · 10³, 12 · 10³, 1,3 · 10³, 1, 2

kapillárisok (capillaries): 1, 100, 87 · 10³, 12 · 10³, 1,3 · 10³, 1, 2

köz. vénák (intermediate veins): 1, 100, 87 · 10³, 12 · 10³, 1,3 · 10³, 1, 2

vénák (veins): 1, 100, 87 · 10³, 12 · 10³, 1,3 · 10³, 1, 2

átlagos átlagos átmérője (cm) (Average diameter (cm)): 0.4, 0.4, 0.003, 0.0007, 0.005, 0.4, 0.4

átlagos ereinek összekeresetszázete (cm²) (Average cross-section of vessels (cm²)): 0.3, 30, 400, 40, 0.3

átlagos áramlási sebesség az érrendszerben (cm/s) (Average flow rate in the vascular system (cm/s)): 0.23, 0.0023, 0.0019, 0.14, 0

vérnyomás (Hgmm) (Blood pressure (Hgmm)): 120, 80, 40, 0

lég (Air): 120, 80, 40, 0

szövet (Tissue): 120, 80, 40, 0

vérnyomás átlagértéke (Average blood pressure): 120, 80, 40, 0

átlagos vérnyomás (Average blood pressure): 120, 80, 40, 0

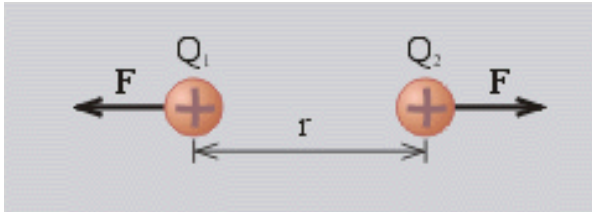
The composite image consists of three distinct parts. The top part is a photograph of a scientific instrument, likely a Coulter counter, with various dials, switches, and a digital display showing '661'. Labels in Hungarian point to specific components: 'kijelző $\times 10^4$ (pt. 661 $\times 10^4$ db/µl)' points to the display; 'pumpa sebesség állító, a kapcsoltáramúhoz megfigyelő (70 µm)' points to a pump speed control; 'dugulás érzékelő' points to a clogging detector; 'szorongógomb (Berymoxa 10-aszer látszó mutató a vastag, csak hátulról)' points to a button; 'mérőáram (Berymoxa, 400 µA)' points to a current measurement; 'pumpa működés figyelmeztető lámpa' points to a pump operation warning lamp; 'mérőáram lámpa' points to a current lamp; 'infúziós csatlakozás' points to an infusion connection; 'áramlási D-szint (pt. 100)' points to a flow level; 'szórószóró, a sugárzószóró' points to a spray; 'mérőszóró' points to a measuring spray; 'áramlási D-szint (pt. 20 $\times 2V$)' points to another flow level; and 'töltési oldal' points to a filling side. The bottom left part is a microscopic image showing various cells, including red blood cells and yellowish clusters. The bottom right part is a black and white portrait of an elderly man, Walter Coulter, with the text 'Walter Coulter 1917 - 1996' below it.

Elektromos töltés

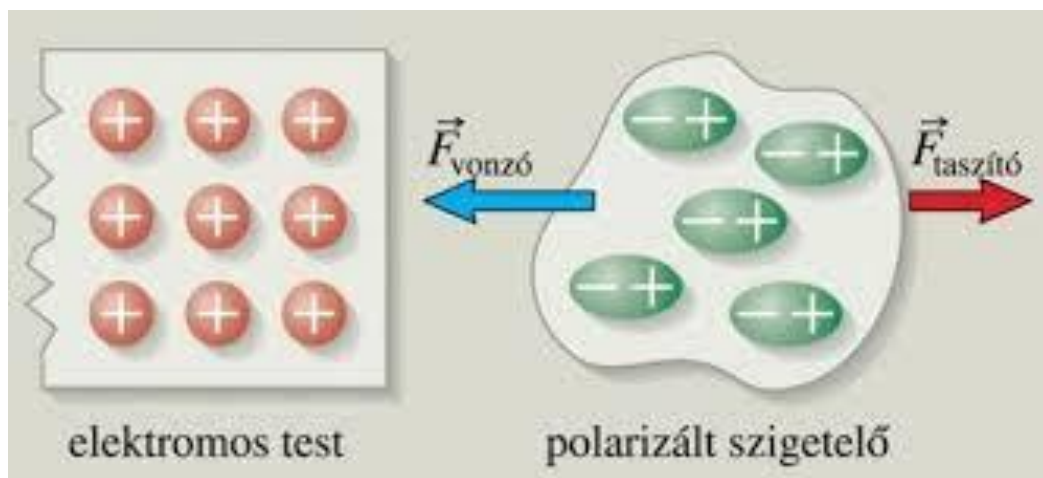
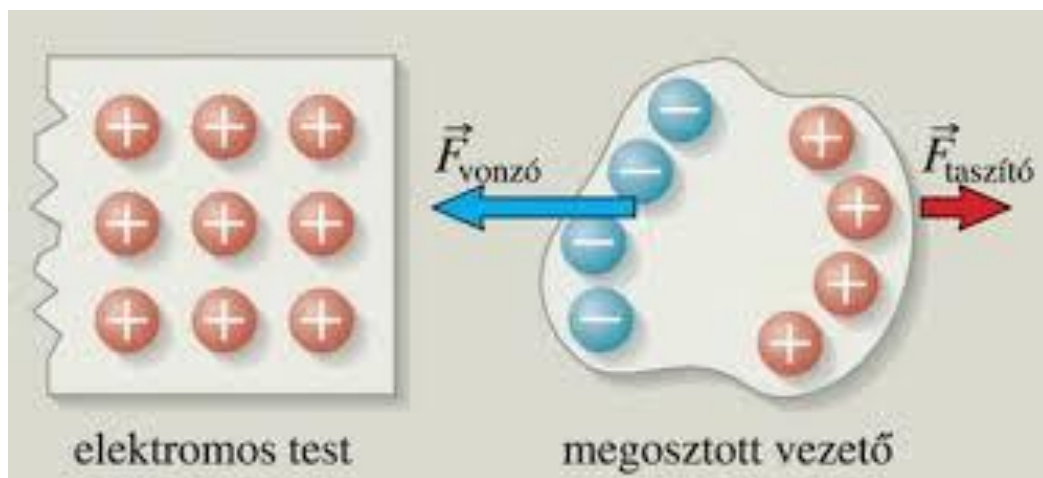
q [C] *Coulomb* **elemi töltés:** $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

$q_{p^+} = e$

$q_{e^-} = -e$



Elektromos megosztás



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:

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

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

1.A hidrogén atomban lévő elektron és proton átlagos távolsága 53pm.

a) Milyen ésm ekkora erő hat a két részecske között?

b)Mennyi a közöttük lévő gravitációs erő nagysága? Két proton tömegénél fogva vonzza egymást, töltésénél fogva taszítja egymást. Melyik a kisebb erőhatás? Egy proton tömege $1,67 \times 10^{-27}$ kg; egy elektron tömege: $9,11 \times 10^{-31}$ kg töltése: $1,6 \times 10^{-19}$ C. A gravitációs állandó $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$. Coulomb-törvényében szereplő állandó: $9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

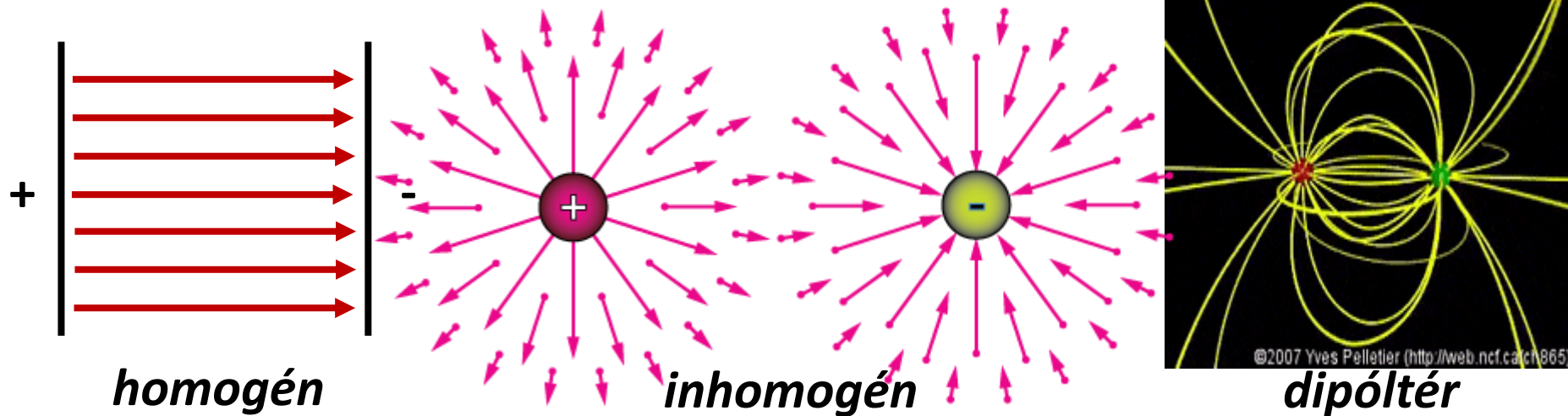
2.Mekkora távolságra tudná egymást megközelíteni két Tesla autó, ha mindegyik 1C töltéssel rendelkezne? Mindegyik autó tömege 1t, és a súrlódási tényező a talajon 0,5.

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 $1,67 \times 10^{-27}$ kg; töltése: $1,6 \times 10^{-19}$ C. A gravitációs állandó $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$.
Coulomb-törvényében szereplő állandó: $9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

2. Szigetelőnyelekre erősített kis fémgolyók egyike -2mC, a másik 50μC elektromos töltést tartalmaz.

Képesek lennének-e ezt a két golyót 10 cm távolságban tartani egymástól?

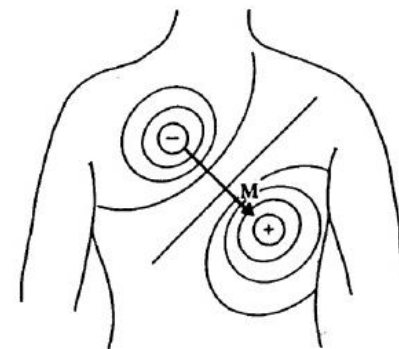
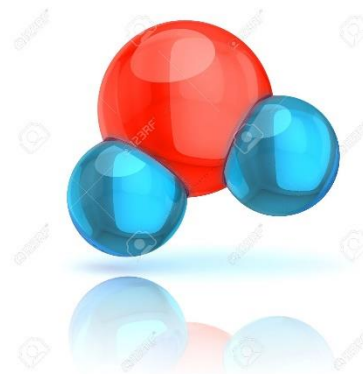
Elektromos erőter



e. dipólusmomentum:

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

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



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:

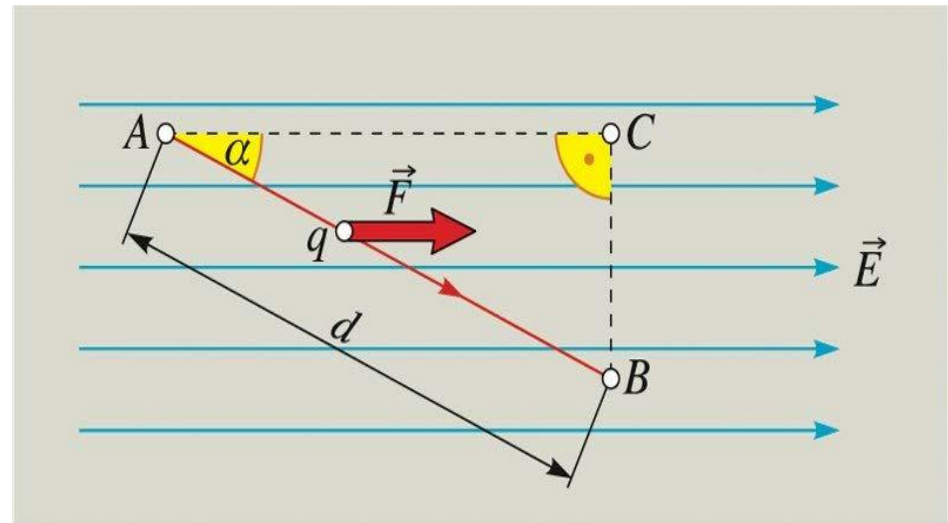
$$U_{21} = U = \frac{W}{q} \quad [\text{V}] \text{ Volt}$$

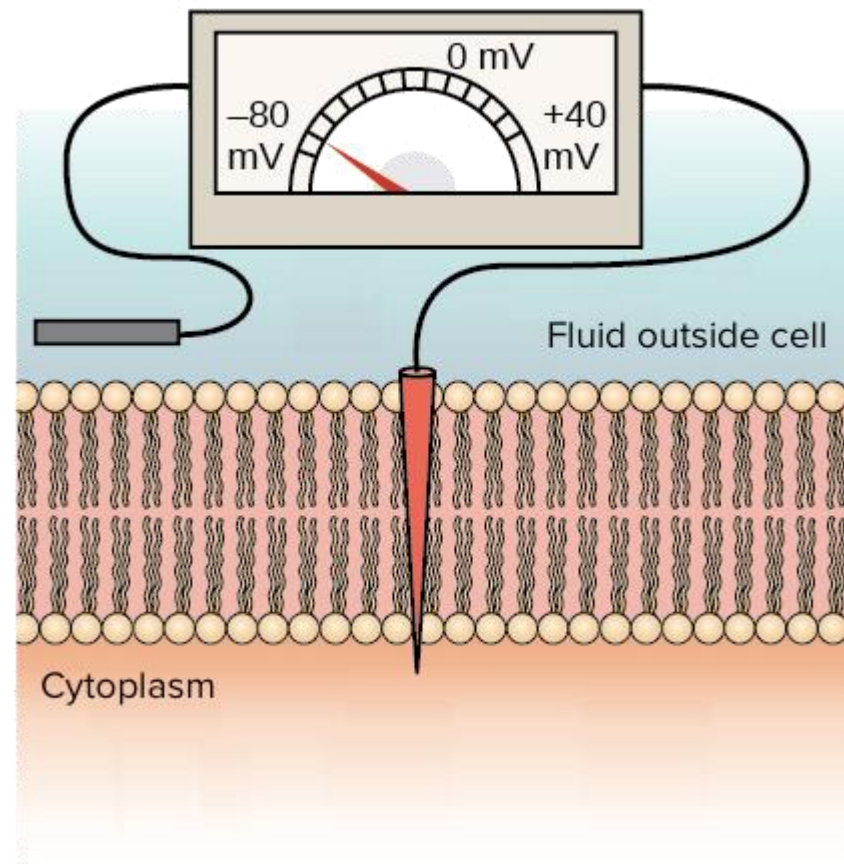
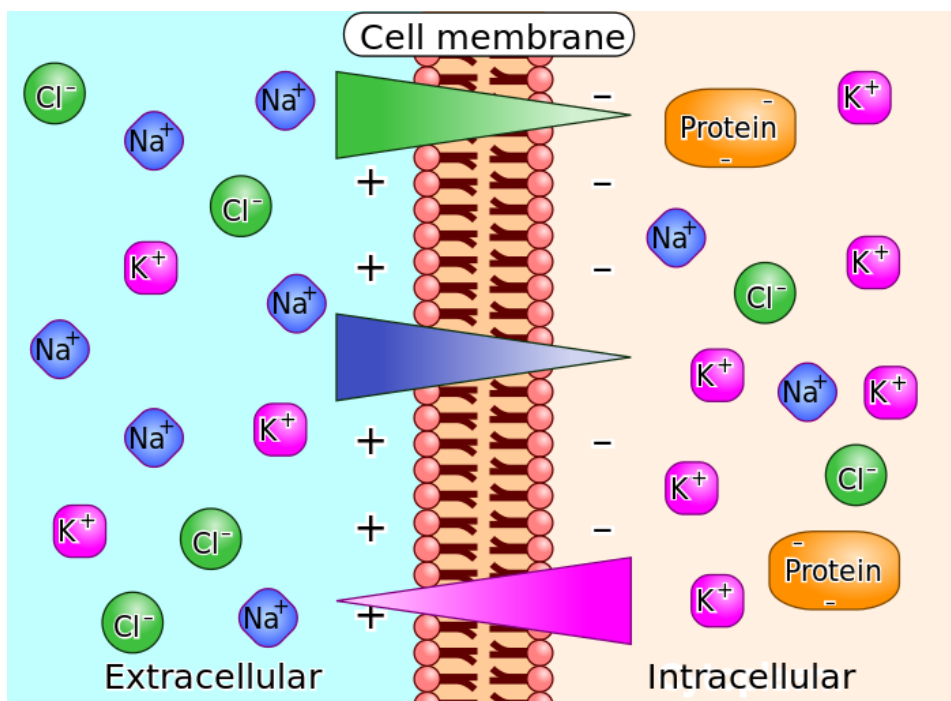
elektromos potenciál:

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



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

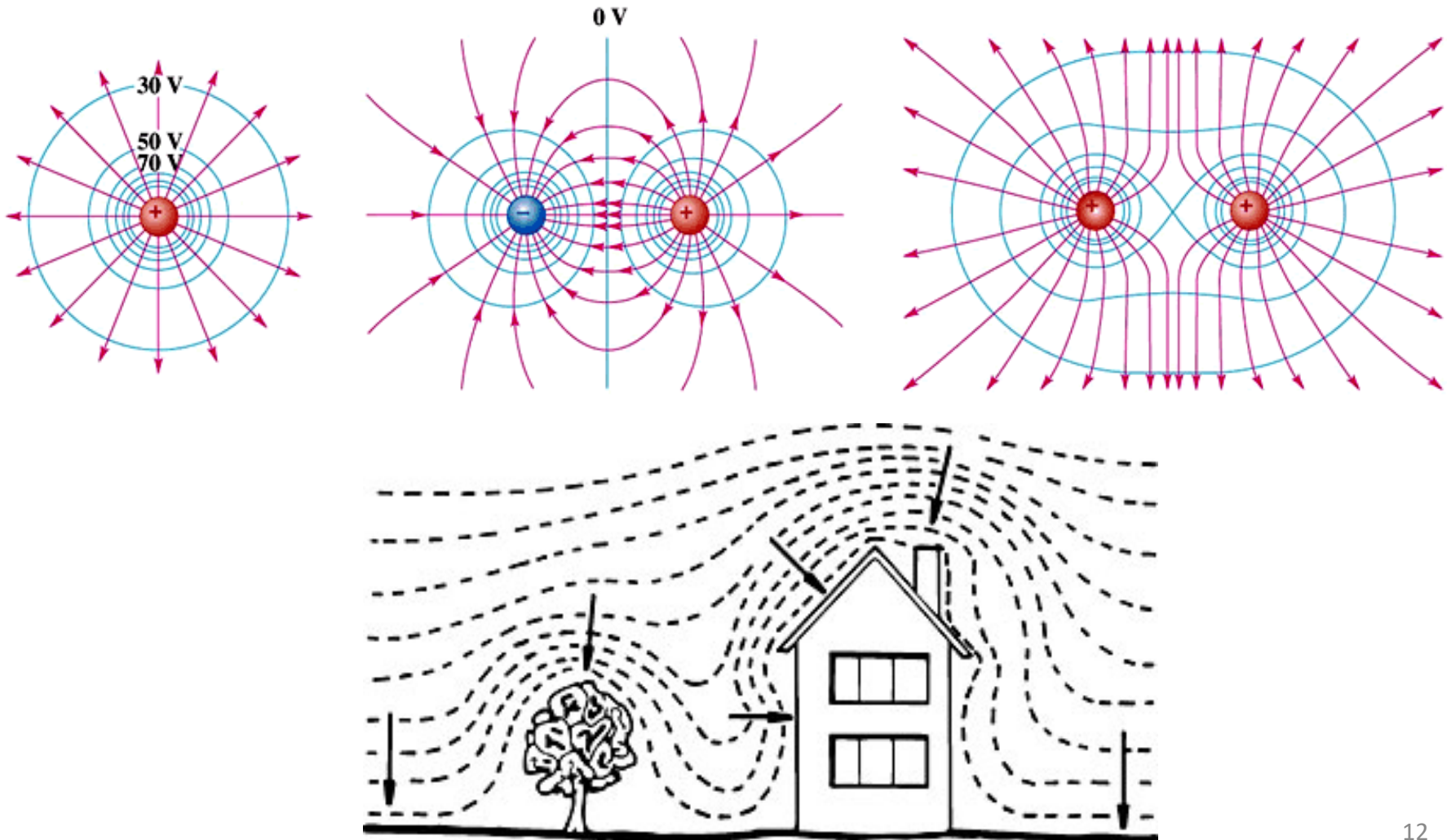




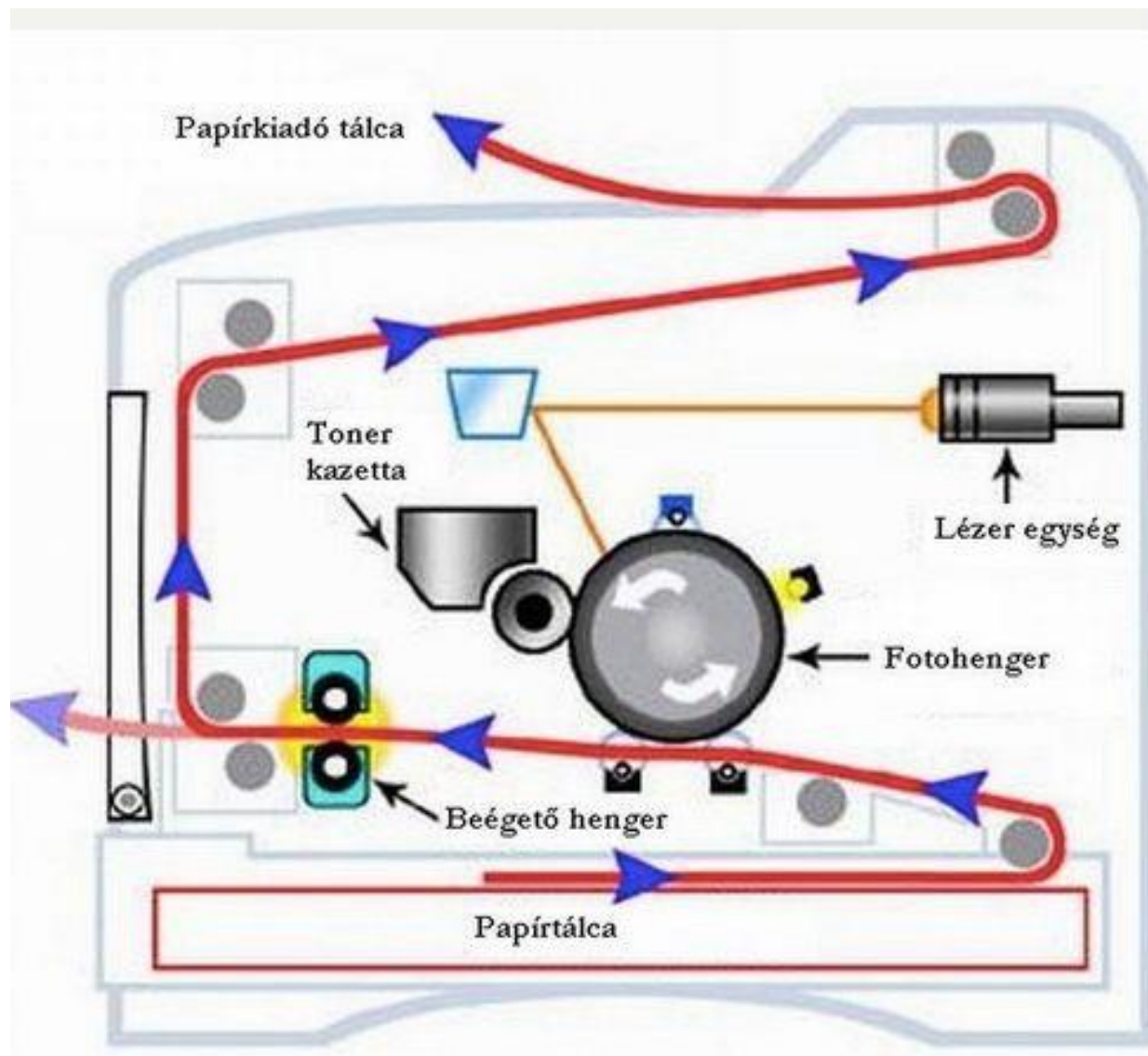
nyugalmi feszültség
nyugalmi potenciál(különbség)

Elektromos erőter

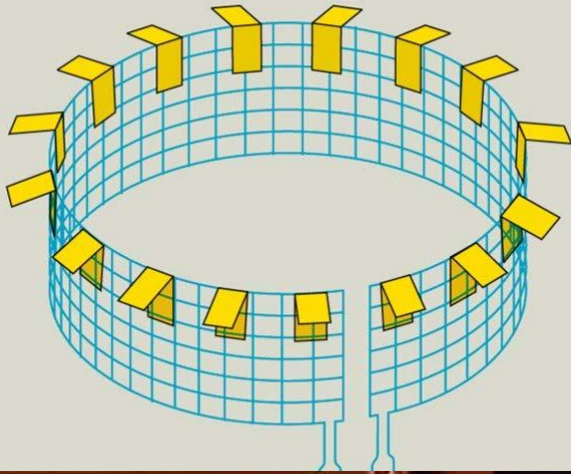
equipotenciális felületek:



A lézernyomtató működési elve



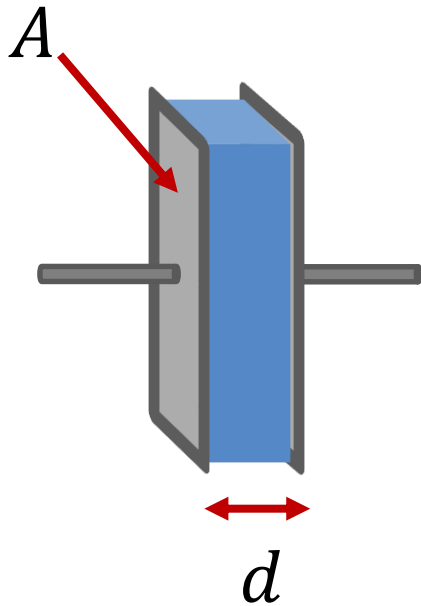
Elektromos árnyékolás



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



Kondenzátor

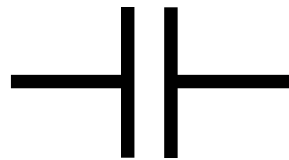


térerősség:

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

kapacitás:

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



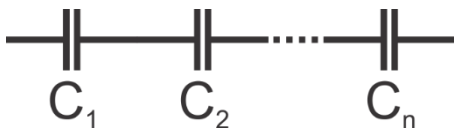
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

tárolt energia:

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

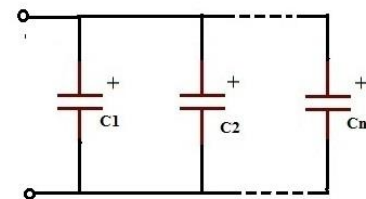
soros kapcsolás:

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

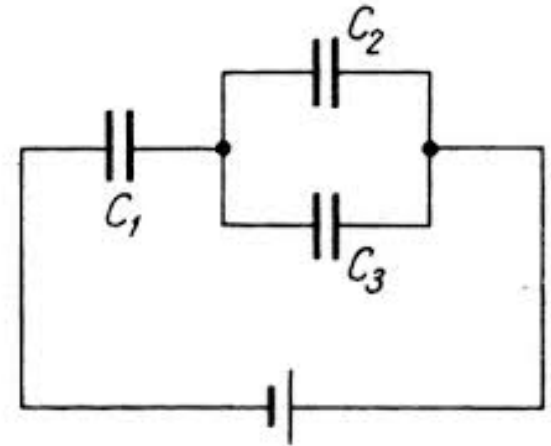


párhuzamos kapcsolás:

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



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

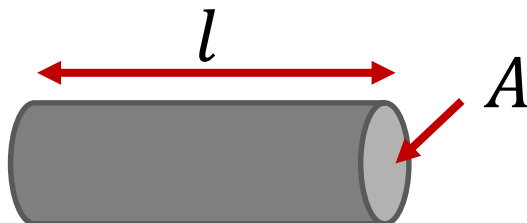


Elektromos áram

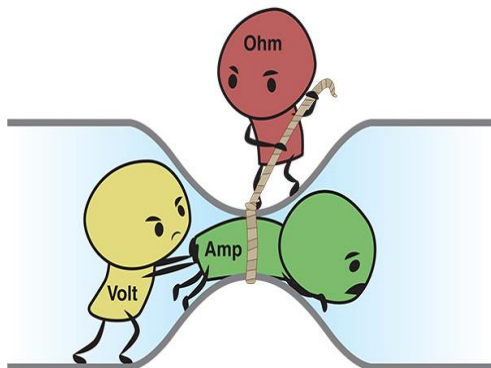
Georg Simon Ohm
1789-1854

Ohm törvénye: $U = R \cdot I$

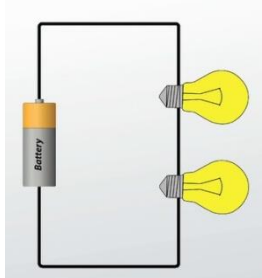
Elektromos ellenállás: $R = \frac{U}{I}$ $[\Omega]$ Ohm



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

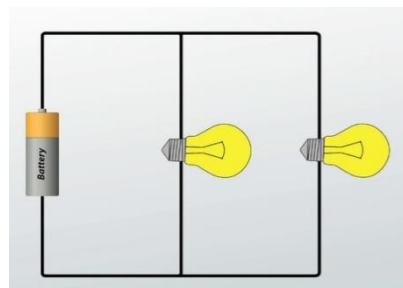


soros kapcsolás:



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

párhuzamos kapcsolás:



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

Elektromos áram



Ernst Werner von Siemens

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 [S/m]



Elektromos áram



Az áram munkája (Joule-féle hő):

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

$$\left. \begin{array}{l} U = R \cdot I \end{array} \right\} W = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2}{R} t$$



Elektromos teljesítmény:

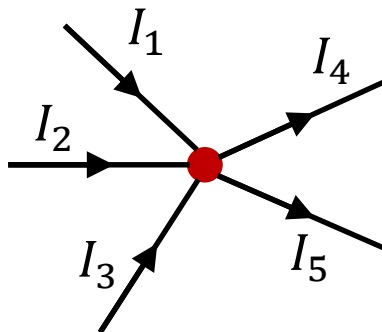
$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad [\text{W}] \text{ Watt}$$

Elektromos áram



Gustav Robert Kirchhoff
1824-1887

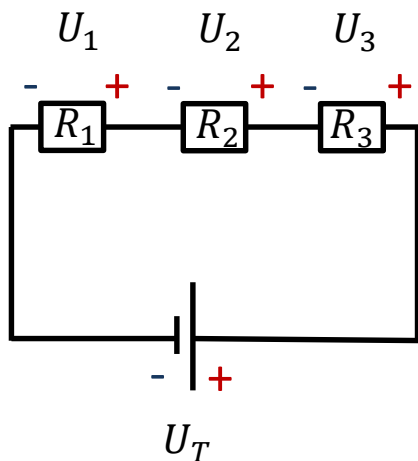
Kirchhoff I. törvénye: Egy csomópontba befolyó és onnan kifolyó áramok összege megegyezik. (Csomóponti törvény)



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

Kirchhoff II. törvénye:

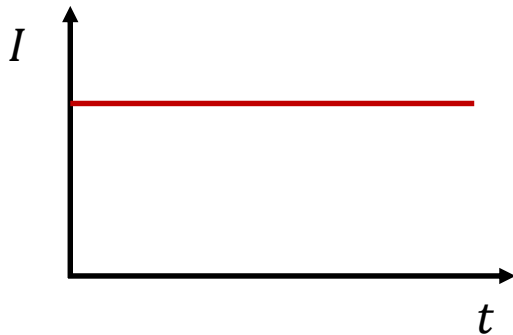
Zárt áramköri hurok mentén haladva az áramköri elemek feszültségeinek előjeles összege 0. (Huroktörvény)



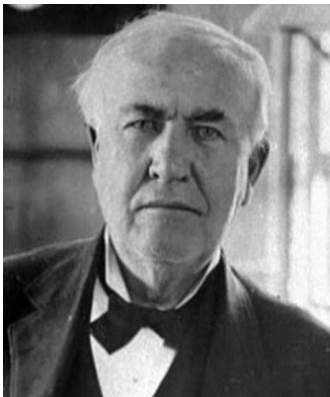
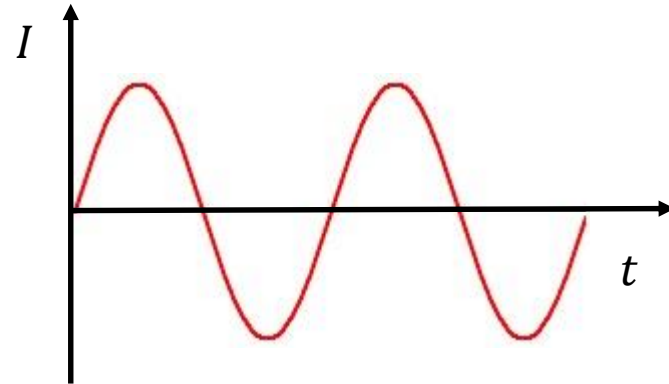
$$U_1 + U_2 + U_3 = U_T$$

Elektromos áram

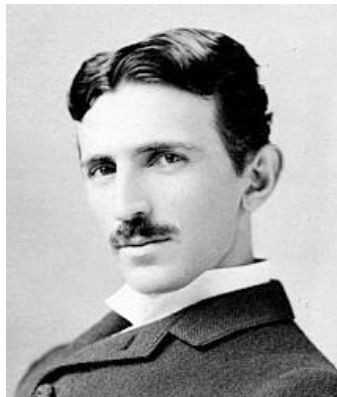
egyenáram
(direct current, DC)



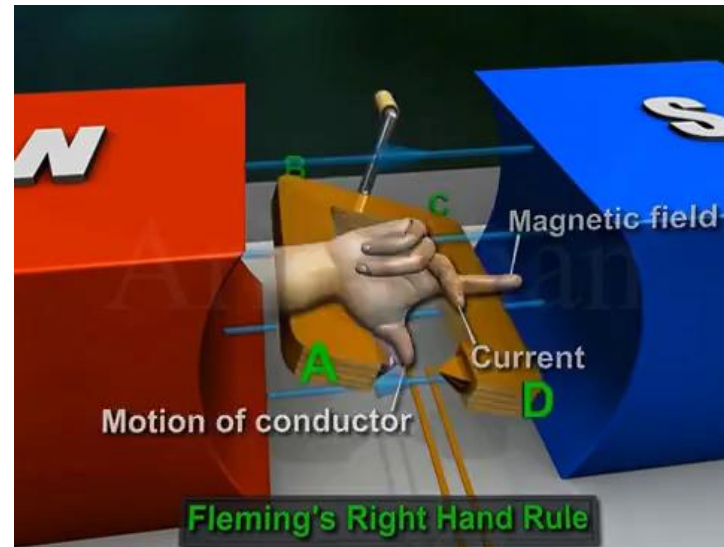
szinuszos váltóáram
(alternating current, AC)



Thomas Alva Edison
1847-1931

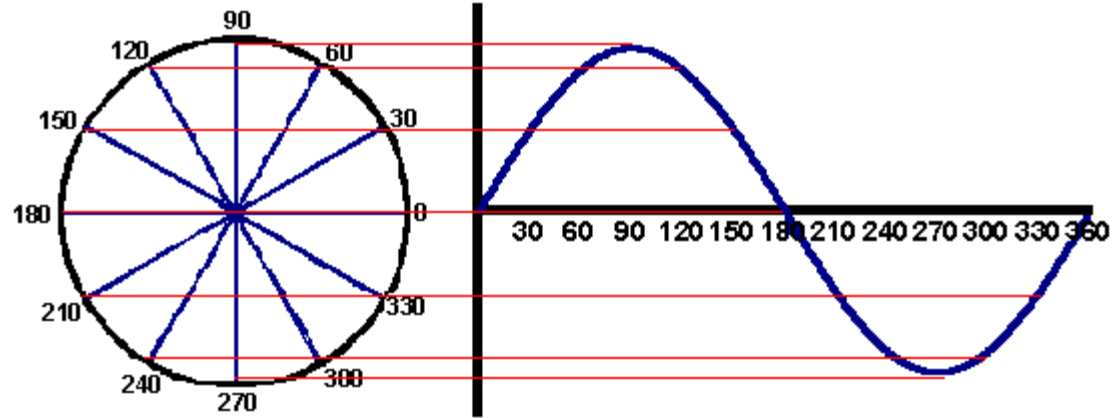


Nikola Tesla
1856-1943



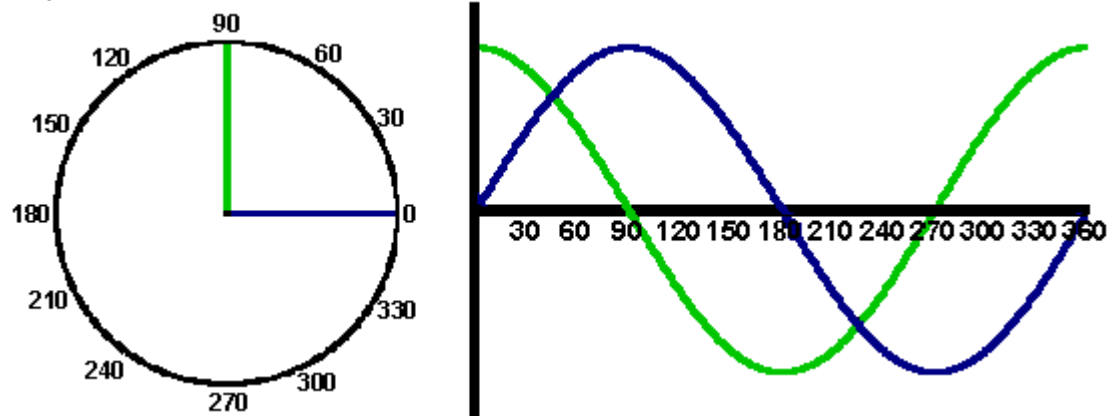
$$I = I_{max} \cdot \sin \omega t$$

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



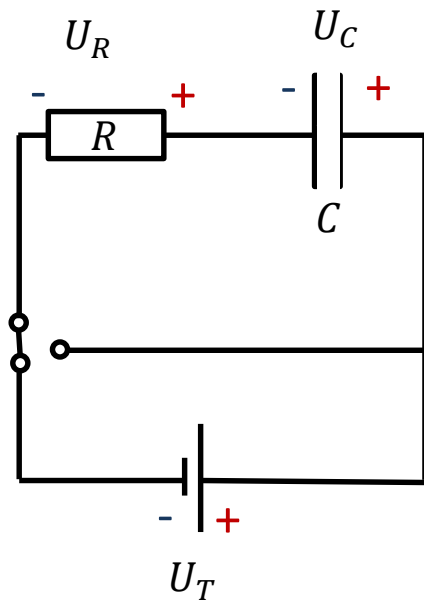
$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

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

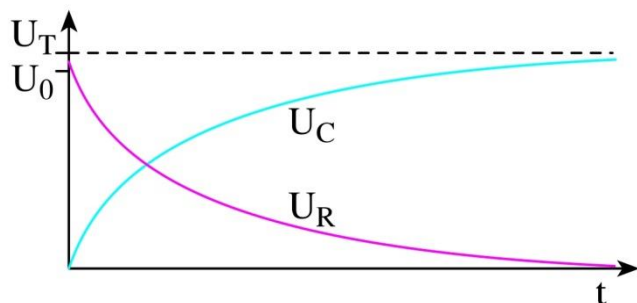


Elektromos áram: RC kör (soros)

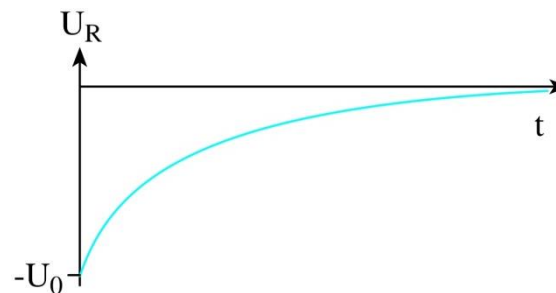
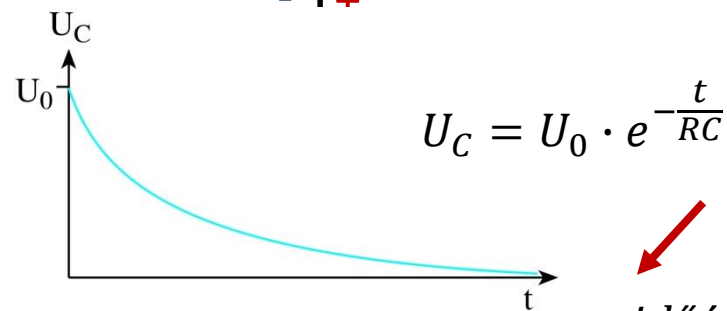
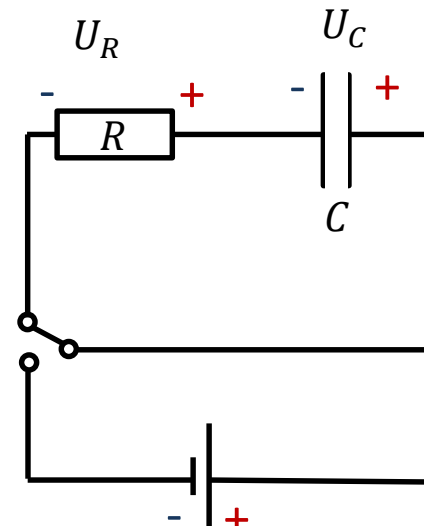
feltöltés



$$U_C = U_T \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$



kisülés



τ : időállandó

1. Adott egy RC-kör, amelynek az ellenállása $10\text{M}\Omega$, az időállandója pedig 1s . A kondenzátor kisütjük 2s -ig, mennyi a kondenzátor visszamaradt töltése a kiinduló töltéshez képest?

2. Egy RC-kör időállandója $0,6\text{s}$. Feltöltés során 1s -t követően mennyi lesz a kondenzátor feszültsége, ha a telepfeszültség 100V ? Mennyi időt vesz igénybe, hogy az így feltöltött kondenzátort a felére kisüssük?

Elektromos áram

Kondenzátor ellenállása váltóáramú áramkörben

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

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

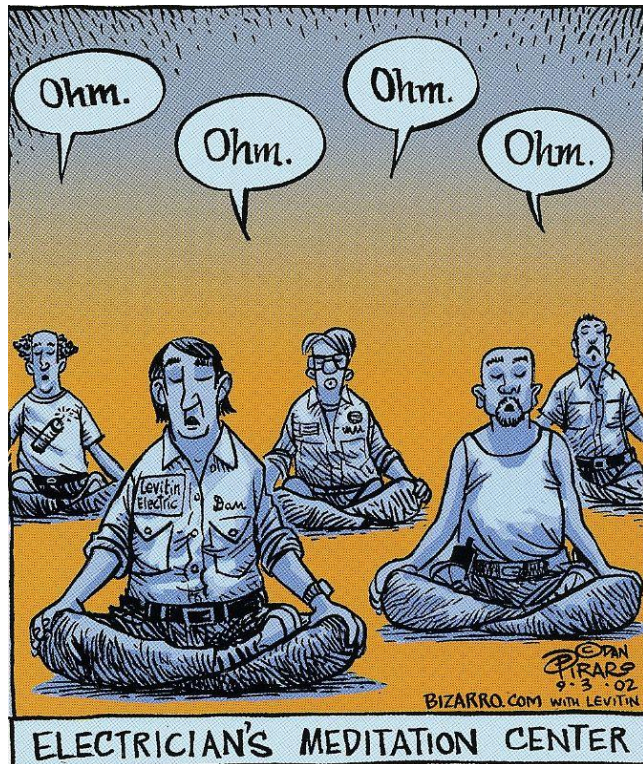
$$Z \text{ } [\Omega] \text{ Ohm}$$

soros RC körben:

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

párhuzamos RC körben:

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



Köszönöm a figyelmet!

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 csúcértékét, b) a feszültség effektív (hatásos) értékét, c) a váltakozó áram körfrekvenciáját és d) frekvenciáját

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

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 körtében egy nap alatt? b) Mekkora a körte teljesítménye?