

# Fizikai alapismeretek

## 5. előadás: Elektrosztatika

Papp Ádám

[papp.adam@itk.ppke.hu](mailto:papp.adam@itk.ppke.hu)

407. szoba, 204. labor

2023. 10. 09.

# Elektromos töltés

Elemi töltéssel rendelkező részecskék:

- elektron (negatív)
- proton (pozitív)

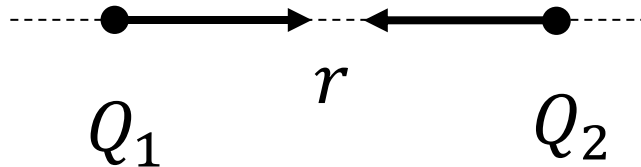
$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \approx 8,988 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

Coulomb törvény:

Két töltés között ható erő:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$



Az erő iránya ellentétes töltés esetén vonzó, azonos töltés esetén taszító.

# Összehasonlítás: elektromos és gravitációs kölcsönhatás

Két elektron között ható erők:

$$F_e = k \frac{q_e q_e}{r^2} = 8,988 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(1,602 \cdot 10^{-19} \text{C})^2}{r^2} = \frac{1}{r^2} \cdot 2,31 \cdot 10^{-28} \text{ Nm}^2$$

$$F_g = \gamma \frac{m_e m_e}{r^2} = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2} \frac{(9,109 \cdot 10^{-31} \text{kg})^2}{r^2} = \frac{1}{r^2} \cdot 5,54 \cdot 10^{-71} \text{ Nm}^2$$

$$F_e = 4,16 \cdot 10^{42} \cdot F_g$$

Két proton esetében:

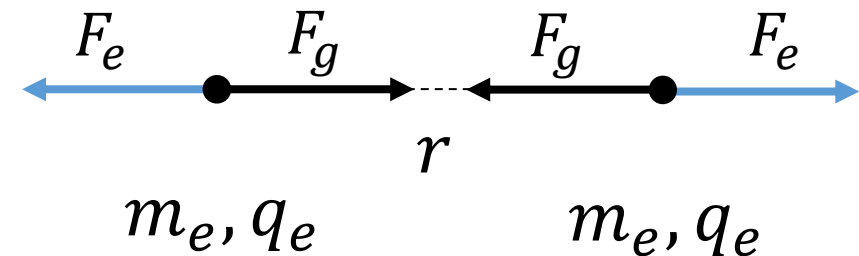
$$F_e = 1,24 \cdot 10^{36} \cdot F_g$$

$$q_e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$k = 8,988 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

$$\gamma = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}$$



Összehasonlításul:

Világegyetem mérete:  $8,8 \cdot 10^{26} \text{ m}$

Planck-hossz:  $1,616 \cdot 10^{-35} \text{ m}$

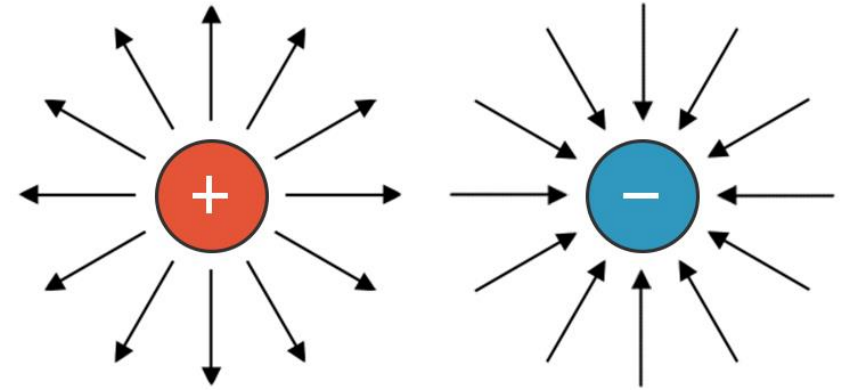
**Az elektrosztatikus kölcsönhatás a gravitációhoz képest gigantikus!**

# Elektromos erőter/mező

Az egységnyi („próba”) töltésre ható erő nagyságát és irányát írja le a térben.

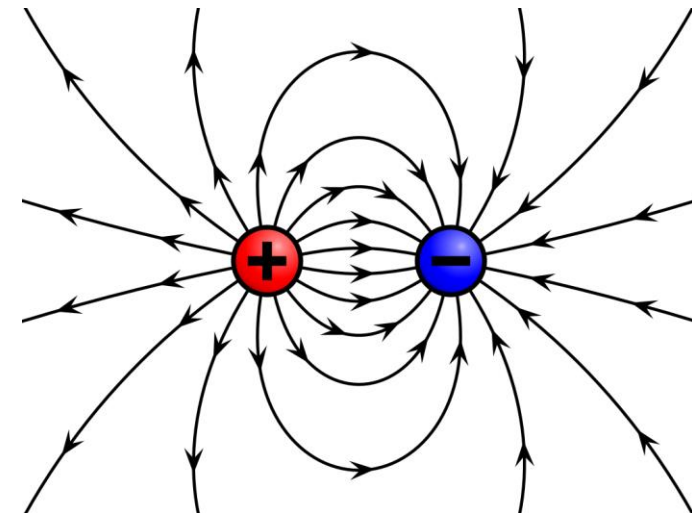
A próbatöltésre ható erő:  $\mathbf{F}_e = k \frac{Qq}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad [\text{N}]$

Elektromos térerősség:  $\mathbf{E} = k \frac{Q}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$



Erővonalak:

Olyan vonalak, melyek minden pontjában az elektromos mező érintő irányú.



# Elektromos potenciál, feszültség

Az elektromos mező konzervatív erőter, azaz létezik olyan  $U$  potenciál, melynek gradiense az elektromos mező:

$$\mathbf{E} = -\text{grad } U$$

Ponttöltés körüli potenciál:

$$\mathbf{E} = k \frac{Q}{r^2} \hat{\mathbf{r}} = -\text{grad } U \rightarrow U = -k \frac{Q}{r}$$

**Mértékegysége:**

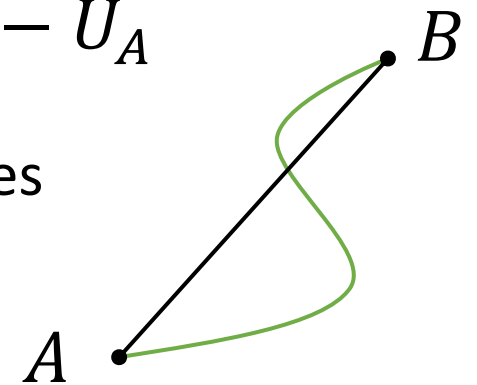
$$V = \frac{\text{Nm}}{\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

A végtelenben 0, nullában +/-∞!

Feszültség: **két pont közötti** potenciálkülönbség.

$$U_{AB} = U_B - U_A$$

Jelentése: A és B pont között egy egységnyi töltés mozgatásához szükséges munka (független az útvonaltól, mivel az elektromos erőter konzervatív).



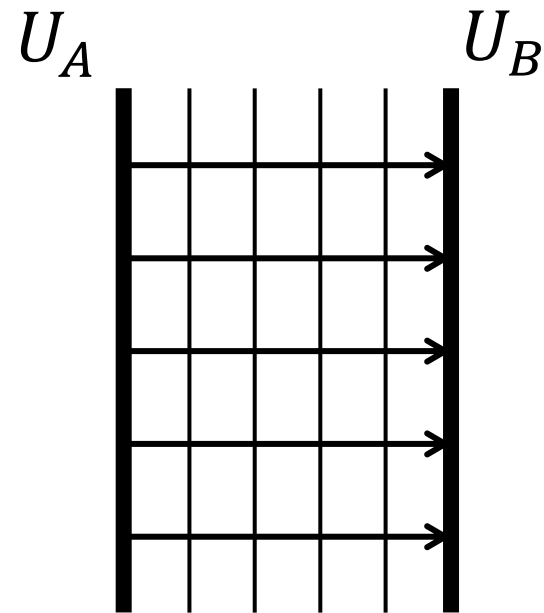
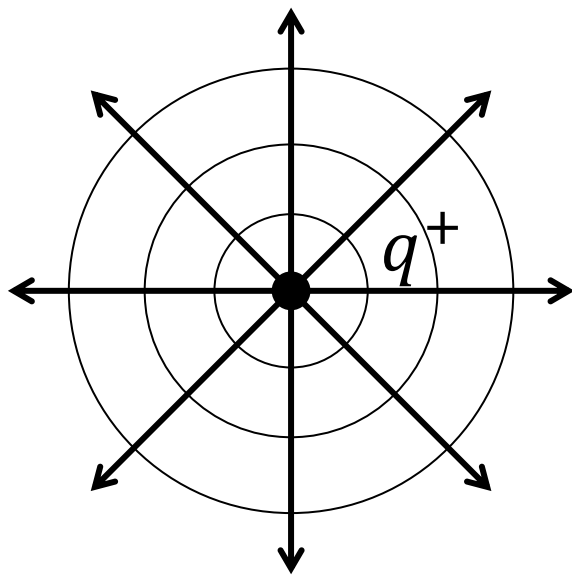
# Ekvipotenciális felület

Olyan pontok összessége, melyhez azonos potenciál tartozik.

(Gravitációs térben erre mondanánk hogy „vízszintes”, pl.: az óceán felszíne.)

Az **erővonalak mindig merőlegesek** az ekvipotenciális felületekre.

Az ekvipotenciális felületeken a **töltés munkavégzés nélkül mozgatható.**

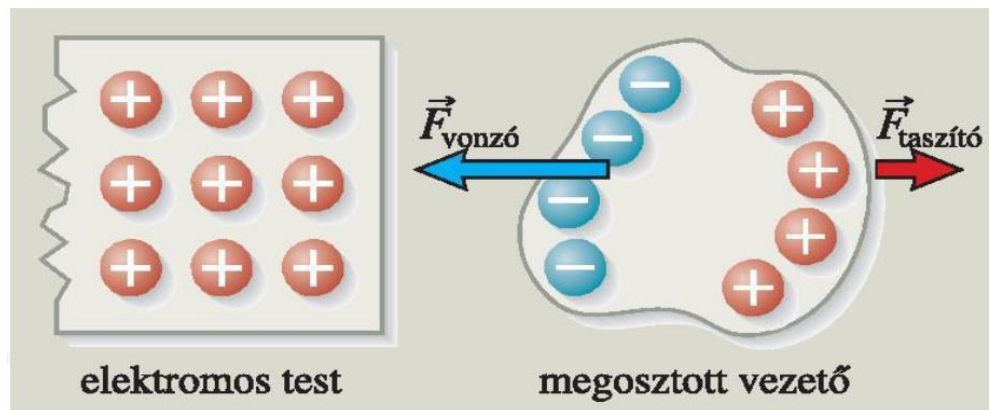


# Vezetők (fémek)

A fémekben az elektronok egy része az atomok között szabadon mozoghat.

Ezek az elektronok elektromos tér hatására elmozdulnak. Ezen elmozdulás hatására olyan töltéseloszlás jön létre, mely a külső tér hatását kioltja, vagyis olyan egyensúlyi helyzet jön létre, melyben **a fém belsejében az eredő térerősség nulla**.

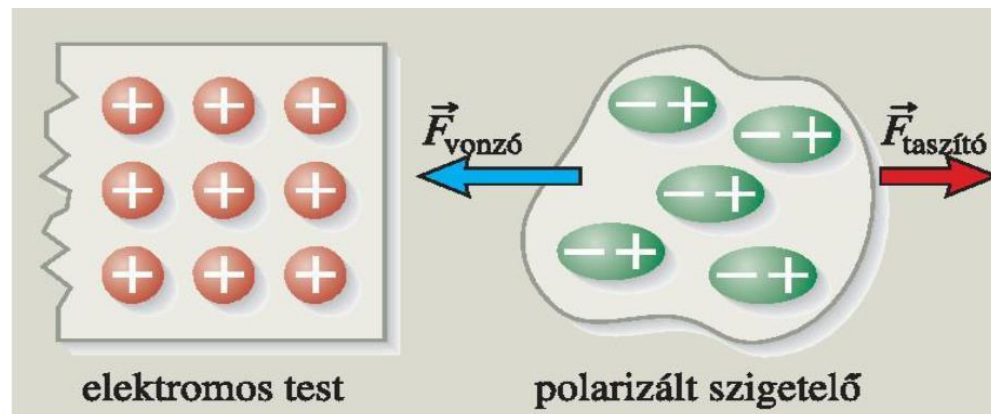
Tehát a fémek minden pontja (egyensúlyi helyzetben) **azonos potenciálon van**.



# Szigetelők (dielektrikum)

Szigetelő anyagokban az elektronok az atomokhoz kötött állapotban vannak.

Elektromos tér hatására az elektronok csak az atomok körüli kis elmozdulásra képesek, dipólusokként viselkedve az anyag belsejében. A dipólusok miatt a felületeken töltésfelhalmozódás jelentkezik, melynek tere az anyag belsejében a külső teret ellensúlyozni igyekszik, de megszüntetni nem tudja, csak csökkenti. Ennek mértékét jellemzi a dielektromos állandó (**relatív permittivitás**):  $\epsilon_r$ .





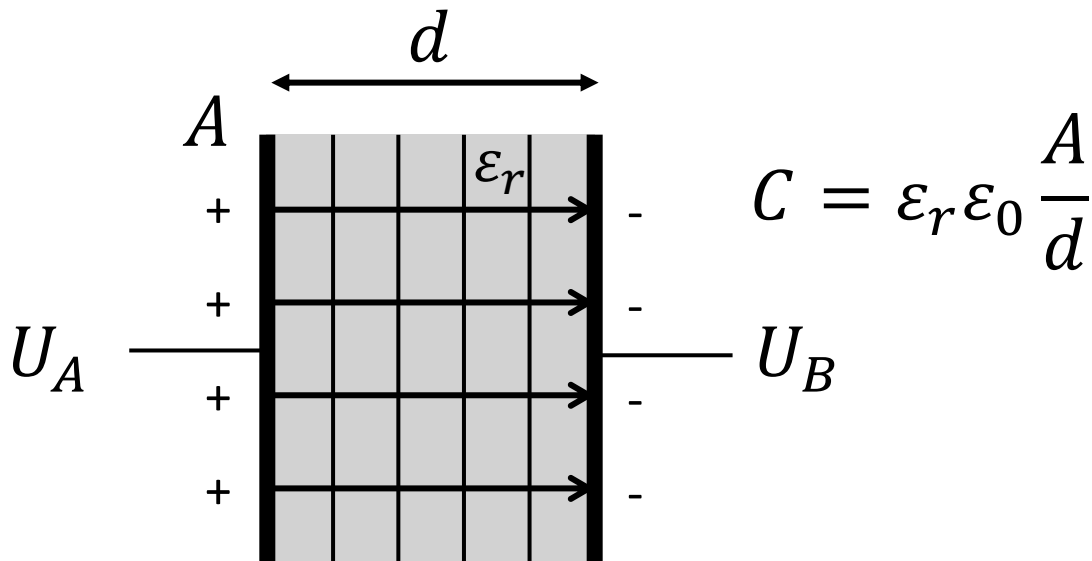
# Kapacitás, kondenzátorok

Kapacitás: az a töltésmennyiség, amely egy vezető potenciálját 1 volttal változtatja meg.  
Ha két vezető közötti kapacitást mérjük, akkor a két vezető közötti feszültséget vesszük figyelembe.

$$C = \frac{Q}{U}$$

$$\text{Mértékegysége: } F = \frac{C}{V}$$

Síkkondenzátor: két sík felületű vezető és az őket elválasztó dielektrikumból álló eszköz.



Tárolt energia:  $E_C = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} CU^2$

