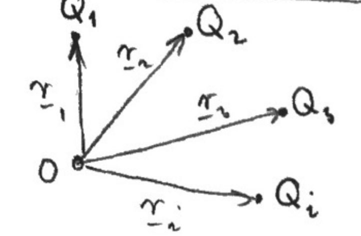
I.) A potenciál alkalmazásai

1.) Töltésrendszer elektrosztatikus energiája



Az i-edik és j-edik töltések pot. energiája:

$$Q_i \varphi_j = k \frac{Q_i Q_j}{|\underline{r}_i - \underline{r}_j|}$$

A teljes pot. energia:

$$E_{pot}^{teljes} = \frac{1}{2} \sum_{i,j} Q_i \varphi_j = \frac{1}{2} \sum_{i,j} k \frac{Q_i Q_j}{|\underline{r}_i - \underline{r}_j|}$$

ne számoljuk duplán!

(pl.: 2 töltés: $\frac{1}{2} k \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}} + \frac{1}{2} k \frac{Q_2 Q_1}{r_{12}} = k \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}}$.)

2.) Elektromos tér meghatározása φ-ből

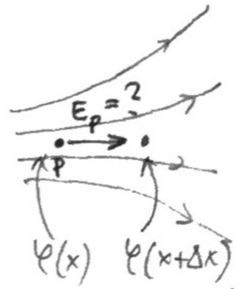
$$\varphi_P(\underline{r}) \approx \sum_P^{\infty} \underline{E}(\underline{r}) \Delta \underline{s} \rightarrow \int_P^{\infty} \underline{E}(\underline{r}) d\underline{s}$$

A fordított művelet (1D-ben):

$$\varphi(x) - \varphi(x + \Delta x) \approx E(x) \Delta x,$$

azaz:

$$E(x) = \frac{\varphi(x) - \varphi(x+\Delta x)}{\Delta x}$$



pontos, ha $\Delta x \to 0$:

$$\boxed{E(x) = -\frac{d\varphi}{dx}}$$

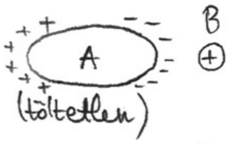
(3D-ben bonyolultabb)

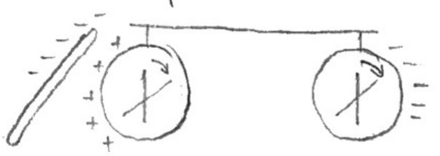
II.) Elektromos mező fémek közelében

1.) Kísérletek:

elektroszkópokkal:

a.) Megosztás:





megosztás, majd pálca elvétele → → kétféle töltés

b.) Egy elektroszkóp feltöltése ebonitrúddal negatív töltésűre (érintéssel) és pozitív töltésűre (megosztással).

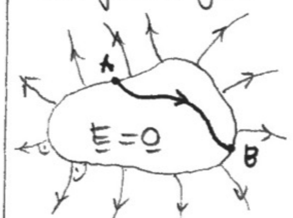
c.) Alumíniumdoboz + töltött rúd (vonzás)

2.) Következtetések:

anyagok → vezetők (szabadon elmozduló töltéshordozók)

anyagok → szigetelők (nincsenek szabad tölt. h.-k)

tulajdonságok:



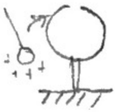
- $\underline{E} = \underline{0}$ vezető belsejében (ha nem így lenne, a töltések belül elmozdulnának)
- $\underline{E} \perp$ a felületre
- A fém minden pontja azonos potenciálú (ekvipotenciális) → lásd az AB útvonalra: $\sum \underline{E} \Delta \underline{s} = 0$

3.) Következmények:

a.) töltések mindig a fém külső felületén helyezkednek el:

$$\underbrace{E \Delta A}_{\Psi_{zárt}} = \frac{1}{\varepsilon_0} \underbrace{\sigma \Delta A}_{Q_{bezárt}} \rightarrow \boxed{\sigma = \varepsilon_0 E}$$

kísérletben:



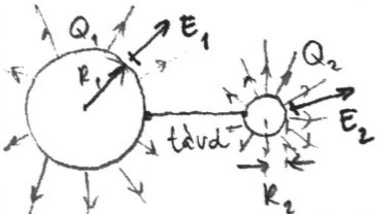
serleg feltöltése „kanalazással"

b.) külső tér árnyékolása (Faraday-kalitka) ($\underline{E} = \underline{0}$ miatt)

pl: - szerverszoba fémhálóval
- PC burkolata
- autó villámcsapáskor

c.) földelés: Nagy kiterjedésű fémtárggyal összekötve a vezetőt, azonos potenciálra kerülnek → $\varphi_{Föld} = 0\,V$ → zérus lesz a potenciál!

d.) csúcshatás: Csúcsok, élek közelében óriási elektromos térerősség! Miért?



potenciálok azonosak:

$$k \frac{Q_1}{R_1} = k \frac{Q_2}{R_2} \quad (1)$$

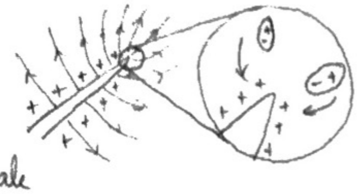
Térerősség a gömbök felületénél:

$$\left.\begin{aligned} E_1 &= k \frac{Q_1}{R_1^2} \\ E_2 &= k \frac{Q_2}{R_2^2} \end{aligned}\right\} \xrightarrow{(1)} \boxed{\frac{E_1}{E_2} = \frac{R_2}{R_1}}$$

kis görbületi sugár → nagy $\underline{E}$-tér!

1.) csúcshatás alkalmazásai, kísérletek

- „elektromos szél":

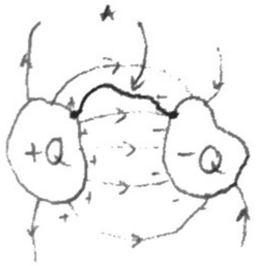


levegő porszemei, molekulái polározódnak
- gyertyaláng elektromos szélben
- elektromos Segner-kerék
- füst + lombik → elektromos füstelszívó
- Van de Graaf-generátor elve
- villámhárító
- hajók árbocai → „Szent Elmo tüze"

III. Kondenzátorok.

1.) Kapacitás:

$$U = -\sum_A^B E\,\Delta s$$



Két fémtest, azonos nagyságú, ellentétes előjelű töltéssel. Az U feszültség (pot. különbség) arányos a szétválasztott töltéssel.

$\Rightarrow$ $C = \frac{Q}{U}$ = állandó. ← ez a kapacitás

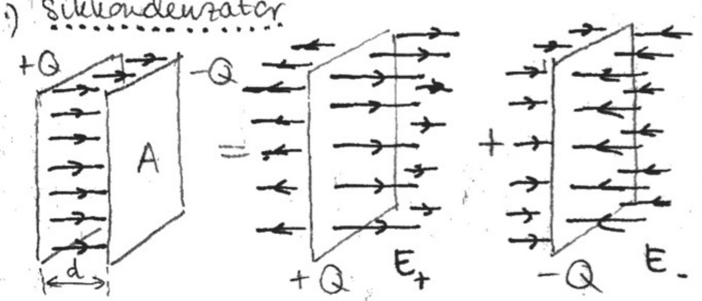
Megjegyzések: • C csak a geometriától függ, a töltéstől nem!

• mértékegység: $[C] = \frac{C}{V} = F$ (farad), Faraday után

2.) Kondenzátorok

áramköri jele: ⊣⊢

a.) síkkondenzátor

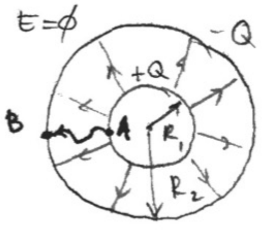


Eredő Gauss-tv.: $2E_+A = \frac{1}{\varepsilon_0}Q \to E_+ = \frac{Q}{2\varepsilon_0 A}$

A feszültség: $U = E_{eredő}\,d = (E_+ + E_-)d = \frac{Qd}{\varepsilon_0 A}$

kapacitás: $\boxed{C = \frac{Q}{U} = \varepsilon_0 \frac{A}{d}}$ pl: kapacitív érintőképernyők, kapacitív billentyűzetek

b.) gömbkondenzátor



$$U_{BA} = -\sum_B^A E\,\Delta s$$

↓

ugyanolyan a tér belül, mint egy ponttöltés tere:

$$U_{BA} = \varphi_A - \varphi_B$$

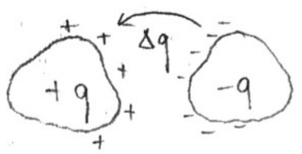
$$U_{BA} = k\frac{Q}{R_1} - k\frac{Q}{R_2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} Q \cdot \frac{R_2-R_1}{R_1R_2}$$

A kapacitás:

$$C = \frac{Q}{U_{BA}} = \boxed{4\pi\varepsilon_0 \frac{R_1R_2}{R_2-R_1}}$$

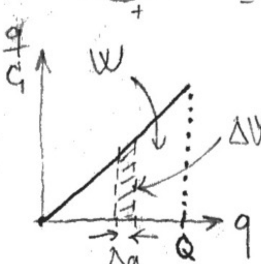
3.) A kondenzátor energiája

Töltések szétválasztása közben mekkora munkát végzek?



$$\Delta W = U(q)\cdot\Delta q = \frac{q}{C}\Delta q$$

$$W = \sum \Delta W = \frac{1}{C}\cdot\sum q\,\Delta q$$



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

$$\boxed{W = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU}$$

Mértékegység: $[W] = V\cdot C = \frac{J}{C}\cdot C = J$, tényleg!

4.) Az elektromos tér energiasűrűsége

Síkkondenzátorra:

$$W_{mező} = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}\underbrace{\frac{\varepsilon_0 A}{d}}_{C}\cdot(Ed)^2$$

Másképp:

$$W_{mező} = \underbrace{\frac{1}{2}\varepsilon_0E^2}_{w_E}\cdot\underbrace{A\cdot d}_{V}$$

A mező energiasűrűsége:

$\boxed{w_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0E^2}$ (skalár), $[w_E] = \frac{J}{m^3}$

Inhomogén térben:

$$W_{mező} \approx \sum \frac{1}{2}\varepsilon_0E^2\cdot\Delta V \to \int \frac{1}{2}\varepsilon_0E^2\,dV$$