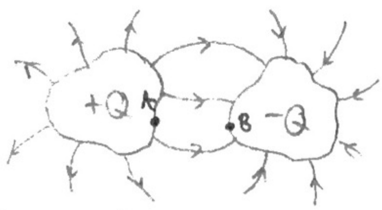
Ismétlés: Kondenzátorok



kapacitás:

$$C = \frac{Q}{U_{AB}} \quad [C] = F,$$

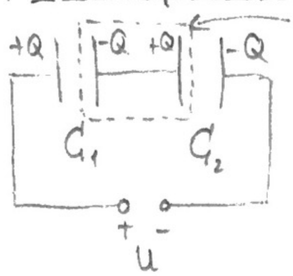
csak a geometriától függ.

Pl: Síkkondenzátor:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$ $A \leftarrow$ lemezek területe, $d \leftarrow$ távolsága

I., Kondenzátorok kapcsolása.

1.) Soros kapcsolás:

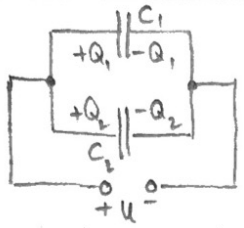


$$U_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{Q}{C_2}$$

$$U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q\underbrace{\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)}_{1/C_{eredő}}$$

$$\boxed{\frac{1}{C_{eredő}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots}$$

2.) Párhuzamos kapcsolás:



$$Q_{össz} = Q_1 + Q_2 = C_1U + C_2U = \underbrace{(C_1 + C_2)}_{C_{eredő}}U$$

$$\boxed{C_{eredő} = C_1 + C_2 + \ldots}$$

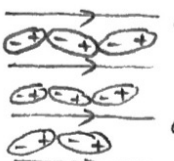
II. Dielektrikumok.

1.) Kísérlet: kondenzátor feszültsége lecsökken, ha szigetelőt (üveg, bakelit) tolunk be a lemezek közé.

2.) Szigetelők (dielektrikumok)

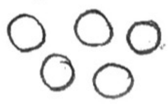
a.) poláros:

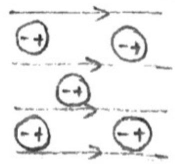
hőmozgás



rendeződés E térben, dip. láncok

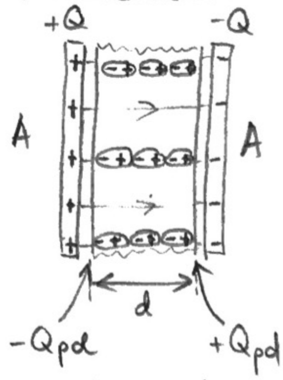
b.) nempoláros:





rendeződés, polározódás, dipólus-láncok

3.) Elektromos polarizáció



térfogati dipólmomentum-sűrűség alakul ki a szigetelőben:

$$\underline{P} = \frac{\underline{p}}{V}$$ $\underline{p} \leftarrow$ dipólmomentum, $V \leftarrow$ térfogat, $\underline{P} \uparrow$ el. polarizáció

Mérések szerint:

vákuum permittivitás

$$\underline{P} = \varepsilon_0 \chi \underline{E} \quad \text{(kis terekre)}$$

χ: elektromos szuszceptibilitás (dimenziótlan szám)

4.) Kapacitás dielektrikum esetén

$$\left.\begin{aligned} p &= Q_{pol} \cdot d \\ p &= A \cdot d \cdot P \end{aligned}\right\} Q_{pol} = A \cdot P = A\varepsilon_0 \chi E \quad (1)$$

Gauss-törvény:

$$\underbrace{EA}_{\Psi_{zárt}} = \frac{1}{\varepsilon_0}\underbrace{(Q - Q_{pol})}_{Q_{bezárt}} \quad (2)$$

(1) & (2):

$$Q = \varepsilon_0 EA + A\varepsilon_0 \chi E = \varepsilon_0(1+\chi)EA.$$

kapacitás:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{Ed} = \varepsilon_0 \underbrace{(1+\chi)}_{\varepsilon_r\text{: relatív permittiv.}} \frac{A}{d}$$

A kondenzátor kapacitása ε_r-szeresre változik.

5.) Megjegyzések.

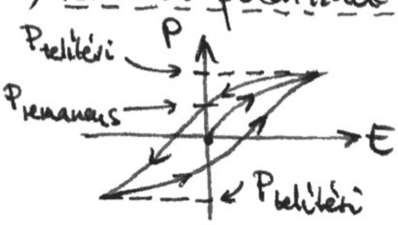
a.) szigetelők átütési szilárdsága: E_{max}

pl: száraz levegő $21 \frac{kV}{cm}$

PVC: 100–300 kV/cm

polisztirol: 220–500 kV/cm

b.) remanens polarizáció: $P \sim E$ csak kis terekre érvényes!

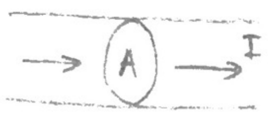


kísérlet: Leydeni palack

c.) alkalmazások:
- kapacitív érzékelők
- szám. gép billentyűzet

III. Elektromos áram.

1.) Áramerősség: Egy adott felületen egységnyi idő alatt átáramló töltésmennyiség:



$$I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \dot{Q}$$

iránya: pozitív töltések áramlási iránya (technikai áramirány)

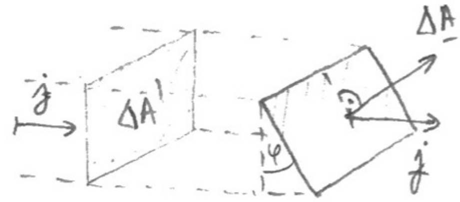
$$[I] = \frac{C}{s} = A \text{ (amper)}, \text{ SI-alapegység!}$$

tipikus értékek: - ingerület: $0{,}01\,\mu A$
- mérőműszerek: $1\,\mu A$
- villám: $10^4\,A$.

2.) Áramsűrűség

Áramerősség osztva az áramlásra merőleges felülettel: $j = \frac{I}{A}$.

Pontosabban:



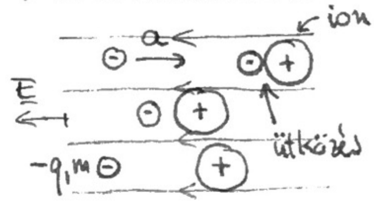
$$\boxed{I = \underline{j} \cdot \Delta \underline{A}}$$

$\underline{j}$:= áramsűrűség-vektor

$$[j] = \frac{A}{m^2}$$

IV. Áramvezetés fémekben

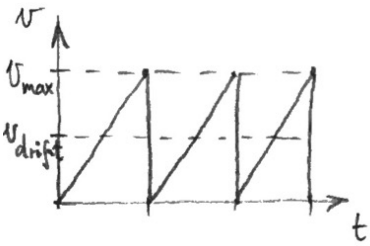
1.) Drude-modell:



elektron mozgása két ütközés között:

$$ma = qE \rightarrow a = \frac{qE}{m},$$

de 2τ időnként ütközés a kristályráccsal, ahol a mozgási energia elveszik.

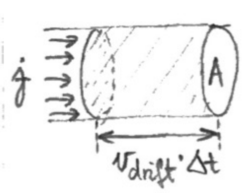


$$v_{max} = a \cdot 2\tau = \frac{2qE}{m}\tau$$

$$v_{drift} = \frac{1}{2} v_{max} = \frac{qE}{m} \cdot \tau$$

„relaxációs idő”

2.) Differenciális Ohm-törvény:



$$\Delta V = A \cdot v_{drift} \cdot \Delta t$$

$$\Delta N = n \cdot A\, v_{drift} \cdot \Delta t$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = q n A \cdot v_{drift}$$

Áramsűrűség: $j = \frac{I}{A} = q n v_{drift} = \underbrace{\frac{q^2 n}{m} \cdot \tau}_{\text{anyagi állandó}} \cdot E$

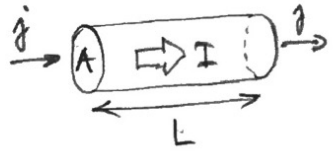
Vektoriálisan is igaz:

$$\boxed{\underline{j} = \sigma \underline{E} = \frac{1}{\rho} \underline{E}}$$

ez a differenciális Ohm-törvény.

fajlagos vezetőképesség (σ), fajlagos ellenállás (ρ)

3.) (Integrális) Ohm-törvény



$$\left.\begin{aligned} I &= jA = \frac{1}{\rho} \cdot EA \\ U &= E \cdot L \end{aligned}\right\}$$

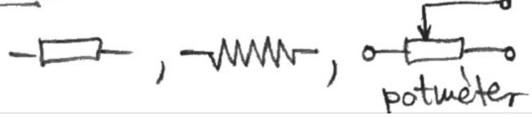
Ebből: $\frac{U}{I} = \rho \frac{L}{A} = R \rightarrow \boxed{U = RI}$

fogyasztó ellenállása

Az áramerősség arányos a vezető két végére kapcsolt feszültséggel. (Nem mindig igaz!)

Mértékegység: $[R] = \frac{V}{A} = \Omega$ (ohm)

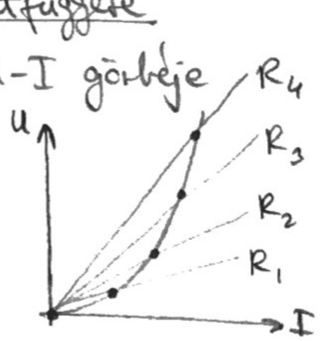
áramköri jele:



4.) Ellenállás hőmérsékletfüggése

a) Kísérlet: izzólámpa U-I görbéje

U (V)				
I (A)				



Izzólámpa nem követi az Ohm-törvényt!

b.) fémek: T nő → τ csökken

$$\rho(T) \approx \rho_0 \left[1 + \alpha (T - T_0)\right]$$

bizonyos tartományban lineáris: Pt ellenálláshőmérő.