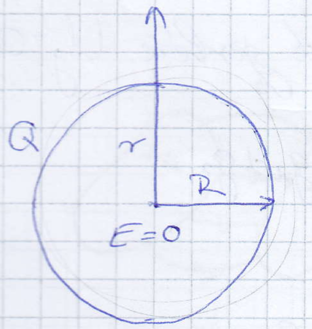
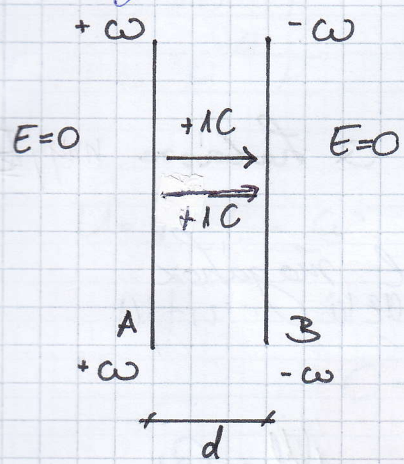
$U = E s \xrightarrow{\text{Gömb}} E \cdot r = k \frac{Q}{r^2} \cdot r$



$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{r^2} = \frac{kQ}{r^2} \longrightarrow \boxed{U = \frac{kQ}{r}}$ ha $r > R$

Gömbszimmetrikus tér esetén: $U_{r=\infty} = 0$

Homogén térben:



$\frac{\omega}{2\varepsilon_0} + \frac{\omega}{2\varepsilon_0} = \frac{\omega}{\varepsilon_0}$ $U_{AB} = Ed$

Ekvipotenciális felület:
Azonos potenciálú pontok helye az adott térben.

Hengerszimmetria → Henger felület
Gömb -"- → Gömb -"-
Homogén tér → Sík felület

Az $\underline{E}$ térerősség ⊥ az ekvipotenciális felületen.

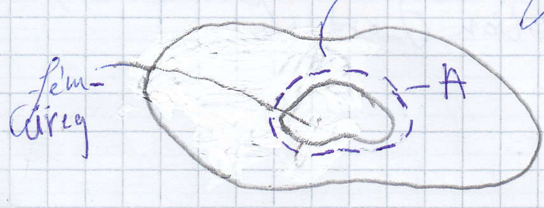
Fémek sztatikus térben

- Fémen belül $\underline{E} = 0$ ($\bar{e}$-ok elmozdulása)
- Elektronfelesleg és hiány a felülettől néhány atomi rétegre jelenik meg
- $\underline{E}$ merőleges a fémfelületre → (ekvipotenciális felület)
- Elektrosztatikus térbe helyezett fémüregben az $\underline{E} = 0$.

Bizonyítás:

Tetszőleges ellenőrző felület, melyen alk. az elektr. szt. Gauss-tételét

I. rész. fém-üreg



$\Psi_A = 0$ mert $E = 0$ a fémben

↳ $\Psi_A = 0 = \frac{\sum Q}{\varepsilon_0} \rightarrow \sum Q = 0$ Tehát az üregen belül, az üreg felületén $\sum Q = 0$.

II. rész $\quad Q - Q = 0$

Az elektr. szt. tér konzervatív, tetszőleges zárt görbére $U_g = 0$.

g_2: az üregben van $\qquad g_1$: a fémben van

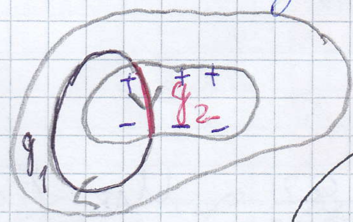
$$g = g_1 + g_2$$

$$U = \underbrace{U_{g_1}}_{=0 \text{ mivel a fémben } E=0} + U_{g_2} = 0 + U_{g_2} = 0 \qquad U_{g_2} = 0$$

↓

Nincsenek töltések megosztva

$\boxed{E = 0}$

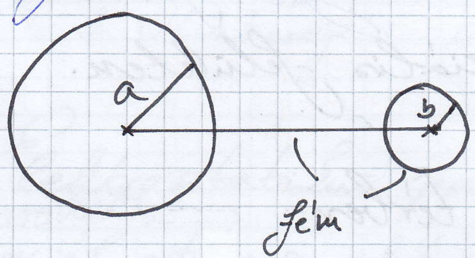


Csúcshatás

Fémfelületen éles, szögletes csúcsok kis Q hatásra nagy E

Jelenség: a gáz részecskéket magához vonzza, töltést ad át és azután taszítja

Bizonyítás:



1.) $\omega_1 = \frac{Q_1}{4\pi a^2} \qquad \omega_2 = \frac{Q_2}{4\pi b^2}$

* A fémfelület ekvipotenciális

2.) $U = k\frac{Q_1}{a} = k\frac{Q_2}{b}$ $\rightarrow \frac{a}{b}$ arány

→ 1.) $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\frac{Q_1}{a^2}}{\frac{Q_2}{b^2}} = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot \frac{b^2}{a^2} \longrightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{a}{b}$

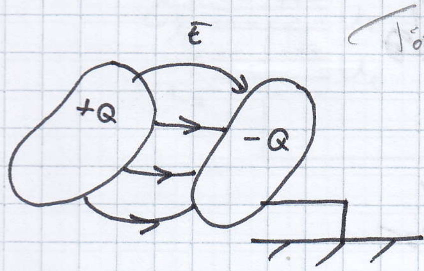
→ 2.) $\frac{a}{b} \cdot \frac{b^2}{a^2} = \frac{b}{a} \longrightarrow \boxed{\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{b}{a}}$

Minnél kisebb a sugár, annál nagyobb a felületi töltéssűrűség.

De $E \sim \omega$, ezért a térerősség a felületre, a gömb sugarára fordítottan arányos.

Kondenzátor, kapacitás

Töltéstároló képesség



$$C_{kapacitás} = \frac{Q}{U}$$

→ tárolt tölt. mennyiség (Q)

→ fegyverzetek közötti feszültség (U)

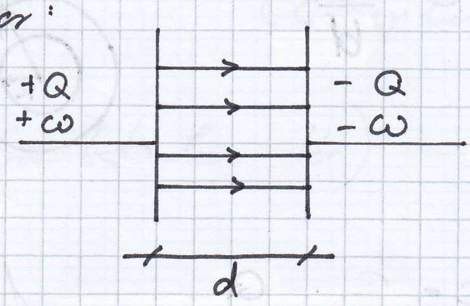
$$[C] = 1\ \text{As}/\text{V} = 1\ \text{F}$$

$1\ \mu F = 10^{-6}\ F$

$1\ nF = 10^{-9}\ F$

$1\ pF = 10^{-12}\ F$

Síkkondenzátor:
/ideális/



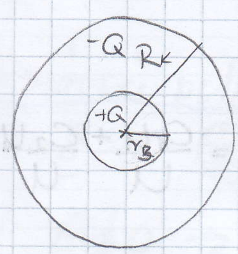
$$U = E\cdot d = \underbrace{\frac{\omega}{\varepsilon_0} d}$$

$$Q = A\omega$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{A\omega}{\frac{\omega}{\varepsilon_0} d} = \boxed{\varepsilon_0 \frac{A}{d}}$$

$$E = \frac{\omega}{\varepsilon_0}$$

Gömbkondenzátor



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

Két potenciálkülönbség

$$U = k\cdot Q\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{R_K}\right)$$

$$C = \frac{Q}{kQ\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{R_K}\right)} = 4\pi\varepsilon_0 \cdot \frac{r_B R_K}{R_K - r_B}$$

$$E_{kond.} = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} Q U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

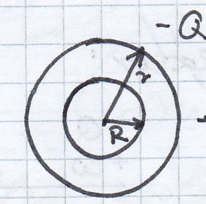
(Levezetés később)

10.24.

8. Előadás

Hengerkondenzátor kapacitás

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



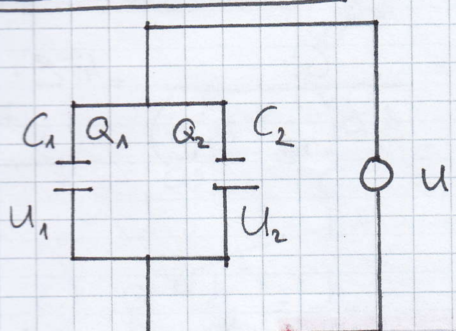
$$E = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 l}\cdot\frac{1}{r}$$

$$U = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 l}\cdot \ln\frac{r}{R}$$

$$C = \frac{Q}{U} = 2\pi\varepsilon_0 l\,\frac{1}{\ln\frac{r}{R}}$$

Egyszerű koncentrált paraméterű kapcsolás kondenzátorok esetén

a.) Párhuzamos:



$$C_e = \frac{Q_e}{U} = \frac{Q_1+Q_2}{U} = \frac{C_1U}{U}+\frac{C_2U}{U} = \boxed{C_1+C_2}$$

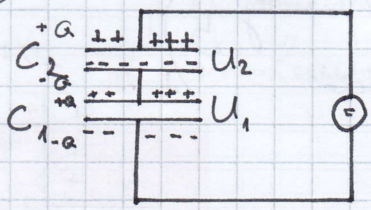
$Q = C\cdot U$

Megfelelő fegyverzetek párhuzamos kapcsolás esetén azonos potenciálon vannak

b) Soros kapcsolás

feszültség $\rightarrow$ $\boxed{U = \underbrace{U_1+U_2}_{\text{feszültségek}}}$

b. Soros:



$$\frac{Q}{C_e} = \boxed{U = U_1 + U_2} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

$$\left(C = \frac{Q}{U} \rightarrow U = \frac{Q}{C} \right)$$

$$\boxed{\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

$$\boxed{C_e = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}} = C_1 \times C_2$$

(C_1 replusz C_2)

Szigetelők sztatikus térben:

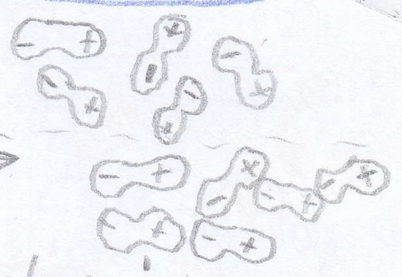
Behatol a tér (az elektrosztatikus tér)

Polarizáció jön létre

Orientációs polarizáció

1. eset: $\underline{E} = \underline{0}$,

2. eset: $\underline{E} \neq \underline{0}$, →



: Villamos dipólusok jelennek meg pl. víz

Pozitív & ⊖ t. kp-ok nem esnek egybe

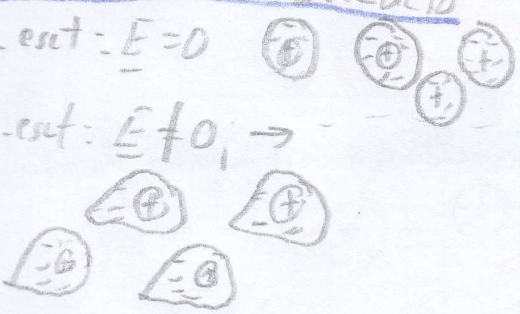
Egyes vezetőkben eredendően vannak dipólusok → Poláris

ezek elektromos tér hatására polarizálódnak (rendeződnek) dipólláncot alkotva beállnak a tér irányába

Deformációs polarizáció

1. eset: $\underline{E} = 0$

2. eset: $\underline{E} \neq 0$, →



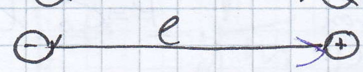
Pozitív & ⊖ töltésközéppontok egybe esnek

⇒ Nem poláros dielektrikumok

külső E tér hatására a ⊕ & ⊖ ~~töltése~~ töltésnehézpontok egymástól eltávolodnak

a.) b.) ⟹ Elemi dipolmomentum annál nagyobb, minél nagyobb az E tér

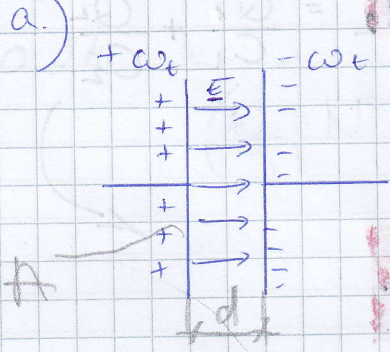
Villamos dipólus: → −Q +Q



Villamos dipolnyomaték: $\boxed{\underline{p} = Q \cdot \underline{l}}$ → p polarizáció a külső térrel egyenesen arányos

kis p

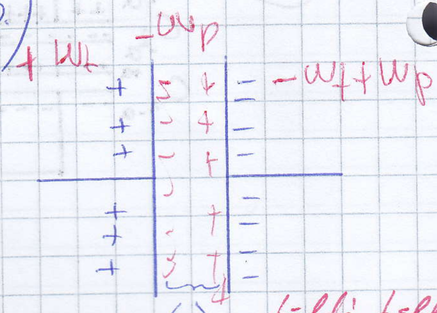
↳ ⊖-ból a ⊕-ba mutat a vektor

a.) 

ω_t : többlet töltéssűrűség

ω_p : polarizációs töltés

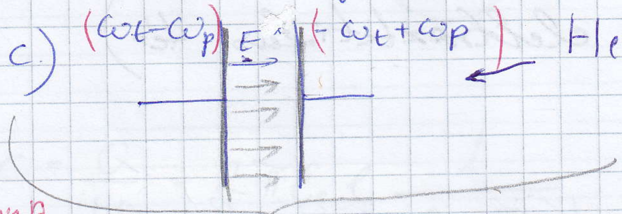
$\left(\rho = \frac{Q}{V}\right)$

b.) 

a felületen megjelenik egy polarizációs töltés

dipólus láncok

lecsökken a polarizáció mértéke

c.) 

„Helyettesítő" modell

nagy P

$\underline{P}$: polarizáció vektor

Egységnyi térfogatra vett eredő villamos dipolnyomaték.

c.) $E = \frac{\omega_t - \omega_p}{\varepsilon_0} \rightarrow \boxed{\omega_t = \varepsilon_0 E + \omega_p}$

$\boxed{Q_p = \omega_p \cdot A_{kondenzátor}}$ $\boxed{\underline{P}_p = Q_p \cdot \underline{d}}$

$|\underline{P}| = \underbrace{\frac{P_p}{A \cdot d}}_{V\ \text{térfogat}} = \omega_p$

Általánosítás

$|\underline{D}| = \omega_t$

$|\underline{D}|$ eltolás vektor

$\boxed{\underline{D} = \varepsilon_0 \underline{E} + \underline{P}}$

A $\underline{D}$ eltolásvektor olyan vektortér, amelynek forrásai a többlettöltések.

χ = khi = villamos szuszceptibilitás

Bizonyos esetekben a térerősséggel $\underline{P} = \varepsilon_0 \chi \underline{E}$ pol. vektorral arányos

Ekkor $\underline{D} = \varepsilon_0 \underline{E} + \varepsilon_0 \chi (khi) \underline{E} \Longrightarrow \varepsilon_0 \underbrace{(1+\chi)}_{\varepsilon_r} \underline{E}$

Relatív dielektromos állandó

$\varepsilon_r = \dfrac{C'}{C}$; relatív dielektromos áll. → $C' = \varepsilon_r \cdot C$

$C' \rightarrow$ van dielektrikum

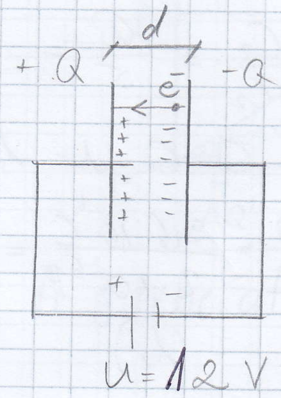
$C \rightarrow$ vákuum a fegyverzetek között

$$\boxed{C' = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}}$$

a 2 fegyverzet között a fém lecsökken

* Anyagtól függő maximális E térerősség: = Átütési szilárdság (anyagfüggő)

30. feladat Fgy. 11.27 (HN 2GA-1)



a) $v = ?$

elekt. st. tér általi munka

↳ $qU = \frac{1}{2} m v^2$ (mozgási EN) ↳ m_{e^-}

$\rightarrow v = \sqrt{\dfrac{2qU}{m}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 12\,V}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} = 2 \cdot 10^6\ \frac{m}{s}$

$q_{e^-} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C$

$m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\,kg$

$\underline{\underline{v \approx 2 \cdot 10^6\ \frac{m}{s}}}$

b) e^- max kinetikus EN?

$E_k = qU = 12\,eV = 12 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot [V/As \cdot C] =$ ~~1~~ $\underline{\underline{1{,}92 \cdot 10^{-18}\,J}}$

$\underline{12} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,J$ átváltás J-ba

c) $d = 4\,mm$ $t = ?$ amíg az e^- repül?

$v = \Delta t \cdot a \rightarrow \Delta t = \dfrac{v}{a}$ $\qquad ma = qE \rightarrow a = \dfrac{qE}{m}$

$E = \dfrac{U}{d}$ $\Big\}$ $a = \dfrac{q \cdot \frac{U}{d}}{m} =$

$\Delta t = \dfrac{2 \cdot 10^6}{5{,}275 \cdot 10^{14}} = 3{,}8\,ns$

$a = \dfrac{1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot \frac{12\,V}{4\,mm}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\,kg} = 5{,}275 \cdot 10^{14}\ m/s^2$ ✓

Vagy: $\bar{v} = \dfrac{s.össz}{t.telj}$; $a = \dfrac{qU}{dm}$; $\Delta t = \dfrac{v}{a} =$

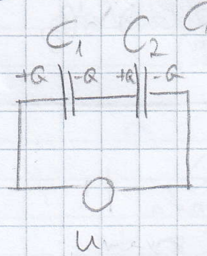
$= \dfrac{v \cdot d \cdot m}{qU} = \underline{\underline{3{,}7 \cdot 10^{-9}\,s}}$; $a =$

$\underline{\underline{3{,}7 \cdot 10^{-9}\,s}}$

d.) Változik-e az a.) / b.) ha a d változik??

∅ ∅ NEM

33. feladat 11.40 +44.; (HN 27B-8)



$C_1 = 2\,\mu F$ $C_2 = 3\,\mu F$ $U_1 = 800V$

$U_{max} = ?$

$$C_E = C_1 \times C_2 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6}{5} = \underline{1,2\,\mu F}$$

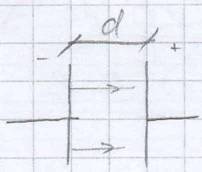
$U_{max} = \frac{Q}{C_e}$ $Q = C_e \cdot U = 1,2\,\mu F \cdot 800 = 9,6 \cdot 10^{-4}$

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{9,6 \cdot 10^{-4} C}{2 \cdot 10^{-6} F} = \underline{480V} \qquad U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{9,6 \cdot 10^{-4} C}{3 \cdot 10^{-6} F} = \underline{320V}$$

$(U \quad - U_1)$

$U_1 > U_2 \Rightarrow \underline{\underline{U_{max} = U_1 = 480V}}$

32. feladat 11.37 (HN 27A-1)



$d = 1\,mm$ $A = 1\,cm^2$ $C = 1\,pF$

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = 1,85 \cdot 10 \ldots = \underline{\underline{8,85 \cdot 10^{-13} F}}$$

$\hookrightarrow \underline{\underline{0,885\,pF}}$