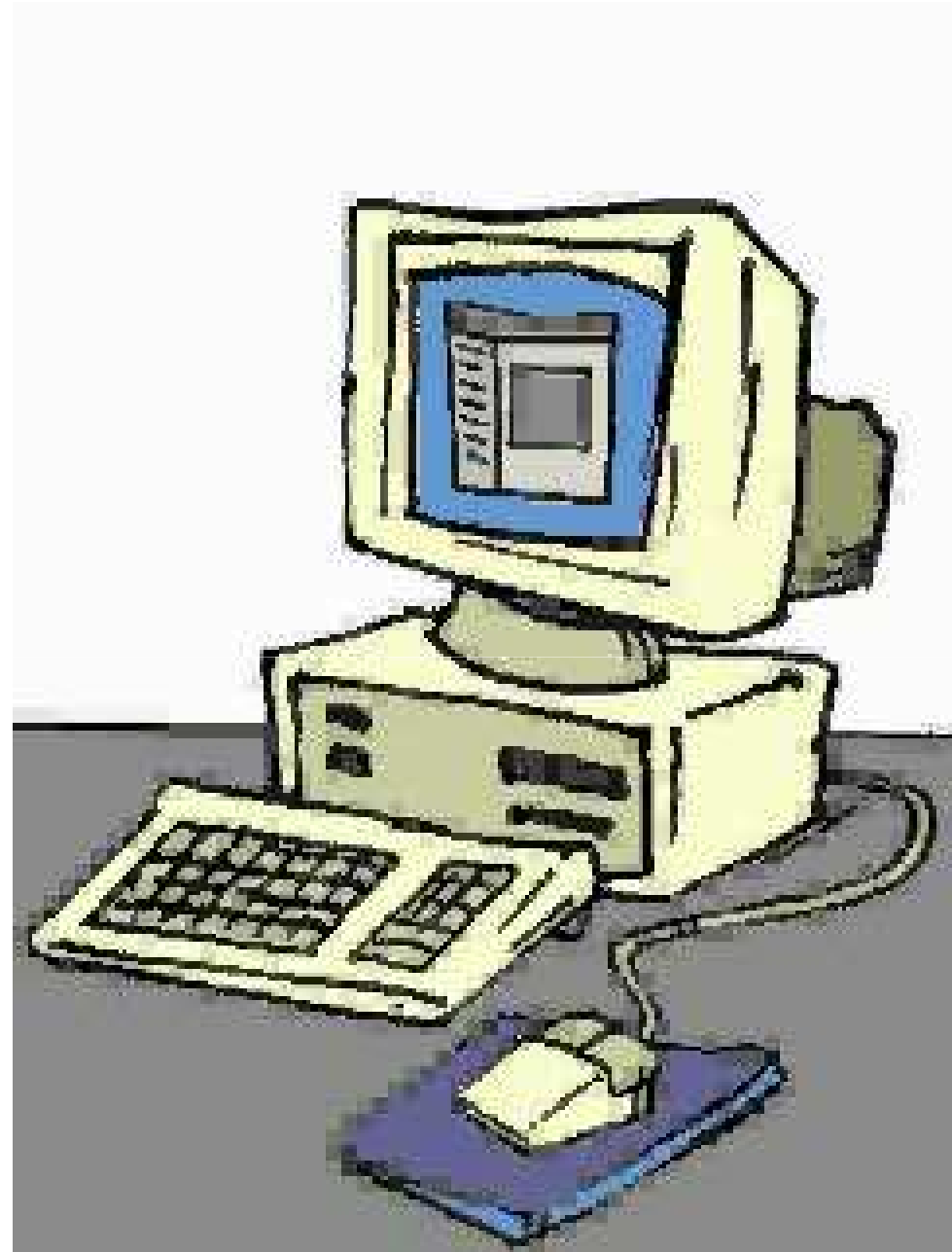


SZIGETELÉSEK

SZIGETELŐANYAGOK ÉS SZIGETELÉSEK

- Az anyagok tulajdonságainak vizsgálata
- A villamos és egyéb hatások ismerete
- A szigetelés megtervezése és kivitelezése
- A várható élettartam becslése



SZIGETELÉSTECHNIKA SZIGETELÉS DIAGNOSZTIKA

- A villamos berendezések **üzembiztonsága** szempontjából egyik **legkritikusabb pontja a szigetelés**
- Klasszikus értelmezésben a legfontosabb jellemző a **villamos szilárdság**
- A szigeteléseknek további követelményeket (**kémiai, mechanikai, villamos**) is ki kell elégíteniük az élettartamuk során.
- Az élettartam során a szigetelés pl. **sérülés, nedvesedés, öregedés** miatt elveszíti az **üzemképességét, használhatóságát.**
- Az **élettartam** vége: a szigetelés elveszíti az **üzemképességét, használhatóságát.**

SZAKÉRTŐI RENDSZEREK

Adatbázisok

Tudásbázisok

Soft-computing módszerek alkalmazása

A jövőre vonatkozó következtetések

$$U \rightarrow E$$

$$E_{\max} = f(U, \text{geometria})$$

$$E_{\text{megengedett}}$$

$$E_{\text{üt}} \text{ (villamos szilárdság)}$$

$$E_{\max} \leq E_{\text{megengedett}} = E_{\text{üt}} / b$$

A „b” biztonsági tényező megmutatja, hogy hányszorosan méreteztük túl a rendszert.

BIZTONSÁGI TÉNYEZŐ I.

$$\text{LÁTHATÓ biztonság} = U_{\text{próba}} / U_{\text{üzemi}}$$

$$\text{LÁTSZÓLAGOS biztonság} = U_{\text{üt méretezési}} / U_{\text{üzemi}}$$

$U_{\text{üt}}$ (átütő feszültség)

$$\text{VALÓDI biztonság} = U_{\text{üt}} / U_{\text{üzemi}}$$

Névleges feszültség	Műanyagszigetelésű kábelek árában a szigetelésre jutó részarány
10 kV	10 %
20 kV	15 %
35 kV	20 %
120 kV	38 %

A SZIGETELÉS KIHASZNÁLTSÁGA

Akkor jó, ha minden pontban

$$E_{\text{üzemi}} = E_{\text{megengedett}}$$

Ez a gyakorlatban lehetetlen!

A BIZTONSÁGI TÉNYEZŐ II.

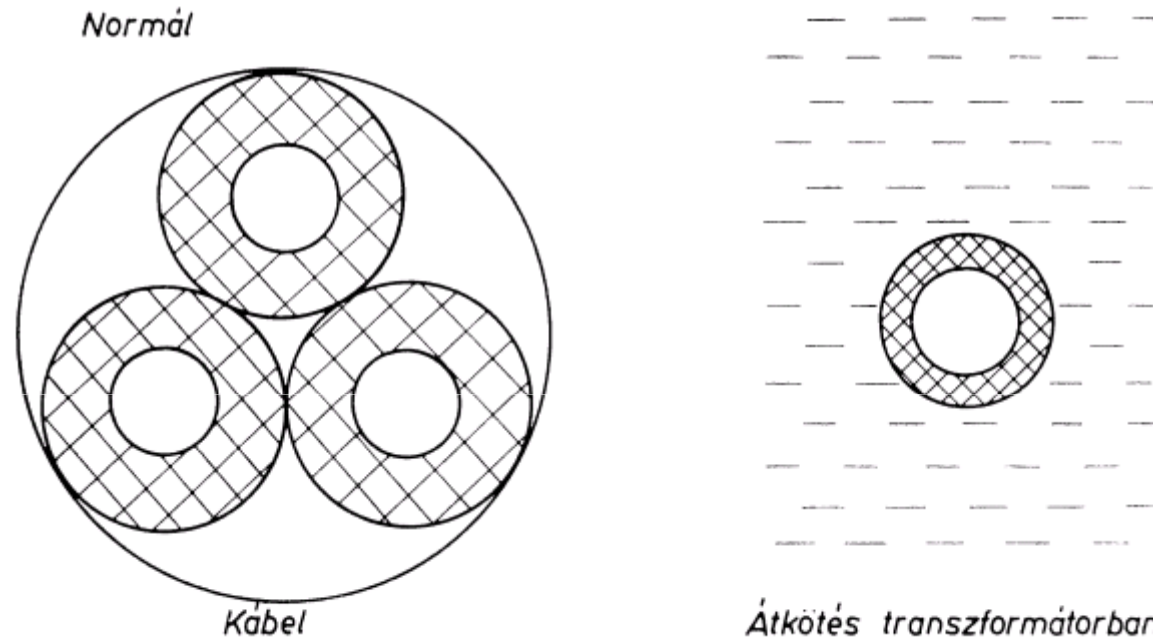
<i>ipari frekvencián:</i>	b:	gáz	1,2 ... 2,0
		folyadék	1,5 ... 3,0
		szilárd	2,0 ... 5,0

<i>lökőfeszültségen:</i>	l:	gáz	1 ... 1,5
		folyadék	1 ... 2,0
		szilárd	2 ... 3,0

lökési tényező:

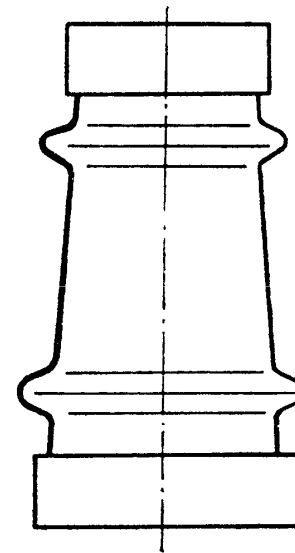
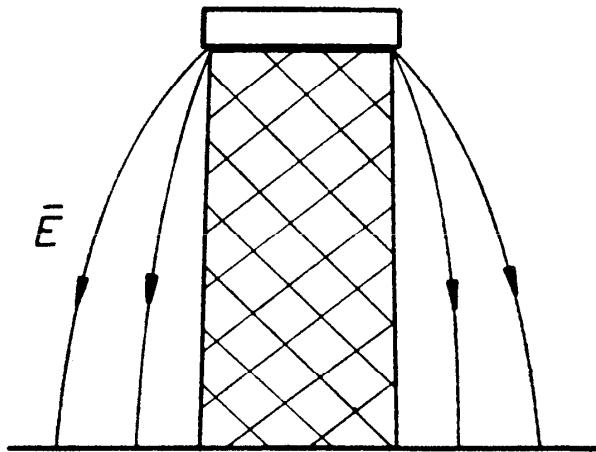
$$l = \frac{E_1}{\sqrt{2} E_{\text{ütváltó}}}$$

SZIGETELÉSEK TÍPUSAI I.



Beágyazott típusú szigetelés

SZIGETELÉSEK TÍPUSAI II.



bordák
(belső
terekben
)

Támszigetelő típusú szigetelés



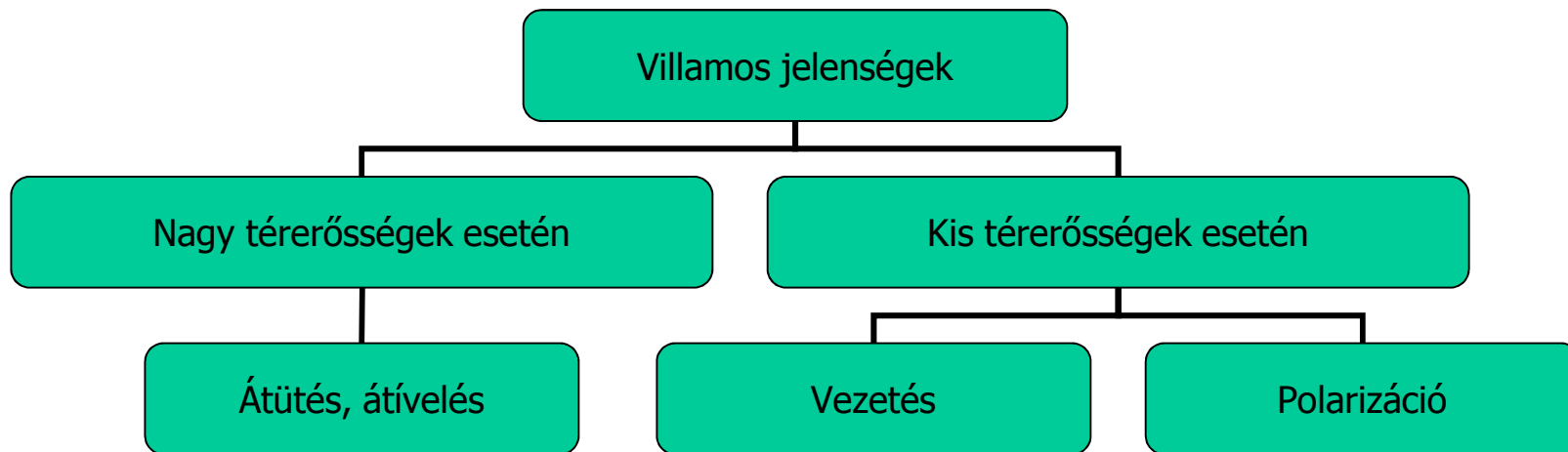
ernyők
(külső terekben)

SZIGETELÉSEK TÍPUSAI III.



**Részben beágyazott típusú szigetelés
(átvezető típusú szigetelés)**

VILLAMOS JELENSÉGEK SZIGETELŐANYAGOKBAN



A SZIGETELÉSEKBEN VÉGBEMENŐ FIZIKAI FOLYAMATOK

SZIGETELŐANYAGOK VILLAMOS VEZETÉSE

$$\gamma = \frac{J}{E}$$

γ : fajlagos vezetőképesség, $1/\Omega\text{cm}$

ρ : fajlagos (térfogati) ellenállás, Ωcm

VEZETÉS GÁZOKBAN

VEZETÉS GÁZOKBAN

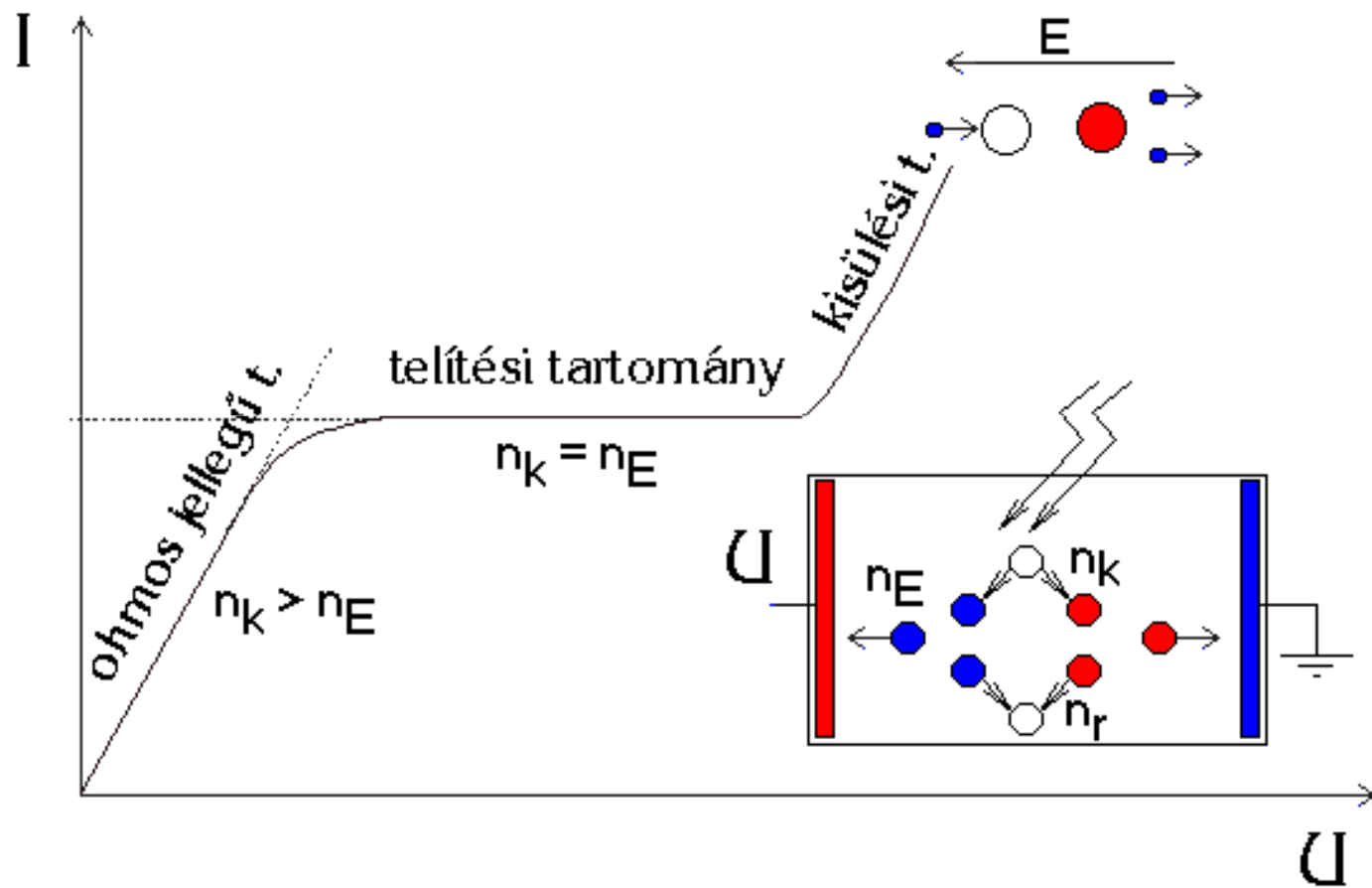
Töltéshordozók: elektronok, ionok

Nagy a külső ionozó hatások szerepe

$$N = 10^3 \dots 10^4 \text{ ion/cm}^3$$

Normál levegőben:

$$E = 10 \text{ V/cm} \rightarrow J = 10^{-15} \dots 10^{-16} \text{ A/cm}^2$$



VEZETÉS FOLYADÉKOKBAN

Töltéshordozók: ionok

Fajlagos vezetőképesség: $\gamma = Ae^{-B/T}$

ahol: A, B: anyagtól függő állandók

T: hőmérséklet, K

$$\gamma = \gamma_0 e^{a(\vartheta - \vartheta_0)}$$

szigetelő folyadékok esetén: $\gamma < 10^{-6} \text{ 1}/\Omega\text{cm}$

SZILÁRD SZIGETELŐANYAGOK VILLAMOS VEZETÉSE I.

Töltéshordozók: ionok

Fajlagos vezetőképesség: $\gamma = Ae^{-B/T}$

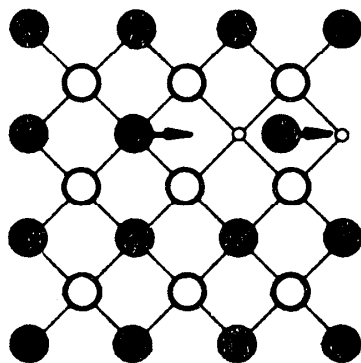
ahol: A, B: anyagtól függő állandók
T: hőmérséklet, K

Fajlagos vezetőképesség: $\gamma = ae^{bE}$

ahol: a, b: anyagtól függő állandók
E: térerősség

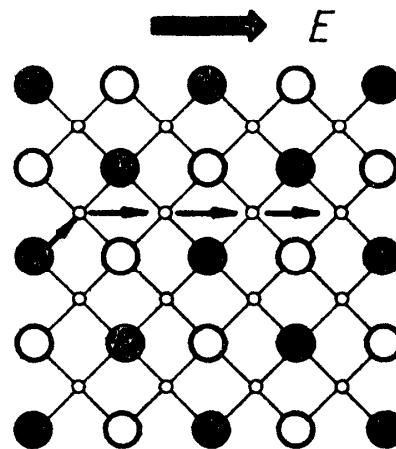
SZILÁRD SZIGETELŐANYAGOK VILLAMOS VEZETÉSE II.

- Vezetés kristályos anyagokban
 - a.) lyukvezetés telített kristályban
 - b.) ionvezetés telítetlen kristályban
 - c.) ionvezetés metastabil helyek útján



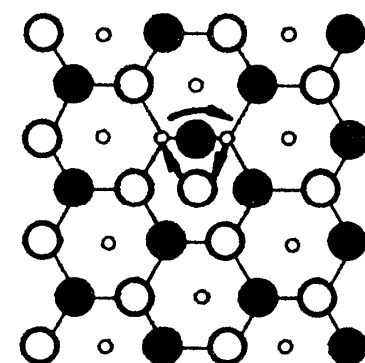
a)

2018. november 30.



b)

www.vet.bme.hu



c)

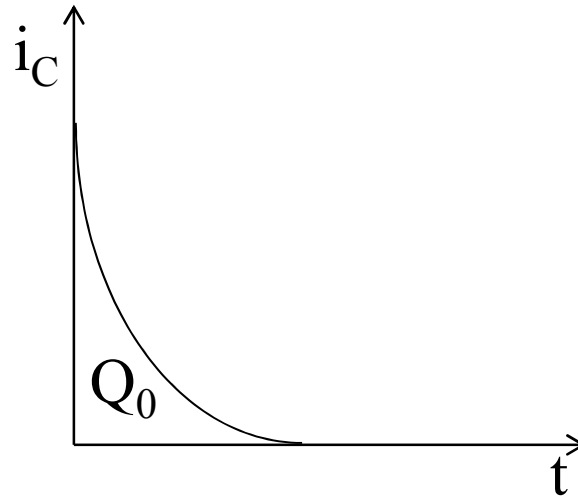
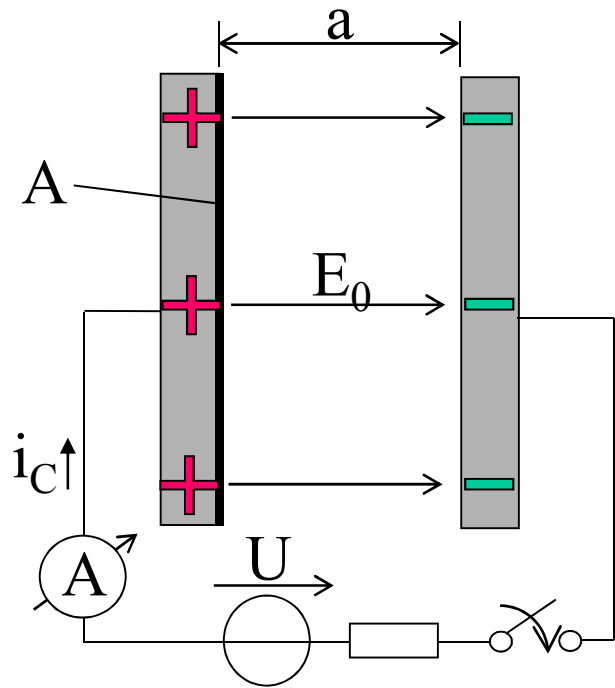
22

SZILÁRD SZIGETELŐANYAGOK VILLAMOS VEZETÉSE III.

- Vezetés amorf anyagokban
 - Nincs általános összefüggés
 - Hasonló a folyadékokéhoz

POLARIZÁCIÓ

Emlékeztető

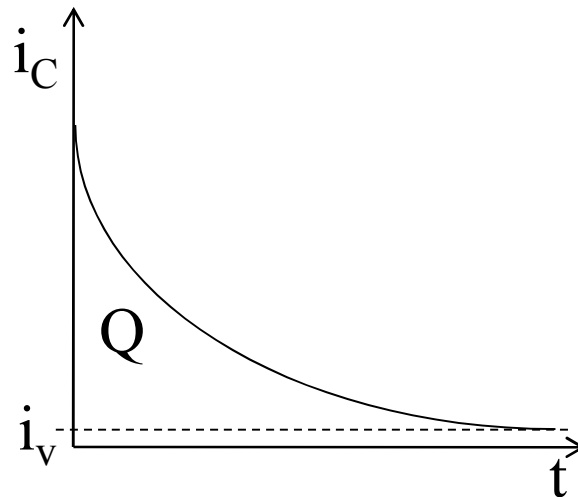
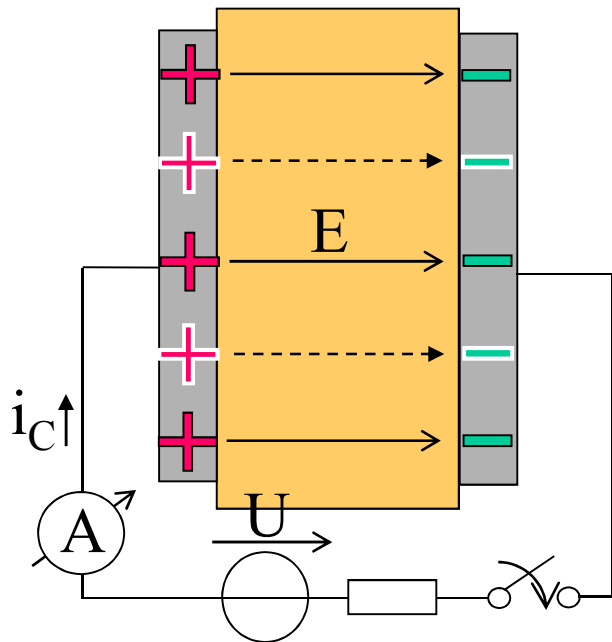


$$Q_0 = C_0 U$$

$$C_0 = \epsilon_0 A/a$$

$$E_0 = U/a$$

$$D_0 = \epsilon_0 E_0$$



$$Q = Q_0 + \Delta Q$$

$$C = Q/U > C_0$$

$$D > D_0$$

$$E = E_0 = U/a$$

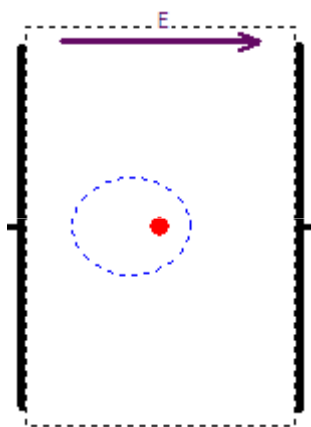
$$C/C_0 = \epsilon_r > 1$$

$$D = \epsilon_r \epsilon_0 E$$

ϵ_r : relatív permittivitás

Polarizáció-fajták 1.

Elektroneltolódási
polarizáció

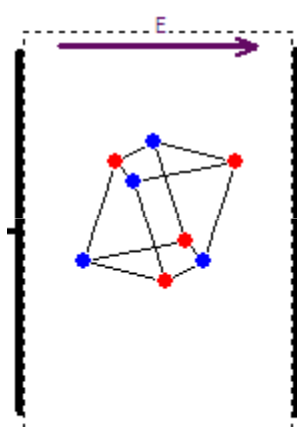


$$t = 10^{-14} \dots 10^{-16} \text{ s}$$

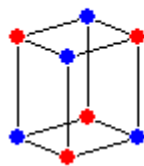
• Atomok vagy molekulák pozitív töltésű
atommagjainak tömegközéppontja

○ Atomok vagy molekulák negatív töltésű
elektronhéjainak tömegközéppontja

Ioneltolódási
polarizáció

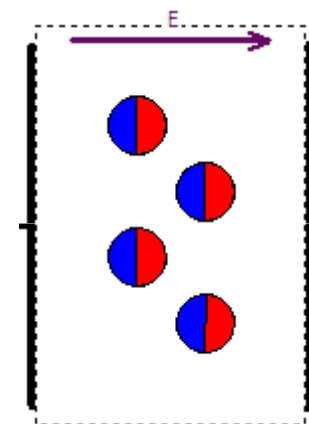


$$t = 10^{-12} \dots 10^{-13} \text{ s}$$

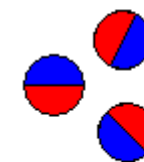


Pozitív és negatív ionok alkotta
molekula. Itt kősó. (NaCl)

Rugalmas orientációs
polarizáció



$$t = 10^{-8} \dots 10^{-10} \text{ s}$$

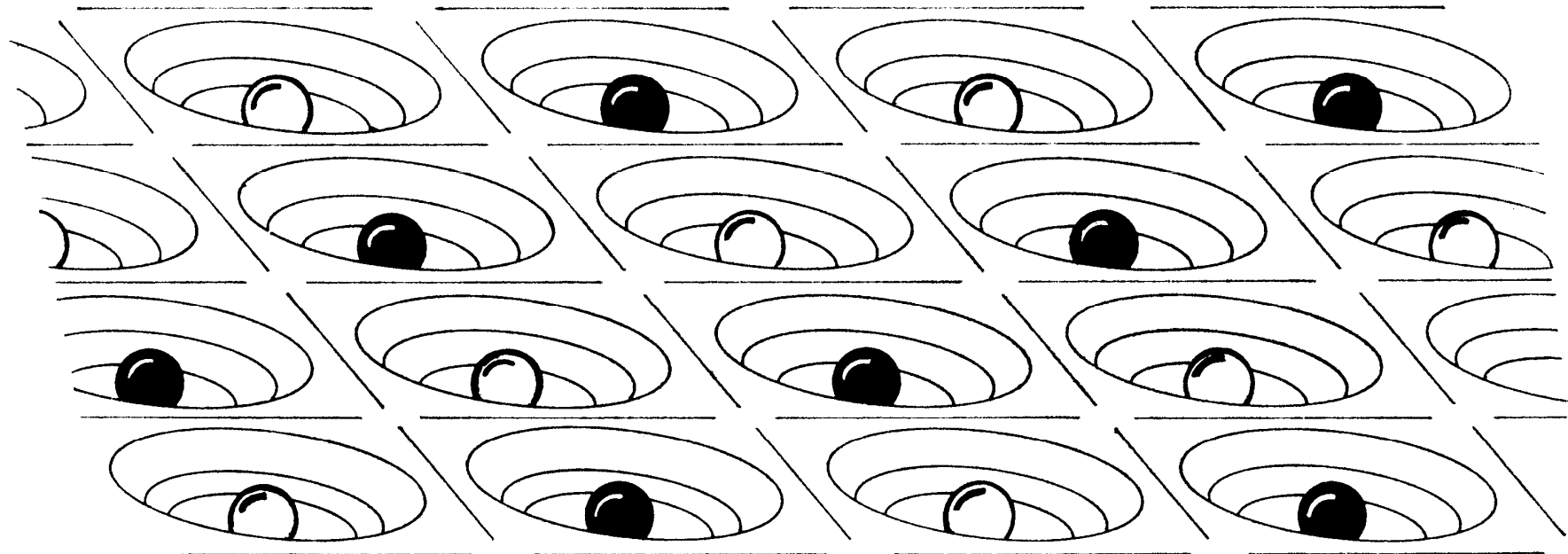


A szigetelőanyag
elemi dipólusai.

A polarizáció fajtái III.

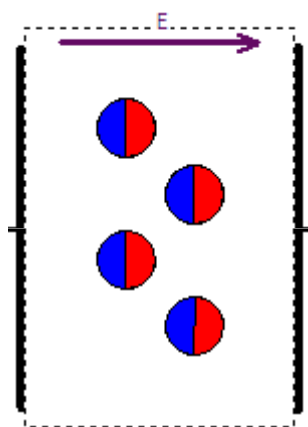
– Hőmérsékleti ionpolarizáció

$$\tau = 10^{-2} - 10^{-4} \text{ s}$$

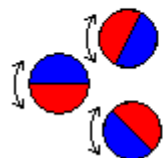


Polarizáció-fajták 2.

Hő-orientációs
polarizáció

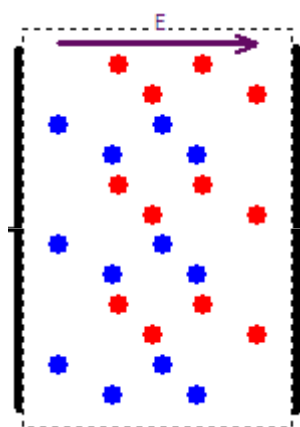


$$t = 10^{-6} \dots 10^{-8} \text{ s}$$



A szigetelőanyag elemi dipólusai.
A hőmérséklet hatására állandó
rendezetlen mozgásban vannak.

Ionvándorlási
polarizáció

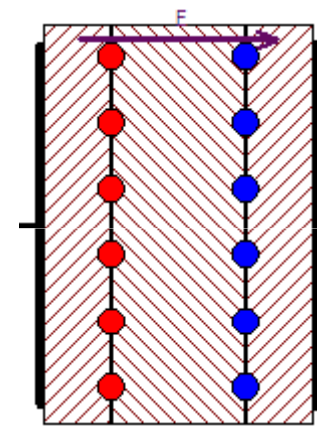


$$t = 10^{-2} \dots 10^{-4} \text{ s}$$



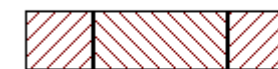
Pozitív és negatív ionok.

Határréteg
polarizáció



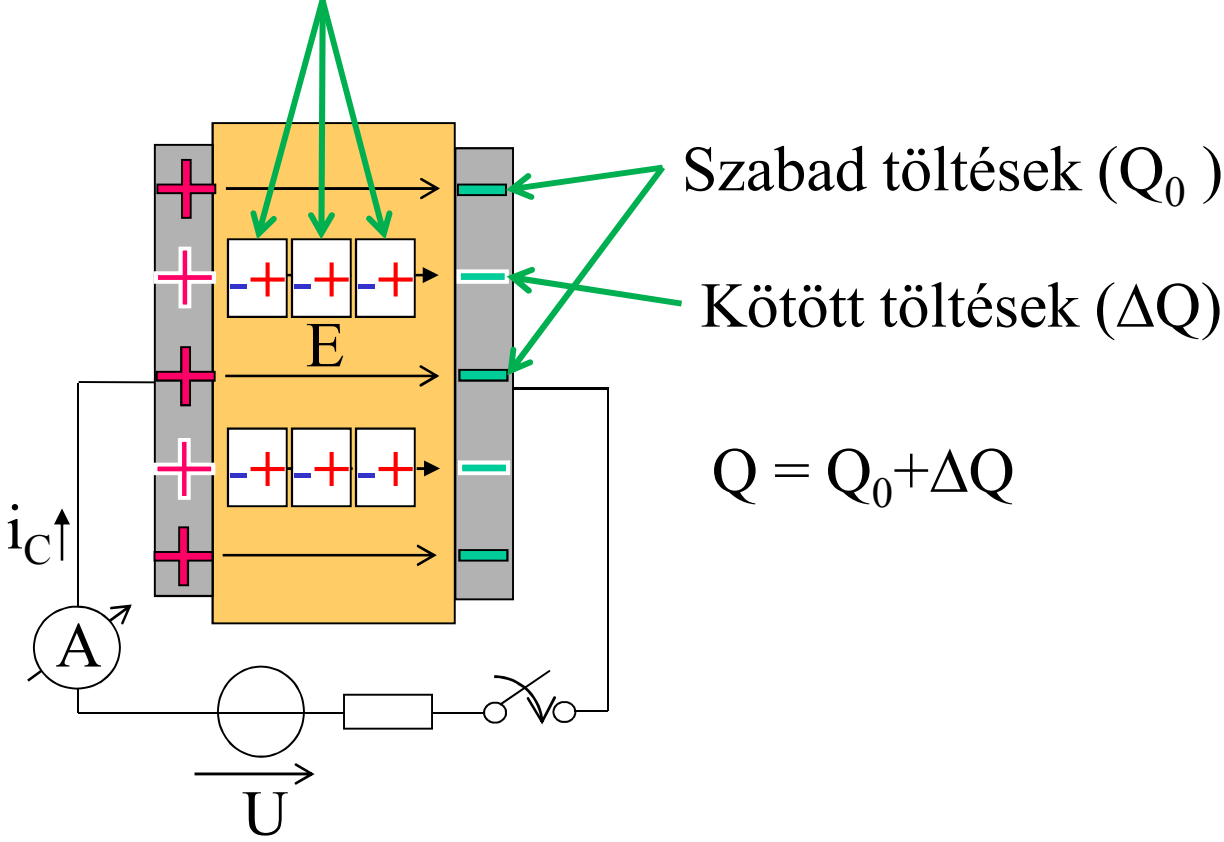
$$t = 10^4 \dots 10^{-2} \text{ s}$$

$$\epsilon_1 < \epsilon_2 > \epsilon_3$$



Különböző
permittivitású
szigetelőanyag
rétegek/részek

Rendeződő dipólusok



POLARIZÁCIÓ IV.

$$Q = Q_0 + \Delta Q = Q_{sz} + Q_k$$

$$Q = \varepsilon Q_{sz}$$



$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{sz}}$$

$$Q = Q_{sz} + Q_k = \frac{Q}{\varepsilon} + Q_k$$



$$Q_k = Q \left(1 - \frac{1}{\varepsilon} \right)$$

$$E = \frac{U}{a} = \frac{Q}{aC} = \frac{Q}{a\varepsilon\varepsilon_0 \frac{A}{a}} = \frac{Q_{sz}}{A\varepsilon_0} = \frac{\sigma_{sz}}{\varepsilon_0}$$



$$\varepsilon_0 E = \sigma_{sz}$$

$$D = \frac{Q}{A} = \sigma \Rightarrow P = \frac{Q_k}{A} = \sigma_k$$

A polarizáció definíciója I.

$$Q = Q_0 + \Delta Q = Q_{sz} + Q_k$$

$$\sigma = \sigma_{sz} + \sigma_k$$

$$D = \varepsilon_0 E + P$$

mivel $D = \varepsilon \varepsilon_0 E$

$$\varepsilon_0 E + P = \varepsilon \varepsilon_0 E$$

$$P = (\varepsilon - 1) \varepsilon_0 E$$

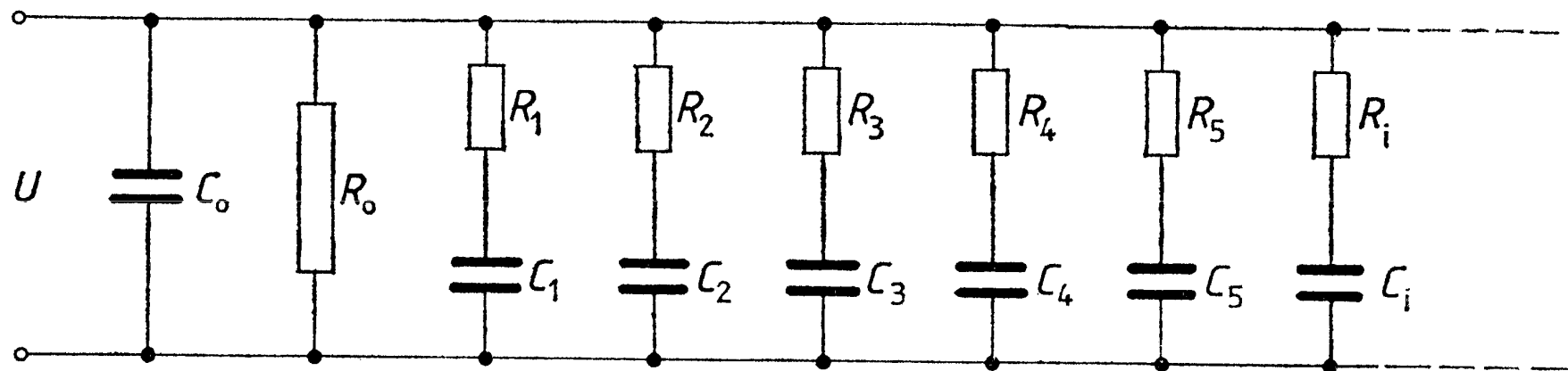
A polarizáció definíciója II.

$$M = Q_k a = \sigma_k A a = P V$$

$$P = M / V$$

A térfogategységre jutó dipólusmomentum.

A SZIGETELŐANYAGOK HELYETTESÍTŐ KAPCSOLÁSA

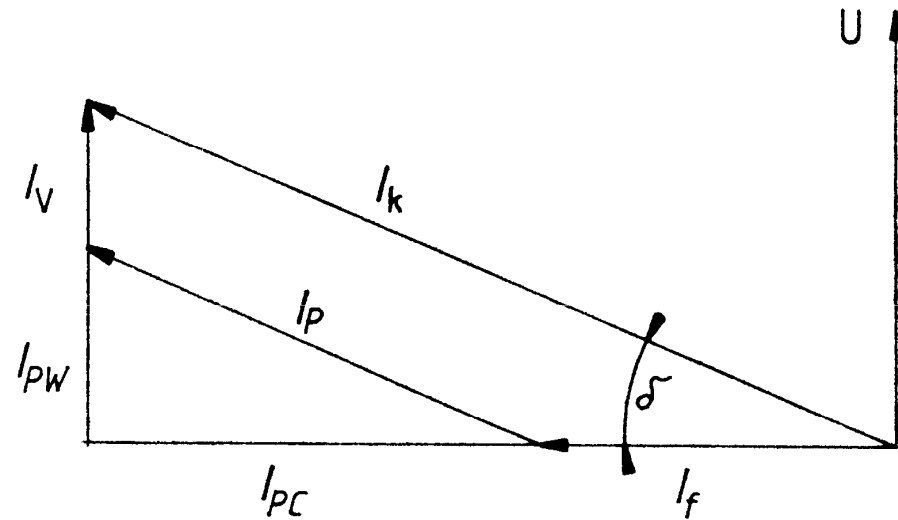
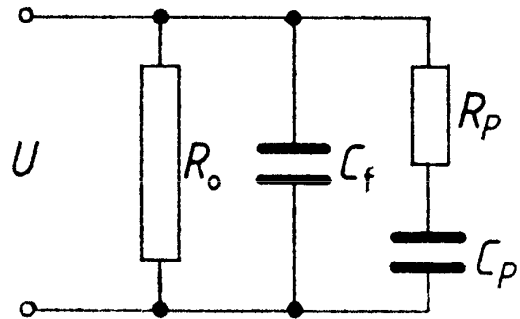


$$C_i/C_0 = \Delta\varepsilon_i / \varepsilon_0$$

$$\tau_i = R_i C_i$$

VÁLTAKOZÓFESZÜLTÉSÉGEN FELLÉPŐ JELENSÉGEK I.

Szigetelőanyag egyszerűsített fazorábrája



Veszteségi tényező:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_w}{I_c} = \frac{I_{pw} + I_v}{I_f + I_{pc}}$$

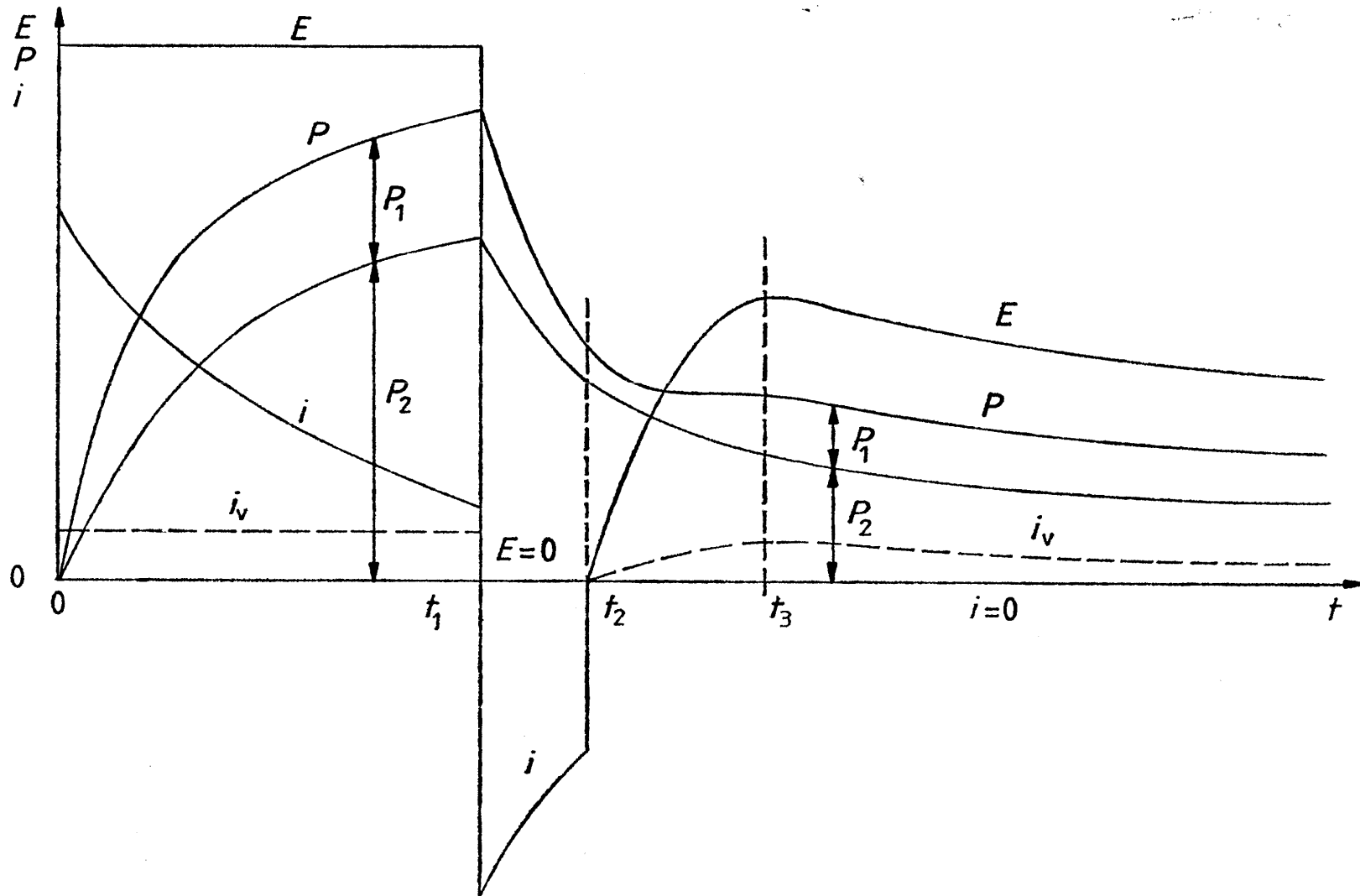
VÁLTAKOZÓFESZÜLTSGÉN FELLÉPŐ JELENSÉGEK II.

Veszteségi tényező

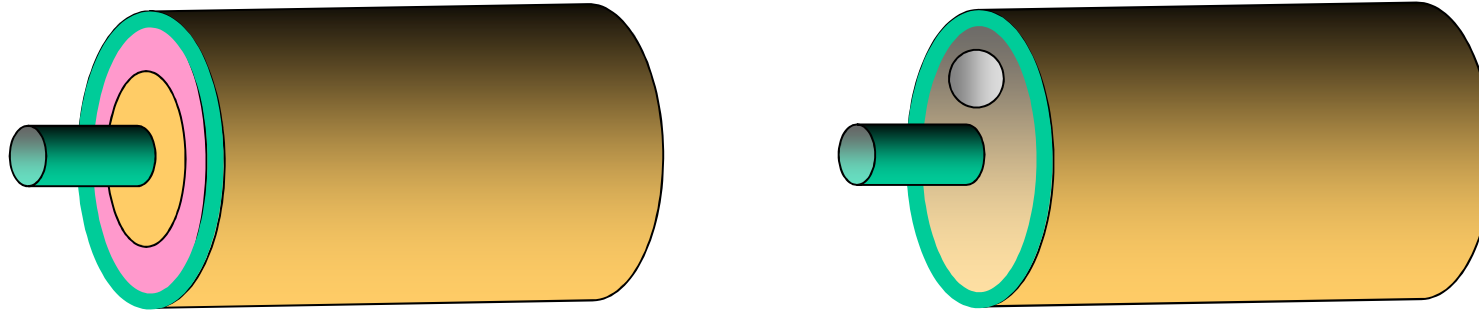
$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_w}{I_c}$$

Anyag	$10^4 \operatorname{tg} \delta$
Csillám	2 - 5
PE	2 - 5
trafó olaj	20
Porcelán	150
PVC	1000 - 1500

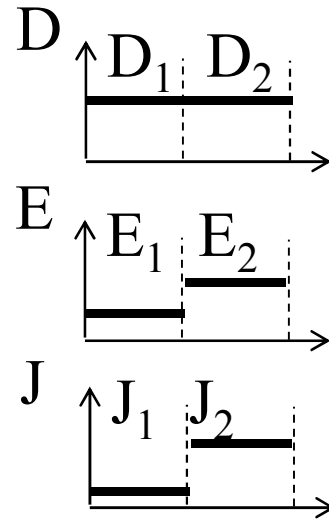
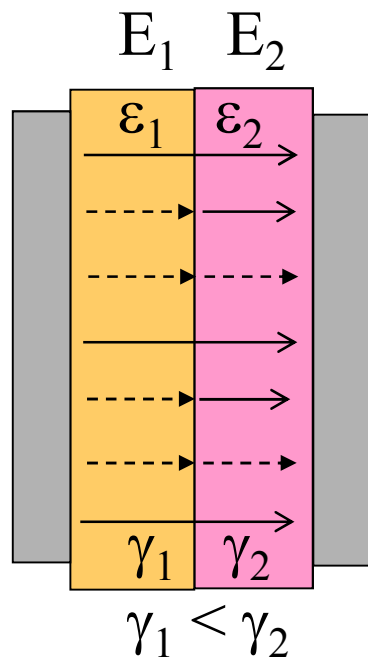
EGYENFESZÜLTÉSÉGEN FELLÉPŐ JELENSÉG (visszatérő feszültség)



Sorosan rétegezett szigetelő



Tipikus esetek



$$D_1 = D_2$$

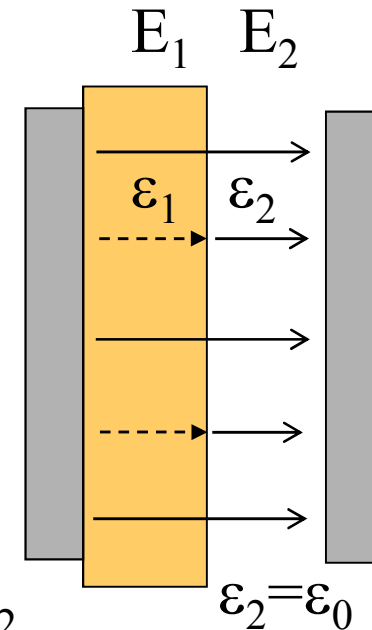
$$\epsilon_1 E_1 = \epsilon_2 E_2$$

$$E_2 = E_1 \epsilon_1 / \epsilon_2$$

$$\text{ha } \epsilon_1 > \epsilon_2$$

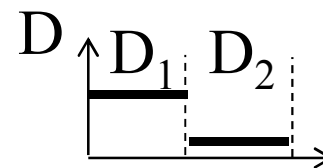
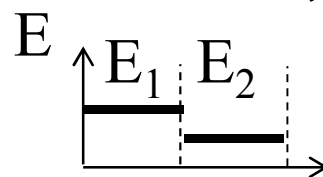
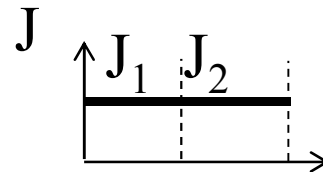
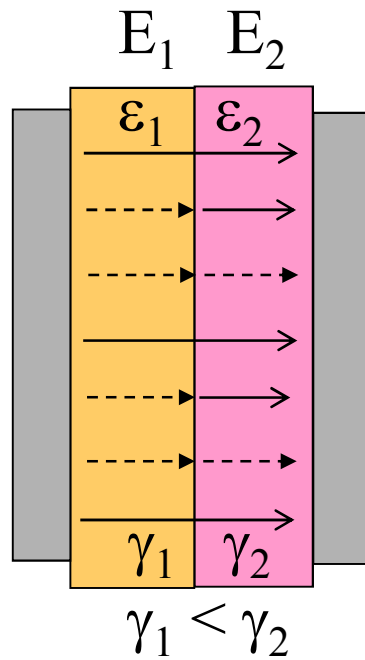
$$E_1 < E_2$$

$$J_1 = \gamma_1 E_1; J_2 = \gamma_2 E_2$$



Modell (ideális szigetelő, v. valós, röviddel bekapcsolás után)

Sorosan rétegezett szigetelő



$$J_1 = J_2$$

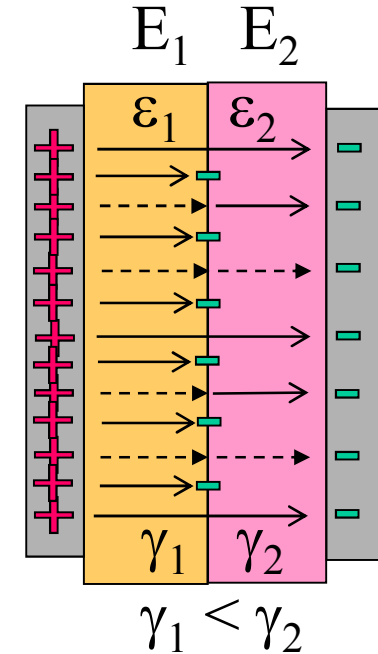
$$\gamma_1 E_1 = \gamma_2 E_2$$

$$E_2 = E_1 \gamma_1 / \gamma_2$$

ha $\gamma_1 < \gamma_2$

$$E_1 > E_2$$

$$D_1 = \epsilon_1 E_1; D_2 = \epsilon_2 E_2$$



Modell (valós szigetelő, hosszú idővel bekapcsolás után)

Ellenőrző kérdések

- Mi a villamos szilárdság? Mi befolyásolja értékét és hogyan változik az idő előre- haladtával?
- Mi a biztonsági tényező? Mi a különbség a látható, a látszólagos és a valódi biztonság között?
- Milyen szigetelő-alaptípusok léteznek?
- Hogyan alakul ki a vezetés szigetelőanyagokban? Milyen fizikai folyamatok eredménye? Milyen paraméterekkel jellemezhető?
- Hogyan változik egy kondenzátor kapacitása, ha lemezei közé vákuum helyett szigetelő anyag kerül? Mi a magyarázata?

Ellenőrző kérdések

- Mi a polarizáció? Hogyan definiálhatjuk?
- Milyen polarizációfajták léteznek? Hogyan és milyen gyorsan alakulnak ki?
- Hogyan fejezhető ki a kötött és szabad töltések alapján a polarizáció értéke?
- Mi a relatív permittivitás, hogyan határozható meg?
- Milyen áramköri elemeket tartalmaz a szigetelők helyettesítő kapcsolása? Mit modelleznek az egyes elemek?
- Hogyan egyszerűsíthető a helyettesítő kép váltakozó feszültség esetén? Mi a veszteségi tényező?
- Mi a visszatérő feszültség és hogyan alakul ki?
- Hogyan változik a térerősség rétegezett szigetelő anyagban?