

Elektrotechnika

... és az elektromágneses
összeférhetőség (EMC)

Emlékeztető

RFI:
Radio-Frequency Inference
Rádiófrekvenciás hatások



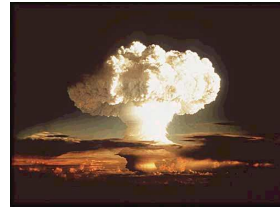
ESD: Electrostatic Discharge / Damage
Elektrosztatikus kisülés / károsodás



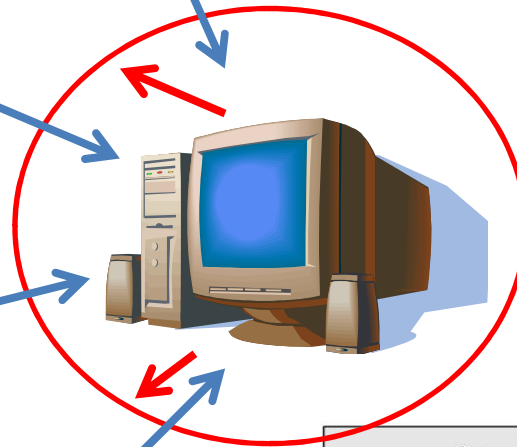
LFI:
Low Frequency Inference
Kisfrekvenciás hatások



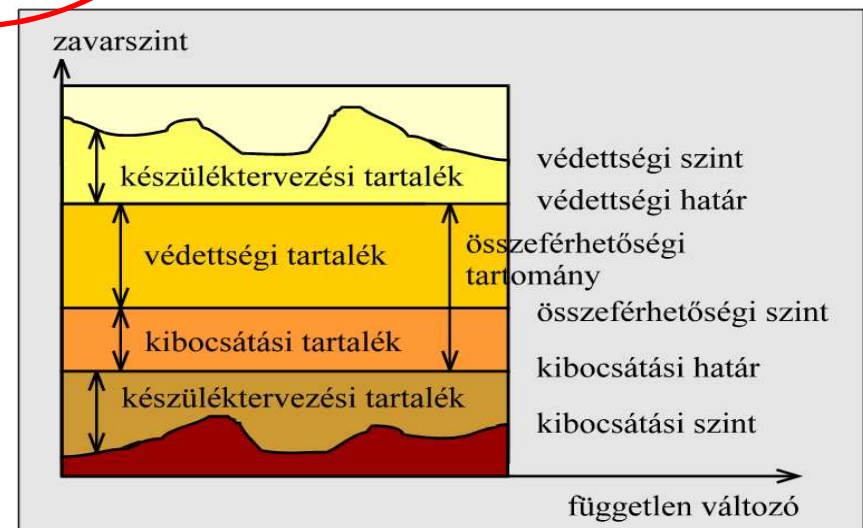
EMP:
Electromagnetic Pulses
Elektromágneses impulzusok



NEMP: Nuclear EMP
nukleáris eredetű
LEMP: Lightning EMP
villám okozta



EMC
„Egy adott készüléknek az a képessége, hogy az elektromágneses környezetében megfelelően tud üzemelni (immunitása = zavarálló-képessége elegendően nagy) anélkül, hogy elviselhetetlen zavarokat okozna más eszközökben (emissziója = zavarkibocsátása kellően kicsi).”

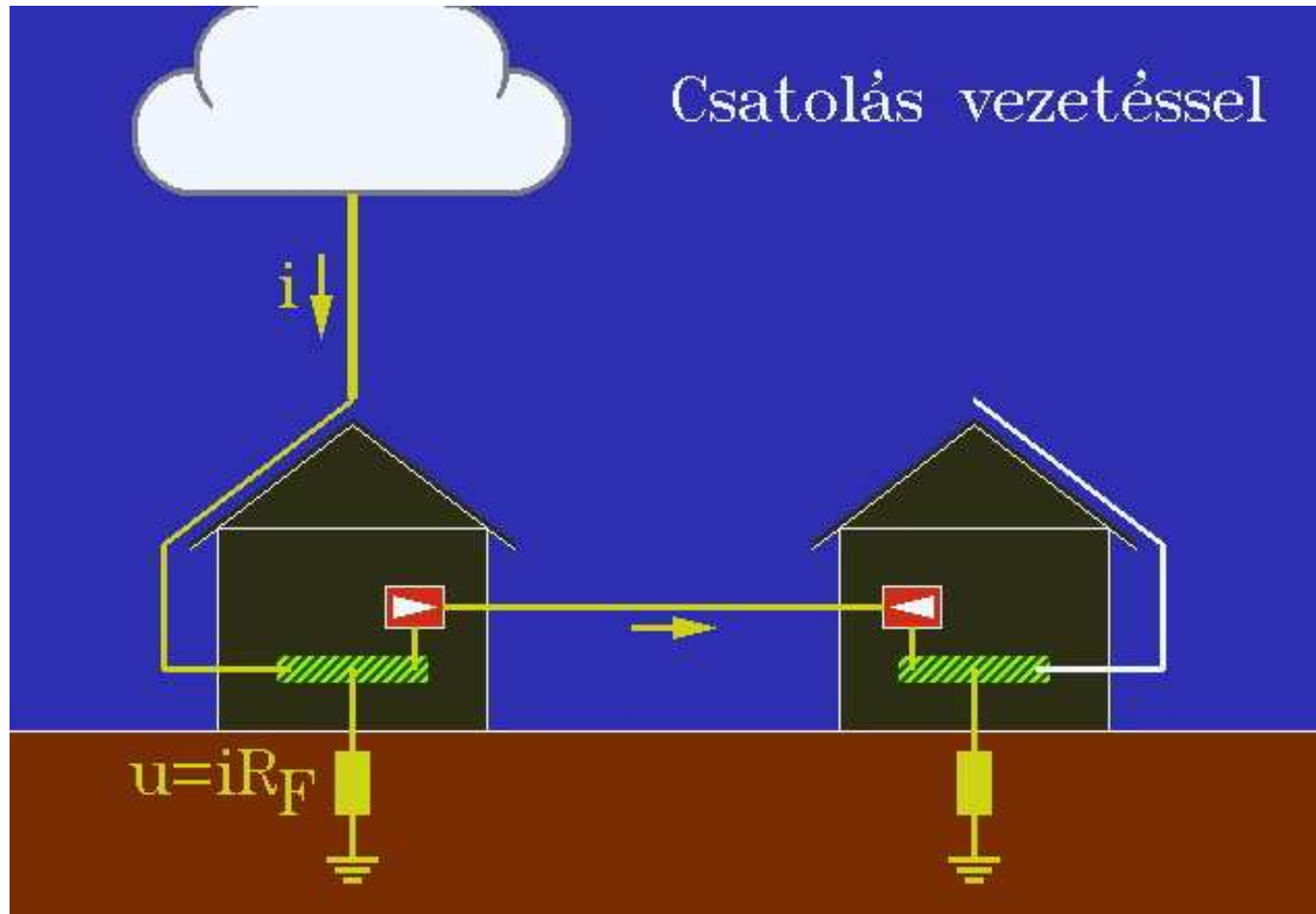


LEMP

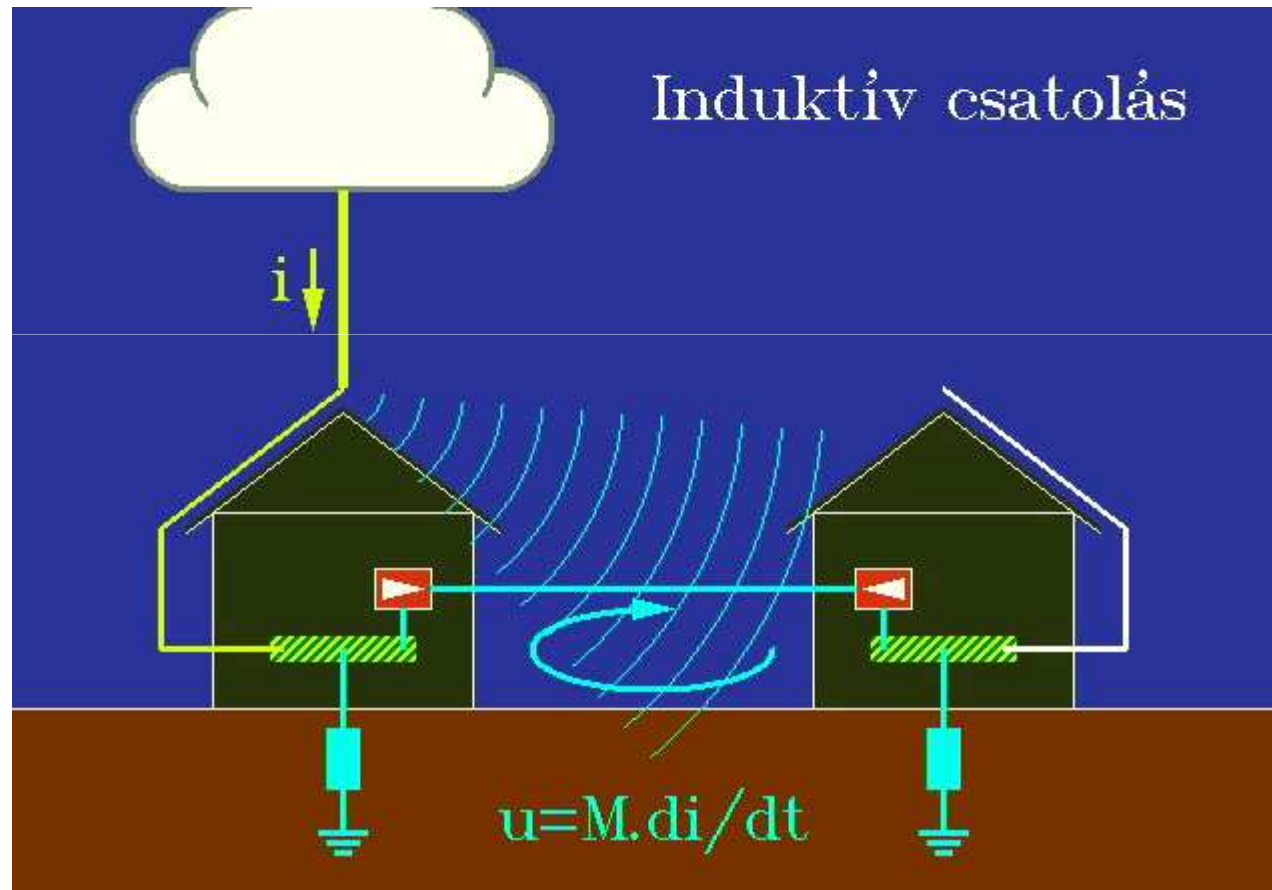
"The Hit" ©1993 Niagara Mohawk Power Corporation



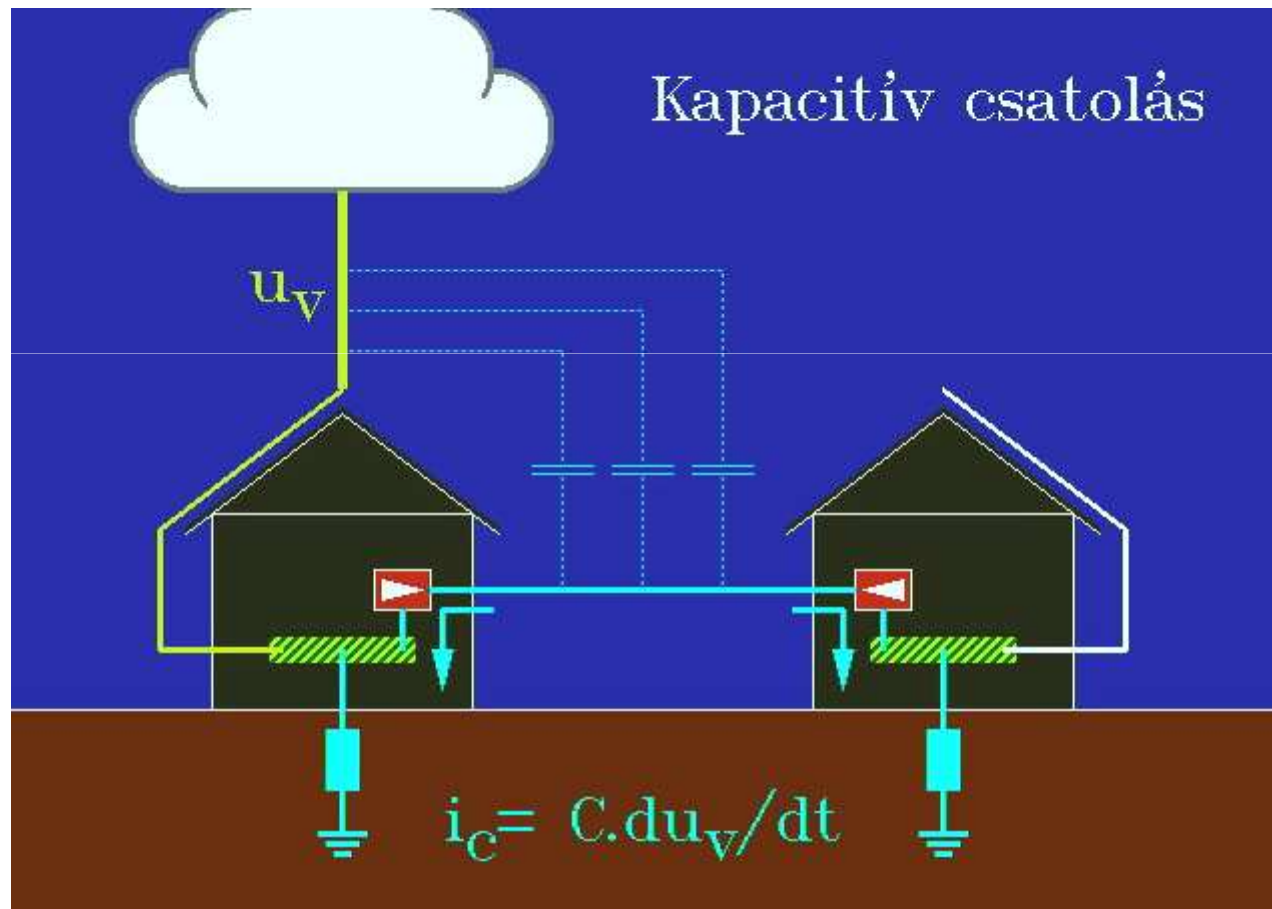
Csatolási módok I



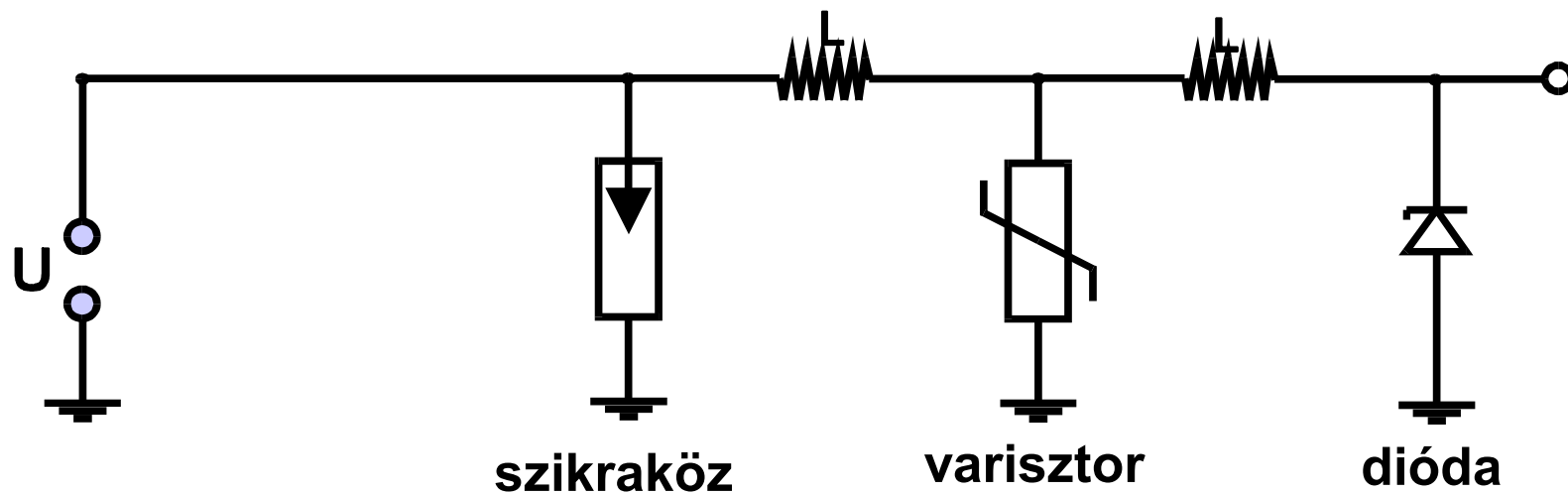
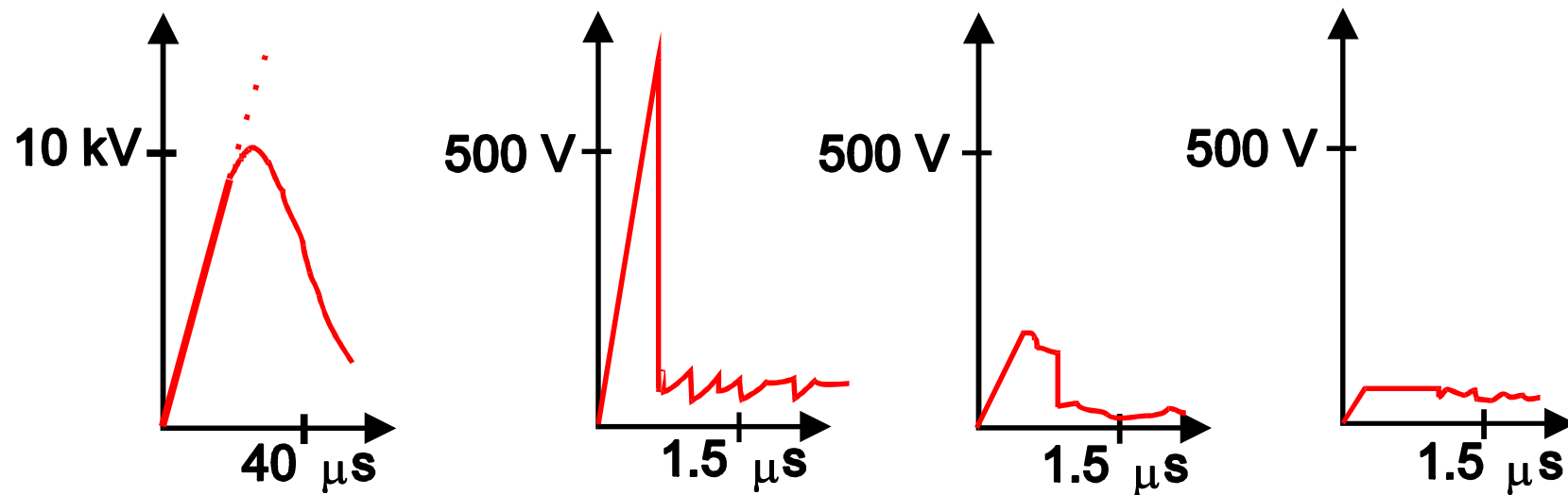
Csatolási módok II



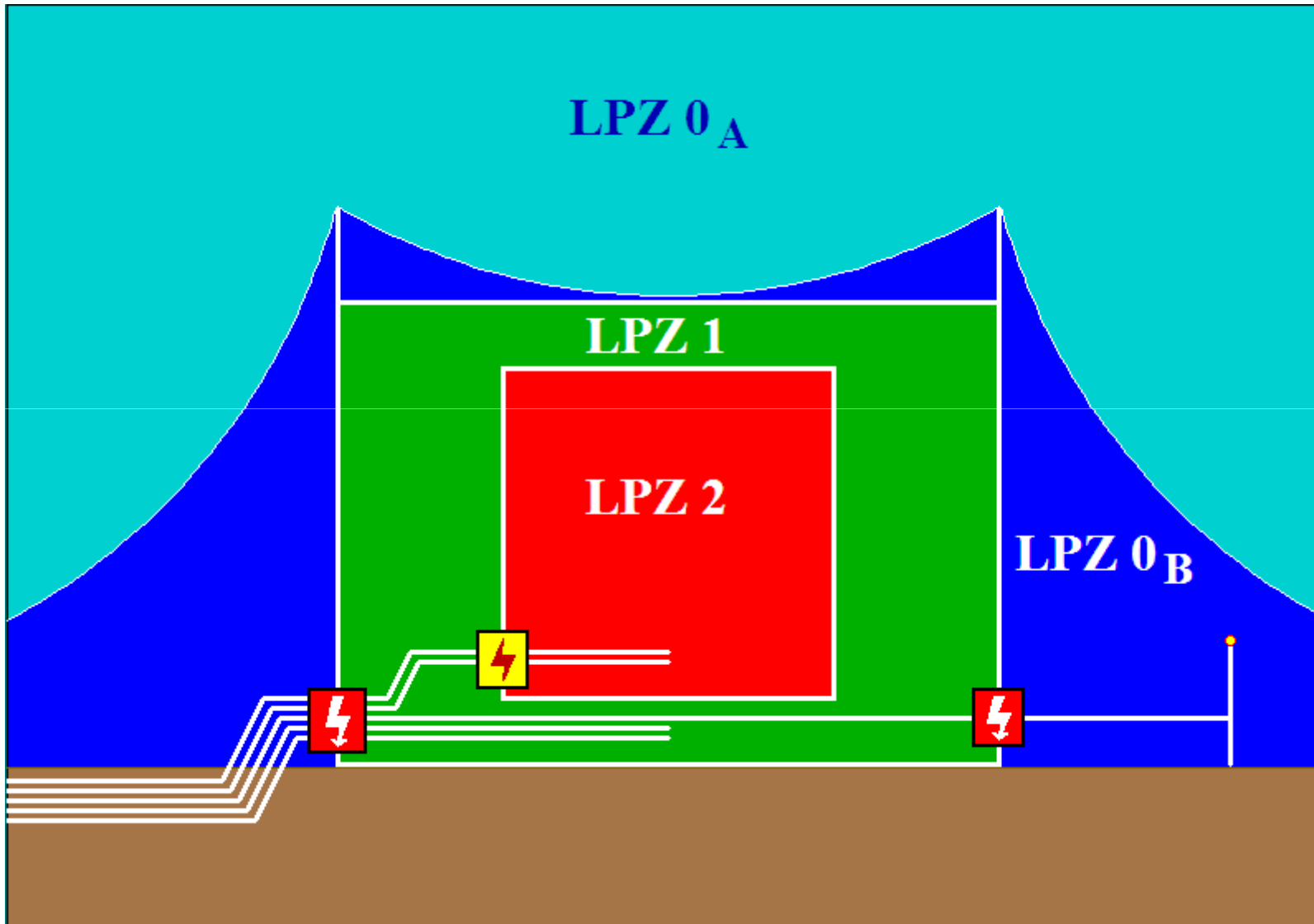
Csatolási módok III



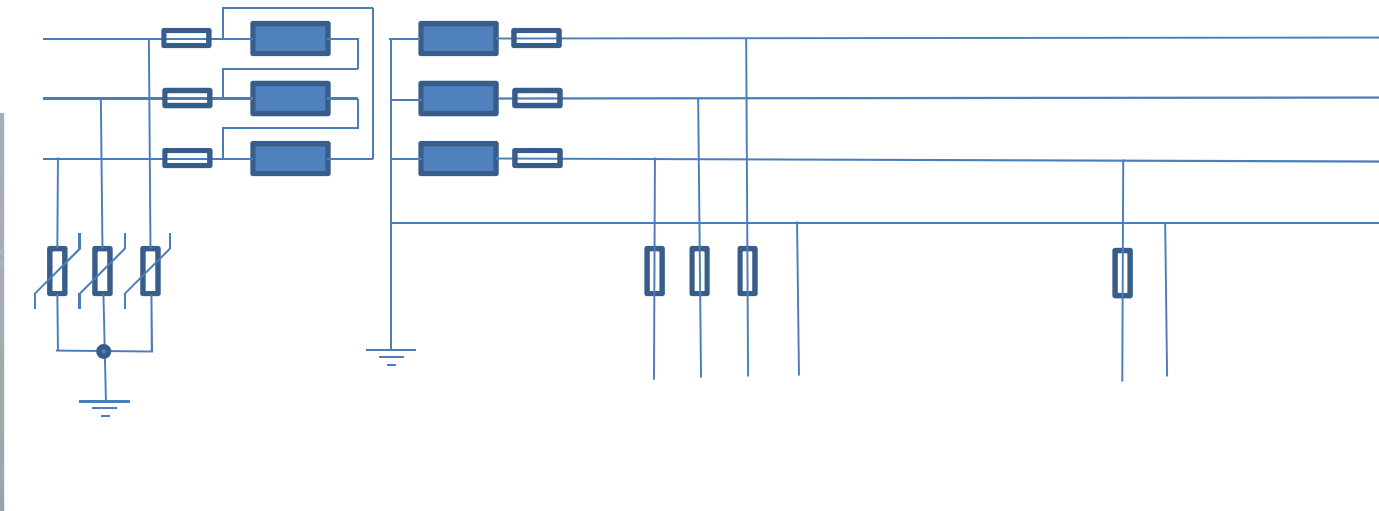
A többfokozatú túlfeszültségvédelem



Zónás koncepció a másodlagos villámvédelemre



A transzformátort is védjük...




Néha nem sikerül...



Nagyon ritkán, de előfordul több száz kA csúcsértékű villámáram

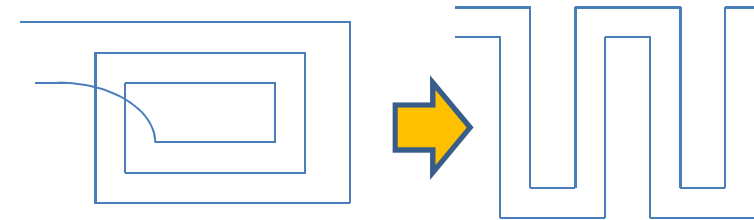




**Kisfrekvenciás (0-2kHz)
villamos és mágneses
erőterek
elleni védelem
(LFI)**

A védekezés az élettani hatásoknál látottakhoz hasonló

- ... ill. vizsgálódhatunk alaplabor 3. mérésre
 - Hurkok csökkentése
 - Távolság növelése
 - Árnyékolás
 - Főként villamos erőtér ellen
 - Ellentétes gerjesztés alkalmazása



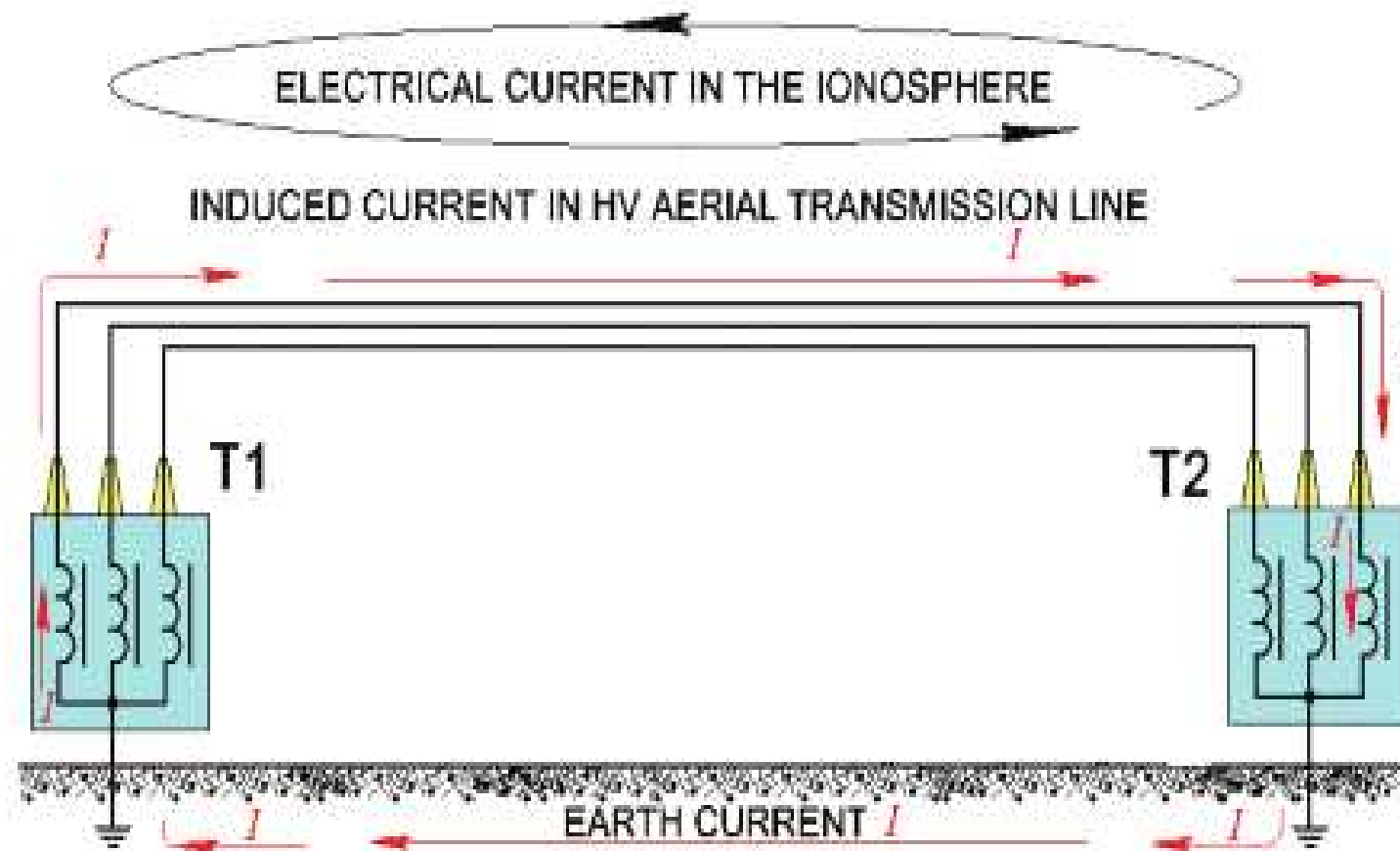
PI. villamos padlófűtés

Kölcsönös impedancia csökkentése



Vannak extrém esetek...

A geomágneses vihar hatása az energiaellátásra



Nagyfrekvenciás erőterek elleni védelem (RFI)

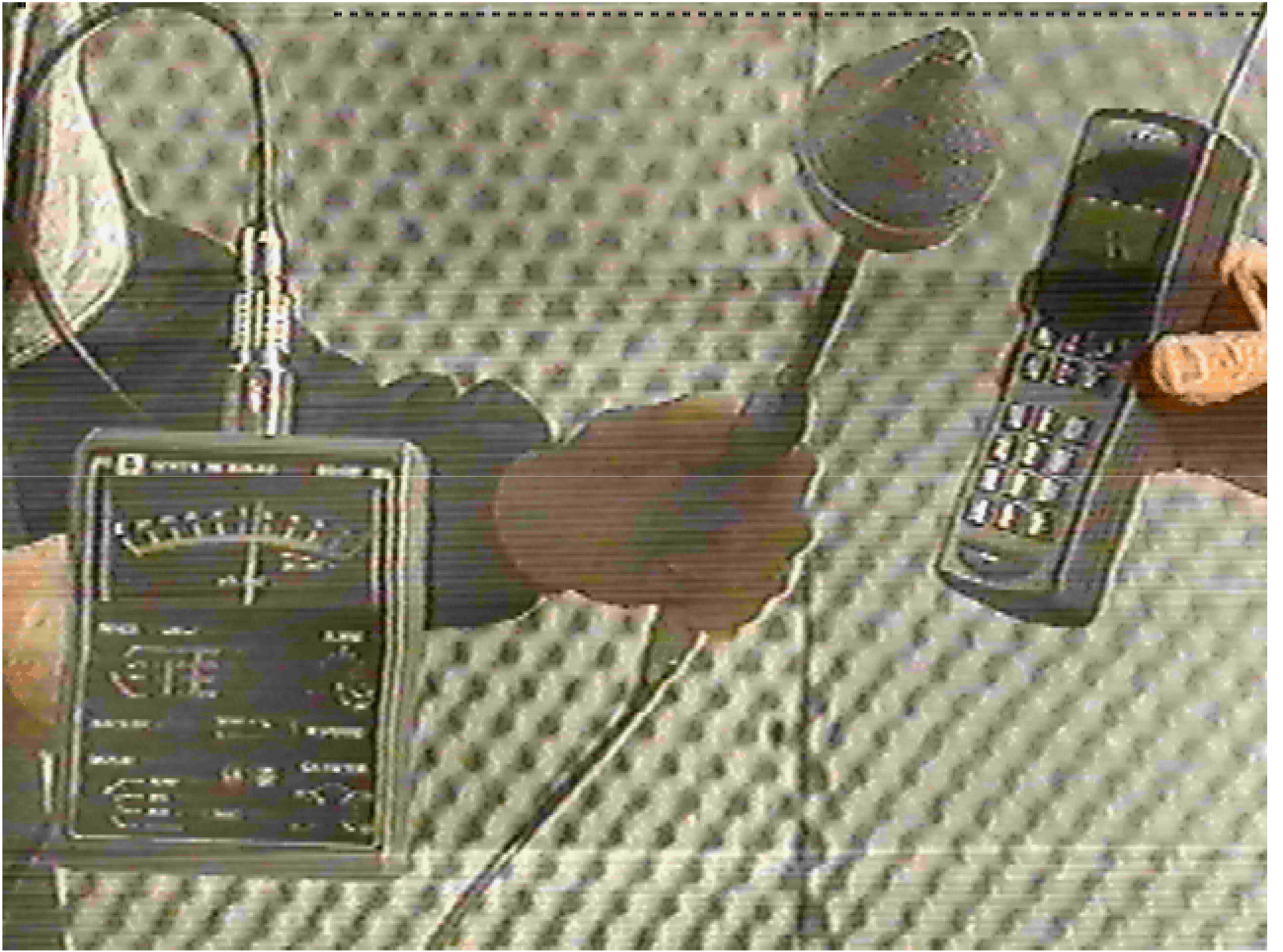


Ugye ismerős...





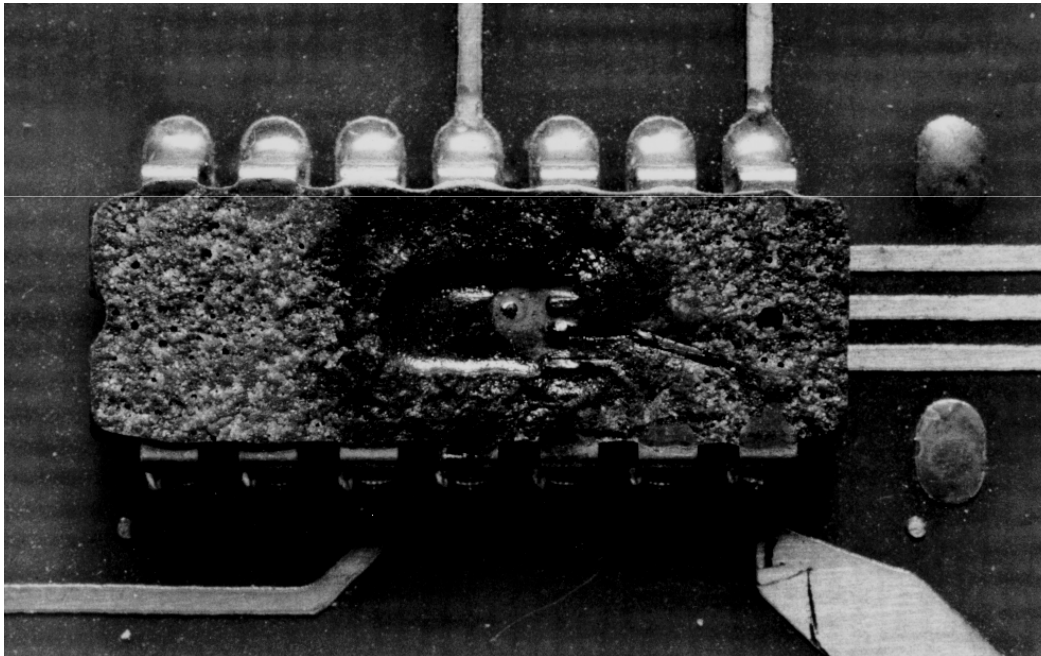






Félvezető eszközök tipikus roncsolódása

Elektrosztatikus szikrakisülések (ESD)



**Tönkrement
integrált
áramkör**

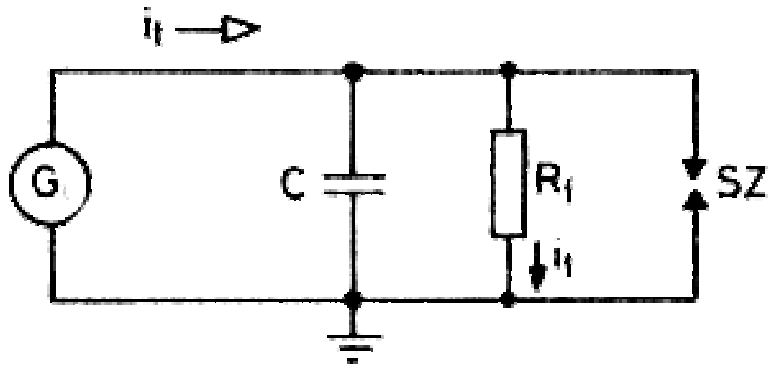
BME

Lehetséges megoldások

- Olyan konstrukció, ami elviseli a kisüléseket
 - Érintési felületek, bemenetek védelme földeléssel, túlfeszültség-védelemmel
 - Immunitás tesztelés ESD pisztollyal
 - Érintkezési kisülés
 - Szikrakisülés
- A feltöltődés korlátozása
 - Töltőáram csökkentése (pl. sebességcsökkentés)
 - Levezetési ellenállás csökkentése
 - Eliminátorok alkalmazása

Töltésfelhalmozás korlátozása földeléssel

Kisülési energia korlátozása földeléssel

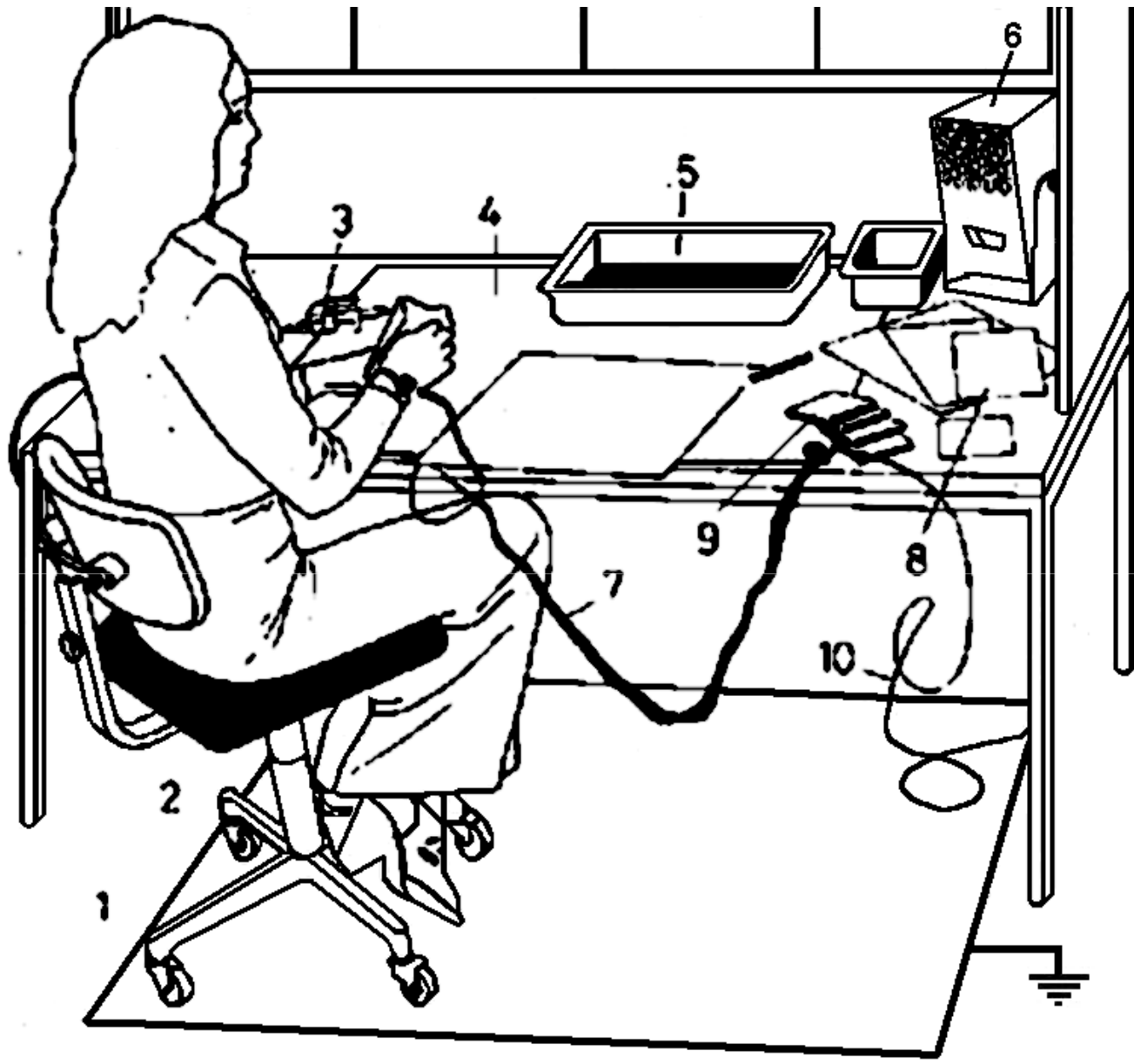


$$W = \frac{1}{2} Q U = \frac{1}{2} C U^2$$

$$U_{\max} = i_t R_f$$

$$W_{\max} = \frac{1}{2} i_t^2 C R_f^2$$

$$R_f = \frac{1}{i_t} \sqrt{\frac{2W_{\max}}{C}}$$



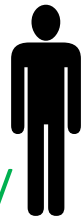


Emlékeztető

RFI:
Radio-Frequency Inference
Rádiófrekvenciás hatások



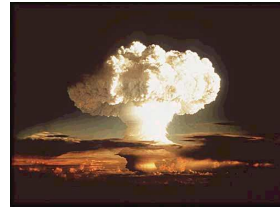
ESD: Electrostatic Discharge / Damage
Elektrosztatikus kisülés / károsodás



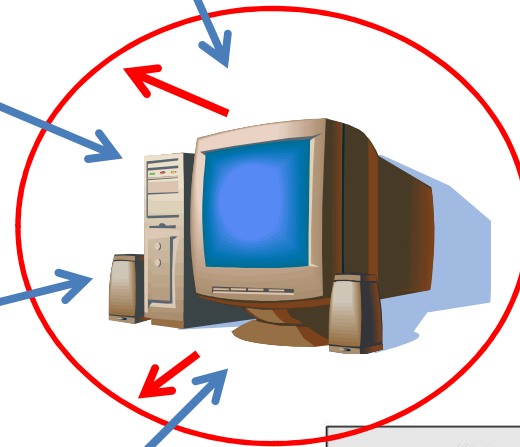
LFI:
Low Frequency Inference
Kisfrekvenciás hatások



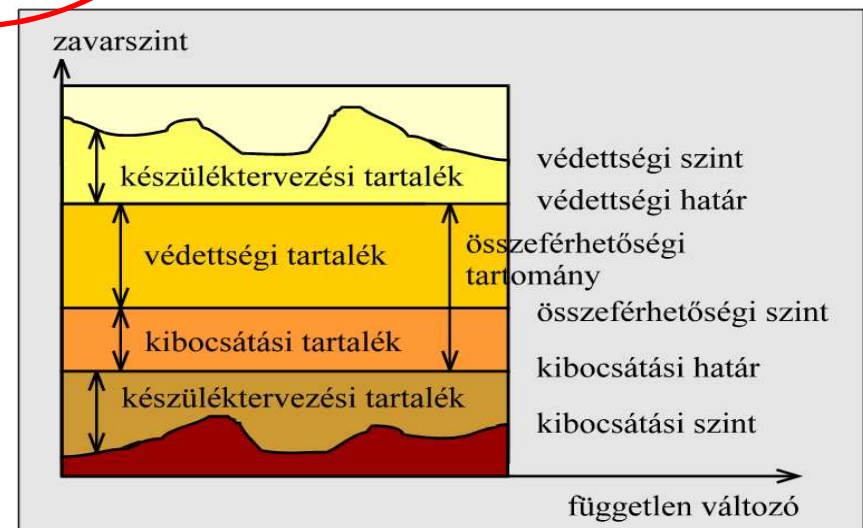
EMP:
Electromagnetic Pulses
Elektromágneses impulzusok



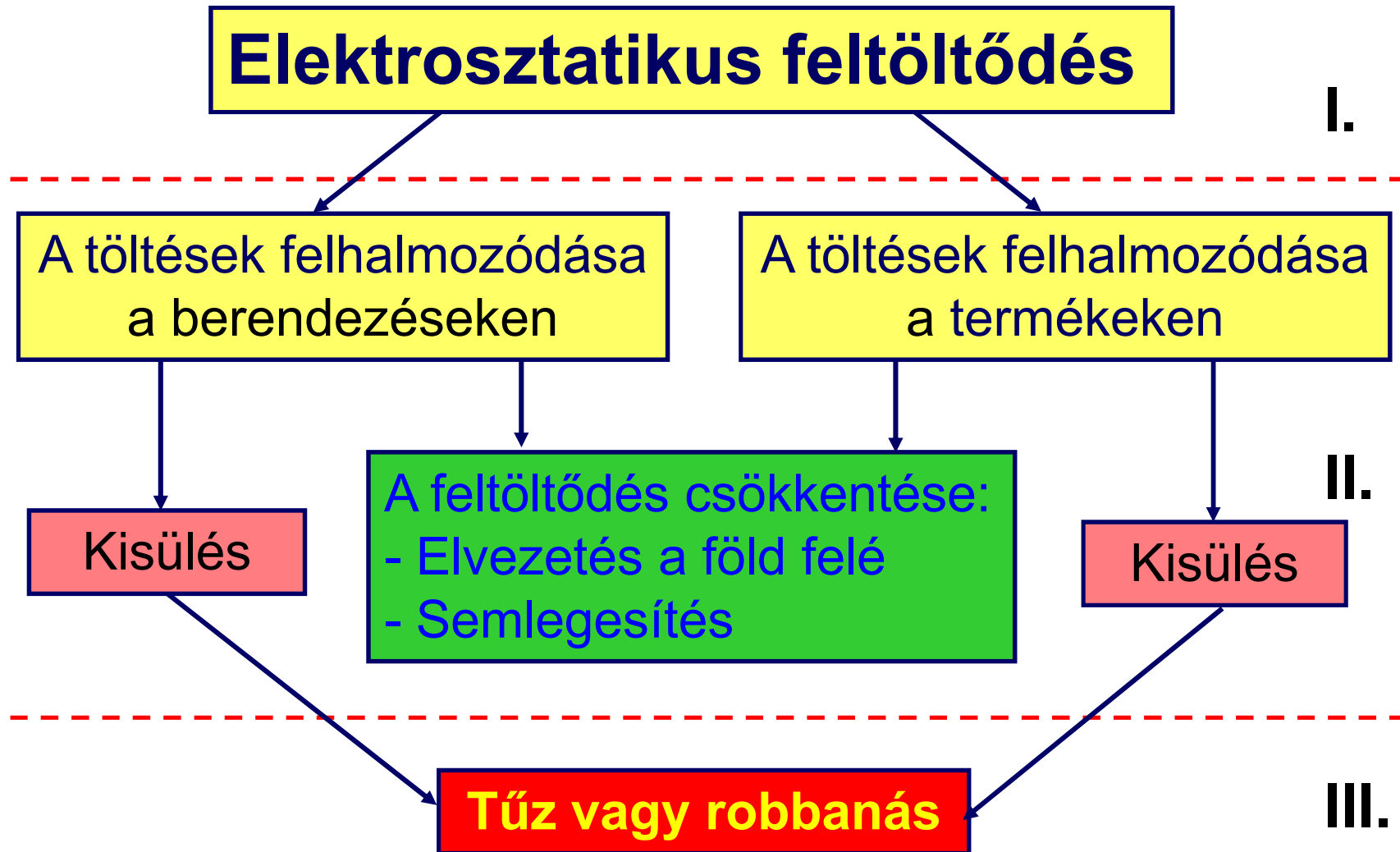
NEMP: Nuclear EMP
nukleáris eredetű
LEMP: Lightning EMP
villám okozta



EMC
„Egy adott készüléknek az a képessége, hogy az elektromágneses környezetében megfelelően tud üzemelni (immunitása = zavarálló-képessége elegendően nagy) anélkül, hogy elviselhetetlen zavarokat okozna más eszközökben (emissziója = zavarkibocsátása kellően kicsi).”



De, ha már ESD: más baj is lehet...





Szigetelő folyadékok tipikus feltöltődése

Gyúlékony folyadék áramlása csővezetékben



Repülőgép tankolása
a levegőben

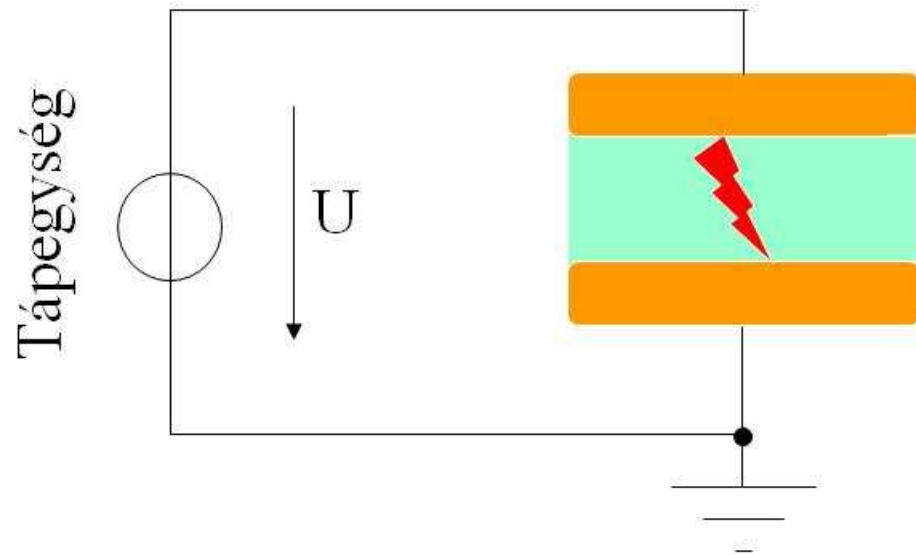
Kisülések csoportosítása

- Villamos
 - folyamatos töltésutánpótlás tápforrásból
 - Váltakozó áramú
 - Egyenáramú
- Elektrosztatikus
 - töltésgóc kisülése

Kisülések csoportosítása

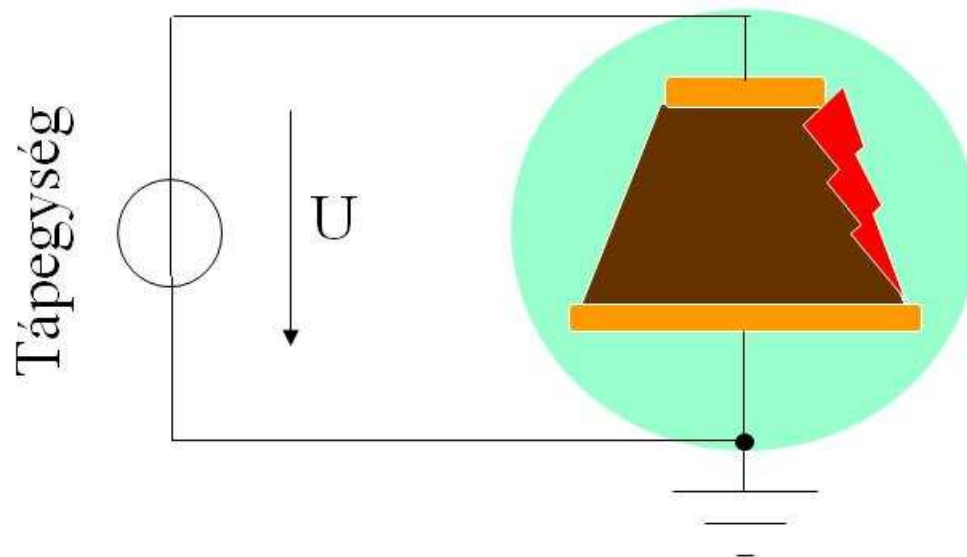
- Teljes
 - Átütés
 - Átívelés
- Részleges (részletörés)
 - koronakisülés
 - üregkisülés
 - kúszókisülés
 - treeing

Teljes kisülések (elektródtól elektródig)

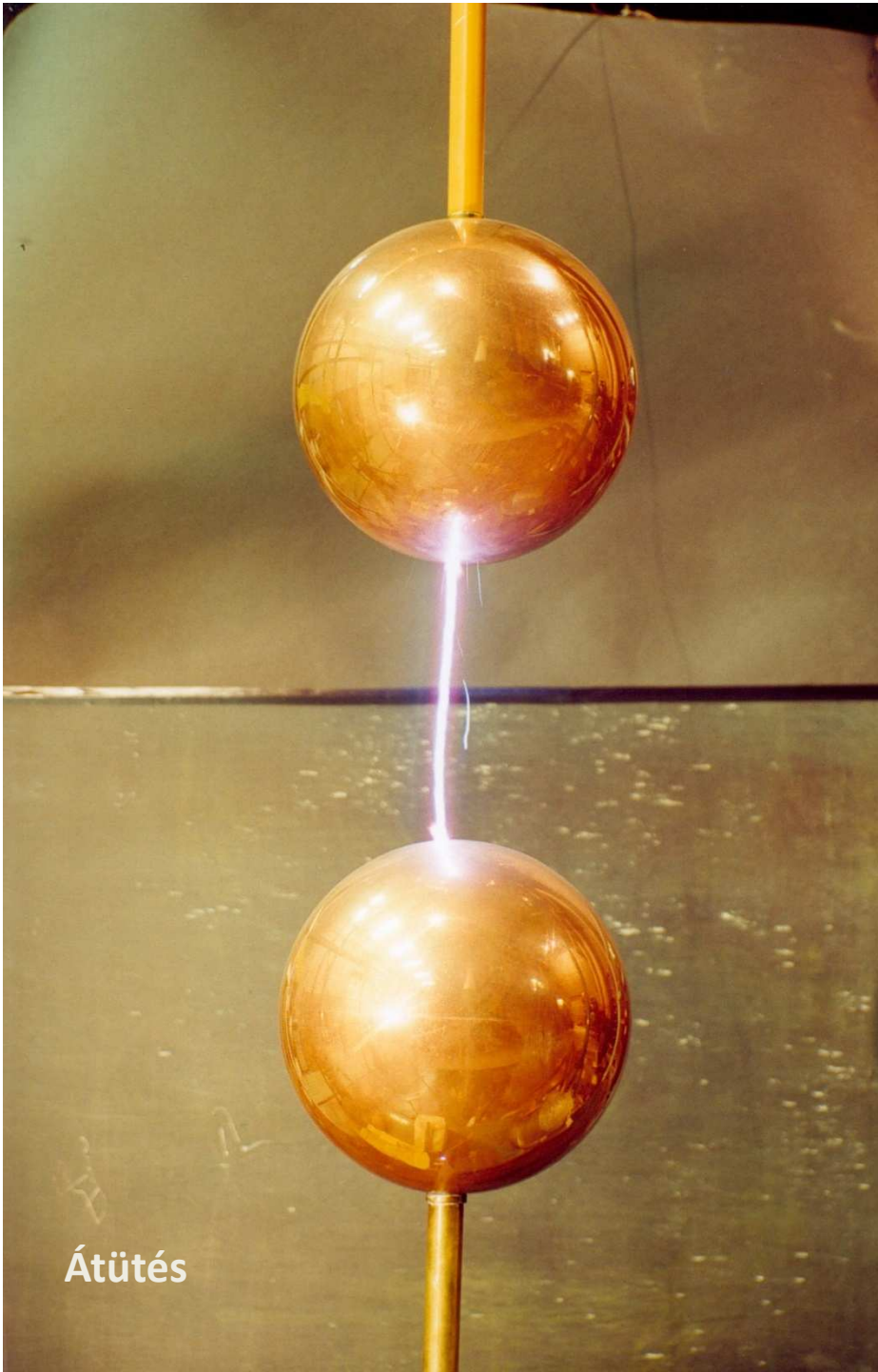


A szigetelő belsejében:
ÁTÜTÉS

Villamos szilárdság:
 $E_{\ddot{u}} = U_{\ddot{u}}/d$



Két szigetelő anyag
határfelületén:
ÁTÍVELÉS
(ténylegesen ív csak adott
áram felett)

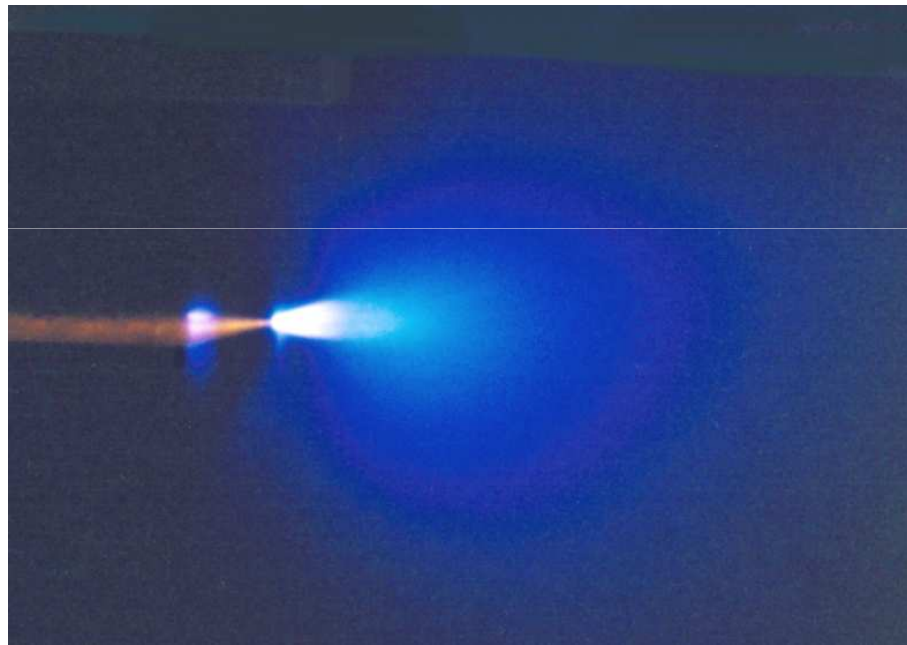


Átütés



Részletörések: koronakisülés

- Erősen inhomogén erőtér: $E_{\max} \gg E_{\min}$
 - Élek, csúcsok, hegyes fémalkatrészek



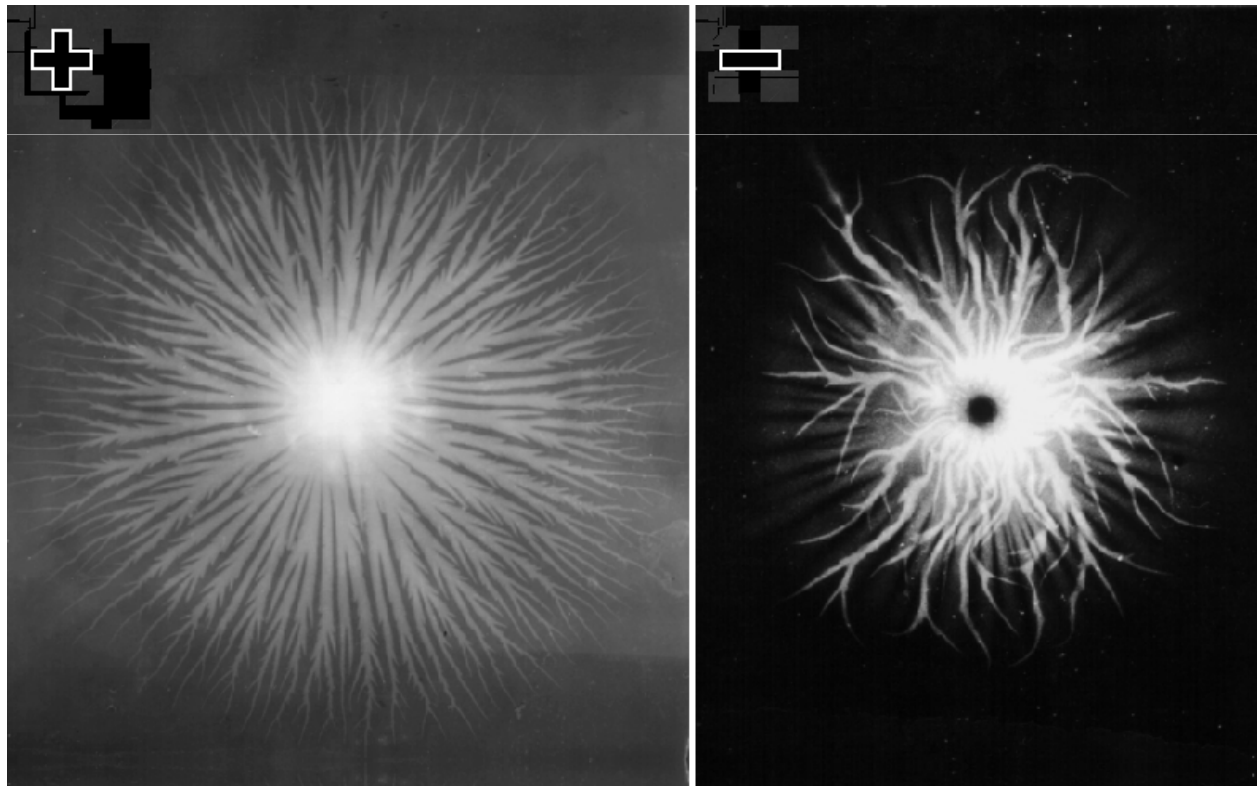
Megj.: Homogén erőtér: $E_{\max}/E_{\min} = 1$

Enyhén inhomogén: $10 > E_{\max}/E_{\min} > 1$

Erősen inhomogén: $E_{\max}/E_{\min} \geq 10$

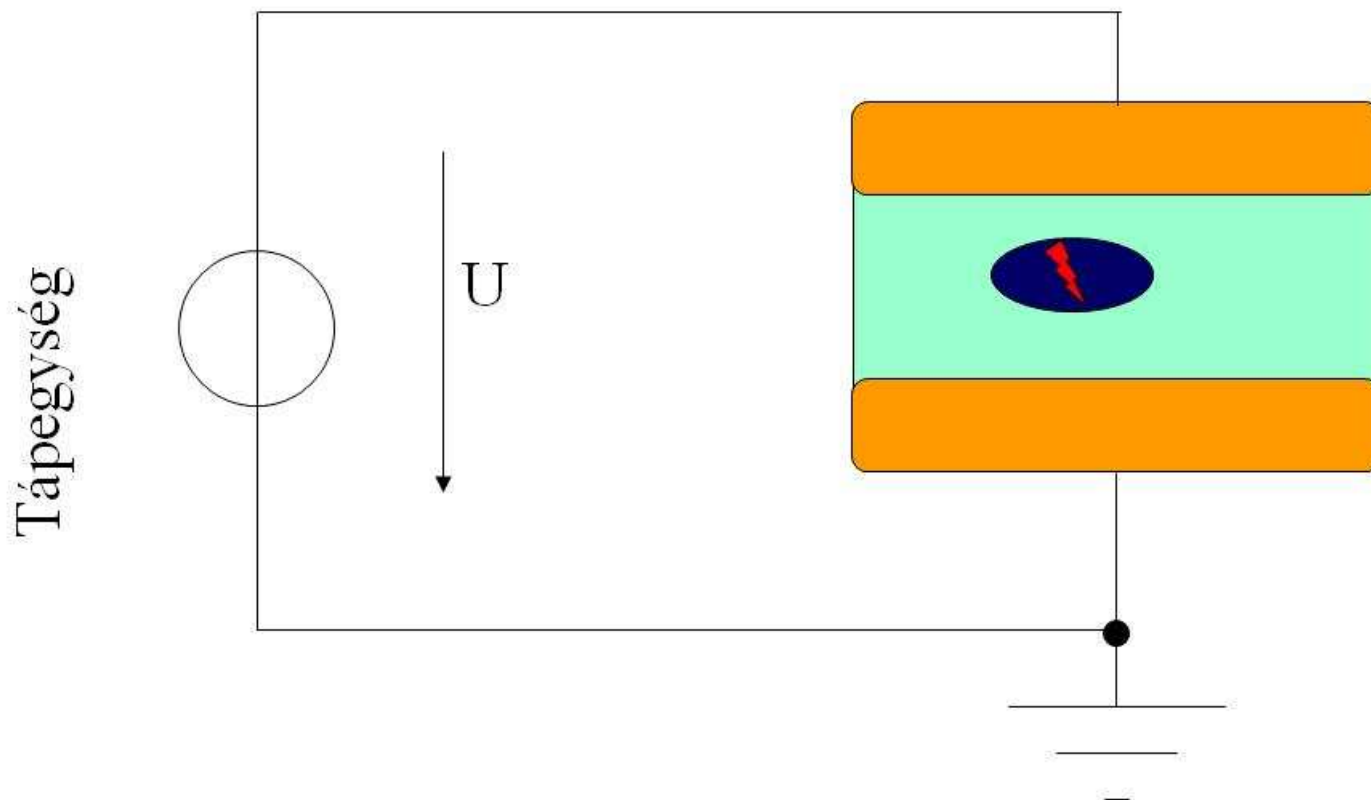
Részletörések: kúszókisülés

- Szigetelőanyagok határfelületén



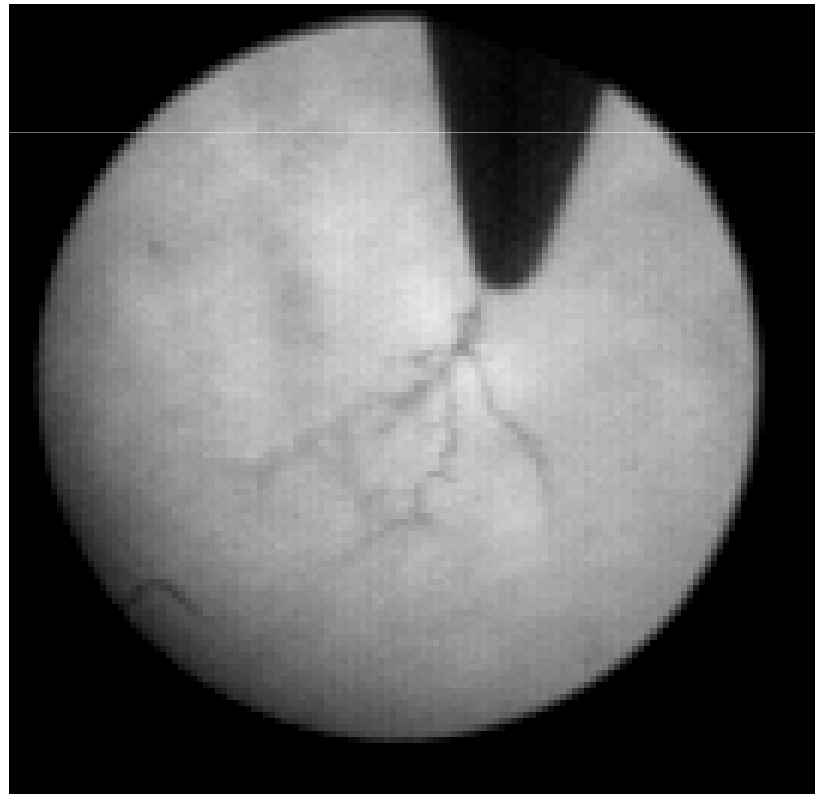
Részletörések: belső v. üregkisülés

- Szigetelőanyagban belüli zárványokban



Részletörések: treeing

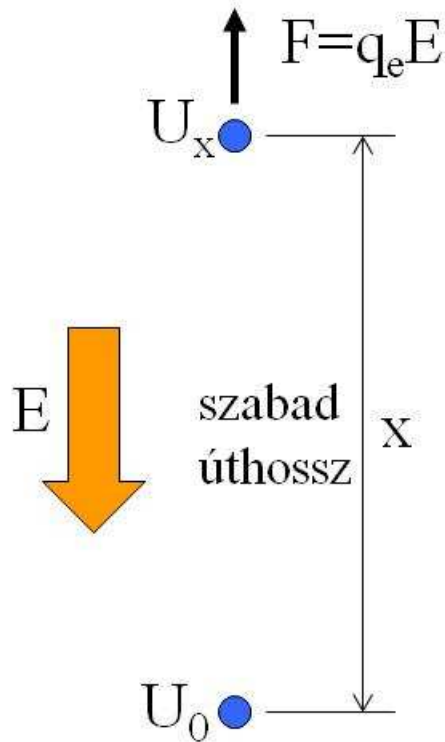
- Szilárd szigetelők belseje, pl. polietilén



Szabad töltéshordozókat képző folyamatok

- Fotoionozás
 - hf energiájú foton ütközik gázban lévő atommal, molekulával
 - $W_{\text{ion}} > hf > W_{\text{gerj}}$: gerjesztés
 - **$hf > W_{\text{ion}}$** : **ionozás**
- Ütközési ionozás
 - Villamos erőtér által felgyorsított elektron ionoz
- Hőionozás
 - Nagy hőmérsékletű gázban hőmozgást végző atomok v. molekulák ütközése nyomán alakul ki

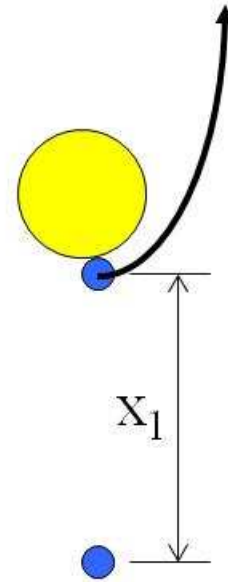
Elektronüttközés esetei



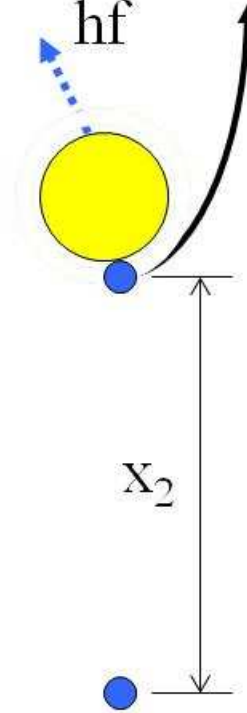
$$W_e = \int_0^x F dx$$

$$= q_e \left(- \int_0^x E dx \right)$$

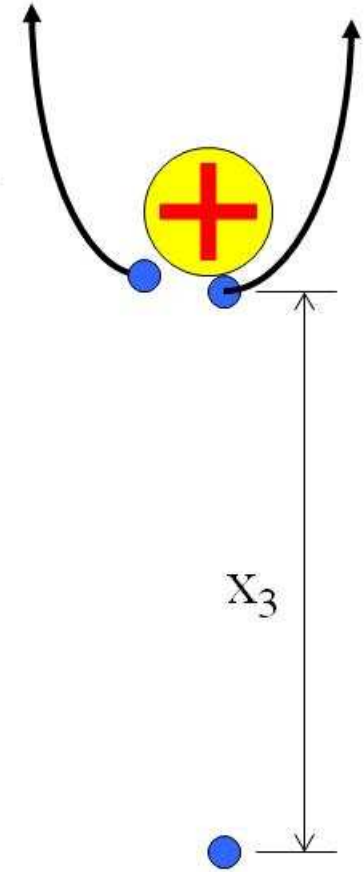
$$= q_e (U_x - U_0)$$



$W_{e1} < W_g$
„Lepattanás”

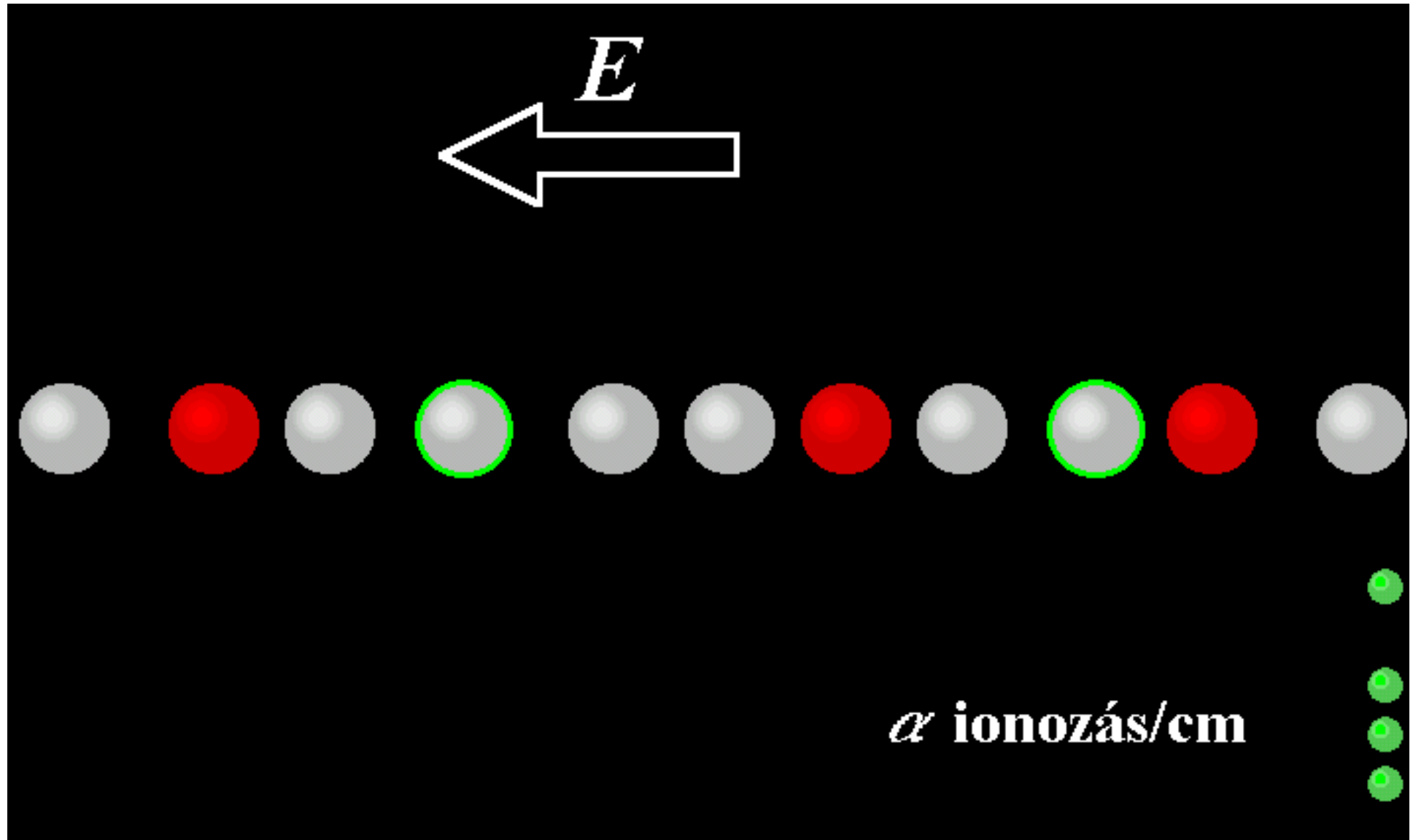


$W_i > W_{e2} > W_g$
Gerjesztés

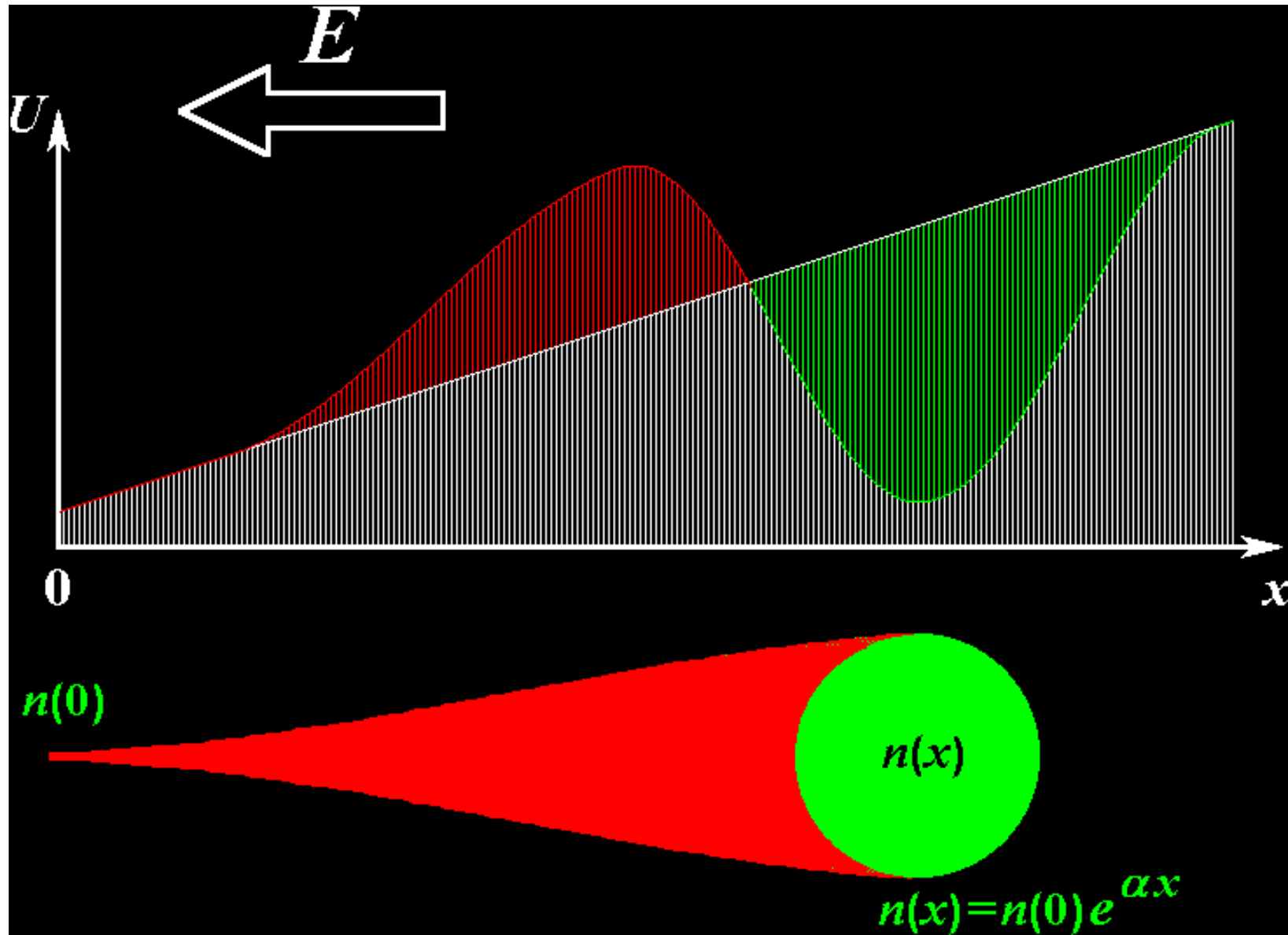


$W_i < W_{e3}$
Ionozás

Elektronlavina



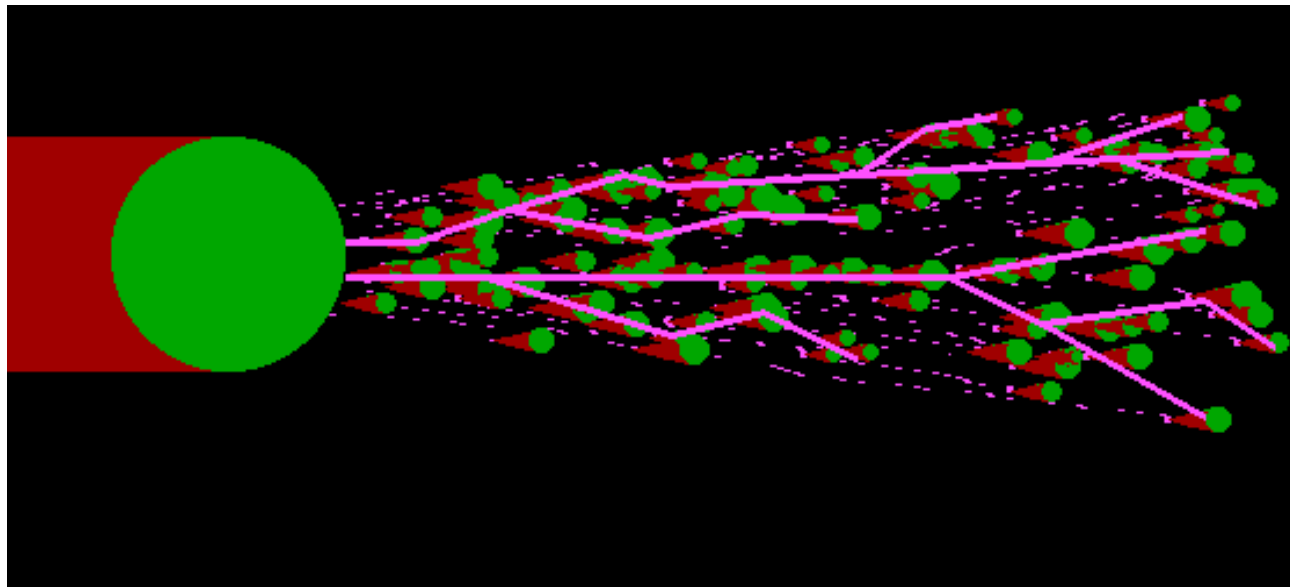
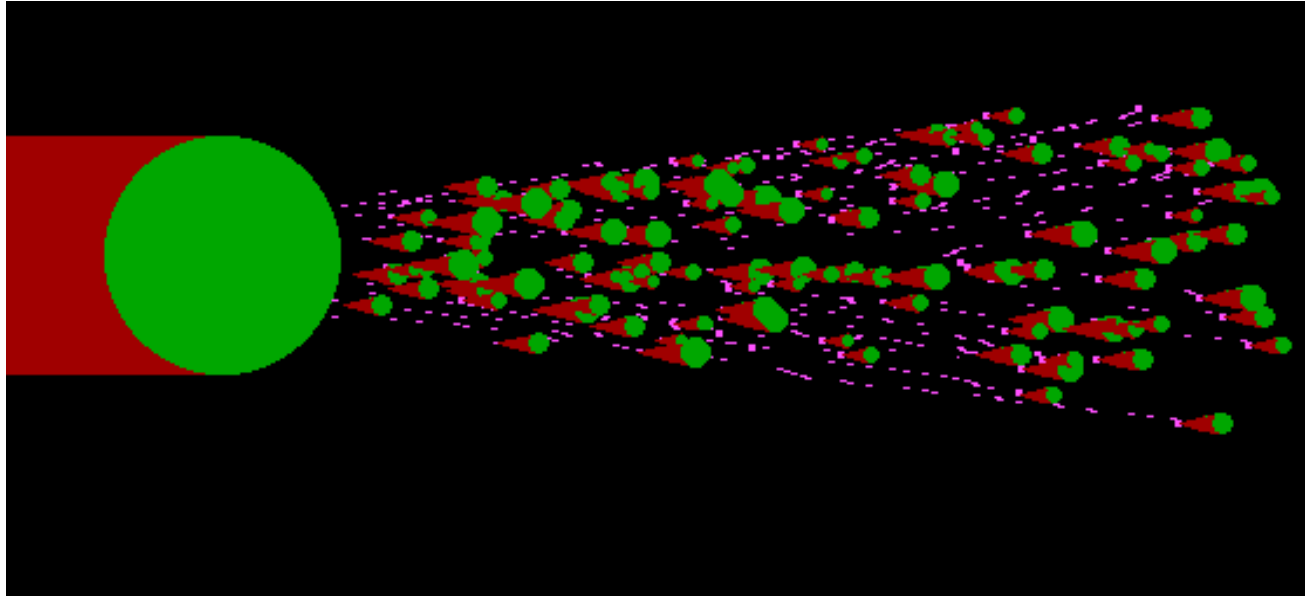
Elektronlavina



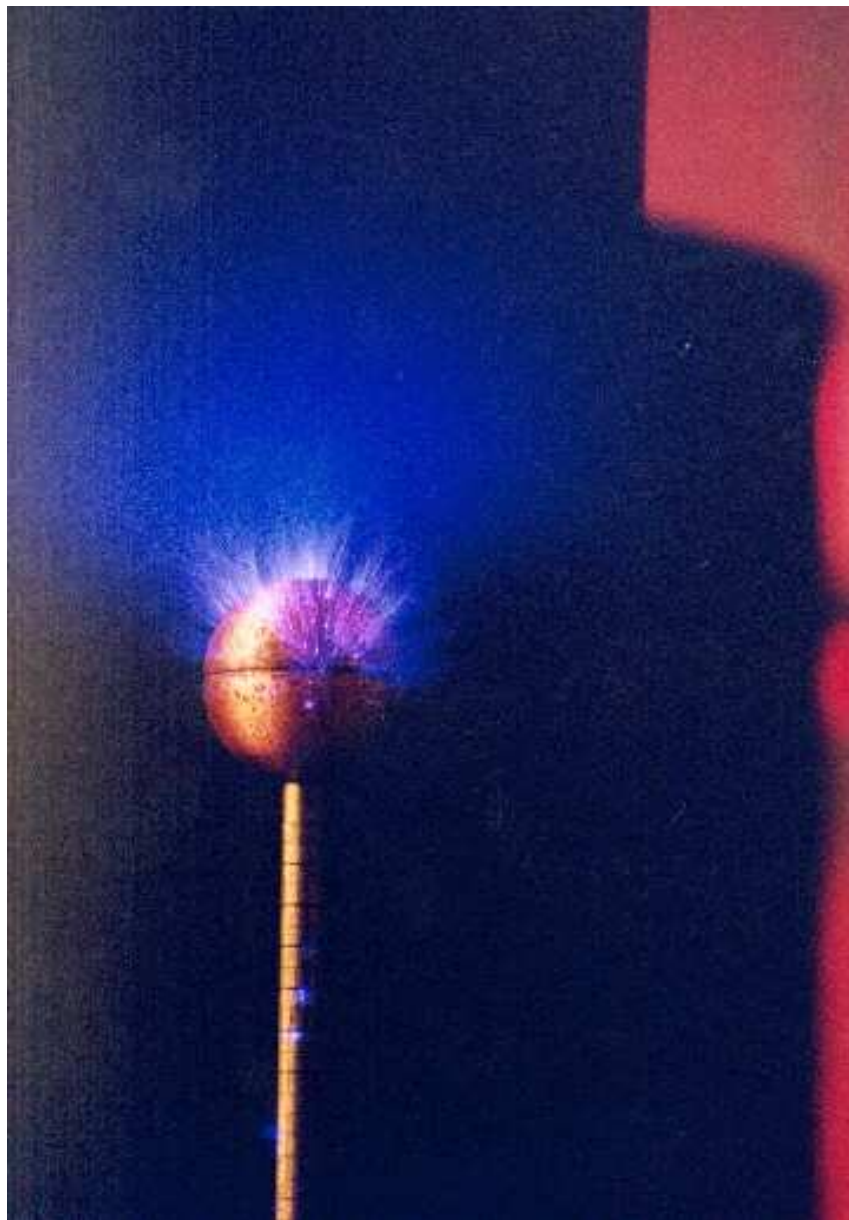
Elektronlavina



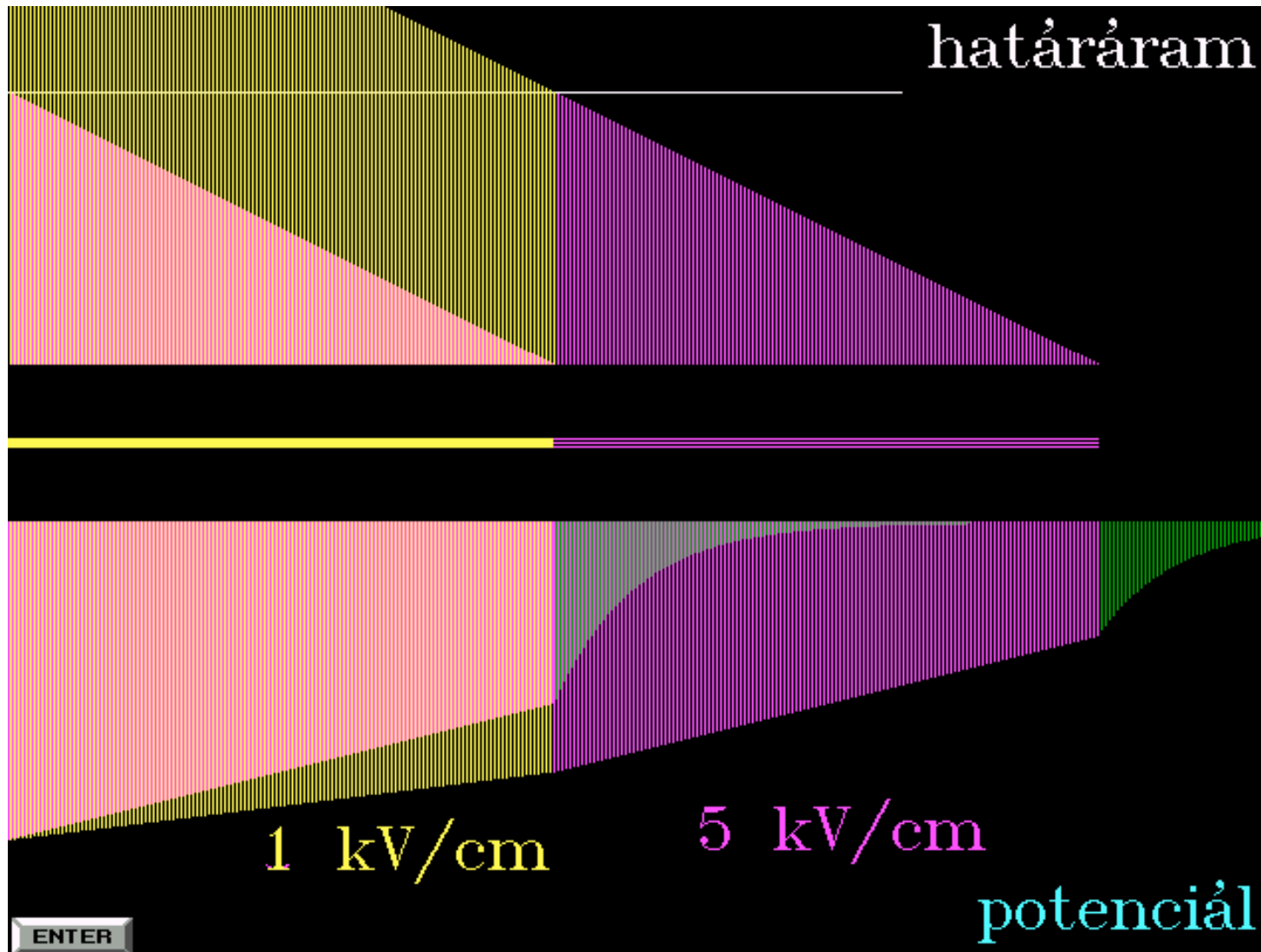
Pamatos kisülés



Pamatos kisülés

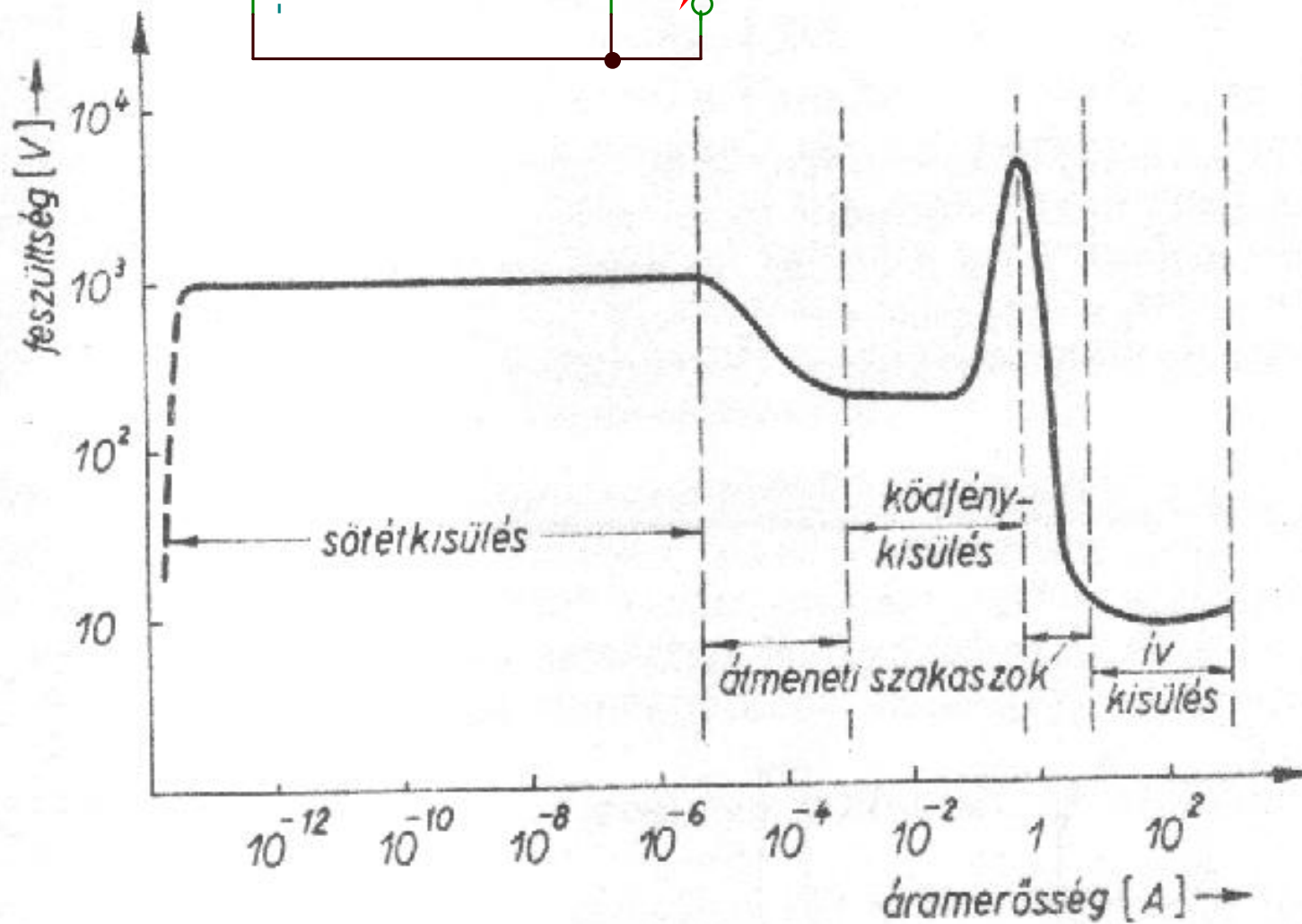
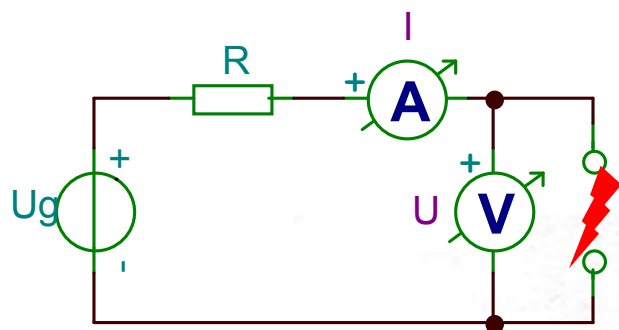


Csatornakisülés



Csatornakisülés





Elektrosztatikus kisülések

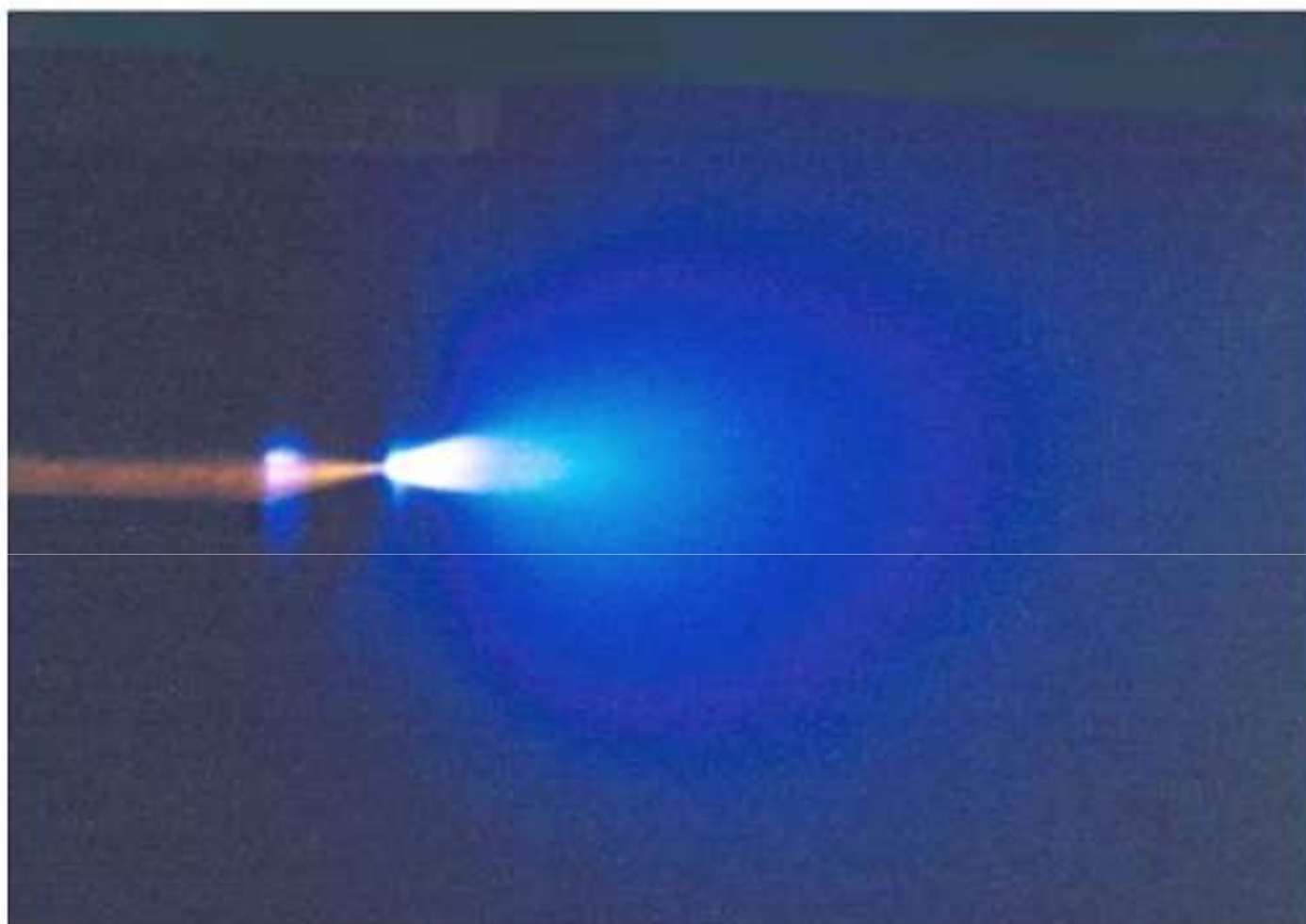
Különbség a villamos kisülésekhez képest:

Nincs töltésutánpótlás a kisülés fenntartásához

Fajtái:

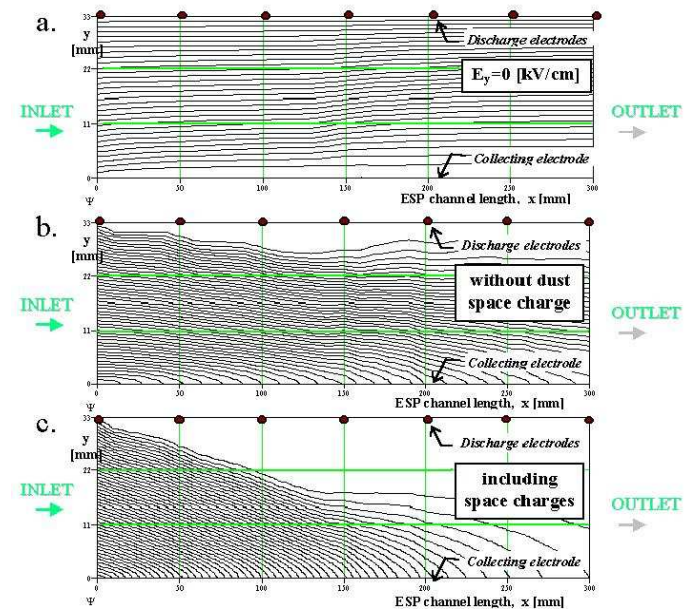
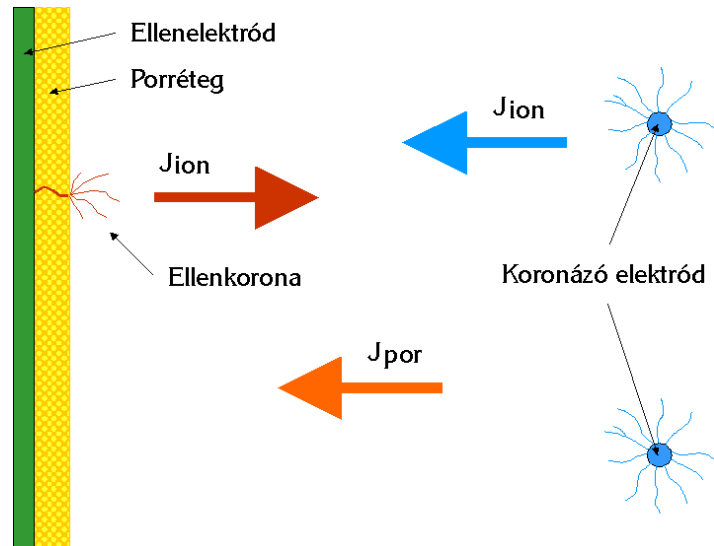
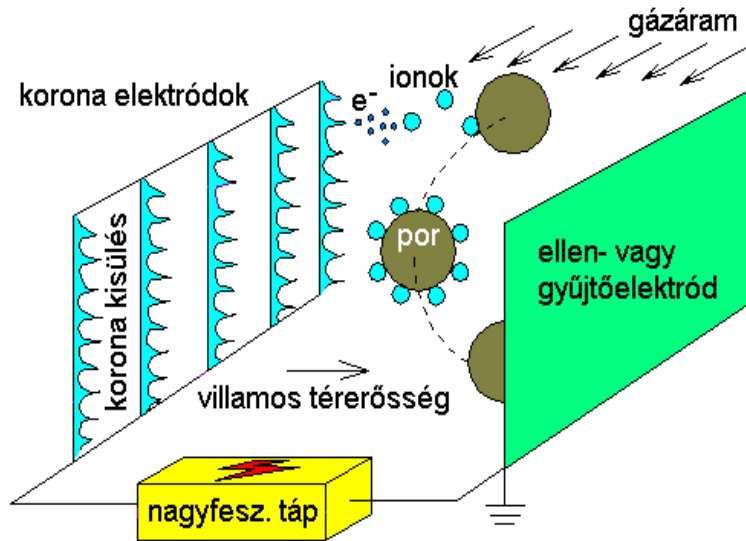
- Koronakisülés
- Szigetelő felület kisülése
- Terjedő kisülés
- Feltöltött réteg kisülése
- Villámszerű kisülés
- Szikra

Koronakisülés

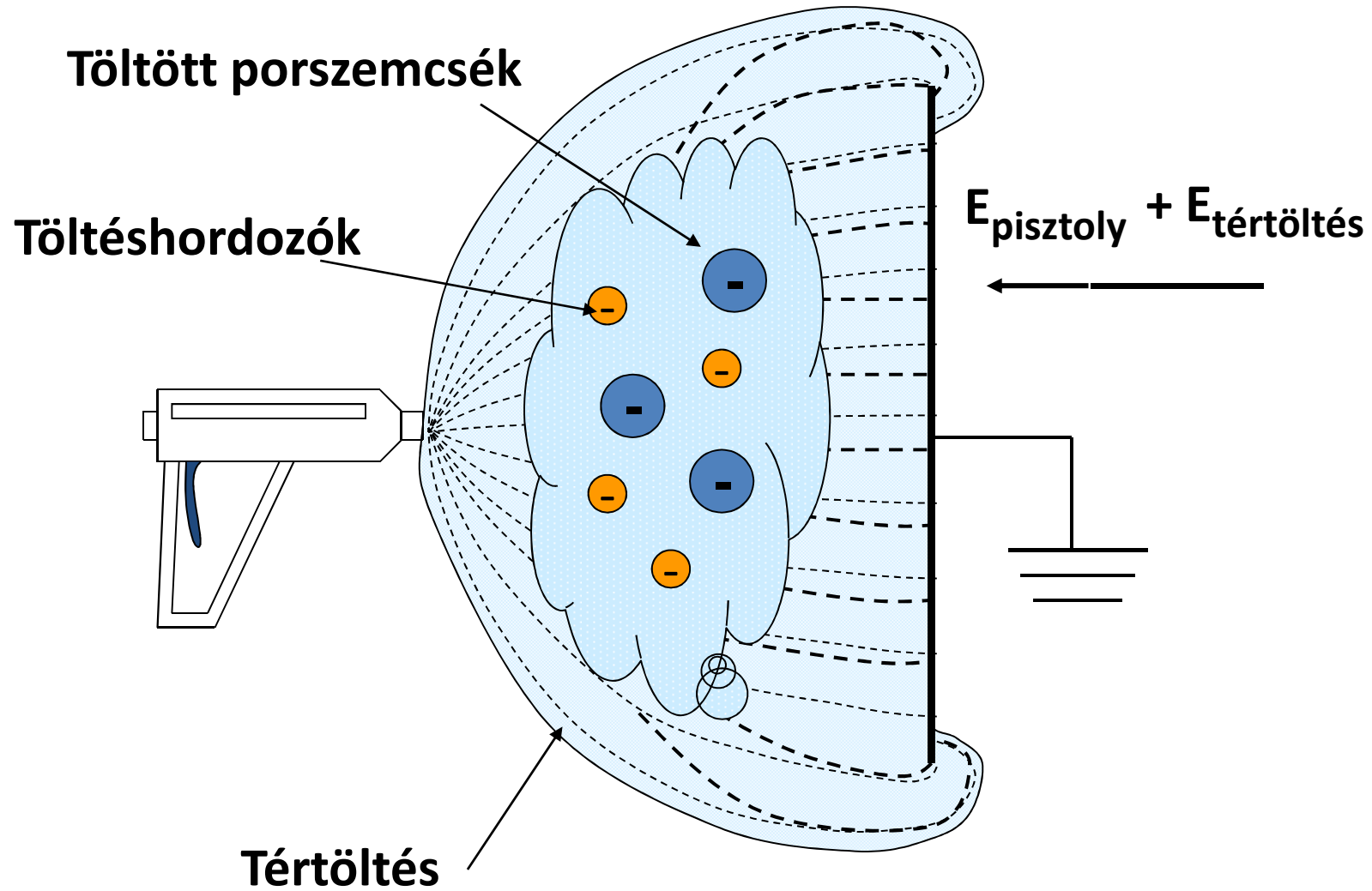


Áram: jellemzően néhány mikroamper, kisülési energia kicsi
energiasűrűsége kicsi, nem gyújtóképes

ELEKTROSZTATIKUS PORLEVÁLASZTÓ (ESP)



Elektrosztatikus porszórás, festékszórás



Elektrosztatikus permetezés



Pierre BERTHOLON Abbé
francia fizikus, Montpellier
1741-1800



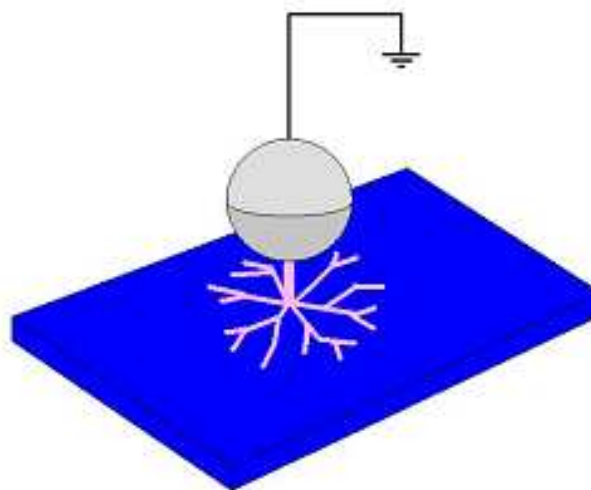
Szigetelő felület kisülése

Időben és térben kiterjedt

A felületi töltés csak egy részét közömbösíti
(így a kisülés energiája kisebb, mint ha a teljes töltést
elvezetné)

A szállított töltés alapján határozható meg, gyújtóképes-e

Bizonyos gőzöket, elegyeket begyűjthet, berobbanthat



Terjedő kisülés

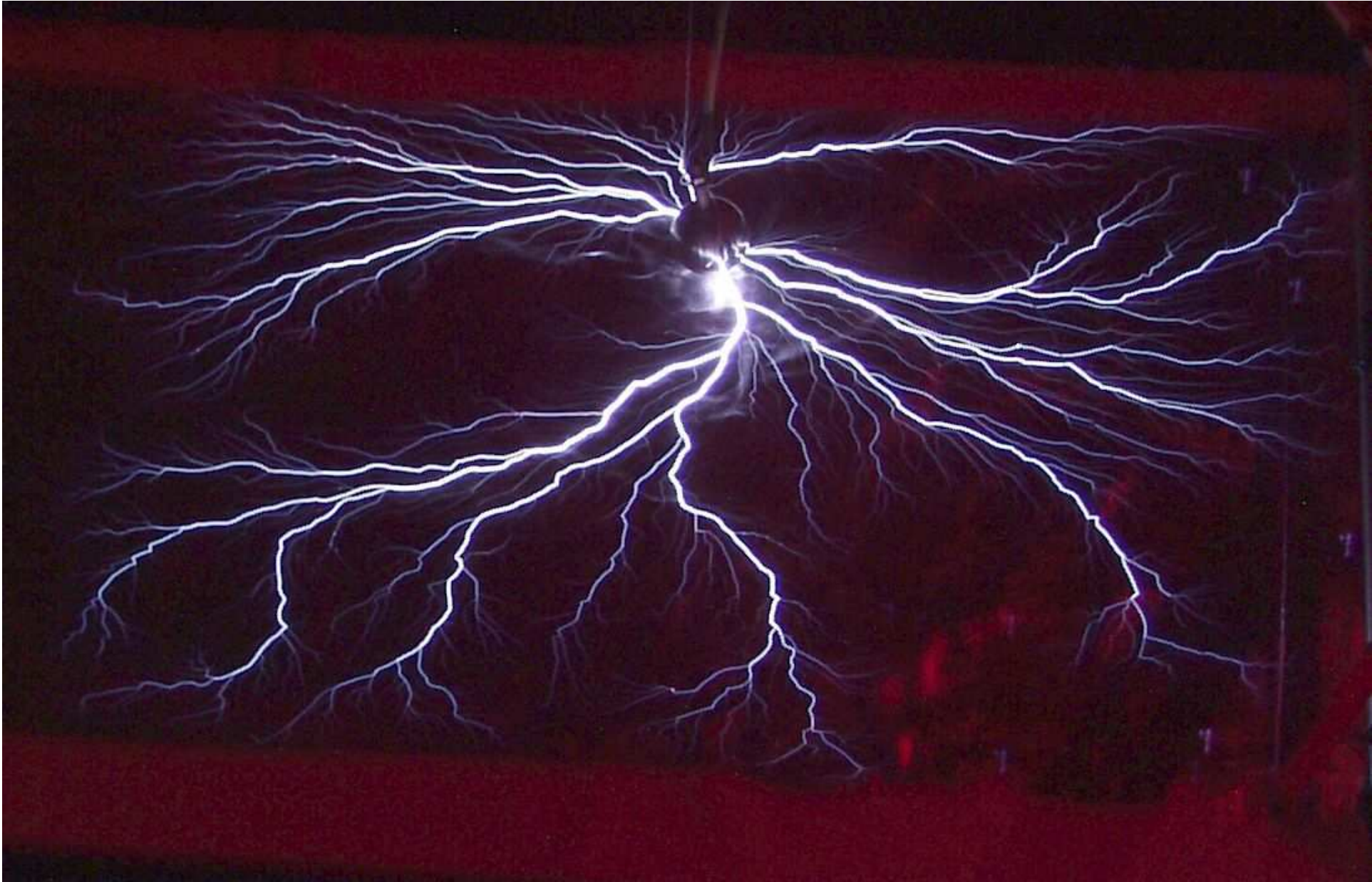


Keletkezés: rendkívül nagy töltéssűrűség vékony szigetelő réteg két oldalán, ellentétes előjelű töltésekkel.

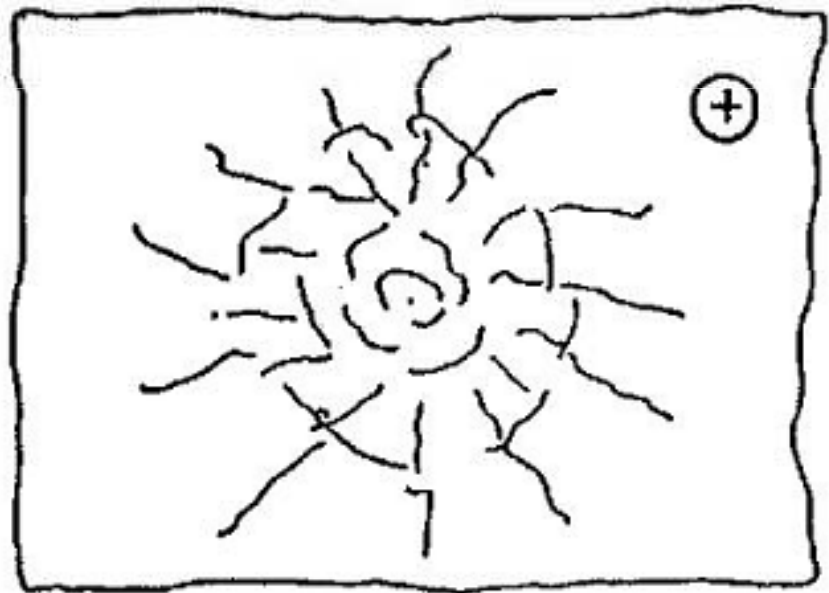
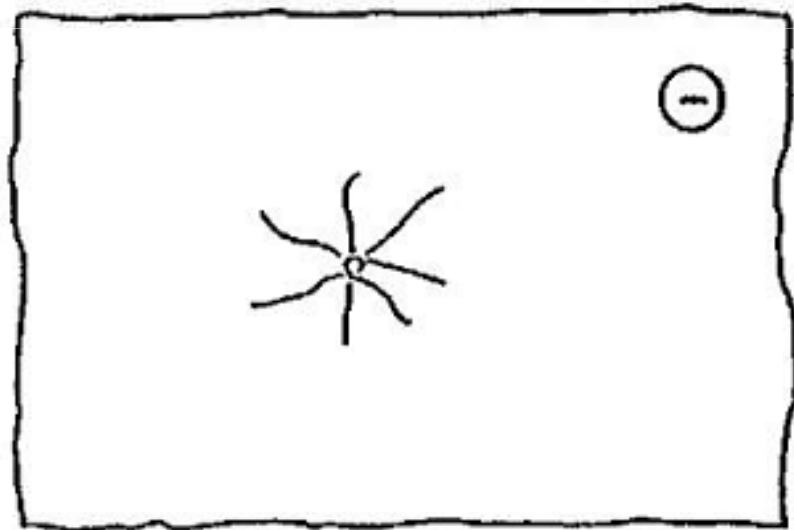
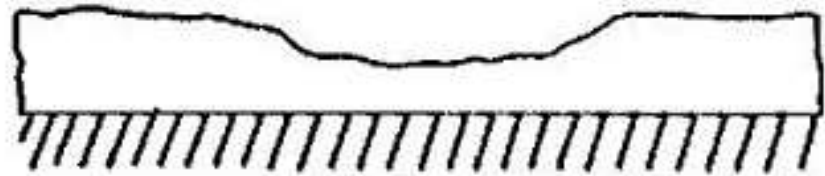
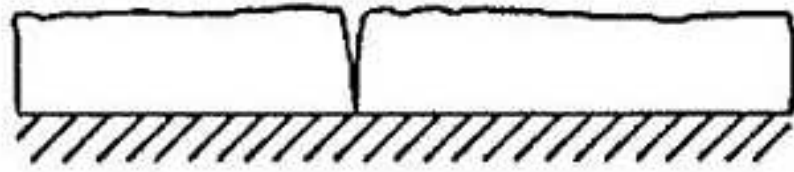
A vékony réteg átütése után
(pl földelt tárgy közeledése miatt) nagyon gyorsan kialakul.

ENERGIÁJA IGEN NAGY, több Joule

RENDKÍVÜL GYÚJTÓKÉPES

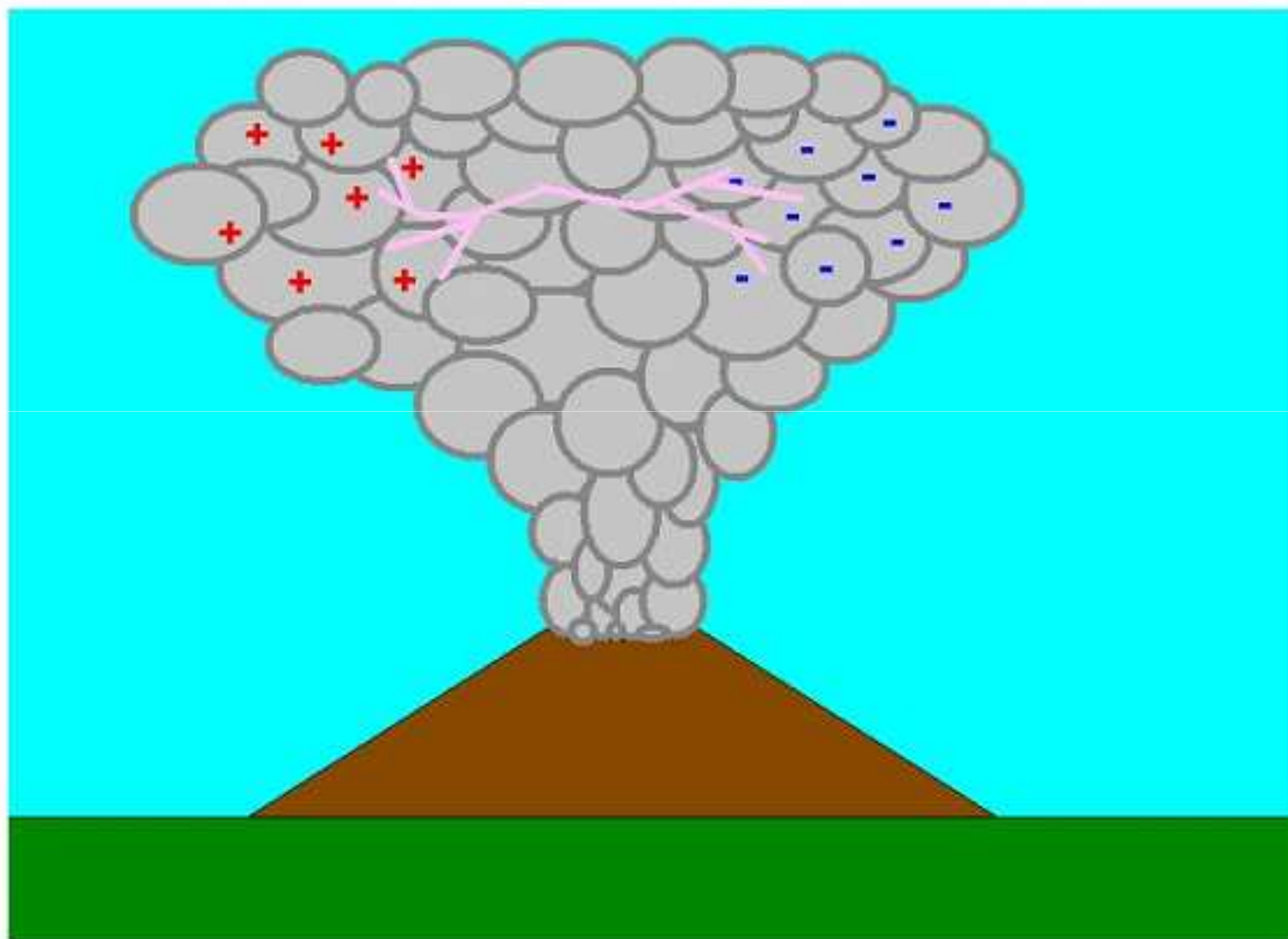


Feltöltött réteg kisülése

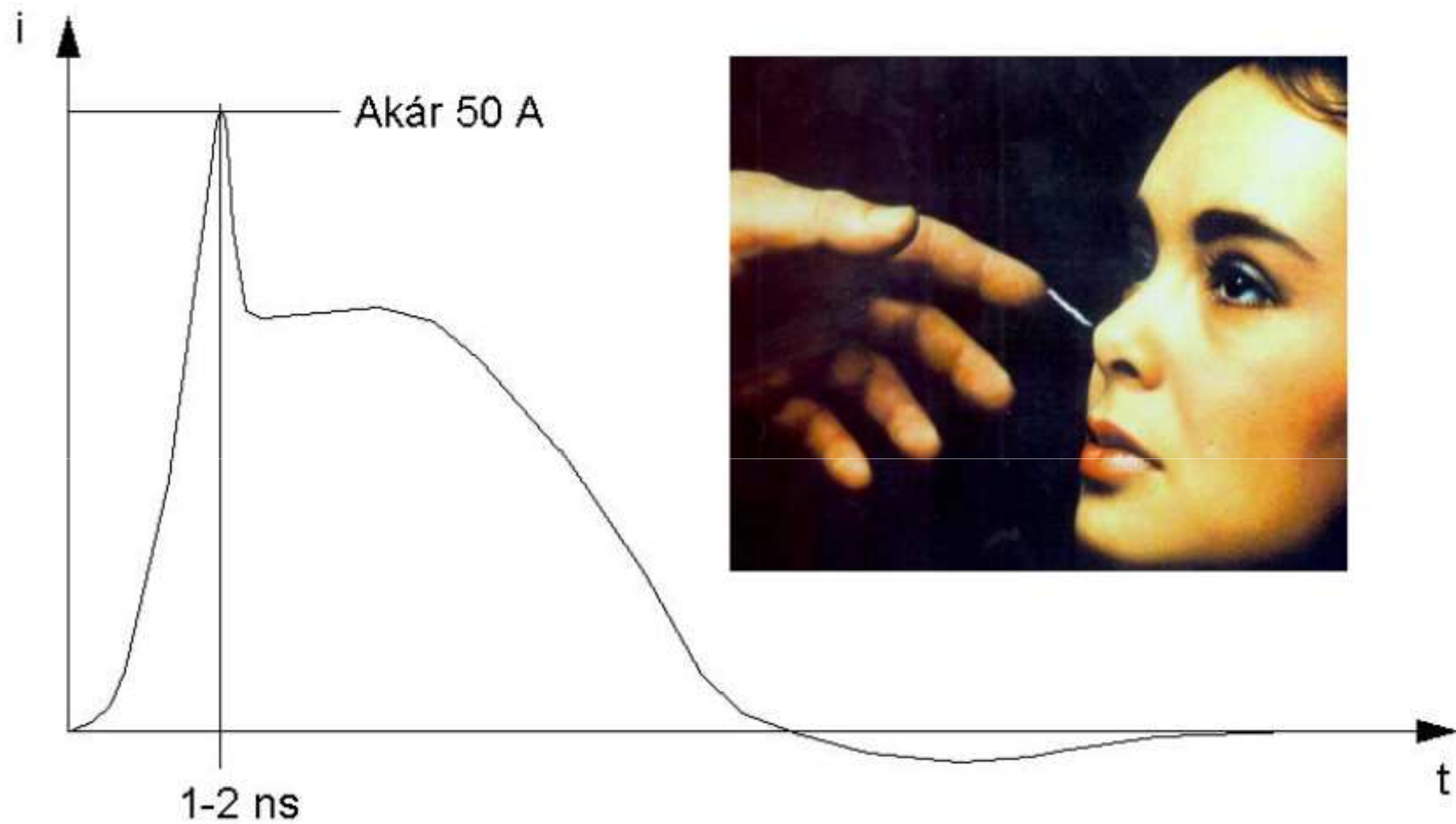


Ezt nagyon tessék megjegyezni, az elektrosztatikus porleválasztóknál fontos lesz!

Villámszerű kisülés



Szikrakisülés



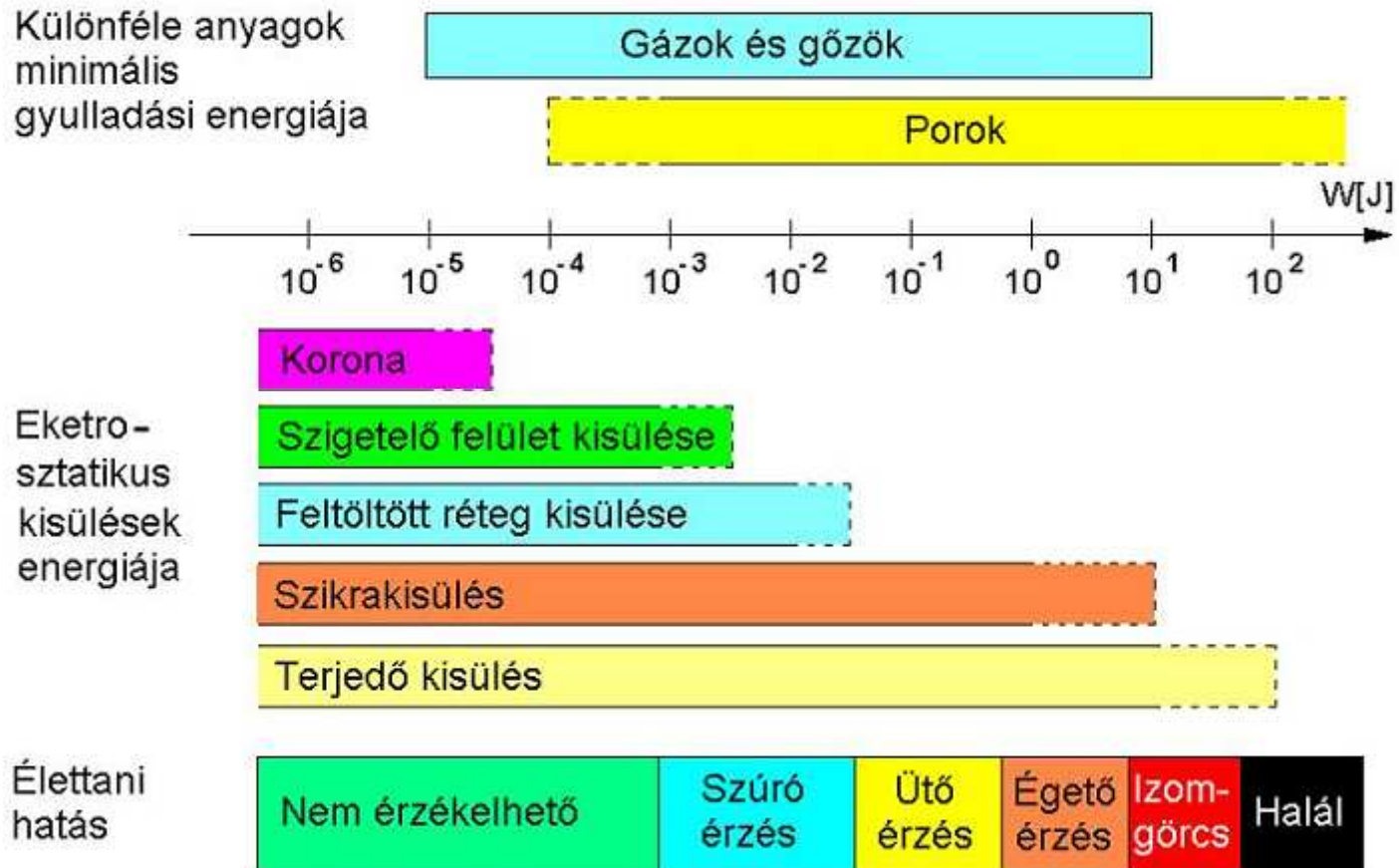
Szigetelő padlón, szigetelő anyagú cipőben sétálva akár 10 kV-ra is feltöltődhetünk
A kisülés energiája néhány mJ - ez elég gyúlékony gőzök begyújtására

Elektrosztatikus kisülések

Az elektrosztatikus és a villamos kisülések viszonya

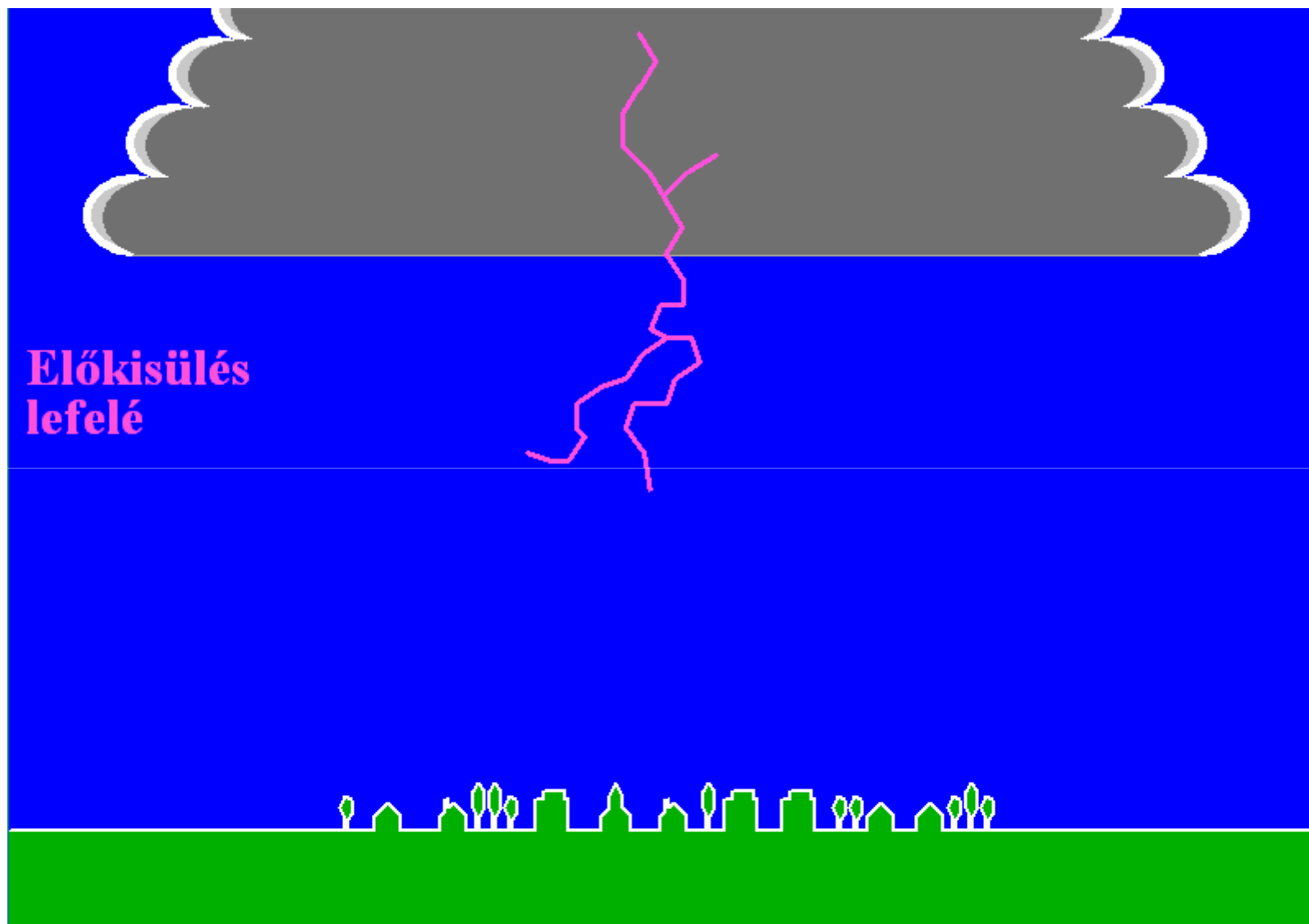
Villamos kisülések	Jellemző hőmérséklet	Töltéshordozókat termelő fizikai folyamatok
Elektronlavina	20-30 °C	Elektronütközési ionozás
Pamatos kisülés	100 °C	Elektronütközési ionozás + fotoionozás
Csatorna kisülés	1000 °C	Fotoionozás + hőionozás
Villamos ív	10 000 °C	Hőionozás + hőemisszió

AZ ELEKTROSZTATIKUS KISÜLÉSEK VESZÉLYESSÉGE

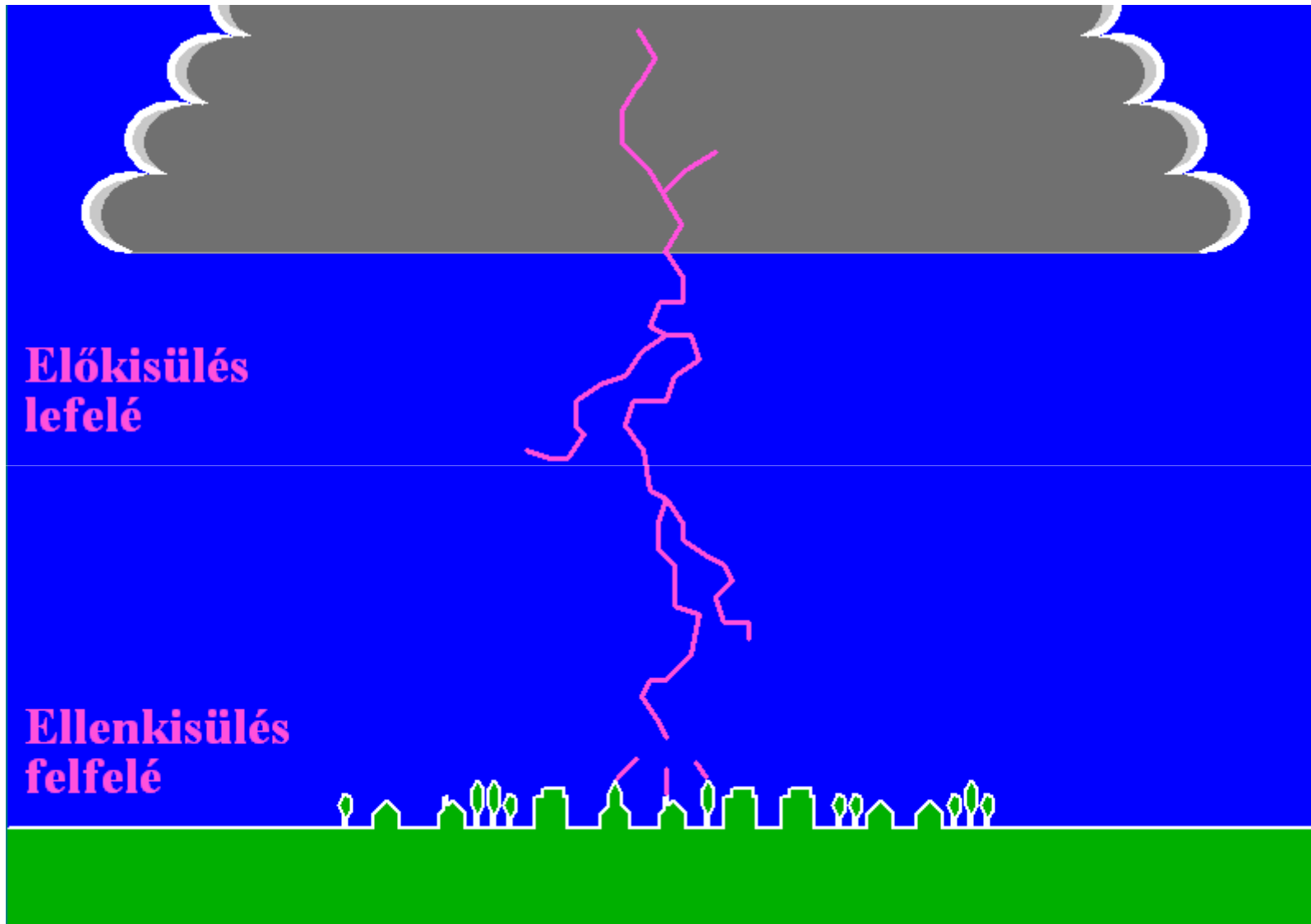


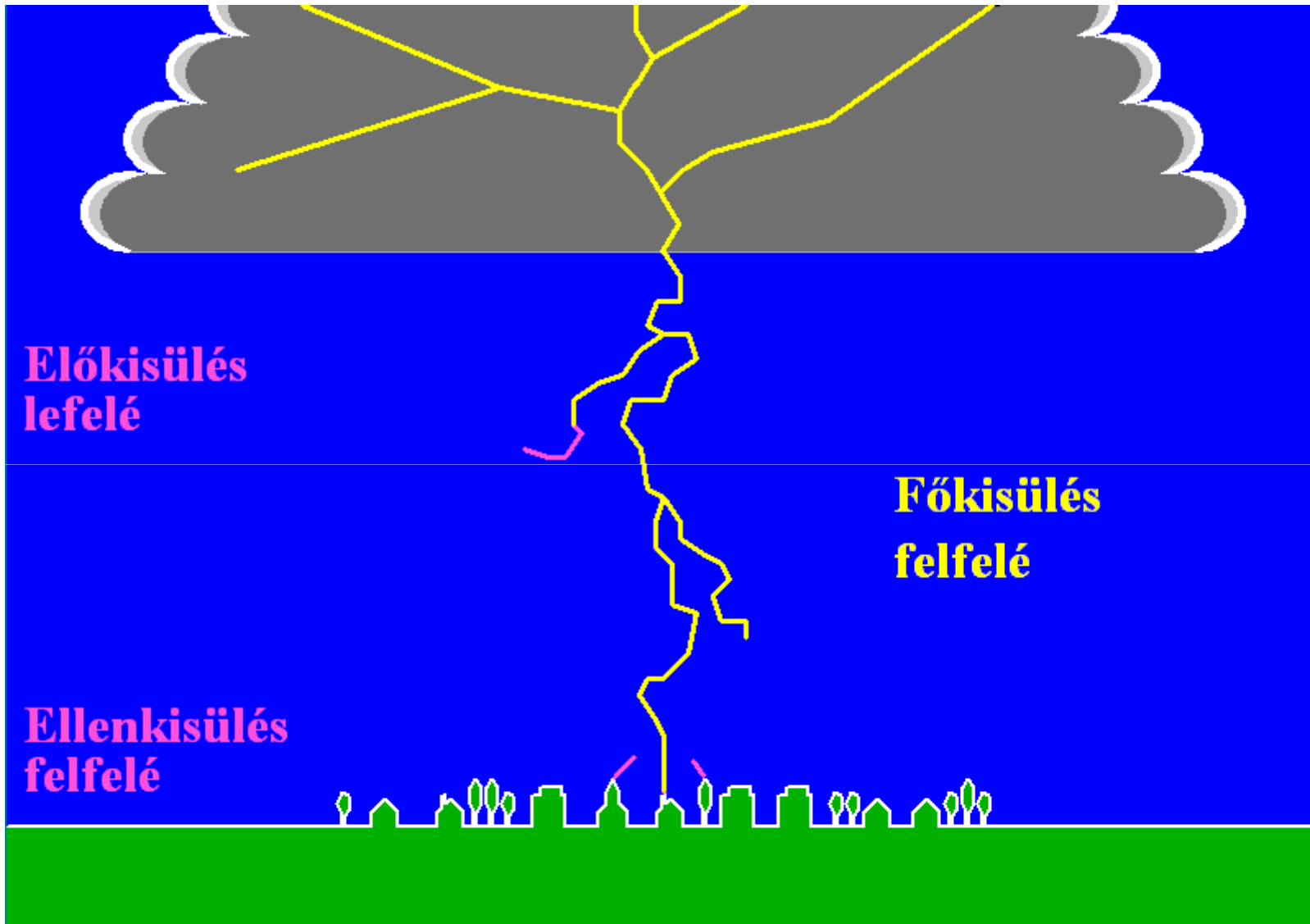
Egy jól ismert kisülés: a villám





**Előkisülés
lefelé**

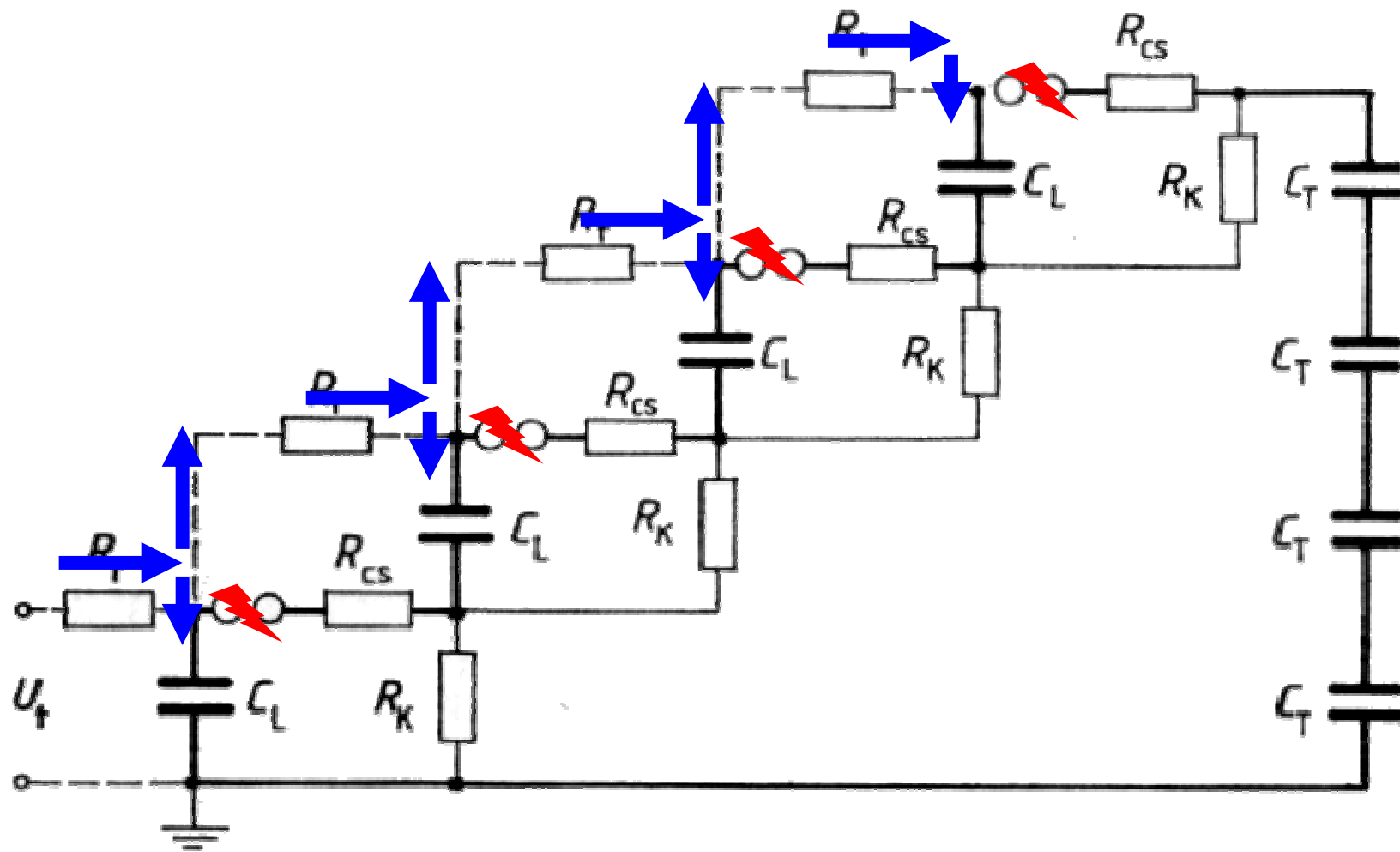


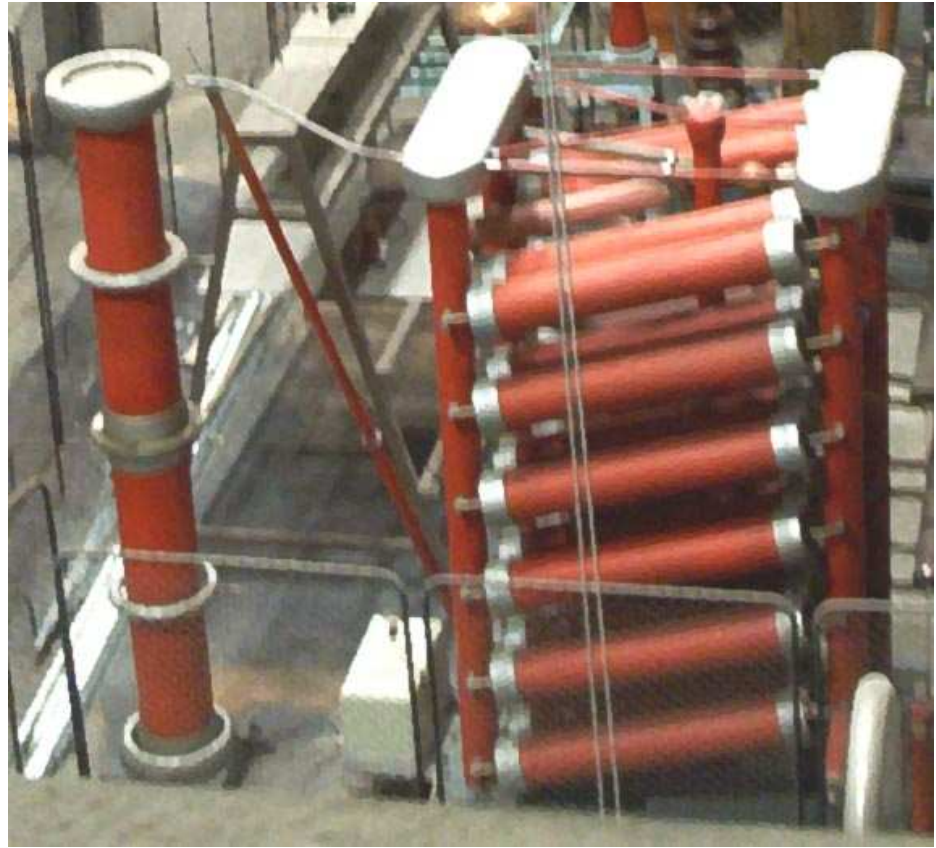
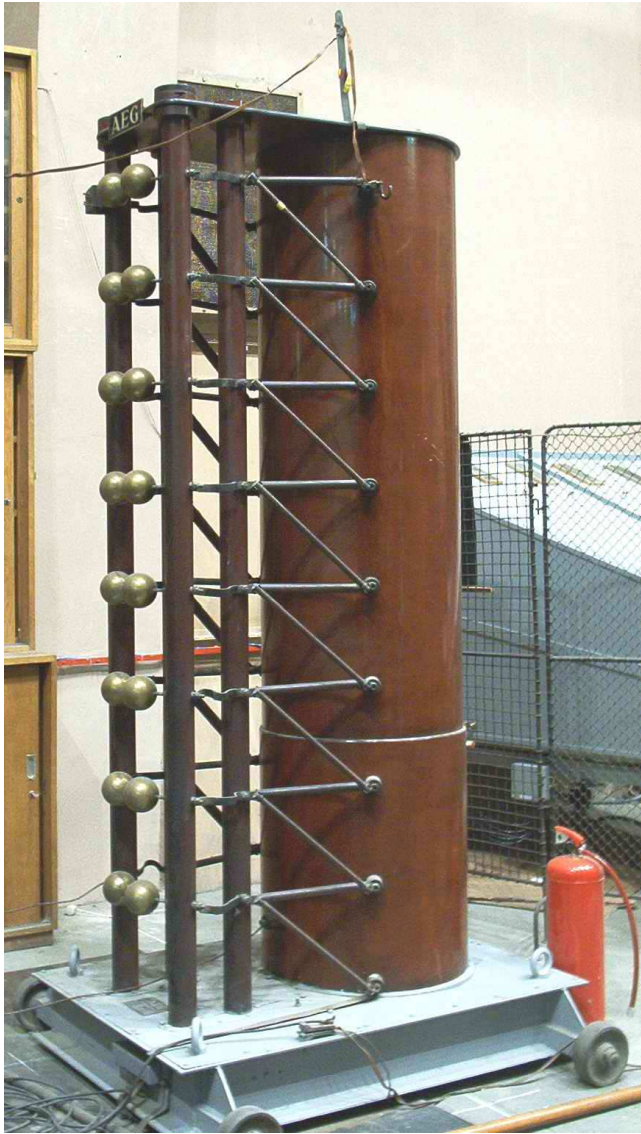


Villám a laboratóriumban









Ellenőrző kérdések

- Milyen csatolási módokkal keletkezhet túlfeszültség villámcsapás következtében?
- Milyen paraméterektől függ a kialakuló túlfeszültség nagysága?
- Hogyan működik a 3 lépcsős túlfeszültségvédelem?
- Hogyan csökkenthető kisfrekvenciás mágneses ill. villamos erőter intenzitása?

Ellenőrző kérdések

- Hogyan védekezhetünk az elektrosztatikus kisülés kialakulása ill. hatásai ellen?
- Milyen egyszerű áramkörrel modellezhető adott személy vagy objektum feltöltődése?
- Milyen veszélyhelyzet alakulhat ki elektrosztatikus kisülés miatt?
- Mi a különbség az átívelés, az átütés és a részletörések között?
- Milyen részkisülés fajták léteznek?

Ellenőrző kérdések

- Hogyan alakul ki a koronakisülés, a pamatos kisülés, a csatornakisülés és a villamos ív?
- Milyen gyakorlati alkalmazásai vannak a koronakisülésnek?
- Milyen elektrosztatikus kisülések léteznek, hogyan jellemezhetők, hogyan alakulnak ki?
- Hogyan modellezhető a villámcsapás laboratóriumi körülmények között?