FIZIKA

Ma igazán feltöltődhettek!
(Elektrosztatika)

Dr. Seres István

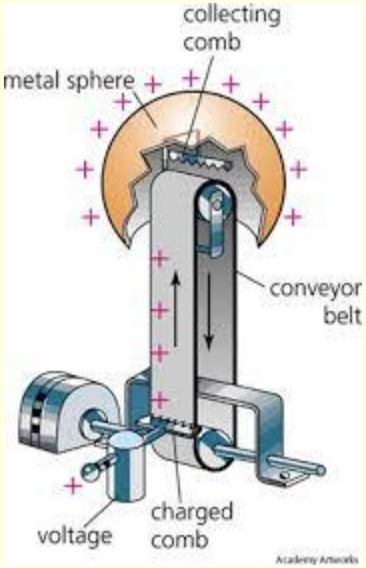
FIZIKA

- Pontszerű töltések elektromos tere
- Folytonos töltéseloszlások tere
- Elektromos tér munkája
- Feszültség, potenciál
- Kondenzátorok

Elektrosztatika, elektromos alapjelenségek

Dörzselektromosság

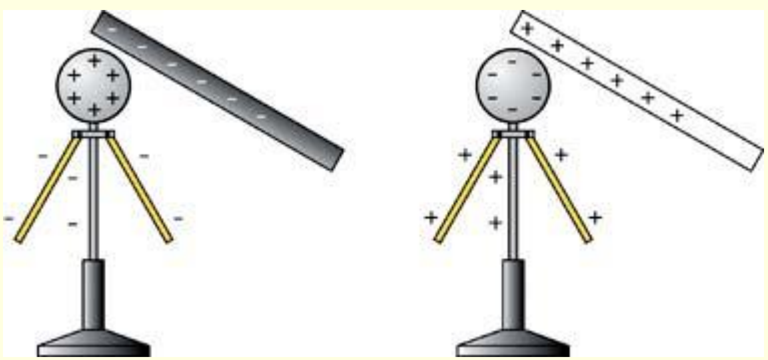
- Ruha, szék feltöltődik
- Van de Graf generátor



Elektrosztatika, elektromos alapjelenségek

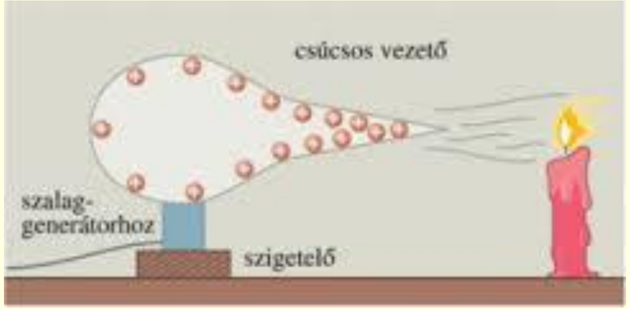
Töltésmegosztás

Elektroszkóp



Elektrosztatika, elektromos alapjelenségek

Csúcshatás

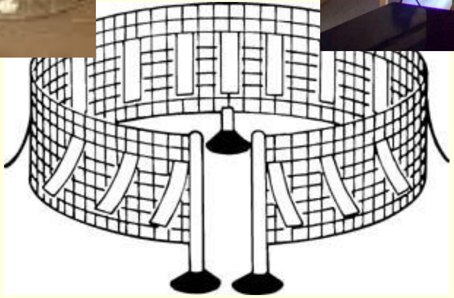


FIZIKA

Elektrosztatika, elektromos alapjelenségek

Töltésmegosztás

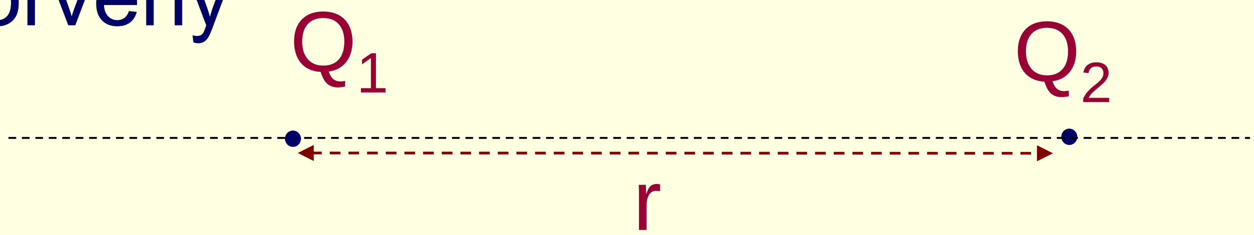
Elektromos tér fémekben, Faraday kalitka



FIZIKA

Elektrosztatika

Coulomb törvény



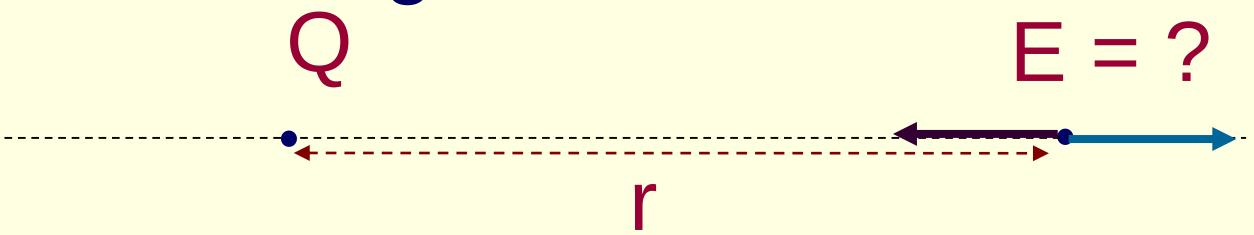
Erő nagysága: $$F = k\frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Erő iránya: - vonzó, ha ellentétes előjelűek
- taszító, ha azonos előjelűek

FIZIKA

Elektrosztatika

Elektromos térerősség



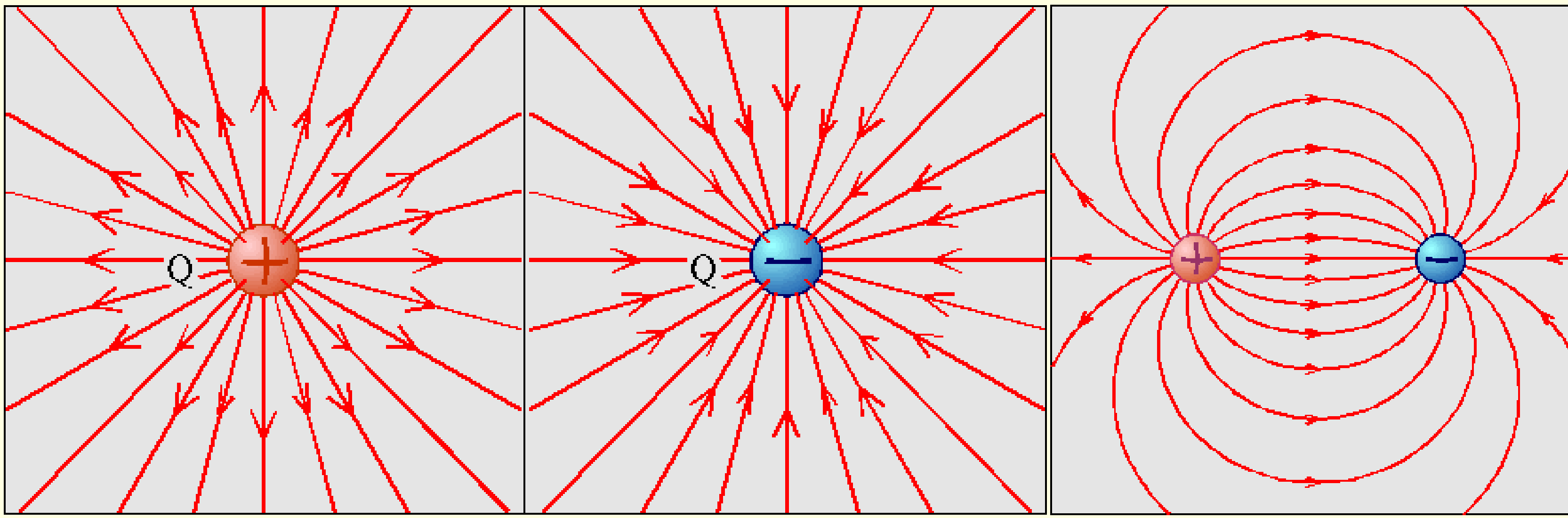
Ponttöltés esetén: $$E = k\frac{Q}{r^2}$$

Térerősség iránya:

- sugár irányba kifele, ha Q pozitív
- sugár irányba befele, ha Q negatív

Elektrosztatika

Erővonalak



http://vili.pmmf.hu/jegyzet/elektrom/emt_1_8.htm

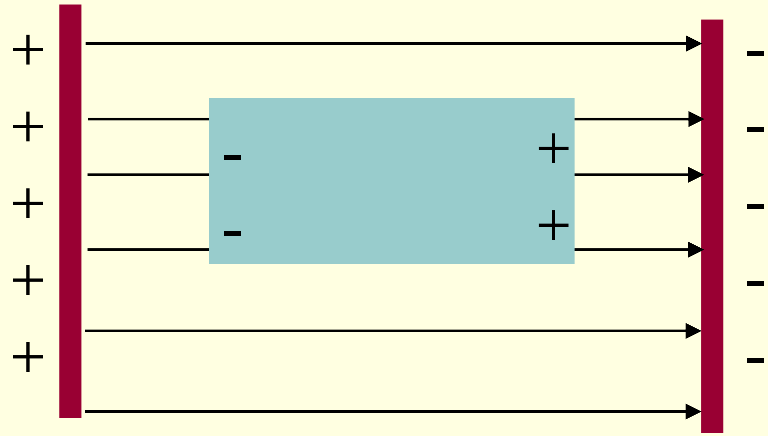
Erővonalak érintője: térerősség iránya

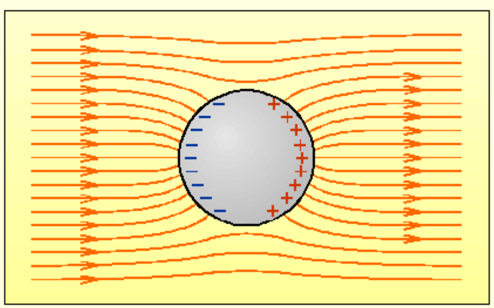
Erővonalak „sűrűsége” ~ térerősség nagysága

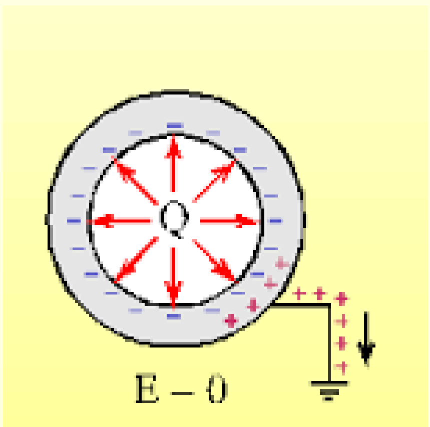
Elektrosztatika

Elektromos tér fémekben

Faraday kalitka



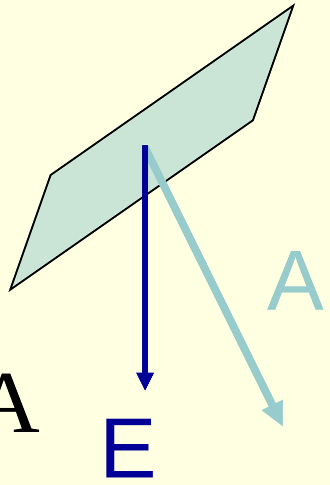




Elektrosztatika

Elektromos fluxus

homogén térben:



$$\Psi = \vec{E} \cdot \vec{A} = E \cdot A \cdot \cos\varphi = E_{mer} \cdot A$$

inhomogén térben

$$\Psi = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int E \cdot \cos\varphi \cdot dA = \int E_{mer} \cdot dA$$

FIZIKA

Elektrosztatika

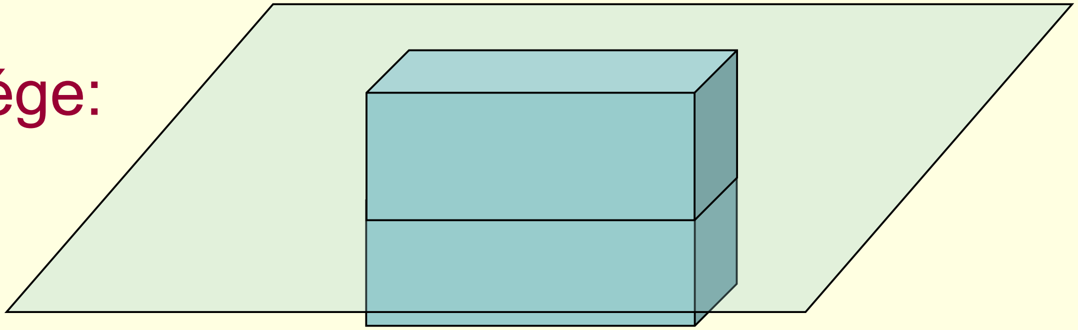
Gauss törvény: Egy zárt felületre az elektromos fluxus a felület által bezárt töltés értékével arányos.

$$\Psi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E_{mer} \cdot dA = \frac{\Sigma Q}{\varepsilon_0}$$

Elektrosztatika

Gauss törvény: feltöltött fémlemez elektromos tere
Egy zárt felületre alkalmazzuk: téglatest felszíne

A lemez töltés sűrűsége:
η C/m^2



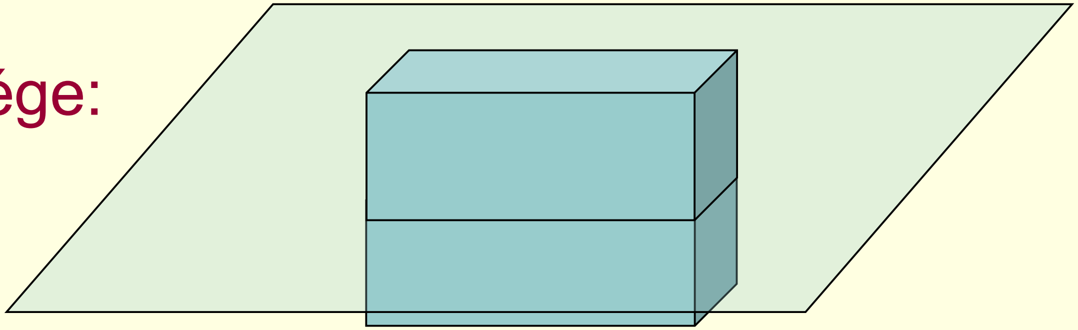
$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \int_{\text{alap}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{\text{fedő}} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{\text{oldal}} \vec{E}\cdot d\vec{A}$$

Az oldallapon: E és A merőleges,
Az alap és fedőlapon: E és A egyirányú

Elektrosztatika

Gauss törvény: feltöltött fémlemez elektromos tere
Egy zárt felületre alkalmazzuk: téglatest felszíne

A lemez töltés sűrűsége:
η C/m^2



$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \int_{alap} E\cdot dA + \int_{fedő} E\cdot dA + 0 = E\int_{alap} 1dA + E\int_{fedő} 1dA = 2EA$$

A bezárt töltés: Q= $\eta\cdot$A

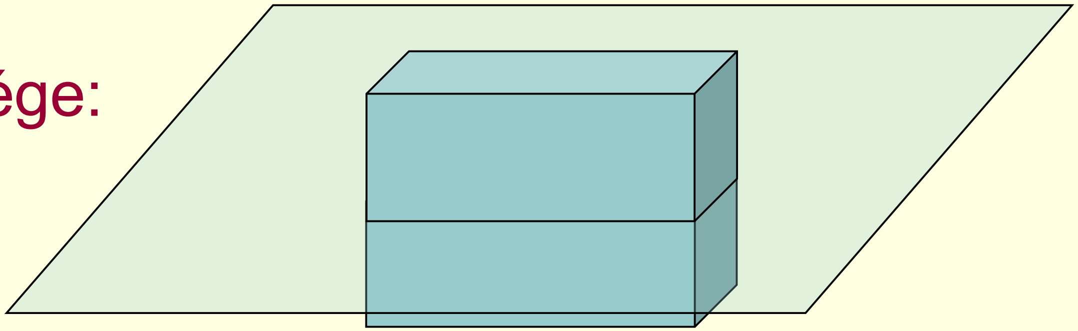
FIZIKA

FIZIKA

Elektrosztatika

Gauss törvény: feltöltött fémlemez elektromos tere
Egy zárt felületre alkalmazzuk: téglatest felszíne

A lemez töltés sűrűsége:
η C/m^2

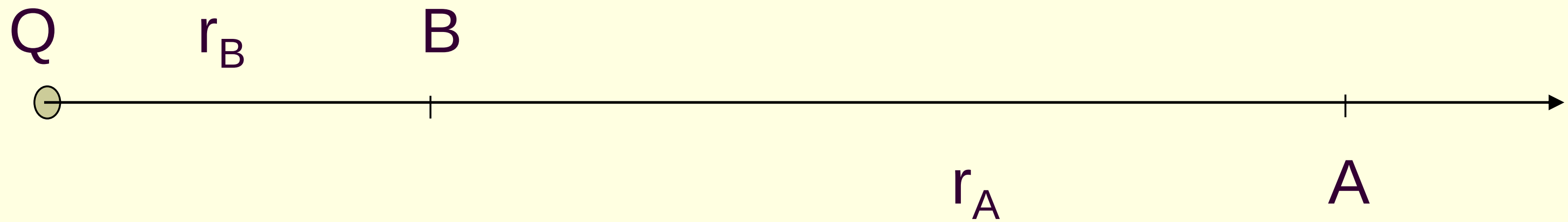


$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 2EA$$

A bezárt töltés: Q= $\eta \cdot$A

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{\Sigma Q}{\varepsilon_0} = \frac{\eta A}{\varepsilon_0} = 2EA \Rightarrow E = \frac{\eta}{2\varepsilon_0} = \frac{\frac{Q}{A}}{2\varepsilon_0}$$

Elektrosztatika: Elektromos potenciál, potenciális energia, Töltések mozgása egymás elektromos terében

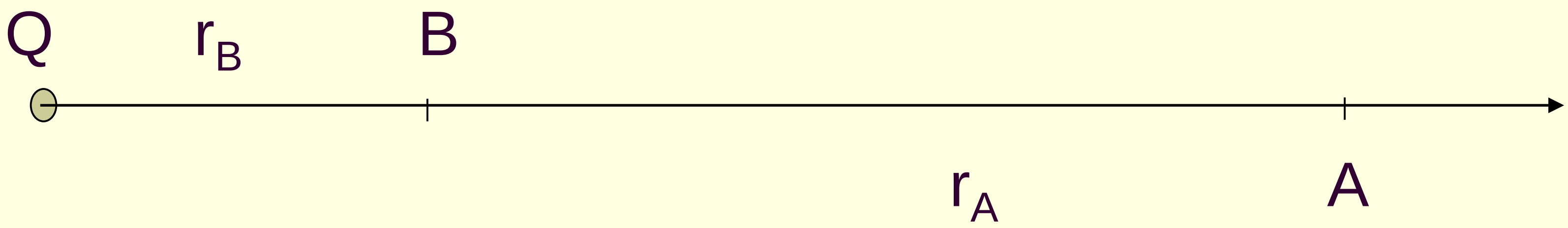


Mennyi munkát kell végeznünk, míg egy q töltést az A pontból B pontba viszünk?

$$W_{AB} = \int \vec{F} d\vec{s} = \int k \frac{Qq}{s^2} \cos(180^\circ) ds$$

$$W_{AB} = -kQq \int_{r_A}^{r_B} \frac{1}{s^2} ds = -kQq \int_{r_A}^{r_B} s^{-2} ds$$

Elektrosztatika: Elektromos potenciál, potenciális energia, Töltések mozgása egymás elektromos terében



Mennyi munkát kell végeznünk, míg egy q töltést az A pontból B pontba viszünk?

$$W_{AB} = -kQq\int_{r_A}^{r_B} \frac{1}{s^2}\,ds = -kQq\int_{r_A}^{r_B} s^{-2}\,ds$$

$$W_{AB} = -kQq\int_{r_A}^{r_B} s^{-2}\,ds = kQq\left[\frac{1}{s}\right]_{r_A}^{r_B} = \frac{kQq}{r_B} - \frac{kQq}{r_A}$$

Elektrosztatika: Elektromos potenciál, potenciális energia, Töltések mozgása egymás elektromos terében

$$E_{pot} = \frac{kQq}{r}$$

$$W = E_{pot,B} - E_{pot,A}$$

Feszültség: Az egységnyi pozitív töltésen végzett munka

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

Elektrosztatika: Elektromos potenciál, potenciális energia, Töltések mozgása egymás elektromos terében

Feszültség: Az egységnyi pozitív töltésen végzett munka $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$

Ponttöltés környezetében két pont közötti feszültség:

$$U_{AB} = \frac{\frac{kQq}{r_B} - \frac{kQq}{r_A}}{q} = \frac{kQ}{r_B} - \frac{kQ}{r_A}$$

Elektrosztatika: Elektromos potenciál, potenciális energia, Töltések mozgása egymás elektromos terében

Potenciál: kiválasztott 0 ponthoz (∞ távoli hely) viszonyított feszültség.

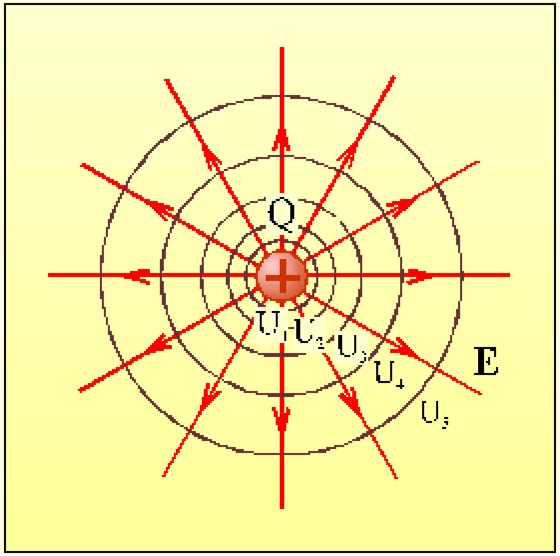
$$U_A = U_{\infty A} = \frac{kQ}{\infty} - \frac{kQ}{r_A} = \frac{kQ}{r_A}$$

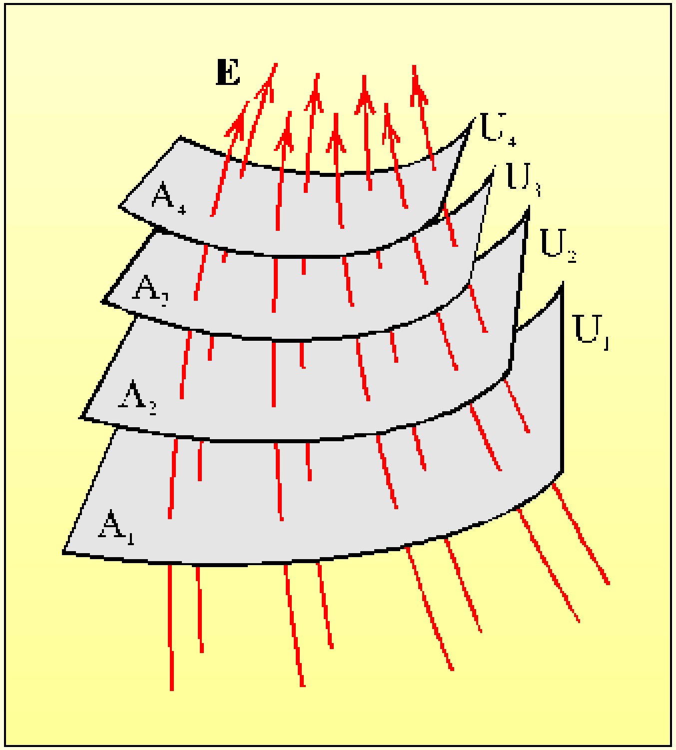
(Megjegyzés: feszültség = potenciálkülönbség)

Elektrosztatika: Elektromos potenciál, potenciális energia,

ekvipotenciális felület: azonos potenciálú pontok

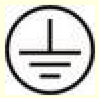
pontjai között nincs feszültség (pl. fém - rövidzár)

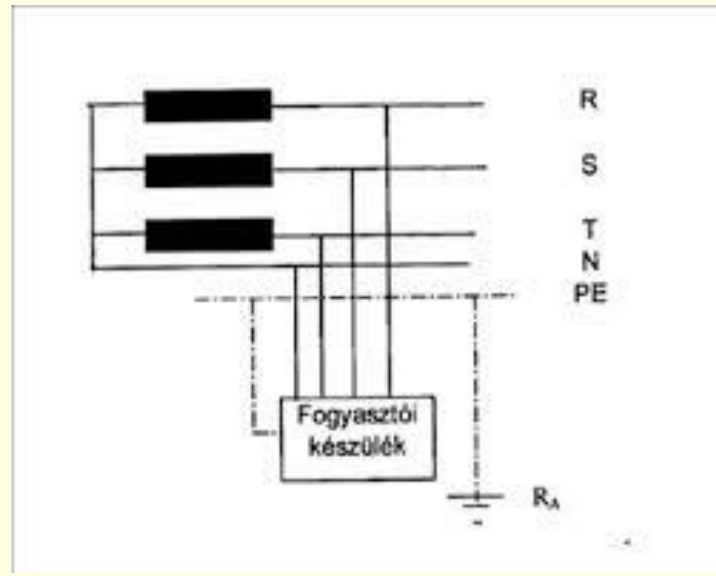




Elektrosztatika: Elektromos potenciál, potenciális energia,

Földelés





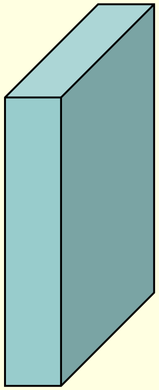
FIZIKA

Kondenzátorok

- Kapacitás $$C = \frac{Q}{U}$$

Kapacitás meghatározása síkkondenzátorra:

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



$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Vs/Am,

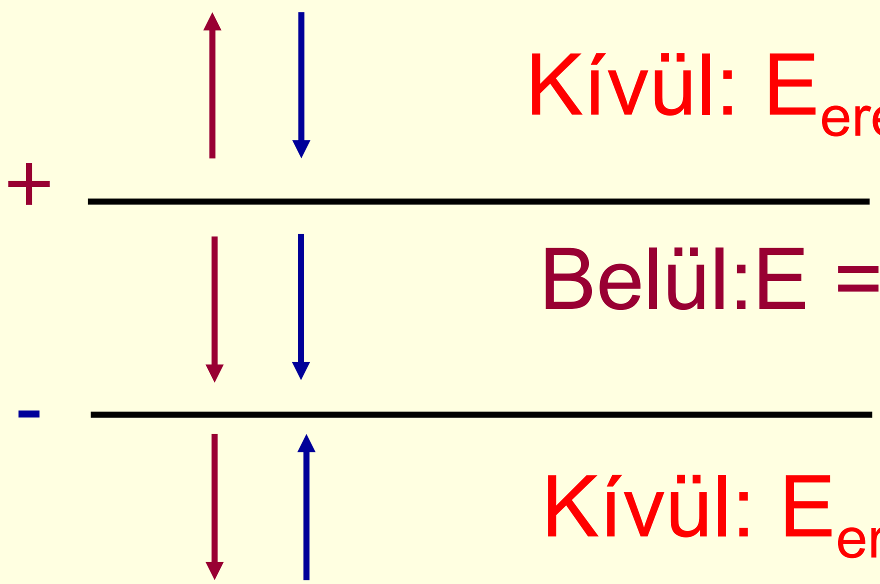
ε_r a szigetelőanyag relatív dielektromos állandója

Kondenzátorok

Kapacitás meghatározása síkkondenzátorra:

Homogén elektromos tér:

Síkkondenzátor elektromos tere:



Kívül: $E_{eredő} = 0$

Belül: $E = 2\,E_1 \Rightarrow E = \dfrac{Q}{\varepsilon_0 A}$

Kívül: $E_{eredő} = 0$

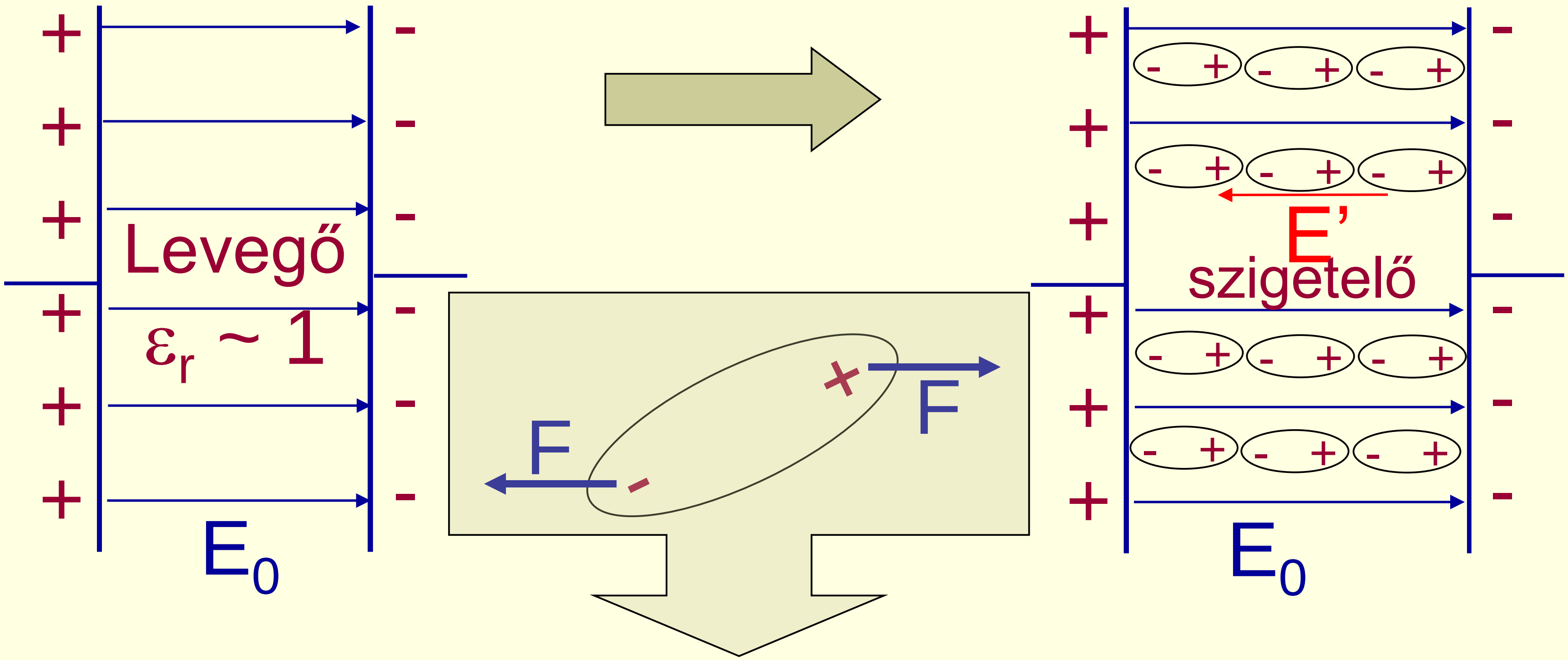
FIZIKA

Kondenzátorok

Kapacitás meghatározása síkkondenzátorra:
Homogén elektromos tér:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{E \cdot d} = \frac{Q}{\dfrac{Q}{\varepsilon_0 A} \cdot d} = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

Dielektrikum (szigetelő)



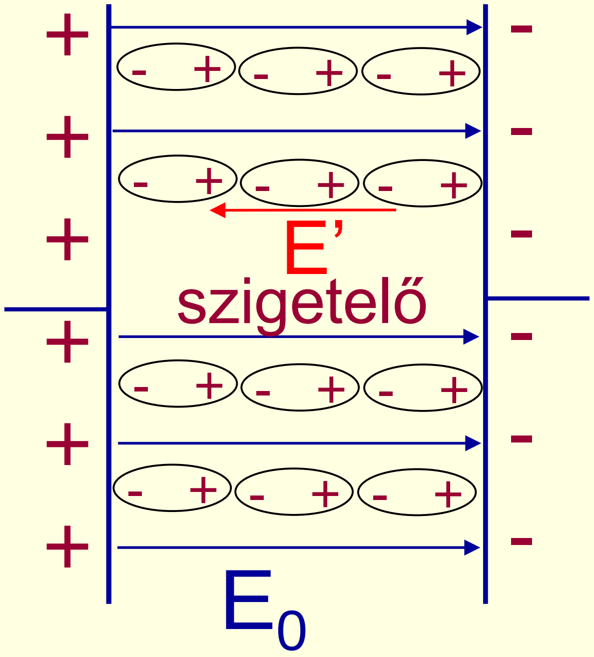
A dipólmolekulákat az elektromos tér beforgatja.

FIZIKA

Dielektrikum (szigetelő)

$$E = E_0 - E'$$

$$E = \frac{E_0}{\varepsilon_r}$$



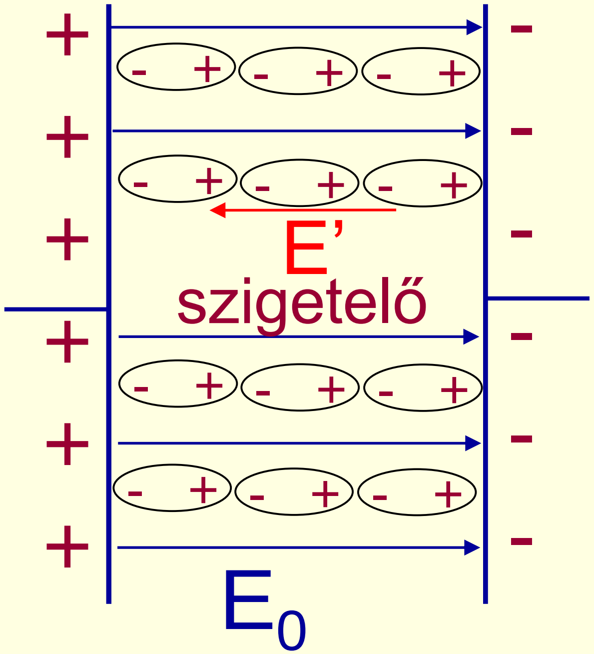
A dielektrikum csökkenti a térerősséget, és emiatt a feszültséget.

$$U = Ed = \frac{E_0}{\varepsilon_r} d = \frac{E_0 d}{\varepsilon_r} = \frac{U_0}{\varepsilon_r}$$

Dielektrikum (szigetelő)

A feszültség ε_r-ed részére csökken:

$$U = \frac{U_0}{\varepsilon_r}$$



Azaz a kapacitás megnő:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{\frac{U_0}{\varepsilon_r}} = \varepsilon_r \frac{Q}{U_0} = \varepsilon_r U_0$$

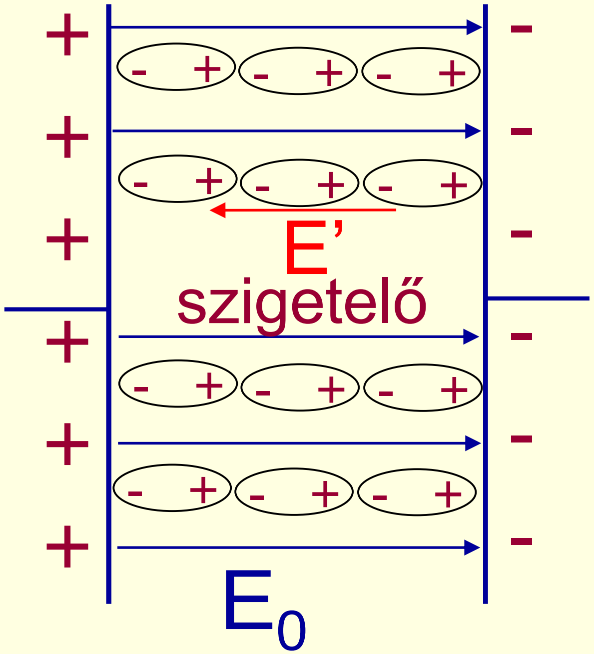
$$\Rightarrow \quad C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

FIZIKA

Dielektrikum (szigetelő)

A feszültség ε_r-ed részére csökken:

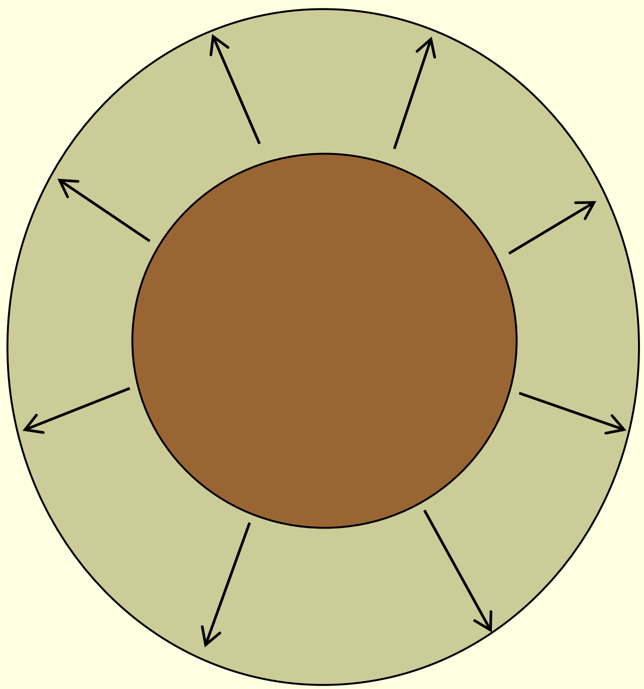
$$U = \frac{U_0}{\varepsilon_r}$$

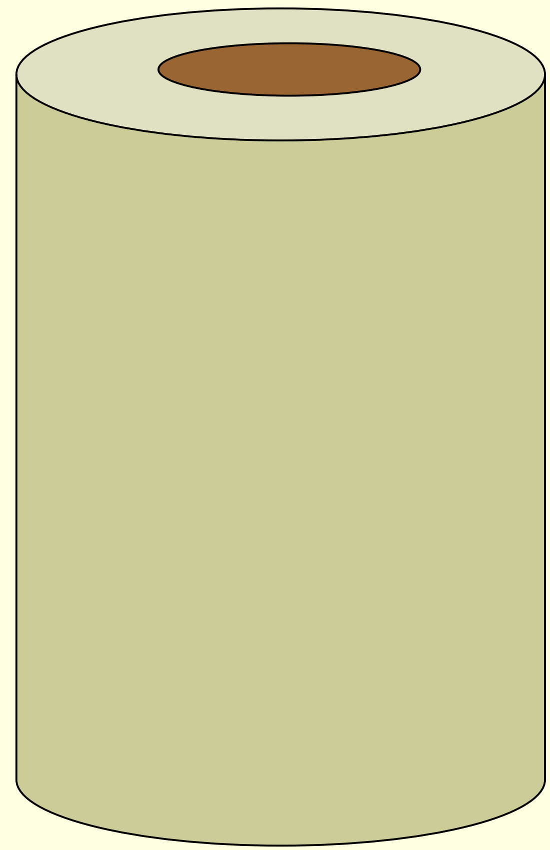


Azaz a kapacitás megnő:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{\frac{U_0}{\varepsilon_r}} = \varepsilon_r \frac{Q}{U_0} = \varepsilon_r U_0 \Rightarrow C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

Hengerkondenzátor





FIZIKA

Hengerkondenzátor

- Gauss tétellel meghatározzuk az elektromos térerősséget

$$E(x) = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{x}$$

- A feszültség a térerősség elmozdulás szerinti integrálja

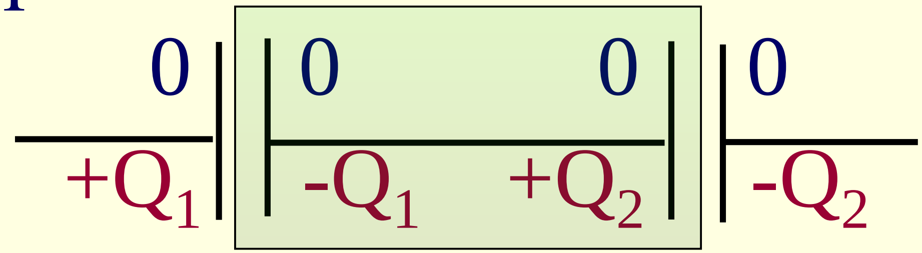
$$U = \int E(x) dx = \int_r^R \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{x} dx = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \varepsilon_0} \cdot ln \frac{R}{r}$$

- Így a kapacitás

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

Kondenzátorok soros kapcsolása

Bekapcsolás előtti töltés:



Bekapcsolás utáni töltés

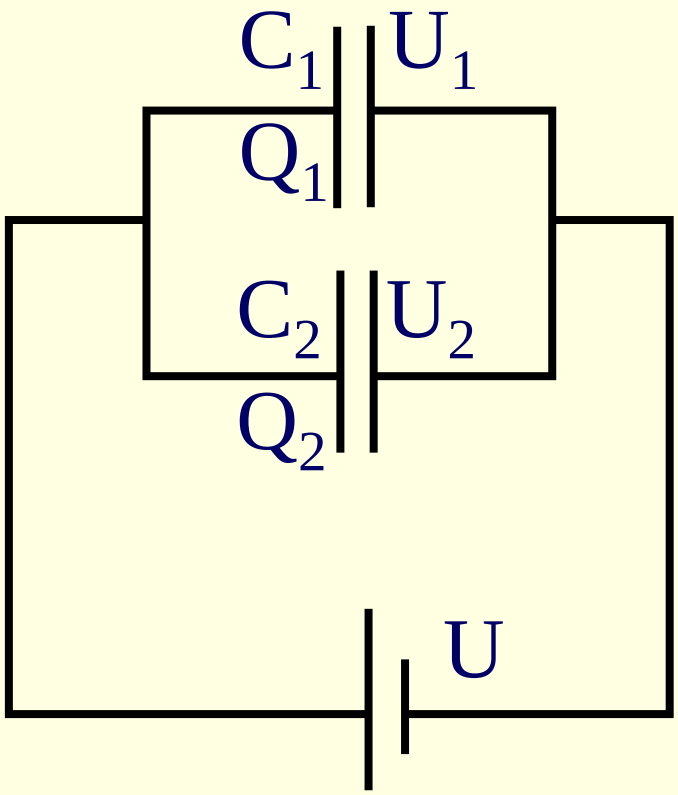
Töltésmegmaradás törvénye:

$$0 = -Q_1 + Q_2$$

$$\Downarrow$$

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

Kondenzátorok párhuzamos kapcsolása



$$(1)\ U_1 = U_2 = U$$

$$(2)\ Q_1 + Q_2 = Q_e$$

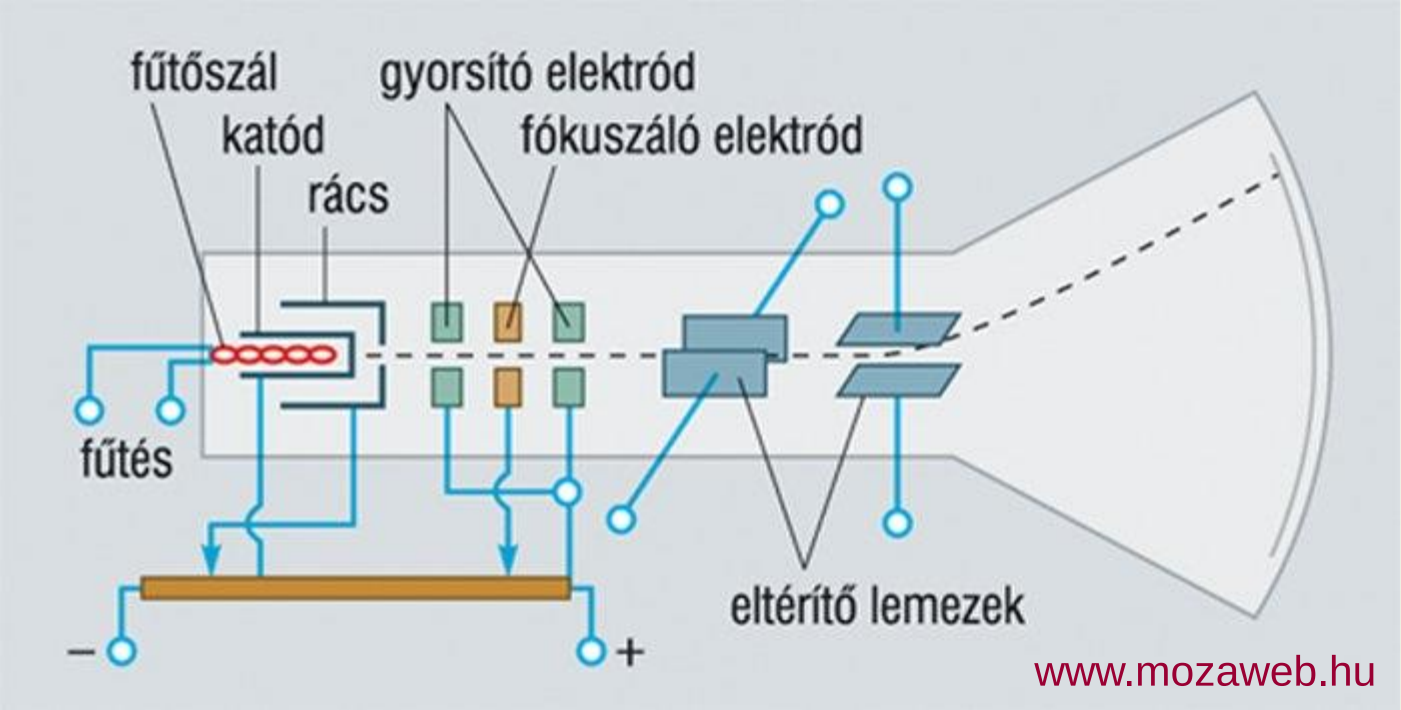
$$(1)\ C_1 \cdot U + C_2 \cdot U = C_e \cdot U \quad /:U$$

$$(3)\ C_e = C_1 + C_2$$

FIZIKA

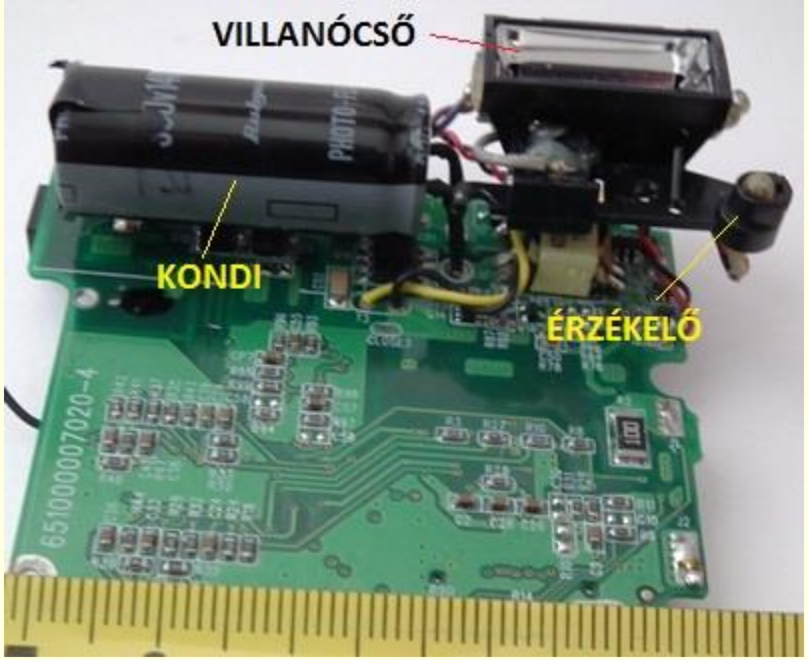
Kondenzátor a gyakorlatban

Katódsugárcső



Kondenzátor a gyakorlatban

Vaku – a villanáshoz nagy áram, egyszerre sok töltés kell, ezt az elem nem bírja leadni: ideiglenesen kondenzátorban tárolják



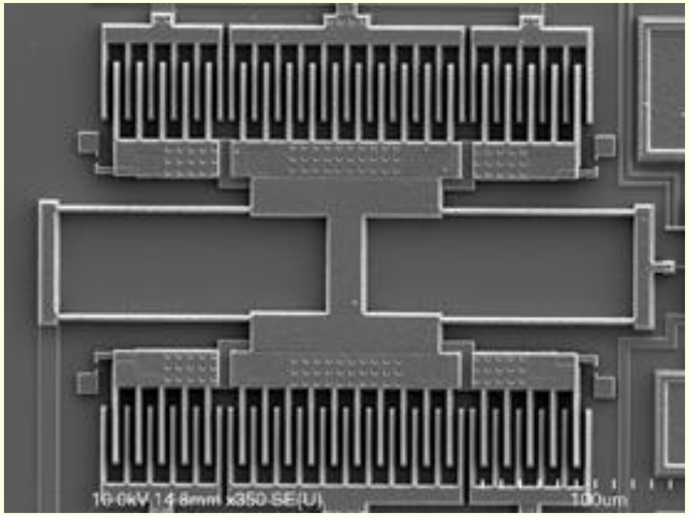
http://www.vilaglex.hu/Kemia/Html/FotKemAl_.htm

FIZIKA

Kondenzátor a gyakorlatban

MEMS – Micro ElectroMechanical Sytems

Gyorsulásmérő
(g szenzor)



Giroszkóp