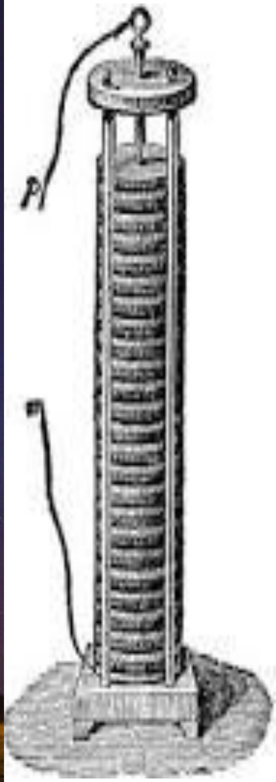
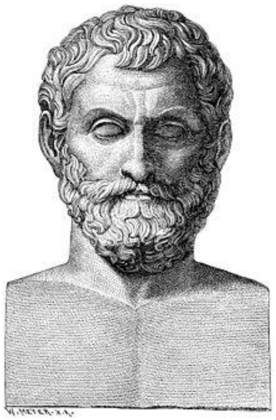
Elektromosságtan



Schay G.

Elektrosztatika: nyugvó töltések

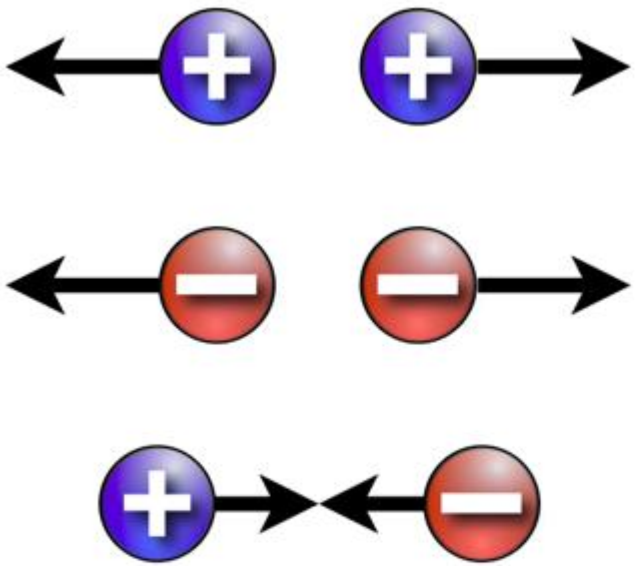


Thales (624BC-546BC)

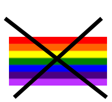
Borostyánhoz hozzá
ragadhatnak kicsi tárgyak
(pl tollpihe)

“elektron” a borostyán régi görög neve ☺

Triboelektromos effektus:
Dörzselektromosság
Mechanikai hatásra szétváló töltések



Az elektroszkóp az azonos töltések közötti taszítás elvén működik

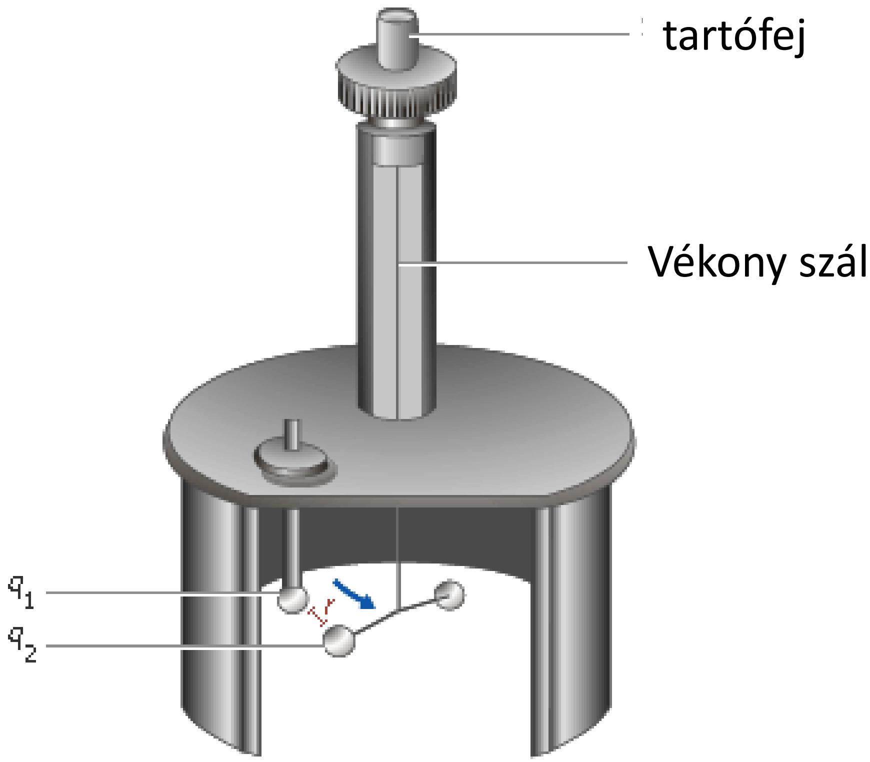


Csak az ellenkező töltések vonzzák egymást a természetben, semleges töltés peding nincs is...

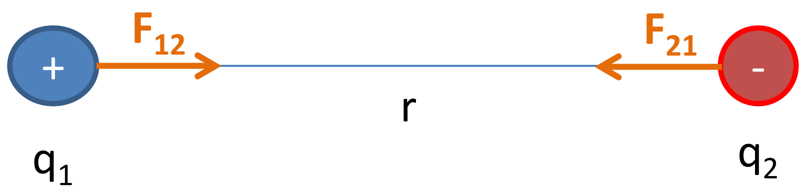
Triboelektromos sor:
Legjobban pozitív
+
Polyurethane foam
Hair, oily skin
Nylon, dry skin
Glass
Acrylic, Lucite
Leather
Rabbit's fur
Quartz
Mica
Lead
Cat's fur --- macskaszőr
Silk
Aluminium
Paper (Small positive charge)
Cotton
Wool (No charge)
0
Steel (No charge)
Wood (Small negative charge)
Amber --- borostyán
Sealing wax
Polystyrene
Rubber balloon
Resins
Hard rubber
Nickel, Copper
Sulfur
Brass, Silver
Gold, Platinum
Acetate, Rayon
Synthetic rubber
Polyester
Styrene and polystyrene
Orlon
Plastic wrap
Polyethylene (like Scotch tape)
Polypropylene
Vinyl (PVC)
Silicon
Teflon (PTFE)
Silicone rubber
Ebonite
–
Legjobban negatív

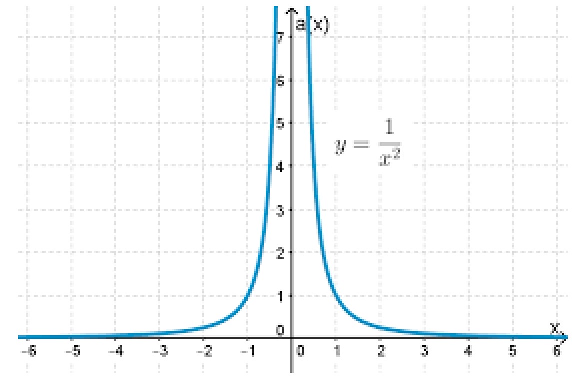
Első kvantitatív mérések:

Coulomb-erő



Charles A. de Coulomb
1736-1806





Nagyság: $F_{12}=F_{21}$

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Gravitációhoz hasonlóan
1/négyzetes összefüggés

Létezik minimális töltés $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\mathrm{C}$

Mincs töltés magában, csak anyaghoz kötötten

Ma inkább így adjuk meg a Coulomb-állandót:
(elektromos permittivitással vagy mágneses permeabilitással)

$$k_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{c_0^2\mu_0}{4\pi} = c_0^2 \times 10^{-7}\ \mathrm{H\cdot m^{-1}}$$
$$= 8.987\,551\,787\,368\,176\,4 \times 10^9\ \mathrm{N\cdot m^2\cdot C^{-2}}$$

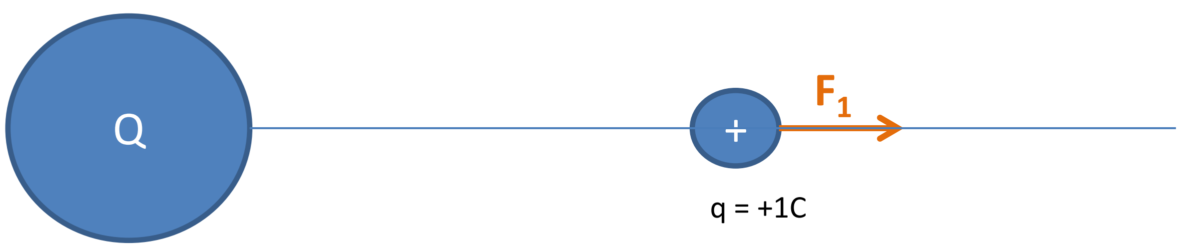
Mi közvetíti az erőt?

elektromos **ERŐTÉR**

Erőtér: olyan vektor-mező, ami a tér minden pontjában jelen van, de függhet a helytől. A vektor miden pontban arányos az ott esetlegesen jelen lévő testre ható erővel.

Definiáljuk az **elektromos teret** mint egy +1C el.töltésű próbatestre ható erőt.

E

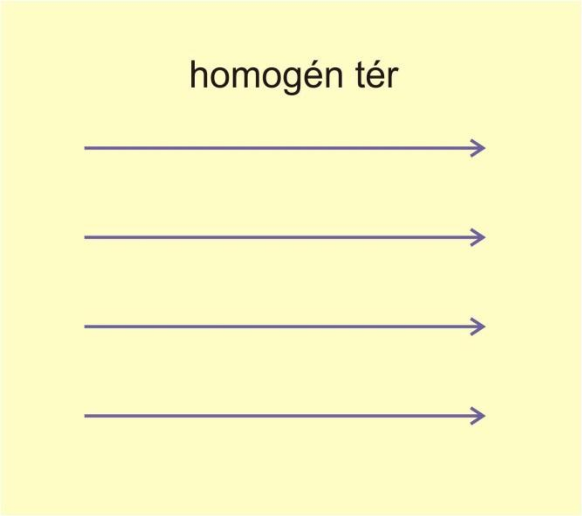


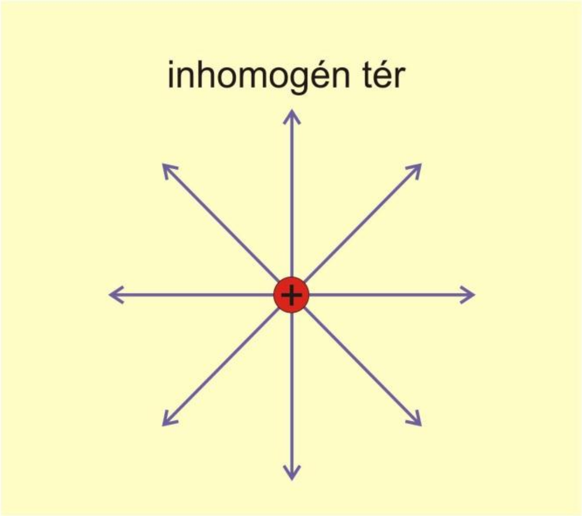
Ezzel $F=q*E$

és $E=k*Q/r^2$

mértékegység: $[F]/[q] = N/C$

Egy erőtérben megrajzolhatjuk az **ERŐVONALAKAT** melyek mindíg párhuzamosak az erő irányával.





szabályok:
1: az erő minden pontban párhuzamos az adott erővonal érintőjével.
2: az erő nagysága az erővonalak sűrűségével (pl. vonal/cm^2) egyenesen arányos.

Munka elektromos térben:

W=F*s, így ha az erővonalakkal párhuzamosan mozgunk akkor munkavégzés lesz.
de F=q*E
azaz
W=q*E*s

Itt a célszerű bevezetni az **ELEKTROMOS POTENCIÁLt**: W=q*$\Delta\phi$
(pont mint a gravitációban a helyzeti energiát E_{pot}=mgh)

tehát ϕ =E*s, DE kell egy 0-pont.
Legyen ϕ =0 HA végtelen távolságban vagyunk (azaz E=0 is igaz)

Most azt mondhatjuk, hogy **az elektromos potenciál ϕ megadja hogy mennyi munkát kell végezni ha +1C töltést a végtelen távolból az adott pontba mozgatunk.**

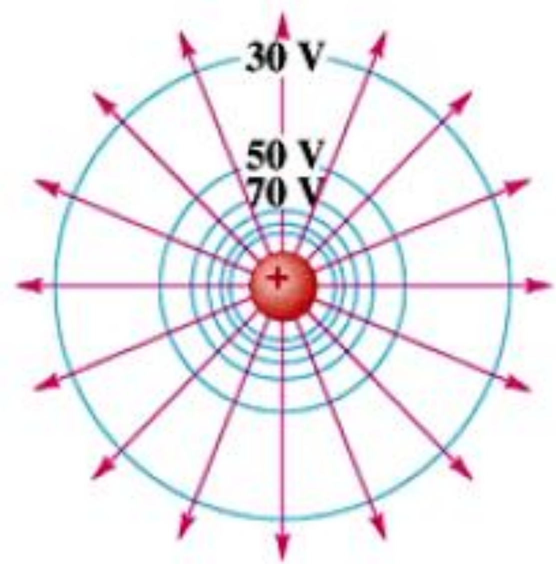
Mivel E is konzervatív erőtér (zárt hurok mentén a munka 0), így ez a pontenciál is csak a helytől függ, és az úttól nem, pont úgy mint a gravitációs térben a helyzeti energia.

U= $\Delta\phi$, ELEKTROMOS FESZÜLTSÉG, mért. egys.: [W]/[q] = J/C = Volt [V].

Tehát **W=q*U**

Vannak tehát erővonalak és ekvipotenciál-vonalak

Vegyük észre hogy a kettő mindíg merőleges!
($\Delta\phi$ = 0 ha F*Δs=0 -> cosα = 0, azaz α=90 fok.)

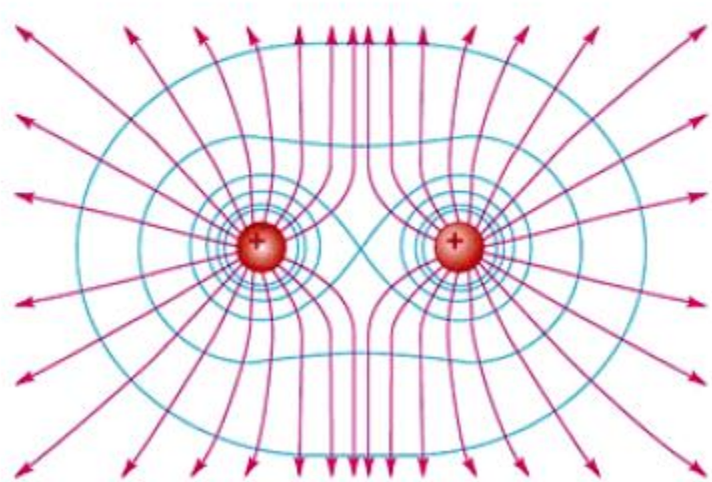


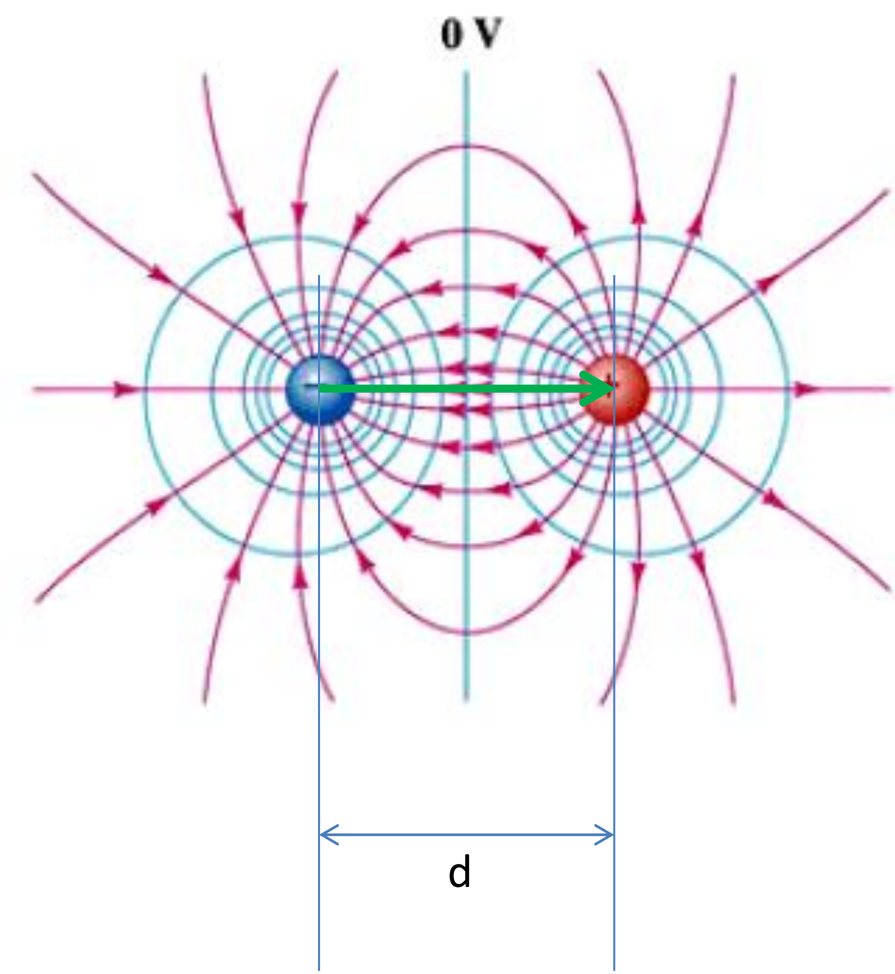
MONOPÓLUS : 1db töltés

Csinálhatunk többféle geometriai konstrukciót…

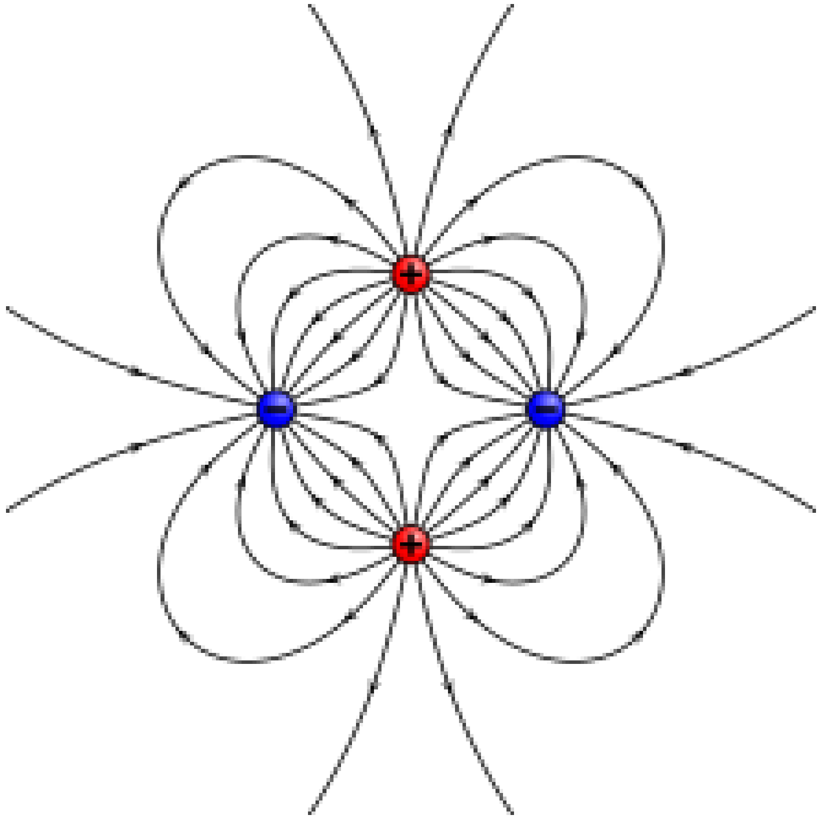
DIPÓLUS

Dipólus momentum: **p**=q***d**
(ráadásul ez **vektor** is,
ha d-t vektorként adjuk meg)





Quadrupól…



Mindenféle töltéseloszlás tere megadható, ha sokféle ...-pólust összeadunk. Ez a multipólus sorfejtés (ld.EKG jegyzet, gyakran megelégszünk a mono+dipólus-al)

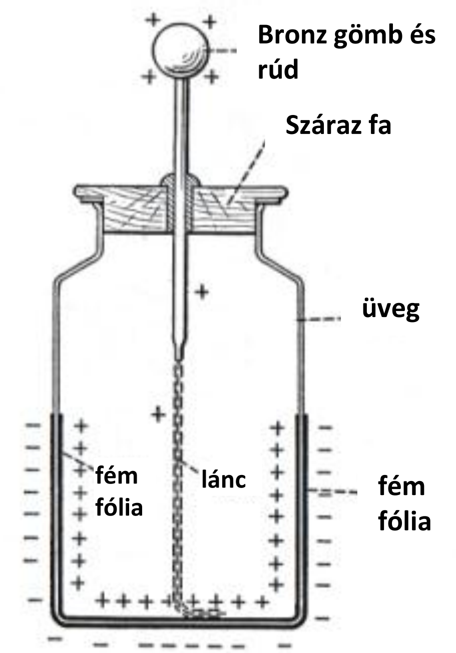
Töltések tárolása: kondenzátor

A töltések tárolásához munkát kell végezni (mivel azonos töltések taszítják egymást…)

A **KAPACITÁS** annak mérőszáma, hogy mennyi töltést lehet tárolni adott munka (feszültség) mellett:

C=Q/U

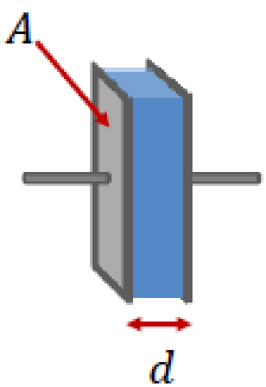
egység: C/V = F (Farad)



Leydeni palack

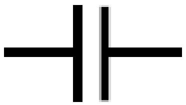
Legegyszerűbb eset:
Sík-kondenzátor (azaz sík lemezekből álló kondenzátor)

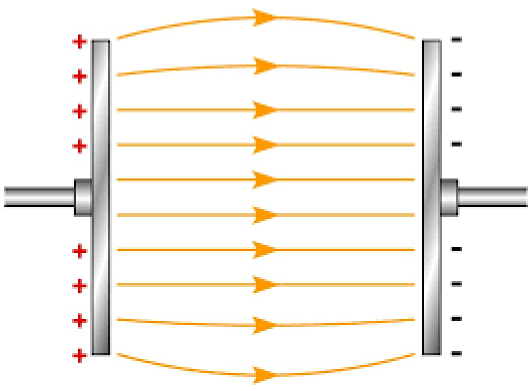
itt E állandó, homogén tér van.
azaz U=E*d
De $E=\sigma/\varepsilon_0$, ahol σ a felületi töltéssűrűség ($\sigma=Q/A$)
és ε_0 a vákuum permittivitása. (ezzel lesz rendben a mértékegység)



Ezzel tehát $C=Q/U = Q/(Q/A * 1/ \varepsilon_0 *d) = 1/ \varepsilon_0 *A/d$

Ha van valamilyen anyag a két lemez között, akkor ez módosít:
$C= 1/ \varepsilon_0 \varepsilon_r *A/d$
ahol ε_r az adott anyag permittivitása.
(a szokásos trükk: bevezetünk egy szorzót, es kész ☺)





Kitérő: elektromos tér anyagokban

Az „eredeti” elektromos tér az anyagban töltéseket választ szét (Coulomb erő), emiatt dipólusok keletkeznek, amiknek a tere az eredetihez hozzáadandó

$D = P + \varepsilon_0 * E$
itt D az elektromos eltolás vektor, és P a polarizáció.
Többnyire $P \sim E$ ($P=\varepsilon_0 * \chi * E$), azaz
$D = \varepsilon_r * \varepsilon_0 * E$

Ha csak vákuum van, akkor persze $D = \varepsilon_0 * E$.
(tehát a kondenzátort D-vel is felírhatnánk, egyszerűbben is nézne ki...)

Permittivitás: mennyi töltés kell adott fluxus létrehozásához.
(az elektromos fluxus az erővonalak sűrűségét adja meg, merőleges felületre vonatkoztatva)

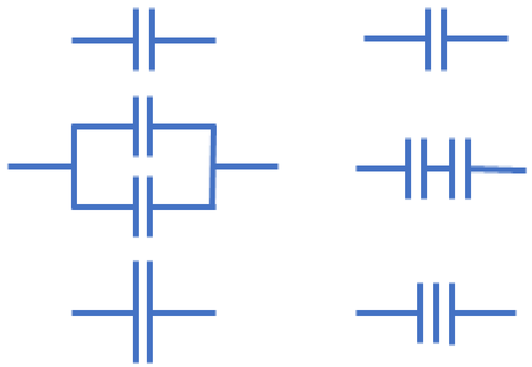
Kapcsolások kondenzátorral:

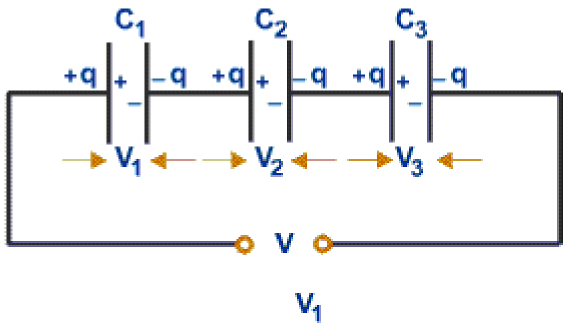
párhuzamos: nagyobb felület, persze nagyobb kapacitás

$C_{tot} = C_1+C_2$

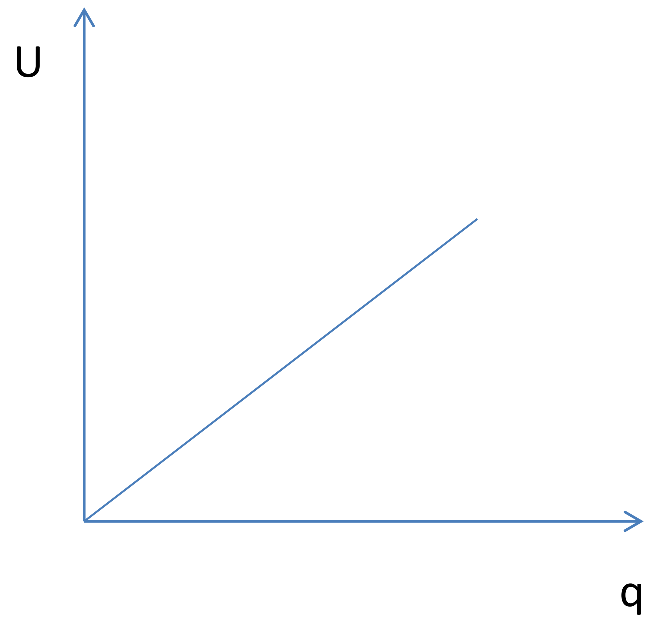
soros: nagyobb távolság, kisebb kapacitás

$1/ C_{tot} = 1/C_1 + 1/C_2$





Mennyi munka kell egy kondenzátor feltöltéséhez?



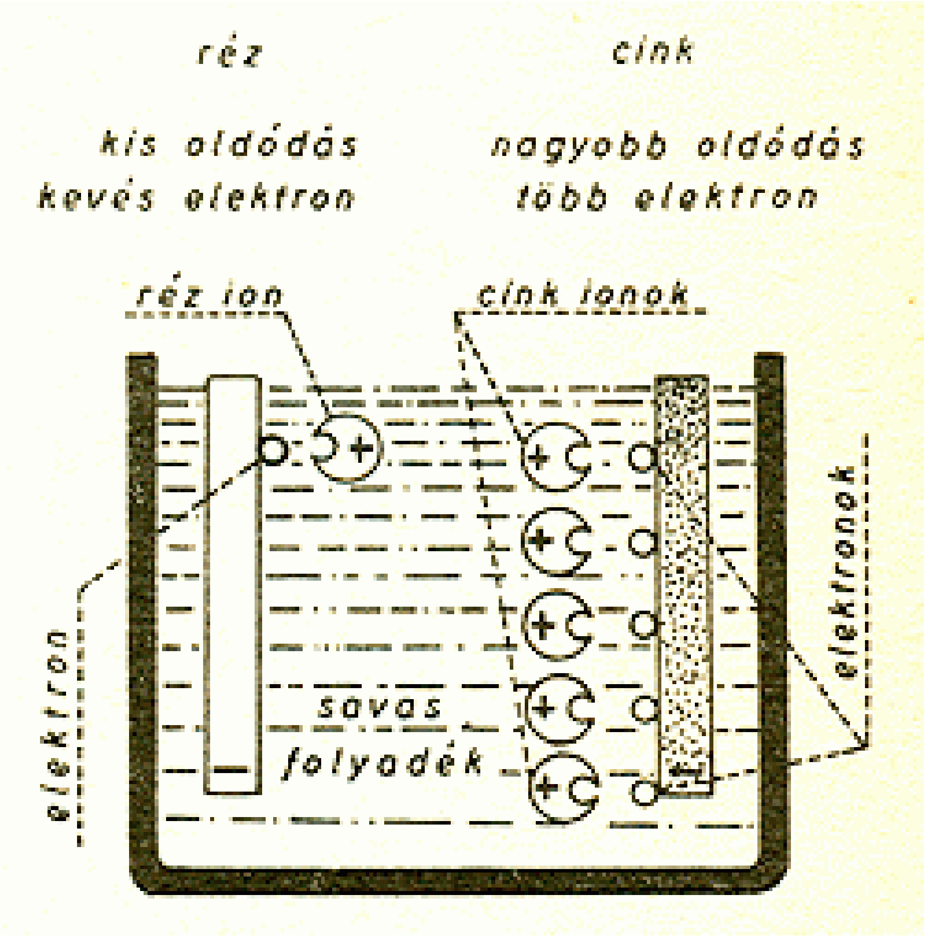
Ki tudjuk számítani:
$\Delta W=U^* \Delta q$
de
C=Q/U, azaz a meredekség 1/C.

Az összes munka
$U_{átlag}$*Q, de U=Q/C, az átlag pedig $U_{max}/2$

Tehát a kinetikus energia, vagy a rugalmas energia mintájára
$\frac{1}{2} Q^2/C = \frac{1}{2} CU^2$

Van jó sok egyszerű számolás a jegyzetben....

Áramforrás, telep nélkül nincs kísérlet... (vagy nagyon kevés)
Mérés nélkül nincs igazi tudomány...



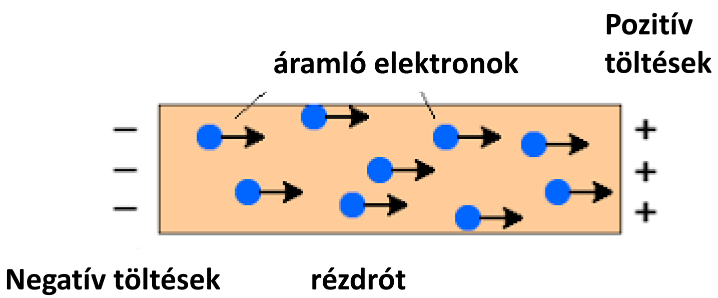
Mozgó töltések – áram, áramlás

Mennyi töltés folyik át egységnyi idő alatt:
ÁRAMERŐSSÉG

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad \text{[A]}\ \textit{Amper}$$

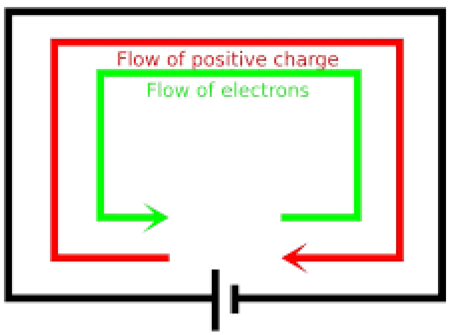
1A = 1C/1s

Történelmi okból megmaradt a technikai áramirány, ami a pozitív töltések mozgási iránya lenne.
(de az csak a negatív hiánya)



Tehát a valódi áramlás pont ellentétes irányú

Vezető: könnyen áramló elektronok
Szigetelő: az áramlás gátolt.



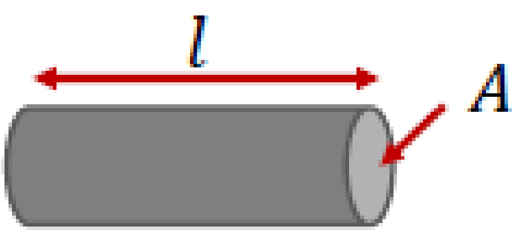
Ellenállás

Áramlás közben az elektronok fékeződnek a surlódás miatt.

Ohm törvény: az áramlást a feszültség és az anyag szabja meg.

$I = U/R$

$$R = \frac{U}{I} \qquad [\Omega]\ Ohm$$



$$R = \rho \frac{l}{A}$$

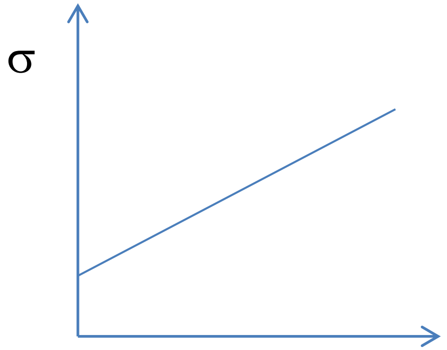
fajlagos ellenállás

Vezetőképesség: 1/R

G= 1/R (1/Ohm = Siemens)

σ = $1/\rho$: fajlagos vezetőképesség

Többnyire elektrolitok esetében használjuk,
itt a vezetőképesség függ a koncentrációtól.

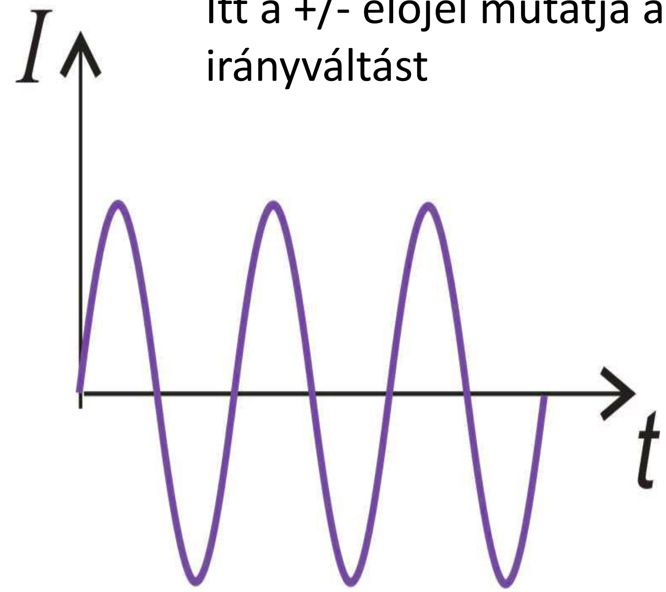


Az áramlás lehet egyirányú vagy váltakozó irányú

DC: egyenáram

AC: váltakozó áram

Itt a +/- előjel mutatja az irányváltást



Ha sin-os az áramerősség, akkor:

$$I = I_{max} \cdot \sin \omega t$$

$$U = U_{max} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \qquad U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

Amúgy csak az rms érték van, azt ki kell számolni vagy mérni I_{rms} U_{rms}

Ellenállás áramkörök:

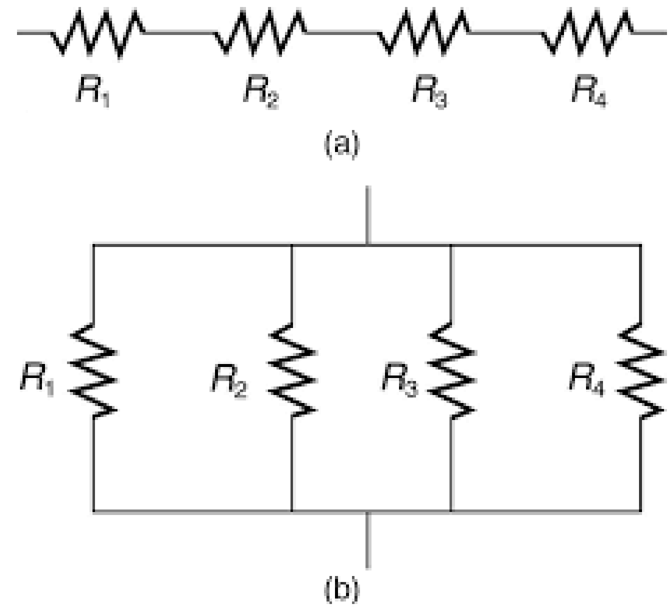
soros: növekvő hossz => növekvő R

$R = R_1+R_2$

párhuzamos: növekvő felület => csökkenő R

$1/R = 1/R_1 + 1/R_2$

Hosszabb út



Nagyobb felszín

A súrlódás hőt termel: Joule-hő, az áram munkája

$W = U*I*t$ egység :_Joule (J)

A munka amit az elektromos tér végez egy ellenálláson hővé alakul, de más eszközben más energia típussá is alakulhat...

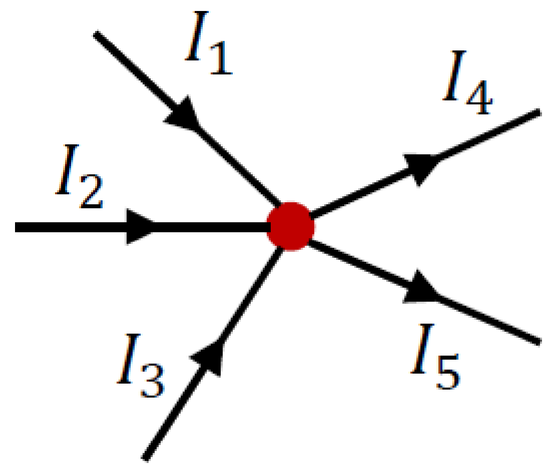
Ne feledjük az energiamegmaradást!

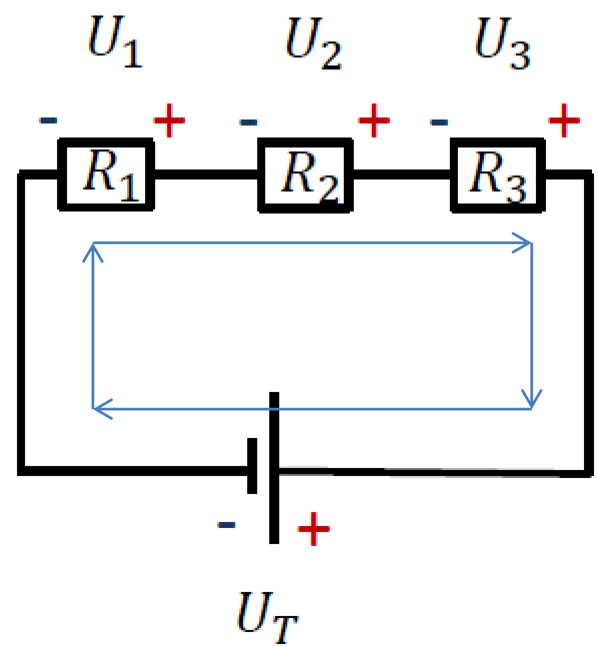
teljesítmény: $P = U*I$ egység: Watt (W)

Kirchoff törvények

I. Csomóponti tv. Az áramok összege a tárolt töltés (ami pl lehet 0 is)

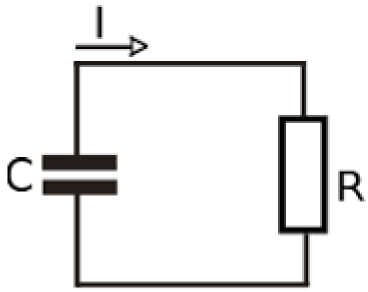
II. Hurok tv. Egy zárt hurokra a feszültségek összege 0, de figyelembe kell venni a körüljárási irányt is!






Gustav Robert Kirchhoff
1824-1887

RC áramkör

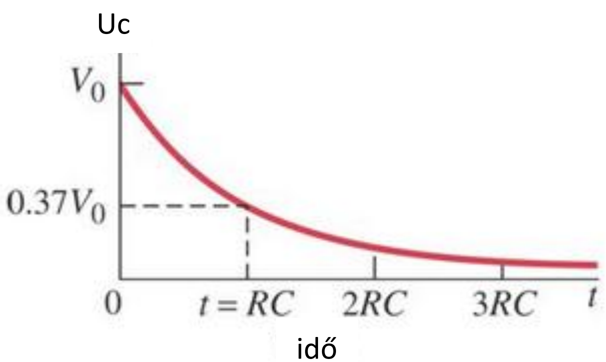


Kondenzátor kisülése ellenálláson keresztül

C=Q/Uc , azaz Uc=Q/C, de Q=I*t, és
I=Uc/R.

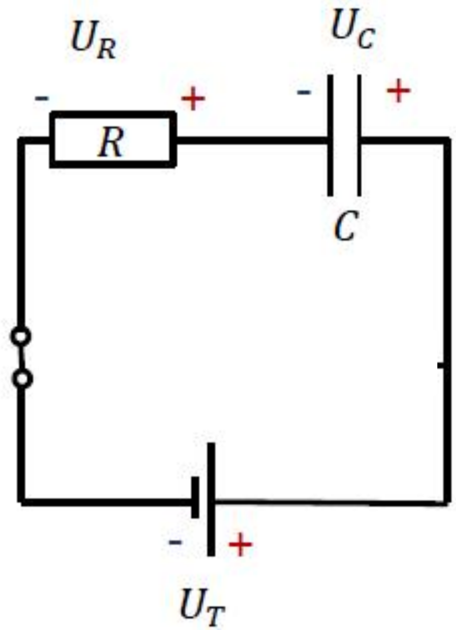
A huroktörvényből
I*R+Uc=0
tehát
$\Delta Q / \Delta t = -Q/RC$
Ennek megoldása egy exponenciális függvény

$$U_C = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$$



τ=RC

feltöltés

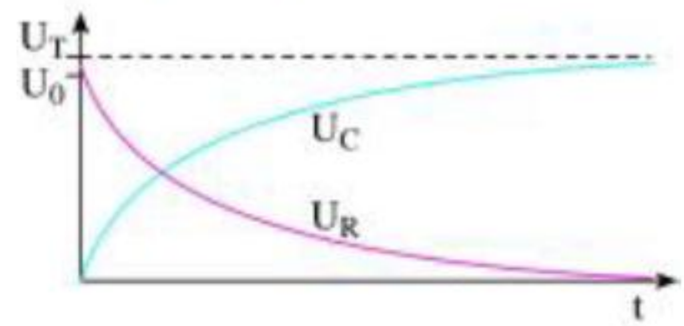


Itt a huroktörvényben a feszültségforrás is benne van:

I*R+Uc=Ut

azaz
ΔQ/ Δt = -Q/RC + Ut/R

$$U_C = U_T \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$



Kondenzátor váltakozó áramú áramkörben

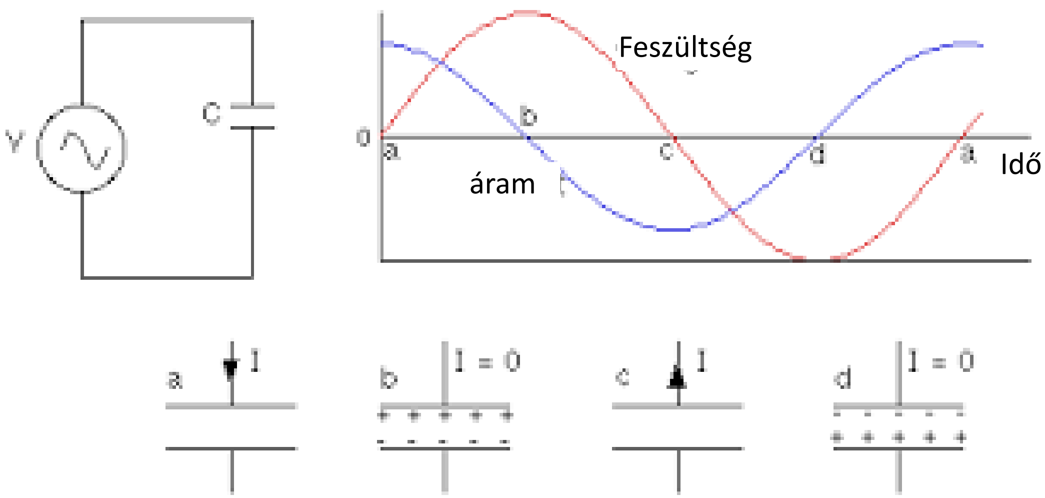
Feltöltés vagy kisütés után DC áramkörben a kondenzátor szakadásként viselkedik (I=0)

AC áramkörben viszont **fáziskésés** tapasztalható, a töltés-kisülés miatt.

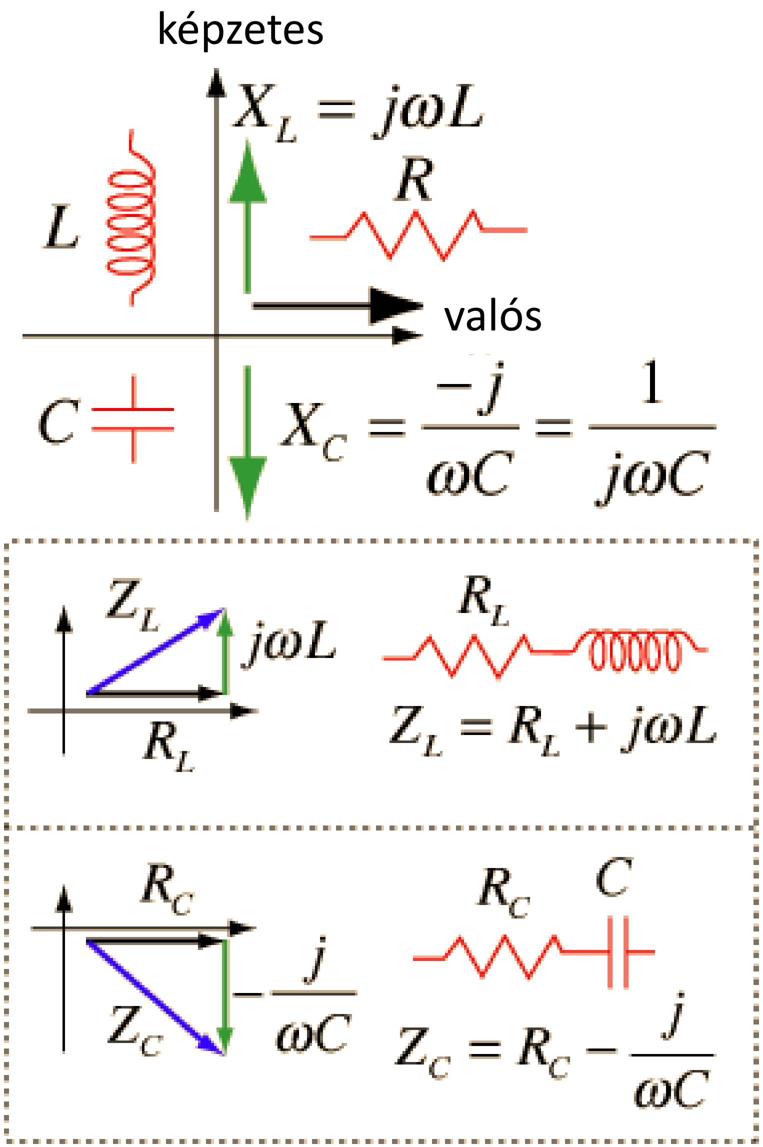
Kapacitív ellenállás (reaktancia, kapacitív impedancia)

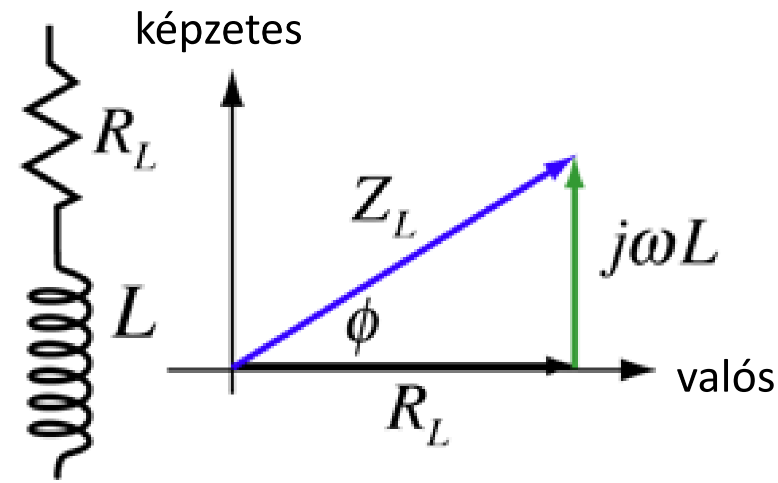
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

1/C, és 1/f!
ω=2πf



Kiegészítés: ha az ellenállást vektorként képzeljük el egy síkon, akkor a fázistolás könnyen kezelhető



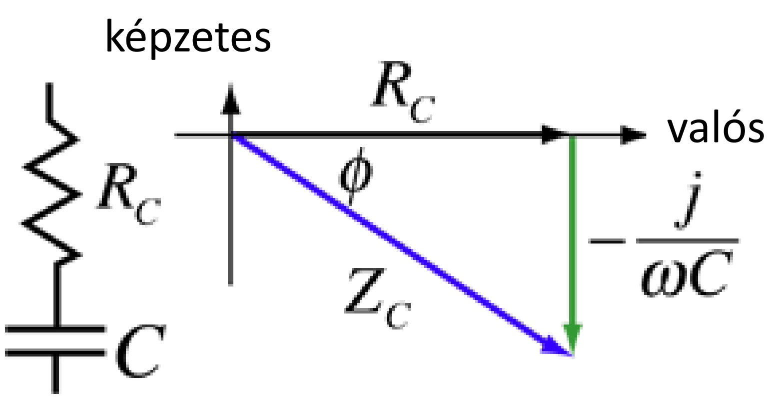


derékszögű $$Z_L = R_L + j\omega L$$

polár $$Z_L = |Z_L| e^{j\phi}$$

$$|Z_L| = \sqrt{R_L^2 + \omega^2 L^2}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R_L}$$



derékszögű $$Z_C = R_C - \frac{j}{\omega C}$$

polár $$Z_C = |Z_C| e^{j\phi}$$

$$|Z_C| = \sqrt{R_C^2 + \left[\frac{-1}{\omega C}\right]^2}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{-1}{\omega C R_C}$$