Elektromagnetismoa (II)

Elektrostatika

Oscar Ecenarro
oscar.ecenarro@ehu.es

Karga bakar baten potentziala

- Eremu elektrikoa kontserbatzailea da → Energia potentziala.
- Eremu grabitazionalaren antzekoa:

$$\text{Masa} \leftrightarrow \text{Karga} \qquad G \leftrightarrow k = 1/4\pi\varepsilon_0$$

$$\boxed{\mathbf{F} = k\frac{qq'}{r^2}\hat{\mathbf{r}} \qquad \rightarrow \qquad E_p = k\frac{qq'}{r}}$$

- Dimentsioa eta Unitatea: Energiarenak (ML^2T^{-2} eta Joule).
- Potentzial elektrikoa: Karga unitateko energia potentziala da.

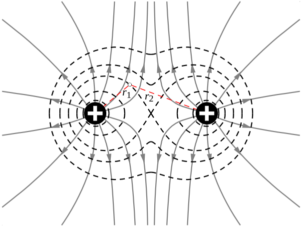
Karga batek sorturiko potentzial elektrikoaren definizioa

Karga unitatea infinitutik puntu horretara poliki-poliki eramateko eremuaren aurka egin behar den lana da.

$$\boxed{V = \frac{E_p}{q'} = k\frac{q}{r} \qquad [V_\infty = 0]}$$

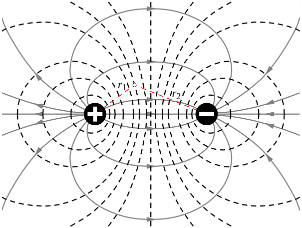
Karga-banaketa finitu baten potentziala (I)

Bi karga berdin: q′ = q



$$V = k\frac{q}{r_1} + k\frac{q}{r_2} = kq\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$

Bi karga aurkakoak: q′ = − q



$$V = k\frac{q}{r_1} + k\frac{-q}{r_2} = kq\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

Lerro ekipotentzialak: eremu-lerroen perpendikularrak.

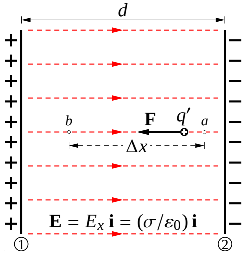
Karga-banaketa finitu baten kasuan, BETI hartuko dugu zerotzat infinituko potentziala!!

Karga-banaketa finitu baten potentziala (II)

- Karga diskretuz osoturiko sistema baten potentziala:

$$\boxed{V = k(q_1/r_1 + q_2/r_2 + q_3/r_3 + \cdots) = k\sum_i (q_i/r_i)}$$

- Eremuaren bi punturen arteko **potentzial-diferentzia**, karga unitate positiboa lehenengo puntutik bigarren puntura poliki-poliki eramateko egin behar den lana da.
- Xafla kargatuen arteko potentzial-diferentzia:



$$E_{p,b} - E_{p,a} = \mathbf{F}\cdot\Delta\mathbf{r} = F\Delta x = q' E_x \Delta x$$
$$V_b - V_a = E_x \Delta x$$

Eta xaflen arteko potentzial diferentzia:

$$\boxed{V_1 - V_2 = E_x d = (\sigma/\varepsilon_0)d}$$

ZTF-FCT

Kapazitatea eta Kondentsadoreak

- Karga berdina (baina aurkako zeinukoa) duten bi xafla aurrez aurre jartzen dira.
- Xaflen artean, eremu elektriko konstantea dugu: $\boxed{E = \sigma/\varepsilon_0}$.
- Xaflen arteko distantzia d bada, beraien arteko potentzial diferentzia hauxe da: $\boxed{V = Ed}$.
- Halako sistemak energia (elektrostatikoa) metatzen du eta **kondentsadorea** deitzen da...
- ... eta energia metatzeko duen ahalmenari, **kapazitatea**.
- **Kondentsadore launaren kapazitatea: Xafla bakarreko kargaren eta xaflen arteko potentzial-diferentziaren arteko zatidura da.**

$$\boxed{C = Q/V}$$

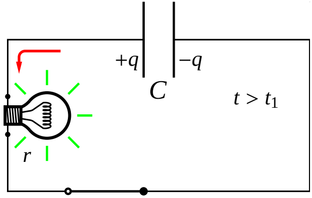
ZTF-FCT

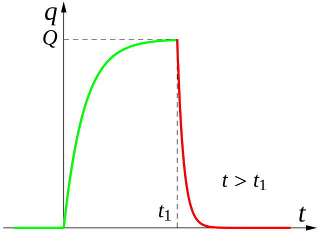
Kondentsadore launak

- Kondentsadore launaren kapazitatea (tartean, airea edo hutsa):

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\sigma A}{Ed} = \frac{\sigma A}{(\sigma/\varepsilon_0)d} \quad \rightarrow \quad \boxed{C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}}$$

- **Kondentsadore baten karga eta deskarga: Flasha.**





Gero eta erresistentzia txikiago, gero eta azkarrago deskargatuko da kondentsadorea.

Unitateak. Kondentsadore baten energia

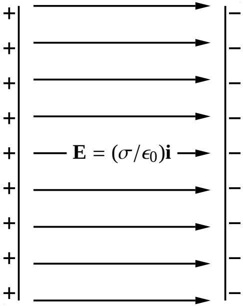
- **Unitatea: Farad, F (handiegia da):** $\boxed{1\text{ F} = 1\text{ C/V}}$
- **Azpimultiploak.** $\begin{cases} \text{Microfarad } (\mu\text{F}) = & 10^{-6}\ \text{F} \\ \text{Picofarad } (\text{pF}) = & 10^{-12}\ \text{F} \end{cases}$
- **Kondentsadorean metaturiko energia.**
  - Hasieran, xafla biak ez dute kargarik.
  - Kondentsadorea kargatzeko, xafla batetik bestera eraman behar da karga (elementuz elementu).
  - Aldiune bakoitzeko eremu elektrikoaren aurka mugitu behar da karga-elementu bana.
  - Gero eta indar gehiago egin behar da, eremua handituz doa eta.
  - Eta horrela jarraitu behar da, kondentsadorea *bete* arte.
- Hau da kondentsadorean metaturiko energia:

$$\boxed{W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(CV)^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2}$$

ZTF-FCT

Dielektrikoak (I)

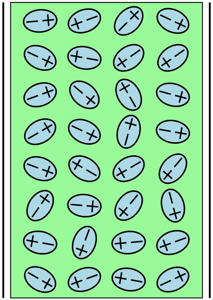
- Xaflak karga gabe: Eremua nulua da.
- Xaflak kargatuta: $\mathbf{E} = (\sigma/\varepsilon_0)\,\mathbf{i}$ da.



ZTF-FCT

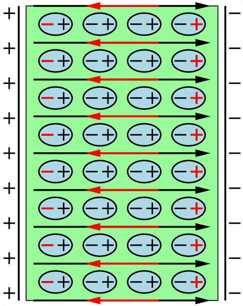
Dielektrikoak (I)

- Xaflak karga gabe: Eremua nulua da.
- Xaflak kargatuta: $\mathbf{E} = (\sigma/\varepsilon_0)\,\mathbf{i}$ da.
- Dielektrikoan, **dipoloen** norabideak nahaspilaturik daude.



Dielektrikoak (I)

- Xaflak karga gabe: Eremua nulua da.
- Xaflak kargatuta: $\mathbf{E} = (\sigma/\varepsilon_0)\,\mathbf{i}$ da.
- Dielektrikoan, **dipoloen** norabideak nahaspilaturik daude.
- Kanpoko eremua gainezarriz, ordenatu egiten dira (**polarizazioa**), aurkako eremu induzitua sortuz.

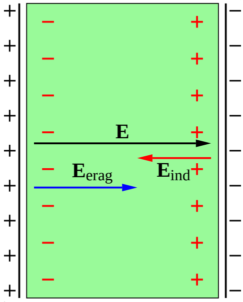


ZTF-FCT

Dielektrikoak (I)

- Xaflak karga gabe: Eremua nulua da.
- Xaflak kargatuta: $\mathbf{E} = (\sigma/\varepsilon_0)\,\mathbf{i}$ da.
- Dielektrikoan, **dipoloen** norabideak nahaspilaturik daude.
- Kanpoko eremua gainezarriz, ordenatu egiten dira (**polarizazioa**), aurkako eremu induzitua sortuz.
- Guztira, **eremu eraginkorra** hauxe da:

$$\boxed{\mathbf{E}_{\text{erag}} = \mathbf{E} + \mathbf{E}_{\text{ind}} \quad \rightarrow \quad E_{\text{erag}} = E - E_{\text{ind}}}$$



- Eremu eraginkorra, dielektriko gabekoa baino txikiagoa da, eta ezarritako eremuaren proportzionala:

$$\boxed{E_{\text{erag}} = E/K_e \;(K_e = \text{Konstante dielektrikoa} > 1)}$$

ZTF-FCT

Dielektrikoak (II)

Dielektrikoaren Eragina Kondentsadorean

- Dielektrikorik gabe, xafla bakoitzaren karga Q da (moduloz), eta xaflen arteko eremua, **E**.
- Dielektrikoarekin, karga ez da aldatzen (Q), baina eremua, **E** izan beharrean, $\mathbf{E}_{\text{erag}}$ da:

$$E_{\text{erag}} = E/K_e \qquad (K_e = \text{Konstante dielektrikoa} > 1)$$

- Ondorioz, xaflen arteko potentzial-diferentzia hauxe izango da:

$$V' = E_{\text{erag}} d = Ed/K_e = V/K_e$$

- Beraz, kondentsadorearen **kapazitate** berria, beste hau:

$$\boxed{C' = \frac{Q}{V'} = \frac{Q}{V/K_e} = K_e C \qquad [C' > C]}$$

ZTF-FCT

Dielektrikoak (III)

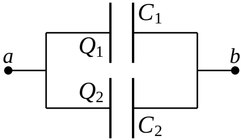
Zenbait Materialen Konstante Dielektrikoak

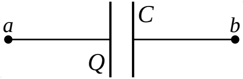
Materiala	K_e
Hutsa	1
Airea (lehorra)	1.0006
Polietilenoa	2.25
Papera	3.5
Portzelana	6.5
Mika	3-tik 7-ra
Beira	5-tik 10-era
Glizerina	56
Ura	80
Estrontzio titanatoa	310

ZTF-FCT

Kondentsadoreen Konbinazioak

■ Paralelo-konexioa





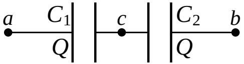
$$Q_1 = C_1 V_{ab} \qquad Q_2 = C_2 V_{ab}$$

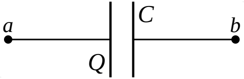
$$Q = Q_1 + Q_2 = C V_{ab}$$

$$C V_{ab} = C_1 V_{ab} + C_2 V_{ab}$$

$$\boxed{C = C_1 + C_2}$$

■ Serie-konexioa



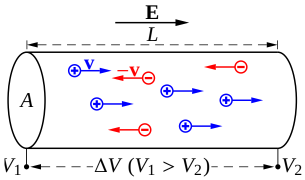


$$V_{ab} = V_{ac} + V_{cb}$$

$$Q/C = Q/C_1 + Q/C_2$$

$$\boxed{1/C = 1/C_1 + 1/C_2}$$

Korronte elektrikoa I



- Eroale baten sekzioa denbora unitateko zeharkatzen duen karga da **intentsitatea**:

$$\bar{I} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad I = \frac{dQ}{dt}$$

- Karga positiboen higiduraren arabera definitzen dira I-ren norabidea eta noranzkoa.
- Nazioarteko Unitate Ssisteman (SI):

$$\mathbf{Ampere = C\,s^{-1}}$$

ZTF-FCT

Korronte elektrikoa II

- **Ohm-en legea**: Eroale batetik igarotzen den intentsitatea eta muturren arteko potentzial-diferentzia lotuta daude.
- R bada eroalearen **erresistentzia**: $V = IR$
- Erresistentzia elektrikoa, materialaren eta eroalearen geometriaren araberakoa da: $R = \rho(L/A)$, non ρ **erresistibitatea**, L luzera eta A sekzioa diren.
- Erresistentziak energia xahutzen du eta sorgailuak lana egin behar du korrontea mantentzeko: $W = \Delta Q \cdot V = VI\Delta t$.
- Denbora unitatean xahuturiko energia (**potentzia**):

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = IV = I^2 R$$

ZTF-FCT

Kirchoff-en legeak eta beste formula interesgarri bat

- **Korapiloen legea (kargaren kontserbazioa).** Korapilo batera iristen diren korronteen batura aljebraikoa zero da:

$$\boxed{\sum_i I_i = 0}$$

- **Begizten legea (energiaren kontserbazioa.)** Ibilbide itxian zeharreko potentzial-aldaketen batura zero da:

$$\sum_i \Delta V_i = 0 \quad \rightarrow \quad \boxed{\sum_i \varepsilon_i = \sum_i R_i I_i}$$

Sorgailuak zirkuitura bidaltzen duen energia, bertan zehar galdutako energiaren berdina da.

- **Zirkuituko bi punturen arteko potentzial-diferentzia.**

$$\boxed{V_{ab} = V_a - V_b = \sum_i R_i I_i - \sum_i \varepsilon_i}$$

Kontuz!! Zirkuituan zehar, *a*-tik *b*-rako bidea hartu behar da.

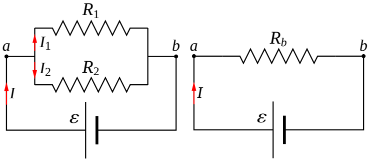
Intentsitateak $a \rightarrow b$-ren aurkako noranzkoa badu, negatiboa izango da.

Bide horri jarraituz eta sorgailu bat topatzerakoan **+** polotik **–** polorantz zeharkatzen badu, indar elektroeragile hori negatiboa izango da.

ZTF-FCT

Erresistentzien elkarketa

■ Paralelo-konexioa



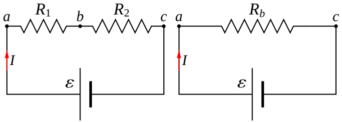
$$I = I_1 + I_2$$

$$V_{ab} = I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$I = \frac{V_{ab}}{R_b} = \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{ab}}{R_2}$$

$$\boxed{\frac{1}{R_b} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

■ Serie-konexioa



$$V_{aa} = 0 = \varepsilon - IR_1 - IR_2$$

$$V_{aa} = 0 = \varepsilon - IR_b$$

$$I(R_1 + R_2) = IR_b$$

$$\boxed{R_b = R_1 + R_2}$$