



Tema 2: Distribuciones de carga. Capacidad y energía electrostática (2ª parte)

Propiedades electrostáticas de los conductores

Condensadores y dieléctricos

Energía del campo eléctrico

Conductores en equilibrio electrostático

Conductor en Equilibrio = no corrientes

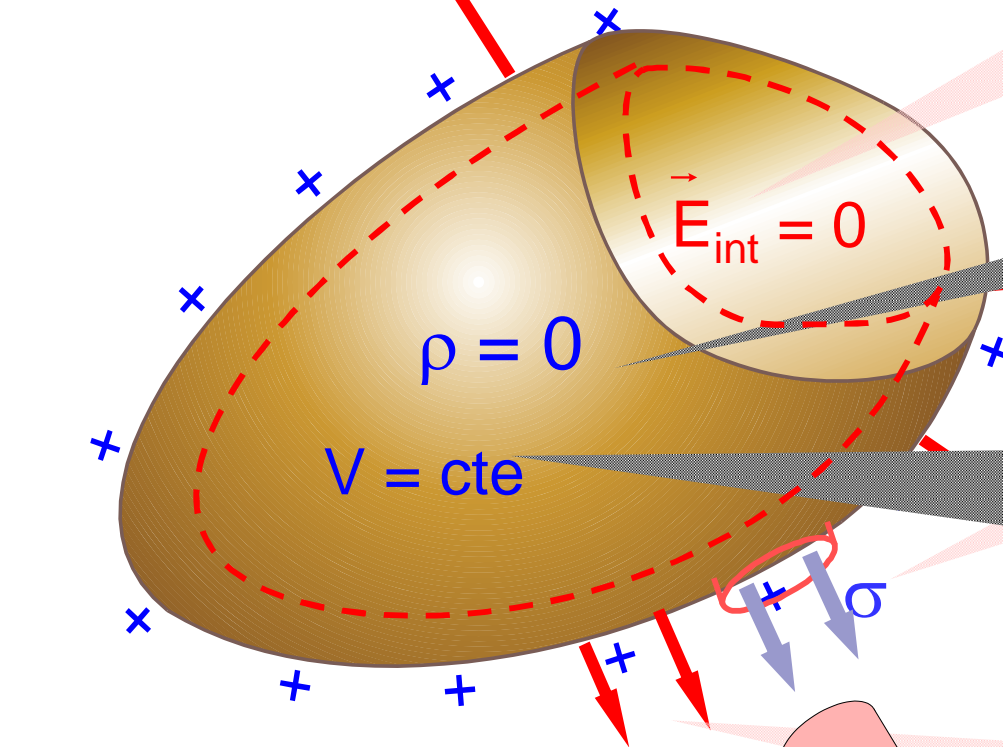
Campo nulo en el interior.

Densidad volumétrica de carga nula.

Toda la carga está en la superficie.

Al ser nulo el campo eléctrico, el potencial electrostático es constante (Volumen y superficie equipotenciales).

El campo eléctrico en puntos próximos al conductor es perpendicular a la superficie.



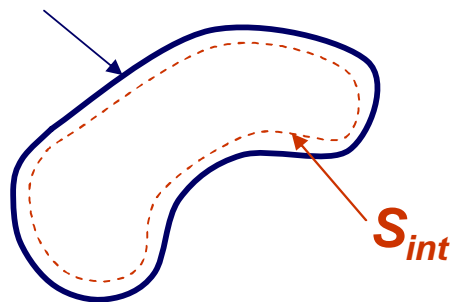
$$\left. \begin{aligned} \Phi_E &= \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = E S \\ q_{enc} &= \sigma S \end{aligned} \right\} \vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_n$$

Conductores en equilibrio electrostático

1. En los conductores que alcanzan la situación de equilibrio, el campo eléctrico en su interior es cero.

Si \mathbf{E} fuese diferente de cero, la carga libre en la dirección del campo no estaría en reposo. Por tanto no habría equilibrio.

2. La carga de un conductor se encuentra totalmente en la superficie del conductor.



De **1**, $E=0$ en $\mathbf{S}_{int} \Rightarrow \Phi=0 \Rightarrow q=0$ en \mathbf{S}_{int}
 $\Rightarrow q$ está en la superficie del conductor \mathbf{S}

Conductores en equilibrio electrostático

3. La superficie de un conductor en equilibrio electrostático es una superficie equipotencial

Si no fuera equipotencial, las q se moverían de los puntos de potencial alto a los de potencial bajo, hasta que el potencial sea el mismo en toda la superficie. Si esto sucede, el conductor no está en equilibrio. Por tanto, la superficie es equipotencial.

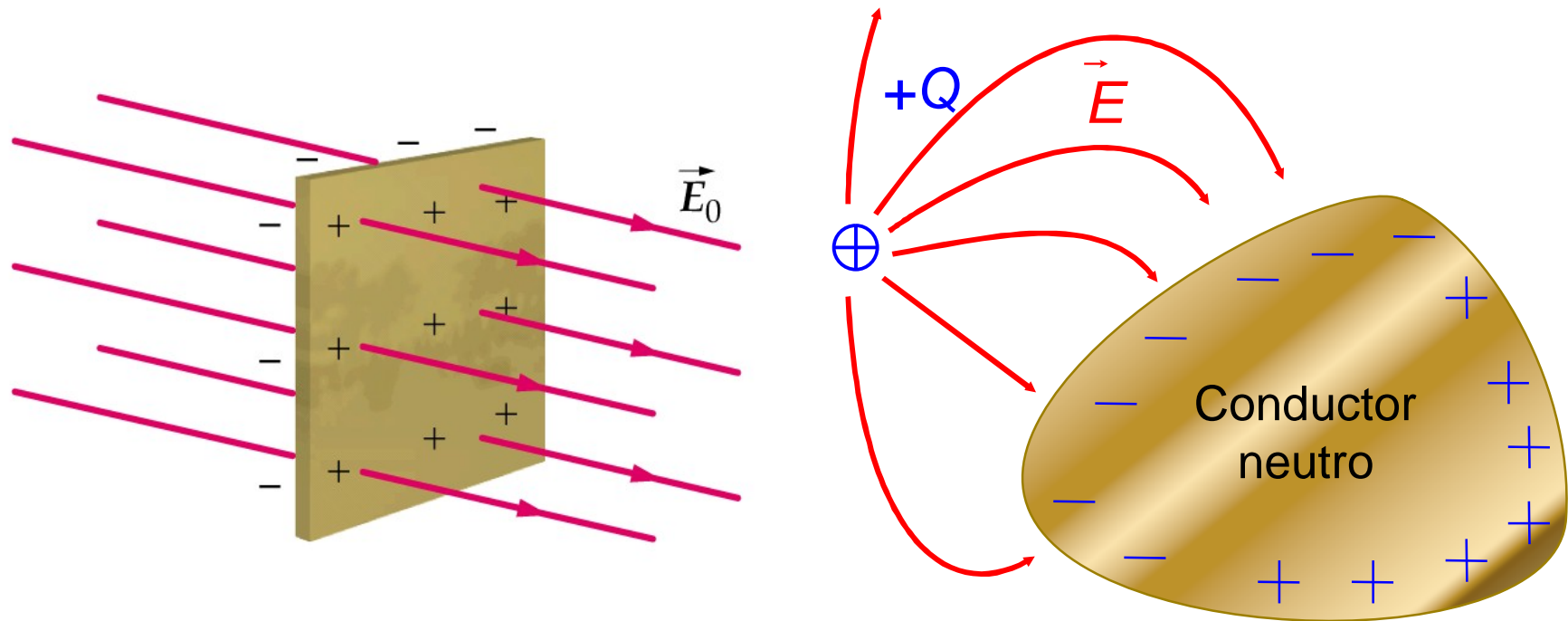
4. El campo eléctrico en puntos próximos a la superficie del conductor es perpendicular a la superficie y su valor es:

Como la superficie es equipotencial, y las líneas de fuerza son \perp a estas superficies $\Rightarrow \mathbf{E}$ es también \perp a la superficie

$$\left. \begin{array}{l} \Phi_E = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = E S \\ q_{enc} = \sigma S \end{array} \right\} \vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_n$$

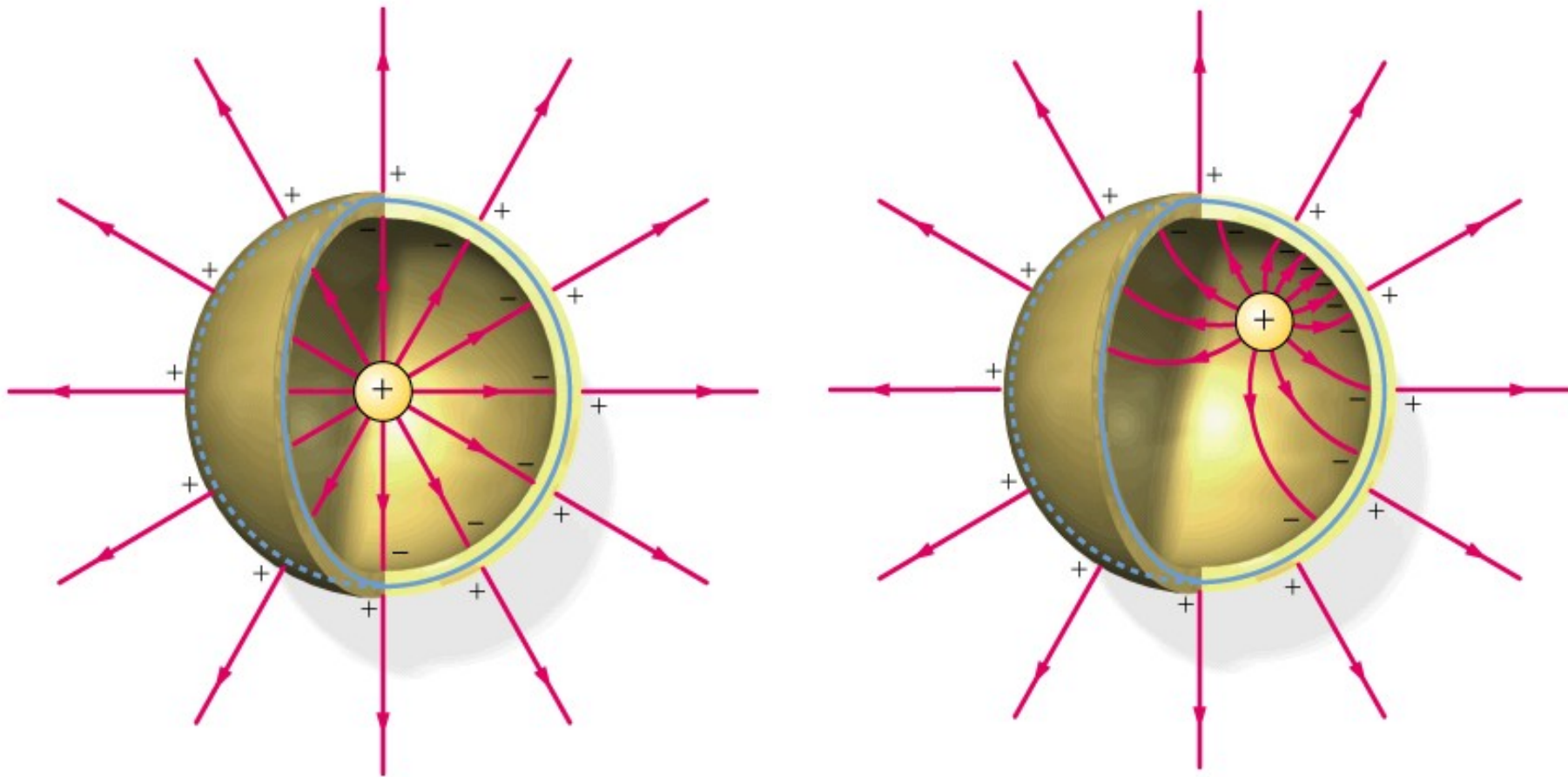
Prop. electrostáticas de los conductores

Fenómenos de influencia electrostática



Prop. electrostáticas de los conductores

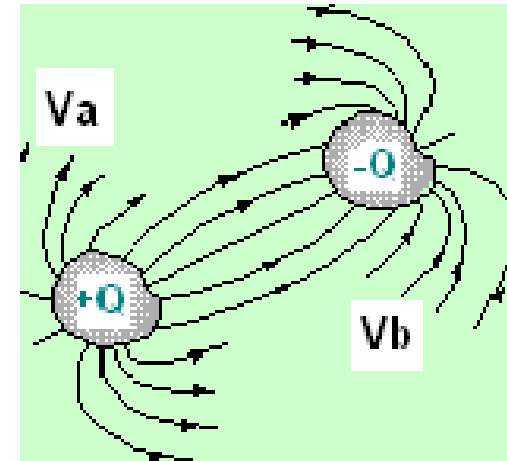
Fenómenos de influencia electrostática



CONDENSADORES

Condensador

dispositivo formado por dos conductores próximos con cargas de la misma magnitud y signo contrario este sistema es un dispositivo para almacenar carga y energía.



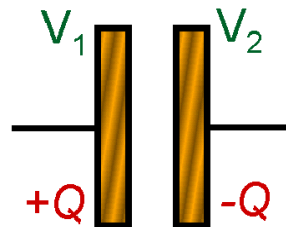
Capacidad

$$C = \frac{Q}{V_{ab}}$$

$$\left[\frac{C}{V} = \text{Faradio} \right]$$

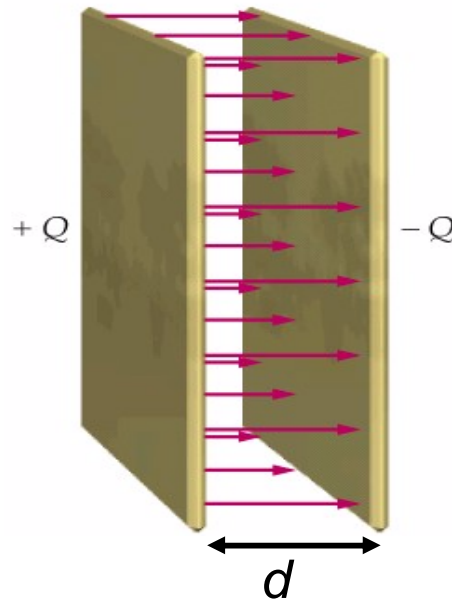
"cociente entre la carga de cualquiera de los conductores y la diferencia de potencial existente entre ellos."

Símbolo :



Condensador de placas plano-paralelas

CONDENSADORES



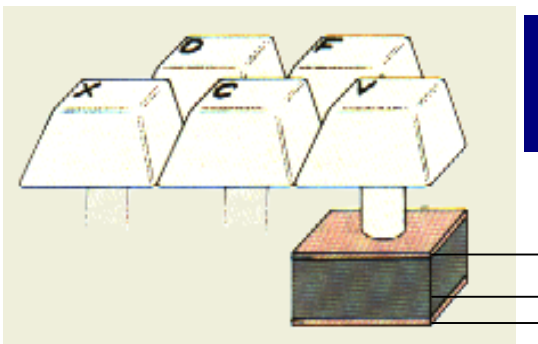
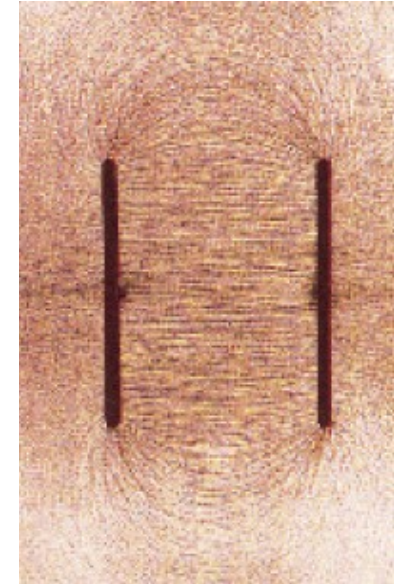
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

$$V = Ed$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

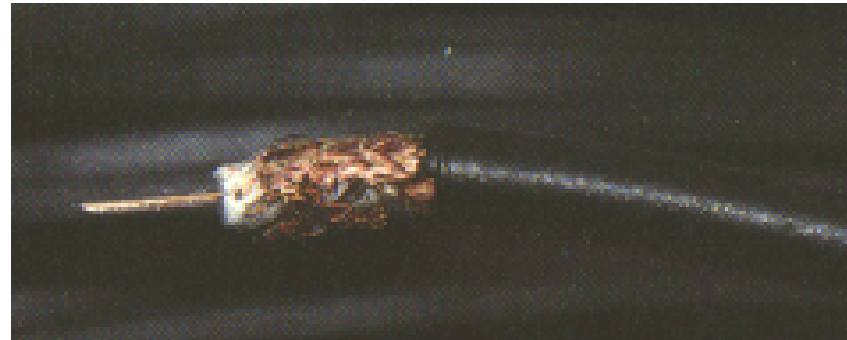
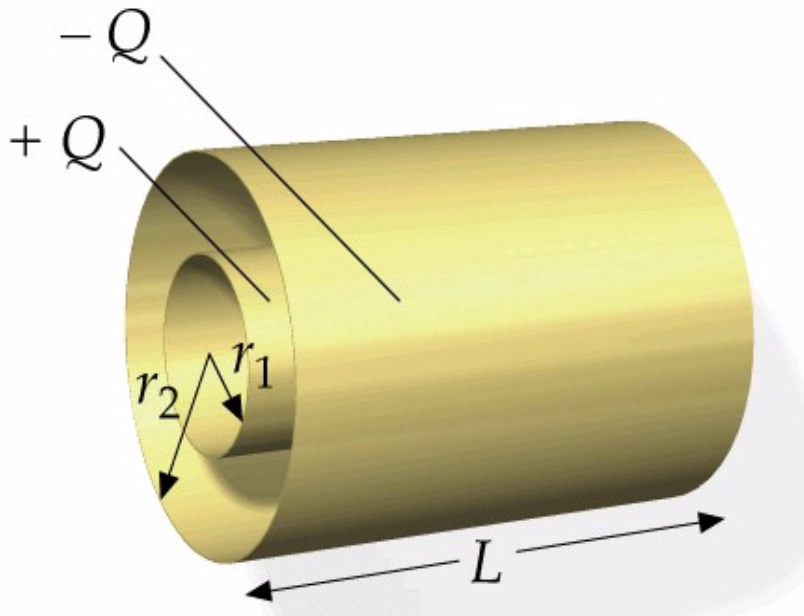
La capacidad no depende de **Q** ni de **V**



Por lo general **C** depende del tamaño, forma, geometría de los condensadores y del medio aislante que los separa

CONDENSADORES

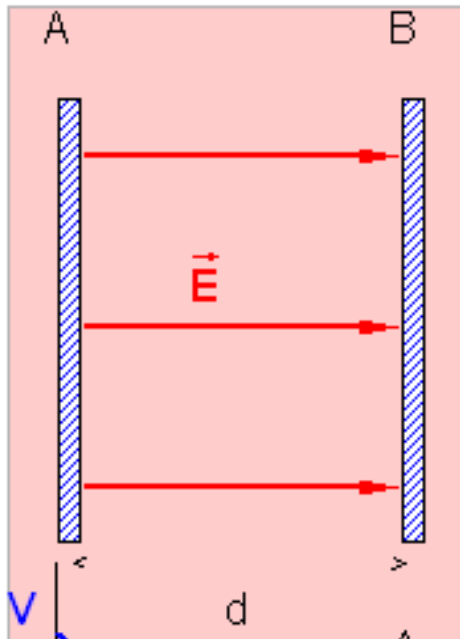
Condensador cilíndrico



$$C = \frac{Q}{V} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

CONDENSADORES

ejercicio/ Capacidad de un condensador con lámina metálica en su interior

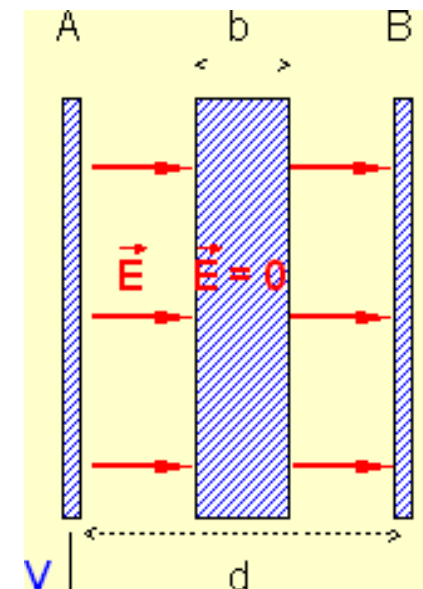


$$C_{\text{ANTES}} = \frac{Q}{V_{AB}} =$$

$$\frac{Q}{Ed} = \frac{Q}{\frac{\sigma}{\epsilon_0} d} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$C_{\text{DESPUÉS}} = \frac{Q}{V_{AB}} = \frac{Q}{E(d-b)}$$

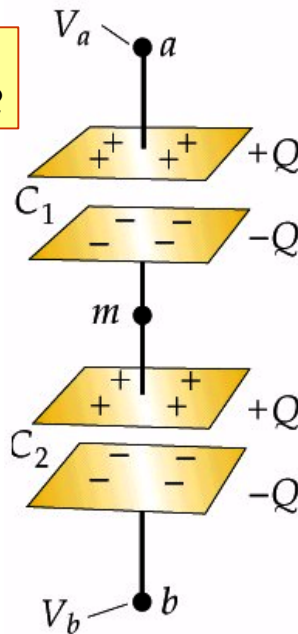
$$= \frac{Q}{\frac{\sigma}{\epsilon_0} (d-b)} = \frac{\epsilon_0 S}{(d-b)}$$



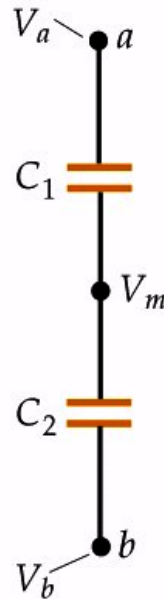
CONDENSADORES

Asociación de condensadores: EN SERIE

$$Q_1 = Q_2$$



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$



$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$$

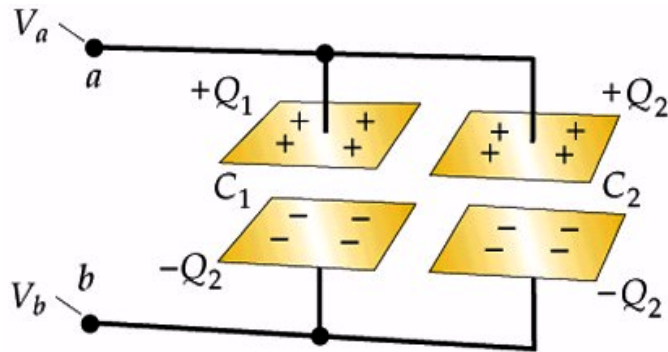
$$V_a - V_m = V_1 = \frac{Q}{C_1}$$
$$V_m - V_b = V_2 = \frac{Q}{C_2}$$
$$\Delta V = V_2 + V_1$$

$$\Delta V = V_a - V_b = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

$$C_{eq} = \frac{Q}{V_a - V_b}$$

CONDENSADORES

Asociación de condensadores: EN PARALELO



$$Q_1 = C_1 \Delta V$$
$$Q_2 = C_2 \Delta V$$
$$\Delta V = V_a - V_b$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

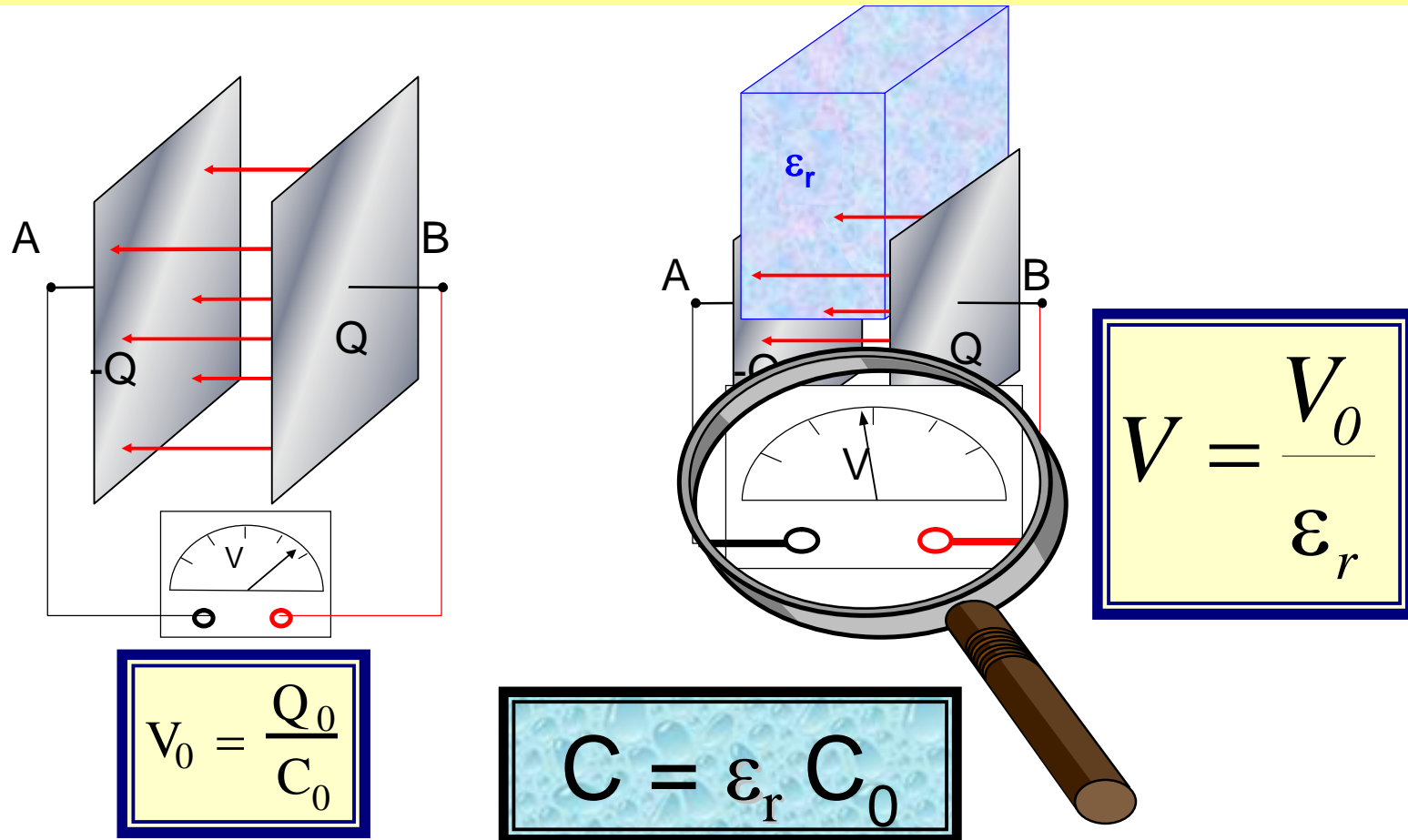
$$\frac{Q}{V_a - V_b} = C_1 + C_2$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^N C_i$$

PROPIEDADES ELECTROSTÁTICAS DE LOS DIELECTRICOS

DIELÉCTRICO HOMOGÉNEO ENTRE LAS PLACAS DE UN CONDENSADOR



La capacidad del condensador aumenta

CONSTANTES DIELECTRICAS

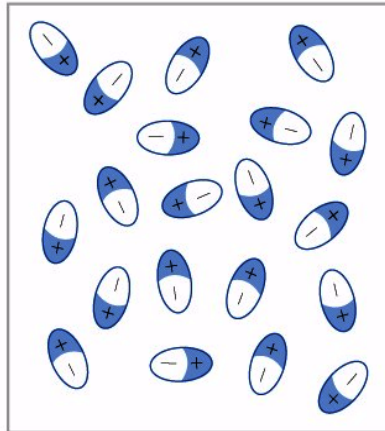
Material dieléctrico	Constante dieléctrica
Aire	1.00059
Aceite de transformador	2.24
Poli estireno	2.55
Papel	3.7
Baquelita	4.9
Vidrio (Pyrex)	5.6
Porcelana	7
Agua (20°)	80

PROPIEDADES ELECTROSTÁTICAS DE LOS DIELECTRICOS

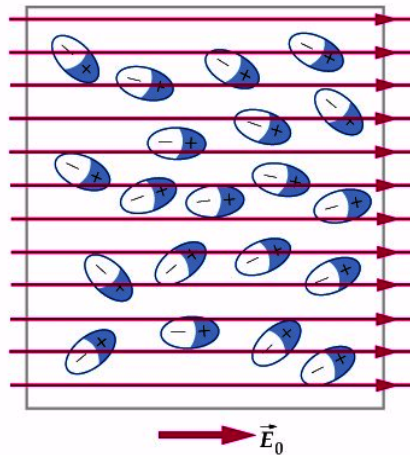
Sustancia Polarizada

Los dipolos eléctricos se alinean de manera espontánea o debido a la acción de un campo eléctrico.

Molécula polar

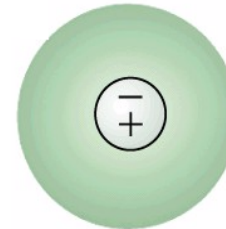


(a)

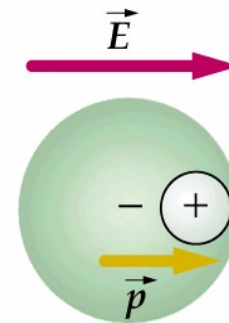


(b)

Molécula no polar



(a)

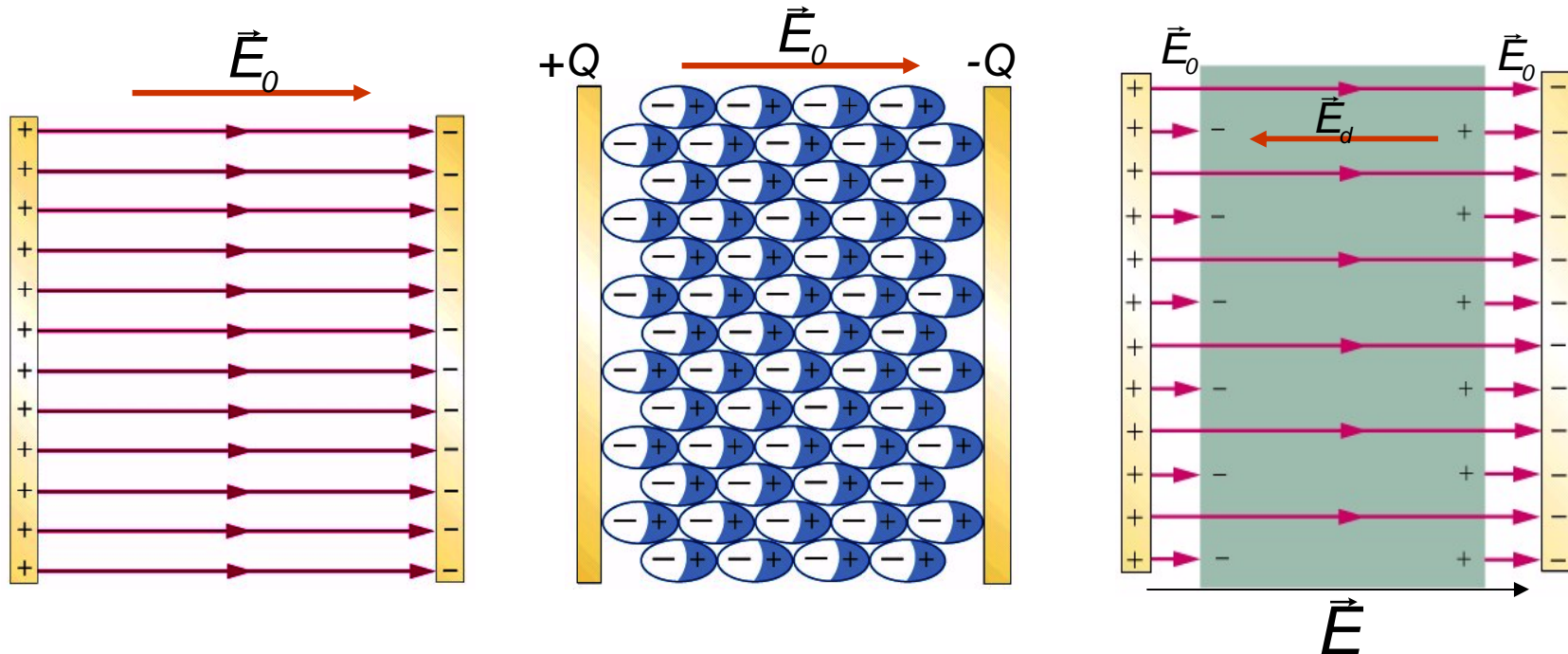


(b)

$$\vec{p} = qd \vec{u}_p \quad \vec{\tau} = \vec{p} \wedge \vec{E}$$

PROPIEDADES ELECTROSTÁTICAS DE LOS DIELECTRICOS

DIELÉCTRICO HOMOGÉNEO ENTRE LAS PLACAS DE UN CONDENSADOR



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

Permitividad eléctrica relativa del dieléctrico

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

PROPIEDADES ELECTROSTÁTICAS DE LOS DIELECTRICOS

La capacidad del condensador aumenta

$$C = \epsilon_r C_0$$

La diferencia de potencial y el campo eléctrico disminuyen

$$V = \frac{V_0}{\epsilon_r}$$

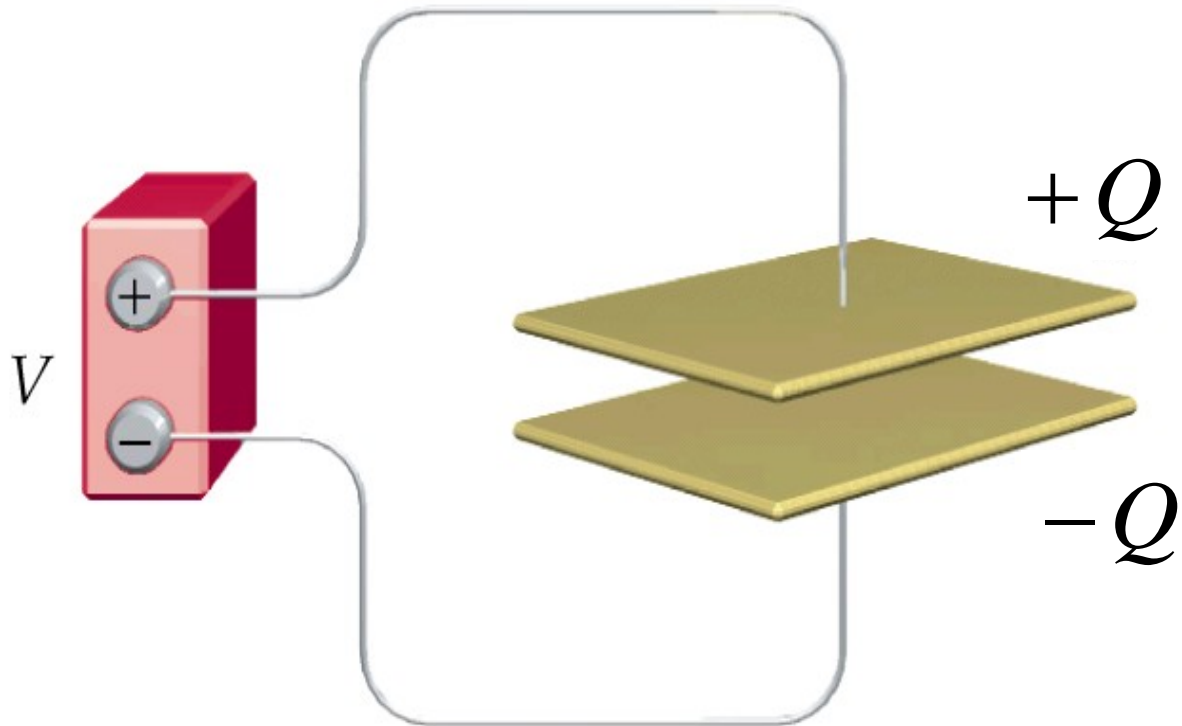
$$E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$

Densidad superficial de carga del dieléctrico

$$\sigma_d = \sigma_p \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r} \right)$$

ENERGÍA DE UN CONDENSADOR

- Durante la carga de un condensador, se transfiere carga desde la batería hasta las placas. La batería (generador) realiza un trabajo en el proceso.
- Parte de este trabajo queda almacenado en forma de energía potencial electrostática, U .

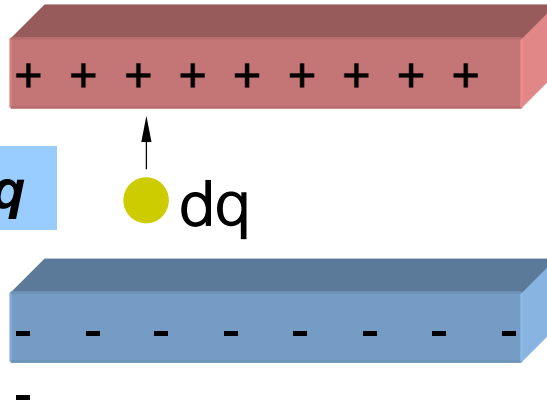


ENERGÍA DE UN CONDENSADOR

Condensador de capacidad **C**, con carga **q**

$$V = \frac{q}{C}$$

Agregamos un **dq**



$$dU = Vdq = \frac{q}{C} dq$$

$$U_Q - U_0 = \frac{1}{C} \int_0^Q q \, dq$$

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

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$

ENERGÍA DEL CAMPO ELÉCTRICO

ENERGÍA DEL CAMPO ELÉCTRICO

Para un condensador de láminas planas y paralelas

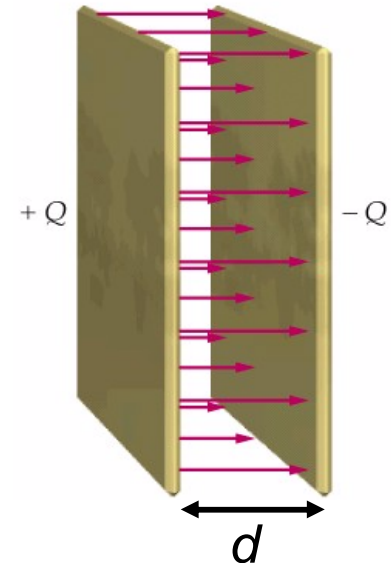
$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$\Delta V = Ed$$



$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} (Ad) \epsilon_0 E^2$$

DENSIDAD DE ENERGÍA



Energía por unidad de volumen (V) entre las placas del condensador

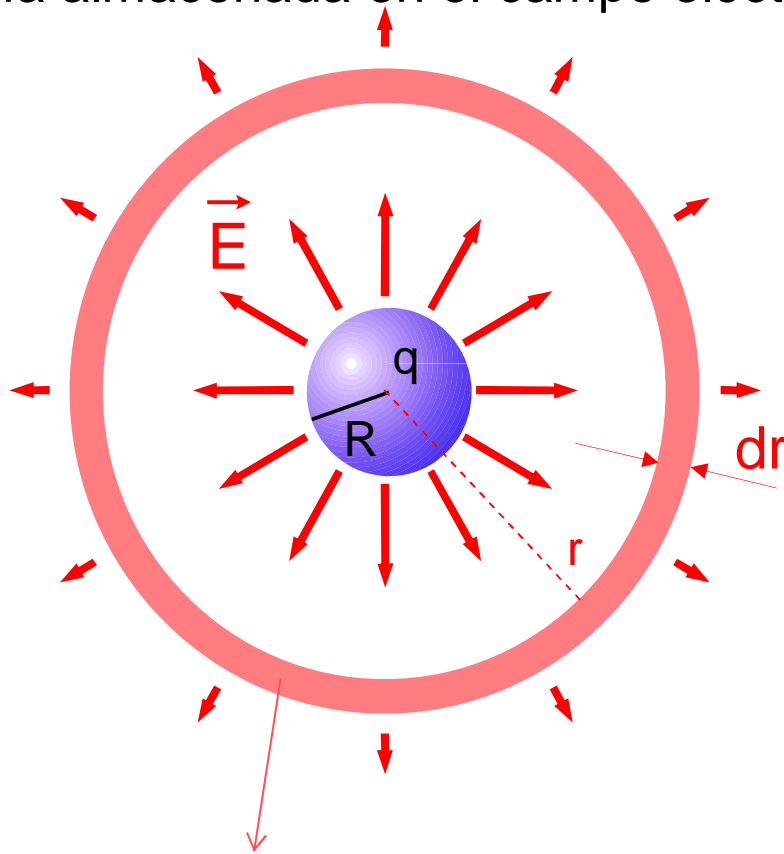
$$u_E = \frac{U}{V} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$U = \int_V u_E dV$$

← Energía eléctrica almacenada en un volumen V donde existe un campo eléctrico E

ENERGÍA DEL CAMPO ELÉCTRICO

ejercicio/ Tenemos una esfera metálica con carga neta q . Determina la energía almacenada en el campo eléctrico generado por la esfera.



$$dV = 4\pi r^2 dr$$

$$dU = u_E dV =$$

$$\frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 4\pi r^2 dr =$$

$$\frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \right)^2 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi \epsilon_0} \frac{dr}{r^2}$$

$$U = \int_R^{\infty} \frac{Q^2}{8\pi \epsilon_0} \frac{dr}{r^2} = \frac{Q^2}{8\pi \epsilon_0 R}$$

¿A qué distancia R' del centro de la esfera estará almacenada la mitad de la energía total?