

Capacidad y dieléctricos

Almacenamiento de carga y
energía electrostática

Esquema

1. CAPACIDAD Y CONDENSADORES
2. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
3. COMBINACIÓN DE CONDENSADORES
4. POLARIZACIÓN.
5. CARGA LIBRE Y CARGA LIGADA.
6. VECTOR DESPLAZAMIENTO ELÉCTRICO.
TEOREMA DE GAUSS.
7. CAPACIDAD Y DIELECTRICOS.

1. Capacidad y condensadores

- Condensador : dispositivo que almacena carga y energía eléctrica.
- Capacidad del condensador → cociente entre carga y voltaje.

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

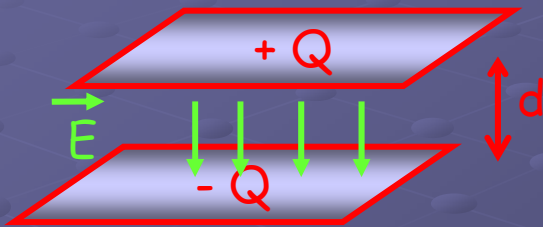
- Unidad → El Faradio

$$[F] = [C/V]$$

- La capacidad depende de la forma, el tamaño y el material del que esta hecho el condensador.

1.2 Ejemplos de condensadores-

● Placas paralelas



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

Campo entre las placas

Diferencia de potencial
Entre las placas

$$V = V^+ - V^- = E d = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$$

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

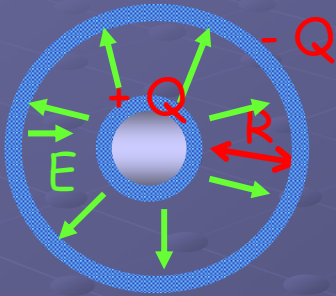
Capacidad

Superficie de las
placas

Permitividad
del vacío

1.2 Ejemplos de condensadores-

● Condensador esférico



Diferencia de potencial
Entre las placas

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

Campo entre las
placas

$$V = V^+ - V^- = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{r_a r_b}{r_b - r_a}$$

Capacidad

Radio interior

Radio exterior

2. Almacenamiento de energía eléctrica

- Energía potencial eléctrica almacenada en el condensador = trabajo realizado para cargarlo.

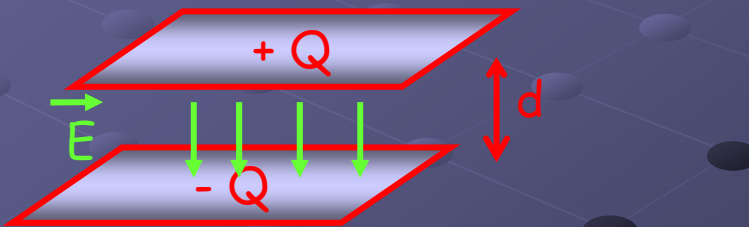
$$dU = V \cdot dQ = \frac{Q}{C} \cdot dQ$$

$$U = \int_0^Q \frac{Q}{C} \cdot dQ = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$

- Descarga del condensador → se recupera la energía como trabajo realizado por las fuerzas eléctricas.
- El condensador almacena carga y energía.

2.1 Densidad de energía eléctrica en el vacío

- Ejemplo: condensador plano → Resultado general.
- Densidad de energía → Energía eléctrica por unidad de volumen.



$$Vol = Ad \quad \rightarrow \quad \text{Volumen}$$

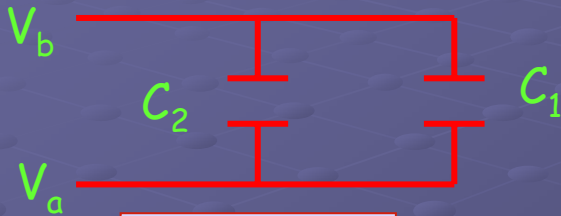
$$U = \frac{1}{2} QV \quad \rightarrow \quad \text{Energía}$$

$$u = \frac{dU}{dVol} = \frac{QV}{2Ad}$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

3. Combinación de condensadores

● PARALELO



$$V = V_b - V_a$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1 V + C_2 V$$

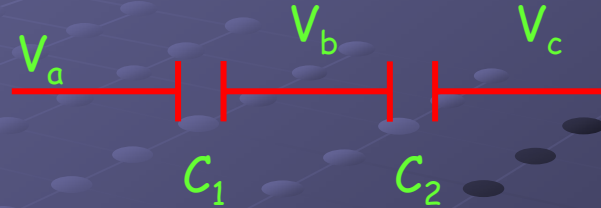
$$Q = (C_1 + C_2) V = C_{eq} V$$

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

● N condensadores

$$C_{eq} = C_1 + \dots + C_N$$

● SERIE



$$V_c - V_a = V_c - V_b + V_b - V_a$$

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

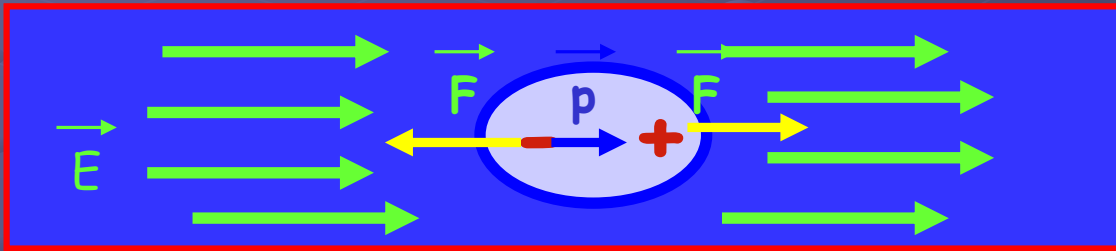
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

● N condensadores

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \dots + \frac{1}{C_N}$$

4.1 Polarización. Dipolos inducidos y orientación.

- Un campo eléctrico externo
 - Induce momentos dipolares



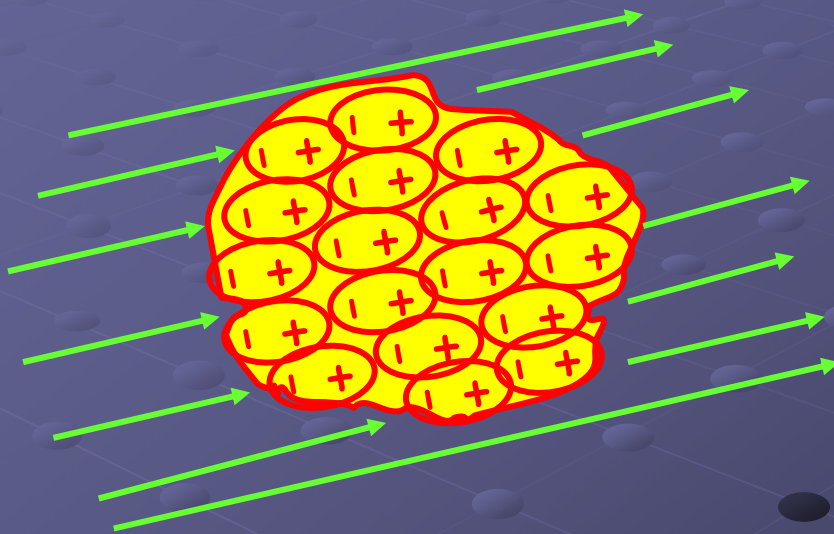
- Orienta dipolos ya existentes

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

- La energía es mínima en la dirección del campo eléctrico \rightarrow el dipolo se orienta.

4.2 Vector polarización.

- Una porción de material no conductor se polariza al aplicar un campo \vec{E} externo



Las moléculas y átomos se convierten en pequeños dipolos

Vector polarización

$$\vec{P} = n\vec{p}$$

Momento dipolar

Nº dipolos por volumen

- La polarización es proporcional al campo aplicado

$$\vec{P} = \chi_e \epsilon_0 \vec{E}$$

Susceptibilidad eléctrica

$$\vec{P} = [Cm^{-2}] \text{ Unidades}$$

5. Carga libre y carga ligada

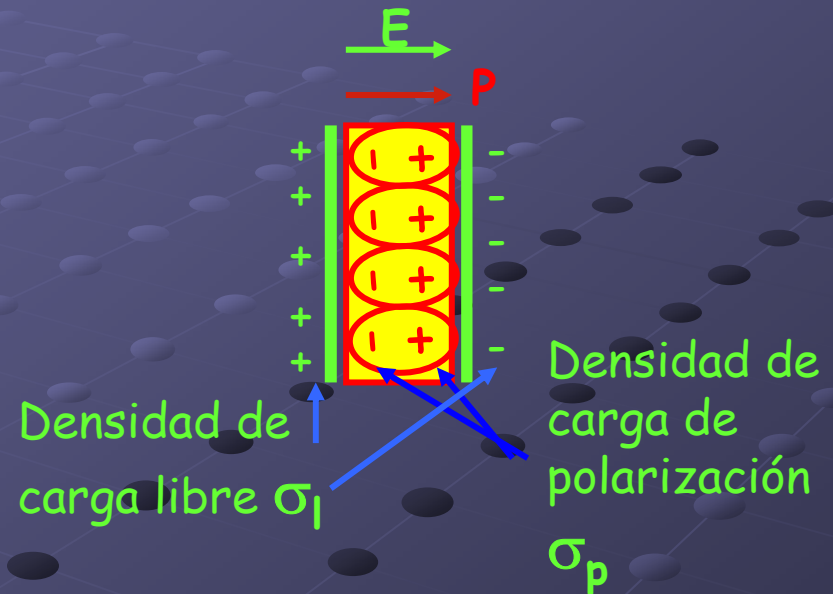
Componentes normales (perp. a las superficies) de los vectores.

$$P_N = \sigma_p$$

$$E_N = \frac{\sigma_{total}}{\epsilon_0}$$

$$\sigma_p = \chi_e \sigma_{total}$$

Carga ligada a átomos y moléculas



$$\sigma_{total} = \sigma_l - \sigma_p$$

6.1 Vector Desplazamiento eléctrico

- Relacionado con la carga libre

$$\sigma_l = \sigma_{total} + \sigma_p$$

$$D_N = \epsilon_0 E_N + P_N$$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \epsilon_0 \chi_e \vec{E} = \epsilon \vec{E}$$

$$\epsilon_0 (1 + \chi_e) = \epsilon$$

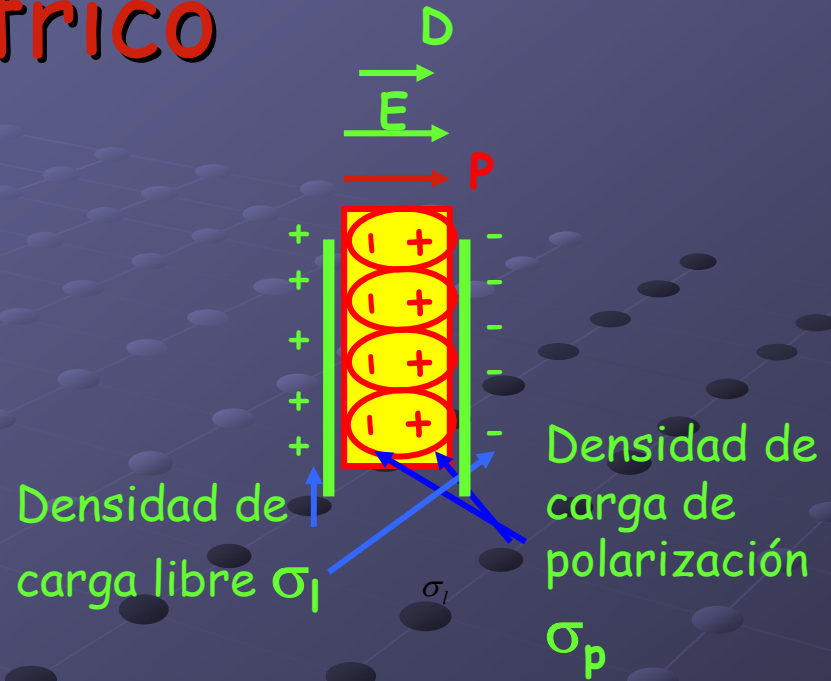
$$(1 + \chi_e) = \epsilon_r$$

Permitividad del medio

Permitividad relativa

$$\sigma_{total} = \sigma_l - \sigma_p$$

$$\sigma_l = \epsilon_r \sigma_{total}$$



6.2 Ley de Gauss general

- El flujo del vector Desplazamiento eléctrico a través de una superficie cerrada es igual a la carga libre encerrada en su interior.

$$\Phi = \oint \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q_{enc}^{libre}$$

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}^{libre}}{\epsilon} = \frac{Q_{enc}^{total}}{\epsilon_0}$$

- La ley de Gauss simplifica los cálculos de campo eléctrico en casos de gran simetría.
- La superficie gaussiana no es una superficie real (es matemática).

7. Capacidad y dieléctricos

● Se reducen

- El campo \vec{E}

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$$

- La diferencia de potencial

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

● Aumenta la capacidad

$$C = \epsilon_r C_0$$

