

## TEMA 2

### 2.3 ENERGÍA ELECTROSTÁTICA Y CAPACIDAD

#### **CONTENIDOS CONCEPTUALES**

1. Capacidad de un Conductor Cargado y Aislado
2. Condensador: Capacidad de un Condensador  
Energía Electroestática almacenada en un Condensador  
Asociación de Condensadores en Serie y en Paralelo  
Combinación en Paralelo  
Combinación en Serie
3. Dieléctricos: Energía almacenada en presencia de un Dieléctrico

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- 1) P.A. Tipler, "Física. Volumen II". 4ª Edición. Ed. Reverté. Barcelona.
- 2) R.A. Serway, "FISICA. Volumen 2". 3ª Edición. Ed. Thomson.

## CAPACIDAD DE UN CONDUCTOR CARGADO Y AISLADO

Se define la **Capacidad** de un conductor aislado como el cociente entre la carga y el potencial:

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

Ejemplo: Conductor esférico.

$$\left. \begin{array}{l} dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} \\ \vec{E} = k \frac{Q}{r^2} \vec{e}_r \end{array} \right\} \Rightarrow V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

$$C = \frac{Q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}} = 4\pi\epsilon_0 r$$

### **Propiedades:**

- Mide la capacidad de almacenar carga para una determinada diferencia de potencial
- Es independiente de la carga y la diferencia de potencial
- Depende del tamaño y la forma del conductor.

### **Unidades (SI):**

Faradio ( $F$ ):  $1F = 1C/V$

## SISTEMA BINARIO: CONDENSADOR

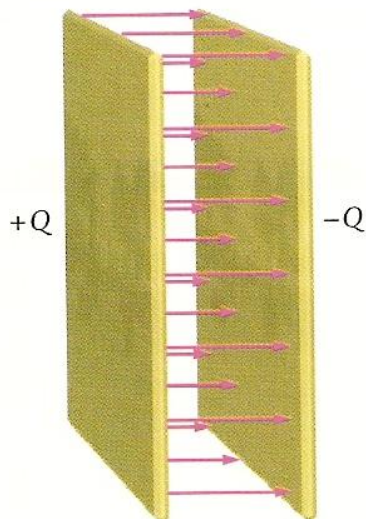
El conjunto de dos conductores A y B iguales y próximos, que reciben cargas iguales y opuestas se denomina **condensador**.

### **CAPACIDAD DE UN CONDENSADOR:**

Se define la **capacidad de un condensador** como el cociente entre la carga de uno de los conductores  $Q$  y la diferencia de potencial  $V_a - V_b = V_{ab}$  entre ellos

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

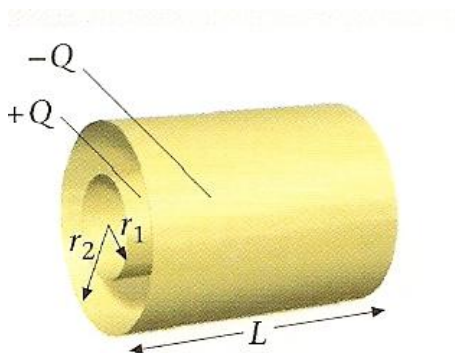
### Condensador de placas paralelas:



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \Rightarrow \Delta V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$$

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

### Condensador cilíndrico:

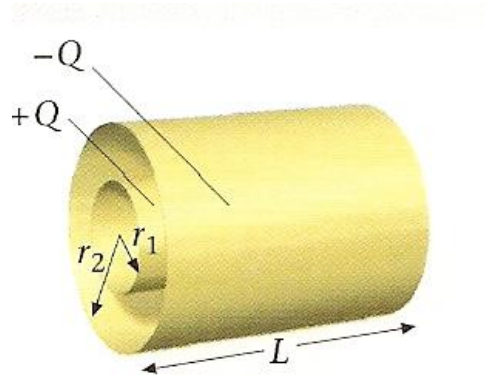


$$E = 2k \frac{\lambda}{r} \Rightarrow \Delta V = -2k\lambda \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

$$\frac{C}{l} = \frac{1}{2k \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

## SISTEMA BINARIO: CONDENSADOR

**Ejercicio:** Un cable coaxial entre dos ciudades tiene un radio interior de 0.8mm y un radio exterior de 6mm. Su longitud es de  $8 \cdot 10^5$  m. Considerar este cable como un condensador cilíndrico y calcular su capacidad.



## ENERGÍA ELECTROESTÁTICA ALMACENADA EN UN CONDENSADOR

Cuando se carga un condensador, se realiza un trabajo del cual parte queda almacenado en forma de energía potencial electrostática.

Cuando la carga almacenada vale  $q$ , al aumentar la carga en  $dq$ , la energía potencial se incrementará en

$$dU = V_{ab} dq = \frac{q}{C} dq$$

Energía potencial total:  $U = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

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

Observación:

La Energía Potencial almacenada en el condensador es la mitad del trabajo realizado por la batería que carga al condensador.

### **DENSIDAD DE ENERGÍA**

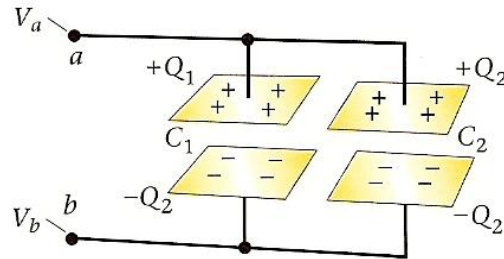
- Es la energía potencial almacenada por el condensador por unidad de volumen.
- Es proporcional al cuadrado del módulo del campo eléctrico entre las placas o cortezas del conductor
- Unidad:  $J/m^3$

Ejemplo: condensador de placas plano paralelas

$$u = \frac{\frac{1}{2} QV_{ab}}{Ad} \Rightarrow u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

# ASOCIACIÓN DE CONDENSADORES

## COMBINACIÓN EN PARALELO



### Propiedades:

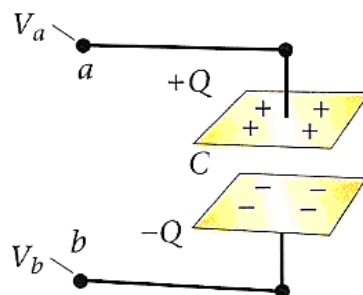
- La diferencia de potencial es la misma entre las placas de cada condensador.
- La carga total almacenada es  $Q = Q_1 + Q_2$  con

$$Q_1 = C_1 \Delta V$$

$$Q_2 = C_2 \Delta V$$

Capacidad equivalente: El condensador equivalente debe almacenar una carga igual a la carga total  $Q$  cuando se le aplica la diferencia de potencial  $V_{ab} = V_a - V_b$

$$Q = C_{eq} \Delta V$$



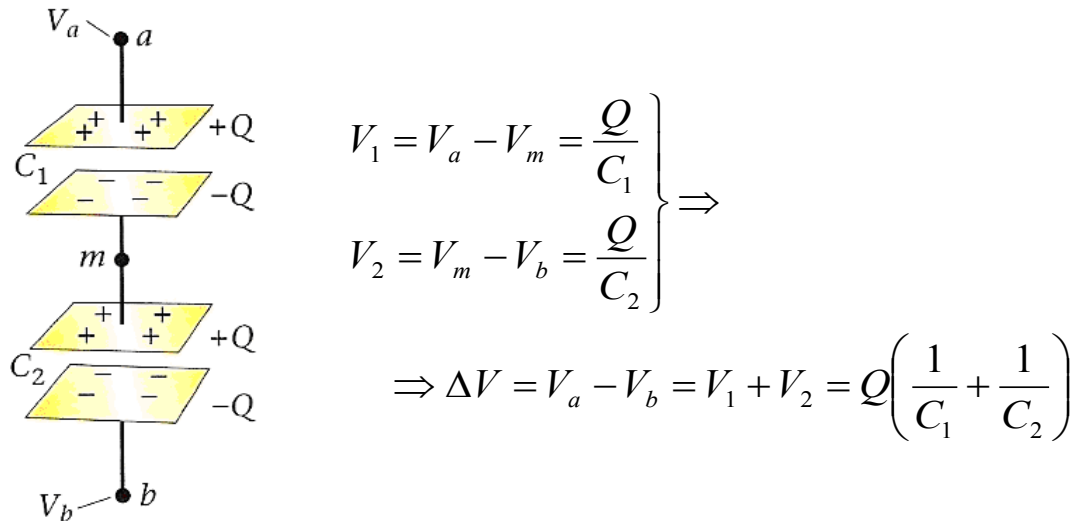
$$C_{eq} \Delta V = C_1 \Delta V + C_2 \Delta V \Rightarrow C_{eq} = C_1 + C_2$$

En general:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

# ASOCIACIÓN DE CONDENSADORES

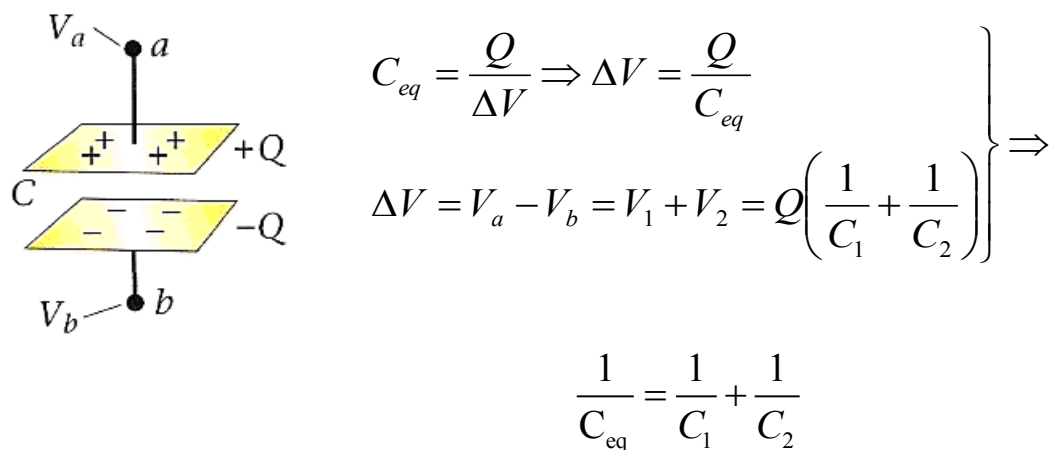
## COMBINACIÓN EN SERIE



### Propiedades:

- La carga almacenada es igual en todas las placas
- La diferencia de potencial a través de la combinación es la suma de las diferencias de potencial a través de los condensadores individuales.

### Capacidad equivalente:



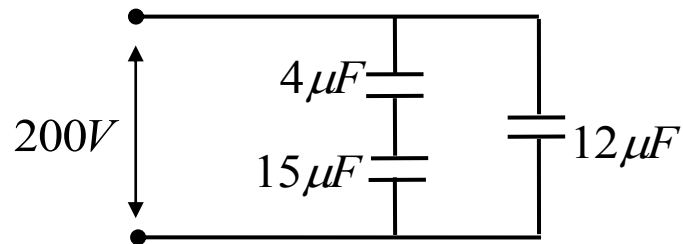
En general:

$$\boxed{\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots}$$

## ASOCIACIÓN DE CONDENSADORES

**Problema:** Calcular para el dispositivo

- a) La capacidad total efectiva entre los terminales
- b) La carga almacenada en cada uno de los condensadores
- c) La energía total almacenada

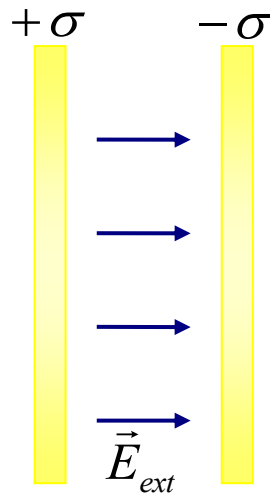




# DIELÉCTRICOS

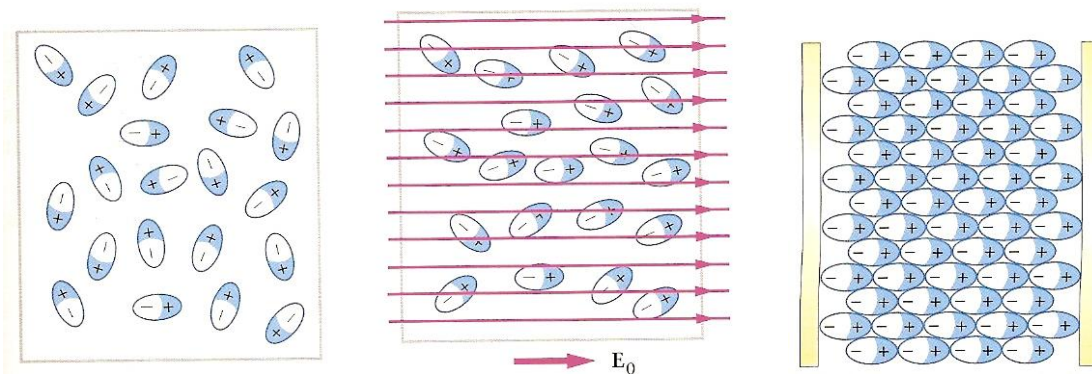
## **DIELÉCTRICOS O AISLANTES:**

Son materiales en cuyo interior no existen cargas libres



$$|\vec{E}_{ext}| = E_{ext} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

## **CAMPO ELÉCTRICO EN UN DIELÉCTRICO**



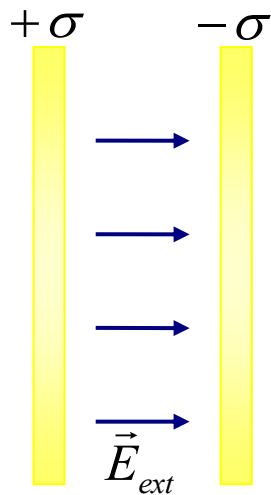
$$\vec{E}_{int} = \vec{E}_{ext} - \vec{E}_{ind} \neq 0$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{int} = \frac{E_{ext}}{\kappa} = \frac{\sigma}{\kappa \epsilon_0} \\ \epsilon = \kappa \epsilon_0 \end{array} \right\} \Rightarrow E_{int} = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

# DIELÉCTRICOS

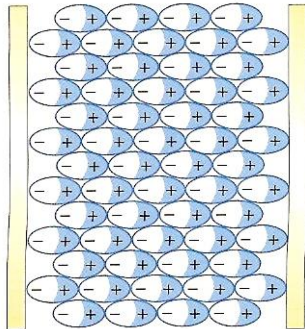
## DIELÉCTRICO EN UN CONDENSADOR:

Capacidad de un condensador de placas plano paralelas en el vacío:



$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{A} \\ C_{\text{vacío}} &= \frac{Q}{V_{ab}} = \frac{Q}{Ed} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{\text{vacío}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Capacidad de un condensador de placas plano paralelas en un medio dieléctrico:



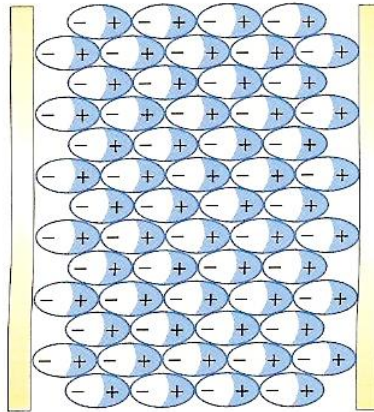
$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{\sigma}{\kappa \epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon} \frac{Q}{A} \\ C_{\text{dieléctrico}} &= \frac{Q}{Ed} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{\text{dieléctrico}} = \epsilon \frac{A}{d}$$

Efecto del Dieléctrico en la Capacidad del Condensador:

$$\left. \begin{aligned} C_{\text{vacío}} &= \epsilon_0 \frac{A}{d} \\ C_{\text{dieléctrico}} &= \epsilon \frac{A}{d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{C_{\text{dieléctrico}}}{C_{\text{vacío}}} = \frac{\epsilon_0 \frac{A}{d}}{\epsilon \frac{A}{d}} = \frac{\epsilon_0}{\epsilon} = \kappa$$

# DIELÉCTRICOS

## ENERGÍA ALMACENDA EN UN CONDENSADOR EN PRESENCIA DE UN DIELÉCTRICO:



$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 \\ C &= \epsilon \frac{A}{d} \\ V &= Ed \end{aligned} \right\} \Rightarrow U = \frac{1}{2} \epsilon E^2 (Ad)$$

### Densidad de energía:

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

**Ejercicio:** Determinar la capacidad del condensador:

