



Universidad Don Bosco
Departamento de Ciencias Básicas
Ciclo 02 – 2021
Semana 8

Electricidad y Magnetismo

UNIDAD III: CAPACITANCIA Y DIELECTRICOS.

3.4 Energía almacenada en un capacitor.

3.4.1 Densidad de energía.

3.5 Capacitores con dieléctrico.

3.5.1 Constante dieléctrica.

3.5.2 Efectos del dieléctrico sobre la capacitancia, el campo eléctrico, la carga y la energía en un capacitor.

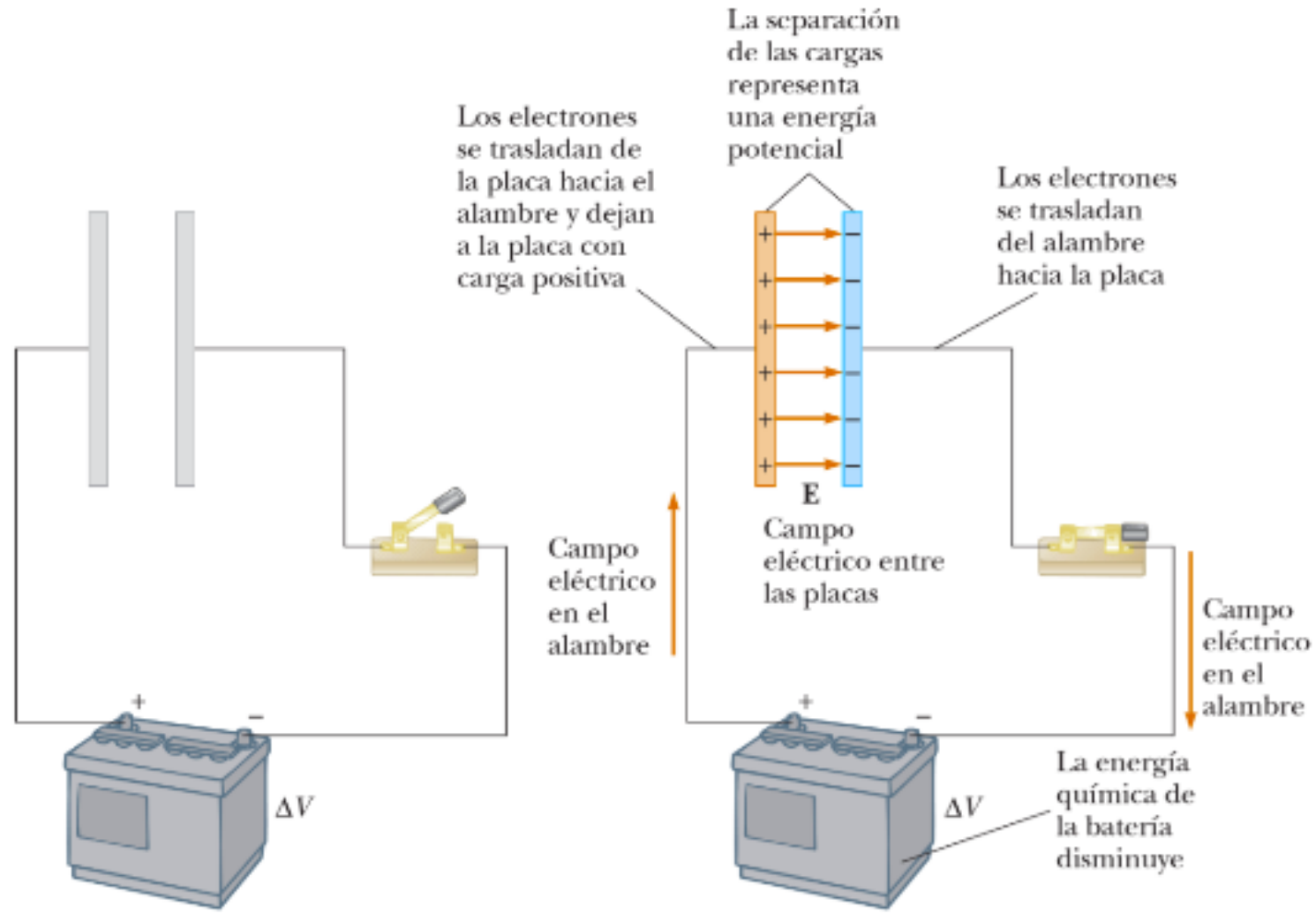
3.6 Descripción microscópica de los dieléctricos.

3.6.1 Dieléctricos polares y dieléctricos no polares.

3.6.2 Proceso de polarización.

3.7 Cálculos de capacitancia, carga eléctrica, diferencia de potencial, campo eléctrico y energía en un capacitor con dieléctrico.

Energía almacenada en un capacitor.



- El trabajo total requerido para cargar el capacitor desde $q=0$ hasta una carga final $q=Q$ es:

$$dW = \Delta V dq = \frac{q}{C} dq$$

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{C} \int_0^Q q dq = \frac{Q^2}{2C}$$

“El trabajo invertido al cargar el capacitor se presenta como una energía potencial eléctrica U almacenada en el mismo”

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}Q \Delta V = \frac{1}{2}C(\Delta V)^2$$

- Este resultado es aplicable a cualquier capacitor, sea cual fuere su geometría.

Densidad de Energía.

- Sabemos que la energía almacenada es igual a:

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

- Sustituyendo el valor de la capacitancia y la diferencia de potencial producida por dos placas planas se obtiene:

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

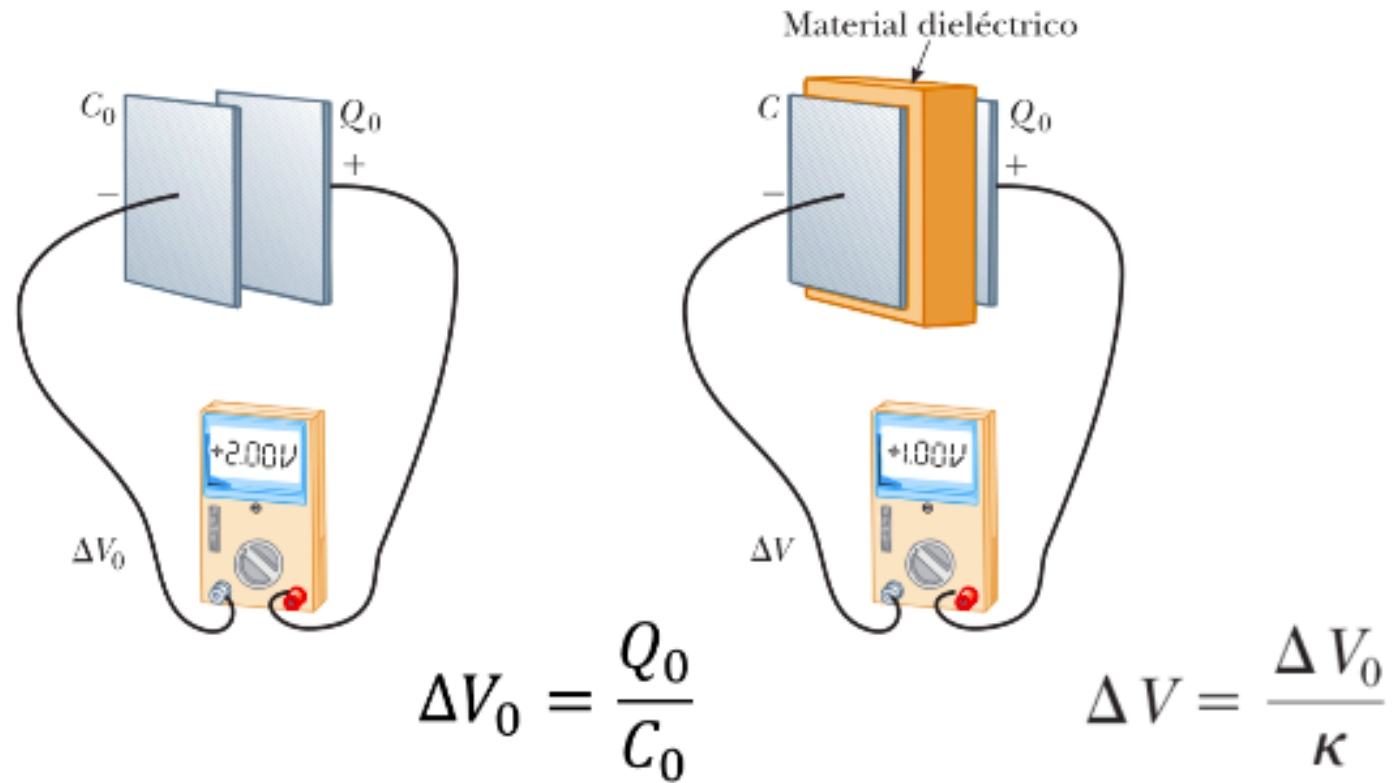
Densidad de energía: es la energía por cada unidad de volumen.

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

Aunque la ecuación fue deducida para un capacitor de placas paralelas, esta expresión es válida de manera general. (u_E es proporcional al cuadrado de la magnitud del campo eléctrico)

Capacitores con dieléctrico.

Experimento de Faraday



Efectos del Dieléctrico.

- El factor adimensional k se llama constante dieléctrica del material. La constante dieléctrica varía de un material a otro y siempre es mayor o igual a 1.

$$\Delta V = \frac{\Delta V_0}{\kappa}$$

- Ya que la carga Q_0 en el capacitor no cambia, la capacitancia debe cambiar al valor:

$$C = \frac{Q_0}{\Delta V} = \frac{Q_0}{\Delta V_0 / \kappa} = \kappa \frac{Q_0}{\Delta V_0}$$

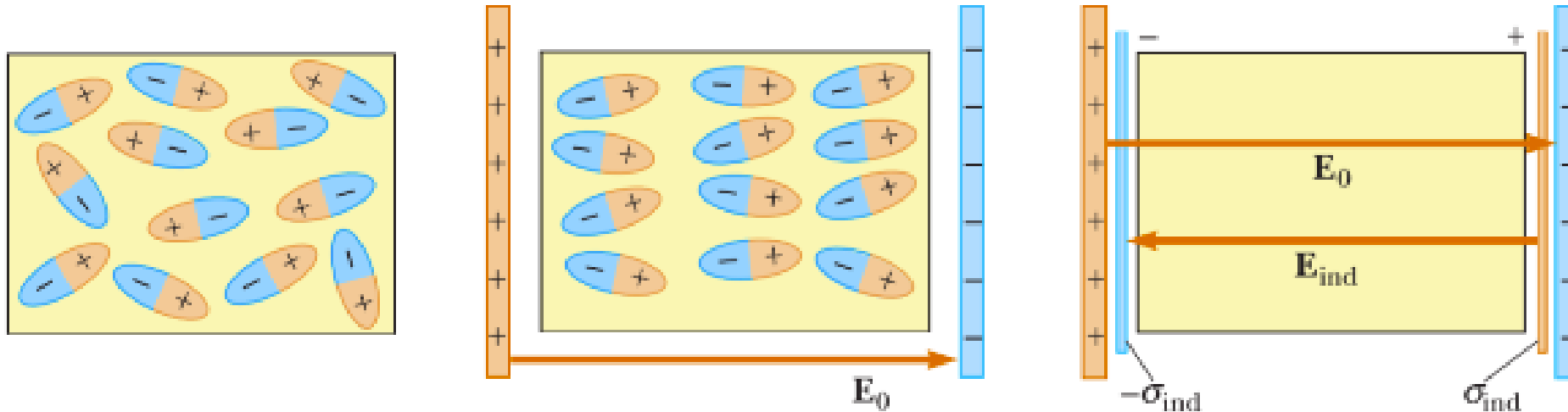
$$C = \kappa C_0$$

¿Qué es el voltaje de servicio, voltaje de ruptura o tensión nominal?

Cuando se inserta un material dieléctrico entre las placas de un capacitor al mismo tiempo que la carga se mantiene constante, la diferencia de potencial entre aquellas disminuye en un factor K . Por lo tanto, el campo eléctrico entre las placas debe disminuir en el mismo factor...

$$\vec{\mathbf{E}} = \frac{\vec{\mathbf{E}}_0}{K}$$

■ CARGA INDUCIDA Y POLARIZACIÓN.



$$E = E_0 - E_{ind} \longrightarrow \frac{\sigma}{\kappa \epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_{ind}}{\epsilon_0} \longrightarrow \sigma_{ind} = \left(\frac{\kappa - 1}{\kappa} \right) \sigma$$

σ = densidad de carga libre en las placas

σ_i = densidad de carga inducida superficial (en el dielectrico)

TABLAS DE CONSTANTE DIELECTRICA

CONSTANTES DIELECTRICAS	
MATERIAL	CONSTANTE DIELECTRICA
Aire	1.00059
Acelte de Castor	4.7
Vidrio (Común)	4.2
Cristal	7
Mica	7
Papel	2 a 3.4
Porcelana	5.5
Cuarzo	4.5
Vacio	1.0
Agua destilada	81

Material	Constante dieléctrica κ	Intensidad dieléctrica ^a (10^6 V/m)
Aceite de silicón	2.5	15
Agua	80	—
Aire (seco)	1.000 59	3
Baquelita	4.9	24
Cloruro de polivinilo	3.4	40
Cuarzo fundido	3.78	8
Hule de neopreno	6.7	12
Mylar	3.2	7
Nylon	3.4	14
Papel	3.7	16
Papel impregnado en parafina	3.5	11
Poliestireno	2.56	24
Porcelana	6	12
Teflón	2.1	60
Titanato de estroncio	233	8
Vacio	1.000 00	—
Vidrio pirex	5.6	14

^a La resistencia dieléctrica es igual al campo eléctrico máximo que puede existir en un dieléctrico sin que se rompa el aislamiento. Observe que estos valores dependen en gran medida de si existen o no impurezas o defectos en los materiales.

Características de un Dieléctrico.

- Es un aislante o no conductor.
- Mantiene la separación entre las placas.
- Incrementa el voltaje máximo de operación.
- Incrementa la capacitancia.

- Desconectado de una batería o fuente.

- $C = kC_0$

- $\Delta V = \frac{\Delta V_0}{k}$

- $E = \frac{E_0}{k}$

- $Q = Q_0$

- Conectado a una batería o fuente.

- $C = kC_0$

- $\Delta V = \Delta V_0$

- $E = E_0$

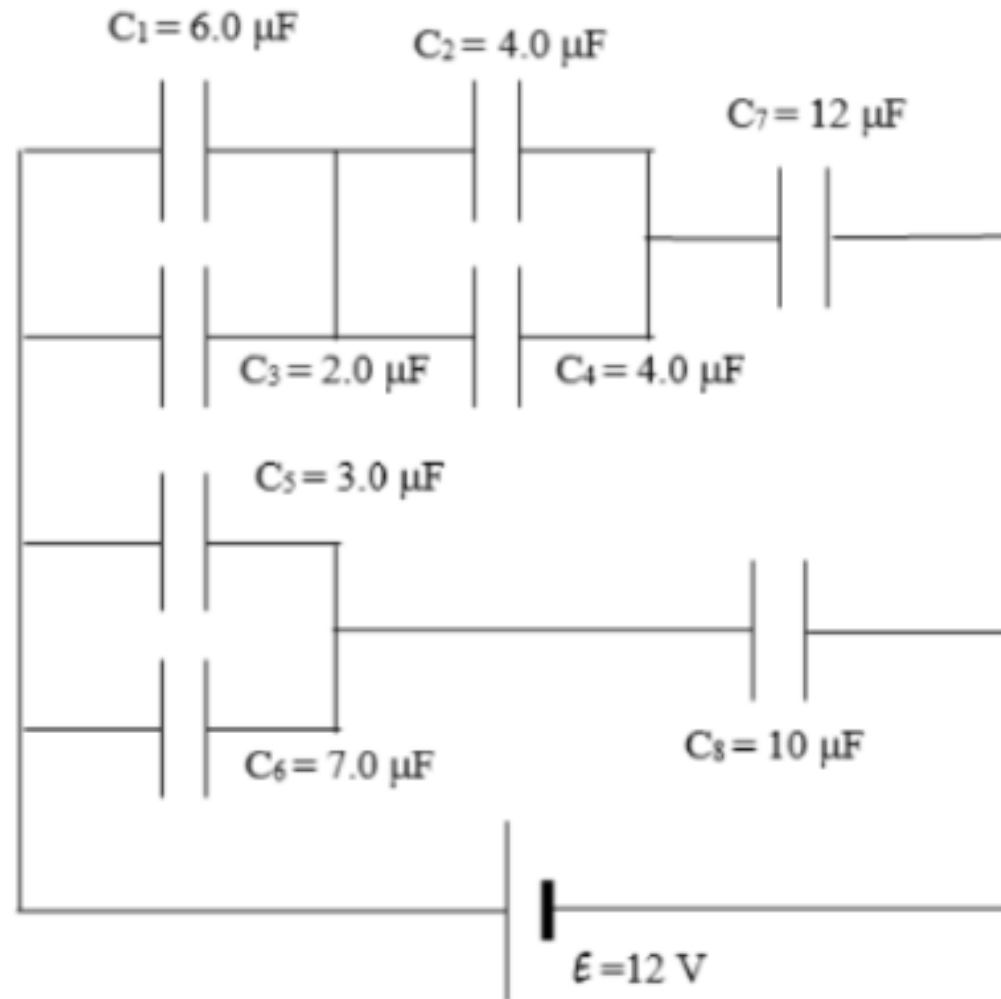
- $Q = kQ_0$

$$E = E_0 - E_{\text{ind}} \longrightarrow \frac{\sigma}{\kappa \epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_{\text{ind}}}{\epsilon_0} \longrightarrow \sigma_{\text{ind}} = \left(\frac{\kappa - 1}{\kappa} \right) \sigma$$

Asignación 1.

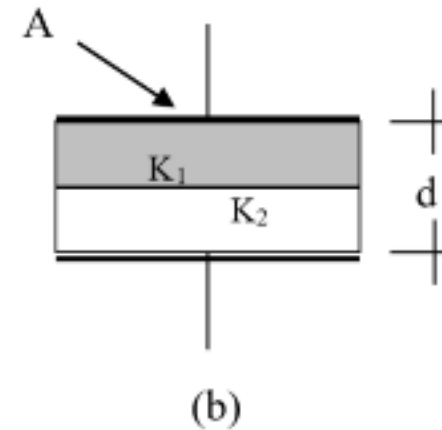
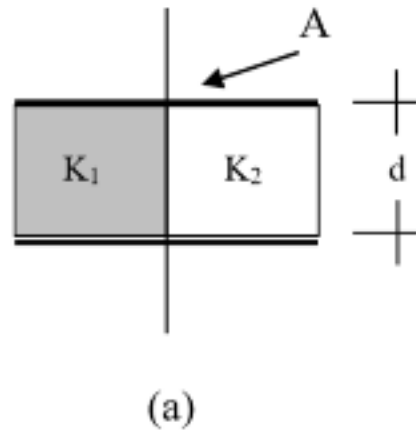
Para el circuito mostrado a continuación:

- Encuentre la capacitancia equivalente vista desde la fuente de voltaje.
- Calcule la carga y el voltaje de cada uno de los capacitores.



Asignación 2.

D3.P22 Dos dieléctricos diferentes llenan el espacio entre las placas de los capacitores que se muestran en las figuras (a) y (b). El área de las placas de los capacitores es A y su separación es d . Obtenga una expresión para la capacitancia C de cada uno de dichos capacitores en términos de K_1 , K_2 , A y d .



Asignación 3.

D3.P20 Las placas paralelas de un capacitor tienen un área de 600 cm^2 y están separadas 4 mm . El capacitor se carga hasta 100 V y luego se desconecta de la fuente de energía.

- (a) Determinar el valor de E , σ y U .
- (b) Si en las condiciones anteriores se coloca un dieléctrico de $K = 4$ que lo llena completamente, hallar de nuevo E , la diferencia de potencial V , la energía U almacenada y la densidad de carga en el dieléctrico, σ' .

R/ a) $E = 2.5 \times 10^4 \text{ V/m}$, $\sigma = 2.21 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$ y $U = 6.64 \times 10^{-7} \text{ J}$.

b) $E = 6.25 \text{ kV/m}$, $U = 1.66 \times 10^{-7} \text{ J}$ y $\sigma' = 1.66 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$.

Asignación 4.

D3.P21 Un capacitor de placas paralelas tiene placas de 0.118 m^2 de área y una separación de 1.22 cm . Una batería carga las placas a una diferencia de potencial de 120 V y luego se desconecta. Una lámina de material dieléctrico de 4.30 mm de espesor y constante dieléctrica de 4.80 se coloca simétricamente entre las placas.

- (a) Determine la capacitancia del capacitor sin dieléctrico.
- (b) Calcule la capacitancia del capacitor con dieléctrico.
- (c) Obtenga la carga libre antes y después de haber colocado el dieléctrico.
- (d) Determine el campo eléctrico en el espacio sin dieléctrico.
- (e) Hallar el campo eléctrico en el dieléctrico.
- (f) Determinar la diferencia de potencial entre las placas del capacitor con dieléctrico.
- (g) Calcular el trabajo externo realizado al insertar el dieléctrico