CLASE 8

CAPACITORES Y DIELÉCTRICOS

CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA

RESUMEN

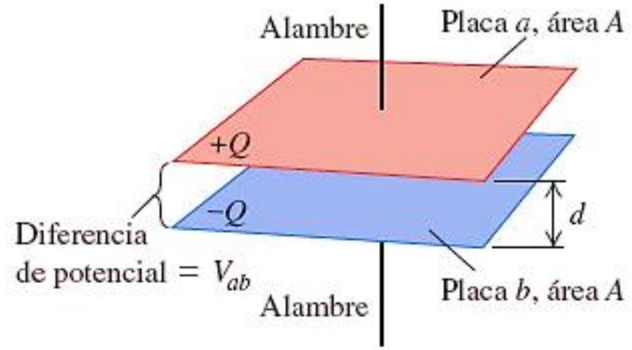
CONDENSADOR ELÉCTRICO (CAPACITOR) Y CAPACITANCIA

*Un condensador es un **dispositivo** eléctrico pasivo el cual debido a una diferencia de potencial (fuente) **almacena carga** (como energía) debido a la presencia de un campo eléctrico* $\vec{\boldsymbol{E}}$**.**

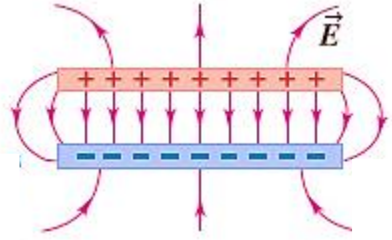
$$\boldsymbol{C = \frac{Q}{V_{ab}}}$$

$\boxed{\text{SI} = 1\ \text{F} = 1\ \frac{\text{C}}{V}}$

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$



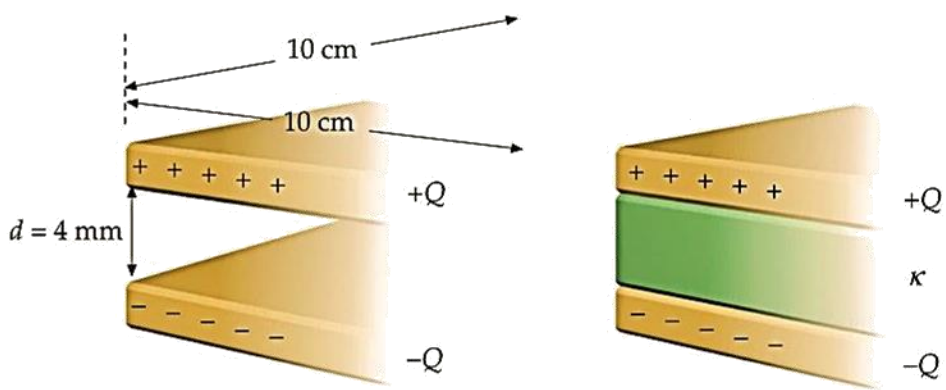
$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV$$



DIELÉCTRICOS

Un dieléctrico es **un material no conductor** (vidrio, papel, madera, plástico). Cuando un dieléctrico se inserta entre las placas de un capacitor, tendrá las siguientes funciones:

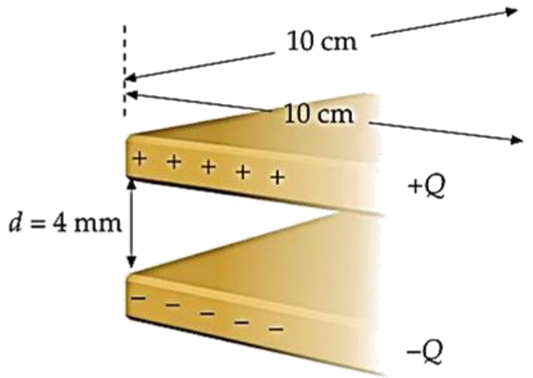
- ✓ *da el soporte mecánico que permite mantener alas placas separadas una distancia pequeña sin tocarse*
- ✓ *incrementa al máximo posible la diferencia de potencial entre las placas del capacitor y, por lo tanto, almacena cantidades más grandes de carga y energía*
- ✓ *incrementa la capacitancia*



κ *es la constante dieléctrica*

DIELÉCTRICOS

✓ *consideramos un capacitor cargado aislado y sin dieléctrico entre sus placas*

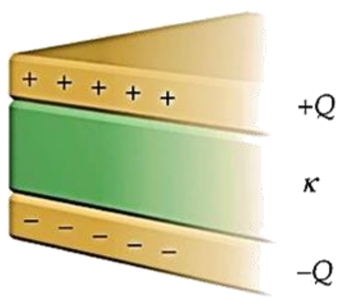


✓ *introducimos una pastilla de dieléctrico*

✓ *campo eléctrico original* E_0

$$\boldsymbol{E = \frac{E_0}{\kappa}}$$

donde $\boldsymbol{\kappa}$ *es la constante dieléctrica*



✓ *la diferencia de potencial entre sus placas es*

$$V = Ed$$

✓ *reemplazamos E y tenemos*

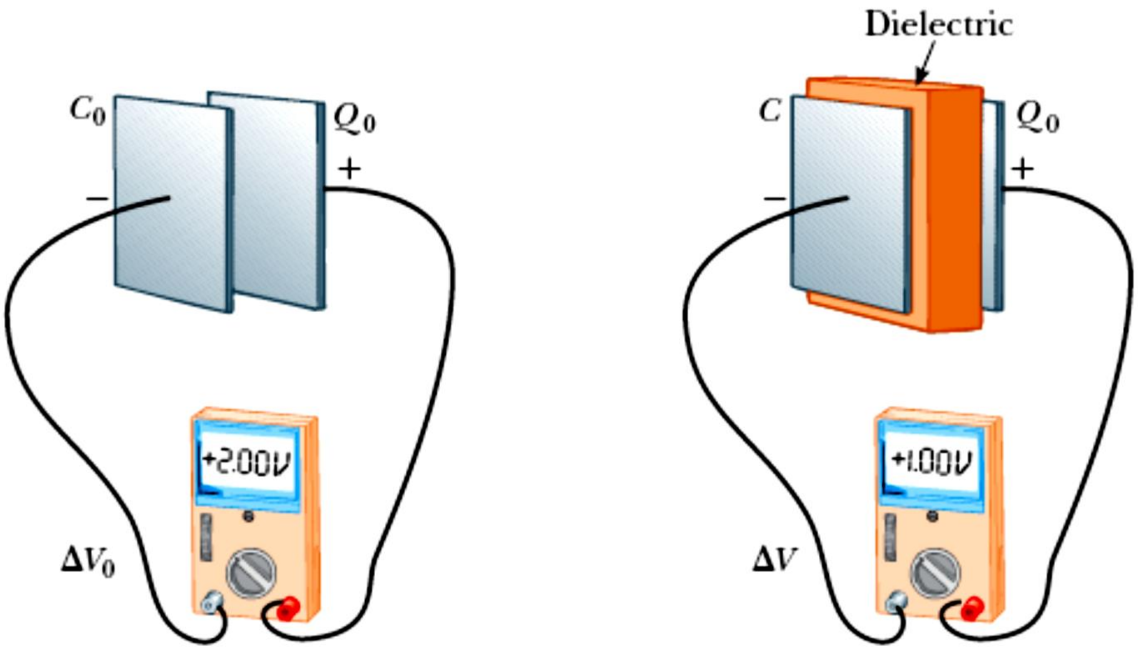
$$\boldsymbol{V = Ed = \frac{E_0 d}{\kappa} = \frac{V_0}{\kappa}}$$

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

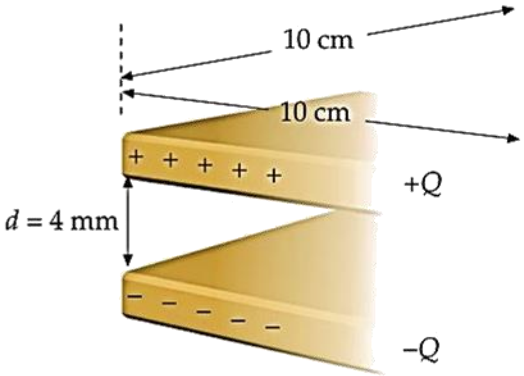
$$\boldsymbol{V = Ed = \frac{E_0 d}{\kappa} = \frac{V_0}{\kappa}}$$

donde V es la diferencia de potencial con dieléctrico y V_o, sin dieléctrico

Efecto de un dieléctrico entre las placas paralelas de un capacitor. a) Con una carga dada, la diferencia de potencial es V_0. b) Con la misma carga pero con un dieléctrico entre las placas, la diferencia de potencial V es menor que V_0.



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



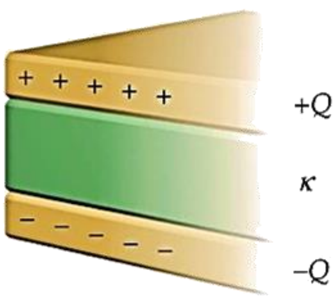
$$\boldsymbol{V = Ed = \frac{E_0 d}{\kappa} = \frac{V_0}{\kappa}}$$

donde V es la diferencia de potencial con dieléctrico y V_o, sin dieléctrico

✓ *la nueva capacitancia será*

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

✓ *reemplazamos V y tenemos*

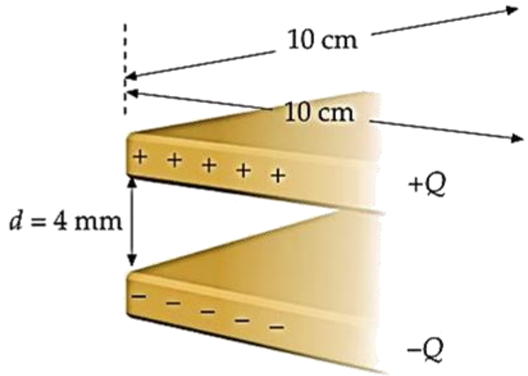


$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{V_0}{\kappa}} = \kappa \frac{Q}{V_0}$$

$$\boldsymbol{C = \kappa C_0}$$

donde $C_0 = \frac{Q}{V_0}$ es la capacitancia sin dieléctrico

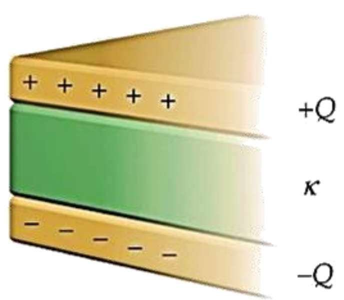
$$C = \kappa C_0$$



donde $C_0 = \frac{Q}{V_0}$ es la capacitancia sin dieléctrico

✓ *recordemos la expresión de C*

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$



✓ *entonces,*

$$C = \kappa C_0 = \kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} = \epsilon \frac{A}{d}$$

$\epsilon = \kappa\epsilon_0$ ***permitividad del dieléctrico***

SI = $C^2/N \cdot m^2$

RUPTURA DIELÉCTRICA

Muchos materiales no conductores se ionizan en campos eléctricos muy altos y se convierten en conductores. Este fenómeno, llamado **ruptura dieléctrica**, tiene lugar cuando la intensidad del campo eléctrico es de $3x10^{6}$V/m.

La intensidad del campo eléctrico para el cual tiene lugar la ruptura dieléctrica de un material se denomina **resistencia dieléctrica (rigidez dieléctrica)** de dicho material (aire 3MV/m).)

La descarga a través del aire resultante de la ruptura dieléctrica se denomina **descarga en arco**.

Constantes dieléctricas y resistencias a la ruptura dieléctrica de diversos materiales

Material	Constante diéléctrica κ	Resistencia del dieléctrico kV/mm
aire	1.00059	3
baquelita	4.9	24
mica	5.4	10-100
papel	3.7	16
poliestireno	2.55	24
porcelana	7	5.7
vidrio (Pyrex)	5.6	14

¿V?

ENERGÍA ALMACENADA EN PRESENCIA DE UN DIELÉCTRICO

✓ *conocemos que la energía potencial almacenada en el condensador*

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

✓ *si expresamos C en función del área y la separación entre las placas, y V en función del campo eléctrico y la separación de las placas,*

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \epsilon\,\frac{A}{d} \qquad\qquad V = Ed$$

✓ *reemplazando en U,*

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\left(\epsilon\,\frac{A}{d}\right)(Ed\,) = \frac{1}{2}\epsilon E^2(Ad)$$

volumen *entre las placas que contienen el E*

La energía por unidad de volumen es la **densidad de energía $\boldsymbol{u_e}$** es , por lo tanto,

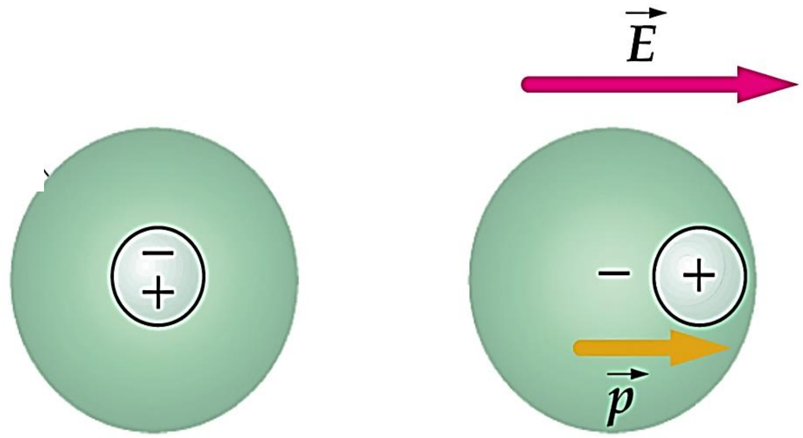
$$\boldsymbol{u_e} = \frac{energía}{volumen} = \frac{1}{2}\epsilon E^2 = \frac{1}{2}\kappa\epsilon_0 E^2$$

ESTRUCTURA MOLECULAR DE UN DIELÉCTRICO

Cuando un dieléctrico se sitúa en el campo de un capacitor, sus moléculas se polarizan de tal modo que se produce un *momento dipolar neto* paralelo al campo.

Aunque los átomos y las moléculas son eléctricamente neutros, se ven afectados por los campos eléctricos debido a que contienen cargas positivas y negativas que pueden responder a los campos externos.

- ✓ *distribuciones de carga de una molécula no polar en ausencia y en presencia de un campo eléctrico* $\vec{\boldsymbol{E}}$ *externo*



- ✓ *los centros de carga se desplazan*

se produce un momento dipolar $\vec{\boldsymbol{p}}$ *inducido*

La molécula está ***polarizada*** *y se comporta como un* ***dipolo eléctrico***

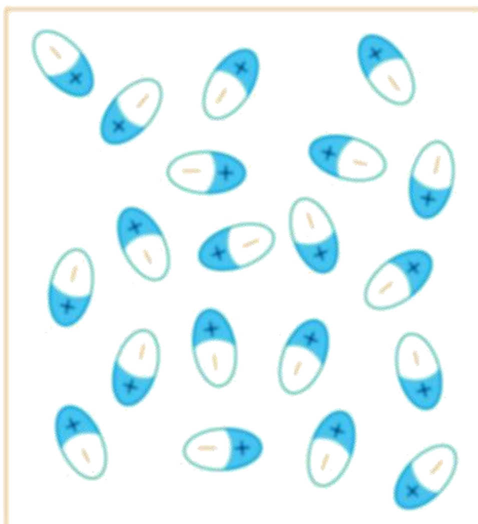
¿qué pasa cuando un dieléctrico se coloca en el campo de un condensador?

¿qué pasa cuando un dieléctrico se coloca en el campo de un condensador?

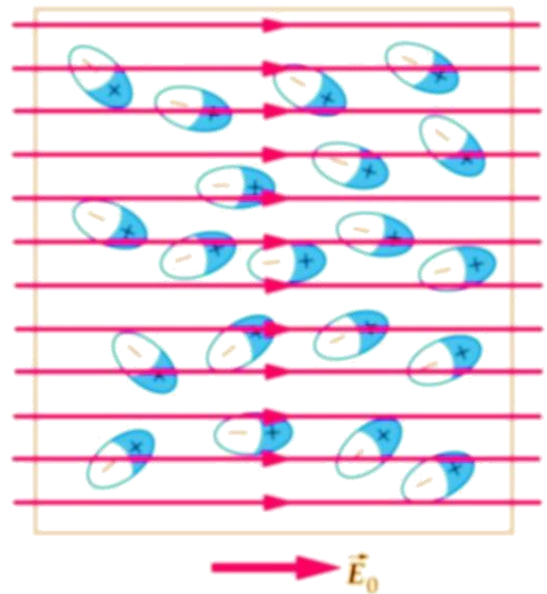
✓ *si las moléculas son **polares**, sus momentos dipolares tienden a **alinearse** con el campo*

✓ *si las moléculas **no son polares**, el campo **induce momentos dipolares** que son **paralelos** al campo.*

en ausencia de $\vec{E}$ externo



en presencia de $\vec{E}$ externo

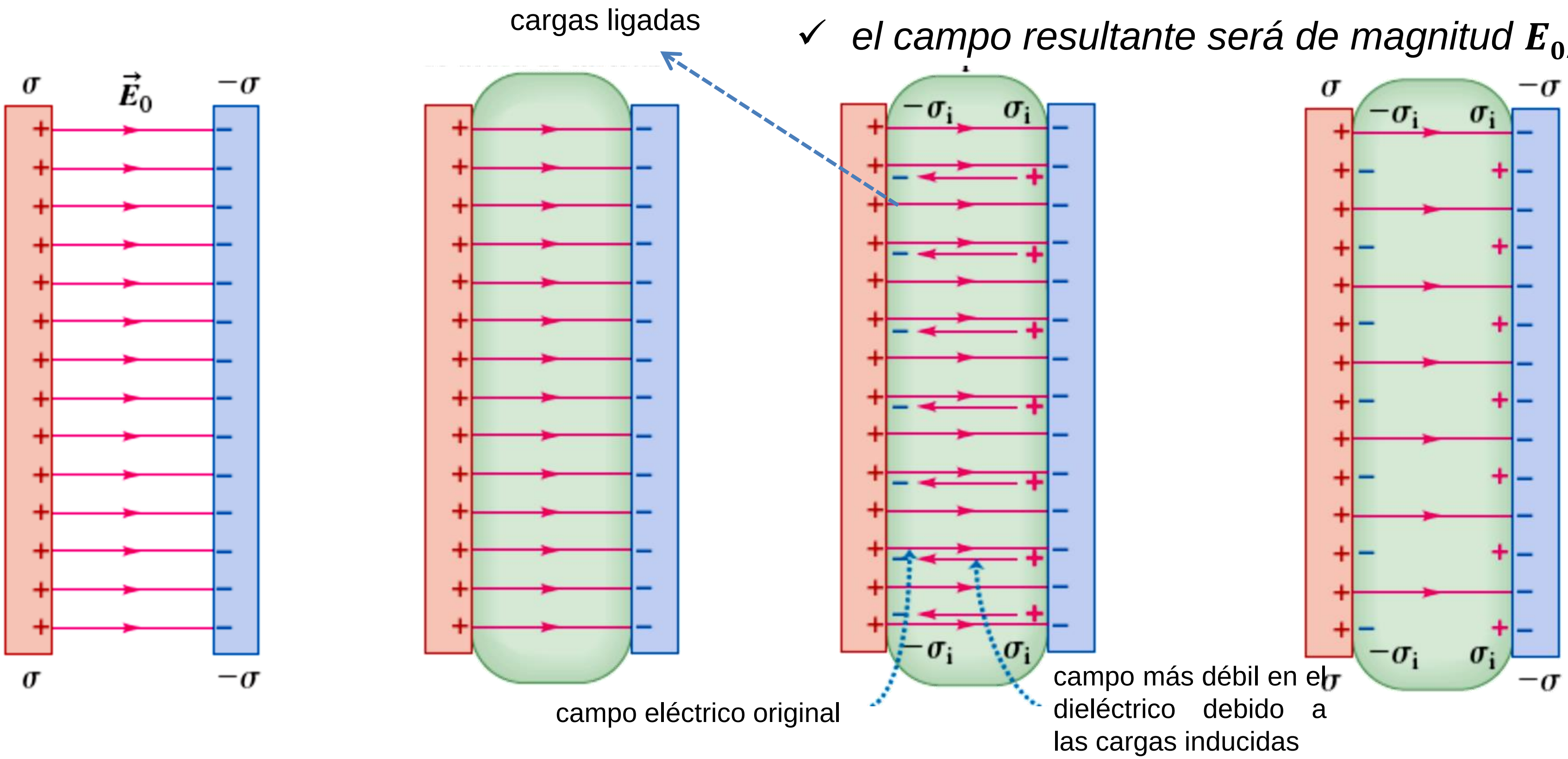


*Las moléculas del dieléctrico se p**olarizan** en la **dirección del campo externo***

¿qué pasa en un capacitor con dieléctrico?

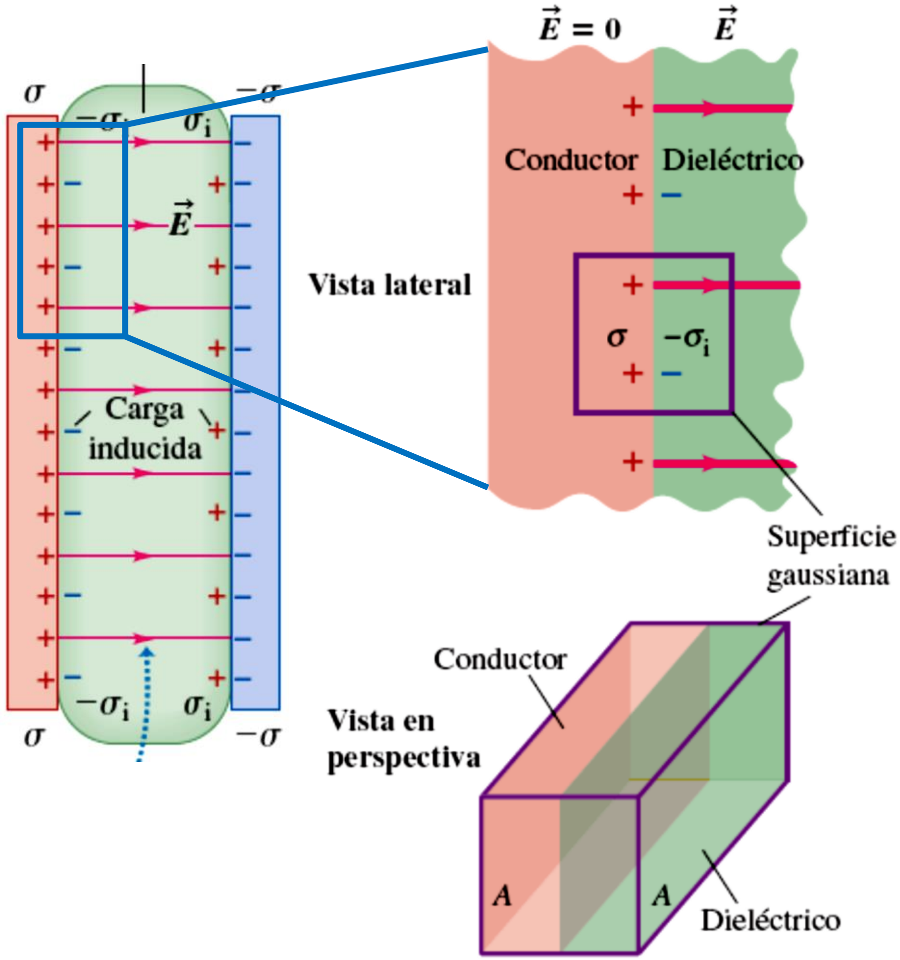
Analicemos el comportamiento de un dieléctrico cuando se inserta en el campo entre un par de placas de capacitor con cargas opuestas.

- ✓ *campo eléctrico de magnitud E_0 entre dos placas con carga*
- ✓ *se introduce un dieléctrico con constante dieléctrica k*
- ✓ *las **cargas superficiales inducidas** crean un campo*
- ✓ *el campo resultante será de magnitud $\boldsymbol{E_0}/\kappa$*



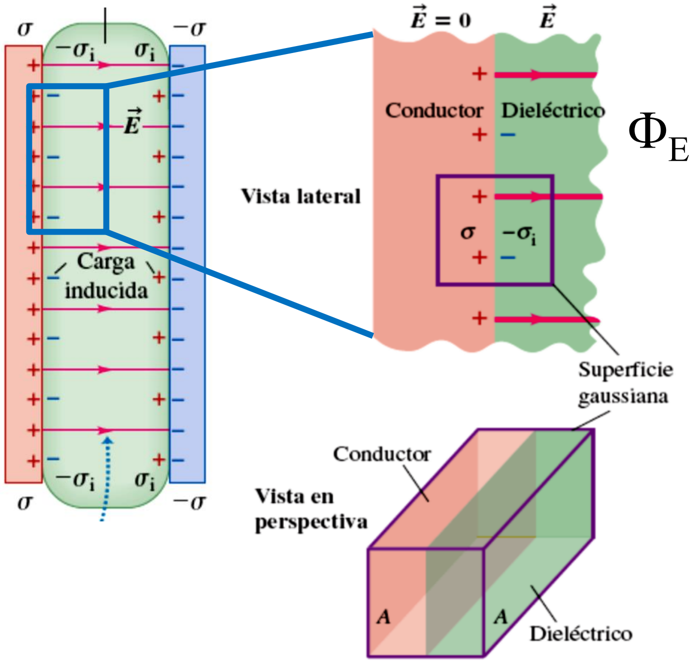
*El **campo eléctrico neto** entre las placas se **debilita***

LEY DE GAUSS CON UN DIELÉCTRICO



- ✓ *tenemos un capacitor con dieléctrico*
- ✓ *analizamos la pared izquierda del capacitor/dieléctrico*
- ✓ *elegimos una superficie gaussiana que es una caja rectangular*
- ✓ *área A*
- ✓ $\vec{E} = 0\ (\text{cond}); \vec{E}$ (diel)
- ✓ $Q_{enc} = (\sigma - \sigma_i)A$
- ✓ *la ley de Gauss dice*

$$\Phi_E = \oint \overrightarrow{E_i} \cdot \hat{n}_i dA = \oint E cos\theta dA = \oint E_n dA = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}$$



$$\Phi_E = \oint \overrightarrow{E_i} \cdot \widehat{n_i} dA = \oint E cos\theta dA = \oint E_n dA = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}$$

$$Q_{enc} = (\sigma - \sigma_i)A$$

- ✓ σ_i *es la densidad de carga inducida*
- ✓ *recordemos que la magnitud del* $\overrightarrow{E}$ *será igual a:*

$$E = \frac{\sigma_{net}}{\epsilon_0}$$

- ✓ *E sin y con dieléctrico*

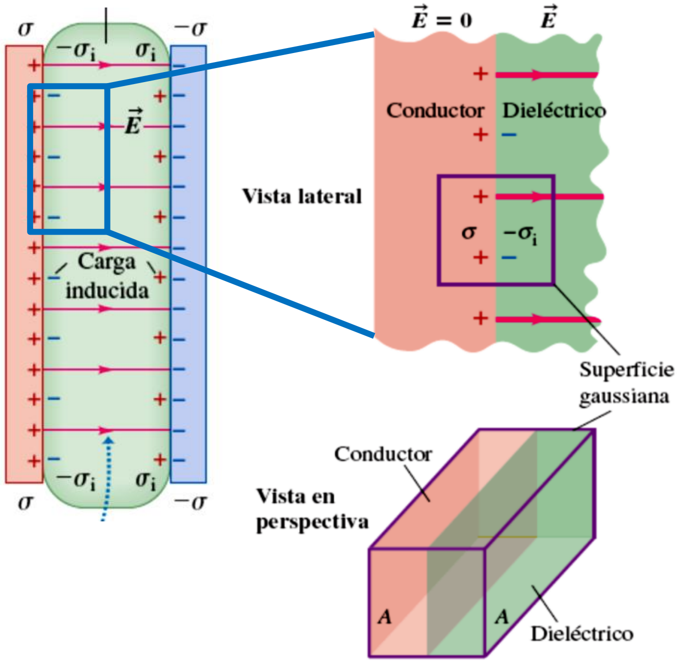
$$E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \qquad E = \frac{(\sigma - \sigma_i)}{\epsilon_0} \qquad E = \frac{E_0}{\kappa}$$

- ✓ *reordenando las expresiones*

⍰

$$E = \frac{E_0}{\kappa} = \frac{(\sigma - \sigma_i)}{\epsilon_0}$$

$$\sigma - \sigma_i = \sigma /$$



$$\Phi_E = \oint E_n dA = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0} = \frac{(\sigma - \sigma_i)A}{\epsilon_0}$$

$$\sigma - \sigma_i = \sigma /$$

✓ *reemplazamos y nos queda*

$$EA = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0} = \frac{(\sigma - \sigma_i)A}{\epsilon_0} = \frac{A}{\epsilon_0}\left(\frac{\sigma}{\kappa}\right)$$

$$\kappa EA = \sigma \frac{A}{\epsilon_0}$$

$\kappa\vec{\boldsymbol{E}}$*, el flujo a través de la superficie gaussiana igual a la* ***carga libre*** *encerrada σA dividida entre ϵ_0*

$$\boxed{\oint K\vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \frac{Q_{\text{enc-libre}}}{\epsilon_0}}$$

donde Q_{enc_libre} es la carga libre total encerrada por la superficie gaussiana

FIBRILACIÓN VENTRICULAR: ritmo de paro cardíaco