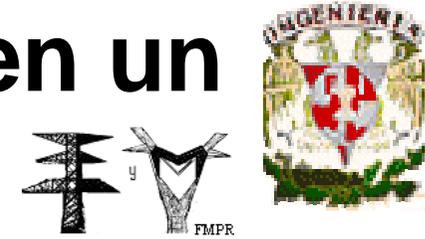
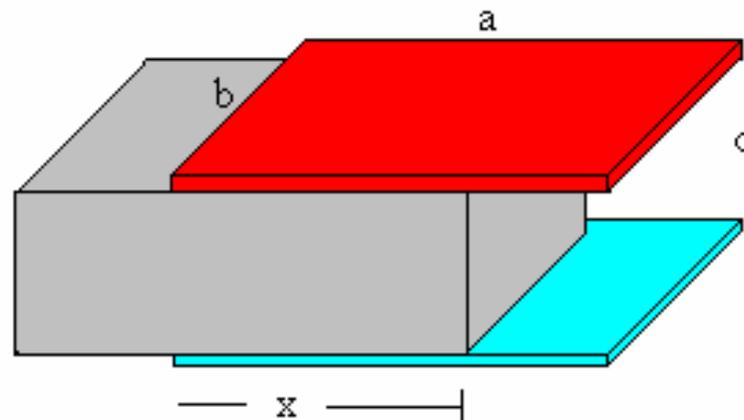




# Efecto del dieléctrico en un capacitor

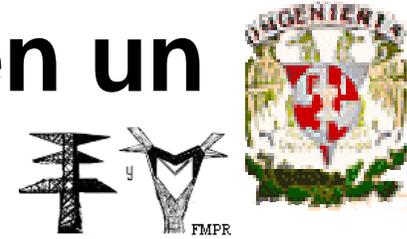


- La mayor parte de los capacitores llevan entre sus placas conductoras una sustancia no conductora o dieléctrica.





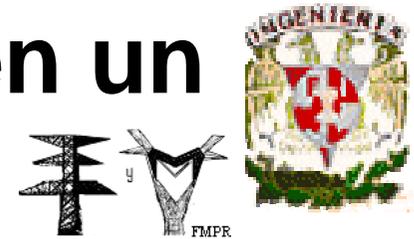
# Efecto del dieléctrico en un capacitor



Un capacitor típico está formado por láminas metálicas enrolladas, separadas por papel impregnado en cera. El condensador resultante se envuelve en una funda de plástico. Su capacidad es de algunos microfaradios.

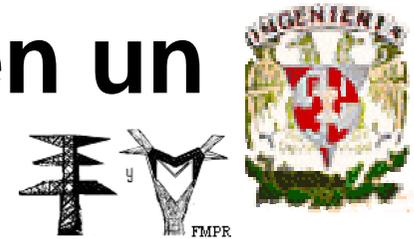


# Efecto del dieléctrico en un capacitor



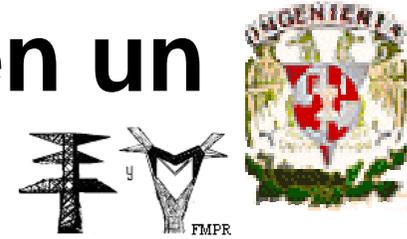


# Efecto del dieléctrico en un capacitor

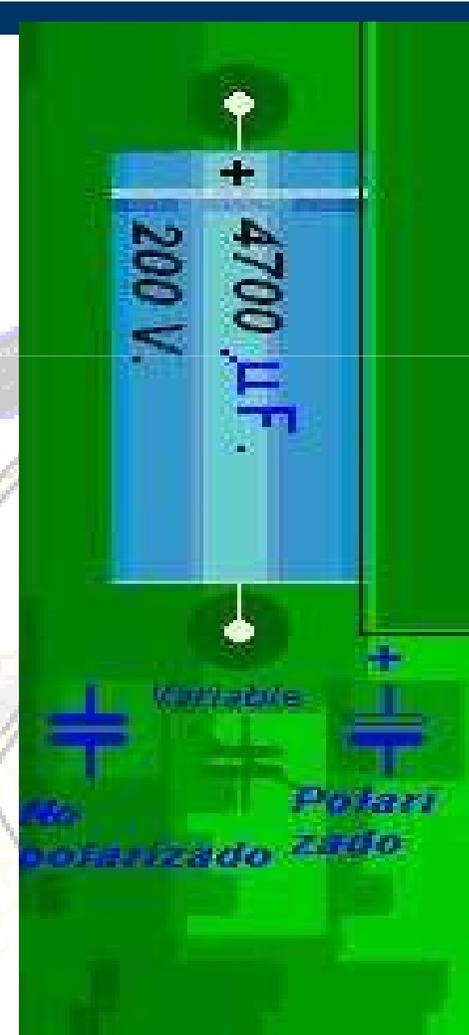




# Efecto del dieléctrico en un capacitor

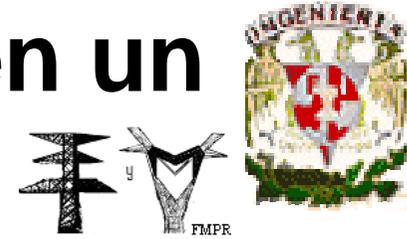


Los capacitores electrolíticos utilizan como dieléctrico una capa delgada de óxido no conductor entre una lámina metálica y una disolución conductora. Los condensadores electrolíticos de dimensiones relativamente pequeñas pueden tener una capacidad de 100 a 1000 [mF].





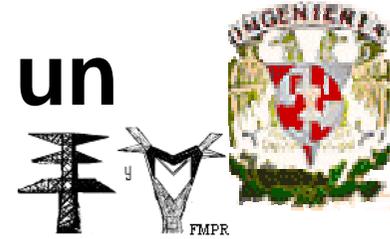
# Efecto del dieléctrico en un capacitor



- La función de un dieléctrico sólido colocado entre las láminas es triple:
- Resuelve el problema mecánico de mantener dos grandes láminas metálicas a distancia muy pequeña sin contacto alguno.
- Consigue aumentar la diferencia de potencial máxima que el capacitor es capaz de resistir sin que salte una chispa entre las placas (ruptura dieléctrica).
- La capacidad de un capacitor de dimensiones dadas es varias veces mayor con un dieléctrico que separe sus láminas que si estas estuviesen en el vacío.



# Efecto del dieléctrico en un capacitor



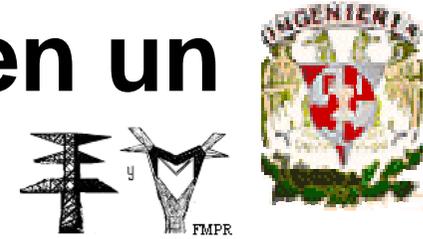
- Sea un condensador de placas planas y paralelas cuyas láminas hemos cargado con cargas  $+Q$  y  $-Q$ , iguales y opuestas. Si entre las placas se ha hecho el vacío y se mide una diferencia de potencial  $V_0$ , su capacitancia y la energía que acumula serán

$$C_0 = \frac{Q}{V_0}$$

$$U_0 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_0}$$



# Efecto del dieléctrico en un capacitor



- Si introducimos un dieléctrico se observa que la capacitancia se incrementa. En el laboratorio de EyM se realiza el siguiente experimento: se coloca un material dieléctrico entre las placas de un capacitor y se mide su capacitancia, después se retira el dieléctrico y se mide nuevamente la capacitancia.



# Efecto del dieléctrico en un capacitor



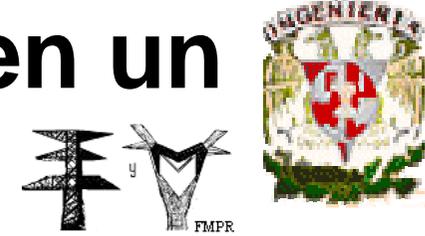
- Se observa que la relación entre el capacitor con dieléctrico y sin dieléctrico es:

$$\frac{C}{C_0} = k_e$$

donde  $k$  es una constante dieléctrica denominada permitividad relativa



# Efecto del dieléctrico en un capacitor

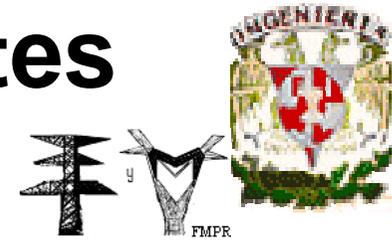


- Y al producto de la constante dieléctrica (permitividad relativa) con la permitividad del vacío se le conoce como permitividad del material

$$\epsilon = k_e \cdot \epsilon_0$$



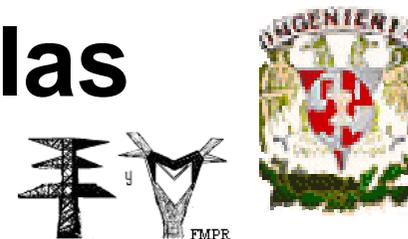
# Ejemplos de constantes dieléctricas.



<b>Dieléctrico</b>	<b>Constante dieléctrica o permitividad relativa (<math>\epsilon_r</math>)</b>
<b>Ámbar</b>	<b>2.7-2.9</b>
<b>Aire</b>	<b>1.00059</b>
<b>Baquelita</b>	<b>4-4.6</b>
<b>Mica</b>	<b>4.8-8</b>
<b>Plástico vinílico</b>	<b>4.1</b>
<b>Porcelana</b>	<b>6.5</b>



# Teoría molecular de las cargas inducidas.

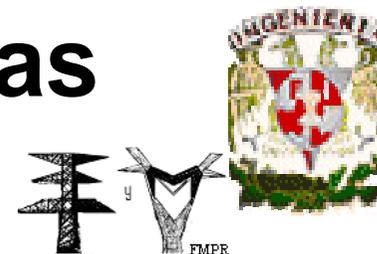


La disminución de la diferencia de potencial que experimenta el condensador cuando se introduce el dieléctrico puede explicarse cualitativamente del siguiente modo.

Las moléculas de un dieléctrico pueden clasificarse en polares y no polares.



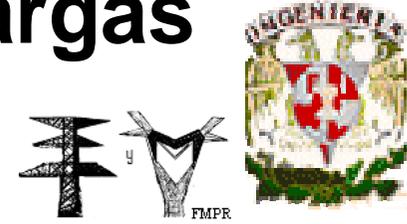
# Teoría molecular de las cargas inducidas.



Las moléculas como  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  (átomo de carbono), etc. son no polares. Las moléculas son simétricas y el centro de distribución de las cargas positivas coincide con el de las negativas. Por el contrario, las moléculas  $N_2O$ ,  $HCL$  y  $H_2O$  no son simétricas y los centros de distribución de carga no coinciden.



# Teoría molecular de las cargas inducidas.



Bajo la influencia de un campo eléctrico, las cargas de una molécula no polar llegan a desplazarse como se indica en la siguiente figura, las cargas positivas experimentan una fuerza en el sentido del campo y las negativas en sentido contrario al campo.



# Teoría molecular de las cargas inducidas.

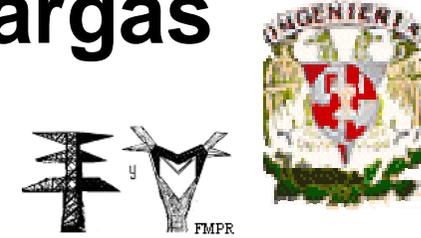


Moléculas no polares

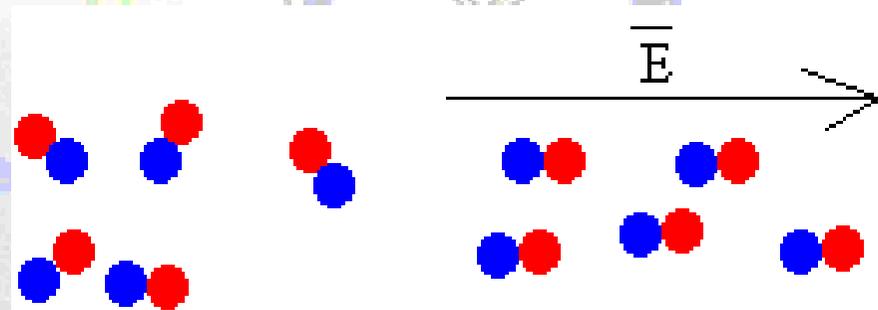
**Este tipo de dipolos formados a partir de moléculas no polares se denominan dipolos inducidos.**



# Teoría molecular de las cargas inducidas.



Las moléculas polares o dipolos permanentes de un dieléctrico están orientados al azar cuando no existe campo eléctrico, como se indica en la siguiente figura.



Moléculas polares



# Teoría molecular de las cargas inducidas.



**Bajo la acción de un campo eléctrico, se produce cierto grado de orientación. Cuanto más intenso es el campo, tanto mayor es el número de dipolos que se orientan en la dirección del campo.**



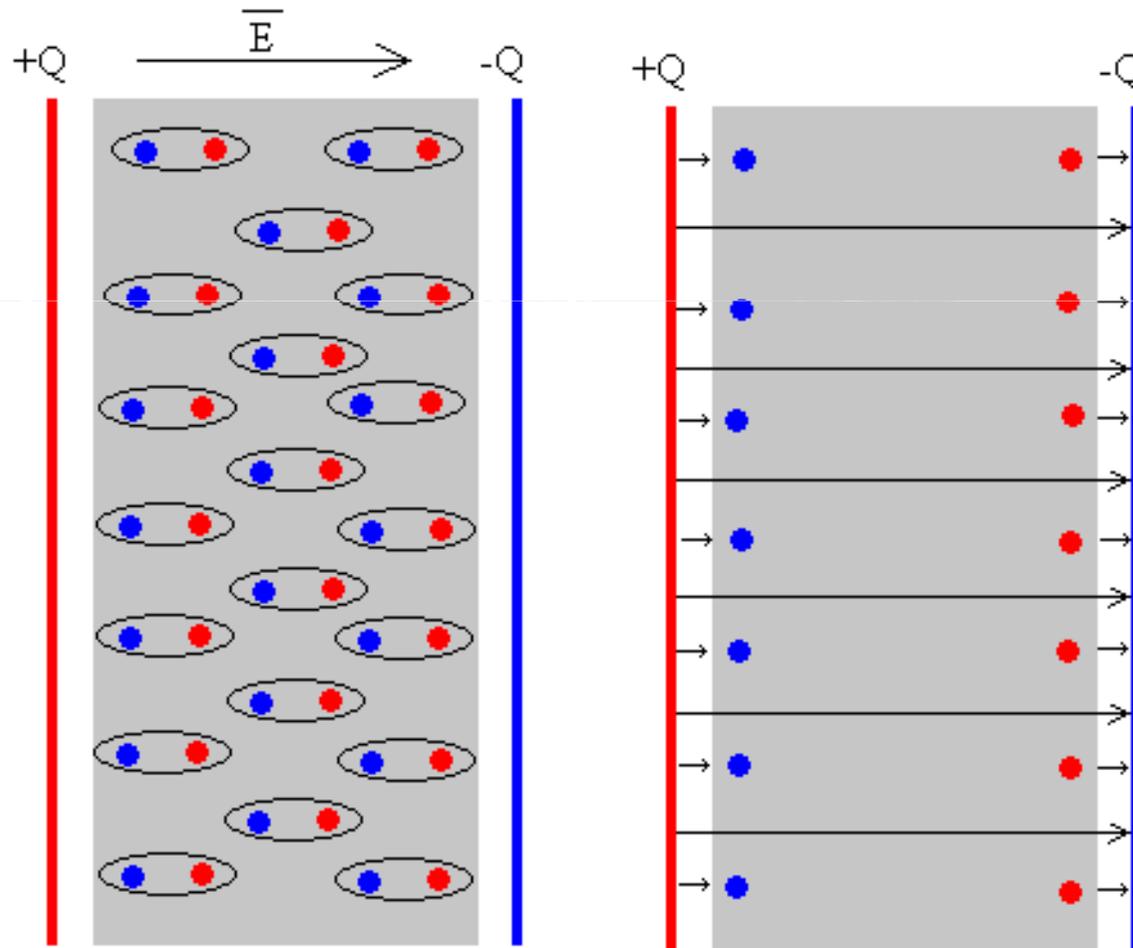
# Teoría molecular de las cargas inducidas.



Sean polares o no polares las moléculas de un dieléctrico, el efecto neto de un campo exterior se encuentra representado en la siguiente figura. Al lado de la placa positiva del capacitor, tenemos carga inducida negativa y al lado de la placa negativa del capacitor, tenemos carga inducida positiva.

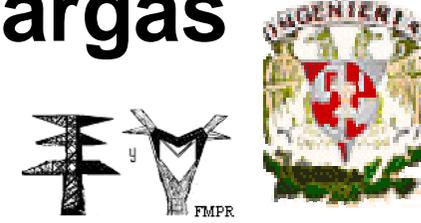


# Teoría molecular de las cargas inducidas.





## Teoría molecular de las cargas inducidas.



Como se ve en la parte derecha de la figura, debido a la presencia de las cargas inducidas el campo eléctrico entre las placas de un condensador con dieléctrico  $E$  es menor que si estuviese vacío  $E_0$ . Algunas de las líneas de campo que abandonan la placa positiva penetran en el dieléctrico y llegan a la placa negativa, otras terminan en las cargas inducidas. El campo y la diferencia de potencial disminuyen en proporción inversa a su constante dieléctrica  $k = \epsilon / \epsilon_0$ .



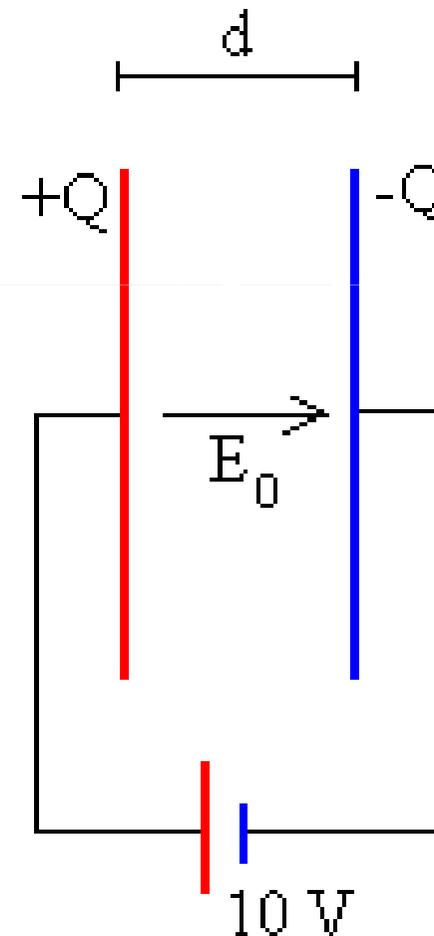
# Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.



Se conecta un capacitor de placas planas y paralelas a una batería de 10 V. Los datos del capacitor son: el área de cada una de sus placas es  $0.07 \text{ [m}^2\text{]}$ , la distancia entre las mismas es  $0.75 \text{ [mm]}$ .

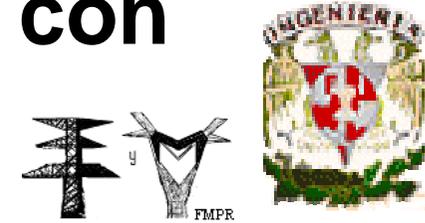
Determinar:

a) La capacitancia si el dieléctrico entre las placas es aire.





# Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.



$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{0.07}{0.75 \times 10^{-3}} = 8.25 \times 10^{-10} \text{ [F]}$$

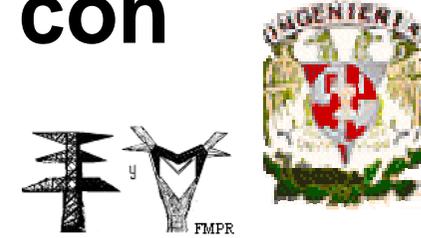
**La carga  $Q$  y densidad de carga  $\sigma$  en las placas del capacitor es**

$$Q = CV = 8.25 \times 10^{-10} \times 10 = 8.25 \times 10^{-9} \text{ [C]}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{8.25 \times 10^{-9}}{0.07} = 11.8 \times 10^{-8} \left[ \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \right]$$



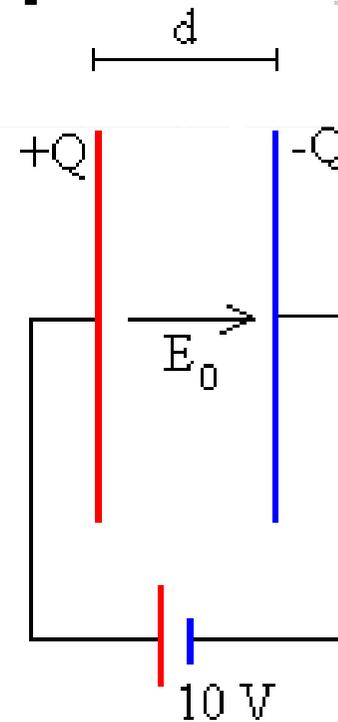
# Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.



El campo eléctrico en el espacio comprendido entre las placas del condensador es

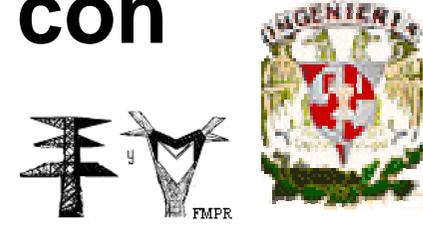
$$E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{11.8 \times 10^{-8}}{8.85 \times 10^{-12}}$$

$$E_0 = 13333.33 \left[ \frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$$





## Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.



Si se desconecta el capacitor de la batería y se introduce un dieléctrico, por ejemplo, baquelita de  $k=4.6$ , determinar el valor de la capacitancia

$$C = k C_0 = 4.6 \times 8.25 \times 10^{-10} = 3.8 \times 10^{-9} \text{ [F]}$$

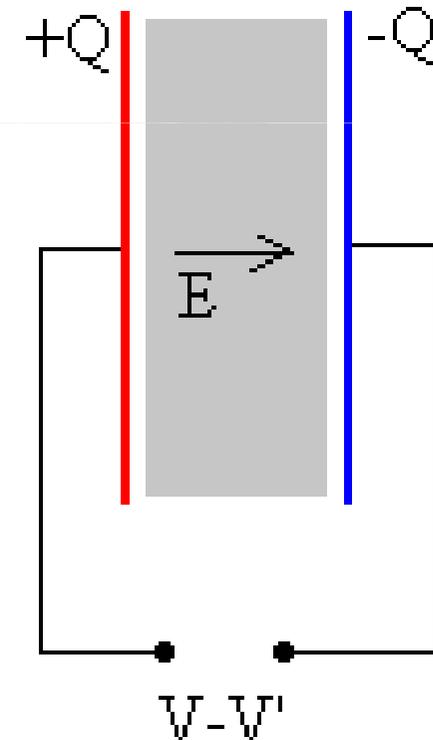


# Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.



La diferencia de potencial entre las placas, disminuye

$$V - V' = \frac{Q}{C} = \frac{8.25 \times 10^{-9}}{3.8 \times 10^{-9}} = 2.17 [\text{V}]$$





# Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.



El campo eléctrico  $E$  en el espacio comprendido entre las placas del condensador es

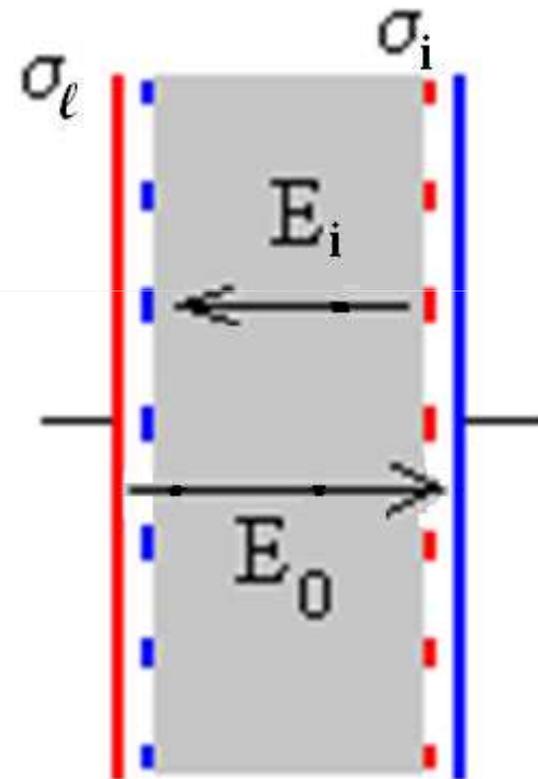
$$E = \frac{E_0}{k} = \frac{13333.33}{4.6} = 2898.6 \left[ \frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$$



# Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.



Podemos considerar este campo  $E$ , como la diferencia entre el campo  $E_0$  producido por las cargas libres existentes en las placas, y el campo  $E_i$  producido por las cargas inducidas en la superficie del dieléctrico, ambos campos son de signos contrarios.





# Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.



## El campo E

$$E = E_0 - E_i = \frac{\sigma_l - \sigma_i}{\epsilon_0} = \frac{\sigma_l}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_i}{\epsilon_0}$$

Con los datos contenidos en la expresión anterior se puede determinar la distribución de carga superficial inducida en el dieléctrico



## Ejemplo de un capacitor con dieléctrico.

$$2898.6 = \frac{11.8 \times 10^{-8}}{8.85 \times 10^{-12}} - \frac{\sigma_i}{8.85 \times 10^{-12}}$$

$$2898.6 - 13333.33 = \frac{\sigma_i}{8.85 \times 10^{-12}}$$

$$\sigma_i = 10434.73(8.85 \times 10^{-12}) = 9.23 \times 10^{-8} \left[ \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \right]$$

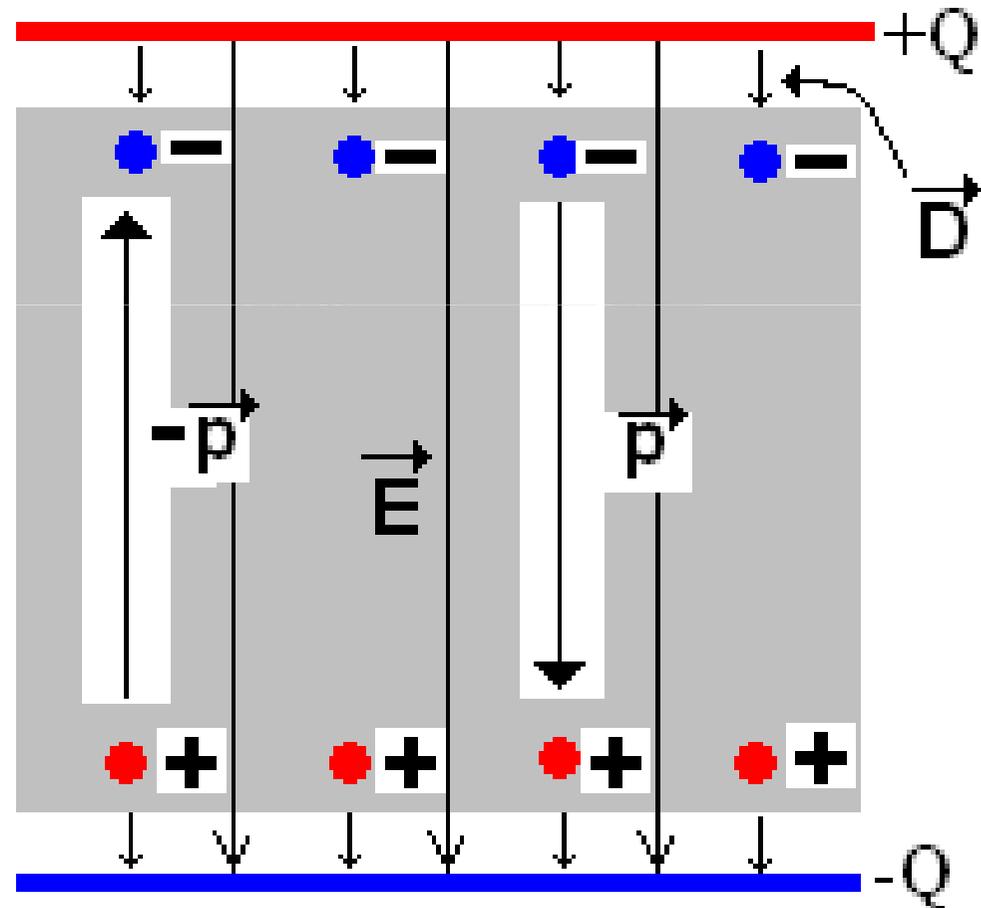
**La densidad de carga inducida en el dieléctrico es  $\sigma_i = 9.23 \times 10^{-8} \text{ [C/m}^2\text{]}$**



# Constantes dieléctricas y vectores eléctricos.



En la siguiente figura se muestran los tres vectores eléctricos que se forman dentro de un capacitor con material dieléctrico entre sus placas

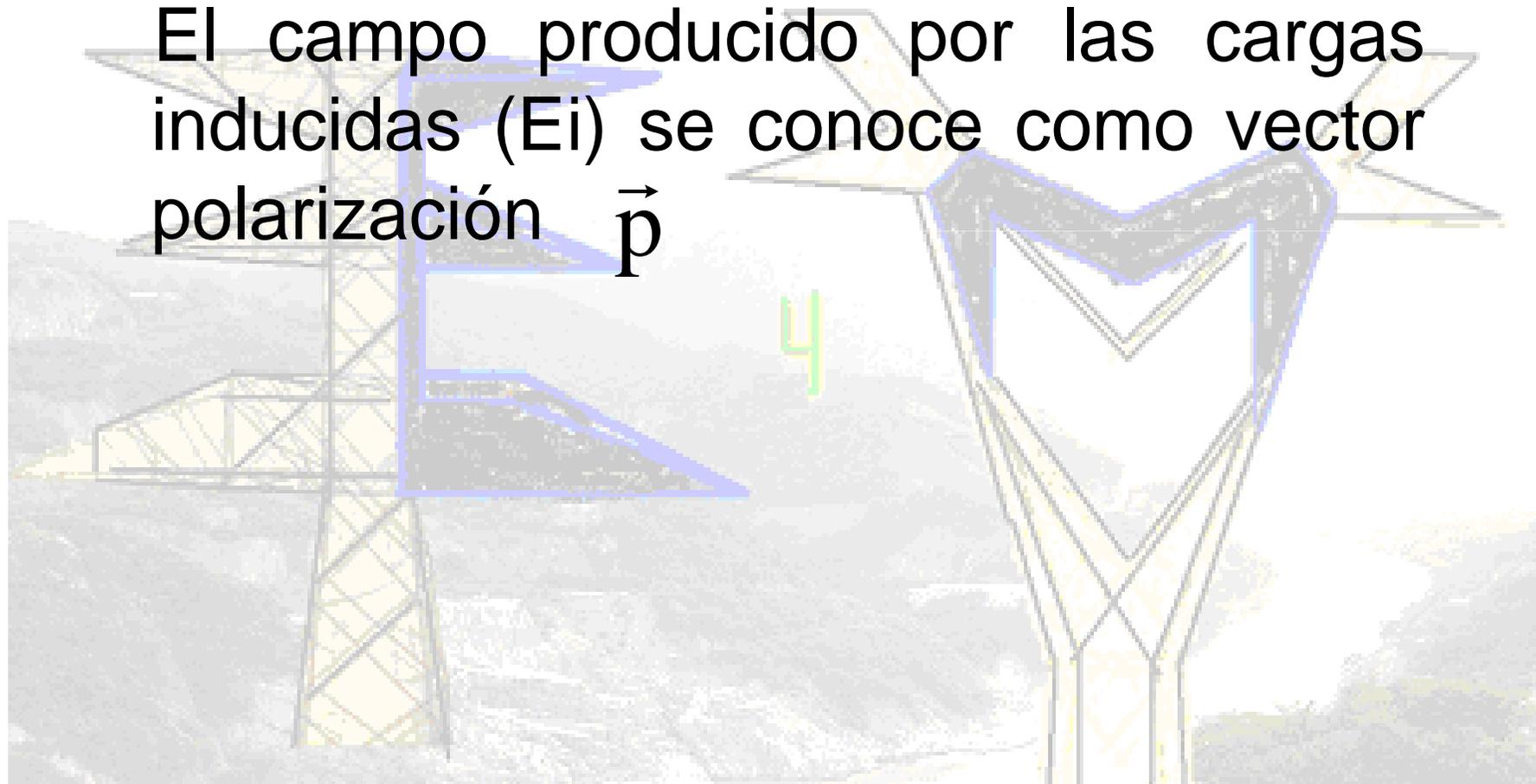




# Constantes dieléctricas y vectores eléctricos.



El campo producido por las cargas inducidas ( $E_i$ ) se conoce como vector polarización  $\vec{p}$





# Vector polarización

**El vector polarización que tiene una íntima relación con la densidad superficial de carga inducida en el bloque del dieléctrico y que por convención se considera positivo cuando sale de las cargas negativas del material dieléctrico hacia las cargas positivas de dicho material.**



# Vector polarización

El vector polarización se define como:

$$\vec{P} = \frac{\vec{p}}{V}$$

donde :

$\vec{p}$  es el momento dipolar  $\vec{p} = q_i \cdot \ell$

$\ell$  es la distancia entre las cargas



# Vector polarización

La magnitud del vector polarización representa la densidad superficial inducida

$$|\vec{P}| = \frac{q_i \cdot l}{V} = \frac{\sigma_i \cdot A \cdot l}{A \cdot l} = \sigma_i \left[ \frac{C}{m^2} \right]$$



# Vector polarización

El vector polarización se relaciona directamente con el campo eléctrico de la siguiente forma:

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

Donde: La constante “ $\chi_e$ ” se denomina susceptibilidad eléctrica, es adimensional y nos indica la forma como se comporta una sustancia al ser introducida en una región en la que existe un campo eléctrico, y su valor es típico para cada sustancia. También se puede relacionar esta constante con la constante dieléctrica  $k_e$ , llamada permitividad relativa



# Vector polarización

$$k_e = 1 + \chi_e$$

Al producto permitividad relativa (constante dieléctrica) y permitividad del vacío se le denomina permitividad del material.

$$k_e \cdot \epsilon_0 = \epsilon$$

Sustituyendo la penúltima en la última expresión se tiene

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



# Propiedades de algunas sustancias dieléctricas

Dieléctrico	Susceptibilidad	Permitividad relativa	Campo eléctrico de ruptura [MV/m]
Aire	0.00059	1.00059	0.8
Bakelita	3.8	4.8	12
Mica	2 a 5	3 a 6	160
Neopreno	5.9	6.9	12
Papel	2.5	3.5	14
Polietileno	1.3	2.3	50
Porcelana	5.5	6.5	4
Vacio	0	1	Infinito
Vidrio	3.5	4.5	13



# Vector desplazamiento

El vector desplazamiento eléctrico se relaciona con el campo eléctrico de la siguiente forma:

Donde

$$\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}$$

Donde:  $\epsilon$

es la permitividad del material en cuestión.



# Vector desplazamiento

El vector desplazamiento tiene una relación íntima con la carga libre o carga de la placa y no con la carga inducida en el dieléctrico, es decir

$$|\vec{D}| = \frac{q_l}{A} = \sigma_l$$

La magnitud del vector desplazamiento es igual a la densidad de carga libre en la placa, de ahí que sus unidades sean las de [C/m<sup>2</sup>].



# Conclusión

**El campo vectorial de desplazamiento eléctrico, se representa por medio de líneas que empiezan en las cargas de la placa positiva y terminan en las cargas de la placa negativa, ya que este campo tienen relación sólo con las cargas libres.**



# Conclusión

**El campo vectorial de la polarización eléctrica, se representa mediante líneas que empiezan en las cargas inducidas negativas y terminan en las cargas inducidas positivas del dieléctrico, ya que el vector polarización esta en función de las cargas inducidas.**



# Conclusión

**El campo eléctrico, se representa por líneas que empiezan en cargas positivas y terminan en cargas negativas, sin importar si dichas cargas son libre o inducidas, ya que el campo eléctrico tiene relación con todo tipo de cargas.**



# Conclusión

La relación entre los tres vectores es:

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

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

$$\vec{D} = (1 + \chi_e) \epsilon_0 \vec{E}$$

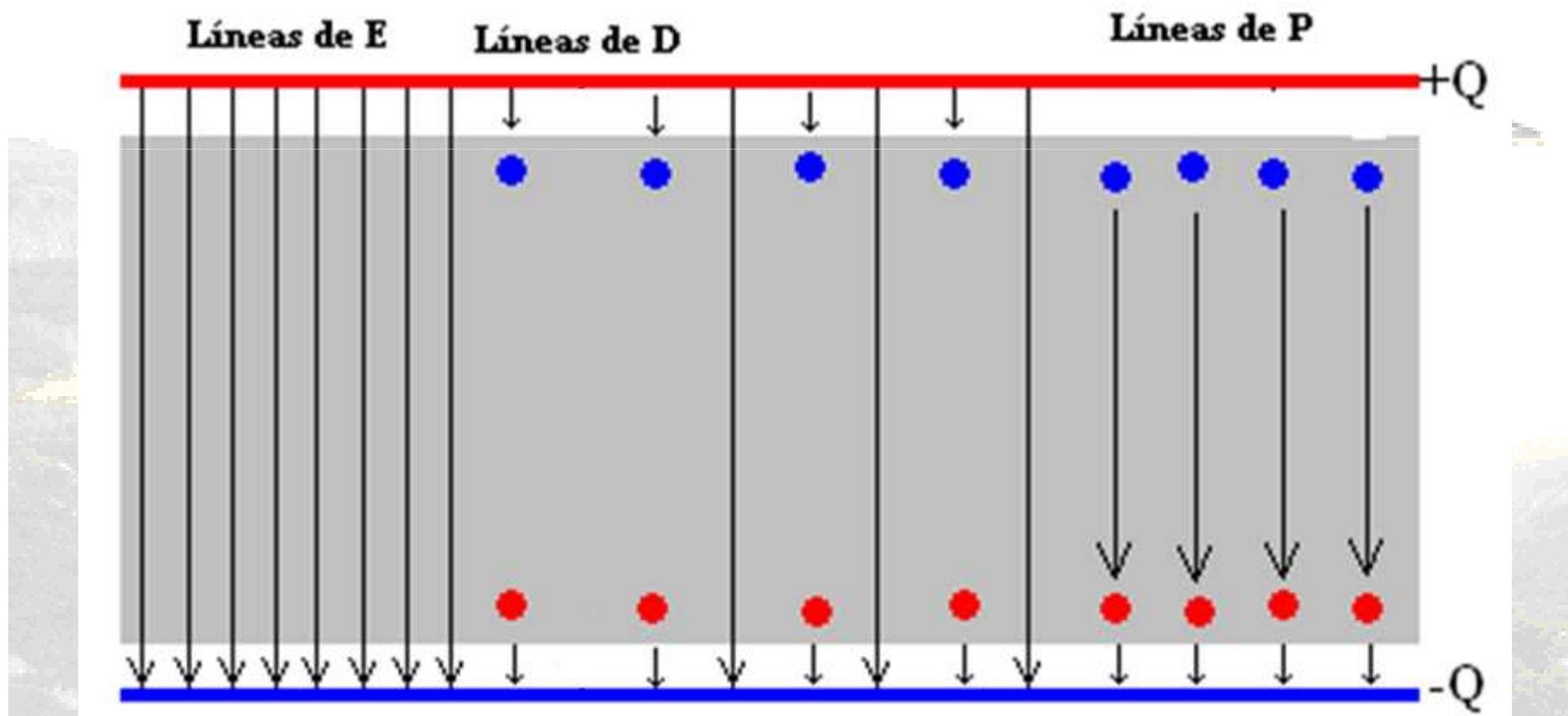
$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \chi_e \epsilon_0 \vec{E}$$

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



# Vectores eléctricos

## Los tres vectores eléctricos





# Bibliografía.

Gabriel A. Jaramillo Morales, Alfonso A. Alvarado  
Castellanos.

Electricidad y magnetismo.

Ed. Trillas. México 2003

Sears, Zemansky, Young, Freedman

Física Universitaria

Ed. PEARSON. México 2005