

Tema 5

CAMPO ELÉCTRICO EN LA MATERIA

- *Carga* = responsable de la interacción eléctrica.
- *Ley de Coulomb* (Válida para cargas puntuales en el vacío) + *Principio de superposición* = Intensidad de la interacción eléctrica



Cargas fijas en el espacio producen campos de fuerzas sobre cualquier carga testigo que introduzca.

- *Definición de campo eléctrico* = Eliminar dependencias de la carga testigo.

$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$

- *Definiciones de energía potencial electrostática y potencial eléctrico* = Caracterizar fenómenos eléctricos mediante magnitudes escalares.

- *Carga* = responsable de la interacción eléctrica.

- *Ley de Coulomb* (Válida para cargas puntuales en el vacío) + *Principio de superposición* = Intensidad de la interacción eléctrica



Cargas fijas en el espacio producen campos de fuerzas sobre cualquier carga testigo que introduzca.

- *Definición de campo eléctrico* = Eliminar dependencias de la carga testigo.

$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$

- *Definiciones de energía potencial electrostática y potencial eléctrico* = Caracterizar fenómenos eléctricos mediante magnitudes escalares.

Materia neutra macroscópicamente pero compuesta por cargas.



¿ Cómo responden los materiales ante la aplicación de campos eléctricos externos ?

ESQUEMA DE DESARROLLO

1.- ~~Introducción.~~

2.- Respuesta de la materia ante la aplicación de campos eléctricos. Conductores y aislantes.

3.- Conductores en equilibrio electrostático.

4.- Energía potencial electrostática. Capacidad de un conductor.

5.- Condensadores.

6.- Aislantes. Materiales dieléctricos.

- **Primer efecto (Propiedades dieléctricas)**

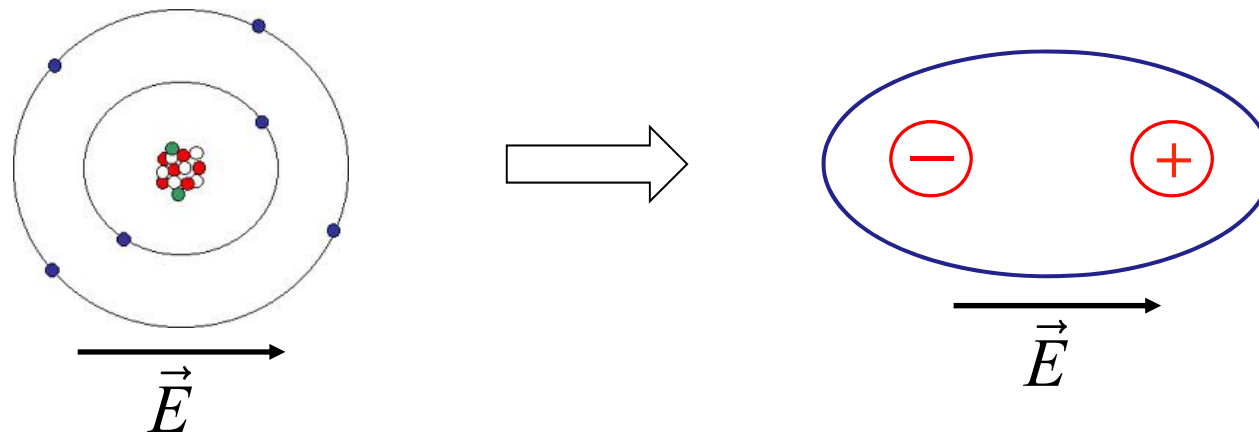
Aplicación de campo eléctricos externos



Fuerzas eléctricas sobre los electrones y protones que forman los átomos o moléculas del material.

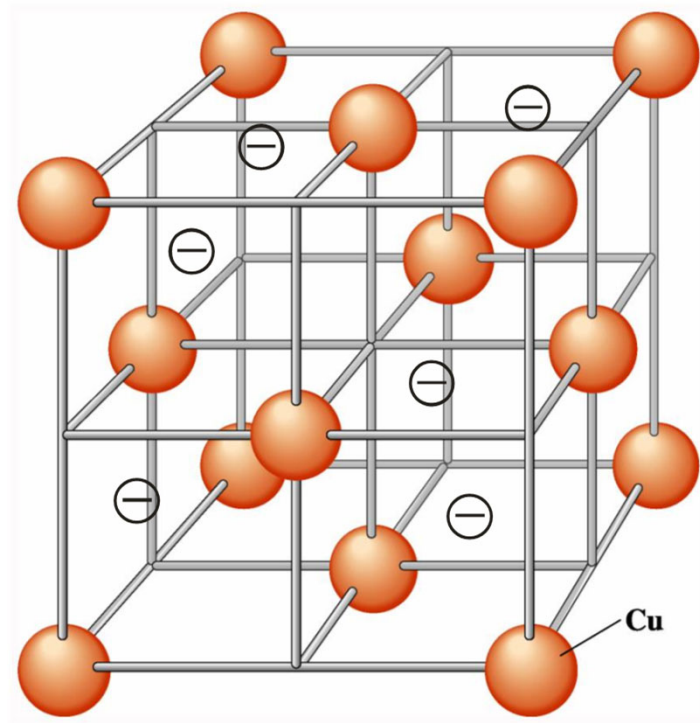


Pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.

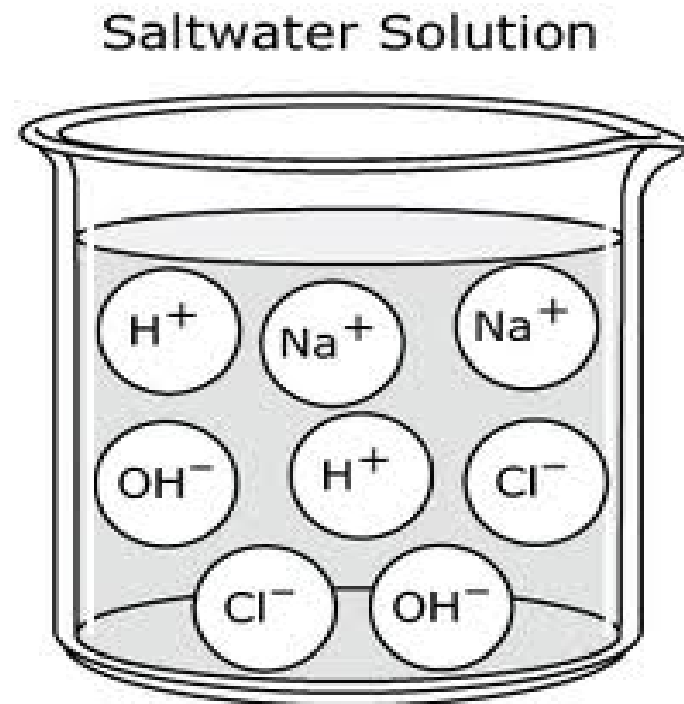


- Segundo efecto (Propiedades conductoras o aislantes)

La estructura cristalina del material presenta o no cargas que pueden moverse libremente ante la aplicación de campos eléctricos externos.



Conductor de estado sólido



Conductor iónico

Clasificación de los materiales a **nivel macroscópico** atendiendo a sus propiedades conductoras.

- **Superconductores**
- **Conductores**
- **Semiconductores**
- **Aislantes**

Materiales con cargas libres en su estructura atómica de forma que estas pueden moverse ante la aplicación de campos eléctricos externos.

Materiales que dependiendo de otras condiciones diferentes de las eléctricas (habitualmente térmicas) pueden comportarse como conductores o aislantes.

Materiales que no tiene cargas libres y ante campos eléctricos sólo pueden producirse pequeños desplazamientos de las cargas dentro de los átomos que constituyen el material.

ESQUEMA DE DESARROLLO

~~1.- Introducción.~~

~~2.- Respuesta de la materia ante la aplicación de campos eléctricos. Conductores y aislantes.~~

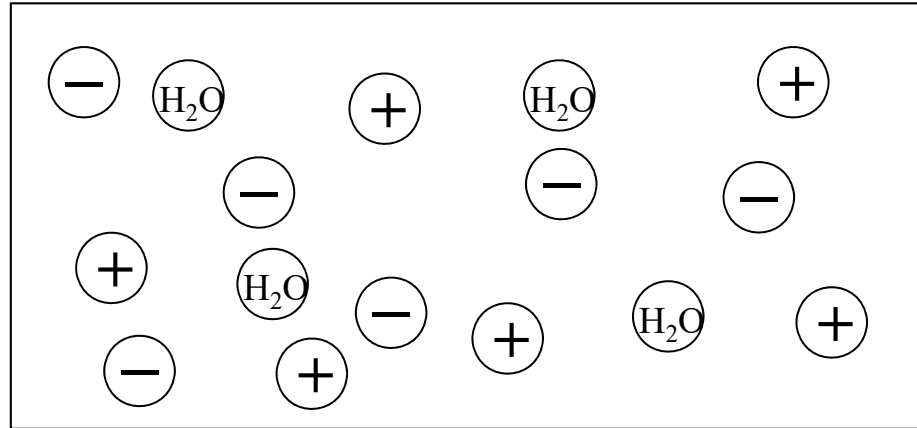
3.- Conductores en equilibrio electrostático.

4.- Energía potencial electrostática. Capacidad de un conductor.

5.- Condensadores.

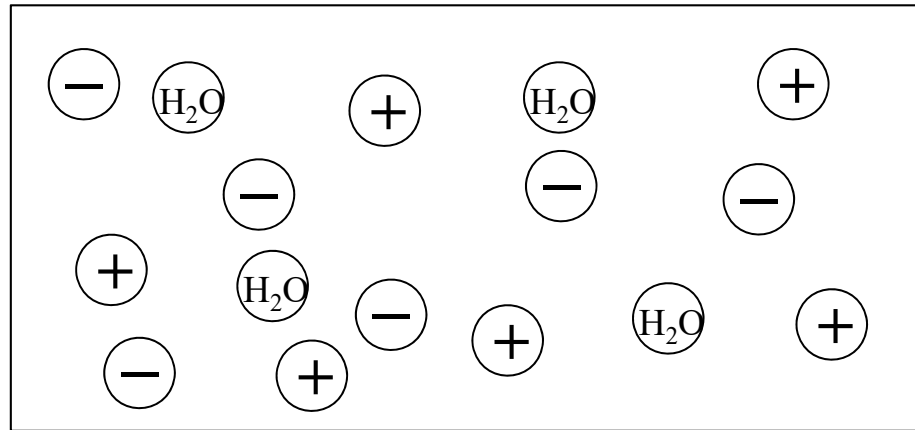
6.- Aislantes. Materiales dieléctricos.

Supongamos como ejemplo un conductor iónico formado por una sal disuelta en agua.



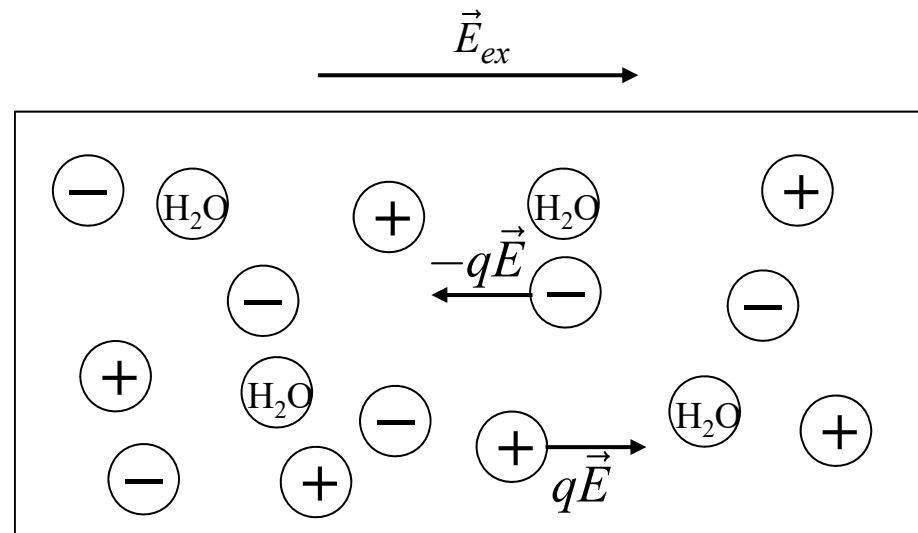
¿Cómo responde este sistema cuando aplicamos un campo eléctrico en sus proximidades?

Supongamos como ejemplo un conductor iónico formado por una sal disuelta en agua.



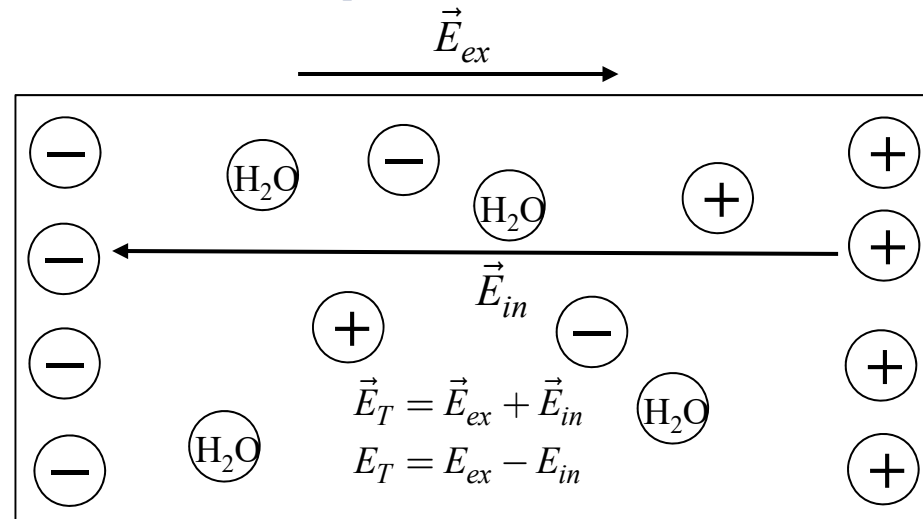
¿Cómo responde este sistema cuando aplicamos un campo eléctrico en sus proximidades?

Según vimos en el anterior tema, sobre cada una de las cargas libres (portador de carga) que hay en el conductor aparece una fuerza eléctrica en el sentido del campo eléctrico si la carga es positiva y en sentido contrario si la carga es negativa.



Campo eléctrico en la materia. Conductores en equilibrio electrostático.

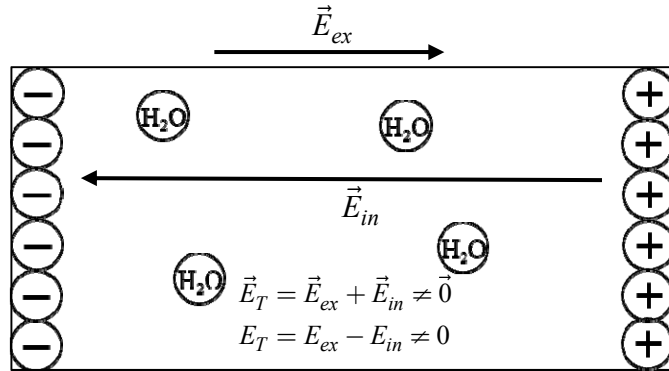
Esto hace que se comiencen a acumular cargas en la superficie que limita al conductor y estas cargas generan un campo eléctrico dentro del conductor, $\vec{E}_{in}$, que se opone al campo eléctrico aplicado externamente. De esta forma el campo eléctrico total dentro del conductor será igual a la suma del campo eléctrico externo más el campo eléctrico interno. Por lo tanto, el módulo del campo eléctrico total en el interior del conductor será igual a $E_T = E_{ex} - E_{in}$.



¿Hasta cuando se produce este desplazamiento de cargas dentro del conductor?

¿Hasta cuando se produce este desplazamiento de cargas dentro del conductor?

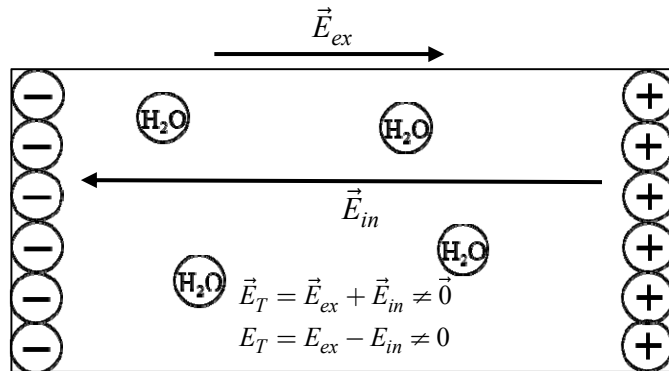
1. Todos los portadores de carga que hay dentro del conductor se hallan trasladado a la superficie de este.



En este caso, en el equilibrio, hay un campo eléctrico distinto de cero en el interior del conductor y todos los portadores de carga se encuentran en la superficie del mismo.

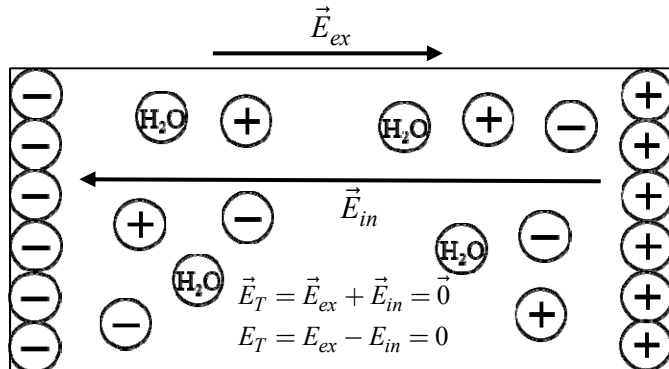
¿Hasta cuando se produce este desplazamiento de cargas dentro del conductor?

1. Todos los portadores de carga que hay dentro del conductor se hallan trasladado a la superficie de este.



En este caso, en el equilibrio, hay un campo eléctrico distinto de cero en el interior del conductor y todos los portadores de carga se encuentran en la superficie del mismo.

2. El campo eléctrico interno producido por los portadores de carga del conductor iguala al campo externo ($E_{in}=E_{ex}$) haciéndose el campo eléctrico total dentro del conductor igual a cero.



En este caso, en el equilibrio, el campo eléctrico total dentro del conductor es cero y quedan portadores de carga libres dentro del mismo que no se mueven al no haber campo eléctrico neto.

Los materiales conductores tienen en general suficientes portadores de carga por unidad de volumen para apantallar (anular) la mayoría de los campos eléctricos externos que a los que se ven sometidos.

Además, en situación de equilibrio, el campo eléctrico tangencial en la superficie del conductor tiene que ser cero. Esta condición es necesaria para que las cargas acumuladas en la superficie del conductor no se muevan. Por lo tanto, la superficie de los conductores son superficies equipotenciales.

Por lo tanto, resumiendo, los materiales conductores en equilibrio electrostático cumplen las siguientes propiedades:

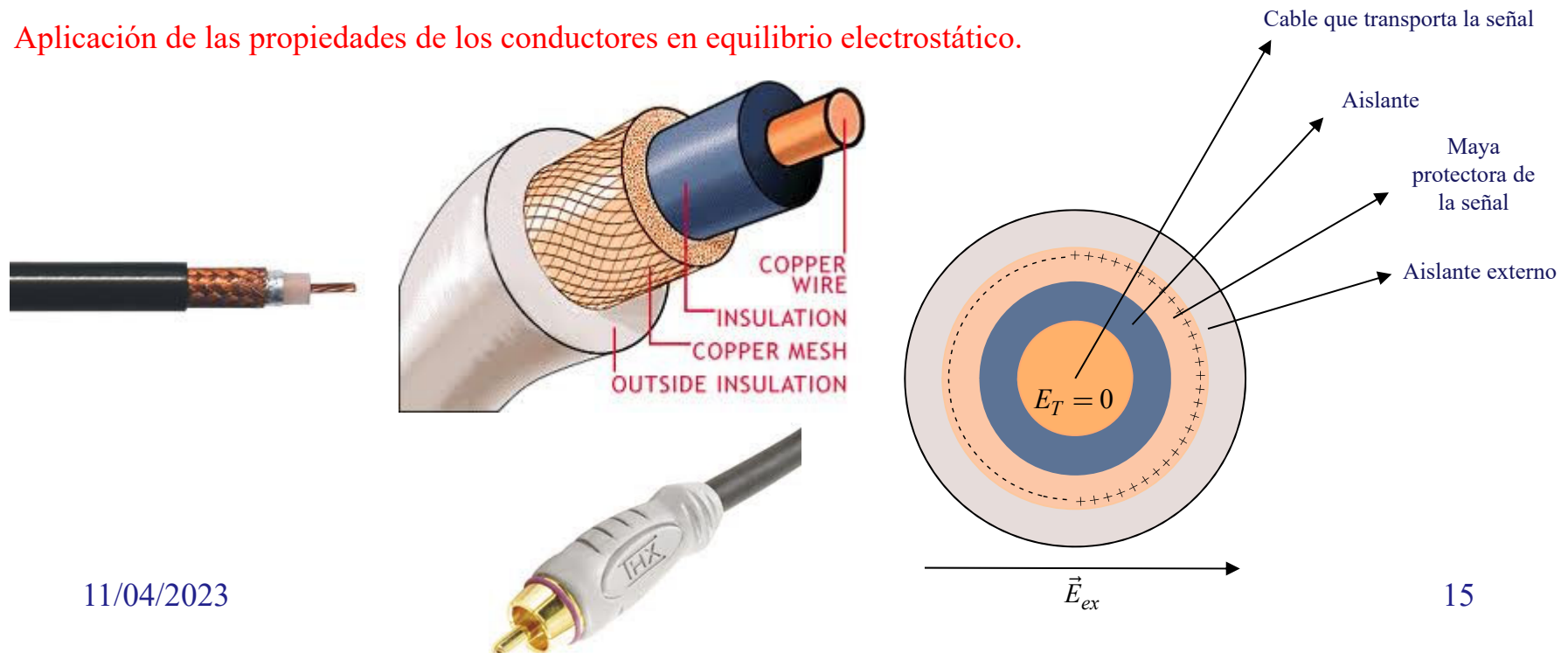
1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero y, por tanto, el potencial eléctrico es constante.
2. El campo eléctrico tangencial en la superficie de un conductor siempre es cero y, por tanto, la superficie de un conductor es una superficie equipotencial.

Además, en situación de equilibrio, el campo eléctrico tangencial en la superficie del conductor tiene que ser cero. Esta condición es necesaria para que las cargas acumuladas en la superficie del conductor no se muevan. Por lo tanto, la superficie de los conductores son superficies equipotenciales.

Por lo tanto, resumiendo, los materiales conductores en equilibrio electrostático cumplen las siguientes propiedades:

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero y, por tanto, el potencial eléctrico es constante.
2. El campo eléctrico tangencial en la superficie de un conductor siempre es cero y, por tanto, la superficie de un conductor es una superficie equipotencial.

Aplicación de las propiedades de los conductores en equilibrio electrostático.



ESQUEMA DE DESARROLLO

~~1.- Introducción.~~

~~2.- Respuesta de la materia ante la aplicación de campos eléctricos. Conductores y aislantes.~~

~~3.- Conductores en equilibrio electrostático.~~

4.- Energía potencial electrostática. Capacidad de un conductor.

5.- Condensadores.

6.- Aislantes. Materiales dieléctricos.

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas.

Como vimos en el tema anterior, el potencial que crea una carga, q_1 , en el espacio viene dado por:

$$V_1 = \frac{kq_1}{r}$$

Si ahora queremos traer una carga q_2 desde el infinito hasta una distancia r_{12} de la primera carga el trabajo que tenemos que hacer es igual a:

$$W = q_2 V_{12} = \frac{Kq_1 q_2}{r_{12}}$$

donde V_{12} indica el potencial que crea la carga 1 en el punto que ocupa la carga 2.

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas.

Como vimos en el tema anterior, el potencial que crea una carga, q_1 , en el espacio viene dado por:

$$V_1 = \frac{kq_1}{r}$$

Si ahora queremos traer una carga q_2 desde el infinito hasta una distancia r_{12} de la primera carga el trabajo que tenemos que hacer es igual a:

$$W = q_2 V_{12} = \frac{Kq_1 q_2}{r_{12}} \quad \text{donde } V_{12} \text{ indica el potencial que crea la carga 1 en el punto que ocupa la carga 2.}$$

Si ahora consideramos que inicialmente teníamos la carga q_2 sola en el espacio el potencial que crearía vendría dado por:

$$V_2 = \frac{kq_2}{r}$$

Si ahora queremos traer la carga q_1 desde el infinito hasta la posición considerada anteriormente, es decir, a una distancia r_{12} de la carga 2, el trabajo que tenemos que hacer es igual a:

$$W = q_1 V_{21} = \frac{Kq_1 q_2}{r_{12}} \quad \text{donde } V_{21} \text{ indica el potencial que crea la carga 2 en el punto que ocupa la carga 1.}$$

Obviamente, como era de esperar, en ambos casos el trabajo que obtenemos es el mismo, por lo que otra forma de escribir este trabajo será:

$$W = \frac{q_1 V_{21}}{2} + \frac{q_2 V_{12}}{2}$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas.

Este resultado se puede generalizar para un numero cualquiera de cargas de forma que el trabajo necesario para establecer una determinada configuración de cargas en el espacio puede escribirse de forma general como:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

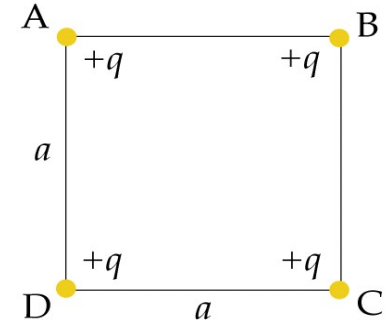
Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas.

Este resultado se puede generalizar para un numero cualquiera de cargas de forma que el trabajo necesario para establecer una determinada configuración de cargas en el espacio puede escribirse de forma general como:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Ejemplo 1

Calcular el trabajo necesario para situar una carga q en cada vértice del cuadrado de la figura y demostrar que la anterior expresión nos da el trabajo total.



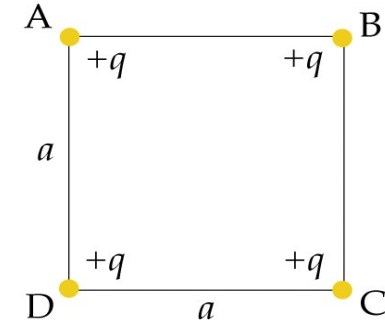
Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas.

Este resultado se puede generalizar para un numero cualquiera de cargas de forma que el trabajo necesario para establecer una determinada configuración de cargas en el espacio puede escribirse de forma general como:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Ejemplo 1

Calcular el trabajo necesario para situar una carga q en cada vértice del cuadrado de la figura y demostrar que la anterior expresión nos da el trabajo total.



1. Consideramos que en primer lugar traemos la carga situada en A. Por lo tanto, esta carga no cuesta trabajo traerla. En segundo lugar, traemos desde el infinito la carga que situamos en el punto B. El trabajo que tenemos que hacer para traer dicha carga es:

$$W_B = qV_B = q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a}$$

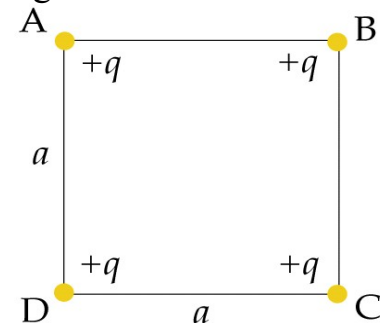
Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas.

Este resultado se puede generalizar para un numero cualquiera de cargas de forma que el trabajo necesario para establecer una determinada configuración de cargas en el espacio puede escribirse de forma general como:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Ejemplo 1

Calcular el trabajo necesario para situar una carga q en cada vértice del cuadrado de la figura y demostrar que la anterior expresión nos da el trabajo total.



1. Consideramos que en primer lugar traemos la carga situada en A. Por lo tanto, esta carga no cuesta trabajo traerla. En segundo lugar, traemos desde el infinito la carga que situamos en el punto B. El trabajo que tenemos que hacer para traer dicha carga es:

$$W_B = qV_B = q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a}$$

2. El trabajo que cuesta traer la carga que se sitúa en el vértice C será:

$$W_C = qV_C = q(V_{CA} + V_{CB}) = q \frac{Kq}{\sqrt{2}a} + q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

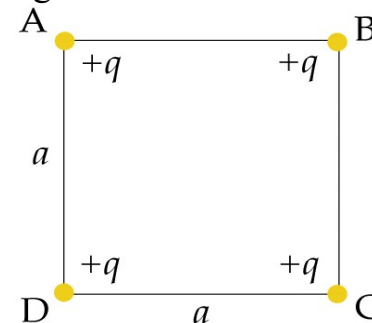
Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas.

Este resultado se puede generalizar para un numero cualquiera de cargas de forma que el trabajo necesario para establecer una determinada configuración de cargas en el espacio puede escribirse de forma general como:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Ejemplo 1

Calcular el trabajo necesario para situar una carga q en cada vértice del cuadrado de la figura y demostrar que la anterior expresión nos da el trabajo total.



1. Consideramos que en primer lugar traemos la carga situada en A. Por lo tanto, esta carga no cuesta trabajo traerla. En segundo lugar, traemos desde el infinito la carga que situamos en el punto B. El trabajo que tenemos que hacer para traer dicha carga es:

$$W_B = qV_B = q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a}$$

2. El trabajo que cuesta traer la carga que se sitúa en el vértice C será:

$$W_C = qV_C = q(V_{CA} + V_{CB}) = q \frac{Kq}{\sqrt{2}a} + q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

3. Finalmente, el trabajo que cuesta traer la carga que situamos en el vértice D sería:

$$W_D = qV_D = q(V_{DA} + V_{DB} + V_{DC}) = q \frac{Kq}{a} + q \frac{Kq}{\sqrt{2}a} + q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

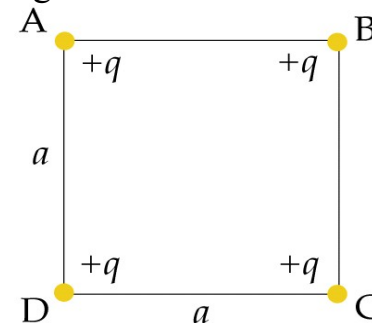
Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas.

Este resultado se puede generalizar para un numero cualquiera de cargas de forma que el trabajo necesario para establecer una determinada configuración de cargas en el espacio puede escribirse de forma general como:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Ejemplo 1

Calcular el trabajo necesario para situar una carga q en cada vértice del cuadrado de la figura y demostrar que la anterior expresión nos da el trabajo total.



1. Consideramos que en primer lugar traemos la carga situada en A. Por lo tanto, esta carga no cuesta trabajo traerla. En segundo lugar, traemos desde el infinito la carga que situamos en el punto B. El trabajo que tenemos que hacer para traer dicha carga es:

$$W_B = qV_B = q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a}$$

2. El trabajo que cuesta traer la carga que se sitúa en el vértice C será:

$$W_C = qV_C = q(V_{CA} + V_{CB}) = q \frac{Kq}{\sqrt{2}a} + q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

3. Finalmente, el trabajo que cuesta traer la carga que situamos en el vértice D sería:

$$W_D = qV_D = q(V_{DA} + V_{DB} + V_{DC}) = q \frac{Kq}{a} + q \frac{Kq}{\sqrt{2}a} + q \frac{Kq}{a} = \frac{Kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

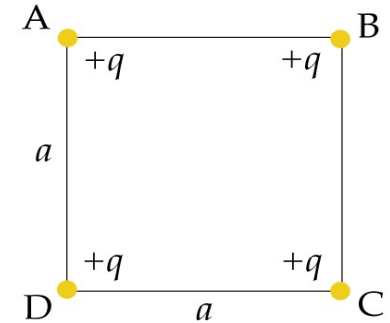
4. En definitiva la energía potencial electrostática del conjunto de cargas es:

$$W_T = W_A + W_B + W_C + W_D = 0 + \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) + \frac{Kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{Kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$

Ejemplo 1

Calcular el trabajo necesario para situar una carga q en cada vértice del cuadrado de la figura y demostrar que la anterior expresión nos da el trabajo total.

$$W_T = W_A + W_B + W_C + W_D = 0 + \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) + \frac{Kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{Kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$



5. Utilizando la expresión obtenida: $U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i$ con $V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$

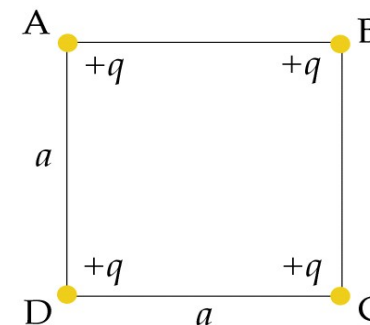
El potencial electrostático en cualquiera de los vértices es igual a:

$$V = V_A = V_B = V_C = V_D = \frac{Kq}{a} + \frac{Kq}{\sqrt{2}a} + \frac{Kq}{a} = \frac{Kq}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

Ejemplo 1

Calcular el trabajo necesario para situar una carga q en cada vértice del cuadrado de la figura y demostrar que la anterior expresión nos da el trabajo total.

$$W_T = W_A + W_B + W_C + W_D = 0 + \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) + \frac{Kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{Kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$



5. Utilizando la expresión obtenida:
$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

El potencial electrostático en cualquiera de los vértices es igual a:

$$V = V_A = V_B = V_C = V_D = \frac{Kq}{a} + \frac{Kq}{\sqrt{2}a} + \frac{Kq}{a} = \frac{Kq}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

6. Por lo que:

$$U = \frac{1}{2} (qV_A + qV_B + qV_C + qV_D) = 2qV = 2 \frac{Kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

que es igual al valor obtenido anteriormente.

Energía potencial electrostática de un conductor.

Como hemos visto anteriormente, la superficie de un conductor es una superficie equipotencial, es decir, el potencial eléctrico es constante en la superficie de un conductor. Por lo tanto aplicando la expresión que hemos hallado llegamos a que la energía potencial electrostática de un conductor viene dada por:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i = \frac{V}{2} \sum_{i=1}^n q_i = \frac{QV}{2}$$

donde Q es la carga neta del conductor:

Si tenemos n conductores aislados y cada uno de ellos tiene una carga Q_i y está a un potencial eléctrico V_i , la energía potencial electrostática del conjunto de conductores vendrá dada por:

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i V_i}{2} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i V_i$$

Energía potencial electrostática de un conductor.

Como hemos visto anteriormente, la superficie de un conductor es una superficie equipotencial, es decir, el potencial eléctrico es constante en la superficie de un conductor. Por lo tanto aplicando la expresión que hemos hallado llegamos a que la energía potencial electrostática de un conductor viene dada por:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i = \frac{V}{2} \sum_{i=1}^n q_i = \frac{QV}{2}$$

donde Q es la carga neta del conductor:

Si tenemos n conductores aislados y cada uno de ellos tiene una carga Q_i y está a un potencial eléctrico V_i , la energía potencial electrostática del conjunto de conductores vendrá dada por:

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i V_i}{2} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i V_i$$

Capacidad de un conductor.

Se define como la capacidad de un conductor el cociente entre la carga neta almacenada en el conductor dividido por el potencial eléctrico del conductor.

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Ejemplo 2

Calcular la capacidad de una esfera conductora de radio R y carga Q .

Ejemplo 2

Calcular la capacidad de una esfera conductora de radio R y carga Q .

1. Como vimos en el anterior tema, el potencial que crea una esfera de radio R con una carga Q distribuida sobre su superficie para puntos exteriores a la esfera viene dada por:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Ejemplo 2

Calcular la capacidad de una esfera conductora de radio R y carga Q .

1. Como vimos en el anterior tema, el potencial que crea una esfera de radio R con una carga Q distribuida sobre su superficie para puntos exteriores a la esfera viene dada por:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

2. En particular, sobre la superficie de la esfera el potencial será igual a:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

Ejemplo 2

Calcular la capacidad de una esfera conductora de radio R y carga Q .

1. Como vimos en el anterior tema, el potencial que crea una esfera de radio R con un carga Q distribuida sobre su superficie para puntos exteriores a la esfera viene dada por:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

2. En particular, sobre la superficie de la esfera el potencial será igual a:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

3. Por lo tanto, la capacidad de la esfera conductora será igual a:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}} = 4\pi\epsilon_0 R$$

ESQUEMA DE DESARROLLO

~~1.- Introducción.~~

~~2.- Respuesta de la materia ante la aplicación de campos eléctricos. Conductores y aislantes.~~

~~3.- Conductores en equilibrio electrostático.~~

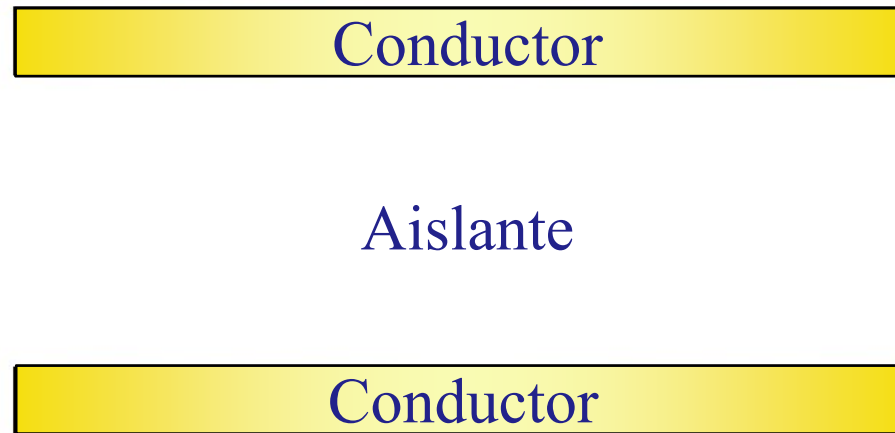
~~4.- Energía potencial electrostática. Capacidad de un conductor.~~

5.- Condensadores.

6.- Aislantes. Materiales dieléctricos.

Condensadores

Condensador = Par de conductores situados normalmente uno cerca del otro separados por un material aislante.



Esquema típico de un condensador

Habitualmente el condensador se carga transfiriendo, mediante una fuente de potencial eléctrico, una carga Q de un conductor a otro.

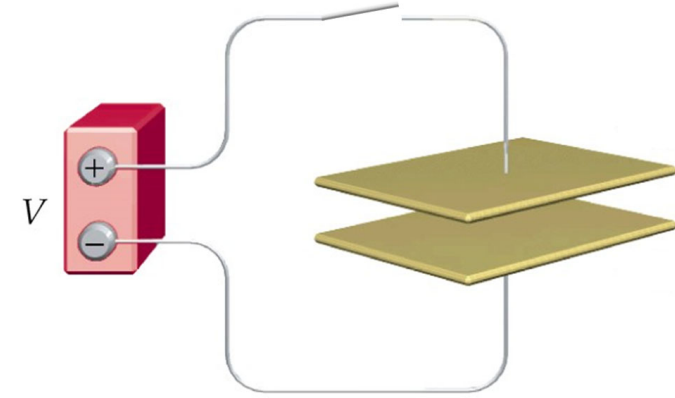
Fuente de potencial eléctrico = Dispositivo que actúa manteniendo constante la diferencia de potencial eléctrico entre sus bornes (baterías, pilas, etc).



Fuente de potencial eléctrico = Dispositivo que actúa manteniendo constante la diferencia de potencial eléctrico entre sus bornes (baterías, pilas, etc).



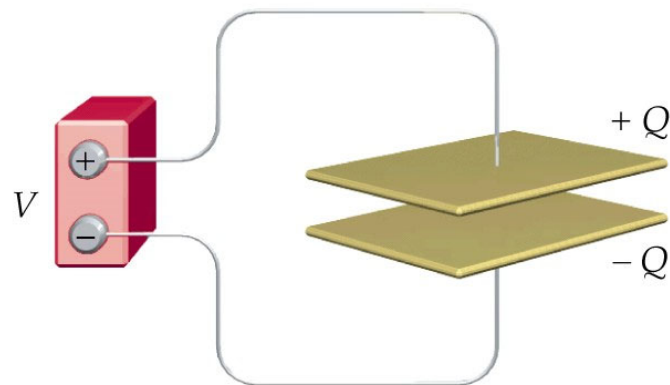
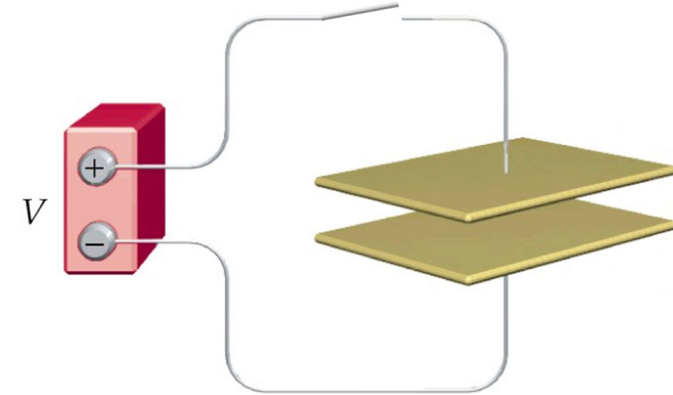
Esquemáticamente podemos representar una fuente de potencial eléctrico tal y como se muestra en la figura. Antes de cerrar el circuito el conductor (cable) conectado al borne positivo de la fuente de potencial está a mayor potencial eléctrico que el conductor (cable y placa) conectado al borne negativo. Sin embargo, puesto que la carga neta de estos conductores es cero la energía potencial electrostática almacenada en ellos es cero.



Fuente de potencial eléctrico = Dispositivo que actúa manteniendo constante la diferencia de potencial eléctrico entre sus bornes (baterías, pilas, etc).



Esquemáticamente podemos representar una fuente de potencial eléctrico tal y como se muestra en la figura. Antes de cerrar el circuito el conductor (cable) conectado al borne positivo de la fuente de potencial está a mayor potencial eléctrico que el conductor (cable y placa) conectado al borne negativo. Sin embargo, puesto que la carga neta de estos conductores es cero la energía potencial electrostática almacenada en ellos es cero.



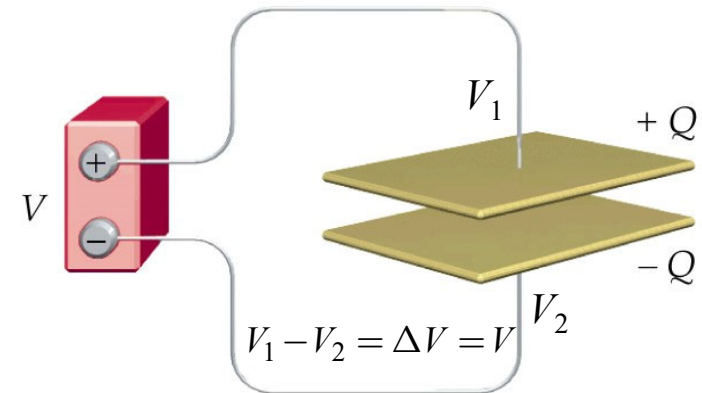
La situación cambia drásticamente cuando cerramos el circuito. El conductor (cable y placa) conectado al borne positivo tiende a cargarse positivamente mientras que el conductor (cable y placa) conectado al borne negativo tiende a cargarse negativamente. Lo que ocurre realmente es que la fuente de potencial lleva electrones (portadores de carga en conductores sólidos) desde el conductor conectado al borne positivo (quedando este cargado positivamente) al conductor conectado al borne negativo (quedando este cargado negativamente).

Es interesante señalar que en este proceso los electrones ganan energía potencial eléctrica al pasar de un potencial mayor a un potencial menor. La energía necesaria para que se de este proceso no espontáneo la libera la fuente de potencial eléctrico.

La carga que aparece sobre las placas conductoras del condensador produce a su vez la aparición de un campo eléctrico y una diferencia de potencial eléctrico entre dichas placas. El proceso de carga de las placas continua hasta que la diferencia de potencial que se establece entre las placas del condensador iguala la diferencia de potencial que suministra la fuente de potencial. Cuando se alcanza esta situación se dice que el condensador está cargado.

Es interesante observar que la carga neta del condensador (suma de la carga en la placa positiva más la carga en la placa negativa) es cero. Sin embargo, es habitual hablar de que el condensador tiene una carga Q identificando esta carga con la carga de la placa positiva.

Como se ha comentado anteriormente, cuando el condensador está cargado la diferencia de potencial que se establece entre las dos placas es igual a la diferencia de potencial que establece la fuente de potencial a la que está conectado el condensador.



De forma general tenemos que la capacidad del condensador se define como el cociente entre la carga del condensador (la de la placa positiva) y la diferencia de potencial que se establece entre las placas del condensador.

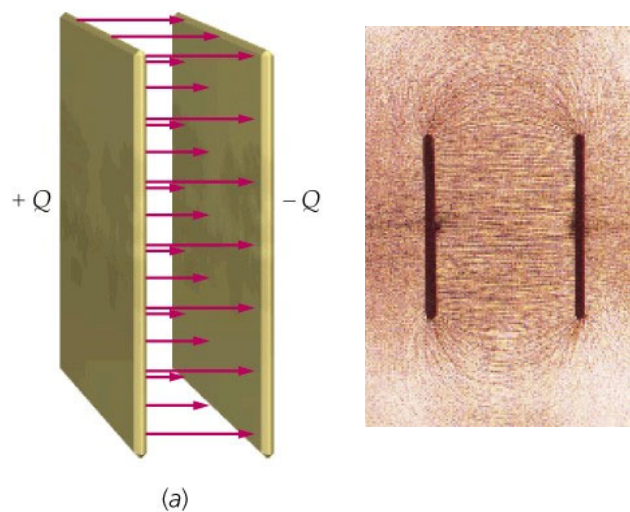
$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

De acuerdo a lo que vimos al principio del tema la energía potencial electrostática almacenada en el condensador puede calcularse mediante la expresión.

$$U = \frac{QV_1}{2} - \frac{QV_2}{2} = \frac{Q(V_1 - V_2)}{2} = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

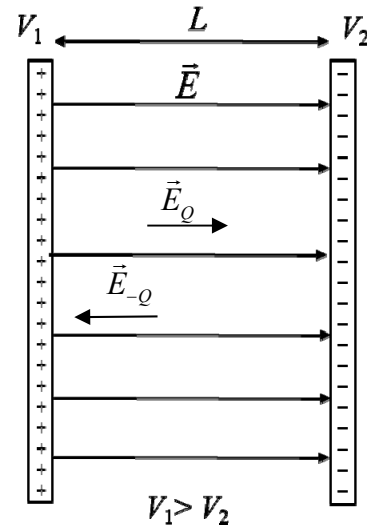
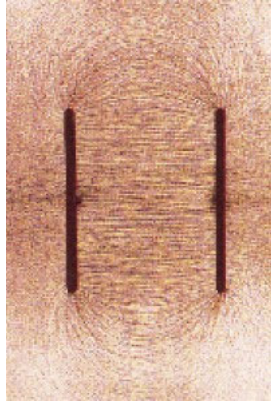
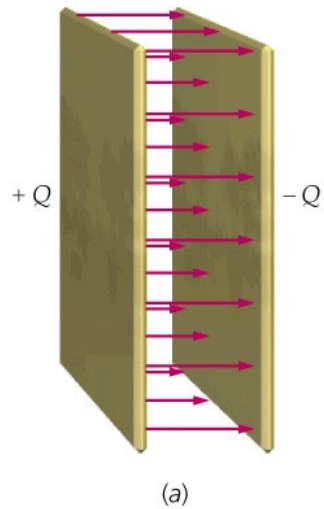
Ejemplo 3

Calcule la capacidad y la energía almacenada en un condensador de placas plano-paralelas.



Ejemplo 3

Calcule la capacidad y la energía almacenada en un condensador de placas plano-paralelas.

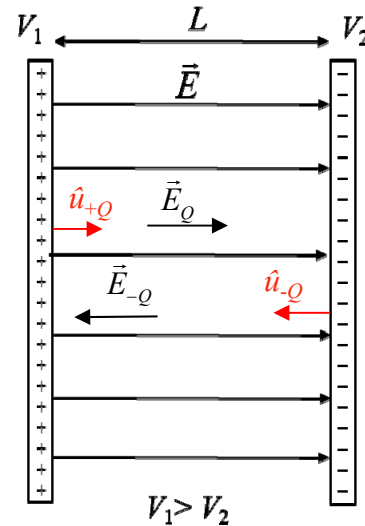
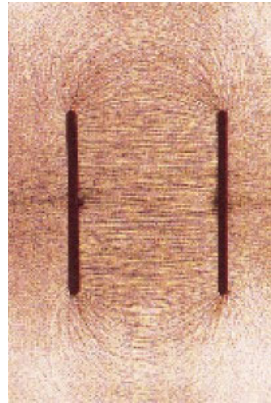
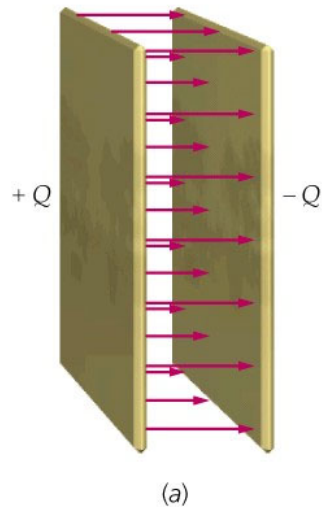


1. De acuerdo al principio de superposición el campo eléctrico entre la placas del condensador será igual a la suma de los campos eléctricos producidos por la placa positiva y la placa negativa.

$$\vec{E} = \vec{E}_Q + \vec{E}_{-Q}$$

Ejemplo 3

Calcule la capacidad y la energía almacenada en un condensador de placas plano-paralelas.



1. De acuerdo al principio de superposición el campo eléctrico entre las placas del condensador será igual a la suma de los campos eléctricos producidos por la placa positiva y la placa negativa.

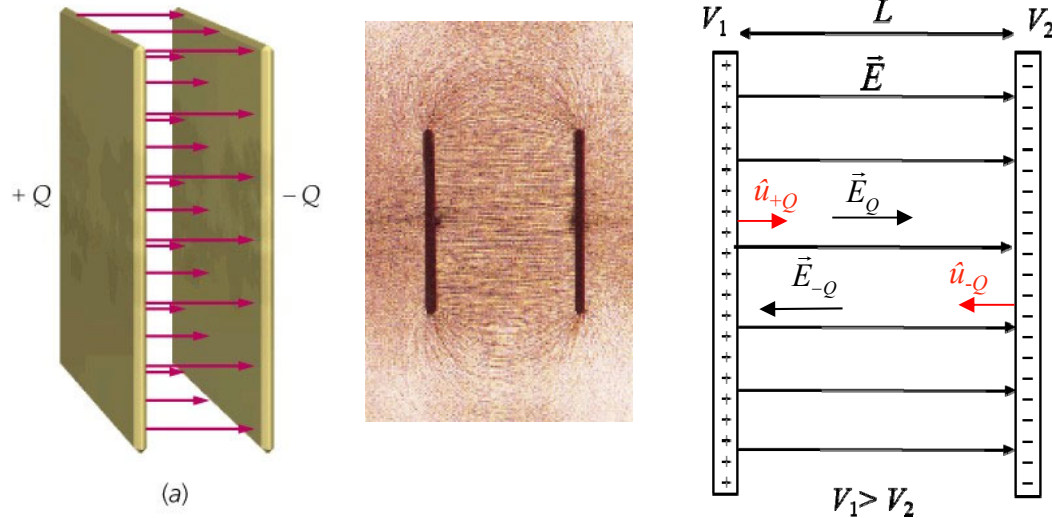
$$\vec{E} = \vec{E}_Q + \vec{E}_{-Q}$$

2. Asumiendo que podemos aproximar el campo eléctrico de cada una de las placas mediante la expresión que obtuvimos en el tema anterior para una placa plana infinita con una densidad superficial de carga homogénea tenemos que:

$$\vec{E}_{\pm Q} = \pm \frac{\sigma_s}{2\epsilon_0} \hat{u}_{\pm Q} = \pm \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{\pm Q} \Rightarrow \begin{cases} \vec{E} = \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{+Q} - \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{-Q} \\ \hat{u}_{-Q} = -\hat{u}_{+Q} \end{cases} \Rightarrow \vec{E} = \frac{Q}{S\epsilon_0} \hat{u}_{+Q} \Rightarrow E = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

Ejemplo 3

Calcule la capacidad y la energía almacenada en un condensador de placas plano-paralelas.



- De acuerdo al principio de superposición el campo eléctrico entre las placas del condensador será igual a la suma de los campos eléctricos producidos por la placa positiva y la placa negativa.

$$\vec{E} = \vec{E}_Q + \vec{E}_{-Q}$$

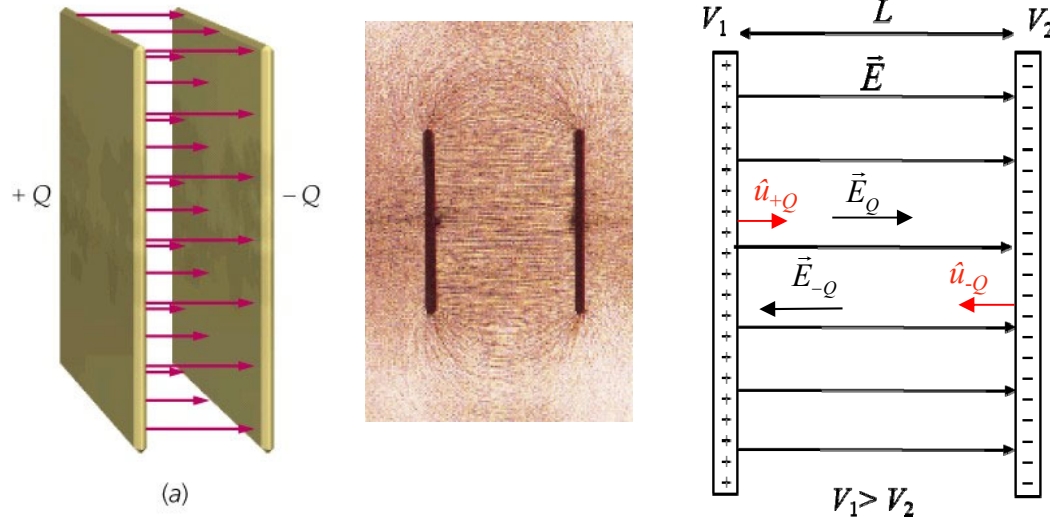
- Asumiendo que podemos aproximar el campo eléctrico de cada una de las placas mediante la expresión que obtuvimos en el tema anterior para una placa plana infinita con una densidad superficial de carga homogénea tenemos que:

$$3. \text{ Utilizando la relación existente entre el campo eléctrico y el potencial llegamos a: } \vec{E}_{\pm Q} = \pm \frac{\sigma_s}{2\epsilon_0} \hat{u}_{\pm Q} = \pm \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{\pm Q} \Rightarrow \begin{cases} \vec{E} = \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{+Q} - \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{-Q} \\ \hat{u}_{-Q} = -\hat{u}_{+Q} \end{cases} \Rightarrow \vec{E} = \frac{Q}{S\epsilon_0} \hat{u}_{+Q} \Rightarrow E = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

$$V_2 - V_1 = - \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\vec{E} \cdot \vec{L} = -E \cdot L = -\frac{QL}{S\epsilon_0} \Rightarrow V = \Delta V = V_1 - V_2 = \frac{QL}{S\epsilon_0}$$

Ejemplo 3

Calcule la capacidad y la energía almacenada en un condensador de placas plano-paralelas.



1. De acuerdo al principio de superposición el campo eléctrico entre las placas del condensador será igual a la suma de los campos eléctricos producidos por la placa positiva y la placa negativa.

$$\vec{E} = \vec{E}_Q + \vec{E}_{-Q}$$

2. Asumiendo que podemos aproximar el campo eléctrico de cada una de las placas mediante la expresión que obtuvimos en el tema anterior para una placa plana infinita con una densidad superficial de carga homogénea tenemos que:

3. Utilizando la relación existente entre el campo eléctrico y el potencial llegamos a:

$$\vec{E}_{\pm Q} = \pm \frac{\sigma_s}{2\epsilon_0} \hat{u}_{\pm Q} = \pm \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{\pm Q} \Rightarrow \begin{cases} \vec{E} = \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{+Q} - \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{-Q} \\ \hat{u}_{-Q} = -\hat{u}_{+Q} \end{cases} \Rightarrow \vec{E} = \frac{Q}{S\epsilon_0} \hat{u}_{+Q} \Rightarrow E = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

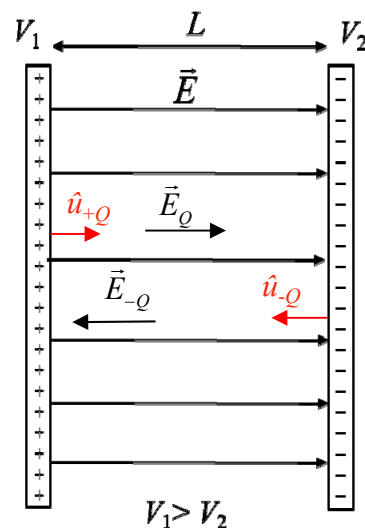
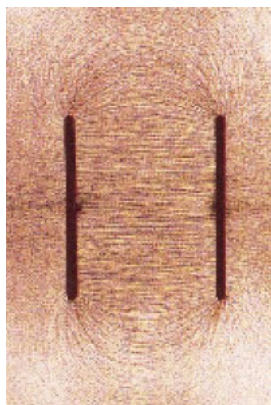
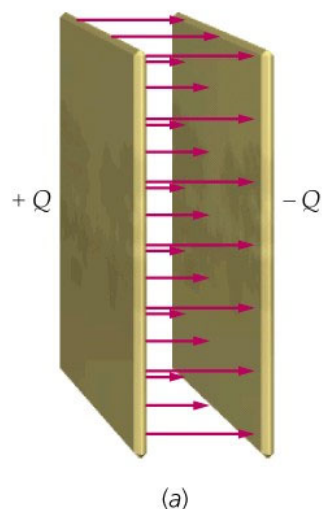
$$V_2 - V_1 = - \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\vec{E} \cdot \vec{L} = -E \cdot L = -\frac{QL}{S\epsilon_0} \Rightarrow V = \Delta V = V_1 - V_2 = \frac{QL}{S\epsilon_0}$$

4. Por lo tanto la capacidad será igual a:

$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{Q}{V} \\ V &= \frac{QL}{S\epsilon_0} \end{aligned} \right| \Rightarrow C = \frac{Q}{\frac{QL}{S\epsilon_0}} = \frac{S\epsilon_0}{L}$$

Ejemplo 3

Calcule la capacidad y la energía almacenada en un condensador de placas plano-paralelas.



1. De acuerdo al principio de superposición el campo eléctrico entre las placas del condensador será igual a la suma de los campos eléctricos producidos por la placa positiva y la placa negativa.

$$\vec{E} = \vec{E}_Q + \vec{E}_{-Q}$$

2. Asumiendo que podemos aproximar el campo eléctrico de cada una de las placas mediante la expresión que obtuvimos en el tema anterior para una placa plana infinita con una densidad superficial de carga homogénea tenemos que:

3. Utilizando la relación existente entre el campo eléctrico y el potencial llegamos a:

$$\vec{E}_{\pm Q} = \pm \frac{\sigma_s}{2\epsilon_0} \hat{u}_{\pm Q} = \pm \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{\pm Q} \Rightarrow \left| \begin{array}{l} \vec{E} = \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{+Q} - \frac{Q}{2S\epsilon_0} \hat{u}_{-Q} \\ \hat{u}_{-Q} = -\hat{u}_{+Q} \end{array} \right. \Rightarrow \vec{E} = \frac{Q}{S\epsilon_0} \hat{u}_{+Q} \Rightarrow E = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

$$V_2 - V_1 = - \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\vec{E} \cdot \vec{L} = -E \cdot L = -\frac{QL}{S\epsilon_0} \Rightarrow V = \Delta V = V_1 - V_2 = \frac{QL}{S\epsilon_0}$$

4. Por lo tanto la capacidad será igual a:

$$\left| \begin{array}{l} C = \frac{Q}{V} \\ V = \frac{QL}{S\epsilon_0} \end{array} \right| \Rightarrow C = \frac{Q}{\frac{QL}{S\epsilon_0}} = \frac{S\epsilon_0}{L}$$

5. Finalmente la energía electrostática almacenada en el condensador será igual a:

$$\left| \begin{array}{l} U = \frac{CV^2}{2} \\ C = \frac{S\epsilon_0}{L} \end{array} \right| \Rightarrow U = \frac{S\epsilon_0}{2L} V^2$$

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$$

Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.

Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \begin{array}{l} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV \\ \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS \\ \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \end{array} \right.$$

Ley de Gauss.

Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV + \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS + \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \right]$$

Ley de Gauss.

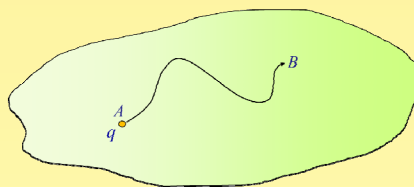
Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Definición de potencial eléctrico

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$W_{AB} = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$



Potencial eléctrico creado por una partícula puntual

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Definición de la energía potencial electrostática

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV + \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS + \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \right]$$

Ley de Gauss.

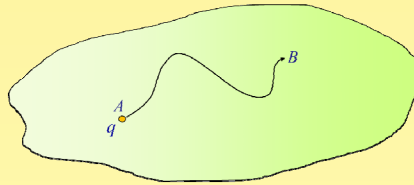
Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Definición de potencial eléctrico

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$W_{AB} = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$



Potencial eléctrico creado por una partícula puntual

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Definición de la energía potencial electrostática

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



1.- Propiedades conductoras o aislantes: Existencia de portadores de carga dentro del material que se mueven dentro de la estructura cristalina del material cuando se aplica un campo eléctrico externo.
2.- Propiedades dieléctricas: Pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV + \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS + \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \right]$$

Ley de Gauss.

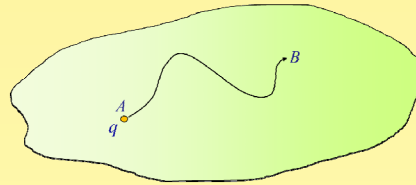
Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Definición de potencial eléctrico

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$W_{AB} = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$



Potencial eléctrico creado por una partícula puntual

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Definición de la energía potencial electrostática

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



1.- Propiedades conductoras o aislantes: Existencia de portadores de carga dentro del material que se mueven dentro de la estructura cristalina del material cuando se aplica un campo eléctrico externo.
2.- Propiedades dieléctricas: Pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero y, por tanto, el potencial eléctrico es constante.
2. El campo eléctrico tangencial en la superficie de un conductor siempre es cero y, por tanto, la superficie de un conductor es una superficie equipotencial.

3. Energía potencial electrostática de un conductor

$$U = \frac{QV}{2}$$

Capacidad de un conductor

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV + \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS + \int_L \frac{\lambda_l}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \right]$$

Ley de Gauss.

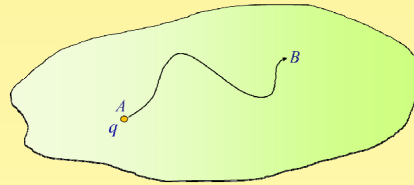
Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Definición de potencial eléctrico

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$W_{AB} = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$



Potencial eléctrico creado por una partícula puntual

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Definición de la energía potencial electrostática

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



- 1.- Propiedades conductoras o aislantes:** Existencia de portadores de carga dentro del material que se mueven dentro de la estructura cristalina del material cuando se aplica un campo eléctrico externo.
- 2.- Propiedades dieléctricas:** Pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero y, por tanto, el potencial eléctrico es constante.
2. El campo eléctrico tangencial en la superficie de un conductor siempre es cero y, por tanto, la superficie de un conductor es una superficie equipotencial.

3. Energía potencial electrostática de un conductor

$$U = \frac{QV}{2}$$

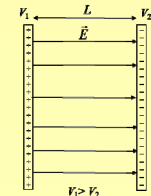
Capacidad de un conductor

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Capacidad y la energía almacenada en un condensador de placas plano-paralelas.

$$C = \frac{S\epsilon_0}{L}$$

$$\frac{S\epsilon_0}{2L} V^2$$

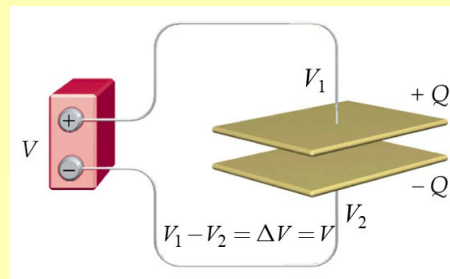


Condensador = Par de conductores situados normalmente uno cerca del otro separados por un material aislante.



Esquema típico de un condensador

Habitualmente el condensador se carga transfiriendo, mediante una fuente de potencial eléctrico, una carga Q de un conductor a otro.



Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

$$U = \frac{QV_1}{2} - \frac{QV_2}{2} = \frac{Q(V_1 - V_2)}{2} = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

Ejemplo 4

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 10 cm separados por un milímetro de distancia. (a) Calcular su capacidad. (b) Si la diferencia de potencial entre las placas es 12 V, ¿Cuánta carga hay transferida de una placa a otra? (c) Calcular la energía electrostática almacenada en el condensador en este último caso.

Ejemplo 4

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 10 cm separados por un milímetro de distancia. (a) Calcular su capacidad. (b) Si la diferencia de potencial entre las placas es 12 V, ¿Cuánta carga hay transferida de una placa a otra? (c) Calcular la energía electrostática almacenada en el condensador en este último caso.

1. Calculamos la capacidad con la expresión que acabamos de obtener.

$$C = \frac{S\epsilon_0}{L} = \frac{0.1^2 \text{ m}^2 \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}}{0.001 \text{ m}} = 8.854 \cdot 10^{-7} \text{ F} = 0.8854 \mu\text{F}$$

Ejemplo 4

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 10 cm separados por un milímetro de distancia. (a) Calcular su capacidad. (b) Si la diferencia de potencial entre las placas es 12 V, ¿Cuánta carga hay transferida de una placa a otra? (c) Calcular la energía electrostática almacenada en el condensador en este último caso.

1. Calculamos la capacidad con la expresión que acabamos de obtener.

$$C = \frac{S\epsilon_0}{L} = \frac{0.1^2 \text{ m}^2 \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}}{0.001 \text{ m}} = 8.854 \cdot 10^{-7} \text{ F} = 0.8854 \mu\text{F}$$

2. La carga la podemos calcular a partir de la definición de capacidad:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV = 0.8854 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 12 \text{ V} = 10.625 \mu\text{C}$$

Ejemplo 4

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 10 cm separados por un milímetro de distancia. (a) Calcular su capacidad. (b) Si la diferencia de potencial entre las placas es 12 V, ¿Cuánta carga hay transferida de una placa a otra? (c) Calcular la energía electrostática almacenada en el condensador en este último caso.

1. Calculamos la capacidad con la expresión que acabamos de obtener.

$$C = \frac{S\epsilon_0}{L} = \frac{0.1^2 \text{ m}^2 \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}}{0.001 \text{ m}} = 8.854 \cdot 10^{-7} \text{ F} = 0.8854 \mu\text{F}$$

2. La carga la podemos calcular a partir de la definición de capacidad:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV = 0.8854 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 12 \text{ V} = 10.625 \mu\text{C}$$

3. Finalmente, la energía electrostática almacenada en el condensador es igual a:

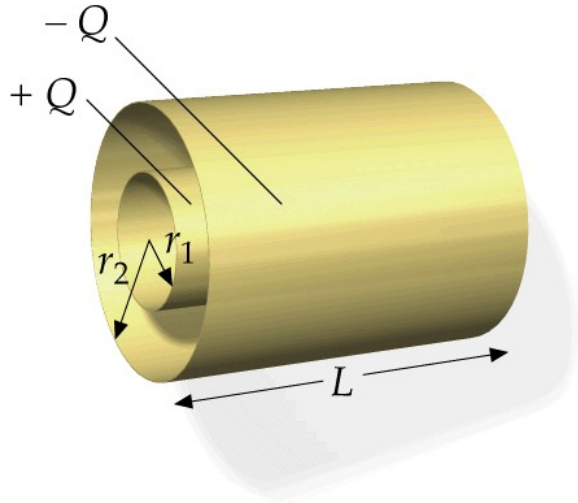
$$U = \frac{QV}{2} = \frac{10.625 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 12 \text{ V}}{2} = 63.75 \mu\text{J}$$

Ejemplo 5

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador cilíndrico formado por dos conductores de longitud L . Un cilindro tiene un radio r_1 y el otro es una corteza cilíndrica coaxial de radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2 \ll L$ como se muestra en la figura.

Ejemplo 5

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador cilíndrico formado por dos conductores de longitud L . Un cilindro tiene un radio r_1 y el otro es una corteza cilíndrica coaxial de radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2 \ll L$ como se muestra en la figura.



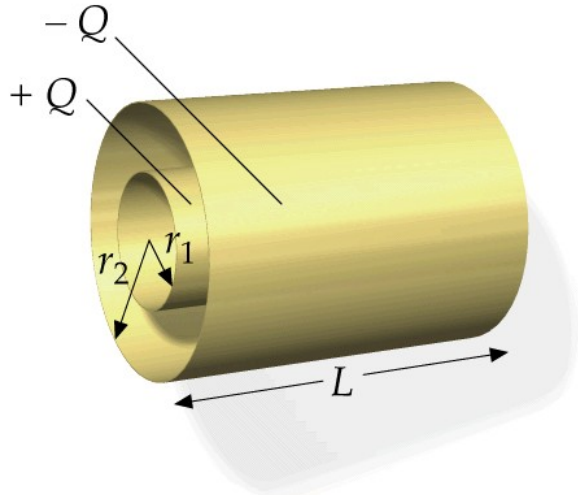
1. Utilizamos la ley de Gauss para calcular el campo eléctrico entre las placas del condensador. Para ello, por simetría, el campo eléctrico debe tener solo componente radial y su módulo debe de ser una función de la distancia al eje de simetría del cilindro. Por otro lado, tomaremos como superficie cerrada un cilindro de radio r (con $r_1 \leq r \leq r_2$) y longitud l .

$$\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oiint_{A_1} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \oiint_{A_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \oiint_{A_3} \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \oiint_{A_1} dA = E \oiint_{A_1} dA = 2\pi r l E$$

$$q = \frac{Q}{2\pi r_1 L} 2\pi r_1 l = \frac{lQ}{L} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L r}$$

Ejemplo 5

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador cilíndrico formado por dos conductores de longitud L . Un cilindro tiene un radio r_1 y el otro es una corteza cilíndrica coaxial de radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2 \ll L$ como se muestra en la figura.



1. Utilizamos la ley de Gauss para calcular el campo eléctrico entre las placas del condensador. Para ello, por simetría, el campo eléctrico debe tener solo componente radial y su módulo debe de ser una función de la distancia al eje de simetría del cilindro. Por otro lado, tomaremos como superficie cerrada un cilindro de radio r (con $r_1 \leq r \leq r_2$) y longitud l .

$$\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oiint_{A_1} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \oiint_{A_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \oiint_{A_3} \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \oiint_{A_1} dA = E \oiint_{A_1} dA = 2\pi r l E$$

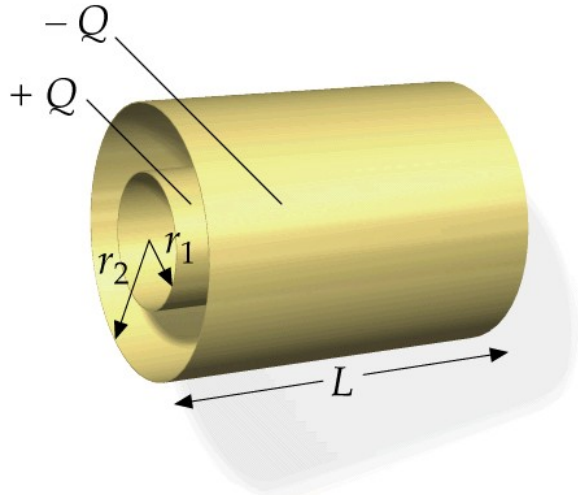
$$q = \frac{Q}{2\pi r_1 L} 2\pi r_1 l = \frac{lQ}{L} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L r}$$

2. La diferencia de potencial entre ambas placas la podemos calcular a partir de:

$$V_2 - V_1 = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L r} dr = - \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = - \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} [\ln(r)]_{r_1}^{r_2} = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) \Rightarrow V = V_1 - V_2 = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

Ejemplo 5

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador cilíndrico formado por dos conductores de longitud L . Un cilindro tiene un radio r_1 y el otro es una corteza cilíndrica coaxial de radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2 \ll L$ como se muestra en la figura.



1. Utilizamos la ley de Gauss para calcular el campo eléctrico entre las placas del condensador. Para ello, por simetría, el campo eléctrico debe tener solo componente radial y su módulo debe de ser una función de la distancia al eje de simetría del cilindro. Por otro lado, tomaremos como superficie cerrada un cilindro de radio r (con $r_1 \leq r \leq r_2$) y longitud l .

$$\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oiint_{A_1} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \oiint_{A_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \oiint_{A_3} \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \oiint_{A_1} dA = E \oiint_{A_1} dA = 2\pi r l E$$

$$q = \frac{Q}{2\pi r_1 L} 2\pi r_1 l = \frac{lQ}{L} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L r}$$

2. La diferencia de potencial entre ambas placas la podemos calcular a partir de:

$$V_2 - V_1 = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L r} dr = - \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = - \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} [\ln(r)]_{r_1}^{r_2} = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) \Rightarrow V = V_1 - V_2 = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

3. De donde la capacidad del condensador cilíndrico será igual a:

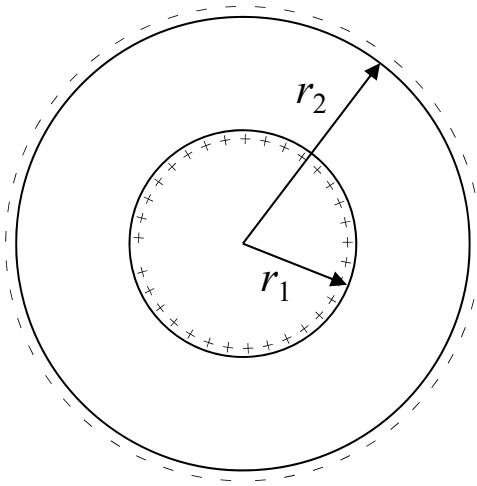
$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} = \frac{2\pi \epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Ejemplo 6

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador esférico formado por dos superficies conductoras. Una esfera tiene un radio r_1 y la otra, con igual centro que la primera, tiene un radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2$ como se muestra en la figura.

Ejemplo 6

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador esférico formado por dos superficies conductoras. Una esfera tiene un radio r_1 y la otra, con igual centro que la primera, tiene un radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2$ como se muestra en la figura.

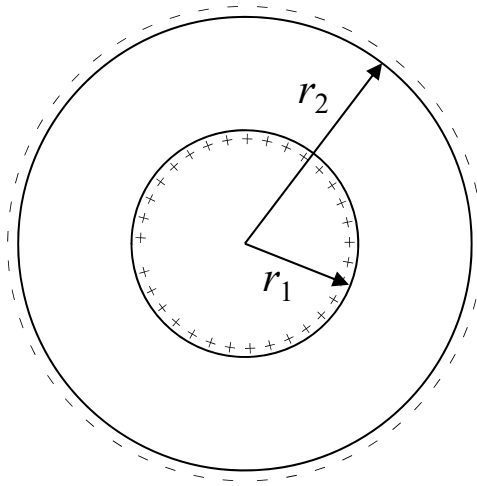


1. Como hemos visto el campo eléctrico que crea una superficie esférica cargada de radio r_1 en puntos exteriores a ella ($r > r_1$) es igual a:

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

Ejemplo 6

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador esférico formado por dos superficies conductoras. Una esfera tiene un radio r_1 y la otra, con igual centro que la primera, tiene un radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2$ como se muestra en la figura.



1. Como hemos visto el campo eléctrico que crea una superficie esférica cargada de radio r_1 en puntos exteriores a ella ($r > r_1$) es igual a:

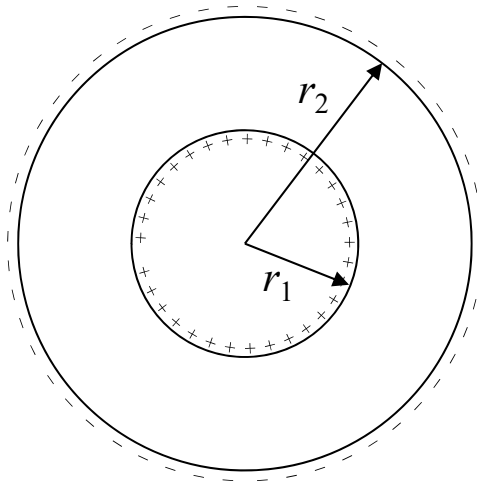
$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

2. La diferencia de potencial entre ambas placas la podemos calcular a partir de:

$$V_2 - V_1 = -\int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\int_{r_1}^{r_2} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r} \right]_{r_1}^{r_2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \Rightarrow V = V_1 - V_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Ejemplo 6

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador esférico formado por dos superficies conductoras. Una esfera tiene un radio r_1 y la otra, con igual centro que la primera, tiene un radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2$ como se muestra en la figura.



1. Como hemos visto el campo eléctrico que crea una superficie esférica cargada de radio r_1 en puntos exteriores a ella ($r > r_1$) es igual a:

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

2. La diferencia de potencial entre ambas placas la podemos calcular a partir de:

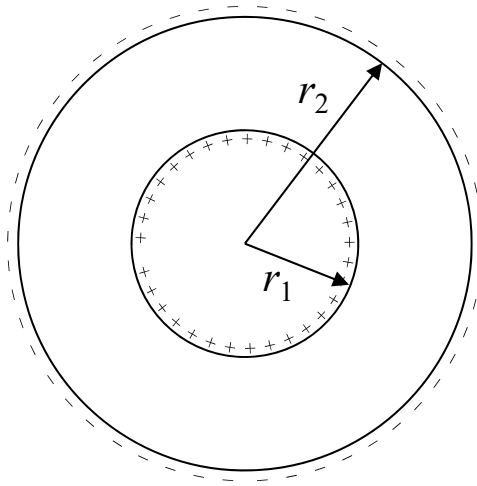
$$V_2 - V_1 = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r} \right]_{r_1}^{r_2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \Rightarrow V = V_1 - V_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

3. De donde la capacidad del condensador esférico será igual a:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{4\pi\epsilon_0 r_1 r_2}{r_2 - r_1}$$

Ejemplo 6

Determinar la expresión de la capacidad de un condensador esférico formado por dos superficies conductoras. Una esfera tiene un radio r_1 y la otra, con igual centro que la primera, tiene un radio interno r_2 , siendo, lógicamente, $r_1 < r_2$ como se muestra en la figura.



1. Como hemos visto el campo eléctrico que crea una superficie esférica cargada de radio r_1 en puntos exteriores a ella ($r > r_1$) es igual a:

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

2. La diferencia de potencial entre ambas placas la podemos calcular a partir de:

$$V_2 - V_1 = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r} \right]_{r_1}^{r_2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \Rightarrow V = V_1 - V_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

3. De donde la capacidad del condensador esférico será igual a:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{4\pi\epsilon_0 r_1 r_2}{r_2 - r_1}$$

4. La energía almacenada la podemos calcular a partir de:

$$U = \frac{CV^2}{2} = \frac{2\pi\epsilon_0 r_1 r_2 V^2}{r_2 - r_1}$$

Link al formulario de Termodinámica

<https://forms.gle/R1Mc9YJJBjjxTScS6>

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \begin{array}{l} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV \\ \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS \\ \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \end{array} \right.$$

Ley de Gauss.

Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV + \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS + \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \right]$$

Ley de Gauss.

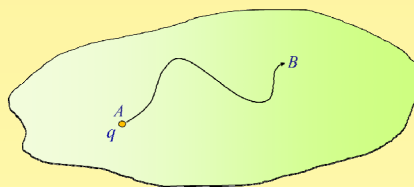
Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Definición de potencial eléctrico

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$W_{AB} = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$



Potencial eléctrico creado por una partícula puntual

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Definición de la energía potencial electrostática

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV + \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS + \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \right]$$

Ley de Gauss.

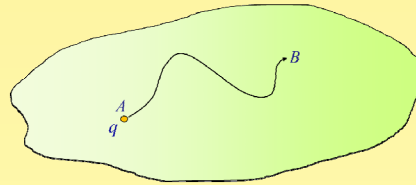
Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Definición de potencial eléctrico

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$W_{AB} = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$



Potencial eléctrico creado por una partícula puntual

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Definición de la energía potencial electrostática

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



1.- Propiedades conductoras o aislantes: Existencia de portadores de carga dentro del material que se mueven dentro de la estructura cristalina del material cuando se aplica un campo eléctrico externo.
2.- Propiedades dieléctricas: Pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV + \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS + \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \right]$$

Ley de Gauss.

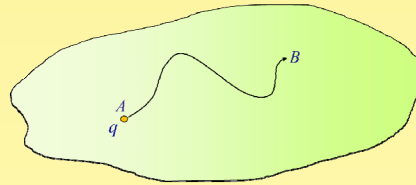
Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Definición de potencial eléctrico

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$W_{AB} = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$



Potencial eléctrico creado por una partícula puntual

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Definición de la energía potencial electrostática

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



1.- Propiedades conductoras o aislantes: Existencia de portadores de carga dentro del material que se mueven dentro de la estructura cristalina del material cuando se aplica un campo eléctrico externo.
2.- Propiedades dieléctricas: Pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero y, por tanto, el potencial eléctrico es constante.
2. El campo eléctrico tangencial en la superficie de un conductor siempre es cero y, por tanto, la superficie de un conductor es una superficie equipotencial.

3. Energía potencial electrostática de un conductor

$$U = \frac{QV}{2}$$

Capacidad de un conductor

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Existen dos tipos de carga eléctrica.
Las cargas de igual signo se repelen y las de igual signo se atraen.
Aditividad.
Cuantificación.
La carga se conserva.

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Si existen más de dos partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_{n+1}$), la fuerza eléctrica total que experimenta una de ellas es igual a la suma (vectorial) de la fuerza debida a cada una de las otras partículas dada por la ley de Coulomb.

Definición de campo eléctrico

Dada una carga q que sufre una fuerza eléctrica F_e en una determinada región del espacio, se define el campo eléctrico en ese punto como el cociente entre la fuerza eléctrica y la carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Propiedades del campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector.
El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r es: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Dirección y sentido de la fuerza eléctrica que el campo eléctrico produce.
Si tenemos varias partículas cargadas ($q_1, q_2, \dots, q_n$) el valor del campo eléctrico que crean es igual a la suma vectorial de los campos eléctricos correspondientes a cada una de ellas.

Distribuciones continuas de carga.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV + \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS + \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \right]$$

Ley de Gauss.

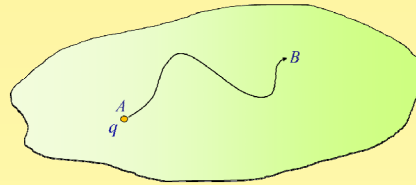
Dada una superficie cerrada en el espacio con carga neta Q en su interior, se cumple que el flujo eléctrico total a través de la superficie considerada es igual a la carga dividida por la permitividad del vacío. $\Phi_{\vec{E}} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Aplicaciones: Útil para calcular la magnitud del campo eléctrico generado por una distribución continua de carga cuando existe algún tipo de simetría en el problema a resolver.

Definición de potencial eléctrico

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$W_{AB} = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$



Potencial eléctrico creado por una partícula puntual

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Definición de la energía potencial electrostática

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



- 1.- Propiedades conductoras o aislantes:** Existencia de portadores de carga dentro del material que se mueven dentro de la estructura cristalina del material cuando se aplica un campo eléctrico externo.
- 2.- Propiedades dieléctricas:** Pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero y, por tanto, el potencial eléctrico es constante.
2. El campo eléctrico tangencial en la superficie de un conductor siempre es cero y, por tanto, la superficie de un conductor es una superficie equipotencial.

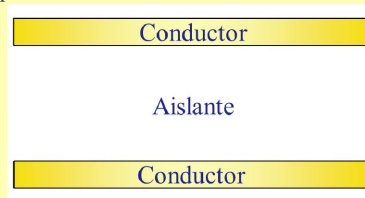
3. Energía potencial electrostática de un conductor

$$U = \frac{QV}{2}$$

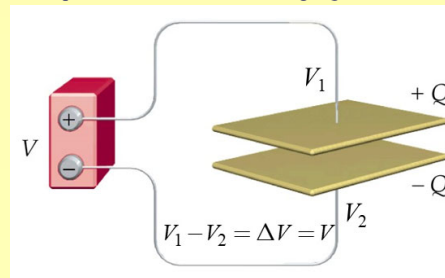
Capacidad de un conductor

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensador = Par de conductores situados normalmente uno cerca del otro separados por un material aislante.



Habitualmente el condensador se carga transfiriendo, mediante una fuente de potencial eléctrico, una carga Q de un conductor a otro.



Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

$$U = \frac{QV_1}{2} - \frac{QV_2}{2} = \frac{Q(V_1 - V_2)}{2} = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

11/04/2023

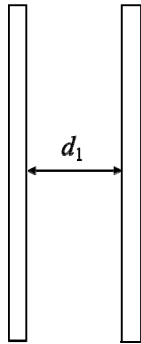
Esquema típico de un condensador

Ejemplo 7

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 14 cm separados por 2 mm de distancia y conectados a una fuente de potencial de 12 V. Se desconecta entonces la batería del condensador y la separación entre las placas del mismo se incrementa a 3.5 mm. (a) ¿Cuál es la carga del condensador? (b) ¿Cuánta energía se almacenó originalmente en el condensador? (c) ¿En cuánto se incrementó la energía al modificar la separación entre las placas?.

Ejemplo 7

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 14 cm separados por 2 mm de distancia y conectados a una fuente de potencial de 12 V. Se desconecta entonces la batería del condensador y la separación entre las placas del mismo se incrementa a 3.5 mm. (a) ¿Cuál es la carga del condensador? (b) ¿Cuánta energía se almacenó originalmente en el condensador? (c) ¿En cuánto se incrementó la energía al modificar la separación entre las placas?.



$$C = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

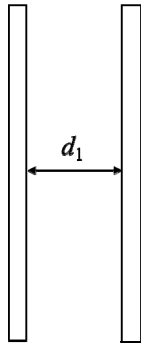
$$V = 0$$

$$Q = 0$$

$$U = 0$$

Ejemplo 7

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 14 cm separados por 2 mm de distancia y conectados a una fuente de potencial de 12 V. Se desconecta entonces la batería del condensador y la separación entre las placas del mismo se incrementa a 3.5 mm. (a) ¿Cuál es la carga del condensador? (b) ¿Cuánta energía se almacenó originalmente en el condensador? (c) ¿En cuánto se incrementó la energía al modificar la separación entre las placas?.

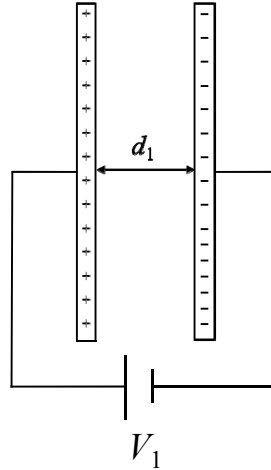


$$C = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$V = 0$$

$$Q = 0$$

$$U = 0$$



$$C_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

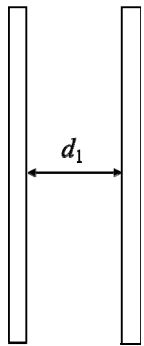
$$V_1$$

$$Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$U_1 = \frac{S\epsilon_0}{2d_1} V_1^2$$

Ejemplo 7

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 14 cm separados por 2 mm de distancia y conectados a una fuente de potencial de 12 V. Se desconecta entonces la batería del condensador y la separación entre las placas del mismo se incrementa a 3.5 mm. (a) ¿Cuál es la carga del condensador? (b) ¿Cuánta energía se almacenó originalmente en el condensador? (c) ¿En cuánto se incrementó la energía al modificar la separación entre las placas?.

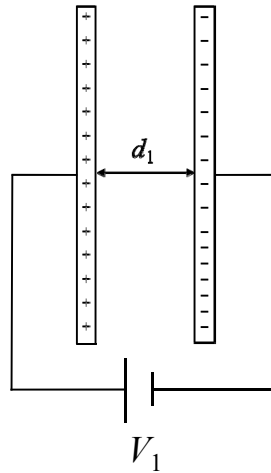


$$C = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$V = 0$$

$$Q = 0$$

$$U = 0$$

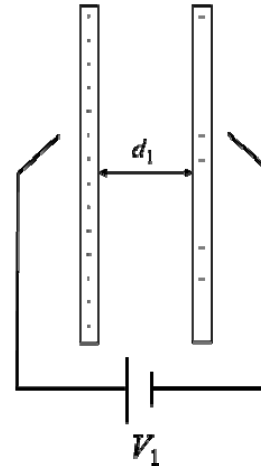


$$C_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$V_1$$

$$Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$U_1 = \frac{S\epsilon_0}{2d_1} V_1^2$$



$$C_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

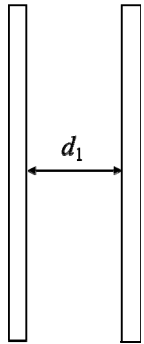
$$Q = Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$V = V_1$$

$$U_1 = \frac{S\epsilon_0}{2d_1} V_1^2$$

Ejemplo 7

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 14 cm separados por 2 mm de distancia y conectados a una fuente de potencial de 12 V. Se desconecta entonces la batería del condensador y la separación entre las placas del mismo se incrementa a 3.5 mm. (a) ¿Cuál es la carga del condensador? (b) ¿Cuánta energía se almacenó originalmente en el condensador? (c) ¿En cuánto se incrementó la energía al modificar la separación entre las placas?.

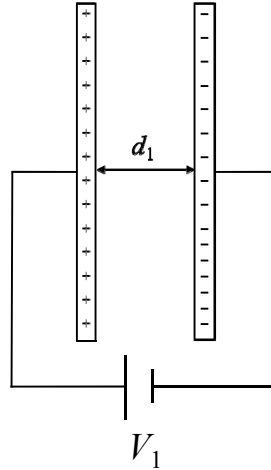


$$C = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$V = 0$$

$$Q = 0$$

$$U = 0$$

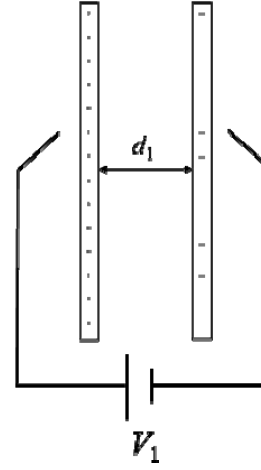


$$C_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$V_1$$

$$Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$U_1 = \frac{S\epsilon_0}{2d_1} V_1^2$$

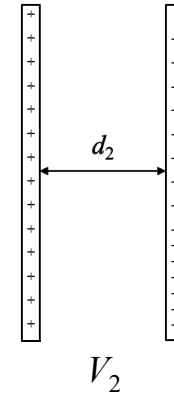


$$C_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$Q = Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$V = V_1$$

$$U_1 = \frac{S\epsilon_0}{2d_1} V_1^2$$



$$C_2 = \frac{S\epsilon_0}{d_2}$$

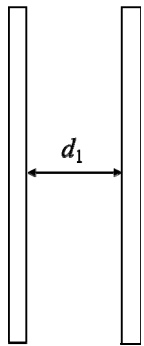
$$Q_2 = Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{\frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1}{\frac{S\epsilon_0}{d_2}} = \frac{d_2 V_1}{d_1}$$

$$U_2 = C_2 V_2^2 = \frac{S\epsilon_0}{2d_2} \frac{d_2^2 V_1^2}{d_1^2} = \frac{S\epsilon_0 d_2 V_1^2}{2d_1^2}$$

Ejemplo 7

Un condensador de placas plano-paralelas está formado por dos conductores cuadrados de lado 14 cm separados por 2 mm de distancia y conectados a una fuente de potencial de 12 V. Se desconecta entonces la batería del condensador y la separación entre las placas del mismo se incrementa a 3.5 mm. (a) ¿Cuál es la carga del condensador? (b) ¿Cuánta energía se almacenó originalmente en el condensador? (c) ¿En cuánto se incrementó la energía al modificar la separación entre las placas?.

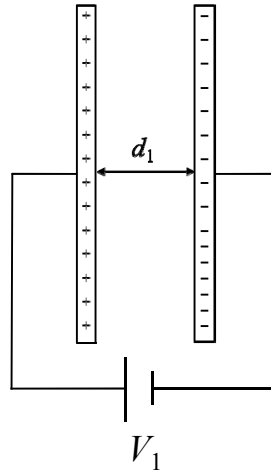


$$C = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$V = 0$$

$$Q = 0$$

$$U = 0$$

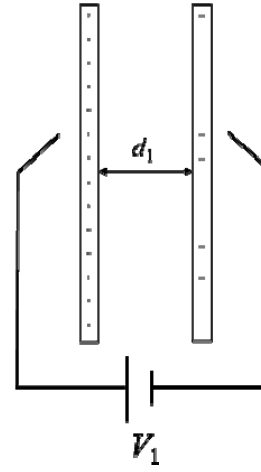


$$C_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$V_1$$

$$Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$U_1 = \frac{S\epsilon_0}{2d_1} V_1^2$$

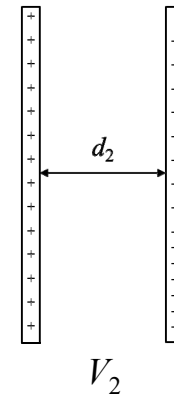


$$C_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1}$$

$$Q = Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$V = V_1$$

$$U_1 = \frac{S\epsilon_0}{2d_1} V_1^2$$



$$C_2 = \frac{S\epsilon_0}{d_2}$$

$$Q_2 = Q_1 = \frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{\frac{S\epsilon_0}{d_1} V_1}{\frac{S\epsilon_0}{d_2}} = \frac{d_2 V_1}{d_1}$$

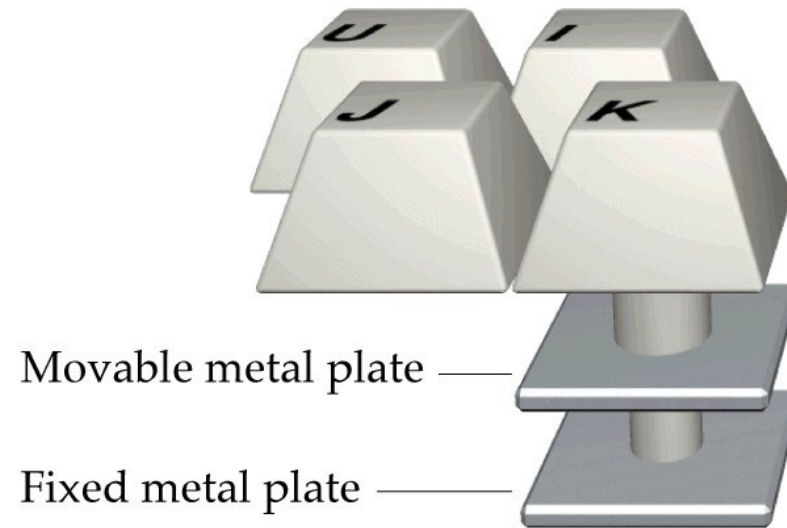
$$U_2 = C_2 V_2^2 = \frac{S\epsilon_0}{2d_2} \frac{d_2^2 V_1^2}{d_1^2} = \frac{S\epsilon_0 d_2 V_1^2}{2d_1^2}$$

11/04/2023

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{S\epsilon_0 d_2 V_1^2}{2d_1^2} - \frac{S\epsilon_0}{2d_1} V_1^2 = \frac{S\epsilon_0}{2d_1} \frac{d_2 - d_1}{d_1} V_1^2 = \frac{d_2 - d_1}{2d_1} U_1$$

76

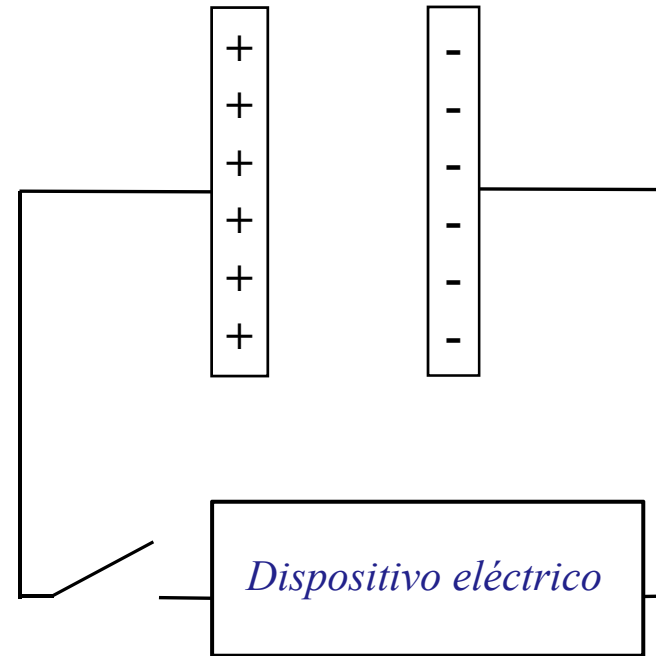
- *Aplicaciones de los condensadores*



Teclado de los ordenadores

- *Aplicaciones de los condensadores*

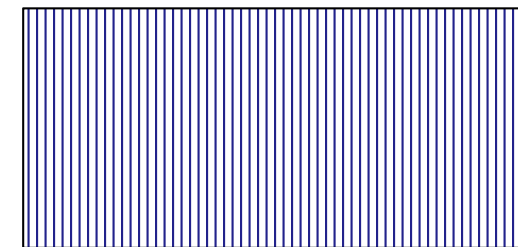
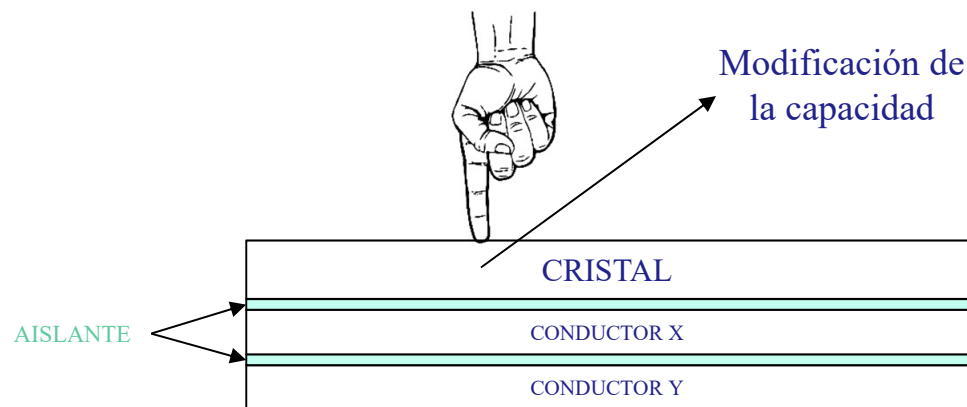
$$E_{PE} = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$



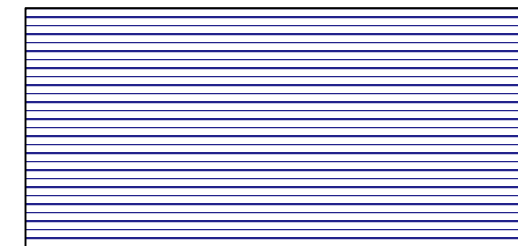
Almacenaje de energía eléctrica

- *Pantallas táctiles capacitivas*

Basadas en sensores capacitivos, consisten en una capa de aislamiento eléctrico, como el cristal, recubierto con un conductor transparente, como el ITO (*tin-doped indium oxide*). Como el cuerpo humano es también un conductor eléctrico, el contacto con la superficie de la pantalla genera una distorsión del campo electrostático de la pantalla, que se mide a través del cambio en la capacitancia (capacidad eléctrica). Pueden utilizarse diferentes tecnologías para determinar en qué posición de la pantalla se hizo el toque. La posición se envía al controlador, para su procesamiento. En este tipo de pantallas, la imagen tiene una mayor calidad, la respuesta es mejor, y algunas permiten el uso de varios dedos a la vez (*multitouch*). Sin embargo, son más caras y no se pueden usar con el puntero habitual, sino con uno especial para las pantallas capacitivas.



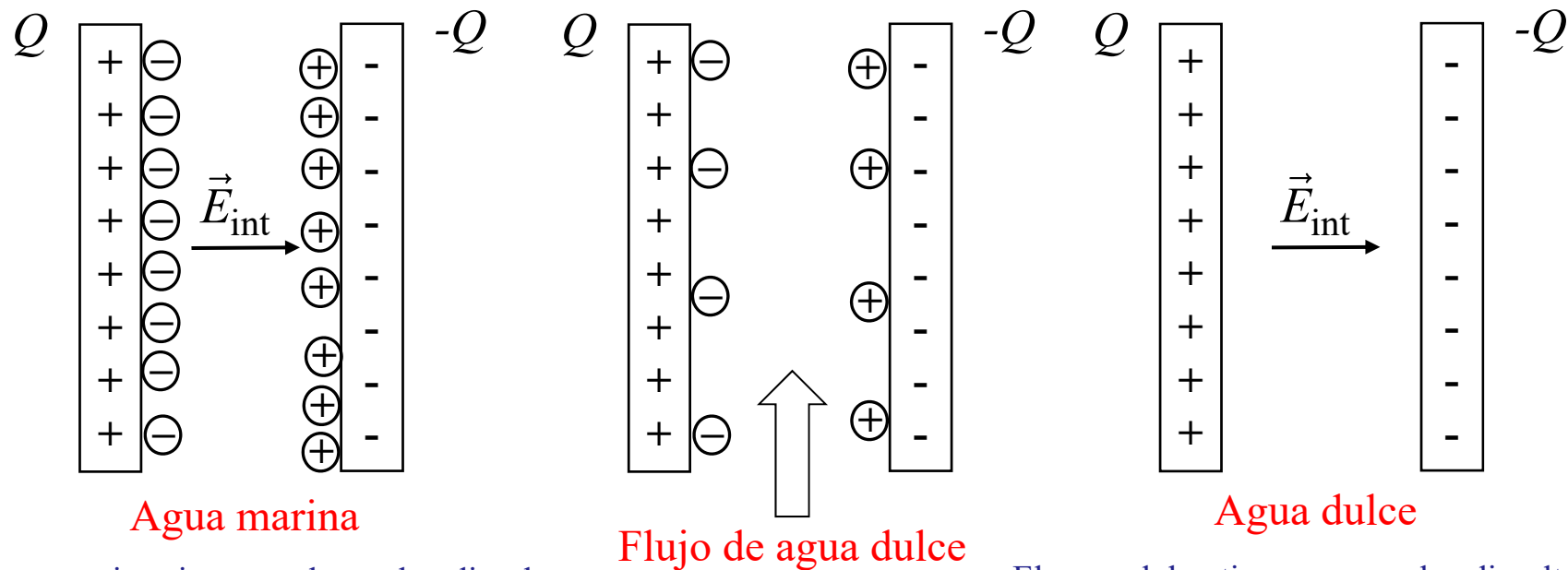
CONDUCTOR X



CONDUCTOR Y

Aplicación (Obtención de energía azul).

La **energía azul** o **potencia osmótica** es la energía obtenida por la diferencia en la concentración de la sal entre agua muy salada (agua de mar) y el agua con baja concentración de sal (agua de río o dulce). El residuo en este proceso es únicamente agua salobre. Esta fuente de energía renovable presenta un gran potencial en regiones con ríos caudalosos que desembocan en el mar como, por ejemplo, en los Países Bajos.



El agua marina tiene muchas sales disueltas por lo que es buena conductora

El agua dulce tiene pocas sales disueltas por lo que es mala conductora

$$E_{int} \downarrow \downarrow \downarrow \Rightarrow V_1 \downarrow \downarrow \downarrow \Rightarrow E_{PE1} \downarrow \downarrow \downarrow$$

$$E_{int} \uparrow \uparrow \uparrow \Rightarrow V_1 \uparrow \uparrow \uparrow \Rightarrow E_{PE1} \uparrow \uparrow \uparrow$$

Energía del campo electrostático

En el proceso de carga de un condensador se crea un campo eléctrico entre sus placas. El trabajo, que acabamos de estudiar, necesario para cargar el condensador puede considerarse también como el requerido para crear el campo eléctrico entre las placas del condensador. Es decir, la energía almacenada en el condensador reside en el campo eléctrico que se crea y por ello recibe el nombre de energía del campo electrostático.

Si consideramos un condensador de placas plano paralelas tenemos:

$$\left. \begin{array}{l} U = \frac{CV^2}{2} \\ C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \\ V = Ed \end{array} \right| \Rightarrow U = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} (Ed)^2 = \frac{\epsilon_0}{2} E^2 (Ad) = \frac{\epsilon_0}{2} E^2 v$$

donde v es el volumen de vacío que hay entre las dos placas.

Energía del campo electrostático

En el proceso de carga de un condensador se crea un campo eléctrico entre sus placas. El trabajo, que acabamos de estudiar, necesario para cargar el condensador puede considerarse también como el requerido para crear el campo eléctrico entre las placas del condensador. Es decir, la energía almacenada en el condensador reside en el campo eléctrico que se crea y por ello recibe el nombre de energía del campo electrostático.

Si consideramos un condensador de placas plano paralelas tenemos:

$$\left. \begin{array}{l} U = \frac{CV^2}{2} \\ C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \\ V = Ed \end{array} \right| \Rightarrow U = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} (Ed)^2 = \frac{\epsilon_0}{2} E^2 (Ad) = \frac{\epsilon_0}{2} E^2 v$$

donde v es el volumen de vacío que hay entre las dos placas.

A partir de la expresión anterior podemos definir una densidad de energía por unidad de volumen de campo electrostático tal y como sigue:

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

Asociaciones de condensadores

Hay muchas situaciones prácticas en las que en un sistema aparecen diferentes tipos de condensadores asociados. Por ejemplo, es típico que en el almacenamiento de energía tengamos varios condensadores asociados en paralelo. Para tratar de forma más simple las asociaciones de condensadores se introduce el concepto de condensador equivalente.

El condensador equivalente de una asociación de condensadores es aquel que almacena la misma carga total de la asociación cuando se establece la misma diferencia de potencial entre sus placas que la aplicada al conjunto de condensadores.

Asociaciones de condensadores

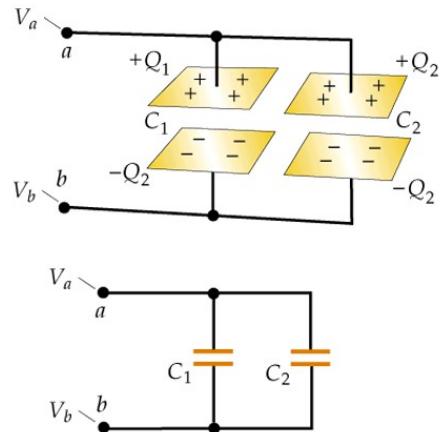
Hay muchas situaciones prácticas en las que en un sistema aparecen diferentes tipos de condensadores asociados. Por ejemplo, es típico que en el almacenamiento de energía tengamos varios condensadores asociados en paralelo. Para tratar de forma más simple las asociaciones de condensadores se introduce el concepto de condensador equivalente.

El condensador equivalente de una asociación de condensadores es aquel que almacena la misma carga total de la asociación cuando se establece la misma diferencia de potencial entre sus placas que la aplicada al conjunto de condensadores.

Existen dos tipos de asociaciones de condensadores para las cuales se puede calcular su equivalente.

1. Asociación de condensadores en paralelo.

Se dice que un conjunto de condensadores está asociado en paralelo cuando la diferencia de potencial entre las placas de todos los condensadores de la asociación es la misma, es decir:



De la misma definición de asociación en paralelo se deduce que la diferencia de potencial de todos los condensadores de la asociación es la misma.

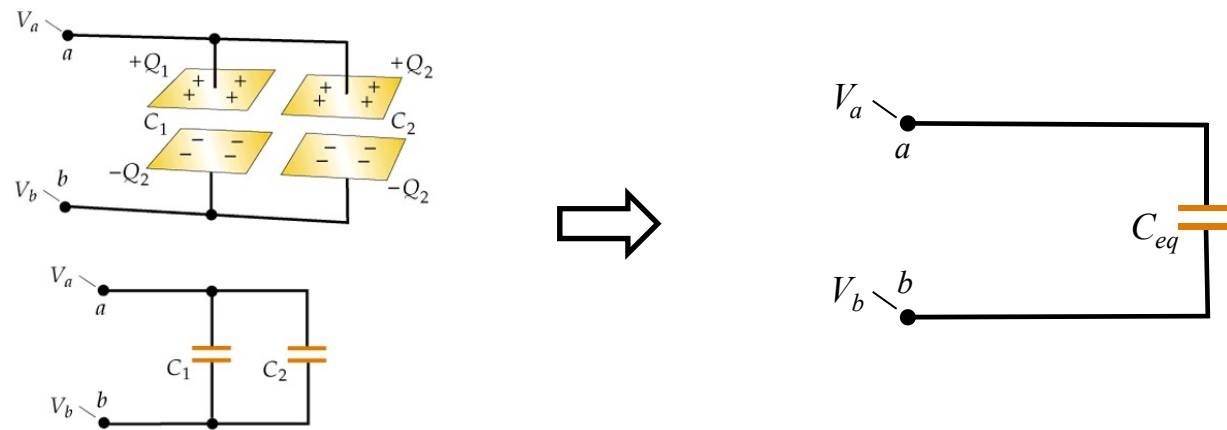
$$V = V_a - V_b$$

Por otro lado, la carga neta de la asociación será igual a la suma de las cargas individuales de cada uno de los condensadores, $Q_1 + Q_2$ en el caso de la figura y de forma más general, si consideramos n condensadores:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = \sum_{i=1}^n Q_i$$

Asociaciones de condensadores

Por lo tanto, el condensador equivalente de la asociación es un condensador que al aplicarle una diferencia de potencial V almacena una carga igual a Q_T .



Su capacidad será por tanto igual a:

$$C_{eq} = \frac{Q_T}{V} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{V} = \frac{Q_1}{V} + \frac{Q_2}{V} + \dots + \frac{Q_n}{V} = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i$$

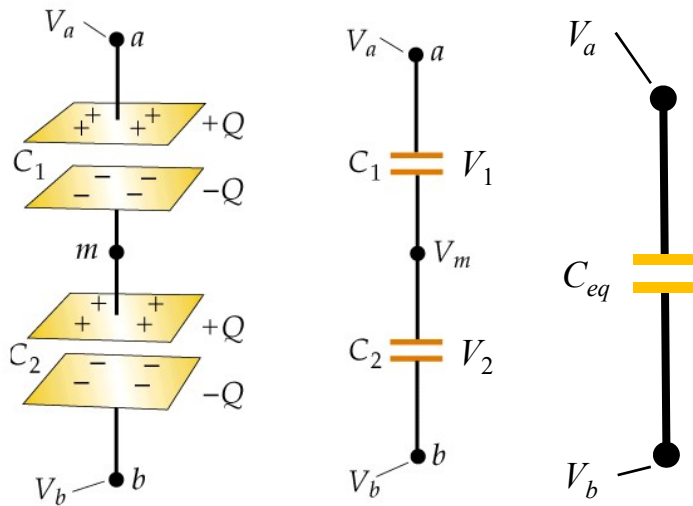
donde se ha tenido en cuenta que $C_i = \frac{Q_i}{V}$

Por lo tanto, el condensador equivalente a una asociación en paralelo de condensadores es un condensador con una capacidad igual a la suma de las capacidades de todos los condensadores de la asociación en paralelo.

Asociaciones de condensadores

2. Asociación de condensadores en serie.

Se dice que un conjunto de condensadores está asociado en serie cuando cada una de ellos se sitúa a continuación del anterior a lo largo del hilo conductor de un circuito, es decir:



De la misma definición de asociación en serie se deduce que la carga de todos los condensadores en serie es la misma y, por lo tanto, la carga de la capacidad equivalente va a tener que ser igual a dicha carga.

$$Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = Q_{eq}$$

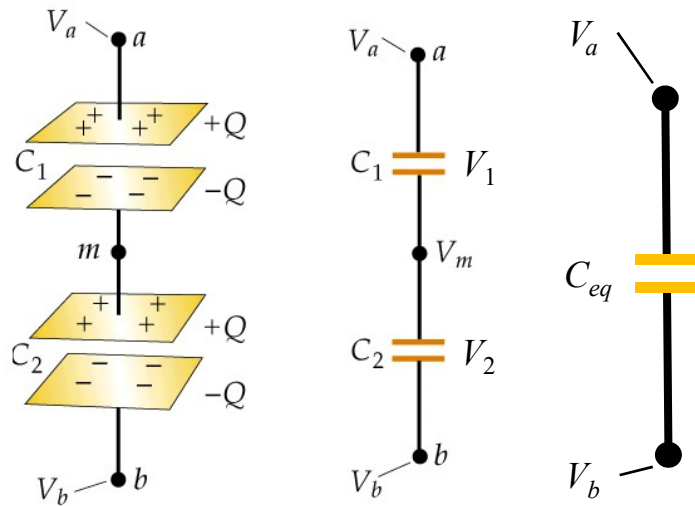
Por otro lado, la diferencia de potencial entre todos los condensadores conectados en serie tiene que ser igual a la suma de la diferencia de potencial que cae en cada uno de los condensadores conectados en serie, es decir:

$$V = V_a - V_b = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Asociaciones de condensadores

2. Asociación de condensadores en serie.

Se dice que un conjunto de condensadores está asociado en serie cuando cada una de ellos se sitúa a continuación del anterior a lo largo del hilo conductor de un circuito, es decir:



De la misma definición de asociación en serie se deduce que la carga de todos los condensadores en serie es la misma y, por lo tanto, la carga de la capacidad equivalente va a tener que ser igual a dicha carga.

$$Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = Q_{eq}$$

Por otro lado, la diferencia de potencial entre todos los condensadores conectados en serie tiene que ser igual a la suma de la diferencia de potencial que cae en cada uno de los condensadores conectados en serie, es decir:

$$V = V_a - V_b = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Queremos sustituir todos los condensadores conectados en serie por un solo condensador equivalente de forma que cuando se le aplique al mismo una diferencia de potencial V la carga del condensador sea igual a Q :

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

Teniendo en cuenta lo que hemos visto más arriba:

$$C_{eq} = \frac{Q}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} = \frac{1}{\frac{V_1}{Q} + \frac{V_2}{Q} + \dots + \frac{V_n}{Q}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}} \Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Link al formulario de Termodinámica

<https://forms.gle/R1Mc9YJJBjjxTScS6>

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica *Ley de Coulomb* $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + *Principio de superposición*

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{El campo eléctrico producido por una carga puntual } q \text{ a una distancia } r \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r \\ \text{Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV; \\ \text{Ley de Gauss.} \quad \Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \end{array} \right.$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\left| \begin{array}{l} \text{El campo eléctrico producido por una carga puntual } q \text{ a una distancia } r \\ \text{Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga} \\ \text{Ley de Gauss. } \Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r \\ \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV; \end{array}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$

1.- Propiedades conductoras o aislantes.
2.- Propiedades dieléctricas.

$\Rightarrow$ En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{El campo eléctrico producido por una carga puntual } q \text{ a una distancia } r \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r \\ \text{Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV; \\ \text{Ley de Gauss.} \quad \Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \end{array} \right.$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$

1.- Propiedades conductoras o aislantes.
2.- Propiedades dieléctricas.

$\Rightarrow$ En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$

El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$

1.- Propiedades conductoras o aislantes.
2.- Propiedades dieléctricas.

$\Rightarrow$ En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

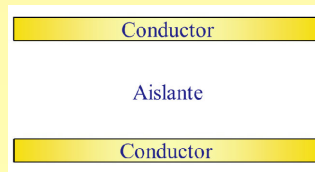
Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

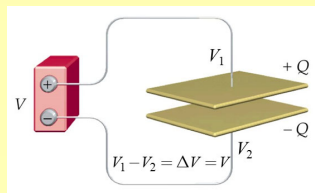
$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensadores



Esquema típico de un condensador

Carga de condensadores



Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

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

11/04/2023

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$

El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV$;

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$ 1.- Propiedades conductoras o aislantes. 2.- Propiedades dieléctricas.

En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

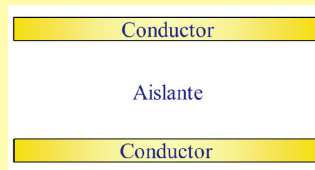
Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

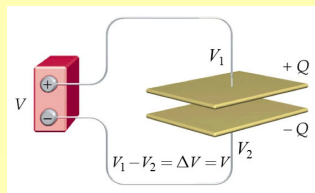
$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensadores



Esquema típico de un condensador

Carga de condensadores



Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

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

Energía del campo electrostático

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

11/04/2023

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$

El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$

- 1.- Propiedades conductoras o aislantes.
- 2.- Propiedades dieléctricas.

$\Rightarrow$ En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

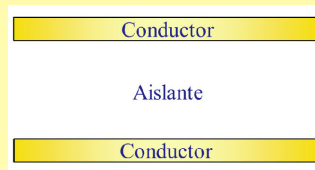
Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

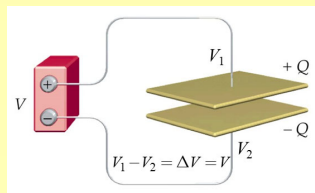
$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensadores



Esquema típico de un condensador

Carga de condensadores



Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

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

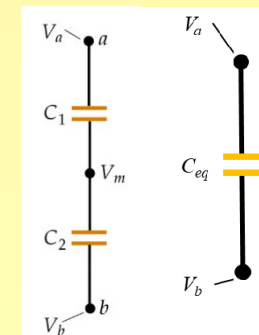
Energía del campo electrostático

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

Asociaciones de condensadores

1. Asociación de condensadores en serie.

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



11/04/2023

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$

El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$ 1.- Propiedades conductoras o aislantes. $\Rightarrow$ 2.- Propiedades dieléctricas.

En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

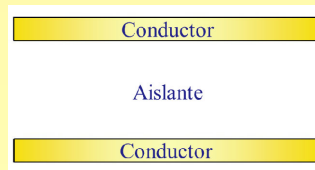
Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

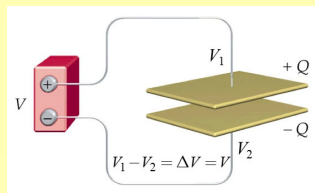
$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensadores



Esquema típico de un condensador

Carga de condensadores



11/04/2023

Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

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

Energía del campo electrostático

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

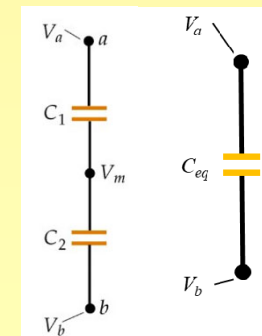
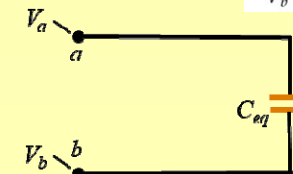
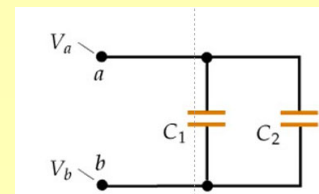
Asociaciones de condensadores

1. Asociación de condensadores en serie.

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

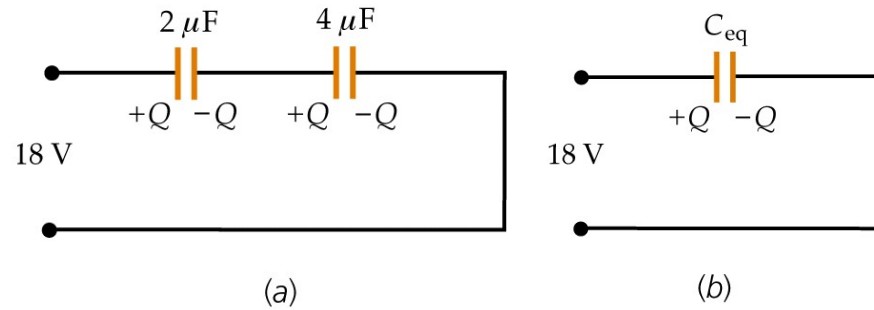
2. Asociación de condensadores en paralelo.

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



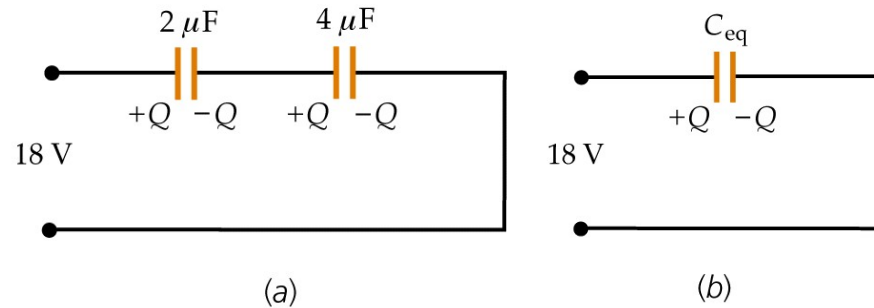
Ejemplo 8

Un condensador de $2\ \mu\text{F}$ y otro de $4\ \mu\text{F}$ se conectan en serie con una batería de $18\ \text{V}$. Determinar la carga depositada sobre los condensadores y la diferencia de potencial a través de cada uno de ellos.



Ejemplo 8

Un condensador de $2 \mu\text{F}$ y otro de $4 \mu\text{F}$ se conectan en serie con una batería de 18 V . Determinar la carga depositada sobre los condensadores y la diferencia de potencial a través de cada uno de ellos.

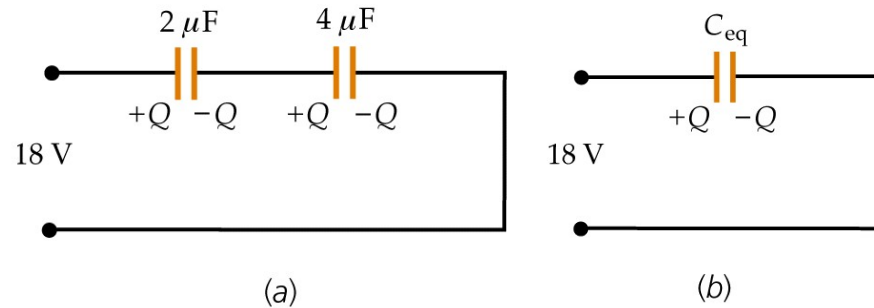


1. Ambos condensadores están conectados en serie y como acabamos de ver la capacidad equivalente será igual a:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \mu\text{F} \cdot 4 \mu\text{F}}{(2 + 4) \mu\text{F}} = \frac{8}{6} \mu\text{F} = 1.33 \mu\text{F}$$

Ejemplo 8

Un condensador de $2\ \mu\text{F}$ y otro de $4\ \mu\text{F}$ se conectan en serie con una batería de $18\ \text{V}$. Determinar la carga depositada sobre los condensadores y la diferencia de potencial a través de cada uno de ellos.



1. Ambos condensadores están conectados en serie y como acabamos de ver la capacidad equivalente será igual a:

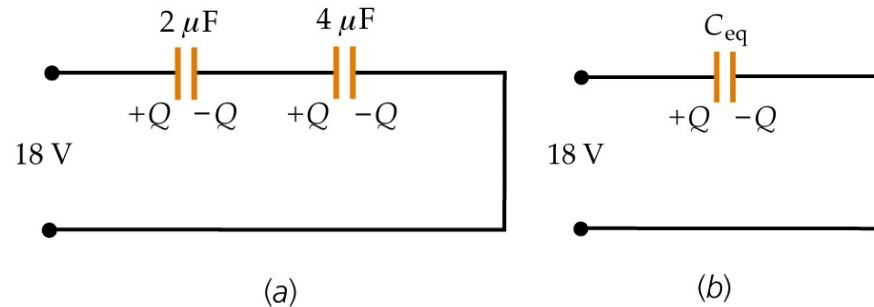
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2\ \mu\text{F} \cdot 4\ \mu\text{F}}{(2 + 4)\ \mu\text{F}} = \frac{8}{6}\ \mu\text{F} = 1.33\ \mu\text{F}$$

2. La carga almacenada en cada uno de los condensadores en serie es igual a la carga del condensador equivalente que podemos calcular como:

$$C_{eq} = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q_1 = Q_2 = Q = C_{eq} V = 1.33\ \mu\text{F} \cdot 18\ \text{V} = 24\ \mu\text{C}$$

Ejemplo 8

Un condensador de $2 \mu\text{F}$ y otro de $4 \mu\text{F}$ se conectan en serie con una batería de 18 V . Determinar la carga depositada sobre los condensadores y la diferencia de potencial a través de cada uno de ellos.



1. Ambos condensadores están conectados en serie y como acabamos de ver la capacidad equivalente será igual a:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \mu\text{F} \cdot 4 \mu\text{F}}{(2 + 4) \mu\text{F}} = \frac{8}{6} \mu\text{F} = 1.33 \mu\text{F}$$

2. La carga almacenada en cada uno de los condensadores en serie es igual a la carga del condensador equivalente que podemos calcular como:

$$C_{eq} = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q_1 = Q_2 = Q = C_{eq} V = 1.33 \mu\text{F} \cdot 18 \text{ V} = 24 \mu\text{C}$$

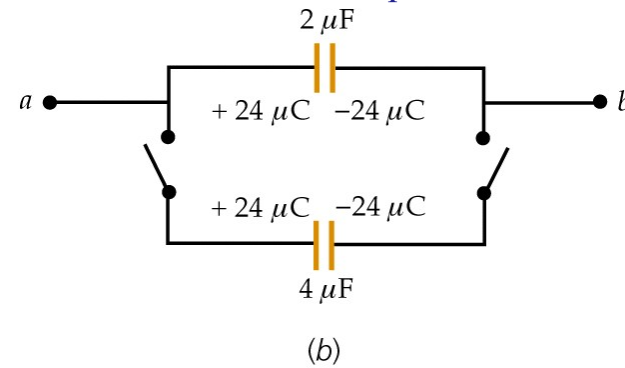
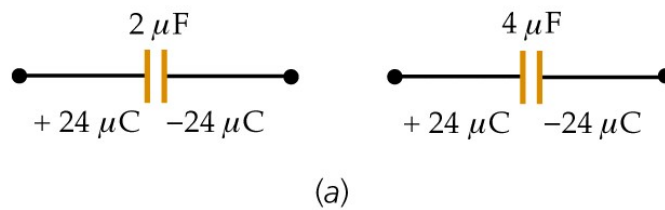
3. Finalmente, la diferencia de potencial eléctrico que soporta cada condensador será igual a:

$$C_1 = 2 \mu\text{F} = \frac{Q}{V_1} = \frac{24 \mu\text{C}}{V_1} \Rightarrow V_1 = \frac{24 \mu\text{C}}{2 \mu\text{F}} = 12 \text{ V}$$

$$C_2 = 4 \mu\text{F} = \frac{Q}{V_2} = \frac{24 \mu\text{C}}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{24 \mu\text{C}}{4 \mu\text{F}} = 6 \text{ V}$$

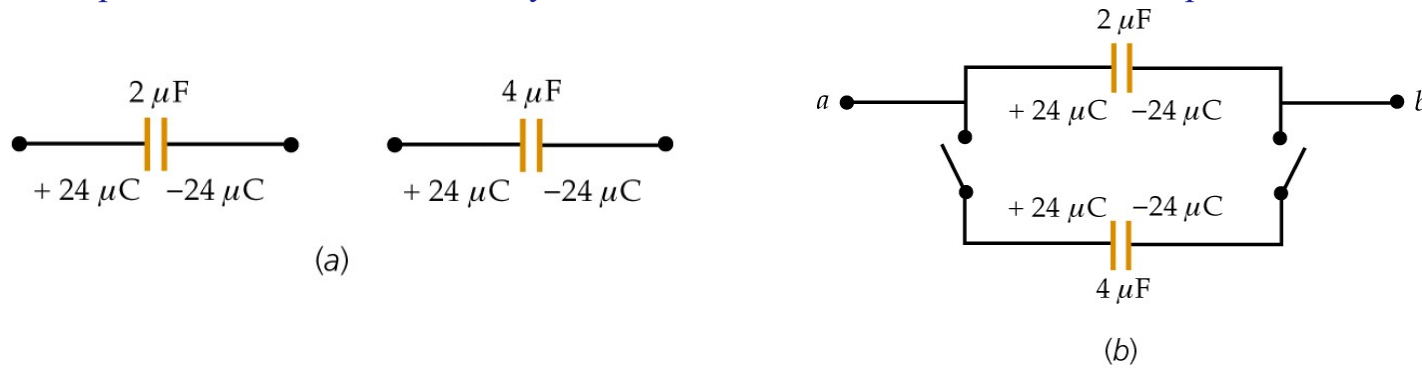
Ejemplo 9

Los condensadores del ejemplo anterior se separan de la batería y se desconectan cuidadosamente uno de otro, de modo que la carga sobre las placas no se altere (figura a). Se conectan de nuevo pero ahora uniendo entre sí las placas positivas por un lado y las negativas por otro, como se muestra en la figura. Determinar la diferencia de potencial entre las placas de los condensadores y sobre cada uno de ellos cuando los interruptores están cerrados.



Ejemplo 9

Los condensadores del ejemplo anterior se separan de la batería y se desconectan cuidadosamente uno de otro, de modo que la carga sobre las placas no se altere (figura a). Se conectan de nuevo pero ahora uniendo entre sí las placas positivas por un lado y las negativas por otro, como se muestra en la figura. Determinar la diferencia de potencial entre las placas de los condensadores y sobre cada uno de ellos cuando los interruptores están cerrados.

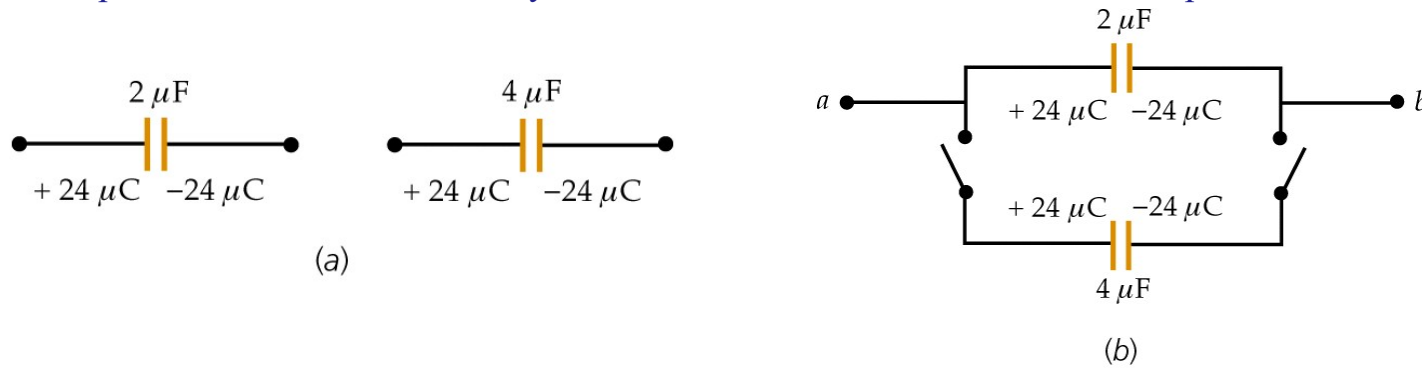


1. Como acabamos de calcular, en la situación (a) la caída de potencial en cada uno de los condensadores es igual a:

$$V_1 = \frac{24 \mu\text{C}}{2 \mu\text{F}} = 12 \text{ V}; \quad V_2 = \frac{24 \mu\text{C}}{4 \mu\text{F}} = 6 \text{ V}$$

Ejemplo 9

Los condensadores del ejemplo anterior se separan de la batería y se desconectan cuidadosamente uno de otro, de modo que la carga sobre las placas no se altere (figura a). Se conectan de nuevo pero ahora uniendo entre sí las placas positivas por un lado y las negativas por otro, como se muestra en la figura. Determinar la diferencia de potencial entre las placas de los condensadores y sobre cada uno de ellos cuando los interruptores están cerrados.



1. Como acabamos de calcular, en la situación (a) la caída de potencial en cada uno de los condensadores es igual a:

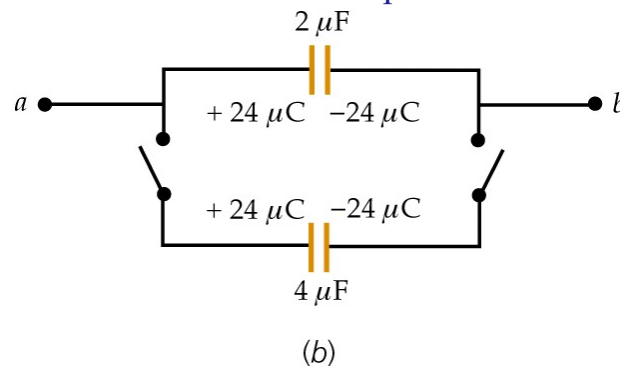
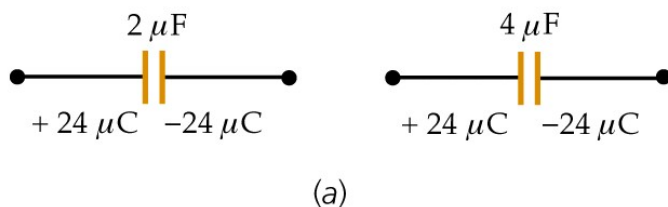
$$V_1 = \frac{24 \mu\text{C}}{2 \mu\text{F}} = 12 \text{ V}; \quad V_2 = \frac{24 \mu\text{C}}{4 \mu\text{F}} = 6 \text{ V}$$

2. Cuando en una situación como la mostrada en (b) se cierran los dos interruptores ambos condensadores se conectan en paralelo con lo cual la capacidad equivalente de ambos será:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$$

Ejemplo 9

Los condensadores del ejemplo anterior se separan de la batería y se desconectan cuidadosamente uno de otro, de modo que la carga sobre las placas no se altere (figura a). Se conectan de nuevo pero ahora uniendo entre sí las placas positivas por un lado y las negativas por otro, como se muestra en la figura. Determinar la diferencia de potencial entre las placas de los condensadores y sobre cada uno de ellos cuando los interruptores están cerrados.



1. Como acabamos de calcular, en la situación (a) la caída de potencial en cada uno de los condensadores es igual a:

$$V_1 = \frac{24 \mu\text{C}}{2 \mu\text{F}} = 12 \text{ V}; \quad V_2 = \frac{24 \mu\text{C}}{4 \mu\text{F}} = 6 \text{ V}$$

2. Cuando en una situación como la mostrada en (b) se cierran los dos interruptores ambos condensadores se conectan en paralelo con lo cual la capacidad equivalente de ambos será:

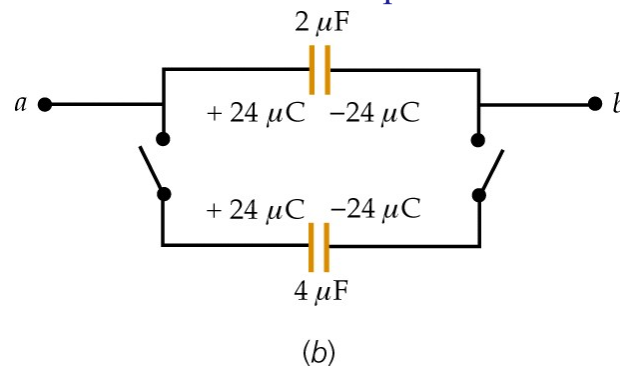
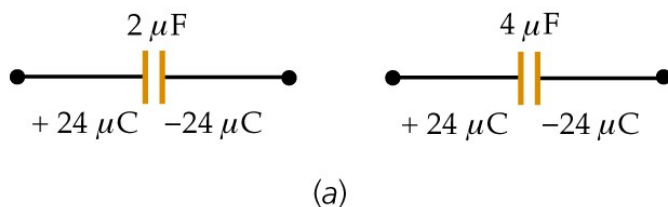
$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$$

3. Por otro lado, la carga total de la asociación en serie será igual a:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 24 \mu\text{C} + 24 \mu\text{C} = 48 \mu\text{C}$$

Ejemplo 9

Los condensadores del ejemplo anterior se separan de la batería y se desconectan cuidadosamente uno de otro, de modo que la carga sobre las placas no se altere (figura a). Se conectan de nuevo pero ahora uniendo entre sí las placas positivas por un lado y las negativas por otro, como se muestra en la figura. Determinar la diferencia de potencial entre las placas de los condensadores y sobre cada uno de ellos cuando los interruptores están cerrados.



1. Como acabamos de calcular, en la situación (a) la caída de potencial en cada uno de los condensadores es igual a:

$$V_1 = \frac{24 \mu\text{C}}{2 \mu\text{F}} = 12 \text{ V}; \quad V_2 = \frac{24 \mu\text{C}}{4 \mu\text{F}} = 6 \text{ V}$$

2. Cuando en una situación como la mostrada en (b) se cierran los dos interruptores ambos condensadores se conectan en paralelo con lo cual la capacidad equivalente de ambos será:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$$

3. Por otro lado, la carga total de la asociación en paralelo será igual a:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 24 \mu\text{C} + 24 \mu\text{C} = 48 \mu\text{C}$$

4. Por lo tanto, la diferencia de potencial que hay entre las placas de ambos condensadores es igual a: $C_{eq} = \frac{Q}{V} \Rightarrow V = \frac{Q}{C_{eq}} = \frac{48 \mu\text{C}}{6 \mu\text{F}} = 8 \text{ V}$

$$Q_1 = C_1 V = 2 \mu\text{F} \cdot 8 \text{ V} = 16 \mu\text{C}$$

$$Q_2 = C_2 V = 4 \mu\text{F} \cdot 8 \text{ V} = 32 \mu\text{C}$$

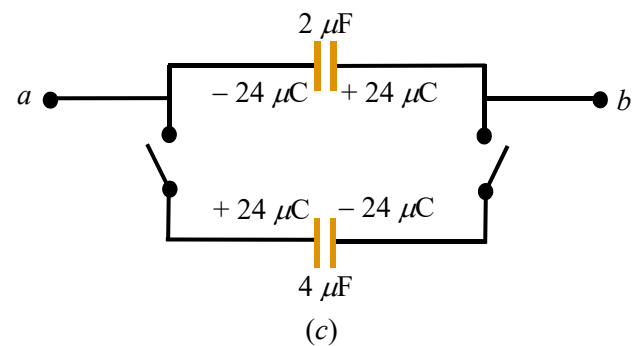
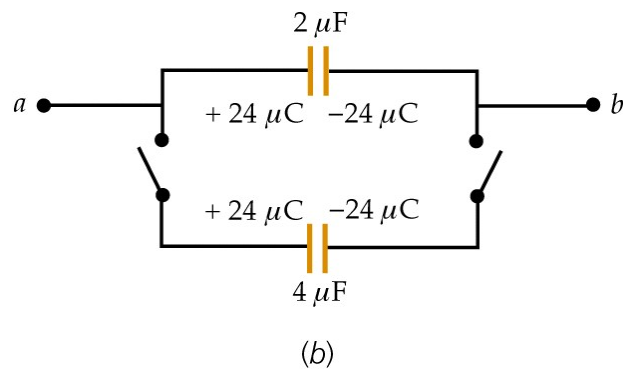
5. Y la carga de cada condensador será:

11/04/2023

104

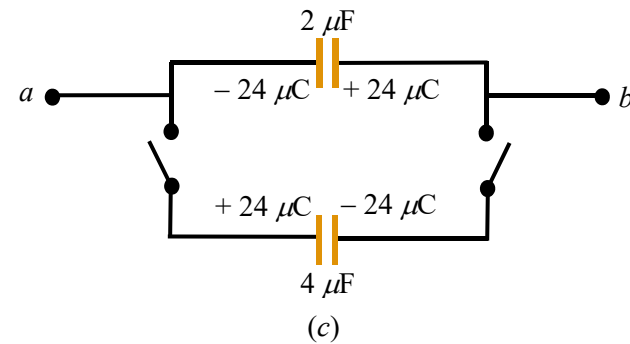
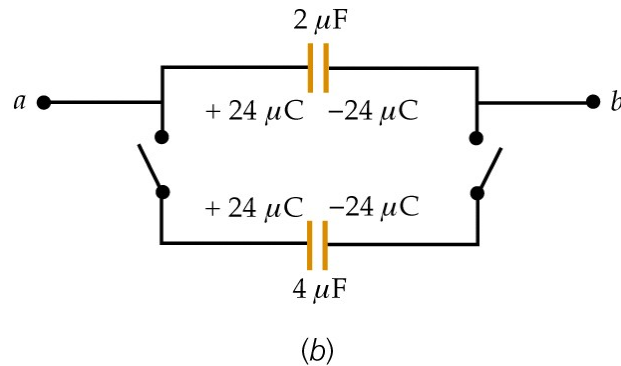
Ejemplo 10

¿Qué hubiese ocurrido si en vez de conectar los condensadores como lo hemos hecho los hubiéramos conectado como se muestra en la figura (c).



Ejemplo 10

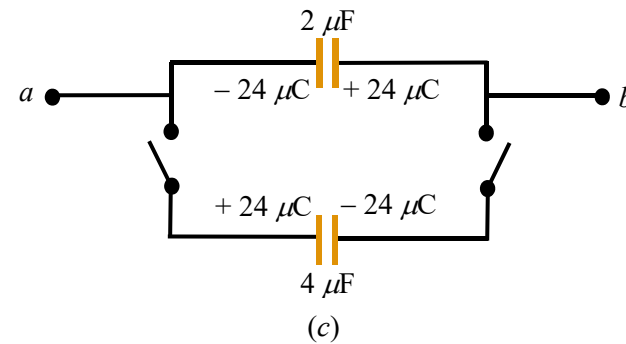
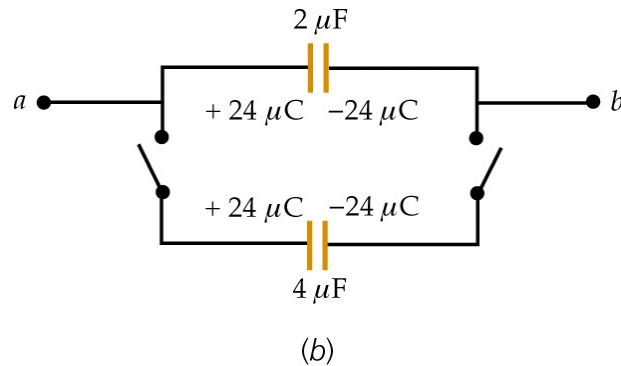
¿Qué hubiese ocurrido si en vez de conectar los condensadores como lo hemos hecho los hubiéramos conectado como se muestra en la figura (c).



1. Al cerrar los dos interruptores la carga neta sería a ambos lado cero. Por lo tanto la diferencia de potencial de entre las placas de ambos condensadores sería cero.

Ejemplo 10

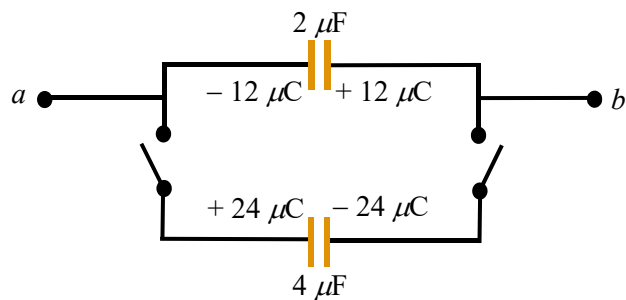
¿Qué hubiese ocurrido si en vez de conectar los condensadores como lo hemos hecho los hubiéramos conectado como se muestra en la figura (c).



1. Al cerrar los dos interruptores la carga neta sería a ambos lado cero. Por lo tanto la diferencia de potencial de entre las placas de ambos condensadores sería cero.

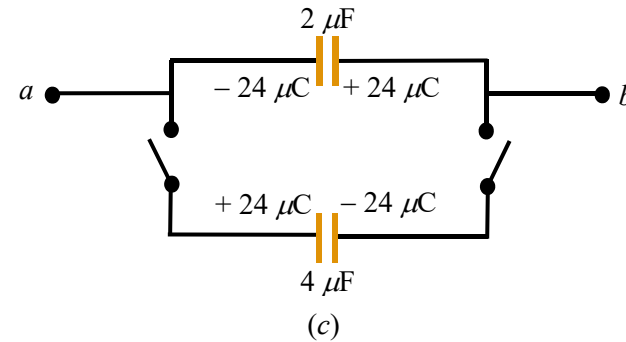
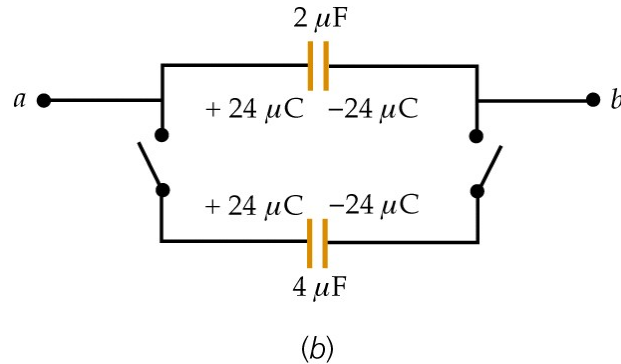
Ejemplo 11

¿Y si la carga de cada condensador fuese la que se muestra en la figura?



Ejemplo 10

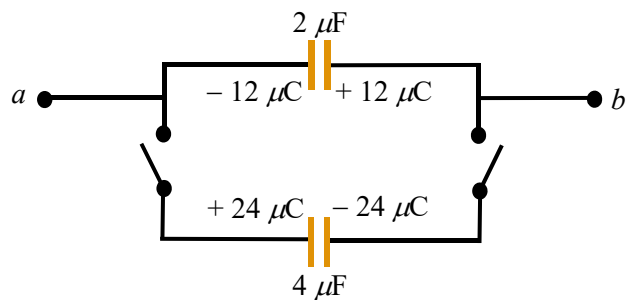
¿Qué hubiese ocurrido si en vez de conectar los condensadores como lo hemos hecho los hubiéramos conectado como se muestra en la figura (c).



1. Al cerrar los dos interruptores la carga neta sería a ambos lado cero. Por lo tanto la diferencia de potencial de entre las placas de ambos condensadores sería cero.

Ejemplo 11

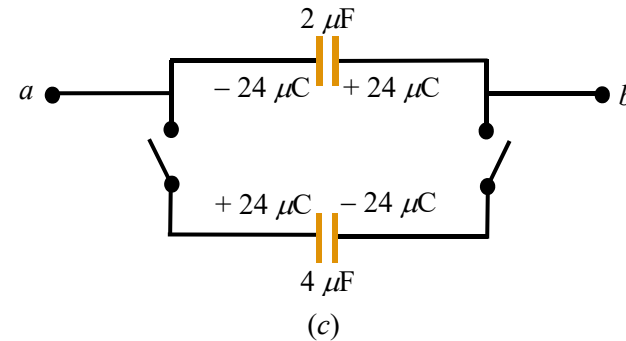
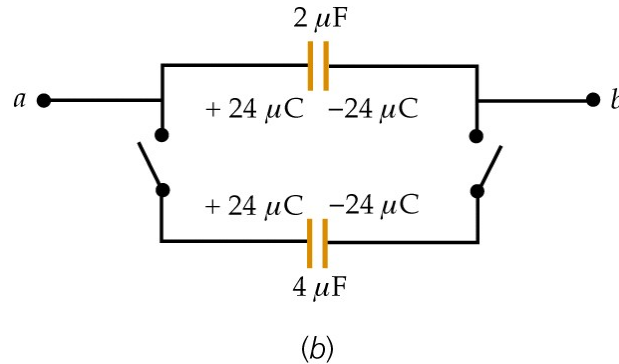
¿Y si la carga de cada condensador fuese la que se muestra en la figura?



1. Como hemos visto la carga equivalente será igual a: $C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$

Ejemplo 10

¿Qué hubiese ocurrido si en vez de conectar los condensadores como lo hemos hecho los hubiéramos conectado como se muestra en la figura (c).

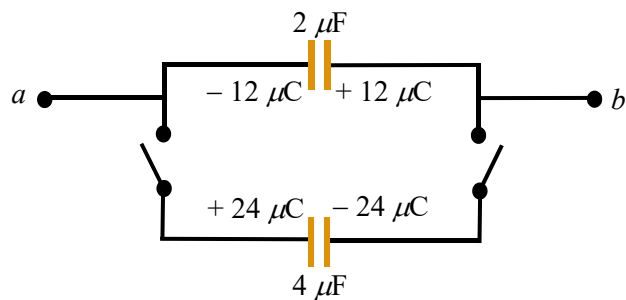


$$Q_1 = C_1 V = 2 \mu\text{F} \cdot 8 \text{ V} = 16 \mu\text{C}$$

1. Al cerrar los dos interruptores la carga neta sería a ambos lado cero. Por lo tanto la diferencia de potencial de entre las placas de ambos condensadores sería cero.

Ejemplo 11

¿Y si la carga de cada condensador fuese la que se muestra en la figura?



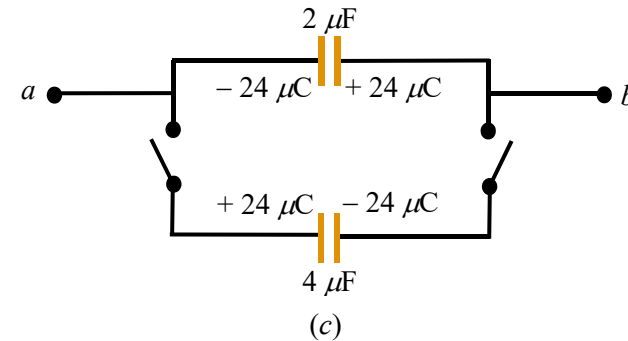
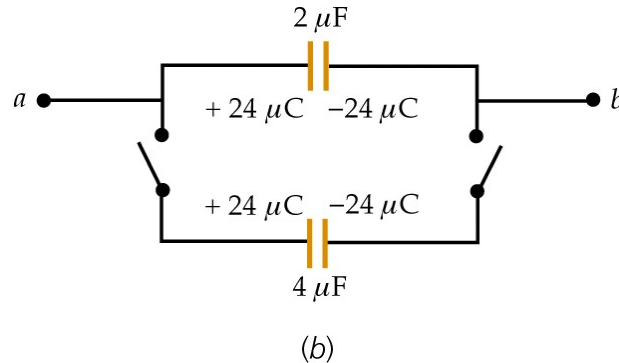
1. Como hemos visto la carga equivalente será igual a: $C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$

2. Por otro lado, la carga total de la asociación en paralelo es:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 24 \mu\text{C} - 12 \mu\text{C} = 12 \mu\text{C}$$

Ejemplo 10

¿Qué hubiese ocurrido si en vez de conectar los condensadores como lo hemos hecho los hubiéramos conectado como se muestra en la figura (c).

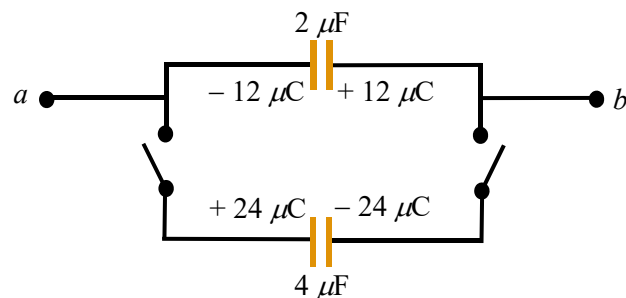


$$Q_1 = C_1 V = 2 \mu\text{F} \cdot 8 \text{ V} = 16 \mu\text{C}$$

1. Al cerrar los dos interruptores la carga neta sería a ambos lado cero. Por lo tanto la diferencia de potencial de entre las placas de ambos condensadores sería cero.

Ejemplo 11

¿Y si la carga de cada condensador fuese la que se muestra en la figura?



1. Como hemos visto la carga equivalente será igual a: $C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$

2. Por otro lado, la carga total de la asociación en paralelo es:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 24 \mu\text{C} - 12 \mu\text{C} = 12 \mu\text{C}$$

3. Por lo tanto, la diferencia de potencial que hay entre las placas de ambos condensadores y la carga de cada uno será:

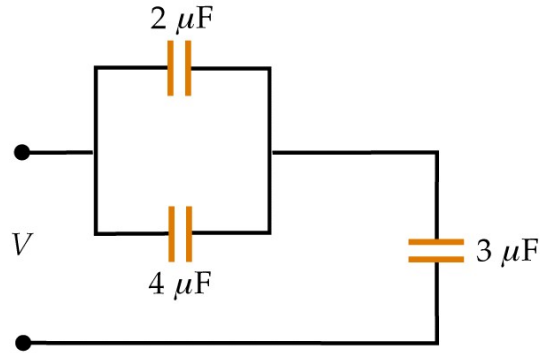
$$C_{eq} = \frac{Q}{V} \Rightarrow V = \frac{Q}{C_{eq}} = \frac{12 \mu\text{C}}{6 \mu\text{F}} = 2 \text{ V}$$

$$Q_1 = C_1 V = 2 \mu\text{F} \cdot 2 \text{ V} = 4 \mu\text{C}$$

$$Q_2 = C_2 V = 4 \mu\text{F} \cdot 2 \text{ V} = 8 \mu\text{C}$$

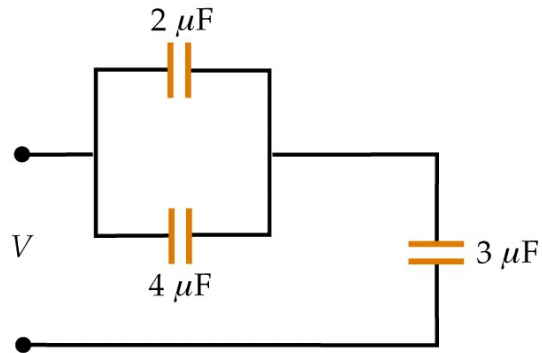
Ejemplo 11

Determinar la capacidad equivalente del circuito formado por tres condensadores de la figura. Determinar la carga y la caída de voltaje de cada condensador cuando el sistema se conecta a una batería de 6 V.



Ejemplo 11

Determinar la capacidad equivalente del circuito formado por tres condensadores de la figura. Determinar la carga y la caída de voltaje de cada condensador cuando el sistema se conecta a una batería de 6 V.

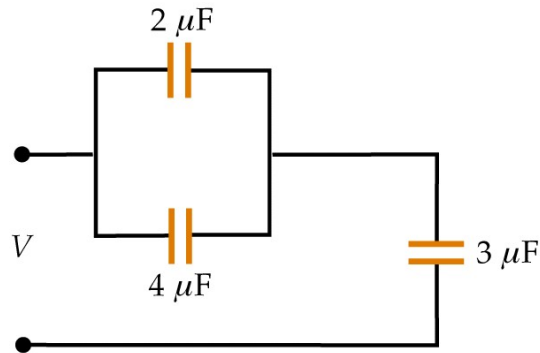


1. En primer lugar calculamos la capacidad equivalente de los dos condensadores conectados en paralelo.

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$$

Ejemplo 11

Determinar la capacidad equivalente del circuito formado por tres condensadores de la figura. Determinar la carga y la caída de voltaje de cada condensador cuando el sistema se conecta a una batería de 6 V.



1. En primer lugar calculamos la capacidad equivalente de los dos condensadores conectados en paralelo.

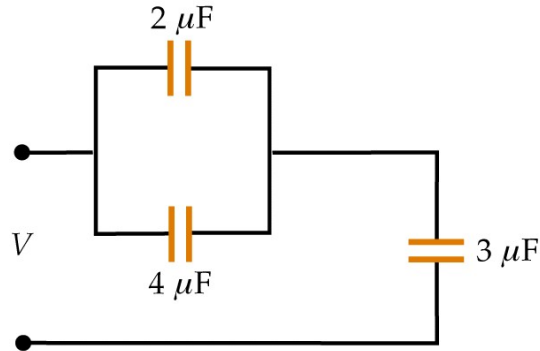
$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$$

2. A continuación, calculamos la capacidad de la asociación en serie formada por la anterior capacidad equivalente y el condensador de 3 μF.

$$\frac{1}{C'_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C'_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \mu\text{F} \cdot 3 \mu\text{F}}{(6 + 3) \mu\text{F}} = \frac{18}{9} \mu\text{F} = 2 \mu\text{F}$$

Ejemplo 11

Determinar la capacidad equivalente del circuito formado por tres condensadores de la figura. Determinar la carga y la caída de voltaje de cada condensador cuando el sistema se conecta a una batería de 6 V.



1. En primer lugar calculamos la capacidad equivalente de los dos condensadores conectados en paralelo.

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2\ \mu\text{F} + 4\ \mu\text{F} = 6\ \mu\text{F}$$

2. A continuación, calculamos la capacidad de la asociación en serie formada por la anterior capacidad equivalente y el condensador de $3\ \mu\text{F}$.

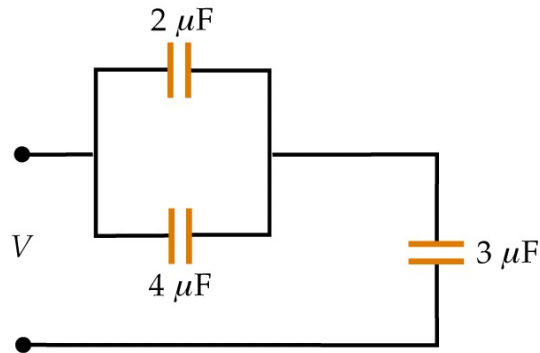
$$\frac{1}{C'_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C'_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6\ \mu\text{F} \cdot 3\ \mu\text{F}}{(6 + 3)\ \mu\text{F}} = \frac{18}{9}\ \mu\text{F} = 2\ \mu\text{F}$$

3. La carga de la capacidad equivalente y el condensador de $3\ \mu\text{F}$ es igual a:

$$Q_{C_{eq}} = Q_{3\ \mu\text{F}} = C'_{eq} V = 2\ \mu\text{F} \cdot 6\ \text{V} = 12\ \mu\text{C}$$

Ejemplo 11

Determinar la capacidad equivalente del circuito formado por tres condensadores de la figura. Determinar la carga y la caída de voltaje de cada condensador cuando el sistema se conecta a una batería de 6 V.



1. En primer lugar calculamos la capacidad equivalente de los dos condensadores conectados en paralelo.

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2\ \mu\text{F} + 4\ \mu\text{F} = 6\ \mu\text{F}$$

2. A continuación, calculamos la capacidad de la asociación en serie formada por la anterior capacidad equivalente y el condensador de $3\ \mu\text{F}$.

$$\frac{1}{C'_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C'_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6\ \mu\text{F} \cdot 3\ \mu\text{F}}{(6 + 3)\ \mu\text{F}} = \frac{18}{9}\ \mu\text{F} = 2\ \mu\text{F}$$

3. La carga de la capacidad equivalente y el condensador de $3\ \mu\text{F}$ es igual a:

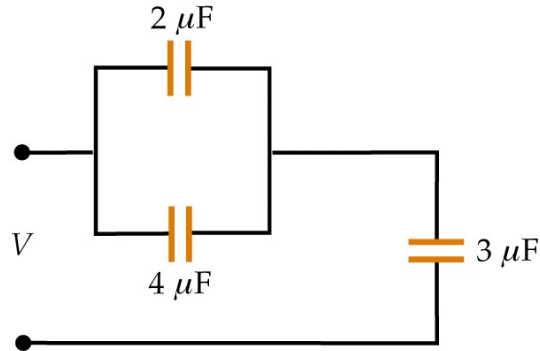
$$Q_{C_{eq}} = Q_{3\ \mu\text{F}} = C'_{eq} V = 2\ \mu\text{F} \cdot 6\ \text{V} = 12\ \mu\text{C}$$

4. Por lo que la diferencia de potencial que soporta el condensador de $3\ \mu\text{F}$ es igual a:

$$V_{3\ \mu\text{F}} = \frac{Q_{3\ \mu\text{F}}}{3\ \mu\text{F}} = \frac{12\ \mu\text{C}}{3\ \mu\text{F}} = 4\ \text{V}$$

Ejemplo 11

Determinar la capacidad equivalente del circuito formado por tres condensadores de la figura. Determinar la carga y la caída de voltaje de cada condensador cuando el sistema se conecta a una batería de 6 V.



1. En primer lugar calculamos la capacidad equivalente de los dos condensadores conectados en paralelo.

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$$

2. A continuación, calculamos la capacidad de la asociación en serie formada por la anterior capacidad equivalente y el condensador de 3 μF.

$$\frac{1}{C'_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C'_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \mu\text{F} \cdot 3 \mu\text{F}}{(6 + 3) \mu\text{F}} = \frac{18}{9} \mu\text{F} = 2 \mu\text{F}$$

3. La carga de la capacidad equivalente y el condensador de 3 μF es igual a:

$$Q_{C_{eq}} = Q_{3 \mu\text{F}} = C'_{eq} V = 2 \mu\text{F} \cdot 6 \text{ V} = 12 \mu\text{C}$$

4. Por lo que la diferencia de potencial que soporta el condensador de 3 μF es igual a:

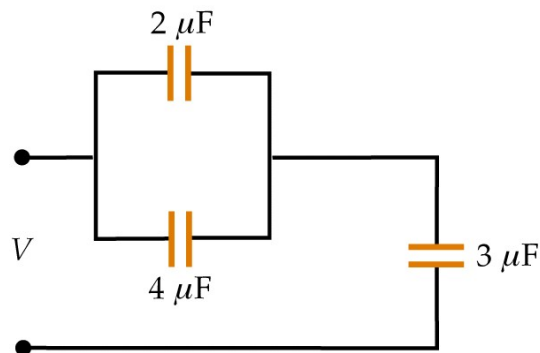
$$V_{3 \mu\text{F}} = \frac{Q_{3 \mu\text{F}}}{3 \mu\text{F}} = \frac{12 \mu\text{C}}{3 \mu\text{F}} = 4 \text{ V}$$

5. Los condensadores de 3 μF y 4 μF soportan una diferencia de potencial igual a:

$$V = V_{C_{eq}} + V_{3 \mu\text{F}} \Rightarrow V_{C_{eq}} = V - V_{3 \mu\text{F}} = (6 - 4) \text{ V} = 2 \text{ V}$$

Ejemplo 11

Determinar la capacidad equivalente del circuito formado por tres condensadores de la figura. Determinar la carga y la caída de voltaje de cada condensador cuando el sistema se conecta a una batería de 6 V.



1. En primer lugar calculamos la capacidad equivalente de los dos condensadores conectados en paralelo.

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 6 \mu\text{F}$$

2. A continuación, calculamos la capacidad de la asociación en serie formada por la anterior capacidad equivalente y el condensador de $3 \mu\text{F}$.

$$\frac{1}{C'_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C'_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \mu\text{F} \cdot 3 \mu\text{F}}{(6 + 3) \mu\text{F}} = \frac{18}{9} \mu\text{F} = 2 \mu\text{F}$$

3. La carga de la capacidad equivalente y el condensador de $3 \mu\text{F}$ es igual a:

$$Q_{C_{eq}} = Q_{3 \mu\text{F}} = C'_{eq} V = 2 \mu\text{F} \cdot 6 \text{ V} = 12 \mu\text{C}$$

4. Por lo que la diferencia de potencial que soporta el condensador de $3 \mu\text{F}$ es igual a:

$$V_{3 \mu\text{F}} = \frac{Q_{3 \mu\text{F}}}{3 \mu\text{F}} = \frac{12 \mu\text{C}}{3 \mu\text{F}} = 4 \text{ V}$$

5. Los condensadores de $3 \mu\text{F}$ y $4 \mu\text{F}$ soportan una diferencia de potencial igual a:

$$V = V_{C_{eq}} + V_{3 \mu\text{F}} \Rightarrow V_{C_{eq}} = V - V_{3 \mu\text{F}} = (6 - 4) \text{ V} = 2 \text{ V}$$

6. La carga de ambos condensadores será:

$$Q_{2 \mu\text{F}} = C_{2 \mu\text{F}} V_{C_{eq}} = 2 \mu\text{F} \cdot 2 \text{ V} = 4 \mu\text{C}$$

$$Q_{4 \mu\text{F}} = C_{4 \mu\text{F}} V_{C_{eq}} = 4 \mu\text{F} \cdot 2 \text{ V} = 8 \mu\text{C}$$

Link al formulario de Termodinámica

<https://forms.gle/R1Mc9YJJBjxxTScS6>

Clave para la evaluación de la asignatura Física II

K7XMKX

Fecha límite: 19 de mayo de 2023

**Proyecto de Investigación “Desarrollo Positivo
Juvenil en Estudiantes Universitarios de Andalucía”**

<https://forms.gle/o7qWfgDFsCgbhhWo8>

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica *Ley de Coulomb* $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + *Principio de superposición*

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{El campo eléctrico producido por una carga puntual } q \text{ a una distancia } r \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r \\ \text{Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV; \\ \text{Ley de Gauss.} \quad \Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \end{array} \right.$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\left| \begin{array}{l} \text{El campo eléctrico producido por una carga puntual } q \text{ a una distancia } r \\ \text{Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga} \\ \text{Ley de Gauss. } \Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \end{array} \right.$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV;$$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$

1.- Propiedades conductoras o aislantes.
2.- Propiedades dieléctricas.

$\Rightarrow$ En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\left| \begin{array}{l} \text{El campo eléctrico producido por una carga puntual } q \text{ a una distancia } r \\ \text{Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga} \\ \text{Ley de Gauss. } \Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r \\ \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV; \end{array}$

$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$

1.- Propiedades conductoras o aislantes.
2.- Propiedades dieléctricas.

$\Rightarrow$ En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$

El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV$;

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$

1.- Propiedades conductoras o aislantes.
2.- Propiedades dieléctricas.

$\Rightarrow$ En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

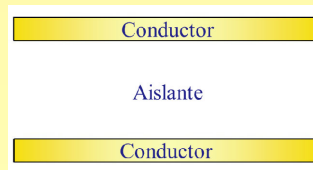
Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

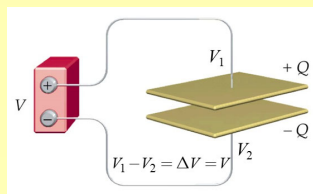
$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensadores



Esquema típico de un condensador

Carga de condensadores



Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

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

11/04/2023

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$
 El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
 Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV$;
 Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$ 1.- Propiedades conductoras o aislantes. $\Rightarrow$ 2.- Propiedades dieléctricas.

En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

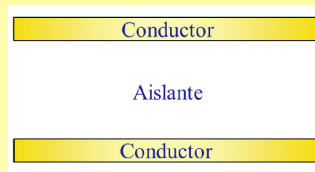
Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

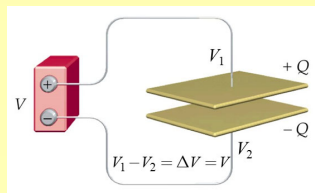
$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensadores



Esquema típico de un condensador

Carga de condensadores



Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

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

Energía del campo electrostático

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

11/04/2023

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$
 El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
 Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV$;
 Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$ 1.- Propiedades conductoras o aislantes. $\Rightarrow$ 2.- Propiedades dieléctricas.

En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

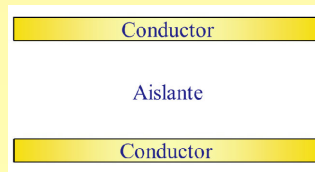
Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

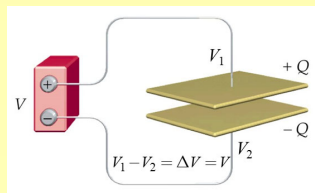
$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensadores



Esquema típico de un condensador

Carga de condensadores



Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

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

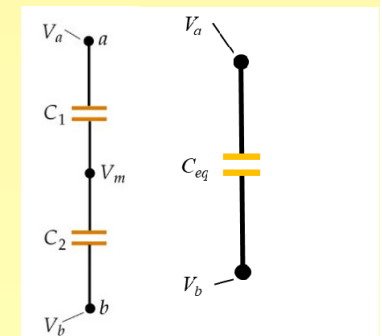
Energía del campo electrostático

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

Asociaciones de condensadores

1. Asociación de condensadores en serie.

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



11/04/2023

TEMA 4

Fuerza electromagnética $\Rightarrow$ carga eléctrica Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$ + Principio de superposición

Definición de campo eléctrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$

El campo eléctrico producido por una carga puntual q a una distancia r $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V \quad W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

Energía potencial electrostática de un conjunto de cargas

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material $\Rightarrow$ 1.- Propiedades conductoras o aislantes. 2.- Propiedades dieléctricas.

En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

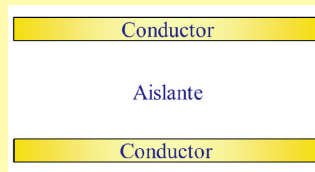
Propiedades de los conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie de un conductor siempre es cero.
3. Energía potencial electrostática de un conductor. $U = \frac{QV}{2}$

Capacidad de un conductor

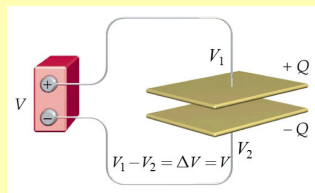
$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Condensadores



Esquema típico de un condensador

Carga de condensadores



11/04/2023

Capacidad de un condensador

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V} = F$$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador

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

Energía del campo electrostático

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

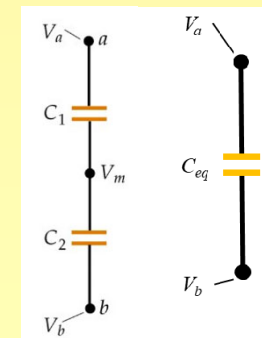
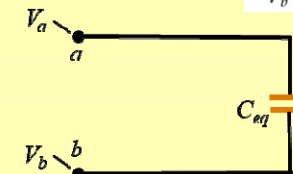
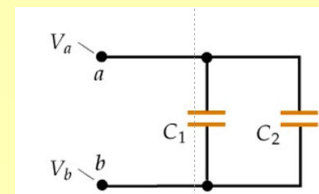
Asociaciones de condensadores

1. Asociación de condensadores en serie.

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

2. Asociación de condensadores en paralelo.

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



126

ESQUEMA DE DESARROLLO

~~1.- Introducción.~~

~~2.- Respuesta de la materia ante la aplicación de campos eléctricos. Conductores y aislantes.~~

~~3.- Conductores en equilibrio electrostático.~~

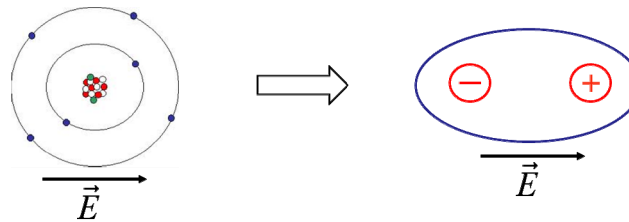
~~4.- Energía potencial electrostática. Capacidad de un conductor.~~

~~5.- Condensadores.~~

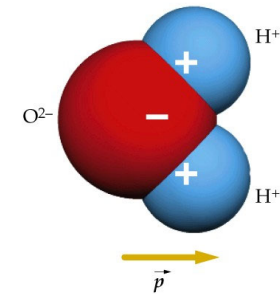
6.- Aislantes. Materiales dieléctricos.

Materiales dieléctricos.

Como vimos al principio del tema, cuando aplicamos un campo eléctrico externo a un material tienen lugar dos efectos. En primer lugar, si el material tiene portadores de carga libres en su estructura cristalina (es un conductor) estos se mueven libremente por el interior del conductor tratando de apantallar el campo eléctrico externo. Por otro lado, independientemente de que el material sea conductor o no, aparecen fuerzas eléctricas sobre los electrones y protones que forman los átomos y moléculas del material de forma que se producen pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.

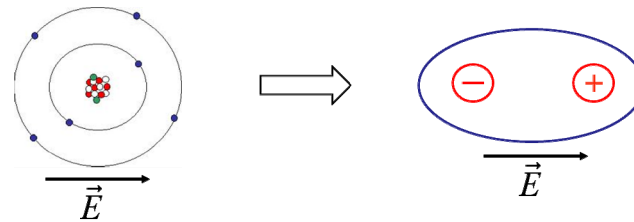


Incluso hay muchos materiales en los que esa asimetría, que da lugar a la estructura dipolar, aparece en las moléculas o átomos que lo forman independientemente de que se aplique o no un campo eléctrico externo. El agua es un buen ejemplo de este tipo de materiales.

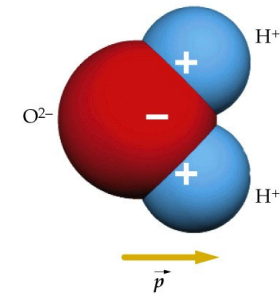


Materiales dieléctricos.

Como vimos al principio del tema, cuando aplicamos un campo eléctrico externo a un material tienen lugar dos efectos. En primer lugar, si el material tiene portadores de carga libres en su estructura cristalina (es un conductor) estos se mueven libremente por el interior del conductor tratando de apantallar el campo eléctrico externo. Por otro lado, independientemente de que el material sea conductor o no, aparecen fuerzas eléctricas sobre los electrones y protones que forman los átomos y moléculas del material de forma que se producen pequeños desplazamientos de electrones y protones dentro de los átomos o moléculas del material creando estructuras dipolares.



Incluso hay muchos materiales en los que esa asimetría que da lugar a la estructura dipolar aparece en las moléculas o átomos que lo forman independientemente de que se aplique o no un campo eléctrico externo. El agua es un buen ejemplo de este tipo de materiales.



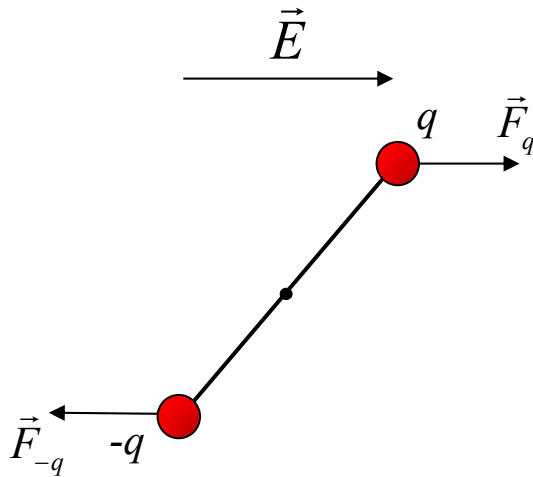
Por lo tanto, cuando aplicamos un campo eléctrico externo, básicamente, las moléculas de todos los materiales se comportan como estructuras dipolares. No obstante, como hemos visto, los campos eléctricos dentro de los conductores se anulan y todas las propiedades que vamos a analizar a continuación y tienen que ver con el comportamiento dipolar de los átomos o moléculas que forman el material son despreciables en este tipo de materiales. Se habla, por tanto, de material dieléctrico, medio dieléctrico o simplemente dieléctrico cuando el material es un aislante eléctrico (en realidad un material con muy pocos portadores de carga o baja conductividad eléctrica) y puede ser polarizado (formar dipolos eléctricos en su interior) por un campo eléctrico aplicado externamente.

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

Para responder a esta pregunta vamos a considerar de forma general una estructura dipolar en el seno de un campo eléctrico externo como la que se muestra en la figura.

Como vimos en temas anteriores sobre cada una de las cargas que forma el dipolo se va a producir una fuerza eléctrica. En el caso de la carga positiva la fuerza irá en la dirección y sentido del campo eléctrico mientras que en el caso de la carga negativa la fuerza irá en la misma dirección y sentido contrario al campo eléctrico aplicado.



Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

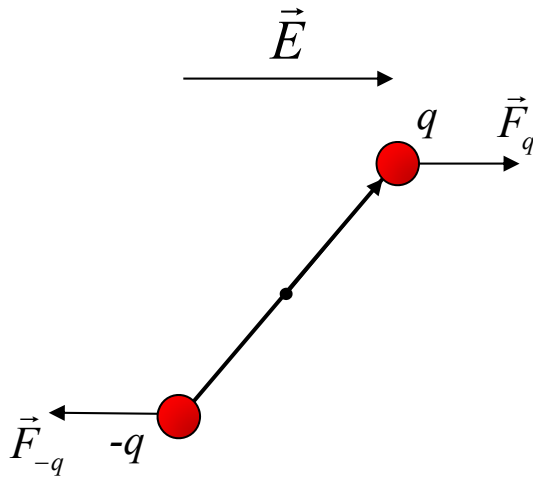
Para responder a esta pregunta vamos a considerar de forma general una estructura dipolar en el seno de un campo eléctrico externo como la que se muestra en la figura.

Como vimos en temas anteriores sobre cada una de las cargas que forma el dipolo se va a producir una fuerza eléctrica. En el caso de la carga positiva la fuerza irá en la dirección y sentido del campo eléctrico mientras que en el caso de la carga negativa la fuerza irá en la misma dirección y sentido contrario al campo eléctrico aplicado.

El módulo de ambas fuerzas es igual, es decir

$$F_q = F_{-q} \Rightarrow \vec{F}_q = \vec{F}_{-q}$$

Con lo cual la fuerza neta aplicada sobre la estructura dipolar es cero, lo que implica, en virtud de la segunda ley de Newton, que hay equilibrio traslacional y que el centro de masas del dipolo no se mueve.



Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

Para responder a esta pregunta vamos a considerar de forma general una estructura dipolar en el seno de un campo eléctrico externo como la que se muestra en la figura.

Como vimos en temas anteriores sobre cada una de las cargas que forma el dipolo se va a producir una fuerza eléctrica. En el caso de la carga positiva la fuerza irá en la dirección y sentido del campo eléctrico mientras que en el caso de la carga negativa la fuerza irá en la misma dirección y sentido contrario al campo eléctrico aplicado.

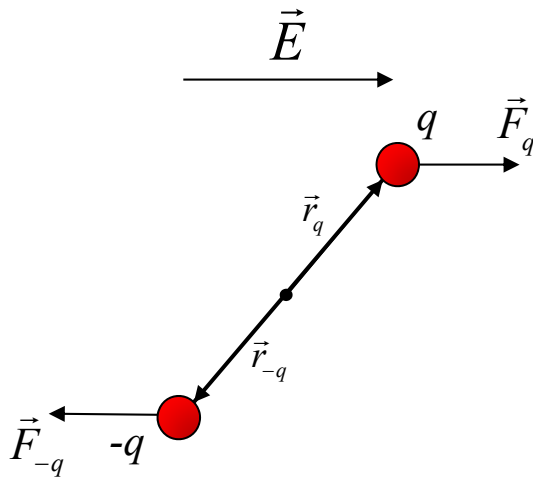
El módulo de ambas fuerzas es igual, es decir

$$F_q = F_{-q} \Rightarrow \vec{F}_q = \vec{F}_{-q}$$

Con lo cual la fuerza neta aplicada sobre la estructura dipolar es cero, lo que implica, en virtud de la segunda ley de Newton, que hay equilibrio traslacional y que el centro de masas del dipolo no se mueve.

Las dos fuerzas aplicadas a la estructura dipolar llevan asociados dos momentos que van a tratar de hacer rotar la estructura dipolar.

$$\vec{M}_{\vec{F}_q} = \vec{r}_q \times \vec{F}_q \quad \vec{M}_{\vec{F}_{-q}} = \vec{r}_{-q} \times \vec{F}_{-q}$$

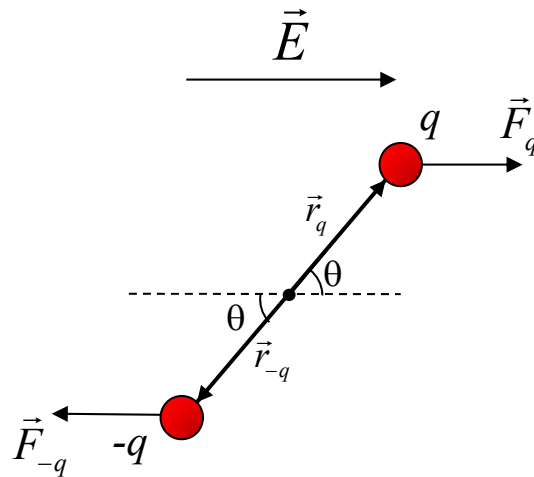


Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

Para responder a esta pregunta vamos a considerar de forma general una estructura dipolar en el seno de un campo eléctrico externo como la que se muestra en la figura.

Como vimos en temas anteriores sobre cada una de las cargas que forma el dipolo se va a producir una fuerza eléctrica. En el caso de la carga positiva la fuerza ira en la dirección y sentido del campo eléctrico mientras que en el caso de la carga negativa la fuerza irá en la misma dirección y sentido contrario al campo eléctrico aplicado.



El módulo de ambas fuerzas es igual, es decir

$$F_q = F_{-q} \Rightarrow \vec{F}_q = \vec{F}_{-q}$$

Con lo cual la fuerza neta aplicada sobre la estructura dipolar es cero, lo que implica, en virtud de la segunda ley de Newton, que hay equilibrio traslacional y que el centro de masas del dipolo no se mueve.

Las dos fuerzas aplicadas a la estructura dipolar llevan asociados dos momentos que van a tratar de hacer rotar la estructura dipolar.

$$\vec{M}_{\vec{F}_q} = \vec{r}_q \times \vec{F}_q \quad \vec{M}_{\vec{F}_{-q}} = \vec{r}_{-q} \times \vec{F}_{-q}$$

El módulo de ambos momentos tiene el mismo valor:

$$|\vec{M}_{\vec{F}_q}| = M_{\vec{F}_q} = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\vec{r}_q \wedge \vec{F}_q) = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\theta)$$

$$|\vec{M}_{\vec{F}_{-q}}| = M_{\vec{F}_{-q}} = r_{-q} \cdot F_{-q} \cdot \sin(\vec{r}_{-q} \wedge \vec{F}_{-q}) = r_{-q} \cdot F_{-q} \cdot \sin(\theta) = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\theta)$$

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

Para responder a esta pregunta vamos a considerar de forma general una estructura dipolar en el seno de un campo eléctrico externo como la que se muestra en la figura.

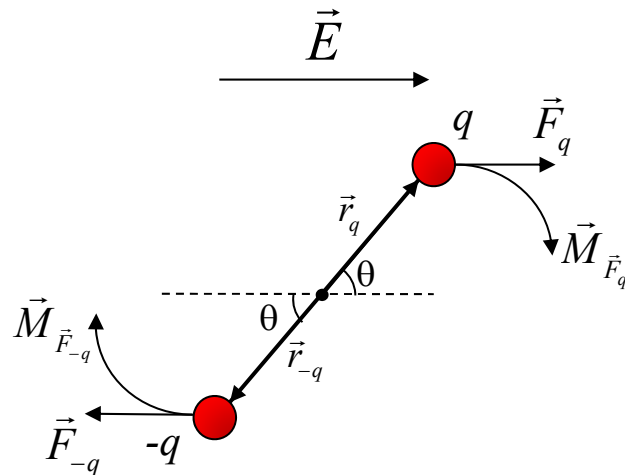
Como vimos en temas anteriores sobre cada una de las cargas que forma el dipolo se va a producir una fuerza eléctrica. En el caso de la carga positiva la fuerza irá en la dirección y sentido del campo eléctrico mientras que en el caso de la carga negativa la fuerza irá en la misma dirección y sentido contrario al campo eléctrico aplicado.

El módulo de ambas fuerzas es igual, es decir

$$F_q = F_{-q} \Rightarrow \vec{F}_q = \vec{F}_{-q}$$

Con lo cual la fuerza neta aplicada sobre la estructura dipolar es cero, lo que implica, en virtud de la segunda ley de Newton, que hay equilibrio traslacional y que el centro de masas del dipolo no se mueve.

Las dos fuerzas aplicadas a la estructura dipolar llevan asociados dos momentos que van a tratar de hacer rotar la estructura dipolar.



$$\vec{M}_{\vec{F}_q} = \vec{r}_q \times \vec{F}_q \quad \vec{M}_{\vec{F}_{-q}} = \vec{r}_{-q} \times \vec{F}_{-q}$$

El módulo de ambos momentos tiene el mismo valor:

$$|\vec{M}_{\vec{F}_q}| = M_{\vec{F}_q} = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\vec{r}_q \wedge \vec{F}_q) = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\theta)$$

$$|\vec{M}_{\vec{F}_{-q}}| = M_{\vec{F}_{-q}} = r_{-q} \cdot F_{-q} \cdot \sin(\vec{r}_{-q} \wedge \vec{F}_{-q}) = r_{-q} \cdot F_{-q} \cdot \sin(\theta) = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\theta)$$

Por otro lado, ambos momentos tratan de girar el dipolo en sentido horario. Por lo tanto, en esta situación aparece un momento neto distinto de cero sobre el dipolo y este girará sobre su centro de masas

$$|\vec{M}_T| = |\vec{M}_{\vec{F}_q}| + |\vec{M}_{\vec{F}_{-q}}| = 2r_q F_q \sin(\theta)$$

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

Para responder a esta pregunta vamos a considerar de forma general una estructura dipolar en el seno de un campo eléctrico externo como la que se muestra en la figura.

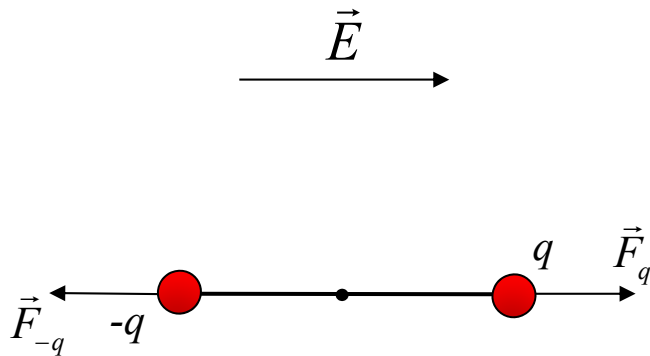
Como vimos en temas anteriores sobre cada una de las cargas que forma el dipolo se va a producir una fuerza eléctrica. En el caso de la carga positiva la fuerza ira en la dirección y sentido del campo eléctrico mientras que en el caso de la carga negativa la fuerza irá en la misma dirección y sentido contrario al campo eléctrico aplicado.

El módulo de ambas fuerzas es igual, es decir

$$F_q = F_{-q} \Rightarrow \vec{F}_q = \vec{F}_{-q}$$

Con lo cual la fuerza neta aplicada sobre la estructura dipolar es cero, lo que implica, en virtud de la segunda ley de Newton, que hay equilibrio traslacional y que el centro de masas del dipolo no se mueve.

Las dos fuerzas aplicadas a la estructura dipolar llevan asociados dos momentos que van a tratar de hacer rotar la estructura dipolar.



$$\vec{M}_{\vec{F}_q} = \vec{r}_q \times \vec{F}_q \quad \vec{M}_{\vec{F}_{-q}} = \vec{r}_{-q} \times \vec{F}_{-q}$$

El módulo de ambos momentos tiene el mismo valor:

$$|\vec{M}_{\vec{F}_q}| = M_{\vec{F}_q} = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\vec{r}_q \wedge \vec{F}_q) = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\theta)$$

$$|\vec{M}_{\vec{F}_{-q}}| = M_{\vec{F}_{-q}} = r_{-q} \cdot F_{-q} \cdot \sin(\vec{r}_{-q} \wedge \vec{F}_{-q}) = r_{-q} \cdot F_{-q} \cdot \sin(\theta) = r_q \cdot F_q \cdot \sin(\theta)$$

Por otro lado, ambos momentos tratan de girar el dipolo en sentido horario. Por lo tanto, en esta situación aparece un momento neto distinto de cero sobre el dipolo y este girará sobre su centro de masas

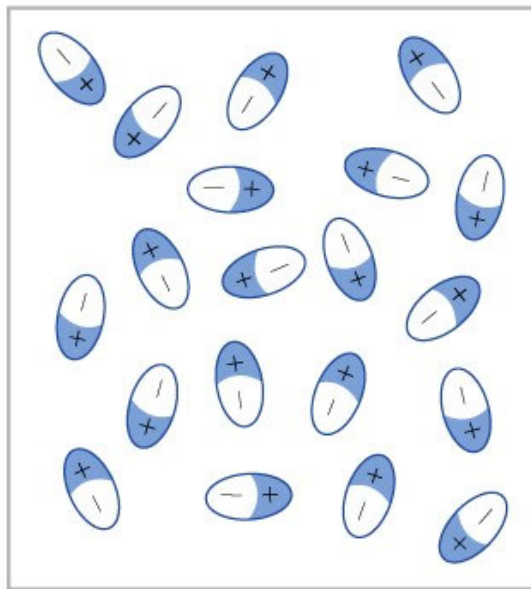
$$|\vec{M}_T| = |\vec{M}_{\vec{F}_q}| + |\vec{M}_{\vec{F}_{-q}}| = 2r_q F_q \sin(\theta)$$

Esta rotación continuará hasta que $\theta=0$, es decir, hasta que el dipolo se alinee con el campo eléctrico tal y como se muestra en la figura. En dicha situación el momento neto actuando sobre el dipolo se hace cero y la estructura dipolar ni se traslada ni rota.

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

En definitiva, de forma simple, un material dieléctrico puede ser visto como un conjunto de dipolos tal y como se muestra en la figura (a). Cuando no hay aplicado un campo eléctrico externo los dipolos se orientan de forma aleatoria (a).

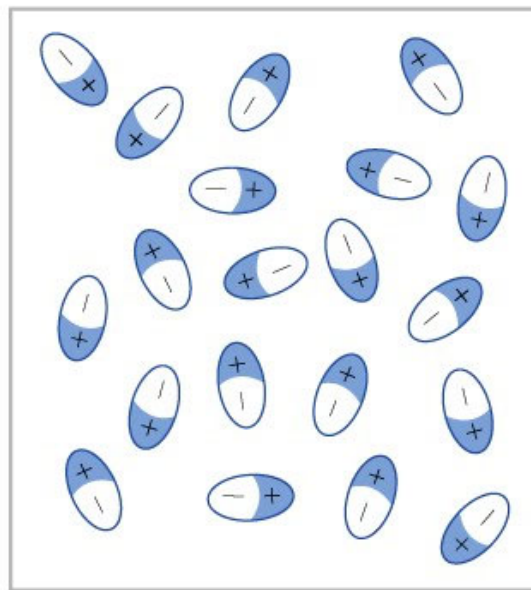


(a)

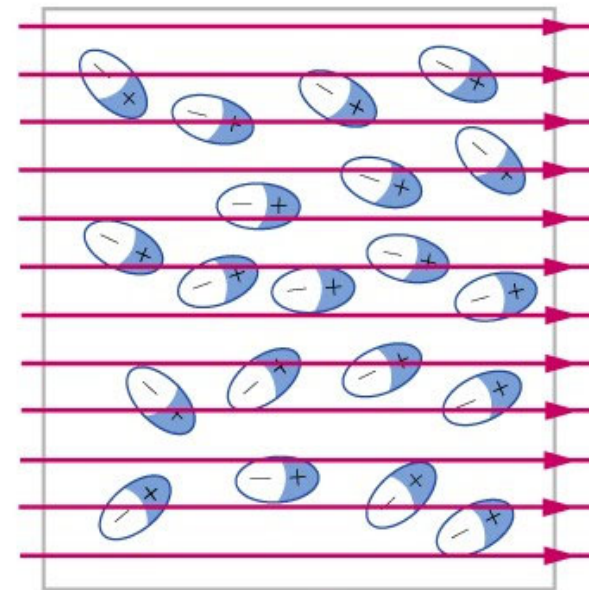
Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

En definitiva, de forma simple, un material dieléctrico puede ser visto como un conjunto de dipolos tal y como se muestra en la figura (a). Cuando no hay aplicado un campo eléctrico externo los dipolos se orientan de forma aleatoria (a). Sin embargo, cuando aplicamos un campo eléctrico externo, tal y como acabamos de ver, los dipolos tratan de alinearse con el campo eléctrico tal y como se muestra en la figura (b).



(a)



$\vec{E}_0$

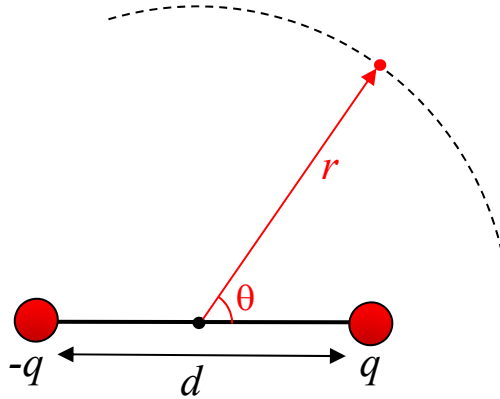
(b)

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

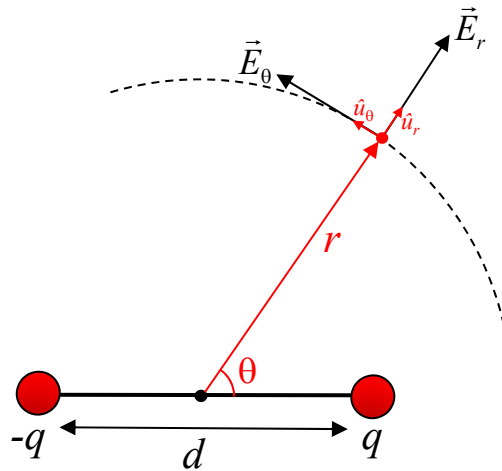
Por otro lado, tal y como vimos en el anterior tema la estructura dipolar crea en puntos lejos de la misma un potencial eléctrico de la forma:

$$V(r, \theta) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\cos(\theta)d}{r^2}$$



Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?



Por otro lado, tal y como vimos en el anterior tema la estructura dipolar crea en puntos lejos de la misma un potencial eléctrico de la forma:

$$V(r, \theta) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\cos(\theta)d}{r^2}$$

El campo eléctrico vendrá dado por:

$$\vec{E}(r, \theta) = -\nabla V = -\frac{\partial V}{\partial r} \hat{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \hat{u}_\theta = \frac{qd}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2 \cos(\theta) \hat{u}_r + \sin(\theta) \hat{u}_\theta)$$

$$\vec{E}_r(r, \theta) = \frac{qd}{2\pi\epsilon_0 r^3} \cos(\theta) \hat{u}_r$$

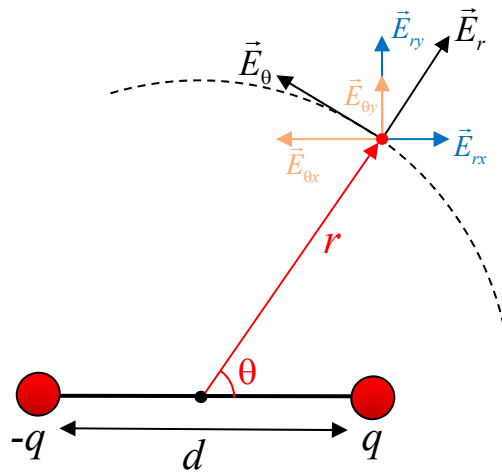
$$\vec{E}_\theta(r, \theta) = \frac{qd \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_\theta$$

Donde se ha tenido en cuenta que el gradiente en coordenadas esféricas es de la forma:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial r} \hat{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \hat{u}_\theta$$

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?



Por otro lado, tal y como vimos en el anterior tema la estructura dipolar crea en puntos lejos de la misma un potencial eléctrico de la forma:

$$V(r, \theta) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\cos(\theta)d}{r^2}$$

El campo eléctrico vendrá dado por:

$$\vec{E}(r, \theta) = -\nabla V = -\frac{\partial V}{\partial r} \hat{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \hat{u}_\theta = \frac{qd}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2 \cos(\theta) \hat{u}_r + \sin(\theta) \hat{u}_\theta)$$

$$\vec{E}_r(r, \theta) = \frac{qd}{2\pi\epsilon_0 r^3} \cos(\theta) \hat{u}_r$$

$$\vec{E}_\theta(r, \theta) = \frac{qd \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_\theta$$

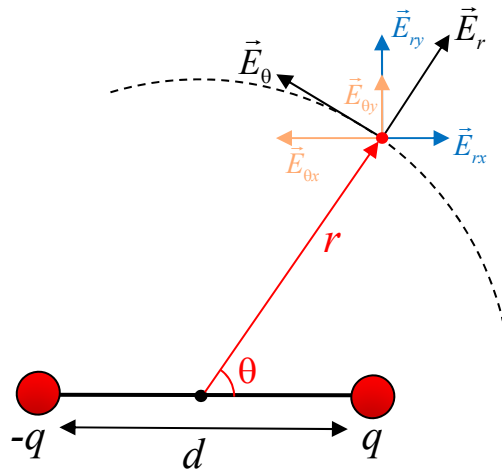
Donde se ha tenido en cuenta que el gradiente en coordenadas esféricas es de la forma: $\nabla = \frac{\partial}{\partial r} \hat{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \hat{u}_\theta$

Podemos descomponer las componentes en la dirección radial y la dirección angular del campo eléctrico en sus componentes en un sistema de referencia cartesiano tal y como se muestra en la figura.

$$\begin{aligned} \vec{E}_{rx}(r, \theta) &= \frac{qd \cos^2(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x & \vec{E}_{ry}(r, \theta) &= \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y \\ \vec{E}_{\theta x}(r, \theta) &= -\frac{qd \sin^2(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x & \vec{E}_{\theta y}(r, \theta) &= \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y \end{aligned}$$

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?



Por otro lado, tal y como vimos en el anterior tema la estructura dipolar crea en puntos lejos de la misma un potencial eléctrico de la forma:

$$V(r, \theta) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\cos(\theta)d}{r^2}$$

El campo eléctrico vendrá dado por:

$$\vec{E}(r, \theta) = -\nabla V = -\frac{\partial V}{\partial r} \hat{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \hat{u}_\theta = \frac{qd}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2 \cos(\theta) \hat{u}_r + \sin(\theta) \hat{u}_\theta)$$

$$\vec{E}_r(r, \theta) = \frac{qd}{2\pi\epsilon_0 r^3} \cos(\theta) \hat{u}_r$$

$$\vec{E}_\theta(r, \theta) = \frac{qd \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_\theta$$

Donde se ha tenido en cuenta que el gradiente en coordenadas esféricas es de la forma: $\nabla V = \frac{\partial}{\partial r} \hat{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \hat{u}_\theta$

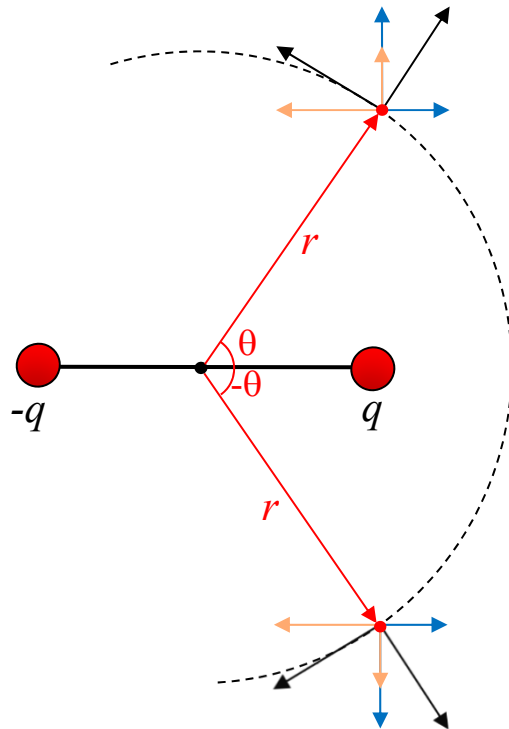
Podemos descomponer las componentes en la dirección radial y la dirección angular del campo eléctrico en sus componentes en un sistema de referencia cartesiano tal y como se muestra en la figura.

$$\begin{aligned} \vec{E}_{rx}(r, \theta) &= \frac{qd \cos^2(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x & \vec{E}_{ry}(r, \theta) &= \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y \\ \vec{E}_{\theta x}(r, \theta) &= -\frac{qd \sin^2(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x & \vec{E}_{\theta y}(r, \theta) &= \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y \end{aligned}$$

Vamos a comprobar que, en promedio, el campo eléctrico creado por el dipolo a su alrededor tiene la misma dirección que el dipolo y su sentido va de la carga positiva a la carga negativa (de derecha a izquierda en la figura).

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?



$$\vec{E}_{rx}(r, \theta) = \frac{qd \cos^2(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x \quad \vec{E}_{ry}(r, \theta) = \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y$$

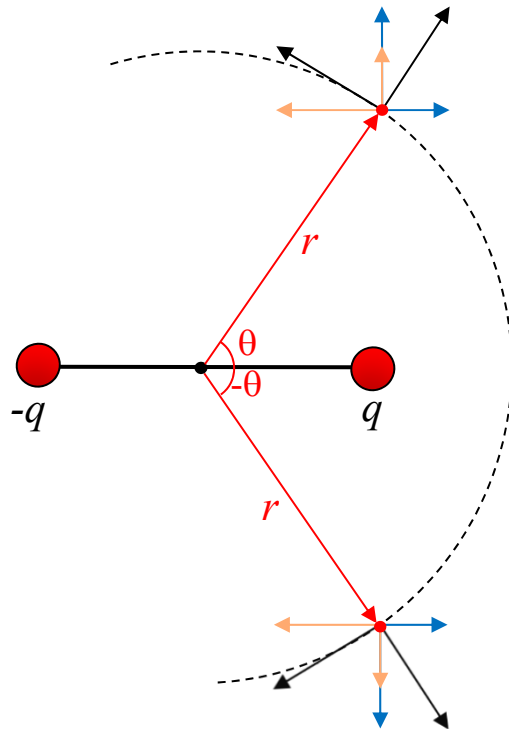
$$\vec{E}_{\theta x}(r, \theta) = -\frac{qd \sin^2(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x \quad \vec{E}_{\theta y}(r, \theta) = \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y$$

1. La componente perpendicular al dipolo del promedio del campo eléctrico creado por el mismo tiene que ser cero por simetría. Basta con darse cuenta que cualquier punto tiene su simétrico, tal y como se muestra en la figura, de forma que las componentes perpendiculares al dipolo se anulan.

$$\vec{E}_{ry}(r, \theta) + \vec{E}_{\theta y}(r, \theta) + \vec{E}_{ry}(r, -\theta) + \vec{E}_{\theta y}(r, -\theta) = 0$$

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?



$$\vec{E}_{rx}(r, \theta) = \frac{qd \cos^2(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x \quad \vec{E}_{ry}(r, \theta) = \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y$$

$$\vec{E}_{\theta x}(r, \theta) = -\frac{qd \sin^2(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x \quad \vec{E}_{\theta y}(r, \theta) = \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y$$

1. La componente perpendicular al dipolo del promedio del campo eléctrico creado por el mismo tiene que ser cero por simetría. Basta con darse cuenta que cualquier punto tiene su simétrico, tal y como se muestra en la figura, de forma que las componentes perpendiculares al dipolo se anulan.

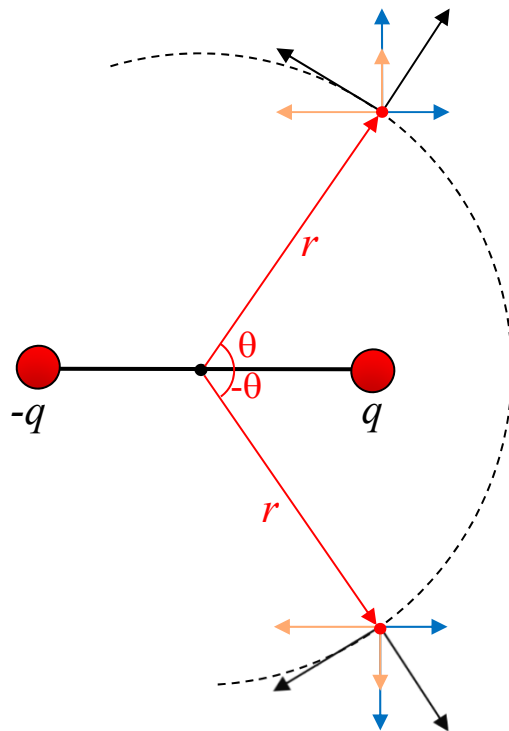
$$\vec{E}_{ry}(r, \theta) + \vec{E}_{\theta y}(r, \theta) + \vec{E}_{ry}(r, -\theta) + \vec{E}_{\theta y}(r, -\theta) = 0$$

2. Por otro lado, la componente en la dirección del dipolo es igual a la proyección de la componente r sobre este eje menos la proyección sobre este eje de la componente angular.

$$\begin{aligned} \vec{E}_{rx}(r, \theta) + \vec{E}_{\theta x}(r, \theta) &= \frac{qd \cos^2(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x - \frac{qd \sin^2(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x = \\ &= \frac{qd}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2 \cos^2(\theta) - \sin^2(\theta)) \hat{u}_x = \frac{qd}{4\pi\epsilon_0 r^3} (3 \cos^2(\theta) - 1) \hat{u}_x \end{aligned}$$

Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?



$$\vec{E}_{rx}(r, \theta) = \frac{qd \cos^2(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x \quad \vec{E}_{ry}(r, \theta) = \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y$$

$$\vec{E}_{\theta x}(r, \theta) = -\frac{qd \sin^2(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x \quad \vec{E}_{\theta y}(r, \theta) = \frac{qd \cos(\theta) \sin(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_y$$

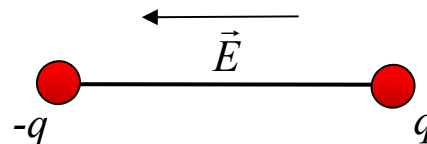
1. La componente perpendicular al dipolo del promedio del campo eléctrico creado por el mismo tiene que ser cero por simetría. Basta con darse cuenta que cualquier punto tiene su simétrico, tal y como se muestra en la figura, de forma que las componentes perpendiculares al dipolo se anulan.

$$\vec{E}_{ry}(r, \theta) + \vec{E}_{\theta y}(r, \theta) + \vec{E}_{ry}(r, -\theta) + \vec{E}_{\theta y}(r, -\theta) = 0$$

2. Por otro lado, la componente en la dirección del dipolo es igual a la proyección de la componente r sobre este eje menos la proyección sobre este eje de la componente angular.

$$\begin{aligned} \vec{E}_{rx}(r, \theta) + \vec{E}_{\theta x}(r, \theta) &= \frac{qd \cos^2(\theta)}{2\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x - \frac{qd \sin^2(\theta)}{4\pi\epsilon_0 r^3} \hat{u}_x = \\ &= \frac{qd}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2 \cos^2(\theta) - \sin^2(\theta)) \hat{u}_x = \frac{qd}{4\pi\epsilon_0 r^3} (3 \cos^2(\theta) - 1) \hat{u}_x \end{aligned}$$

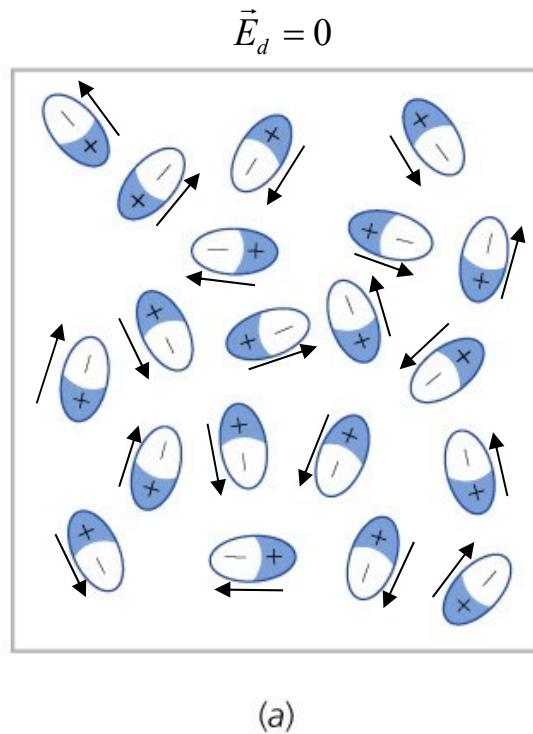
En definitiva el dipolo genera a su alrededor un campo eléctrico promedio que va desde la carga positiva hacia la carga negativa.



Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctrico externo?

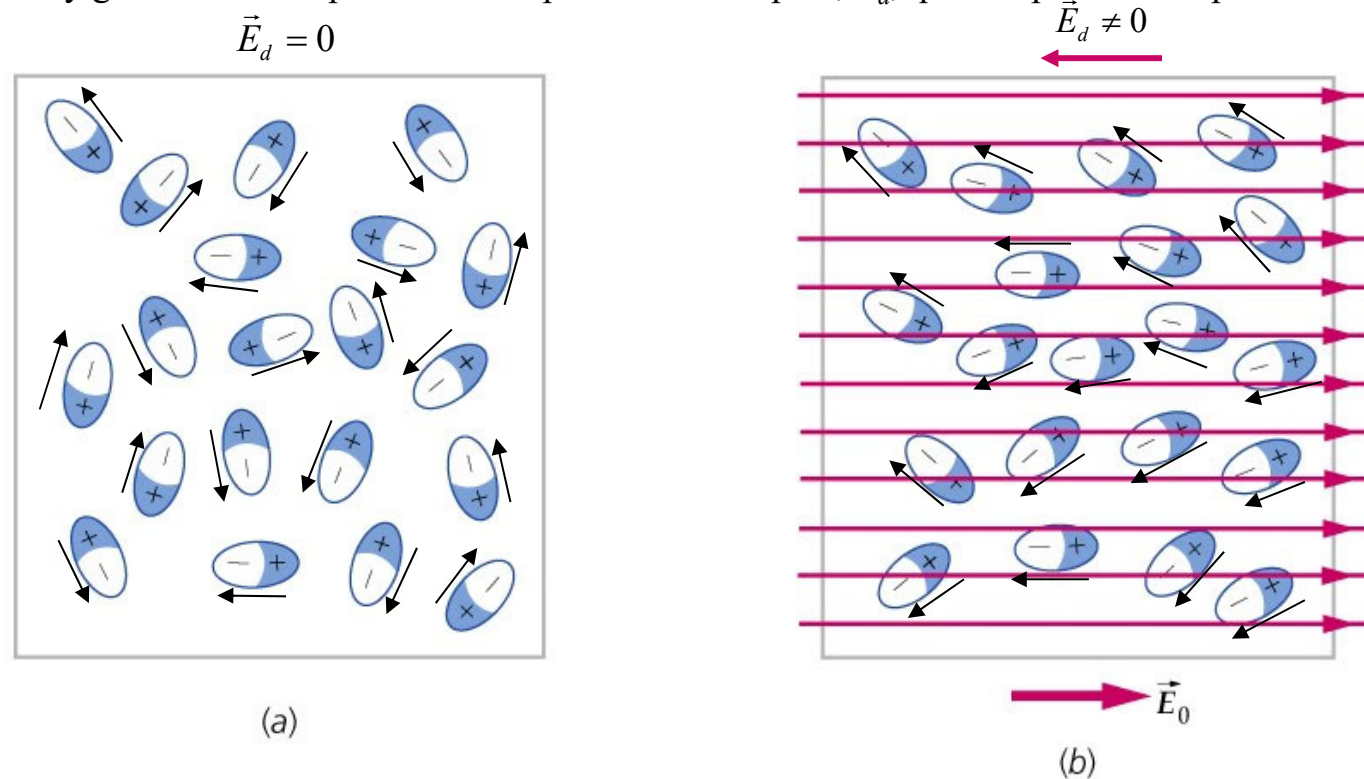
Si no hay aplicado un campo eléctrico externo los dipolos del material están orientados de forma aleatoria y el promedio macroscópico del campo eléctrico que crean se anula.



Materiales dieléctricos.

¿Cómo responden los materiales dieléctricos ante la aplicación de un campo eléctricos externo?

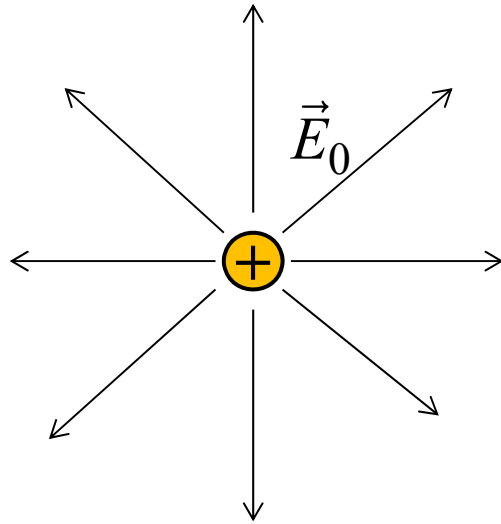
Si no hay aplicado un campo eléctrico externo los dipolos del material están orientados de forma aleatoria y el promedio macroscópico del campo eléctrico que crean se anula. Sin embargo, cuando aplicamos un campo eléctrico externo, E_0 , los dipolos del material dieléctrico se orientan preferentemente en la dirección de dicho campo eléctrico y generan un campo eléctrico dipolar macroscópico, E_d , que se opone al campo eléctrico externo.



Por lo tanto, el campo eléctrico promedio en el material dieléctrico será menor que el campo eléctrico aplicado externamente.

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_d \Rightarrow E = E_0 - E_d$$

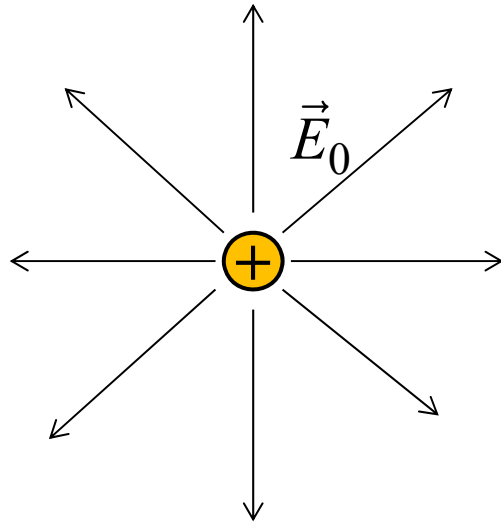
¿Cómo se modifican las leyes vistas en el tema anterior para el vacío cuando el espacio que rodea las cargas es un medio dieléctrico?



Como vimos en el tema anterior, el campo eléctrico creado en el vacío por una carga puntual es:

$$\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_q$$

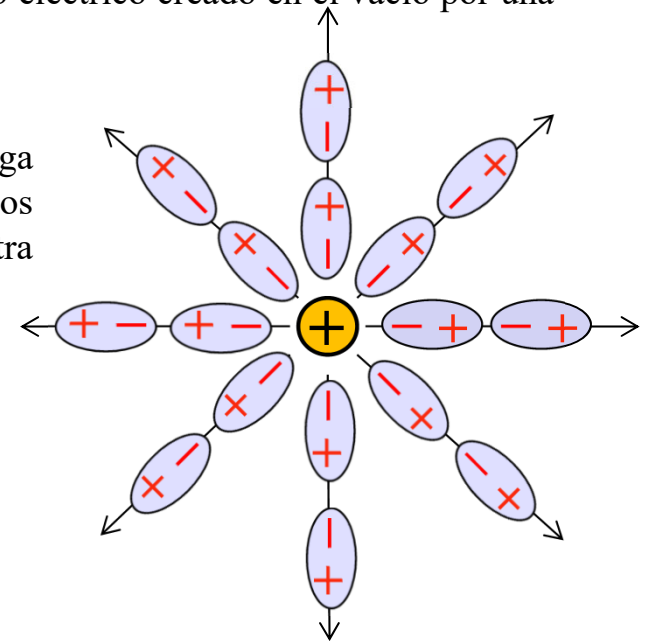
¿Cómo se modifican las leyes vistas en el tema anterior para el vacío cuando el espacio que rodea las cargas es un medio dieléctrico?



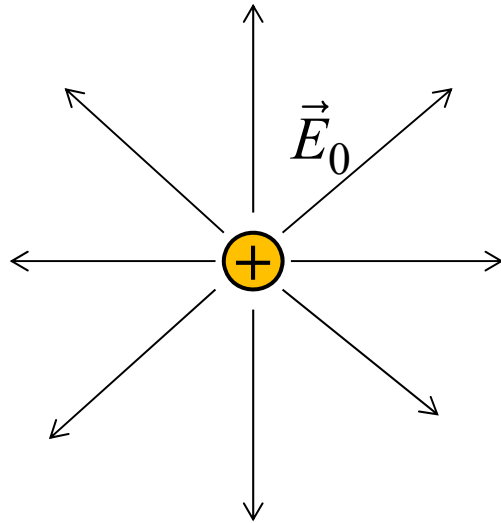
Como vimos en el tema anterior, el campo eléctrico creado en el vacío por una carga puntual es:

$$\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_q$$

Si ahora consideramos esa misma carga inmersa en un medio dieléctrico tendremos una situación parecida a la que se muestra en la figura de la derecha.



¿Cómo se modifican las leyes vistas en el tema anterior para el vacío cuando el espacio que rodea las cargas es un medio dieléctrico?



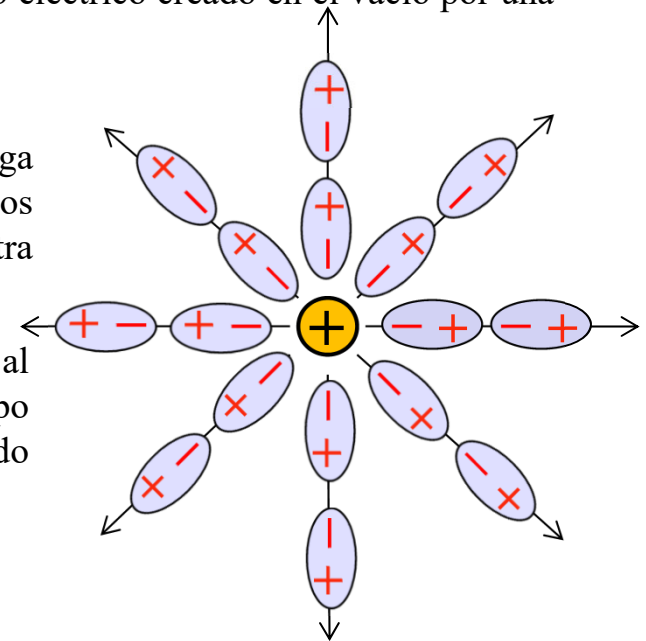
Como vimos en el tema anterior, el campo eléctrico creado en el vacío por una carga puntual es:

$$\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_q$$

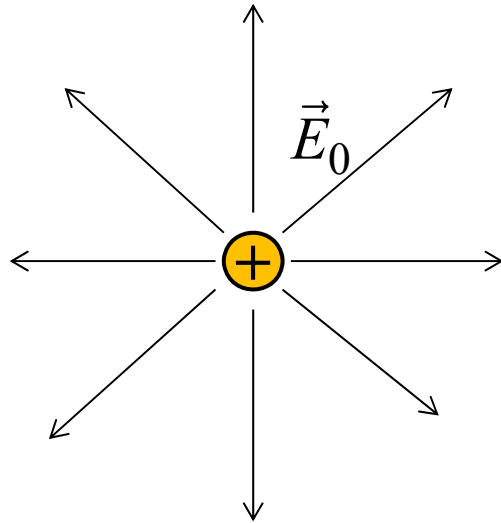
Si ahora consideramos esa misma carga inmersa en un medio dieléctrico tendremos una situación parecida a la que se muestra en la figura de la derecha.

El campo eléctrico total será ahora igual al que teníamos en el vacío más el campo eléctrico debido al campo eléctrico creado por los dipolos del material dieléctrico.

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_d \Rightarrow E = E_0 - E_d$$



¿Cómo se modifican las leyes vistas en el tema anterior para el vacío cuando el espacio que rodea las cargas es un medio dieléctrico?



Como vimos en el tema anterior, el campo eléctrico creado en el vacío por una carga puntual es:

$$\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_q$$

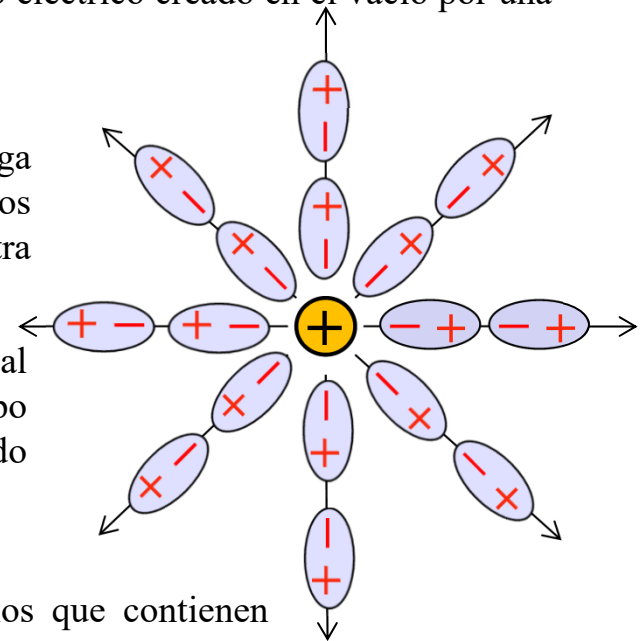
Si ahora consideramos esa misma carga inmersa en un medio dieléctrico tendremos una situación parecida a la que se muestra en la figura de la derecha.

El campo eléctrico total será ahora igual al que teníamos en el vacío más el campo eléctrico debido al campo eléctrico creado por los dipolos del material dieléctrico.

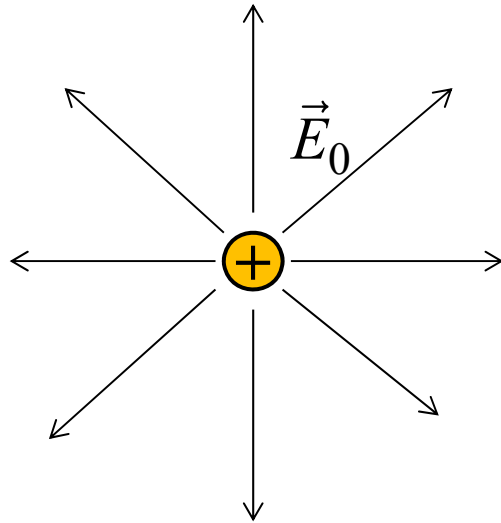
$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_d \Rightarrow E = E_0 - E_d$$

En la mayoría de los materiales dieléctricos el campo creado por los dipolos que contienen depende linealmente del campo eléctrico total, es decir:

$$E_d = \chi_E E \quad (\text{donde a } \chi_E \text{ se le conoce con el nombre de susceptibilidad eléctrica del material})$$



¿Cómo se modifican las leyes vistas en el tema anterior para el vacío cuando el espacio que rodea las cargas es un medio dieléctrico?



Como vimos en el tema anterior, el campo eléctrico creado en el vacío por una carga puntual es:

$$\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_q$$

Si ahora consideramos una carga inmersa en un medio dieléctrico tendremos una situación parecida a la que se muestra en la figura de la derecha.

El campo eléctrico total será ahora igual al que teníamos en el vacío más el campo eléctrico debido al campo eléctrico creado por los dipolos del material dieléctrico.

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_d \Rightarrow E = E_0 - E_d$$

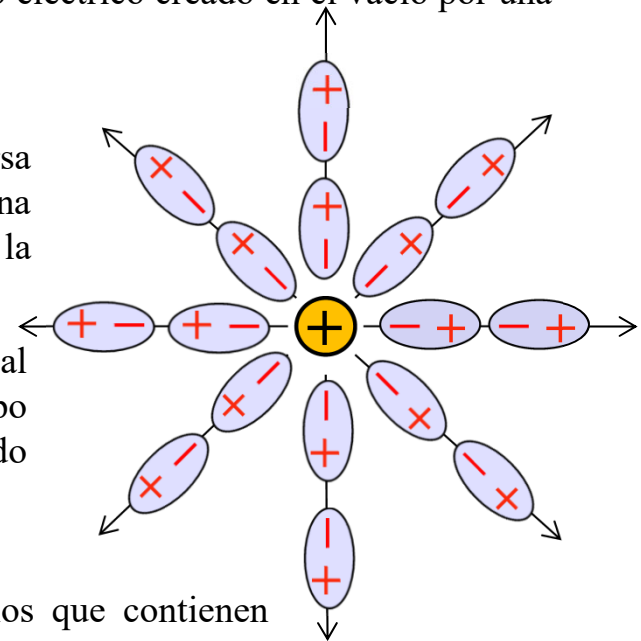
En la mayoría de los materiales dieléctricos el campo creado por los dipolos que contienen depende linealmente del campo eléctrico total, es decir:

$$E_d = \chi_E E \quad (\text{donde a } \chi_E \text{ se le conoce con el nombre de susceptibilidad eléctrica del material})$$

Sustituyendo esta relación en la anterior expresión llegamos a:

$$E = E_0 - \chi_E E \Rightarrow E(1 + \chi_E) = E_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0(1 + \chi_E)} \frac{q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r^2}$$

Donde $\epsilon_r = 1 + \chi_E$ recibe el nombre de permitividad relativa del material y $\epsilon = \epsilon_0\epsilon_r$ es la permitividad absoluta del material. Este parámetro es el que caracteriza las propiedades dieléctricas de un material.



¿Cómo se modifican las leyes vistas en el tema anterior para el vacío cuando el espacio que rodea las cargas es un medio dieléctrico?

En definitiva, la ley de Coulomb es formalmente idéntica para el vacío y para materiales dieléctricos. La única diferencia es que en el caso del vacío la constante de la ley de Coulomb es una constante universal relacionada con la permitividad del vacío, que es otra constante universal, mientras que en la ley de Coulomb para un medio dieléctrico

la constante depende del tipo de material que se esté considerando y está relacionada con un parámetro, también dependiente del material considerado, que se conoce con el nombre de permitividad del medio material.

En la tabla de esta transparencia se muestran algunas de las leyes que estudiamos en el anterior tema válidas para el vacío y la expresión que se utiliza en el caso de que el conjunto de cargas se encuentren en un medio dieléctrico.

<u>Ecuación</u>	<u>Vacío</u>	<u>Medio dieléctrico</u>
Ley de Coulomb	$\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$	$\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$
Campo eléctrico creado por una carga puntual.	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Campo eléctrico creado por una distribución continua de carga	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \begin{array}{l} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV \\ \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS \\ \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \end{array} \right.$	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left\{ \begin{array}{l} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV \\ \int_S \frac{\sigma_s}{r^2} \hat{u}_{dq} dS \\ \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl \end{array} \right.$
Ley de Gauss	$\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$
Potencial eléctrico creado por una carga puntual.	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r} + cte$

¿Cómo se modifican las leyes vistas en el tema anterior para el vacío cuando el espacio que rodea las cargas es un medio dieléctrico?

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

Material	Constante dieléctrica relativa ϵ_r
Agua	80
Aceite de transformador	2.24
Aire	1.00059
Mica	5.4
Neopreno	6.9
Papel	3.7
Parafina	2.1-2.5
Plexigás	3.4
Poliestireno	2.55
Porcelana	7
Vidrio	5.6
Baquelita	4.9

Ejemplo 12

Se tiene una partícula puntual cargada de $10\mu\text{C}$. Calcular el potencial y el campo eléctrico que genera la carga en el vacío. Si a continuación sumergimos dicha carga en agua calcular el campo el potencial y el campo eléctrico que generará dicha carga.

Ejemplo 12

Se tiene una partícula puntual cargada de $10\mu\text{C}$. Calcular el potencial y el campo eléctrico que genera la carga en el vacío. Si a continuación sumergimos dicha carga en agua calcular el campo el potencial y el campo eléctrico que generará dicha carga.

1. El campo eléctrico que genera la carga en el vacío viene dada por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \mu\text{C}}{r^2} \hat{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{r^2} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \frac{\text{V} \cdot \text{m}^2}{\text{m}} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \text{V} \cdot \text{m} \hat{u}_r$$

Ejemplo 12

Se tiene una partícula puntual cargada de $10\mu\text{C}$. Calcular el potencial y el campo eléctrico que genera la carga en el vacío. Si a continuación sumergimos dicha carga en agua calcular el campo el potencial y el campo eléctrico que generará dicha carga.

1. El campo eléctrico que genera la carga en el vacío viene dada por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \mu\text{C}}{r^2} \hat{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{r^2} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \frac{\text{V} \cdot \text{m}^2}{\text{m}} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \text{V} \cdot \text{m} \hat{u}_r$$

2. El potencial eléctrico que genera la carga en el vacío viene dada por:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \mu\text{C}}{r} + cte = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{r} + cte = \frac{9 \cdot 10^4}{r} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}} + cte = \frac{9 \cdot 10^4}{r} \frac{\text{V} \cdot \text{m}^2}{\text{m}} + cte = \frac{9 \cdot 10^4}{r} \text{V} \cdot \text{m} + cte$$

Ejemplo 12

Se tiene una partícula puntual cargada de $10\mu\text{C}$. Calcular el potencial y el campo eléctrico que genera la carga en el vacío. Si a continuación sumergimos dicha carga en agua calcular el campo el potencial y el campo eléctrico que generará dicha carga.

1. El campo eléctrico que genera la carga en el vacío viene dada por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \mu\text{C}}{r^2} \hat{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{r^2} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{r^2 \text{ C}} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^2}{r^2 \text{ m}} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \text{ V} \cdot \text{m} \hat{u}_r$$

2. El potencial eléctrico que genera la carga en el vacío viene dada por:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \mu\text{C}}{r} + cte = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{r} + cte = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{r \text{ C}} + cte = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^2}{r \text{ m}} + cte = \frac{9 \cdot 10^4}{r} \text{ V} \cdot \text{m} + cte$$

3. Cuando sumergimos la carga en agua, el campo eléctrico que genera a su alrededor viene dada por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_r \epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = \frac{1}{\epsilon_r} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = \frac{1}{80} \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \text{ V} \cdot \text{m} \hat{u}_r = \frac{1.125 \cdot 10^3}{r^2} \text{ V} \cdot \text{m} \hat{u}_r$$

Ejemplo 12

Se tiene una partícula puntual cargada de $10\mu\text{C}$. Calcular el potencial y el campo eléctrico que genera la carga en el vacío. Si a continuación sumergimos dicha carga en agua calcular el campo el potencial y el campo eléctrico que generará dicha carga.

1. El campo eléctrico que genera la carga en el vacío viene dada por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \mu\text{C}}{r^2} \hat{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{r^2} \hat{u}_r = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{r^2} \frac{\hat{u}_r}{\text{C}} = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^2}{r^2} \frac{\hat{u}_r}{\text{m}} = \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \text{ V} \cdot \text{m} \hat{u}_r$$

2. El potencial eléctrico que genera la carga en el vacío viene dada por:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \mu\text{C}}{r} + cte = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{r} + cte = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{r} \frac{1}{\text{C}} + cte = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^2}{r} \frac{1}{\text{m}} + cte = \frac{9 \cdot 10^4}{r} \text{ V} \cdot \text{m} + cte$$

3. Cuando sumergimos la carga en agua, el campo eléctrico que genera a su alrededor viene dada por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_r \epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = \frac{1}{\epsilon_r} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r = \frac{1}{80} \frac{9 \cdot 10^4}{r^2} \text{ V} \cdot \text{m} \hat{u}_r = \frac{1.125 \cdot 10^3}{r^2} \text{ V} \cdot \text{m} \hat{u}_r$$

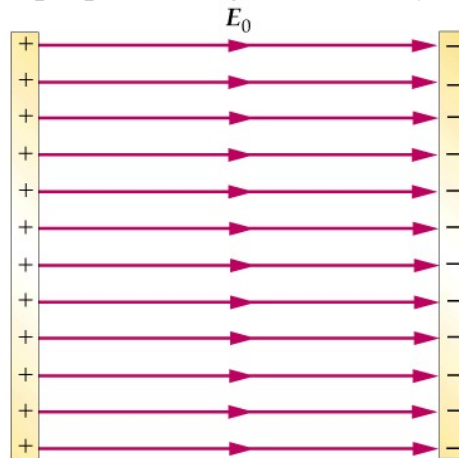
4. Cuando sumergimos la carga en agua, el potencial eléctrico que genera a su alrededor viene dada por:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r} + cte = \frac{1}{4\pi\epsilon_r \epsilon_0} \frac{q}{r} + cte = \frac{1}{\epsilon_r} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte = \frac{1}{80} \frac{9 \cdot 10^4}{r} \text{ V} \cdot \text{m} + cte = \frac{1.125 \cdot 10^3}{r} \text{ V} \cdot \text{m} + cte$$

¿Cómo se comportaría un medio dieléctrico con una permitividad (o constante dieléctrica) relativa que tiende a infinito ($\epsilon_r \rightarrow \infty$)?

¿Qué ocurre si entre las placas de un condensador introducimos un aislante (dieléctrico)?

Supongamos que tenemos un condensador de placas plano-paralelas, entre las que tenemos el vacío, separadas una distancia d y con una superficie A . Según hemos visto anteriormente, si cargamos el condensador con una carga Q , entre las placas del condensador se crea un campo eléctrico y una diferencia de potencial entre la placa cargada positivamente y la placa cargada negativamente. Por otro lado, la relación entre la carga y la diferencia de potencial que se establece entre las placas nos da la capacidad del condensador que depende exclusivamente de sus propiedades geométricas y de la permitividad del vacío.



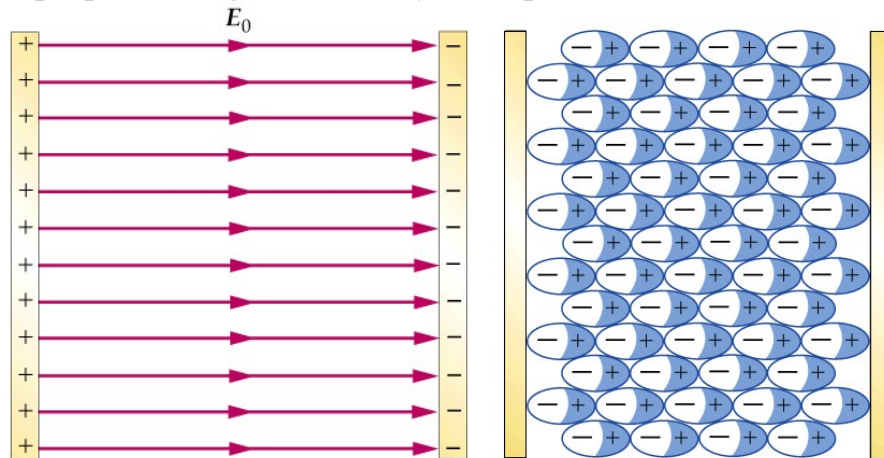
$$E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$

$$V_0 = E_0 d = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{Q}{V_0} = \frac{Q}{\frac{Qd}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

¿Qué ocurre si entre las placas de un condensador introducimos un aislante (dieléctrico)?

Supongamos que tenemos un condensador de placas plano-paralelas, entre las que tenemos el vacío, separadas una distancia d y con una superficie A . Según hemos visto anteriormente, si cargamos el condensador con una carga Q , entre las placas del condensador se crea un campo eléctrico y una diferencia de potencial entre la placa cargada positivamente y la placa cargada negativamente. Por otro lado, la relación entre la carga y la diferencia de potencial que se establece entre las placas nos da la capacidad del condensador que depende exclusivamente de sus propiedades geométricas y de la permitividad del vacío.

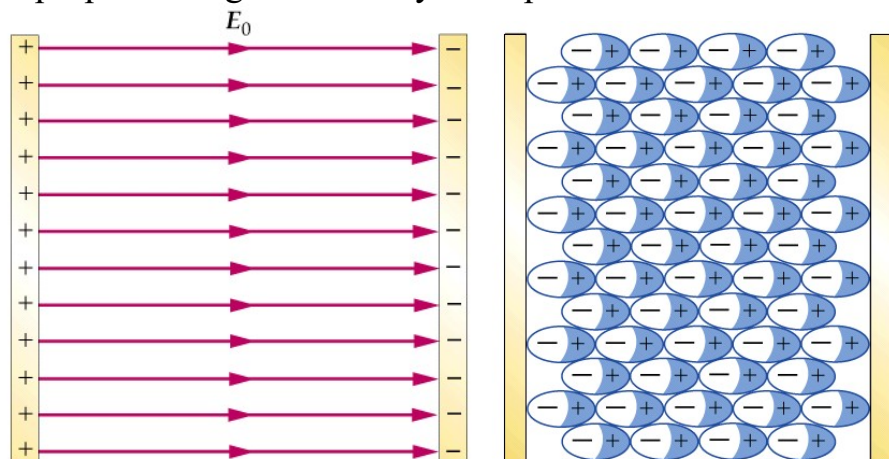


Si ahora, sin que haya contacto metálico y, por tanto, cambio de la carga que hay en las placas del condensador, introducimos un material dieléctrico entre las placas del condensador, debido al campo eléctrico E_0 los dipolos del material dieléctrico se alinearán entre las placas del condensador tal y como se muestra en la figura.

$$E_0 = \frac{\sigma_s}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$
$$V_0 = E_0 d = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$$
$$C_0 = \frac{Q}{V_0} = \frac{Q}{\frac{Qd}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

¿Qué ocurre si entre las placas de un condensador introducimos un aislante (dieléctrico)?

Supongamos que tenemos un condensador de placas plano-paralelas, entre las que tenemos el vacío, separadas una distancia d y con una superficie A . Según hemos visto anteriormente, si cargamos el condensador con una carga Q , entre las placas del condensador se crea un campo eléctrico y una diferencia de potencial entre la placa cargada positivamente y la placa cargada negativamente. Por otro lado, la relación entre la carga y la diferencia de potencial que se establece entre las placas nos da la capacidad del condensador que depende exclusivamente de sus propiedades geométricas y de la permitividad del vacío.



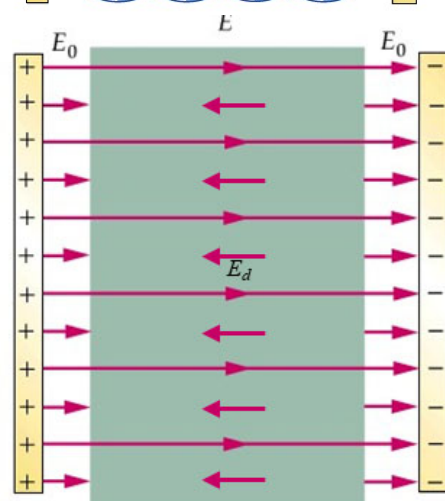
Si ahora, sin que haya contacto metálico y, por tanto, cambio de la carga que hay en las placas del condensador, introducimos un material dieléctrico entre las placas del condensador, debido al campo eléctrico E_0 los dipolos del material dieléctrico se alinearán entre las placas del condensador tal y como se muestra en la figura. Por lo tanto, el campo eléctrico entre las placas del condensador será ahora $E = E_0 - E_d = E_0 - \chi_E E$, o bien, $E = E_0 / \epsilon_r$.

Puesto que la permitividad relativa de un material es siempre mayor o igual a uno la diferencia de potencial que cae entre las placas del condensador disminuye y la capacidad aumenta, es decir:

$$E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$

$$V_0 = E_0 d = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{Q}{V_0} = \frac{Q}{\frac{Qd}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$



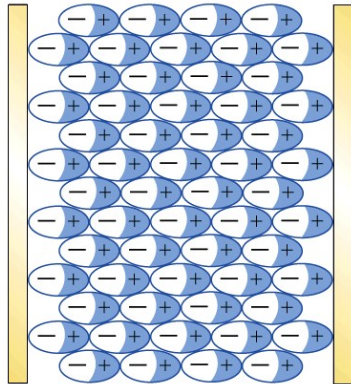
$$E = \frac{E_0}{\epsilon_r} = \frac{\sigma_S}{\epsilon_r \epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_r \epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon}$$

$$V = Ed = \frac{Qd}{A\epsilon_r \epsilon_0} = \frac{V_0}{\epsilon_r}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Qd}{A\epsilon_r \epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_r \epsilon_0}{d} = \epsilon_r C_0$$

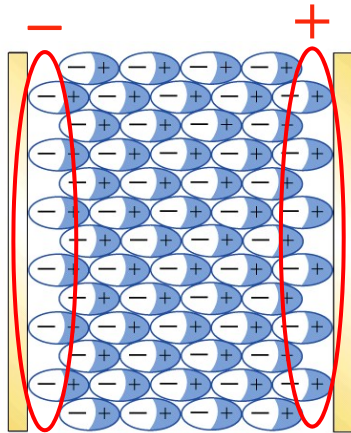
¿Qué ocurre si entre las placas de un condensador introducimos un aislante (dieléctrico)?

Como hemos visto, a nivel microscópico, la disminución del campo eléctrico se debe a la orientación molecular de los dipolos que forman el material dieléctrico preferentemente en la dirección del campo eléctrico aplicado externamente.



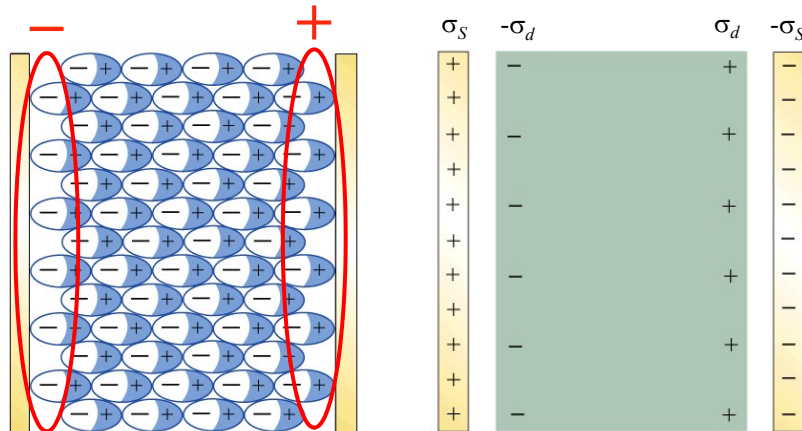
¿Qué ocurre si entre las placas de un condensador introducimos un aislante (dieléctrico)?

Como hemos visto, a nivel microscópico, la disminución del campo eléctrico se debe a la orientación molecular de los dipolos que forman el material dieléctrico preferentemente en la dirección del campo eléctrico aplicado externamente. A nivel macroscópico esto se traduce en la aparición de una densidad superficial de carga en la superficie del dieléctrico.



¿Qué ocurre si entre las placas de un condensador introducimos un aislante (dieléctrico)?

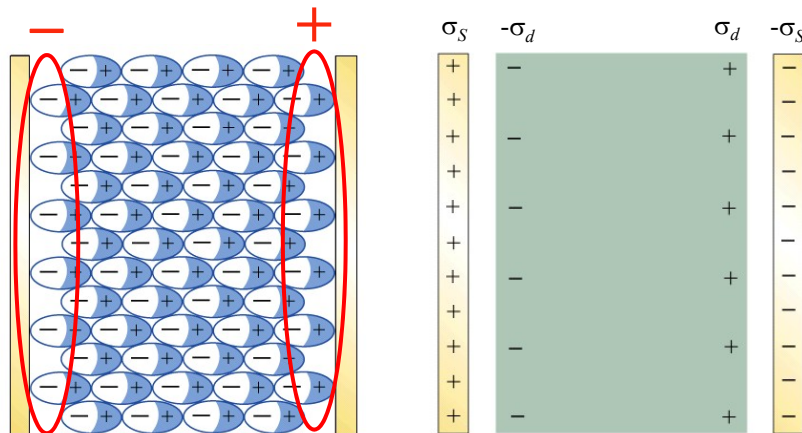
Como hemos visto, a nivel microscópico, la disminución del campo eléctrico se debe a la orientación molecular de los dipolos que forman el material dieléctrico preferentemente en la dirección del campo eléctrico aplicado externamente. A nivel macroscópico esto se traduce en la aparición de una densidad superficial de carga en la superficie del dieléctrico. Si consideramos un condensador de placas plano paralelas la densidad superficial de carga que se crea en la superficie del material dieléctrico es igual a:



$$\begin{aligned}
 E_0 &= \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} \\
 E_d &= \frac{\sigma_d}{\epsilon_0} \\
 E &= E_0 - E_d \\
 E &= \frac{E_0}{\epsilon_r}
 \end{aligned}
 \left| \Rightarrow \frac{E_0}{\epsilon_r} = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_d}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma_d = \sigma_S - \frac{\sigma_S}{\epsilon_r} = \sigma_S \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r}
 \right.$$

¿Qué ocurre si entre las placas de un condensador introducimos un aislante (dieléctrico)?

Como hemos visto, a nivel microscópico, la disminución del campo eléctrico se debe a la orientación molecular de los dipolos que forman el material dieléctrico preferentemente en la dirección del campo eléctrico aplicado externamente. A nivel macroscópico esto se traduce en la aparición de una densidad superficie de carga en la superficie del dieléctrico. Si consideramos un condensador de placas plano paralelas la densidad superficial de carga que se crea en la superficie del material dieléctrico es igual a:



$$\begin{aligned}
 E_0 &= \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} \\
 E_d &= \frac{\sigma_d}{\epsilon_0} \\
 E &= E_0 - E_d \\
 E &= \frac{E_0}{\epsilon_r}
 \end{aligned}
 \left| \Rightarrow \frac{E_0}{\epsilon_r} = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_d}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma_d = \sigma_S - \frac{\sigma_S}{\epsilon_r} = \sigma_S \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r}
 \right.$$

Puesto que ϵ_r es mayor o igual que uno la densidad superficial de carga que aparece sobre el dieléctrico es cero cuando $\epsilon_r=1$ y tiende a uno cuando $\epsilon_r \rightarrow \infty$. Nótese que en esta última situación el campo eléctrico dentro del material dieléctrico sería cero tal y como ocurriría con un conductor que introduyésemos entre las placas del condensador sin que hubiese contacto eléctrico.

Link al formulario de Termodinámica

<https://forms.gle/R1Mc9YJJBjxxTScS6>

Clave para la evaluación de la asignatura Física II

K7XMKX

Fecha límite: 19 de mayo de 2023

**Proyecto de Investigación “Desarrollo Positivo
Juvenil en Estudiantes Universitarios de Andalucía”**

<https://forms.gle/o7qWfgDFsCgbhhWo8>

TEMA 4

Campo electrostático en el vacío

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Definición de campo eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Campo eléctrico producido por carga puntual $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Distribuciones continuas de carga

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV;$$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = -\int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 4

Campo electrostático en el vacío

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Definición de campo eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Campo eléctrico producido por carga puntual $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Distribuciones continuas de carga

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV;$$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = -\int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



1.- Propiedades conductoras o aislantes.
2.- Propiedades dieléctricas.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

TEMA 4

Campo electrostático en el vacío

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Definición de campo eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Campo eléctrico producido por carga puntual $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Distribuciones continuas de carga

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dL; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV;$$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = -\int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



1.- Propiedades conductoras o aislantes.
2.- Propiedades dieléctricas.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie es cero.

Condensadores

Capacidad de un condensador $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V}$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador $U = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$

Asociación de condensadores

1. En serie $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$

2. En paralelo $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

TEMA 4

Campo electrostático en el vacío

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Definición de campo eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Campo eléctrico producido por carga puntual $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Distribuciones continuas de carga

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dL; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV;$$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



- 1.- Propiedades conductoras o aislantes.
- 2.- Propiedades dieléctricas.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie es cero.

Condensadores

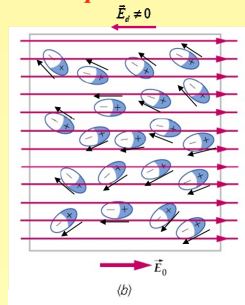
Capacidad de un condensador $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V}$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador $U = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$

Asociación de condensadores

1. En serie $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
2. En paralelo $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

Materiales dieléctricos desde un punto de vista microscópico



$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_d \Rightarrow E = E_0 - E_d$$

$$E_d = \chi_E E \Rightarrow E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$

donde $\epsilon_r = (1 + \chi_E) \geq 1$

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

Ecuación	Vacío	Medio dieléctrico
Campo eléctrico creado por una carga puntual.	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Ley de Gauss	$\Phi_E = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\Phi_E = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$
Potencial eléctrico creado por una carga puntual.	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r} + cte$

11/04/2023

171

TEMA 4

Campo electrostático en el vacío

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Definición de campo eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Campo eléctrico producido por carga puntual $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Distribuciones continuas de carga

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_v}{r^2} \hat{u}_{dq} dV;$$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = -\int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



- 1.- Propiedades conductoras o aislantes.
- 2.- Propiedades dieléctricas.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie es cero.

Condensadores

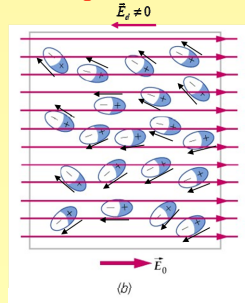
Capacidad de un condensador $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V}$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador $U = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$

Asociación de condensadores

1. En serie $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
2. En paralelo $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

Materiales dieléctricos desde un punto de vista microscópico



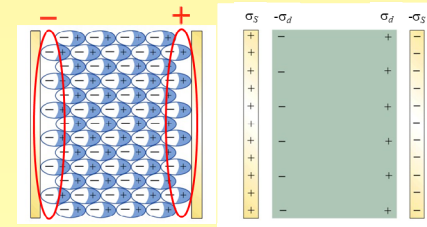
$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_d \Rightarrow E = E_0 - E_d$$

$$E_d = \chi_E E \Rightarrow E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$

donde $\epsilon_r = (1 + \chi_E) \geq 1$

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

Materiales dieléctricos desde un punto de vista macroscópico



$$\sigma_d = \sigma_s \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r}$$

11/04/2023

Ecuación	Vacío	Medio dieléctrico
Campo eléctrico creado por una carga puntual.	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Ley de Gauss	$\Phi_E = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\Phi_E = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$
Potencial eléctrico creado por una carga puntual.	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r} + cte$

172

TEMA 4

Campo electrostático en el vacío

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Definición de campo eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Campo eléctrico producido por carga puntual $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Distribuciones continuas de carga

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV;$$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = - \int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



- 1.- Propiedades conductoras o aislantes.
- 2.- Propiedades dieléctricas.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie es cero.

Condensadores

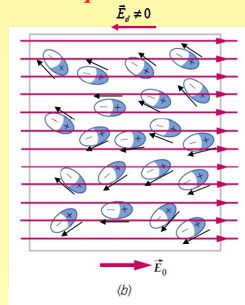
Capacidad de un condensador $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V}$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador $U = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$

Asociación de condensadores

1. En serie $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
2. En paralelo $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

Materiales dieléctricos desde un punto de vista microscópico



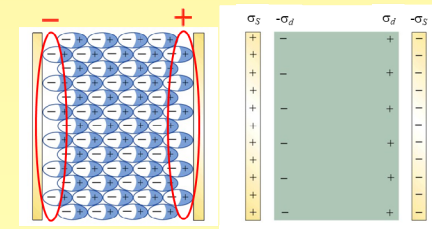
$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_d \Rightarrow E = E_0 - E_d$$

$$E_d = \chi_E E \Rightarrow E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$

donde $\epsilon_r = (1 + \chi_E) \geq 1$

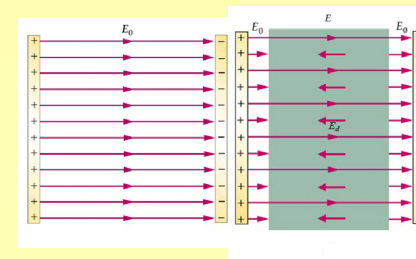
$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

Materiales dieléctricos desde un punto de vista macroscópico



$$\sigma_d = \sigma_s \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r}$$

Materiales dieléctrico entre las placas de un condensador



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

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

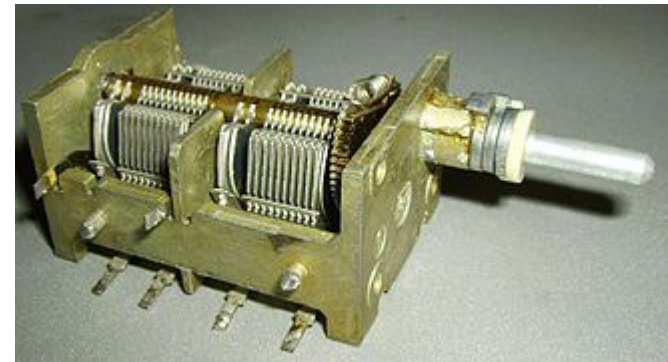
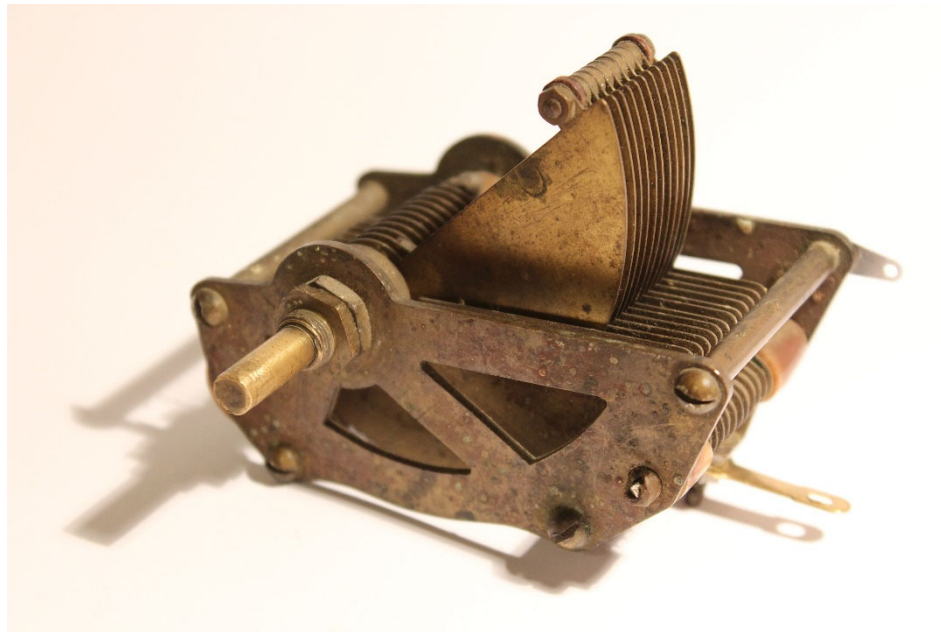
$$C = \epsilon_r C_0$$

Ecuación	Vacío	Medio dieléctrico
Campo eléctrico creado por una carga puntual.	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Ley de Gauss	$\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$
Potencial eléctrico creado por una carga puntual.	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r} + cte$

11/04/2023

¿Qué ocurre si entre las placas de un condensador introducimos un aislante (dieléctrico)?

Aplicación: Condensadores giratorios



Ejemplo 13

Un condensador esta formado por dos laminas planas y paralelas, separadas 2 mm por aire. Al conectarlo a una diferencia de potencial de 200 V adquiere una carga de 10^{-3} C. Si se desconecta de la fuente de potencial y se introduce entre las placas un dieléctrico de $\epsilon_r=5$ y suponemos que en este proceso no se pierde carga, calcular:

- a).- Su capacidad y carga.
- b).- La diferencia de potencial y el valor del campo eléctrico entre sus placas.

Ejemplo 13

Un condensador esta formado por dos laminas planas y paralelas, separadas 2 mm por aire. Al conectarlo a una diferencia de potencial de 200 V adquiere una carga de 10^{-3} C. Si se desconecta de la fuente de potencial y se introduce entre las placas un dieléctrico de $\epsilon_r=5$ y suponemos que en este proceso no se pierde carga, calcular:

a).- Su capacidad y carga.

b).- La diferencia de potencial y el valor del campo eléctrico entre sus placas.

1. Como no hay contacto metálico entre las placas del condensador la carga no varía en el proceso.

Ejemplo 13

Un condensador esta formado por dos laminas planas y paralelas, separadas 2 mm por aire. Al conectarlo a una diferencia de potencial de 200 V adquiere una carga de 10^{-3} C. Si se desconecta de la fuente de potencial y se introduce entre las placas un dieléctrico de $\epsilon_r=5$ y suponemos que en este proceso no se pierde carga, calcular:

a).- Su capacidad y carga.

b).- La diferencia de potencial y el valor del campo eléctrico entre sus placas.

1. Como no hay contacto metálico entre las placas del condensador la carga no varía en el proceso.

2. Como hemos visto la capacidad del condensador con el dieléctrico entre sus placas viene dada por: $C = \frac{A\epsilon_r\epsilon_0}{d} = \epsilon_r C_0$

Ejemplo 13

Un condensador esta formado por dos laminas planas y paralelas, separadas 2 mm por aire. Al conectarlo a una diferencia de potencial de 200 V adquiere una carga de 10^{-3} C. Si se desconecta de la fuente de potencial y se introduce entre las placas un dieléctrico de $\epsilon_r=5$ y suponemos que en este proceso no se pierde carga, calcular:

a).- Su capacidad y carga.

b).- La diferencia de potencial y el valor del campo eléctrico entre sus placas.

1. Como no hay contacto metálico entre las placas del condensador la carga no varía en el proceso.

2. Como hemos visto la capacidad del condensador con el dieléctrico entre sus placas viene dada por: $C = \frac{A\epsilon_r\epsilon_0}{d} = \epsilon_r C_0$

3. Por otro lado tenemos: $C_0 = \frac{Q}{V_0}$

Ejemplo 13

Un condensador esta formado por dos laminas planas y paralelas, separadas 2 mm por aire. Al conectarlo a una diferencia de potencial de 200 V adquiere una carga de 10^{-3} C. Si se desconecta de la fuente de potencial y se introduce entre las placas un dieléctrico de $\epsilon_r=5$ y suponemos que en este proceso no se pierde carga, calcular:

a).- Su capacidad y carga.

b).- La diferencia de potencial y el valor del campo eléctrico entre sus placas.

1. Como no hay contacto metálico entre las placas del condensador la carga no varía en el proceso.

2. Como hemos visto la capacidad del condensador con el dieléctrico entre sus placas viene dada por: $C = \frac{A\epsilon_r\epsilon_0}{d} = \epsilon_r C_0$

3. Por otro lado tenemos: $C_0 = \frac{Q}{V_0}$

4. De donde nos queda que la capacidad del condensador con el material dieléctrico entre sus placas será igual a:

$$C = \frac{\epsilon_r Q}{V_0} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{200 \text{ V}} = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 25 \text{ } \mu\text{F}$$

Ejemplo 13

Un condensador esta formado por dos laminas planas y paralelas, separadas 2 mm por aire. Al conectarlo a una diferencia de potencial de 200 V adquiere una carga de 10^{-3} C. Si se desconecta de la fuente de potencial y se introduce entre las placas un dieléctrico de $\epsilon_r=5$ y suponemos que en este proceso no se pierde carga, calcular:

a).- Su capacidad y carga.

b).- La diferencia de potencial y el valor del campo eléctrico entre sus placas.

1. Como no hay contacto metálico entre las placas del condensador la carga no varía en el proceso.

2. Como hemos visto la capacidad del condensador con el dieléctrico entre sus placas viene dada por: $C = \frac{A\epsilon_r\epsilon_0}{d} = \epsilon_r C_0$

3. Por otro lado tenemos: $C_0 = \frac{Q}{V_0}$

4. De donde nos queda que la capacidad del condensador con el material dieléctrico entre sus placas será igual a:

$$C = \frac{\epsilon_r Q}{V_0} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{200 \text{ V}} = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 25 \text{ }\mu\text{F}$$

5. La diferencia de potencial entre las placas del condensador una vez que hemos introducido el dieléctrico será igual a:

$$V = \frac{V_0}{\epsilon_r} = \frac{200 \text{ V}}{5} = 40 \text{ V}$$

Ejemplo 13

Un condensador esta formado por dos laminas planas y paralelas, separadas 2 mm por aire. Al conectarlo a una diferencia de potencial de 200 V adquiere una carga de 10^{-3} C. Si se desconecta de la fuente de potencial y se introduce entre las placas un dieléctrico de $\epsilon_r=5$ y suponemos que en este proceso no se pierde carga, calcular:

a).- Su capacidad y carga.

b).- La diferencia de potencial y el valor del campo eléctrico entre sus placas.

1. Como no hay contacto metálico entre las placas del condensador la carga no varía en el proceso.

2. Como hemos visto la capacidad del condensador con el dieléctrico entre sus placas viene dada por: $C = \frac{A\epsilon_r\epsilon_0}{d} = \epsilon_r C_0$

3. Por otro lado tenemos: $C_0 = \frac{Q}{V_0}$

4. De donde nos queda que la capacidad del condensador con el material dieléctrico entre sus placas será igual a:

$$C = \frac{\epsilon_r Q}{V_0} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{200 \text{ V}} = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 25 \text{ } \mu\text{F}$$

5. La diferencia de potencial entre las placas del condensador una vez que hemos introducido el dieléctrico será igual a:

$$V = \frac{V_0}{\epsilon_r} = \frac{200 \text{ V}}{5} = 40 \text{ V}$$

6. El área de las placas del condensador es igual a: $C_0 = \frac{A\epsilon_0}{d} = \frac{Q}{V_0} \Rightarrow A = \frac{Qd}{\epsilon_0 V_0}$

Ejemplo 13

Un condensador esta formado por dos laminas planas y paralelas, separadas 2 mm por aire. Al conectarlo a una diferencia de potencial de 200 V adquiere una carga de 10^{-3} C. Si se desconecta de la fuente de potencial y se introduce entre las placas un dieléctrico de $\epsilon_r=5$ y suponemos que en este proceso no se pierde carga, calcular:

a).- Su capacidad y carga.

b).- La diferencia de potencial y el valor del campo eléctrico entre sus placas.

1. Como no hay contacto metálico entre las placas del condensador la carga no varía en el proceso.

2. Como hemos visto la capacidad del condensador con el dieléctrico entre sus placas viene dada por: $C = \frac{A\epsilon_r\epsilon_0}{d} = \epsilon_r C_0$

3. Por otro lado tenemos: $C_0 = \frac{Q}{V_0}$

4. De donde nos queda que la capacidad del condensador con el material dieléctrico entre sus placas será igual a:

$$C = \frac{\epsilon_r Q}{V_0} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{200 \text{ V}} = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 25 \text{ } \mu\text{F}$$

5. La diferencia de potencial entre las placas del condensador una vez que hemos introducido el dieléctrico será igual a:

$$V = \frac{V_0}{\epsilon_r} = \frac{200 \text{ V}}{5} = 40 \text{ V}$$

6. El área de las placas del condensador es igual a: $C_0 = \frac{A\epsilon_0}{d} = \frac{Q}{V_0} \Rightarrow A = \frac{Qd}{\epsilon_0 V_0}$

7. Finalmente, el campo eléctrico en el interior del material dieléctrico es igual a:

$$E = \frac{Q}{A\epsilon} = \frac{Q}{\frac{Qd}{\epsilon_0 V_0} \epsilon} = \frac{\epsilon_0 V_0}{d\epsilon} = \frac{\epsilon_0 V_0}{d\epsilon_r \epsilon_0} = \frac{V_0}{d\epsilon_r} = \frac{200 \text{ V}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 5} = 20000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Ejemplo 14

Calcule que ocurriría con la capacidad, la carga, la diferencia de potencial eléctrico y el campo eléctrico entre las placas en el caso del condensador del problema anterior si el dieléctrico se introduce entre las placas del condensador sin desconectarlo de la fuente de potencial de 200 V.

Ejemplo 14

Calcule que ocurriría con la capacidad, la carga, la diferencia de potencial eléctrico y el campo eléctrico entre las placas en el caso del condensador del problema anterior si el dieléctrico se introduce entre las placas del condensador sin desconectarlo de la fuente de potencial de 200 V.

1. Como el condensador no se desconecta de la fuente de potencial esta mantiene constante su valor en todo el proceso y por lo tanto:

$$V = V_0 = 200 \text{ V}$$

Ejemplo 14

Calcule que ocurriría con la capacidad, la carga, la diferencia de potencial eléctrico y el campo eléctrico entre las placas en el caso del condensador del problema anterior si el dieléctrico se introduce entre las placas del condensador sin desconectarlo de la fuente de potencial de 200 V.

1. Como el condensador no se desconecta de la fuente de potencial esta mantiene constante su valor en todo el proceso y por lo tanto:

$$V = V_0 = 200 \text{ V}$$

2. Como hemos visto, la capacidad del condensador depende de su geometría y del material dieléctrico que introducimos entre las placas. Como eso no ha cambiado respecto al problema anterior, la capacidad del condensador una vez hemos introducido el material dieléctrico será igual a:

$$C = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 25 \text{ } \mu\text{F}$$

Ejemplo 14

Calcule que ocurriría con la capacidad, la carga, la diferencia de potencial eléctrico y el campo eléctrico entre las placas en el caso del condensador del problema anterior si el dieléctrico se introduce entre las placas del condensador sin desconectarlo de la fuente de potencial de 200 V.

1. Como el condensador no se desconecta de la fuente de potencial esta mantiene constante su valor en todo el proceso y por lo tanto:

$$V = V_0 = 200 \text{ V}$$

2. Como hemos visto, la capacidad del condensador depende de su geometría y del material dieléctrico que introducimos entre las placas. Como eso no ha cambiado respecto al problema anterior, la capacidad del condensador una vez hemos introducido el material dieléctrico será igual a:

$$C = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 25 \text{ } \mu\text{F}$$

3. La carga del condensador una vez introducido el dieléctrico lo podemos calcular a partir de la definición de capacidad

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV = 25 \text{ } \mu\text{F} \cdot 200 \text{ V} = 5000 \text{ } \mu\text{C} = 5 \text{ mC}$$

Ejemplo 14

Calcule que ocurriría con la capacidad, la carga, la diferencia de potencial eléctrico y el campo eléctrico entre las placas en el caso del condensador del problema anterior si el dieléctrico se introduce entre las placas del condensador sin desconectarlo de la fuente de potencial de 200 V.

1. Como el condensador no se desconecta de la fuente de potencial esta mantiene constante su valor en todo el proceso y por lo tanto:

$$V = V_0 = 200 \text{ V}$$

2. Como hemos visto, la capacidad del condensador depende de su geometría y del material dieléctrico que introducimos entre las placas. Como eso no ha cambiado respecto al problema anterior, la capacidad del condensador una vez hemos introducido el material dieléctrico será igual a:

$$C = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 25 \text{ } \mu\text{F}$$

3. La carga del condensador una vez introducido el dieléctrico lo podemos calcular a partir de la definición de capacidad

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV = 25 \text{ } \mu\text{F} \cdot 200 \text{ V} = 5000 \text{ } \mu\text{C} = 5 \text{ mC}$$

4. Finalmente, el campo eléctrico en el interior del material dieléctrico es igual a:

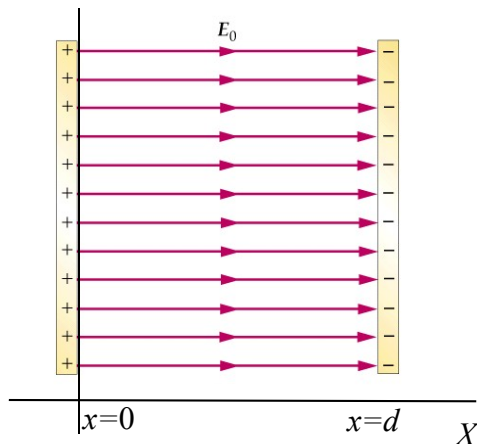
$$E = \frac{V}{d} = \frac{200 \text{ V}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Ejemplo 15

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r , sección A y grosor $d/2$ entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.

Ejemplo 15

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección A y grosor $d/2$ entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



1. Inicialmente tenemos:

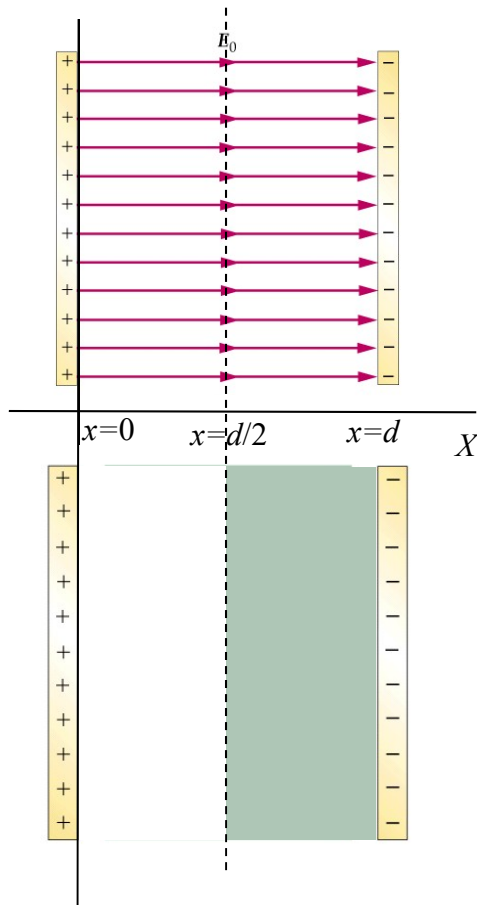
$$E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$$

$$V_0 = E_0 d = \frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

Ejemplo 15

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección A y grosor $d/2$ entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



1. Inicialmente tenemos:

$$E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$$

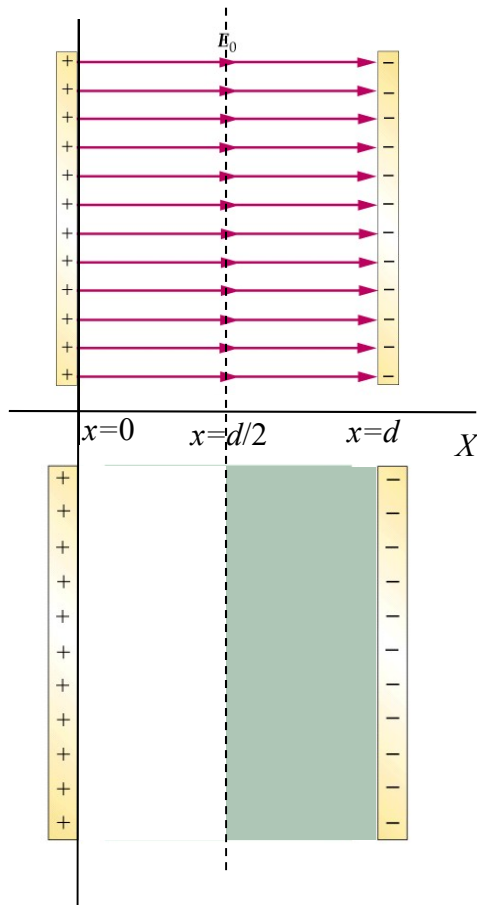
$$V_0 = E_0 d = \frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

2. Cuando introducimos el dieléctrico, como no hay contacto metálico entre las placas la carga se mantiene constante: $Q = Q_0$

Ejemplo 15

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección A y grosor $d/2$ entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



1. Inicialmente tenemos:

$$E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$$

$$V_0 = E_0 d = \frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

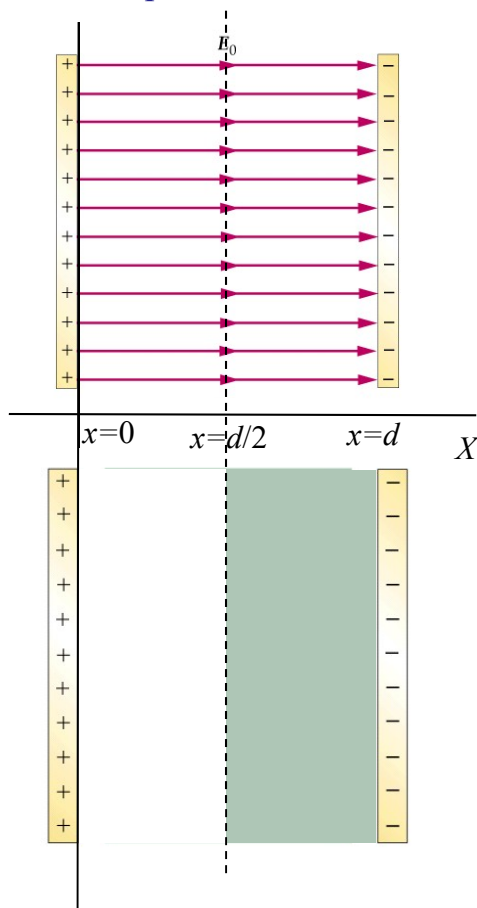
2. Cuando introducimos el dieléctrico, como no hay contacto metálico entre las placas la carga se mantiene constante: $Q = Q_0$

3. El campo eléctrico entre las placas del condensador será:

$$E = \begin{cases} \frac{Q_0}{A\epsilon_0} & \text{Si } 0 \leq x \leq d \\ \frac{Q_0}{A\epsilon} & \text{Si } \frac{d}{2} \leq x \leq d \end{cases} \Rightarrow E = \begin{cases} E_0 & \text{Si } 0 \leq x \leq d \\ \frac{E_0}{\epsilon_r} & \text{Si } \frac{d}{2} \leq x \leq d \end{cases}$$

Ejemplo 15

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección A y grosor $d/2$ entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



1. Inicialmente tenemos:

$$E_0 = \frac{\sigma_s}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$$

$$V_0 = E_0 d = \frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

2. Cuando introducimos el dieléctrico, como no hay contacto metálico entre las placas la carga se mantiene constante: $Q = Q_0$

3. El campo eléctrico entre las placas del condensador será:

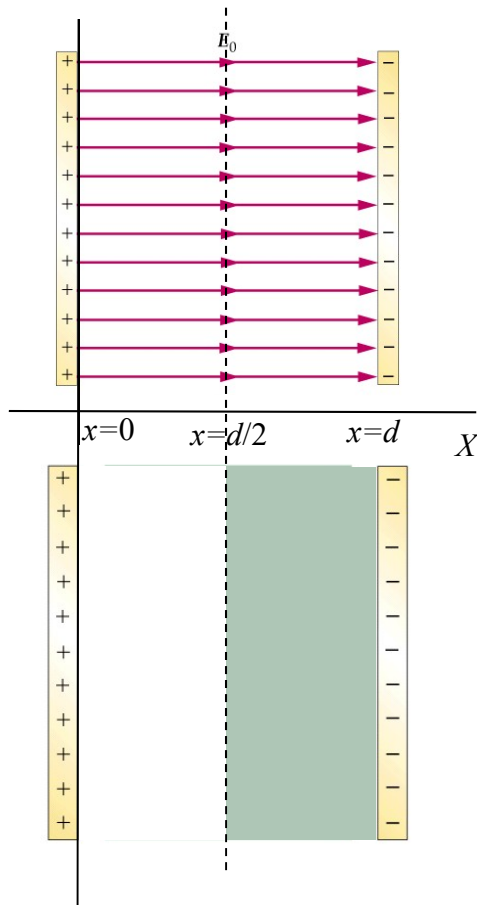
$$E = \begin{cases} \frac{Q_0}{A\epsilon_0} & \text{Si } 0 \leq x \leq d/2 \\ \frac{Q_0}{A\epsilon} & \text{Si } d/2 \leq x \leq d \end{cases} \Rightarrow E = \begin{cases} E_0 & \text{Si } 0 \leq x \leq d/2 \\ \frac{E_0}{\epsilon_r} & \text{Si } d/2 \leq x \leq d \end{cases}$$

4. La diferencia de potencial eléctrico entre las placas será:

$$V = V(0) - V(d) = \int_0^d \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_0^{d/2} E dl + \int_{d/2}^d E dl = E \int_0^{d/2} dl + \frac{E_0}{\epsilon_r} \int_{d/2}^d dl = E_0 \frac{d}{2} + \frac{E_0}{\epsilon_r} \frac{d}{2} = \frac{V_0}{2} \frac{\epsilon_r + 1}{\epsilon_r}$$

Ejemplo 15

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección A y grosor $d/2$ entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



1. Inicialmente tenemos:

$$E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$$

$$V_0 = E_0 d = \frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

2. Cuando introducimos el dieléctrico, como no hay contacto metálico entre las placas la carga se mantiene constante: $Q = Q_0$

3. El campo eléctrico entre las placas del condensador será:

$$E = \begin{cases} \frac{Q_0}{A\epsilon_0} & \text{Si } 0 \leq x \leq d/2 \\ \frac{Q_0}{A\epsilon} & \text{Si } d/2 \leq x \leq d \end{cases} \Rightarrow E = \begin{cases} E_0 & \text{Si } 0 \leq x \leq d/2 \\ \frac{E_0}{\epsilon_r} & \text{Si } d/2 \leq x \leq d \end{cases}$$

4. La diferencia de potencial eléctrico entre las placas será:

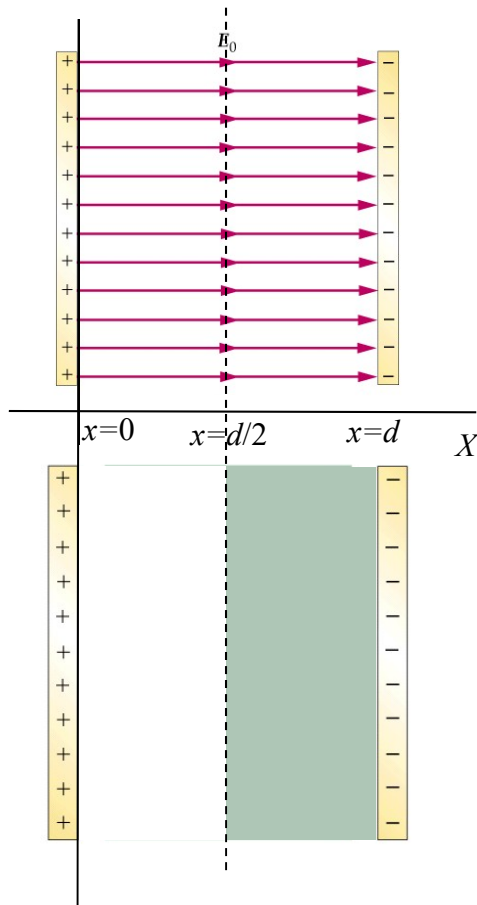
$$V = V(0) - V(d) = \int_0^d \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_0^{d/2} E dl + \int_{d/2}^d E dl = E \int_0^{d/2} dl + \frac{E_0}{\epsilon_r} \int_{d/2}^d dl = E_0 \frac{d}{2} + \frac{E_0}{\epsilon_r} \frac{d}{2} = \frac{V_0}{2} \frac{\epsilon_r + 1}{\epsilon_r}$$

5. Finalmente, la capacidad será igual a:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q_0}{\frac{V_0}{2} \frac{\epsilon_r + 1}{\epsilon_r}} = \frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r + 1} \frac{Q_0}{V_0} = \frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r + 1} C_0$$

Ejemplo 15

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección A y grosor $d/2$ entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



1. Inicialmente tenemos:

$$E_0 = \frac{\sigma_s}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$$

$$V_0 = E_0 d = \frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

2. Cuando introducimos el dieléctrico, como no hay contacto metálico entre las placas la carga se mantiene constante: $Q = Q_0$

3. El campo eléctrico entre las placas del condensador será:

$$E = \begin{cases} \frac{Q_0}{A\epsilon_0} & \text{Si } 0 \leq x \leq d/2 \\ \frac{Q_0}{A\epsilon_r} & \text{Si } d/2 \leq x \leq d \end{cases} \Rightarrow E = \begin{cases} E_0 & \text{Si } 0 \leq x \leq d/2 \\ \frac{E_0}{\epsilon_r} & \text{Si } d/2 \leq x \leq d \end{cases}$$

4. La diferencia de potencial eléctrico entre las placas será:

$$V = V(0) - V(d) = \int_0^d \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_0^{d/2} E dl + \int_{d/2}^d E dl = E \int_0^{d/2} dl + \frac{E_0}{\epsilon_r} \int_{d/2}^d dl = E_0 \frac{d}{2} + \frac{E_0}{\epsilon_r} \frac{d}{2} = \frac{V_0}{2} \frac{\epsilon_r + 1}{\epsilon_r}$$

5. Finalmente, la capacidad será igual a:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q_0}{\frac{V_0}{2} \frac{\epsilon_r + 1}{\epsilon_r}} = \frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r + 1} \frac{Q_0}{V_0} = \frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r + 1} C_0$$

11/04/2023

¿Qué ocurriría si cambiamos el material dieléctrico de posición, por ejemplo en $x=0$?

194

Link al formulario de Termodinámica

<https://forms.gle/R1Mc9YJJBjjxTScS6>

Clave para la evaluación de la asignatura Física II

K7XMKX

Fecha límite: 19 de mayo de 2023

**Proyecto de Investigación “Desarrollo Positivo
Juvenil en Estudiantes Universitarios de Andalucía”**

<https://forms.gle/o7qWfgDFsCgbhhWo8>

TEMA 4

Campo electrostático en el vacío

Ley de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \hat{u}_r$

Principio de superposición

Definición de campo eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

Campo eléctrico producido por carga puntual $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$

Distribuciones continuas de carga

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{\lambda_L}{r^2} \hat{u}_{dq} dl; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_S}{r^2} \hat{u}_{dq} dS; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho_V}{r^2} \hat{u}_{dq} dV;$$

Ley de Gauss. $\Phi_{\vec{E}} = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Definición de potencial eléctrico y energía potencial electrostática

$$V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l} \Leftrightarrow \vec{E} = -\nabla V$$

$$E_p(\vec{r}) = -\int \vec{F}_e \cdot d\vec{l} \Rightarrow \vec{F}_e = -\nabla E_p(\vec{r})$$

$$W_{AB} = E_p(\vec{r}_A) - E_p(\vec{r}_B) = q[V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)]$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \quad \text{con} \quad V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{kq_j}{r_{ij}}$$

TEMA 5

Efectos producidos por la aplicación de un campo eléctrico a un medio material



- 1.- Propiedades conductoras o aislantes.
- 2.- Propiedades dieléctricas.



En función de las propiedades conductoras

Superconductores
Conductores
Semiconductores
Aislantes

Conductores en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor siempre es cero.
2. El campo eléctrico tangencial a la superficie es cero.

Condensadores

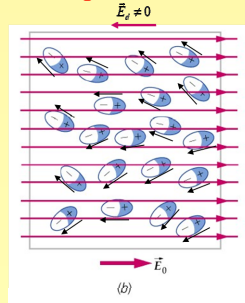
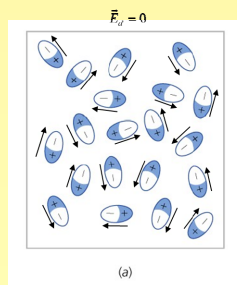
Capacidad de un condensador $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\Delta V}$

Energía potencial electrostática almacenada en un condensador $U = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$

Asociación de condensadores

1. En serie $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
2. En paralelo $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

Materiales dieléctricos desde un punto de vista microscópico



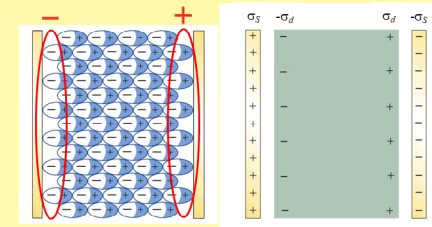
$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_d \Rightarrow E = E_0 - E_d$$

$$E_d = \chi_E E \Rightarrow E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$

donde $\epsilon_r = (1 + \chi_E) \geq 1$

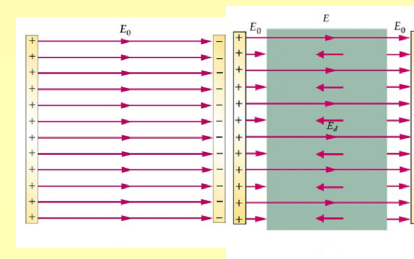
$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

Materiales dieléctricos desde un punto de vista macroscópico



$$\sigma_d = \sigma_s \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r}$$

Materiales dieléctrico entre las placas de un condensador



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

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

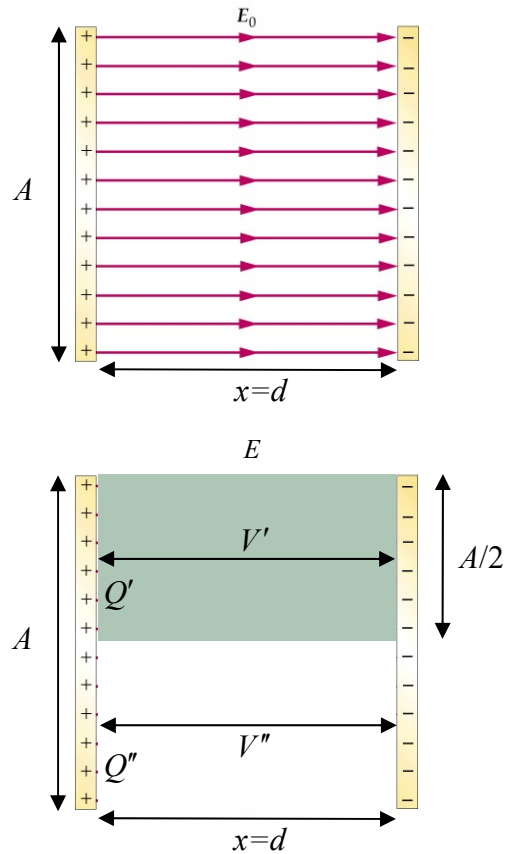
$$C = \epsilon_r C_0$$

Ecuación	Vacío	Medio dieléctrico
Campo eléctrico creado por una carga puntual.	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r^2} \hat{u}_r$
Ley de Gauss	$\Phi_E = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\Phi_E = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon}$ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$
Potencial eléctrico creado por una carga puntual.	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + cte$	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r} + cte$

11/04/2023

Ejemplo 16

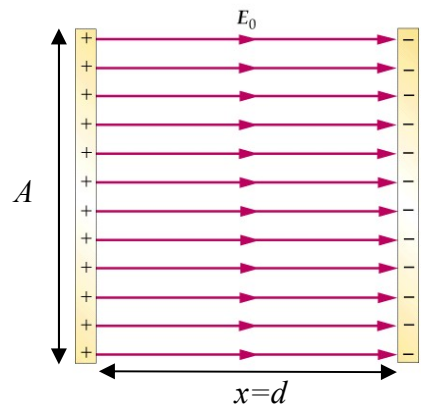
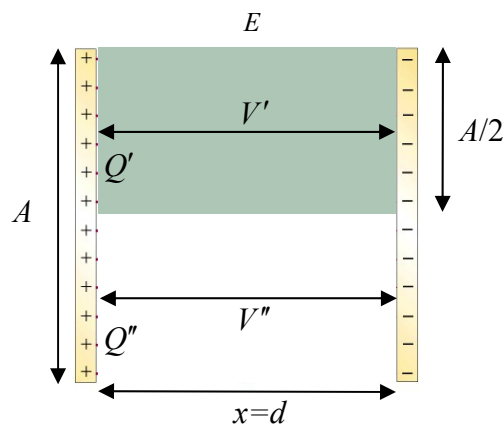
Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección $A/2$ y grosor d entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



Ejemplo 16

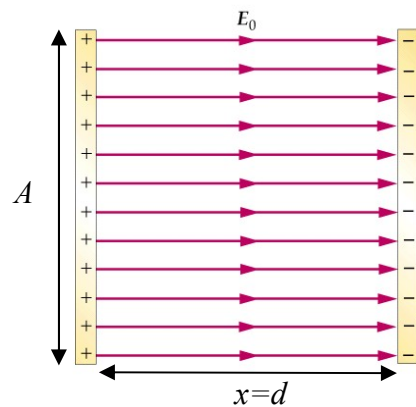
Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección $A/2$ y grosor d entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.

1. Inicialmente tenemos:

$$E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}; \quad V_0 = E_0 d = \frac{Qd}{A\epsilon_0}; \quad C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Qd}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$$



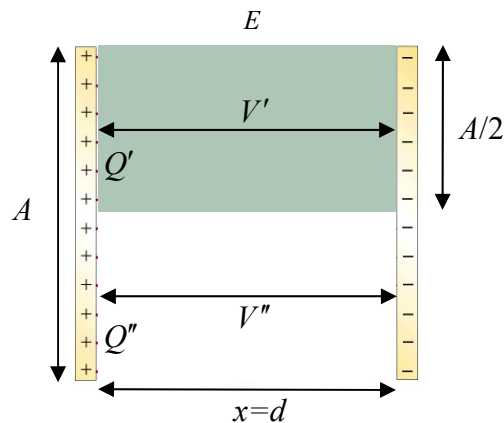
Ejemplo 16

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección $A/2$ y grosor d entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



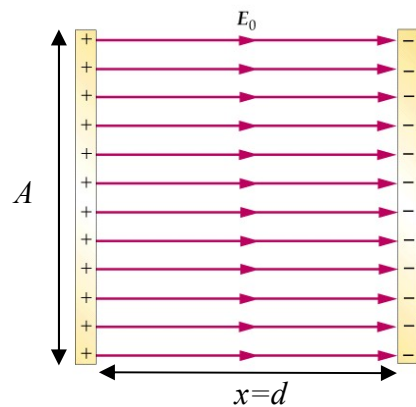
1. Inicialmente tenemos: $E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$; $V_0 = E_0 d = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$; $C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Qd}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$
2. Puesto que la superficie de los conductores es una superficie equipotencial tiene que cumplirse: $V' = V''$

$$\left. \begin{aligned} V' &= E'd = \frac{\frac{Q'}{A}}{\frac{2}{\epsilon}} d \\ V'' &= E''d = \frac{\frac{Q''}{A}}{\frac{2}{\epsilon_0}} d \end{aligned} \right| \Rightarrow \frac{\frac{Q'}{A}}{\frac{2}{\epsilon}} d = \frac{\frac{Q''}{A}}{\frac{2}{\epsilon_0}} d \Rightarrow Q' = \epsilon_r Q''$$



Ejemplo 16

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección $A/2$ y grosor d entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



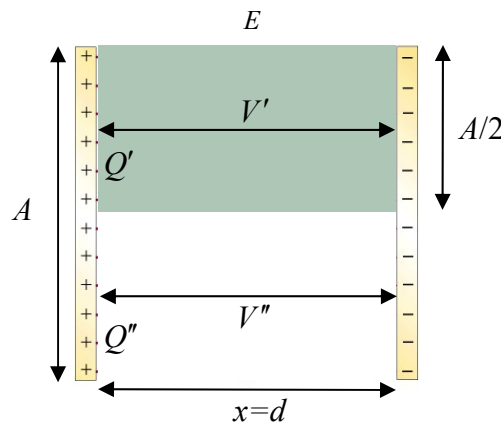
1. Inicialmente tenemos: $E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$; $V_0 = E_0 d = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$; $C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Qd}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$

2. Puesto que la superficie de los conductores es una superficie equipotencial tiene que cumplirse: $V' = V''$

$$\left. \begin{aligned} V' &= E'd = \frac{Q'}{\frac{A}{2}\epsilon} d \\ V'' &= E''d = \frac{Q''}{\frac{A}{2}\epsilon_0} d \end{aligned} \right| \Rightarrow \frac{Q'}{\frac{A}{2}\epsilon} d = \frac{Q''}{\frac{A}{2}\epsilon_0} d \Rightarrow Q' = \epsilon_r Q''$$

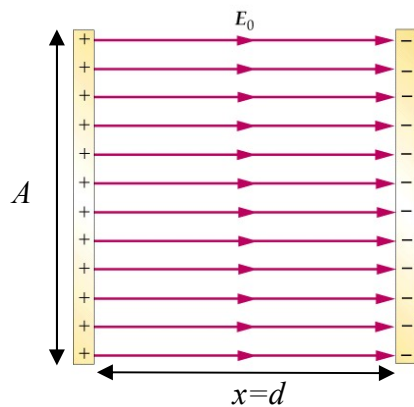
3. Por otro lado, puesto que no ha habido contacto metálico entre las cargas la carga neta del condensador tiene que ser la misma que la inicial:

$$Q_0 = Q' + Q'' \Rightarrow Q_0 = \epsilon_r Q'' + Q'' \Rightarrow \left| \begin{aligned} Q' &= \frac{\epsilon_r Q_0}{1 + \epsilon_r} \\ Q'' &= \frac{Q_0}{1 + \epsilon_r} \end{aligned} \right.$$



Ejemplo 16

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección $A/2$ y grosor d entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



1. Inicialmente tenemos: $E_0 = \frac{\sigma_S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$; $V_0 = E_0 d = \frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}$; $C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Q_0 d}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$

2. Puesto que la superficie de los conductores es una superficie equipotencial tiene que cumplirse: $V' = V''$

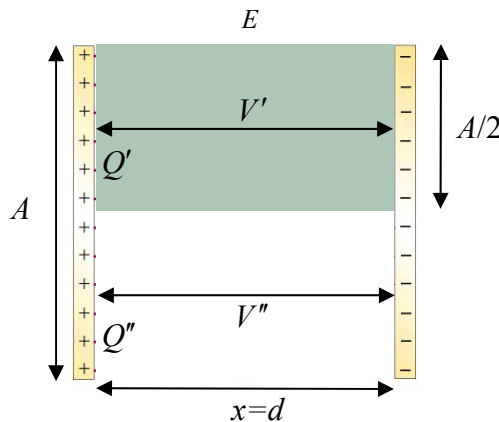
$$\left. \begin{aligned} V' &= E' d = \frac{Q'}{\frac{A}{2}\epsilon} d \\ V'' &= E'' d = \frac{Q''}{\frac{A}{2}\epsilon_0} d \end{aligned} \right| \Rightarrow \frac{Q'}{\frac{A}{2}\epsilon} d = \frac{Q''}{\frac{A}{2}\epsilon_0} d \Rightarrow Q' = \epsilon_r Q''$$

3. Por otro lado, puesto que no ha habido contacto metálico entre las cargas la carga neta del condensador tiene que ser la misma que la inicial:

$$Q_0 = Q' + Q'' \Rightarrow Q_0 = \epsilon_r Q'' + Q'' \Rightarrow \left| \begin{aligned} Q' &= \frac{\epsilon_r Q_0}{1 + \epsilon_r} \\ Q'' &= \frac{Q_0}{1 + \epsilon_r} \end{aligned} \right.$$

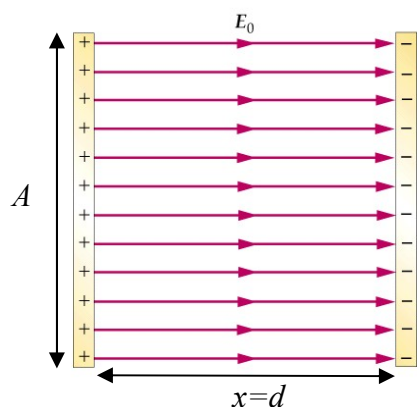
4. La diferencia de potencial entre las placas del condensador será en esta ocasión:

$$\begin{aligned} V' &= E' d = \frac{2Q'}{A\epsilon_r\epsilon_0} d = \frac{2dQ_0}{A\epsilon_0(1 + \epsilon_r)} = \frac{2V_0}{1 + \epsilon_r} \\ V'' &= E'' d = \frac{2Q''}{A\epsilon_0} d = \frac{2dQ_0}{A\epsilon_0(1 + \epsilon_r)} = \frac{2V_0}{1 + \epsilon_r} \end{aligned}$$



Ejemplo 16

Tenemos un condensador de placas plano-paralelas de área A relleno de aire y con una distancia de separación d entre las placas. Conectamos el condensador a una fuente de potencial V_0 y una vez cargado desconectamos el condensador de la fuente de potencial y con cuidado de que no halla contacto metálico introducimos un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r sección $A/2$ y grosor d entre las placas del condensador. Calcule la relación entre la carga, el campo eléctrico, la diferencia de potencial entre las placas y la capacidad para ambos casos.



1. Inicialmente tenemos: $E_0 = \frac{\sigma S}{\epsilon_0} = \frac{Q_0}{A\epsilon_0}$; $V_0 = E_0 d = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$; $C_0 = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{Q_0}{\frac{Qd}{A\epsilon_0}} = \frac{A\epsilon_0}{d}$

2. Puesto que la superficie de los conductores es una superficie equipotencial tiene que cumplirse: $V' = V''$

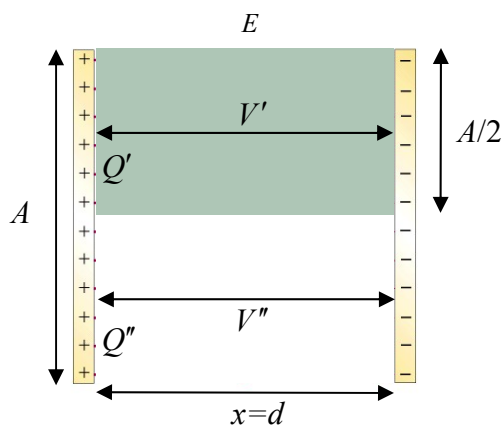
$$\left. \begin{aligned} V' &= E'd = \frac{Q'}{\frac{A}{2}\epsilon} d \\ V'' &= E''d = \frac{Q''}{\frac{A}{2}\epsilon_0} d \end{aligned} \right| \Rightarrow \frac{Q'}{\frac{A}{2}\epsilon} d = \frac{Q''}{\frac{A}{2}\epsilon_0} d \Rightarrow Q' = \epsilon_r Q''$$

3. Por otro lado, puesto que no ha habido contacto metálico entre las cargas la carga neta del condensador tiene que ser la misma que la inicial:

$$Q_0 = Q' + Q'' \Rightarrow Q_0 = \epsilon_r Q'' + Q'' \Rightarrow \left| \begin{aligned} Q' &= \frac{\epsilon_r Q_0}{1 + \epsilon_r} \\ Q'' &= \frac{Q_0}{1 + \epsilon_r} \end{aligned} \right.$$

4. La diferencia de potencial entre las placas del condensador será en esta ocasión:

$$\begin{aligned} V' &= E'd = \frac{2Q'}{A\epsilon_r\epsilon_0} d = \frac{2dQ_0}{A\epsilon_0(1 + \epsilon_r)} = \frac{2V_0}{1 + \epsilon_r} \\ V'' &= E''d = \frac{2Q''}{A\epsilon_0} d = \frac{2dQ_0}{A\epsilon_0(1 + \epsilon_r)} = \frac{2V_0}{1 + \epsilon_r} \end{aligned}$$

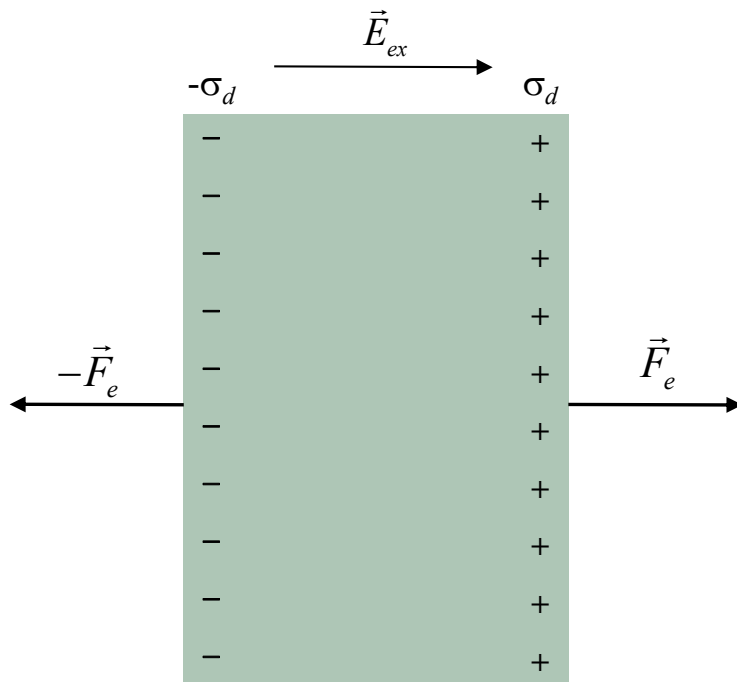


11/04/2023

5. Finalmente la capacidad será igual a: $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q_0}{\frac{2V_0}{1 + \epsilon_r}} = \frac{1 + \epsilon_r}{2} C_0$

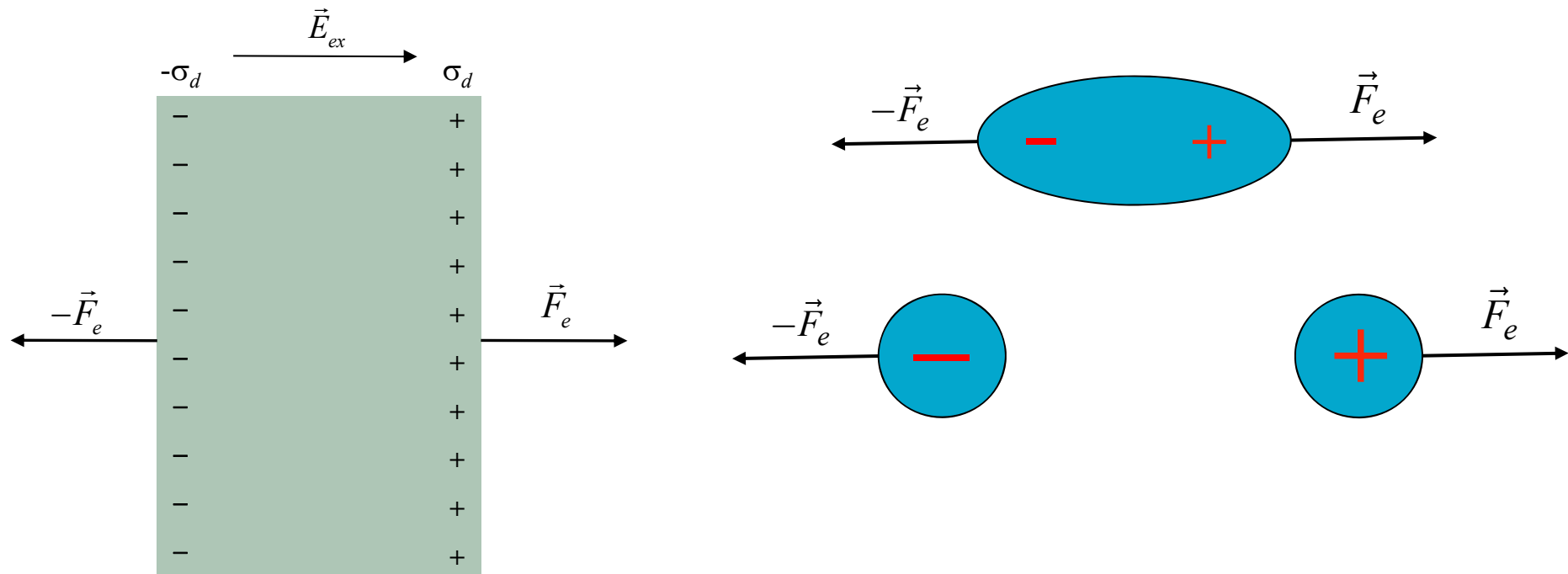
Estrés dieléctrico y ruptura dieléctrica

Como hemos visto, cuando sometemos un dieléctrico a un campo eléctrico externo aparece sobre su superficie una densidad superficial de carga. Esto hace a su vez que aparezca una fuerza eléctrica en la dirección y sentido del campo eléctrico sobre la superficie del dieléctrico cargada positivamente y una fuerza de igual dirección y sentido contrario sobre la superficie cargada negativamente. La fuerza eléctrica neta sobre el dieléctrico es cero pero la estructura del material se ve sometido a una fuerza de estrés.



Estrés dieléctrico y ruptura dieléctrica

Como hemos visto, cuando sometemos un dieléctrico a un campo eléctrico externo aparece sobre su superficie una densidad superficial de carga. Esto hace a su vez que aparezca una fuerza eléctrica en la dirección y sentido del campo eléctrico sobre la superficie del dieléctrico cargada positivamente y una fuerza de igual dirección y sentido contrario sobre la superficie cargada negativamente. La fuerza eléctrica neta sobre el dieléctrico es cero pero la estructura del material se ve sometido a una fuerza de estrés. Si esta fuerza es suficientemente grande, básicamente si el campo eléctrico externo es muy elevado, la estructura del material no aguanta el estrés dieléctrico y se rompe. Este fenómeno se conoce con el nombre de ruptura dieléctrica. Habitualmente, al producirse la ruptura dieléctrica aparecen cargas libres en el material de manera que el material se vuelve conductor.



Estrés dieléctrico y ruptura dieléctrica

- Observaciones en la naturaleza: Rayo.



Estrés dieléctrico y ruptura dieléctrica

- Observaciones en la naturaleza: Rayo.

