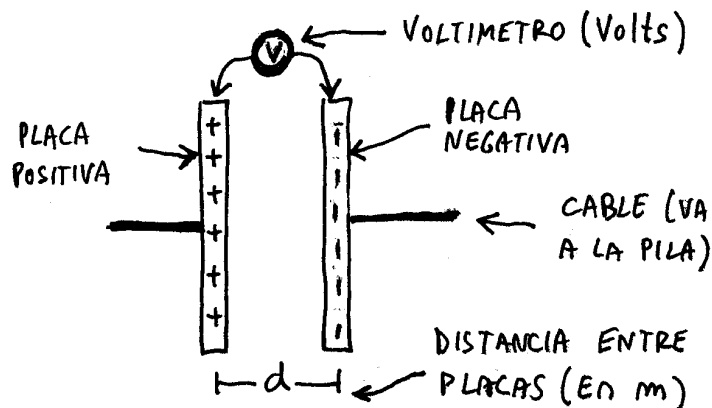


CAPACITORES

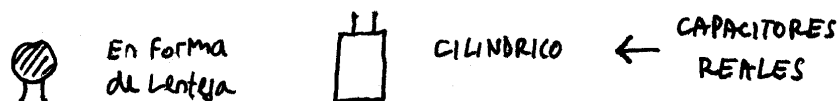
CLASE DE ANIBAL
PARA FOTOCOPIAR

¿ QUE ES UN CAPACITOR ?

Sin entrar en grandes detalles, un capacitor está formado de 2 placas una enfrente de la otra. Las placas se cargan con cargas eléctricas. Una placa es positiva y la otra negativa. Entre las 2 placas cargadas aparece un campo eléctrico. Sería algo así :



Podés ver capacitores adentro de las radios, en los estereos o en las plaquetas de las computadoras. En la realidad los capacitores se parecen a esto:



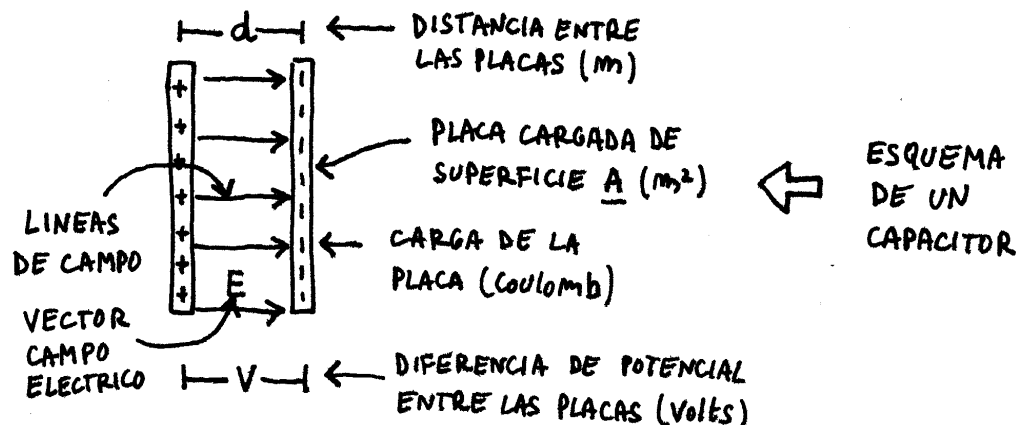
En el capacitor en forma de lenteja, cada pata conecta a una de las placas que están adentro de la lenteja. En el capacitor cilindrico, las placas están enrolladas una sobre la otra formando un tubito. Las placas son como un papel finito de aluminio. Para que no se toquen las placas, se coloca un aislante entre ellas. (Dieléctrico). Cada pata conecta a una de las placas.

¿ Para que sirve un capacitor ?

Sin hilar finito digamos que un capacitor sirve para almacenar carga. Un capacitor es como una especie de recipiente con cargas adentro. Tiene carga en sus placas. Esa carga está ahí guardada y no se va a ningún lado. Mientras el capacitor esté cargado, la carga se conserva. Después uno puede usar esa carga para lo que uno necesite. Se lo llama capacitor porque tiene capacidad para almacenar carga. A veces se usa también el nombre "condensador". (Viejo)

ANATOMIA DE UN CAPACITOR PLANO

Suponé que tengo 2 placas de metal. Cada placa tiene área A . Cargo cada placa con una carga Q y las separo una distancia d . Esto es lo que se llama capacitor plano. Un capacitor plano está hecho con 2 placas de metal cargadas separadas cierta distancia d . Entre las placas hay una diferencia de potencial. Acá te pongo un capacitor plano. Miralo por favor.



CAMPO ELECTRICO E ENTRE LAS PLACAS DEL CAPACITOR

Como las placas del capacitor están cargadas, entre ellas se forma un campo electrico. Este campo eléctrico vale :

$$E = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r} \frac{Q}{A}$$

Donde E es el vector campo, Q es la carga (Coulomb) y A es el área (m^2).

En esta fórmula, A es el área de una de las placas (va en m^2). Q es la carga de una de las placas (va en Coulomb). ϵ_0 y ϵ_r son :

$$\epsilon_r = \text{cte dieléctrica del material (sin unidad)}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{Faradios}}{m} \left(\sigma \frac{\text{Coulomb}^2}{N \cdot m^2} \right) \leftarrow \text{PERMISIVIDAD DEL VACIO}$$

A veces esta fórmula se la puede poner también usando la constante k de Coulomb.

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4 \pi \cdot K} \leftarrow 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{Coul^2}$$

Ejemplo:

CALCULAR EL CAMPO ELECTRICO FORMADO ENTRE LAS PLACAS DE UN CAPACITOR QUE TIENE UN DIELECTRICO DE CONSTANTE $\epsilon_r = 5$, CARGA 10 COULOMB Y PLACAS DE 1 m^2 DE SUPERFICIE.

Solución: El campo entre las placas vale :

$$E = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r} \cdot \frac{Q}{A}$$

Reemplazando:

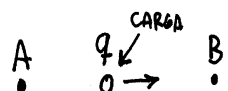
$$E = \frac{1}{8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{Coul}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \times 5} \times \frac{10 \text{ Coul}}{1 \text{ m}^2}$$

$$E = 2,26 \times 10^{11} \text{ N / Coul}$$

DIFERENCIA DE POTENCIAL (V)

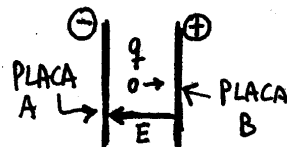
En cada placa del capacitor siempre hay cargas iguales y opuestas. Las cargas de una placa van a atraer a las cargas de la otra placa. Esto va a provocar que las placas tengan diferente potencial. Su diferencia de potencial será V. (V o ΔV)

Es un poco difícil explicar qué es esta diferencia de potencial. En el caso general, la diferencia de potencial entre 2 puntos A y B vendría a ser el trabajo en joules que hay que entregarle a una carga de 1 Coulomb para moverla desde un punto al otro.



$$\Delta V_{AB} = L_{A \rightarrow B} \quad (1 \text{ Coulomb})$$

En el caso de un capacitor la diferencia de potencial entre placas sería el trabajo que hay que hacer para mover una carga de 1 coulomb desde una placa hasta la otra.



A la diferencia de potencial se la pone como V o como ΔV . Este delta V es la resta entre los potenciales de las dos placas. Es decir, $\Delta V = V_2 - V_1$. Hay una fórmula que relaciona el potencial entre placas V con el campo electrico E y la distancia entre placas. La relación es $V = E \times d$.

Fijate cuál es el significado de cada cosa en esta fórmula:

$$V = E \cdot d$$

DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE PLACAS. (VOLTS) VECTOR CAMPO ELECTRICO (Volts/m) DISTANCIA ENTRE PLACAS (m)

RELACION ENTRE EL POTENCIAL V Y EL CAMPO E.

En esta ecuación V va en Volts, E va en Volts/m y la distancia entre placas va en metros.

Ejemplo:

CALCULAR LA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE LAS PLACAS DE UN CAPACITOR QUE TIENE UN CAMPO ENTRE PLACAS DE VALOR 10 NEWTON / COULOMB Y PLACAS SEPARADAS 20 Cm.

Solución: El campo entre las placas vale 10 Volt/m (1 N/Coul = 1 Volt/m). Entonces:

$$V = E \cdot d$$

$$\Rightarrow V = 10 \text{ Volt / m} \cdot 0,2 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \underline{V = 2 \text{ Volts}}$$

CAPACIDAD DE UN CAPACITOR:

Para calcular la capacidad de un capacitor se relaciona la carga que tienen las placas con su diferencia de potencial.

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

CARGA (COULOMB) CAPACIDAD DE UN CAPACITOR (FARADIOS) VOLTIOS

La unidad de capacidad es el Faradio. 1 Faradio es 1 Coulomb / 1 volt. La capacidad de almacenar carga que tiene un capacitor depende del área de las placas, de la distancia de separación y de la constante dieléctrica del material que se pone entre las placas.

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

AREA (m²) DISTANCIA (m)

De acá se deduce que la capacidad de un capacitor es mayor cuanto mayor sea el área de sus placas, cuanto menor sea la distancia de separación y cuanto mayor sea la cte dieléctrica del material entre placas.

Una cosa importante: La capacidad de un capacitor aumenta si se le pone un dieléctrico. La relación entre las capacidades de un capacitor con dieléctrico y un capacitor sin dieléctrico es:

$$C_{(\text{CON DIELECTRICO})} = \epsilon_r \times C_{(\text{SIN DIELECTRICO})}$$

ENERGIA DE UN CAPACITOR

Para calcular la energía almacenada en el capacitor hay 3 fórmulas:

$$\boxed{\text{Energy} = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} Q V = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}}$$

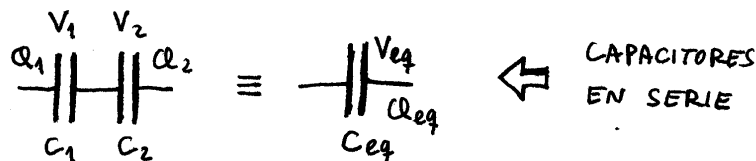
← ENERGIA EN UN CAPACITOR (Joules)

Podés usar cualquiera de las 3 fórmulas, dependiendo qué te den como dato.

CAPACITORES EN SERIE Y EN PARALELO.

Para capacitores, las fórmulas de la capacidad equivalente quedan al revés que para las resistencias. Fijate:

CAPACITORES EN SERIE



$$\boxed{\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \quad \left(\text{or } C_{eq} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} \right) \quad \leftarrow \boxed{\text{SERIE}}$$

$$V_{eq} = V_1 + V_2 ; Q_{eq} = Q_1 = Q_2$$

Ojo, esta fórmula $C_{\text{Equiv}} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$ no se puede usar para 3 capacitores en serie.

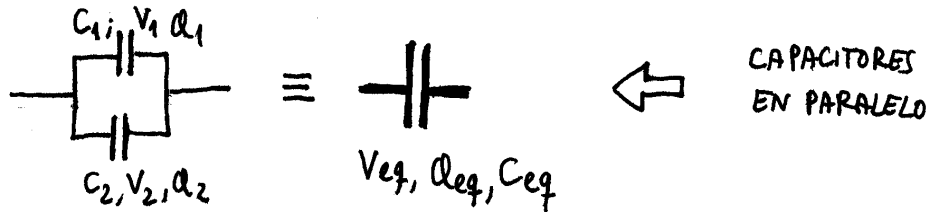
Importante: recordar que para capacitores en serie el voltaje total es la suma de los voltajes. Y muy importante, la carga en cada capacitor es la misma.

$$\boxed{\begin{aligned} V_{\text{TOTAL}} &= V_{(\text{CAPACITOR 1})} + V_{(\text{CAPACITOR 2})} \\ Q_{(\text{CAPACITOR 1})} &= Q_{(\text{CAPACITOR 2})} \end{aligned}}$$

← PARA CAPACITORES EN SERIE

CAPACITORES EN PARALELO

Para la conexión en paralelo, la capacidad total es la suma de las capacidades. Otra vez la fórmula queda al revés que la de las resistencias.



$$\boxed{C_{eq} = C_1 + C_2} \quad Q_{eq} = Q_1 + Q_2 ; V_{eq} = V_1 = V_2 \quad \leftarrow \boxed{\text{PARALELO}}$$

Importante: recordar que para capacitores en paralelo el voltaje total es el mismo para los 2 capacitores y la carga total es la suma de las cargas.

$$\begin{aligned} V_{\text{TOTAL}} &= V_{(\text{CAPACITOR 1})} + V_{(\text{CAPACITOR 2})} \\ Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{(\text{CAPACITOR 1})} + Q_{(\text{CAPACITOR 2})} \end{aligned} \quad \leftarrow \text{PARA CAPACITORES EN PARALELO}$$

Por último, tené anotados estos valores que te pueden llegar a servir :

Carga de un capacitor = Carga de UNA de sus placas

Area de un capacitor = area de UNA de sus placas

1 mfarad = 1 milifarad = 10^{-3} Farad

1 µfarad = 1 microfarad = 10^{-6} Farad

1 nfarad = 1 nanofarad = 10^{-9} Farad

1 pfarad = 1 picofarad = 10^{-12} Farad

$$K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{\text{Coul}^2} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} , \quad \epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{Coul}^2}{N \cdot m^2} (= \frac{\text{Faradio}}{m})$$

1 Å = 1 Amstrong = 10^{-10} m

1 nm = 1 nanómetro = 10^{-9} m

USO REAL DE LOS CAPACITORES

La idea real de un capacitor es que sirva para almacenar carga. Después uno puede

usar esa carga para lo que quiera. Eso es lo que pasa en el flash de las cámaras de fotos. El capacitor del flash tarda un tiempo en cargarse. Después esa carga se usa toda junta para sacar la foto.

A veces hay carteles atrás de los aparatos que advierten que no hay que meter la mano adentro porque el aparato puede dar patada aún cuando esté desconectado. Esto es cierto. (Especialmente en los televisores). La gente no entiende como puede dar patada un televisor desenchufado. La respuesta es que adentro puede haber un capacitor cargado. Y si uno toca el capacitor cargado le puede dar flor de patada, si señor.

A veces en los aparatos hay una lucecita roja que marca "encendido" . Fijate que al apagar el aparato la lucecita se apaga de a poco. Es el capacitor que se está descargando.

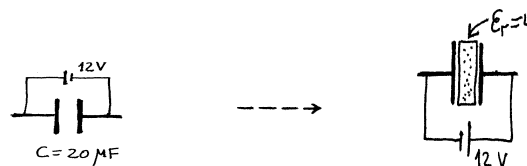
¿ viste la vieja Terminator 1 ? Al final de todo cuando el terminator fenece, la lucecita roja del ojo se apaga de a poco. Es el capacitor que se está descargando.

EJEMPLOS DE PROBLEMAS DE CAPACITORES

Siempre toman capacitores. Es un tema que les encanta. Hay muchos tipos de problemas diferentes. Y algunos son bastante rebuscados y bastante difíciles. Van acá algunos ejemplos.

SE TIENE UN CAPACITOR PLANO DE CAPACIDAD C_1 EN EL AIRE. SE LO ESTIRA HASTA OBTENER EL DOBLE DE ÁREA, SE CUADRURIPICA LA DISTANCIA QUE SEPARA AMBAS PLACAS Y LO SUMERGE EN AGUA DESTILADA (CONSTANTE DIELÉCTRICA DEL AGUA DESTILADA $= 80$). CALCULAR EL NUEVO VALOR DE LA CAPACIDAD .

Hago un dibujito:



Planteo:

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

$$C_1 = \epsilon_0 \cdot 1 \times \frac{A_1}{d_1} \quad \text{y} \quad C_2 = \epsilon_0 \cdot 80 \times \frac{2 \times A_1}{4 \times d_1}$$

Supuse que entre las placas del capacitor 1 había aire. ($\Rightarrow \epsilon_r = 1$). Haciendo la división entre C_2 y C_1 me queda:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\epsilon_0 \times 80 \times 2 A_1}{\epsilon_0 \times 1 \times A_1} \\ \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = 40 \times \frac{2}{1} = 80$$

$$\Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = 40$$

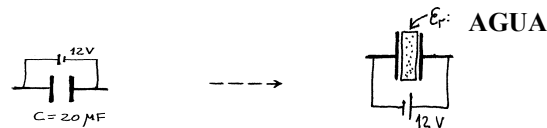
$$\Rightarrow C_2 = 40 C_1$$



CAPACIDAD DEL
2do CAPACITOR

UN PAR DE PLACAS METÁLICAS PARALELAS SEPARADAS POR AIRE FORMAN UN CAPACITOR, QUE ESTÁ CONECTADO A UNA BATERÍA. SIN DESCONECTAR LA BATERÍA SE SUMERGEN LAS PLACAS EN AGUA DESTILADA ($\epsilon_r = 80$). DECIR QUÉ OCURRE CON LA CARGA Y LA TENSIÓN ENTRE PLACAS

Veamos. Primero tengo al capacitor solo y después lo tiro al agua pato.



La diferencia de potencial entre las placas la mantiene la batería entregando las cargas que sean necesarias. Si no se desconecta la batería, la diferencia de potencial va a seguir siendo la misma cuando se meta el condensador al agua. Pero al entrar en el agua destilada, la capacidad del condensador aumenta porque el agua hace de dieléctrico. Entonces:

$$C_{\text{agua}} = \epsilon_r \times C_{\text{aire}}$$

Entonces igualando las expresiones de la tensión del capacitor con y sin dieléctrico tenemos

$$V_{\text{agua}} = Q_{\text{agua}}/C_{\text{agua}} = Q_{\text{aire}}/C_{\text{aire}} = V_{\text{aire}}$$

Entonces $\Rightarrow \underline{V_{\text{agua}} = V_{\text{aire}}}$

Con respecto a la carga:

$$Q_{\text{agua}} = (C_{\text{agua}}/C_{\text{aire}}) \times Q_{\text{aire}} = \epsilon_r \times Q_{\text{aire}}$$

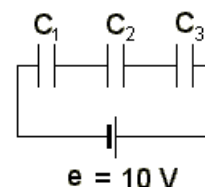
$$\Rightarrow Q_{\text{agua}} = \epsilon_r \times Q_{\text{aire}}$$

$$\Rightarrow \underline{Q_{\text{agua}} > \epsilon_r \times Q_{\text{aire}}}$$

La carga del capacitor en el agua es mayor que la carga en el aire, porque ϵ_r es mucho mayor que uno ($\epsilon_r = 80$).

SE TIENEN TRES CAPACITORES, DE CAPACITANCIAS $C_1 > C_3 > C_2$, INICIALMENTE DESCARGADOS. LOS TRES CAPACITORES SE CONECTAN EN SERIE ENTRE SÍ CON UNA BATERÍA DE 10 VOLTS. ENTONCES:

a) $V_1 < V_3 < V_2$ y $Q_1 = Q_2 = Q_3$ b) $V_1 = V_2 = V_3$ y



$$\begin{array}{llll}
 & Q_1 < Q_3 < Q_2 & & \\
 \text{c) } V_1 = V_2 = V_3 & \text{y} & Q_1 > Q_3 > Q_2 & \text{d) } V_1 > V_3 > V_2 \quad \text{y} \quad Q_1 > Q_3 > Q_2 \\
 \text{e) } V_1 = V_2 = V_3 & \text{y} & Q_1 = Q_2 = Q_3 & \text{f) } V_1 > V_3 > V_2 \quad \text{y} \quad Q_1 = Q_2 = Q_3
 \end{array}$$

Cuando se conectan capacitores descargados en serie, todos quedan con la misma carga, ya que si la primer placa de la izquierda se carga con una carga $+Q$, la placa enfrentada a esta se cargará por inducción con una carga $-Q$. Esto deja la placa del condensador siguiente con una carga $+Q$ y esta induce de nuevo en su placa enfrentada una carga $-Q$, y así hasta terminar la serie todos se cargan con la misma cantidad de carga... ($Q_1 = Q_2 = Q_3$)

Entonces la respuesta está entre las a), e) y f). Pero nos dicen que

$$\begin{aligned}
 C_1 > C_3 > C_2 &\Leftrightarrow Q/V_1 > Q/V_3 > Q/V_2 \Leftrightarrow 1/V_1 > 1/V_3 > 1/V_2 \\
 &\Rightarrow V_1 < V_3 < V_2
 \end{aligned}$$

Ya que al invertir la las fracciones se los signos mayor se convierten en menor. Luego la respuesta correcta es la a).

UN CAPACITOR INICIALMENTE DESCARGADO SE CONECTA A UNA PILA Y ADQUIERE UNA CARGA DE 2 mC Y UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE SUS PLACAS DE 10 V. SE DESCONECTA LA PILA Y SE CONECTAN LOS EXTREMOS DEL CAPACITOR CON LOS DE OTRO IDÉNTICO, PERO DESCARGADO. ¿ CUAL SERÁ LA TENSIÓN Y LA CARGA EN ESTE ÚLTIMO CAPACITOR ?

Si el coso adquiere una carga de 2 mC y una tensión de 10 V, su capacidad es:

$$C = Q/V = 2 \times 10^{-3} \text{ Coul}/10\text{V}$$

$$\rightarrow C = 2 \times 10^{-4} \text{ F} = 0,2 \text{ mF}$$

Ahora lo conectamos con otro capacitor de 20 milifaradios. ¿ Qué va a pasar ?

Rta: las cargas van a empezar a distribuirse hasta que la diferencia de potencial en los 2 capacitores sea igual, con lo que se detiene el movimiento de cargas. llamo C_1 al capacitor original y C_2 al nuevo. Entonces en el estado final tenemos :

$$V_1 = Q_1 / C_1 = Q_2 / C_2 = V_2$$

$$\Rightarrow Q_1 = (C_1/C_2) \cdot Q_2 = Q_2 \quad (\text{ Porque } C_1 = C_2)$$

Además la carga total en el circuito va a ser la carga que tenía inicialmente el C_1 , que llamo Q. O sea,

$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q_2 = Q - Q_1$$

Entonces : $Q_2 = Q - Q_2 \Rightarrow Q_2 = \frac{1}{2} Q = \frac{1}{2} 2mC$

$\Rightarrow Q_2 = 1 \text{ mCoul}$

Y su tensión va a ser:

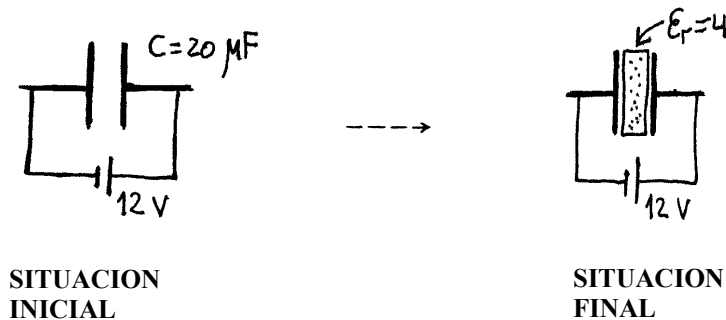
$V_2 = Q_2/C_2 = 1 \text{ mC} / 0,2 \text{ mF}$

$\Rightarrow V_2 = 5 \text{ Volt}$

UN CAPACITOR PLANO DE AIRE DE $20 \mu\text{F}$ ESTÁ CONECTADO A UNA FUENTE DE TENSIÓN CONTINUA DE 12V. SIN DESCONECTARLO DE ESTA FUENTE SE LE INTRODUCE UN DIELECTRICO CUYA CONSTANTE DE PERMEABILIDAD RELATIVA VALE 4.

- CALCULAR LA CARGA QUE DA O RECIBE LA BATERIA EN EL PROCESO DE INTRODUCIR EL DIELECTRICO ENTRE LAS PLACAS
- ¿ QUE VARIACIÓN DE ENERGIA TIENE EL CAPACITOR DESPUES DE INTRODUCIR EL DIELECTRICO ?

Hago un dibujito del capacitor sin dieléctrico y con dielectrico.



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

La carga del capacitor 1 es $Q_1 = C_1 \times V$

$\rightarrow Q_1 = 20 \mu\text{F} \times 12\text{V} = 240 \mu\text{C}$

Al poner el dieléctrico la capacidad del capacitor 2 aumenta: $C_2 = C_1 \times \epsilon_r$

$C_2 = 4 C_1 = 80 \mu\text{F}$

La carga del capacitor 2 es $Q_2 = C_2 \times V$. el voltaje sigue siendo 12 volts. Entonces :

$\rightarrow Q_2 = C_2 \times V = 80 \mu\text{F} \times 12 \text{ V}$

$Q_2 = 960 \mu\text{C}$

La batería entrega carga. Esa carga vale:

$$Q_E = Q_2 - Q_1 = 960 \mu\text{C} - 240 \mu\text{C}$$

$$Q_E = 720 \mu\text{C} \quad \leftarrow \text{CARGA ENTREGADA POR LA PILA}$$

b) Calculo la variación de energía al introducir el dieléctrico. La energía de un capacitor es:

$$U = \frac{1}{2} Q \times V$$

$$U_0 = \frac{1}{2} 240 \mu\text{C} \times 12 \text{ V} = 1440 \mu\text{joules}$$

$$U_F = \frac{1}{2} Q_F \times V_F$$

$$U_F = \frac{1}{2} 960 \mu\text{C} \times 12 \text{ V} = 5760 \mu\text{joules}$$

$$\Delta\text{Energia} = U_F - U_0$$

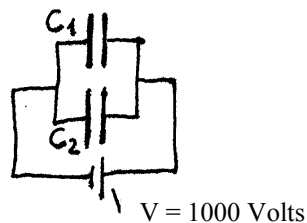
$$\rightarrow \Delta\text{Energ} = 5760 \mu\text{ Joules} - 1440 \mu\text{ Joules}$$

$$\rightarrow \Delta\text{Energia} = 4320 \mu\text{ Joules}$$

DOS CONDENSADORES, UNO DE 1 mF Y OTRO DE 2 mF SE CONECTAN EN PARALELO A UNA FUENTE DE 1000 V. UNA VEZ CARGADOS SE DESCONECTAN DE LA FUENTE Y SE CONECTAN ENTRE SÍ, UNIENDO LAS ARMADURAS QUE TIENEN CARGA DE DISTINTO SIGNO. ¿ CUAL ES LA CARGA FINAL DE CADA UNO CUANDO SE ALCANZA EL EQUILIBRIO ?

- a) 333 mC y 667 mC b) Cero y cero c) 1000 mC y 2000 mC
 d) 667 mC y 1333 mC e) 1000 mC y 1000 mC f) otro valor

Hagamos un dibujito. Como para cargar los capacitores los conectan en paralelo a la fuente, quedan con una tensión de 1000 Volts cada uno.



Calculo la carga de cada capacitor :

$$Q_1 = C_1 \times V = 1 \times 10^{-3} \text{ F} \times 1000 \text{ V} = 1000 \text{ mC}$$

$$Q_2 = C_2 \times V = 2 \times 10^{-3} \text{ F} \times 1000 \text{ V} = 2000 \text{ mC}$$

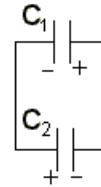
Al conectarlos entre sí con las chapas de signos opuestos las cargas se reacomodan hasta que las tensiones de los dos capacitores se igualen y ya no permitan la circulación de cargas.

$$\Rightarrow V_1 = Q_1/C_1 = Q_2/C_2 = V_2$$

$$\Rightarrow Q_1 = (C_1/C_2) \cdot Q_2$$

$$\Rightarrow Q_1 = (C_1/C_2) \times Q_2 = (1 \times 10^{-3} \text{ F} / 2 \times 10^{-3} \text{ F}) \times Q_2$$

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{1}{2} Q_2$$



O sea que Q_1 debe ser la mitad de Q_2 , lo que sólo nos descarta la respuesta e)... Pero por otro lado, como al conectar los condensadores uno tiene 2000 mC y el otro 1000 mC, al final quedarán sólo $Q_{\text{final}} = 1000 \text{ mC}$ de carga neta repartida entre los dos. Esto nos da una relación extra que es:

$$Q_{\text{final}} = Q_1 + Q_2 = \frac{1}{2} \cdot Q_2 + Q_2 = \frac{3}{2} \cdot Q_2 \Rightarrow$$

$$Q_2 = \frac{2}{3} \cdot Q_{\text{final}} = 667 \text{ mC}$$

$$\text{Y con esto } Q_1 = 333 \text{ mC}$$

FIN CAPACITORES