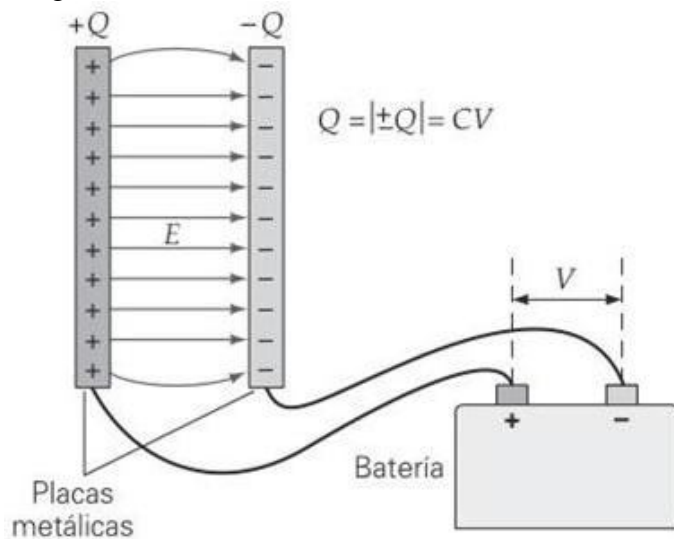


Instituto Urracá  
Departamento de Física  
Física 12° K, L, M, N y Ñ  
CAPACITANCIA  
Conceptos y Problemas de Práctica

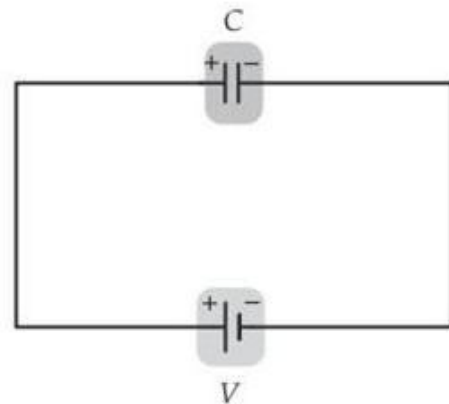
Facilitador: Alejandro Ríos

Referencia: Física 12, J. D. Wilson, A. J. Bufo, B. Lou

Un par de placas paralelas, si están cargadas, almacenan energía eléctrica. Un arreglo así de conductores es ejemplo de un *condensador* o *capacitor*. (En realidad, cualquier par de conductores califica como condensador). El almacenamiento de energía tiene lugar porque se requiere trabajo para transferir la carga de una placa a la otra. Imagine que un electrón se desplaza entre un par de placas inicialmente descargadas. Una vez hecho esto, transferir un segundo electrón sería más difícil, porque no sólo es repelido por el primer electrón sobre la placa negativa, sino también es atraído por una carga positiva doble sobre la placa positiva. Así, para separar las cargas se requiere cada vez más trabajo, conforme se acumula más y más carga sobre las placas. (Esto es como estirar un resorte. Cuanto más se alargue, más difícil será alargarlo más).



**a) Condensador de placas paralelas**



**b) Diagrama**

El trabajo necesario para cargar placas paralelas puede hacerse rápidamente (usualmente en unos pocos microsegundos) por una batería. Aunque no estudiaremos el funcionamiento de una batería en detalle, todo lo que usted necesita saber ahora es que una batería remueve electrones de la placa positiva y los transfiere, o “bombea”, a través de un alambre a la placa negativa. En el proceso de efectuar trabajo, la batería pierde algo de su energía potencial química interna. Aquí es de gran interés el resultado: una separación de las cargas y la creación de un campo eléctrico en el condensador. La batería continuará cargando el capacitor hasta que la diferencia de potencial entre las placas sea igual al voltaje terminal de la batería, por ejemplo, 12 V si usted usa una batería estándar de automóvil. Cuando el condensador se desconecta de la batería, se vuelve “recipiente” almacenador de energía eléctrica.

Para un condensador, la diferencia de potencial  $V$  a través de las placas es proporcional a la carga  $Q$  sobre ellas. (Aquí,  $Q$  denota la magnitud de la carga sobre cualquier placa, no la carga neta sobre todo el condensador, que es cero.) Esta proporcionalidad puede hacerse una ecuación usando una constante,  $C$ , llamada *capacitancia*:

$$Q = CV$$

Unidad SI de capacitancia: coulomb por volt (C/V), o *faradio* (F)

El coulomb por volt equivale al *faradio*,  $1 \text{ C/V} = 1 \text{ F}$ . El faradio es una unidad grande, de manera que por lo común se utilizan el microfaradio ( $1 \mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$ ), el nanofaradio ( $1 \text{ nF} = 10^{-9}\text{F}$ ) y el picofaradio ( $1 \text{ pF} = 10^{-12}\text{F}$ ).

Capacitancia significa carga almacenada por volt. Cuando un capacitor tiene una capacitancia grande, guarda una gran cantidad de carga por volt, en comparación con uno de capacitancia pequeña. Si usted conecta la misma batería a dos condensadores diferentes, el que tiene mayor capacitancia almacenará más carga y más energía.

La capacitancia depende sólo de la geometría (tamaño, forma y separación) de las placas y del material entre las placas, y no de la carga en las placas. En el caso de placas paralelas separadas por aire o vacío:

$$C_0 = \frac{1}{4\pi k} \frac{A}{d}$$

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

donde:

$A$  es el área de las placas,

$d$  es la separación entre las placas,

$\epsilon_0$  = permisividad del vacío,  $8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ , y

$k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

En la mayoría de los condensadores, una hoja de material aislante, como el papel o el plástico, se coloca entre las placas. Un material aislante, llamado *dieléctrico*, sirve para varios propósitos. Uno de ellos es impedir que las placas entren en contacto y este contacto permitiría a los electrones fluir de regreso hacia la placa positiva, neutralizando así la carga sobre el condensador y la energía almacenada. Un dieléctrico también permite que placas flexibles de hoja metálica se enrollen en un cilindro, dando al condensador un tamaño más compacto (y por ello más práctico). Finalmente, un dieléctrico aumenta la capacidad de almacenamiento de carga del condensador y, por lo tanto, bajo las condiciones correctas, la energía almacenada en el condensador. Tal capacidad depende del tipo de material y está caracterizada por la *constante dieléctrica* ( $\kappa$ ). Los valores de la constante dieléctrica para algunos materiales comunes se presentan en la tabla siguiente.

Material	Constante dieléctrica	Material	Constante dieléctrica
Vacío	1.0000	Vidrio (rango)	3 – 7
Aire	1.00059	Vidrio Pirex	5.6
Papel	3.7	Baquelita	4.9
Polietileno	2.3	Aceite de silicio	2.6
Poliestireno	2.6	Agua	80
Teflón	2.1	Titanato de estroncio	233

Al colocar un dieléctrico entre placas, el resultado es que el dieléctrico genera un campo eléctrico “inverso” que cancela parcialmente el campo entre las placas. Esto significa que se reduce el campo neto entre las placas y, por lo tanto, también el voltaje a través de las placas (ya que  $V = Ed$ ). La constante dieléctrica  $\kappa$  del material se define como la razón del voltaje con el material en posición ( $V$ ) al voltaje en vacío ( $V_0$ ). Como  $V$  es proporcional a  $E$ , esta razón es la misma que la razón de campo eléctrico:

$$\kappa = \frac{V_0}{V} = \frac{E_0}{E} \text{ (sólo cuando es constante la carga en el capacitor)}$$

Observe que  $\kappa$  no tiene dimensiones y es mayor que 1, ya que  $V < V_0$ . De la ecuación de arriba, sabemos que una manera de determinar la constante dieléctrica es midiendo los dos voltajes. La carga sobre las placas,  $Q_0$ , no se afecta por la inserción del dieléctrico. Puesto que  $V = V_0/\kappa$ , el valor de la capacitancia con el dieléctrico insertado es mayor que el valor en vacío por un factor de  $\kappa$ . En efecto, ahora se almacena la misma cantidad de carga a un menor voltaje, y el resultado es un incremento en capacitancia. Por lo tanto:

$$C = \kappa C_0$$

Donde  $C$  es la capacitancia del capacitor con material dieléctrico entre sus placas y  $C_0$  es la capacitancia del capacitor con vacío entre sus placas.

La energía potencial almacenada por un capacitor está dada por:

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

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

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

Una aplicación médica muy importante del condensador es el desfibrilador cardiaco. Algunas veces los condensadores pueden modelar con éxito fenómenos de la vida real. Por ejemplo, una tormenta puede considerarse como la descarga de una nube cargada negativamente hacia el suelo cargado positivamente, en efecto, un condensador “nube-suelo”. Otra aplicación interesante del potencial eléctrico trata las membranas nerviosas como condensadores cilíndricos para ayudar a explicar la transmisión de señales nerviosas.

Problemas de Práctica  
Capacitancia

1. Un capacitor de placas paralelas tiene una capacitancia de  $28 \mu\text{F}$ . ¿Cuánta carga almacenará este capacitor cuando se conecte a una fuente de  $120 \text{ V}$  de diferencia de potencial? **R:  $3.36 \times 10^{-3} \text{ C}$ .**
2. Encuéntrese la capacitancia de un capacitor de placas paralelas si  $1\ 600 \mu\text{C}$  de carga están almacenados en sus placas cuando se aplica una diferencia de potencial de  $80 \text{ V}$ . **R:  $20 \mu\text{F}$ .**
3. Una diferencia de potencial de  $110 \text{ V}$  es aplicada a través de las placas de un capacitor. Si la carga en cada placa es de  $1\ 200 \mu\text{C}$ , ¿cuál es la capacitancia? **R:  $10.91 \mu\text{F}$ .**
4. ¿Cuál es la diferencia de potencial necesaria para almacenar una carga de  $800 \mu\text{C}$  en un capacitor de  $40 \mu\text{F}$ ? **R:  $20 \text{ V}$ .**
5. Encuéntrese la capacitancia de un capacitor de placas paralelas si el área de cada placa es de  $0.08 \text{ m}^2$  y la separación entre ellas es de  $4 \text{ mm}$ . El dieléctrico es polietileno. **R:  $407.1 \text{ pF}$ .**
6. Las placas de cierto capacitor tienen una separación de  $3 \text{ mm}$  y un área de  $0.04 \text{ m}^2$ . Para un dieléctrico de aire encuéntrese la capacitancia del capacitor y la carga en cada placa si se aplican  $200 \text{ V}$  al capacitor. **R:  $118 \text{ pF}$ ,  $23.6 \text{ nC}$ .**
7. Contéstense las preguntas del problema 6 reemplazando el dieléctrico de aire por uno de vidrio Pirex. **R:  $660.8 \text{ pF}$ ,  $132.16 \text{ nC}$ .**
8. ¿Cuál es la energía potencial almacenada en el campo eléctrico de un capacitor de  $200 \mu\text{F}$ , cuando se carga con  $2\ 400 \text{ V}$ ? **R:  $576 \text{ J}$ .**
9. ¿Cuál es la energía almacenada en el campo eléctrico de un capacitor de  $25 \mu\text{F}$  cuando la carga en cada placa es de  $2\ 400 \mu\text{C}$ ? **R:  $0.1152 \text{ J}$ .**
10. ¿Qué cantidad de trabajo es necesaria para cargar un capacitor con una diferencia de potencial de  $30 \text{ kV}$ , si  $800 \mu\text{C}$  están en cada placa? **R:  $12 \text{ J}$ .**