

Capacitores

- Un capacitor es un dispositivo que almacena energía potencial eléctrica y carga eléctrica.
- Formado por dos conductores aislados, ya sea por vacío o por algún dieléctrico (material aislante).
- Para almacenar energía hay que transferir carga de un conductor al otro de manera que uno quede cargado positivamente y el otro con la misma cantidad de carga negativa.
- Se debe realizar trabajo para trasladar las cargas a través de la diferencia de potencial resultante entre los conductores. Ese trabajo efectuado se almacena como energía potencial eléctrica.
- La energía potencial eléctrica puede considerarse almacenada en el campo eléctrico.
- La razón entre la carga de cada conductor y la diferencia de potencial entre ellos es una constante para cada capacitor, y se la llama capacitancia.
- La capacitancia depende de la forma de los conductores, las dimensiones y del material aislante entre ellos.

Para cargar un capacitor, comenzamos con los conductores descargados y vamos llevando carga de uno hacia el otro. Cuando decimos que el capacitor tiene carga Q (positiva), entendemos que uno de los conductores quedó con carga $+Q$, el de potencial más elevado, mientras que el otro, con menor potencial tiene carga $-Q$.

Símbolo para capacitores en circuitos:



La diferencia de potencial V_{ab} se establece entre la placa a , con carga positiva y la placa b , con carga negativa.

La razón entre la carga Q y la diferencia de potencial V_{ab} entre las placas de un capacitor dado, no cambia. A esa relación la llamamos Capacitancia, C , del capacitor.

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

La unidades de Capacitancia son:

$$1 F = 1 C/V$$

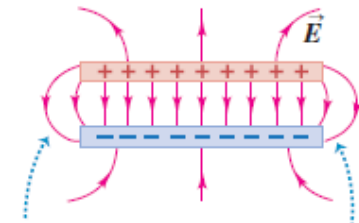
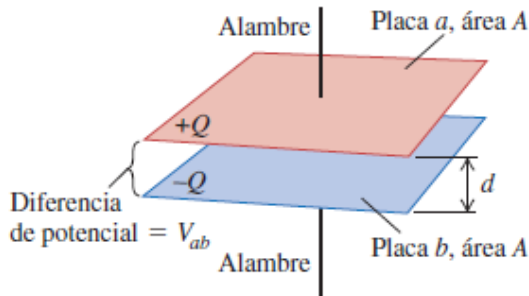
A mayor Capacitancia, mayor será Q para una dada diferencia de potencial. Es una medida de la aptitud de un capacitor para almacenar energía.

Capacitores en vacío

Capacitor de Placas paralelas

24.2 Capacitor de placas paralelas con carga. b) Vista lateral del campo eléctrico \vec{E}

a) Arreglo de las placas del capacitor



Cuando la separación de las placas es pequeña en comparación con su tamaño, el campo eléctrico de los bordes es despreciable.

Sean dos placas de area A separadas una distancia d . Vimos que el campo entre placas paralelas es

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$

El campo es uniforme entre las placas, por lo que su diferencia de potencial es

$$V_{ab} = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$$

Obtenemos para la capacitancia:

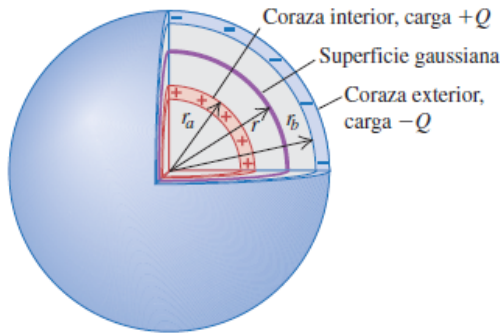
$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

C , sólo depende de la geometría del capacitor y del material entre las placas (vacío en este caso).

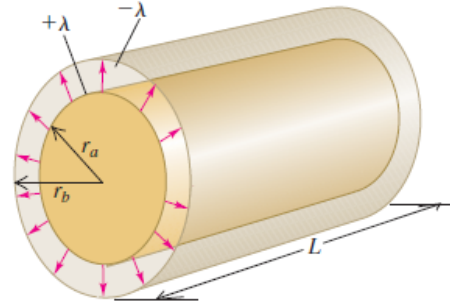
1 F es una capacitancia muy grande, si quisieramos hacer un capacitor de 1 F con placas separadas 1 mm , cada placa debería tener cerca de 10 km de lado!

Habitualmente se usan capacidades de $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$ o de $1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$.

24.5 Capacitor esférico.



24.6 Un capacitor cilíndrico largo. En esta figura la densidad lineal de carga λ se supone positiva. La magnitud de carga en una longitud L de cualquier cilindro es λL .



$$C_{esfera} = \frac{Q}{V_{ab}} = 4\pi\epsilon_0 \frac{r_a r_b}{r_b - r_a} \quad C_{cilindro} = \frac{Q}{V_{ab}} = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(r_b/r_a)}$$

En el cilíndrico se suele dar la capacitancia por unidad de longitud, C/L .

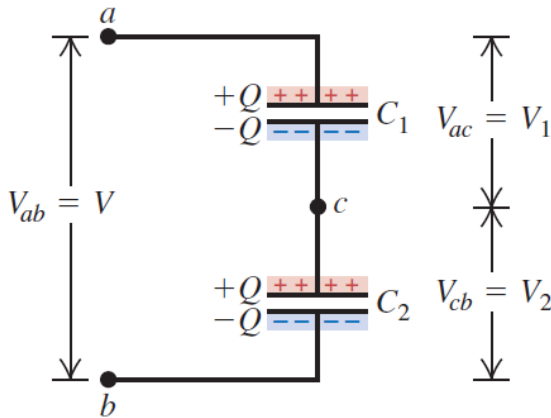
Cables coaxiales, típicos para antenas de TV, tienen un material aislante entre los conductores que les aumenta la capacidad. Tienen una capacitancia por unidad de longitud de 69 pF/m.

Capacitores en serie

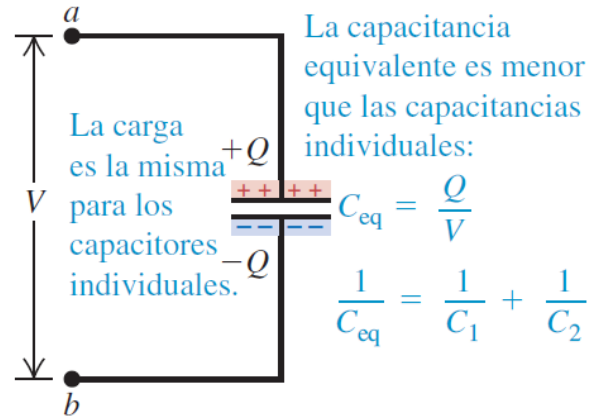
Capacitores en serie:

- Los capacitores tienen la misma carga Q .
- Sus diferencias de potencial se suman:

$$V_{ac} + V_{cb} = V_{ab}.$$



b) El capacitor equivalente único

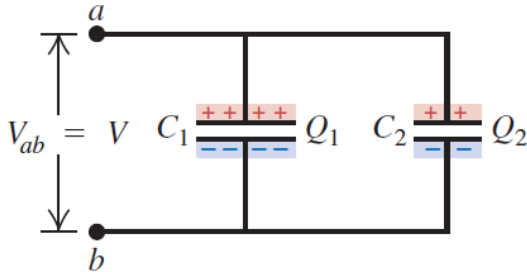


EL recíproco de la capacidad equivalente de una combinación en serie es la suma de los recíprocos de las capacidades individuales. Esta capacitancia equivalente es siempre menor que cualquiera de las capacitancias individuales.

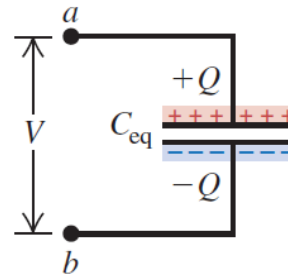
Capacitores en paralelo

Capacitores en paralelo:

- Los capacitores tienen el mismo potencial V .
- La carga en cada capacitor depende de su capacitancia: $Q_1 = C_1 V$, $Q_2 = C_2 V$.



b) El capacitor equivalente único



La carga es la suma de las cargas individuales:

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

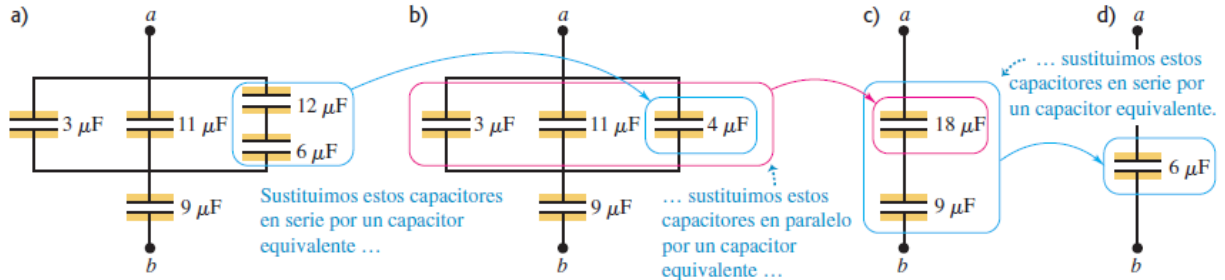
Capacitancia equivalente:

$$C_{eq} = C_1 + C_2.$$

La capacidad equivalente de una combinación en paralelo es igual a la suma de las capacidades individuales. Es mayor que cualquiera de las individuales.

Red de Capacitores

24.10 a) Red de capacitores entre los puntos a y b . b) Los capacitores de $12\ \mu\text{F}$ y $6\ \mu\text{F}$ conectados en serie en a) se sustituyen por un capacitor equivalente de $4\ \mu\text{F}$. c) Los capacitores en paralelo de $3\ \mu\text{F}$, $11\ \mu\text{F}$ y $4\ \mu\text{F}$ en b) se sustituyen por un capacitor equivalente de $18\ \mu\text{F}$. d) Por último, los capacitores en serie de $18\ \mu\text{F}$ y $9\ \mu\text{F}$ en c) se sustituyen por un capacitor equivalente de $6\ \mu\text{F}$.



$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{12\mu F} + \frac{1}{6\mu F} \quad C' = 4\mu F$$

$$C'' = 3\mu F + 11\mu F + 4\mu F = 18\mu F$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{18\mu F} + \frac{1}{9\mu F} \quad C_{eq} = 6\mu F$$

Energía potencial almacenada en un capacitor

La energía potencial almacenada en un capacitor es igual al trabajo que se requiere para cargarlo con carga Q a una diferencia de potencial V .

Sean q y v la carga y la diferencia de potencial en una etapa intermedia del proceso de carga: entonces, $v = q/C$. El trabajo requerido para transferir un elemento adicional de carga dq es:

$$dW = v dq = \frac{q dq}{C}$$

El trabajo total desde el capacitor descargado es:

$$W = \frac{1}{C} \int_0^Q q dq = \frac{Q^2}{2C}$$

La energía potencial almacenada:

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

Tomando energía potencial cero cuando el capacitor está descargado.

Energía del campo eléctrico

Es posible interpretar la energía como almacenada en el campo en la región entre las placas. Hacemos el caso de placas paralelas pero esto es válido para cualquier capacitor con vacío y cualquier configuración de campo eléctrico en el vacío.

Definimos como u , la energía por unidad de volumen en el espacio entre placas de area A separadas una distancia d .

La energía total almacenada es $\frac{1}{2}CV^2$

$$u = \frac{\frac{1}{2}CV^2}{Ad}$$

Recordando que $C = \epsilon_0 A/d$ y $V = Ed$:

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

Densidad de energía eléctrica en el vacío.