

Física II

Guía de estudio N° 5:

Capacitores

1er. Cuatrimestre 2020

- . Capacitores
- . Tipos de Capacitores
- . Energía almacenada en un capacitor
- . Capacitores con dieléctricos
- . Aplicaciones



¿Porque es importante el estudio de los capacitores?

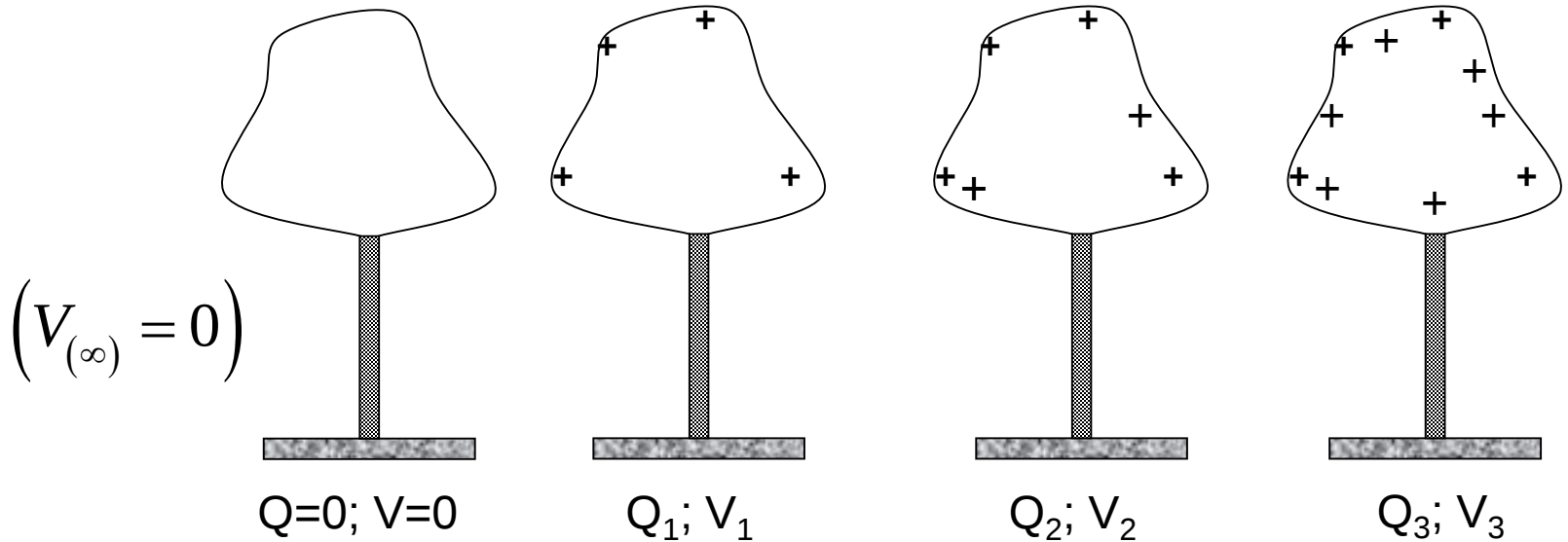
Forman parte de los circuitos electrónicos

Algunas memorias volátiles se basan en el funcionamiento de los capacitores

Las membranas biológicas son capacitores

La biósfera existe dentro de un capacitor formado por la tierra (conductor), la atmósfera inferior aislante y la ionósfera (conductor).

Capacidad de un conductor aislado

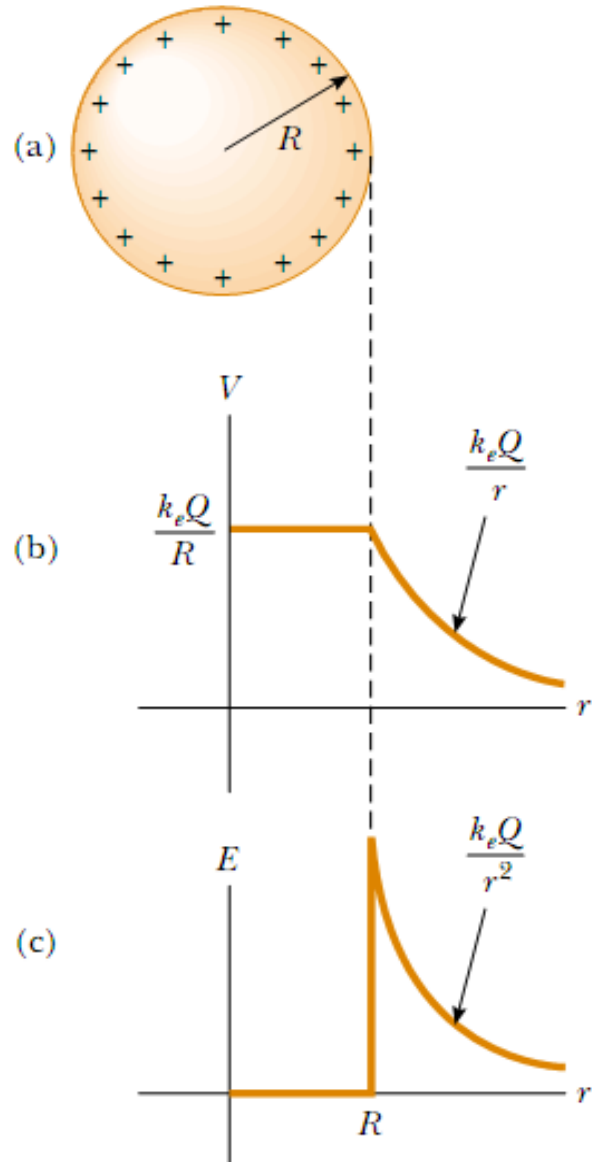


$$\frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{Q_3}{V_3} = \frac{Q}{V} \quad \Rightarrow \quad Q \propto V \quad \Rightarrow \quad Q = CV$$

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

Es la capacidad de un conductor aislado

$$[C] = \frac{C}{V} = F \text{ (Faradio)}$$



Ejemplo: Conductor esférico cargado

$$V_{(r)} = k \frac{Q}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

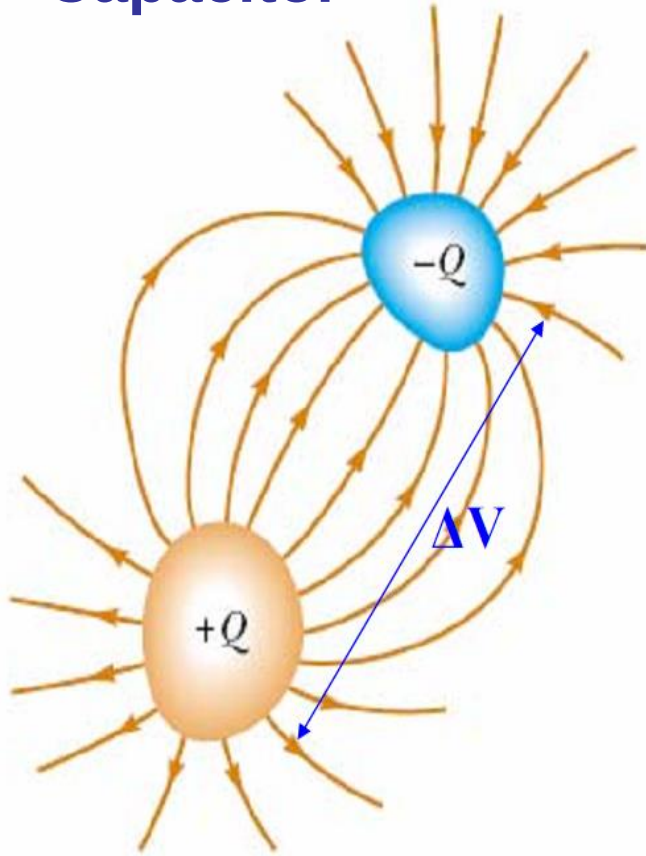
$$\left(\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} \right)$$

$$V_{(r=R)} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$$

$$\underline{C} = \frac{Q}{V_{(r=R)}} = \frac{Q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}} = \underline{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\left(\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \right)$$

Definición de Capacitor



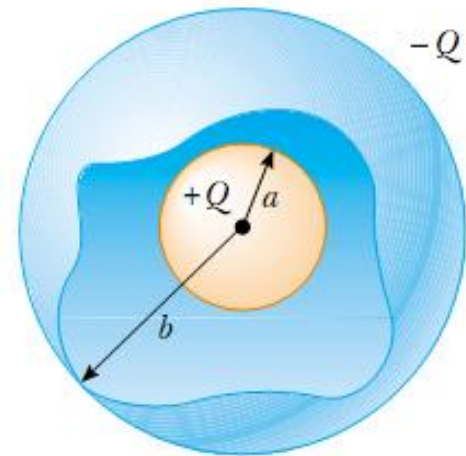
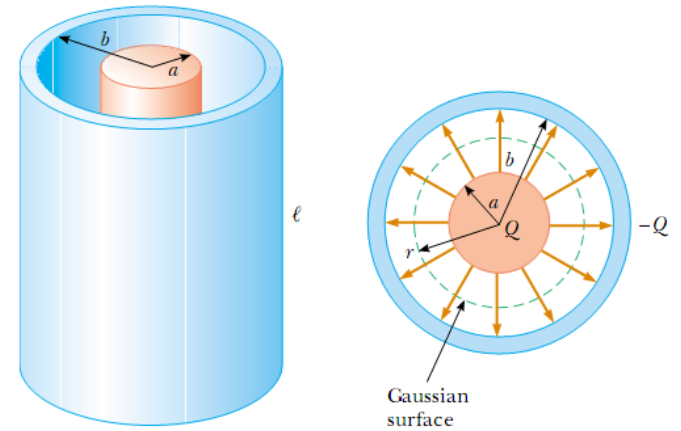
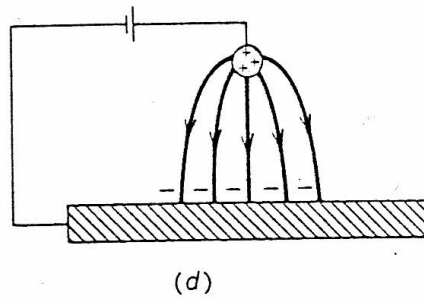
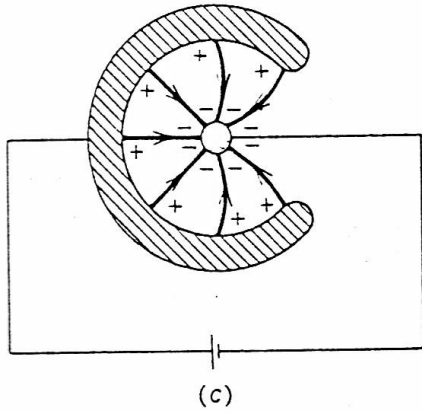
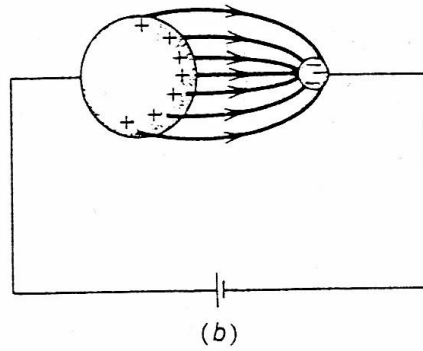
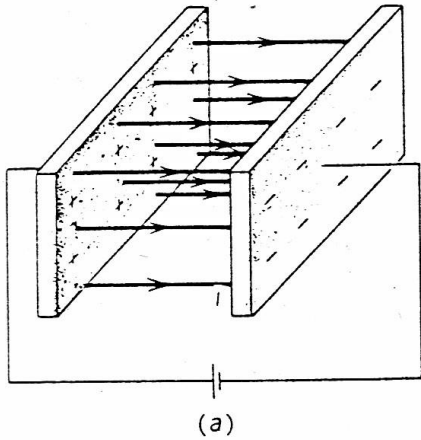
La capacitancia C de un capacitor se define como la razón entre la magnitud de la carga en cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial entre ellos.

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

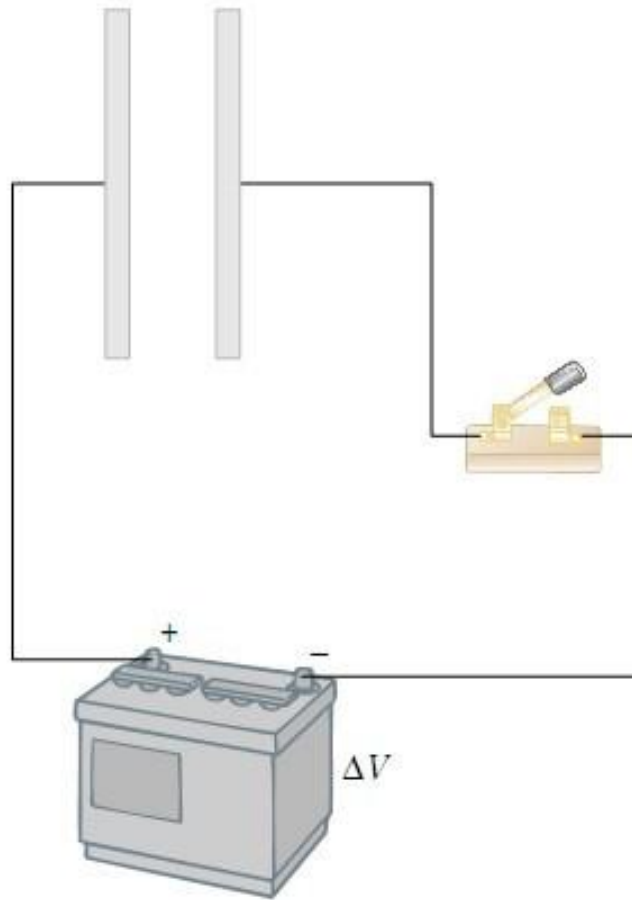
Nota: C es siempre una cantidad positiva

Como ΔV aumenta a medida que aumenta Q , $Q/\Delta V$ permanece constante y C es entonces una medida de la capacidad de almacenar carga del dispositivo.

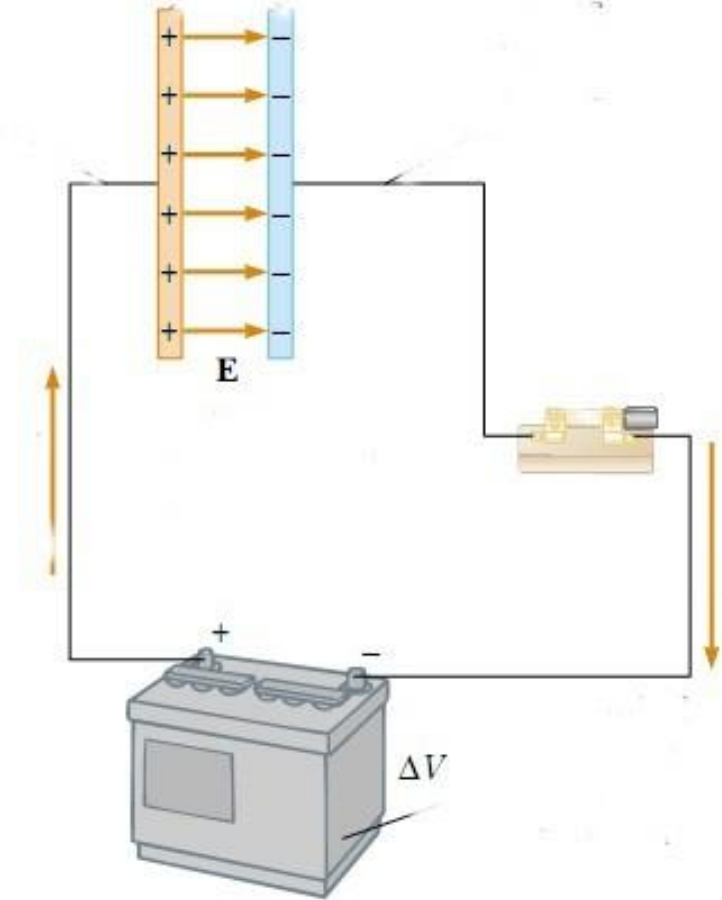
Tipos de Capacitores



Como se carga un Capacitor

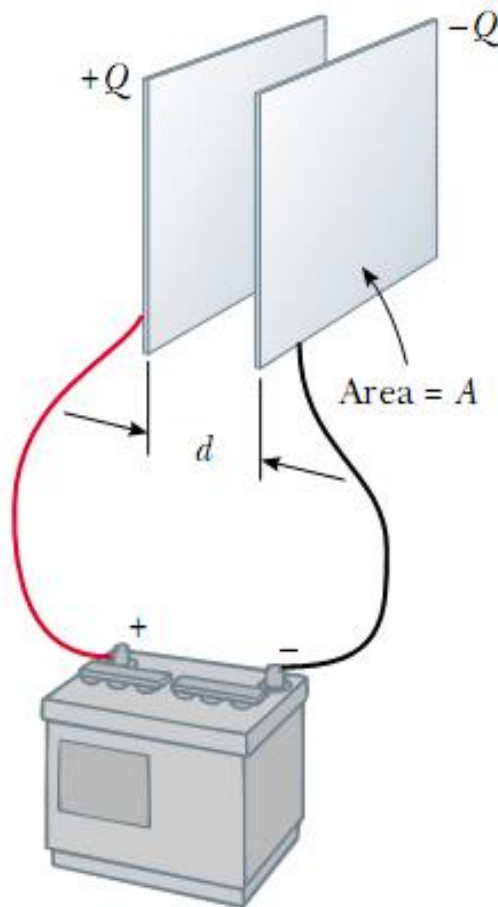


(a)



(b)

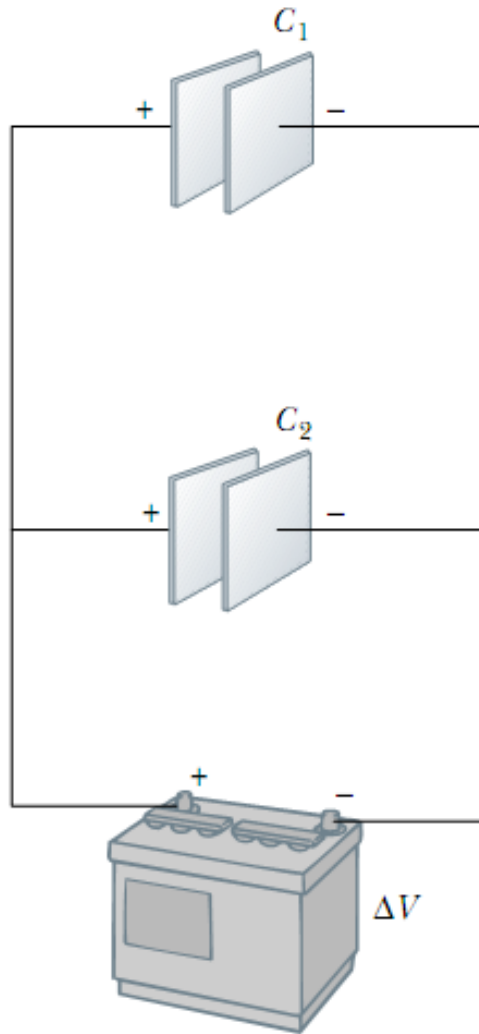
Cálculo de la Capacitancia: Capacitor de placas planas paralelas



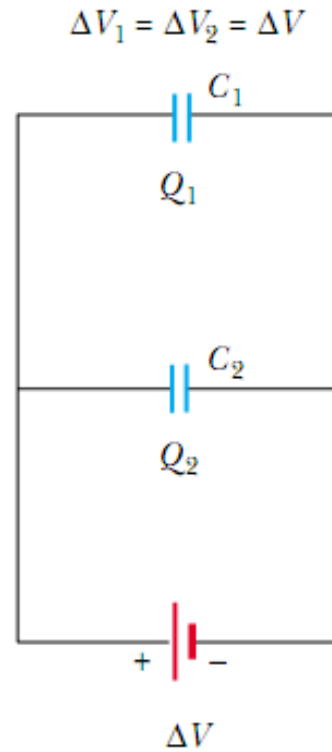
$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

La capacitancia de un capacitor de placas planas paralelas es proporcional al área de sus placas e inversamente proporcional a la separación de éstas.

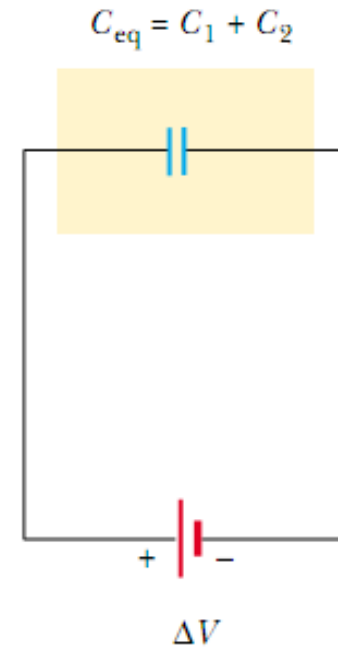
Combinaciones de Capacitores: en paralelo



(a)

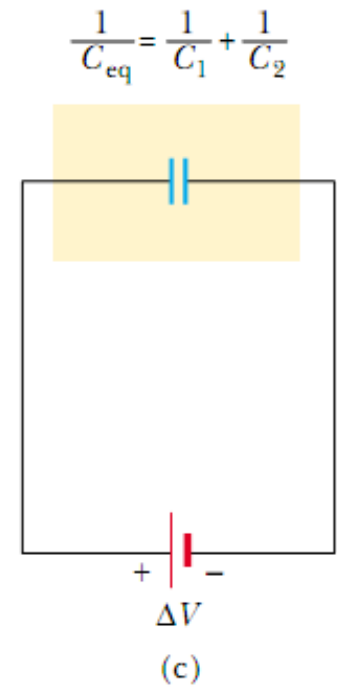
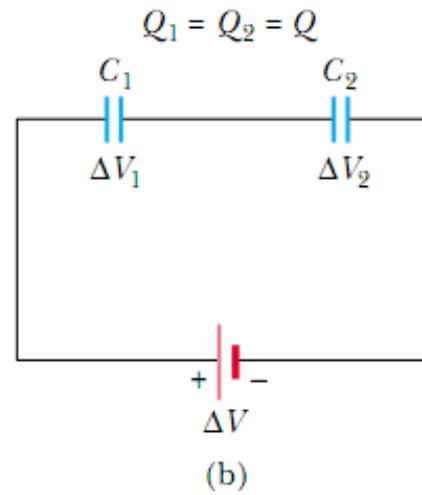
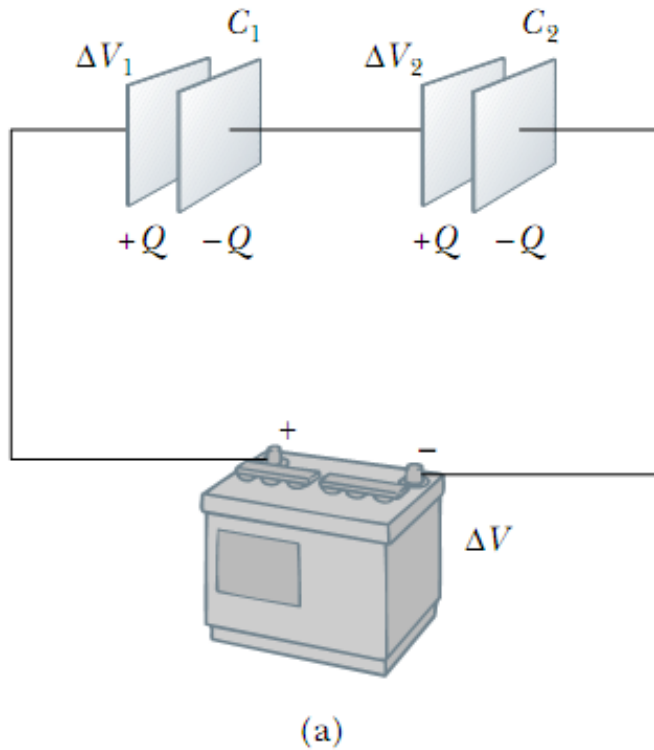


(b)

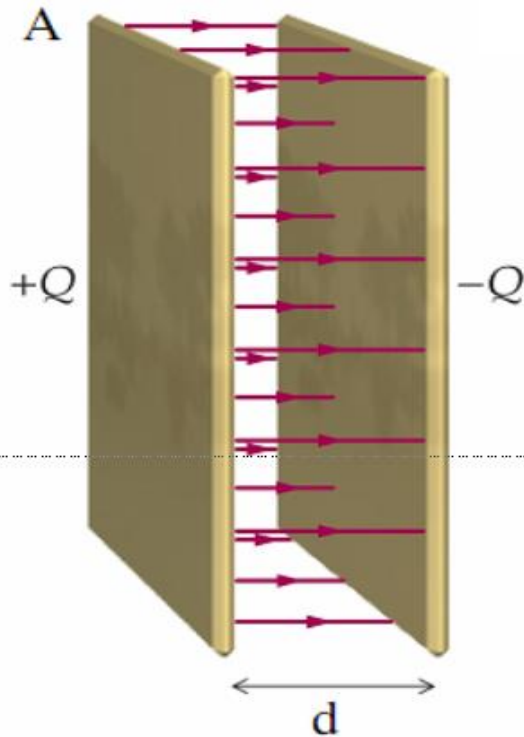


(c)

Combinaciones de Capacitores: en serie

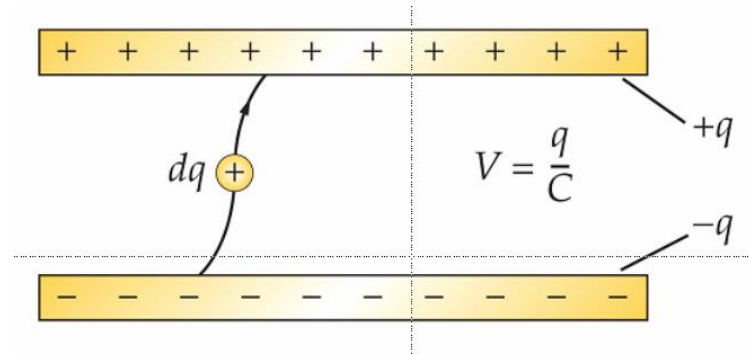


Energía almacenada en un capacitor (trabajo requerido para cargar un capacitor):



En términos del campo eléctrico

Densidad de energía

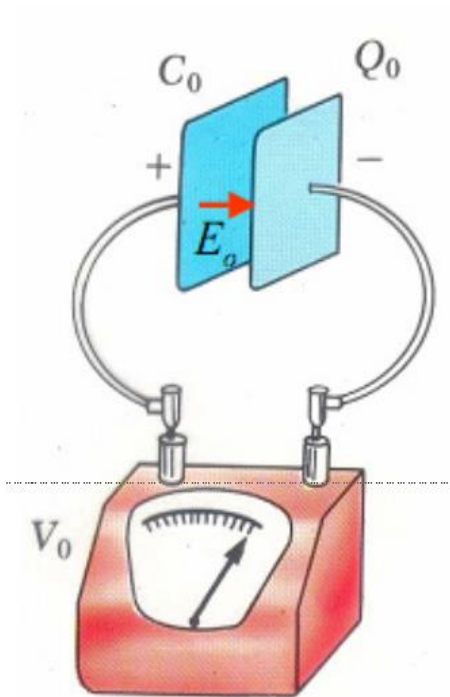


$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2$$

$$U = \frac{1}{2} (\epsilon_0 A d) E^2$$

$$u_E = \frac{U}{Ad} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

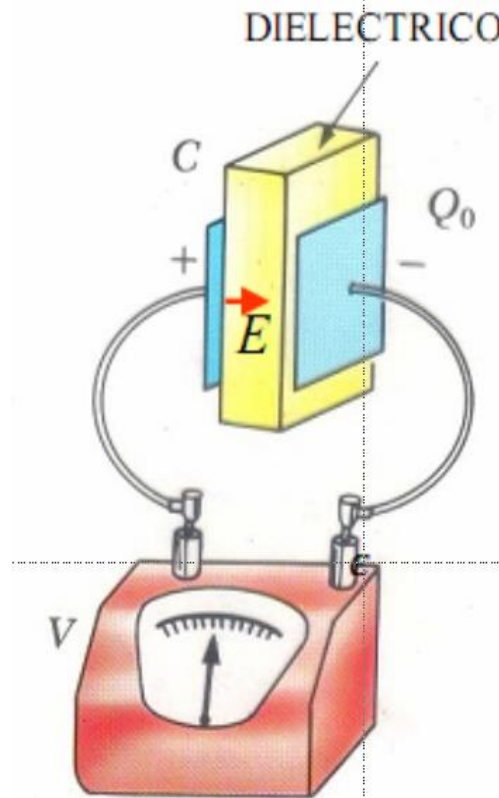
Capacitores con dieléctricos



$$C_0 = \frac{Q_0}{V_0}$$

$$K \equiv \frac{C}{C_0}$$

Constante
dieléctrica
del material



$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q_0}{V}$$

Q permanece cte.

$$V < V_0$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{C}{C_0} > 1$$

$$C > C_0$$

¿Cómo se modifica entonces la
capacidad de un capacitor de placas
planas paralelas?

Ejemplos de constantes dieléctricas

Material	Cte. dieléctrica	Resistencia dieléctrica (kV/mm)
Vacio	1,00000	∞
Aire	1,00054	0,8
Papel	3,5	14
Mica	5,4	160
Polietileno	2,3	50
TiO ₂	100	6
CaTiO ₃	170	-
SrTiO ₃	230	-

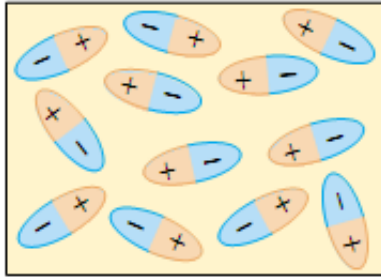
El dieléctrico brinda las siguientes ventajas:

Aumenta la capacidad

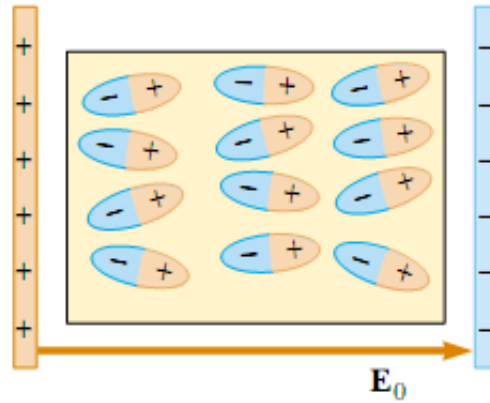
Aumenta el voltaje de operación máximo

Proporciona soporte mecánico entre las placas

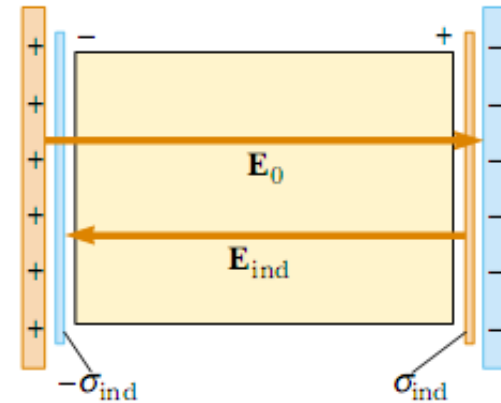
Interpretación simple de κ



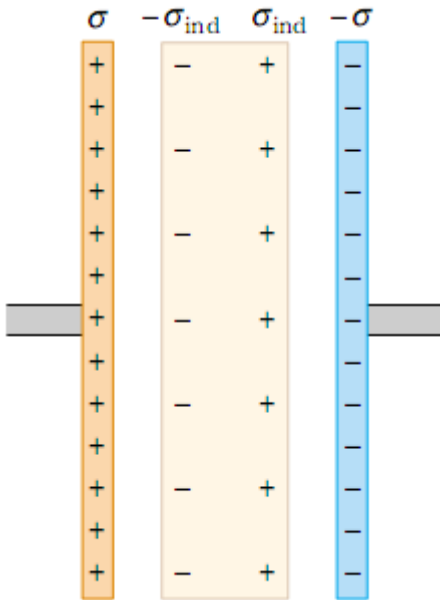
(a)



(b)



(c)



$$E = E_0 - E_{ind}$$

$$E_0 = \sigma / \epsilon_0$$

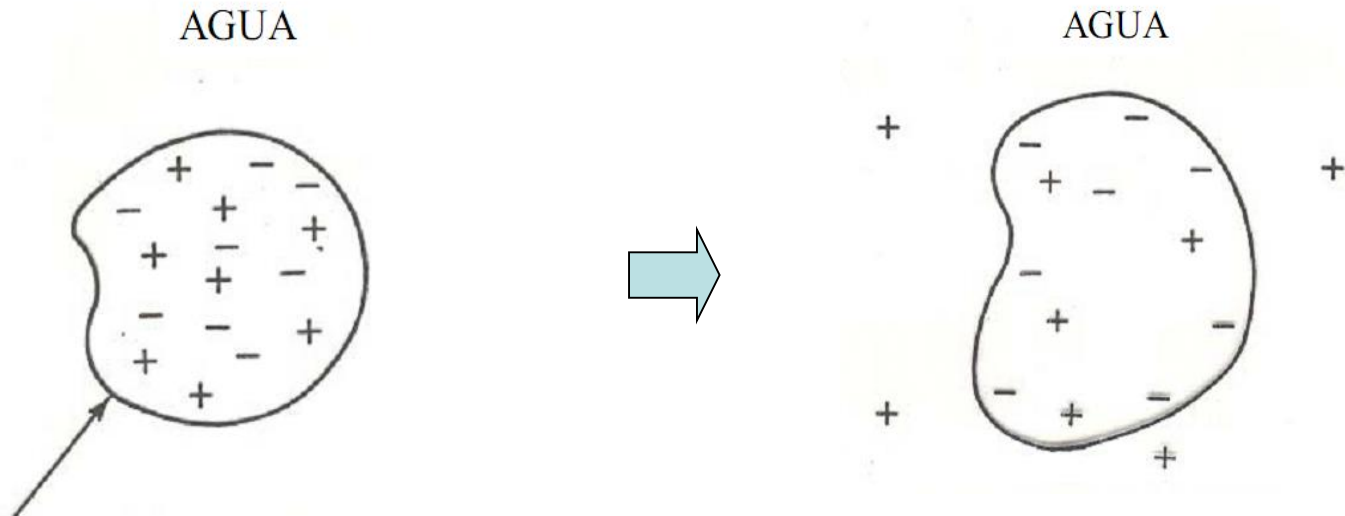
$$E_{ind} = \sigma_{ind} / \epsilon_0$$

$$E = E_0 / \kappa = \sigma / \kappa \epsilon_0$$

$$\sigma_{ind} = \left(\frac{\kappa - 1}{\kappa} \right) \sigma$$

$$\kappa = \frac{\sigma}{\sigma - \sigma_{ind}}$$

¿Por qué la membrana celular esta normalmente polarizada?

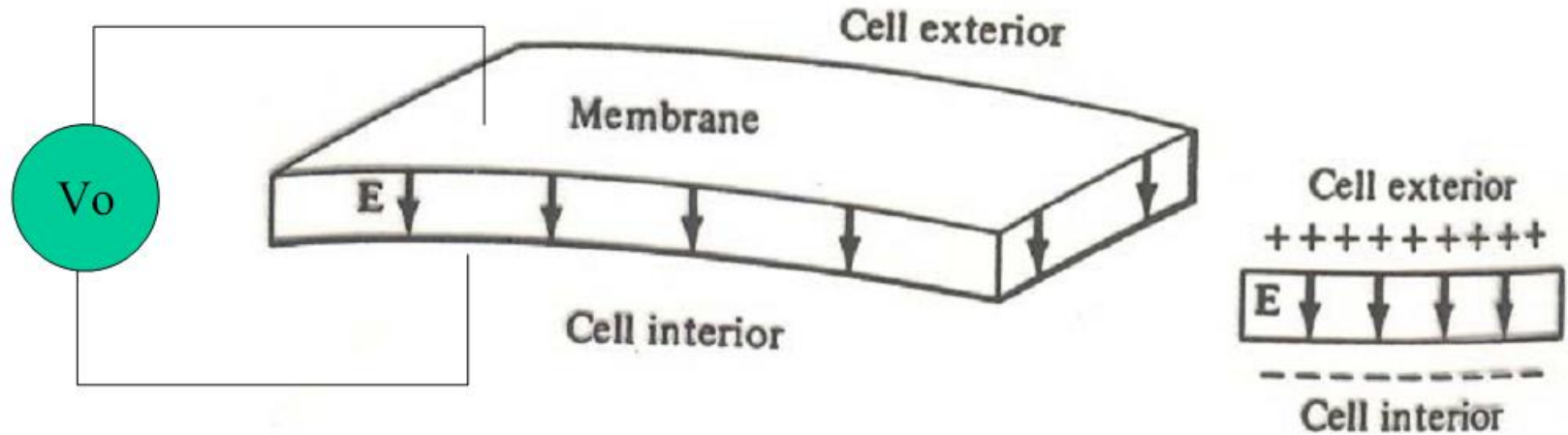


Membrana semipermeable:
Permeable a iones de potasio
positivo,
Impermeable a iones negativos de
cloro

Algunos de los iones
positivos
Se difunden hacia afuera y
dejan
el interior con carga negativa

La diferencia de concentración de minerales (sodio , potasio, cloro) en el interior y en el exterior de la célula y el carácter semipermeable de la membrana explican que normalmente la célula este polarizada con un potencial interior negativo respecto al exterior.

Valor del campo eléctrico de la membrana celular



$$E = \frac{V_0}{d} = \frac{90 \text{ mV}}{10 \text{ nm}} = 9 \times 10^6 \text{ V/m} !$$

Campo de ruptura del aire: $6 \times 10^6 \text{ V/m}$