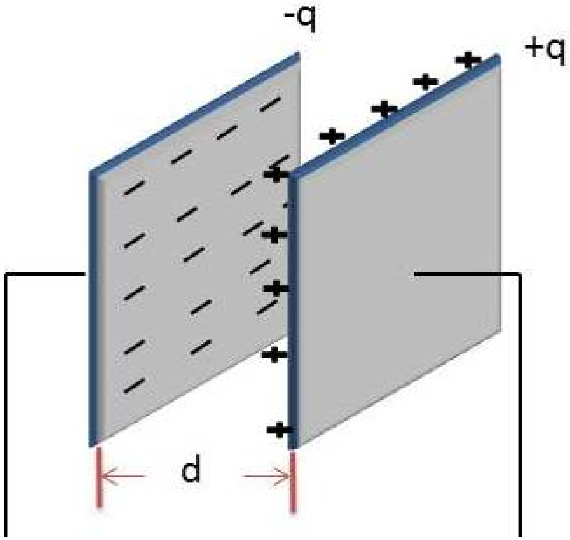
Física II- Curso de Verano 2021

Clase 3

Capacitores

Capacitor: - 2 conductores aislados entre sí
- Poseen cargas iguales y opuestas +Q y –Q
- Almacena carga

Sí ΔV es la diferencia de potencial entre los conductores, la capacitancia C vale:

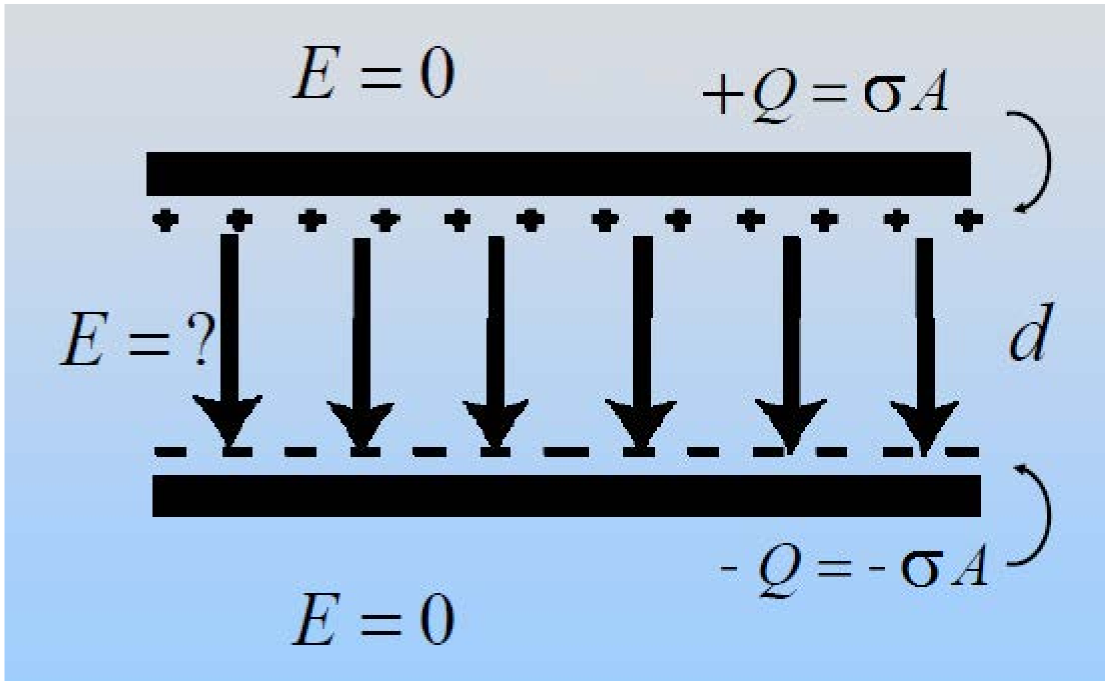


$$\boxed{C = \frac{Q}{|\Delta V|}}$$

Unidades: Coulomb/ V ó Faraday (F)

C es siempre positiva

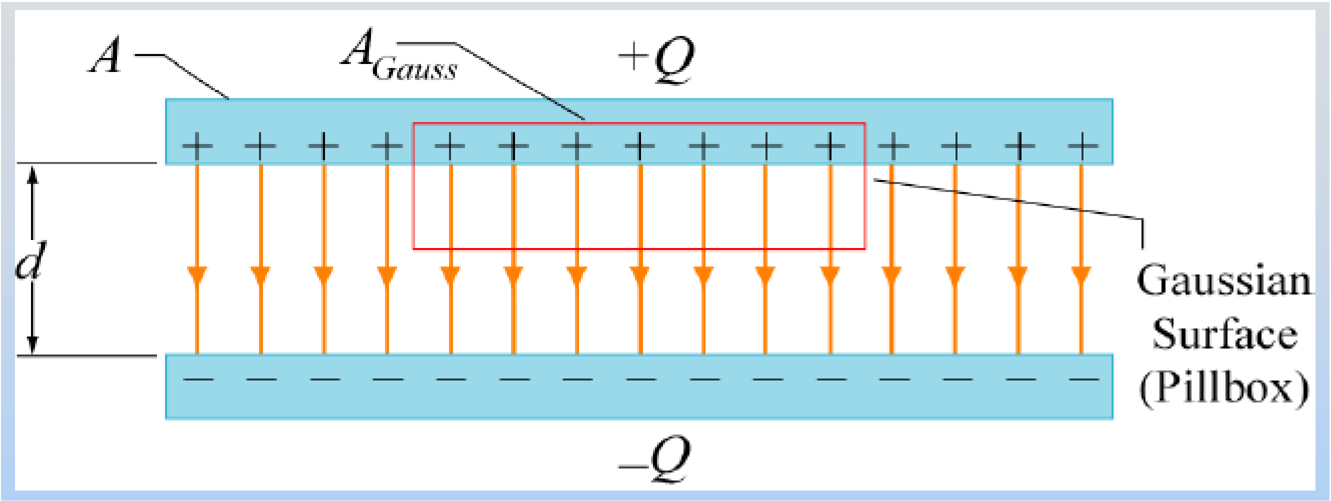
Capacitor de placas paralelas



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

Para calcular C, primero hay que determinar ΔV entre las placas y para eso primero hay que calcular $\vec{E}$

Cálculo de E (utilizando la Ley de Gauss)

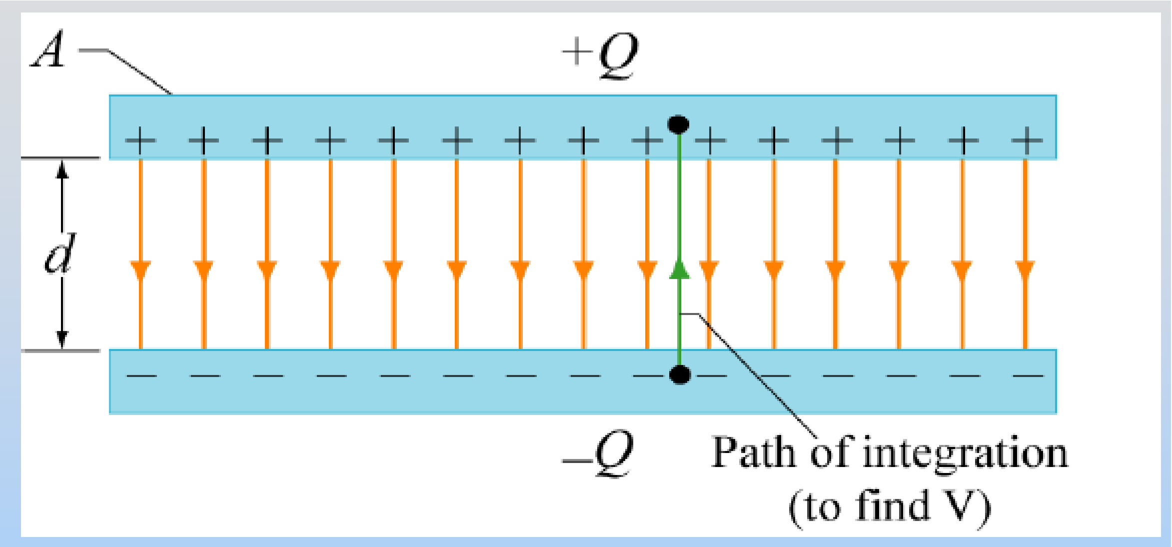


$$\oiint_S \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$$

$$E\left(A_{Gauss}\right) = \frac{\sigma A_{Gauss}}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{A.\varepsilon_0}}$$

Cálculo de ΔV



$$\Delta V = -\int_{bottom}^{top} \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{S}} = Ed = \frac{Q}{A\varepsilon_0} d$$

$$\boxed{C = \frac{Q}{|\Delta V|} = \frac{\varepsilon_0 A}{d}}$$

Depende sólo de factores geométricos

Resolver ejercicios 1, 2 y 3 (práctica 3).

El resultado del ejercicio 3 es:

$$\boxed{C = \frac{Q}{|\Delta V|} = \frac{4\pi\varepsilon_0}{\left(a^{-1} - b^{-1}\right)}}$$

Capacitancia de un capacitor de placas esférica de radios "*a*" (interior) y "*b*" (exterior)

Energía acumulada en un capacitor

Si el capacitor está inicialmente descargado, puedo trasladar un *dq* de una placa a la otra de manera que una queda con +dq y la otra con –dq. No necesito hacer trabajo (porque el campo eléctrico era cero). Pero una vez que las placas están cargadas, tengo un campo eléctrico no nulo y necesito hacer trabajo para tener +Q en una placa y –Q en la otra.

$$dW = dq\,\Delta V = dq\,\frac{q}{C} = \frac{1}{C}\,q\,dq$$

$$W = \int dW = \frac{1}{C}\int_0^Q q\,dq$$

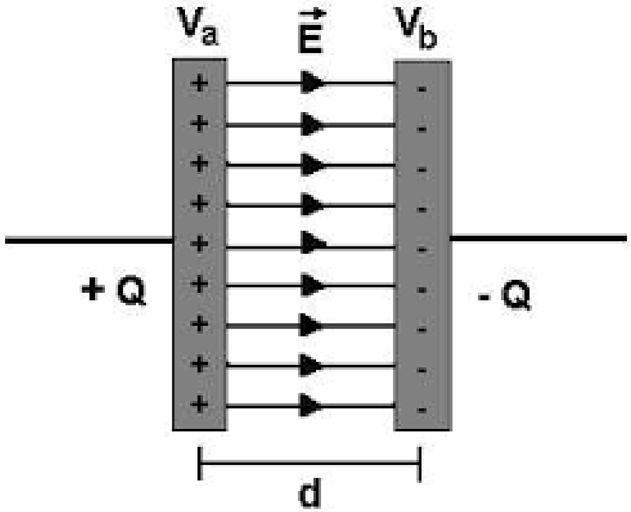
$$\boxed{= \frac{1}{C}\frac{Q^2}{2}}$$

$$\boxed{U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}Q|\Delta V| = \frac{1}{2}C|\Delta V|^2}$$

La energía está acumulada en el campo eléctrico

La energía está acumulada en el campo eléctrico:

Para un capacitor de placas paralelas:



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

$$V = Ed$$

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_o A}{d}(Ed)^2 = \frac{\varepsilon_o E^2}{2}\times(Ad) = u_E \times (volumen)$$

$$\boxed{u_E = \text{densidad de energía de E} = \frac{\varepsilon_o E^2}{2}}$$

CT 1- Un capacitor de placas paralelas está cargado y desconectado de cualquier fuente, teniendo sus placas separadas una distancia *d*. Suponga que las placas se apartan a una distacia *D*>*d*. La energía potencial electrostática almacenada en el capacitor es:

1. **mayor que**
2. **la misma que**
3. **menor que**

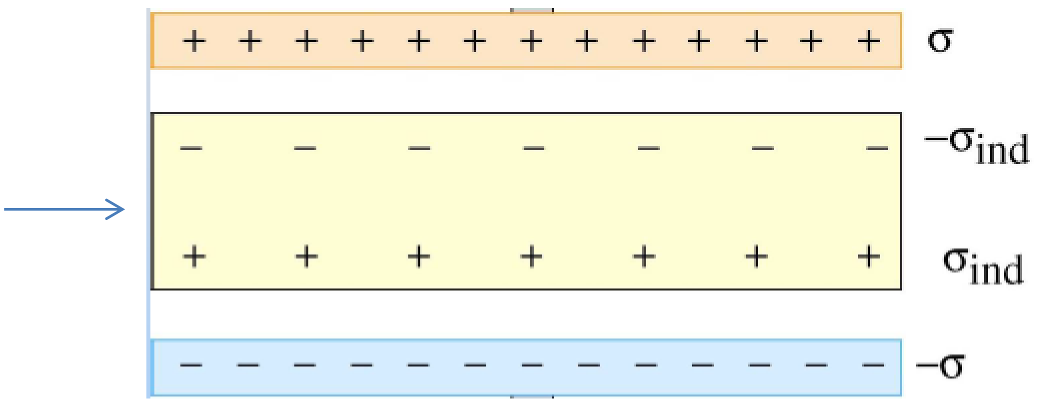
Cuando las placas estaban más cerca.

Capacitores con dieléctricos

¿Qué ocurre si entre las placas del capacitor cargado (aislado, no conectado a una batería) ubico un material dieléctrico?

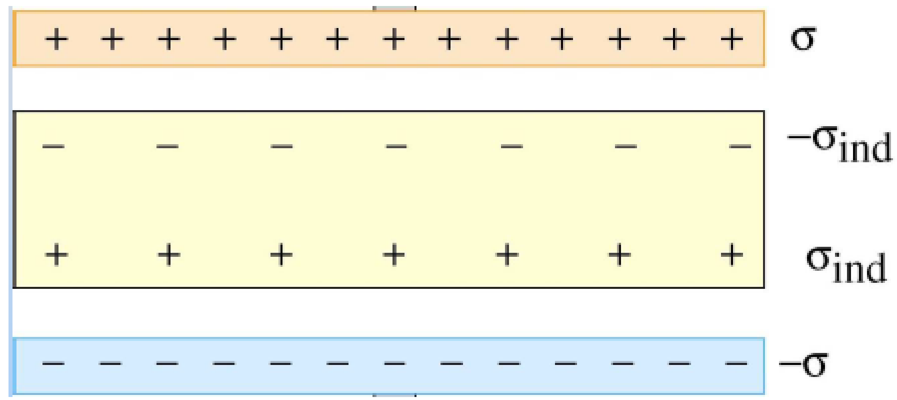
Dieléctrico: es un material no conductor o aislante. En presencia de un campo eléctrico se polarizan.

dieléctrico



Capacitores con dieléctricos

dieléctrico



El campo eléctrico total decrece ya que aparece un campo E_P opuesto al generado por las cargas de las placas producido por la polarización del dieléctrico

¿Qué pasará con ΔV entre las placas?

¿Qué pasará con la capacidad?

$$E = \frac{E_0}{\kappa}$$

Constante dieléctrica

Constantes dieléctricas

Vacío o aire	1
Papel	3.7
Vidrio Pirex	5.6
Celulosa	7

Luego de insertar el dieléctrico:

$$E = \frac{E_0}{\kappa}$$

$$V = \frac{V_0}{\kappa}$$

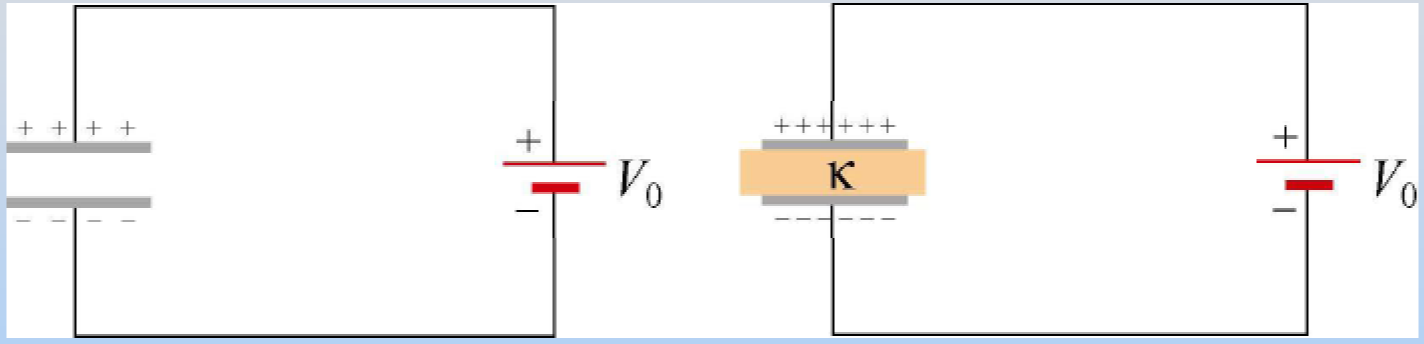
$$\boxed{C = \frac{Q}{V} = \frac{Q_0}{V_0 / \kappa} = \kappa \frac{Q_0}{V_0} = \kappa C_0}$$

CT 2- **Se ubica un dieléctrico entre las placas de un capacitor descargado. El sistema se carga, se desconecta de la batería y luego se retira el dieléctrico. La energía potencial electrostática almacenada en el capacitor será:**

1. **mayor que**
2. **la misma que**
3. **menor que**

si hubiéramos dejado el dieléctrico entre las placas.

¿Que pasa si cuando coloco el dieléctrico el capacitor está conectado a una batería?



La diferencia de potencial debe permanecer constante! Entonces, las placas tienen que incorporar más carga (obteniéndola de la fuente) para mantener ΔV constante.

$$Q = CV = \kappa C_0 V_0$$

$$Q = \kappa Q_0$$

CT 3- **Un capacitor de placas paralelas está conectado a una batería que mantiene una diferencia de potencial constante entre sus placas V. Mientras la bateria está conectada, se coloca una placa de vidrio que ocupa todo el lugar entre las placas. La energía almacenada:**

1. **aumenta**
2. **disminuye**
3. **no cambia**

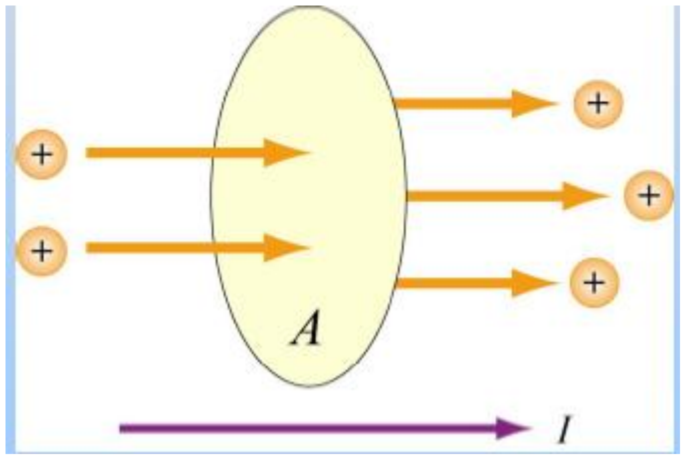
Corriente eléctrica (flujo de cargas)

La corriente promedio, I_{pro} es la cantidad de carga ΔQ que fluye por una sección transversal A en un tiempo Δt

$$I_{pro} = \frac{\Delta Q}{A\Delta t}$$

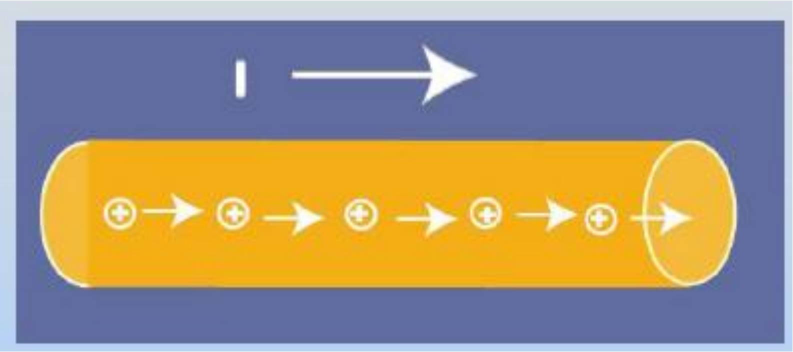
La corriente instantánea I

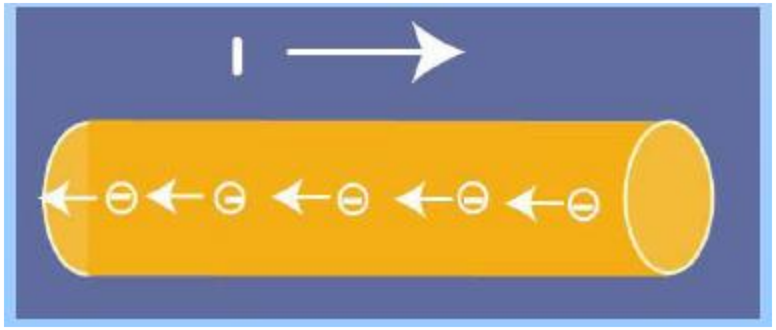
$$\boxed{I = \frac{dQ}{dt}}$$



Unidades: Coulomb/segundo = Ampere (A)

La dirección de la corriente es la dirección en que fluyen las cargas positivas. En un conductor cómo las únicas cargas que pueden moverse son los e^- de conducción, el sentido de la corriente se define en el sentido opuesto a como estos se mueven.

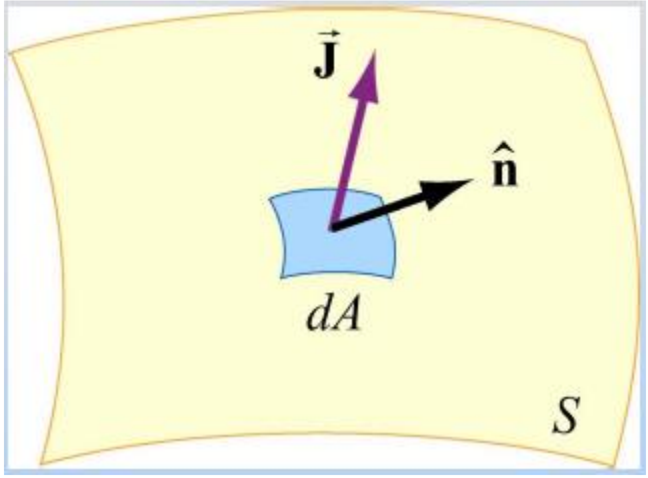




Densidad de corriente J

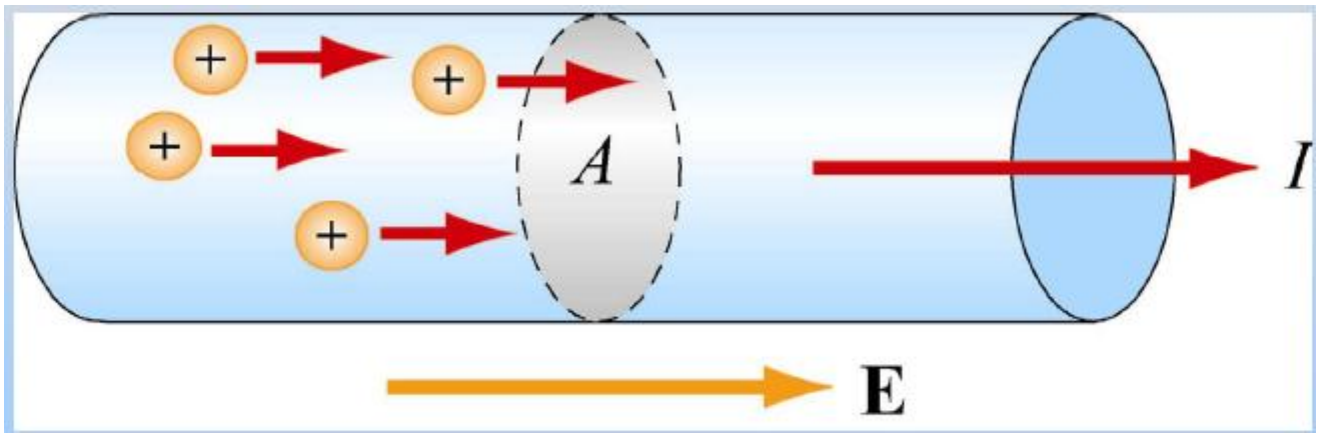
J: current/unit area

$$\boxed{\vec{\mathbf{J}} \equiv \frac{I}{A}\hat{\mathbf{I}}}$$



$$\boxed{I = \int_S \vec{\mathbf{J}} \cdot \hat{\mathbf{n}}\, dA = \int_S \vec{\mathbf{J}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}}$$

¿Cómo se origina la corriente? Ubicando un conductor en un campo eléctrico.



Cuando la corriente está fluyendo, el campo eléctrico dentro del conductor NO es cero, el conductor NO es una superficie equipotencial

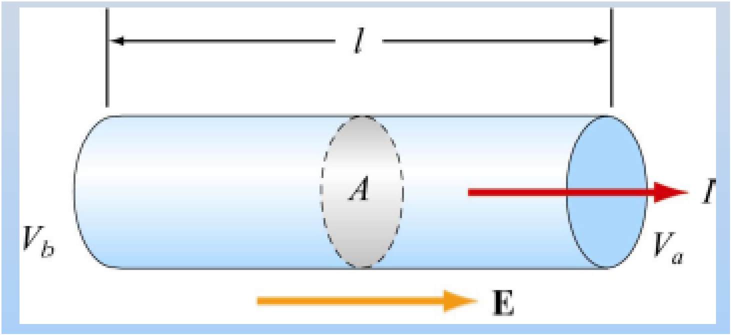
$$\vec{\mathbf{J}} = -ne\vec{\mathbf{v}}_d = -ne\left(-\frac{e\vec{\mathbf{E}}}{m_e}\tau \right) = \frac{ne^2\tau}{m_e}\vec{\mathbf{E}}$$

En muchos materiales J y E son proporcionales:

$$\vec{\mathbf{J}} = \sigma\vec{\mathbf{E}}$$ Ley de Ohm microscópica.

σ es la conductividad del material

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m_e}$$



$$\Delta V = V_b - V_a = \int_a^b \overrightarrow{E}.\, d\vec{S} = E.l$$

$$J = \sigma E = \sigma\left(\frac{\Delta V}{l}\right)$$

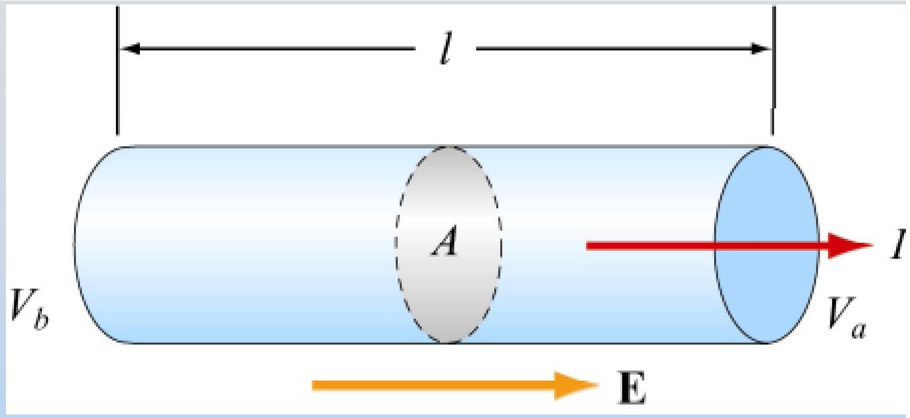
$$\Delta V = \frac{l}{\sigma} J = \left(\frac{l}{\sigma A}\right) I = RI$$

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{l}{\sigma A}$$

$$\boxed{\Delta V = IR}$$

Ley de Ohm

Ley de Ohm



$$\boxed{\Delta V = IR}$$

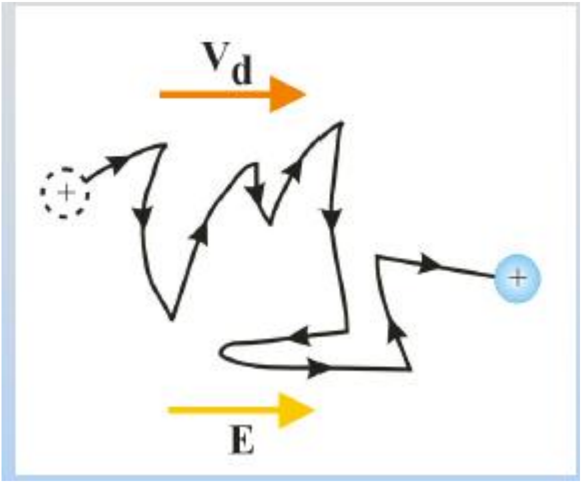
$$\boxed{R = \frac{\rho l}{A}}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

ρ: resistividad

Unidades de R: Ohms (Ω) = Volt / Ampere

Conductividad y resistividad



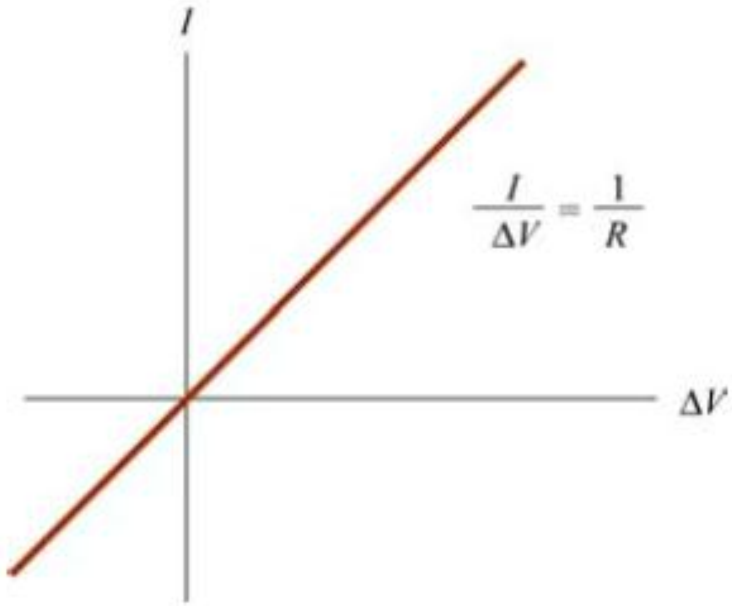
La habilidad de la carga para fluir depende de la densidad de carga y del número de choque con los iones fijos.

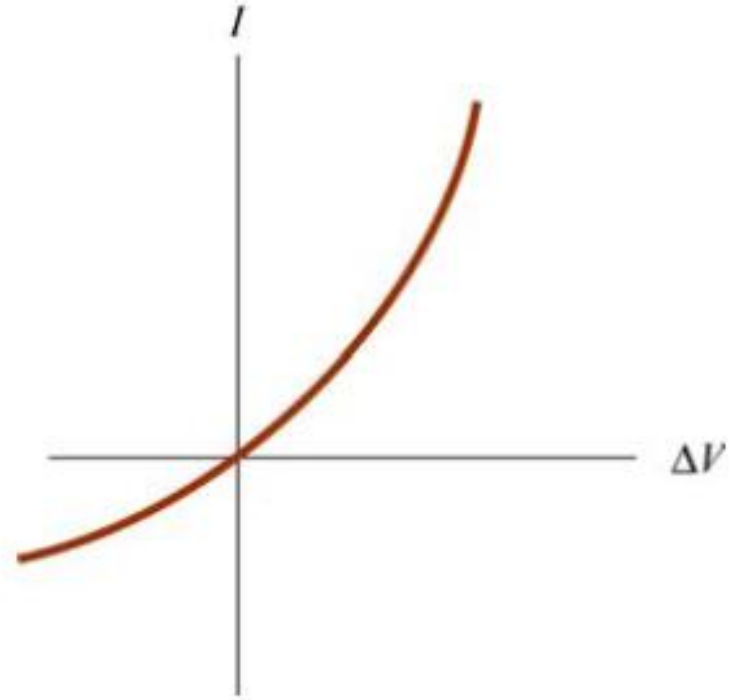
Dos magnitudes que caracterizan esto son:

σ: conductividad

ρ: resistividad

Ambas magnitudes dependen de propiedades microscópicas del material.



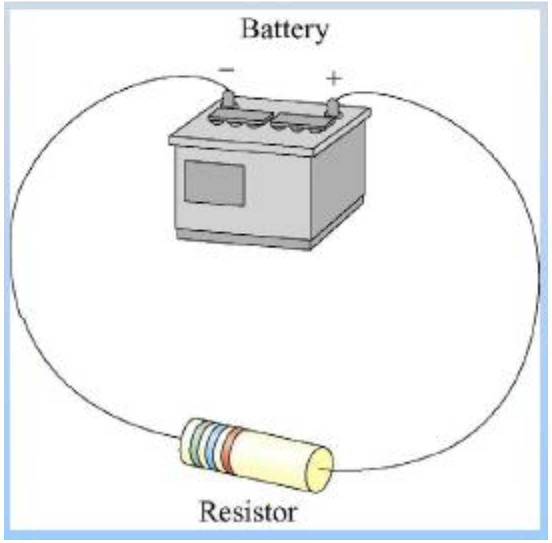


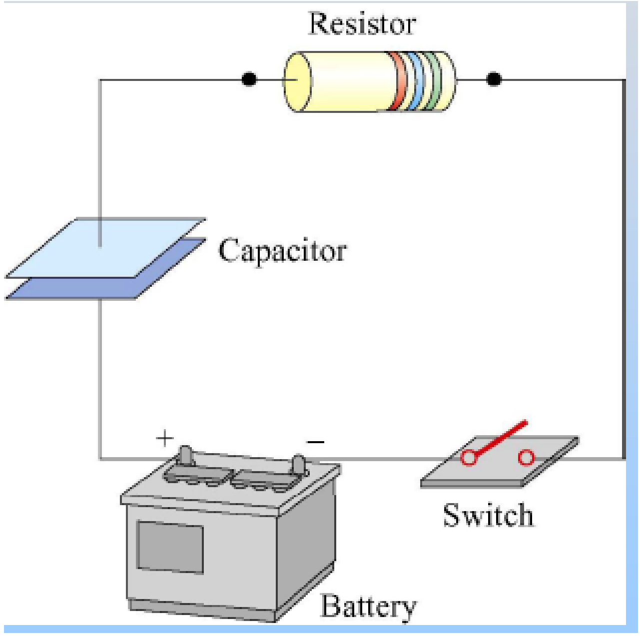
Materiales Ohmicos

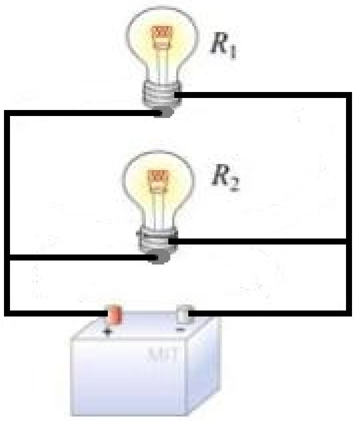
Materiales No Ohmicos

Circuitos eléctricos

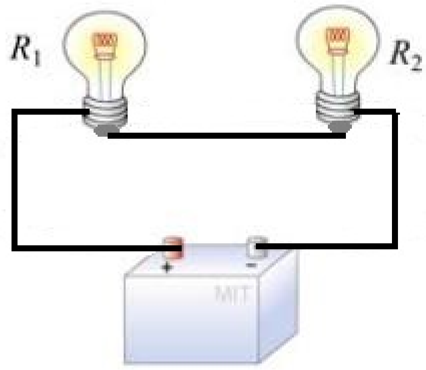
Ejemplos de circuitos eléctricos







CONEXIÓN PARALELO

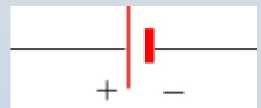
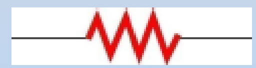
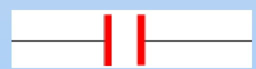


CONEXIÓN SERIE

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + \cdots = \sum_{i=1}^{N} R_i$$

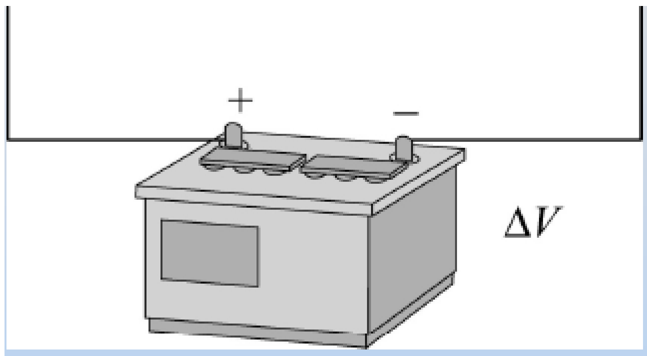
Símbolos de los elementos de un circuito

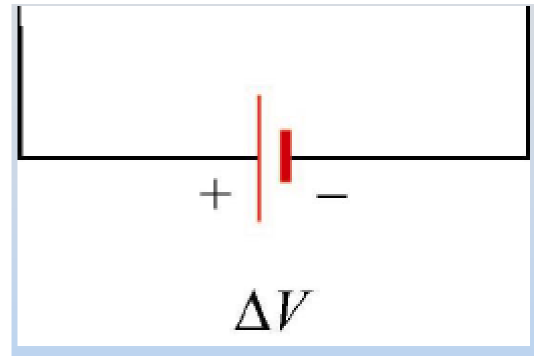
Fuente de tensión	
RESISTOR	
CAPACITOR	
INTERRUPTOR	

Fuente de tensión provee la energía electromotriz

$$\varepsilon \equiv \frac{dW}{dq}$$

ε : fuerza electromotriz (fem)





Fuente de tensión mantiene una diferencia de potencial constante entre los terminales. Provee la energía electromotriz

$$\varepsilon \equiv \frac{dW}{dq}$$

ε : fuerza electromotriz

ε es el trabajo por unidad de carga que se debe hacer para trasladar una carga en la dirección de alto potencial.

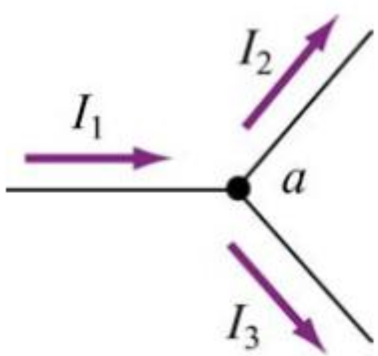
Leyes de Kirchhoff

1ra Ley o ley de los nodos:

Si en un punto (nodo) convergen varias corrientes, la suma de las corrientes que llegan al nodo será igual a la suma de corrientes que salen del mismo nodo.

$$\sum I_{entran} = \sum I_{salen}$$

Por ejemplo:



$$I_1 = I_2 + I_3$$

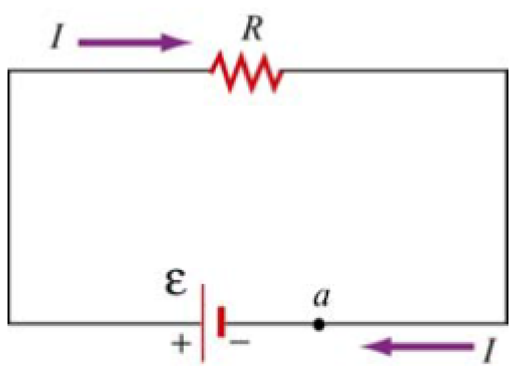
El fundamento es la conservación de la carga eléctrica.

2da Ley o ley de las mallas

La suma de las caídas de potencial ΔV a lo largo de cualquier circuito cerrado (malla) es cero.

$$\sum \Delta V = 0$$

Por ejemplo:



Fundamento: Ley de conservación de la energía.

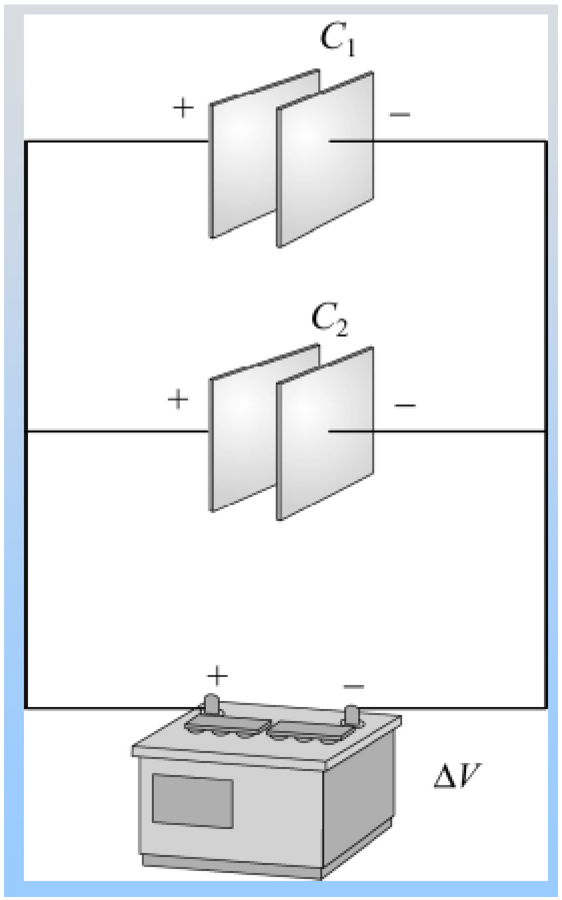
$$\varepsilon - IR = 0$$

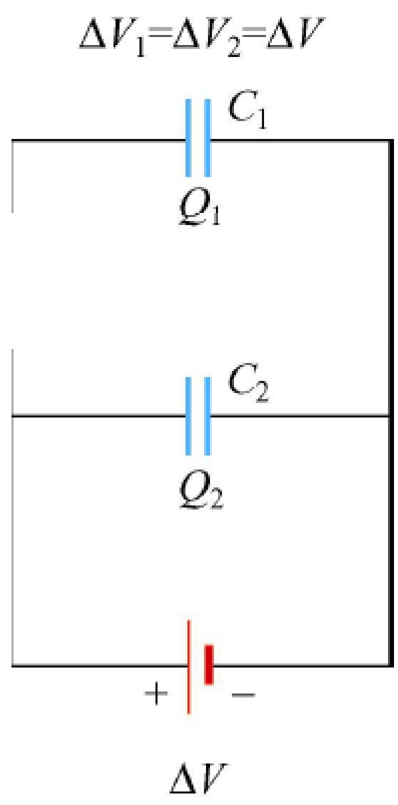
POTENCIA

Potencia entregada por la batería: $\boxed{P = I \,.\, \Delta V}$

Potencia disipada en resistor: $P = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$

Capacitores en paralelo





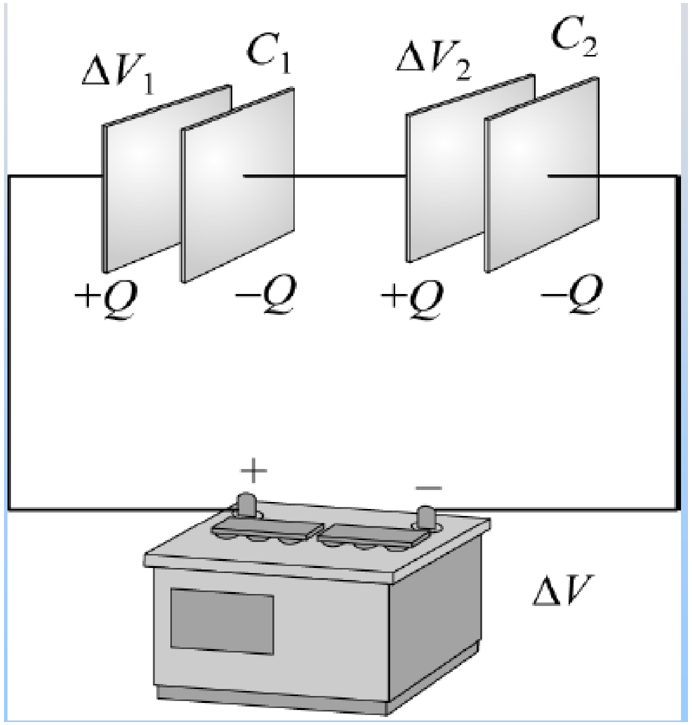
Mismo potencial

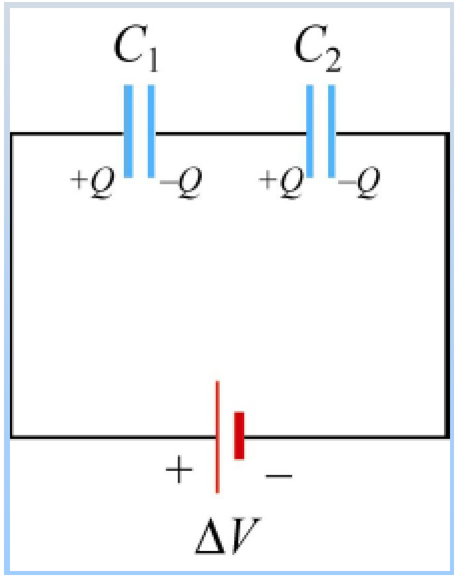
$$C_1 = \frac{Q_1}{\Delta V}, \quad C_2 = \frac{Q_2}{\Delta V}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1 \Delta V + C_2 \Delta V$$
$$= (C_1 + C_2)\Delta V$$

$$\boxed{C_{eq} = \frac{Q}{\Delta V} = C_1 + C_2}$$

Capacitores en serie





$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

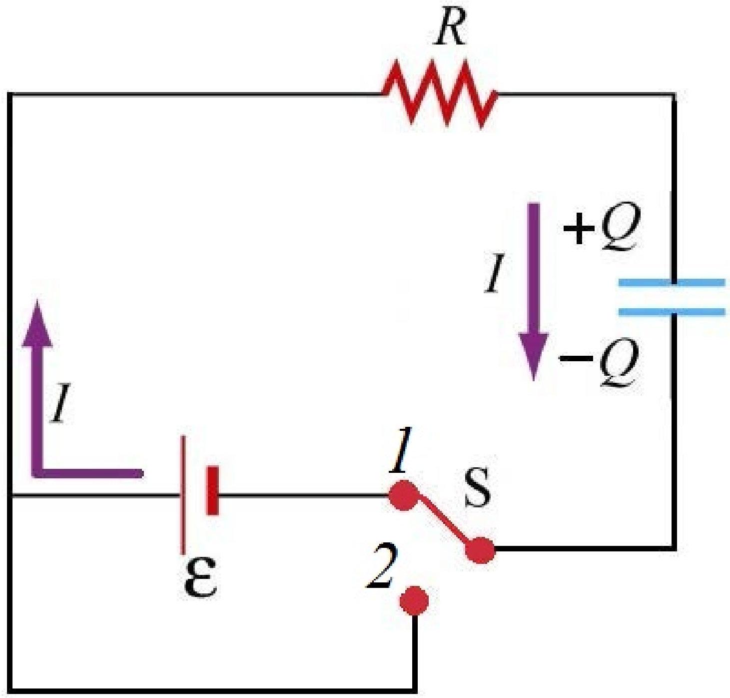
$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

$$\Delta V = \frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

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

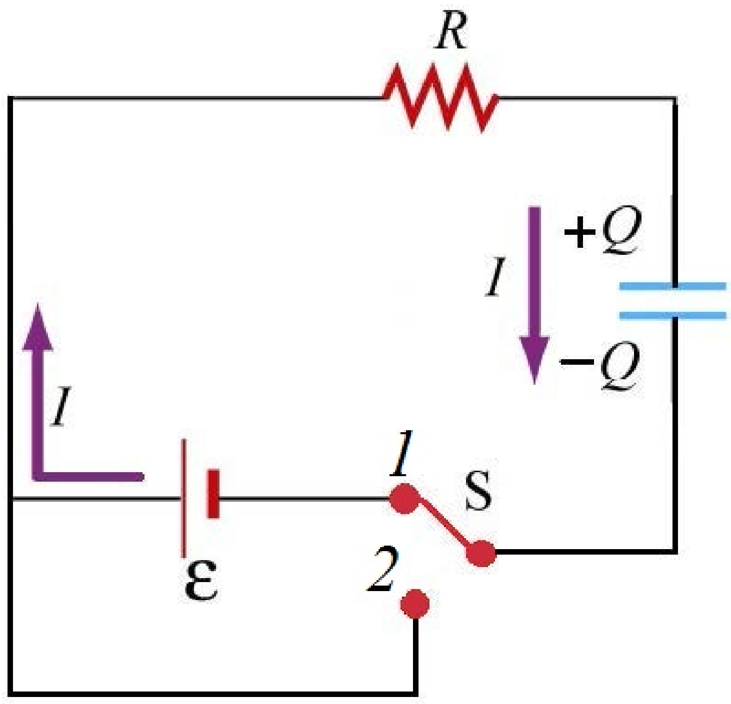
Circuitos RC serie

Supongamos que partimos de un circuito con el capacitor descargado



¿Qué pasa cuando se conecta el interruptor en el punto 1?

¿Qué pasa si ahora se conecta el interruptor en el punto 2?

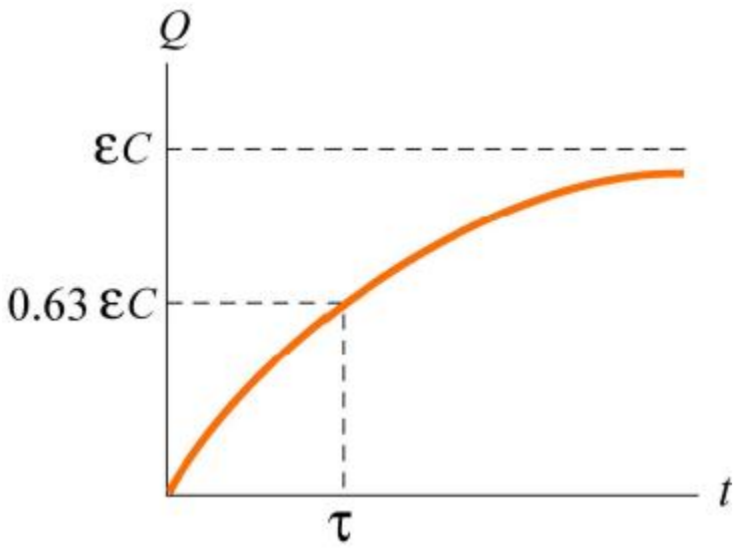


$$\sum_i \Delta V_i = \varepsilon - \frac{Q}{C} - \frac{dQ}{dt} R = 0$$

$$\frac{dQ}{dt} = - \frac{1}{RC}\left(Q - C\varepsilon\right)$$

$$Q(t) = C\mathcal{E}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

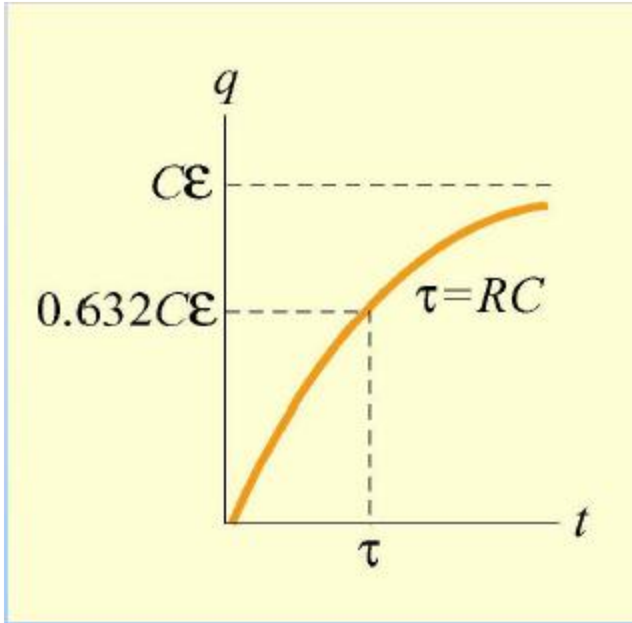
Solución de la Ec. diferencial para la carga.

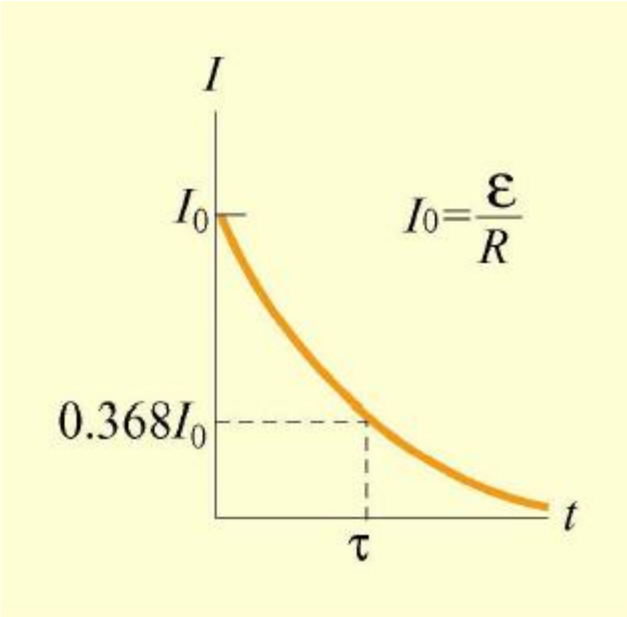


$$Q(t) - C\boldsymbol{\mathcal{E}}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

τ = RC

Constante de tiempo

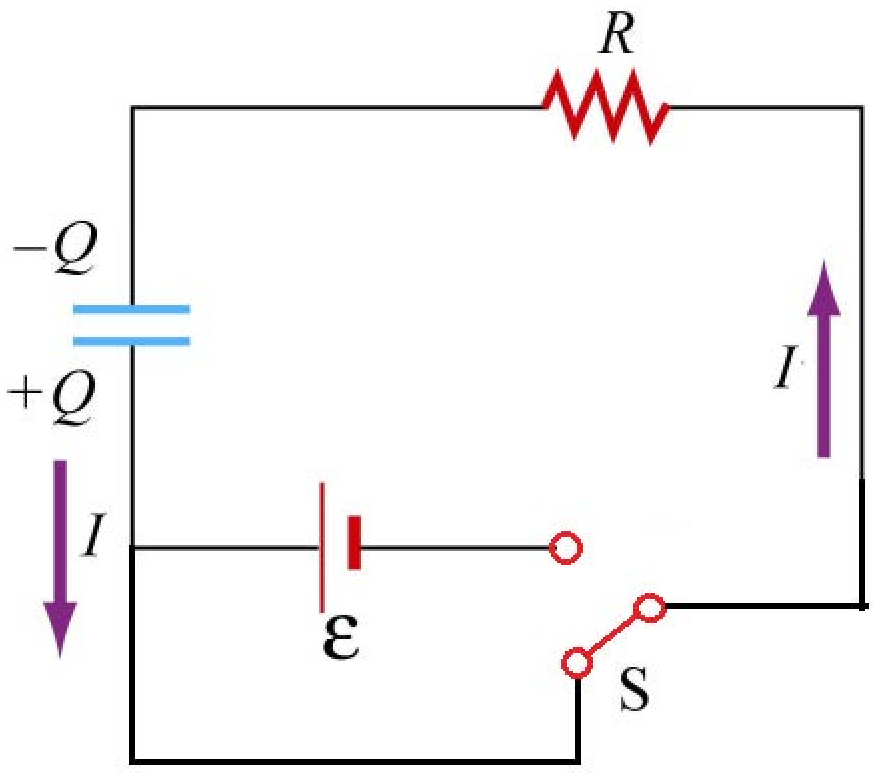


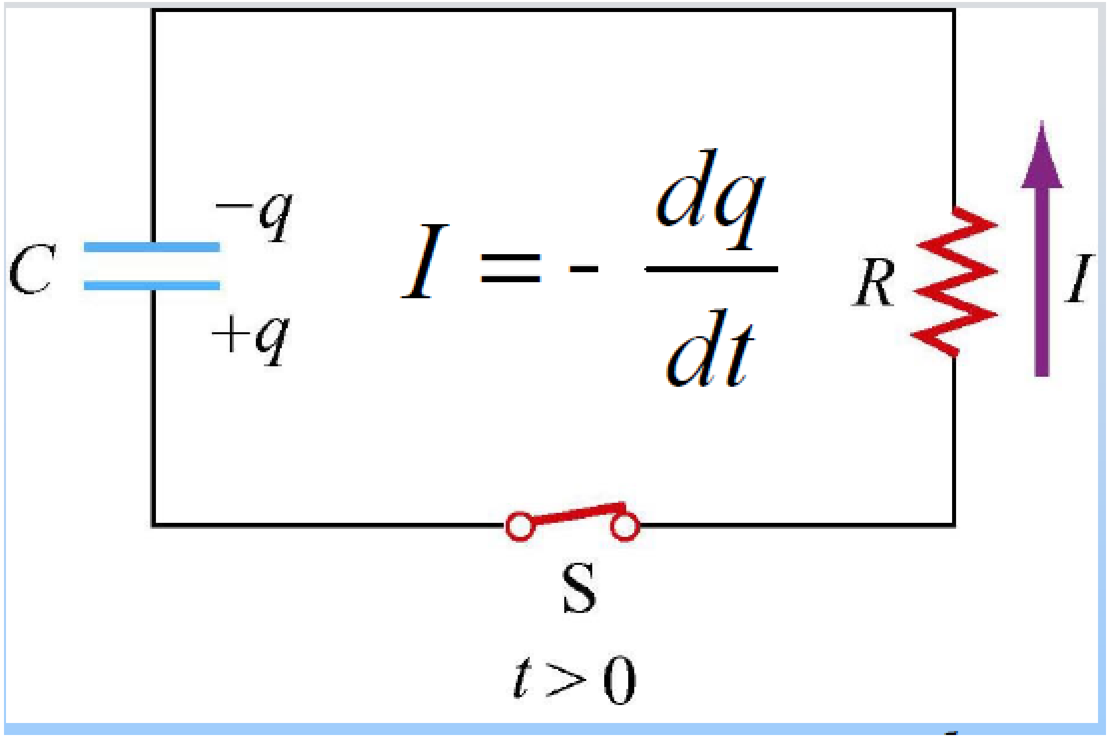


$$Q = C\mathcal{E}\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{R}e^{-t/RC}$$

Descarga del capacitor

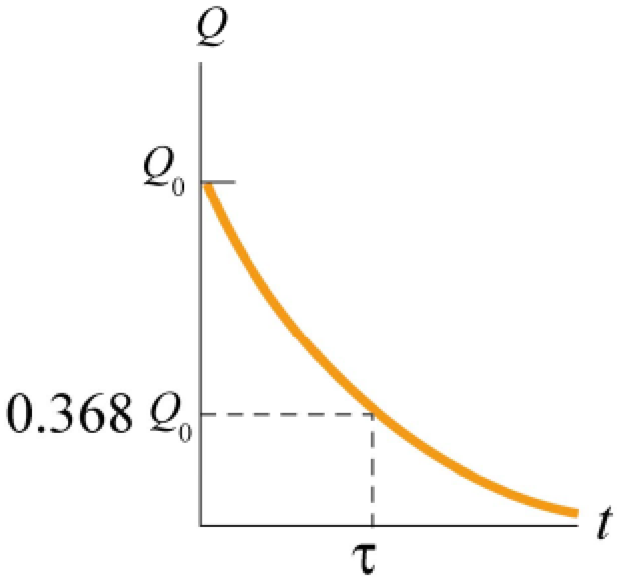




$$\sum_i \Delta V_i = \frac{q}{C} - IR = 0 \quad \sum_i \Delta V_i = \frac{q}{C} + \frac{dq}{dt} R = 0$$

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{RC}Q$$

$$Q(t) = Q_o e^{-t/\tau}$$



τ = RC

Constante de tiempo

¡¡¡Fin clase 3 de 8!!!