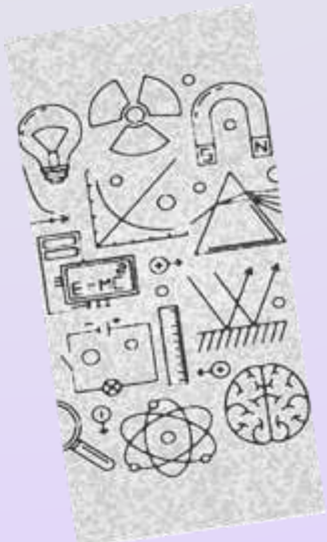
Departamento de Física
Universidad de Jaén

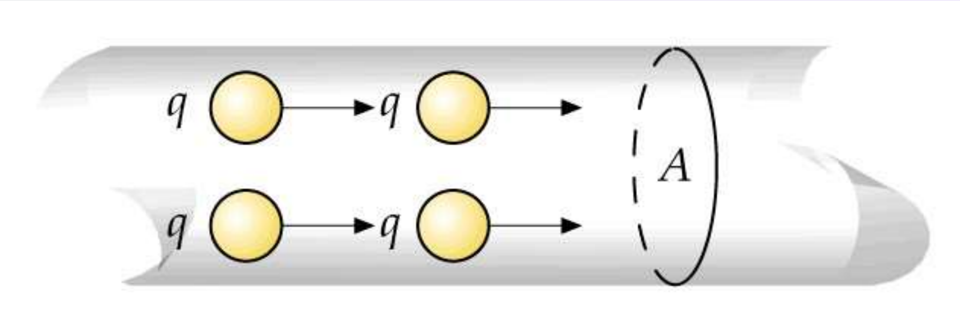
Electricidad

- ✓ **Campo Eléctrico**
- ✓ **Campo Eléctrico en la materia**
- ✓ Corriente Eléctrica



1- Introducción

Corriente Eléctrica: se define como el flujo de cargas eléctricas que por unidad de tiempo atraviesan un área transversal.

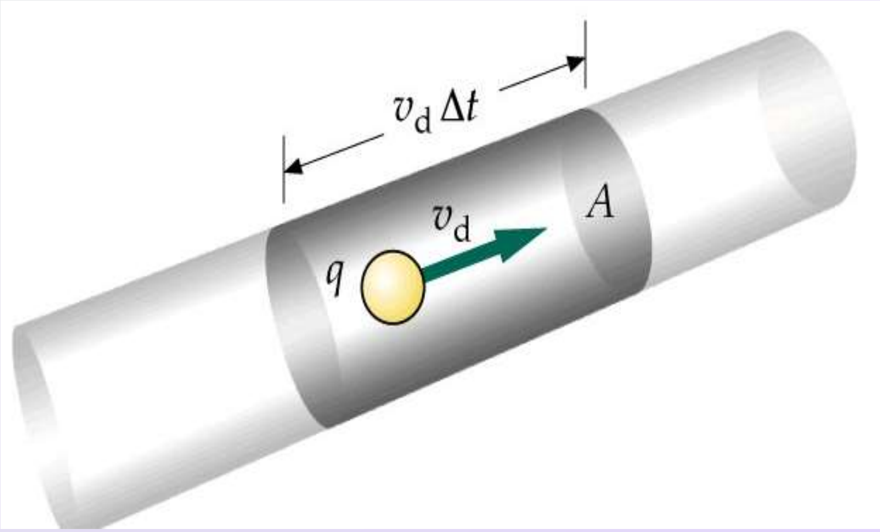


$$I = \frac{dq}{dt}$$

- Unidad en S.I.: $1\ C / 1\ s \equiv 1$ Amperio
- Se toma como sentido de la corriente el de las cargas positivas, aunque los que se mueven en realidad son los electrones dentro del conductor.

1 - Introducción

- Llamaremos Velocidad de desplazamiento "v_d" a la velocidad media de los portadores de carga,
- "n" a la densidad en volumen, y "e^-" a la carga de los mismos.



- La carga contenida en un trozo de tubo:

$$dq = n\, e^-\, S\, v_d\, dt$$

- La corriente eléctrica:

$$\boxed{I = n\, e^-\, S\, v_d}$$

- Y se define la densidad de corriente eléctrica:

$$\vec{J} = \frac{I}{S} = n\, e^-\, \vec{v}_d \Rightarrow \boxed{I = \int_S \bar{J} \cdot d\bar{S}}$$

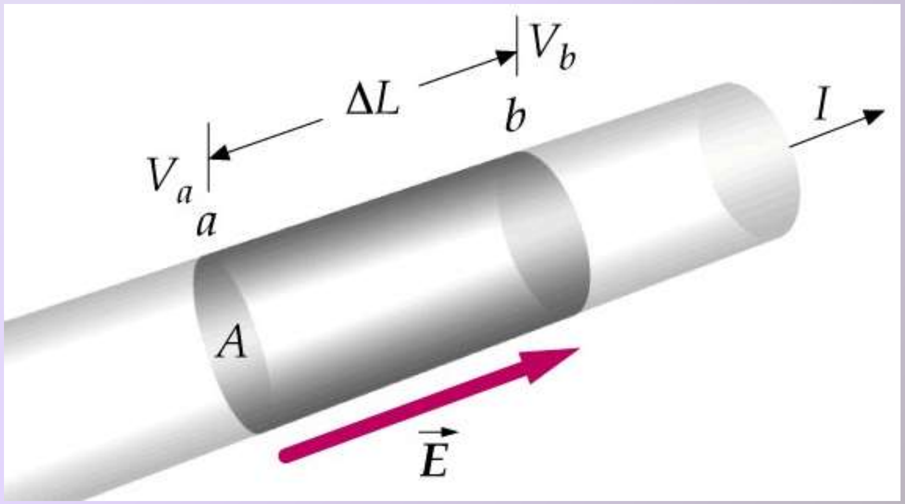
2 - Ley de Ohm

- Para mantener la velocidad de las cargas hay que gastar energía, manteniendo una fuerza sobre ellas.
- Para esto deberemos aplicar un campo Eléctrico, que produce una densidad de corriente proporcional al campo aplicado: $\bar{J} \propto \bar{E}$
- La cte. de proporcionalidad σ, se llama Conductividad;

y su inverso ρ , Resistividad. Así, queda:

$$\bar{E} = \rho \cdot \bar{J}$$

- Aplicamos esta ley al caso particular de un conductor en forma de hilo:



2 - Ley de Ohm

- Aplicamos, primero, la relación entre el campo y el potencial:

$$\int_a^b \overline{E} \cdot d\bar{l} = -\int_a^b dV = V_1 - V_2 = \Delta V$$

- Por otro lado, aplicando la ley de Ohm:

$$\int_a^b \overline{E} \cdot d\bar{l} = \int_a^b \rho\, \bar{J} \cdot d\bar{l} = \rho \int_a^b J \cdot dl = \rho\, J\, (l_b - l_a) = \rho \frac{I}{S} \Delta L$$

- Uniendo las dos expresiones: $\Delta V = I \rho \dfrac{\Delta L}{S}$

- Definimos la Resistencia del hilo:

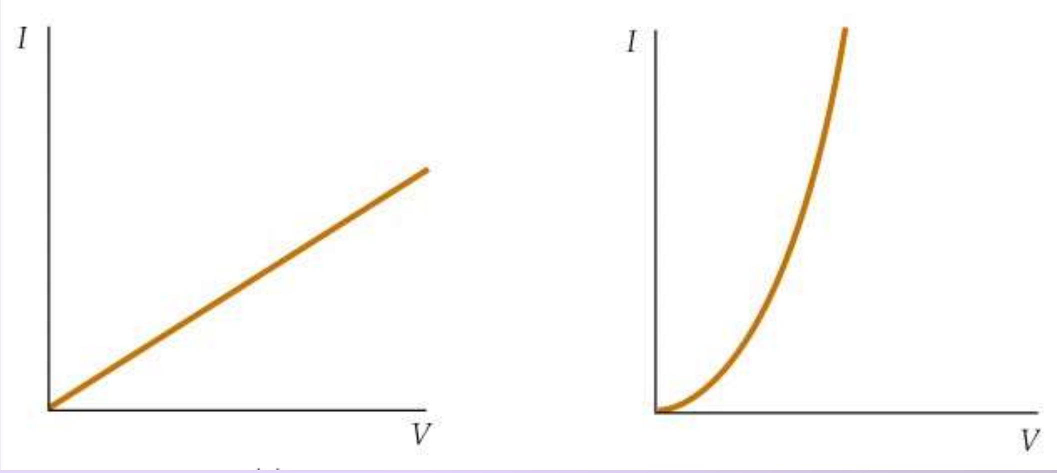
$$\boxed{R = \rho \frac{\Delta L}{S}}$$

$$\Delta V = I\, R$$

2 - Ley de Ohm

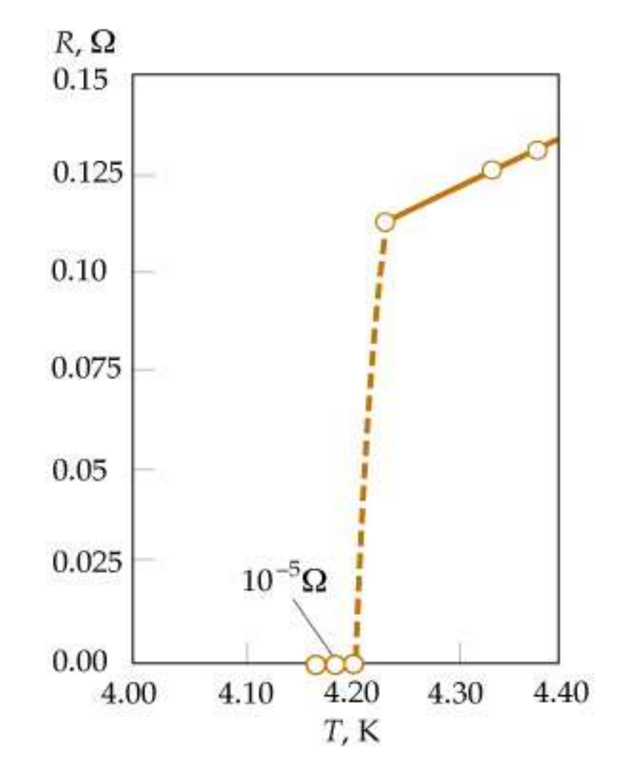
- Unidades:
    - Resistencia: 1 Volt / 1 Amp $\equiv$ 1 Ω (ohmio)
    - Resistividad: 1 Ω 1 m^2 / 1 m $\equiv$ 1 Ω m
    - Conductividad: 1 Ω^{-1} m^{-1} $\equiv$ 1 S/m (Siemens)

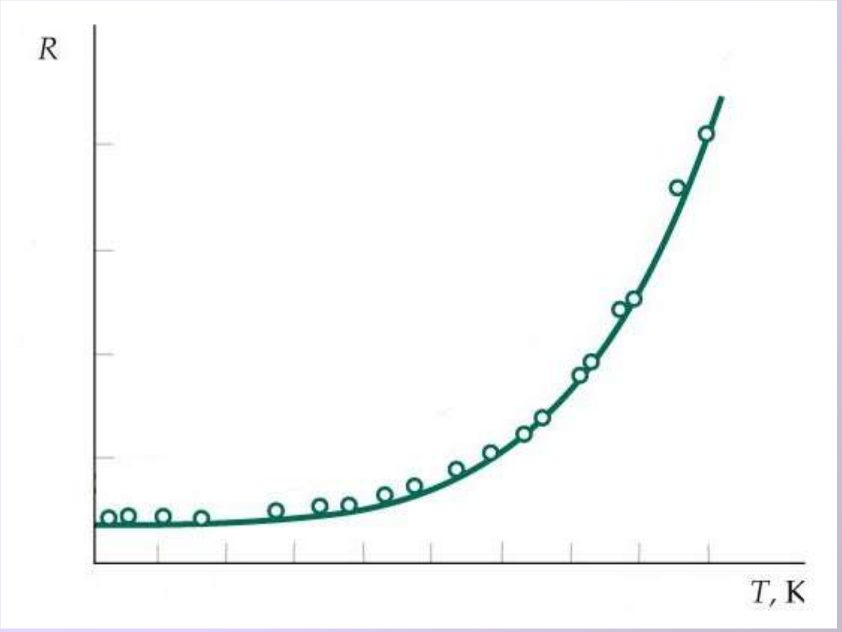
- Vemos las relaciones entre potencial e intensidad para materiales óhmicos y no óhmicos.



2 - Ley de Ohm

La resistividad de los metales depende de la temperatura de estos:





- Superconductividad
- Parte alta: $\rho_t = \rho_0 [1 + \alpha (T-T_0)]$

3 - Efectos de la corriente eléctrica

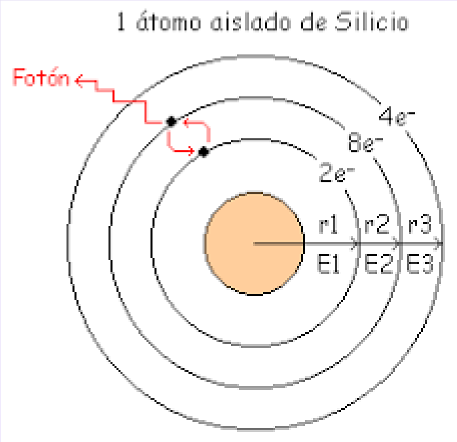
- **Efecto Joule**: La corriente eléctrica es movimiento de electrones, acelerados por un campo eléctrico y frenados por choques con los átomos del material, quedando la velocidad de desplazamiento media de valor constante. La energía cinética perdida en los choques se desprenden en forma de calor:

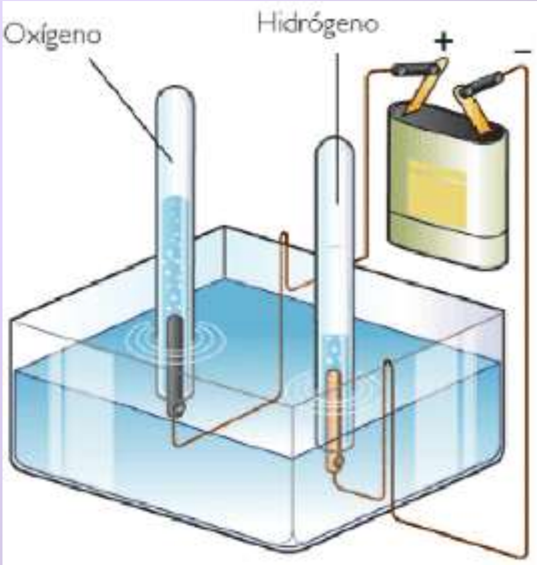
$$dQ = dW = dq\,V = I\,V\,dt \quad \Rightarrow \quad \boxed{Q = I\,V\,\Delta t}$$

$$\boxed{Pot = I\,V}$$

$$Q = I^2\,R\,\Delta t = \frac{V^2}{R}\Delta t$$

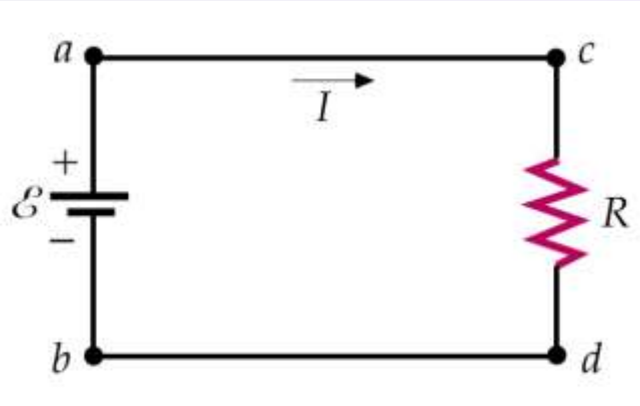
- **Efecto Magnético**
- **Efecto Químico** (Electrólisis)
- **Efecto Luminoso**

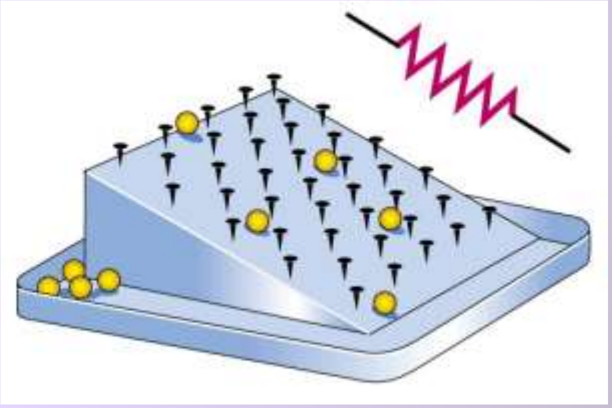




5 - Fuerza Electromotriz

- Para mantener una corriente eléctrica se necesita gastar cierta energía, llamaremos Generador de Fuerza Electromotriz (fem) al aparato que suministre esa energía.
- Este generador realiza trabajo sobre la carga que pasa a su través, elevando la energía potencial de la carga.

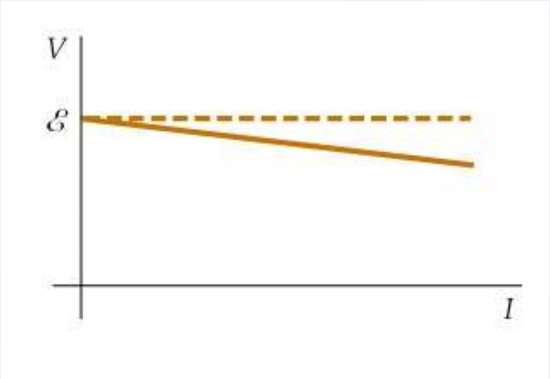


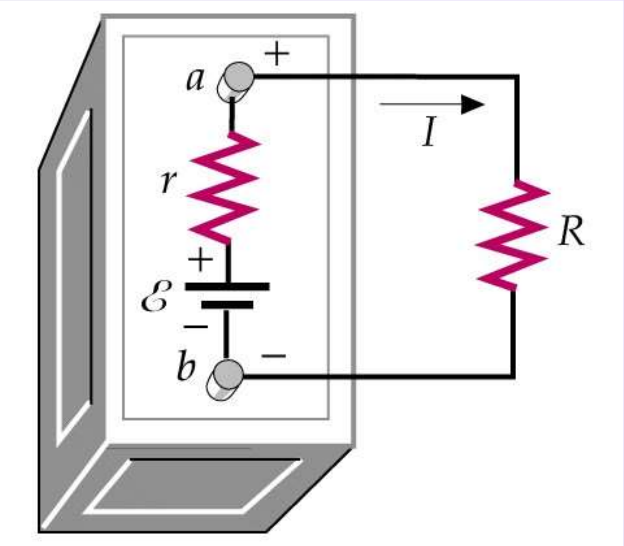


- El trabajo por unidad de carga recibe el nombre de fem, ε, de la fuente.

4 - Fuerza Electromotriz

- En un generador real:





$$V_{ab} = \varepsilon - I\, r_i$$

- Si $r_i = 0 \Rightarrow V_{ab} = \varepsilon$
- Si $I = 0$ (circuito abierto) $\Rightarrow V_{ab} = \varepsilon$
- En el circuito cerrado $\Rightarrow V_{ab} = \varepsilon - I\, r_i = I\, R \Rightarrow$

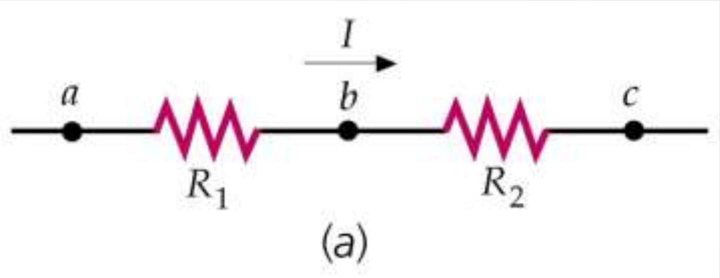
$$I = \frac{\sum \varepsilon_i}{\sum R_i}$$

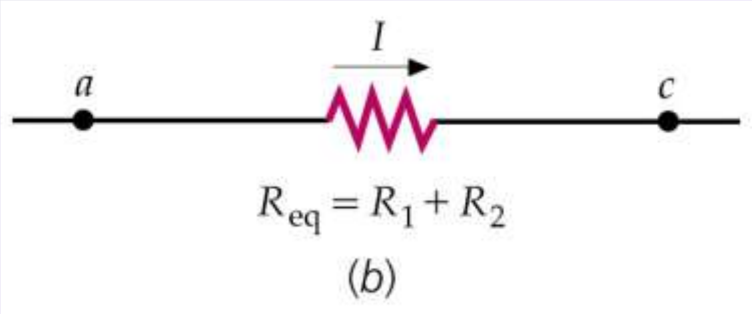
- Motores: consumen fem, ε':

$$I = \sum \varepsilon_i - \sum \varepsilon'_i \Big/ \sum R_i$$

5 - Asociación de Resistencias

- Serie





La Intensidad de corriente circula igual por las dos resistencias:

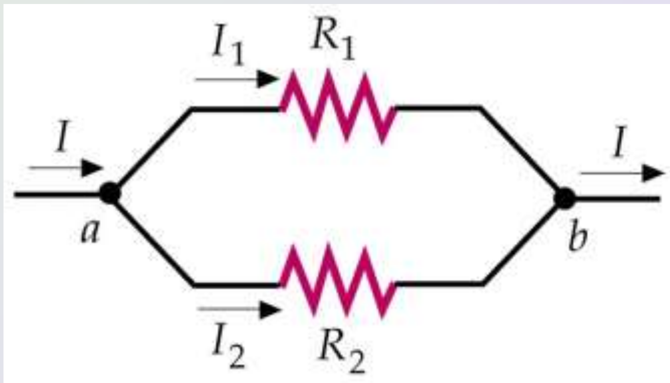
$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc} = I\,R_1 + I\,R_2$$

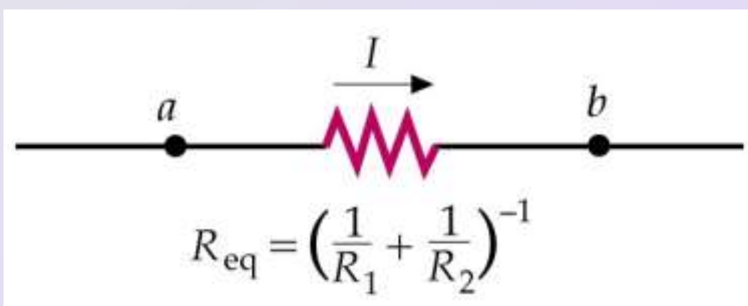
$$V_{ac} = I\,(R_1 + R_2)$$

$$\boxed{R_{eq} = \sum_i R_i}$$

5 - Asociación de Resistencias

- Paralelo





La diferencia de potencial en ambas resistencias es la misma, y la Intensidad de corriente total es la suma :

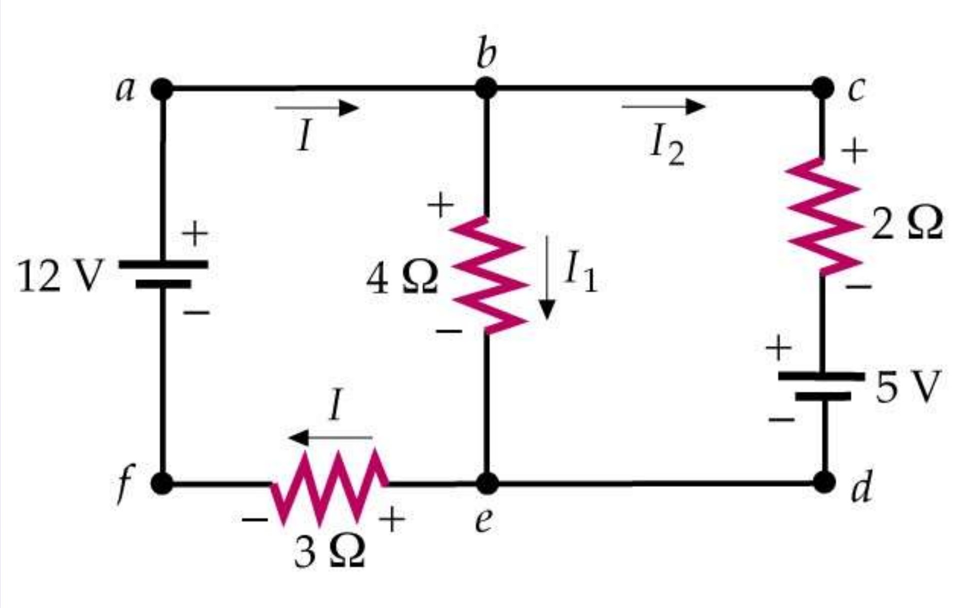
$$I = I_1 + I_2 = \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{ab}}{R_2}$$

$$\frac{I}{V_{ab}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_{eq}}$$

$$\boxed{\frac{1}{R_{eq}} = \sum_i \frac{1}{R_i}}$$

6 - Leyes de Kirchoff

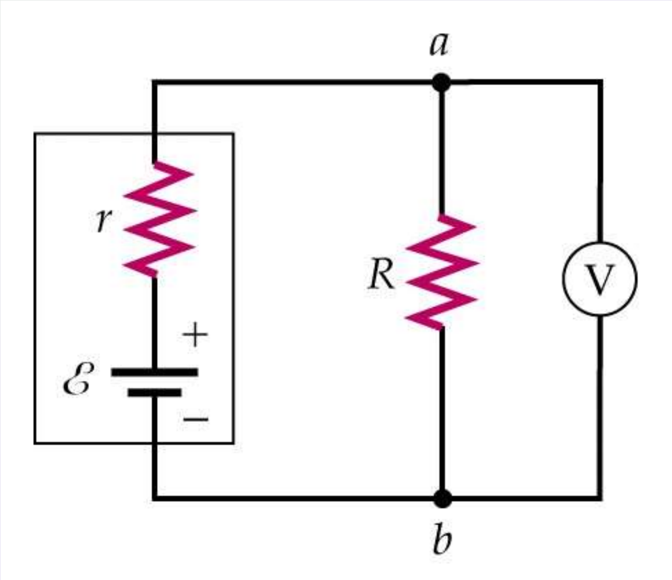
- Conceptos previos: **Nudo Malla Rama**
  - Primera Ley de Kirchoff: $\sum I_i \text{ (Nudo)} = 0$
  - Segunda Ley de Kirchoff: $\sum V_i \text{ (Malla)} = \sum \varepsilon_i - \sum I_i R_i = 0$

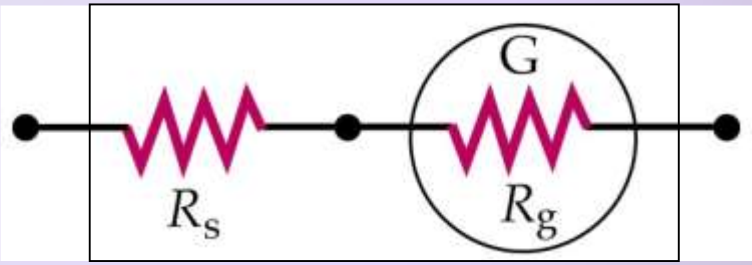


Simulación

7 - Galvanómetros

Voltímetro: Mide la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito, por tanto, se conecta en paralelo a esos dos puntos.

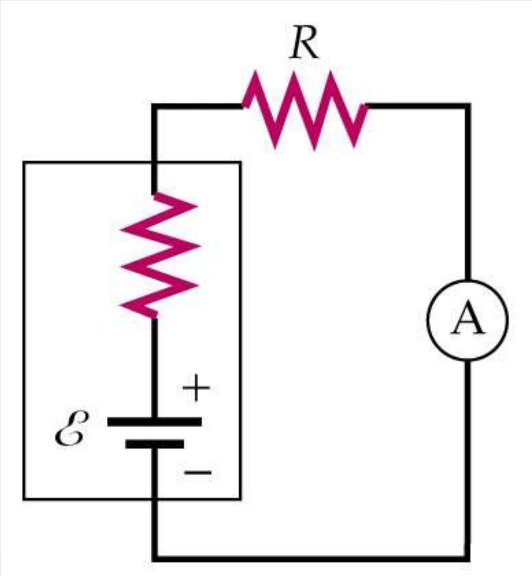


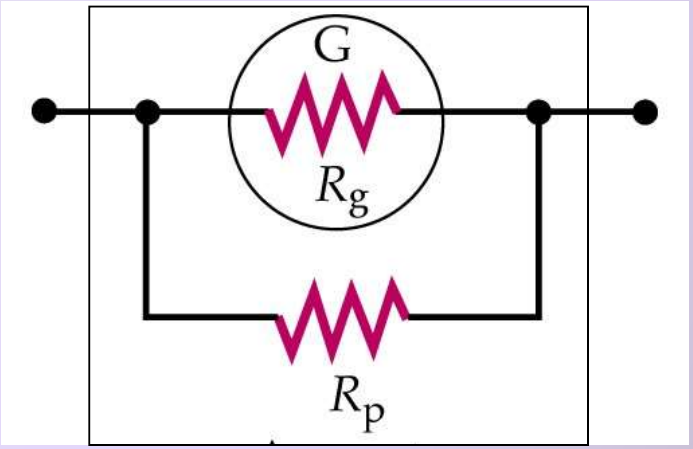


Para esto se usa un Galvanómetro: dispositivo sensible al paso de corriente a través de él, con una gran resistencia en serie (R_s), para que la I que pase por el voltímetro sea pequeña.

7 - Galvanómetros

<u>Amperímetro</u>: Mide la intensidad de corriente en una rama del circuito, por tanto, se conecta en serie dentro de esa rama.

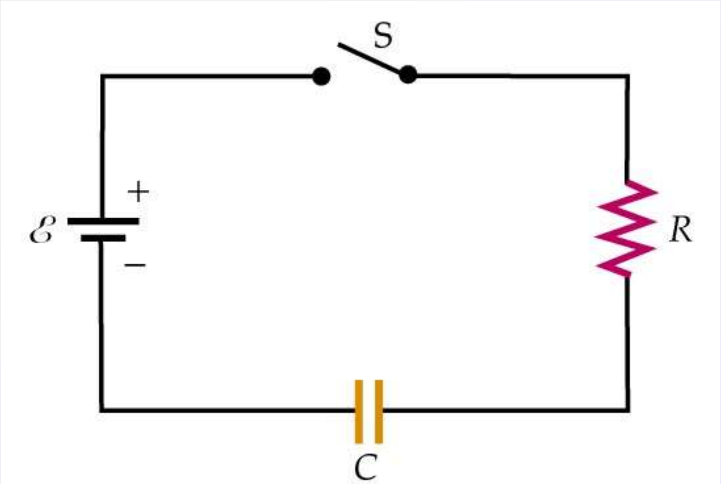




Para esto se usa un Galvanómetro, con una pequeña resistencia en paralelo (R_p) (resistencia shunt), para que la I que pase por el amperímetro sea pequeña.

8 - Circuito RC

- Analizamos el proceso de Carga de un condensador:



- Iniciamos con el condensador descargado: $q = 0$ en $t = 0$; conectando el interruptor S.
- Aplicamos la 2ª Ley de Kirchoff en esta malla.

$$\varepsilon - I\,R_1 - \frac{q}{C} = 0$$

Simulación

$$\varepsilon - \frac{dq}{dt} R_1 - \frac{q}{C} = 0 \quad \Rightarrow \quad \varepsilon C - \frac{dq}{dt} R_1 C = q$$

8 - Circuito RC

- La ecuación que obtenemos es una ecuación diferencial de primer orden y de variables separables, que se resuelve integrando:

$$\int \frac{dq}{\varepsilon C - q} = \int \frac{dt}{R_1 C} \quad \Rightarrow \quad -\ln(\varepsilon C - q) = \frac{t}{R_1 C} + Cte$$

- Aplicamos las condiciones iniciales para obtener la constante:

$$q\,(t = 0) = 0 \quad \Rightarrow \quad -\ln(\varepsilon C) = Cte$$

$$\ln(\varepsilon C - q) - \ln(\varepsilon C) = -\frac{t}{R_1 C} \qquad \ln\left(1 - \frac{q}{\varepsilon C}\right) = -\frac{t}{R_1 C}$$

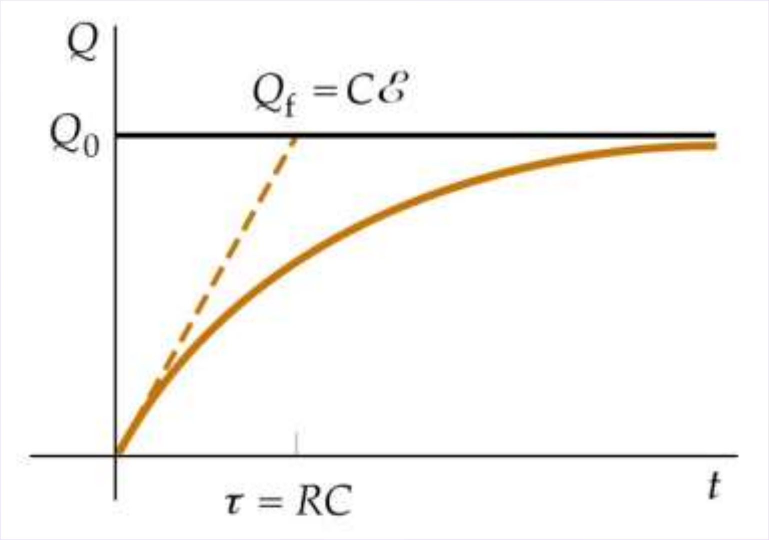
$$I = \frac{dq}{dt}$$

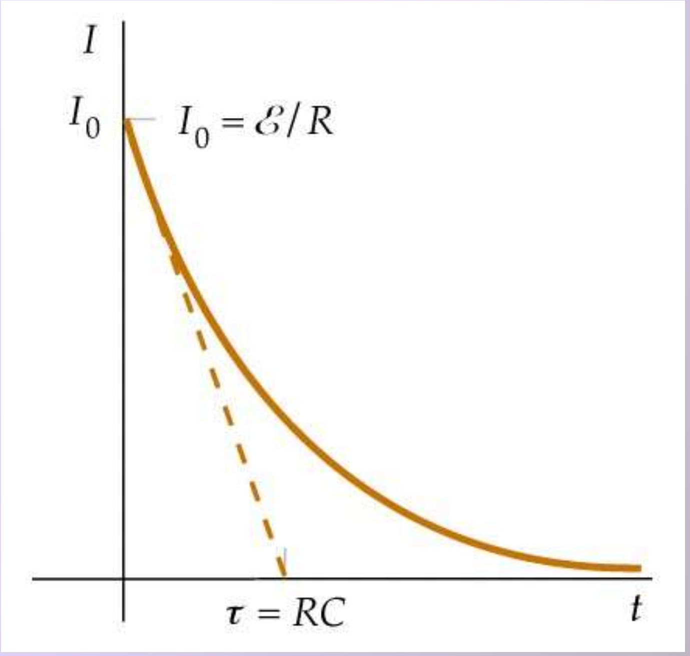
- $\tau = RC \rightarrow$ Cte. de tiempo

8 - Circuito RC

$$q = \varepsilon C \left(1 - e^{-t/R_1 C}\right)$$

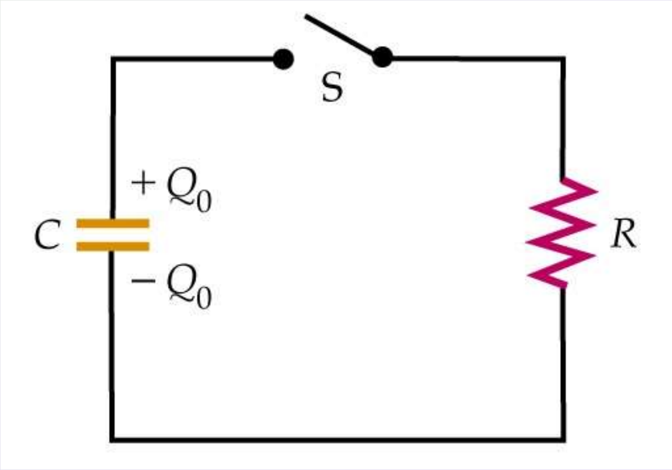
$$I = \frac{\varepsilon}{R_1} e^{-t/R_1 C}$$





8 - Circuito RC

- Analizamos el proceso de Descarga de un condensador:



- Iniciamos con una carga inicial:
  $q = q_0$ en $t = 0$;
  cuando se conecta el interruptor S.

- Aplicamos la 2ª Ley de Kirchoff en esta malla.

$$\frac{q}{C} + I R_2 = 0$$

$$I = \frac{-q}{CR_2} = \frac{dq}{dt} \Rightarrow \int \frac{dq}{q} = -\int \frac{dt}{R_2 C} \Rightarrow$$

8 - Circuito RC

- Ecuación diferencial de primer orden y de variables separables, que se resuelve también integrando:

$$\ln q = -\frac{t}{R_2 C} + Cte$$

- Aplicamos las condiciones iniciales para obtener la constante:

$$q\,(t = 0) = q_0 \quad \Rightarrow \quad \ln q_0 = Cte$$

$$\ln q - \ln q_0 = -\frac{t}{R_2 C} \quad \Rightarrow \quad \ln\left(\frac{q}{q_0}\right) = -\frac{t}{R_2 C}$$

- $\tau = R_2\, C \rightarrow$ Cte. de tiempo de descarga

8 - Circuito RC

$$q = q_0 \; e^{-t/R_2 C}$$

$$I = -\frac{q_0}{R_2 C} \; e^{-t/R_2 C}$$