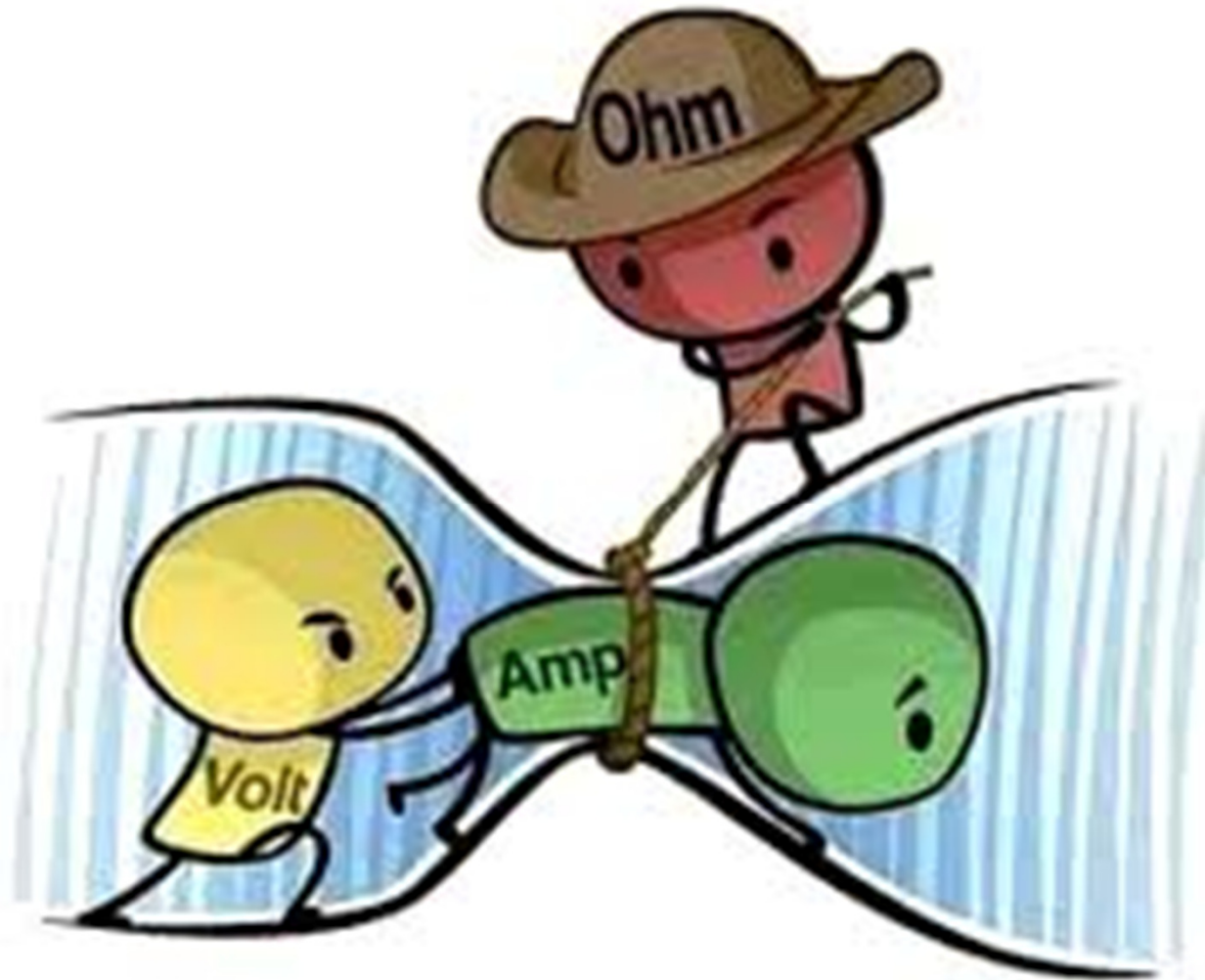


Corriente, Resistencia y Ley de Ohm



Corriente Eléctrica

- Una **corriente eléctrica** consiste en cargas en movimiento de una región a otra.
 - Cuando este desplazamiento tiene lugar en una trayectoria de conducción cerrada, ésta trayectoria recibe el nombre de **circuito eléctrico**.
 - En situaciones electrostáticas, el campo eléctrico dentro del conductor es cero. Pero ¿Qué pasa si se establece un campo eléctrico \vec{E} constante y estable dentro del conductor?
- ➔ Los e^- libres sufrirían una fuerza $\vec{F} = -e\vec{E}$ que los aceleraría. En el vacío los e^- adquirirían una gran velocidad ($\sim 10^6 m/s$). Pero dentro del conductor experimentan colisiones frecuentes con los iones masivos y casi estacionarios del material. El resultado es un movimiento neto muy lento ($\sim 10^{-4} m/s$), llamado “**deriva**”, en el que las cargas se desplazan como un grupo en la dirección de la fuerza \vec{F} .

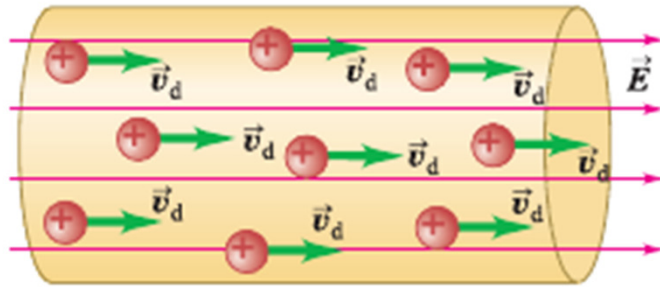
Corriente Eléctrica

◆ DIRECCIÓN DEL FLUJO DE CORRIENTE

- En distintos materiales que conducen corriente, las cargas móviles pueden ser positivas o negativas. En los metales, las cargas móviles son los e^- , pero en un gas ionizado (plasma) o una solución iónica, las cargas móviles incluyen tanto e^- como iones positivos.
- Convención: definimos que la corriente, denotada por i , va en la dirección en la que hay flujo de carga positiva.
- Es común referirse a una carga en movimiento (ya sea positiva o negativa) como “portador de carga móvil”

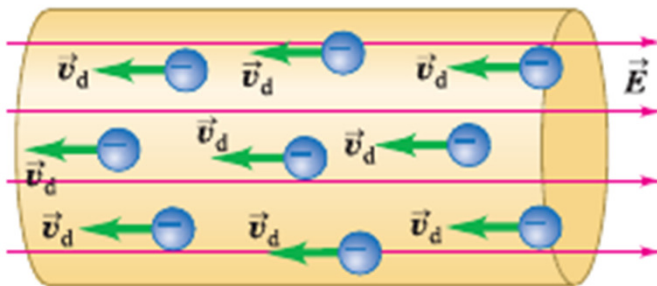
Corriente Eléctrica

a)



Una corriente convencional es tratada como un flujo de cargas positivas, sin importar si las cargas libres en el conductor son positivas, negativas o ambas.

b)



En un conductor metálico, las cargas en movimiento son electrones, pero la corriente aún apunta en la dirección en que fluirían las cargas positivas.

- Las corrientes se describen como si consistieran por completo de flujo de cargas positivas, aún en los casos que se sabe que la corriente real se debe al movimiento de los e^- (v_d = velocidad de deriva)

- Definición:** Si A es el área transversal al movimiento de las cargas, y dq es la cantidad de carga que pasa por A en un tiempo dt , entonces la “**intensidad de corriente**” i se define como:

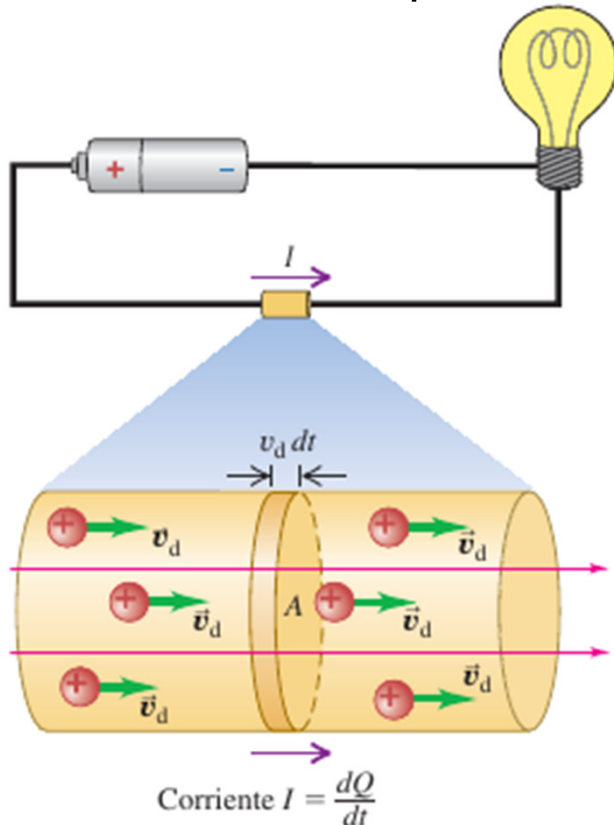
$$i = \frac{dq}{dt}$$

- Unidades:** $[i] = \frac{[q]}{[t]} = \frac{C}{s} = A \text{ (Ampere)}$

Corriente Eléctrica

♦ MODELO MICROSCÓPICO DE LA CORRIENTE

Consideremos un cable conductor, de sección transversal A , en el cual existe un campo \vec{E} como muestra la figura:



- Supondremos que las cargas móviles son positivas \rightarrow la v_d tiene la misma dirección de \vec{E} .
- En un tiempo dt , la cantidad de carga que pasa por A es la que está contenida en el cilindro de largo $dx = v_d dt$.
- Si n = densidad de portadores de carga (es decir, la cantidad de portadores de carga por unidad de volumen), y q es la carga de cada portador, entonces:

$$dq = nVq = nAdxq = nqAv_d dt$$



$$i = \frac{dq}{dt} = nqAv_d$$

Corriente Eléctrica

- **Ejemplo 1:** Un alambre de cobre de 2mm de diámetro porta una corriente de 10A . Si la densidad del cobre es $\rho = 8.92\text{gr/cm}^3$ y su masa molar es $M = 63.5\text{gr/mol}$, ¿Cuál es la velocidad de deriva de los e^- dentro del cable?

Solución: datos: $\rho = 8920 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ $M = 0.0635 \frac{\text{Kg}}{\text{mol}}$ $r = 1 \times 10^{-3}\text{m}$

Sabemos que: $i = nAqv_d$

con $q = e, A = \pi r^2 = 3.14 \times 10^{-6}\text{m}^2, i = 10\text{A}$.

Tenemos dos incógnitas: n y v_d .

Sabemos que: $\rho = \frac{m}{V}$. Si pensamos en un mol de cobre:

$$8920 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = \frac{0.0635\text{Kg}}{V} \rightarrow V = 7.12 \times 10^{-6}\text{m}^3$$

Corriente Eléctrica

En ese volumen hay 6.02×10^{23} átomos de cobre. Cada átomo aporta un electrón de conducción \rightarrow en $7.12 \times 10^{-6} m^3$ hay 6.02×10^{23} portadores de carga. Por lo tanto:

$$n = \frac{6.02 \times 10^{23}}{7.12 \times 10^{-6} m^3}$$

Como: $i = nAqv_d \Rightarrow v_d = \frac{i}{nqA}$



$$v_d = 2.35 \times 10^{-4} m/s$$

Ley de Ohm

Definición: La corriente por unidad de área de la sección transversal se denomina “**densidad de corriente**” j .

$$j = \frac{i}{A} = nqv_d$$

◆ RESISTENCIA Y LEY DE OHM

La densidad de corriente j en un conductor depende del campo eléctrico \vec{E} y de las propiedades del material. En general, esta dependencia es muy compleja, pero para ciertos materiales, a una temperatura dada, E es directamente proporcional a j :

$$E = \rho j \quad \text{Ley de Ohm}$$

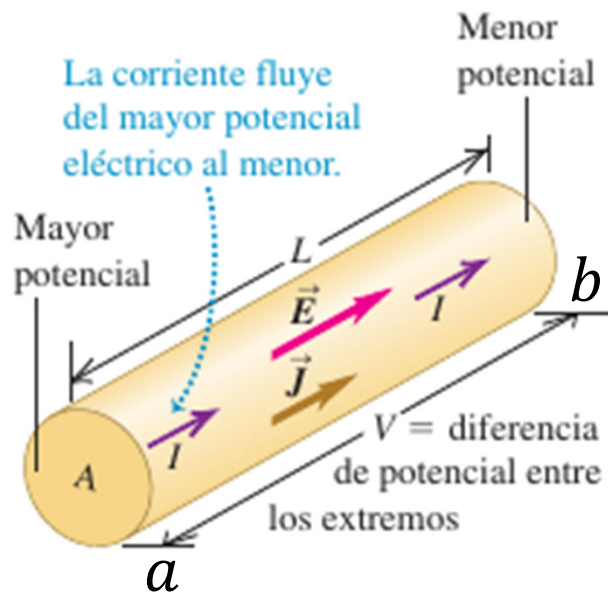
donde ρ es la “**resistividad**” del material.

Unidades: $[\rho] = \frac{V/m}{A/m^2} = \frac{V}{A}m$ pero $\frac{V}{A} = \Omega$ (Ohm) \Rightarrow $[\rho] = \Omega m$

Resistividades a temperatura ambiente (20 °C)

Sustancia			$\rho (\Omega \cdot \text{m})$	Sustancia			$\rho (\Omega \cdot \text{m})$
Conductores				Semiconductores			
Metales	Plata		1.47×10^{-8}	Carbono puro (grafito)		3.5×10^{-5}	
	Cobre		1.72×10^{-8}		Germanio puro		0.60
	Oro		2.44×10^{-8}		Silicio puro		2300
	Aluminio		2.75×10^{-8}	Aislantes	Ámbar		5×10^{14}
	Tungsteno		5.25×10^{-8}		Vidrio		$10^{10}-10^{14}$
	Acero		20×10^{-8}		Lucita		$>10^{13}$
	Plomo		22×10^{-8}		Mica		$10^{11}-10^{15}$
	Mercurio		95×10^{-8}		Cuarzo (fundido)		75×10^{16}
					Azufre		10^{15}
Aleaciones	Manganina (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni)		44×10^{-8}		Teflón		$>10^{13}$
	Constantán (60% Cu, 40% Ni)		49×10^{-8}		Madera		10^8-10^{11}
	Nicromel		100×10^{-8}				

Ahora bien, si hay un campo eléctrico \vec{E} , hay una diferencia de potencial entre los extremos del conductor:



$$\Delta V = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_a^b E dx = EL$$

$$\Rightarrow E = \frac{\Delta V}{L} \quad \text{Además: } j = \frac{i}{A} \text{ y } E = \rho j$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta V}{L} = \rho \frac{i}{A} \quad \Rightarrow \boxed{\Delta V = \frac{\rho L}{A} i}$$

Ley de Ohm

Llegamos a la expresión:

$$\Delta V = \frac{\rho L}{A} i$$

La cantidad $R = \frac{\rho L}{A}$ se denomina “**resistencia**” del cable.



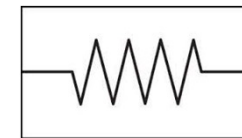
$$\Delta V = Ri$$

Otra forma de la Ley de Ohm

Nota: La resistividad (y por lo tanto la resistencia) depende de la temperatura.

Unidades: $[R] = \frac{[\rho][L]}{[A]} = \frac{\Omega \text{ m m}}{\text{m}^2} = \Omega$

El símbolo de resistencia en los diagramas de circuitos es:



Ley de Ohm

- **Ejemplo 2:** Calcular:

- a) La resistencia de un cable de cobre de 10cm de longitud y 2mm de diámetro.
- b) La intensidad de corriente si el cable se somete a una diferencia de potencial de 20mV .
- c) La densidad de corriente.
- d) El campo eléctrico dentro del cable.

♦ **POTENCIA DISIPADA POR UN RESISTOR**

Consideremos la tasa a la cual el sistema pierde energía potencial eléctrica a medida que una carga Q pasa a través del resistor:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d}{dt}(Q\Delta V) = \frac{dQ}{dt}\Delta V = i\Delta V$$



$$Potencia = i\Delta V = i^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

Ley de Ohm

- **Ejemplo 3:** Un calentador eléctrico consiste de una resistencia de 8Ω a la que se le aplica una diferencia de potencial de $120V$.
 - a) Encontrar la corriente que circula por el resistor.
 - b) Calcular la potencia disipada por el resistor.
 - c) Si el 90% de la potencia disipada se convierte en calor, calcular en cuánto se elevaría la temperatura de $1L$ de agua en $30s$.