



FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO 2017

SEXTA CLASEContinuación

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

Electrostática

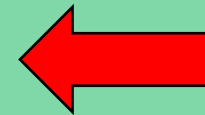
Cargas – Campo Eléctrico – Ley de Gauss

Potencial Eléctrico

Campo eléctrico en los conductores

Campos eléctricos en la materia

Corrientes eléctricas – Circuitos



Campo magnético – Ley de Ampere

Ley de Gauss para el campo magnético

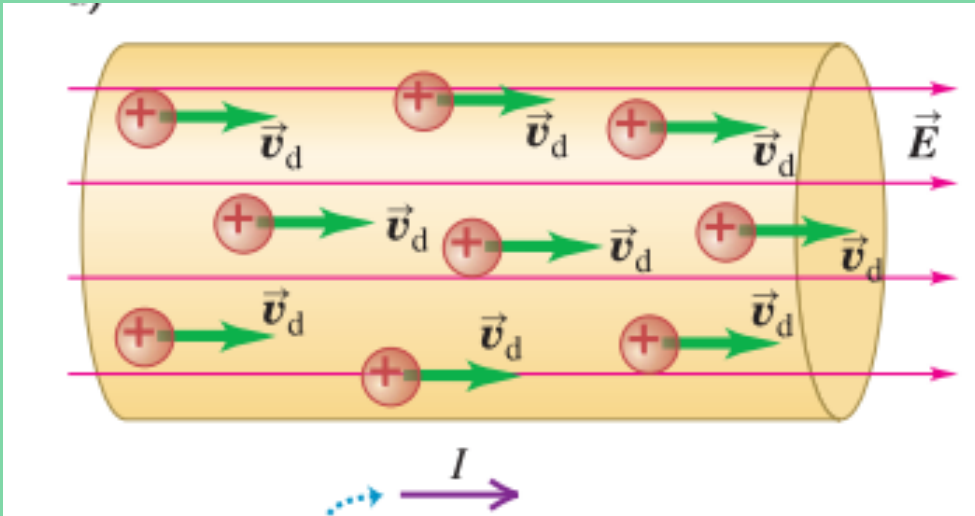
Campos magnéticos en la materia

Fuerza electromotriz inducida – Ley de Faraday

Circuitos de corriente alterna

Corriente eléctrica

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



**Carga total por
unidad de tiempo
que atraviesa una
superficie**

Unidad de I

$$1 \text{ amperio} = \frac{1 \text{ culombio}}{1 \text{ segundo}} ; 1 \text{ A} = 1 \text{ C/s.}$$

**Algunos
números.....**

miliampere $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$

microampere $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

nanoamperes ($1 \text{ nA} = 10^{-9} \text{ A}$)

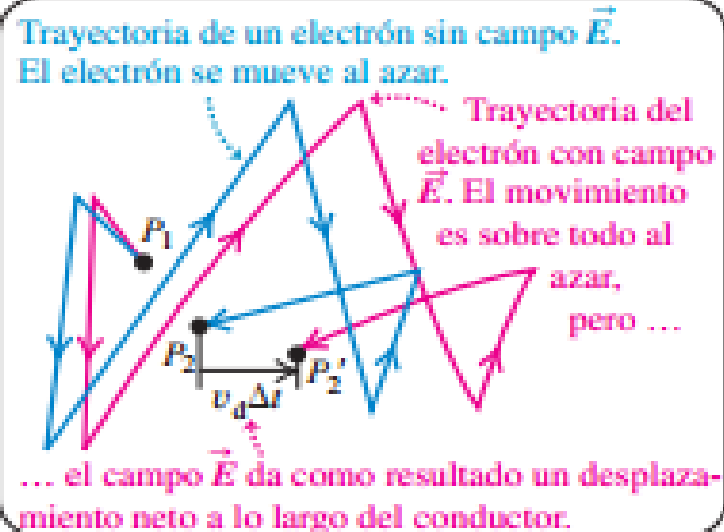
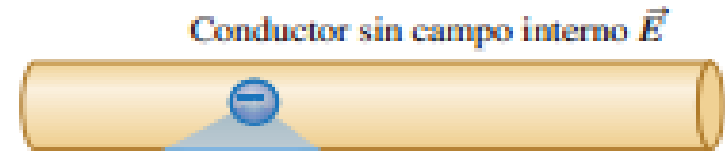
picoamperes ($1 \text{ pA} = 10^{-12} \text{ A}$),

**corrientes en los circuitos de
radio y televisión**

**corrientes en los circuitos de
computadoras**

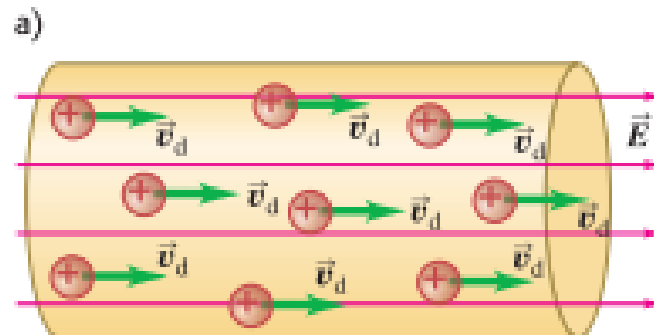
Si no hay campo eléctrico en el interior de un conductor, un electrón se traslada al azar del punto P_1 al punto P_2 en el momento Δt . Si está presente un campo eléctrico \vec{E} , la fuerza eléctrica $\vec{F} = q\vec{E}$ impone una pequeña deriva (muy exagerada en la ilustración) que lleva al electrón al punto P'_2 , a una distancia $v_d\Delta t$ de P_2 en dirección de la fuerza.

La corriente I es la tasa de transferencia de carga a través del área de la sección transversal A . En promedio, la componente aleatoria del movimiento de cada partícula con carga es cero, y la corriente va en la misma dirección de \vec{E}

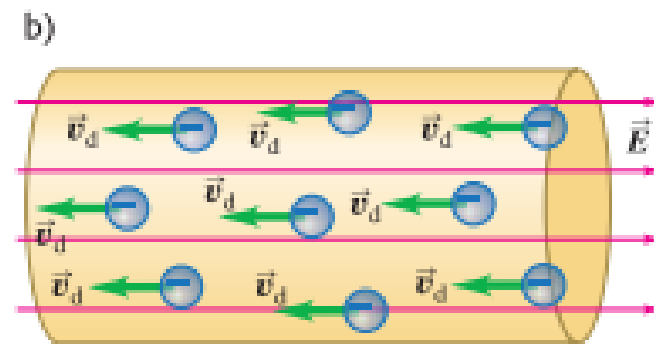


Un electrón tiene carga negativa q , por lo que la fuerza sobre él debida al campo \vec{E} es en la dirección opuesta a \vec{E} .

La misma corriente es producida por a) cargas positivas que se trasladan en dirección del campo eléctrico \vec{E} , o b) el mismo número de cargas negativas que se desplazan con la misma rapidez en la dirección opuesta a \vec{E} .

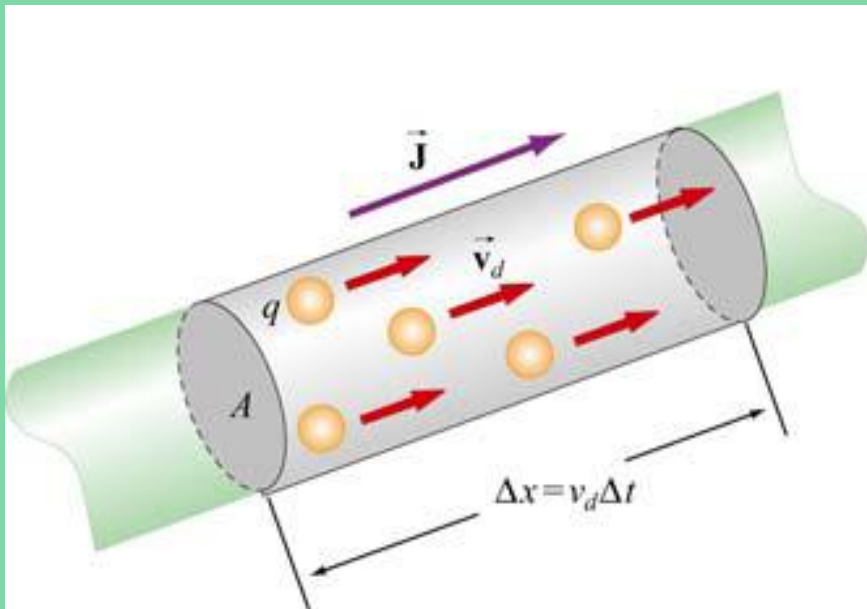


Una corriente convencional es tratada como un flujo de cargas positivas, sin importar si las cargas libres en el conductor son positivas, negativas o ambas.



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

Calculemos I



Concentración de partículas (m^{-3})

Area de sección transversal (m^2)

$$dQ = q(nAv_d dt) = nqv_d A dt$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = nqv_d A$$

Densidad de corriente J : corriente por unidad de área de la sección transversal

La corriente I y la densidad de corriente J no dependen del signo de la carga

$$I = \frac{dQ}{dt} = n|q|v_d A$$

$$J = \frac{I}{A} = n|q|v_d$$

$$J = \frac{I}{A} = nqv_d$$

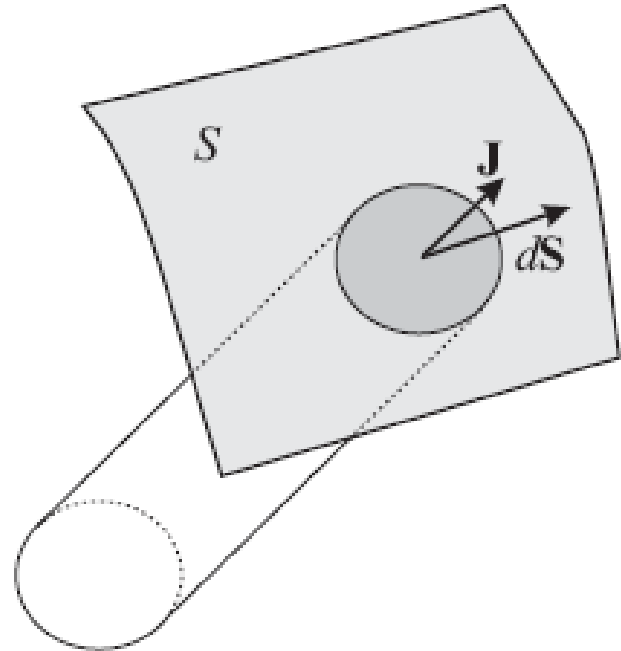
La densidad de corriente vectorial incluye la dirección de la velocidad de deriva

$$\vec{J} = nq\vec{v}_d$$

$$I = \int_S dI = \int_S nq\mathbf{v}_d \cdot d\mathbf{S}.$$

$$\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_d.$$

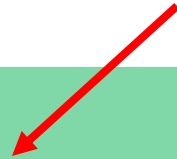
$$I = \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$$



La densidad de corriente en un conductor depende del campo eléctrico y de las propiedades del material. En general, esta dependencia es muy compleja.

Pero para muchos materiales

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$



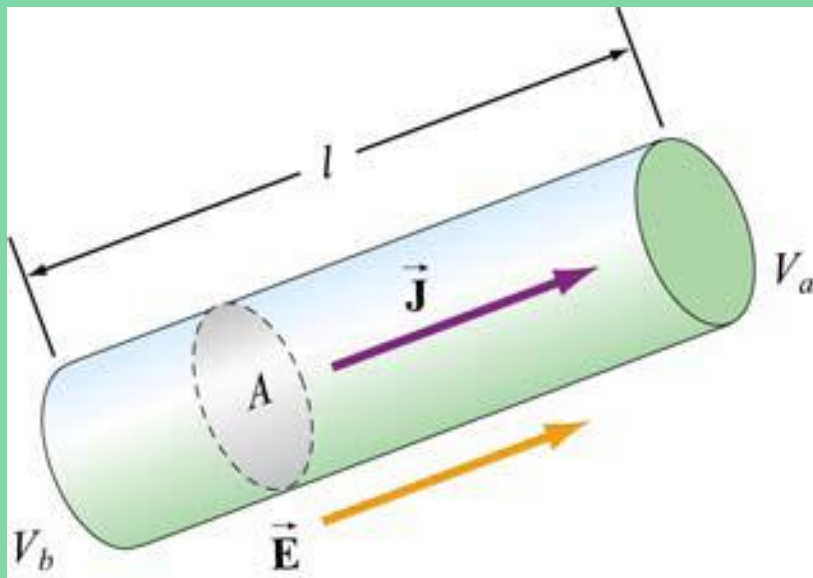
Conductividad eléctrica

Ley de Ohm
(microscópica)

Descubierta en 1826 por el físico alemán Georg Simon Ohm (1787-1854).

Cuando se cumple la ley de Ohm, σ es constante e independiente de la magnitud del campo eléctrico, por lo que E es directamente proporcional a J

Otra forma de la ley de Ohm



$$\Delta V = V_b - V_a = -\int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s} = El$$

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

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

Resistencia eléctrica

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

$$1 \Omega \equiv \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

$$\Delta V = IR$$

Ley de Ohm

(Macroscópica)

Resistividad eléctrica

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

Unidades de ρ

$$(\text{V/m}) / (\text{A/m}^2) = \text{V} \cdot \text{m/A.}$$

$$\text{V/A} = \Omega \text{ (ohm)}$$

$$\Omega \cdot \text{m}$$

$$\rho = \frac{E}{J}$$

Sustancia	ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	Sustancia	ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)
Conductores		Semiconductores	
Metales		Carbono puro (grafito)	3.5×10^{-5}
Plata	1.47×10^{-8}	Germanio puro	0.60
Cobre	1.72×10^{-8}	Silicio puro	2300
Oro	2.44×10^{-8}	Aislantes	
Aluminio	2.75×10^{-8}	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}
Aleaciones		Azufre	10^{15}
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}		

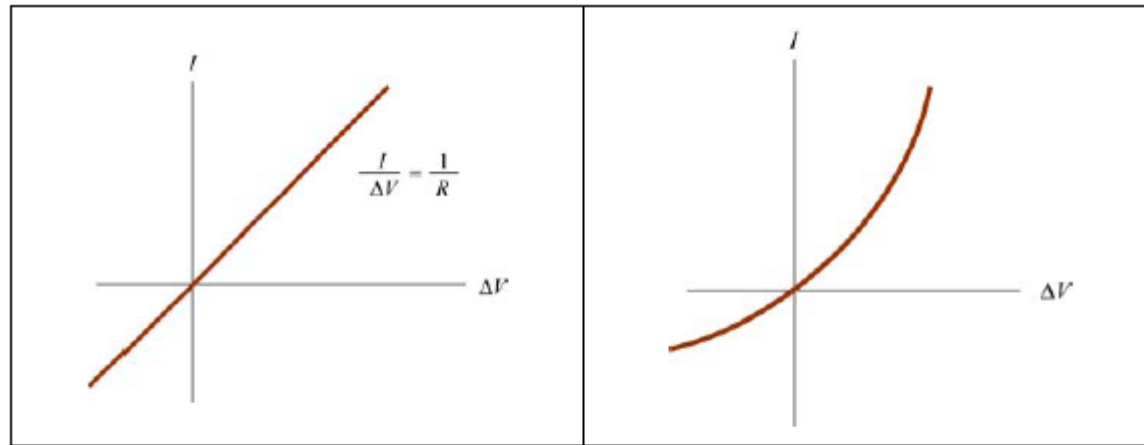


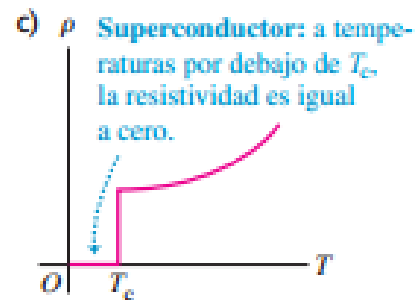
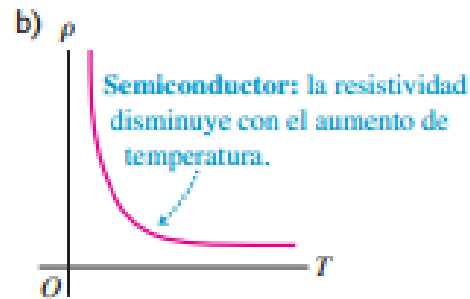
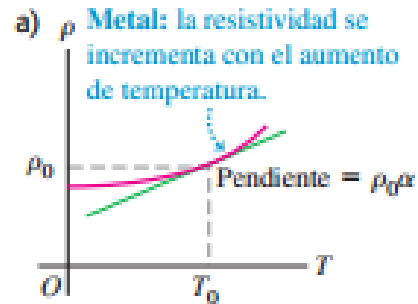
Figure 6.2.2 Ohmic vs. Non-ohmic behavior.

Otra definición de
Resistividad eléctrica

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{\Delta V / l}{I / A} = \frac{RA}{l}$$

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

Resistividad y temperatura



Valores en punto de referencia 0°C o 20°C

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

coeficiente de temperatura de la resistividad

Tabla 25.2 Coeficientes de temperatura de la resistividad (valores aproximados cerca de la temperatura ambiente)

Material	$\alpha [(\text{°C})^{-1}]$	Material	$\alpha [(\text{°C})^{-1}]$
Aluminio	0.0039	Plomo	0.0043
Latón	0.0020	Manganina	0.00000
Carbono (grafito)	-0.0005	Mercurio	0.00088
Constantán	0.00001	Nicromel	0.0004
Cobre	0.00393	Plata	0.0038
Hierro	0.0050	Tungsteno	0.0045

Variación de la resistividad ρ con la temperatura absoluta T para a) un metal normal, b) un semiconductor y c) un superconductor. En a), la aproximación lineal a ρ como función de T se muestra con línea color verde; la aproximación coincide exactamente en $T = T_0$, donde $\rho = \rho_0$.

Resumiendo...

Corriente eléctrica

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

Corriente promedio en un conductor

$$I_{\text{avg}} = nqv_d A$$

Número de cargas
por unidad de
volumen

Velocidad de
arrastre

Área sección
transversal

Densidad de corriente

$$\vec{J} = nq\vec{v}_d$$

Ley de Ohm microscópica

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

conductividad

resistividad

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

Ley de Ohm macroscópica

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

Resistencia

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