



CERRAJERIA

Unidad 8

Ley de Ohm

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

- Los materiales que obedecen esta ecuación se dice que siguen o cumplen la **ley de Ohm**.
- Específicamente, la ley de Ohm (Georg Simon Ohm, físico alemán, 1789-1854, fue quien formuló el concepto de resistencia) establece que
“para muchos materiales (incluyendo la mayor parte de los metales, la relación de la densidad de corriente \mathbf{J} y el campo eléctrico \mathbf{E} es una constante σ que es independiente del campo eléctrico que provoca la corriente eléctrica”

Ley de Ohm

- Los materiales que obedecen la ley de Ohm y, consecuentemente, demuestran la relación simple entre \mathbf{E} y \mathbf{J} se conocen como materiales *óhmicos*.
- Sin embargo, experimentalmente se ha encontrado que no todos los materiales tienen esta propiedad.
- Los materiales y dispositivos que no obedecen la ley de Ohm se conocen como materiales *no óhmicos*.
- La ley de Ohm no es una ley fundamental de la naturaleza sino una relación empírica válida únicamente para ciertos materiales.

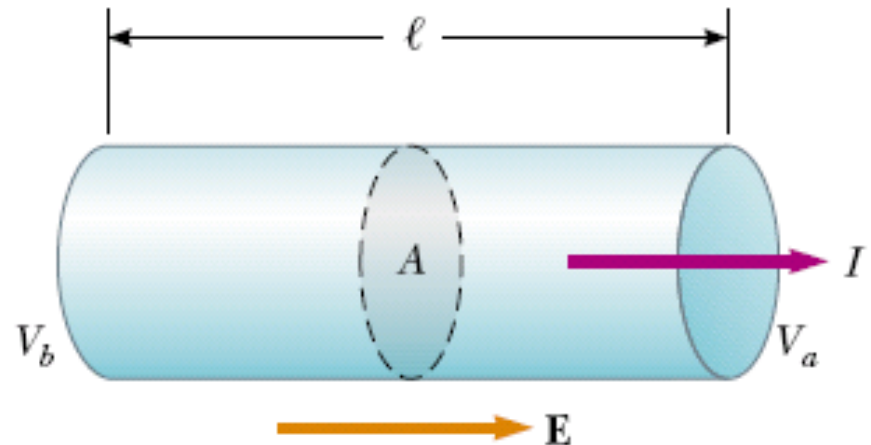
Resistencia

- Se puede obtener una ecuación con muchas aplicaciones prácticas considerando un segmento de alambre recto, de sección transversal uniforme de área A y longitud l (ver figura).

- Una diferencia de potencial

$$\Delta V = V_b - V_a$$

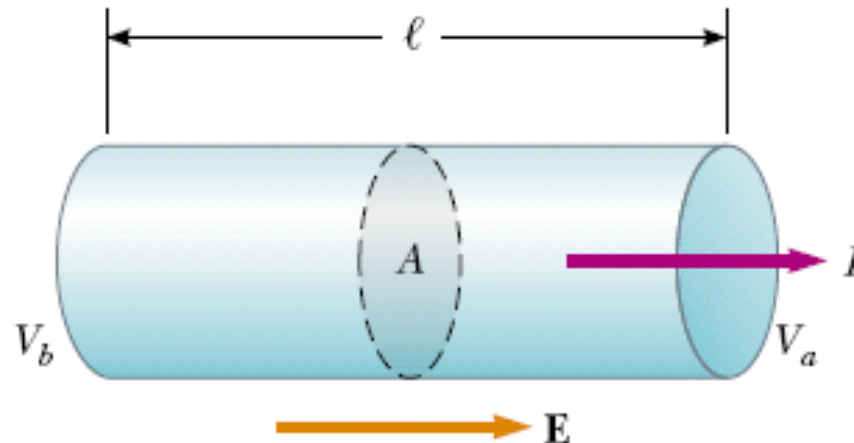
se mantiene a través del alambre, creando un campo eléctrico y una corriente.



Resistencia

- Si el campo eléctrico se supone uniforme, la diferencia de potencial ΔV está relacionada con el campo eléctrico según la ecuación:

$$\Delta V = V_b - V_a = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = E \int_0^l dx = El$$



Resistencia

$$\Delta V = El \quad \rightarrow \quad E = \frac{\Delta V}{l}$$

- Entonces, se puede expresar la magnitud de la densidad de corriente en el alambre como:

$$J = \sigma E = \sigma \frac{\Delta V}{l}$$

- y, consecuentemente:

$$\Delta V = \frac{l}{\sigma} J$$

Resistencia

■ Si:

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

■ donde

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

■ es una cantidad denominada **resistencia** del conductor.

Resistencia

- Se puede definir la resistencia R como la relación de la diferencia de potencial eléctrico ΔV a través de un conductor y la corriente eléctrica I en el conductor:

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

- En el estudio de los circuitos eléctricos se utiliza esta ecuación una y otra vez... así que se debe de aprender de memoria.

$$\Delta V = RI$$

Resistencia

- De este resultado, se puede establecer que la unidad SI de la resistencia es *voltios por ampere*.
Un voltio por ampere se define como un **ohm** (Ω):

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

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

- Esta expresión muestra que si una diferencia de potencial de 1 V a través de un conductor provoca una corriente eléctrica de 1 A, la resistencia del conductor es 1 Ω .

Aclaraciones importantes

- La ecuación

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

no es la ley de Ohm, aunque así lo señalen, incorrectamente, muchos libros.

Esta ecuación es sólo la definición de resistencia, y supone una relación muy importante entre voltaje corriente y resistencia.

La ley de Ohm es la relación lineal entre **J** (la densidad de corriente) y **E** (el campo eléctrico)

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

o, equivalentemente, entre I y ΔV , la cual, indica que la resistencia es constante, independientemente de la diferencia de potencial (voltaje) que se aplique

Resistencia y Resistividad

- El inverso de la conductividad σ es la **resistividad** ρ :

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

- No confundir la resistividad ρ con la densidad de carga volumétrica, aunque para las dos se utilice el mismo signo.
- donde ρ tiene unidades de ohm-metros ($\Omega \cdot m$).

Resistencia y Resistividad

- Debido a que:

$$R = \frac{l}{\sigma A} \quad \rightarrow \quad R = \rho \frac{l}{A}$$

- es decir, mediante la última ecuación, que relaciona la resistencia y la resistividad, se puede expresar la resistencia de un pedazo uniforme de un material a lo largo de una longitud.

Table 27.1**Resistivities and Temperature Coefficients of Resistivity
for Various Materials**

Material	Resistivity^a($\Omega \cdot \text{m}$)	Temperature Coefficient^b $\alpha[(^{\circ}\text{C})^{-1}]$
Silver	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Copper	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Gold	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Aluminum	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungsten	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Iron	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Platinum	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}
Lead	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Nichrome ^c	1.50×10^{-6}	0.4×10^{-3}
Carbon	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Germanium	0.46	-48×10^{-3}
Silicon	640	-75×10^{-3}
Glass	10^{10} to 10^{14}	
Hard rubber	$\sim 10^{13}$	
Sulfur	10^{15}	
Quartz (fused)	75×10^{16}	

^a All values at 20°C.^b See Section 27.4.^c A nickel–chromium alloy commonly used in heating elements.

Resistencia y Resistividad

- Todo material óhmico tiene una resistividad característica que depende de las propiedades del material y de la temperatura.
- Además, la resistencia de una muestra depende tanto de la geometría como de la resistividad $R = \rho \frac{l}{A}$
- El valor de la resistividad es muy pequeño para buenos conductores y muy grande para buenos aislantes (ver tabla anterior).
- Un conductor ideal tendría una resistividad cero, y un aislante ideal tendría una resistividad infinita.

Resistencia y Resistividad

- La ecuación

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

- establece que la resistencia de un conductor cilíndrico (v. gr. un alambre) es proporcional a su longitud e inversamente proporcional al área de su sección transversal.

Aclaraciones importantes

- Resistencia y resistividad.
- La resistividad es una propiedad de una *sustancia*, mientras que la resistencia es una propiedad de un *objeto*.

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \qquad R = \rho \frac{l}{A}$$

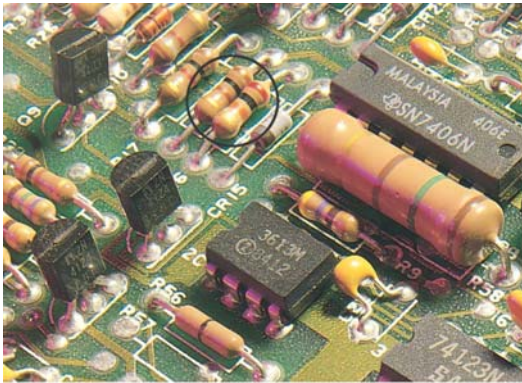
- Ya conocen pares de variables similares. Por ejemplo, la densidad es una propiedad de una sustancia, mientras que la masa es una propiedad de un objeto.

Resistores

- La mayor parte de los circuitos eléctricos utilizan elementos de circuito denominados **resistores o resistencias** para controlar la cantidad de corriente eléctrica en las diferentes partes del circuito.
- Dos tipos comunes de resistencias son el *resistor de composición o de carbono* (el carbono posee una resistividad alta) y la *resistencia de alambre en espiral*, el cual consiste en una bobina (espiral) de alambre alrededor de un tubo aislante.



Reistores



©2004 Thomson - Brooks/Cole

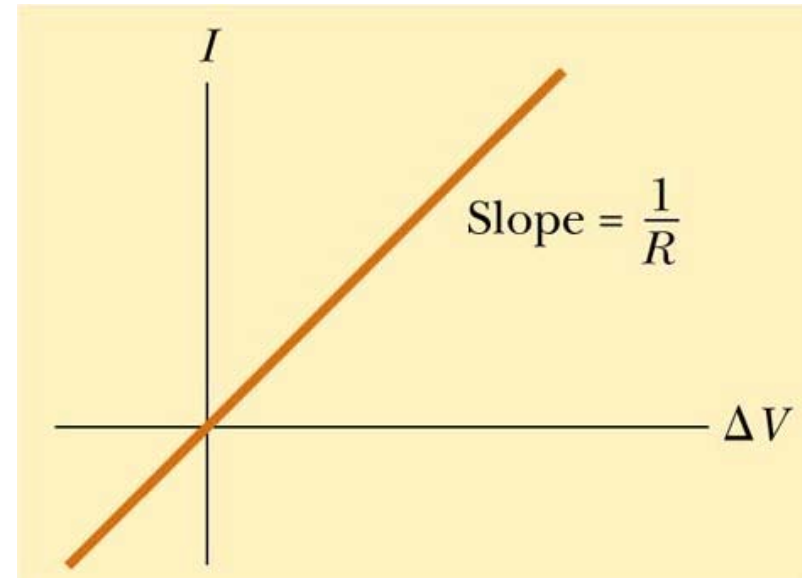
- Los valores de la resistencia de los resistores en ohms normalmente se indican mediante un código de bandas de colores (ver tabla). Los dos primeros colores dan los primeros dos dígitos del valor de la resistencia. El tercer color representa la potencia de diez por la cual hay que multiplicar el valor de la resistencia. El último color es la tolerancia del valor de la resistencia.

Table 27.2

Color Coding for Resistors			
Color	Number	Multiplier	Tolerance
Black	0	1	
Brown	1	10^1	
Red	2	10^2	
Orange	3	10^3	
Yellow	4	10^4	
Green	5	10^5	
Blue	6	10^6	
Violet	7	10^7	
Gray	8	10^8	
White	9	10^9	
Gold		10^{-1}	5%
Silver		10^{-2}	10%
Colorless			20%

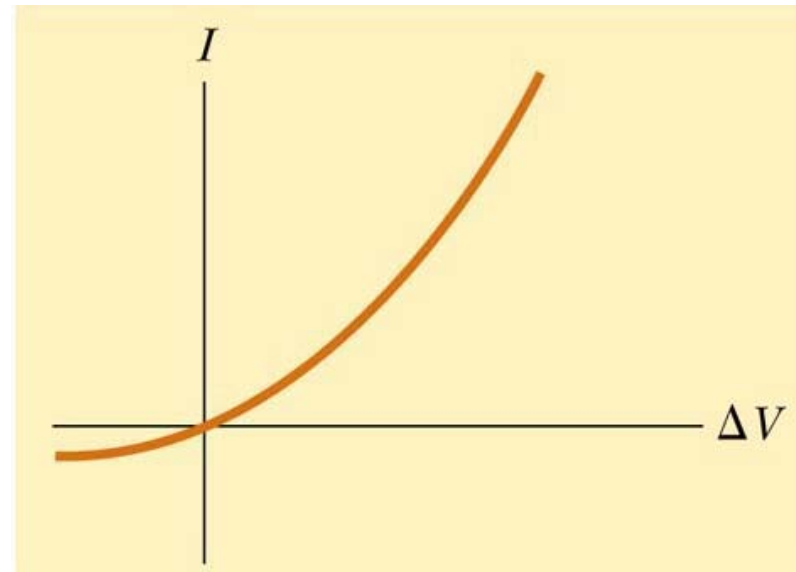
Materiales óhmicos

- En los materiales y dispositivos óhmicos:
 - la resistencia es constante a lo largo de un amplio intervalo de diferencias de potencial;
 - La relación entre la corriente eléctrica, I , y la diferencia de potencial, ΔV , es lineal;
 - La pendiente de una gráfica de $I = f(\Delta V)$ es el inverso de la resistencia, R .



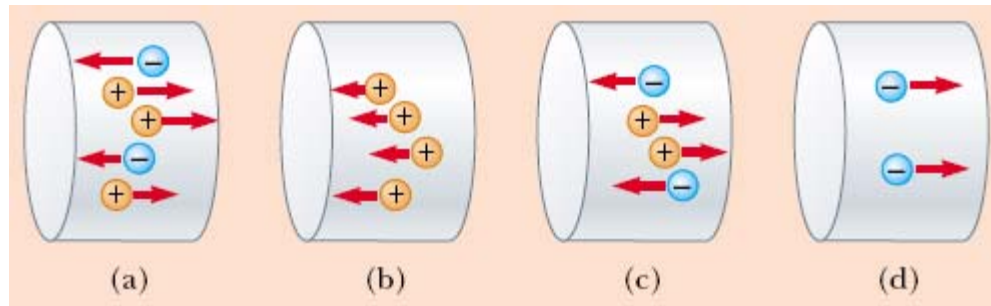
Materiales no óhmicos

- Los materiales y dispositivos no óhmicos son aquellos cuya resistencia, R , cambia cuando cambian la diferencia de potencial, ΔV , o la corriente eléctrica, I .
- La relación entre la corriente eléctrica, I , y la diferencia de potencial, ΔV , no es lineal.
- Un diodo es un ejemplo común de un dispositivo no óhmico.



Preguntas

- Consideren que cargas positivas y negativas se mueven horizontalmente a través de cuatro regios (ver figura). Ordena la corriente eléctrica I en estas cuatro regiones, de menor a mayor.



- *La carga eléctrica se conserva.* Como una consecuencia, cuando la corriente eléctrica llega a la unión entre alambres, las cargas pueden tomar cualquiera de dos trayectorias fuera de la unión y la suma numérica de las corrientes en las dos trayectorias es igual a la corriente que entró en la unión. Entonces, la corriente eléctrica es: (a) un vector (b) un escalar (c) ni un vector ni un escalar.

Preguntas

- Supongan que un alambre de un metal óhmico, transportador de una corriente eléctrica, tiene un área de su sección transversal que gradualmente se hace más pequeña de un extremo al otro. La corriente debe de tener el mismo valor en cada sección del alambre, de tal manera que la carga no se acumule en ningún punto.

¿Cómo varían la velocidad de desplazamiento y la resistencia por unidad de longitud a lo largo del alambre conforme el área de la sección transversal se hace pequeña?

- (a) La velocidad de desplazamiento y la resistencia aumentan.
- (b) La velocidad de desplazamiento y la resistencia disminuyen.
- (c) La velocidad de desplazamiento aumenta y la resistencia disminuye.
- (d) La velocidad de desplazamiento disminuye y la resistencia aumenta.

Preguntas

- Un alambre cilíndrico tiene un radio r y una longitud l . Si tanto r como l se duplican, la resistencia del alambre:
 - (a) aumenta
 - (b) disminuye
 - (c) permanece igual.

- En la gráfica de $I = f(\Delta V)$ para un diodo (un material no óhmico), conforme el voltaje (o diferencia de potencial) aplicado aumenta, la resistencia del diodo:
 - (a) aumenta
 - (b) disminuye
 - (c) permanece igual.

Problemas

■ La resistencia de un conductor.

Calcula la resistencia de un cilindro de Al que tiene una longitud de 10.0 cm y una sección transversal de área $2.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ (la resistividad del Al es $2.82 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$). Repite el cálculo para un cilindro de las mismas dimensiones pero hecho de vidrio y con una resistividad de $3.0 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{m}$.

■ La resistencia de un alambre de Nichrome.

(A) Calcula la resistencia por unidad de longitud de un alambre de Nichrome 22-gauge, el cual tiene un radio de 0.321 mm (la resistividad del Nichrome es $1.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$).

(B) Si se mantiene una diferencia de potencial de 10 V a través de 1.0 m (longitud) de un alambre de Nichrome ¿Cuál es la corriente eléctrica I en el alambre?

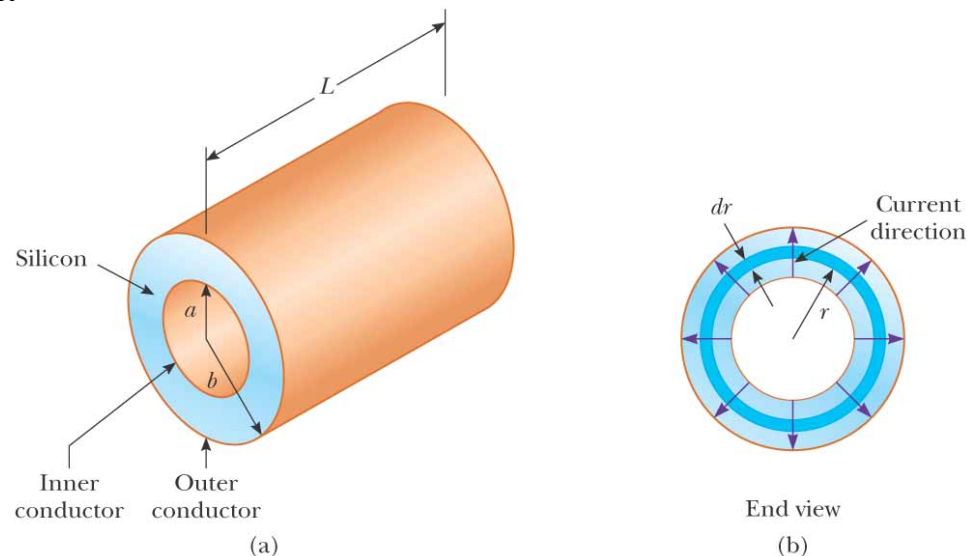
Problemas

■ La resistencia radial de un cable coaxial.

Los cables coaxiales se usan extensivamente en televisión por cable y en otras aplicaciones electrónicas.

Un cable coaxial consiste de dos conductores cilíndricos concéntricos.

La región entre los conductores está completamente llena con silicón (ver figura), y se busca evitar la pérdida de corriente eléctrica a través del silicón en la dirección *radial* (el cable está diseñado para conducir una corriente eléctrica a lo largo de su longitud, aunque esta no es la corriente que se considera en el problema).



Problemas

El radio del conductor interior es $a = 0.5$ cm, el radio del conductor exterior es $b = 1.75$ cm, y la longitud es $L = 15$ cm.

Calcula la resistencia del silicón entre los dos conductores.

