



Capitulo 27

Corriente y Resistencia



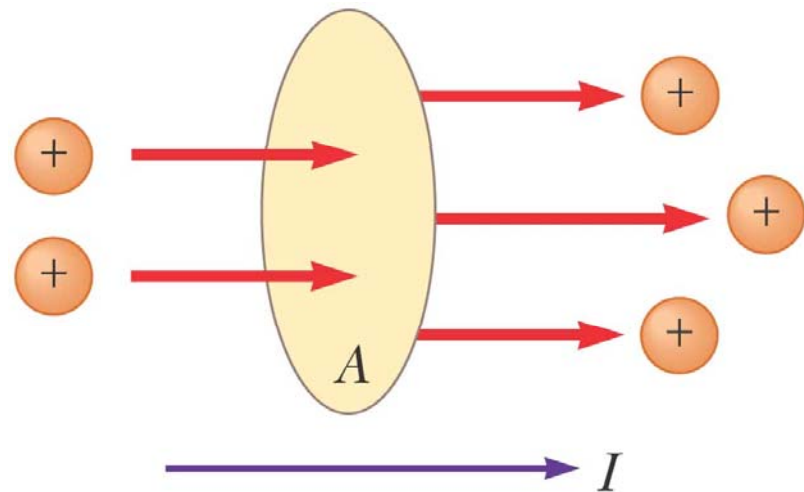
Corriente Eléctrica

- **La corriente eléctrica** representa la rapidez a la cual fluye la carga a través de una región del espacio
- En el SI, la corriente se mide en **ampere (A)**
 - $1 \text{ A} = 1 \text{ C} / \text{s}$
- El símbolo usado para la corriente eléctrica es I

Corriente Eléctrica promedio

- Se asumen que las cargas se mueven perpendicularmente a la superficie de área A
- Si ΔQ es la cantidad de carga que atraviesa A en el tiempo Δt , entonces la corriente promedio vale:

$$I_{av} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



©2004 Thomson - Brooks/Cole



Corriente Eléctrica instantánea

- Si la rapidez a la cual fluye la carga varia con el tiempo, la corriente instantánea, I , se define como el limite diferencial de la corriente promedio

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

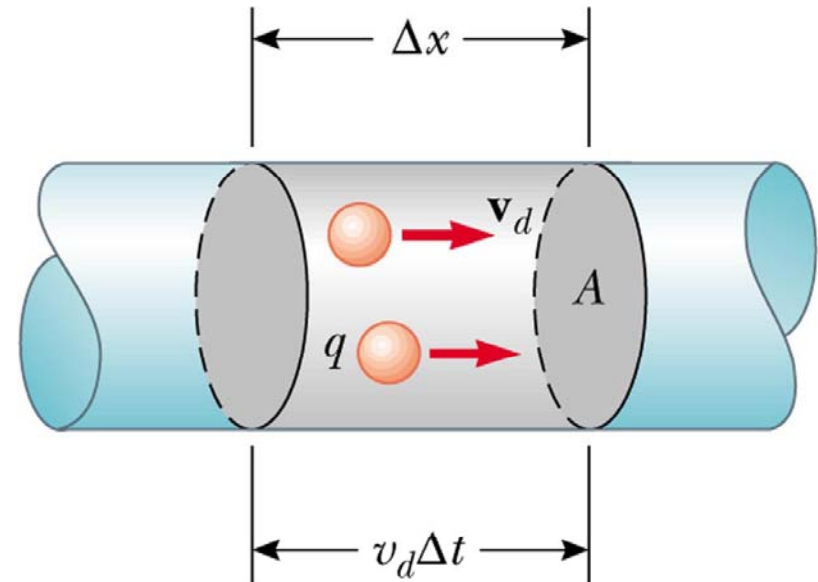


Dirección de la corriente

- Las cargas que pasan a través de una superficie pueden ser positivas, negativas o ambas
- Por convención, se asigna a la corriente la misma dirección que la del flujo de la carga positiva
- La dirección de la corriente es la opuesta a la dirección del flujo de los electrones
- Es común referirse a una carga en movimiento (+ o -) como un *portador de carga* móvil

Corriente y Velocidad de arrastre

- Las partículas cargadas se mueven a través de un conductor uniforme de área transversal A
- n es el número de portadores de carga por unidad de volumen
- $nA \Delta x$ es el número total de portadores de carga en la región gris





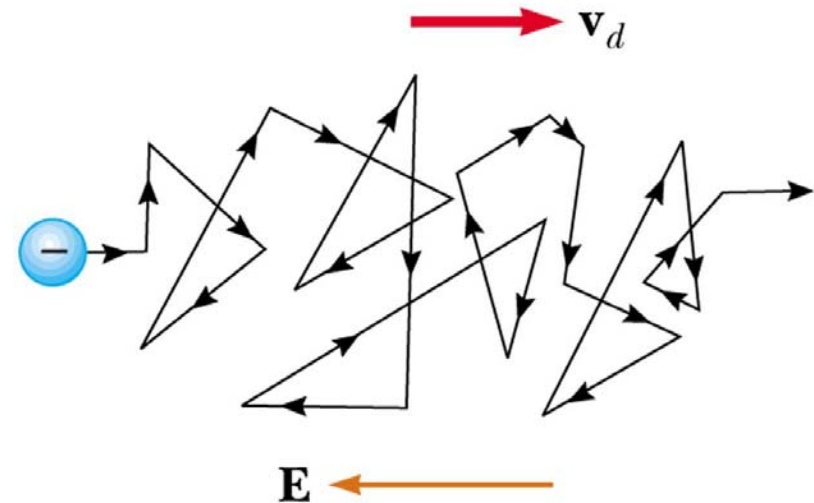
Corriente y Velocidad de arrastre, cont

- Por lo tanto, la carga total de esta sección es igual a:
 - $\Delta Q = (nA \Delta x)q$
- La velocidad de arrastre, v_d , es la velocidad de los portadores de carga
 - $v_d = \Delta x / \Delta t$
- Podemos escribir: $\Delta Q = (nAv_d \Delta t)q$
- Finalmente, la corriente promedio en el conductor es:

$$I_{av} = \Delta Q / \Delta t = nqv_d A$$

Movimiento de los portadores de carga en un Conductor

- La línea negra en zigzag representa el movimiento de un portador de carga (por ejemplo un electrón libre) en un conductor
 - La velocidad de arrastre neta es pequeña
- Los cambios de dirección se deben a las colisiones entre el electrón y los átomos
- El movimiento neto de los electrones es en dirección opuesta al campo eléctrico





Movimiento de los portadores de carga, cont.

- A pesar de todas las colisiones, los portadores de carga se mueven lentamente en el conductor con una velocidad de arrastre, v_d mucho menor que la velocidad promedio
- Podemos pensar en las colisiones entre los átomos y los electrones libres en el interior del conductor como si se tratara de una fricción interna efectiva (o fuerza de arrastre)
- La energía que se transfiere de los electrones a los átomos durante las colisiones genera un incremento en la energía vibratoria de dichos átomos y un incremento correspondiente en la temperatura del conductor



Velocidad de arrastre, Ejemplos

- Asuma un alambre de cobre, cada átomo de cobre contribuye a la corriente de un electrón libre
- La velocidad de arrastre para un alambre de cobre de calibre 12 y corriente de 10.0 A vale 2.22×10^{-4} m/s
 - Es un orden de magnitud típico para las velocidades de arrastre
 - Un electrón tardaría 75 min para recorrer un metro.



Densidad de Corriente

- J es la **densidad de corriente** en un conductor
- Se define como la corriente por unidad de área
 - $J = I / A = nq\mathbf{v}_d$
 - Esta expresión es válida solo si la densidad de corriente es uniforme y A es perpendicular a la dirección de la corriente
- J tiene como unidad en el SI el A/m^2
- La densidad de corriente está en la dirección de los portadores de carga positivos



Conductividad

- Una densidad de corriente \mathbf{J} y un campo eléctrico \mathbf{E} están establecidos en un conductor siempre que se mantenga una diferencia potencial en él
- $\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$
- La constante de proporcionalidad, σ , se llama **conductividad** del conductor



Ley de Ohm

- **La ley de Ohm**, para muchos materiales, establece una relación entre la densidad de corriente y el campo eléctrico es una constante σ que es independiente del campo eléctrico que produce la corriente
 - La mayoría de los metales obedecen la ley de Ohm
 - Matemáticamente $\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$
 - Los materiales que obedecen la ley de Ohm se conocen como *óhmicos*



Ley de Ohm, cont.

- No todos los materiales obedecen la ley de Ohm
 - Estos materiales se dicen *no óhmicos*
- La ley de Ohm es una ley fundamental de la naturaleza
- La ley de Ohm es una relación empírica válida únicamente para ciertos materiales



Resistencia

- En un conductor, la diferencia de potencial de un extremo al otro del conductor es proporcional a la corriente a través del conductor
- La constante de proporcionalidad se llama **resistencia** del conductor

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

- La unidad en el SI de la resistencia es el *ohm* (Ω)
 - $1 \Omega = 1 \text{ V} / \text{A}$



Resistividad

- El inverso de la conductividad se llama **resistividad**:
 - $\rho = 1 / \sigma$
- La resistividad tiene unidad en el SI de ohm-metros ($\Omega \cdot \text{m}$)
- Resistencia se relaciona con resistividad:

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



Valores de Resistividad

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, Resumen

- Cada material óhmico tiene una resistividad característica que depende de las propiedades del material y de la temperatura
- La resistencia de un material depende de su geometría y de su resistividad
- Un conductor ideal tendría una resistividad cero
- Un aislador ideal tendría una resistividad infinita

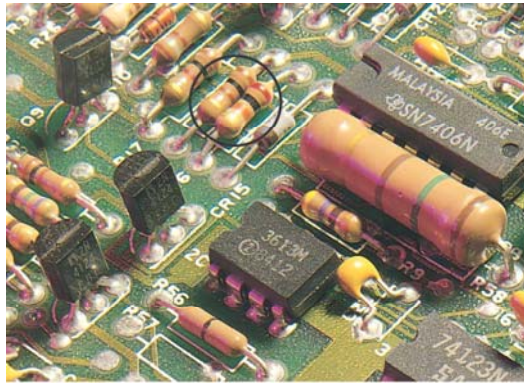
Resistores

- La mayoría de los circuitos usan elementos llamados resistores
- Los resistores se usan para controlar el nivel de la corriente en las diversas partes del circuito
- Los resistores pueden ser de 2 tipos: *de composición* o *de alambre*



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

Valores de Resistores



©2004 Thomson - Brooks/Cole

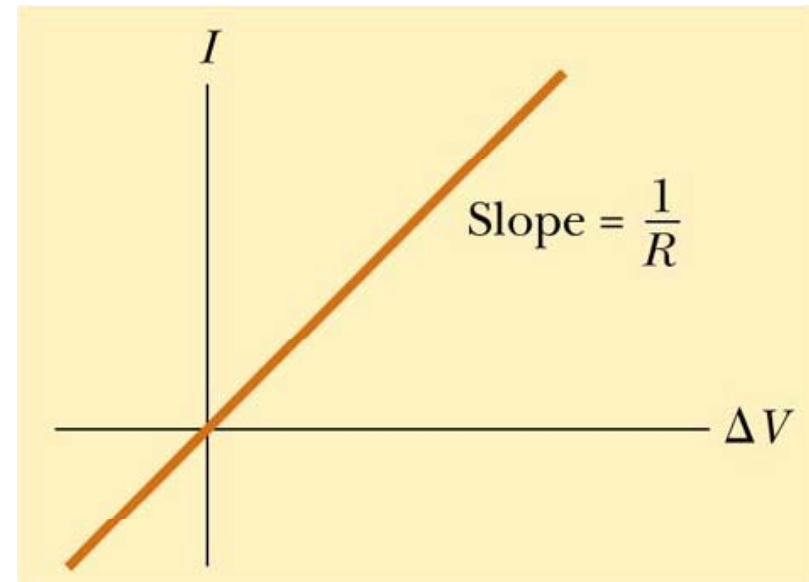
- Los valores de los resistores se indican con bandas de colores

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%

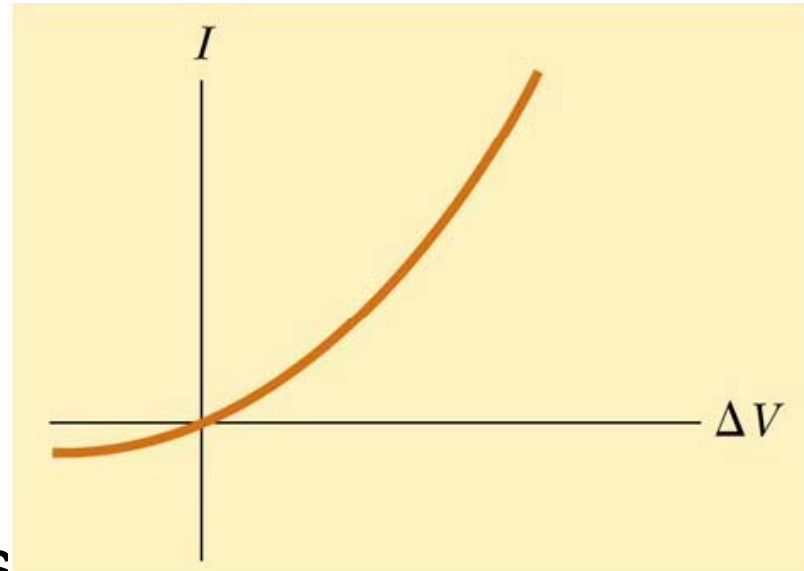
Material óhmico, Gráfica

- Considere un material óhmico
- La resistencia es constante en un amplio rango de diferencia de potencial
- La relación entre corriente y diferencia de potencial es lineal
- La pendiente se relaciona con la resistencia



Material no-óhmico, Gráfica

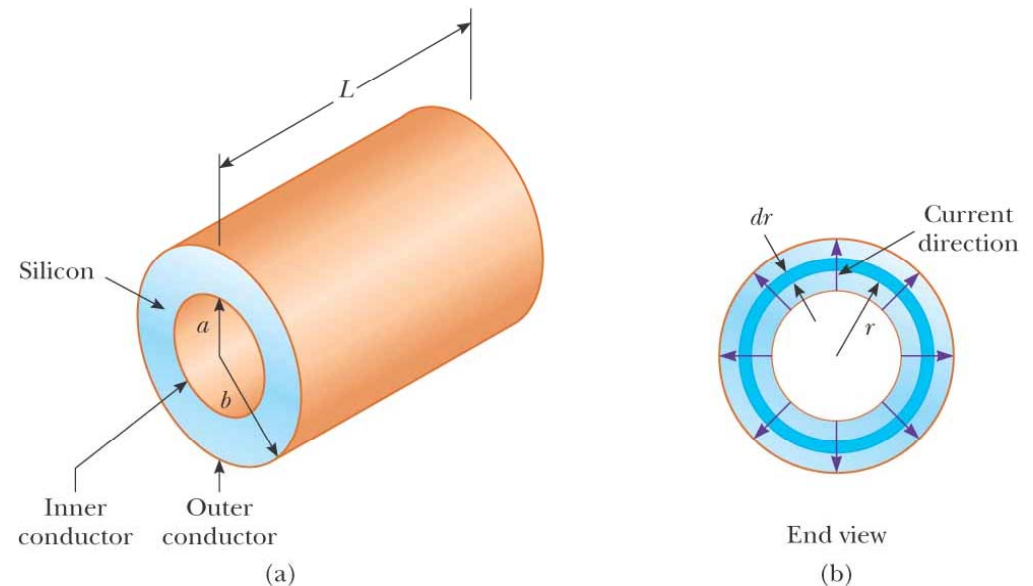
- Los materiales no óhmicos son aquellos que cambian la resistencia con la diferencia de potencial o la corriente
- La relación entre corriente y diferencia de potencial es no-lineal
- Un diodo (dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección con características similares a un interruptor) es un ejemplo común de material no óhmico



Resistencia de un Cable, Ejemplo

- Se llena de silicón la región entre los dos conductores concéntricos
- La resistencia del cilindro hueco de silicón vale:

$$dR = \frac{\rho}{2\pi rL} dr$$



©2004 Thomson - Brooks/Cole



Resistencia de un Cable, Ejemplo, cont.

- La resistencia total a través de espesor entero es

$$R = \int_a^b dR = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

- Esta es la resistencia radial del cable
- Este valor es bastante alto, ya que se desea que la corriente fluya a lo largo del cable y no en la dirección radial



Resistividad y Temperatura

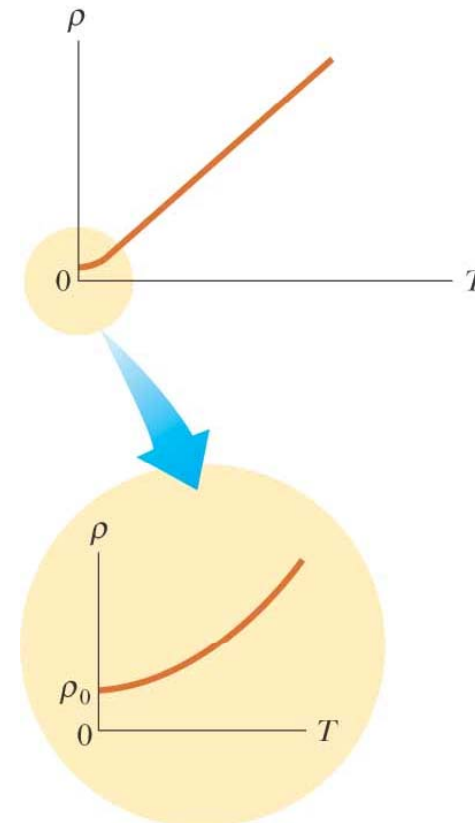
- En un rango limitado de temperatura, la resistividad de un conductor varía prácticamente de manera lineal en función de la temperatura

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

- ρ_0 es la resistividad de cierta temperatura de referencia T_0
 - T_0 es usualmente de 20° C
 - α es el **coeficiente de temperatura de resistividad**
 - Las unidades en el SI de α se expresan en: °C⁻¹

Resistividad y Temperatura, Vista Grafica

- Para los metales, la resistividad es prácticamente proporcional a la temperatura
- Una región no lineal siempre existe a temperaturas muy bajas
- La resistividad alcanza un valor finito ρ_0 cuando la temperatura se acerca del cero absoluto





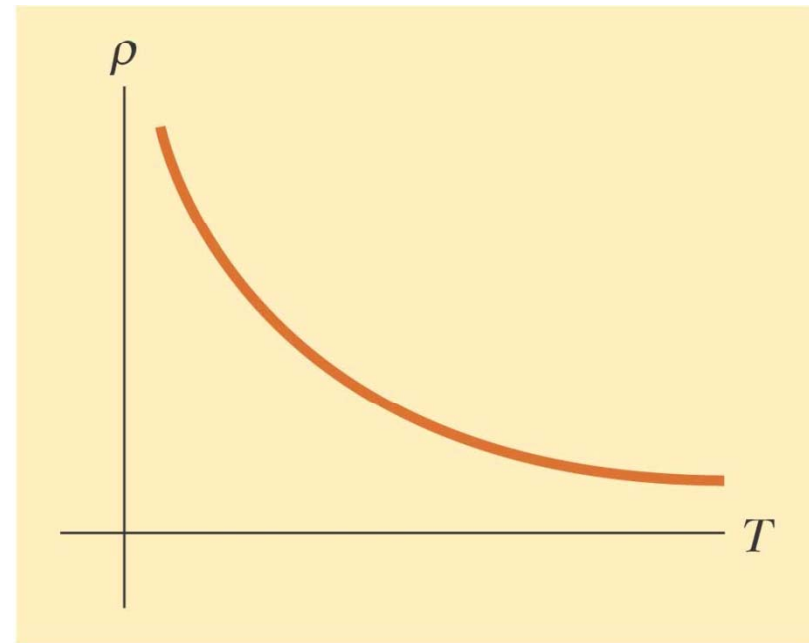
Temperatura: Variación de la Resistencia

- Como la resistencia de un conductor de sección transversal uniforme es proporcional a la resistividad, se puede definir el efecto de la temperatura sobre la resistencia y se escribe:

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

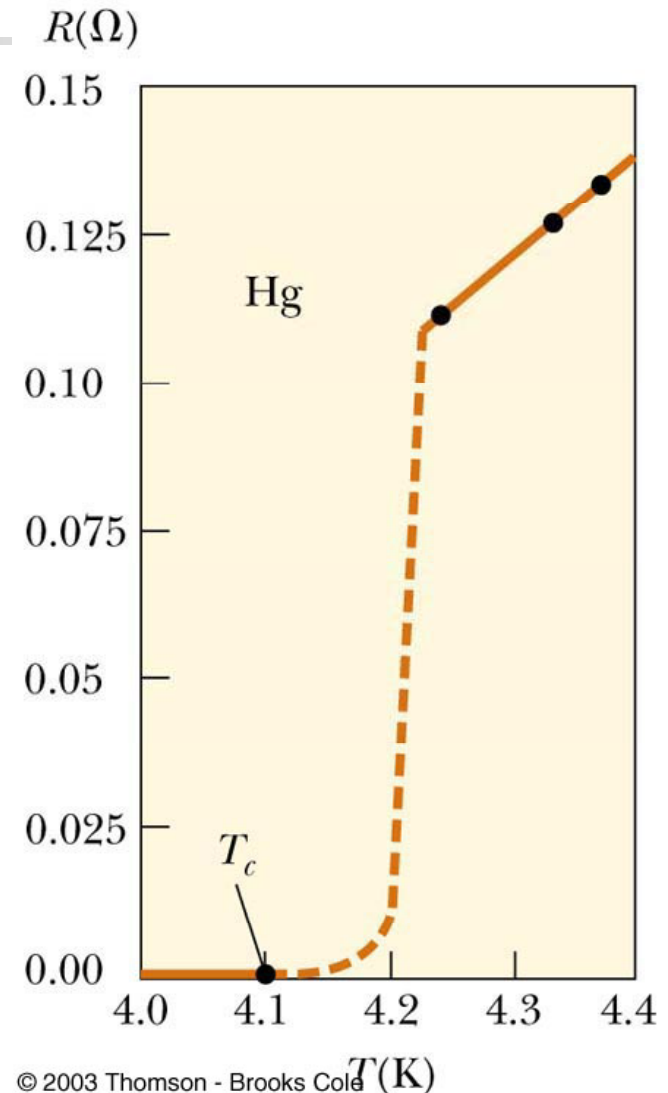
Semiconductores

- Los semiconductores son materiales que muestran un descenso de la resistividad con el aumento de la temperatura
- α es negativo
- Existe un aumento de la densidad de los portadores de carga a temperaturas altas



Superconductores

- Existe una clase de materiales y de compuestos cuya resistencia disminuye hasta cero por debajo de cierta temperatura, T_C
 - T_C se llama **temperatura crítica**
- La gráfica es la misma que la de un metal normal por encima de T_C , pero cae súbitamente al valor cero por debajo de T_C



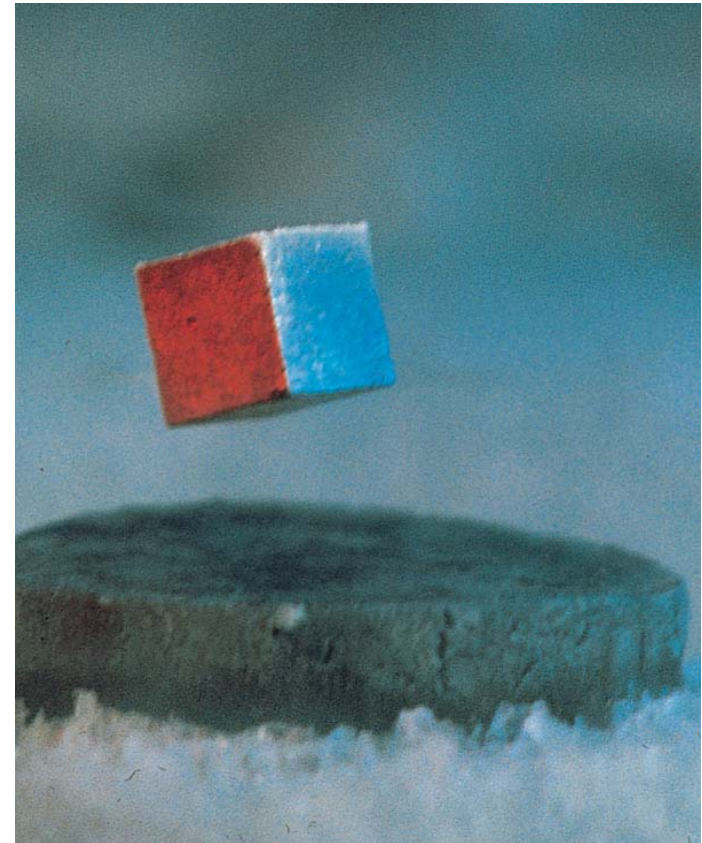


Superconductores, cont

- El valor de T_C es sensible a:
 - la composición química
 - la presión
 - la estructura molecular
- Una vez que se ha establecido una corriente en un superconductor, éste persiste sin necesidad de una diferencia de potencial aplicada
 - Ya que $R = 0$

Superconductor: Aplicación

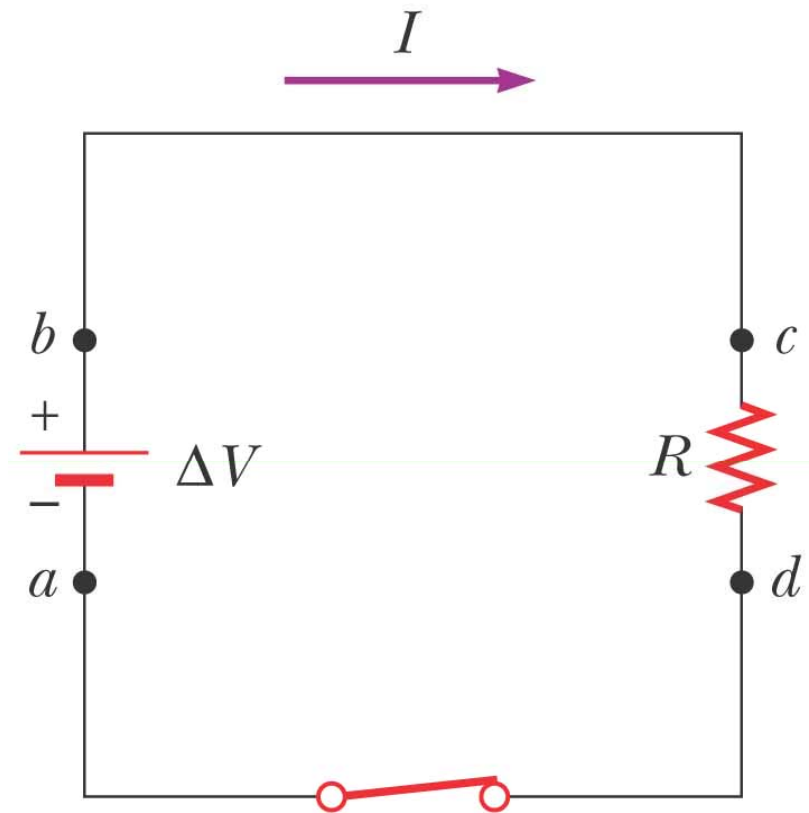
- Una aplicación importante de los superconductores es el desarrollo de imanes superconductores
- La magnitud del campo magnético es como 10 veces mayor a la de un electroimán normal
- Son utilizados para la obtención de Imágenes por Resonancia Magnético (MRI)



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

Potencia Eléctrica

- Se asume un circuito como el que se muestra
- Cuando una carga se mueve de a a b , la energía potencial eléctrica del sistema aumenta de $Q\Delta V$
 - La energía química de la batería tiene que bajar de la misma cantidad





Potencia Eléctrica, 2

- Cuando la carga se mueve a través del resistor (de c a d), el sistema pierde esta energía potencial eléctrica durante las colisiones de los electrones con los átomos del resistor
- Esta energía se transforma en energía interna dentro del resistor
 - Corresponde a un incremento en el movimiento de vibración de los átomos en el resistor



Potencia Eléctrica, 3

- El resistor está normalmente en contacto con el aire, por lo que su temperatura mayor resultará en una transferencia de energía en forma de calor hacia el aire
- El resistor también emite radiación térmica
- Después de cierto intervalo de tiempo, el resistor alcanza una temperatura constante
 - La energía de entrada de la batería está en equilibrio con la energía de salida por calor y radiación



Potencia Eléctrica, 4

- La rapidez a la cual el sistema pierde energía potencial mientras la carga pasa a través del resistor es igual a la rapidez a la cual el sistema gana energía interna en el resistor
- La **Potencia** representa la rapidez a la cual se entrega energía al resistor



Potencia Eléctrica, final

- La potencia es dada por la ecuación:

$$\mathcal{P} = I \Delta V$$

- Aplicando la ley de Ohm, las expresiones alternativas se escriben:

$$\mathcal{P} = I \Delta V = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

- Unidades: I se expresa en A, R en Ω , V en V, y \mathcal{P} se expresa en W