

**Infografía y ejercicios resueltos,
capítulo 25 "Corriente, resistencia
y fuerza electromotriz"**

Libro: Sears y Zemansky- FÍSICA

UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA

tomo 2- YOUNG Y FREEDMAN.

Alumno: Jonatan Márquez.

Ejemplo 25.1: Densidad de corriente y velocidad de arrastre en un alambre.

Un alambre de cobre del número 18 (el calibre que por lo general se utiliza en el cableado para lámparas) tiene un diámetro de 1.02 mm y conduce una corriente constante de 1.67 A hacia una bombilla de 200 watts. En el alambre, la densidad de electrones libres es de 8.5×10^{28} electrones por metro cúbico. Determine a) la densidad de corriente y b) la rapidez de arrastre.

Identificar y Plantear: Este problema usa las relaciones entre corriente I , densidad de corriente J y rapidez de arrastre vd . Se conoce I y el diámetro d del alambre, por lo que se emplea la ecuación: $J = I/A = n|q|vd$, para calcular J . Después se utiliza la misma ecuación para obtener vd a partir de J y la densidad de electrones conocida n .

Ejecutar: a) El área de la sección transversal es

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (1.02 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 8.17 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

Entonces, la magnitud de la densidad de corriente es:

$$\frac{J = I}{A} = \frac{1.67 \text{ A}}{8.17 \times 10^{-7} \text{ m}^2} = 2.04 \times 10^6 \text{ A/m}^2$$

b) De acuerdo con nuestra ecuación, la magnitud de la velocidad de arrastre vd , se obtiene:

$$v_d = \frac{J}{n|q|} = \frac{2.04 \times 10^6 \text{ A/m}^2}{(8.5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}) | -1.60 \times 10^{-19} \text{ C} |} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ m/s} = 0.15 \text{ mm/s}$$

Evaluar: A esta rapidez, un electrón requeriría 6700s (casi dos horas) para recorrer un alambre de 1m de longitud. Las rapidez del movimiento aleatorio de los electrones son cercanas a 10^6 m/s , aproximadamente 10^{10} veces la rapidez de arrastre.

Evalúe su comprensión: Suponga que se reemplaza el alambre del ejemplo anterior por otro de cobre 12, el cual tiene el doble de diámetro que uno de calibre 18. Si la corriente es la misma, ¿qué efecto tendría esto en la magnitud de la velocidad de arrastre v_d ? i. Ninguna, v_d no cambiaría; ii. se duplicaría el valor de v_d ; iii. v_d sería cuatro veces mayor; iv. v_d tendría un valor igual a la mitad; v. v_d sería la cuarta parte.

Respuesta: v. Al duplicarse el diámetro, se incrementa el área de la sección transversal A en un factor de 4. Por lo tanto, la magnitud de la densidad de corriente $J = I/A$ se reduce a $1/4$ del valor del ejemplo 25.1, y la magnitud de la velocidad de arrastre $v_d = J/n|q|$ se incrementa en el mismo factor. La nueva magnitud es $v_d = (0.15 \text{ mm/s})/4 = 0.038 \text{ mm/s}$. Este comportamiento es el mismo que el de un fluido incomprensible, que desacelera cuando pasa de un tubo estrecho a otro más ancho.

Evalue su comprensión: Se mantiene un campo eléctrico constante dentro de un material semiconductor, al mismo tiempo que se reduce la temperatura de aquel. ¿Qué sucede con la densidad de corriente en el semiconductor? i. Aumenta; ii. disminuye; iii. permanece igual.

Respuesta: ii. La resistividad ρ de un semiconductor se incrementa conforme disminuye la temperatura. De acuerdo con la ecuación la magnitud de la densidad de corriente es $j = E/\rho$, por lo que la densidad de corriente disminuye a medida que la temperatura se reduce y la resistividad aumenta.

Ejemplo 26.2: Campo eléctrico, diferencia de potencial y resistencia en un alambre.

El área de la sección transversal del alambre de cobre calibre 18 del ejemplo 26.1 es de $8.20 \times 10^{-7} \text{ m}^2$.

Transporta una corriente de 1.67 A . Calcule a) la magnitud de campo eléctrico en el alambre, b) la diferencia de potencial entre dos puntos de alambre separados por una distancia de 50.0 m y c) la resistencia de un trozo de 50.0 m de longitud de ese alambre.

Identificar y plantear: se dan los valores del área de la sección transversal A y la corriente I . Las incógnitas son la magnitud del campo eléctrico E , la diferencia de potencial V y la resistencia R . La densidad de corriente es $J = I/A$. Con la ecuación $E = \rho J$. La diferencia de potencial es entonces el producto de E por la longitud del alambre:



se puede usar las ecuaciones $R = \rho L/A$ o

$V = IR$ para determinar R .

Ejercer: a) la resistencia a temperatura ambiente del cobre es $\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$. Por lo tanto:

$$E = \frac{\rho I}{A} = \frac{(1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m)(1.67 A)}{8.20 \times 10^{-7} m^2} = 0.0350 V/m$$

b) la diferencia de potencial es:

$$V = EL = (0.0350 V/m)(50.0 m) = 1.75 V$$

c) la resistividad de un trozo de alambre de 50.0 m de longitud es:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{(1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m)(50.0 m)}{8.20 \times 10^{-7} m^2} = 1.05 \Omega$$

Se puede calcular R también:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1.75 V}{1.67 A} = 1.05 \Omega$$

Evaluar: Hemos enfatizado que la resistencia del alambre está definida como la razón entre la diferencia de potencial (el voltaje) y la corriente. Si el alambre estuviera hecho de material no óhmico, entonces R sería diferente para valores distintos de V , pero siempre está dada por $R = V/I$. La resistencia también está dada siempre por $R = \rho L/A$; si el material es no óhmico, ρ no es constante pero depende de E (o, en forma equivalente, de $V = EL$).

Ejemplo 25.3: Dependencia de la resistencia con respecto a la temperatura.

Suponga que la resistencia de un alambre de cobre es 1.05Ω a 20°C . Determine la resistencia a 0°C y a 100°C .

Identificar y plantear: Se proporciona la resistencia $R_0 = 1.05 \Omega$ a una temperatura de referencia $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Se utiliza la ecuación $R(T) = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$ para obtener las resistencias para $T = 0^\circ\text{C}$ y $T = 100^\circ\text{C}$ (las incógnitas, tomando de la tabla el coeficiente de temperatura de la resistividad).

Ejecutar: Según la tabla $\alpha = 0.00393(^{\circ}\text{C})^{-1}$ para el cobre:

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

$$= (1.05 \Omega) \{1 + [0.00393(^{\circ}\text{C})^{-1}][0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}]\}$$

$$= 0.97 \Omega \text{ para } T = 0^\circ\text{C}$$

$$R = (1.05 \Omega) \{1 + [0.00393(^{\circ}\text{C})^{-1}][100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}]\}$$

$$= 1.38 \Omega \text{ para } T = 100^\circ\text{C}$$

Evaluar: La resistencia para 100°C es mayor que para 0°C en un factor de $(1.38 \Omega / 0.97 \Omega) = 1.42$; al aumentar la temperatura del alambre de cobre de 0°C a 100°C , su resistencia aumenta 42%. De la ecuación, $V = IR$, lo cual significa que se requiere 42% más de voltaje para generar la misma corriente a 100°C que a 0°C . Se trata de un efecto sustancial que hay que tener en cuenta, al diseñar circuitos eléctricos que deban operar en un intervalo de temperaturas amplio.

Evalúe su comprensión: Suponga que se incrementa el voltaje a través del alambre de cobre de los ejemplos 25.2 y 25.3. El voltaje incrementado hace que fluya más corriente, lo cual provoca que suba la temperatura del conductor (lo mismo sucede en las bobinas de un horno eléctrico o un tostador eléctrico cuando se les aplica un voltaje). Si se duplica el voltaje a través del alambre, ¿aumenta la corriente en este. ¿En qué factor se incrementa? i; 2; ii; más de 2; iii; menos de 2.

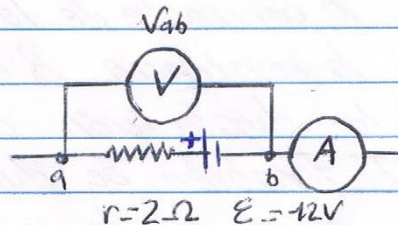
Respuesta: iii.

Al despegar la corriente de la ecuación se tiene que $I = V/R$. Si la resistencia R del alambre permanece sin cambio, la duplicación del voltaje V haría que la corriente I también se duplicara. Sin embargo, en el ejemplo 25.3 se vio que la resistencia no es constante: a medida que aumenta tanto la corriente como la temperatura, R también se incrementa. Así que la duplicación del voltaje genera una corriente menor que el doble de la corriente original. Un conductor óhmico es aquel para el cual $R = V/I$ tiene el mismo valor sin importar cuál sea el voltaje, de manera que el alambre es no óhmico.

(En muchos problemas prácticos, el cambio de temperatura del alambre es tan pequeño que se ignora, por lo que se puede considerar con certeza que el alambre es óhmico. En casi todos los ejemplos del libro se hace así).

Ejemplo conceptual 25.4: Fuente en un circuito abierto.

En la figura se ilustra una fuente (batería) con fem $\mathcal{E}$ de 12V y resistencia interna r de 2Ω (en comparación, la resistencia interna de una batería comercial de plomo de 12V es de tan sólo algunos milésimas de ohm). Los alambres a la izquierda de a y a la derecha del amperímetro A no están conectados a nada. Determine las respectivas lecturas V_{ab} e I de un voltímetro ideal V y de un amperímetro A , también ideal.

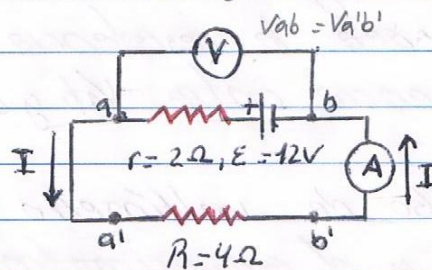


Solución: La corriente es cero porque no hay un circuito completo (no existe corriente a través de nuestro voltímetro ideal, ya que tiene resistencia infinitamente grande). Por lo tanto, el amperímetro marca $I = 0$. Como no hay corriente a través de la batería, no hay diferencia de potencial a través de su resistencia interna. De la ecuación $V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$ con $I = 0$, la diferencia de potencial V_{ab} entre los terminales de la batería es igual a la fem. Por consiguiente, la lectura del voltímetro es $V_{ab} = \mathcal{E} = 12V$. El voltaje terminal de una fuente real, no ideal, es igual a la fem sólo si no hay corriente que fluya por la fuente, como en este ejemplo.

Ejemplo 25.5: Fuente en un circuito completo

En el ejemplo conceptual 25.4, se agrega un resistor de 4Ω a la batería para formar el circuito completo de la figura. ¿Cuáles son ahora las lecturas de V_{ab} e I en el voltímetro y amperímetro?

Identificar y plantear: las incógnitas son la corriente I a través del circuito $aa'b'b$ y la diferencia de potencial V_{ab} . Primero se calcula I con la ecuación $I = \mathcal{E}/R+r$. Para determinar V_{ab} se puede usar la ecuación $V = IR$ o $V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$.



Ejecutar: El amperímetro ideal tiene una resistencia igual a cero, por lo que la resistencia total externa a la fuente es $R = 4\Omega$. De la ecuación dada, la corriente a través del circuito $aa'b'b$ es:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{12}{4\Omega + 2\Omega} = 2\text{ A}$$

Los alambres conductores ideales y el amperímetro ideal tienen una resistencia igual a cero, de modo que no hay diferencia de potencial entre los puntos a y a' o entre b y b' ; es decir, $V_{ab} = V_{a'b'}$. Se calcula V_{ab} considerando a y b como los terminales del resistor: a partir de la ley de Ohm, tenemos:

$$V_{a'b'} = IR = (2A)(2\Omega) = 8V$$

Alternativamente, se consideren a y b como los terminales de la fuente. Entonces:

$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir = 12V - (2A)(2\Omega) = 8V$$

De cualquier modo, vemos que la lectura del voltímetro es de 8V.

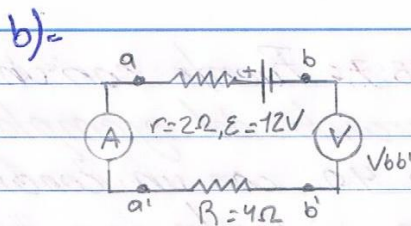
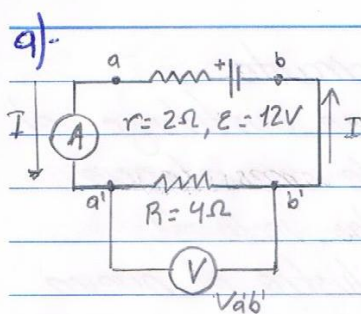
Evaluación: Con esta corriente que fluye a través de la fuente, el voltaje V_{ab} es menor que la fem $\mathcal{E}$. Cuanto menor sea la resistencia interna r , menor será la diferencia entre V_{ab} y $\mathcal{E}$.

Ejemplo 25.6: Uso de voltímetro y amperímetro

El voltímetro y el amperímetro del ejemplo 25.5 ahora se colocan en posiciones diferentes en el circuito. ¿Cuáles son las lecturas del voltímetro y del amperímetro ideales en las situaciones que se ilustran en a) Figura a y b) Figura b.

Solución: a) El voltímetro ahora mide la diferencia de potencial entre los puntos a' y b'. Pero como se expresó en el ejemplo 25.5: $V_{a'b'} = 8V$.

b) A través del voltímetro ideal no hay corriente porque éste tiene una resistencia infinitamente grande. Como el voltímetro ahora forma parte del circuito, no hay ninguna corriente en el circuito, por lo que la lectura del amperímetro es $I = 0$.



El voltímetro mide la diferencia de potencial $V_{bb'}$ entre los puntos b y b' . Como $I = 0$, la diferencia de potencial a través del resistor es $V_{bb'} = IR = 0$, y la que hay entre los extremos a y a' del amperímetro ideal también es igual a cero. Por lo tanto, $V_{bb'}$ es igual a V_{ab} , el voltaje terminal de la fuente. Como en el ejemplo conceptual 25.4, no hay corriente que fluya, por lo que el voltaje terminal es igual a la $\mathcal{E}_{em}$, en tanto que la lectura del voltímetro es $V_{ab} = \mathcal{E} = 12V$.

Este ejemplo muestra que los amperímetros y voltímetros también son elementos del circuito. Al mover el voltímetro de la posición que tenía en la figura a a la figura b, cambian la corriente y las diferencias de potencial en el circuito. Si se desea medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito sin alterarlo, hay que usar un voltímetro como se ilustra en la figura del ejemplo 25.5 o la figura a, no como la figura b.

Ejemplo 25.7: Fuente con un cortocircuito.

En el circuito del ejemplo 25.5 se sustituye el resistor de 4Ω con un conductor de resistencia igual a cero. ¿Cuáles son ahora las lecturas?

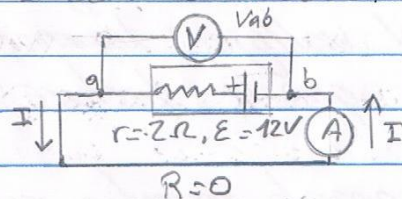
Identificar y plantear: La figura ilustra el nuevo circuito. Las incógnitas nuevamente son I y V_{ab} .

Ahora hay una trayectoria con resistencia igual a cero entre los puntos a y b , a través del circuito interior, por consiguiente, la diferencia de potencial entre estos puntos debe ser igual a cero.

Ejecutar: Debemos tener $V_{ab} = IR = I(0) = 0$, sin importar cuál sea la corriente. Por lo tanto, calculamos la corriente I con la ecuación:

$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir = 0$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r} = \frac{12V}{2\Omega} = 6A$$



Evaluar: La corriente tiene un valor distinto al del ejemplo 25.5, aun cuando se utiliza la misma batería; la corriente depende tanto de la resistencia interna r como de la resistencia del circuito externo.

La situación de este ejemplo se llama cortocircuito. La resistencia externa del circuito es igual a cero, porque los terminales de la batería están conectados directamente entre sí. La corriente del cortocircuito es igual a la fem $\mathcal{E}$ dividida entre la resistencia interna r . ¡Un corto circuito puede ser muy peligroso!

Evalue su comprensión: Clasifique los siguientes circuitos, de la mayor corriente a la menor. i. Un resistor de 1.4Ω conectado a una batería de $1.5V$ que tiene resistencia interna de 0.10Ω ; ii. un resistor de 1.8Ω conectado a una batería de $4.0V$ que tiene voltaje terminal de $3.6V$ y resistencia interna desconocida; iii. un resistor desconocido conectado a una batería de $12.0V$ con resistencia interna de 0.20Ω y un voltaje terminal de $11.0V$.

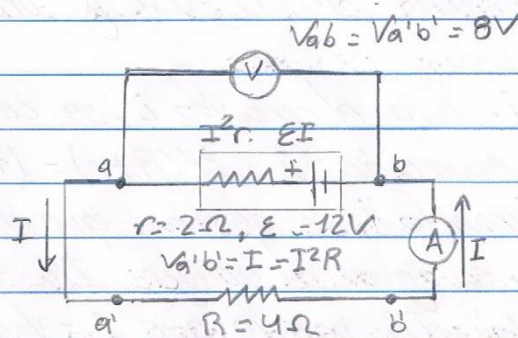
Respuesta: iii, ii, i. Para el circuito i, se calcula la corriente con la ecuación: $I = \mathcal{E}/(R+r) = (1.5V)/(1.4\Omega + 0.10\Omega) = 1.0A$. Para el circuito ii, se observa que el voltaje terminal $V_{ab} = 3.6V$ es igual al voltaje IR a través del resistor de 1.8Ω : $V_{ab} = IR$, por lo que $I = V_{ab}/R = (3.6V)/(1.8\Omega) = 2.0A$. En el caso del circuito iii, se utiliza la ecuación: $V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$ para determinar el voltaje terminal por lo que: $I = (\mathcal{E} - V_{ab})/r = (12.0V - 11.0V)/(0.20\Omega) = 5.0A$.

Ejemplo 25.8: Potencias de alimentación y salida en un circuito completo.

Para el circuito que se analizó en el ejemplo 25.5, calcule la razón de conversión de energía (química a eléctrica) y la razón de disipación de energía en la batería, así como la razón de disipación de energía en el resistor de 4Ω , y la potencia neta de salida de la batería.

Identificar y plantear: La figura representa el circuito, proporciona los valores de las cantidades conocidas del ejemplo 25.5, y señala cómo determinar

las incógnitas. Se utiliza la ecuación: $P = V_{ab}I = EI - I^2r$ para obtener la potencia neta de salida de la batería, la razón de conversión de energía química a eléctrica, y la razón de disipación de energía en la resistencia interna de la batería. Se usa la ecuación $P = V_{ab}I = I^2R = V_{ab}/R$ para calcular la potencia entregada al resistor de 4Ω (y disipada en éste).



Ejercicio: A partir del primer término de la ecuación, la razón de conversión de energía en la batería es:

$$EI = (12V)(2A) = 24W$$

Del segundo término de la ecuación, la razón de disipación de energía en la batería es:

$$I^2r = (2A)^2(2\Omega) = 8W$$

La potencia eléctrica neta de salida de la batería es la diferencia: $EI - I^2r = 16W$. De la ecuación $P = V_{ab}I = I^2R = V_{ab}/R$, la potencia eléctrica de entrada al resistor de 4Ω y la razón de disipación de energía eléctrica en este último son:

$$V_{ab}'I = (8V)(2A) = 16W \text{ y}$$

$$I^2R = (2A)^2(4\Omega) = 16W$$

Evaluar: La razón $V_{ab}I_a$ a la cual se suministra la energía al resistor de 4Ω es igual a la razón I^2R a la cual se disipa ahí la energía, que también es equivalente a la potencia neta de salida de la batería: $P = V_{ab}I = (8V)(2A) = 16W$. En resumen, la razón a la cual la fuente de fem suministra energía es $EI = 24W$; de la cual $I^2r = 8W$ se disipa en el resistor interno de la batería e $I^2R = 16W$ se disipan en el resistor externo.

Ejemplo 25.9: Aumento de la resistencia.

Suponga que el resistor externo de 4Ω de la figura en el ejemplo anterior, se sustituye por otro de 8Ω . ¿Cómo afecta esto la potencia eléctrica disipada en el resistor?

Identificar y plantear: La incógnita es la potencia disipada en el resistor al que está conectada la batería. La situación es la misma que la del ejemplo 25.8, pero con un valor mayor de la resistencia externa R .

Ejecutar: De acuerdo con la ecuación (25.18), la potencia disipada en el resistor está dada por $P = I^2R$. Podría concluir que como R ahora tiene el doble del valor que tenía en el ejemplo 25.8, la potencia también se duplica hasta $2(16W) = 32W$. O quizá usaría la fórmula $P = V_{ab}^2/R$, la cual lo llevaría a concluir que la potencia debería ser la mitad de la del ejemplo anterior, es decir, $(16W)/2 = 8W$. ¿Cuál es la respuesta correcta?

En realidad, ambas respuestas son incorrectas.



La primera porque al cambiar la resistencia R , también se modifica la corriente en el circuito (recuerde, una fuente de P_{em} no genera la misma corriente en todas las situaciones). La segunda también es incorrecta porque la diferencia de potencial V_{ab} a través del resistor cambia cuando varía la corriente. Para conocer la respuesta correcta, primero se calcula la corriente como se hizo en el ejemplo 25.5:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{tr}} = \frac{12V}{8\Omega + 2\Omega} = 1.2A$$

La mayor resistencia hace que la corriente disminuya. La diferencia de potencial a través del resistor es

$$V_{ab} = IR = (1.2A)(8\Omega) = 9.6V$$

que es mayor que con el resistor de 4Ω . Después, se calcula la potencia disipada en el resistor en cualquiera de las dos formas:

$$P = I^2 R = (1.2A)^2 (8\Omega) = 12W \text{ o bien,}$$

$$P = \frac{V_{ab}^2}{R} = \frac{(9.6V)^2}{8\Omega} = 12W$$

Evaluar: El incremento de la resistencia R ocasiona una reducción en la potencia de alimentación al resistor. En la expresión $P = I^2 R$ es más importante la distribución de la corriente que el aumento de la resistencia; en la expresión $P = V_{ab}^2 / R$ tiene mayor importancia el aumento en la resistencia, que el aumento de V_{ab} . Este mismo principio se

aplica a las bombillas eléctricas comunes; una bombilla de 50W tiene más resistencia que una de 100W.

Ejemplo 25.10. Potencia en un cortocircuito.

Para el cortocircuito que se analizó en el ejemplo 25.7, calcule la razón de conversión de energía y la razón de disipación de energía en la batería, así como la potencia neta de salida de la batería.

Identificar y Plantear: Las incógnitas son otra vez las potencias de entrada y salida asociada con la batería. La figura muestra el circuito. Se trate de la misma situación que la del ejemplo 25.8 pero ahora la resistencia externa R es igual a cero.

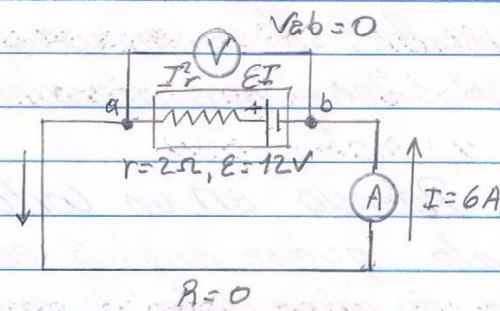
Ejecutar: En el ejemplo 25.7 se calculó que en esta situación la corriente es $I = 6A$. De la ecuación $P_{\text{batería}} = \mathcal{E}I - I^2r$, la razón de conversión de energía (química a eléctrica) en la batería es:

$$\mathcal{E}I = (12V)(6A) = 72W$$

y la razón de disipación de energía en la batería es:

$$I^2r = (6A)^2(2W) = 72W$$

La potencia neta de salida de la fuente es $\mathcal{E}I - I^2r = 0$. Se obtiene el mismo resultado con la expresión $P = V_{ab}I$, porque el voltaje terminal V_{ab} de la fuente es cero.



Evaluar: Con alambre ideal y un amperímetro ideal, de manera que $R=0$, toda la energía convertida por la fuente se disipa dentro de la misma. Por consiguiente, una batería en cortocircuito se estropea con rapidez y podría estallar.

Prueba su comprensión: Ordene los siguientes circuitos según el orden decreciente de sus valores de potencia neta de salida de la batería.

i. Un resistor de 1.4Ω conectado a una batería de $1.5V$ que tiene una resistencia interna de 0.10Ω ; ii. un resistor de 1.8Ω conectado a una batería de $4.0V$ con voltaje terminal de $3.6V$ y resistencia interna desconocida; iii. un resistor desconocido conectado a una batería de $12V$ con resistencia interna de 0.20Ω y voltaje terminal de $11.0V$.

Respuesta: iii, ii, i. En cada caso, la potencia neta de salida de la batería es $P = V_{ab} I$, donde V_{ab} es el voltaje entre los terminales de la batería.

Para el circuito i, se vio que $I = 1.0A$, por lo que $V_{ab} = E - Ir = 1.5V - (1.0A)(0.10\Omega) = 1.4V$, de manera que

$P = (1.4V)(1.0A) = 1.4W$. Para el circuito ii, se tiene

que $V_{ab} = 3.6V$ y se encontró que $I = 2.0A$, por

lo que $P = (3,6V)(2,0A) = 72W$. Para el circuito iii, se tiene que $V_{ab} = 11,0V$ y se determinó que $I = 5,0A$, así que $P = (11,0V)(5,0A) = 55W$.

Ejemplo 25.11: Tiempo libre medio del cobre.

Calcule el tiempo libre medio entre las colisiones en el cobre a temperatura ambiente.

Identificar y Plantear:

Es posible obtener una expresión para el tiempo libre medio τ en términos de n, ρ, e y m , si se reacomoda la ecuación $\rho = m/ne^2\tau$. Se sabe que para el cobre $n = 8,5 \times 10^{28} m^{-3}$ y $\rho = 1,72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$. Asimismo, $e = 1,60 \times 10^{-19} C$ y $m = 9,11 \times 10^{-31} Kg$ para los electrones.

Ejecutar: De la ecuación se obtiene

$$\tau = \frac{m}{ne^2\rho}$$

$$= \frac{9,11 \times 10^{-31} Kg}{(8,5 \times 10^{28} m^{-3})(1,60 \times 10^{-19} C)^2(1,72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m)}$$

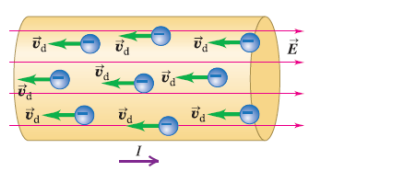
$$= 2,4 \times 10^{-14} s$$

Evaluar: El tiempo libre medio es el tiempo promedio entre colisiones por un electrón determinado. Al tomar el recíproco de este tiempo, se encuentra que ¡cada electrón experimenta en promedio $1/\tau = 4,2 \times 10^{13}$ colisiones cada segundo!

Evalúe su comprensión: ¿Cuál de los siguientes factores, al incrementarse, hará que sea más difícil producir cierta cantidad de corriente en un conductor? (Puede haber más de una respuesta correcta). i. la masa de las partículas con carga moviéndose en el conductor; ii. el número de partículas con carga moviéndose en cada metro cúbico; iii. la cantidad de carga en cada partícula en movimiento; iv. el tiempo medio entre las colisiones para una partícula cualquiera con carga y en movimiento.

Respuesta: i. La dificultad de producir cierta cantidad de corriente se incrementa conforme aumenta la resistividad ρ . La ecuación $\rho = m / ne^2 \tau$, por lo que aumenta la masa m se incrementará la resistividad. Esto es así porque una partícula cargada más masiva responderá con más lentitud ante la aplicación de un campo eléctrico y, por consiguiente, el arrastre será más lento. Para generar la misma corriente se necesitaría un campo eléctrico más intenso (el aumento de n , e o τ haría que la resistividad disminuyera y sería más fácil producir una corriente dada).

CORRIENTE, RESISTENCIA Y FUERZA ELECTROMOTRIZ



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.

CORRIENTE Y DENSIDAD DE CORRIENTE

La corriente es la cantidad de carga que fluye a través de un área específica, por unidad de tiempo. La unidad I a través de un área A depende de la concentración n y la carga q de los portadores de carga, así como de la magnitud de su velocidad de arrastre v_d . La densidad de corriente es la corriente por unidad de área de la sección transversal. la unidad del SI para la corriente es el ampere (1 A= 1C/s).

$$I = \frac{dQ}{dt} = n|q|v_d A \quad (\text{expresión general para la corriente})$$

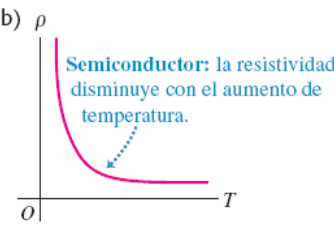
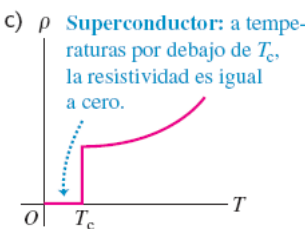
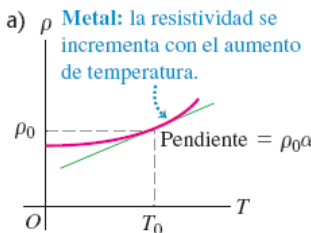
$$\vec{J} = nq\vec{v}_d \quad (\text{densidad de corriente vectorial})$$

RESISTIVIDAD:

La resistividad ρ de un material es el cociente de las magnitudes del campo eléctrico y la densidad de corriente. Los buenos conductores tienen poca resistividad; los buenos aislantes tienen alta resistividad. La ley de Ohm, que cumplen de forma aproximada muchos materiales, establece que ρ es una constante independientemente del valor de E. La resistividad por lo general se incrementa con la temperatura.

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (\text{definición de resistividad})$$

$$\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (\text{dependencia de la resistividad con respecto a la temperatura})$$

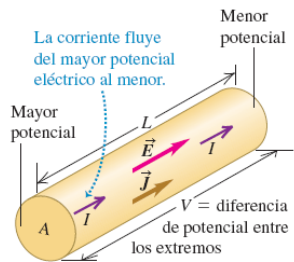


RESISTORES:

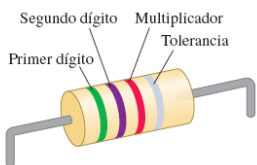
La diferencia de potencial V a través de una muestra de material que cumple la ley de Ohm es proporcional a la corriente I a través de la muestra. La razón $V/I=R$ es la resistencia de la muestra. La resistencia de un conductor cilíndrico se relaciona con su resistividad ρ , longitud L y área de sección transversal A.

$$V = IR \quad (\text{relación entre voltaje, corriente y resistencia})$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (\text{relación entre la resistencia y la resistividad})$$



Color	Valor como dígito	Valor como multiplicador
Negro	0	1
Café	1	10
Rojó	2	10 ²
Naranja	3	10 ³
Amarillo	4	10 ⁴
Verde	5	10 ⁵
Azul	6	10 ⁶
Violeta	7	10 ⁷
Gris	8	10 ⁸
Blanco	9	10 ⁹

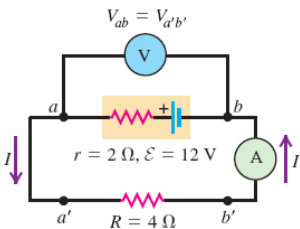


La unidad del SI para la resistencia es el ohm
(1 Ω = V/A)

CIRCUITOS Y FEM:

Un circuito completo tiene una trayectoria continua por la que circula corriente. Un circuito completo que lleva una corriente constante debe contener una fuente de fuerza electromotriz (fem). La unidad del SI para la fuerza electromotriz es el volt (V). Cualquier fuente real de fem tiene, en cierta medida, una resistencia interna r, por consiguiente, la diferencia de potencial terminal V_{ab} depende de la corriente.

Fuente de fem en un circuito completo.

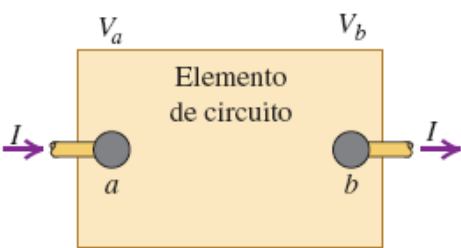


$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir \quad (\text{voltaje terminal, fuente con resistencia interna})$$

Símbolos para diagramas de circuito

	Conductor con resistencia despreciable.
	Resistor.
	Fuente de fem (la línea vertical más larga representa la terminal positiva, por lo general aquella con el mayor potencial).
	Fuente de fem con resistencia interna r (la r se puede colocar en cualquier lado).
	Voltímetro (mide la diferencia de potencial entre sus terminales).
	Amperímetro (mide la corriente que pasa a través suyo).

ENERGÍA Y POTENCIAL EN LOS CIRCUITOS:



Un elemento de circuito con una diferencia de potencial $V_a - V_b = V_{ab}$ y corriente I introduce energía al circuito si la dirección de la corriente es del potencial más bajo al más alto en el dispositivo, y extrae energía del circuito si la corriente es la opuesta. La potencia P (tasa de transferencia de energía) es igual al producto de la diferencia de potencial por la corriente. Un resistor siempre extrae energía eléctrica del circuito

$$P = V_{ab} I \quad (\text{elemento general de circuito})$$

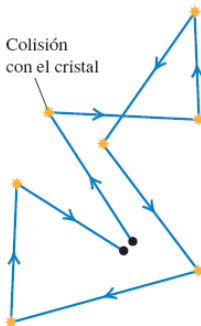
$$P = V_{ab} I = I^2 R = \frac{V_{ab}^2}{R} \quad (\text{potencia que entra en un resistor})$$

CONDUCCIÓN EN LOS METALES:

En un metal, la corriente se debe al movimiento de electrones que se mueven libremente a través del cristal metálico, colisionando con los iones positivos. En un modelo clásico aproximado de este movimiento, la resistividad del material se relaciona con la masa y la carga del electrón, la rapidez del movimiento aleatorio y la densidad de los electrones, así como el tiempo libre entre la colisiones.

$$\rho = \frac{m}{ne^2 \tau}$$

a) Trayectoria normal de un electrón en un cristal metálico sin campo interno $\vec{E}$



b) Trayectoria normal de un electrón en un cristal metálico con un campo interno $\vec{E}$

