



Elementos de Física General II A

Electricidad y Magnetismo



Guía de Ejercicios y Problemas

Problemas seleccionados del texto guía: Young, Freedman, Sears, & Zemansky (2009).
“FÍSICA UNIVERSITARIA”. Volumen 2 - (12ª Edición). Ed. Pearson Education.

Instituto de Ciencias Básicas - Universidad Nacional de Cuyo

PRÁCTICA 1

Carga eléctrica y campo eléctrico.

P21.1. Si usted desprende dos tiras de cinta adhesiva transparente del mismo carrete y de inmediato las deja colgando una cerca de la otra, se repelerán mutuamente. Si luego pega el lado con adhesivo de una con el lado brillante de la otra y las separa, se atraerán entre sí. Dé una explicación convincente donde intervenga la transferencia de electrones entre las tiras de cinta en esta secuencia de eventos.

P21.2. Dos esferas de metal cuelgan de cordones de nailon, y cuando se les acerca una a la otra tienden a atraerse. Con base en esta sola información, analice todas las maneras posibles en que las esferas pudieran estar cargadas. ¿Sería posible que después de que las esferas se toquen quedaran pegadas? Explique su respuesta.

P21.3. La fuerza eléctrica entre dos partículas cargadas se hace más débil a medida que aumenta la distancia. Suponga que la fuerza eléctrica fuera *independiente* de la distancia. En este caso, ¿un peine cargado haría que un aislante neutro se polarizara, como en la figura 21.8? ¿Por qué? ¿El aislante neutro sería atraído por el peine? Otra vez, ¿por qué?

P21.5. Una esfera de metal sin carga cuelga de un cordón de nailon. Cuando se le acerca una varilla de vidrio con carga positiva, la esfera es atraída hacia la varilla. Pero si la esfera toca la varilla, de pronto se aleja de la varilla. Explique por qué la esfera primero es atraída y luego repelida.

P21.7. Algunos de los electrones en un buen conductor (como el cobre) se mueven a rapidez de 10^6 m/s o más rápido. ¿Por qué no escapan volando del conductor?

P21.16. Se coloca un protón en un campo eléctrico uniforme y luego se libera. Después se sitúa un electrón en el mismo punto y también se libera. ¿Experimentan las dos partículas la misma fuerza? ¿La misma aceleración? ¿Se mueven en la misma dirección cuando se liberan?

21.2. Los relámpagos ocurren cuando hay un flujo de carga eléctrica (sobre todo electrones) entre el suelo y los cumulonimbos (nubes de tormenta). La tasa máxima de flujo de carga en un relámpago es de alrededor de 20,000 C/s; esto dura 100 μ s o menos. ¿Cuánta carga fluye entre el suelo y la nube en este tiempo? ¿Cuántos electrones fluyen en dicho periodo?

21.7. Se dan cargas eléctricas positivas a dos esferas pequeñas de plástico. Cuando están separadas una distancia de 15.0 cm, la fuerza de repulsión entre ellas tiene una magnitud de 0.220 N. ¿Cuál es la carga en cada esfera, si a) las dos cargas son iguales, y b) si una esfera tiene cuatro veces la carga de la otra?

21.17. Tres cargas puntuales están alineadas a lo largo del eje x . La carga $q_1 = +3.00 \mu\text{C}$ está en el origen, y la carga $q_2 = -5.00 \mu\text{C}$ se encuentra en $x = 0.200$ m. La carga $q_3 = -8.00 \mu\text{C}$. ¿Dónde está situada q_3 si la fuerza neta sobre q_1 es de 7.00 N en la dirección negativa del eje x ?

21.21. Una carga puntual positiva q está situada sobre la parte positiva del eje y y en $y = a$, y una carga puntual negativa $-q$ está en la parte negativa del eje y y en $y = -a$. Se coloca una carga puntual negativa $-Q$ en cierto punto sobre la parte positiva del eje x . a) En un diagrama de cuerpo libre, indique las fuerzas que actúan sobre la carga $-Q$. b) Encuentre las componentes x y y de la fuerza neta que ejercen las dos cargas q y $-q$ sobre $-Q$. (Su respuesta sólo debería incluir k , q , Q , a y la coordenada x de la tercera carga.) c) ¿Cuál es la fuerza neta sobre la carga $-Q$ cuando está en el origen ($x = 0$)? d) Haga la gráfica de la componente y de la fuerza neta sobre la carga $-Q$, en función de x para los valores de x entre $-4a$ y $+4a$.

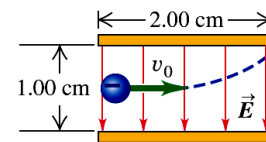
21.27. Un protón se mueve en forma horizontal hacia la derecha a 4.50×10^6 m/s. a) Encuentre la magnitud y la dirección del campo eléctrico más débil que lleve al protón uniformemente al reposo en una distancia de 3.20 cm. b) ¿Cuánto tiempo le llevaría al protón detenerse una vez que entrara al campo eléctrico? c) ¿Cuál es el campo mínimo (magnitud y dirección) que sería necesario para detener un electrón en las condiciones del inciso a)?

21.30. a) ¿Cuál es el campo eléctrico de un núcleo de hierro a una distancia de 6.00×10^{-10} m de su núcleo? El número atómico del hierro es 26. Suponga que el núcleo puede tratarse como carga puntual. b) ¿Cuál es el campo eléctrico de un protón a una distancia de 5.29×10^{-11} m del protón? (Éste es el radio de la órbita del electrón en el modelo de Bohr para el estado fundamental del átomo de hidrógeno.)

21.33. Se lanza un electrón con rapidez inicial $v_0 = 1.60 \times 10^6$ m/s hacia el interior de un campo uniforme entre las placas paralelas de la figura 21.38. Suponga que el campo entre las placas es uniforme y está dirigido verticalmente hacia abajo, y que el campo fuera de las placas es igual a cero. El electrón ingresa al campo en un punto equidistante de las dos placas. a) Si el electrón apenas libra la placa superior al salir del campo, encuentre la magnitud del campo eléctrico. b) Suponga que en la figura 21.38 el electrón es sustituido por un protón con la misma rapidez inicial v_0 . ¿Golpearía el protón alguna de las placas? Si el protón no golpea ninguna de las placas, ¿cuáles serían la magnitud y la dirección de su desplazamiento vertical, a medida que sale de la región entre las placas? c) Compare las trayectorias que recorren el electrón y el protón, y explique las diferencias. d) Analice si es razonable ignorar los efectos de la gravedad en cada partícula.

Figura 21.38

Ejercicio 21.33.



21.34. La carga puntual $q_1 = -5.00$ nC se encuentra en el origen y la carga puntual $q_2 = +3.00$ nC está sobre el eje x en $x = 3.00$ cm. El punto P se halla sobre el eje y en $y = 4.00$ cm. a) Calcule los campos eléctricos \vec{E}_1 y \vec{E}_2 en el punto P debido a las cargas q_1 y q_2 . Expresé los resultados en términos de vectores unitarios (véase el ejemplo 21.6). b) Utilice los resultados del inciso a) para obtener el campo resultante en P , expresado con notación de vectores unitarios.

21.44. Dos partículas con cargas $q_1 = 0.500$ nC y $q_2 = 8.00$ nC están separadas por una distancia de 1.20 m. ¿En qué punto de la línea que conecta las dos cargas, el campo eléctrico total producido por ambas cargas es igual a cero?

21.46. Repita el ejercicio 21.44, pero ahora con $q_1 = -4.00$ nC.

21.49. En un sistema de coordenadas rectangulares, se coloca una carga puntual positiva $q = 6.00 \times 10^{-9}$ en el punto $x = +0.150$ m, $y = 0$ y otra carga puntual idéntica se sitúa en $x = -0.150$ m, $y = 0$. Encuentre las componentes x y y , la magnitud y la dirección del campo eléctrico en los siguientes puntos: a) el origen; b) $x = 0.300$ m, $y = 0$; c) $x = 0.150$ m, $y = -0.400$ m; d) $x = 0$, $y = 0.200$ m.

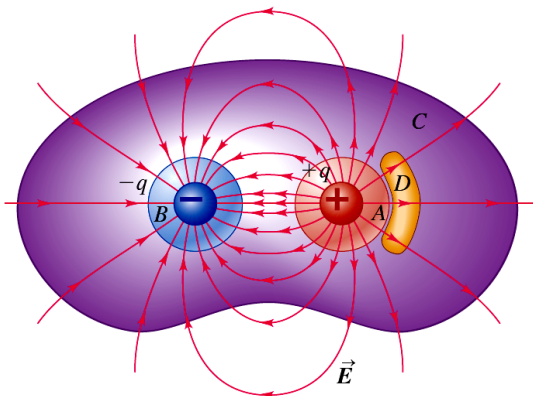
21.63. Las cargas puntuales $q_1 = -4.5$ nC y $q_2 = +4.5$ nC están separadas 3.1 mm, y forman un dipolo eléctrico. a) Calcule el momento dipolar eléctrico (magnitud y dirección). b) Las cargas están en un campo eléctrico uniforme, cuya dirección forma un ángulo de 36.9° con la línea que une las cargas. ¿Cuál es la magnitud de este campo si el par de torsión que ejerce sobre el dipolo tiene una magnitud de 7.2×10^{-9} N \cdot m?

21.68. Considere el dipolo eléctrico del ejemplo 21.15. a) Obtenga una expresión para la magnitud del campo eléctrico producido por el dipolo en un punto localizado en el eje x de la figura 21.34. ¿Cuál es la dirección de este campo eléctrico? b) ¿Cómo el campo eléctrico, en puntos que están sobre el eje x , depende de x cuando x es muy grande?

PRÁCTICA 2 Ley de Gauss

P22.3. En la figura 22.15, suponga que se coloca una tercera carga puntual fuera de la superficie gaussiana de color púrpura C . ¿Afectaría esto el flujo eléctrico a través de cualquiera de las superficies A , B , C o D en la figura? ¿Por qué?

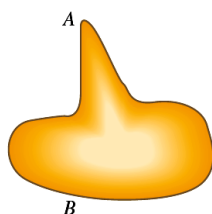
22.15 El número neto de líneas de campo que salen de una superficie cerrada es proporcional a la carga total contenida por la superficie.



P22.4. Cierta región del espacio limitada por una superficie imaginaria cerrada no contiene carga. ¿El campo eléctrico siempre es igual a cero en todos los puntos de la superficie? Si no es así, ¿en qué circunstancias sería cero en la superficie?

P22.12. La magnitud de \vec{E} en la superficie de un sólido conductor de forma irregular debe ser máxima en las regiones en las que hay formas agudas, como el punto A de la figura 22.30, y debe ser mínima en las regiones planas, como el punto B de la misma figura. Explique por qué debe ser así considerando la manera en que las líneas de campo eléctrico deben acomodarse cerca de una superficie conductora. ¿Cómo cambia la densidad superficial de carga en los puntos A y B ? Explique su respuesta.

Figura 22.30
Pregunta P22.12.

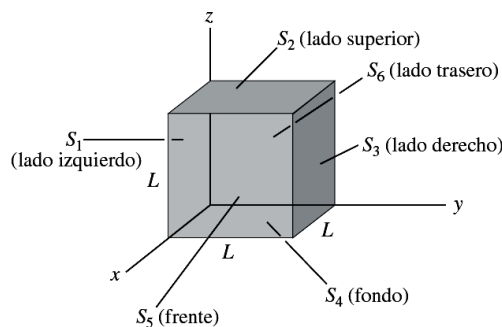


P22.16. Una esfera sólida de cobre tiene una carga neta positiva distribuida de manera uniforme sobre la superficie de la esfera; el campo eléctrico en el interior de la esfera es igual a cero. Después, una carga puntual negativa fuera de la esfera se acerca a la superficie de la esfera. ¿Toda la carga neta en la esfera seguirá en la superficie? De ser así, ¿se distribuiría de manera uniforme? Y si no fuera uniforme, ¿cómo se distribuiría? ¿El campo eléctrico dentro de la esfera seguiría siendo igual a cero? Explique su respuesta para cada caso.

22.6. El cubo de la figura 22.32 tiene lados con longitud $L = 10.0$ cm. El campo eléctrico es uniforme, tiene magnitud $E = 4.00 \times 10^3$ N/C y es paralelo al plano xy con un ángulo de 36.9° medido a partir del eje $+x$ hacia el eje $+y$. a) ¿Cuál es el flujo eléctrico a través de cada una de las seis caras del cubo, S_1 , S_2 , S_3 , S_4 , S_5 y S_6 ? b) ¿Cuál es el flujo eléctrico total a través de todas las caras del cubo?

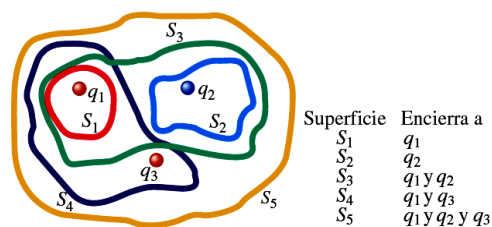
22.7. En el ejemplo 21.11 (sección 21.5) se demostró que el campo eléctrico debido a una línea infinita de carga es perpendicular a ésta y su magnitud es $E = \lambda/2\pi\epsilon_0 r$. Considere un cilindro imaginario con radio $r = 0.250$ m y longitud $l = 0.400$ m que tiene una línea infinita de carga positiva que va a lo largo de su eje. La carga por unidad de longitud en la línea es $\lambda = 6.00 \mu\text{C}/\text{m}$. a) ¿Cuál es el flujo eléctrico a través del cilindro debido a esta línea infinita de carga? b) ¿Cuál es el flujo a través del cilindro si su radio se incrementa a $r = 0.500$ m? c) ¿Cuál es el flujo a través del cilindro si su longitud aumenta a $l = 0.800$ m?

Figura 22.32 Ejercicios 22.4 y 22.6; Problema 22.32.



22.8. Las tres esferas pequeñas que se muestran en la figura 22.33 tienen cargas $q_1 = 4.00$ nC, $q_2 = -7.80$ nC y $q_3 = 2.40$ nC. Calcule el flujo eléctrico neto a través de cada una de las siguientes superficies cerradas que se ilustran en sección transversal en la figura: a) S_1 ; b) S_2 ; c) S_3 ; d) S_4 ; e) S_5 . f) Las respuestas para los incisos a) a e), ¿dependen de la manera en que está distribuida la carga en cada esfera pequeña? ¿Por qué?

Figura 22.33 Ejercicio 22.8.



22.10. Una carga puntual $q_1 = 4.00$ nC se localiza sobre el eje x en $x = 2.00$ m, y una segunda carga puntual $q_2 = -6.00$ nC está en el eje y en $y = 1.00$ m. ¿Cuál es el flujo eléctrico total debido a estas dos cargas a través de una superficie esférica con centro en el origen y con radio de a) 0.500 m, b) 1.50 m, c) 2.50 m?

22.15. Una carga puntual de $+5.00 \mu\text{C}$ se localiza en el eje x en $x = 4.00$ m, cerca de una superficie esférica de radio 3.00 m con centro en el origen. a) Calcule la magnitud del campo eléctrico en $x = 3.00$ m. b) Determine la magnitud del campo eléctrico en $x = -3.00$ m. c) De acuerdo con la ley de Gauss, el flujo neto a través de la esfera es igual a cero porque no contiene carga. Pero el campo debido a la carga exterior es mucho más fuerte en el lado cercano a la esfera (por ejemplo, en $x = 3.00$ m) que en el lado alejado (en $x = -3.00$ m). Entonces, ¿cómo puede ser igual el flujo hacia la esfera (en el lado cercano) que el flujo hacia fuera de ella (en el lado lejano)? Dé una explicación; un diagrama será de utilidad.

22.16. Una esfera metálica sólida con radio de 0.450 m tiene una carga neta de 0.250 nC. Determine la magnitud del campo eléctrico a) en un punto a 0.100 m fuera de la superficie, y b) en un punto dentro de la esfera, a 0.100 m bajo la superficie.

22.19. ¿Cuántos electrones excedentes deben agregarse a un conductor esférico aislado de 32.0 cm de diámetro para producir un campo eléctrico de 1150 N/C apenas fuera de su superficie?

22.22. a) A una distancia de 0.200 cm del centro de una esfera conductora con carga y radio de 0.100 cm, el campo eléctrico es de 480 N/C. ¿Cuál es el campo eléctrico a 0.600 cm del centro de la esfera? b) A una distancia de 0.200 cm del eje de un cilindro conductor muy largo con radio de 0.100 cm, el campo eléctrico es de 480 N/C. ¿Cuál es el campo eléctrico a 0.600 cm del eje del cilindro? c) A una distancia de 0.200 cm de una lámina grande con carga uniforme, el campo eléctrico es de 480 N/C. ¿Cuál es el campo eléctrico a 1.20 cm de la lámina?

22.25. El campo eléctrico a una distancia de 0.145 m de la superficie de una esfera sólida aislante con radio de 0.355 m, es de 1750 N/C.

a) Suponiendo que la carga de la esfera se distribuye con uniformidad, ¿cuál es la densidad de carga en su interior? b) Calcule el campo eléctrico dentro de la esfera a una distancia de 0.200 m del centro.

PRÁCTICA 3

Potencial eléctrico

P23.1. Un estudiante preguntó: “Como el potencial eléctrico siempre es proporcional a la energía potencial, ¿por qué molestarse con el concepto de potencial?” ¿Qué respondería usted?

P23.3. ¿Es posible tener una configuración de dos cargas puntuales separadas por una distancia finita de manera que la energía potencial eléctrica del arreglo sea la misma que si las dos cargas estuvieran separadas por una distancia infinita? ¿Por qué? ¿Qué pasaría si hubiera tres cargas? Explique su razonamiento.

P23.6. Si \vec{E} es igual a cero a través de cierta región del espacio, ¿el potencial también es necesariamente igual a cero en esa región? ¿Por qué? Si no es así, ¿qué puede decirse acerca del potencial?

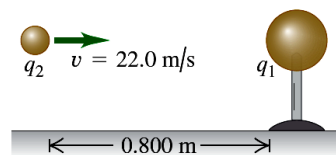
P23.9. Es fácil producir una diferencia de potencial de varios miles de volts entre el cuerpo de una persona y el piso, frotando los zapatos sobre una alfombra de nailon. Cuando usted toca una perilla metálica recibe una descarga moderada. Sin embargo, es probable que el contacto con una línea eléctrica de voltaje comparable sea mortal. ¿A qué se debe la diferencia?

P23.10. Si se conoce el potencial eléctrico en un solo punto, ¿se puede determinar \vec{E} en ese punto? Si es así, ¿cómo? Si no es posible, ¿por qué?

P23.17. Un conductor con una carga neta Q tiene una cavidad hueca y vacía en su interior. ¿El potencial varía de un punto a otro dentro del material del conductor? ¿Qué sucede dentro de la cavidad? ¿Cómo se compara el potencial en el interior de la cavidad con el potencial dentro del material del conductor?

23.2. Una carga puntual q_1 se mantiene estacionaria en el origen. Se coloca una segunda carga q_2 en el punto a , y la energía potencial eléctrica del par de cargas es $+5.4 \times 10^{-8}$ J. Cuando la segunda carga se mueve al punto b , la fuerza eléctrica sobre la carga realiza -1.9×10^{-8} J de trabajo. ¿Cuál es la energía potencial eléctrica del par de cargas cuando la segunda carga se encuentra en el punto b ?

23.5. Una esfera pequeña de metal tiene una carga neta de $q_1 = -2.80 \mu\text{C}$ y se mantiene en posición estacionaria por medio de soportes aislados. Una segunda esfera metálica también pequeña con carga neta de $q_2 = -7.80 \mu\text{C}$ y masa de 1.50 g es proyectada



hacia q_1 . Cuando las dos esferas están a una distancia de 0.800 m una de otra, q_2 se mueve hacia q_1 con una rapidez de 22.0 m/s (figura 23.30). Suponga que las dos esferas pueden considerarse como cargas puntuales y que se ignora la fuerza de gravedad. a) ¿Cuál es la rapidez de q_2 cuando las esferas están a 0.400 m una de la otra? b) ¿Qué tan cerca de q_1 llega la q_2 ?

23.9. Una carga puntual $q_1 = 4.00$ nC está situada en el origen, y una segunda carga puntual $q_2 = -3.00$ nC está en el eje x en $x = +20.0$ cm. Una tercera carga puntual $q_3 = 2.00$ nC se coloca sobre el eje x entre q_1 y q_2 . (Considere la energía potencial de las tres cargas igual a cero cuando estén separadas por una distancia infinita.) a) ¿Cuál es la energía potencial del sistema de tres cargas si q_3 se coloca en $x = +10.0$ cm? b) ¿Dónde debe situarse q_3 para hacer que la energía potencial del sistema sea igual a cero?

23.11. Tres cargas puntuales que al principio están infinitamente alejadas entre sí, se colocan en las esquinas de un triángulo equilátero con lados d . Dos de las cargas puntuales son idénticas y tienen carga q . Si se requiere un trabajo neto igual a cero para situar las tres cargas en las esquinas del triángulo, ¿cuál debe ser el valor de la tercera carga?

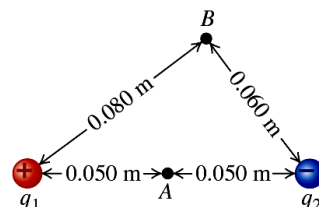
23.12. Dos protones son lanzados por un acelerador ciclotrón directamente uno en dirección del otro con una rapidez de 1000 km/s, medida con respecto a la Tierra. Encuentre la fuerza eléctrica máxima que ejercerá cada protón sobre el otro.

23.13. Un campo eléctrico uniforme está dirigido hacia el este. El punto B está a 2.00 m al oeste del punto A , el punto C está a 2.00 m del punto A , y el punto D se localiza a 2.00 m al sur de A . En cada punto, B , C y D , ¿el potencial es mayor, menor o igual al del punto A ? Exponga el razonamiento que sustenta sus respuestas.

23.17. Una carga de 28.0 nC se coloca en un campo eléctrico uniforme que está dirigido verticalmente hacia arriba y tiene una magnitud de 4.00×10^4 V/m. ¿Qué trabajo hace la fuerza eléctrica cuando la carga se mueve a) 0.450 m a la derecha; b) 0.670 m hacia arriba; c) 2.60 m con un ángulo de 45.0° hacia abajo con respecto a la horizontal?

23.21. Dos cargas puntuales $q_1 = +2.40$ nC y $q_2 = -6.50$ nC están separadas 0.100 m. El punto A está a la mitad de la distancia entre ellas; el punto B está a 0.080 m de q_1 y 0.060 m de q_2 (figura 23.31). Considere el potencial eléctrico como cero en el infinito. Determine a) el potencial en el punto A ; b) el potencial en el punto B ; c) el trabajo realizado por el campo eléctrico sobre una carga de 2.50 nC que viaja del punto B al punto A .

Figura 23.31 Ejercicio 23.21.



23.24. Una carga $+q$ se localiza en el punto $x = 0, y = -a$, y una carga negativa $-q$ se encuentra en el punto $x = 0, y = +a$.

a) Obtenga una expresión para el potencial V en puntos sobre el eje y y como función de la coordenada y . Considere V igual a cero a una distancia infinita de las cargas. b) Elabore la gráfica de V en puntos sobre el eje y y como función de y en el intervalo de $y = -4a$ a $y = +4a$. c) Demuestre que para $y \gg a$, el potencial en un punto sobre el eje y positivo está dado por $V = -(1/4\pi\epsilon_0)2qa/y^2$. d) ¿Cuáles son las respuestas a los incisos a) y c) si las dos cargas se intercambian de manera que $+q$ esté en $y = +a$ y $-q$ esté en $y = -a$?

23.29. Un campo eléctrico uniforme tiene una magnitud E y está dirigido en la dirección negativa de x . La diferencia de potencial entre el punto a (en $x = 0.60$ m) y el punto b (en $x = 0.90$ m) es 240 V. a) ¿Cuál punto, a o b , tiene el potencial más alto? b) Calcule el valor de E . c) Una carga puntual negativa $q = -0.200 \mu\text{C}$ se desplaza de b a a . Calcule el trabajo realizado por el campo eléctrico sobre la carga puntual.

23.31. a) Un electrón se acelera de 3.00×10^6 m/s a 8.00×10^6 m/s. ¿A través de qué diferencia de potencial debe pasar el electrón para que esto suceda? b) ¿A través de qué diferencia de potencial debe pasar el electrón si ha de disminuir su velocidad de 8.00×10^6 m/s hasta detenerse?

23.33. Un anillo delgado con carga uniforme tiene un radio de 15.0 cm y carga total de $+24.0$ nC. Se coloca un electrón sobre el eje del anillo a una distancia de 30.0 cm de su centro y queda restringido a permanecer sobre ese eje. Después se libera el electrón desde el reposo. a) Describa el movimiento posterior del electrón. b) Determine la rapidez del electrón cuando alcanza el centro del anillo.

23.40. Dos placas conductoras paralelas y grandes, que llevan cargas opuestas de igual magnitud, están separadas por una distancia de 2.20 cm. a) Si la densidad superficial de carga para cada placa tiene una magnitud de 47.0 nC/m², ¿cuál es la magnitud de \vec{E} en la región entre las placas? b) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre las dos placas? c) Si la separación entre las placas se duplica mientras la densidad superficial de carga se mantiene constante en el valor que se obtuvo en el inciso a), ¿qué sucede con la magnitud del campo eléctrico y la diferencia de potencial?

23.47. En cierta región del espacio, el potencial eléctrico es $V(x, y, z) = Axy - Bx^2 + Cy$, donde A, B y C son constantes positivas. a) Calcule las componentes x, y y z del campo eléctrico. b) ¿En qué puntos el campo eléctrico es igual a cero?

PRÁCTICA 4

Capacitancia y dieléctricos

P24.1. La ecuación (24.2) muestra que la capacitancia de un capacitor de placas paralelas aumenta a medida que la separación d entre las placas disminuye. Sin embargo, existe un límite práctico en cuanto a qué tan pequeña puede ser d , lo que también impone un límite superior a la magnitud de C . Explique qué es lo que fija los límites para d . (*Sugerencia:* piense en qué pasa con la magnitud del campo eléctrico cuando $d \rightarrow 0$.)

P24.3. Suponga que las dos placas de un capacitor tienen diferentes áreas. Cuando el capacitor se carga conectándolo a una batería, ¿las cargas en las dos placas tienen magnitud igual o diferente? Explique su razonamiento.

P24.6. Un capacitor de placas paralelas se carga con una batería y se mantiene conectado a ésta. Después se duplica la distancia de separación entre las placas. ¿Cómo cambian el campo eléctrico, la carga en las placas y la energía total? Explique su razonamiento.

P24.7. Un capacitor de placas paralelas se carga conectándolo a una batería y luego se desconecta de ésta. Después se duplica la distancia de separación entre las placas. ¿Cómo cambian el campo eléctrico, la diferencia de potencial y la energía total? Dé una explicación de su razonamiento.

P24.15. La frescura del pescado se puede medir si se coloca un ejemplar entre las placas de un capacitor y se mide la capacitancia. ¿Cómo funciona esto? (*Sugerencia:* considere que el pescado se seca conforme pasa el tiempo. Consulte la tabla 24.1.)

P24.18. Un capacitor de placas paralelas está conectado a una fuente de energía que mantiene una diferencia de potencial fija entre las placas. *a)* Si luego se coloca una lámina de dieléctrico entre las placas, ¿qué sucede con i) el campo eléctrico entre las placas, ii) la magnitud de la carga entre cada placa y iii) la energía almacenada en el capacitor? *b)* Ahora suponga que antes de insertar el dieléctrico se desconecta el capacitor con carga de la fuente de energía. En este caso, ¿qué pasa con i) el campo eléctrico entre las placas, ii) la magnitud de la carga en cada placa, iii) la energía almacenada en el capacitor? Explique cualquier diferencia que exista entre las dos situaciones.

24.5. Un capacitor de placas paralelas de $10.0 \mu\text{F}$ con placas circulares está conectado a una batería de 12.0 V . *a)* ¿Cuál es la carga en cada placa? *b)* ¿Cuánta carga habría en las placas si se duplicara la separación y el capacitor permaneciera conectado a la batería? *c)* ¿Cuánta carga habría en las placas si el capacitor se conectara a la batería de 12.0 V después de duplicar el radio de cada placa sin modificar su separación?

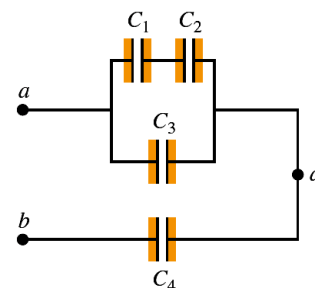
24.6. Un capacitor de placas paralelas de $10.0 \mu\text{F}$ está conectado a una batería de 12.0 V . Después de que el capacitor se carga por completo, la batería se desconecta sin que haya pérdida de carga en las placas. *a)* Se conecta un voltímetro a través de las dos placas sin descargarlas. ¿Cuál es su lectura? *b)* ¿Cuál sería la lectura del voltímetro si i) la separación de las placas se duplica; ii) el radio de cada placa se duplica, pero la separación entre ellas permanece igual?

24.9. Un capacitor está construido con dos cilindros coaxiales de hierro, huecos, uno dentro del otro. El cilindro interior tiene carga negativa y el exterior tiene carga positiva; la magnitud de la carga en cada uno es 10.0 pC . El cilindro interior tiene un radio de 0.50 mm y el exterior de 5.00 mm , y la longitud de cada cilindro es de 18.0 cm . *a)* ¿Cuál es la capacitancia? *b)* ¿Qué diferencia de potencial es necesario aplicar para tener tales cargas en los cilindros?

24.12. Un capacitor esférico está formado por dos corazas concéntricas, esféricas y conductoras, separadas por vacío. La esfera interior tiene un radio de 15.0 cm y la capacitancia es de 116 pF . *a)* ¿Cuál es el radio de la esfera exterior? *b)* Si la diferencia de potencial entre las dos esferas es de 220 V , ¿cuál es la magnitud de la carga en cada esfera?

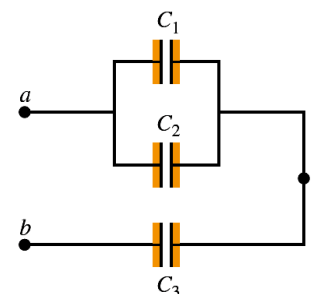
24.15. En la figura 24.25, cada capacitor tiene $C = 4.00 \mu\text{F}$ y $V_{ab} = +28.0 \text{ V}$. Calcule *a)* la carga en cada capacitor; *b)* la diferencia de potencial a través de cada capacitor; *c)* la diferencia de potencial entre los puntos a y d .

Figura 24.25 Ejercicio 24.15.



24.18. En la figura 24.26, $C_1 = 6.00 \mu\text{F}$, $C_2 = 3.00 \mu\text{F}$ y $C_3 = 5.00 \mu\text{F}$. La red de capacitores está conectada a un potencial aplicado V_{ab} . Después de que las cargas en los capacitores han alcanzado sus valores finales, la carga en C_2 es de $40.0 \mu\text{C}$. *a)* ¿Cuáles son las cargas en los capacitores C_1 y C_3 ? *b)* ¿Cuál es el voltaje aplicado V_{ab} ?

Figura 24.26 Ejercicios 24.18 y 24.19.



24.26. Un capacitor con aire está hecho de dos placas paralelas planas con una separación de 1.50 mm . La magnitud de la carga en cada placa es de $0.0180 \mu\text{C}$, cuando la diferencia de potencial es de 200 V . *a)* ¿Cuál es la capacitancia? *b)* ¿Cuál es el área de cada placa? *c)* ¿Cuál es el voltaje máximo que puede aplicarse sin que haya ruptura del dieléctrico? (En el caso del aire, la ruptura del dieléctrico ocurre con una intensidad de campo eléctrico de $3.0 \times 10^6 \text{ V/m}$.) *d)* Cuando la carga es de $0.0180 \mu\text{C}$, ¿cuál es la energía total almacenada?

24.27. Un capacitor de $450 \mu\text{F}$ se carga a 295 V . Después se conecta un alambre entre las placas. ¿Cuántos joules de energía térmica se producen conforme se descarga el capacitor, si toda la energía almacenada se convierte en calor en el alambre?

24.28. Un capacitor de capacitancia C se carga a una diferencia de potencial V_0 . Después, las terminales del capacitor con carga se conectan a las de un capacitor sin carga de capacitancia $C/2$. Calcule *a)* la carga original del sistema; *b)* la diferencia de potencial final a través de cada capacitor; *c)* la energía final del sistema; *d)* la disminución de energía cuando se conectan los capacitores. *e)* ¿A dónde fue la energía "perdida"?

24.30. Un capacitor de placas paralelas con vacío entre ellas tiene 8.38 J de energía almacenada. La separación entre las placas es de 2.30 mm . Si la separación disminuye a 1.15 mm , ¿cuál es la energía almacenada *a)* si el capacitor se desconecta de la fuente de potencial de manera que la carga en las placas permanece constante, y *b)* si el capacitor sigue conectado a la fuente de potencial de manera que la diferencia de potencial entre las placas permanece constante?

24.36. Un capacitor está formado por dos corazas conductoras concéntricas esféricas separadas por vacío. La esfera interior tiene un radio de 12.5 cm , y la exterior tiene un radio de 14.8 cm . Se aplica al capacitor una diferencia de potencial de 120 V . *a)* ¿Cuál es la densidad de energía en $r = 12.6 \text{ cm}$, inmediatamente afuera de la esfera interior? *b)* ¿Cuál es la densidad de energía en $r = 14.7 \text{ cm}$, inmediatamente adentro de la esfera exterior? *c)* Para un capacitor de placas paralelas la densidad de energía es uniforme en la región entre las placas, excepto cerca de los bordes de éstas. ¿Esto también se cumple para un capacitor esférico?

24.38. Un capacitor de placas paralelas tiene capacitancia $C_0 = 5.00$ pF cuando hay aire entre sus placas. La separación entre las placas es de 1.50 mm. *a)* ¿Cuál es la magnitud máxima de carga Q que puede colocarse en cada placa si el campo eléctrico entre ellas no debe exceder 3.00×10^4 V/m? *b)* Se inserta un dieléctrico con $K = 2.70$ entre las placas del capacitor, llenando por completo el volumen entre ellas. Ahora, ¿cuál es la magnitud máxima de carga en cada placa si el campo eléctrico entre ellas no debe exceder 3.00×10^4 V/m?

24.43. Un capacitor tiene placas paralelas con un área de 12 cm^2 separadas por una distancia de 2.0 mm. El espacio entre las placas está lleno de poliestireno (consulte la tabla 24.2). *a)* Determine la permitividad del poliestireno. *b)* Calcule el voltaje máximo permisible a través del capacitor para evitar la ruptura del dieléctrico. *c)* Con el voltaje igual al valor obtenido en el inciso *b)*, determine la densidad superficial de carga en cada placa y la densidad superficial de carga inducida en la superficie del dieléctrico.

***24.49.** El volumen entre las placas paralelas de un capacitor está lleno de plástico cuya constante dieléctrica es K . La magnitud de la carga en cada placa es Q . Cada placa tiene área A , con una distancia d entre ambas. *a)* Utilice la ley de Gauss como se plantea en la ecuación (24.23) para calcular la magnitud del campo eléctrico en el dieléctrico. *b)* Use el campo eléctrico obtenido en el inciso *a)* para calcular la diferencia de potencial entre las dos placas. *c)* Con el resultado del inciso *b)*, determine la capacitancia del capacitor. Compare su resultado con la ecuación (24.12).

PRÁCTICA 5

Corriente, resistencia y fuerza electromotriz

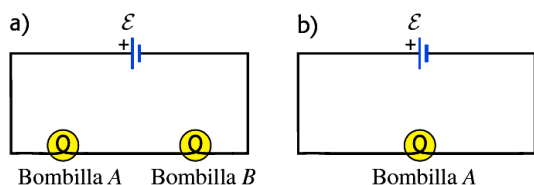
P25.4. Dos alambres de cobre de distintos diámetros se unen por los extremos. Si una corriente fluye por la combinación de alambres, ¿qué sucede con los electrones cuando se mueven del alambre de mayor diámetro al alambre de menor diámetro? Su rapidez de deriva, ¿aumenta, disminuye o permanece sin cambio? Si la velocidad de deriva cambia, ¿cuál es la fuerza que origina el cambio? Explique su razonamiento.

P25.8. Las baterías siempre tienen rotulada su fem; por ejemplo, una batería de tamaño AA para linterna dice "1.5 volts". ¿Sería apropiado etiquetarlas también con la corriente que producen? ¿Por qué?

P25.10. Los electrones en un circuito eléctrico pasan a través de un resistor. El alambre a ambos lados del resistor tiene el mismo diámetro. *a)* ¿Cómo es la rapidez de deriva de los electrones antes de que entren al resistor, en comparación con la rapidez que tienen al salir de éste? Explique su razonamiento. *b)* ¿Cómo es la energía potencial de un electrón antes de entrar en el resistor, en comparación con la que tiene después de salir del resistor? Explique su razonamiento.

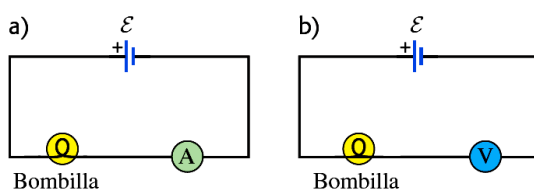
P25.14. Una bombilla brilla porque tiene resistencia; su brillo aumenta con la potencia eléctrica que disipa. *a)* En el circuito que se ilustra en

Figura 25.30 Pregunta P25.14.



P25.16. (Véase la pregunta para análisis P25.14.) ¿Brillará más una bombilla cuando se conecta a una batería como se ilustra en la figura 25.32a, con un amperímetro ideal *A* colocado en el circuito, o cuando se conecta como se representa en la figura 25.32b, con un voltímetro ideal *V* colocado en el circuito? Explique su razonamiento.

Figura 25.32 Pregunta P25.16.



P25.22. Un fusible es un dispositivo diseñado para interrumpir un circuito eléctrico, por lo general haciendo que se funda cuando la corriente supera cierto valor. ¿Qué características debe tener el material con que se fabrica el fusible?

P25.23. Las fuentes de energía de alto voltaje en ocasiones se diseñan con la intención de que tengan una resistencia interna elevada, como medida de seguridad. ¿Por qué es más seguro una fuente de energía con una gran resistencia interna que una con el mismo voltaje pero con menos resistencia interna?

25.5. El cobre tiene 8.5×10^{28} electrones libres por metro cúbico. Un alambre de cobre de calibre 12, equivalente a 2.05 mm de diámetro, y longitud de 71.0 cm, conduce 4.85 A de corriente. *a)* ¿Cuánto tiempo se requiere para que un electrón recorra la longitud del alambre? *b)* Repita el inciso *a)* para un alambre de cobre de calibre 6 (diámetro, 4.12 mm) de la misma longitud y que conduce la misma corriente. *c)* En general, ¿cómo afecta a la velocidad de deriva de los electrones del alambre el cambio del diámetro de un alambre que transporta una cantidad dada de corriente?

25.6. Considere el alambre de calibre 18 del ejemplo 25.1. ¿Cuántos átomos hay en 1.00 m^3 de cobre? Con la densidad de los electrones libres dada en el ejemplo, ¿cuántos electrones libres hay por átomo de cobre?

25.8. Una corriente pasa a través de una solución de cloruro de sodio. En 1.00 s, llegan al electrodo negativo 2.68×10^{16} iones de Na^+ , y al electrodo positivo arriban 3.92×10^{16} iones de Cl^- . *a)* ¿Cuál es la corriente que pasa entre los electrodos? *b)* ¿Cuál es la dirección de la corriente?

25.12. Un alambre de cobre tiene una sección transversal cuadrada de 2.3 mm por lado. El alambre mide 4.0 m de longitud y conduce una corriente de 3.6 A. La densidad de los electrones libres es $8.5 \times 10^{28}/\text{m}^3$. Calcule las magnitudes de *a)* la densidad de la corriente en el alambre y *b)* el campo eléctrico en el alambre. *c)* ¿Cuánto tiempo se requiere para que un electrón recorra la longitud del alambre?

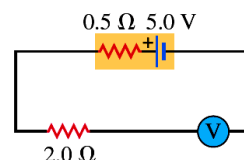
25.19. Se necesita producir un conjunto de alambres de cobre cilíndricos de 3.50 m de largo con una resistencia de 0.125Ω cada uno. ¿Cuál será la masa de cada alambre?

25.27. *a)* ¿Cuál es la resistencia de un alambre de nicromel a 0.0°C si su resistencia es de 100.00Ω a 11.5°C ? *b)* ¿Cuál es la resistencia de una varilla de carbono a 25.8°C si su resistencia es de 0.0160Ω a 0.0°C ?

25.29. Un hilo de alambre tiene una resistencia de $5.60 \mu\Omega$. Calcule la resistencia neta de 120 de tales hilos *a)* si se colocan lado a lado para formar un cable de la misma longitud que un solo hilo, y *b)* si se conectan por sus extremos para formar un alambre 120 veces más largo que uno solo de los hilos.

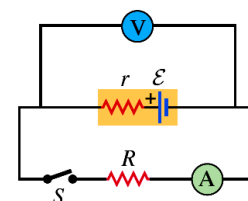
25.35. Se conecta un voltímetro ideal *V* a un resistor de 2.0Ω y una batería con una fem de 5.0 V y resistencia interna de 0.5Ω , como se indica en la figura 25.36. *a)* ¿Cuál es la corriente en el resistor de 2.0Ω ? *b)* ¿Cuál es el voltaje terminal de la batería? *c)* ¿Cuál es la lectura en el voltímetro? Explique sus respuestas.

Figura 25.36 Ejercicio 25.35.



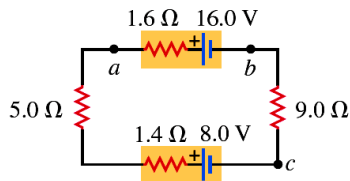
25.37. Cuando se abre el interruptor *S* de la figura 25.38, el voltímetro *V* de la batería da una lectura de 3.08 V. Cuando se cierra el interruptor, la lectura del voltímetro cae a 2.97 V, y la del amperímetro es de 1.65 A. Determine la fem, la resistencia interna de la batería y la resistencia del circuito *R*. Suponga que los dos instrumentos son ideales, por lo que no afectan el circuito.

Figura 25.38 Ejercicio 25.37.



25.38. En el circuito de la figura 25.37, el resistor de 5.0Ω se sustituye por otro de resistencia *R* desconocida. Cuando se hace esto, se conecta un voltímetro ideal a través de los puntos *b* y *c* cuya lectura es de 1.9 V. Calcule *a)* la corriente en el circuito y *b)* la resistencia *R*. *c)* Grafique los aumentos y las caídas de potencial en este circuito (véase la figura 25.21).

Figura 25.37 Ejercicios 25.36, 25.38, 25.39 y 25.48.



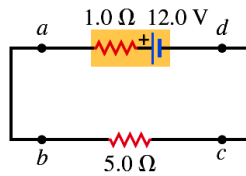
25.40. Las siguientes mediciones se efectuaron en un resistor de Thyrite:

| | | | | |
|--------------|------|------|------|------|
| I (A) | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| V_{ab} (V) | 2.55 | 3.11 | 3.77 | 4.58 |

(a) Grafique V_{ab} como función de I . b) ¿El Thyrite obedece la ley de Ohm? ¿Cómo podría saberse? c) Elabore la gráfica de la resistencia $R = V_{ab}/I$ como función de I .

25.53. En el circuito de la figura 25.39, calcule a) la tasa de conversión de la energía interna (química) a energía eléctrica dentro de la batería; b) la tasa de disipación de la energía eléctrica en la batería; c) la tasa de disipación de la energía eléctrica en el resistor externo.

Figura 25.39
Ejercicio 25.53.



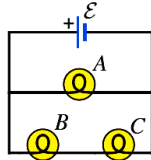
***25.56.** El silicio puro contiene aproximadamente 1.0×10^{16} electrones libres por metro cúbico. a) Consulte la tabla 25.1 para calcular el tiempo libre medio τ del silicio a temperatura ambiente. b) Su respuesta para el inciso a) es un valor mucho mayor que el tiempo libre medio del cobre dado en el ejemplo 25.12. Entonces, ¿por qué el silicio puro tiene una resistividad tan grande en comparación con la del cobre?

PRÁCTICA 6 Circuitos de corriente directa

P26.2. Dos bombillas de 120 V, una de 25 W y otra de 200 W, se conectaron en serie a través de una línea de 240 V. En ese momento parecía una buena idea, pero una bombilla se fundió casi de inmediato. ¿Cuál fue y por qué?

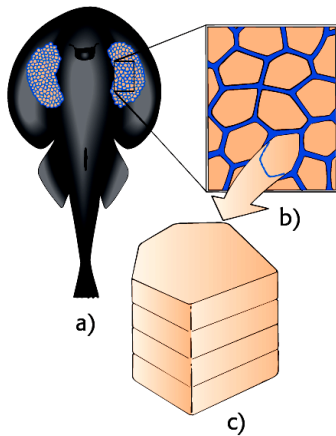
P26.4. En el circuito que se ilustra en la figura 26.29 se conectan tres bombillas idénticas a una batería de linterna. ¿Cómo se compara la luminosidad de las bombillas? ¿Cuál es la más luminosa? ¿A través de cuál bombilla pasa la mayor corriente? ¿Cuál bombilla tiene la mayor diferencia de potencial entre sus terminales? ¿Qué pasa si la bombilla A se desenrosca de su entrada? ¿Y si lo mismo se hace con la bombilla B? ¿Y con la C? Explique su razonamiento.

Figura 26.29
Pregunta P26.4.



P26.16. Las rayas eléctricas (peces del género *Torpedo*) disparan descargas eléctricas para aturdir a sus presas y disuadir a sus depredadores. (En la antigua Roma, los médicos practicaban una forma primitiva de terapia de electrochoques colocando rayas sobre sus pacientes para curar jaquecas y gota.) La figura 26.36a muestra una *Torpedo* vista desde abajo. El voltaje se produce en celdas delgadas, parecidas a obleas, llamadas *electrocitos*, cada una de las cuales actúa como batería con fem de alrededor de 10^{-4} V. En la parte inferior de la raya (figura 26.36b) están apilados lado a lado los electrocitos; en ese arreglo, la cara positiva de cada electrocito toca la cara negativa del siguiente electrocito (figura 26.36c). ¿Cuál es la ventaja de que los electrocitos estén apilados así? ¿Y de que esas pilas estén una al lado de otras?

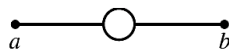
Figura 26.36 Pregunta P26.16.



P26.21. Cuando un capacitor, una batería y un resistor se conectan en serie, ¿el resistor afecta la carga máxima que se almacena en el capacitor? ¿Por qué? ¿Qué finalidad tiene el resistor?

26.1. Un alambre uniforme de resistencia R se corta en tres piezas de igual longitud. Una de ellas se dobla en círculo y se conecta entre las otras dos (figura 26.37). ¿Cuál es la resistencia entre los extremos opuestos a y b ?

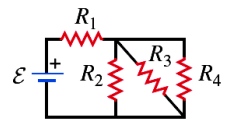
Figura 26.37
Ejercicio 26.1.



26.3. a) Demuestre que cuando dos resistores se conectan en paralelo, la resistencia equivalente de la combinación siempre es menor que la del resistor más pequeño. b) Generalice el resultado del inciso a) para N resistores.

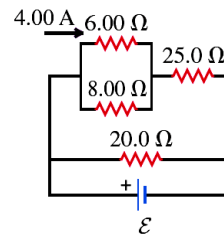
26.13. En el circuito de la figura 26.44, cada resistor representa una bombilla. Sea $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 4.50 \Omega$, y $\mathcal{E} = 9.00$ V. a) Calcule la corriente en cada bombilla. b) Encuentre la potencia disipada por cada bombilla. ¿Cuál, o cuáles, de éstas es la más brillante? c) Ahora se retira la bombilla R_4 del circuito y deja un hueco en el alambre en la posición en que estaba. Ahora, ¿cuál es la corriente en cada una de las bombillas restantes R_1, R_2 y R_3 ? d) Sin la bombilla R_4 , ¿cuál es la potencia disipada en cada una de las bombillas restantes? e) Como resultado de la remoción de R_4 , ¿cuál(es) bombilla(s) brilla(n) más? ¿Cuál(es) brilla(n) menos? Analice por qué hay diferentes efectos en las distintas bombillas.

Figura 26.44
Ejercicio 26.13.



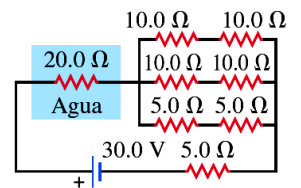
26.14. Considere el circuito de la figura 26.45. La corriente a través del resistor de 6.00Ω es de 4.00 A, en el sentido que se indica. ¿Cuáles son las corrientes a través de los resistores de 25.0Ω y 20.0Ω ?

Figura 26.45 Ejercicio 26.14.



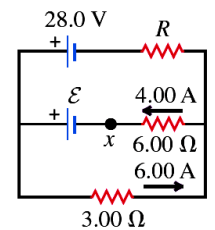
26.19. En el circuito de la figura 26.47, un resistor de 20.0Ω está dentro de 100 g de agua pura rodeada por espuma de poliestireno. Si el agua inicialmente está a 10.0°C , ¿cuánto tiempo tomará que su temperatura suba a 58.0°C ?

Figura 26.47
Ejercicio 26.19.



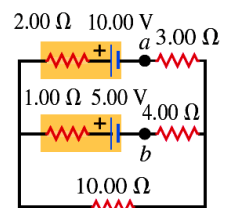
26.21. En el circuito que se aprecia en la figura 26.49, obtenga a) la corriente en el resistor R ; b) la resistencia R ; c) la fem desconocida \mathcal{E} . d) Si el circuito se rompe en el punto x , ¿cuál es la corriente en el resistor R ?

Figura 26.49
Ejercicio 26.21.



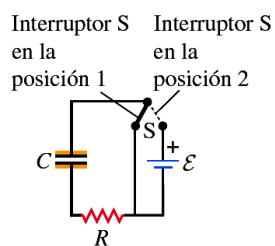
26.25. La batería de 10.00 V de la figura 26.52 se retira del circuito y se vuelve a colocar con la polaridad opuesta, de manera que ahora su terminal positiva está junto al punto a . El resto del circuito queda como en la figura. Encuentre a) la corriente en cada rama y b) la diferencia de potencial V_{ab} del punto a con respecto al punto b .

Figura 26.52
Ejercicios 26.24, 26.25 y 26.26.



26.48. En el circuito que se ilustra en la figura 26.61, $C = 5.90 \mu\text{F}$, $\mathcal{E} = 28.0 \text{ V}$, y la fem tiene una resistencia despreciable. Inicialmente, el capacitor está descargado y el interruptor S está en la posición 1. Luego, el interruptor se mueve a la posición 2, por lo que el capacitor comienza a cargarse. *a)* ¿Cuál será la carga en el capacitor mucho tiempo después de que el interruptor se movió a la posición 2? *b)* Después de haber movido el interruptor a la posición 2 durante 3.00 ms se mide la carga en el capacitor y resulta ser de $110 \mu\text{C}$. ¿Cuál es el valor de la resistencia R ? *c)* ¿Cuánto tiempo después de haber movido el interruptor a la posición 2, la carga en el capacitor será igual al 99.0% del valor final calculado en el inciso *a)*?

Figura 26.61 Ejercicios 28.49 y 26.49.



26.53. El elemento calentador de una estufa eléctrica consiste en un conductor incrustado dentro de un material aislante, que a su vez está dentro de una cubierta metálica. El alambre del calentador tiene una resistencia de 20Ω a temperatura ambiente ($23.0 \text{ }^\circ\text{C}$) y un coeficiente de temperatura de la resistividad $\alpha = 2.8 \times 10^{-3} (\text{C}^\circ)^{-1}$. El elemento calentador opera desde una línea de 120 V . *a)* Cuando se enciende el elemento calentador por primera vez, ¿cuánta corriente toma y cuánta energía eléctrica disipa? *b)* Cuando el elemento calentador ha alcanzado su temperatura de operación de $280 \text{ }^\circ\text{C}$ ($536 \text{ }^\circ\text{F}$), ¿cuánta corriente toma y cuánta energía eléctrica disipa?

PRÁCTICA 7

Campo magnético y fuerzas magnéticas

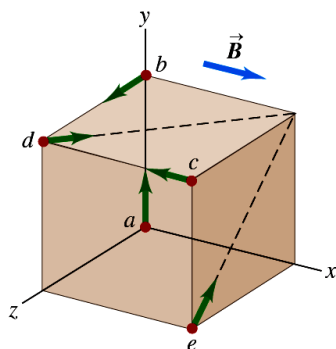
P27.2. En cualquier punto del espacio, por definición el campo eléctrico \vec{E} tiene la dirección de la fuerza eléctrica sobre una partícula con carga positiva situada en ese punto. ¿Por qué no se define de manera similar el campo magnético \vec{B} , para que esté en la dirección de la fuerza magnética sobre una partícula cargada positivamente?

P27.5. Una partícula cargada se dispara hacia una región cúbica del espacio donde hay un campo magnético uniforme. Fuera de esta región, no hay campo magnético. ¿Es posible que la partícula permanezca dentro de la región cúbica? ¿Por qué?

P27.9. ¿Cómo puede determinarse la dirección de un campo magnético únicamente con observaciones *cualitativas* de la fuerza magnética sobre un alambre recto que transporta corriente?

P27.12. Cada uno de los puntos indicados en las esquinas del cubo que se aprecia en la figura 27.42 representa una carga positiva q que se mueve con una velocidad de magnitud v en la dirección indicada. La región en la figura está en un campo magnético uniforme \vec{B} , paralelo al eje x y dirigido hacia la derecha. ¿Cuáles cargas experimentan una fuerza debido a \vec{B} ? ¿Cuál es la dirección de la fuerza en cada carga?

Figura 27.42 Pregunta P27.12.



P27.20. Los voltajes del efecto Hall son mucho mayores para conductores relativamente malos (como el germanio) que para buenos (como el cobre), en cuanto a corrientes, campos y dimensiones comparables. ¿Por qué?

27.2. Una partícula con masa de 0.195 g lleva una carga de -2.50×10^{-8} C. Se da a la partícula una velocidad horizontal inicial hacia el norte y con magnitud de 4.00×10^4 m/s. ¿Cuáles son la magnitud y la dirección del campo magnético mínimo que mantendrá la partícula en movimiento en el campo gravitacional terrestre, en la misma dirección horizontal hacia el norte?

27.4. Una partícula con masa de 1.81×10^{-3} kg y una carga de 1.22×10^{-8} C tiene, en un instante dado, una velocidad $\vec{v} = (3.00 \times 10^4 \text{ m/s})\hat{j}$. ¿Cuáles son la magnitud y la dirección de la aceleración de la partícula producida por un campo magnético uniforme $\vec{B} = (1.63 \text{ T})\hat{i} + (0.980 \text{ T})\hat{j}$?

27.7. Una partícula con carga de $7.80 \mu\text{C}$ se mueve con velocidad $\vec{v} = -(3.80 \times 10^3 \text{ m/s})\hat{j}$. Se mide la fuerza magnética sobre la partícula y resulta ser de $\vec{F} = +(7.60 \times 10^{-3} \text{ N})\hat{i} - (5.20 \times 10^{-3} \text{ N})\hat{k}$. a) Calcule todas las componentes del campo magnético que pueda con base en esta información. b) ¿Hay componentes del campo magnético que no estén determinadas por la medición de la fuerza? Explique su respuesta. c) Calcule el producto escalar $\vec{B} \cdot \vec{F}$. ¿Cuál es el ángulo entre \vec{B} y \vec{F} ?

27.12. El campo magnético \vec{B} en cierta región es de 0.128 T, y su dirección es la del eje $+z$ en la figura 27.45. a) ¿Cuál es el flujo magnético a través de la superficie $abcd$ en la figura? b) ¿Cuál es el flujo magnético a través de la superficie $befc$? c) ¿Cuál es el flujo magnético a través de

la superficie $aefd$? d) ¿Cuál es el flujo neto a través de las cinco superficies que encierran el volumen sombreado?

27.13. Una botella abierta de plástico de bebida gaseosa, con diámetro de apertura de 2.5 cm está colocada sobre una mesa. Un campo magnético uniforme de 1.75 T dirigido hacia arriba y orientado a 25° de la vertical rodea la botella. ¿Cuál es el flujo magnético total a través del plástico de la botella de bebida gaseosa?

27.14. Una partícula con carga de 6.40×10^{-19} C recorre una órbita circular con radio de 4.68 mm debido a la fuerza ejercida sobre ella por un campo magnético con magnitud de 1.65 T y perpendicular a la órbita. a) ¿Cuál es la magnitud de la cantidad de movimiento lineal \vec{p} de la partícula? b) ¿Cuál es la magnitud de la cantidad de movimiento angular \vec{L} de la partícula?

27.19. Reactor de fusión. Si dos núcleos de deuterio (carga $+e$, masa 3.34×10^{-27} kg) se acercan lo suficiente, la atracción de la fuerza nuclear fuerte los fundirá y formarán un isótopo de helio, de manera que se liberará una vasta cantidad de energía. El rango de esta fuerza es alrededor de 10^{-15} m. Éste es el principio tras el reactor de fusión.

Los núcleos de deuterio se mueven demasiado rápido para ser contenidos por paredes físicas, por lo que se confinan usando el magnetismo. a) ¿Qué tan rápido tendrían que moverse dos núcleos para que en una colisión de frente se acerquen tanto que se fundan? (Trate a los núcleos como cargas puntuales, y suponga que se requiere una separación de 1.0×10^{-15} para que ocurra la fusión.) b) ¿Qué intensidad de campo magnético se necesita para hacer que núcleos de deuterio con esta rapidez viajen en un círculo de 2.50 m de diámetro?

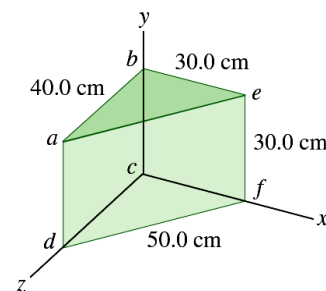
27.21. Un deuterón (núcleo de un isótopo de hidrógeno) tiene una masa de 3.34×10^{-27} kg y una carga de $+e$. El deuterón se mueve en una trayectoria circular con un radio de 6.96 mm en un campo magnético con magnitud de 2.50 T. a) Encuentre la rapidez del deuterón. b) Calcule el tiempo requerido para que recorra media revolución. c) ¿A través de cuál diferencia de potencial tendría que ser acelerado el deuterón para alcanzar tal rapidez?

27.25. Un electrón del haz del cinescopio de un televisor es acelerado por una diferencia de potencial de 2.00 kV. Después pasa a través de una región de campo magnético transversal, donde se mueve en un arco circular con 0.180 m de radio. ¿Cuál es la magnitud del campo?

27.31. Determinación de la masa de un isótopo. El campo eléctrico entre las placas del selector de velocidad en un espectrómetro de masas de Bainbridge (véase la figura 27.22) es de 1.12×10^5 V/m, y el campo magnético en ambas regiones es de 0.540 T. En el campo magnético, un torrente de iones de selenio con una sola carga cada uno se mueve en trayectoria circular con radio de 31.0 cm. Determine la masa de un ion de selenio y el número de masa de este isótopo de selenio. (El número de masa es igual a la masa del isótopo expresada en unidades de masa atómica, redondeado al entero más cercano. Una unidad de masa atómica = $1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27}$ kg.)

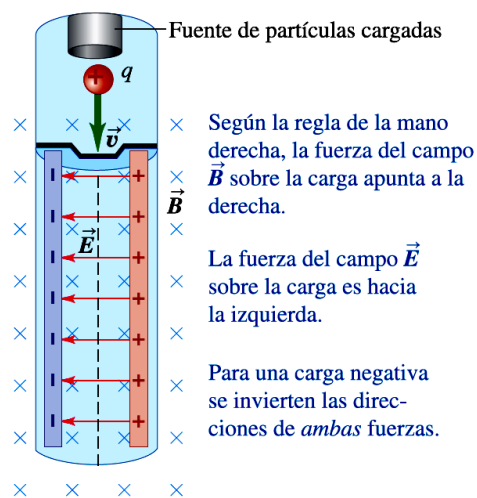
27.37. Una varilla horizontal de 0.200 m de largo conduce corriente y está montada en una balanza. En el sitio donde se encuentra la varilla hay un campo magnético uniforme y horizontal con magnitud de 0.067 T y dirección perpendicular a la varilla. Con la balanza, se mide la fuerza magnética sobre la varilla y se observa que es de 0.13 N. ¿Cuál es el valor de la corriente?

Figura 27.45 Ejercicio 27.12.

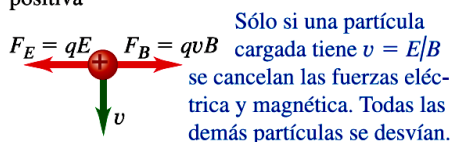


27.22 a) Un selector de velocidades para partículas cargadas utiliza campos \vec{E} y \vec{B} perpendiculares. Tan sólo partículas cargadas con $v = E/B$ lo cruzan sin sufrir desviación. b) Las fuerzas eléctrica y magnética sobre una carga positiva. Las fuerzas se invierten si la carga es negativa.

a) Diagrama esquemático del selector de velocidad

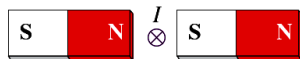


b) Diagrama de cuerpo libre para una partícula positiva



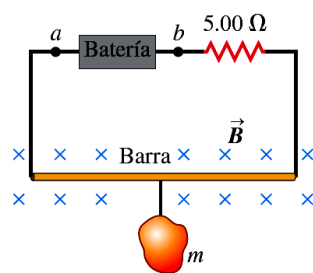
27.38. En la figura 27.50, un alambre que conduce corriente hacia el plano de la figura está entre los polos norte y sur de dos imanes de barra. ¿Cuál es la dirección de la fuerza ejercida por los imanes sobre el alambre?

Figura 27.50 Ejercicio 27.38.



27.40. Balanza magnética. El circuito que se ilustra en la figura 27.52 se utiliza para construir una balanza magnética para pesar objetos. La masa m por medir cuelga del centro de la barra que se halla en un campo magnético uniforme de 1.50 T, dirigido hacia el plano de la figura. El voltaje de la batería se ajusta para hacer variar la corriente en el circuito. La barra horizontal mide 60.0 cm de largo y está hecha de un material extremadamente ligero. Está conectada a la batería mediante alambres delgados verticales que no resisten una tensión apreciable; todo el peso de la masa suspendida m está soportado por la fuerza magnética sobre la barra. Un resistor con $R = 5.00 \Omega$ está en serie con la barra; la resistencia del resto del circuito es mucho menor que esto.

Figura 27.52 Ejercicio 27.40.



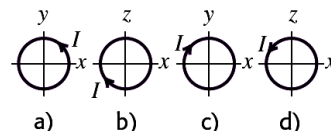
a) ¿Cuál punto, a o b , debería ser el terminal positiva de la batería?
 b) Si el voltaje terminal máximo de la batería es de 175 V, ¿cuál es la masa más grande m que este instrumento es capaz de medir?

27.42. El plano de una espira de alambre rectangular, de 5.0 cm \times 8.0 cm, es paralelo a un campo magnético de 0.19 T. La espira conduce una corriente de 6.2 A. a) ¿Cuál es el par de torsión que actúa sobre la espira? b) ¿Cuál es el momento magnético de la espira? c) ¿Cuál es el par de torsión máximo que se puede obtener con la misma longitud total de alambre que transporte la misma corriente en este campo magnético?

27.43. Momento magnético del átomo de hidrógeno. En el modelo de Bohr del átomo de hidrógeno (véase la sección 38.5), en el estado de menor energía, el electrón circunda al protón a una rapidez de 2.2×10^6 m/s en una órbita circular de radio 5.3×10^{-11} m. a) ¿Cuál es el periodo orbital del electrón? b) Si el electrón que orbita se considera una espira de corriente, ¿cuál es la corriente I ? c) ¿Cuál es el momento magnético del átomo debido al movimiento del electrón?

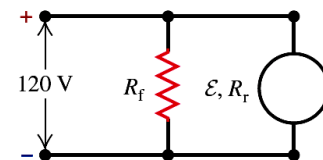
27.46. Una bobina circular con área A y N vueltas tiene libertad para girar con respecto a un diámetro que coincide con el eje x . La corriente I circula en la bobina. Hay un campo magnético uniforme \vec{B} en la dirección y positiva. Calcule la magnitud y la dirección del par de torsión $\vec{\tau}$ y el valor de la energía potencial U , según se da en la ecuación (27.27), cuando la bobina está orientada como se ilustra en los incisos a) a d) de la figura 27.55.

Figura 27.55 Ejercicio 27.46.



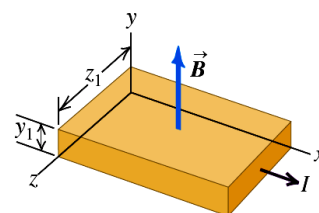
***27.49.** En un motor de cd devanado en derivación, las bobinas de campo y el rotor están conectados en paralelo (figura 27.56). La resistencia R_f de las bobinas de campo es de 106 Ω , y la resistencia R_r del rotor es de 5.9 Ω . Cuando una diferencia de potencial de 120 V se aplica a las escobillas y el motor funciona a su máxima rapidez, entregando energía mecánica, la corriente que se le suministra es de 4.82 A. a) ¿Cuál es la corriente en las bobinas del campo? b) ¿Cuál es la corriente en el rotor? c) ¿Cuál es la fem inducida que desarrolla el motor? d) ¿Cuánta potencia mecánica desarrolla este motor?

Figura 27.56 Ejercicios 27.49 y 27.50.



***27.52.** La figura 27.57 representa una banda de un metal desconocido de las mismas dimensiones que el listón de plata del ejercicio 27.51. Cuando el campo magnético es de 2.29 T y la corriente es de 78.0 A, la fem de Hall es de 131 μ V. ¿Cuál es el resultado que proporciona el modelo simplificado del efecto Hall presentado en la sección 27.9, para la densidad de los electrones libres en el metal desconocido?

Figura 27.57 Ejercicios 27.51 y 27.52.



PRÁCTICA 8 Fuentes de campo magnético

P28.3. En el texto se analiza el campo magnético de un conductor infinitamente largo y recto que transporta una corriente. Por supuesto, no hay nada que sea infinitamente largo. ¿Cómo decidiría usted que un alambre en particular es suficientemente largo como para considerarlo infinito?

P28.6. Suponga que tiene tres alambres largos y paralelos dispuestos de manera que, vistos en sección transversal, se encuentran en los vértices de un triángulo equilátero. ¿Hay algún modo de arreglar las corrientes de manera que los tres alambres se atraigan mutuamente? ¿Y de modo que los tres se repelan entre sí? Explique su respuesta.

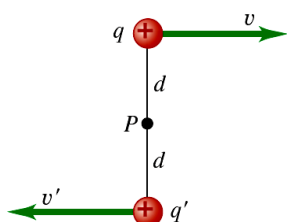
P28.9. Se envió una corriente a través de un resorte helicoidal. El resorte se contrajo, como si hubiera sido comprimido. ¿Por qué?

***P28.19.** La susceptibilidad magnética de los materiales paramagnéticos depende mucho de la temperatura, pero la de los materiales diamagnéticos casi es independiente de la temperatura. ¿A qué se debe la diferencia?

28.5. Una carga de $-4.80 \mu\text{C}$ se desplaza con rapidez constante de $6.80 \times 10^5 \text{ m/s}$ en la dirección $+x$ en relación con un marco de referencia. En el instante en que la carga puntual está en el origen, ¿cuál es el vector de campo magnético que produce en los siguientes puntos?
 a) $x = 0.500 \text{ m}$, $y = 0$, $z = 0$; b) $x = 0$, $y = 0.500 \text{ m}$, $z = 0$;
 c) $x = 0.500 \text{ m}$, $y = 0.500 \text{ m}$, $z = 0$; d) $x = 0$, $y = 0$, $z = 0.500 \text{ m}$.

28.7. La figura 28.33 muestra dos cargas puntuales q y q' , que se desplazan en relación con un observador situado en el punto P . Suponga que la carga inferior en realidad es *negativa*, con $q' = -q$. a) Encuentre el campo magnético (magnitud y dirección) producido por las dos cargas en el punto P si i. $v' = v/2$; ii. $v' = v$; iii. $v' = 2v$. b) Encuentre la dirección de la fuerza magnética que ejerce q sobre q' , y encuentre la dirección de la fuerza magnética que q' ejerce sobre q . c) Si $v = v' = 3.00 \times 10^5 \text{ m/s}$, ¿cuál es la razón entre la magnitud de la fuerza magnética que actúa sobre cada carga y la magnitud de la fuerza de Coulomb que actúa sobre cada una?

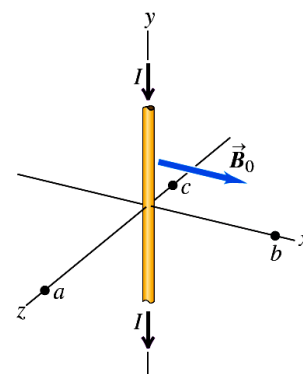
Figura 28.33 Ejercicios 28.6 y 28.7



28.11. Un alambre largo y recto está a lo largo del eje z y conduce una corriente de 4.00 A en la dirección $+z$. Determine el campo magnético (magnitud y dirección) producido en los siguientes puntos por un segmento de 0.500 mm del alambre con centro en el origen: a) $x = 2.00 \text{ m}$, $y = 0$, $z = 0$; b) $x = 0$, $y = 2.00 \text{ m}$, $z = 0$; c) $x = 2.00 \text{ m}$, $y = 2.00 \text{ m}$, $z = 0$; d) $x = 0$, $y = 0$, $z = 2.00 \text{ m}$.

28.19. Un alambre largo y recto está a lo largo del eje y y transporta una corriente $I = 8.00 \text{ A}$ en la dirección $-y$ (figura 28.39). Además del campo magnético debido a la corriente en el alambre, hay un campo magnético uniforme \vec{B}_0 con magnitud de $1.50 \times 10^{-6} \text{ T}$ en la dirección $+x$. ¿Cuál es el campo total (magnitud y dirección) en los siguientes puntos del plano xz : a) $x = 0$, $z = 1.00 \text{ m}$; b) $x = 1.00 \text{ m}$, $z = 0$; c) $x = 0$, $z = -0.25 \text{ m}$?

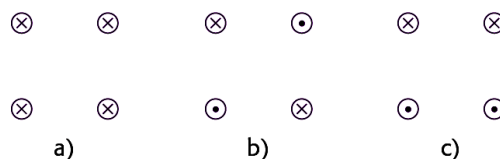
Figura 28.39 Ejercicio 28.19.



28.22. Dos líneas de transmisión largas y paralelas, separadas por una distancia de 40.0 cm , conducen corrientes de 25.0 A y 75.0 A . Determine todas las ubicaciones en que el campo magnético neto de los dos alambres es igual a cero, si las corrientes fluyen a) en el mismo sentido y b) en sentidos opuestos.

28.23. Cuatro líneas de energía largas y paralelas conducen corrientes de 100 A cada una. El diagrama de la sección transversal de estas líneas es un cuadrado de 20.0 cm por lado. Para cada uno de los tres casos que se ilustran en la figura 28.41, calcule el campo magnético en el centro del cuadrado.

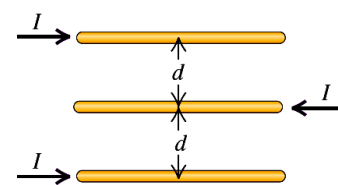
Figura 28.41 Ejercicio 28.23.



28.26. Dos alambres largos y paralelos están separados por una distancia de 2.50 cm . La fuerza por unidad de longitud que cada uno ejerce sobre el otro es de $4.00 \times 10^{-5} \text{ N/m}$, y los alambres se repelen. La corriente en uno de ellos es de 0.600 A . a) ¿Cuál es la corriente en el segundo alambre? b) ¿Las dos corrientes fluyen en el mismo sentido o en sentidos opuestos?

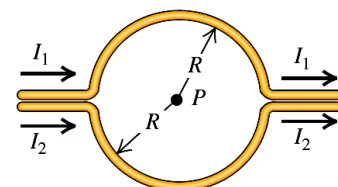
28.28. Cada uno de tres alambres paralelos conduce una corriente I en los sentidos que se indican en la figura 28.44. Si la separación entre alambres adyacentes es d , calcule la magnitud y dirección de la fuerza magnética por unidad de longitud de cada alambre.

Figura 28.44 Ejercicio 28.28.



28.31. Calcule la magnitud del campo magnético en el punto P de la figura 28.47 en términos de R , I_1 e I_2 . ¿Qué resultado da su expresión cuando $I_1 = I_2$?

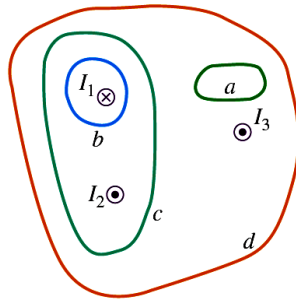
Figura 28.47 Ejercicio 28.31.



28.34. Una bobina con devanado compacto tiene un radio de 6.0 cm y conduce una corriente de 2.50 A . ¿Cuántas espiras debe tener si en un punto sobre el eje de la bobina que está a 6.00 cm de su centro, el campo magnético es de $6.39 \times 10^{-4} \text{ T}$?

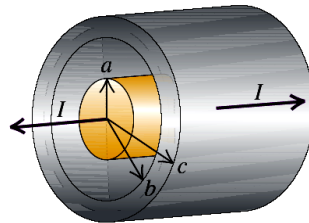
28.36. La figura 28.48 muestra, en sección transversal, varios conductores que transportan corrientes a través del plano de la figura. Las corrientes tienen las magnitudes $I_1 = 4.0 \text{ A}$, $I_2 = 6.0 \text{ A}$, e $I_3 = 2.0 \text{ A}$, con las direcciones que se indican. Se presentan cuatro trayectorias, designadas de *a* a *d*. ¿Cuál es la integral de línea $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ para cada trayectoria? Cada integral implica ir alrededor de la trayectoria en sentido antihorario. Explique sus respuestas.

Figura 28.48
Ejercicio 28.36.



28.37. Cable coaxial. Un conductor sólido con radio *a* está sostenido por discos aislantes sobre el eje de un tubo conductor con radio interior *b* y radio exterior *c* (figura 28.49). El conductor y el tubo central conducen corrientes iguales *I* en sentidos opuestos. Las corrientes están distribuidas de manera uniforme sobre las secciones transversales de cada conductor. Obtenga una expresión para la magnitud del campo magnético *a*) en puntos situados afuera del conductor central sólido pero en el interior del tubo ($a < r < b$), y *b*) en puntos situados afuera del tubo ($r > c$).

Figura 28.49
Ejercicio 28.37.



28.38. Repita el ejercicio 28.37 para el caso en que la corriente en el conductor central sólido es I_1 , la corriente en el tubo es I_2 , y ambas corrientes fluyen en el mismo sentido y no en sentidos opuestos.

28.43. Se ha conseguido un campo magnético de 37.2 T en el Francis Bitter National Magnetic Laboratory del MIT. Calcule la corriente necesaria para generar ese campo *a*) a 2.00 cm de un alambre largo y recto; *b*) en el centro de una bobina circular con radio de 42.0 cm que tiene 100 espiras; *c*) cerca del centro de un solenoide con radio de 2.40 cm, longitud de 32.0 cm y 40,000 espiras.

28.45. Sobre un anillo de madera cuyo diámetro medio es de 14.0 cm se ha formado un devanado toroidal compacto de 600 espiras. Calcule la magnitud del campo magnético en el centro de la sección transversal del devanado cuando la corriente en este último es de 0.650 A.

***28.47.** Un solenoide toroidal con 500 espiras está devanado sobre un anillo con radio medio de 2.90 cm. Determine la corriente que se requiere en el devanado para generar un campo magnético de 0.350 T en el anillo *a*) si el anillo es de hierro recocido ($K_m = 1400$) y *b*) si el anillo está elaborado de acero al silicio ($K_m = 5200$).

***28.49.** Un solenoide largo con 60 espiras de alambre por centímetro conduce una corriente de 0.15 A. El alambre que forma el solenoide está enrollado en torno a un núcleo sólido de acero al silicio ($K_m = 5200$). (El cable del solenoide está encamisado con un aislante para que no fluya ninguna corriente hacia el núcleo.) *a*) Con respecto a un punto en el interior del núcleo, encuentre las magnitudes de i) el campo magnético \vec{B}_0 debido a la corriente en el solenoide; ii) la magnetización \vec{M} ; iii) el campo magnético total \vec{B} . *b*) En un diagrama del solenoide y su núcleo, indique las direcciones de los vectores \vec{B} , \vec{B}_0 y \vec{M} en el interior del núcleo.

PRÁCTICA 9 Inducción electromagnética

P29.1. Se coloca una lámina de cobre entre los polos de un electroimán con el campo magnético perpendicular a la lámina. Cuando se tira de la lámina hacia fuera, se requiere una fuerza considerable, la cual aumenta con la rapidez. Explique este fenómeno.

P29.4. Un granjero afirma que las líneas de transmisión de alto voltaje que corren paralelas a su cercado inducen altos voltajes peligrosos sobre la cerca. ¿Es esto posible? Explique. (Las líneas conducen corriente que cambia de sentido 120 veces cada segundo.)

P29.6. Un estudiante asegura que si se deja caer en forma vertical un imán permanente por un tubo de cobre, el imán alcanza tarde o temprano una velocidad terminal aunque no exista resistencia del aire. ¿Por qué tendría que ser así? ¿O debe ser así?

P29.9. Un rectángulo de metal está cerca de un alambre largo, recto y que conduce corriente, con dos de sus lados paralelos al alambre. Si la corriente en el alambre largo está disminuyendo, ¿el rectángulo es repelido o atraído por el alambre? Explique por qué es congruente este resultado con la ley de Lenz.

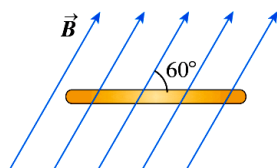
P29.16. Un compañero con quien estudia física le pide que considere un capacitor de placas paralelas que tiene un dieléctrico que llena por completo el volumen entre sus placas. Él afirma que las ecuaciones (29.13) y (29.14) demuestran que la corriente de conducción en el dieléctrico es igual a la corriente de desplazamiento en el dieléctrico. ¿Está de acuerdo? Explique su respuesta.

29.2. En un experimento en un laboratorio de física, una bobina con 200 espiras que encierra un área de 12 cm^2 se hace girar en 0.040 s desde una posición en que su plano es perpendicular al campo magnético de la Tierra hasta otra en que el plano queda paralelo al campo. El campo magnético terrestre en la ubicación del laboratorio es $6.0 \times 10^{-5} \text{ T}$. a) ¿Cuál es el flujo magnético total a través de la bobina antes de hacerla girar? ¿Y después del giro? b) ¿Cuál es la fem media inducida en la bobina?

29.4. Una bobina exploradora con devanado compacto (ejercicio 29.3), tiene un área de 3.20 cm^2 , 120 espiras y resistencia de 60.0Ω . Está conectada a un instrumento que mide la carga y cuya resistencia es de 45.0Ω . Cuando la bobina se hace girar con rapidez desde una posición paralela a un campo magnético uniforme hasta otra perpendicular al campo, el instrumento indica una carga de $3.56 \times 10^{-5} \text{ C}$. ¿Cuál es la magnitud del campo?

29.8. Una espira de acero plano y circular de radio 75 cm se encuentra en reposo en un campo magnético uniforme, cuya vista de perfil se ilustra de la figura 29.28. El campo cambia con el tiempo, de acuerdo con la expresión $B(t) = (1.4 \text{ T})e^{-(0.057 \text{ s}^{-1})t}$. a) Calcule la fem inducida en la espira como función del tiempo. b) ¿Cuándo es la fem inducida igual a $\frac{1}{10}$ de su valor inicial? c) Determine el sentido de la corriente inducida en la espira, viendo esta última desde arriba.

Figura 29.28 Ejercicio 29.8.



29.9. Espira que se encoge. Una espira circular de alambre de hierro flexible tiene una circunferencia inicial de 165.0 cm , pero su circunferencia disminuye con una rapidez constante de 12.0 cm/s debido a una fuerza tangencial que tira del alambre. La espira se encuentra en un campo magnético uniforme y constante, orientado perpendicularmente al plano de la espira y con magnitud de 0.500 T . a) Determine la fem inducida en la espira en el instante en que han transcurrido 9.0 s . b) Determine el sentido de la corriente inducida en la espira, vista a lo largo de la dirección del campo magnético.

29.13. El inducido de un generador pequeño consiste en una bobina plana y cuadrada con 120 espiras y cuyos lados tienen una longitud de 1.60 cm . La bobina gira en un campo magnético de 0.0750 T . ¿Cuál es la rapidez angular de la bobina si la fem máxima producida es de 24.0 mV ?

29.17. Con base en la ley de Lenz, determine el sentido de la corriente en el resistor ab de la figura 29.33 cuando a) se abre el interruptor S después de haber estado cerrado durante varios

minutos; b) la bobina B se acerca a la bobina A con el interruptor cerrado; c) se reduce la resistencia de R mientras el interruptor permanece cerrado.

Figura 29.33 Ejercicio 29.17.

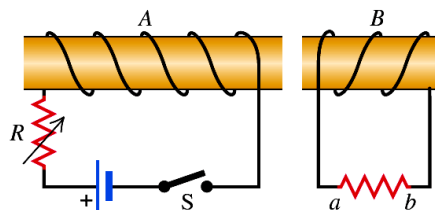
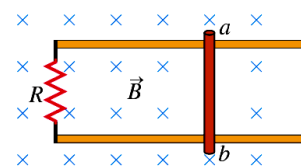


Figura 29.36 Ejercicio 29.20 y problema 29.64.

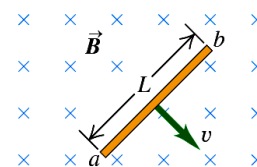
29.20. Se tira hacia la derecha de una barra metálica de 1.50 m de longitud con rapidez uniforme de 5.0 cm/s en dirección perpendicular a un campo magnético uniforme de 0.750 T . La barra corre sobre rieles metálicos paralelos conectados por medio de un resistor de 25.0Ω , como se ilustra en la figura 29.36, de manera que el aparato forma un circuito completo. Se puede ignorar la resistencia de la barra y los rieles. a) Calcule la magnitud de la fem inducida en el circuito. b) Determine el sentido de la corriente inducida en el circuito i) con base en la fuerza magnética sobre las cargas en la barra móvil; ii) con base en la ley de Faraday; iii) con base la ley de Lenz. c) Calcule la corriente a través del resistor.



29.21. En la figura 29.37, una varilla conductora con longitud $L = 30.0 \text{ cm}$ se mueve en un campo magnético \vec{B} de magnitud 0.450 T dirigido hacia el plano de la figura. La varilla se desplaza con rapidez $v = 5.00 \text{ m/s}$ en el sentido que se ilustra.

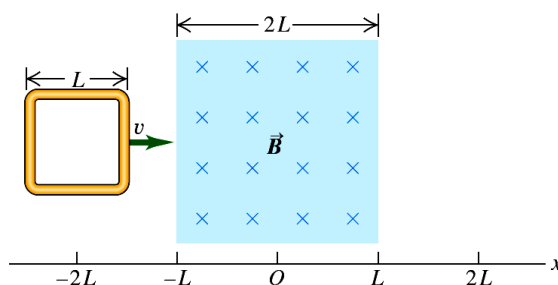
Figura 29.37 Ejercicio 29.21.

a) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los extremos de la varilla? b) ¿Cuál punto, a o b , está a mayor potencial? c) Cuando las cargas en la barra están en equilibrio, ¿cuáles son la magnitud y dirección del campo eléctrico dentro de la varilla? d) Cuando las cargas en la varilla están en equilibrio, ¿cuál punto, a o b , tiene un exceso de carga positiva? e) ¿Cuál es la diferencia de potencial a través de la varilla si se desplaza i) en forma paralela a ab , y ii) directamente hacia fuera de la página?



29.26. Una espira cuadrada de alambre con arista L y resistencia R se mueve con rapidez constante v a través de un campo magnético uniforme confinado a una región cuadrada cuyos lados miden el doble de longitud que los de la espira cuadrada (figura 29.39). a) Elabore una gráfica de la fuerza externa F necesaria para mover la espira con rapidez constante como función de la coordenada x , de $x = -2L$ a $x = +2L$. (La coordenada x está medida del centro de la región del campo magnético al centro de la espira. Es negativa cuando el centro de la espira está a la izquierda del centro de la región del campo magnético.)

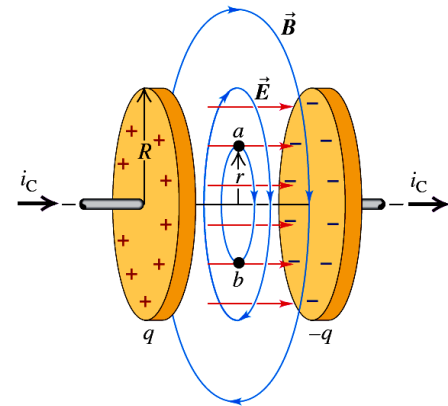
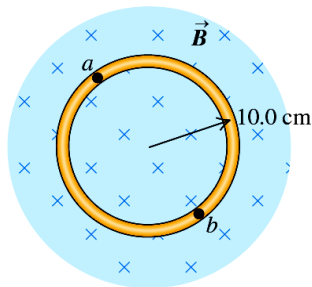
Figura 29.39 Ejercicio 29.26.



Tome la fuerza positiva hacia la derecha.) *b)* Elabore una gráfica de la corriente inducida en la espira como función de x . Tome como positivas las corrientes que vayan en sentido antihorario.

29.30. El campo magnético \vec{B} en todos los puntos del círculo coloreado que se muestra en la figura 29.31 tiene una magnitud inicial de 0.750 T. (El círculo podría representar aproximadamente el espacio dentro de un solenoide largo y delgado.) El campo magnético está dirigido hacia el plano del diagrama y disminuye a razón de -0.0350 T/s. *a)* ¿Cuál es la forma de las líneas del campo eléctrico inducido que se ilustra en la figura 29.31, dentro del círculo coloreado? *b)* ¿Cuáles son la magnitud y dirección de este campo en cualquier punto del anillo conductor circular con radio 0.100 m? *c)* ¿Cuál es la corriente en el anillo si su resistencia es de 4.00Ω . *d)* ¿Cuál es la fem entre los puntos *a* y *b* del anillo? *e)* Si el anillo se cortara en algún punto y los extremos se separaran ligeramente, ¿cuál sería la fem entre ellos?

Figura 29.31 Ejercicios 29.15 y 29.30.



29.32. Un anillo metálico de 4.50 cm de diámetro está colocado entre los polos norte y sur de imanes grandes con el plano de su área perpendicular al campo magnético. Estos imanes producen un campo inicial uniforme de 1.12 T entre ellos, pero se separan gradualmente, de manera que el campo sigue siendo uniforme aunque disminuye en forma sostenida a 0.250 T/s. *a)* ¿Cuál es la magnitud del campo eléctrico inducido en el anillo? *b)* ¿En qué sentido (horario o antihorario) fluye la corriente de acuerdo con la perspectiva de alguien que se encuentre en el polo sur del imán?

29.33. Un solenoide largo y recto, con área de sección transversal de 8.00 cm^2 , tiene un devanado de 90 espiras de alambre por centímetro, las cuales conducen una corriente de 0.350 A. Un segundo devanado de 12 espiras envuelve al solenoide en su centro. La corriente en el solenoide cesa de manera que su campo magnético se hace igual a cero en 0.0400 s. ¿Cuál es la fem inducida media en el segundo devanado?

29.36. Un capacitor de placas paralelas, lleno de aire, se está cargando como en la figura 29.23. Las placas circulares tienen un radio de 4.00 cm, y en un instante particular la corriente de conducción en los alambres es de 0.280 A. *a)* ¿Cuál es la densidad de la corriente de desplazamiento j_D en el espacio de aire entre las placas? *b)* ¿Cuál es la tasa con la que cambia el campo eléctrico entre las placas? *c)* ¿Cuál es el campo magnético inducido entre las placas a una distancia de 2.00 cm del eje? *d)* ¿Y a 1.00 cm del eje?

29.38. En la figura 29.23 las placas del capacitor tienen un área de 5.00 cm^2 y una separación de 2.00 mm. Las placas están en vacío. La corriente de carga i_C tiene un valor constante de 1.80 mA. En $t = 0$ la carga en las placas es cero. *a)* Calcule la carga en las placas, el campo eléctrico entre ellas y la diferencia de potencial entre las placas cuando $t = 0.500 \mu\text{s}$. *b)* Calcule dE/dt , la tasa de cambio con respecto al tiempo, del campo eléctrico entre las placas. ¿Varía dE/dt con el tiempo? *c)* Calcule la densidad de corriente de desplazamiento j_D entre las placas y, a partir de este dato, la corriente de desplazamiento total i_D . ¿Cómo son comparativamente i_C e i_D .

29.23 Un capacitor que se carga con una corriente i_C tiene una corriente de desplazamiento igual a i_C entre las placas, con una densidad de corriente de desplazamiento $j_D = \epsilon dE/dt$. Ésta se puede considerar como la fuente del campo magnético entre las placas.

PRÁCTICA 10

Inductancia

P30.4. El solenoide toroidal con devanado muy compacto es una de las pocas configuraciones para las que es fácil calcular la autoinductancia. ¿Cuáles son las características que le dan esta simplicidad?

P30.7. Usted va a construir un resistor devanando un alambre alrededor de un cilindro. Para hacer la inductancia tan pequeña como sea posible, le proponen que enrolle la mitad del alambre en un sentido, y la otra mitad en sentido contrario. ¿Esto daría el resultado que busca? ¿Por qué?

P30.9. En la sección 30.5, la ley de Kirchhoff de las mallas se aplica a un circuito L - C donde el capacitor está inicialmente cargado por completo y se obtiene la ecuación $-L di/dt - q/C = 0$. Pero conforme el capacitor comienza a descargarse, la corriente se incrementa desde cero. La ecuación nos dice que $L di/dt = -q/C$; por lo tanto, afirma que $L di/dt$ es negativo. Explique cómo puede ser negativo $L di/dt$ si la corriente va en aumento.

P30.11. En el circuito R - L que se ilustra en la figura 30.11, cuando se cierra el interruptor S_1 , el potencial v_{ab} cambia súbitamente y en forma discontinua, no así la corriente. Explique por qué el voltaje puede cambiar de pronto pero la corriente no.

P30.14. En un circuito R - L - C , ¿qué criterio podría emplearse para decidir si el sistema está sobreamortiguado o subamortiguado? Por ejemplo, ¿podríamos comparar la máxima energía almacenada durante un ciclo con la energía disipada durante un ciclo? Explique.

30.2. Dos bobinas están devanadas alrededor de la misma forma cilíndrica, como las del ejemplo 30.1. Cuando la corriente en la primera bobina disminuye a una tasa de -0.242 A/s, la fem inducida en la segunda tiene una magnitud de 1.65×10^{-3} V. a) ¿Cuál es la inductancia mutua del par de bobinas? b) Si la segunda bobina tiene 25 espiras, ¿cuál es el flujo a través de cada espira cuando la corriente en la primera bobina es igual a 1.20 A? c) Si la corriente en la segunda bobina aumenta a razón de 0.360 A/s, ¿cuál es la magnitud de la fem inducida en la primera bobina?

30.6. Un solenoide toroidal tiene 500 espiras, área de sección transversal de 6.25 cm², y radio medio de 4.00 cm. a) Calcule la autoinductancia de la bobina. b) Si la corriente disminuye de manera uniforme de 5.00 A a 2.00 A en 3.00 ms, calcule la fem autoinducida en la bobina. c) La corriente se dirige de la terminal a de la bobina a la b . El sentido de la fem inducida, ¿es de a a b , o de b a a ?

30.7. En el instante en que la corriente en un inductor aumenta a razón de 0.0640 A/s, la magnitud de la fem autoinducida es 0.0160 V. a) ¿Cuál es la inductancia del inductor? b) Si el inductor es un solenoide con 400 espiras, ¿cuál es el flujo magnético medio a través de cada espira, cuando la corriente es de 0.720 A?

30.13. Un solenoide toroidal lleno de aire tiene un radio medio de 15.0 cm y área de sección transversal de 5.00 cm². Cuando la corriente es de 12.0 A, la energía almacenada es de 0.390 J. ¿Cuántas espiras tiene el devanado?

30.18. Se ha propuesto almacenar 1.00 kW · h = 3.60×10^6 J de energía eléctrica en un campo magnético uniforme con magnitud de 0.600 T. a) ¿Qué volumen (en el vacío) debe ocupar el campo magnético para almacenar esa cantidad de energía? b) Si en vez de lo anterior, esa cantidad de energía fuera a almacenarse en un volumen (en el vacío) equivalente a un cubo de 40.0 cm por lado, ¿cuál sería el campo magnético que se requiere?

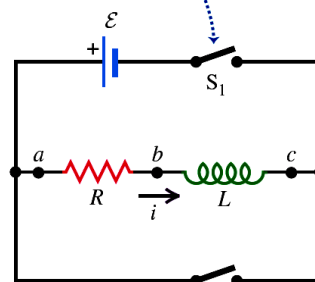
30.20. Un resistor de 15.0 Ω y una bobina se encuentran conectados en serie con una batería de 6.30 V con resistencia interna despreciable y un interruptor cerrado. a) 2.00 ms después de abrir el interruptor, la corriente ha disminuido a 0.210 A. Calcule la inductancia de la bobina. b) Calcule la constante de tiempo en el circuito. c) ¿Cuánto tiempo después de haber cerrado el interruptor la corriente alcanzará el 1.00% de su valor original?

30.22. En la figura 30.11, el interruptor S_1 está cerrado mientras el interruptor S_2 se encuentra abierto. La inductancia es $L = 0.115$ H y la resistencia es $R = 120$ Ω . a) Cuando la corriente ha alcanzado su valor final, la energía almacenada en el inductor es de 0.260 J. ¿Cuál es la

fem \mathcal{E} de la batería? b) Después de que la corriente ha alcanzado su valor final, se abre S_1 y se cierra S_2 . ¿Cuánto tiempo se requiere para que la energía almacenada en el inductor disminuya a 0.130 J, la mitad de su valor original?

30.11 Un circuito R - L .

Al cerrar el interruptor S_1 se conecta la combinación R - L en serie con una fuente de fem \mathcal{E} .



Al cerrar el interruptor S_2 al mismo tiempo que se abre S_1 se desconecta la combinación de la fuente.

30.25. En la figura 30.11, suponga que $\mathcal{E} = 60.0$ V, $R = 240$ Ω y $L = 0.160$ H. Con el interruptor S_2 abierto, se deja cerrado el S_1 hasta que se establece una corriente constante. Después se cierra el S_2 se abre el S_1 , y se retira la batería del circuito. a) ¿Cuál es la corriente inicial en el resistor, inmediatamente después de haber cerrado S_2 y de abrir S_1 ? b) ¿Cuál es la corriente en el resistor en $t = 4.00 \times 10^{-4}$ s? c) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos b y c en $t = 4.00 \times 10^{-4}$ s? ¿Cuál punto está a un potencial mayor? d) ¿Cuánto tiempo se requiere para que la corriente disminuya a la mitad de su valor inicial?

30.31. Oscilaciones de L - C . Un capacitor con capacitancia de 6.00×10^{-5} F se carga conectándolo a una batería de 12.0 V. El capacitor se desconecta de la batería y se conecta entre los extremos de un inductor con $L = 1.50$ H. a) ¿Cuáles son la frecuencia angular ω de las oscilaciones eléctricas y el periodo de estas oscilaciones (el tiempo de una oscilación)? b) ¿Cuál es la carga inicial en el capacitor? c) ¿Cuánta energía hay almacenada inicialmente en el capacitor? d) ¿Cuál es la carga en el capacitor 0.0230 s después de haberlo conectado con el inductor? Interprete el signo de la respuesta. e) En el momento citado en el inciso d), ¿cuál es la corriente en el inductor? Interprete el signo de su respuesta. f) En el momento citado en el inciso d), ¿cuánta energía eléctrica hay almacenada en el capacitor y cuánta en el inductor?

30.32. Circuito de sintonización de un radio. La capacitancia mínima de un capacitor variable de un radio es de 4.18 pF. a) ¿Cuál es la inductancia de una bobina conectada a este capacitor si la frecuencia de oscilación del circuito L - C es de 1600×10^3 Hz, correspondiente a un extremo de la banda de radiodifusión de AM, cuando se ajusta el capacitor a su capacitancia mínima? b) La frecuencia en el otro extremo de la banda de difusión es de 540×10^3 Hz. ¿Cuál es la capacitancia máxima del capacitor si la frecuencia de oscilación es ajustable en todo el intervalo de la banda de difusión?

30.33. Un circuito L - C , que contiene un inductor de 80.0 mH y un capacitor de 1.25 nF, oscila con una corriente máxima de 0.750 A. Calcule: a) la carga máxima en el capacitor y b) la frecuencia de oscilación del circuito. c) Suponiendo que el capacitor tiene su carga máxima en el momento $t = 0$, calcule la energía almacenada en el inductor después de 2.50 ms de oscilación.

30.34. En un circuito L - C , $L = 85.0$ mH y $C = 3.20$ μ F. Durante las oscilaciones, la corriente máxima en el inductor es de 0.850 mA.

a) ¿Cuál es la carga máxima en el capacitor? b) ¿Cuál es la magnitud de la carga en el capacitor en el instante en que la corriente en el inductor tiene una magnitud de 0.500 mA?

30.41. Un circuito L - R - C tiene $L = 0.450$ H, $C = 2.50 \times 10^{-5}$ F y resistencia R . a) ¿Cuál es la frecuencia angular del circuito cuando $R = 0$? b) ¿Qué valor debe tener R para que dé una disminución del 5% en la frecuencia angular, en comparación con el valor calculado en el inciso a)?

PRÁCTICA 11

Corriente alterna

P31.2. La corriente en una línea de energía de ca cambia de sentido 120 veces por segundo, y su valor medio es de cero. Explique cómo es posible que se transmita energía en un sistema así.

P31.5. Las lámparas fluorescentes utilizan con frecuencia un inductor, llamado bobina de inductancia, para limitar la corriente entre los tubos. ¿Por qué es mejor usar un inductor en vez de un resistor para tal propósito?

P31.9. En un circuito en serie L - R - C , ¿cuáles son el ángulo de fase ϕ y el factor de potencia $\cos \phi$ cuando la resistencia es mucho menor que la reactancia inductiva o capacitiva y el circuito funciona alejado de la resonancia? Explique su respuesta.

P31.12. Una bombilla eléctrica y un capacitor de placas paralelas con aire entre ellas están conectados en serie a una fuente de ca. ¿Qué pasa con el brillo de la bombilla cuando se inserta un dieléctrico entre las placas del capacitor? Explique su respuesta.

P31.13. Una bobina de alambre enrollado alrededor de un tubo hueco y una bombilla eléctrica están conectadas en serie a una fuente de ca. ¿Qué pasa con el brillo de la bombilla cuando se inserta una varilla de hierro en el tubo?

P31.15. Un circuito consiste en una bombilla eléctrica, un capacitor y un inductor conectados en serie a una fuente de ca. ¿Es posible retirar tanto el capacitor como el inductor sin que esto altere el brillo que emite la bombilla? Explique su respuesta.

P31.16. ¿Un transformador se puede utilizar con cd? Explique por qué. ¿Qué sucede si un transformador diseñado para ca a 120 V se conecta a una línea de cd a 120 V?

31.8. *a)* Calcule la reactancia de un inductor de 0.450 H a frecuencias de 60.0 Hz y 600 Hz. *b)* Calcule la reactancia de un capacitor de 2.50 μF a las mismas frecuencias. *c)* ¿A qué frecuencia la reactancia de un inductor de 0.450 H es igual a la de un capacitor de 2.50 μF ?

31.12. Un resistor de 250 Ω está conectado en serie con un capacitor de 4.80 μF . El voltaje en las terminales del capacitor es $v_C = (7.60 \text{ V}) \sin [(120 \text{ rad/s})t]$. *a)* Determine la reactancia capacitiva del capacitor. *b)* Obtenga una expresión para el voltaje v_R entre las terminales del resistor.

31.13. Un resistor de 150 Ω está conectado en serie con un inductor de 0.250 H. El voltaje en las terminales del resistor es $v_R = (3.80 \text{ V}) \cos [(720 \text{ rad/s})t]$. *a)* Obtenga una expresión para la corriente de circuito. *b)* Determine la reactancia inductiva del inductor. *c)* Obtenga una expresión para el voltaje v_L en las terminales del inductor.

31.14. Usted tiene un resistor de 200 Ω , un inductor de 0.400 H y un capacitor de 6.00 μF . Suponga que toma el resistor y el inductor y construye un circuito en serie con una fuente de voltaje que tiene una amplitud de 30.0 V y una frecuencia angular de 250 rad/s. *a)* ¿Cuál es la impedancia del circuito? *b)* ¿Cuál es la amplitud de corriente? *c)* ¿Cuáles son las amplitudes de voltaje en las terminales del resistor y en las terminales del inductor? *d)* ¿Cuál es el ángulo de fase ϕ del voltaje de fuente con respecto de la corriente? ¿La fuente de voltaje se adelanta o se atrasa en relación con la corriente? *e)* Construya el diagrama de fasores.

31.16. Repita el ejercicio 31.14 pero considerando que el circuito consiste sólo en el capacitor y el inductor en serie. Para el inciso *c)*, calcule las amplitudes de voltaje a través del capacitor y a través del inductor.

31.17. Repita el ejercicio 31.14 pero considerando que el circuito consiste sólo en el resistor y el capacitor en serie. Para el inciso *c)*, calcule las amplitudes de voltaje a través del resistor y a través del capacitor.

31.19. El resistor, el inductor, el capacitor y la fuente de voltaje descritos en el ejercicio 31.14 están conectados de manera que forman un circuito L - R - C en serie. *a)* ¿Cuál es la impedancia del circuito? *b)* ¿Cuál es la amplitud de corriente? *c)* ¿Cuál es el ángulo de fase del voltaje de fuente con respecto a la corriente? ¿El voltaje en la fuente se retrasa o se adelanta con respecto a la corriente? *d)* ¿Cuáles son las amplitudes de voltaje a través del resistor, del inductor y del capacitor? *e)* Explique cómo es posible que la amplitud de voltaje sea mayor a través del capacitor que a través de la fuente.

31.27. *a)* Demuestre que para un circuito L - R - C en serie, el factor de potencia es igual a R/Z (*Sugerencia:* Use el diagrama de fasores; consulte la figura 31.13b.) *b)* Demuestre que para cualquier circuito de ca, no sólo uno que nada más contenga una resistencia pura, la potencia media entregada por la fuente de voltaje está dada por $P_{\text{med}} = I_{\text{rms}}^2 R$.

31.28. Un circuito L - R - C en serie está conectado a una fuente de ca de 120 Hz que tiene $V_{\text{rms}} = 80.0 \text{ V}$. El circuito tiene una resistencia de 75.0 Ω y una impedancia a esta frecuencia de 105 Ω . ¿Cuál es potencia media que la fuente entrega al circuito?

31.38. Transformador elevador. Un transformador conectado a una línea de ca de 120 V (rms) debe suministrar 13,000 V (rms) para un anuncio de neón. Para reducir el peligro de una descarga, se inserta un fusible en el circuito primario, el cual se funde cuando la corriente rms en el circuito secundario rebasa los 8.50 mA. *a)* ¿Cuál es la razón entre las espiras del primario y el secundario del transformador? *b)* ¿Cuál es la potencia que debe suministrarse al transformador cuando la corriente rms en el secundario es de 8.50 mA? *c)* ¿Cuál es la corriente nominal que debe tener el fusible en el circuito primario?