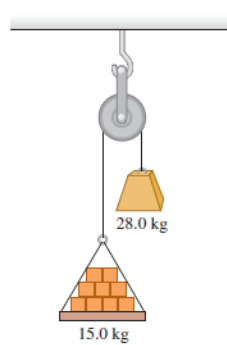


## EJERCICIOS LEYES DE NEWTON

**5.19. Máquina de Atwood.** Una carga de 15.0 kg de ladrillos pende del extremo de una cuerda que pasa por una polea pequeña sin fricción y tiene un contrapeso de 28.0 kg en el otro extremo (figura 5.51). El sistema se libera del reposo. *a)* Dibuje un diagrama de cuerpo libre para la carga de ladrillos y otro para el contrapeso. *b)* ¿Qué magnitud tiene la aceleración hacia arriba de la carga de ladrillos? *c)* ¿Qué tensión hay en la cuerda mientras la carga se mueve? Compare esa tensión con el peso de la carga de ladrillos y con el del contrapeso.

Figura 5.51 Ejercicio 5.19.

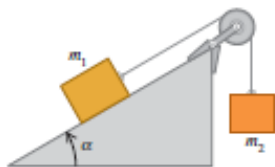


**5.20.** Un bloque de hielo de 8.00 kg, liberado del reposo en la parte superior de una rampa sin fricción de 1.50 m de longitud, se desliza hacia abajo y alcanza una rapidez de 2.50 m/s en la base de la rampa. *a)* ¿Qué ángulo forma la rampa con la horizontal? *b)* ¿Cuál sería la rapidez del hielo en la base de la rampa, si al movimiento se opusiera una fuerza de fricción constante de 10.0 N paralela a la superficie de la rampa?

**5.64. Otra cuerda con masa.** Un bloque con masa  $M$  está unido al extremo inferior de una cuerda vertical uniforme con masa  $m$  y longitud  $L$ . Se aplica una fuerza constante  $F$  hacia arriba al extremo superior de la cuerda; esto hace que la cuerda y el bloque se aceleren hacia arriba. Calcule la tensión en la cuerda a una distancia  $x$  del extremo superior de la cuerda, donde  $x$  puede tener cualquier valor entre 0 y  $L$ .

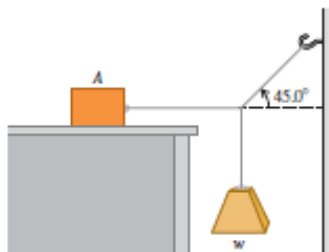
**5.65.** Un bloque de masa  $m_1$  se coloca en un plano inclinado con ángulo  $\alpha$ , conectado a un segundo bloque colgante de masa  $m_2$  mediante un cordón que pasa por una polea pequeña sin fricción (figura 5.62). Los coeficientes de fricción estática y cinética son  $\mu_s$  y  $\mu_k$ , respectivamente. *a)* Determine la masa  $m_2$  tal que el bloque  $m_1$  sube por el plano con rapidez constante una vez puesto en movimiento. *a)* Determine la masa  $m_2$  tal que el bloque  $m_1$  baje por el plano con rapidez constante una vez puesto en movimiento. *c)* ¿En qué intervalo de valores de  $m_2$  los bloques permanecen en reposo, si se sueltan del reposo?

Figura 5.62 Problema 5.65.



**5.66.** *a)* El bloque A de la figura 5.63 pesa 60.0 N. El coeficiente de fricción estática entre el bloque y la superficie donde descansa es

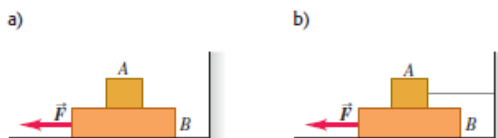
Figura 5.63 Problema 5.66.



de 0.25. El peso  $w$  es de 12.0 N y el sistema está en equilibrio. Calcule la fuerza de fricción ejercida sobre el bloque A. *b)* Determine el peso máximo  $w$  con el cual el sistema permanecerá en equilibrio.

**5.67.** El bloque A de la figura 5.64 pesa 1.20 N, y el bloque B pesa 3.60 N. El coeficiente de fricción cinética entre todas las superficies es de 0.300. Determine la magnitud de la fuerza horizontal  $F$  necesaria para arrastrar el bloque B hacia la izquierda con rapidez constante, *a)* si A descansa sobre B y se mueve con él (figura 5.64a); y *b)* si A no se mueve (figura 5.64b).

Figura 5.64 Problema 5.67.



**5.72. Diseño de elevadores.** Imagine que usted está diseñando un elevador para un hospital. La fuerza que el piso del elevador ejercerá sobre un pasajero no debe exceder 1.60 veces el peso del pasajero. El elevador acelera hacia arriba con aceleración constante una distancia de 3.0 m, y luego comienza a frenarse. ¿Qué rapidez máxima alcanza el elevador?

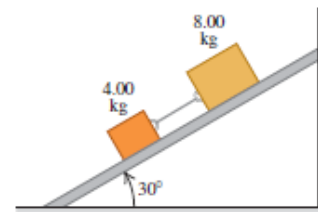
**5.73.** Imagine que usted trabaja para una empresa transportista. Su trabajo consiste en pararse junto a la base de una rampa de 8.0 m de longitud, inclinada  $37^\circ$  arriba de la horizontal, tomar paquetes de una banda transportadora y empujarlos rampa arriba. El coeficiente de fricción cinética entre los paquetes y la rampa es  $\mu_k = 0.30$ . *a)* ¿Qué rapidez necesitará usted imprimir a los paquetes en la base de la rampa, para que tengan rapidez cero en el tope de la rampa? *b)* Se supone que una compañera de trabajo toma los paquetes cuando llegan al tope de la rampa, pero no logra sujetar uno y ese paquete se desliza rampa abajo. ¿Qué rapidez tiene el paquete cuando llega a donde está usted?

**5.74.** Un martillo cuelga del techo de un autobús atado con una cuerda ligera. El techo es paralelo a la carretera. El autobús viaja en línea recta por un camino horizontal. Se observa que el martillo cuelga en reposo con respecto al autobús cuando el ángulo entre la cuerda y el techo es de  $74^\circ$ . ¿Qué aceleración tiene el autobús?

**5.75.** Una rondana de acero está suspendida dentro de una caja vacía por un cordón ligero unido a la tapa de la caja. La caja baja resbalando por una rampa larga que tiene una inclinación de  $37^\circ$  sobre la horizontal. La masa de la caja es de 180 kg. Una persona de 55 kg está sentada dentro de la caja (con una linterna). Mientras la caja resbala por la rampa, la persona ve que la rondana está en reposo con respecto a la caja, cuando el cordón forma un ángulo de  $68^\circ$  con la tapa de la caja. Determine el coeficiente de fricción cinética entre la rampa y la caja.

**5.92.** Dos bloques de masas de 4.00 kg y 8.00 kg están conectados por un cordón y bajan deslizándose por un plano inclinado a  $30^\circ$  (figura 5.74). El coeficiente de fricción cinética entre el bloque de 4.00 kg y el plano es de 0.25; y entre el bloque de 8.00 kg y el plano es de 0.35. *a)* Calcule la aceleración de cada bloque. *b)* Calcule la tensión en el cordón. *c)* ¿Qué sucede si se invierten las posiciones de los bloques, de manera que el bloque de 4.00 kg esté arriba del de 8.00 kg?

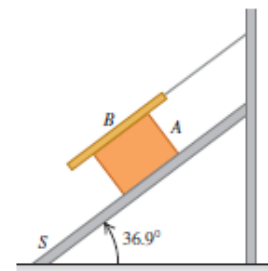
Figura 5.74 Problema 5.92.



**5.93.** El bloque A, de peso  $3w$ , resbala con rapidez constante, bajando por un plano  $S$  inclinado  $36.9^\circ$ , mientras la tabla B, de peso  $w$ , descansa sobre A, estando sujeta con un cordón a la pared (figura 5.75).

*a)* Dibuje un diagrama de todas las fuerzas que actúan sobre el bloque A. *b)* Si el coeficiente de fricción cinética es igual entre A y B, y entre S y A, determine su valor.

Figura 5.75 Problema 5.93.



- P6.12.** ¿El trabajo *total* efectuado sobre un objeto durante un desplazamiento puede ser negativo? Explique su respuesta. Si el trabajo total es negativo, ¿su magnitud puede ser mayor que la energía cinética inicial del objeto? Explique su respuesta.
- P6.13.** Una fuerza neta actúa sobre un objeto y lo acelera desde el reposo hasta una rapidez  $v_1$ , efectuando un trabajo  $W_1$ . ¿En qué factor debe aumentarse ese trabajo para lograr una rapidez final tres veces mayor, si el objeto parte del reposo?
- P6.14.** Un camión que va por una autopista tiene mucha energía cinética relativa a una patrulla detenida, pero ninguna relativa al conductor del camión. En estos dos marcos de referencia, ¿se requiere el mismo trabajo para detener el camión? Explique su respuesta.
- P6.15.** Imagine que usted sostiene un portafolios por el asa, con el brazo recto a su costado. ¿La fuerza que la mano ejerce efectúa trabajo sobre el portafolios *a*) cuando usted camina con rapidez constante por un pasillo horizontal y *b*) cuando usa una escalera eléctrica para subir del primer al segundo piso de un edificio? Justifique su respuesta en cada caso.
- P6.16.** Si un libro se desliza sobre una mesa, la fuerza de fricción realiza trabajo negativo sobre él. ¿Existe algún caso en que la fricción realice trabajo *positivo*? Explique su respuesta. (*Sugerencia:* piense en una caja dentro de un camión que acelera.)
- P6.17.** Tómese el tiempo al subir corriendo una escalera y calcule la tasa media con que efectúa trabajo contra la fuerza de gravedad. Expresé su respuesta en watts y en caballos de potencia.
- P6.18. Física fracturada.** Muchos términos de la física se utilizan de manera inadecuada en el lenguaje cotidiano. En cada caso, explique los errores que hay. *a*) A una persona *fuerte* se llama *llena de potencia*. ¿Qué error implica este uso de *potencia*? *b*) Cuando un trabajador carga una bolsa de hormigón por una obra en construcción horizontal, la gente dice que él realizó mucho *trabajo*. ¿Es verdad?
- P6.19.** Un anuncio de un generador eléctrico portátil asegura que el motor a diesel produce 28,000 hp para impulsar un generador eléctrico que produce 30 MW de potencia eléctrica. ¿Es esto posible? Explique su respuesta.
- P6.20.** Un automóvil aumenta su rapidez mientras el motor produce potencia constante. ¿La aceleración es mayor al inicio de este proceso o al final? Explique su respuesta.
- P6.21.** Considere una gráfica de potencia instantánea contra tiempo, cuyo eje  $P$  vertical comienza en  $P = 0$ . ¿Qué significado físico tiene el área bajo la curva  $P$  contra  $t$  entre dos líneas verticales en  $t_1$  y  $t_2$ ? ¿Cómo podría calcular la potencia media a partir de la gráfica? Dibuje una curva de  $P$  contra  $t$  que conste de dos secciones rectas y dónde la potencia máxima sea igual al doble de la potencia media.
- P6.22.** Una fuerza neta distinta de cero actúa sobre un objeto. ¿Alguna de las cantidades siguientes puede ser constante? *a*) La rapidez del objeto; *b*) la velocidad del objeto; *c*) la energía cinética del objeto.
- P6.23.** Cuando se aplica cierta fuerza a un resorte ideal, éste se estira una distancia  $x$  desde su longitud relajada (sin estirar) y efectúa trabajo  $W$ . Si ahora se aplica el doble de fuerza, ¿qué distancia (en términos de  $x$ ) se estira el resorte desde su longitud relajada y cuánto trabajo (en términos de  $W$ ) se requiere para estirarlo esta distancia?
- P6.24.** Si se requiere un trabajo  $W$  para estirar un resorte una distancia  $x$  desde su longitud relajada, ¿qué trabajo (en términos de  $W$ ) se requiere para estirar el resorte una distancia  $x$  adicional?

**Ejercicios**

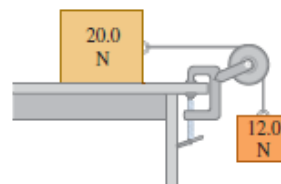
**Sección 6.1 Trabajo**

**6.1.** Un viejo cubo de roble con masa de 6.75 kg cuelga en un pozo del extremo de una cuerda, que pasa sobre una polca sin fricción en la parte superior del pozo, y usted tira de la cuerda horizontalmente del extremo de la cuerda para levantar el cubo lentamente 4.00 m.

*a*) ¿Cuánto trabajo efectúa usted sobre el cubo al subirlo? *b*) ¿Cuánta fuerza gravitacional actúa sobre el cubo? *c*) ¿Qué trabajo total se realiza sobre el cubo?

- 6.2.** Un camión de remolque tira de un automóvil 5.00 km por una carretera horizontal, usando un cable cuya tensión es de 850 N. *a*) ¿Cuánto trabajo ejerce el cable sobre el auto si tira de él horizontalmente? ¿Y si tira a 35.0° sobre la horizontal? *b*) ¿Cuánto trabajo realiza el cable sobre el camión de remolque en ambos casos del inciso *a*)? *c*) ¿Cuánto trabajo efectúa la gravedad sobre el auto en el inciso *a*)?
- 6.3.** Un obrero empuja horizontalmente una caja de 30.0 kg una distancia de 4.5 m en un piso plano, con velocidad constante. El coeficiente de fricción cinética entre el piso y la caja es de 0.25. *a*) ¿Qué magnitud de fuerza debe aplicar el obrero? *b*) ¿Cuánto trabajo efectúa dicha fuerza sobre la caja? *c*) ¿Cuánto trabajo efectúa la fricción sobre la caja? *d*) ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza normal sobre la caja? ¿Y la gravedad? *e*) ¿Qué trabajo total se efectúa sobre la caja?
- 6.4.** Suponga que el obrero del ejercicio 6.3 empuja hacia abajo con un ángulo de 30° bajo la horizontal. *a*) ¿Qué magnitud de fuerza debe aplicar el obrero para mover la caja con velocidad constante? *b*) ¿Qué trabajo realiza esta fuerza sobre la caja si se empuja 4.5 m? *c*) ¿Qué trabajo realiza la fricción sobre la caja en este desplazamiento? *d*) ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza normal sobre la caja? ¿Y la gravedad? *e*) ¿Qué trabajo total se efectúa sobre la caja?
- 6.5.** Un pintor de 75.0 kg sube por una escalera de 2.75 m que está inclinada contra una pared vertical. La escalera forma un ángulo de 30.0° con la pared. *a*) ¿Cuánto trabajo realiza la gravedad sobre el pintor? *b*) ¿La respuesta al inciso *a*) depende de si el pintor sube a rapidez constante o de si acelera hacia arriba de la escalera?
- 6.6.** Dos botes remolcadores tiran de un buque tanque averiado. Cada uno ejerce una fuerza constante de  $1.80 \times 10^6$  N, uno 14° al oeste del norte y el otro 14° al este del norte, tirando del buque tanque 0.75 km al norte. ¿Qué trabajo total efectúan sobre el buque tanque?
- 6.7.** Dos bloques están conectados por un cordón muy ligero que pasa por una polea sin masa y sin fricción (figura 6.30). Al viajar a rapidez constante, el bloque de 20.0 N se mueve 75.0 cm a la derecha y el bloque de 12.0 N se mueve 75.0 cm hacia abajo. Durante este proceso, ¿cuánto trabajo efectúa *a*) sobre el bloque de 12.0 N, i) la gravedad y ii) la tensión en el cordón? *b*) sobre el bloque de 20.0 N, i) la gravedad, ii) la tensión en el cordón, iii) la fricción y iv) la fuerza normal? *c*) Obtenga el trabajo total efectuado sobre cada bloque.

**Figura 6.30** Ejercicio 6.7.



- 6.8.** Un carrito de supermercado cargado rueda por un estacionamiento por el que sopla un viento fuerte. Usted aplica una fuerza constante  $\vec{F} = (30 \text{ N})\hat{i} - (40 \text{ N})\hat{j}$  al carrito mientras éste sufre un desplazamiento  $\vec{s} = (-9.0 \text{ m})\hat{i} - (3.0 \text{ m})\hat{j}$ . ¿Cuánto trabajo efectúa la fuerza que usted aplica al carrito?
- 6.9.** Una pelota de 0.800 kg se ata al extremo de un cordón de 1.60 m de longitud y se hace girar en un círculo vertical. *a*) Durante un círculo completo, contando a partir de cualquier punto, calcule el trabajo total efectuado sobre la pelota por: i) la tensión en el cordón; ii) la gravedad. *b*) Repita el inciso *a*) para el movimiento a lo largo del semicírculo que va del cénit al nadir de la trayectoria.

## Sección 6.2 Energía cinética y teorema trabajo-energía

**6.10.** a) ¿Cuántos joules de energía cinética tiene un automóvil de 750 kg que viaja por una autopista común con rapidez de 65 mi/h? b) ¿En qué factor disminuiría su energía cinética si el auto viajara a la mitad de esa rapidez? c) ¿A qué rapidez (en mi/h) tendría que viajar el auto para tener la mitad de la energía cinética del inciso a)?

**6.11. Cráter de meteorito.** Hace aproximadamente 50,000 años, un meteorito se estrelló contra la Tierra cerca de lo que actualmente es la ciudad de Flagstaff, en Arizona. Mediciones recientes (2005) estiman que dicho meteorito tenía una masa aproximada de  $1.4 \times 10^8$  kg (unas 150,000 toneladas) y se impactó contra el suelo a 12 km/s. a) ¿Cuánta energía cinética pasó este meteorito al suelo? b) ¿Cómo se compara esta energía con la energía liberada por una bomba nuclear de 1.0 megatonnes? (Una bomba de un megatón libera la misma energía que un millón de toneladas de TNT, y 1.0 ton de TNT libera  $4.184 \times 10^9$  J de energía.)

**6.12. Algunas energías cinéticas familiares.** a) ¿Cuántos joules de energía cinética tiene una persona de 75 kg al caminar y al correr? b) ¿En el modelo atómico de Bohr, el electrón del hidrógeno en estado fundamental tiene una rapidez orbital de 2190 km/s. ¿Cuál es su energía cinética? (Consulte el Apéndice F) c) Si usted deja caer un peso de 1.0 kg (aproximadamente 2 lb) desde la altura del hombro, ¿cuántos joules de energía cinética tendrá cuando llegue al suelo? d) ¿Es razonable que un niño de 30 kg pueda correr lo suficientemente rápido para tener 100 J de energía cinética?

**6.13.** La masa de un protón es 1836 veces la masa de un electrón. a) Un protón viaja con rapidez  $V$ . ¿Con qué rapidez (en términos de  $V$ ) un electrón tendría la misma energía cinética que un protón? b) Un electrón tiene energía cinética  $K$ . Si un protón tiene la misma rapidez que el electrón, ¿cuál es su energía cinética (en términos de  $K$ )?

**6.14.** Una sandía de 4.80 kg se deja caer (rapidez inicial cero) desde la azotea de un edificio de 25.0 m y no sufre resistencia del aire apreciable. a) Calcule el trabajo realizado por la gravedad sobre la sandía durante su desplazamiento desde la azotea hasta el suelo. b) Justo antes de estrellarse contra el suelo, ¿cuáles son i) la energía cinética y ii) la rapidez de la sandía? c) ¿Cuál de las respuestas en los incisos a) y b) sería diferente si hubiera resistencia del aire considerable?

**6.15.** Use el teorema trabajo-energía para resolver los siguientes problemas. Usted puede utilizar las leyes de Newton para comprobar sus respuestas. Ignore la resistencia del aire en todos los casos. a) Una rama cae desde la parte superior de una secuoya de 95.0 m de altura, partiendo del reposo. ¿Con qué rapidez se mueve cuando llega al suelo? b) Un volcán expulsa una roca directamente hacia arriba 525 m en el aire. ¿Con qué rapidez se movía la roca justo al salir del volcán? c) Una esquiadora que se mueve a 5.00 m/s llega a una zona de nieve horizontal áspera grande, cuyo coeficiente de fricción cinética con los esquís es de 0.220. ¿Qué tan lejos viaja ella sobre esta zona antes de detenerse? d) Suponga que la zona áspera del inciso c) sólo tiene 2.90 m de longitud. ¿Con qué rapidez se movería la esquiadora al llegar al extremo de dicha zona? e) En la base de una colina congelada sin fricción que se eleva a  $25.0^\circ$  sobre la horizontal, un trineo tiene una rapidez de 12.0 m/s hacia la colina. ¿A qué altura vertical sobre la base llegará antes de detenerse?

**6.16.** Se lanza una piedra de 20 N verticalmente hacia arriba desde el suelo. Se observa que, cuando está 15.0 m sobre el suelo, viaja a 25.0 m/s hacia arriba. Use el teorema trabajo-energía para determinar a) su rapidez en el momento de ser lanzada y b) su altura máxima.

**6.17.** Imagine que pertenece a la Cuadrilla de Rescate Alpino y debe proyectar hacia arriba una caja de suministros por una pendiente de ángulo constante  $\alpha$ , de modo que llegue a un esquiador varado que está una distancia vertical  $h$  sobre la base de la pendiente. La pendiente es resbalosa, pero hay cierta fricción presente, con coeficiente de fricción cinética  $\mu_k$ . Use el teorema trabajo-energía para calcular

la rapidez mínima que debe impartir a la caja en la base de la pendiente para que llegue al esquiador. Expresé su respuesta en términos de  $g$ ,  $h$ ,  $\mu_k$  y  $\alpha$ .

**6.18.** Una masa  $m$  baja deslizándose por un plano inclinado liso que forma un ángulo  $\alpha$  con la horizontal, desde una altura vertical inicial  $h$ .

a) El trabajo efectuado por una fuerza es la sumatoria del trabajo efectuado por las componentes de la fuerza. Considere las componentes de la gravedad paralela y perpendicular al plano. Calcule el trabajo efectuado sobre la masa por cada componente y use estos resultados para demostrar que el trabajo efectuado por la gravedad es exactamente el mismo que efectuaría si la masa cayera verticalmente por el aire desde una altura  $h$ . b) Use el teorema trabajo-energía para demostrar que la rapidez de la masa en la base del plano inclinado es la misma que tendría si se hubiera dejado caer desde la altura  $h$ , sea cual fuere el ángulo  $\alpha$  del plano. Explique cómo esta rapidez puede ser independiente del ángulo del plano. c) Use los resultados del inciso b) para obtener la rapidez de una piedra que baja deslizándose por una colina congelada sin fricción, partiendo del reposo 15.0 m arriba del pie de la colina.

**6.19.** Un automóvil es detenido en una distancia  $D$  por una fuerza de fricción constante independiente de la rapidez del auto. ¿Cuál es la distancia en que se detiene (en términos de  $D$ ) a) si el auto triplica su rapidez inicial; y b) si la rapidez es la misma que tenía originalmente, pero se triplica la fuerza de fricción? (Utilice métodos de trabajo-energía.)

**6.20.** Un electrón en movimiento tiene energía cinética  $K_1$ . Después de realizarse sobre él una cantidad neta de trabajo  $W$ , se mueve con una cuarta parte de su rapidez anterior y en la dirección opuesta. a) Calcule  $W$  términos de  $K_1$ . b) ¿Su respuesta depende de la dirección final del movimiento del electrón?

**6.21.** Un trineo con masa de 8.00 kg se mueve en línea recta sobre una superficie horizontal sin fricción. En cierto punto, su rapidez es de 4.00 m/s; 2.50 m más adelante, su rapidez es de 6.00 m/s. Use el teorema trabajo-energía para determinar la fuerza que actúa sobre el trineo, suponiendo que tal fuerza es constante y actúa en la dirección del movimiento del trineo.

**6.22.** Un balón de fútbol sóquer de 0.420 kg se mueve inicialmente con rapidez de 2.00 m/s. Un jugador lo patea, ejerciendo una fuerza constante de 40.0 N en la dirección del movimiento del balón. ¿Durante qué distancia debe estar su pie en contacto con el balón para aumentar la rapidez de éste a 6.00 m/s?

**6.23.** Un "12-pack" de Omni-Cola (masa de 4.30 kg) está en reposo en un piso horizontal. Luego, un perro entrenado que ejerce una fuerza horizontal con magnitud de 36.0 N lo empuja 1.20 m en línea recta. Use el teorema trabajo-energía para determinar la rapidez final si a) no hay fricción entre el 12-pack y el piso; b) el coeficiente de fricción cinética entre el 12-pack y el piso es de 0.30.

**6.24.** Un bateador golpea una pelota de béisbol con masa de 0.145 kg y la lanza hacia arriba con rapidez inicial de 25.0 m/s. a) ¿Cuánto trabajo habrá realizado la gravedad sobre la pelota cuando ésta alcanza una altura de 20.0 m sobre el bate? b) Use el teorema trabajo-energía para calcular la rapidez de la pelota a esa altura. Ignore la resistencia del aire. c) ¿La respuesta al inciso b) depende de si la pelota se mueve hacia arriba o hacia abajo cuando está a la altura de 20.0 m? Explique su respuesta.

**6.25.** Un vagón de juguete con masa de 7.00 kg se mueve en línea recta sobre una superficie horizontal sin fricción. Tiene rapidez inicial de 4.00 m/s y luego es empujado 3.0 m, en la dirección de la velocidad inicial, por una fuerza cuya magnitud es de 10.0 N. a) Use el teorema trabajo-energía para calcular la rapidez final del vagón. b) Calcule la aceleración producida por la fuerza y úsela en las relaciones de cinemática del capítulo 2 para calcular la rapidez final del vagón. Compare este resultado con el calculado en el inciso a).

**6.26.** Un bloque de hielo con masa de 2.00 kg se desliza 0.750 m hacia abajo por un plano inclinado a un ángulo de  $36.9^\circ$  bajo la horizontal. Si el bloque parte del reposo, ¿cuál será su rapidez final? Puede despreciarse la fricción.

**6.27. Distancia de paro.** Un automóvil viaja por un camino horizontal con rapidez  $v_0$  en el instante en que los frenos se bloquean, de modo que las llantas se deslizan en vez de rodar. a) Use el teorema trabajo-energía para calcular la distancia mínima en que puede detenerse el auto en términos de  $v_0$ ,  $g$  y el coeficiente de fricción cinética  $\mu_k$  entre los neumáticos y el camino. b) ¿En qué factor cambiaría la distancia mínima de frenado, si i) se duplicara el coeficiente de fricción cinética, ii) se duplicara la rapidez inicial, o iii) se duplicaran tanto el coeficiente de fricción cinética como la rapidez inicial?

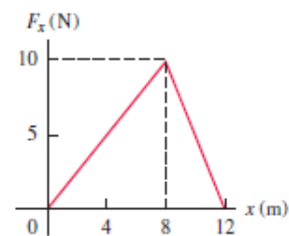
### Sección 6.3 Trabajo y energía con fuerzas variables

**6.28.** Se requiere un trabajo de 12.0 J para estirar un resorte 3.00 cm respecto a su longitud no estirada. a) ¿Cuál es la constante de fuerza de este resorte? b) ¿Qué fuerza se necesita para estirar 3.00 cm el resorte desde su longitud sin estirar? c) ¿Cuánto trabajo debe efectuarse para comprimir ese resorte 4.00 cm respecto a su longitud no estirada, y qué fuerza se necesita para estirarlo esta distancia?

**6.29.** Una fuerza de 160 N estira un resorte 0.050 m más allá de su longitud no estirada. a) ¿Qué fuerza se requiere para un estiramiento de 0.015 m de este resorte? ¿Y para comprimirlo 0.020 m? b) ¿Cuánto trabajo debe efectuarse para estirar el resorte 0.015 m más allá de su longitud no estirada? ¿Y para comprimirlo 0.20 m desde su longitud sin estirar?

**6.30.** Una niña aplica una fuerza  $\vec{F}$  paralela al eje  $x$  a un trineo de 10.0 kg que se mueve sobre la superficie congelada de un estanque pequeño. La niña controla la rapidez del trineo, y la componente  $x$  de la fuerza que aplica varía con la coordenada  $x$  del trineo, como se muestra en la figura 6.31. Calcule el trabajo efectuado por  $\vec{F}$  cuando el trineo se mueve a) de  $x = 0$  a  $x = 8.0$  m; b) de  $x = 8.0$  m a  $x = 12.0$  m; c) de  $x = 0$  a  $x = 12.0$  m.

Figura 6.31 Ejercicios 6.30 y 6.31.



**6.31.** Suponga que el trineo del ejercicio 6.30 está inicialmente en reposo en  $x = 0$ . Use el teorema trabajo-energía para determinar la rapidez del trineo en a)  $x = 8.0$  m, y b)  $x = 12.0$  m. Puede despreciarse la fricción entre el trineo y la superficie del estanque.

**6.32.** Una vaca terca intenta salirse del establo mientras usted la empuja cada vez con más fuerza para impedirlo. En coordenadas cuyo origen es la puerta del establo, la vaca camina de  $x = 0$  a  $x = 6.9$  m, mientras usted aplica una fuerza con componente  $x$   $F_x = -[20.0 \text{ N} + (3.0 \text{ N/m})x]$ . ¿Cuánto trabajo efectúa sobre la vaca la fuerza que usted aplica durante este desplazamiento?

**6.33.** Una caja de 6.0 kg que se mueve a 3.0 m/s, sobre una superficie horizontal sin fricción, choca con un resorte ligero cuya constante de fuerza es de 75 N/cm. Use el teorema trabajo-energía para determinar la compresión máxima del resorte.

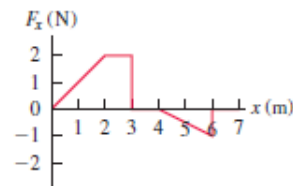
**6.34. "Press" de piernas.** Como parte de su ejercicio diario, usted se acuesta boca arriba y empuja con los pies una plataforma conectada a dos resortes rígidos paralelos entre sí. Al empujar la plataforma, usted comprime los resortes. Realiza 80.0 J de trabajo al comprimir los resortes 0.200 m con respecto a su longitud no comprimida. a) ¿Qué fuerza debe aplicar para mantener la plataforma en esta posición? b) ¿Cuánto trabajo adicional debe realizar para mover la plataforma otros 0.200 m, y qué fuerza máxima debe aplicar?

**6.35.** a) En el ejemplo 6.7 (sección 6.3), se calcula que, con el riel de aire apagado, el deslizador viaja 8.6 cm antes de parar instantáneamente. ¿Qué tan grande debe ser el coeficiente de fricción estática  $\mu_s$  para evitar que el deslizador regrese a la izquierda? b) Si el coeficiente de fricción estática entre el deslizador y el riel es  $\mu_s = 0.60$ , ¿qué rapidez inicial máxima  $v_i$  puede imprimirse al deslizador sin que regrese a la izquierda luego de detenerse momentáneamente? Con el riel de aire apagado, el coeficiente de fricción cinética es  $\mu_k = 0.47$ .

**6.36.** Un bloque de hielo de 4.00 kg se coloca contra un resorte horizontal que tiene fuerza constante  $k = 200$  N/m, y está comprimido 0.025 m. El resorte se suelta y acelera al bloque sobre una superficie horizontal. Pueden despreciarse la fricción y la masa del resorte. a) Calcule el trabajo efectuado por el resorte sobre el bloque, durante el movimiento del bloque desde su posición inicial hasta que el resorte recupera su longitud no comprimida. b) ¿Qué rapidez tiene el bloque al perder contacto con el resorte?

**6.37.** A un automóvil a escala de 2.0 kg, controlado por radio, se aplica una fuerza  $\vec{F}$  paralela al eje  $x$ ; mientras el auto se mueve por una pista recta. La componente  $x$  de la fuerza varía con la coordenada  $x$  del auto, como se indica en la figura 6.32. Calcule el trabajo efectuado por la fuerza  $\vec{F}$  cuando el auto se mueve de a)  $x = 0$  a  $x = 3.0$  m; b)  $x = 3.0$  m a  $x = 4.0$  m; c)  $x = 4$  a  $x = 7.0$  m; d)  $x = 0$  a  $x = 7.0$  m; e)  $x = 7.0$  m a  $x = 2.0$  m.

Figura 6.32 Ejercicios 6.37 y 6.38.



**6.38.** Suponga que el auto a escala de 2.0 kg del ejercicio 6.37 está inicialmente en reposo en  $x = 0$  y que  $\vec{F}$  es la fuerza neta que actúa sobre él. Use el teorema trabajo-energía para determinar la rapidez del auto en a)  $x = 3.0$  m; b)  $x = 4.0$  m; c)  $x = 7.0$  m.

**6.39.** En un parque acuático, trineos con pasajeros se impulsan por una superficie horizontal resbaladiza liberando un resorte grande comprimido. El resorte, con constante de fuerza  $k = 40.0$  N/cm y masa despreciable, descansa sobre la superficie horizontal sin fricción. Un extremo está en contacto con una pared fija; un trineo con pasajero (cuya masa total es de 70.0 kg) se empuja contra el otro extremo, comprimiendo el resorte 0.375 m. Luego se libera el trineo con velocidad inicial cero. ¿Qué rapidez tiene el trineo cuando el resorte a) regresa a su longitud no comprimida? y b) ¿está aún comprimido 0.200 m?

**6.40. La mitad de un resorte.** a) Suponga que usted corta a la mitad un resorte ideal sin masa. Si el resorte completo tiene una constante de fuerza  $k$ , ¿cuál es la constante de fuerza de cada mitad, en términos de  $k$ ? (Sugerencia: piense en el resorte original como dos mitades iguales, y que cada mitad produce la misma fuerza que el resorte completo. ¿Nota usted por qué las fuerzas deben ser iguales?) b) Si ahora corta el resorte en tres segmentos iguales, ¿cuál será la constante de fuerza de cada uno en términos de  $k$ ?

**6.41.** Un deslizador pequeño con masa de 0.0900 kg se coloca contra un resorte comprimido en la base de un riel de aire inclinado  $40.0^\circ$  hacia arriba sobre la horizontal. El resorte tiene  $k = 640$  N/m y masa despreciable. Al soltarse el resorte, el deslizador viaja una distancia máxima de 1.80 m sobre el riel antes de deslizarse hacia abajo. Antes de alcanzar esta distancia máxima, el deslizador pierde contacto con

el resorte. a) ¿Qué distancia se comprimió originalmente el resorte? b) Cuando el deslizador haya recorrido 0.80 m por el riel de aire desde su posición inicial contra el resorte comprimido, ¿estará todavía en contacto con el resorte? ¿Qué energía cinética tiene el deslizador en ese punto?

**6.42.** Un albañil ingenioso construye un dispositivo para lanzar ladrillos hasta arriba de la pared donde está trabajando. Se coloca un ladrillo sobre un resorte vertical comprimido con fuerza constante  $k = 450 \text{ N/m}$  y masa despreciable. Al soltarse el resorte, el ladrillo es empujado hacia arriba. Si un ladrillo con masa de 1.80 kg debe alcanzar una altura máxima de 3.6 m sobre su posición inicial, ¿qué distancia deberá comprimirse el resorte? (El ladrillo pierde contacto con el resorte cuando éste recupera su longitud no comprimida. ¿Por qué?)

## Sección 6.4 Potencia

**6.43.** ¿Cuántos joules de energía consume una bombilla eléctrica de 100 watts cada hora? ¿Con qué rapidez tendría que correr una persona de 70 kg para tener esa cantidad de energía cinética?

**6.44.** El consumo total de energía eléctrica en Estados Unidos es del orden de  $1.0 \times 10^{19} \text{ J}$  por año. a) ¿Cuál es la tasa media de consumo de energía eléctrica en watts? b) Si la población de ese país es de 300 millones de personas, determine la tasa media de consumo de energía eléctrica por persona. c) El Sol transfiere energía a la Tierra por radiación a razón de  $1.0 \text{ kW}$  por  $\text{m}^2$  de superficie, aproximadamente. Si esta energía pudiera recolectarse y convertirse en energía eléctrica con eficiencia del 40%, ¿qué área (en  $\text{km}^2$ ) se requeriría para recolectar la energía eléctrica gastada por Estados Unidos?

**6.45. Magnetoestrella.** El 27 de diciembre de 2004 los astrónomos observaron el destello de luz más grande jamás registrado, proveniente de afuera del Sistema Solar. Provenía de la estrella de neutrones altamente magnética SGR 1806-20 (una *magnetoestrella*). Durante 0.20 s, dicha estrella liberó tanta energía como nuestro Sol liberó durante 250,000 años. Si  $P$  es la salida de potencia media de nuestro Sol, ¿cuál era la salida de potencia media (en términos de  $P$ ) de esta magnetoestrella?

**6.46.** Una piedra de 20.0 kg se desliza por una superficie horizontal áspera a 8.0 m/s y finalmente se para debido a la fricción. El coeficiente de fricción cinética entre la piedra y la superficie es de 0.200. ¿Cuánta potencia térmica media se produce al detenerse la piedra?

**6.47.** Un equipo de dos personas en una bicicleta tándem debe vencer una fuerza de 165 N para mantener una rapidez de 9.00 m/s. Calcule la potencia requerida por ciclista, suponiendo contribuciones iguales. Exprese su respuesta en watts y en caballos de potencia.

**6.48.** Cuando el motor de 75 kW (100 hp) está desarrollando su potencia máxima, un pequeño avión monomotor con masa de 700 kg gana altitud a razón de 2.5 m/s (150 m/min, o 500 ft/min). ¿Qué fracción de la potencia del motor se está invirtiendo en hacer que el avión ascienda? (El resto se usa para vencer la resistencia del aire o se pierde por ineficiencias en la hélice y el motor.)

**6.49. Trabajar como caballo.** Imagine que usted trabaja levantando cajas de 30 kg una distancia vertical de 0.90 m del suelo a un camión. a) ¿Cuántas cajas tendría que cargar en el camión en 1 min, para que su gasto medio de potencia invertido en levantar las cajas fuera de 0.50 hp? b) ¿Y para que fuera de 100 W?

**6.50.** Un elevador vacío tiene masa de 600 kg y está diseñado para subir con rapidez constante una distancia vertical de 20.0 m (5 pisos) en 16.0 s. Es impulsado por un motor capaz de suministrar 40 hp al elevador. ¿Cuántos pasajeros como máximo pueden subir en el elevador? Suponga una masa de 65.0 kg por pasajero.

**6.51. Potencia automotriz.** Es frecuente que un automóvil de 1000 kg rinda 30 mi/gal cuando viaja a 60 mi/h en una carretera horizontal. Si este auto realiza un viaje de 200 km, a) ¿cuántos joules de energía consume, y b) cuál es la tasa media del consumo de energía durante el viaje? Observe que 1.0 gal de gasolina rinde  $1.3 \times 10^9 \text{ J}$  (aunque esto puede variar). Consulte el Apéndice E.

**6.52.** El portaaviones *John F. Kennedy* tiene una masa de  $7.4 \times 10^7 \text{ kg}$ . Cuando sus motores desarrollan su potencia máxima de 280,000 hp, la nave viaja con su rapidez máxima de 35 nudos (65 km/h). Si el 70% de esa potencia se dedica a impulsar la nave por el agua, ¿qué magnitud tiene la fuerza de resistencia del agua que se opone al movimiento del portaaviones a esta rapidez?

**6.53.** Un remolcador de esquadores opera en una ladera a  $15.0^\circ$  con longitud de 300 m. La cuerda se mueve a 12.0 km/h y se suministra potencia para remolcar 50 pasajeros (de 70.0 kg en promedio) a la vez. Estime la potencia requerida para operar el remolcador.

**6.54.** Un insecto volador común aplica una fuerza media igual al doble de su peso durante cada aleteo hacia abajo cuando está suspendido en el aire. Suponga que la masa del insecto es de 10 g y que las alas recorren una distancia media vertical de 1.0 cm en cada aleteo. Suponiendo 100 aleteos por segundo, estime el gasto medio de potencia del insecto.

## Problemas

**6.55. Barra giratoria.** Una barra delgada y uniforme de 12.0 kg y longitud de 2.00 m gira uniformemente alrededor de un pivote en un extremo, describiendo 5.00 revoluciones completas cada 3.00 segundos. ¿Qué energía cinética tiene esta barra? (*Sugerencia:* los diferentes puntos de la barra tienen diferente rapidez. Divida la barra en segmentos infinitesimales de masa  $dm$  e integre para obtener la energía cinética total de todos estos segmentos.)

**6.56. Un asteroide cercano a la Tierra.** El 13 de abril de 2029 (¡un viernes 13!), el asteroide 99942 Apophis pasará a 18,600 millas de la Tierra, ¡aproximadamente 1/13 de la distancia a la Luna! Tiene una densidad de  $2600 \text{ kg/m}^3$ , puede moldearse como una esfera de 320 m de diámetro y viajará a 12.6 km/s. a) Si debido a una pequeña perturbación en su órbita, el asteroide fuera a chocar contra la Tierra, ¿cuánta energía cinética produciría? b) El arma nuclear más grande probada por Estados Unidos fue la bomba "Castle-Bravo", que produjo 15 megatonnes de TNT. (Un megatón de TNT libera  $4.184 \times 10^{15} \text{ J}$  de energía.) ¿Cuántas bombas Castle-Bravo serían equivalentes a la energía del Apophis?

**6.57.** Un transportador de equipaje tira de una maleta de 20.0 kg, para subirla por una rampa inclinada  $25.0^\circ$  sobre la horizontal, con una fuerza  $\vec{F}$  de magnitud 140 N que actúa paralela a la rampa. El coeficiente de fricción cinética entre la rampa y la maleta es  $\mu_k = 0.300$ . Si la maleta viaja 3.80 m en la rampa, calcule el trabajo realizado sobre la maleta por a)  $\vec{F}$ ; b) la fuerza gravitacional, c) la fuerza normal, d) la fuerza de fricción, e) todas las fuerzas (el trabajo total hecho sobre la maleta). f) Si la rapidez de la maleta es cero en la base de la rampa, ¿qué rapidez tiene después de haber subido 3.80 m por la rampa?

**6.58. Dominadas.** Al hacer una "dominada", un hombre levanta su cuerpo 0.40 m. a) ¿Cuánto trabajo efectúa por kilogramo de masa corporal? b) Los músculos que intervienen en el movimiento pueden generar aproximadamente 70 J de trabajo por kilogramo de masa muscular. Si el hombre apenas logra hacer una dominada de 0.40 m, ¿qué porcentaje de la masa de su cuerpo corresponde a esos músculos? (Como comparación, el porcentaje *total* de músculo en un hombre común de 70 kg con el 14% de grasa corporal es cercano al 43%.) c) Repita el inciso b) para el pequeño hijo de tal hombre, cuyos brazos tienen la mitad de la longitud pero cuyos músculos también pueden