

■ Si una fuerza variable realiza trabajo sobre una partícula conforme ésta se mueve a lo largo del eje x , desde x_i hasta x_f , el trabajo efectuado por la fuerza sobre la partícula está dado por

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx \quad (7.7)$$

donde F_x es la componente de fuerza en la dirección x .

■ La **energía cinética** de una partícula de masa m que se mueve con una rapidez v es

$$K \equiv \frac{1}{2}mv^2 \quad (7.16)$$

■ Si una partícula de masa m está a una distancia y sobre la superficie de la Tierra, la **energía potencial gravitacional** del sistema partícula-Tierra es

$$U_g \equiv mgy \quad (7.19)$$

La **energía potencial elástica** almacenada en un resorte de constante de fuerza k es

$$U_s \equiv \frac{1}{2}kx^2 \quad (7.22)$$

■ Una fuerza es **conservativa** si el trabajo que realiza sobre una partícula que es integrante del sistema, conforme la partícula se mueve entre dos puntos, es independiente de la trayectoria que sigue la partícula entre los dos puntos. Además, una fuerza es conservativa si el trabajo que efectúa sobre una partícula es cero cuando la partícula se mueve a través de una trayectoria cerrada arbitraria y regresa a su posición inicial. Una fuerza que no satisface estos criterios se dice que es **no conservativa**.

■ La **energía mecánica total de un sistema** se define como la suma de la energía cinética y la energía potencial:

$$E_{\text{mec}} \equiv K + U \quad (7.25)$$

Conceptos y principios

■ El **teorema trabajo-energía cinética** establece que si una fuerza externa realiza trabajo sobre un sistema y el único cambio en el sistema es en su rapidez,

$$W_{\text{ext}} = K_f - K_i = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (7.15, 7.17)$$

■ Una **función de energía potencial** U se asocia sólo con una fuerza conservativa. Si una fuerza conservativa \vec{F} actúa entre integrantes de un sistema mientras un integrante se mueve a lo largo del eje x , de x_i a x_f , el cambio en la energía potencial del sistema es igual al negativo del trabajo realizado por dicha fuerza:

$$U_f - U_i = - \int_{x_i}^{x_f} F_x dx \quad (7.27)$$

■ Los sistemas pueden estar en tres tipos de configuraciones de equilibrio cuando la fuerza neta sobre un integrante del sistema es cero. Las configuraciones de **equilibrio estable** son aquellas donde $U(x)$ es un mínimo.

■ Las configuraciones de **equilibrio inestable** corresponden a $U(x)$ máxima.

■ El **equilibrio neutro** surge cuando U es constante mientras un integrante del sistema se mueve en alguna región.

Preguntas objetivas

1. indica que la respuesta está disponible en el *Manual de soluciones del estudiante/Guía de estudio*

- Alex y John cargan vitrinas idénticas sobre una camioneta. Alex levanta su vitrina directamente del suelo a la plataforma de la camioneta, mientras que John desliza su vitrina sobre una rampa rugosa hacia la camioneta. ¿Cuál enunciado es correcto respecto del trabajo realizado sobre el sistema vitrina-Tierra? (a) Alex y John hacen la misma cantidad de trabajo. (b) Alex efectúa más trabajo que John. (c) John realiza más trabajo que Alex. (d) Ninguno de estos enunciados es necesariamente verdadero, porque se desconoce la fuerza de fricción. (e) Ninguno de estos enunciados es necesariamente cierto, porque se ignora el ángulo de la rampa.
- Si el trabajo neto realizado por fuerzas externas sobre una partícula es cero, ¿cuál de los siguientes enunciados respecto de la partícula es verdadero? (a) Su velocidad es cero. (b) Su velocidad disminuyó. (c) Su velocidad no cambió. (d) Su rapidez no cambió. (e) Se necesita más información.

3. Un trabajador empuja una carretilla con una fuerza horizontal de 50 N sobre el nivel del suelo durante una distancia de 5.0 m. Si una fuerza de fricción de 43 N actúa sobre la carretilla en una dirección opuesta a la del trabajador, ¿qué trabajo es realizado sobre la carretilla por el trabajador? (a) 250 J, (b) 215 J, (c) 35 J, (d) 10 J, (e) ninguna de estas respuestas es correcta.
4. Un carro se pone a rodar a través de una mesa a nivel, con la misma rapidez en cada pista. Si corre en un tramo de arena, el carro ejerce sobre la arena una fuerza horizontal promedio de 6 N y recorre una distancia de 6 cm a través de la arena conforme llega al reposo. Si en vez de ello el carro corre en un tramo de grava sobre la que ejerce una fuerza horizontal promedio de 9 N, ¿cuánto recorrerá el carro en la grava hasta detenerse? (a) 9 cm, (b) 6 cm, (c) 4 cm, (d) 3 cm, (e) ninguna de estas respuestas.
5. \hat{N} representa la dirección horizontal al Norte, \hat{NE} representa el noreste (la mitad entre Norte y Este), y así sucesivamente. Cada especificación de dirección se considera como un vector unitario. Clasifique de mayor a menor los siguientes productos punto. Observe que cero es mayor que un número negativo. Si dos cantidades son iguales, muestre ese hecho en su clasificación. (a) $\hat{N} \cdot \hat{N}$ (b) $\hat{N} \cdot \hat{NE}$ (c) $\hat{N} \cdot \hat{S}$ (d) $\hat{N} \cdot \hat{E}$ (e) $\hat{SE} \cdot \hat{S}$.
6. ¿Es el trabajo requerido que efectuará una fuerza externa sobre un objeto en una mesa horizontal sin fricción para acelerarlo de una rapidez v a una rapidez $2v$, (a) igual al trabajo requerido para acelerar el objeto de $v = 0$ a v , (b) el doble del trabajo requerido para acelerar el objeto de $v = 0$ a v , (c) tres veces el trabajo requerido para acelerar el objeto de $v = 0$ a v , (d) cuatro veces el trabajo requerido para acelerar el objeto de 0 a v , o (e) no se sabe sin el conocimiento de la aceleración?
7. Un bloque de masa m es liberado desde el cuarto piso de un edificio y golpea el suelo a una rapidez v . ¿Desde cuál piso se debería soltar el bloque para doblar la rapidez de impacto? (a) Del sexto piso, (b) del octavo piso, (c) del décimo piso, (d) del doceavo piso, (e) del dieciseisavo piso.
8. Cuando un péndulo simple oscila hacia atrás y hacia adelante, las fuerzas que actúan sobre el objeto suspendido son (a) la fuerza gravitacional, (b) la tensión en la cuerda de soporte y (c) la resistencia del aire. (i) ¿Cuál de estas fuerzas, si hay alguna, no realiza trabajo sobre el péndulo en ningún instante? (ii) ¿Cuál de estas fuerzas efectúa trabajo negativo sobre el péndulo en todo momento durante su movimiento?
9. La bala 2 tiene el doble de masa que la bala 1. Ambas se disparan de modo que tienen la misma rapidez. Si la energía cinética de la bala 1 es K , la energía cinética de la bala 2 es (a) $0.25K$, (b) $0.5K$, (c) $0.71K$, (d) K o (d) $2K$.
10. La figura PO7.10 muestra un resorte ligero extendido que ejerce una fuerza F_s hacia la izquierda sobre un bloque. (i) ¿El bloque ejerce una fuerza sobre el resorte? Elija cada respuesta correcta. (a) No, no lo hace. (b) Sí, hacia la izquierda. (c) Sí, hacia la derecha. (d) Sí lo hace, y su magnitud es mayor que F_s . (e) Sí lo hace, y su magnitud es igual a F_s . (ii) ¿El resorte ejerce una fuerza sobre la pared?

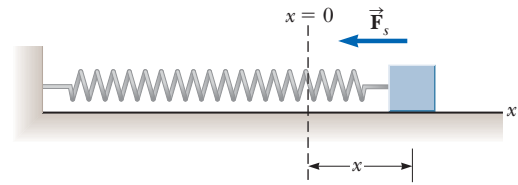


Figura PO7.10

Elija cada respuesta correcta de la misma lista, de la (a) a la (e).

11. Si la rapidez de una partícula se duplica, ¿qué ocurre con su energía cinética? (a) Se vuelve cuatro veces mayor. (b) Se vuelve dos veces mayor. (c) Se vuelve $\sqrt{2}$ veces mayor. (d) No cambia. (e) Se reduce a la mitad.
12. Mark y David cargan bloques de cemento idénticos a la camioneta de David. Mark levanta su bloque directamente del suelo hacia la camioneta, mientras que David desliza su bloque sobre una rampa con rodillos sin fricción. ¿Cuál enunciado es verdadero respecto al trabajo realizado sobre el sistema bloque-Tierra? (a) Mark efectúa más trabajo que David. (b) Mark y David hacen la misma cantidad de trabajo. (c) David realiza más trabajo que Mark. (d) Ninguno de estos enunciados es necesariamente cierto, porque no se da la masa de un bloque.
13. (i) Clasifique las aceleraciones gravitacionales que mediría para los siguientes objetos en caída: (a) un objeto de 2 kg a 5 cm sobre el piso, (b) un objeto de 2 kg a 120 cm sobre el suelo, (c) un objeto de 3 kg a 120 cm sobre el suelo y (d) un objeto de 3 kg a 80 cm sobre el piso. Primero mencione el que tiene aceleración con mayor magnitud. Si cualesquiera son iguales, muestre su igualdad en la lista. (ii) Clasifique las fuerzas gravitacionales sobre los mismos cuatro objetos, primero la de mayor magnitud. (iii) Clasifique las energías potenciales gravitacionales (del sistema objeto-Tierra) para los mismos cuatro objetos, primero la mayor, y tome $y = 0$ en el suelo.
14. Un cierto resorte que obedece la ley de Hooke es estirado por un agente externo. El trabajo realizado para estirarlo 10 cm es 4 J. ¿Cuánto trabajo adicional se requiere para estirar el resorte 10 cm adicionales? (a) 2 J, (b) 4 J, (c) 8 J, (d) 12 J, (e) 16 J.
15. Un carro se pone a rodar sobre una mesa a nivel, con la misma rapidez en cada pista. Si corre en un tramo de arena, el carro ejerce sobre la arena una fuerza horizontal promedio de 6 N y recorre una distancia de 6 cm a través de la arena conforme llega al reposo. Si en vez de ello el carro corre en un tramo de harina, rueda un promedio de 18 cm antes de parar. ¿Cuál es la magnitud promedio de la fuerza horizontal que el carro ejerce sobre la harina? (a) 2 N, (b) 3 N, (c) 6 N, (d) 18 N, (e) ninguna de las respuestas.
16. A un cubo de hielo se le da un empujón y se desliza sin fricción sobre una mesa a nivel. ¿Qué es correcto? (a) Está en equilibrio estable. (b) Está en equilibrio inestable. (c) Está en equilibrio neutro. (d) No está en equilibrio.

Preguntas conceptuales

1. indica que la respuesta está disponible en el *Manual de soluciones del estudiante/Guía de estudio*

- ¿Una fuerza normal puede realizar trabajo? Si no, ¿por qué no? Si sí, dé un ejemplo.
- El objeto 1 empuja sobre el objeto 2 mientras se mueven juntos, como un bulldozer que empuja una piedra. Suponga que el objeto 1 hace 15.0 J de trabajo sobre el objeto 2. ¿El objeto 2 realiza trabajo sobre el objeto 1? Explique su respuesta. Si es posible, determine cuánto trabajo y explique su razonamiento.
- Un estudiante tiene la idea de que el trabajo total efectuado sobre un objeto es igual a su energía cinética final. ¿Esta idea es cierta siempre, a veces o nunca? Si a veces es cierta, ¿bajo qué circunstancias? Si es siempre o nunca, explique por qué.
- (a) ¿Para qué valores del ángulo θ entre dos vectores su producto escalar es positivo? (b) ¿Para qué valores de θ su producto escalar es negativo?
- ¿La energía cinética puede ser negativa? Explique.
- Analice el trabajo realizado por un pitcher que lanza una pelota de béisbol. ¿Cuál es la distancia aproximada a través de la cual actúa la fuerza mientras se lanza la pelota?
- Analice si algún trabajo es realizado por cada uno de los siguientes agentes y, de ser así, si el trabajo es positivo o negativo. (a) Un pollo que rasca la tierra, (b) una persona que estudia, (c) una grúa que levanta una cubeta de concreto, (d) la fuerza gravitacional sobre la cubeta del inciso (c), (e) los músculos de la pierna de una persona en el acto de sentarse.
- Si sólo una fuerza externa actúa sobre una partícula, ¿necesariamente cambia (a) la energía cinética de la partícula? (b) ¿Su velocidad?
- Para limpiarlas, usted quita todas las teclas removibles de un teclado de computadora. Cada tecla tiene la forma de una pequeña caja con un lado abierto. Por accidente, tira las teclas en el suelo. Explique por qué muchas más de ellas aterrizan con el lado de la letra hacia abajo que con el lado abierto.
- Se le encomienda regresar a sus anaqueles los libros de una biblioteca. Levante un libro desde el suelo hasta el anaquele superior. La energía cinética del libro sobre el suelo fue cero y la energía cinética del libro en el anaquele superior es cero, así que no ocurre cambio en la energía cinética, aunque usted hizo algo de trabajo para levantar el libro. ¿Se violó el teorema trabajo-energía cinética? Explique.
- Cierto resorte uniforme tiene constante de resorte k . Ahora el resorte se corta a la mitad. ¿Cuál es la relación entre k y la constante de resorte k' de cada resorte más pequeño resultante? Explique su razonamiento.
- ¿Qué forma tendría la gráfica de U contra x si una partícula estuviese en una región de equilibrio neutro?
- ¿La energía cinética de un objeto depende del marco de referencia en el que se observa el movimiento? Dé un ejemplo para ilustrar este punto.
- Cite dos ejemplos en los que se ejerza una fuerza sobre un objeto sin realizar trabajo alguno sobre el objeto.

Problemas

1. sencillo; 2. intermedio; 3. desafiante

1. solución completa disponible en el *Manual de soluciones del estudiante/Guía de estudio*

Sección 7.2 Trabajo realizado por una fuerza constante

- Una cliente en un supermercado empuja un carro con una fuerza de 35.0 N dirigida a un ángulo de 25.0° bajo la horizontal. La fuerza es justo lo suficiente para equilibrar a varias fuerzas de fricción, así el carro se mueve con rapidez constante. (a) Encuentre el trabajo realizado por la cliente sobre el carro conforme ella avanza 50.0 m a lo largo del pasillo. (b) La cliente camina al siguiente pasillo, empujando horizontalmente y manteniendo la misma rapidez que antes. Si la fuerza de fricción no cambia, ¿la fuerza aplicada de la cliente sería mayor, menor o la misma? (c) ¿Qué puede decirse sobre el trabajo realizado por la persona sobre el carro?
- Una gota de lluvia de 3.35×10^{-5} kg de masa cae verticalmente con rapidez constante bajo la influencia de la gravedad y la resistencia del aire. Modele la gota como una partícula. Mientras cae 100 m, ¿cuál es el trabajo efectuado sobre la gota (a) por la fuerza gravitacional y (b) por la resistencia del aire?
- En 1990, Walter Arfeuille, de Bélgica, levantó un objeto de 281.5 kg a través de una distancia de 17.1 cm utilizando sólo sus dientes. (a) ¿Cuánto trabajo realizó Arfeuille en este proceso, suponiendo que el objeto se levantó a rapidez constante? (b) ¿Qué fuerza total se ejerció sobre los dientes de Arfeuille durante este proceso?
- El récord de levantamiento de botes, incluyendo el objeto y su tripulación de diez miembros, corresponde a Sami Heinonen y Juha Räsänen de Suecia, en el 2000. Ellos levantaron una masa total de 653.2 kg aproximadamente a 4 pulgadas del suelo, y lo hicieron 24 veces. Estime el trabajo total efectuado por los dos hombres sobre el bote en este levantamiento récord, ignore el trabajo negativo realizado por los hombres cuando bajan el bote al suelo.
- Un bloque de masa $m = 2.50$ kg es empujado una distancia $d = 2.20$ m sobre una mesa horizontal sin fricción por una fuerza constante de magnitud $F = 16.0$ N dirigida a un ángulo de 25.0° bajo la horizontal, como se muestra en la figura P7.5. Determine el trabajo realizado sobre el blo-

que por (a) la fuerza aplicada, (b) la fuerza normal que ejerce la mesa, (c) la fuerza gravitacional y (d) la fuerza neta sobre el bloque.

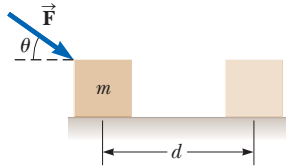


Figura P7.5

6. El hombre araña, cuya masa es 80.0 kg, está colgado en el extremo libre de una soga de 12.0 m, el otro extremo está fijo de la rama de un árbol arriba de él. Al flexionar repetidamente la cintura, hace que la cuerda se ponga en movimiento, y eventualmente la hace balancear lo suficiente para que pueda llegar a una repisa cuando la cuerda forma un ángulo de 60.0° con la vertical. ¿Cuánto trabajo realizó la fuerza gravitacional sobre el hombre araña en esta maniobra?

Sección 7.3 Producto escalar de dos vectores

7. Para dos vectores cualesquiera \vec{A} y \vec{B} , demuestre que $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$. *Sugerencia:* Escriba \vec{A} y \vec{B} en forma de vectores unitarios y aplique las ecuaciones 7.4 y 7.5.
8. El vector \vec{A} tiene una magnitud de 5.00 unidades y \vec{B} tiene una magnitud de 9.00 unidades. Los dos vectores forman un ángulo de 50.0° entre sí. Determine $\vec{A} \cdot \vec{B}$.

Nota: En los problemas 9 a 12, obtenga respuestas numéricas con tres cifras significativas, como es usual.

9. Para los vectores $\vec{A} = 3\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}$, $\vec{B} = -\hat{i} + 2\hat{j} + 5\hat{k}$, y $\vec{C} = 2\hat{j} - 3\hat{k}$, encuentre $\vec{C} \cdot (\vec{A} - \vec{B})$.
10. Encuentre el producto escalar de los vectores en la figura P7.10.

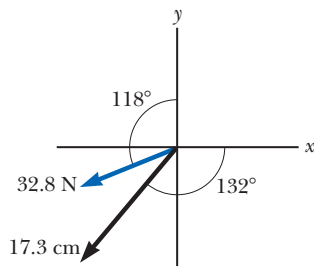


Figura P7.10

11. Una fuerza $\vec{F} = (6\hat{i} - 2\hat{j})$ N actúa sobre una partícula que experimenta un desplazamiento $\Delta\vec{r} = (3\hat{i} + \hat{j})$ m. Encuentre (a) el trabajo efectuado por la fuerza sobre la partícula y (b) el ángulo entre \vec{F} y $\Delta\vec{r}$.
12. Con la definición del producto escalar, encuentre los ángulos entre (a) $\vec{A} = 3\hat{i} - 2\hat{j}$ y $\vec{B} = 4\hat{i} - 4\hat{j}$, (b) $\vec{A} = -2\hat{i} + 4\hat{j}$ y $\vec{B} = 3\hat{i} - 4\hat{j} + 2\hat{k}$, y (c) $\vec{A} = \hat{i} - 2\hat{j} + 2\hat{k}$ y $\vec{B} = 3\hat{j} + 4\hat{k}$.
13. Sea $\vec{B} = 5.00$ m a 60.0° . Sea \vec{C} que tiene la misma magnitud que \vec{A} y un ángulo de dirección mayor que el de \vec{A} en 25.0° . Sea $\vec{A} \cdot \vec{B} = 30.0$ m² y $\vec{B} \cdot \vec{C} = 35.0$ m². Encuentre la magnitud y dirección de \vec{A} .

Sección 7.4 Trabajo realizado por una fuerza variable

14. La fuerza que actúa sobre una partícula varía como se muestra en la figura P7.14. Encuentre el trabajo realizado por la fuerza sobre la partícula conforme se mueve (a) de $x = 0$ a $x = 8.00$ m, (b) de $x = 8.00$ m a $x = 10.0$ m y (c) de $x = 0$ a $x = 10.0$ m.

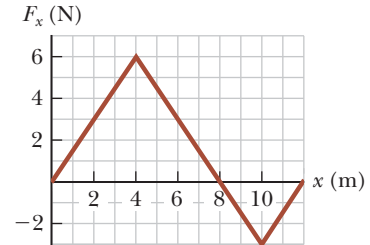


Figura P7.14

15. Una partícula se somete a una fuerza F_x que varía con la posición, como se muestra en la figura P7.15. Encuentre el trabajo realizado por la fuerza sobre la partícula mientras se mueve (a) de $x = 0$ a $x = 5.00$ m, (b) de $x = 5.00$ m a $x = 10.0$ m y (c) de $x = 10.0$ m a $x = 15.0$ m. (d) ¿Cuál es el trabajo total efectuado por la fuerza sobre la distancia $x = 0$ a $x = 15.0$ m?

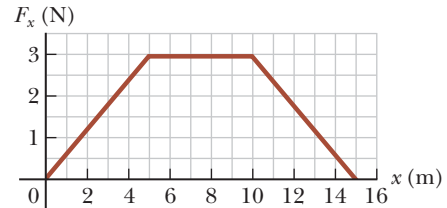


Figura P7.15 Problemas 15 y 34.

16. En un sistema de control, un acelerómetro consiste de un objeto de 4.70 g que se desliza sobre un riel horizontal calibrado. Un resorte de masa pequeña une al objeto a una pestaña en un extremo del riel. La grasa en el riel hace despreciable la fricción estática, pero amortigua rápidamente las vibraciones del objeto deslizante. Cuando se somete a una aceleración fija de 0.800g, el objeto debería estar en una posición a 0.500 cm de su posición de equilibrio. Encuentre la constante de fuerza del resorte requerida para una correcta calibración.
17. Cuando un objeto de 4.00 kg cuelga verticalmente en cierto resorte ligero descrito por la ley de Hooke, el resorte se estira 2.50 cm. Si se quita el objeto de 4.00 kg, (a) ¿cuánto se estirará el resorte si se le cuelga un objeto de 1.50 kg? (b) ¿Cuánto trabajo debe efectuar un agente externo para estirar el mismo resorte 4.00 cm desde su posición sin estirar?
18. La ley de Hooke describe cierto resorte ligero de 35.0 cm de longitud sin estirar. Cuando un extremo se une a la parte superior de un marco de puerta y del otro extremo se cuelga un objeto de 7.50 kg, la longitud del resorte es 41.5 cm. (a) Encuentre su constante de resorte. (b) La carga y el resorte se desmontan. Dos personas jalen en direcciones opuestas en los extremos del resorte, cada una con una fuerza de 190 N. Encuentre la longitud del resorte en esta situación.

19. Un arquero jala hacia atrás la cuerda de su arco 0.400 m al ejercer una fuerza que aumenta uniformemente de cero a 230 N. (a) ¿Cuál es la constante de resorte equivalente del arco? (b) ¿Cuánto trabajo efectúa el arquero al estirar su arco?
20. Un resorte ligero, con constante de resorte 1 200 N/m, cuelga de un soporte elevado. De su extremo inferior cuelga un segundo resorte ligero, que tiene constante de resorte 1 800 N/m. Un objeto de 1.50 kg de masa cuelga en reposo del extremo inferior del segundo resorte. (a) Encuentre la distancia de extensión total del par de resortes. (b) Encuentre la constante de resorte efectiva del par de resortes como sistema. Describa estos resortes como *en serie*.
21. Un resorte ligero, con constante de resorte k_1 , cuelga de un soporte elevado. De su extremo inferior cuelga un segundo resorte ligero, que tiene constante de resorte k_2 . Un objeto de masa m cuelga en reposo del extremo inferior del segundo resorte. (a) Encuentre la distancia de extensión total del par de resortes. (b) Encuentre la constante de resorte efectiva del par de resortes como sistema.
22. Expresé, en unidades fundamentales SI, las unidades de la constante de fuerza de un resorte.
23. Un dispensador de charolas en una cafetería sostiene una pila de charolas sobre un anaquele que cuelga de cuatro resortes en espiral idénticos bajo tensión, uno cerca de cada esquina del anaquele. Cada charola es rectangular, de 45.3 cm por 35.6 cm, 0.450 cm de grosor y 580 g de masa. (a) Demuestre que la charola superior en la pila siempre está a la misma altura sobre el piso, aunque haya muchas charolas en el dispensador. (b) Encuentre la constante de resorte que cada uno debe tener para que el dispensador funcione en esta forma conveniente. (c) ¿Alguna porción de los datos es innecesaria para esta determinación?
24. Un resorte ligero, con constante de fuerza 3.85 N/m, se comprime 8.00 cm mientras se mantiene entre un bloque de 0.250 kg a la izquierda y un bloque de 0.500 kg a la derecha, ambos en reposo sobre una superficie horizontal. El resorte ejerce una fuerza sobre cada bloque, y tiende a separarlos. Los bloques se sueltan simultáneamente desde el reposo. Encuentre la aceleración con la que cada bloque comienza a moverse, dado que el coeficiente de fricción cinética entre cada bloque y la superficie es (a) 0, (b) 0.100 y (c) 0.462.
25. Una partícula pequeña de masa m se jala hacia lo alto de un medio cilindro sin fricción (de radio R) mediante una cuerda que pasa sobre lo alto del cilindro, como se ilustra en la figura P7.25. (a) Si supone que la partícula se mueve con rapidez constante, demuestre que $F = mg \cos \theta$. Nota: si la partícula se mueve con rapidez constante, la componente de su aceleración tangente al cilindro debe ser cero en todo momento. (b) Mediante integración directa de $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$, encuentre el trabajo realizado al mover la partícula con rapidez constante desde el fondo hasta lo alto del medio cilindro.
26. La fuerza que actúa sobre una partícula es $F_x = (8x - 16)$, donde F está en newtons y x está en metros. (a) Grafique

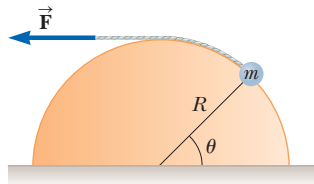


Figura P7.25

esta fuerza contra x desde $x = 0$ hasta $x = 3.00$ m. (b) A partir de su gráfica, encuentre el trabajo neto realizado por esta fuerza sobre la partícula conforme se traslada de $x = 0$ a $x = 3.00$ m.

27. Cuando se cuelgan diferentes cargas de un resorte, el resorte se estira a diferentes longitudes, como se muestra en la siguiente tabla. (a) Elabore una gráfica de la fuerza aplicada contra la extensión del resorte. (b) Mediante ajuste por mínimos cuadrados, determine la línea recta que ajusta mejor los datos. (c) Para completar el inciso (b), ¿quiere emplear todos los datos o debería ignorar algunos de ellos? Explique. (d) A partir de la pendiente de la línea recta de mejor ajuste, encuentre la constante de resorte k . (e) Si el resorte se extiende a 105 mm, ¿qué fuerza ejerce sobre el objeto suspendido?

F (N)	2.0	4.0	6.0	8.0	10	12	14	16	18	20	22
L (mm)	15	32	49	64	79	98	112	126	149	175	190

28. Se dispara una bala de 100 g de un rifle que tiene un cañón de 0.600 m de largo. Elija el origen como la ubicación donde la bala comienza a moverse. Entonces la fuerza (en newtons) que ejercen sobre la bala los gases en expansión es $15\,000 + 10\,000x - 25\,000x^2$, donde x está en metros. (a) Determine el trabajo efectuado por el gas sobre la bala conforme ésta recorre la longitud del cañón. (b) ¿Qué pasaría si? Si el cañón mide 1.00 m de largo, ¿cuánto trabajo se realiza?, y (c) ¿cómo se compara este valor con el trabajo calculado en el inciso (a)?

29. Una fuerza $\vec{F} = (4x\hat{i} + 3y\hat{j})$, donde \vec{F} está en newtons y x y y están en metros, actúa sobre un objeto conforme éste se mueve en la dirección x desde el origen hasta $x = 5.00$ m. Encuentre el trabajo $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$ efectuado por la fuerza sobre el objeto.

30. Problema de repaso. La gráfica en la figura P7.30 especifica una relación funcional entre las dos variables u y v . (a) Encuentre $\int_a^b u dv$. (b) Obtenga $\int_b^a u dv$. (c) Encuentre $\int_a^v u dv$.

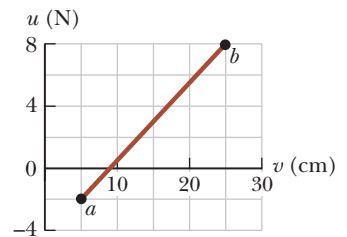


Figura P7.30

Sección 7.5 Energía cinética y el teorema trabajo-energía cinética

31. Un objeto de 3.00 kg tiene una velocidad de $(6.00\hat{i} - 2.00\hat{j})$ m/s. (a) ¿Cuál es su energía cinética en este momento? (b) ¿Cuál es el trabajo neto realizado sobre el objeto si su velocidad cambia a $(8.00\hat{i} + 4.00\hat{j})$ m/s? Nota: de la definición del producto punto, $v^2 = \vec{v} \cdot \vec{v}$.
32. Un empleado empuja una caja de madera de 35.0 kg a rapidez constante a lo largo de 12.0 m de un piso de madera y hace un trabajo de 350 J aplicando una fuerza horizontal constante de magnitud F sobre la caja. (a) Determine el valor de F . (b) Si ahora el empleado aplica una fuerza más grande que F , describa el movimiento subsecuente de la caja. (c) Describa qué pasaría a la caja si la fuerza aplicada es menor que F .
33. Una partícula de 0.600 kg tiene una rapidez de 2.00 m/s en el punto A y energía cinética de 7.50 J en el punto B.

¿Cuál es (a) su energía cinética en Ⓐ, (b) su rapidez en Ⓑ y (c) el trabajo neto realizado sobre la partícula por las fuerzas externas cuando se mueve de Ⓐ a Ⓑ?

34. Una partícula de 4.00 kg se somete a una fuerza neta que varía con la posición, como se muestra en la figura P7.15. La partícula parte del reposo en $x = 0$. ¿Cuál es su rapidez en (a) $x = 5.00$ m, (b) $x = 10.0$ m y (c) $x = 15.0$ m?

35. Un martinete de 2 100 kg se usa para enterrar una viga de acero I en la tierra. El martinete cae 5.00 m antes de quedar en contacto con la parte superior de la viga, y clava la viga 12.0 cm más en el suelo mientras llega al reposo. Aplicando consideraciones de energía, calcule la fuerza promedio que la viga ejerce sobre el martinete mientras éste logra el reposo.

36. **Problema de repaso.** En un microscopio electrónico, hay un cañón de electrones que contiene dos placas metálicas cargadas, separadas 2.80 cm. Una fuerza eléctrica acelera cada electrón en el haz desde el reposo hasta 9.60% de la rapidez de la luz sobre esta distancia. (a) Determine la energía cinética del electrón mientras abandona el cañón de electrones. Los electrones llevan esta energía a un material fosforescente en la superficie interior de la pantalla del televisor y lo hacen brillar. Para un electrón que pasa entre las placas en el cañón de electrones, determine (b) la magnitud de la fuerza eléctrica constante que actúa sobre el electrón, (c) la aceleración del electrón y (d) el tiempo que el electrón pasa entre las placas.

37. **Problema de repaso.** Se puede considerar al teorema trabajo-energía cinética como una segunda teoría de movimiento, paralela a las leyes de Newton, en cuanto que describe cómo las influencias externas afectan el movimiento de un objeto. En este problema, resuelva los incisos (a), (b) y (c) por separado de los incisos (d) y (e), de modo que pueda comparar las predicciones de las dos teorías. En un cañón de rifle de longitud 72.0 cm, una bala de 15.0 g acelera desde el reposo hasta una rapidez de 780 m/s. (a) Encuentre la energía cinética de la bala cuando abandona el cañón. (b) Use el teorema trabajo-energía cinética para obtener el trabajo neto realizado sobre la bala. (c) Utilice su resultado del inciso (b) para encontrar la magnitud de la fuerza neta promedio que actuó sobre la bala mientras ésta estaba en el cañón. (d) Ahora modele a la bala como una partícula bajo aceleración constante. Obtenga la aceleración constante de una bala que inicia desde el reposo y gana una rapidez de 780 m/s en una distancia de 72.0 cm. (e) Modele la bala como una partícula bajo una fuerza neta, para encontrar la fuerza neta que actuó sobre ella durante su aceleración. (f) ¿Qué conclusión obtiene al comparar los resultados de los incisos (c) y (e)?

38. **Problema de repaso.** Una bala de 7.80 g con una rapidez de 575 m/s golpea la mano de un superhéroe, haciendo que su mano se mueva 5.50 cm en la dirección de la velocidad de la bala antes de parar. (a) Use consideraciones de trabajo y energía para encontrar la fuerza promedio que detuvo a la bala. (b) Suponga que la fuerza es constante, luego determine cuánto tiempo transcurrió entre el momento que la bala golpeó la mano hasta el instante en que se detuvo.

39. **Problema de repaso.** Un objeto de 5.75 kg pasa por el origen en el tiempo $t = 0$ tal que la componente x de su velo-

cidad es 5.00 m/s y su componente y de velocidad es -3.00 m/s. (a) ¿Cuál es la energía cinética del objeto en este instante? (b) Al tiempo $t = 2.00$ s, la partícula se localiza en $x = 8.50$ m y $y = 5.00$ m. ¿Qué fuerza constante actuó sobre el objeto durante este intervalo de tiempo? (c) ¿Cuál es la rapidez de la partícula en $t = 2.00$ s?

Sección 7.6 Energía potencial de un sistema

40. Un carro de montaña rusa, de 1 000 kg, inicialmente está en lo alto de un bucle, en el punto Ⓐ. Luego se mueve 135 pies a un ángulo de 40.0° bajo la horizontal, hacia un punto inferior Ⓑ. (a) Elija el carro en el punto Ⓑ como la configuración cero para la energía potencial gravitacional del sistema montaña rusa-Tierra. Determine la energía potencial del sistema cuando el carro está en los puntos Ⓐ y Ⓑ, y el cambio en energía potencial conforme se mueve el carro entre estos puntos. (b) Repita el inciso (a), pero haga la configuración cero con el carro en el punto Ⓐ.

41. Una piedra de 0.20 kg se mantiene a 1.3 m sobre el borde de un pozo de agua y entonces se le deja caer en él. El pozo tiene una profundidad de 5.0 m. Respecto de la configuración con la piedra en el borde del pozo, ¿cuál es la energía potencial gravitacional del sistema piedra-Tierra (a) antes de liberar la piedra y (b) cuando ésta llega al fondo del pozo? (c) ¿Cuál es el cambio en energía potencial gravitacional del sistema desde que se suelta la piedra hasta que alcanza el fondo del pozo?

42. Un niño de 400 N está en un columpio unido a cuerdas de 2.00 m de largo. Encuentre la energía potencial gravitacional del sistema niño-Tierra en relación con la posición más baja del niño cuando (a) las cuerdas están horizontales, (b) las cuerdas forman un ángulo de 30.0° con la vertical y (c) el niño está en el fondo del arco circular.

Sección 7.7 Fuerzas conservativas y no conservativas

43. Una partícula de 4.00 kg se mueve desde el origen a la posición Ⓒ, que tiene coordenadas $x = 5.00$ m y $y = 5.00$ m (figura P7.43). Una fuerza sobre la partícula es la fuerza gravitacional que actúa en la dirección y negativa. Con la ecuación 7.3, calcule el trabajo realizado por la fuerza gravitacional sobre la partícula conforme va de O a Ⓒ a lo largo de (a) la trayectoria violeta, (b) la trayectoria roja y (c) la trayectoria azul. (d) Sus resultados deberían ser idénticos, ¿por qué?

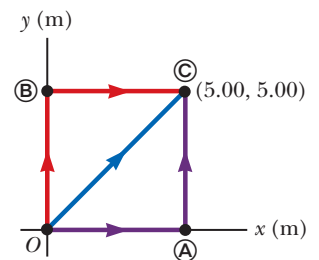


Figura P7.43
Problemas 43 al 46.

44. (a) Suponga que una fuerza constante actúa sobre un objeto. La fuerza no varía con el tiempo o con la posición o la velocidad del objeto. Comience con la definición general del trabajo realizado por una fuerza

$$W = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

y demuestre que la fuerza es conservativa. (b) Como caso especial, suponga que la fuerza $\vec{F} = (3\hat{i} + 4\hat{j})$ N actúa

sobre una partícula que se mueve de O a \odot en la figura P7.43. Calcule el trabajo efectuado por \vec{F} sobre la partícula conforme se mueve a lo largo de cada una de las tres trayectorias mostradas en la figura y muestre que el trabajo realizado tiene el mismo valor para las tres trayectorias.

45. Una fuerza que actúa sobre una partícula moviéndose en el plano xy está dada por $\vec{F} = (2y\hat{i} + x^2\hat{j})$, donde \vec{F} está en newtons y x y y están en metros. La partícula se mueve desde el origen hasta la posición final con coordenadas $x = 5.00$ m y $y = 5.00$ m, como se muestra en la figura P7.43. Calcule el trabajo efectuado por \vec{F} sobre la partícula cuando ésta se desplaza a lo largo de (a) la trayectoria violeta, (b) la trayectoria roja y (c) la trayectoria azul. (d) ¿ \vec{F} es conservativa o no conservativa? (e) Explique su respuesta al inciso (d).
46. Un objeto se mueve en el plano xy en la figura P7.43 y experimenta una fuerza de fricción con magnitud constante de 3.00 N, siempre actuando en la dirección opuesta a la velocidad del objeto. Calcule el trabajo que usted debe realizar para deslizar el objeto a rapidez constante contra la fuerza de fricción conforme el objeto se mueve a lo largo de (a) la trayectoria violeta O a \odot seguida de un retorno por la trayectoria violeta a O , (b) la trayectoria violeta O a \odot seguida de un regreso por la trayectoria azul a O y (c) la trayectoria azul O a \odot seguida de un retorno por la trayectoria azul a O . (d) Cada una de sus tres respuestas debería ser distinta de cero. ¿Cuál es el significado de esta observación?

Sección 7.8 Relación entre fuerzas conservativas y energía potencial

47. La energía potencial de un sistema de dos partículas separadas por una distancia r está dada por $U(r) = A/r$, donde A es una constante. Encuentre la fuerza radial \vec{F}_r que cada partícula ejerce sobre la otra.
48. ¿Por qué es imposible la siguiente situación? Un bibliotecario levanta un libro desde el suelo hasta un estante, haciendo 20.0 J de trabajo en este proceso. Cuando él se voltea, el libro cae del estante de regreso al suelo. La fuerza gravitacional de la Tierra sobre el libro efectúa 20.0 J de trabajo sobre él mientras cae. Como el trabajo realizado fue 20.0 J + 20.0 J = 40.0 J, el libro golpea el suelo con 40.0 J de energía cinética.
49. Una función de energía potencial para un sistema en el cual una fuerza bidimensional actúa es de la forma $U = 3x^3y - 7x$. Encuentre la fuerza que actúa en el punto (x, y) .
50. Una sola fuerza conservativa que actúa sobre una partícula dentro de un sistema varía como $\vec{F} = (-Ax + Bx^2)\hat{i}$, donde A y B son constantes, \vec{F} está en newtons y x está en metros. (a) Calcule la función de energía potencial $U(x)$ asociada con esta fuerza, y tome $U = 0$ en $x = 0$. Encuentre (b) el cambio en energía potencial y (c) el cambio en energía cinética del sistema conforme la partícula se mueve de $x = 2.00$ m a $x = 3.00$ m.
51. Una sola fuerza conservativa actúa sobre una partícula de 5.00 kg dentro de un sistema debido a su interacción con el resto del sistema. La ecuación $F_x = 2x + 4$ describe la fuerza, donde F_x está en newtons y x está en metros. Conforme la partícula se desplaza a lo largo del eje x desde $x = 1.00$ m hasta $x = 5.00$ m, calcule (a) el trabajo realizado por esta fuerza sobre la partícula, (b) el cambio en la energía

potencial del sistema y (c) la energía cinética que tiene la partícula en $x = 5.00$ m si su rapidez es 3.00 m/s en $x = 1.00$ m.

Sección 7.9 Diagramas de energía y equilibrio de un sistema

52. Para la curva de energía potencial que se muestra en la figura P7.52, (a) determine si la fuerza F_x es positiva, negativa o cero en los cinco puntos señalados. (b) Indique los puntos de equilibrio estable, inestable y neutro. (c) Bosqueje la curva de F_x contra x desde $x = 0$ hasta $x = 9.5$ m.

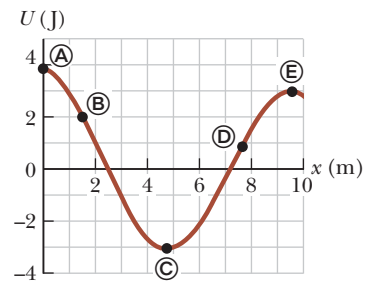


Figura P7.52

53. Un cono circular recto se puede equilibrar, teóricamente, sobre una superficie horizontal en tres diferentes formas. Bosqueje estas tres configuraciones de equilibrio e identifíquelas como posiciones de equilibrio estable, inestable o neutro.

Problemas adicionales

54. La función de energía potencial de un sistema de partículas está dada por $U(x) = -x^3 + 2x^2 + 3x$, donde x es la posición de una partícula en el sistema. (a) Determine la fuerza F_x sobre la partícula como una función de x . (b) ¿Para qué valores de x es la fuerza igual a cero? (c) Grafique $U(x)$ contra x y F_x contra x y señale los puntos de equilibrio estable y de equilibrio inestable.
55. **Problema de repaso.** Un jardinero de béisbol lanza una pelota de 0.150 kg con una rapidez de 40.0 m/s y un ángulo inicial de 30.0° respecto de la horizontal. ¿Cuál es la energía cinética de la pelota en el punto más alto de su trayectoria?
56. Una partícula se mueve a lo largo del eje x desde $x = 12.8$ m hasta $x = 23.7$ m bajo la influencia de una fuerza

$$F = \frac{375}{x^3 + 3.75x}$$

donde F está en newtons y x en metros. Con el uso de integración numérica, determine el trabajo efectuado por esta fuerza sobre la partícula durante este desplazamiento. Su resultado debería ser exacto hasta 2%.

57. Dos bolas de acero, cada una con 25.4 mm de diámetro, se mueven en direcciones opuestas a 5 m/s, corren una hacia la otra frontalmente y rebotan. Antes de la colisión, una de las bolas se comprime en una prensa de banco mientras se hacen mediciones precisas de la cantidad de compresión resultante. Los resultados muestran que la ley de Hooke es un buen modelo del comportamiento elástico de la bola. Para un dato, una fuerza de 16 kN ejercida por cada mandíbula de la prensa de banco resulta en una reducción de 0.2 mm en el diámetro de la bola. El diámetro regresa a su valor original cuando la fuerza se quita. (a) Modele la bola como un resorte, encuentre su constante de resorte. (b) ¿La interacción de las bolas durante la colisión dura sólo un instante o un intervalo de tiempo distinto de cero? Establezca su evidencia. (c) Calcule una estimación de la

energía cinética de cada una de las bolas antes de chocar. (d) Calcule una estimación para la cantidad máxima de compresión que cada bola experimenta cuando chocan. (e) Calcule una estimación del orden de magnitud para el intervalo de tiempo que dura el contacto de las bolas. (En el capítulo 15 aprenderá a calcular el tiempo de contacto preciso en este modelo.)

58. Cuando un objeto se desplaza una cantidad x de su equilibrio estable, entonces una fuerza restauradora actúa sobre él, intentando retornar al objeto a su posición de equilibrio. La magnitud de la fuerza de restitución puede ser una complicada función de x . En tales casos, en general se puede suponer que la función de fuerza $F(x)$ es una serie de potencias en x , como $F(x) = -(k_1x + k_2x^2 + k_3x^3 + \dots)$. Aquí el primer término es justamente la ley de Hooke, la cual describe la fuerza ejercida por un resorte simple para pequeños desplazamientos. Para pequeñas excursiones fuera del equilibrio, en general ignoramos los términos de alto orden, pero en algunos casos puede ser deseable mantener el segundo término. Si la fuerza de restitución se modela como $F(x) = -(k_1x + k_2x^2)$, ¿cuánto trabajo se realiza sobre un objeto al desplazarlo de $x = 0$ a $x = x_{\text{máx}}$ mediante una fuerza aplicada $-F$?

59. Un vagón de 6 000 kg rueda a lo largo de la vía con fricción despreciable. El vagón se lleva al reposo mediante una combinación de dos resortes en espiral, como se ilustra en la figura P7.59. Ambos resortes se describen con la ley de Hooke y tienen constantes de resorte $k_1 = 1\,600$ N/m y $k_2 = 3\,400$ N/m. Después que el primer resorte se comprime una distancia de 30.0 cm, el segundo resorte actúa con el primero para aumentar la fuerza mientras se presenta una compresión adicional, como se muestra en la gráfica. El vagón llega al reposo 50.0 cm después de que hace el primer contacto con el sistema de dos resortes. Encuentre la rapidez inicial del vagón.

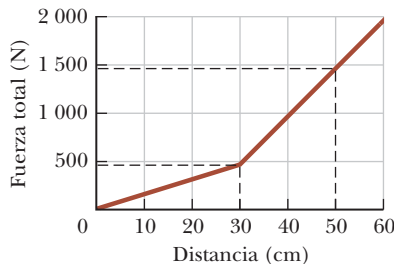
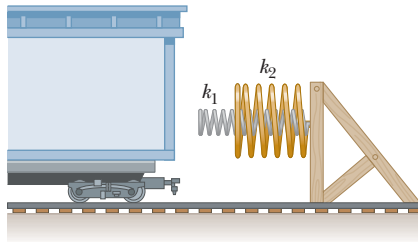


Figura P7.59

60. ¿Por qué es imposible la siguiente situación? En un nuevo casino se introduce una máquina de pinball gigante. El casino advierte que su tamaño es comparable a la altura de un jugador de basquetbol. El lanzador de bola en la

máquina envía bolas de metal por un lado de la máquina para jugar. El resorte en el lanzador (figura P7.60) tiene una constante de fuerza de 1.20 N/cm. La superficie sobre la que se mueve la bola está inclinada $\theta = 10.0^\circ$ respecto de la horizontal. El resorte inicialmente se comprime su distancia máxima $d = 5.00$ cm. Una bola de masa 100 g es lanzada para entrar en juego al soltar el émbolo. En el casino los visitantes encuentran muy emocionante este juego con la gigantesca máquina.

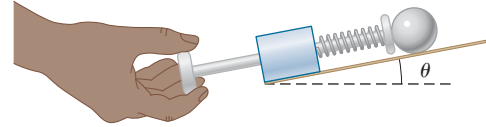


Figura P7.60

61. **Problema de repaso.** Dos fuerzas constantes actúan sobre un objeto de 5.00 kg que se mueve en el plano xy , como se muestra en la figura P7.61. La fuerza \vec{F}_1 es de 25.0 N a 35.0° y la fuerza \vec{F}_2 es de 42.0 N a 150° . En el tiempo $t = 0$, el objeto está en el origen y tiene velocidad $(4.00\hat{i} + 2.50\hat{j})$ m/s. (a) Exprese las dos fuerzas en notación de vector unitario. Use notación de vectores unitarios para sus otras respuestas. (b) Encuentre la fuerza total que se ejerce sobre el objeto. (c) Encuentre la aceleración del objeto. Ahora, considere el instante $t = 3.00$ s, encuentre (d) la velocidad del objeto, (e) su posición, (f) su energía cinética a partir de $\frac{1}{2}mv_f^2$, y (g) su energía cinética a partir de $\frac{1}{2}mv_i^2 + \sum \vec{F} \cdot \Delta\vec{r}$. (h) ¿Qué conclusión puede sacar al comparar las respuestas a los incisos (f) y (g)?

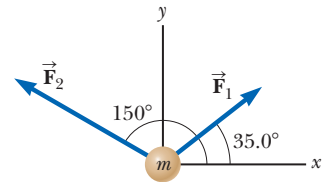


Figura P7.61

62. La constante de resorte del resorte de suspensión de un automóvil aumenta con la carga creciente debido a un muelle helicoidal que es más ancho en la base, y cambia de manera uniforme a un diámetro más pequeño cerca de la parte superior. El resultado es un viaje más suave sobre superficies de camino normal debido a los muelles helicoidales, pero el automóvil no va hasta abajo en los baches porque, cuando se colapsan los muelles inferiores, los muelles más rígidos cerca de lo alto absorben la carga. Para tales resortes, la fuerza que ejerce el resorte puede ser encontrada empíricamente, $F = ax^b$. Para un resorte helicoidal piramidal que se comprime 12.9 cm con una carga de 1 000 N y 31.5 cm con una carga de 5 000 N, (a) evalúe las constantes a y b en la ecuación empírica para F y (b) encuentre el trabajo necesario para comprimir el resorte 25.0 cm.

63. Un plano inclinado de ángulo $\theta = 20.0^\circ$ tiene un resorte de constante de fuerza $k = 500$ N/m anclado en el fondo, tal que el resorte queda paralelo a la superficie, como se muestra en la figura P7.63. Un bloque de masa

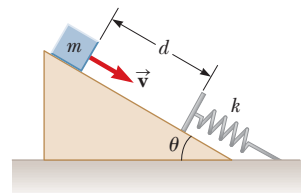


Figura P7.63

Problemas 63 y 64.

$m = 2.50 \text{ kg}$ se coloca en el plano a una distancia $d = 0.300 \text{ m}$ del resorte. Desde esta posición, el bloque es proyectado hacia abajo dirigido al resorte con rapidez $v = 0.750 \text{ m/s}$. ¿Cuánto se comprime el resorte cuando el bloque está momentáneamente en reposo?

64. Un plano inclinado de ángulo θ tiene un resorte de constante de fuerza k anclado en el fondo, tal que el resorte es paralelo a la superficie. Un bloque de masa m se coloca sobre el plano a una distancia d del resorte. Desde esta posición, se libera el bloque y se proyecta hacia el resorte con rapidez v , como se muestra en la figura P7.63. ¿Cuánto se comprime el resorte cuando el bloque está momentáneamente en reposo?

65. (a) Tome $U = 5$ para un sistema con una partícula en la posición $x = 0$ y calcule la energía potencial del sistema como una función de la posición x de la partícula. La fuerza sobre la partícula está dada por $(8e^{-2x})\hat{i}$. (b) Explique si la fuerza es conservativa o no conservativa y cómo puede decirlo.

Problemas de desafío

66. Una partícula de masa $m = 1.18 \text{ kg}$ se une entre dos resortes idénticos sobre una mesa horizontal sin fricción. Ambos resortes tienen constante de fuerza k e inicialmente no están estirados, y la partícula está en $x = 0$. (a) La partícula se jala una distancia x a lo largo de una dirección perpendicular a la configuración inicial de los resortes, como se muestra en la figura P7.66. Demuestre que la fuerza ejercida sobre la partícula es

$$\vec{F} = -2kx\left(1 - \frac{L}{\sqrt{x^2 + L^2}}\right)\hat{i}$$

(b) Demuestre que la energía potencial del sistema es

$$U(x) = kx^2 + 2kL(L - \sqrt{x^2 + L^2})$$

(c) Elabore una gráfica de $U(x)$ contra x e identifique todos los puntos de equilibrio. Suponga $L = 1.20 \text{ m}$ y $k = 40.0 \text{ N/m}$.

(d) Si la partícula se jala 0.500 m hacia la derecha y después se libera, ¿cuál es su rapidez al llegar a $x = 0$?

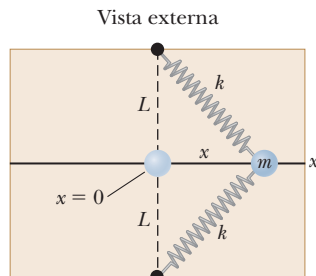


Figura P7.66

67. **Problema de repaso.** Un resorte ligero tiene una longitud sin estirar de 15.5 cm . Se describe mediante la ley de Hooke con constante de resorte 4.30 N/m . Un extremo del resorte horizontal se mantiene en un eje vertical fijo, y el otro extremo se une a un disco de masa m que se puede mover sin fricción sobre una superficie horizontal. El disco se pone en movimiento en un círculo con un periodo de 1.30 s . (a) Encuentre la extensión del resorte x cuando depende de m . Evalúe x para (b) $m = 0.070 \text{ kg}$, (c) $m = 0.140 \text{ kg}$, (d) $m = 0.180 \text{ kg}$ y (e) $m = 0.190 \text{ kg}$. (f) Describa el patrón de variación de x como dependiente de m .

Preguntas objetivas

1. indica que la respuesta está disponible en el *Manual de soluciones del estudiante/Guía de estudio*

- Usted sostiene una resortera a la longitud de su brazo, jala la ligera banda elástica hacia su barbilla y la suelta para lanzar una piedra horizontalmente con una rapidez de 200 cm/s. Con el mismo procedimiento, dispara un frijol con rapidez de 600 cm/s. ¿Cuál es la razón de la masa del frijol a la masa de la piedra? (a) $\frac{1}{9}$ (b) $\frac{1}{3}$ (c) 1 (d) 3 (e) 9.
- Dos niños suben a una plataforma en lo alto del tobogán al lado de una piscina. El niño más pequeño salta recto hacia abajo a la alberca y al mismo tiempo el niño más grande se desliza desde lo alto del tobogán sin fricción. (i) Al momento de llegar al agua, en comparación con el niño mayor, ¿la energía cinética del niño pequeño es (a) mayor, (b) menor o (c) igual? (ii) Al momento de llegar al agua, en comparación con el niño mayor, ¿la rapidez del niño pequeño es (a) mayor, (b) menor o (c) igual? (iii) Durante los movimientos desde la plataforma al agua, en comparación con el niño mayor, ¿la aceleración promedio del niño pequeño es (a) mayor, (b) menor o (c) igual?
- En la parte baja de una pista de aire inclinada a un ángulo θ , se le da un empujón a un deslizador de masa m para hacerlo que se deslice una distancia d hacia arriba de la pendiente a medida que frena y se detiene. Luego el deslizador regresa hacia abajo por la pista hasta su punto de partida. Ahora se repite el experimento con la misma rapidez original pero con un segundo deslizador idéntico colocado arriba del primero. El flujo de aire es lo suficientemente intenso como para soportar el par de deslizadores, de modo que se mueven libremente sobre la pista. La fricción estática mantiene al segundo deslizador fijo en relación con el primer deslizador a lo largo del movimiento. El coeficiente de fricción estática entre los dos deslizadores es μ_s . ¿Cuál es el cambio en la energía mecánica del sistema dos deslizadores-Tierra en el movimiento hacia arriba y abajo de la pendiente después que el par de deslizadores se libera? Elija una. (a) $-2\mu_s mgd$ (b) $-2mgd \cos \theta$ (c) $-2\mu_s mgd \cos \theta$ (d) 0 (e) $+2\mu_s mgd \cos \theta$.
- Un atleta saltando verticalmente en un trampolín deja la superficie con una velocidad de 8.5 m/s hacia arriba. ¿Qué altura máxima alcanza? (a) 13 m, (b) 2.3 m, (c) 3.7 m, (d) 0.27 m, (e) la respuesta no se puede determinar, ya que no se da la masa del atleta.
- Responda sí o no a cada una de las siguientes preguntas. (a) ¿Un sistema objeto-Tierra puede tener energía cinética y no energía potencial gravitacional? (b) ¿Puede tener energía potencial gravitacional y no energía cinética? (c) ¿Puede tener ambos tipos de energía al mismo tiempo? (d) ¿Puede no tener ninguna?
- En un laboratorio de modelos de automóviles que derrapan hasta detenerse, se obtuvo la información para cuatro pistas usando dos bloques. Los bloques tienen masas idénticas pero tienen diferentes coeficientes de fricción cinética con una mesa: $\mu_k = 0.2$ y 0.8 . Cada bloque se lanza con rapidez $v_i = 1$ m/s y se desliza a través del nivel de la mesa conforme el bloque alcanza el reposo. Este proceso representa las primeras dos pistas. Para las siguientes dos pistas, se repite el procedimiento, pero los bloques se lanzan con rapidez $v_i = 2$ m/s. Ordene las cuatro pistas de la (a) a la (d) de acuerdo con la distancia de frenado, de mayor a menor. Si la distancia de frenado es la misma en dos casos, déles igual clasificación. (a) $v_i = 1$ m/s, $\mu_k = 0.2$, (b) $v_i = 1$ m/s, $\mu_k = 0.8$, (c) $v_i = 2$ m/s, $\mu_k = 0.2$, (d) $v_i = 2$ m/s, $\mu_k = 0.8$.
- ¿Qué potencia promedio es generada por un montañista de 70.0 kg que sube a una cumbre de 325 m de altura en 95.0 min? (a) 39.1 W (b) 54.6 W (c) 25.5 W (d) 67.0 W (e) 88.4 W
- Una bola de arcilla cae libremente hacia el piso duro. No rebota de manera notable, sino que llega al reposo muy rápidamente. ¿En tal caso, qué ocurrió con la energía que la bola tenía mientras caía? (a) Se usó para producir el movimiento hacia abajo. (b) Se transformó otra vez en energía potencial. (c) Se transfirió a la bola por calor. (d) Está en la bola y el suelo (y paredes) como energía de movimiento molecular invisible. (e) La mayor parte se fue en sonido.
- Un martinete es un dispositivo que se usa para clavar postes en la tierra mediante la caída repetida de un objeto pesado sobre ellos. Suponga que el objeto se deja caer desde la misma altura cada vez. ¿En qué factor cambia la energía del sistema martinete-tierra cuando la masa del objeto a soltar se duplica? (a) $\frac{1}{2}$, (b) 1: la energía es la misma, (c) 2, (d) 4.

Preguntas conceptuales

1. indica que la respuesta está disponible en el *Manual de soluciones del estudiante/Guía de estudio*

- Una persona deja caer una bola desde lo alto de un edificio mientras que otra, en la base, observa su movimiento. ¿Estas dos personas estarán de acuerdo (a) con el valor de la energía potencial gravitacional del sistema bola-Tierra? (b) ¿En el cambio en energía potencial? (c) ¿En la energía cinética de la bola en el mismo punto en su movimiento?
- Un vendedor de automóviles afirma que un motor mejorado de 300 hp es una opción necesaria en un auto compacto en lugar del motor convencional de 130 hp. Suponga que usted tiene la intención de conducir el automóvil dentro de los límites de rapidez (≤ 65 mi/h) en terreno plano. ¿Cómo contrarrestaría esta propaganda comercial?
- ¿Todo tiene energía? Dé argumentos para su respuesta.
- Usted viaja en bicicleta. ¿En qué sentido su bicicleta es impulsada por energía solar?
- Una bola de boliche está suspendida del techo de un salón de conferencias mediante una fuerte cuerda. La bola se aleja de su posición de equilibrio y se libera del reposo desde la punta de la nariz de la conferencista, como se muestra en la figura PC8.5 (página 236). La conferencista permanece quieta. (a) Explique por qué la bola no la golpea en su viaje de retorno. (b) ¿La conferencista estaría a salvo si a la bola se le da un empujón desde su posición de partida en su nariz?

6. ¿Una fuerza de fricción estática puede hacer trabajo? Si no, ¿por qué? Si sí, proporcione un ejemplo.
7. En la ecuación general de conservación de energía, establezca qué términos predominan al describir cada uno de los siguientes dispositivos y procesos. Para un proceso que funciona de manera continua, puede considerar lo que ocurre en un intervalo de tiempo de 10 s. Establezca qué términos en la ecuación representan las formas original y final de energía, cuáles serían entradas y cuáles serían salidas. (a) Una resortera que dispara una piedra, (b) un fuego ardiendo, (c) un radio portátil en operación, (d) un carro que frena hasta detenerse, (e) la superficie del Sol brillando visiblemente, (f) una persona que salta encima de una silla.
8. Considere la transferencia de energía y transformaciones que se mencionan a continuación en los incisos del (a) hasta el (e). Por cada inciso, (i) describa dispositivos hechos por el hombre diseñados para producir cada una de las transformaciones o transferencia de energía y, (ii) siempre que sea posible, también describa un proceso natural en el que se presente la transferencia de energía o transfor-

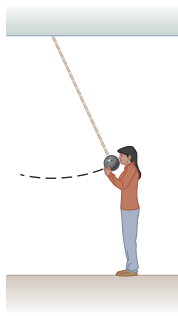


Figura PC8.5

mación. Dé detalles para defender sus opciones, tales como identificar el sistema e identificar otras energías de salida si el dispositivo o proceso natural tiene eficiencia limitada. (a) La energía potencial química se transforma en energía interna. (b) La energía transferida por transmisión eléctrica se convierte en energía potencial gravitacional. (c) Se transfiere energía potencial elástica de un sistema por calor. (d) La energía transferida por ondas mecánicas hace trabajo sobre un sistema. (e) La energía transportada por ondas electromagnéticas se convierte en energía cinética en un sistema.

9. Un bloque se conecta a un resorte que está suspendido del techo. Si supone que el bloque se pone en movimiento vertical y se ignora la resistencia del aire, describa las transformaciones de energía que se presentan dentro del sistema que consiste del bloque, la Tierra y el resorte cuando el bloque está en movimiento vertical.
10. En el capítulo 7 se introdujo el teorema trabajo-energía cinética, $W = \Delta K$. Esta ecuación establece que el trabajo hecho en un sistema aparece como un cambio en energía cinética. Es una ecuación de caso especial, válida si no hay cambios en algún otro tipo de energía, como la potencial o la interna. Proporcione dos o tres ejemplos en los que se haga trabajo sobre un sistema, pero que el cambio en energía del sistema no sea un cambio en energía cinética.

Problemas

1. sencillo; 2. intermedio; 3. desafiante

1. solución completa disponible en el *Manual de soluciones del estudiante/Guía de estudio*

Sección 8.1 Análisis de modelo: sistema no aislado (energía)

1. Para cada uno de los siguientes sistemas e intervalos de tiempo, escriba la versión reducida y adecuada de la ecuación 8.2, la ecuación de conservación de energía. (a) Las bobinas de calentamiento en su tostadora durante los primeros cinco segundos después de que enciende la tostadora, (b) su automóvil, desde justo antes de que llene el tanque con gasolina, hasta que sale de la gasolinera con una rapidez v , (c) su cuerpo mientras está sentado tranquilamente y come un emparedado de mantequilla de cacahuete y mermelada durante su almuerzo, (d) su casa durante cinco minutos de una tarde soleada mientras la temperatura en la casa permanece fija.
2. Una bola de masa m cae desde una altura h al piso. (a) Escriba la versión adecuada de la ecuación 8.2 para el sistema de la bola y la Tierra, y utilícela para calcular la rapidez de la bola justo antes de que pegue en la Tierra. (b) Escriba la versión apropiada de la ecuación 8.2 para el sistema de la bola y utilícela para calcular la rapidez de la pelota justo antes de que pegue en la Tierra.

Sección 8.2 Análisis de modelo: sistema aislado (energía)

3. Un bloque de 0.250 kg de masa se coloca en lo alto de un resorte vertical ligero de constante de fuerza 5 000 N/m y se empuja hacia abajo de modo que el resorte se comprime 0.100 m. Después que el bloque se libera desde el

reposo, viaja hacia arriba y luego deja el resorte. ¿A qué altura máxima arriba del punto de liberación llega?

4. Una bola de cañón de 20.0 kg se dispara desde un cañón con rapidez de boquilla de 1 000 m/s con un ángulo de 37.0° con la horizontal. Una segunda bala de cañón se dispara con un ángulo de 90.0° . Aplique el modelo de sistema aislado para encontrar (a) la altura máxima que alcanza cada bola y (b) la energía mecánica total del sistema bola-Tierra a la altura máxima para cada bola. Sea $y = 0$ en el cañón.

5. **Problema de repaso.** Una bolita perforada se desliza sin fricción alrededor de un bucle (figura P8.5). La bolita se libera desde una altura $h = 3.50R$. (a) ¿Cuál es la rapidez de la bolita en el punto A? (b) ¿Qué tan grande es la fuerza normal sobre la bolita en el punto A si su masa es 5.00 g?

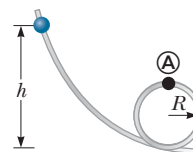


Figura P8.5

6. Un bloque de masa $m = 5.00$ kg se libera desde el punto A y se desliza sobre la pista sin fricción que se muestra en la figura P8.6. Determine (a) la rapidez del bloque en los

puntos ② y ③ y (b) el trabajo neto hecho por la fuerza gravitacional sobre el bloque cuando se mueve de ① a ③.

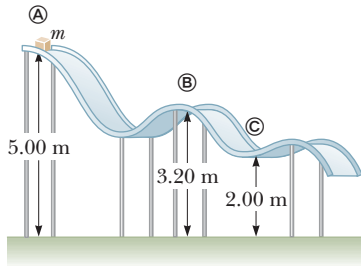


Figura P8.6

7. Dos objetos se conectan mediante una cuerda ligera que pasa sobre una polea ligera sin fricción, como se muestra en la figura P8.7. El objeto de masa $m_1 = 5.00$ kg se libera desde el reposo, a una altura $h = 4.00$ m arriba de la mesa. Con el modelo de sistema aislado, (a) determine la rapidez del objeto de masa $m_2 = 3.00$ kg justo cuando el objeto de 5.00 kg golpea en la mesa. (b) Encuentre la altura máxima arriba de la mesa a la que llega el objeto de 3.00 kg.

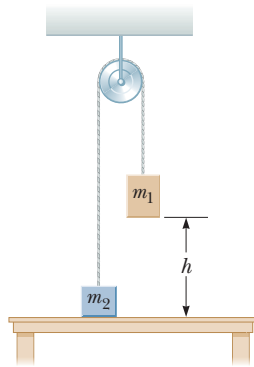


Figura P8.7

Problemas 7 y 8.

8. Dos objetos se conectan mediante una cuerda ligera que pasa sobre una polea ligera sin fricción, como se muestra en la figura P8.7. El objeto de masa m_1 se libera desde el reposo, a una altura h arriba de la mesa. Con el modelo de sistema aislado, (a) determine la rapidez del objeto de masa m_2 justo cuando el objeto de masa m_1 pega en la mesa. (b) Encuentre la altura máxima arriba de la mesa a la que llega la masa m_2 .
9. Una barra ligera rígida mide 77.0 cm de largo. Su extremo superior tiene como pivote un eje horizontal de baja fricción. La barra cuelga recta hacia abajo en reposo con una pequeña bola de gran masa unida a su extremo inferior. Usted golpea la bola y súbitamente le da una velocidad horizontal de modo que se balancea alrededor de un círculo completo. ¿Qué rapidez mínima se requiere en la parte más baja para hacer que la bola pase por lo alto del círculo?
10. A las 11:00 a.m. del 7 de septiembre de 2001, más de 1 millón de escolares británicos saltaron hacia arriba y hacia abajo durante un minuto para simular un terremoto. (a) Encuentre la energía almacenada en los cuerpos de los niños que fue convertida en energía interna en el suelo y en sus cuerpos y se propagó en el suelo mediante ondas sísmicas durante el experimento. Suponga que los 1 050 000 niños de masa promedio 36.0 kg saltaron 12 veces cada uno, aumentando sus centros de masa por 25.0 cm cada vez y descansando brevemente entre un salto y el siguiente. (b) De la energía que se propaga en el suelo, la mayoría produce vibraciones de alta frecuencia, “microtemblores”, que fueron rápidamente amortiguadas y no

viajaron mucho. Suponga que el 0.01% de la energía total se transportó lejos por ondas sísmicas de largo alcance. La magnitud de un sismo en la escala de Richter está dada por:

$$M = \frac{\log E - 4.8}{1.5}$$

donde E es la energía de la onda sísmica en joules. De acuerdo con este modelo, ¿cuál fue la magnitud de sismo de demostración?

11. **Problema de repaso.** El sistema que se muestra en la figura P8.11 consiste de una cuerda ligera inextensible, poleas ligeras sin fricción y bloques de igual masa. Observe que el bloque B está unido a una de las poleas. Inicialmente el sistema se mantiene en reposo, de modo que los bloques están a la misma altura sobre el suelo. Después los bloques se liberan. Encuentre la rapidez del bloque A en el momento que la separación vertical de los bloques es h .

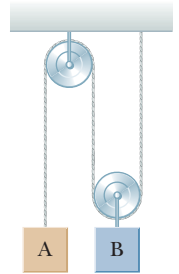


Figura P8.11

Sección 8.3 Situaciones que incluyen fricción cinética

12. A un trineo de masa m se le da una patada sobre un lago congelado. La patada le imparte una rapidez inicial de 2.00 m/s. El coeficiente de fricción cinética entre el trineo y el hielo es 0.100 . Aplique consideraciones energéticas para encontrar la distancia que el trineo se mueve antes de detenerse.
13. A un trineo de masa m se le da una patada sobre un lago congelado. La patada le imparte una rapidez inicial v . El coeficiente de fricción cinética entre el trineo y el hielo es μ_k . Aplique consideraciones energéticas para encontrar la distancia que el trineo se mueve antes de detenerse.
14. Una caja de 10.0 kg de masa se jala hacia arriba de un plano inclinado rugoso con una rapidez inicial de 1.50 m/s. La fuerza del jalón es 100 N paralela al plano, que forma un ángulo de 20.0° con la horizontal. El coeficiente de fricción cinética es 0.400 y la caja se jala 5.00 m. (a) ¿Cuánto trabajo hace la fuerza gravitacional sobre la caja? (b) Determine el aumento en energía interna del sistema caja-plano inclinado debido a la fricción. (c) ¿Cuánto trabajo hace la fuerza de 100 N en la caja? (d) ¿Cuál es el cambio en energía cinética de la caja? (e) ¿Cuál es la rapidez de la caja después de jalarsé 5.00 m?
15. Un bloque de $m = 2.00$ kg se une a un resorte con constante de fuerza $k = 500$ N/m, como se muestra en la figura P8.15. Se jala el bloque 5.00 cm hacia la derecha del equilibrio y se libera desde el reposo. Encuentre la rapidez que tiene el bloque cuando pasa a través del equilibrio si (a) la superficie horizontal no tiene fricción y (b) el coeficiente de fricción entre el bloque y la superficie es $\mu_k = 0.350$.
16. Una caja de 40.0 kg, inicialmente en reposo, se empuja 5.00 m a lo largo de un suelo horizontal rugoso, con una fuerza constante horizontal aplicada de 130 N. El coeficiente de

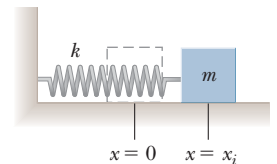


Figura P8.15

fricción entre la caja y el suelo es 0.300. Encuentre: (a) el trabajo hecho por la fuerza aplicada, (b) el aumento en energía interna en el sistema caja-suelo como resultado de la fricción, (c) el trabajo hecho por la fuerza normal, (d) el trabajo hecho por la fuerza gravitacional, (e) el cambio en energía cinética de la caja y (f) la rapidez final de la caja.

17. Se coloca un aro circular plano con un radio de 0.500 m sobre el piso. Una partícula de 0.400 kg se desliza alrededor del borde interior del aro. A la partícula se le da una rapidez inicial de 8.00 m/s. Después de una revolución, su rapidez cae a 6.00 m/s debido a la fricción con el suelo rugoso de la pista. (a) Encuentre la energía transformada de mecánica en interna en el sistema como resultado de la fricción en una revolución. (b) ¿Cuál es el número total de revoluciones que da la partícula antes de detenerse? Suponga que la fuerza de fricción permanece constante durante todo el movimiento.

Sección 8.4 Cambios en la energía mecánica para fuerzas no conservativas

18. En un tiempo t_i la energía cinética de una partícula es 30.0 J y la energía potencial del sistema al que pertenece es 10.0 J. En algún tiempo posterior t_f la energía cinética de la partícula es 18.0 J. (a) Si sólo fuerzas conservativas actúan sobre la partícula, ¿cuáles son la energía potencial y la energía total del sistema en el tiempo t_f ? (b) Si la energía potencial del sistema en el tiempo t_f es 5.00 J, ¿existen fuerzas no conservativas que actúan sobre la partícula? (c) Explique su respuesta del inciso (b).
19. Un niño en silla de ruedas (masa total de 47.0 kg) tiene una rapidez de 1.40 m/s en la cima de una cuesta de 2.60 m de alto y 12.4 m de largo. En la parte inferior de la pendiente su rapidez es de 6.20 m/s. Suponga que la resistencia del aire y la resistencia de rodamiento se pueden modelar como una fuerza de fricción constante de 41.0 N. Encuentre el trabajo que hizo en empujar hacia adelante sus ruedas durante el descenso de la colina.

20. Como se muestra en la figura P8.20, una cuenta verde de masa 25 g se desliza a lo largo de un alambre recto. La longitud del alambre desde el punto A al punto B es 0.600 m y el punto A está 0.200 m más arriba que el punto B.

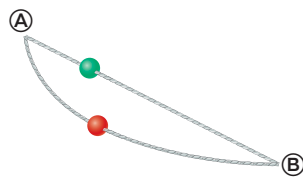


Figura P8.20

- Una fuerza de rozamiento constante de magnitud 0.025 N actúa sobre la cuenta. (a) Si la cuenta se libera a partir del reposo en el punto A, ¿cuál es su rapidez en el punto B? (b) Una cuenta roja de masa 25 g se desliza a lo largo de un alambre curvado, sujeto a una fuerza de fricción con la misma magnitud constante que la de la cuenta verde. Si las cuentas verde y roja se liberan al mismo tiempo a partir del reposo en el punto A, ¿qué cuenta alcanza el punto B con una rapidez mayor? Explique.
21. Un arma de juguete usa un resorte para proyectar una bola de hule suave de 5.30 g. El resorte originalmente se comprime 5.00 cm y tiene una constante de fuerza de 8.00 N/m. Cuando el arma se dispara, la bola se mueve 15.0 cm a través del cañón horizontal del arma y el cañón

ejerce una fuerza de fricción constante de 0.032 0 N sobre la bola. (a) ¿Con qué rapidez el proyectil deja el cañón del arma? (b) ¿En qué punto la bola tiene rapidez máxima? (c) ¿Cuál es esta rapidez máxima?

22. El coeficiente de fricción entre el bloque de masa $m_1 = 3.00$ kg y la superficie en la figura P8.22 es $\mu_k = 0.400$. El sistema parte del reposo. ¿Cuál es la rapidez de la bola de masa $m_2 = 5.00$ kg cuando cae una distancia $h = 1.50$ m?

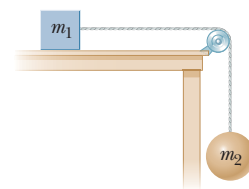


Figura P8.22

23. Un bloque de 5.00 kg se pone en movimiento hacia arriba de un plano inclinado con una rapidez inicial $v_i = 8.00$ m/s (figura P8.23). El bloque llega al reposo después de viajar $d = 3.00$ m a lo largo del plano, que está inclinado en un ángulo de 30.0° con la horizontal. Para este movimiento, determine

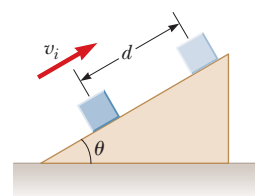


Figura P8.23

- (a) el cambio en la energía cinética del bloque, (b) el cambio en la energía potencial del sistema bloque-Tierra y (c) la fuerza de fricción que se ejerce sobre el bloque (supuesta constante). (d) ¿Cuál es el coeficiente de fricción cinética?
24. Un objeto de 1.50 kg se mantiene 1.20 m sobre un resorte vertical relajado sin masa con una constante de fuerza de 320 N/m. Se deja caer el objeto sobre el resorte. (a) ¿Cuánto comprime al resorte? (b) ¿Qué pasaría si? Repita el inciso (a), pero esta vez suponga que una fuerza de resistencia al aire constante de 0.700 N actúa sobre el objeto durante su movimiento. (c) ¿Qué pasaría si? ¿Cuánto comprime el objeto al resorte si el mismo experimento se realiza en la Luna, donde $g = 1.63$ m/s² y se desprecia la resistencia del aire?

25. Un bloque de 200 g se presiona contra un resorte con 1.40 kN/m de constante de fuerza hasta que el bloque comprime el resorte 10.0 cm. El resorte descansa en la parte baja de una rampa inclinada 60.0° con la horizontal. Mediante consideraciones de energía, determine cuánto se mueve el bloque hacia arriba del plano inclinado antes de detenerse (a) si la rampa no ejerce fuerza de fricción sobre el bloque y (b) si el coeficiente de fricción cinética es 0.400.

26. Un paracaidista de 80.0 kg salta de un globo a una altura de 1 000 m y abre el paracaídas a una altitud de 200 m. (a) Si supone que la fuerza retardadora total sobre el paracaidista es constante en 50.0 N con el paracaídas cerrado y constante en 3 600 N con el paracaídas abierto, encuentre la rapidez del paracaidista cuando aterriza en el suelo. (b) ¿Cree que el paracaidista se lesionará? Explique. (c) ¿A qué altura se debe abrir el paracaídas de modo que la rapidez final del paracaidista cuando golpee el suelo sea 5.00 m/s? (d) ¿Qué tan real es la suposición de que la fuerza retardadora total es constante? Explique.

27. Una niña de masa m parte del reposo y se desliza sin fricción desde una altura h a lo largo de un tobogán al lado de una piscina (figura P8.27). Se lanzó desde una altura $h/5$ en el

aire sobre la piscina. Queremos encontrar la altura máxima que alcanza arriba del agua en su movimiento como proyectil. (a) ¿Es el sistema niña-Tierra aislado o no aislado? ¿Por qué? (b) ¿Hay una fuerza no conservativa que actúa dentro del sistema? (c) Defina la configuración del sistema cuando la niña está en el nivel del agua que tiene cero energía potencial gravitacional. Expresé la energía total del sistema cuando la niña está en la parte superior del tobogán. (d) Expresé la energía total del sistema cuando la niña está en el punto de lanzamiento. (e) Expresé la energía total del sistema cuando la niña está en el punto más alto en su movimiento de proyectil. (f) A partir de los incisos (c) y (d), determine su rapidez inicial v_i en el punto de lanzamiento en términos de g y h . (g) De los incisos (d), (e) y (f), determine su altura máxima en el aire $y_{\text{máx}}$ en términos de h y del ángulo de lanzamiento θ . (h) ¿Sus respuestas serían las mismas si el tobogán no tuviera fricción? Explique.

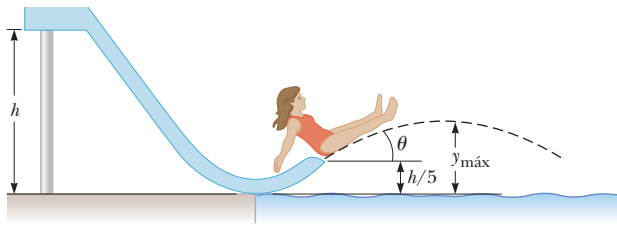


Figura 8.27

Sección 8.5 Potencia

28. Las aguas residuales en cierta estación de bombeo se levantan verticalmente por 5.49 m a una razón de 1 890 000 litros cada día. Las aguas residuales, de densidad $1\,050\text{ kg/m}^3$, entran y salen de la bomba a presión atmosférica y a través de tuberías de igual diámetro. (a) Encuentre la potencia mecánica de salida de la estación de elevación. (b) Suponga que el motor eléctrico que hace funcionar la bomba trabaja continuamente con una potencia promedio de 5.90 kW. Encuentre su eficiencia.
29. Un marino de 820 N en el entrenamiento básico sube por una cuerda vertical de 12.0 m con una rapidez constante en 8.00 s. ¿Cuál es su potencia de salida?
30. El motor eléctrico de un tren a escala acelera al tren desde el reposo a 0.620 m/s en 21.0 ms. La masa total del tren es 875 g. (a) Encuentre la potencia mínima entregada al tren por transmisión eléctrica desde los rieles de metal durante la aceleración. (b) ¿Por qué la potencia es mínima?
31. Cuando un automóvil se mueve con rapidez constante por una carretera, la mayoría de la potencia desarrollada por el motor se utiliza para compensar las transformaciones de energía debidas a las fuerzas de fricción ejercidas sobre el auto por el aire y la carretera. Si la potencia desarrollada por un motor es de 175 caballos de fuerza, calcule la fuerza de fricción total que actúa sobre el automóvil cuando se está moviendo a una rapidez de 29 m/s. Un caballo de fuerza equivale a 746 W.
32. Una cierta nube de lluvia a una altura de 1.75 km contiene $3.20 \times 10^7\text{ kg}$ de vapor de agua. ¿Cuánto tiempo le tomaría a una bomba de 2.70 kW elevar la misma cantidad de agua desde la superficie de la Tierra a la posición de la nube?
33. Una lámpara con eficiencia energética que toma 28.0 W de potencia produce el mismo nivel de brillantez que una lámpara convencional que funciona a una potencia de 100 W. El tiempo de vida de la lámpara con eficiencia energética es 10 000 h y su precio de compra es 4.50 dólares, mientras que la lámpara convencional tiene un tiempo de vida de 750 h y cuesta 0.420 dólares por lámpara. Determine el ahorro total que se obtiene al usar una lámpara con eficiencia energética durante su tiempo de vida, en oposición a usar lámparas convencionales durante el mismo intervalo de tiempo. Suponga un costo de energía de 0.200 dólares por kilowatt hora.
34. Una motoneta eléctrica tiene una batería capaz de suministrar 120 Wh de energía. Si las fuerzas de fricción y otras pérdidas reducen al 60.0% la energía utilizada, ¿qué cambio en altitud puede lograr un motociclista cuando conduce en terreno montañoso si el conductor y la motoneta tienen un peso combinado de 890 N?
35. Haga una estimación del orden de magnitud de la potencia que aporta el motor de un automóvil para acelerar el auto a rapidez de autopista. En su solución, establezca las cantidades físicas que toma como datos y los valores que mide o estima para ellas. La masa del vehículo se proporciona en el manual del propietario.
36. Un modelo viejo de automóvil acelera de 0 a rapidez v en un intervalo de tiempo Δt . Un automóvil deportivo nuevo y más potente acelera de 0 a $2v$ en el mismo periodo. Suponiendo que la energía que proviene del motor aparece sólo como energía cinética de los autos, compare la potencia de los dos automóviles.
37. Para ahorrar energía, andar en bicicleta y caminar son medios de transporte mucho más eficientes que viajar en automóvil. Por ejemplo, al pedalear a 10.0 mi/h , un ciclista utiliza la energía del alimento a un ritmo de alrededor de 400 kcal/h arriba de lo que usaría si simplemente estuviese sentado. (En fisiología del ejercicio, la potencia suele medirse en kcal/h en lugar de watts. Aquí, $1\text{ kcal} = 1\text{ caloría de nutrición} = 4\,186\text{ J}$.) Caminar a 3.00 mi/h requiere unas 220 kcal/h. Es interesante comparar estos valores con el consumo de energía necesario para viajar en auto. La gasolina rinde aproximadamente $1.30 \times 10^8\text{ J/gal}$. Encuentre el combustible ahorrado en millas por galón equivalentes para (a) una persona caminando y (b) en bicicleta.
38. Un elevador de 650 kg que parte del reposo se mueve hacia arriba durante 3.00 s con aceleración constante hasta que alcanza su rapidez de crucero de 1.75 m/s . (a) ¿Cuál es la potencia promedio del motor elevador durante este intervalo de tiempo? (b) ¿Cómo se compara esta potencia con la potencia del motor cuando el elevador se mueve con su rapidez de crucero?
39. Un piano de 3.50 kN es levantado por tres trabajadores a rapidez constante a un departamento que está a 25.0 m sobre la calle utilizando un sistema de polea fijado en el techo del edificio. Cada trabajador es capaz de entregar 165 W de potencia, y el sistema de poleas es 75.0% eficiente (así, 25.0% de la energía mecánica es transformada en otras formas debido a la fricción en la polea). Despreciando la masa de la polea, encuentre el tiempo necesario para levantar el piano desde la calle hasta el departamento.

40. Por convención, la energía se mide en calorías, así como en joules. Una caloría en nutrición es una kilocaloría, que se define como $1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$. Metabolizar 1 g de grasa puede liberar 9.00 kcal . Un estudiante decide intentar perder peso mediante ejercicio. Planea subir y bajar corriendo las escaleras de un estadio de fútbol tan rápido como pueda y tantas veces como sea necesario. Para evaluar el programa, suponga que sube un tramo de 80 escalones, cada uno de 0.150 m de alto, en 65.0 s . Por simplicidad, desprecie la energía que usa al bajar (que es pequeña). Suponga que una eficiencia típica para músculos humanos es de 20.0% . Esta afirmación significa que cuando su cuerpo convierte 100 J metabolizando grasa, 20 J realizan trabajo mecánico (en este caso, subir escaleras). El resto va a energía interna adicional. Suponga que la masa del estudiante es de 75.0 kg . (a) ¿Cuántas veces debe correr el tramo de escaleras para perder 1 kg de grasa? (b) ¿Cuál es su potencia desarrollada promedio, en watts y en caballos de fuerza, mientras sube corriendo las escaleras? (c) ¿Esta actividad en sí misma es una forma práctica para perder peso?
41. Un furgón cargado tiene una masa de 950 kg y rueda sobre rieles con fricción despreciable. Parte del reposo y un cable conectado a un malacate lo jala por el tiro de una mina. El tiro está inclinado 30.0° sobre la horizontal. El furgón acelera de manera uniforme a una rapidez de 2.20 m/s en 12.0 s y después continúa con rapidez constante. (a) ¿Qué potencia debe proporcionar el motor del malacate cuando el furgón se mueve con rapidez constante? (b) ¿Qué potencia máxima debe proporcionar el motor del malacate? (c) ¿Qué energía total transfirió el motor mediante trabajo para cuando el furgón salió de la pista, que tiene 1250 m de largo?

Problemas adicionales

42. Haga una estimación del orden de magnitud de su potencia de salida cuando sube las escaleras. En su solución, indique las cantidades físicas que quiere tomar como datos y los valores que mide o estima para ellos. ¿Considere su potencia máxima o su energía sostenible?
43. Un bloque de masa $m = 200 \text{ g}$ se libera desde el reposo en el punto A a lo largo del diámetro horizontal en el interior de un tazón hemisférico sin fricción con radio $R = 30.0 \text{ cm}$ (figura P8.43). Calcule (a) la energía potencial gravitacional del sistema bloque-Tierra cuando el bloque está en el punto A en relación con el punto B, (b) la energía cinética del bloque en el punto B, (c) su rapidez en el punto B y (d) su energía cinética y la energía potencial cuando el bloque está en el punto C.

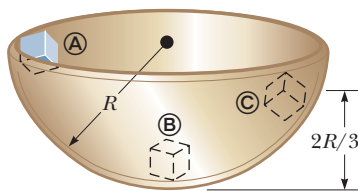


Figura P8.43 Problemas 43 y 44.

44. ¿Qué pasaría si? El bloque de masa $m = 200 \text{ g}$ descrito en el problema 43 (figura P8.43) se libera desde el reposo en A, y la superficie del tazón es rugosa. La rapidez del bloque en B es 1.50 m/s . (a) ¿Cuál es su energía cinética

en B? (b) ¿Cuánta energía mecánica se transforma en energía interna a medida que el bloque se mueve de A a B? (c) ¿Es posible determinar el coeficiente de fricción a partir de estos resultados de alguna manera simple? Explique su respuesta al inciso (c).

45. **Problema de repaso.** Un niño comienza en reposo y se desliza por un tobogán sin fricción, como en la figura P8.45. El fondo de la pista tiene una altura h por encima del suelo. Después el muchacho sale de la pista horizontalmente, golpeando el suelo a una distancia d , como se muestra. Usando métodos de energía, determine la altura inicial H del niño por encima del suelo en términos de h y d .

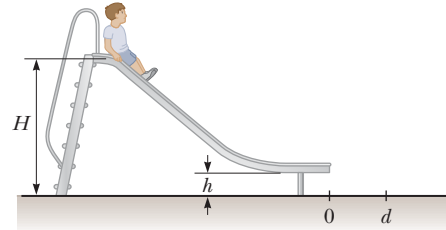


Figura P8.45

46. **Problema de repaso.** Como se muestra en la figura P8.46, una cuerda ligera que no se estira cambia de horizontal a vertical a medida que pasa sobre el borde de una mesa. La cuerda conecta un bloque de masa m_1 de 3.50 kg al principio en reposo sobre la mesa horizontal de una altura $h = 1.20 \text{ m}$ arriba del suelo, con un bloque que cuelga de masa m_2 de 1.90 kg , al principio a 0.900 m sobre el suelo. Ni la superficie de la mesa ni su borde ejercen una fuerza de fricción cinética. Los bloques comienzan a moverse a partir del reposo. El bloque deslizante de masa m_1 se proyecta horizontalmente después de alcanzar el borde de la mesa. El bloque que cuelga de masa m_2 se para sin rebotar cuando golpea el piso. Considere a los dos bloques más la Tierra como el sistema. (a) Encuentre la rapidez con la que m_1 deja el borde de la mesa. (b) Encuentre la rapidez de impacto de m_1 con el piso. (c) ¿Cuál es la longitud más corta de la cuerda que no está tensa mientras m_1 está en vuelo? (d) ¿Es la energía del sistema, cuando se libera desde el reposo, igual a la energía del sistema antes de que m_1 pegue en el suelo? (e) ¿Por qué sí o por qué no?

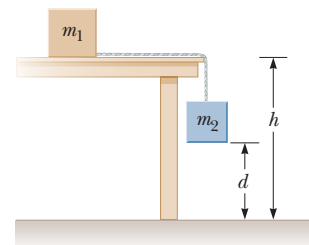


Figura P8.46

47. Una partícula de 4.00 kg se mueve a lo largo del eje x . Su posición varía con el tiempo de acuerdo con $x = t + 2.0t^3$, donde x está en metros y t en segundos. Encuentre: (a) la energía cinética en cualquier tiempo t , (b) la aceleración de la partícula y la fuerza que actúa sobre ella en el tiempo t , (c) la potencia que se entrega a la partícula en el tiempo t y (d) el trabajo hecho sobre la partícula en el intervalo $t = 0$ a $t = 2.00 \text{ s}$.

48. ¿Por qué es imposible la siguiente situación? Una lanzadora de softbol tiene una extraña técnica: comienza con su mano en reposo en el punto más alto que puede alcanzar y luego gira rápidamente su brazo hacia atrás para que la bola se

mueva a través de una trayectoria semicircular. Libera la bola cuando la mano llega a la parte inferior de la trayectoria. La lanzadora mantiene una componente de la fuerza de magnitud constante 12.0 N sobre la bola de 0.180 kg en la dirección del movimiento alrededor de la trayectoria completa. Cuando la pelota llega a la parte inferior de la trayectoria, deja su mano con una rapidez de 25.0 m/s.

49. Un muchacho con su patineta se modela como una partícula de 76.0 kg de masa, ubicado en su centro de masa (que se estudiará en el capítulo 9). Como se muestra en la figura P8.49, el muchacho parte del reposo en una posición encorvada en el borde de un medio tubo (punto A). El medio tubo es una mitad de un cilindro de 6.80 m de radio con su eje horizontal. En su descenso el muchacho se mueve sin fricción, de modo que su centro de masa se mueve a través de un cuarto de círculo de 6.30 m de radio. (a) Encuentre su rapidez en el fondo del medio tubo (punto B). (b) Inmediatamente después de pasar el punto B, se pone de pie y eleva los brazos, lo que eleva su centro de masa de 0.500 m a 0.950 m sobre el concreto (punto C). A continuación, él se desliza hacia arriba con su centro de masa moviéndose en un cuarto de círculo de 5.85 m de radio. Su cuerpo está horizontal cuando pasa el punto D, el borde lejano del medio tubo. Cuando pasa a través del punto D, la velocidad del muchacho es 5.14 m/s. ¿Cuánta energía potencial química en el cuerpo del muchacho se convirtió en energía mecánica en el sistema muchacho-Tierra cuando se puso de pie en el punto B? (c) ¿Qué tan alto por encima del punto D se levanta? *Precaución:* no intente hacer este truco usted solo sin tener las habilidades y el equipo de protección necesarios.

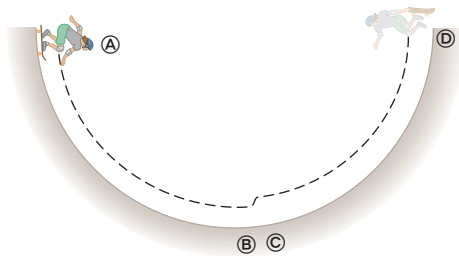


Figura P8.49

50. Haciendo caso omiso del peligro, un niño salta sobre una pila de colchones viejos para usarlos como un trampolín. Su movimiento entre dos puntos concretos se describe por la ecuación de conservación de energía

$$\frac{1}{2}(46.0 \text{ kg})(2.40 \text{ m/s})^2 + (46.0 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)(2.80 \text{ m} + x) = \frac{1}{2}(1.94 \times 10^4 \text{ N/m})x^2$$

(a) Resuelva la ecuación para x . (b) Redacte el enunciado de un problema, incluyendo los datos para que esta ecuación dé la solución. (c) Agregue los dos valores de x obtenidos en el inciso (a) y divida entre 2. (d) ¿Cuál es el significado del valor resultante en el inciso (c)?

51. Jonathan anda en bicicleta y se encuentra con una colina de 7.30 m de altura. En la base de la colina, está viajando a 6.00 m/s. Cuando llega a la cima de la colina, está viajando a 1.00 m/s. Jonathan y su bicicleta juntos tienen una masa de 85.0 kg. Desprecie la fricción en el mecanismo de la bicicleta y entre los neumáticos de la bicicleta y la carretera. (a) ¿Cuál es el trabajo externo total hecho sobre

el sistema de Jonathan y la bicicleta entre el tiempo que empieza a subir la colina y el tiempo en que llega a la cima? (b) ¿Cuál es el cambio en energía potencial almacenada en el cuerpo de Jonathan durante este proceso? (c) ¿Cuánto trabajo hace Jonathan al pedalear la bicicleta dentro del sistema Jonathan-bicicleta-Tierra durante este proceso?

52. Jonathan anda en bicicleta y se encuentra con una colina de altura h . En la base de la colina está viajando con una rapidez v_i . Cuando llega a la cima de la colina está viajando con una rapidez v_f . Jonathan y su bicicleta juntos tienen una masa m . Desprecie la fricción en el mecanismo de la bicicleta y entre los neumáticos de la bicicleta y la carretera. (a) ¿Cuál es el trabajo externo total hecho sobre el sistema de Jonathan y la bicicleta entre el tiempo que empieza a subir la colina y el tiempo en que llega a la cima? (b) ¿Cuál es el cambio en energía potencial almacenada en el cuerpo de Jonathan durante este proceso? (c) ¿Cuánto trabajo hace Jonathan al pedalear la bicicleta dentro del sistema Jonathan-bicicleta-Tierra durante este proceso?
53. Considere el sistema bloque-resorte-superficie en la parte (B) del ejemplo 8.6. (a) Usando un método de energía encuentre la posición x del bloque en que su rapidez es un máximo. (b) En la sección **¿Qué pasaría si?** de dicho ejemplo, se exploraron los efectos de una fuerza de fricción aumentada de 10.0 N. ¿En qué posición del bloque se presenta su rapidez máxima en esta situación?

54. Mientras limpia un estacionamiento, un quitanieve empuja una pila cada vez más grande de nieve enfrente de él. Suponga que un automóvil que se mueve a través del aire se modela como un cilindro de área A que empuja un disco creciente de aire enfrente de él. El aire originalmente estacionario se pone en movimiento a la rapidez constante v del cilindro, como se muestra en la figura P8.54. En un intervalo de tiempo Δt , un nuevo disco de aire de masa Δm se debe mover una distancia $v \Delta t$ y, por tanto, se le debe dar una energía cinética $\frac{1}{2}(\Delta m)v^2$. Con el uso de este modelo, muestre que la pérdida de potencia del automóvil debida a la resistencia del aire es $\frac{1}{2}\rho A v^3$, y que la fuerza resistiva que actúa sobre el automóvil es $\frac{1}{2}\rho A v^2$, donde ρ es la densidad del aire. Compare este resultado con la expresión empírica $\frac{1}{2}D\rho A v^2$ para la fuerza resistiva.

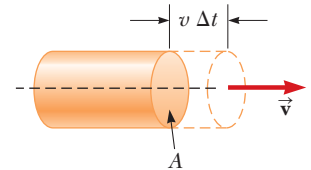


Figura P8.54

55. Una turbina de viento en un parque eólico responde a una fuerza de resistencia de aire de alta rapidez, $R = \frac{1}{2}D\rho A v^2$. La potencia disponible es $P = Rv = \frac{1}{2}D\rho\pi r^2 v^3$, donde v es la rapidez del viento y hemos supuesto una cara circular para la turbina de viento de radio r . Tome el coeficiente de arrastre como $D = 1.00$ y la densidad del aire del apéndice al final del libro. Para una turbina de viento que tiene $r = 1.50 \text{ m}$, calcule la potencia disponible con (a) $v = 8.00 \text{ m/s}$ y (b) $v = 24.0 \text{ m/s}$. La potencia entregada al generador está limitada por la eficiencia del sistema, alrededor del 25%. En comparación, una casa americana grande utiliza aproximadamente 2 kW de energía eléctrica.
56. Considere el rifle de juguete del ejemplo 8.3. Supongamos que la masa del proyectil, la distancia de compresión y la constante elástica permanecen constantes, como las dadas

o calculadas en el ejemplo. Sin embargo, suponga que hay una fuerza de fricción de magnitud 2.00 N que actúa sobre el proyectil conforme roza contra el interior del cañón. La longitud vertical desde el punto A hasta el final del barril es 0.600 m. (a) Después que se comprime el resorte y se dispara el rifle de juguete, ¿hasta qué altura llega el proyectil por encima del punto B? (b) Dibuje cuatro gráficas de barras de energía para esta situación, análogas a las figuras 8.6c–d.

57. Conforme el conductor pisa el pedal del acelerador, un automóvil de 1 160 kg de masa se acelera desde el reposo. Durante los primeros segundos de movimiento, el automóvil aumenta su aceleración con el tiempo de acuerdo con la expresión

$$a = 1.16t - 0.210t^2 + 0.240t^3$$

donde t está en segundos y a está en m/s^2 . (a) ¿Cuál es el cambio en la energía cinética del vehículo durante el intervalo de $t = 0$ a $t = 2.50$ s? (b) ¿Cuál es la potencia promedio mínima del motor en este intervalo de tiempo? (c) ¿Por qué el valor del inciso (b) se describe como el valor mínimo?

58. **Problema de repaso.** ¿Por qué es imposible la siguiente situación? Se afirma que una nueva montaña rusa de alta rapidez es tan segura que los pasajeros no necesitan llevar cinturones de seguridad o cualquier otro dispositivo de restricción. La montaña está diseñada con una sección circular vertical sobre la cual la montaña viaja en el interior del círculo para que los pasajeros estén boca abajo durante un corto intervalo de tiempo. El radio de la sección circular es 12.0 m y la montaña rusa entra en la parte inferior de la sección circular con una rapidez de 22.0 m/s. Suponga que el carro se mueve sin fricción en la pista y modele al carro como una partícula.

59. Un resorte horizontal unido a una pared tiene una constante de fuerza $k = 850$ N/m. Un bloque de masa $m = 1.00$ kg se une al resorte y descansa sobre una superficie horizontal sin fricción, como en la figura P8.59. (a) El bloque se jala a una posición $x_i = 6.00$ cm desde la posición de equilibrio y se suelta. Encuentre la energía potencial elástica almacenada en el resorte cuando el bloque está a 6.00 cm de la posición de equilibrio y cuando el bloque pasa por la posición de equilibrio. (b) Encuentre la rapidez del bloque cuando pasa por el punto de equilibrio. (c) ¿Cuál es la rapidez del bloque cuando está en una posición $x_i/2 = 3.00$ cm? (d) ¿Por qué la respuesta al inciso (c) no es la mitad de la respuesta del inciso (b).

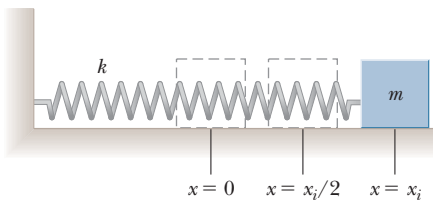


Figura P8.59

60. Hace más de 2 300 años el maestro griego Aristóteles escribió el primer libro llamado *Física*. Puesto en terminología más precisa, este pasaje es del final de su sección Eta:

Sea P la potencia de un agente que causa movimiento; w , la carga movida; d , la distancia recorrida, y Δt , el intervalo de tiempo requerido. Entonces (1) una potencia igual a P en un intervalo de tiempo igual a Δt moverá $w/2$ una distancia $2d$, o (2) moverá $w/2$ la distancia dada d en el intervalo de tiempo $\Delta t/2$. Además, si (3) la potencia conocida P mueve la carga dada w una distancia $d/2$ en el intervalo de tiempo $\Delta t/2$, por lo tanto (4) $P/2$ moverá $w/2$ la distancia dada d en el intervalo de tiempo dado Δt .

(a) Demuestre que las proporciones de Aristóteles se incluyen en la ecuación $P \Delta t = bwd$, donde b es una constante de proporcionalidad. (b) Demuestre que la teoría de movimiento del libro incluye esta parte de la teoría de Aristóteles como un caso especial. En particular, describa una situación en la que sea verdadera, deduzca la ecuación que represente las proporciones de Aristóteles y determine la constante de proporcionalidad.

61. El zanco saltarín de un niño (figura P8.61) almacena energía en un resorte con una constante de fuerza de 2.50×10^4 N/m. En la posición A ($x_A = -0.100$ m), la compresión del resorte es un máximo y el niño momentáneamente está en reposo. En la posición B ($x_B = 0$), el resorte está relajado y el niño se mueve hacia arriba. En la posición C, el niño de nuevo está momentáneamente en reposo en lo alto del salto. La masa combinada del niño y el zanco es de 25.0 kg. Aunque el niño debe inclinarse hacia adelante para permanecer en equilibrio, el ángulo es pequeño, por lo que vamos a suponer que el zanco saltarín es vertical. También se supone que el niño no dobla sus piernas durante el movimiento. (a) Calcule la energía total del sistema niño-zanco saltarín-Tierra, y considere las energías gravitacional y potencial elástica como cero para $x = 0$. (b) Determine x_C . (c) Calcule la rapidez del niño en $x = 0$. (d) Determine el valor de x para el que la energía cinética del sistema sea un máximo. (e) Calcule la rapidez hacia arriba máxima del niño.

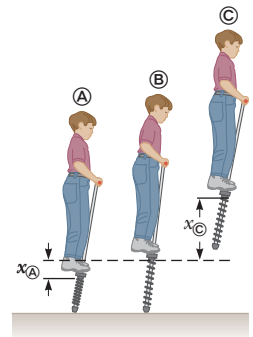


Figura P8.61

62. Un objeto de 1.00 kg se desliza hacia la derecha sobre una superficie que tiene un coeficiente de fricción cinética de 0.250 (figura P8.62a). El objeto tiene una rapidez $v_i = 3.00$ m/s cuando hace contacto con un resorte ligero que tiene una constante de fuerza de 50.0 N/m. El objeto

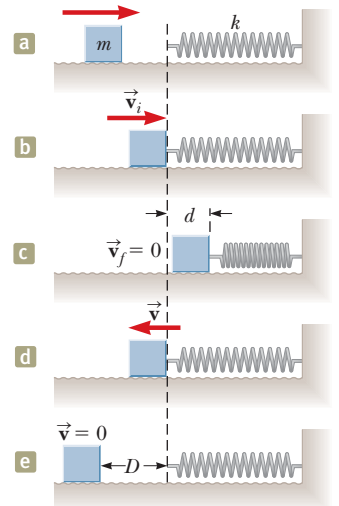


Figura P8.62

llega al reposo después que el resorte se comprime una distancia d (figura P8.62c). Entonces el objeto se fuerza hacia la izquierda mediante el resorte y continúa moviéndose en dicha dirección más allá de la posición no estirada del resorte (figura 8.62d). Al final, el objeto llega al reposo una distancia D a la izquierda del resorte no estirado (figura 8.62e). Encuentre (a) la distancia de compresión d , (b) la rapidez v en la posición no estirada cuando el objeto se está moviendo hacia la izquierda y (c) la distancia D donde el objeto llega al reposo.

63. Un bloque de 10.0 kg se libera desde el punto A en la figura P8.63. La pista no tiene fricción, excepto por la porción entre los puntos B y C, que tiene una longitud de 6.00 m. El bloque viaja por la pista, golpea un resorte con 2 250 N/m de constante de fuerza y comprime el resorte 0.300 m desde su posición de equilibrio antes de llegar al reposo momentáneamente. Determine el coeficiente de fricción cinética entre el bloque y la superficie rugosa entre B y C.

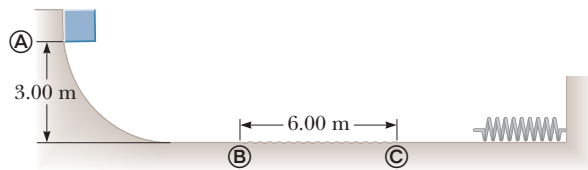


Figura P8.63

64. Un bloque de masa $m_1 = 20.0$ kg se conecta a un bloque de masa $m_2 = 30.0$ kg mediante una cuerda que pasa sobre una polea ligera sin fricción. El bloque de 30.0 kg se conecta a un resorte que tiene masa despreciable y una constante de fuerza de 250 N/m, como se muestra en la figura P8.64. El resorte no está estirado cuando el sistema está como se muestra en la figura y el plano inclinado no tiene fricción. El bloque de 20.0 kg se jala una distancia $h = 20.0$ cm hacia abajo del plano inclinado de ángulo $\theta = 40.0^\circ$ y se libera desde el reposo. Encuentre la rapidez de cada bloque cuando el resorte ya no está estirado).
65. Un bloque de 0.500 kg de masa se empuja contra un resorte horizontal de masa despreciable hasta que el resorte se comprime una distancia x (figura P8.65). La constante de fuerza del resorte es 450 N/m. Cuando se libera, el bloque viaja a lo largo de una superficie horizontal sin fricción al punto A, la parte baja de una pista circular vertical de radio $R = 1.00$ m, y continúa moviéndose a lo largo de la pista. La rapidez del bloque en la parte baja

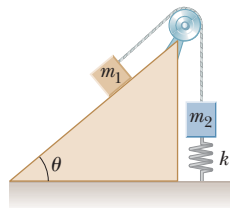


Figura P8.64

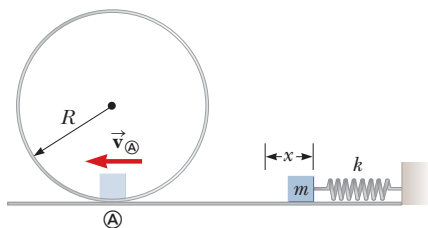


Figura P8.65

de la pista es $v_A = 12.0$ m/s, y el bloque experimenta una fuerza de fricción promedio de 7.00 N mientras se desliza hacia arriba de la pista. (a) ¿Cuál es x ? (b) Si el bloque alcanzará la parte superior de la pista, ¿cuál sería su rapidez en ese punto? (c) ¿En realidad el bloque llega a lo alto de la pista o cae antes de llegar a lo alto?

66. **Problema de repaso.** Como una broma, alguien equilibró una calabaza en el punto más alto de un gran silo. El silo tiene como remate un casco semiesférico que no tiene fricción cuando está mojado. La línea desde el centro de curvatura del casco hacia la calabaza forma un ángulo $\theta_i = 0^\circ$ con la vertical. En una noche lluviosa, mientras está de pie en las cercanías, un soplo de viento hace que la calabaza se comience a deslizar hacia abajo desde el reposo. La calabaza pierde contacto con el casco cuando la línea desde el centro del hemisferio hacia la calabaza forma cierto ángulo con la vertical. ¿Cuál es este ángulo?

67. **Problema de repaso.** La masa de un automóvil es 1 500 kg. La forma del cuerpo del automóvil es tal que su coeficiente de arrastre aerodinámico es $D = 0.330$ y su área frontal es 2.50 m². Suponga que la fuerza de arrastre es proporcional a v^2 e ignore otras fuentes de fricción, calcule la potencia requerida para mantener una rapidez de 100 km/h mientras el automóvil asciende una larga colina con 3.20° de pendiente.

68. Un péndulo, que consta de una cuerda ligera de longitud L y una esfera pequeña, se balancea en el plano vertical. La cuerda golpea una clavija ubicada a una distancia d bajo el punto de suspensión (figura P8.68). (a) Demuestre que si la esfera se libera desde una altura por abajo de la clavija, regresará a esta altura después que la cuerda golpee la clavija. (b) Demuestre que si el péndulo se libera desde la posición horizontal ($\theta = 90^\circ$) y se balancea en un círculo completo con centro en la clavija, el valor mínimo de d debe ser $3L/5$.

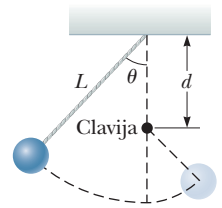


Figura P8.68

69. Un bloque de masa M descansa sobre una mesa. Se amarra al extremo inferior de un resorte vertical ligero. El extremo superior del resorte se amarra a un bloque de masa m . El bloque superior se empuja hacia abajo con una fuerza adicional $3mg$, así que la compresión del resorte es $4mg/k$. En esta configuración, el bloque superior se libera desde el reposo. El resorte eleva de la mesa al bloque inferior. En términos de m , ¿cuál es el mayor valor posible de M ?

70. **Problema de repaso.** ¿Por qué es imposible la siguiente situación?

Una atleta pone a prueba la fortaleza de sus manos al tener un asistente que cuelga pesos de su cinturón cuando se cuelga con sus manos de una barra horizontal. Cuando los pesos que cuelgan de su cinturón han aumentado hasta el 80% de su peso corporal, sus manos ya no pueden apoyarla y cae al piso. Frustrada por no cumplir su

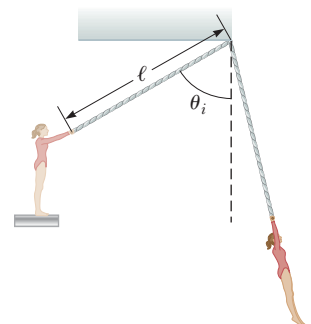


Figura P8.70

meta de fuerza en las manos, decide pivotar en un trapecio. El trapecio consiste en una barra suspendida por dos cuerdas paralelas, cada una de longitud ℓ , permitiendo a los artistas pivotar en un arco circular vertical (figura P8.70). La atleta sostiene la barra y sale de una plataforma elevada, comenzando a partir del reposo con las cuerdas en un ángulo $\theta_i = 60.0^\circ$ con respecto a la vertical. Cuando se balancea hacia adelante y hacia atrás varias veces en un arco circular, olvida su frustración relacionada con la prueba de fuerza en las manos. Suponga que el tamaño del cuerpo de la artista es pequeño en comparación con la longitud ℓ y que la resistencia del aire es despreciable.

71. Mientras corre, una persona transforma 0.600 J de energía química en energía mecánica por paso por kilogramo de masa del cuerpo. Si un corredor de 60.0 kg transforma energía a un ritmo de 70.0 W durante una carrera, ¿qué tan rápido está corriendo la persona? Suponga que un paso corriendo tiene una longitud de 1.50 m.
72. Un carro de montaña rusa que se muestra en la figura P8.72 se libera desde el reposo a una altura h y luego se mueve libremente con fricción despreciable. La montaña rusa tiene un bucle circular de radio R en un plano vertical. (a) Primero suponga que el carro apenas libra el bucle; en lo alto del bucle, los pasajeros están cabeza abajo y se sienten sin peso. Encuentre la altura h requerida del punto de liberación por encima de la parte baja del bucle en términos de R . (b) Ahora suponga que el punto de liberación está en o arriba de la altura mínima requerida. Demuestre que la fuerza normal sobre el carro en la parte baja del bucle supera la fuerza normal en lo alto del bucle por seis veces el peso del carro. La fuerza normal sobre cada pasajero sigue la misma regla. Puesto que una fuerza normal tan grande es peligrosa y muy incómoda para los pasajeros, las montañas rusas no se construyen con bucles circulares en planos verticales. La figura P6.17 (página 170) muestra un diseño actual.

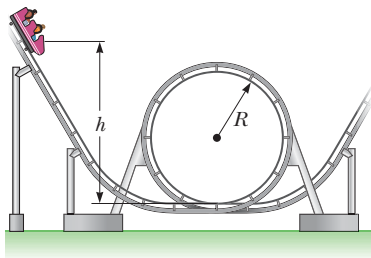


Figura P8.72

73. Una bola gira alrededor de un círculo *vertical* en el extremo de una cuerda. El otro extremo de la cuerda está fijo en el centro del círculo. Suponiendo que la energía total del sistema bola-Tierra permanece constante, demuestre que la tensión en la cuerda en la parte baja es mayor que la tensión en lo alto por seis veces el peso de la bola.
74. Un avión de 1.50×10^4 kg de masa hace un vuelo a nivel, moviéndose inicialmente a 60.0 m/s. La fuerza resistiva ejercida por el aire en el avión tiene una magnitud de 4.0×10^4 N. Por la tercera ley de Newton, si los motores ejercen una fuerza sobre los gases de escape para expulsarlos de la parte posterior del motor, los gases de escape ejer-

cen una fuerza sobre los motores en la dirección de desplazamiento del avión. Esta fuerza se denomina empuje, y el valor del empuje en esta situación es 7.50×10^4 N. (a) ¿El trabajo realizado por los gases de escape en el avión durante un intervalo de tiempo es igual al cambio en la energía cinética del avión? Explique. (b) Encuentre la rapidez del avión después que ha viajado 5.0×10^2 m.

75. Considere la colisión bloque-resorte analizada en el ejemplo 8.8. (a) En la parte (B), para la situación en que la superficie ejerce una fuerza de fricción sobre el bloque, demuestre que el bloque nunca llega de regreso a $x = 0$. (b) ¿Cuál es el valor máximo del coeficiente de fricción que permitiría al bloque regresar a $x = 0$?
76. Haciendo bicicleta para ejercicio aeróbico, una mujer quiere que su ritmo cardíaco esté entre 136 y 166 latidos por minuto. Suponga que su ritmo cardíaco es directamente proporcional a su potencia mecánica de salida dentro del rango indicado. Desprecie todas las fuerzas sobre el sistema mujer-bicicleta, excepto la fricción estática hacia adelante en la tracción de la bicicleta y una fuerza de resistencia del aire proporcional al cuadrado de su rapidez. Cuando su rapidez es de 22.0 km/h, su ritmo cardíaco es 90.0 latidos por minuto. ¿En qué rango debe estar su rapidez para que su ritmo cardíaco esté en el rango que quiere?
77. **Problema de repaso.** En 1887, en Bridgeport, Connecticut, C. J. Belknap construyó el tobogán de agua que se muestra en la figura P8.77. Un pasajero en un pequeño trineo, de 80.0 kg de masa total, se empuja para arrancar en lo alto del tobogán (punto A), con una rapidez de 2.50 m/s. El tobogán tiene 9.76 m de alto en la cima, 54.3 m de largo y 0.51 m de ancho. A lo largo de su longitud, 725 ruedas pequeñas hacen la fricción despreciable. Al momento de dejar el tobogán horizontalmente en su extremo inferior (punto C), el pasajero pasa rozando el agua de Long Island Sound por hasta 50 m, “saltando como un guijarro plano”, antes de que llegue al reposo y nade a la orilla, jalando su trineo tras de él. (a) Encuentre la rapidez del trineo y el pasajero en el punto C. (b) Modele la fuerza de la fricción

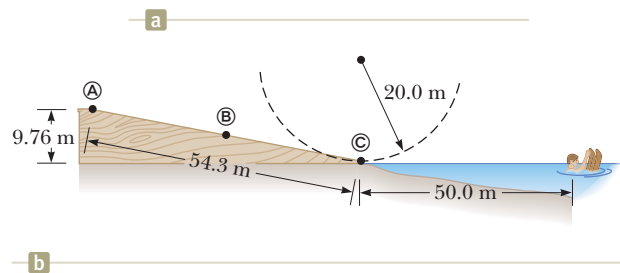


Figura P8.77

del agua como una fuerza retardadora constante que actúa sobre una partícula. Encuentre la magnitud de la fuerza de fricción que el agua ejerce sobre el trineo. (c) Encuentre la magnitud de la fuerza que el tobogán ejerce sobre el trineo en el punto ⑥. (d) En el punto ③ el tobogán es horizontal, pero curvo en el plano vertical. Suponga que su radio de curvatura es 20.0 m. Encuentre la fuerza que el tobogán ejerce sobre el trineo en el punto ③.

78. En una biopsia con aguja, se extrae una tira estrecha de tejido de un paciente usando una aguja hueca. En lugar de empujar con la mano, para asegurar un corte limpio se dispara la aguja con un resorte dentro del cuerpo del paciente. Suponga que la aguja tiene una masa de 5.60 g, el resorte ligero tiene una constante de fuerza de 375 N/m y el resorte se comprime originalmente 8.10 cm para proyectar a la aguja horizontalmente sin fricción. Después que la aguja sale del resorte, la punta de la aguja se mueve a través de 2.40 cm de piel y tejido blando, que ejercen sobre ésta una fuerza resistiva de 7.60 N. Luego, la aguja corta 3.50 cm en un órgano, que ejerce sobre ésta una fuerza de retroceso de 9.20 N. Encuentre (a) la rapidez máxima de la aguja y (b) la rapidez con la que corre la brida en el extremo trasero de la aguja para parar y así limitar la penetración a 5.90 cm.

Problemas de desafío

79. **Problema de repaso.** Un tablero uniforme de longitud L se desliza a lo largo de un plano horizontal uniforme (sin fricción), como se muestra en la figura P8.79a. Después el tablero se desliza a través de la frontera con una superficie horizontal rugosa. El coeficiente de fricción cinética entre el tablero y la segunda superficie es μ_k . (a) Encuentre la aceleración del tablero cuando su extremo frontal recorre una distancia x más allá de la frontera. (b) El tablero se detiene en el momento que su extremo posterior llega a la frontera, como se muestra en la figura P8.79b. Encuentre la rapidez inicial v del tablero.

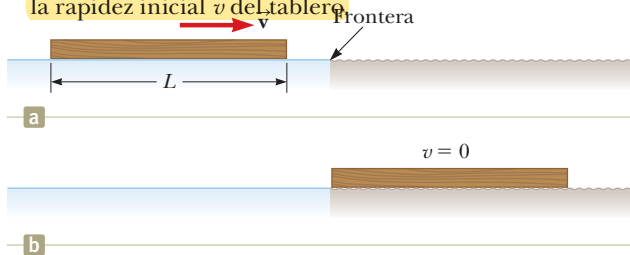


Figura P8.79

80. Desde el reposo, una persona de 64.0 kg hace un salto bungee desde un globo anclado a 65.0 m sobre el suelo. La cuerda bungee tiene masa despreciable y longitud no estirada de 25.8 m. Un extremo se amarra a la canasta del globo aerostático y el otro extremo a un arnés alrededor del cuerpo de la persona. La cuerda se modela como un resorte que obedece la ley de Hooke con una constante de resorte de 81.0 N/m, y el cuerpo de la persona se modela como partícula. El globo no se mueve. (a) Exprese la energía potencial gravitacional del sistema persona-Tierra como función de la altura variable y de la persona sobre el suelo. (b) Exprese la energía potencial elástica de la cuerda como función de y . (c) Exprese la energía poten-

cial total del sistema persona-cuerda-Tierra como función de y . (d) Trace una gráfica de energías gravitacional, elástica y potencial total como funciones de y . (e) Suponga que la resistencia del aire es despreciable. Determine la altura mínima de la persona sobre el suelo durante su caída. (f) ¿La gráfica de energía potencial muestra alguna posición de equilibrio? Si es así, ¿a qué elevaciones? ¿Son estables o inestables? (g) Determine la rapidez máxima del saltador.

81. Jane, cuya masa es 50.0 kg, necesita columpiarse a través de un río (que tiene una anchura D), lleno de cocodrilos cebados con carne humana, para salvar a Tarzán del peligro. Ella debe columpiarse contra un viento que ejerce una fuerza horizontal constante \vec{F} , en una liana que tiene longitud L e inicialmente forma un ángulo θ con la vertical (figura P8.81). Considere $D = 50.0$ m, $F = 110$ N, $L = 40.0$ m y $\theta = 50.0^\circ$. (a) ¿Con qué rapidez mínima Jane debe comenzar su balanceo para apenas llegar al otro lado? (b) Una vez que el rescate está completo, Tarzán y Jane deben columpiarse de vuelta a través del río. ¿Con qué rapidez mínima deben comenzar su balanceo? Suponga que Tarzán tiene una masa de 80.0 kg.

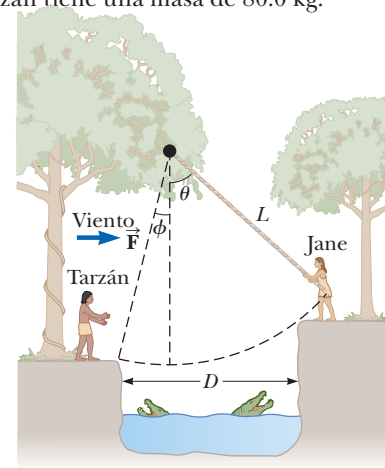


Figura P8.81

82. Una bola de masa $m = 300$ g se conecta mediante una cuerda resistente de longitud $L = 80.0$ cm a un pivote y se mantiene en su lugar con la cuerda vertical. Un viento ejerce fuerza constante F hacia la derecha sobre la bola, como se muestra en la figura P8.82. La bola se libera desde el reposo. El viento hace que se balancee para lograr altura máxima H sobre su punto de partida antes de que se balancee abajo de nuevo. (a) Encuentre H como función

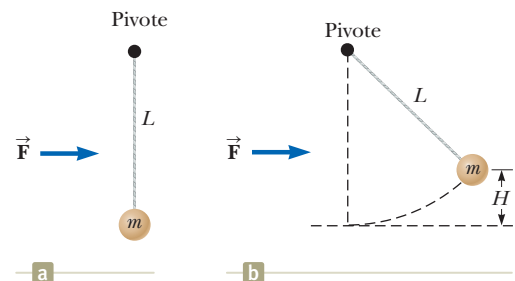


Figura P8.82

de F . Evalúe H (b) para $F = 1.00 \text{ N}$ y (c) para $F = 10.0 \text{ N}$. ¿Cómo se comporta H (d) cuando F tiende a cero y (e) cuando F tiende a infinito? (f) Ahora considere la altura de equilibrio de la bola con el viento que sopla. Déterminela como función de F . Evalúe la altura de equilibrio (g) para $F = 10 \text{ N}$ y (h) para F que tiende a infinito.

83. **¿Qué pasaría si?** Considere la montaña rusa que se describe en el problema 58. Debido a que hay algo de fricción entre la montaña y la pista, la montaña rusa entra en la sección circular con una rapidez de 15.0 m/s en lugar de los 22.0 m/s del problema 58. ¿Esta situación es más o menos peligrosa para los pasajeros que la del problema 58? Suponga que la sección circular aún está sin fricción.
84. Una cadena uniforme de 8.00 m de longitud inicialmente yace estirada sobre una mesa horizontal. (a) Suponiendo que el coeficiente de fricción estática entre la cadena y la mesa es 0.600 , demuestre que la cadena comenzará a

deslizarse de la mesa si al menos 3.00 m de ella cuelgan sobre el borde de la mesa. (b) Determine la rapidez de la cadena cuando su último eslabón deja la mesa, teniendo en cuenta que el coeficiente de fricción cinética entre la cadena y la mesa es 0.400 .

85. Un atrevido planea un salto bungee desde un globo aerostático a 65.0 m del suelo. Usará una cuerda elástica uniforme, amarrada a un arnés alrededor de su cuerpo, para detener su caída en un punto 10.0 m sobre el suelo. Modele su cuerpo como una partícula y la cuerda como si tuviera masa despreciable y obedeciera la ley de Hooke. En una prueba preliminar, colgando en reposo de una cuerda de 5.00 m de largo, él encontró que el peso de su cuerpo estira la cuerda 1.50 m . Él pretende soltarse desde el reposo en el punto donde el extremo superior de una sección más larga de la cuerda está unida al globo fijo. (a) ¿Qué longitud de cuerda debe usar? (b) ¿Qué aceleración máxima experimentará?