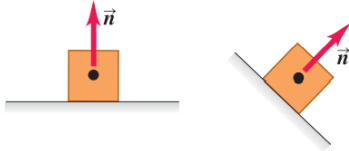
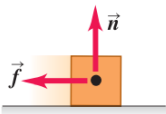


UNIDAD III: Movimiento de los cuerpos a partir de las leyes de dinámica de Newton

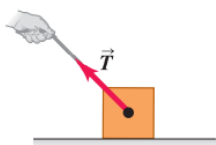
a) **Fuerza normal \vec{n} :** cuando un objeto descansa o se empuja sobre una superficie, ésta ejerce un empujón sobre el objeto que es perpendicular a la superficie.



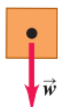
b) **Fuerza de fricción \vec{f} :** además de la fuerza normal, una superficie puede ejercer una fuerza de fricción sobre un objeto que es paralela a la superficie.



c) **Fuerza de tensión \vec{T} :** una fuerza de tirón ejercida sobre un objeto por una cuerda, un cordón, etc.



d) **Peso \vec{w} :** el tirón de la gravedad sobre un objeto es una fuerza de largo alcance (una fuerza que actúa en una distancia).



¿Qué es una fuerza?

- Fuerza es una interacción entre dos cuerpos o entre un cuerpo y su ambiente; por esto, siempre nos referimos a la fuerza que un cuerpo ejerce sobre un segundo cuerpo.
- La fuerza es una cantidad vectorial: podemos empujar un cuerpo o tirar de él en diferentes direcciones.
- La unidad de medida de una fuerza en el Sistema Internacional, es el Newton (N).

Fuerzas de contacto

- **Fuerza normal:** (ejercida sobre un objeto por cualquier superficie con la que esté en contacto, el término “normal” indica que la fuerza es perpendicular a la superficie de contacto).
- **Tensión:** es ejercida por una cuerda o cable, se traza saliendo del objeto y paralela a la cuerda.
- **Empujón**
- **Fricción:** ejercida por una superficie sobre un objeto, es una fuerza paralela a la superficie y en sentido opuesto al movimiento para dificultar a este.

Fuerzas de largo alcance

- **Fuerza gravitatoria o gravitacional (peso):** es la fuerza de atracción que el centro de la Tierra le hace a un objeto.
- **Fuerza electrostática:** fuerza de atracción de cargas eléctricas opuestas o fuerza de repulsión de cargas eléctricas iguales.

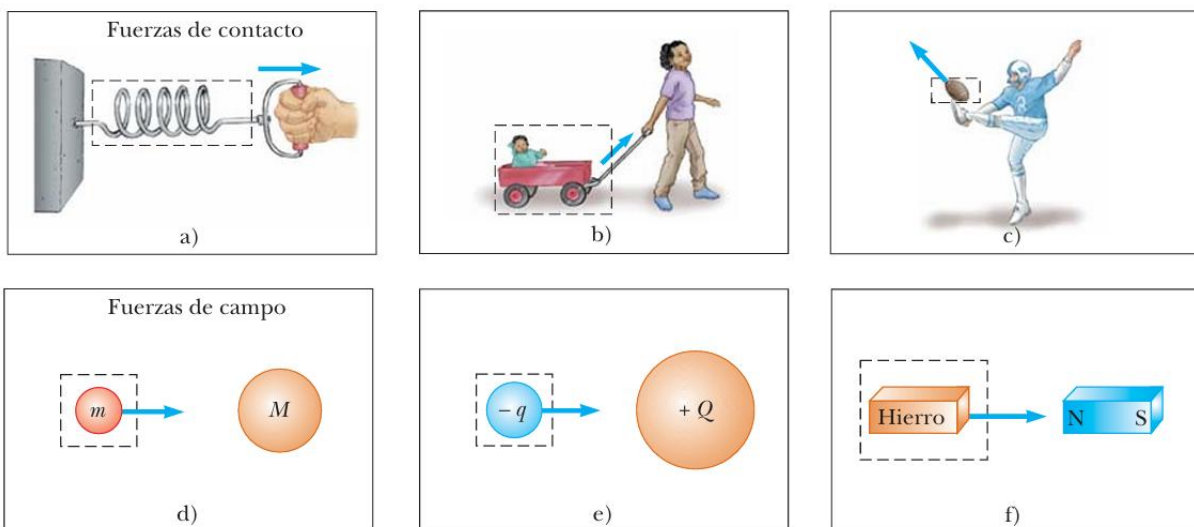


Figura 5.1 Algunos ejemplos de fuerzas aplicadas. En cada caso, sobre el objeto dentro del área limitada por líneas discontinuas se ejerce una fuerza. Algún agente en el ambiente exterior al área del recuadro ejerce una fuerza sobre el objeto.

Contenido extraído de los libros:

“Física Universitaria” de Young, Freedman, Sears & Zemanky, Volumen 1, 12ª edición.

“Física para Ciencias e Ingeniería” de Serway-Jewett, Volumen 1, 7ª edición.

Diagrama de cuerpo libre (DCL)

Un diagrama de cuerpo libre es un diagrama que muestra el cuerpo elegido solo, “libre” de su entorno, con vectores que muestren las magnitudes y direcciones de todas las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo por todos los cuerpos que interactúan con él.

No olvide incluir todas las fuerzas que actúen sobre el cuerpo, y cuídese también de no incluir fuerzas que el cuerpo ejerza sobre otro cuerpo. Tampoco se incluyen las fuerzas que un cuerpo ejerce sobre sí mismo, ya que éstas no pueden afectar su movimiento.

Al terminar de dibujar un diagrama de cuerpo libre, usted debe ser capaz de contestar, para cada fuerza, la pregunta: “¿qué otro cuerpo está aplicando dicha fuerza?” Si no puede responderla, tal vez está tratando con una fuerza inexistente. Cuídese sobre todo de evitar fuerzas ficticias como “la fuerza de aceleración”

Primera ley de Newton

👓 “Un cuerpo sobre el que no actúa una fuerza neta se mueve con velocidad constante (que puede ser cero) y aceleración cero”

- Cuando un cuerpo está en reposo o se mueve con velocidad constante (en línea recta con rapidez constante), decimos que el cuerpo está en equilibrio.

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (\text{cuerpo en equilibrio})$$
$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad (\text{cuerpo en equilibrio})$$

Segunda ley de Newton

👓 La tendencia de un cuerpo a seguir moviéndose una vez iniciado su movimiento es resultado de una propiedad llamada inercia.

👓 Un newton es la cantidad de fuerza neta que proporciona una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado a un cuerpo con masa de 1 kilogramo.

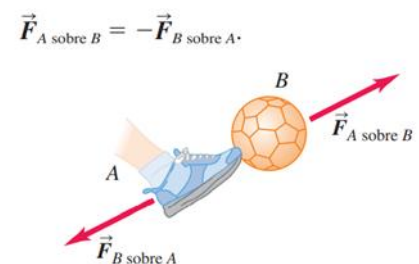
👓 Si una fuerza externa neta actúa sobre un cuerpo, éste se acelera. La dirección de aceleración es la misma que la dirección de la fuerza neta. El vector de fuerza neta es igual a la masa del cuerpo multiplicada por su aceleración.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{segunda ley del movimiento de Newton})$$
$$\sum F_x = ma_x \quad \sum F_y = ma_y \quad \sum F_z = ma_z$$

Tercera ley de Newton

👓 Si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B (una “acción”), entonces, B ejerce una fuerza sobre A (una “reacción”). Estas dos fuerzas tienen la misma magnitud, pero dirección opuesta, y actúan sobre diferentes cuerpos.

$$\vec{F}_{A \text{ sobre } B} = -\vec{F}_{B \text{ sobre } A} \quad (\text{tercera ley del movimiento de Newton})$$



Fuerza de fricción cinética y estática

Cuando el objeto está en movimiento:

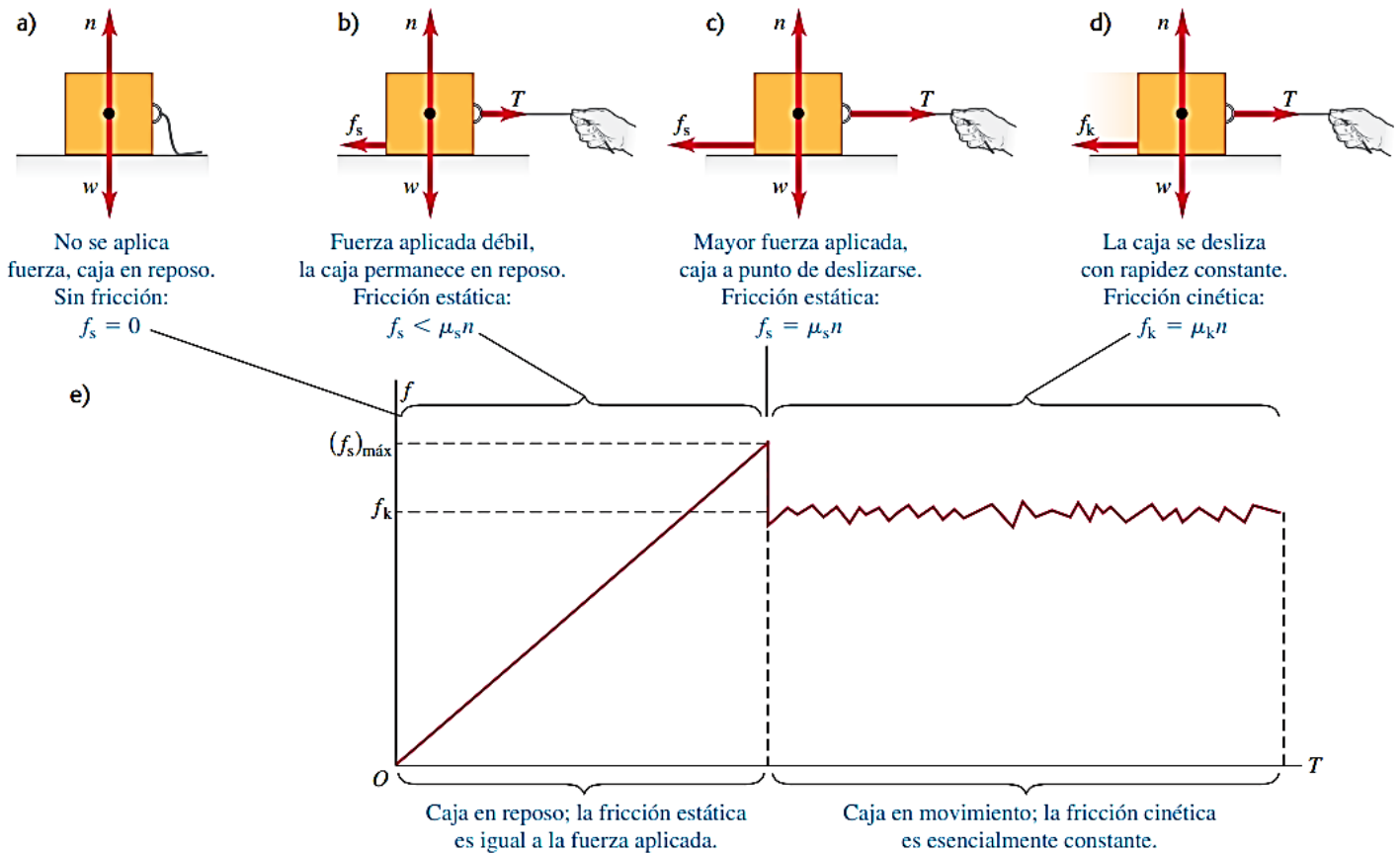
$$f_k = \mu_k n \quad (\text{magnitud de la fuerza de fricción cinética})$$

Cuando el objeto está en reposo:

$$f_s \leq \mu_s n \quad (\text{magnitud de la fuerza de fricción estática})$$

En ambas ecuaciones, f representa la magnitud de la fuerza de fricción, n la magnitud de la fuerza normal y μ el coeficiente de fricción.

Materiales	Coefficiente de fricción estática, μ_s	Coefficiente de fricción cinética, μ_k
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Latón sobre acero	0.51	0.44
Zinc sobre hierro colado	0.85	0.21
Cobre sobre hierro colado	1.05	0.29
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.40
Cobre sobre vidrio	0.68	0.53
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Teflón sobre acero	0.04	0.04
Hule sobre concreto (seco)	1.0	0.8
Hule en concreto (húmedo)	0.30	0.25



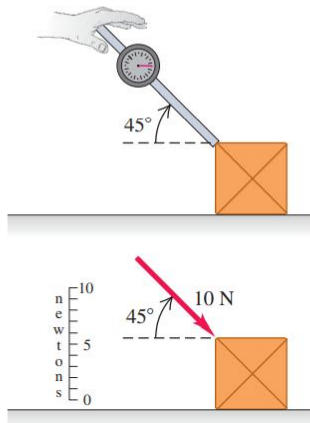
EJERCICIOS

4.1. Dos fuerzas tienen la misma magnitud F . ¿Qué ángulo hay entre los dos vectores si su resultante tiene magnitud $a) 2F?$ $b) \sqrt{2}F?$ $c)$ cero? Dibuje los 3 vectores en cada situación.

4.2. En vez de usar los ejes x y y de la figura 4.8 para analizar la situación del ejemplo 4.1, use ejes girados 37.0° en el sentido antihorario, de modo que el eje y sea paralelo a la fuerza de 250 N . $a)$ Para estos ejes, obtenga las componentes x y y de la fuerza neta sobre el cinturón. $b)$ Use esas componentes para obtener la magnitud y dirección de la fuerza neta. Compare sus resultados con los del ejemplo 4.1.

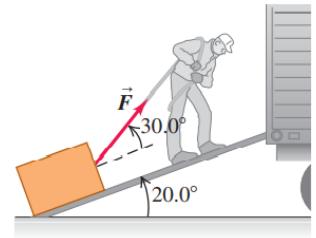
4.3. Un almacenista empuja una caja por el piso, como se indica en la figura 4.31, con una fuerza de 10 N que apunta 45° hacia abajo de la horizontal. Obtenga las componentes horizontal y vertical de la fuerza.

Figura 4.31 Ejercicio 4.3.



4.4. Un hombre arrastra hacia arriba un baúl por la rampa de un camión de mudanzas. La rampa está inclinada 20.0° y el hombre tira con una fuerza \vec{F} cuya dirección forma un ángulo de 30.0° con la rampa (figura 4.32). $a)$ ¿Qué \vec{F} se necesita para que la componente F_x paralela a la rampa sea de 60.0 N ? $b)$ ¿Qué magnitud tendrá entonces la componente F_y perpendicular a la rampa?

Figura 4.32 Ejercicio 4.4.



4.5. Dos perros tiran horizontalmente de cuerdas atadas a un poste; el ángulo entre las cuerdas es de 60.0° . Si el perro A ejerce una fuerza de 270 N , y el B, de 300 N , calcule la magnitud de la fuerza resultante y su ángulo con respecto a la cuerda del perro A.

4.6. Dos fuerzas, \vec{F}_1 y \vec{F}_2 , actúan sobre un punto. La magnitud de \vec{F}_1 es de 9.00 N , y su dirección es de 60.0° sobre el eje x en el segundo cuadrante. La magnitud de \vec{F}_2 es 6.00 N , y su dirección es 53.1° bajo el eje x en el tercer cuadrante. $a)$ Obtenga las componentes x y y de la fuerza resultante. $b)$ Obtenga la magnitud de la fuerza resultante.

Sección 4.3 Segunda ley de Newton

4.7. Si se aplica una fuerza neta horizontal de 132 N a una persona de 60 kg que descansa en el borde de una alberca, ¿qué aceleración horizontal se produce?

4.8. ¿Qué fuerza neta se requiere para impartir a un refrigerador de 135 kg una aceleración de 1.40 m/s^2 ?

4.9. Una caja descansa sobre un estanque helado que actúa como superficie horizontal sin fricción. Si un pescador aplica una fuerza horizontal de 48.0 N a la caja y produce una aceleración de 3.00 m/s^2 , ¿qué masa tiene la caja?

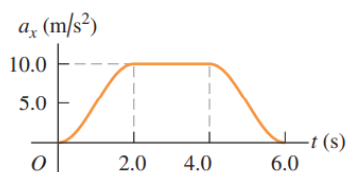
4.10. Un estibador aplica una fuerza horizontal constante de 80.0 N a un bloque de hielo en reposo sobre un piso horizontal, en el que la fricción es despreciable. El bloque parte del reposo y se mueve 11.0 m en 5.00 s. *a)* ¿Qué masa tiene el bloque? *b)* Si el trabajador deja de empujar a los 5.00 s, ¿qué distancia recorrerá el bloque en los siguientes 5.00 s?

4.11. Un disco de hockey con masa de 0.160 kg está en reposo en el origen ($x = 0$) sobre la pista, que es y sin fricción. En el tiempo $t = 0$, un jugador aplica una fuerza de 0.250 N al disco, paralela al eje x , y deja de aplicarla en $t = 2.00 \text{ s}$. *a)* ¿Qué posición y rapidez tiene el disco en $t = 2.00 \text{ s}$? *b)* Si se aplica otra vez esa fuerza en $t = 5.00 \text{ s}$, ¿qué posición y rapidez tiene el disco en $t = 7.00 \text{ s}$?

4.12. Una fuerza horizontal neta de 140 N actúa sobre una caja de 32.5 kg que inicialmente está en reposo en el piso de una bodega. *a)* ¿Qué aceleración se produce? *b)* ¿Qué distancia recorre la caja en 10.0 s? *c)* ¿Qué rapidez tiene después de 10.0 s?

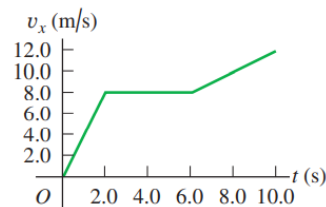
4.13. Un carrito de juguete de 4.50 kg sufre una aceleración en línea recta (el eje x). La gráfica de la figura 4.33 muestra esta aceleración en función del tiempo. *a)* Calcule la fuerza neta máxima sobre este carrito. ¿Cuándo ocurre esta fuerza máxima? *b)* En qué instantes la fuerza neta sobre el carrito es constante? *c)* ¿Cuándo la fuerza neta es igual a cero?

Figura 4.33 Ejercicio 4.13.



4.14. Un gato de 2.75 kg se mueve en línea recta (el eje x). La figura 4.34 muestra una gráfica de la componente x de la velocidad de este gato en función del tiempo. *a)* Calcule la fuerza neta máxima sobre este gato. ¿Cuándo ocurre dicha fuerza? *b)* ¿Cuándo la fuerza neta sobre el gato es igual a cero? *c)* ¿Cuál es la fuerza neta en el tiempo 8.5 s?

Figura 4.34 Ejercicio 4.14.



4.15. Un pequeño cohete de 8.00 kg quema combustible que ejerce una fuerza hacia arriba que varía con el tiempo sobre él, mientras se mueve en la plataforma de lanzamiento. Esta fuerza cumple con la ecuación $F = A + Bt^2$. Las mediciones demuestran que en $t = 0$, la fuerza es de 100.0 N y al final de los primeros 2.00 s, es de 150.0 N.

a) Encuentre las constantes A y B , incluyendo sus unidades del SI. *b)* Obtenga la fuerza neta sobre este cohete y su aceleración i) en el instante en que empieza a quemarse el combustible y ii) 3.00 s después del comienzo de la ignición del combustible. *c)* Suponga que usted estuvo usando el cohete en el espacio exterior, lejos de cualquier gravedad. ¿Cuál sería su aceleración 3.00 s después de la ignición del combustible?

4.16. Un electrón (masa = $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$) sale de un extremo de un cinescopio con rapidez inicial cero y viaja en línea recta hacia la rejilla aceleradora, a 1.80 cm de distancia, llegando a ella con rapidez de $3.00 \times 10^6 \text{ m/s}$. Si la fuerza neta es constante, calcule *a)* la aceleración, *b)* el tiempo para llegar a la rejilla, y *c)* la fuerza neta en newtons. (Puede despreciarse la fuerza gravitacional sobre el electrón.)

Sección 4.4 Masa y peso

4.17. Superman lanza un peñasco de 2400 N a un adversario. ¿Qué fuerza horizontal debe aplicar al peñasco para darle una aceleración horizontal de 12.0 m/s^2 ?

Sección 4.5 Tercera ley de Newton

4.21. Una velocista de alto rendimiento puede arrancar del bloque de salida con una aceleración casi horizontal de magnitud 15 m/s^2 . ¿Qué fuerza horizontal debe aplicar una corredora de 55 kg al bloque de salida al inicio para producir esta aceleración? ¿Qué cuerpo ejerce la fuerza que impulsa a la corredora: el bloque de salida o ella misma?

4.22. Imagine que sostiene un libro que pesa 4 N en reposo en la palma de su mano. Complete lo que sigue: a) _____ ejerce una fuerza hacia abajo de magnitud 4 N sobre el libro. b) La mano ejerce una fuerza hacia arriba de magnitud _____ sobre _____. c) ¿La fuerza hacia arriba del inciso b) es la reacción a la fuerza hacia abajo del inciso a)? d) La reacción a la fuerza en el inciso a) es una fuerza de magnitud _____ ejercida sobre _____ por _____. Su dirección es _____. e) La reacción a la fuerza del inciso b) es una fuerza de magnitud _____ ejercida sobre _____ por _____. Su dirección es _____. f) Las fuerzas de los incisos a) y b) son iguales y opuestas por la _____ ley de Newton. g) Las fuerzas de los incisos b) y e) son iguales y opuestas por la _____ ley de Newton. Suponga ahora que ejerce una fuerza hacia arriba de 5 N sobre el libro. h) ¿Este sigue en equilibrio? i) ¿La fuerza que la mano ejerce sobre el libro es igual y opuesta a la que la Tierra ejerce sobre el libro? j) ¿La fuerza que la Tierra ejerce sobre el libro es igual y opuesta a la que el libro ejerce sobre la Tierra? k) La fuerza que la mano ejerce sobre el libro es igual y opuesta a la que el libro ejerce sobre la mano? Por último, suponga que usted quita de repente la mano mientras el libro está subiendo. l) ¿Cuántas fuerzas actúan entonces sobre el libro? m) ¿El libro está en equilibrio?

4.23. Se empuja una botella a lo largo de una mesa y cae por el borde. No desprecie la resistencia del aire. a) ¿Qué fuerzas se ejercen sobre la botella mientras está en el aire? b) ¿Cuál es la reacción a cada fuerza; es decir, qué cuerpo ejerce la reacción sobre qué otro cuerpo?

4.24. La fuerza normal hacia arriba que el piso de un elevador ejerce sobre un pasajero que pesa 650 N es de 620 N . ¿Cuáles son las fuerzas de reacción a estas dos fuerzas? ¿El pasajero está acelerando? Si acaso, ¿en qué dirección y qué magnitud tiene la aceleración?

4.25. Una estudiante con 45 kg de masa se lanza desde un trampolín alto. Tomando $6.0 \times 10^{24} \text{ kg}$ como masa de la Tierra, calcule la aceleración de la Tierra hacia ella, si la de ella es de 9.8 m/s^2 hacia la Tierra. Suponga que la fuerza neta sobre la Tierra es la fuerza de gravedad que ella ejerce.

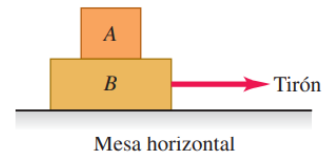
Sección 4.6 Diagramas de cuerpo libre

4.26. Un atleta lanza una pelota de masa m directamente hacia arriba y ésta no experimenta resistencia del aire considerable. Dibuje un diagrama de cuerpo libre de esta pelota mientras está en el aire y a) se mueva hacia arriba; b) en su punto más alto; c) se mueva hacia abajo. d) Repita los incisos a), b) y c) si el atleta lanza la pelota a un ángulo de 60° por encima de la horizontal, en vez de directamente hacia arriba.

4.27. Dos cajas, A y B, descansan juntas sobre una superficie horizontal sin fricción. Las masas correspondientes son m_A y m_B . Se aplica una fuerza horizontal \vec{F} a la caja A y las dos cajas se mueven hacia la derecha. a) Dibuje los diagramas de cuerpo libre claramente marcados para cada caja. Indique cuáles pares de fuerzas, si acaso, son pares acción-reacción según la tercera ley. b) Si la magnitud de \vec{F} es menor que el peso total de las dos cajas, ¿hará que se muevan las cajas? Explique su respuesta.

4.28. Una persona jala horizontalmente del bloque B de la figura 4.35, haciendo que ambos bloques se muevan juntos como una unidad. Mientras este sistema se mueve, elabore un cuidadoso diagrama de cuerpo libre, rotulado, del bloque A, si a) la mesa no tiene fricción; y si b) hay fricción entre el bloque B y la mesa, y la fuerza sobre el bloque B es igual a la fuerza de fricción sobre él debido a la mesa.

Figura 4.35 Ejercicio 4.28.



4.29. Una pelota cuelga de una cuerda larga atada al techo de un vagón de tren que viaja al este sobre vías horizontales. Un observador dentro del tren observa que la pelota cuelga inmóvil. Dibuje un diagrama de cuerpo libre claramente marcado para la pelota, si a) el tren tiene velocidad uniforme y b) si el tren acelera de manera uniforme. ¿La fuerza neta sobre la pelota es cero en cualquier caso? Explique su respuesta.

4.30. Una caja grande que contiene su nueva computadora descansa en la plataforma de su camioneta, que está detenida en un semáforo. El semáforo cambia a verde, usted pisa el acelerador y la camioneta se acelera. Horrorizado, ve cómo la caja comienza a deslizarse hacia la parte de atrás de la camioneta. Dibuje un diagrama de cuerpo libre claramente marcado para la camioneta y para la caja. Indique los pares de fuerzas, si los hay, que sean pares acción-reacción según la tercera ley. (Entre la plataforma de la camioneta y la caja hay fricción.)

4.31. Una silla de 12.0 kg de masa descansa en un piso horizontal, que tiene cierta fricción. Usted empuja la silla con una fuerza $F = 40.0 \text{ N}$ dirigida con un ángulo de 37.0° bajo la horizontal, y la silla se desliza sobre el piso. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre claramente marcado para la silla. b) Use su diagrama y las leyes de Newton para calcular la fuerza normal que el piso ejerce sobre la silla.

4.32. Un esquiador de 65.0 kg de masa es remolcado cuesta arriba por una ladera nevada con rapidez constante, sujeto a una cuerda paralela al suelo. La pendiente es constante de 26.0° sobre la horizontal, y la fricción es despreciable. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre claramente marcado para el esquiador. b) Calcule la tensión en la cuerda.

4.33. Un camión está jalando un automóvil en una autopista horizontal mediante una cuerda horizontal. El auto está en la marcha (cambio) neutral, de manera que se puede suponer que no hay fricción considerable entre sus llantas y la autopista. Conforme el camión acelera para alcanzar la rapidez de cruce en la autopista, dibuje un diagrama de cuerpo libre de a) el auto y b) el camión. c) ¿Qué fuerza acelera este sistema hacia delante? Explique cómo se origina esta fuerza.

Problemas

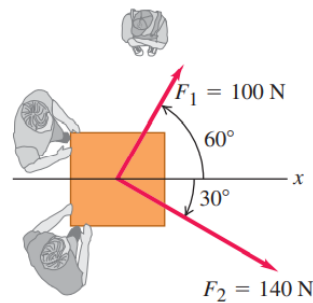
4.34. Una bala de rifle calibre 22 que viaja a 350 m/s golpea un árbol grande, penetrando a una profundidad de 0.130 m . La masa de la bala es de 1.80 g . Suponga una fuerza de frenado constante. a) ¿Cuánto tarda la bala en detenerse? b) ¿Qué fuerza (en N) ejerce el árbol sobre la bala?

4.35. Dos caballos tiran horizontalmente de cuerdas atadas al tronco de un árbol. Las fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 que aplican al tronco son tales que la fuerza neta (resultante) \vec{R} tiene magnitud igual a la de \vec{F}_1 y está a 90° de \vec{F}_1 . Sea $F_1 = 1300 \text{ N}$ y $R = 1300 \text{ N}$. Calcule la magnitud de \vec{F}_2 y su dirección (relativa a \vec{F}_1).

4.36. Imagine que acaba de llegar al Planeta X y deja caer una pelota de 100 g desde una altura de 10.0 m, la cual tarda 2.2 s en llegar al suelo. Puede ignorar cualquier fuerza que la atmósfera del planeta ejerza sobre la pelota. ¿Cuánto pesa la pelota de 100 g en la superficie del Planeta X?

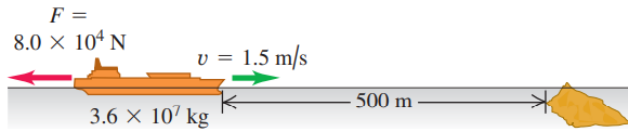
4.37. Dos adultos y un niño quieren empujar un carrito con ruedas en la dirección x de la figura 4.36. Los adultos empujan con fuerzas horizontales \vec{F}_1 y \vec{F}_2 como se muestra en la figura. a) Calcule la magnitud y dirección de la fuerza *más pequeña* que el niño debería ejercer. Se pueden despreciar los efectos de la fricción. b) Si el niño ejerce la fuerza mínima obtenida en el inciso a), el carrito acelerará a 2.0 m/s^2 en la dirección $+x$. ¿Cuánto pesa el carrito?

Figura 4.36 Problema 4.37.



4.38. Los motores de un buque tanque se averiaron y el viento empuja la nave con rapidez constante de 1.5 m/s directo hacia un arrecife (figura 4.37). Cuando el barco está a 500 m del arrecife, el viento cesa y el maquinista logra poner en marcha los motores. El timón está atorado, así que la única opción es intentar acelerar hacia atrás. La masa del buque y su carga es $3.6 \times 10^7 \text{ kg}$ y los motores producen una fuerza horizontal neta de $8.0 \times 10^4 \text{ N}$. ¿Chocará el barco contra el arrecife? Si lo hace, ¿se derramará el petróleo? El casco puede resistir impactos a una rapidez de 0.2 m/s o menos. Puede despreciarse la fuerza de retardo que el agua ejerce sobre el casco de la nave.

Figura 4.37 Problema 4.38.



4.39. Salto vertical sin carrera. El jugador de baloncesto Darrell Griffith saltó una vez 1.2 m (4 ft) sin carrera. (Esto significa que subió 1.2 m después de que sus pies se separaron del piso.) Griffith pesaba 890 N (200 lb). a) ¿Qué rapidez tenía al separarse del piso? b) Si sus pies tardaron 0.300 s en separarse del piso después de que Griffith inició su salto, ¿qué aceleración media (magnitud y dirección) tuvo mientras se estaba empujando contra el piso? c) Dibuje su diagrama de cuerpo libre (véase la sección 4.6). En términos de las fuerzas del diagrama, ¿qué fuerza neta actuó sobre Griffith? Use las leyes de Newton y los resultados del inciso b) para calcular la fuerza media que aplicó sobre el piso.

4.40. Un anuncio asegura que cierto automóvil puede “parar en un diez”. ¿Qué fuerza neta sería necesaria para detener un auto de 850 kg que viaja a 45.0 km/h en una distancia igual al diámetro de una moneda de 10 centavos de dólar (1.8 cm)?

4.41. Una cubeta de 4.80 kg, llena de agua, se acelera hacia arriba con un cordel de masa despreciable, cuya resistencia a la rotura es de 75.0 N. a) Dibuje el diagrama de cuerpo libre de la cubeta. En términos de las fuerzas de su diagrama, ¿qué fuerza neta actúa sobre la cubeta? b) Aplique la segunda ley de Newton a la cubeta y determine la aceleración máxima hacia arriba que puede imprimirse a la cubeta sin romper el cordel.

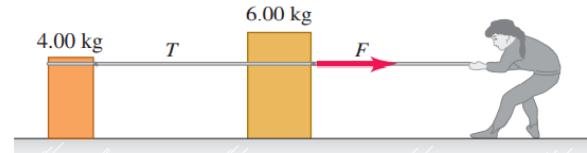
4.42. Una paracaidista confía en que la resistencia del aire (principalmente sobre su paracaídas) reducirá su velocidad hacia abajo. Ella y su

paracaídas tienen una masa de 55.0 kg y la resistencia del aire ejerce una fuerza total hacia arriba de 620 N sobre ella y el paracaídas. a) ¿Cuánto pesa la paracaidista? b) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para la paracaidista (véase la sección 4.6) y úselo para calcular la fuerza neta que actúa sobre ella. ¿Esta fuerza es hacia arriba o hacia abajo? c) ¿Qué aceleración (magnitud y dirección) tiene la paracaidista?

4.43. Dos cajas, una de 4.00 kg y la otra de 6.00 kg, descansan en la superficie horizontal sin fricción de un estanque congelado, unidas por una cuerda delgada (figura 4.38). Una mujer (con zapatos de golf que le dan tracción sobre el hielo) aplica una fuerza horizontal F a la caja de 6.00 kg y le imparte una aceleración de 2.50 m/s^2 . a) ¿Qué aceleración tiene la caja de 4.00 kg? b) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para la caja de 4.00 kg y úselo junto con la segunda ley de Newton para calcular la tensión T en la cuerda que une las dos cajas. c) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para la caja de 6.00 kg. ¿Qué dirección tiene la fuerza neta sobre esta caja? ¿Cuál tiene mayor magnitud, la fuerza T o la fuerza F ? d) Use el inciso c) y la segunda ley de Newton para calcular la magnitud de la fuerza F .

4.44. Una astronauta está unida a una nave espacial mediante un cable fuerte. La astronauta y su traje tienen una masa total de 105 kg; en tanto que la masa del cable es despreciable. La masa de la nave espacial es de $9.05 \times 10^4 \text{ kg}$ y está lejos de cualquier cuerpo astronómico gran-

Figura 4.38 Problema 4.43.



de, así que podemos despreciar las fuerzas gravitacionales sobre ella y la astronauta. También suponemos que inicialmente la nave espacial y la astronauta están en reposo en un marco de referencia inercial. Entonces, la astronauta tira del cable con una fuerza de 80.0 N. a) ¿Qué fuerza ejerce el cable sobre la astronauta? b) Puesto que $\sum \vec{F} = m\vec{a}$, ¿cómo puede un cable “sin masa” ($m = 0$) ejercer una fuerza? c) ¿Qué aceleración tiene la astronauta? d) ¿Qué fuerza ejerce el cable sobre la nave espacial? e) ¿Qué aceleración tiene la nave espacial?

4.45. Imagine que, con la finalidad de estudiar los daños en aviones que chocan con aves grandes, usted diseña un cañón para acelerar objetos del tamaño de un pollo, de modo que su desplazamiento en el cañón esté dado por $x = (9.0 \times 10^3 \text{ m/s}^2)t^2 - (8.0 \times 10^4 \text{ m/s}^3)t^3$. El objeto sale del cañón en $t = 0.025 \text{ s}$. a) ¿Qué longitud debe tener el cañón? b) ¿Con qué rapidez salen los objetos del cañón? c) ¿Qué fuerza neta debe ejercerse sobre un objeto de 1.50 kg en: i) $t = 0$? Y ii) $t = 0.025 \text{ s}$?

4.46. Una nave espacial descendiendo verticalmente cerca de la superficie del Planeta X. Un empuje hacia arriba de 25.0 kN, producido por los motores, la frena a razón de 1.20 m/s^2 , pero la nave aumenta su rapidez a razón de 0.80 m/s^2 si el empuje hacia arriba es de 10.0 kN. a) En cada caso, ¿qué dirección tiene la aceleración de la nave? b) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para la nave. En cada caso, aumentando o disminuyendo su rapidez, ¿qué dirección tiene la fuerza neta sobre la nave? c) Aplique la segunda ley de Newton a cada caso para averiguar el peso de la nave cerca de la superficie del Planeta X.

4.47. Un instrumento de 6.50 kg se cuelga de un alambre vertical dentro de una nave espacial que despega de la superficie de la Tierra. Esta nave parte del reposo y alcanza una altitud de 276 m en 15.0 s con aceleración constante. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para el instrumento durante este tiempo. Indique qué fuerza es mayor. b) Obtenga la fuerza que el alambre ejerce sobre el instrumento.

1. Un objeto de 3.00 kg se somete a una aceleración conocida por $\vec{a} = (2.00\hat{i} + 5.00\hat{j}) \text{ m/s}^2$. Encuentre la fuerza resultante que actúa sobre él y la magnitud de la fuerza resultante.
2. Una fuerza \vec{F} aplicada a un objeto de masa m_1 produce una aceleración de 3.00 m/s^2 . La misma fuerza aplicada a un segundo objeto de masa m_2 produce una aceleración de 1.00 m/s^2 . a) ¿Cuál es el valor de la relación m_1/m_2 ? b) Si m_1 y m_2 se combinan en un objeto, ¿cuál es su aceleración bajo la acción de la fuerza \vec{F} ?
3. Para modelar una nave espacial, el motor de un cohete de juguete se sujeta firmemente a un gran disco que puede deslizar con fricción despreciable sobre una superficie horizontal, que se toma como plano xy . El disco de 4.00 kg tiene una velocidad de $(3.00\hat{i} \text{ m/s})$ en un instante. Ocho segundos después, su velocidad es $(8.00\hat{i} + 10.0\hat{j}) \text{ m/s}$. Si supone que el motor de cohete ejerce una fuerza horizontal constante, encuentre a) las componentes de la fuerza y b) su magnitud.
4. La rapidez promedio de una molécula de nitrógeno en el aire es aproximadamente $6.70 \times 10^2 \text{ m/s}$ y su masa es $4.68 \times 10^{-26} \text{ kg}$. a) Si una molécula de nitrógeno tarda $3.00 \times 10^{-13} \text{ s}$ en golpear una pared y rebotar con la misma rapidez pero moviéndose en la dirección opuesta, ¿cuál es la aceleración promedio de la molécula durante este intervalo de tiempo? b) ¿Qué fuerza promedio ejerce la molécula sobre la pared?
5. Un electrón de $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ de masa tiene una rapidez inicial de $3.00 \times 10^5 \text{ m/s}$. Viaja en línea recta y su rapidez aumenta a $7.00 \times 10^5 \text{ m/s}$ en una distancia de 5.00 cm. Si supone que su aceleración es constante, a) determine la fuerza que se ejerce sobre el electrón y b) compare esta fuerza con el peso del electrón, que se ignoró.
6. Una mujer pesa 120 lb. Determine a) su peso en newtons y b) su masa en kilogramos.
7. La distinción entre masa y peso se descubrió después de que Jean Richer transportara relojes de péndulo de Francia a la Guayana Francesa en 1671. Encontró que sistemáticamente los relojes se mueven más lentos ahí. El efecto se invertía cuando los relojes regresaban a Francia. ¿Cuánto peso perdería usted cuando viajara de París, Francia, donde $g = 9.809 \text{ m/s}^2$, a Cayena, Guayana Francesa, donde $g = 9.780 \text{ m/s}^2$?
8. Además de su peso, un objeto de 2.80 kg está sometido a otra fuerza constante. El objeto parte del reposo y en 1.20 s experimenta un desplazamiento de $(4.20\hat{i} - 3.30\hat{j}) \text{ m/s}$, donde la dirección de \hat{j} es la dirección vertical hacia arriba. Determine la otra fuerza.
9. Dos fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 actúan sobre un objeto de 5.00 kg. Si toma $F_1 = 20.0 \text{ N}$ y $F_2 = 15.0 \text{ N}$, encuentre las aceleraciones en a) y b) de la figura P5.9.

10. Se ejercen una o más fuerzas externas sobre cada objeto encerrado en un recuadro con líneas discontinuas en la figura 5.1. Identifique la reacción a cada una de dichas fuerzas.
11. Usted está de pie en el asiento de una silla y luego salta. a) Durante el intervalo de tiempo en el que está en vuelo hacia

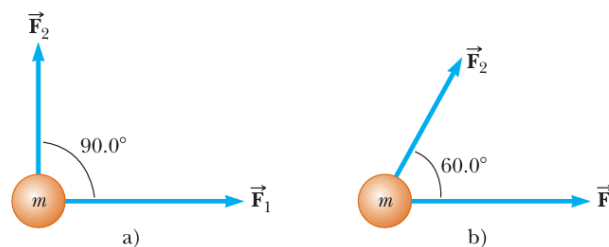


Figura P5.9

el suelo, la Tierra se tambalea hacia usted con una aceleración ¿de qué orden de magnitud? En su solución, explique su lógica. Represente a la Tierra como un objeto perfectamente sólido. b) La Tierra se mueve hacia arriba a través de una distancia ¿de qué orden de magnitud?

12. Un ladrillo de masa M está sobre una almohadilla de hule de masa m . Juntos se deslizan hacia la derecha con velocidad constante sobre un estacionamiento cubierto de hielo. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre del ladrillo e identifique cada fuerza que actúa sobre él. b) Dibuje un diagrama de cuerpo libre de la almohadilla e identifique cada fuerza que actúa sobre ella. c) Identifique todos los pares de fuerzas acción-reacción en el sistema ladrillo-almohadilla-planeta.

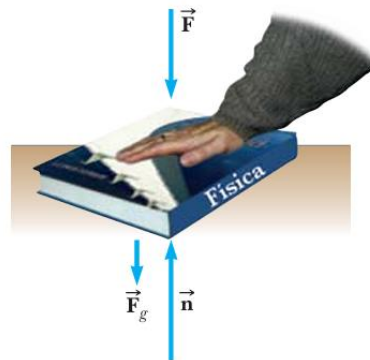


Figura 5.9 Cuando una fuerza \vec{F} empuja verticalmente hacia abajo sobre otro objeto, la fuerza normal \vec{n} sobre el objeto es mayor que la fuerza gravitacional: $n = F_g + F$.

25. Se observa que un objeto de 1.00 kg tiene una aceleración de 10.0 m/s^2 en una dirección a 60.0° al noreste (figura P5.25). La fuerza \vec{F}_2 que se ejerce sobre el objeto tiene una magnitud de 5.00 N y se dirige al norte. Determine la magnitud y dirección de la fuerza \vec{F}_1 que actúa sobre el objeto.

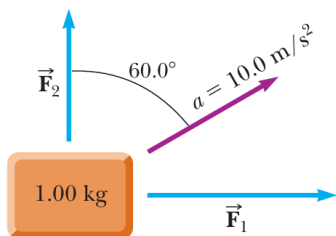


Figura P5.25

26. Un objeto de 5.00 kg colocado sobre una mesa horizontal sin fricción se conecta a una cuerda que pasa sobre una polea y después se une a un objeto colgante de 9.00 kg , como se muestra en la figura P5.26. Dibuje diagramas de cuerpo libre de ambos objetos. Encuentre la aceleración de los dos objetos y la tensión en la cuerda.

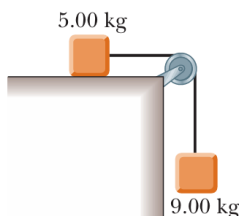


Figura P5.26 Problemas 26 y 41.

28. Dos objetos se conectan mediante una cuerda ligera que pasa sobre una polea sin fricción, como se muestra en la figura P5.28. Dibuje diagramas de cuerpo libre de ambos objetos. Si supone que el plano no tiene fricción, $m_1 = 2.00\text{ kg}$, $m_2 = 6.00\text{ kg}$ y $\theta = 55.0^\circ$, encuentre a) las aceleraciones de los objetos, b) la tensión en la cuerda y c) la rapidez de cada objeto 2.00 s después de que se liberan desde el reposo.

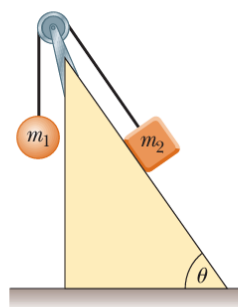


Figura P5.28

43. Dos bloques unidos mediante una cuerda de masa despreciable se arrastran mediante una fuerza horizontal (figura P5.43). Suponga que $F = 68.0\text{ N}$, $m_1 = 12.0\text{ kg}$, $m_2 = 18.0\text{ kg}$ y el coeficiente de fricción cinética entre cada bloque y la superficie es 0.100 . a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para cada bloque. b) Determine la tensión T y la magnitud de la aceleración del sistema.

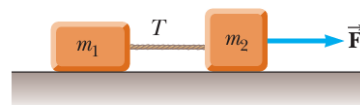


Figura P5.43

44. ● Un bloque de 3.00 kg de masa es empujado contra una pared mediante una fuerza \vec{P} que forma un ángulo $\theta = 50.0^\circ$ con la horizontal, como se muestra en la figura P5.44. El coeficiente de fricción estática entre el bloque y la pared es 0.250 . a) Determine los valores posibles para la magnitud de \vec{P} que permiten al bloque permanecer fijo. b) Describa qué sucede si $|\vec{P}|$ tiene un valor mayor y qué ocurre si es más pequeño. c) Repita los incisos a) y b) suponiendo que la fuerza forma un ángulo $\theta = 13.0^\circ$ con la horizontal.

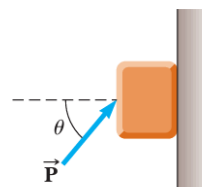


Figura P5.44