

# La naturaleza de la fuerza

## Avance de la lectura

### Conceptos clave

- ¿Cómo se describe una fuerza?
- ¿Qué relación hay entre las fuerzas desequilibradas y equilibradas y el movimiento de un objeto?

### Términos clave

- fuerza
- newton
- fuerza neta
- fuerzas desequilibradas
- fuerzas equilibradas

## Destreza clave de lectura

**Formular preguntas** Antes de leer, examina los encabezados en rojo. En un organizador gráfico como el que sigue, formula una pregunta *qué* o *cómo* por cada encabezado. Mientras lees, escribe las respuestas a tus preguntas.


¿Qué es una fuerza?

Pregunta	Respuesta
¿Qué es una fuerza?	Una fuerza es...

Lab zone

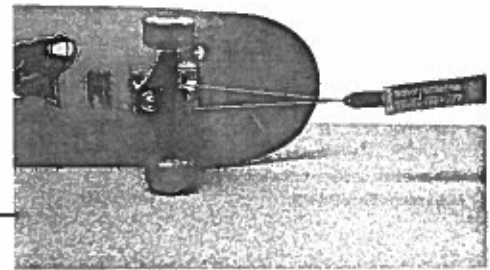
## Actividad Descubre

### ¿Está la fuerza contigo?

1. Coloca un dinamómetro a cada extremo de una patineta.
2.  Tira con cuidado de uno de los dinamómetros con una fuerza de 4 N, mientras tu compañero tira del otro con la misma fuerza. Observa el movimiento de la patineta.
3. Ahora intenta mantener la lectura del dinamómetro de tu compañero en 2 N mientras tiras con una fuerza de 4 N. Observa el movimiento de la patineta.

### Reflexiona

**Observar** Describe el movimiento de la patineta cuando ambos tiraron con la misma fuerza. ¿Cómo cambió el movimiento de la patineta cuando tú tiraste con más fuerza que tu compañero?



Una fuerte patada envía un balón de fútbol a través del campo hacia la portería. Apenas a tiempo, el portero salta hacia adelante, detiene el balón y lo patea de inmediato en dirección opuesta. En un juego de fútbol, el balón rara vez está quieto. Su movimiento cambia constantemente. ¿Por qué? ¿Qué provoca que el objeto comience a moverse, deje de moverse o cambie de dirección? La respuesta es la fuerza.

## ¿Qué es una fuerza?

En ciencias, la palabra *fuerza* tiene un significado simple y específico. Una fuerza es un empuje o una atracción. Cuando un objeto empuja o tira de otro objeto, se dice que el primer objeto ejerce una fuerza sobre el segundo. Ejerces una fuerza sobre una tecla de computadora cuando la empujas y sobre una silla cuando tiras de ella para apartarla de una mesa.

Al igual que la velocidad y la aceleración, una fuerza queda descrita por su intensidad y por la dirección en la que actúa. Si empujas una puerta, ejerces una fuerza en una dirección diferente a que si tiras de ella.



**FIGURA 1**  
**Fuerza y movimiento**  
 La fuerza de la patada cambia la dirección del balón.

La intensidad de una fuerza se mide en la unidad SI llamada **newton (N)**. Esta unidad se llama así en honor del científico y matemático inglés Isaac Newton. Ejerces aproximadamente un newton de fuerza cuando alzas un limón pequeño.

Se puede representar la dirección y la intensidad de una fuerza por medio de una flecha. La flecha apunta en la dirección de la fuerza. La longitud de la flecha indica la intensidad de la fuerza, es decir, cuanto más larga es la flecha, tanto más grande es la fuerza.



¿Con qué unidad SI se mide la intensidad de una fuerza?

## Combinar fuerzas

Es frecuente que, en un momento dado, más de una fuerza actúe sobre un objeto. La combinación de todas las fuerzas que actúan sobre un objeto se llama **fuerza neta**. La fuerza neta determina si un objeto se mueve y también en qué dirección lo hace.

Cuando las fuerzas actúan en la misma dirección, la fuerza neta se halla sumando la intensidad de las fuerzas individuales. En la Figura 2 se suman las longitudes de las dos flechas, que representan dos fuerzas, para hallar la fuerza neta.

Cuando las fuerzas actúan en direcciones opuestas, también se combinan para dar una fuerza neta. Sin embargo, debes poner atención a la dirección de cada fuerza. Sumar una fuerza que actúa en una dirección a una fuerza que actúa en dirección opuesta es lo mismo que sumar un número positivo a un número negativo. Así, cuando dos fuerzas actúan en direcciones opuestas, se combinan por sustracción. La fuerza neta siempre actúa en la dirección de la fuerza más grande. Si las fuerzas opuestas son de igual intensidad, no hay fuerza neta. El movimiento del objeto no cambia.

**FIGURA 2**

### Combinar fuerzas

La intensidad y la dirección de las fuerzas individuales determinan la fuerza neta. Calcular ¿Cómo hallas la fuerza neta cuando dos fuerzas actúan en direcciones opuestas?

$$5\text{ N} \rightarrow + 5\text{ N} \rightarrow = 10\text{ N} \rightarrow$$

Dos fuerzas se suman para producir una fuerza neta más grande que cualquiera de las fuerzas originales.

$$5\text{ N} \rightarrow + 10\text{ N} \leftarrow = 5\text{ N} \leftarrow$$

Dos fuerzas se pueden sustraer para producir una fuerza neta en la dirección de la fuerza más grande.

$$5\text{ N} \rightarrow + 5\text{ N} \leftarrow = 0$$

Las fuerzas se pueden anular mutuamente y no producir una fuerza neta.



**Fuerzas desequilibradas en la misma dirección**  
 Cuando dos fuerzas actúan en la misma dirección, la fuerza neta es la suma de las dos fuerzas individuales. La caja se mueve a la derecha.



**Fuerzas desequilibradas en direcciones opuestas**  
 Cuando dos fuerzas actúan en direcciones opuestas, la fuerza neta es la diferencia entre las dos fuerzas individuales. La caja se mueve hacia la derecha.

**Fuerzas desequilibradas** Siempre que una fuerza neta actúa sobre un objeto, las fuerzas están desequilibradas. Las **fuerzas desequilibradas** provocan que un objeto se mueva, deje de moverse o cambie de dirección. **Las fuerzas desequilibradas que actúan sobre un objeto dan por resultado una fuerza neta y provocan un cambio en el movimiento del objeto.**

La Figura 3 muestra a dos personas que ejercen fuerzas sobre una caja. Cuando ambas empujan la caja hacia la derecha, sus fuerzas individuales se suman para dar una fuerza neta en esa dirección. Como una fuerza neta, o desequilibrada, actúa sobre la caja, ésta se mueve hacia la derecha.

Cuando ambos empujan la caja en direcciones opuestas, la fuerza neta sobre la caja es la diferencia entre las fuerzas individuales. Como el chico empuja con más fuerza que la chica, sus fuerzas están desequilibradas y una fuerza neta actúa sobre la caja hacia la derecha. Así, la caja se mueve hacia la derecha.



¿Cuál es el resultado de la acción de fuerzas desequilibradas sobre un objeto?

**Go Online**



Para: Vínculos sobre la fuerza, disponible en inglés.

Visita: [www.SciLinks.org](http://www.SciLinks.org)

Código Web: scn-1321

**Fuerzas equilibradas** Cuando se ejercen fuerzas sobre un objeto, su movimiento no siempre cambia. En una competencia de "fuerza", se ejerce una fuerza de un brazo hacia otro, pero en direcciones opuestas. Aunque las dos personas empujan fuertemente, puede ser que la posición de los brazos no cambie.

Las fuerzas iguales que actúan sobre un objeto en direcciones opuestas se llaman **fuerzas equilibradas**. Cada fuerza está equilibrada por la otra.



**FIGURA 3**  
**Fuerzas equilibradas y desequilibradas**

Cuando las fuerzas que actúan sobre un objeto están desequilibradas, una fuerza neta actúa sobre el objeto, y éste se mueve. Cuando fuerzas equilibradas actúan sobre un objeto, ninguna fuerza neta actúa sobre él. El movimiento del objeto no cambia. **Predecir** Si ambas chicas empujaran la caja del mismo lado, ¿cambiaría el movimiento de la caja? ¿Por qué?

**Fuerzas equilibradas en direcciones opuestas**  
Cuando dos fuerzas iguales actúan en direcciones opuestas, se anulan mutuamente. La caja no se mueve.

Las fuerzas equilibradas que actúan sobre un objeto no cambian el movimiento del objeto. Cuando se ejercen fuerzas iguales en direcciones opuestas, la fuerza neta es cero. En la Figura 3, cuando dos personas empujan la caja con la misma fuerza en direcciones opuestas, las fuerzas se anulan. La caja no se mueve.

## Sección 1 Evaluación

**Destreza clave de lectura Formular preguntas** Usa las respuestas de las preguntas que escribiste sobre los encabezados para responder a las siguientes preguntas.

**Repasar los conceptos clave**

1. a. **Definir** ¿Qué es una fuerza?
- b. **Explicar** ¿Cómo se describe una fuerza?
- c. **Interpretar diagramas** En un diagrama, una flecha de fuerza es más larga que la otra. ¿Qué podrías decir sobre las fuerzas?
2. a. **Repasar** ¿Cómo se halla la fuerza neta, si dos fuerzas actúan en direcciones opuestas?
- b. **Comparar y contrastar** ¿Cómo influyen en el movimiento de un objeto las fuerzas equilibradas? ¿Cómo influyen en el movimiento de un objeto las fuerzas desequilibradas?

- c. **Calcular** Ejerces una fuerza de 120 N sobre un escritorio. Tu amiga ejerce una fuerza de 150 N en la misma dirección. ¿Cuál es la fuerza neta de ambos sobre el escritorio?

**Lab zone**

### Actividad En casa

**Casa de naipes** Coloca con cuidado dos naipes verticales sobre una superficie plana, de modo que sus bordes superiores se apoyen uno en el otro y se sostengan solos. En términos de fuerzas equilibradas, explica a un familiar por qué los naipes no se mueven. Luego, ejerce una fuerza sobre uno de los naipes. Explica el papel de las fuerzas desequilibradas con lo que sucede.

# Fricción y gravedad

## Avance de la lectura

### Conceptos clave

- ¿Qué factores determinan la intensidad de la fuerza de fricción entre dos superficies?
- ¿Qué factores influyen en la fuerza gravitatoria entre dos objetos?
- ¿Por qué se aceleran los objetos durante la caída libre?

### Términos clave

- fricción • fricción estática
- fricción de deslizamiento
- fricción de rodamiento
- fricción de fluido • gravedad
- masa • peso • caída libre
- resistencia del aire • velocidad terminal • proyectil

## Destreza clave de lectura

**Comparar y contrastar** Mientras lees, compara y contrasta la fricción y la gravedad llenando una tabla como la que sigue.

	Fricción	Gravedad
Efecto en el movimiento	Oposición en el movimiento	
Depende de		
Se mide en		

Lab zone

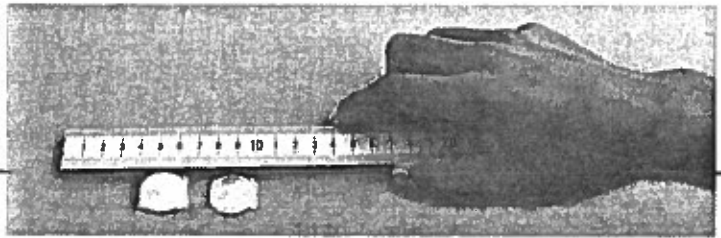
## Actividad Descubre

### ¿Cuál toca tierra primero?

1. Apila tres monedas de 25 ¢ con cinta y colócalas junto a una sola moneda cerca del borde de un escritorio.
2. Coloca una regla sobre el escritorio detrás de las monedas. Alíneala paralelamente al borde del escritorio y tocando apenas las monedas.
3. Con la regla paralela al borde del escritorio, empuja las monedas al mismo tiempo. Observa cuánto tardan en tocar tierra.

### Reflexiona

**Predecir** ¿Observaste alguna diferencia en cuánto tiempo tardaron las monedas en caer? Según lo que observaste, predice si un balón de fútbol caerá más aprisa que una canica. ¿Caerá un lápiz más rápidamente que un libro? ¿Cómo pondrías a prueba tus predicciones?



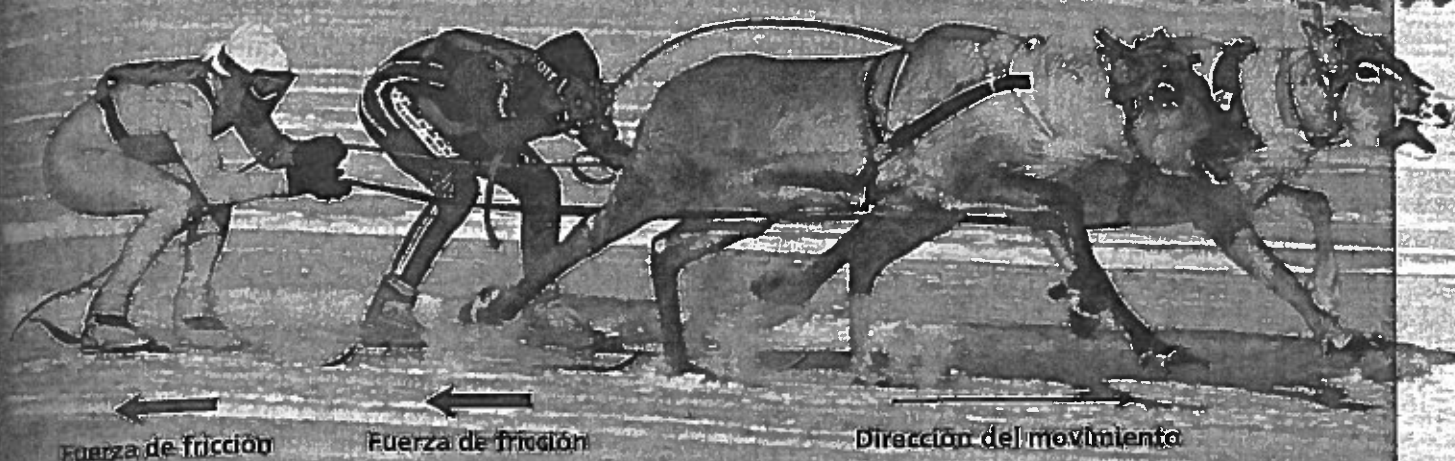
¿Qué sucede cuando montas un trineo en la ladera de una colina cubierta de nieve? Sin ni siquiera hacerlo, puedes predecir que el trineo se deslizará cuesta abajo. Piensa ahora en lo que sucede al pie de la colina. ¿Continúa deslizándose el trineo? De nuevo, sin estar de hecho en el trineo, puedes predecir que éste irá cada vez más despacio y se detendrá.

¿Por qué cambia el movimiento del trineo en la ladera de la colina y otra vez al pie de ésta? En cada caso, actúan fuerzas desequilibradas sobre el trineo. La fuerza de gravedad provoca que el trineo se acelere cuesta abajo. La fuerza de fricción termina por detener el trineo. Estas dos fuerzas influyen en muchos movimientos en la Tierra.

◀ La fricción y la gravedad actúan sobre el trineo.







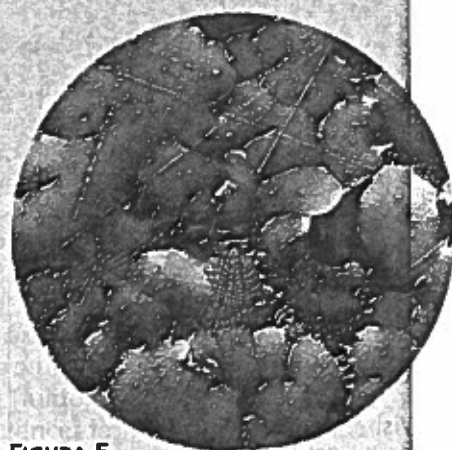
**FIGURA 4**  
**Fricción y superficies lisas** Las superficies lisas de los esquís permiten a estos esquiadores finlandeses deslizarse velozmente. **Relacionar diagramas y fotos** ¿Cómo es la dirección de la fricción en comparación con la dirección del movimiento?

## Fricción

Cuando un trineo se desplaza sobre la nieve, el fondo del trineo se frota contra la superficie de la nieve. Del mismo modo, cuando un bombero baja deslizándose por un poste, la piel de sus manos se frota contra metal pulido. La fuerza que las dos superficies ejercen una sobre otra cuando se frotan se llama **fricción**.

**Causas de la fricción** En general, las superficies lisas producen menos fricción que las superficies ásperas. La **intensidad de la fuerza de fricción depende de dos factores: cuán fuerte se empujan las superficies, y los tipos de superficies en cuestión.** Los esquiadores de la Figura 4 avanzan velozmente porque hay muy poca fricción entre sus esquís y la nieve. El reno no podría tirar de ellos con facilidad sobre una superficie áspera como la arena. La fricción también aumenta si las superficies se empujan fuertemente una a la otra. Si frota tus manos enérgicamente, hay más fricción que si las frota con suavidad.

Una superficie cubierta de nieve o un poste metálico de estación de bomberos parecen ser muy lisos. Sin embargo, como se ve en la Figura 5, aun los objetos más lisos tienen superficies irregulares y con huecos. Cuando las irregularidades de una superficie entran en contacto con las de otra superficie, hay fricción. La fricción actúa en dirección opuesta a la dirección del movimiento del objeto. Sin fricción, un objeto en movimiento podría no detenerse hasta chocar con otro objeto.



**FIGURA 5**  
**¿Una superficie lisa?**  
 Si examinas la superficie pulida de una aleación de aluminio bajo un microscopio potente, verás que en realidad es muy áspera.

### Platos giratorios

Compara la fricción de rodamiento con la fricción de deslizamiento.

1. Apila dos platos para tarta iguales. Intenta hacer girar el plato de arriba.
2. Ahora separa los platos y llena el de abajo con canicas, sin que queden apretadas.



3. Coloca el segundo plato sobre el que tiene canicas.
4. Intenta hacer girar otra vez el plato de arriba. Observa los resultados.

**Sacar conclusiones** ¿Qué aplicaciones se te ocurren para la fricción de rodamiento modelada en esta actividad?

**Fricción estática** En la Figura 6 se muestran cuatro tipos de fricción. La que actúa sobre objetos que no se mueven se llama **fricción estática**. Debido a ésta, es necesario aplicar una fuerza adicional para iniciar el movimiento de objetos en reposo. Por ejemplo, piensa en lo que sucede cuando intentas empujar un escritorio pesado sobre un piso. Si lo empujas con una fuerza menor que la fuerza de fricción estática que hay entre el escritorio y el piso, no se mueve. Para que se mueva, debes ejercer una fuerza mayor que la fuerza de fricción estática. Una vez que el escritorio está en movimiento, ya no hay fricción estática. Sin embargo, hay otro tipo de fricción: la de deslizamiento.

**Fricción de deslizamiento** Hay **fricción de deslizamiento** cuando dos superficies sólidas se deslizan una sobre otra. Ésta puede ser útil. Por ejemplo, puedes rociar arena sobre un camino helado para pisar mejor. Las bailarinas de ballet aplican un polvo pegajoso a las suelas de sus zapatillas para no resbalar en el piso de baile. Cuando detienes una bicicleta con los frenos, las zapatas de caucho se deslizan contra la superficie de los neumáticos, con lo cual las ruedas pierden rapidez y finalmente se detienen. Por otra parte, ¡la fricción de deslizamiento será un problema si caes de la bicicleta y te raspas la rodilla!

**Fricción de rodamiento** Cuando un objeto rueda sobre una superficie, hay **fricción de rodamiento**. Si los materiales son semejantes, la fricción de rodamiento es más fácil de vencer que la fricción de deslizamiento. Este tipo de fricción es importante para los ingenieros que diseñan ciertos productos. Por ejemplo, los patines, patinetas y bicicletas necesitan ruedas que giren libremente. Por eso, los ingenieros usan cojinetes de bolas para reducir la fricción entre las ruedas y el resto del producto. Estos cojinetes tienen pequeñas esferas lisas de acero que reducen la fricción al rodar entre las partes móviles.

**Fricción de fluido** Los fluidos, como el agua, el aceite y el aire, son materiales que fluyen con facilidad. Hay **fricción de fluido** cuando un objeto sólido avanza a través de un fluido. Al igual que la fricción de rodamiento, la fricción de fluido es más fácil de vencer que la fricción de deslizamiento. Es por ello que se suele bañar en aceite las partes de una máquina que deben deslizarse unas sobre otras. De este modo, las partes sólidas se mueven a través del fluido en vez de deslizarse unas contra otras. Cuando montas en bicicleta, hay fricción de fluido entre tu cuerpo y el aire. Los ciclistas suelen usar cascos aerodinámicos y ropa de diseño especial para reducir la fricción de fluido.



Verifica  
tu lectura

Da dos formas en que la fricción puede ser útil.

Go Online



Para: Vinculos sobre fricción,  
disponible en inglés.

Visita: [www.SciLinks.org](http://www.SciLinks.org)

Código Web: scn-1322



FIGURA 6

## Tipos de fricción

La fricción puede ser estática, de deslizamiento, de rodamiento y de fluido. Hacer generalizaciones ¿En qué dirección actúa la fricción en comparación con el movimiento de un objeto?

### Fricción estática ▼

Para que la plataforma se mueva, el atleta debe vencer antes la fuerza de fricción estática. La fricción estática actúa en dirección opuesta al movimiento deseado.



### Fricción de deslizamiento ▲

Una vez que la plataforma está en movimiento, se desliza sobre el piso. La fricción de deslizamiento actúa entre la plataforma y el piso, en dirección opuesta al movimiento de la plataforma.

### Fricción de rodamiento ▼

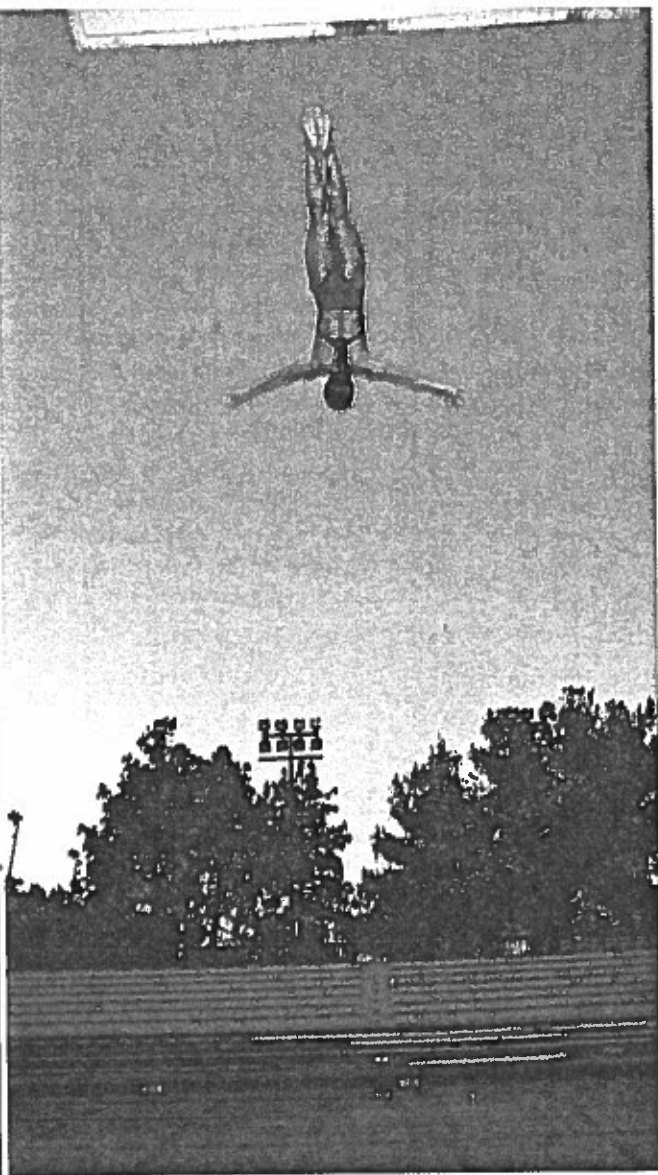
Hay fricción de rodamiento cuando un objeto rueda sobre una superficie. Para la patinadora, la fricción de rodamiento actúa en dirección opuesta al movimiento de la patineta.



### Fricción de fluido ▲

Cuando un objeto se abre camino en un fluido, hay fricción. El surfista debe vencer la fricción de fluido del agua.





**FIGURA 7**  
**Gravedad y aceleración**  
 Los clavadistas comienzan a acelerarse tan pronto como saltan de la plataforma.

## Gravedad

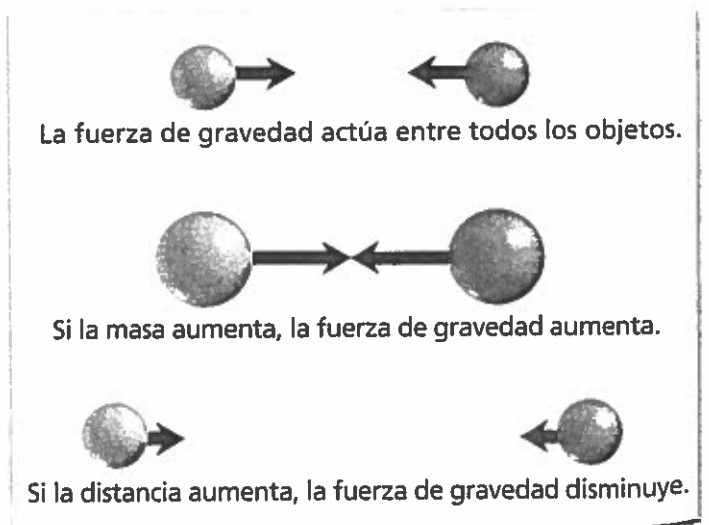
¿Te sorprendería ver que al soltar un bolígrafo que sostenías no cayera al suelo? Estás tan habituado a que los objetos caigan que quizá no te has preguntado por qué caen. Una persona que se lo preguntó fue Isaac Newton. Él concluyó que hay una fuerza que atrae a los objetos directamente hacia el centro de la Tierra. La **gravedad** es una fuerza que atrae los objetos uno hacia otro.

**Gravitación universal** Newton comprendió que la gravedad actúa en todas partes del universo, no sólo en la Tierra. Es la fuerza que hace caer una manzana al suelo, que mantiene la Luna en órbita alrededor de la Tierra, y que mantiene todos los planetas de nuestro sistema solar en órbita alrededor del Sol.

Lo que Newton comprendió se llama ahora ley de gravitación universal. La cual afirma que la fuerza de gravedad actúa entre todos los objetos del universo. Esto significa que dos objetos cualesquiera del universo, sin excepción, se atraen mutuamente. No sólo la Tierra te atrae; también lo hacen todos los demás objetos que te rodean. A su vez, éstos son atraídos por ti. Sin embargo, no adviertes la atracción entre los objetos porque estas fuerzas son pequeñas en comparación con la fuerza de atracción de la Tierra.

**Factores que influyen en la gravedad** Son dos los factores que influyen en la atracción gravitatoria entre los objetos: la masa y la distancia. La masa es una medida de la cantidad de materia de un objeto. La unidad SI de masa es el kilogramo. Un kilogramo es la masa de alrededor de 400 monedas actuales de 25 ¢. Todo lo que tiene masa está compuesto de materia.

**FIGURA 8**  
**Atracción gravitatoria**  
 La gravedad aumenta con la masa y disminuye con la distancia.  
*Inferir La masa del Sol es alrededor de 300,000 veces más grande que la masa de la Tierra; sin embargo, la Luna gira en órbita alrededor de la Tierra, no del Sol. ¿Por qué?*



Cuanta más masa tiene un objeto, mayor es su fuerza gravitatoria. Por ser tan grande su masa, el Sol ejerce una gran fuerza gravitatoria sobre los planetas. Esta es una razón por la que los planetas giran en órbita alrededor del Sol.

Además de la masa, la fuerza gravitatoria depende de la distancia entre los objetos. Cuanto más apartados están dos objetos, menor es la fuerza gravitatoria entre ellos. En el caso de una nave espacial que se dirige a Marte, la atracción gravitatoria de la Tierra disminuye a medida que la distancia entre la nave y la Tierra aumenta. La atracción gravitatoria de Marte termina por ser mayor que la de la Tierra y la nave es atraída más hacia Marte.

**Peso y masa** A veces se confunde la masa con el peso. La masa es una medida de la cantidad de materia que hay en un objeto; el peso es una medida de la fuerza gravitatoria que se ejerce sobre un objeto. La fuerza de gravedad sobre una persona u objeto en la superficie de un planeta se conoce como **peso**. Así, cuando te paras en una báscula, estás determinando la fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre ti.

El peso varía con la intensidad de la fuerza gravitatoria; no así la masa. Supón que tu peso en la Tierra es de 450 newtons. Luego viajaste a la Luna y te pesaste de nuevo. Quizá te sorprendería hallar que pesas sólo 75 newtons: ¡el peso de alrededor de 8 kilogramos en la Tierra! Pesas menos en la Luna porque la masa de la Luna es sólo una fracción de la masa de la Tierra.



Verifica  
tu lectura

¿Cuál es la diferencia entre peso y masa?

## Calcular

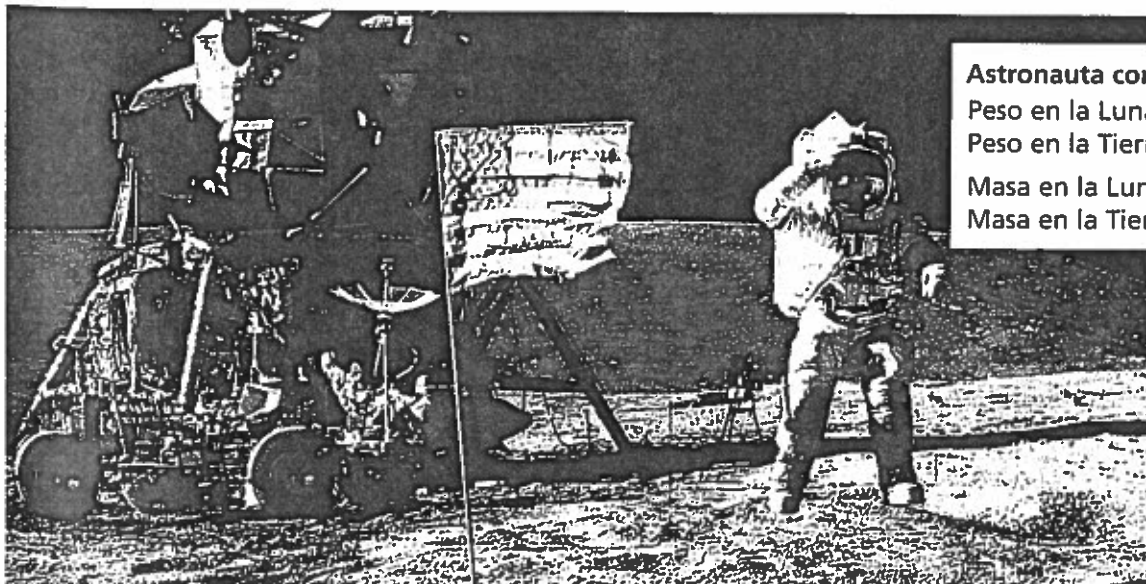
Puedes hallar el peso de un objeto midiendo su masa.

1. Estima el peso de cuatro objetos. (*Pista:* Un limón pequeño pesa alrededor de 1 N.)
2. Halla la masa de cada objeto por medio de una balanza. Si las mediciones no son en kilogramos, conviértelas a kilogramos.
3. Multiplica cada masa por  $9.8 \text{ m/s}^2$  para hallar el peso en newtons.

¿Cuán próximas a los valores reales fueron tus estimaciones?

FIGURA 9

**Masa y peso** Este astronauta salta sin dificultad en la Luna. Comparar y contrastar ¿Cómo son su masa y su peso en la Luna en comparación con su masa y su peso en la Tierra?



**Astronauta con traje espacial**

Peso en la Luna = 270 N

Peso en la Tierra = 1,617 N

Masa en la Luna = 165 kg

Masa en la Tierra = 165 kg

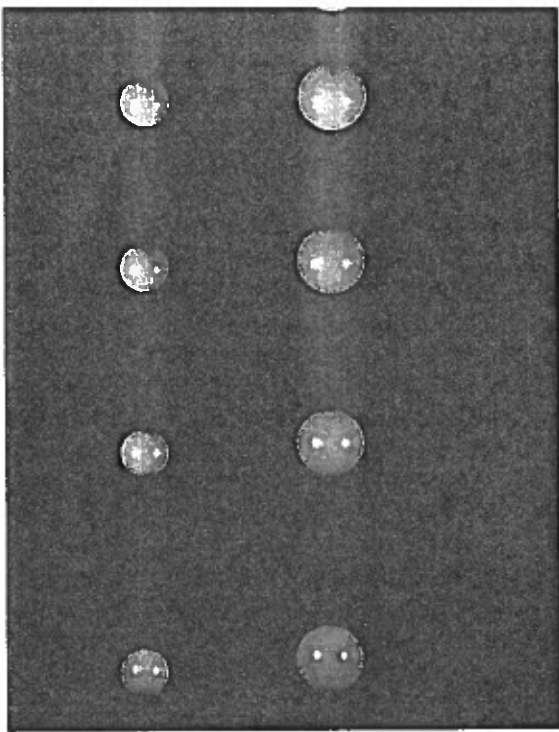


FIGURA 10

**Caída libre**

En ausencia de aire, dos objetos de diferente masa caen exactamente al mismo ritmo.

## Gravedad y movimiento

En la Tierra, la gravedad es una fuerza dirigida hacia abajo que influye en todos los objetos. Cuando sostienes un libro, ejerces una fuerza que equilibra la fuerza de gravedad. Cuando sueltas el libro, la gravedad es entonces una fuerza desequilibrada y el libro cae.

**Caída libre** Cuando la única fuerza que actúa sobre un objeto es la gravedad, se dice que el objeto está en **caída libre**. Un objeto en caída libre se acelera al caer. ¿Sabes por qué? **En la caída libre, la fuerza de gravedad es una fuerza desequilibrada que acelera los objetos.**

¿Cuánto se aceleran los objetos al caer? Cerca de la superficie terrestre, la aceleración por gravedad es de  $9.8 \text{ m/s}^2$ . Esto significa que, por cada segundo que un objeto cae, su velocidad aumenta  $9.8 \text{ m/s}$ . Por ejemplo, supón que se deja caer un objeto desde lo alto de un edificio. Su velocidad inicial es de  $0 \text{ m/s}$ . Después de un segundo, su velocidad ha aumentado a  $9.8 \text{ m/s}$ . Luego de dos segundos, su velocidad es de  $19.6 \text{ m/s}$  ( $9.8 \text{ m/s} + 9.8 \text{ m/s}$ ). La velocidad sigue aumentando a media que el objeto cae.

Aunque parezca difícil de creer en un principio, todos los objetos en caída libre se aceleran al mismo ritmo, no importa cuál sea su masa. Los dos objetos de la Figura 10 que caen demuestran este principio.

## Matemáticas

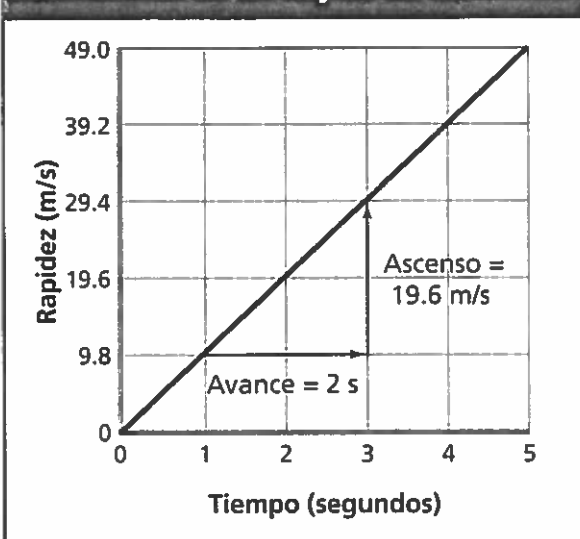
### Analizar datos

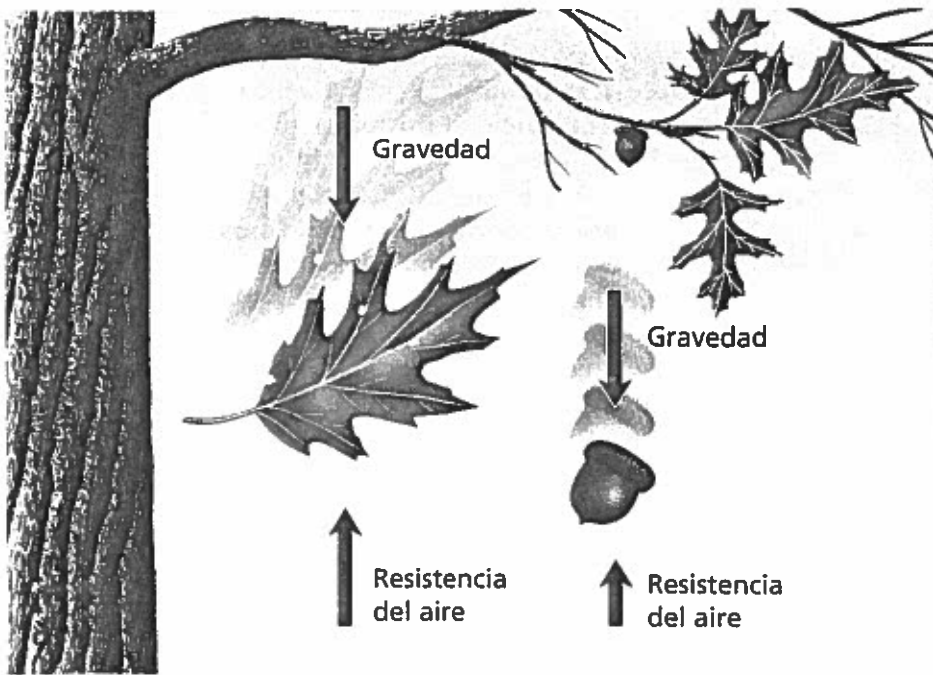
#### Caída libre

Usa la gráfica para responder a las preguntas que siguen.

1. **Interpretar gráficas** ¿Qué variable está en el eje horizontal? ¿Y en el eje vertical?
2. **Calcular** Calcula la pendiente de la gráfica. ¿Qué indica la pendiente acerca del movimiento del objeto?
3. **Predecir** ¿Cuál será la rapidez del objeto a los 6 segundos?
4. **Sacar conclusiones** Supón que se deja caer otro objeto del mismo tamaño, pero de masa más grande. ¿Cómo cambiarían los valores de rapidez?

Movimiento de un objeto en caída libre

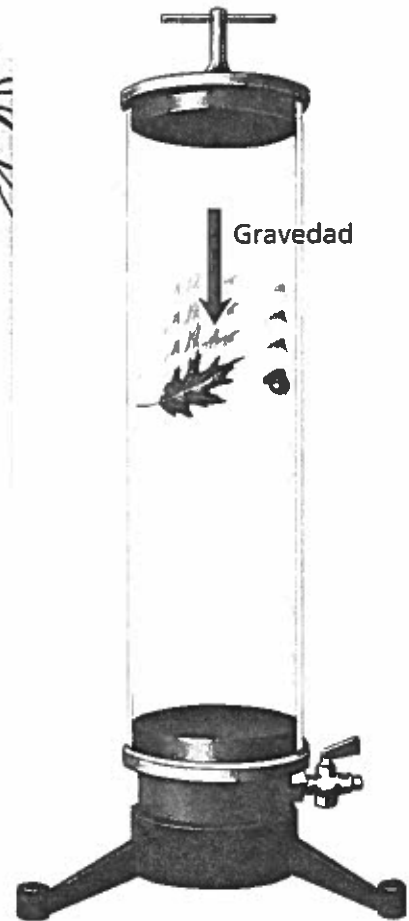




**Resistencia del aire** Pese a que se supone que todos los objetos caen con la misma rapidez, sabes que no siempre sucede así. Por ejemplo, una hoja de roble revolotea lentamente hasta el suelo; en cambio, una bellota cae en línea recta. Los objetos que caen experimentan un tipo de fricción de fluido que se llama **resistencia del aire**. Recuerda que la fricción se produce en el sentido opuesto al movimiento; por tanto, la resistencia del aire es una fuerza hacia arriba que se ejerce sobre los objetos que caen. Al caer, los objetos con más área de superficie experimentan más resistencia del aire. Es por esto que una hoja cae más lentamente que una bellota. En el vacío, donde no hay aire, todos los objetos caen exactamente con la misma aceleración.

Puedes ver el efecto de la resistencia del aire dejando caer una hoja plana y una hoja arrugada de papel al mismo tiempo. Como el papel plano tiene más área de superficie, experimenta más resistencia del aire y cae con más lentitud. En el vacío, ambas hojas de papel caerían con la misma rapidez.

La resistencia del aire aumenta con la velocidad. A medida que un objeto que cae se acelera, la fuerza de resistencia del aire es cada vez mayor. Tarde o temprano, un objeto que cae lo hará con la rapidez suficiente para que la fuerza ascendente de resistencia del aire llegue a ser igual a la fuerza descendente de la gravedad que actúa sobre el objeto. En este punto, las fuerzas sobre el objeto están equilibradas. Recuerda que cuando las fuerzas están equilibradas, no hay aceleración. El objeto continúa cayendo, pero su velocidad permanece constante. La velocidad mayor que alcanza un objeto que cae es su **velocidad terminal**. La velocidad terminal se alcanza cuando la fuerza de resistencia del aire es igual al peso del objeto.



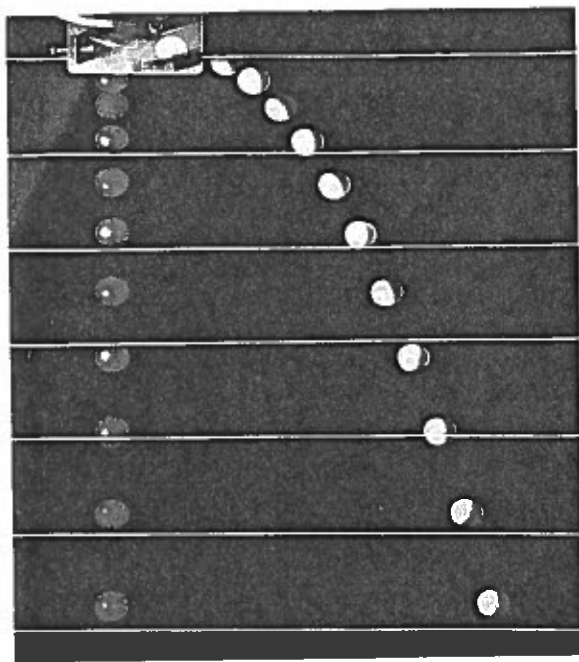
**FIGURA 11**

**Resistencia del aire**

Al caer, los objetos con un área de superficie mayor experimentan más resistencia del aire. En el vacío no hay resistencia del aire.

**Comparar y contrastar** ¿Qué objeto será el primero en tocar tierra cuando la hoja y la bellota caen del árbol? ¿Y cuando caen en un tubo sin aire?





**FIGURA 12**  
**Movimiento de proyectiles**  
 Se deja caer verticalmente una pelota y al mismo tiempo se lanza horizontalmente una segunda pelota. Hacer generalizaciones ¿Influye la velocidad horizontal de la pelota en la rapidez con la que cae?

**Movimiento de proyectiles** En vez de dejar caer una pelota en línea recta hacia abajo, ¿qué sucede si la lanzas horizontalmente? Un objeto lanzado recibe el nombre de **proyectil**. Un proyectil lanzado horizontalmente ¿cae al suelo al mismo tiempo que un objeto al que se ha dejado caer?

Observa la Figura 12. A la pelota amarilla se le dio un empujón horizontal al mismo tiempo que se dejó caer la pelota roja. Aunque la pelota amarilla se mueve horizontalmente, la fuerza de gravedad continúa actuando sobre ella del mismo modo que actúa sobre la pelota roja. Por tanto, ambas pelotas tocarán el suelo exactamente al mismo tiempo.

Al igual, una flecha que vuela hacia una diana es un proyectil. Debido a la fuerza de gravedad, la flecha cae mientras vuela hacia la diana. Por eso, si intentas dar en el centro de la diana, debes apuntar más arriba para tener en cuenta la atracción de la gravedad. Cuando lanzas un proyectil con un ángulo ascendente, la fuerza de gravedad reduce su velocidad vertical. Tarde o temprano, el movimiento ascendente del proyectil se detendrá y la gravedad tirará de éste hacia el suelo. A partir de este punto, el proyectil caerá con la misma rapidez que cualquier objeto que se ha dejado caer.



Verifica tu lectura

¿Cómo influye la gravedad en los objetos que se mueven horizontalmente?

## Sección 2 Evaluación

### Destreza clave de lectura

**Comparar y contrastar** Usa la información de tu tabla sobre fricción y gravedad para responder a las preguntas que siguen.

#### Repasar los conceptos clave

- Hacer una lista** ¿Cuáles son los cuatro tipos de fricción?
  - Resumir** ¿Qué factores influyen en la fuerza de fricción entre dos superficies?
  - Clasificar** ¿Qué tipos de fricción se dan cuando atraviesas un charco en bicicleta?
- Identificar** ¿Cuál es la ley de gravitación universal?
  - Explicar** ¿Cómo influyen la masa y la distancia en la atracción gravitatoria entre objetos?
  - Predecir** ¿Qué le sucedería a tu peso en la superficie de un planeta con una masa mayor que la masa de la Tierra? ¿Por qué?
- Repasar** ¿Por qué se acelera un objeto cuando cae hacia la superficie de la Tierra?
  - Describir** ¿Cómo influye la masa de un objeto en su aceleración durante una caída libre?
  - Aplicar conceptos** ¿Qué fuerza cambia cuando se abre un paracaídas? ¿Qué fuerza no cambia?

### Escribir en ciencias

**Párrafo de causa y efecto** Supón que la fuerza gravitatoria de la Tierra disminuye a la mitad. ¿Qué efecto tendría este cambio en un partido de baloncesto? Escribe un párrafo para explicar cómo cambiaría el movimiento de los jugadores y del balón.

# Primera y segunda ley de Newton

## Avance de la lectura

### Conceptos clave

- ¿Cuál es la primera ley de movimiento de Newton?
- ¿Cuál es la segunda ley de movimiento de Newton?

### Término clave

- inercia

## Destreza clave de lectura

**Hacer un esquema** Mientras lees, haz un esquema acerca de la primera y segunda leyes de Newton. Usa los encabezados rojos como temas principales y los azules como subtemas.

### Primera y segunda ley de Newton

- I. Primera ley de Newton
- A. Inercia
  - B.
- II. Segunda ley de Newton
- A.

Isaac Newton ▼



Lab  
zone

## Actividad Descubre



### ¿Qué cambia el movimiento?

1. Apila varias arandelas metálicas encima de un auto de juguete.
2. Coloca un libro pesado en el piso, cerca del auto.
3. Predice lo que le sucederá al auto y a las arandelas si haces rodar el auto contra el libro. Pon a prueba tu predicción.

### Reflexiona

**Observar** ¿Qué le sucedió al auto cuando chocó con el libro? ¿Qué sucedió con las arandelas? ¿Cuál podría ser la razón de la diferencia entre el movimiento del auto y el de las arandelas?

Cómo y por qué los objetos se mueven como lo hacen es algo que ha fascinado a los científicos durante miles de años. A principios del siglo XVII el astrónomo italiano Galileo Galilei sugirió que, una vez que un objeto está en movimiento, no es necesaria ninguna fuerza para mantenerlo en movimiento. Se necesita fuerza sólo para cambiar el movimiento de un objeto. Las ideas de Galileo prepararon el terreno para Isaac Newton, quien propuso las tres leyes básicas del movimiento hacia finales del siglo XVII.

## Primera ley del movimiento

La primera ley de Newton replantea las ideas de Galileo acerca de la fuerza y el movimiento. La **primera ley de movimiento de Newton establece que un objeto en reposo permanecerá en reposo y un objeto que se mueve con velocidad constante continuará moviéndose con velocidad constante, a menos que actúe sobre él una fuerza desequilibrada.**

Si un objeto está inmóvil, no se moverá hasta que una fuerza actúe sobre él. La ropa tirada en el piso de tu habitación, por ejemplo, seguirá ahí a menos que la recojas. Si un objeto ya está en movimiento, seguirá moviéndose con velocidad constante hasta que una fuerza cambie ya sea su rapidez o su dirección. Por ejemplo, una pelota de tenis vuela por el aire cuando la has golpeado con una raqueta. Si tu amiga no contesta el golpe, las fuerzas de gravedad y de fricción terminarán por detener la pelota. En la Tierra, la gravedad y la fricción son fuerzas desequilibradas que suelen cambiar el movimiento de los objetos.

FIGURA 13

**Inercia** La inercia de los objetos que están en la mesa impide que se muevan. Inferir ¿Por qué debe la chica usar un mantel resbaloso?



Lab  
zone

## Actividad Inténtalo

### Vuelta y vuelta

Un objeto que se mueve en círculo tiene inercia.

1. Pega con cinta adhesiva un tramo de cordel (alrededor de 1 m) a una pelota de tenis de mesa.
2. Suspende la pelota delante de ti y balancéala en un círculo horizontal, manteniéndola a 2 ó 3 cm arriba del piso.
3. Suelta el cordel y observa la dirección en que rueda la pelota.
4. Repite esto varias veces, soltando el cordel en diferentes puntos.

**Inferir** ¿En qué punto debes soltar el cordel para que la pelota se aleje rodando frente a ti? ¿Y para que se acerque? Dibuja un diagrama como parte de tu respuesta.

**Inercia** Ya sea que un objeto se mueva o no, se opone a cualquier cambio en su movimiento. El concepto de Galileo de la resistencia a un cambio de movimiento se llama inercia. La **inercia** es la tendencia de un objeto a oponerse a un cambio de movimiento. La primera ley de movimiento de Newton se llama también ley de la inercia.

La inercia explica muchos sucesos comunes; por ejemplo, por qué te mueves hacia adelante en tu asiento cuando el auto en que viajas se detiene de improviso. Cuando el auto se detiene, la inercia te hace seguir avanzando. Se requiere una fuerza, como el tirón de un cinturón de seguridad, para cambiar tu movimiento.

**La inercia depende de la masa** Algunos objetos tienen más inercia que otros. Por ejemplo, supón que necesitas mover un acuario vacío y un acuario lleno de agua. Obviamente, el acuario lleno es más difícil de mover que el vacío, porque tiene más masa. Cuanto más grande es la masa de un objeto, tanto mayor es su inercia, así como la fuerza necesaria para cambiar su movimiento. El acuario lleno es más difícil de mover porque tiene más inercia que el acuario vacío.



Verifica  
tu lectura

¿Cuál es la relación entre la masa y la inercia?

## Segunda ley del movimiento

Supón que cuidas a dos niños que les gusta montar en carretilla. Su parte preferida es cuando aceleras rápidamente. Cuando te cansas y te sientas en la carretilla, uno de los niños tira de ti y se da cuenta de que no puede acelerar la carretilla como tú. ¿Cuál es la relación entre la aceleración de la carretilla y la fuerza que tira de ella? ¿Cuál es la relación entre la aceleración y la masa de la carretilla?

De acuerdo con la segunda ley de movimiento de Newton, la aceleración depende de la masa del objeto y de la fuerza neta que actúa sobre él. Esta relación se puede escribir en forma de ecuación.

$$\text{Aceleración} = \frac{\text{Fuerza neta}}{\text{Masa}}$$

La aceleración se mide en metros por segundo por segundo ( $\text{m/s}^2$ ), y la masa, en kilogramos (kg). De acuerdo con la segunda ley de Newton, la fuerza se mide entonces en kilogramos por metros por segundo por segundo ( $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ ). La forma abreviada de esta unidad de fuerza es el newton (N). Recuerda (Sección 1) que un newton es la unidad SI de fuerza. Puedes pensar en 1 newton como en la fuerza necesaria para proveer a una masa de 1 kg una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$ .

Go Online

PHSchool.com

Para: Más información sobre las leyes de Newton, disponible en inglés.

Visita: PHSchool.com

Código Web: cgd-3023

## Matemáticas

### Problema de ejemplo

#### Calcular la fuerza

Una lancha de motor remolca a una esquiadora de 55 kg. La fuerza provee a la esquiadora una aceleración de  $2.0 \text{ m/s}^2$ . Calcula la fuerza neta que provoca esta aceleración.

#### 1 Lee y comprende

¿Qué información se te ha dado?

Masa de la esquiadora ( $m$ ) = 55 kg

Aceleración de la esquiadora ( $a$ ) =  $2.0 \text{ m/s}^2$

#### 2 Plantea y resuelve

¿Qué cantidad te propones calcular?

La fuerza neta ( $F_{\text{neta}}$ ) = □

¿Qué fórmula contiene las cantidades dadas y la cantidad desconocida?

$$a = \frac{F_{\text{neta}}}{m} \quad \text{o} \quad F_{\text{neta}} = m \times a$$

Haz el cálculo.

$$F_{\text{neta}} = m \times a = 55 \text{ kg} \times 2.0 \text{ m/s}^2$$

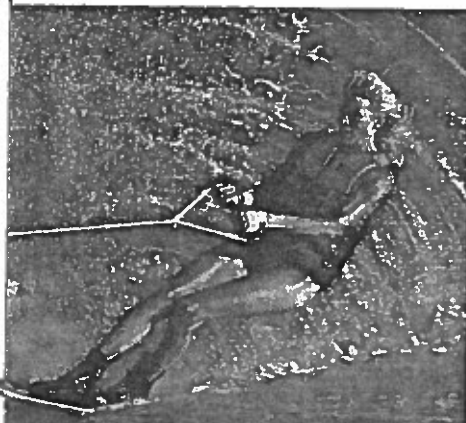
$$F = 110 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$$F = 110 \text{ N}$$

#### 3 Vuelve atrás y comprueba

¿Tiene sentido tu respuesta?

Se requiere una fuerza de 110 N para acelerar a la esquiadora. Esta fuerza podría parecer insuficiente, pero no incluye la fuerza del tirón de la lancha que vence la fricción.



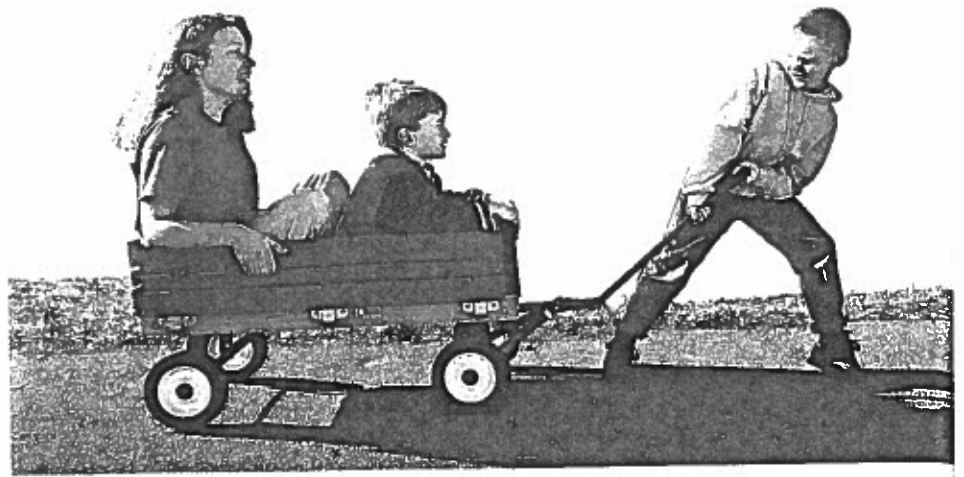
## Matemáticas

### Práctica

1. Calcular la fuerza ¿Cuál es la fuerza neta sobre un objeto de 1,000 kg que se acelera a  $3 \text{ m/s}^2$ ?
2. Calcular la fuerza ¿Qué fuerza neta se necesita para acelerar un carrito de 25 kg a  $14 \text{ m/s}^2$ ?



**FIGURA 14**  
**Fuerza y masa**  
 La fuerza con que el niño tira y la masa de la carretilla determinan la aceleración de la carretilla.



**Cambios de fuerza y masa** ¿Cómo puedes aumentar la aceleración de la carretilla? Examina otra vez la ecuación. Una forma de aumentar la aceleración es cambiar la fuerza. Si la masa es constante, la aceleración y la fuerza cambian en el mismo sentido. Por tanto, para aumentar la aceleración de la carretilla, puedes aumentar la fuerza con que se tira de ella.

Otra forma es cambiar la masa. Según la ecuación, la aceleración y la masa cambian en sentidos opuestos. Si la fuerza es constante, un aumento de masa provoca una disminución de la aceleración. Lo contrario también se cumple: una disminución de la masa provoca un aumento de aceleración si la fuerza es constante. Para aumentar la aceleración de la carretilla, puedes disminuir su masa. Así, son los niños, y no tú, quienes deben ir en la carretilla.



Verifica  
tu lectura

¿Cuáles son dos formas de aumentar la aceleración de un objeto?

## Sección 3 Evaluación

**Destreza clave de lectura Hacer un esquema** Usa la información de tu esquema acerca de la primera y segunda leyes de movimiento de Newton para responder a las preguntas que siguen.

### Repasar los conceptos clave

1. a. **Repasar** ¿Qué establece la primera ley de movimiento de Newton?
- b. **Explicar** ¿Por qué a veces se llama ley de la inercia a la primera ley de movimiento de Newton?
- c. **Inferir** Según lo que sabes acerca de la inercia, explica por qué te sientes oprimido contra el asiento de un auto cuando éste acelera.
2. a. **Definir** Expresa la segunda ley de movimiento de Newton con tus propias palabras.
- b. **Resolver un problema** ¿Cómo podrías mantener sin cambio la aceleración de un objeto si se duplica la fuerza que actúa sobre él?

- c. **Aplicar conceptos** De acuerdo con la segunda ley de Newton, por qué un auto de mucha masa podría consumir más combustible que un auto de menor masa. Supón que ambos autos recorren la misma distancia.

### Matemáticas

#### Práctica

3. **Calcular la fuerza** Halla la fuerza que se necesitaría para acelerar un auto de 800 kg a razón de 5  $m/s^2$ .
4. **Calcular la fuerza** ¿Cuál es la fuerza neta que actúa sobre un disco de hockey que se acelera a razón de 12  $m/s^2$ ?

# Tercera ley de Newton

## Avance de la lectura

### Conceptos clave

- ¿Cuál es la tercera ley de movimiento de Newton?
- ¿Cómo puedes hallar el momento de un objeto?
- ¿Cuál es la ley de la conservación del momento?

### Términos clave

- momento
- ley de la conservación del momento

## Destreza clave de lectura

**Examinar ayudas visuales** Antes de leer, examina la Figura 18. Luego escribe dos preguntas acerca del diagrama en un organizador gráfico como el que sigue. Mientras lees, responde a tus preguntas.

### Conservación del momento

P. ¿Qué sucede cuando dos objetos en movimiento chocan?

R.

P.

Lab  
zone

## Actividad Descubre

### ¿Cuánto empuja una pajilla?

1. Estira una liga en torno a la parte media de la tapa de un libro mediano de pasta dura.
2. Pon cuatro canicas en un cuadrado pequeño sobre una mesa. Coloca el libro sobre las canicas de modo que la tapa con la liga elástica esté arriba.
3. Mantén inmóvil el libro colocando un dedo índice sobre el lomo. Luego, como se muestra, empuja la pajilla contra la liga con el otro índice.
4. Empuja la pajilla hasta que la liga se estire unos 10 cm. Luego suelta el libro y la pajilla al mismo tiempo.



### Reflexiona

**Desarrollar hipótesis** ¿Qué observaste respecto al movimiento del libro y de la pajilla? Escribe una hipótesis que explique lo que sucedió en términos de las fuerzas sobre el libro y la pajilla.

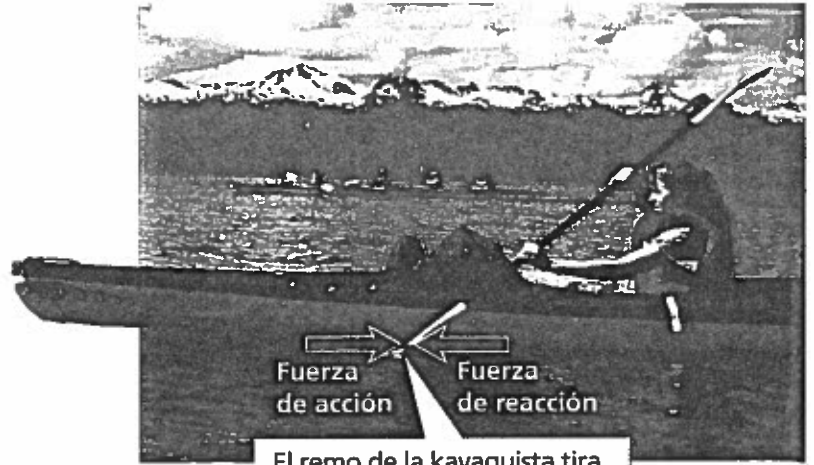
¿Has intentado enseñar a un amigo a andar en patines de ruedas? Es difícil si ambos llevan patines. Cuando tu amigo empuja contra ti para impulsarse, tú también te mueves. Y cuando se lanza hacia ti para detenerse, ¡ambos terminan moviéndose! Para entender estos movimientos necesitas conocer la tercera ley de movimiento de Newton y la ley de la conservación del momento.

## Tercera ley de movimiento de Newton

Newton propuso que siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre otro, el segundo ejerce a su vez una fuerza sobre el primero. La fuerza que el segundo ejerce es de igual intensidad y en dirección opuesta a la primera fuerza. Piensa en una fuerza como la “acción” y en la otra como la “reacción”. La **tercera ley de movimiento de Newton establece que, si un objeto ejerce una fuerza sobre otro objeto, entonces el segundo objeto ejerce una fuerza de igual intensidad y en dirección opuesta sobre el primer objeto.** Otra forma de expresar la tercera ley de Newton es que a toda acción corresponde una reacción igual, pero opuesta.



Cuando el gimnasta da una voltereta, empuja hacia abajo el potro. La fuerza de reacción del potro lo empuja hacia arriba para completar la voltereta.



El remo de la kayaquista tira del agua. La fuerza de reacción del agua empuja a su vez el remo, y esto mueve el kayak.



Cuando el perro salta, empuja hacia abajo el suelo. La fuerza de reacción del suelo empuja al perro hacia el aire.

**Pares de acción y reacción** Probablemente conoces muchos ejemplos de la tercera ley de Newton. Hay pares de fuerzas de acción y reacción por todas partes. Cuando saltas, empujas el suelo con los pies. Ésta es una fuerza de acción. A su vez, el suelo empuja tus pies con una fuerza igual y opuesta. Ésta es la fuerza de reacción. ¡Te mueves hacia arriba cuando saltas porque el suelo te empuja! De igual forma, una kayaquista avanza ejerciendo una fuerza de acción sobre el agua con un remo. El agua, a su vez, empuja el remo con una fuerza de reacción igual que impulsa el kayak hacia adelante.

Ahora entiendes lo que sucede cuando enseñas a tu amigo a patinar en ruedas. Tu amigo ejerce una fuerza de acción cuando empuja contra ti para impulsarse. Tú ejerces una fuerza de reacción en dirección opuesta. En consecuencia, ambos se mueven en direcciones opuestas.

**Detectar un movimiento** ¿Puedes detectar siempre un movimiento cuando actúan fuerzas a la par? La respuesta es no. Por ejemplo, cuando la gravedad de la Tierra atrae un objeto, no puedes detectar la reacción igual y opuesta de la Tierra. Supón que dejas caer tu lápiz. La gravedad atrae el lápiz hacia abajo. Al mismo tiempo, el lápiz atrae la Tierra hacia arriba con una fuerza de reacción igual y opuesta. No ves que la Tierra se acelere hacia el lápiz porque la inercia de la Tierra es tan grande, que su aceleración es muy pequeña y resulta imperceptible.

**FIGURA 15**  
**Pares de acción y reacción**  
 Los pares de acción y reacción explican cómo puede un gimnasta dar volteretas sobre un potro, cómo una kayaquista avanza en el agua, y cómo un perro salta desde el suelo.  
**Observar** Nombra otros pares de acción y reacción que hayas observado.

**¿Se anulan las fuerzas de acción y reacción?** Ya hemos visto que si dos fuerzas iguales actúan en direcciones opuestas sobre un objeto, las fuerzas están equilibradas. Como las dos fuerzas suman cero, se anulan mutuamente y no cambian el movimiento. ¿Por qué entonces las fuerzas de acción y reacción de la tercera ley de movimiento de Newton no se anulan también? A fin de cuentas, son iguales y opuestas.

Las fuerzas de acción y reacción no se anulan porque actúan sobre objetos diferentes. Observa a la jugadora de voleibol a la izquierda de la Figura 16. Ella ejerce una fuerza de acción hacia arriba sobre el balón. A su vez, el balón ejerce una fuerza de reacción hacia abajo, igual, pero opuesta, sobre sus muñecas. Las fuerzas de acción y reacción actúan sobre objetos diferentes.

Por otra parte, los jugadores de voleibol de la derecha ejercen ambos una fuerza sobre el *mismo* objeto: el balón. Cuando golpean el balón desde direcciones opuestas, cada mano ejerce una fuerza de igual intensidad, pero en dirección opuesta sobre el balón. Las fuerzas sobre el balón están equilibradas y el balón no se mueve ni hacia la izquierda ni hacia la derecha.



Verifica tu lectura

¿Por qué no se anulan mutuamente las fuerzas de acción y reacción?



**FIGURA 16**

**Fuerzas de acción y reacción**

En la foto de la izquierda, las muñecas de la jugadora ejercen la fuerza de acción. En la foto de abajo, el balón ejerce fuerzas de reacción sobre ambos jugadores. Interpretar diagramas En la foto de abajo, ¿qué fuerzas se anulan mutuamente? ¿Qué fuerza no se anula? ¿Qué le pasará al balón?





## Momento

Todos los objetos en movimiento tienen lo que Newton llamó una "cantidad de movimiento". ¿Qué es esta cantidad de movimiento? Hoy en día la llamamos momento. El **momento** es una característica de un objeto en movimiento que está relacionada con la masa y la velocidad del objeto. El **momento de un objeto en movimiento se determina multiplicando la masa por la velocidad del objeto.**

$$\text{Momento} = \text{Masa} \times \text{Velocidad}$$

Puesto que la masa se mide en kilogramos y la velocidad se mide en metros por segundo, la unidad de momento es el kilogramo-metro por segundo (kg·m/s). Al igual que la velocidad, la aceleración y la fuerza, el momento se describe por su dirección además de su cantidad. El momento de un objeto tiene la misma dirección que su velocidad.



## Matemáticas

### Problema de ejemplo

#### Calcular el momento

¿Qué tiene más momento: un mazo de 3.0 kg que se balancea a 1.5 m/s, o un mazo de 4.0 kg que se balancea a 0.9 m/s?

#### 1 Lee y comprende

¿Qué información se te ha dado?

Masa del mazo más pequeño = 3.0 kg

Velocidad del mazo más pequeño = 1.5 m/s

Masa del mazo más grande = 4.0 kg

Velocidad del mazo más grande = 0.9 m/s

#### 2 Plantea y resuelve

¿Qué cantidades te propones calcular?

El momento de cada mazo =

¿Qué fórmula contiene las cantidades dadas y la cantidad desconocida?

Momento = Masa  $\times$  Velocidad

Haz los cálculos.

Mazo más pequeño:  $3.0 \text{ kg} \times 1.5 \text{ m/s} = 4.5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Mazo más grande:  $4.0 \text{ kg} \times 0.9 \text{ m/s} = 3.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

#### 3 Vuelve atrás y comprueba

¿Tiene sentido tu respuesta?

El mazo de 3.0 kg tiene más momento que el de 4.0 kg. La respuesta tiene sentido porque el mazo se balancea con una velocidad mayor.

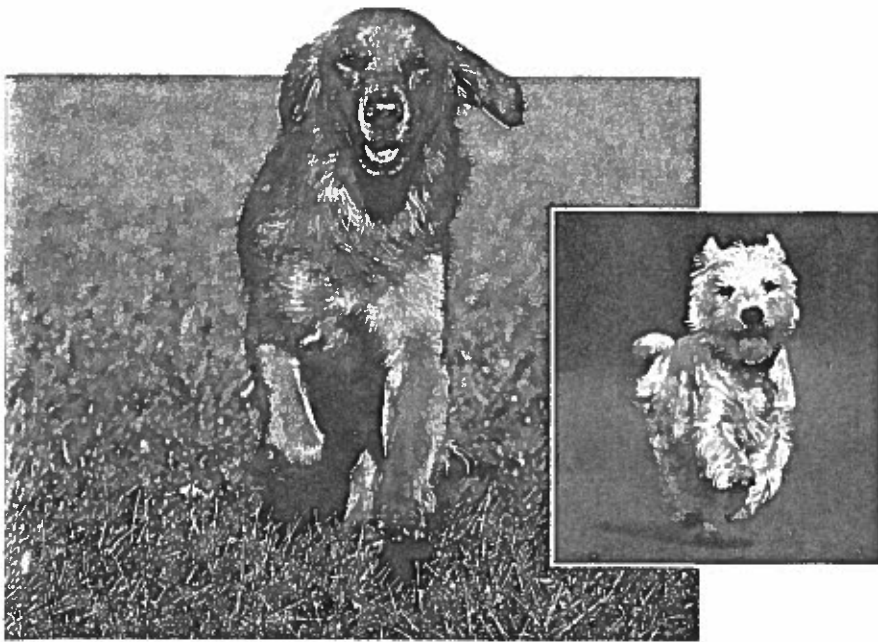
## Matemáticas

### Práctica

#### 1. Calcular el momento

Una pelota de golf viaja a 16 m/s, mientras que una pelota de béisbol se mueve a 7 m/s. La masa de la pelota de golf es de 0.045 kg, y la de béisbol de 0.14 kg. ¿Cuál tiene más momento?

2. Calcular el momento ¿Cuál es el momento de un pájaro que tiene una masa de 0.018 kg y vuela a 15 m/s?



**FIGURA 17**  
**Momento**  
 El momento de un objeto depende de su velocidad y su masa.  
**Resolver un problema** Si ambos perros tienen la misma velocidad, ¿cuál tiene más momento?

Cuanto más momento tiene un objeto, más difícil es detenerlo. La masa de un objeto influye en la cantidad de momento del objeto. Por ejemplo, puedes atrapar una pelota de béisbol que se mueve a 20 m/s, pero no detener un auto que se mueve con la misma rapidez. El auto tiene más momento porque su masa es más grande. También la velocidad de un objeto influye en la cantidad de momento del objeto. Por ejemplo, una flecha disparada con un arco tiene un momento grande porque, aunque su masa es pequeña, viaja a gran velocidad.



**Verifica tu lectura**

¿Qué necesitas saber para determinar el momento de un objeto?

## Conservación del momento

La palabra *conservación* tiene un significado especial en la física. En el lenguaje ordinario, conservación significa ahorrar recursos. Podrías conservar el agua o los combustibles fósiles, por ejemplo. En física, conservación se refiere a las condiciones antes y después de un suceso. Una cantidad que se conserva es la misma cantidad después de un suceso que antes de él.

La cantidad de momento de los objetos se conserva cuando éstos chocan. Se puede transferir momento de un objeto a otro, pero nada se pierde. Este hecho se conoce como la ley de la conservación del momento.

La **ley de la conservación del momento** establece que, en ausencia de fuerzas externas, el momento total de los objetos que interactúan no cambia. La cantidad de momento es la misma antes y después de que interactúan. **El momento total de un grupo cualquiera de objetos permanece igual, es decir, se conserva, a menos que actúen fuerzas externas sobre los objetos.** La fricción es un ejemplo de fuerza externa.

**Lab zone**

### Actividad Inténtalo

#### Choque de autos

1. Busca dos autos de juguete casi idénticos.
2. Haz dos tubos con cinta adhesiva (con el lado pegajoso hacia afuera). Coloca un tubo en el frente de uno de los autos y el otro tubo en la parte de atrás del otro auto.
3. Coloca en el piso el auto que tiene cinta atrás. Luego haz rodar suavemente el otro auto contra la parte posterior del auto inmóvil. ¿Se conservó el momento? ¿Cómo lo sabes?

**Predicir** ¿Qué sucederá si pones cinta adhesiva en el frente de los dos autos y los haces rodar uno contra otro con igual rapidez? ¿Se conservará el momento en este caso? Pon a prueba tu predicción.

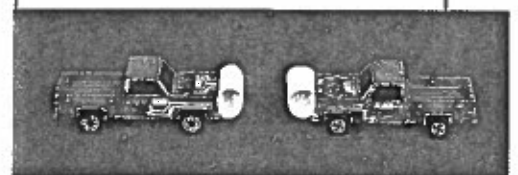
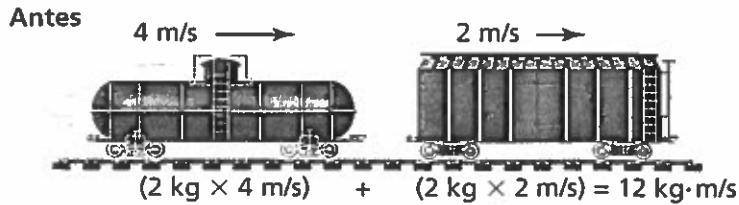


FIGURA 18

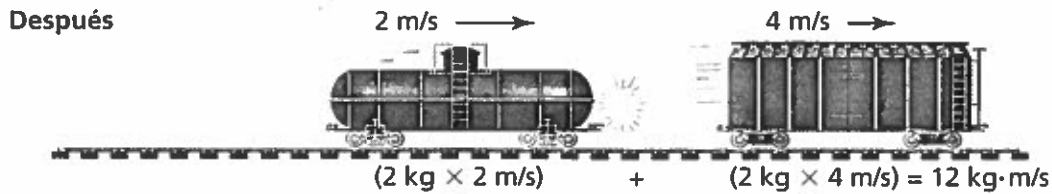
### Conservación del momento

En ausencia de fricción, el momento se conserva cuando dos trenes chocan. Interpretar diagramas ¿En cuál de los diagramas se transfiere todo el momento del vagón azul al vagón verde?

#### A Dos objetos en movimiento

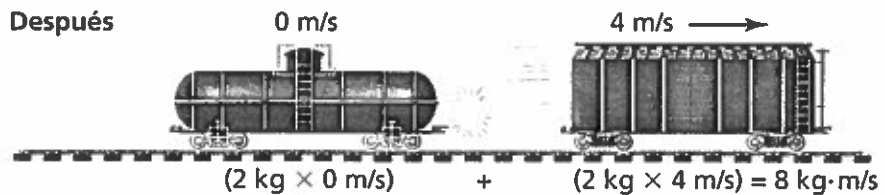
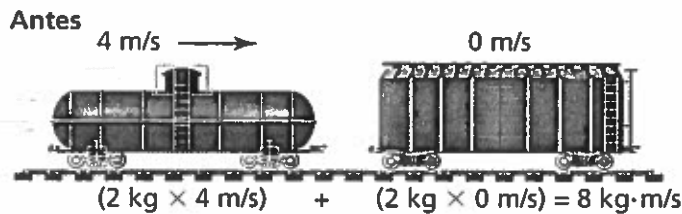


Antes del choque, el vagón azul se mueve con más rapidez que el vagón verde. Después, el verde se mueve más rápidamente. El momento total no cambia.

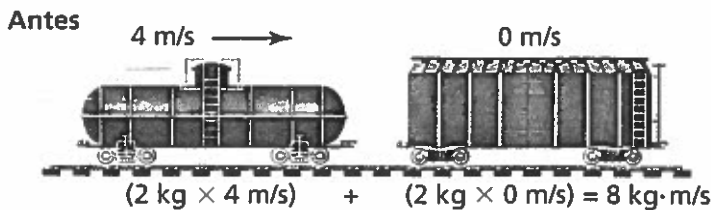


#### B Un objeto en movimiento

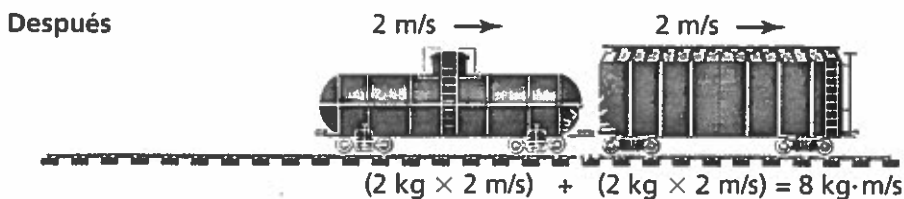
Cuando el vagón verde está en reposo antes del choque, se le transfiere todo el momento del vagón azul. El momento se conserva.



#### C Dos objetos enlazados



Si los dos vagones quedan trabados, también se conserva el momento. Juntos, los vagones se mueven más despacio que el vagón azul antes del choque.



**Choques con dos objetos en movimiento** En la Figura 18A, un vagón de tren viaja a 4 m/s por la misma vía que otro vagón que viaja a sólo 2 m/s. En un momento dado, el vagón azul alcanzará al verde y lo golpeará. Durante el choque, la rapidez de cada vagón cambia. El vagón azul se desacelera a 2 m/s, y el verde se acelera a 4 m/s. El momento se conserva: el momento de un vagón disminuye, en tanto que el momento del otro aumenta.

**Choques con un objeto en movimiento** En la Figura 18B, el vagón azul viaja a 4 m/s, pero el verde está inmóvil. Finalmente, el azul golpea al verde. Después del choque, el vagón azul ya no se mueve, y el verde viaja a 4 m/s. Aunque la situación ha cambiado, se conserva el momento. Se ha transferido todo el momento del vagón azul al verde.

**Choques con dos objetos enlazados** Supón que, en vez de rebotar uno contra el otro, los dos vagones se acoplan al golpearse. ¿Se sigue conservando el momento en la Figura 18C? Después del choque, los vagones acoplados forman un solo objeto con el doble de masa. La velocidad de los vagones acoplados es de 2 m/s, la mitad de la velocidad del vagón azul antes del choque. Puesto que la masa se duplicó y la velocidad se dividió por la mitad, el momento total no cambia.



¿Qué sucede con el momento de dos objetos después de que chocan?

## Sección 4 Evaluación

**Destreza clave de lectura** Examinar ayudas visuales Consulta tus preguntas y respuestas acerca de la Figura 18 para responder a la pregunta 3.

### Repasar los conceptos clave

1. a. **Repasar** Enuncia la tercera ley de movimiento de Newton.
  - b. **Resumir** Según la tercera ley de movimiento de Newton, ¿qué relación existe entre las fuerzas de acción y reacción?
  - c. **Aplicar conceptos** ¿Qué sucedería si intentaras atrapar una pelota estando de pie sobre patines de ruedas?
2. a. **Definir** ¿Qué es el momento?
  - b. **Predecir** ¿Cuál es el momento de un auto estacionado?
  - c. **Relacionar causa y efecto** ¿Por qué es importante que los conductores dejen más distancia entre sus autos cuando viajan con gran rapidez?

3. a. **Identificar** ¿Qué es la conservación del momento?
  - b. **Inferir** El momento total de dos canicas antes de un choque es de  $0.06 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ . Ninguna fuerza externa actúa sobre las canicas. ¿Cuál es el momento total de las canicas después del choque?

### Matemáticas

#### Práctica

4. **Calcular el momento** ¿Cuál es el momento de un auto de 920 kg que se mueve con una rapidez de 25 m/s?
5. **Calcular el momento** ¿Qué tiene más momento: un delfín de 250 kg que nada a 4 m/s o un manatí de 350 kg que nada a 2 m/s?