

Unidad

# 2

# Fuerza y movimiento



¿Por qué podemos distinguir entre cuerpos que se mueven y otros que nos parecen inmóviles? Vivimos en un mundo en el que continuamente vemos el movimiento de distintos cuerpos: aves que vuelan, perros que corren, ciclistas, automóviles, pero ¿cuáles son las causas del movimiento de estos y otros cuerpos?, ¿existen distintos tipos de movimiento? En el transcurso de la unidad, trataremos de dar respuestas a estas y otras interrogantes que puedan ir surgiendo.

## APRENDERÁS A:

- Identificar entre trayectoria y desplazamiento, en diferentes casos.
- Inferir, a partir de trayectoria y desplazamiento, los conceptos de rapidez y velocidad.
- Analizar gráficamente distintos movimientos uniformes rectilíneos y movimientos uniformes acelerados.
- Interpretar, a partir de los principios de Newton, las interacciones entre cuerpos en la naturaleza.
- Aplicar la correlación simple para interpretar datos relacionados a partir de una experiencia, tabla o gráfico.
- Valorar el trabajo en equipo para alcanzar un objetivo común.



### ACTIVIDAD INICIAL

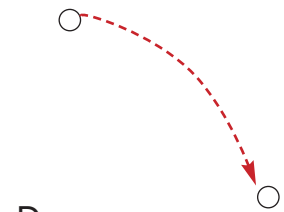
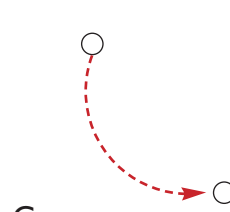
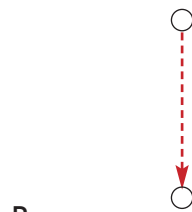
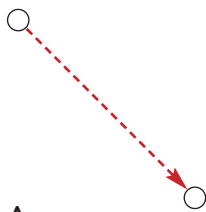
A partir de las imágenes, contesta las siguientes preguntas; puedes trabajar en grupo, si lo quieres.

1. ¿Qué concepto relaciona los datos del movimiento de un atleta, si sabemos que demora 9,69 s en una distancia de 100 m planos?
2. En el juego de tirar la cuerda, ¿qué se espera que le ocurra al equipo contrario?
3. ¿Qué tipo de movimiento experimentamos al subir sobre una escalera mecánica?
4. ¿Cómo podrías describir el movimiento del búmeran de la imagen?
5. ¿Qué concepto resulta común a todas las imágenes?
6. ¿Crees que existe algo que asocia los fenómenos que se observan en cada una de las imágenes?

1. En la siguiente sopa de letras, encuentra ocho términos que tienen relación con fuerza y movimiento.

D	I	N	A	M	O	M	E	T	R	O	I
E	O	R	O	D	S	E	U	J	T	R	L
B	T	X	E	R	O	I	V	C	A	O	G
A	N	F	P	A	Q	D	E	T	U	F	A
Y	E	U	O	F	K	Y	L	E	D	O	N
L	I	T	I	H	A	Z	O	C	I	M	I
I	M	S	D	R	N	T	C	D	S	J	A
D	I	S	T	A	N	C	I	A	U	E	S
Q	V	S	J	P	R	A	D	E	G	O	I
E	O	D	E	I	T	U	A	K	M	N	V
F	M	O	L	D	A	G	D	E	D	P	U
N	E	F	I	E	M	C	I	X	A	R	O
I	V	O	A	Z	R	E	U	F	V	E	P

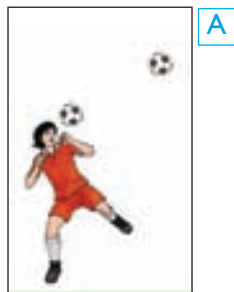
2. En un barco que se mueve con cierta velocidad, se deja caer un objeto desde el mástil.
- Si una persona se encuentra en tierra y observa la trayectoria del objeto que cae, ¿cuál de los siguientes dibujos crees que da cuenta de dicha trayectoria?
  - Si otra persona se encuentra dentro del barco y observa la trayectoria del cuerpo al caer, ¿cuál de los dibujos da cuenta de la trayectoria del cuerpo?



3. Si un cuerpo reposa sobre una mesa, ¿qué puedes decir acerca de la suma de fuerzas que actúan sobre él?



4. ¿En cuál de las siguientes imágenes se puede señalar que se está aplicando la ley de Hooke?



5. ¿Cuál de los siguientes instrumentos permite medir fuerzas?



A



B



C

6. Al estirar un resorte con una fuerza  $F$ , Magdalena observa que aumenta su largo en 10 cm. Si ejerce la mitad de la fuerza anterior, ¿cuánto se alargará el resorte?

#### LO QUE ME GUSTARÍA SABER

- Elabora en tu cuaderno un listado de preguntas acerca de los temas que trata esta unidad y que te gustaría responder durante su estudio.
- Señala en qué medida piensas que los conceptos asociados a fuerza y movimiento te pueden ayudar en las acciones que realizas día a día.

## INDAGACIÓN: LA TRAYECTORIA Y EL DESPLAZAMIENTO

## ¿Cuál crees que es la distancia más corta entre tu banco y el del profesor o profesora?

Reúnete con dos o tres compañeros o compañeras y planteen una posible respuesta a la pregunta propuesta.

### Procedimiento

Consigan los siguientes materiales: una cinta métrica, un cordel o lana. Entre los integrantes de tu grupo planteen una hipótesis a partir de las respuestas expuestas por cada uno. A continuación, realicen los siguientes pasos:

1. Determinen tres caminos distintos entre el banco que escogieron y el de su profesor o profesora. Entre dichos caminos deben incluir aquel que piensen que es el más corto.
2. Realicen un mapa de la sala en el que tracen los tres caminos escogidos.
3. Mientras uno de los estudiantes sostiene un extremo del cordel o lana, otro camina sosteniendo el extremo libre, desde el banco escogido hasta el del profesor o profesora. Repitan esto para cada camino.
4. Midan en cada caso la longitud del cordel con la cinta métrica.
5. Registre y comparen las longitudes de los caminos realizados.

### Responde las siguientes preguntas

- a. ¿Cuántos caminos crees que pueden trazarse entre dos puntos cualesquiera?
- b. ¿Qué otras formas de medición de longitudes te parecen posibles de usar al momento de medir este tipo de distancias?
- c. ¿Cómo podrías mejorar uno de estos procedimientos para medir una distancia en un trayecto mayor, como el de tu casa a la escuela?
- d. ¿Qué características tuvo la distancia más corta entre los puntos definidos? ¿Es siempre posible emplear este camino?

## 1. Trayectoria y desplazamiento

A partir de la actividad anterior, pudiste apreciar que la distancia más corta entre dos lugares es la recta que los separa. Sin embargo, en la vida diaria y en la mayoría de las ocasiones, para ir de un lugar a otro, no es posible hacerlo a través de la recta que los une y es necesario tomar caminos diferentes; cada uno de ellos suelen tener longitudes distintas. Es así como, en una ciudad, es común utilizar algún medio de transporte para trasladarse, y según distancias que hay que recorrer y el sentido de las calles, puede que el camino que toma un bus o vehículo de ida sea completamente diferente al que toma de regreso. En otros, sin embargo, por transitar a lo largo de calles de doble sentido puede recorrerlas sin cambiar de ruta, pero lo hace en sentido opuesto al retomar.

Resulta necesario distinguir entre el camino recorrido o trayectoria y el desplazamiento, ya que para la descripción de un movimiento esta diferencia es realmente importante. La **trayectoria** es la línea continua por la cual un cuerpo se mueve, por lo tanto, esta puede ser recta, curva o enredarse sobre sí misma, ya que el objeto puede pasar varias veces sobre el mismo punto. A la longitud de la trayectoria la denominaremos distancia recorrida ( $\Delta d$ ).

El **desplazamiento** ( $\Delta x$ ), en cambio, es muy diferente; lo representamos por una flecha que está dirigida desde el punto inicial del movimiento hasta un punto cualquiera en el que se encuentre el móvil, y corresponde al cambio de posición de este. **El desplazamiento solo depende de los puntos entre los cuales se ha movido el cuerpo, y es independiente del camino seguido por él.**

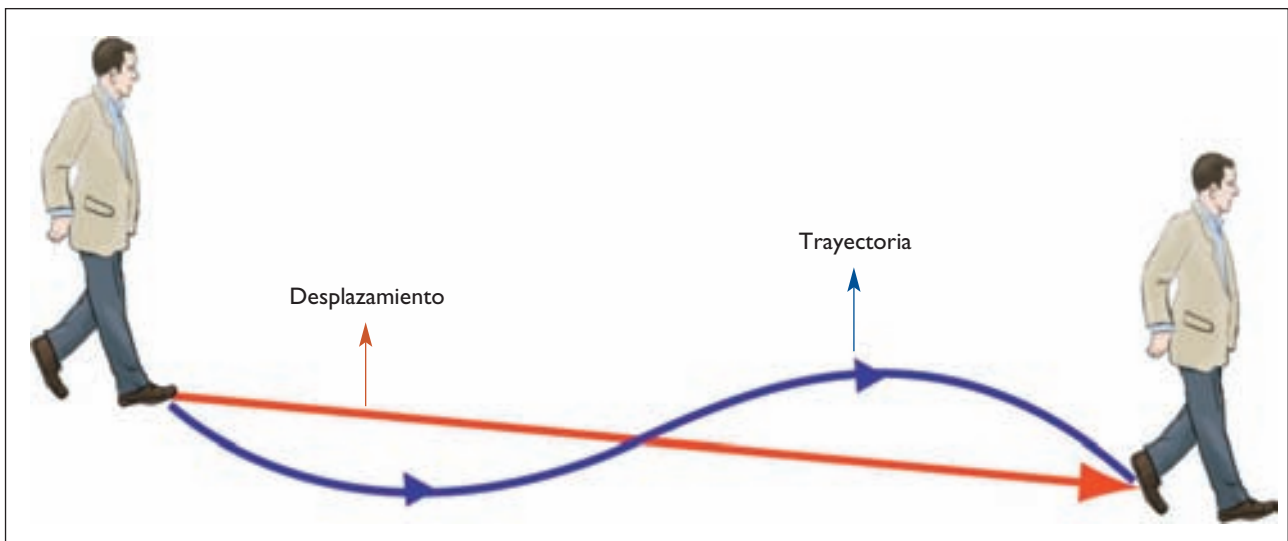
### CONCEPTOS CLAVE

**Cuerpo:** en Física, es frecuente emplear la palabra cuerpo para referirse a un objeto o ser vivo.

**Móvil:** se denomina así a un cuerpo en movimiento.

### Ten presente que:

- Dirección y sentido para el movimiento de un cuerpo son conceptos distintos. Hablamos de dirección cuando nos referimos a la línea recta por la que se mueve un cuerpo. El sentido, en cambio, es hacia dónde, en dicha línea recta, se mueve el cuerpo.



## Actividad 1

**INFERIR**

### TRAYECTORIA DE LAS AGUJAS DE UN RELOJ

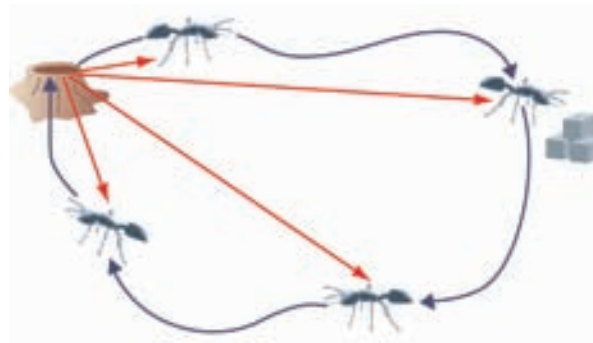
Para esta actividad requieres del uso de una regla y de un reloj de agujas. En el caso de no disponer de un reloj de agujas, puedes fabricar con cartón un modelo de reloj que tenga minuterero y horario.

1. Con un compañero o compañera, midan el largo de las agujas del reloj, registrando dichas medidas.
2. Determinen el valor de la longitud de la trayectoria y el desplazamiento del extremo de cada una de las agujas cuando hayan completado media vuelta.
  - a. ¿Qué tipo de trayectoria describen los extremos de las agujas?
  - b. ¿Cuánto tiempo debe pasar para que el minuterero complete media vuelta?
  - c. Una vez que las agujas han realizado una vuelta completa, ¿cuánto mide el desplazamiento que efectúan los extremos de las agujas?
  - d. ¿Qué diferencia crees que hay entre la trayectoria y el desplazamiento en este tipo de movimiento?



En la actividad anterior pudimos determinar que para el caso específico de los extremos de las agujas de un reloj existe una diferencia numérica entre la longitud de la trayectoria y el desplazamiento. Resulta interesante preguntarse: ¿qué ocurre con el desplazamiento de un cuerpo si inicia y finaliza su trayecto en el mismo punto? Como seguramente observaste en la actividad anterior, en este caso, el desplazamiento es cero.

Veamos otro ejemplo: una hormiga, para ir a buscar el alimento, debe salir del hormiguero (ver dibujo), rodear unos pequeños obstáculos, alcanzar unos pocos granos de azúcar, para luego devolverse por un camino distinto al hormiguero. Las flechas que indican el desplazamiento de la hormiga a medida que se aleja del hormiguero comienzan a aumentar de tamaño; pero, cuando la hormiga regresa al hormiguero las mismas flechas comienzan ahora a disminuir de tamaño, llegando un momento en que el desplazamiento es cero. Generalizando, podemos decir que en toda **trayectoria cerrada**, esto es, que su trayecto se inicie y finalice en el mismo punto, para cierto intervalo de tiempo, el desplazamiento es igual a cero.



## 1.1 Trayectoria rectilínea

### Actividad 2

**ANALIZAR**

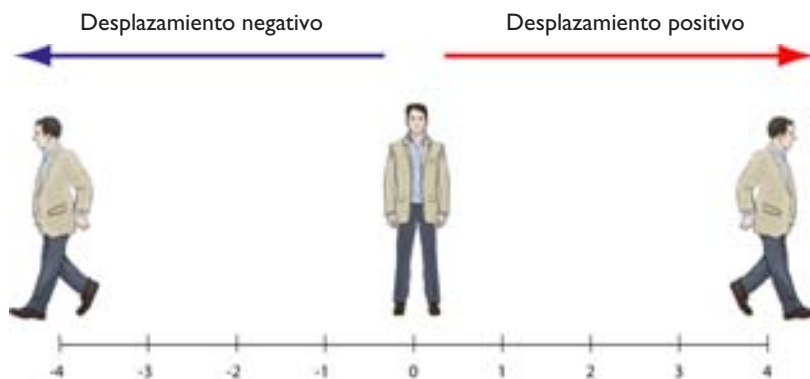
#### ANALIZANDO UNA TRAYECTORIA RECTILÍNEA

Reúnete con un compañero o compañera; para realizar la actividad deben conseguir una cinta métrica de, al menos 3 m. En el caso de no poseer una cinta métrica, se pueden realizar marcas en una línea recta sobre el suelo, espaciadas 50 cm unas de otras.

1. Fijen la cinta métrica al suelo de la sala en un lugar donde al menos quede extendida unos 2,5 m.
2. Pídele a tu compañero(a) que se ubique en el extremo 0 de la cinta métrica.
3. Luego, pídele que avance 2 m desde el 0 en sentido ascendente. Después, que avance 1,5 m en sentido descendente y finalmente 50 cm en sentido ascendente.
  - a. ¿Cuál fue la distancia recorrida?
  - b. ¿Cuál fue el desplazamiento realizado?
  - c. ¿Cómo fue la distancia recorrida respecto del desplazamiento?
  - d. ¿Qué debería ocurrir en el movimiento sobre la línea recta para que el desplazamiento y la trayectoria fueran iguales?

En la actividad anterior observaste que cuando un cuerpo se mueve en una línea recta, la longitud de la trayectoria y el desplazamiento son distintos si el sentido del movimiento cambia. Pero si el sentido del movimiento permanece invariable en un trayecto rectilíneo, podemos decir que la trayectoria y el desplazamiento, en ese caso, miden lo mismo.

También es importante que consideres que el valor de la distancia recorrida es siempre positiva, a diferencia del desplazamiento, que puede ser positivo o negativo; el signo del desplazamiento da cuenta del sentido del movimiento, ya que este es una magnitud vectorial.



### ¿? CONCEPTOS CLAVE

**Magnitud escalar:** una magnitud escalar es aquella que queda completamente definida a través de un número llamado módulo; por ejemplo, la masa, la temperatura y el tiempo (entre otras) corresponden a magnitudes escalares.

**Magnitud vectorial:** una magnitud vectorial, además de un módulo requiere de una dirección y sentido; son ejemplos de magnitudes vectoriales: la fuerza, la velocidad, la aceleración, entre muchas otras.



## EJEMPLO RESUELTO 1

## Diferenciando la trayectoria y el desplazamiento

Pedro, para trasladarse desde el colegio a su casa, realiza el siguiente recorrido: en su bicicleta viaja 12 cuadras al norte y luego 5 cuadras al este. ¿Cuánto mide el camino recorrido y el desplazamiento realizado por Pedro?

Como ahora sabes, el camino recorrido corresponde al perímetro de la trayectoria, que en este caso es la suma de todas las cuadras que recorrió Pedro.

$$d = 12 \text{ cuadras} + 5 \text{ cuadras}$$

$$d = 17 \text{ cuadras}$$

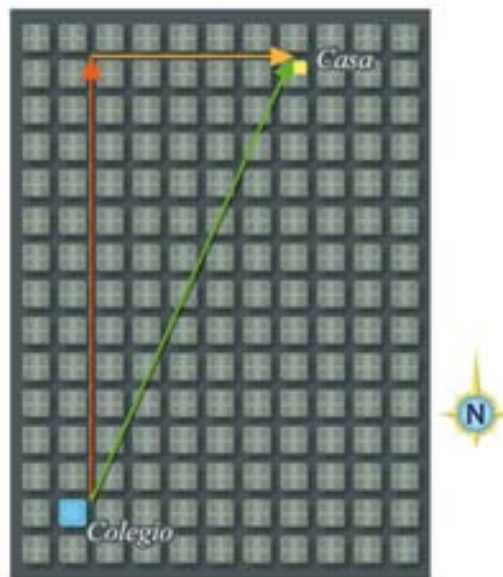
El desplazamiento, por otra parte, es la distancia recta que existe entre la posición inicial y la final de Pedro. Esto corresponde a la hipotenusa del triángulo rectángulo.

$$\Delta x = \sqrt{(12)^2 + (5)^2}$$

$$\Delta x = \sqrt{144 + 25}$$

$$\Delta x = \sqrt{169}$$

$$\Delta x = 13 \text{ cuadras}$$

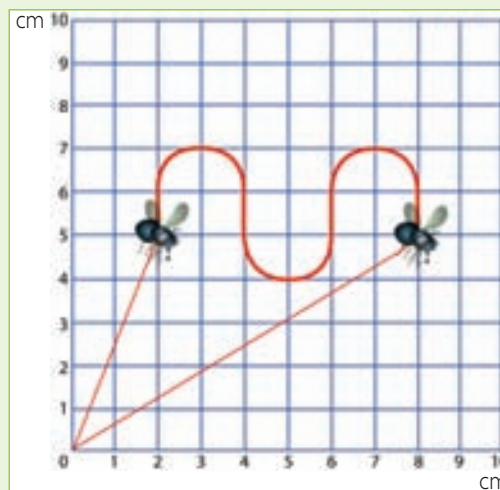


## PARA TRABAJAR

## El vuelo de una mosca

Observa atentamente el gráfico que representa el vuelo de una mosca entre dos instantes y realiza los siguientes pasos:

1. Determina la posición inicial y final de la mosca en el plano cartesiano respecto del punto (0, 0).
2. Representa el desplazamiento como una flecha que vaya desde el punto inicial hasta el punto final, y determina su valor numérico.
3. Determina un valor aproximado para la longitud de la trayectoria del vuelo de la mosca.
  - a. ¿Cómo clasificarías la trayectoria de la mosca?
  - b. ¿Qué dificultad se te presentaría al tratar de determinar la longitud de la trayectoria en el vuelo real de una mosca?



## 2. Rapidez y velocidad en movimientos rectilíneos

### Actividad 3

DESCRIBIR-DEDUCIR

#### DESCUBRIENDO LA RAPIDEZ Y VELOCIDAD

Reúnanse en grupos de dos o tres integrantes y consigan una cinta métrica y un cronómetro.

1. A lo largo de la sala, y en una línea recta, realicen tres marcas en el piso, espaciadas un metro entre sí. Rotulen dichas marcas con las letras A, B y C, respectivamente.
2. Un alumno o alumna debe caminar en línea recta desde el punto A hasta el punto C, pero a través del siguiente trayecto: ir de A hasta C, luego debe regresar a B y finalmente ir de B a C. Mientras se realiza el recorrido, otro integrante del grupo mide el tiempo, utilizando el cronómetro.
  - a. ¿Cuál fue la distancia recorrida?, ¿cuál el desplazamiento?
  - b. Determinen el valor obtenido al dividir la distancia recorrida por el tiempo medido.
  - c. Determinen el valor obtenido al dividir el desplazamiento por el tiempo.
  - d. ¿Hay diferencia entre estos valores?

### 2.1 Rapidez media

En la actividad anterior, la distancia recorrida está representada por la longitud de la trayectoria. Al valor de la razón entre distancia recorrida ( $\Delta d$ ) y tiempo empleado en recorrerla ( $\Delta t$ ) lo llamaremos rapidez media ( $v$ ) y lo representaremos a través de la siguiente expresión:

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

Esta definición es válida para cualquier tipo de movimiento curvo o rectilíneo. En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la rapidez se expresa en m/s. Sin embargo, es frecuente expresar la rapidez en km/h. Si un móvil se mueve con una rapidez de 100 km/h, ¿cuál es su rapidez expresada en m/s?

Si un automóvil recorre una distancia de 200 km en 4 horas, su rapidez media es de 50 km/h. ¿Significa esto que el automovilista condujo durante 4 horas a 50 km/h? No necesariamente. Por ejemplo, es posible que haya ido en algunos tramos a 100 km/h y en otros a 20 km/h, e incluso el conductor pudo haberse detenido para descansar o comer. El concepto de **rapidez instantánea** corresponde al valor de la rapidez en cualquier instante. Una buena aproximación de dicho valor la entrega el velocímetro de los automóviles o microbuses.



El velocímetro de un auto indica con buena aproximación la rapidez instantánea de este.



### CONEXIÓN CON... BIOLOGÍA

En la naturaleza existen muchos ejemplos de animales que dependen de su rapidez para cazar a sus presas. Uno de ellos es el guepardo; este es el animal terrestre más rápido en distancias de menos de 500 m, y es capaz de alcanzar una rapidez máxima de 120 km/h.



## 2.2 Velocidad media

En la actividad 3, el desplazamiento está representado por la medición hecha con la cinta métrica entre el punto de partida y el punto de llegada. Si en esta actividad consideramos la razón entre el desplazamiento del cuerpo y el tiempo empleado, tendremos el valor de la velocidad media ( $v_m$ ). Esta magnitud indica el cambio de posición del cuerpo en el tiempo. Si analizamos los valores obtenidos en la actividad 3 para rapidez media y **velocidad media** del cuerpo en el movimiento, vemos que estos fueron diferentes. ¿Qué otra diferencia hay entre rapidez y velocidad?

Para expresar la rapidez de un móvil, basta con indicar la magnitud o valor numérico (magnitud escalar). Sin embargo, esta información que entrega no es muy precisa. Por ejemplo, si estamos en una plaza de la ciudad y vemos un automóvil que se mueve a 60 kilómetros por hora, no sabríamos decir cuál será su posición al cabo de una hora. Para estimar su posición futura debemos conocer además el sentido y dirección del movimiento. La magnitud que indica el módulo, la dirección y sentido de un móvil es la **velocidad** que, por incluir esta información, se denomina magnitud vectorial. Si consideramos solo movimientos que se producen en una recta (coincidente con el eje X), se puede indicar (por convención) el sentido mediante signos: positivo (para cuerpos que se mueven hacia la derecha del sistema de referencia) o negativo (para cuerpos que se mueven hacia la izquierda). La velocidad media se expresa como el cociente entre el desplazamiento  $\Delta x = x_f - x_i$  (donde  $x_f$  es la posición final y  $x_i$  es la posición inicial) y el tiempo transcurrido ( $\Delta t$ ):

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Las unidades en las que se expresa la velocidad son las mismas que las señaladas para la rapidez.

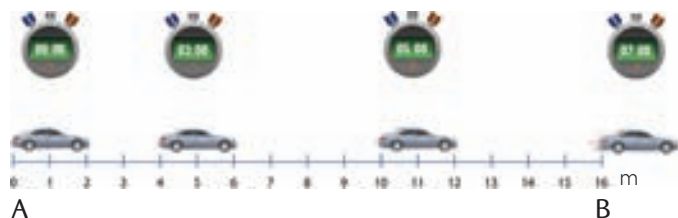
### Actividad 4

#### ITINERARIO DE UN MÓVIL

#### COMPARAR-INFERIR

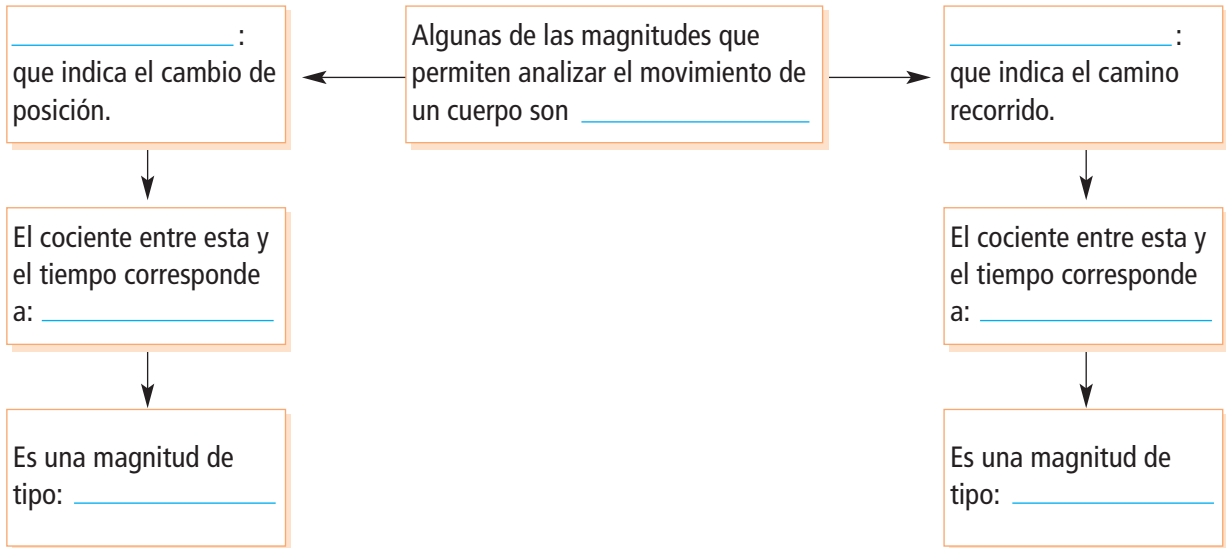
La siguiente figura muestra un automóvil en distintos instantes a lo largo de un camino recto. Obsévala con atención y responde las preguntas.

- ¿Cuánto es la rapidez media del auto entre los 0 s y 3 s?
- ¿Cuánto es la rapidez media del auto entre 3 s y 5 s?
- Determina la rapidez media del auto entre los puntos A y B.
- ¿Cómo explicas las diferencias entre los resultados?



**SÍNTESIS**

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:

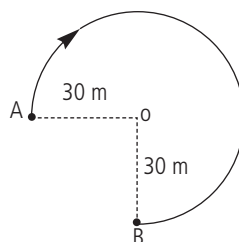


**EVALUACIÓN DE PROCESO**

1. El esquema muestra la posición de una hormiga en diferentes instantes durante su recorrido por una rama recta. El recorrido comienza en **A** y avanza hasta **B**, donde gira y regresa hasta **C**. Allí vuelve a girar para detenerse en **D**.



- a. ¿Cuál es el desplazamiento de la hormiga?
  - b. ¿Cuál es la distancia recorrida por la hormiga durante todo el trayecto?
2. Un atleta corre  $\frac{3}{4}$  de una pista circular, demorando 4 minutos en ir de A hasta B.  
¿Cuál fue la rapidez y la velocidad media del atleta expresada en m/s? (Considera  $\pi = 3,14$ )



3. ¿En qué tipo de trayectoria el desplazamiento entre dos puntos puede ser igual a cero?

## INDAGACIÓN: MOVIMIENTO ACELERADO

## ¿Cómo cambia la rapidez de un cuerpo que se mueve bajando por un plano inclinado?

Cuando te subes a un bus y miras el velocímetro (indicador de velocidad), hay ciertos períodos de tiempo en que este puede indicar la misma rapidez; pero ¿crees que es posible que un bus mantenga durante un viaje largo en una ciudad una rapidez constante? Formen grupos de dos o tres integrantes y discutan respecto de esta pregunta.

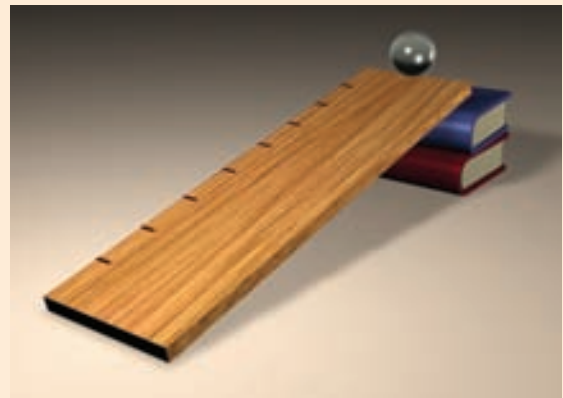
Elaboren una posible respuesta a la pregunta planteada inicialmente.

Para estudiar cómo es la velocidad media en un cuerpo, efectúen el siguiente procedimiento:

### Materiales:

- Un tablón de madera de 1 m de largo.
- Un par de libros para usarlos de apoyo.
- Una bolita.
- Un cronómetro (la mayoría de los celulares tienen un cronómetro incorporado).
- Una regla o cinta métrica.

1. Apoyen un extremo del tablón sobre el suelo y el otro sobre dos cuadernos o libros, de modo que el tablón quede ligeramente inclinado (ver figura). Prueben con distinto número de cuadernos, de modo que obtengan un tiempo de caída fácil de medir.
2. Con la ayuda de la cinta métrica, hagan ocho marcas equidistantes sobre el tablón y numérenlas correlativamente del 1 al 8, partiendo desde aquella más próxima al extremo más alto del tablón.
3. Suelten la bolita desde el punto 1 y midan el tiempo que emplea en llegar al punto 2. Registren este valor.
4. Repitan el paso anterior, soltando la bolita siempre desde el punto 1 y midiendo el tiempo empleado en llegar a todos los demás puntos (1- 2, 1-3..., 1-8). Registren cada vez los valores de tiempo medidos.



5. Copien y completen en sus cuadernos una tabla como la siguiente:

Tramo	Distancia recorrida (cm)	Tiempo empleado	Rapidez media (cm/s)
1 - 2			
1 - 3			
1 - 4			
1 - 5			
1 - 6			
1 - 7			
1 - 8			

*copia en tu cuaderno*

6. Con relación a los datos obtenidos, respondan:
- ¿Qué variables se mantienen constantes en la actividad y cuáles son modificadas?
  - ¿Cómo son la longitud de la trayectoria y el desplazamiento en este movimiento?
  - ¿Qué ocurre con la rapidez media en los distintos tramos recorridos? Intenten dar una explicación a esto.
  - ¿La rapidez del movimiento de la bolita cambia o se mantiene constante? Expliquen.
  - ¿Fue posible medir con exactitud cada una de las distancias y los tiempos en la actividad? Al respecto, ¿qué pueden concluir acerca de los errores en las mediciones?
  - ¿Verificaron la respuesta que propusieron a la pregunta inicial?
  - La actividad que acaban de realizar, ¿es evidencia suficiente para afirmar que cambia la velocidad de todos los cuerpos que se mueven?



### ¿QUÉ SUCEDERÍA SI...? \_\_\_\_\_

Imagina que una nave espacial aumenta paulatinamente su velocidad, es decir, acelera positivamente. ¿Crees que sería posible que su velocidad aumentase indefinidamente?, ¿sería posible alcanzar una velocidad infinita?; ¿crees que existe una velocidad límite?, y de ser así, ¿cuál crees que es dicha velocidad límite?

### INTER@CTIVIDAD

En la siguiente página encontrarás en forma de animación la idea de aceleración positiva y negativa.

[http://www.educaplus.org/movi/2\\_6aceleracion.html](http://www.educaplus.org/movi/2_6aceleracion.html)

## 3. Aceleración en movimientos rectilíneos

En la actividad anterior, comprobamos cómo la velocidad media de la bolita iba cambiando en cada uno de los tramos. Este cambio de velocidad de los cuerpos se llama aceleración y habitualmente nosotros la experimentamos en nuestro diario vivir, cuando nos desplazamos al caminar, al ir dentro de un auto, al subir en un ascensor, etc.

Comúnmente, la aceleración se asocia al aumento de la rapidez, pero, en Física, la aceleración involucra cualquier **cambio de velocidad** ocurrido durante un cierto tiempo.

Cuando un cuerpo en movimiento aumenta o disminuye su velocidad (rapidez) en la misma cantidad cada segundo, entonces se dice que su **aceleración es constante**. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, cuando dejamos caer un objeto desde cierta altura o si lo lanzamos hacia arriba.

En la mayor parte de los movimientos cotidianos, como el movimiento de los seres vivos, los automóviles que circulan por las calles o la caída de una hoja, la aceleración no es uniforme, sino que varía a medida que transcurre el tiempo. Sin embargo, el concepto de **aceleración media** ( $a_m$ ) nos permite conocer el cambio que experimentó la velocidad durante todo el proceso.

Operacionalmente, la aceleración media se obtiene como la variación de la velocidad ( $\Delta v = v_f - v_i$ ) en un intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ), es decir:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

En esta expresión,  $v_f$  y  $v_i$  representan el valor de la velocidad instantánea del objeto en los instantes final  $t_f$ , e inicial  $t_i$  del intervalo de tiempo. La unidad en el SI para expresar la aceleración es el  $\text{m/s}^2$ , que indica la cantidad de  $\text{m/s}$  (velocidad) que un cuerpo cambia en cada segundo.

El signo de la aceleración depende de dos cosas:

- que la velocidad esté aumentando o disminuyendo.
- el movimiento del cuerpo en relación al marco de referencia.

Entonces, de acuerdo con esto, ocurre que:

- si un móvil está disminuyendo su rapidez (está frenando), entonces el signo de la aceleración es contrario al de la velocidad.
- si un móvil aumenta su rapidez, la aceleración tiene el mismo signo que la velocidad.

## Actividad 5

INFERIR-ANALIZAR

### ¿CÓMO DETECTAR SI UN MÓVIL ESTÁ ACELERANDO?

Cuando nos subimos a un bus o móvil, muchas veces sentimos los efectos del cambio de velocidad en nuestro propio cuerpo, pero dicha percepción es subjetiva. En esta actividad construiremos un instrumento que nos permita medir el cambio de velocidad de un móvil, de forma objetiva. (A este instrumento lo denominaremos acelerómetro).

Formen grupos de tres o cuatro integrantes y reúnan los siguientes materiales: un trozo de manguera transparente de unos 40 cm de largo, un trozo de madera de 30 cm de largo y 15 cm de ancho, marcador permanente, cuatro grapas, tornillos o clavos pequeños, una botella con agua.

1. Sobre el trozo de madera doblen la manguera en forma de "U" y fíjenla con las grapas como aparece en la figura.
2. Una vez fijada la manguera y en la posición de la figura, agreguen agua hasta que se alcance el nivel indicado.
3. Con el marcador, indiquen el punto donde el nivel de agua esté equilibrado.
4. Sosteniendo el acelerómetro y manteniendo el nivel de agua equilibrado, súbanse a cualquier medio de transporte, ya sea una bicicleta, un auto, una micro, etc.
5. Observen lo que ocurre con el nivel de agua al haber cambios en la velocidad del móvil.



### Análisis

- a. ¿Qué ocurrió con el nivel de agua al aumentar la velocidad del móvil?
- b. ¿Qué se observó en el nivel de agua cuando el móvil disminuía su velocidad?
- c. ¿Cómo explicarían el funcionamiento del acelerómetro? ¿Podría servir para medir aceleraciones verticales?
- d. ¿Podrían graduar el acelerómetro de modo que el nivel con que sube o baja el agua indique una aceleración en particular?, y de ser así, ¿cómo lo graduarían?



# Anomalía afecta a sondas *Pioneer*

En la década de los setenta fueron enviadas dos sondas al espacio: la *Pioneer 10* y la *Pioneer 11*, cuya principal misión era enviar información directa de los planetas más lejanos de nuestro Sistema Solar.

Estas sondas son hoy los objetos que la humanidad ha enviado a mayor distancia de la Tierra, estimándose que han llegado a más de 13 mil millones de kilómetros, con una velocidad relativa al Sol de 12,24 km/s.

Pese a la gran información que suministraron estas sondas, tenían reservadas otras sorpresas para la comunidad científica, mucho más intrigantes y posiblemente de carácter fundamental.

Científicos de la NASA han descubierto una trayectoria anómala en estas sondas espaciales. El estudio de su movimiento por parte de los astrofísicos reveló una desviación de su trayectoria esperada, llamada efecto Pioneer. La desviación consiste en una aceleración negativa en dirección directa hacia el Sol o



desaceleración. El origen de esta anomalía es desconocida y es un enigma para los científicos. Sin embargo, hay varias teorías que intentan explicar la desaceleración: entre las causas postuladas están los fenómenos de viento solar, la fricción con el plasma interplanetario dentro del sistema solar, el retroceso térmico debido al calor generado por las pilas atómicas de las sondas, la materia oscura en la galaxia (un misterio de la ciencia) o manifestaciones de una "nueva física".

Fuente: Archivo Editorial.

Respecto a la lectura responde las siguientes preguntas:

- ¿Cuál crees que es la importancia de investigar objetos tan alejados de nuestro planeta, como planetas distantes o estrellas de otras constelaciones?
- ¿Crees que es justificado el enorme gasto en dinero asociado a estas investigaciones en la astronomía?
- ¿Cuán importante es para la ciencia que existan todavía interrogantes como la desaceleración de las sondas *Pioneer*?
- Plantea una explicación para los fenómenos que afectan a las sondas.

## EJEMPLO RESUELTO 2

## Determinando la aceleración de un móvil

Una moto que parte del reposo hacia el sur alcanza una rapidez de 30 m/s, al cabo de 5 s. ¿Cuál es su aceleración media?

La aceleración la podemos obtener a partir de la relación:

$$a_m = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

La rapidez inicial es 0 m/s, ya que parte del reposo, y la final, a los 5 s, es de 30 m/s.

Remplazando los valores en la ecuación, resulta:

$$a_m = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ s}} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Esta expresión indica que la moto aumenta su rapidez en 6 m/s cada segundo. Con relación a los signos, tanto la rapidez como la aceleración tienen signo positivo, lo que nos indica que el movimiento aumenta su rapidez.

## Actividad 6

## ITINERARIO DE UN MÓVIL

## INTERPRETAR

En la siguiente tabla se muestra la velocidad de una bicicleta en diferentes instantes :

1. Realiza un gráfico rapidez vs. tiempo
2. Responde las siguientes preguntas respecto del gráfico
  - a. ¿Cambia la velocidad de la bicicleta en el tiempo?
  - b. ¿La aceleración es siempre la misma?
  - c. ¿En qué intervalo de tiempo la aceleración es positiva?
  - d. ¿Entre qué valores del tiempo no hay aceleración?
  - e. ¿En qué intervalo de tiempo la aceleración es negativa?
  - f. Si en el tramo final la bicicleta mantuviera su aceleración, ¿en qué instante la velocidad de la bicicleta será nuevamente igual a cero?

Tiempo (s)	Rapidez instantánea (m/s)
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8
5	8
6	8
7	8
8	6
9	4
10	2



### CONCEPTOS CLAVE

**Cinemática:** es la parte de la mecánica que estudia las leyes del movimiento de los cuerpos, sin considerar las causas que lo originan.

## 4. Tipos de movimientos rectilíneos

En la actividad anterior se representó gráficamente el movimiento de un cuerpo. En cinemática es común usar gráficos, pues ayudan a entender y describir la variación en el movimiento de los cuerpos a lo largo del tiempo.

Los gráficos más usados en cinemática son tres: **posición vs. tiempo**, **velocidad vs. tiempo** y **aceleración vs. tiempo**.

El movimiento de un cuerpo en una trayectoria rectilínea puede desarrollarse de diversas maneras. Si el cuerpo se mueve con velocidad constante se denomina **movimiento uniforme rectilíneo**, mientras que si mantiene aceleración constante se llama **movimiento uniformemente acelerado**.

### 4.1 Movimientos con velocidad constante

Cuando un cuerpo se mueve de tal modo que su velocidad permanece constante o invariante en el tiempo, se dice que describe un **movimiento uniforme rectilíneo**, que se abrevia **MUR**. Esto significa que el cuerpo recorre distancias iguales en intervalos de tiempo iguales (rapidez constante) y sigue una trayectoria recta (sin variar su sentido ni dirección). ¿Cómo será la aceleración en este tipo de movimiento?



El automóvil recorre distancias iguales de 8 m en tiempos iguales de un segundo. Por lo que podemos afirmar que, en dicho tramo, el auto tiene una velocidad constante de 8 m/s. ¿Cuál es la aceleración en dicho tramo?

## Actividad 7

### OBSERVANDO MOVIMIENTOS

### INTERPRETAR

A partir de cada una de las siguientes situaciones, confecciona un gráfico en papel milimetrado. En el eje horizontal (X), ubica la variable tiempo y en el eje vertical (Y), la posición del móvil con los datos que representan cada situación. Recuerda que cada gráfico debe presentar un título y que deben ir señaladas, en los ejes, las magnitudes físicas y sus unidades correspondientes.

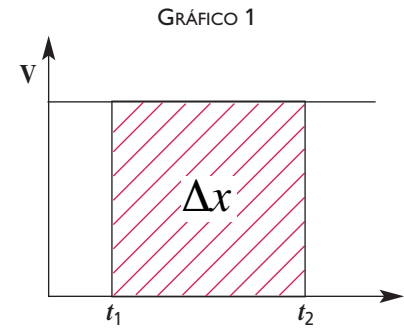
1. Una persona permanece en reposo durante 4 s a 10 m del origen.
2. Un automóvil que parte del origen ( $x = 0$ ), se mueve en línea recta con una velocidad constante en la dirección positiva del eje X durante 4 s. Los puntos siguientes corresponden a los datos experimentales obtenidos: (0 s, 0 m); (1 s, 5 m); (2 s, 10 m); (3 s, 15 m); (4 s, 20 m).

## 4.2 ¿Cómo determinamos la distancia recorrida en un MUR?

Si conocemos la velocidad y el tiempo empleado del movimiento uniforme rectilíneo de un cuerpo, podemos determinar la distancia recorrida, que, en este caso, corresponde al desplazamiento. Transformando la relación:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t$$

El mismo valor se obtiene si se calcula el área bajo la curva del gráfico de velocidad versus tiempo obtenido.



En general, en un gráfico de velocidad vs. tiempo, el área bajo la curva representa el camino recorrido del móvil.

### EJEMPLO RESUELTO 3

#### Analizando gráficos

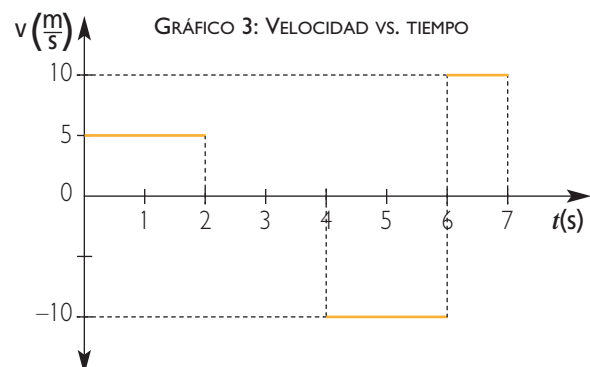
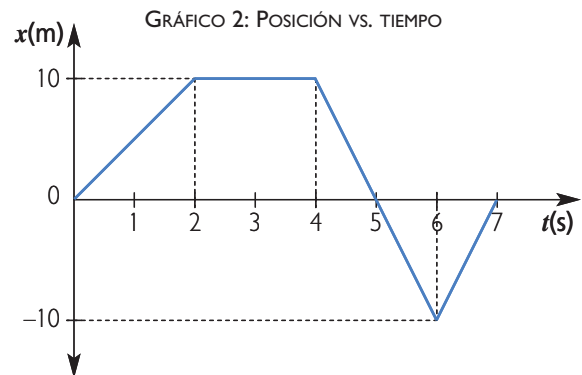
Supongamos que un cuerpo que se mueve en línea recta tiene el siguiente gráfico itinerario:

¿Cuál sería el gráfico de “velocidad vs. tiempo” asociado al gráfico 2?

- Para construir el gráfico  $v$  vs.  $t$ , es necesario analizar el gráfico de itinerario por intervalos de tiempo en que la recta  $x$  vs.  $t$  tenga una pendiente constante (que indica una velocidad constante).
- En el gráfico 2 de itinerario, podemos distinguir los intervalos de tiempo (0 s, 2 s); (2 s, 4 s); (4 s, 6 s) y (6 s, 7 s), y los respectivos valores para la velocidad media del móvil, que se ven en la siguiente tabla:

Intervalo de tiempo $\Delta t$ (s)	Velocidad media (m/s)
0 - 2	+5
2 - 4	0
4 - 6	-10
6 - 7	+10

- A partir de la tabla anterior, podemos construir el gráfico de velocidad vs. tiempo:



### 4.3 Movimientos con aceleración constante

#### Actividad 8

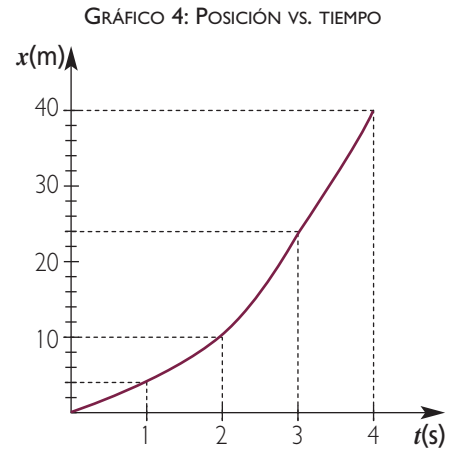
#### ANALIZANDO UN MOVIMIENTO ACELERADO

#### ANALIZAR

Un motociclista que parte del reposo desde el origen, se mueve en línea recta hacia la derecha durante 4 segundos. Al graficar su posición en función del tiempo, se obtiene el siguiente gráfico itinerario:

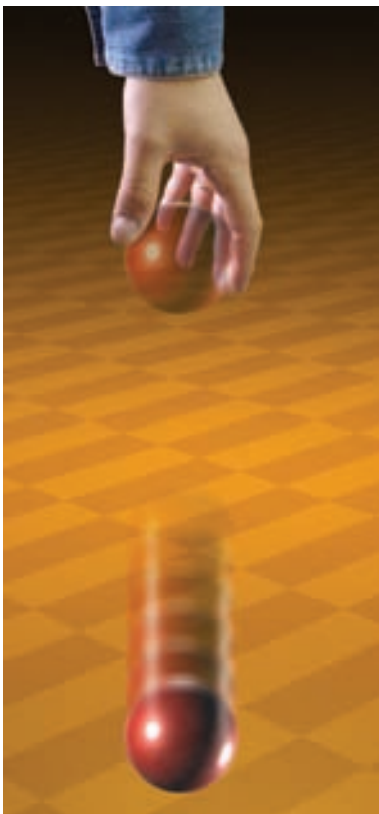
1. Analiza el gráfico y completa en tu cuaderno la siguiente tabla de valores:

Tiempo (s)					
Posición (m)					



Responde las siguientes preguntas:

- a. ¿La moto recorre la misma distancia en intervalos iguales de tiempo? Explica.
- b. ¿Cuándo va más rápido y cuándo va más lento?



Un movimiento con aceleración constante es la caída libre que experimentan cuerpos que caen de cierta altura.

Al analizar el gráfico de la actividad anterior puedes apreciar que la moto no recorrió la misma distancia en intervalos iguales de tiempo, esto quiere decir que su velocidad fue variando.

Cuando el movimiento que experimenta un cuerpo es una trayectoria rectilínea y su velocidad experimenta variaciones iguales en intervalos de tiempo también iguales, se dice que tiene un **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado**, que se abrevia MUA, donde el gráfico “posición vs. tiempo”, que representa el movimiento, ya no es una recta, sino una curva (como el analizado en la actividad anterior).

¿Cómo sería la curva en el caso de un cuerpo que disminuya constantemente su velocidad?

#### Ten presente que:

- Una de las formas que tiene la ciencia de estudiar los fenómenos, es ir de lo simple a lo complejo. Por esto, en el movimiento de los cuerpos se estudian inicialmente los rectilíneos, ya que estos son más simples de describir y analizar, pero en la realidad, dichos movimientos no existen de forma pura en la naturaleza.



## Lanzamiento vertical

### Observación

Si lanzas cualquier objeto verticalmente hacia arriba, después de un instante puedes observar que este disminuye su rapidez hasta detenerse por completo en el aire, para luego comenzar a caer.

Si el objeto fue lanzado inicialmente con cierta rapidez y después se detuvo, se dice que hay una variación de su velocidad entre esos dos instantes, por lo tanto, existe una aceleración.

¿Crees que dicha aceleración negativa que experimentan los objetos lanzados verticalmente hacia arriba es uniforme?

Plantea una posible respuesta a esta pregunta.

### Procedimiento

Como la medición de los datos en un lanzamiento vertical no es algo simple, te proponemos trabajar con datos simulados, los que se ajustan a un fenómeno real.

La siguiente es la tabla itinerario del movimiento de una pelota que es lanzada verticalmente hacia arriba.

t (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	10,1	10,9
x (m)	0	2,8	5,2	7,2	8,9	2	1,2

1. Con los datos de la tabla, construye el gráfico itinerario correspondiente.

### Análisis

- a. ¿Qué ocurre con la velocidad a medida que pasa el tiempo?
- b. ¿Qué tipo de movimiento es el que experimentó la pelota?, ¿por qué?
- c. ¿Qué crees que pasaría con la posición de la pelota al transcurrir más tiempo?
- d. ¿El análisis del gráfico comprobó o desechó la respuesta que diste al inicio de la investigación?
- e. ¿Cómo crees que será el movimiento de un cuerpo, una vez que este cae?

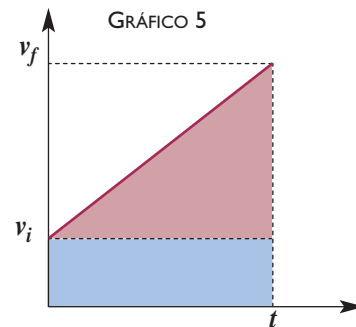


## EJEMPLO RESUELTO 4

## ¿Cómo determinar la distancia recorrida en un MUA?

En un movimiento rectilíneo uniforme acelerado, es posible conocer la distancia recorrida a través de un método gráfico, que consiste en el cálculo del área bajo la curva en un gráfico de “velocidad vs. tiempo”.

Consideremos un móvil que parte desde el origen con una rapidez  $v_i$  y que después de un cierto tiempo  $t$  ha alcanzado una rapidez  $v_f$ . Esto se representa en el gráfico:



1. El área total bajo la recta es la suma del área de un rectángulo de lados  $v_i$  y  $t$  y el área de un triángulo de base  $t$  y altura  $(v_f - v_i)$ :

$$\text{área} = v_i \cdot t + \frac{(v_f - v_i) \cdot t}{2}$$

Y la aceleración media se determina por la relación:

$$a_m = \frac{(v_f - v_i)}{t}$$

Al multiplicar por  $t^2$  y simplificar, la relación nos quedará

$$a_m \cdot t^2 = (v_f - v_i) \cdot t$$

Luego, reemplazamos parte del segundo miembro de la relación inicial por la expresión  $a_m \cdot t^2$ , con lo que se obtiene una expresión que relaciona el desplazamiento con la velocidad inicial, la aceleración y el tiempo, para un MUA.

$$\text{área total} = v_i \cdot t + \frac{a_m \cdot t^2}{2} = \text{distancia recorrida}$$

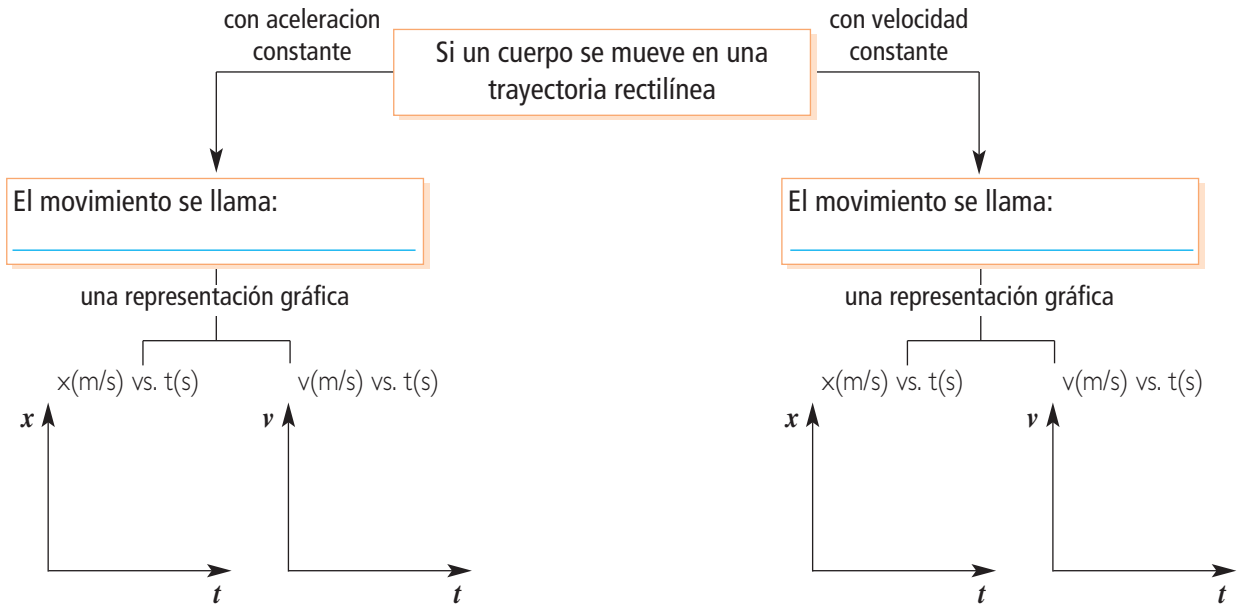
### CONEXIÓN CON... BIOLOGÍA

El halcón peregrino es uno de los animales más veloces que existen, en picada puede alcanzar una velocidad de 300 km/h, recorriendo 1.140 m durante 16 s, esto significa que su aceleración media es cerca de  $8,8 \text{ m/s}^2$ . Al entrar en picada, el halcón peregrino disminuye la resistencia que le opone el aire plegando sus alas y maximizando la aceleración, ¿cómo crees que lo consigue?



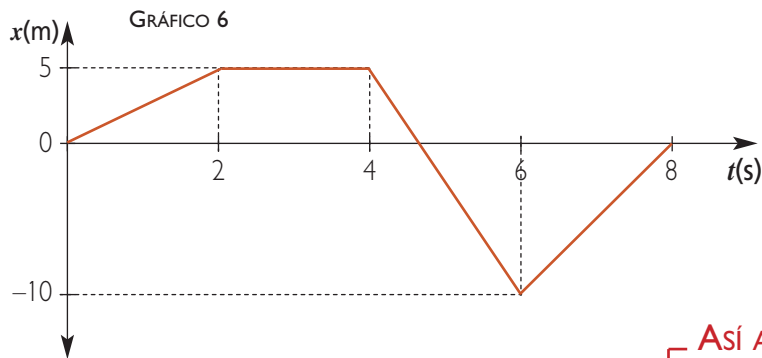
**SÍNTESIS**

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



**EVALUACIÓN DE PROCESO**

1. Para el siguiente gráfico itinerario:



- a. Describe el movimiento realizado por el móvil.
- b. Determina la velocidad del móvil en cada tramo.

**ASÍ APRENDO MEJOR**

Responde en tu cuaderno:

- a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?
- b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?



## INDAGACIÓN: FUERZA

## ¿Qué origina el o los cambios en el movimiento de los cuerpos?

Hasta el momento hemos descrito el movimiento de los cuerpos, en particular el MUR y el MUA. En dichos movimientos hemos observado que se producen ciertos cambios, como lo es, por ejemplo, el cambio producido en la velocidad a lo largo del tiempo. ¿Qué hace que un cuerpo se ponga en movimiento?, ¿qué produce que un cuerpo que viaja con cierta dirección de improviso la cambie? Formen grupos de tres o cuatro integrantes y discutan respecto de las preguntas que se les plantean. Formulen una hipótesis que responda la pregunta inicial.



### Materiales:

- Un autito.
- Varias masas (al menos tres) de distinto tamaño (puede ser una goma, un lápiz, un corrector, un estuche, etc.).
- Hilo o pita.
- Cronómetro.

### Procedimiento 1

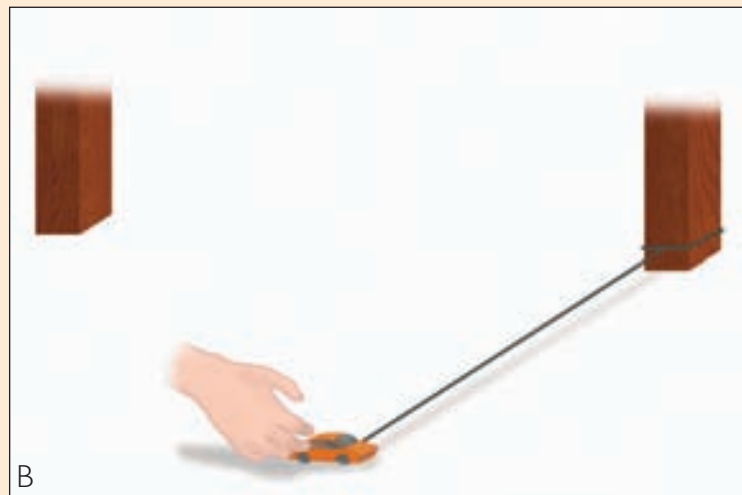
A continuación realicen el siguiente procedimiento:

1. Numeren las masas y clasifíquenlas de menor a mayor.
2. Amarren un extremo del hilo o pita en la parte delantera del autito y el otro extremo, a la primera masa.
3. Pongan el autito sobre una mesa o superficie que se encuentre a cierta altura.
4. Suelten la masa de modo que el auto se ponga en movimiento (ver figura A).
5. Midan y registren el tiempo que tarda en caer.
6. Repitan el procedimiento con cada una de las masas, registrando cada vez sus observaciones.

## Procedimiento 2

Ahora, realicen el siguiente procedimiento:

1. Aten un extremo del hilo alrededor del autito y el otro extremo en la pata de una mesa o silla (ver figura B).
2. Denle un impulso al autito, para que se mueva de manera que el hilo se mantenga estirado.
3. Registren sus observaciones.



Respondan las siguientes preguntas:

Respecto del procedimiento 1, respondan:

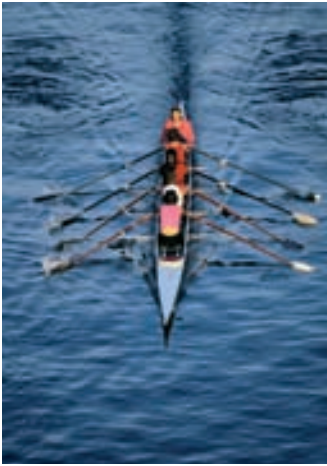
- a. ¿El movimiento del auto lo clasificarías como MUR o como un MUA?
- b. Al colgar distintas masas al autito, ¿cómo fue el movimiento de él con cada una de ellas? Expliquen.
- c. De haber aceleración, ¿cómo crees que se podría relacionar con la masa suspendida?

Respecto del procedimiento 2, respondan:

- d. ¿Cuál crees que es la razón de que el autito cambie su dirección?
- e. ¿Crees que el auto aceleraba en cada uno de los casos?

Respecto de los dos procedimientos, respondan:

- f. ¿La misma razón determina que el autito se ponga en movimiento o cambie su dirección?
- g. ¿Verificaron la hipótesis planteada al empezar?



La fuerza de los remos actuando sobre el agua permite que la embarcación pueda moverse.

## 5. Las fuerzas modifican el estado de movimiento

En la indagación de las páginas anteriores pudiste inferir que debe existir un factor responsable en el cambio del estado de movimiento de los cuerpos. Este factor corresponde a fuerzas y muchos de los cambios que observamos a nuestro alrededor son el resultado de la acción de fuerzas. Por ejemplo, las fuerzas son responsables del movimiento del agua en los ríos, del desplazamiento de las nubes, de la caída de las hojas, del desplazamiento de los animales, etc. Al interior de nuestro cuerpo también actúan fuerzas, por ejemplo, para transportar la sangre por el sistema circulatorio y para mantener cada órgano en su ubicación.

También las fuerzas son responsables de que los cuerpos se mantengan quietos o en reposo. En Física, la dinámica consiste en el análisis de la relación entre las fuerzas y los cambios que ellas producen en los movimientos.

### Actividad 9

#### OBSERVANDO FUERZAS

#### OBSERVAR-DESCRIBIR

A continuación te proponemos tres sencillas experiencias para las que necesitas los siguientes materiales: una pelota de goma, un elástico, un trozo de plastilina, una lata de conserva y dos imanes.

1. Trata de estirar y apretar diversos objetos, como una pelota de goma, un elástico, un trozo de plastilina.
  - ¿Qué observas?
  - ¿Qué efectos producen dichas fuerzas sobre los objetos?
2. Desliza una lata de conserva en posición vertical a lo largo de una mesa. Luego, deslízala haciéndola rodar. Trata de emplear la misma fuerza que en el caso anterior.
  - ¿En qué caso es más fácil mover la lata?
  - ¿Qué cuerpos ejercen fuerza sobre el tarro durante su movimiento? Analízalo para cada caso.
3. Coloca un imán sobre una superficie lisa y aproxima a él otro imán, ¿qué ocurre? Gira uno de ellos de modo de acercar ahora el otro polo, ¿qué sucede ahora? Explica tus observaciones.

#### Ten presente que:

- Actualmente, las fuerzas o interacciones se clasifican en cuatro grupos: las interacciones nucleares fuertes son responsables de la estabilidad del núcleo atómico; las interacciones nucleares débiles, responsables de ciertos procesos radiactivos; las interacciones electromagnéticas, de unir átomos y moléculas para formar la materia; y las interacciones gravitacionales, que son responsables de la atracción gravitacional entre planetas, estrellas y galaxias.

## 5.1 ¿Qué es una fuerza?

### Actividad 10

#### RELACIONANDO FENÓMENOS

#### RELACIONAR

Basándose en las conclusiones obtenidas en la “Indagación inicial”, en la actividad realizada en la página anterior y en la información entregada en el “Ten presente que”:

1. Reúnete con un compañero o compañera y discutan respecto de la siguiente pregunta:  
¿qué es una fuerza?
2. Planteen una respuesta y escríbanla en sus cuadernos.
3. Contrasten sus respuestas con la definición que te proponemos a continuación, teniendo presente que, en ciencias, las definiciones no son únicas ni tampoco estáticas, ya que existe más de una manera y diferentes criterios para definir un fenómeno.

Una fuerza es la modelación de una interacción entre cuerpos. Por ejemplo, al empujar o levantar un objeto, se está ejerciendo una fuerza sobre él; la locomotora de un tren ejerce una fuerza sobre los vagones para arrastrarlos; un chorro de agua ejerce una fuerza para hacer funcionar una turbina; etc. Cuando la acción recíproca entre los cuerpos termina, también deja de actuar la fuerza. Por lo tanto, la fuerza no es una propiedad de los cuerpos ni está en ellos, sino que los cuerpos tienen la **capacidad para ejercer fuerzas** al interactuar con otros cuerpos. La unidad de medida de la fuerza en el Sistema Internacional es el newton (**N**).



## 5.2 Efectos de una fuerza y fuerza neta

Cuando una fuerza actúa sobre un objeto puede producir distintos efectos: el movimiento acelerado de un cuerpo, como la fuerza del motor de un vehículo para moverlo desde el reposo y aumentar su velocidad; la deformación temporal de sólidos elásticos, como al apretar un globo o un resorte, o la deformación definitiva de un cuerpo, como al modelar un trozo de greda o de plastilina.

Sobre los cuerpos en la naturaleza están actuando muchas fuerzas simultáneamente. La suma de todas las fuerzas que se ejercen sobre un cuerpo recibe el nombre de **fuerza neta** o **fuerza resultante**, y corresponde a una única fuerza equivalente a todas las demás.



Las fuerzas no solo cambian el estado de movimiento de un cuerpo, sino que también pueden producirle deformaciones.

### 5.3 Equilibrio entre fuerzas

#### Actividad 11

OBSERVAR-DESCRIBIR- INFERIR

#### OBSERVANDO EL EQUILIBRIO ENTRE FUERZAS

Para esta actividad solo necesitas observar atentamente tu entorno.

Pon sobre la mesa cualquier objeto que tengas a mano.

Responde:

- ¿Qué fuerzas están actuando sobre el cuerpo que observas?
- ¿Por qué si hay fuerzas actuando sobre él no producen ningún cambio en el cuerpo?
- Menciona todas las fuerzas que puedas distinguir en tu sala de clases que no producen ningún cambio sobre los cuerpos en los que actúan.



Al encontrarse la lámpara en equilibrio, no se pueden observar los efectos de una fuerza en particular actuando sobre ella.

Todos los cuerpos están constantemente sometidos a los efectos de las fuerzas. Por ejemplo, aunque no lo percibas, la fuerza de gravedad está actuando en todo instante sobre tu cuerpo y sobre todo lo que está a tu alrededor. Sin embargo, a veces es difícil identificar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, porque sus efectos no son tan evidentes.

En ocasiones, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se contrarrestan entre sí, dando la impresión de no estar presentes. En estos casos, se dice que las fuerzas se anulan mutuamente y el cuerpo se encuentra en **equilibrio traslacional**. Para que se pierda este equilibrio, basta con que una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo sea mayor.

Las **fuerzas son magnitudes vectoriales**, al igual que el desplazamiento, la velocidad y la aceleración. Por esto, todas las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo se pueden representar mediante un vector cuyo signo depende del sentido en que se aplica la fuerza, según determine el sistema de referencia escogido. Cuando dos o más fuerzas tienen la misma dirección, pueden ser sumadas algebraicamente para obtener la fuerza resultante ( $F_R$ ) que actúa sobre el cuerpo. El signo de la fuerza resultante indica el sentido en que actúa. Por ejemplo, un cuerpo sometido a la acción de dos fuerzas con distinto sentido:

#### ¿QUÉ SUCEDERÍA SI...? \_\_\_\_\_

La Tierra se mueve en una trayectoria elíptica alrededor del Sol, debido a la acción de la fuerza gravitacional. ¿Qué sucedería si dicha fuerza dejara de existir?, ¿cómo sería el movimiento de la Tierra?

$$F_1 + F_2 = F_R$$

$$8 \text{ N} + (-3 \text{ N}) = 5 \text{ N}$$



## 5.4 Primera ley de Newton: principio de inercia

### Actividad 12

#### MASA E INERCIA

#### INFERIR

1. Reúnete con un compañero o compañera y consigan dos vasos plásticos, dos metros de hilo y un poco de arena. Cuelga cada vaso plástico de aproximadamente un metro de hilo. Llena uno de los vasos con arena y deja el otro vacío. Empuja simultáneamente ambos vasos con tu mano, tratando de aplicar la misma fuerza sobre ellos.
  - ¿Cuál de los vasos se movió con mayor facilidad?
  - ¿Qué vaso tiene mayor masa?

En la actividad anterior, observaste que el vaso que contenía arena oponía mayor resistencia a moverse que el que se encontraba vacío. Esta tendencia que tienen los cuerpos a mantener su estado de reposo o movimiento en que se encuentran se llama inercia. Esta propiedad fue descrita por el físico italiano **Galileo Galilei** (1564-1642). Él observó que un cuerpo se detenía después de haber sido impulsado y atribuyó este efecto a la fuerza de roce que existe entre el objeto y la superficie por la cual se desplaza. Galilei infirió también que si fuera posible eliminar totalmente el roce, el objeto continuaría moviéndose en forma indefinida, sin ser necesario mantener la fuerza inicial.

El inglés **Isaac Newton** (1642-1727) se basó en los trabajos de Galilei para establecer la llamada **primera ley de Newton** o **principio de inercia**, que dice que todo objeto en reposo ( $v = 0$ ), o con movimiento rectilíneo uniforme ( $v = \text{constante}$ ), mantiene ese estado a menos que se produzca un desequilibrio entre las fuerzas que actúan sobre él ( $F_n \neq 0$ ).

La primera ley de Newton o principio de inercia afirma que **todos los cuerpos permanecen en su estado de reposo o de movimiento uniforme rectilíneo, a menos que actúe sobre ellos una fuerza neta que cambie ese estado.**

La **masa** de un cuerpo, físicamente, es una medida de su inercia, es decir la **oposición que presenta a ser acelerado linealmente**. Por ello se dice que los cuerpos con mayor masa tienen más inercia que los cuerpos de menor masa. Esta es la razón por la que, en estricto rigor, la masa de un cuerpo se denomina **masa inercial**.

#### Ten presente que:

- Pese a que habitualmente se les llama leyes o principios de Newton, en ciencias y especialmente en Física, ley y principio no son lo mismo: un principio se postula de forma axiomática y una ley se deduce de una serie de principios o de forma experimental.



Para una fuerza determinada, la aceleración producida depende de la masa sobre la cual actúa.

## 5.5 Segunda ley de Newton: principio de masa

Al mirar un partido de fútbol, vemos que cuando la pelota está en movimiento cambia constantemente su velocidad (rapidez, dirección o sentido) al ser golpeada por los jugadores. Así como la pelota de fútbol, la mayoría de los objetos que vemos moverse están continuamente cambiando su velocidad, es decir, experimentando aceleración.

La segunda ley de Newton es una de las leyes más importantes de la Física. Esta ley relaciona la aceleración experimentada por un cuerpo con la fuerza neta que actúa sobre él y con su masa. Isaac Newton fue el primero en descubrir que la aceleración que adquiere un cuerpo no solo depende de las fuerzas que actúan sobre él, sino también de su masa. Él formuló una **segunda ley o principio de masa, que establece lo siguiente: la aceleración que experimenta un cuerpo es proporcional a la fuerza neta aplicada, e inversamente proporcional a su masa inercial**, lo que puede escribirse de la siguiente forma:

$$a = \frac{F_n}{m}$$

De esta relación se deduce la expresión que resume la segunda ley de Newton:

$$F_n = m \cdot a$$

La aceleración del cuerpo tiene igual dirección y sentido que la fuerza neta. Como la masa se expresa en kg y la aceleración en  $\text{m/s}^2$ , la fuerza neta queda expresada en  $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ . Esta unidad se llama **newton (N)**. Es decir,  $1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ . Físicamente, un newton es la fuerza necesaria para que un cuerpo de masa un kilogramo cambie su velocidad en 1 m/s cada segundo.

Según la segunda ley de Newton, si una misma fuerza neta (distinta de cero) se aplica sobre dos cuerpos de distinta masa, adquiere menor aceleración el que tiene más masa, debido a que mayor es la "dificultad" para moverlo y para modificar su velocidad (su inercia es mayor). También nos dice esta ley que si la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es mayor, la aceleración que experimenta también será mayor.

### INTER@CTIVIDAD

En la siguiente página encontrarás un laboratorio simulado, en donde se verifica el segundo principio de Newton. Observa el gráfico del movimiento y asócialo con los gráficos estudiados en el MUA.  
[http://www.walter-fendt.de/ph11s/n2law\\_s.htm](http://www.walter-fendt.de/ph11s/n2law_s.htm)



## 5.6 Tercera ley de Newton: principio de acción y reacción

### Actividad 13

#### OBSERVANDO FUERZAS QUE ACTÚAN DE A PARES

DESCRIBIR- IDENTIFICAR

Considera las siguientes situaciones y, luego, responde las preguntas:

1. Un corredor se desplaza por una pista con una velocidad constante de 15 km/h.
2. Una persona empuja una mesa al interior de una casa.
  - a. ¿Cuáles son las fuerzas que actúan en cada uno de los casos?
  - b. ¿Existen fuerzas que se opongan entre sí?
  - c. ¿Siempre una fuerza debe actuar sobre un cuerpo para que esta exista?

De la actividad anterior podemos deducir que, en general, las fuerzas no se presentan solas, sino que forman un sistema de **pares de fuerzas** que actúan simultáneamente. Por ejemplo, al patear una pelota, el pie ejerce una fuerza sobre la pelota, pero, al mismo tiempo, puede sentirse una fuerza en dirección contraria ejercida por la pelota sobre el pie. Siempre la **acción** de una fuerza va acompañada de otra fuerza, la **reacción**, formando un par de fuerzas llamadas acción y reacción. Es importante señalar que, como la fuerza de acción se ejerce sobre un cuerpo y la de reacción sobre otro, dichas fuerzas no se equilibran.

Todo lo anterior es resumido en **la tercera ley de Newton o principio de acción y reacción**: siempre que un objeto ejerce una fuerza (acción) sobre otro, el segundo objeto ejerce sobre el primero una fuerza (reacción) de igual módulo, en la misma dirección, pero de sentido contrario. Lo anterior se puede expresar de la siguiente manera:

$$F_1 = -F_2$$

Un sistema donde se puede apreciar claramente este principio son los cohetes. Un cohete ejerce una fuerza sobre los gases que expulsa y los gases ejercen una fuerza igual y opuesta sobre el cohete, lo que finalmente lo hace avanzar.

¿Conoces algún cuerpo que se mueva sin emplear este principio? Intenta buscar algún ejemplo y coméntalo con tus compañeros y compañeras.

**Acción y reacción al caminar.** Una persona puede avanzar porque cuando un pie empuja hacia atrás contra el suelo (acción), el suelo empuja hacia adelante sobre el pie (reacción).

### CONEXIÓN CON... ASTRONÁUTICA

Desde la segunda mitad del siglo XX, se dio inicio a la carrera espacial entre las grandes potencias mundiales. Como resultado de esto, se produjeron avances significativos en el ámbito aeroespacial. Cada vez que un cohete despegaba desde la superficie terrestre se puede distinguir claramente el principio de acción y reacción; la aceleración de los gases de la combustión que despiden los motores le sirven de impulso contra la Tierra para poder ser elevado.





## EJEMPLO RESUELTO 5

## Aplicando la segunda ley de Newton

Un automóvil de 500 kg es acelerado gracias a la fuerza de su motor, la que le imprime 750 N. Calcular la aceleración del auto.

Como conocemos la fuerza que está imprimiendo el motor del auto y la masa de este, basta con remplazar estos datos en la relación planteada por la segunda ley de Newton.

$$a = \frac{F_n}{m} = \frac{750\text{N}}{500\text{kg}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Luego, la aceleración que experimenta el automóvil producto de la fuerza impresa por motor es de  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

## EJEMPLO RESUELTO 6

## Aplicación del principio de acción y reacción

Un niño de 25 kg y su padre de 75 kg están con patines mirándose de frente, se empujan con una fuerza de módulo 10 N. Determinar la aceleración de ambas personas.

Identifiquemos las masas que interactúan:

$$m_1 = 25 \text{ kg y } m_2 = 75 \text{ kg}$$

Las fuerzas son, respectivamente, por acción y reacción:

$$F_1 = 10 \text{ N y } F_2 = -10 \text{ N}$$

Calculamos la aceleración de cada patinador:

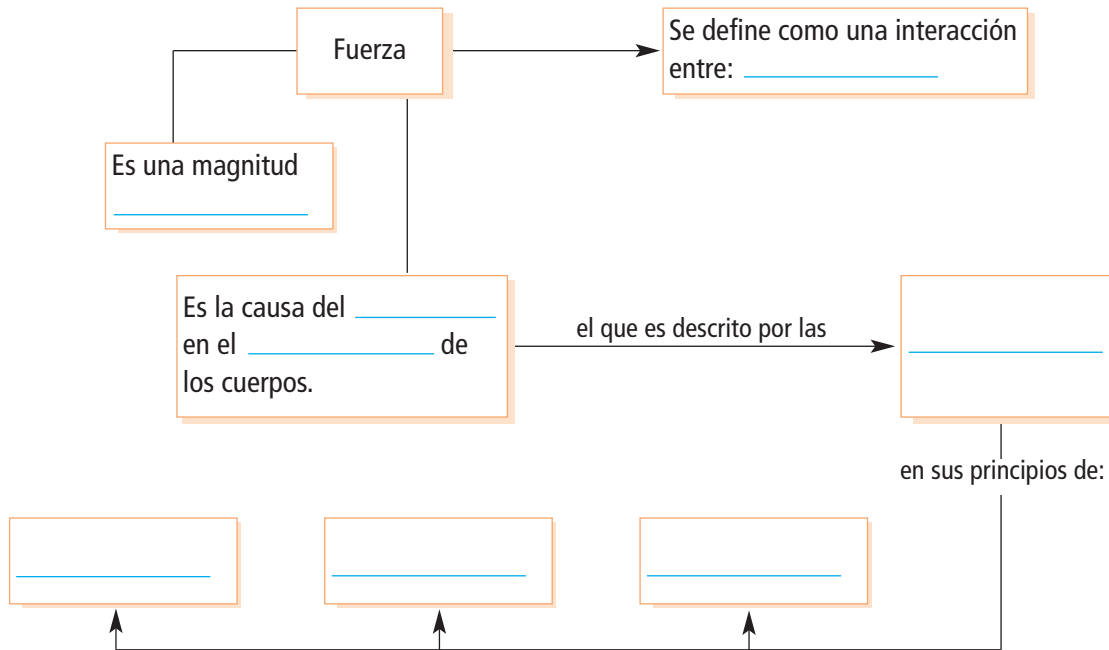
$$a_1 = \frac{10 \text{ N}}{25 \text{ kg}} = 0,40 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ y } a_2 = -\frac{10\text{N}}{75\text{kg}} = -0,13 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Nótese que la diferencia del movimiento está en la aceleración de los cuerpos, ya que el módulo de la fuerza es igual, el signo negativo de  $a_2$  indica que  $m_2$  se mueve en sentido opuesto a  $m_1$ .



**SÍNTESIS**

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



**EVALUACIÓN DE PROCESO**

1. Un niño empuja, durante un lapso de tiempo de 2 s, un carrito de 10 kg de masa, cambiando su velocidad de 0 a 3 m/s; ¿cuál es la fuerza que el niño aplicó al carrito?
2. Menciona dos ejemplos donde sea evidente el principio de inercia y dos ejemplos donde sea evidente el principio de acción y reacción.
3. Un auto acelera a  $4,5 \text{ m/s}^2$ , si la fuerza que le entrega el motor al auto es de 950 N, ¿cuál es la masa del auto?

**ASÍ APRENDO MEJOR**

Responde en tu cuaderno:

- a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?
- b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

## INDAGACIÓN: LA FUERZA DE ROCE

**¿Cómo podemos subir por algunas superficies inclinadas sin resbalar?**

Has notado que a veces utilizando zapatillas podemos subir por distintas superficies que se encuentren inclinadas, pero, si cambiamos de calzado o la superficie se encuentra encerada, el subir por ellas resulta muy dificultoso, a tal punto que podemos resbalar y caer. ¿En qué situaciones resulta más fácil subir un piso inclinado? Formen grupos de tres o cuatro integrantes y discutan sobre este tema. Formulen una hipótesis respecto de la pregunta inicial. Para ponerla a prueba les proponemos realizar el siguiente experimento.

**Procedimiento**

Reúnan los siguientes materiales: una tabla de madera sin cepillar, un libro de tapa muy lisa, tres trozos cuadrados de madera de distinto tamaño, un transportador y cinta adhesiva.

1. Coloquen sobre la tabla sin cepillar uno de los trozos de madera (no importa el tamaño) y comiencen a inclinar la tabla lentamente.
2. Sitúen el transportador al borde de la tabla de modo que puedan medir el ángulo de inclinación de la tabla. Registren el ángulo en el que el trozo de madera comience a deslizarse sobre la tabla.
3. Pongan el mismo trozo de madera, ahora sobre el libro y repitan el procedimiento anterior.
4. Sobre la tabla coloquen los tres trozos de madera uno sobre otro, del más grande al más chico. Únanlos entre sí con trozos de cinta adhesiva. Repitan el procedimiento.
5. Repitan el procedimiento sobre el libro.
6. Ahora, pongan sobre la tabla y luego sobre el libro los tres trozos, uno sobre otro, pero del más chico al más grande, repitiendo el proceso de inclinación y medición. Recuerda unir o fijar los trozos de madera entre sí con cinta adhesiva.

**Análisis**

Respondan las siguientes preguntas:

- a. ¿En cuál de las superficies se adhirió mejor un mismo trozo de madera?, ¿a qué atribuyen eso?
- b. ¿Cómo fueron comparativamente los ángulos a partir de los cuales el trozo de madera se deslizó sobre la superficie inclinada?
- c. Los trozos puestos uno sobre otro, ¿tenían mayor o menor adherencia? Según esto, ¿la adherencia depende de la masa?
- d. ¿Varió la adherencia al invertir el orden de los trozos de madera?, ¿la adherencia depende del área de contacto?
- e. ¿Creen que la adherencia es algún tipo de fuerza?
- f. ¿Verificaron la hipótesis que propusieron?

## 5.6 La fuerza de roce

En la Indagación inicial de la página anterior pudimos observar que mientras más rugosa y áspera sean las superficies de dos cuerpos en contacto, mayor será la “adherencia”. La presencia de dicha adherencia nos indica la existencia de una fuerza que se opone al movimiento de los cuerpos en contacto y que recibe el nombre de **fuerza de roce**, de rozamiento, o de fricción. La fuerza de roce o de fricción es una fuerza que siempre se opone al movimiento de los cuerpos en contacto.

### a. Roce por deslizamiento

La fuerza de roce por deslizamiento tiene su origen en las pequeñas irregularidades o rugosidades existentes en cada una de las superficies en contacto. Debido a ellas, las dos superficies en contacto experimentan mayor o menor dificultad para deslizarse una sobre otra.

Cuando un cuerpo está sobre una superficie horizontal, en reposo, hay varias fuerzas actuando. Por ejemplo, está la fuerza peso del cuerpo y la fuerza normal, que tienen igual módulo pero sentido opuesto. La fuerza de roce por deslizamiento es proporcional a la fuerza normal ( $N$ ), o fuerza hacia arriba que la superficie ejerce sobre el cuerpo. La fuerza de roce está dada por la expresión:

$$f = \mu \cdot N$$

La relación anterior indica que la fuerza de roce es proporcional a la normal, donde la constante de proporcionalidad es el **coeficiente de roce** denotado por la letra griega mu ( $\mu$ ). Este coeficiente depende del material y de la rugosidad de las superficies en contacto.

### b. Roce estático y cinético

Vamos a distinguir dos tipos de roce: el roce estático y el roce dinámico o cinético. Cada vez que se quiere sacar un cuerpo del reposo, existe una fuerza de roce estático; esta es una fuerza variable y cuyo valor máximo se representa a través de la expresión:

$$f_e = \mu_e \cdot N$$

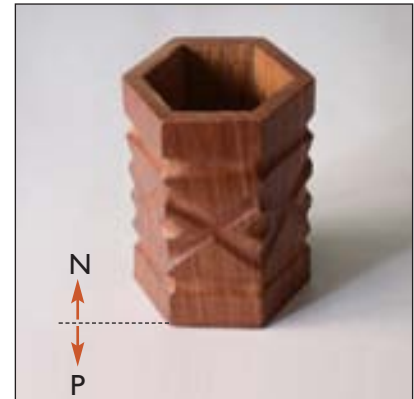
Donde  $\mu_e$  es el coeficiente de roce estático.

La fuerza de roce dinámico o cinético actúa solo cuando el cuerpo se encuentra en movimiento, y está dado por:

$$f_c = \mu_c \cdot N$$

Donde  $\mu_c$  es el coeficiente de roce cinético.

Siempre se cumple que  $\mu_c < \mu_e$ ; por lo tanto, la fuerza de roce estático máxima es mayor que la fuerza de roce cinético.



Sobre un cuerpo en reposo sobre un plano horizontal, actúan la fuerza de su peso y la fuerza normal.

### ¿QUÉ SUCEDERÍA SI...? \_\_\_\_\_

Imagina que vas caminando en la calle o simplemente quieres ir a tu habitación, y de forma misteriosa, desapareciera la fuerza de roce, ¿podrías desplazarte?, ¿podrías subir una colina?

## INTER@CTIVIDAD

En la siguiente página veras la acción del roce sobre la oruga de una pala mecánica.

<http://www.profisica.cl/animaciones/index.php?id=15>

Obsérvala y responde la siguiente pregunta: ¿qué tipo de roce está actuando, roce cinético o estático?

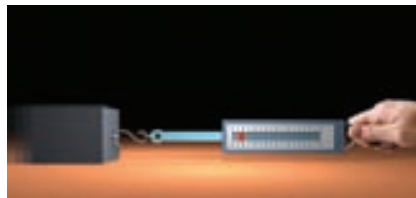
## Comparando roce estático y cinético



Si un objeto está en reposo sobre una superficie horizontal, la fuerza de rozamiento que actúa sobre él se llama fuerza de roce estático y el coeficiente de roce estático es  $(\mu_e)$ .



Si aumenta la fuerza externa aplicada sobre el cuerpo, la fuerza de roce estático irá aumentando proporcionalmente hasta que el cuerpo se encuentre "a punto" de deslizarse. En ese instante, la fuerza de roce estático alcanza su máximo valor:  $f_e = \mu_e \cdot N$ .



Si el objeto está en movimiento, la fuerza de roce que actúa sobre él se llama fuerza de roce cinético, que siempre es  $f = \mu_c \cdot N$  y, además,  $\mu_e > \mu_c$  y el coeficiente de roce cinético es  $\mu_c$ .



También podemos mover un cuerpo que está sobre una superficie plana inclinándola hasta alcanzar un ángulo crítico; mínimo necesario para que el cuerpo comience a deslizarse.

TABLA 1: COEFICIENTES DE ROCE

Materiales en contacto	$(\mu_e)$	$\mu_c$
Madera-nieve	0,08	0,06
Madera-madera	0,7	0,4
Acero-acero	0,75	0,57
Vidrio-vidrio	0,9	0,4
Goma-concreto	0,9	0,7

La tabla 1 muestra los coeficientes de roce entre diferentes superficies. Cabe destacar que generalmente en Física los coeficientes son adimensionales, es decir, no llevan unidad.

## c. Roce por rodadura

Una hipótesis que se maneja acerca de cómo los pascuenses trasladaron los grandes moais hasta su ubicación definitiva, es que ponían bajo ellos rodillos o troncos de madera, los que rodaban por el suelo. A este mecanismo se le llama **rodadura**. También se piensa que los bloques de piedra de las pirámides egipcias fueron movidos de igual forma. El mecanismo de rodadura permite disminuir la fuerza de rozamiento que implicaría deslizar un cuerpo muy grande, pues la superficie de contacto es muy pequeña.



## 5.8 La fuerza peso

Al observar la grabación de los astronautas que caminaron sobre la Luna en 1969, daba la impresión de que estaban flotando. Lo que sucede es que la atracción que ejerce la Luna sobre los astronautas que están sobre su superficie es seis veces menor comparada con la que ejerce la Tierra, por lo que parecían ser mucho más livianos. La fuerza de atracción gravitatoria que ejerce un cuerpo como la Luna o la Tierra sobre los objetos o seres vivos se llama **fuerza de gravedad o peso**.

El peso es la fuerza con que la Tierra u otro cuerpo, como la Luna o alguna estrella, atraen a un objeto hacia su centro. El valor del peso es directamente proporcional a la masa que tenga dicho objeto. El **peso** es responsable de que los cuerpos caigan. La expresión que define el peso de un cuerpo se deduce de la segunda ley de Newton ( $F = m \cdot a$ ). Si reemplazamos  $F$  por  $P$  (peso del cuerpo), y  $a$  por  $g$  (aceleración de gravedad), tenemos:

$$P = m \cdot g$$

De acuerdo a esta ecuación, el peso de un cuerpo es directamente proporcional a su masa, por esto, si un cuerpo posee mayor masa que otro, será atraído por la Tierra con una fuerza mayor y tendrá, por lo tanto, un peso mayor.

De acuerdo a la ecuación, el peso también depende de la aceleración de gravedad, la cual varía de un lugar a otro de la Tierra y también varía en diferentes partes del Universo. Por esto decimos que **el peso de un cuerpo no es constante**, a diferencia de la masa que sí lo es.

### ¿Cómo medir el peso de un cuerpo?

El instrumento de medida de la masa de un cuerpo es la **balanza** y su unidad en el **SI** es el kilogramo ( $1 \text{ kg} = 1.000 \text{ g}$ ). El instrumento de medida que permite medir el peso de un cuerpo es el **dinamómetro**. Este instrumento (que mide la fuerza) consta de un resorte del que se cuelga el cuerpo que se desea pesar y una escala graduada en newtons para efectuar la lectura del peso.

El principio de funcionamiento del dinamómetro consiste en medir el efecto de deformación del resorte producido por la fuerza aplicada sobre él, puesto que, según la **ley de Hooke**, la deformación que experimenta un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza que la produce.

El dinamómetro pesa los cuerpos que se cuelgan de él (mide una fuerza).

### CONCEPTOS CLAVE

**Acercación de gravedad o intensidad de campo gravitacional terrestre**, representa la aceleración con que los cuerpos caen a la Tierra. Su valor promedio a nivel de superficie es de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , es decir, por cada segundo que un cuerpo cae a la Tierra incrementa su velocidad en  $9,8 \text{ m/s}$ .



El peso de un cuerpo depende de la masa del cuerpo y de la aceleración de gravedad  $g$ . En la Tierra  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  y en la Luna  $g_L = 1,6 \text{ m/s}^2$ ; por lo tanto, un cuerpo pesa, aproximadamente, seis veces menos en la Luna que en la Tierra.



## 5.9 Centro de gravedad de un cuerpo

Un cuerpo sólido está formado por partículas materiales, cada una de las cuales experimenta una fuerza (peso) al ser atraída hacia la Tierra. El peso de todas ellas son fuerzas dirigidas hacia el centro de la Tierra y la fuerza resultante es el peso del cuerpo. El punto de aplicación de la fuerza resultante, que identifica a todo el cuerpo, corresponde al llamado **centro de gravedad** del cuerpo (**G**).

### Actividad 14

DESCRIBIR- INFERIR

#### DETERMINANDO EL CENTRO DE GRAVEDAD DE UN CUERPO

Reúnanse en grupos de tres o cuatro estudiantes y consigan los siguientes materiales: un trozo de cartón, un alfiler, una tuerca, hilo, una regla, un lápiz y tijeras.

1. Recorten una figura de cartón de forma irregular y fíjenla a una pared mediante un alfiler ubicado en uno de sus extremos, de modo que pueda oscilar libremente hasta equilibrarse.
2. Usen la tuerca amarrada al hilo como una plomada (que indicará la dirección vertical). Marquen sobre la figura la línea vertical que pasa por la posición del alfiler. Usen la regla si es necesario.
3. Repitan el paso anterior, colgando la figura desde otro extremo.
4. La posición del centro de gravedad  $G$  de la figura se encuentra en el punto donde se intersectan las dos líneas rectas trazadas sobre ella.

¿Qué sucedería con la figura si apoyas su punto de gravedad sobre un alfiler ubicado perpendicularmente a la mesa? Háganlo y comenten.



### INTER@CTIVIDAD

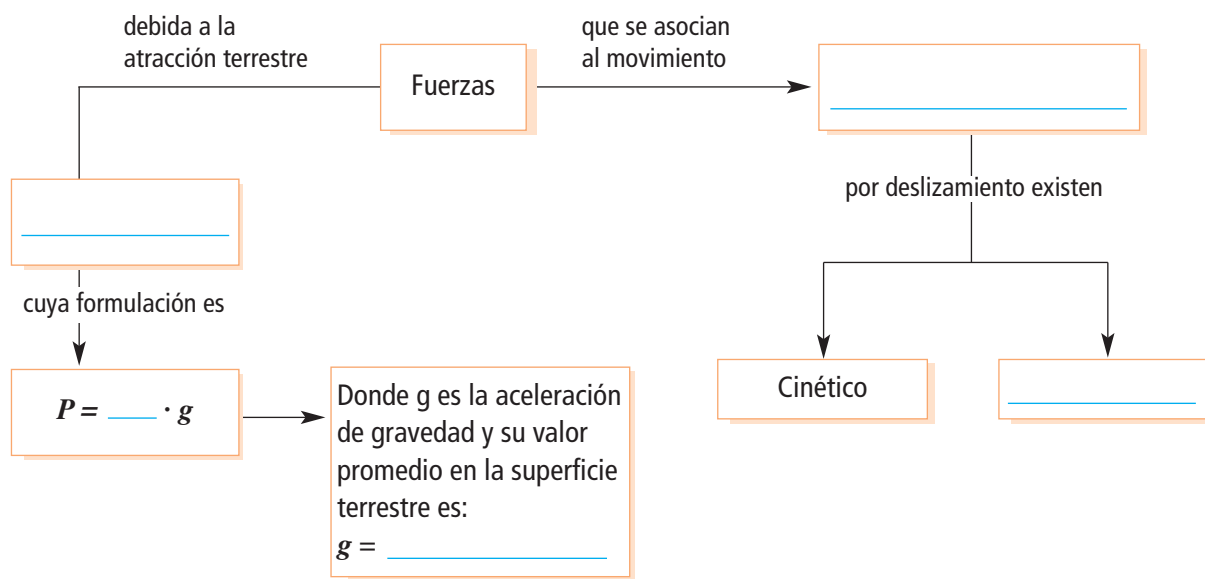
En la siguiente páginas podrás ver una animación que muestra la trayectoria del centro de masa de un atleta de salto alto.

[http://212.170.234.89/educared/maquinas\\_e5/salto\\_alto.htm](http://212.170.234.89/educared/maquinas_e5/salto_alto.htm)



### SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



### EVALUACIÓN DE PROCESO

1. ¿Qué tipo de roce se emplea al trasladar grandes estructuras mediante troncos de madera?
2. Una caja de madera de 0,7 kg está sobre una superficie horizontal también de madera. Sobre la caja se aplica una fuerza externa horizontal  $F$  que va en aumento.
  - a. Calcula la fuerza de roce estático máxima y cinético.
  - b. Si la fuerza  $F$  toma los valores de 0,5 N y luego 6 N, indica en cada caso el estado de movimiento del bloque y si la fuerza de roce es estática o dinámica.
3. Determina la fuerza que la Tierra ejerce sobre un cuerpo de 10 kg que se encuentra sobre su superficie.

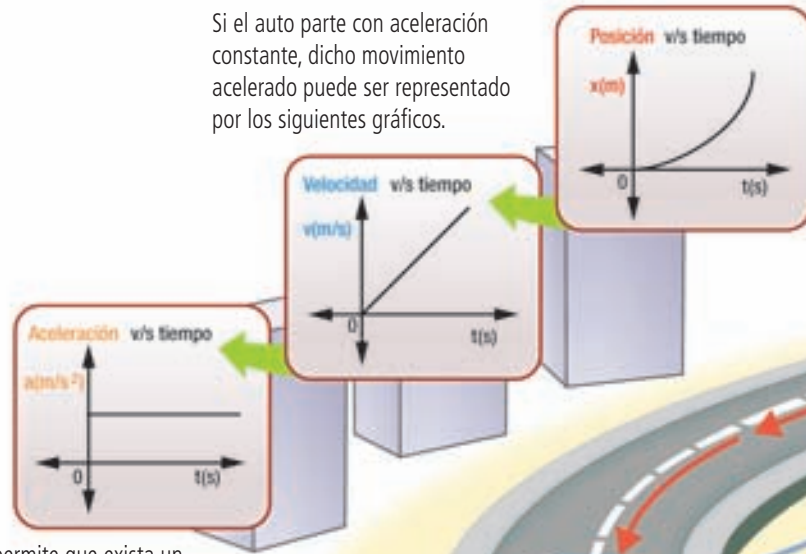
### ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno:

- a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?
- b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?



Si el auto parte con aceleración constante, dicho movimiento acelerado puede ser representado por los siguientes gráficos.



La fuerza que permite que exista un cambio en el movimiento del auto, en particular un cambio en su dirección, es la fuerza de roce entre las ruedas y el asfalto. Según el 2º principio de Newton toda fuerza puede expresarse como  $F = m \cdot a$ .



Desde el marco de referencia del pasajero, al tomar la curva, parece que una fuerza lo empuja hacia la puerta (esto es efecto de la inercia, ya que realmente no hay fuerzas que lo empujen)

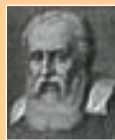
En relación al marco de referencia Tierra, el asiento del auto aplica una fuerza al pasajero hacia al interior de la curva.

LÍNEA DE TIEMPO



**Aristóteles** fue maestro de Alejandro Magno, quien llegaría a gobernar el imperio más grande de la antigüedad.

384 a.C.-322 a.C.



En la misma época, la Inquisición se dedicaba a condenar la herejía (ideas que contradijeran las Sagradas Escrituras). El mismo **Galileo** fue obligado a retractarse de algunas de sus afirmaciones.

1554-1642



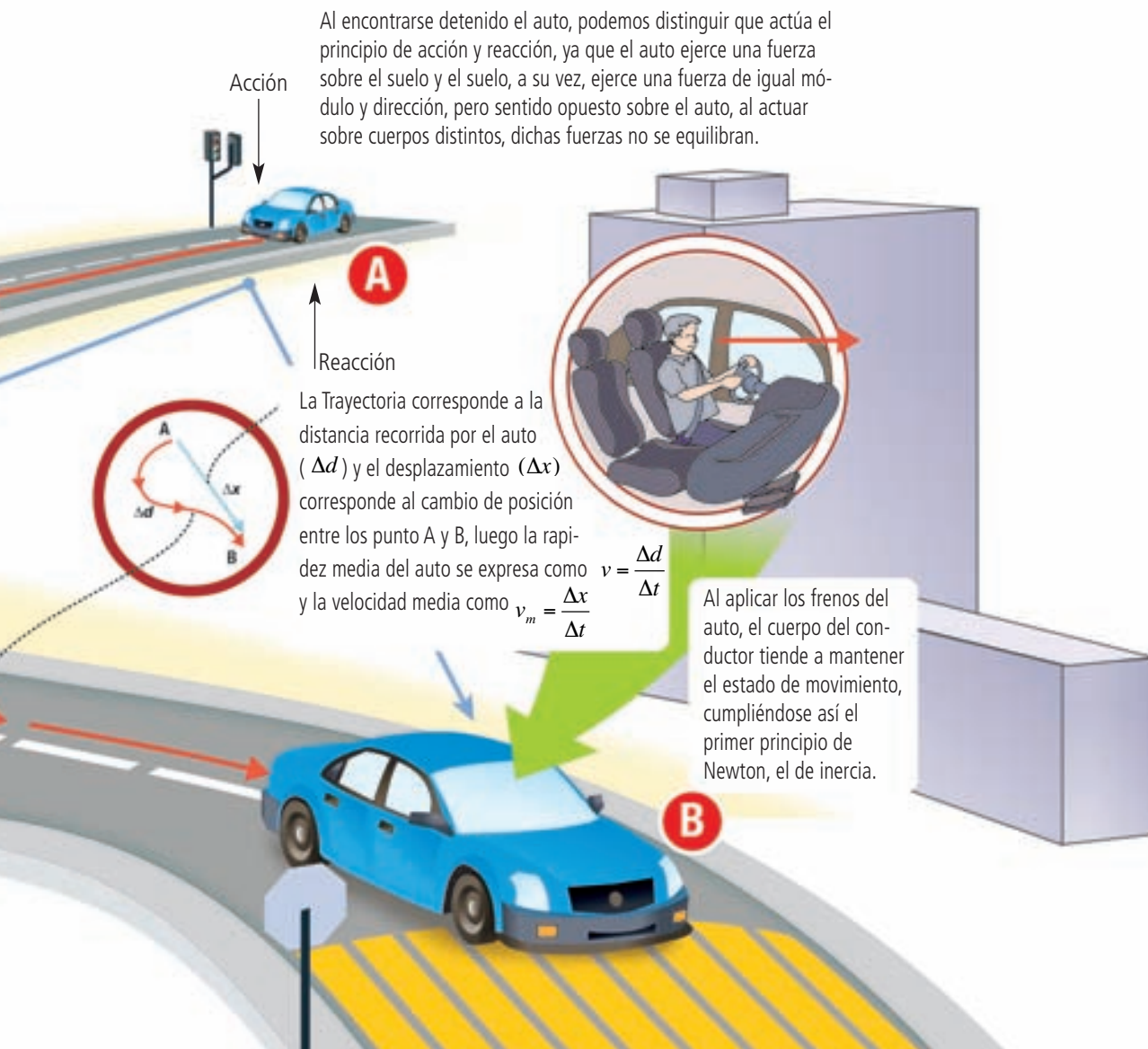
En aquella época, el pensamiento científico se erige como la principal herramienta del conocimiento.

1643-1727

**Aristóteles** describió el movimiento de los cuerpos, señalando que existe una ley para el movimiento de los objetos en la Tierra y otra ley para el movimiento de los objetos celestes.

**Galileo Galilei.** Alrededor del 1600, analizó la relatividad del movimiento de los cuerpos, conocida como la "relatividad de Galileo", además de describir la caída de los cuerpos y el lanzamiento inclinado.

**Isaac Newton** sintetiza el conocimiento de la mecánica en tres leyes fundamentales: el principio de inercia, el de acción y reacción, el de fuerza-masa. También estableció la ley de gravitación universal.



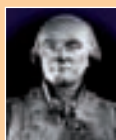
LÍNEA DE TIEMPO



1635-1703

En aquella época en América se vivía bajo el gobierno de colonias europeas, dirigidas a su vez por monarquías.

**Robert Hooke.** Físico inglés; estudia las fuerzas de restitución que actúan en un resorte, estableciendo en 1660 la ley que lleva su nombre.



1736-1806

Se lleva a cabo la guerra de los Siete Años (1756-1763) entre dos alianzas rivales: por un lado el reino de Gran Bretaña, Hanóver y Prusia; por otro Austria, Francia, la Rusia imperial, Sajonia y Suecia.

**Charles Coulomb.** Físico francés que estudió principalmente fenómenos eléctricos. Establece que la fuerza entre dos cargas es proporcional a sus magnitudes y que decrece con el cuadrado de la distancia entre ellas.



1879-1955

En los primeros 30 años del siglo XX, se desarrolla la mecánica cuántica, área de la Física que estudia el mundo microscópico.

**Albert Einstein.** Físico de origen judío, entre sus grandes aportes vuelve a estudiar el problema del movimiento desde una perspectiva relativista, considerando que la velocidad de la luz es siempre la misma.

Regresa a las páginas 54 y 55 y resuelve nuevamente la evaluación diagnóstica. ¿Cómo fue tu porcentaje de logro con respecto al anterior?

## Comprendo

### I. Marca la alternativa correcta en las siguientes preguntas.

1. Si un cuerpo tiene una aceleración de  $5 \text{ m/s}^2$  significa que:

- A) recorre 5 metros por cada segundo.
- B) recorre 5 metros cada 5 segundos.
- C) varía su rapidez en  $5 \text{ m/s}$ .
- D) varía su rapidez en  $5 \text{ m/s}$  cada segundo.
- E) recorre 5 metros cada 25 segundos.

2. ¿Cuál de las siguientes alternativas es verdadera con respecto al movimiento?

- A) Si la trayectoria es rectilínea, el módulo del desplazamiento es siempre igual a la distancia recorrida.
- B) En cualquier movimiento, el módulo de la velocidad media es igual a la rapidez media.
- C) El desplazamiento corresponde a la longitud de la trayectoria.
- D) Si la rapidez es constante, entonces la velocidad también será constante.
- E) Es imposible recorrer una curva sin aceleración.

3. Si la aceleración de un cuerpo de masa constante aumenta al triple, indica que:

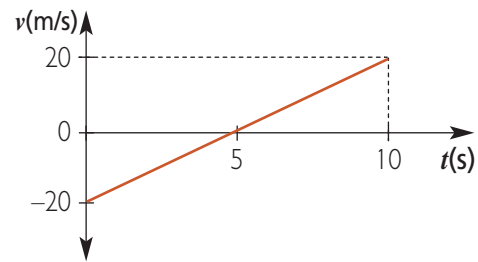
- A) la rapidez aumenta al triple.
- B) la fuerza aumenta al triple.
- C) la distancia que recorre en cada segundo aumenta al triple.
- D) no existe fuerza de roce.
- E) la masa disminuye a la tercera parte.

4. Una persona empuja el carro del supermercado. Entonces, es siempre verdadero con respecto a la fuerza que ejerce la persona sobre el carro, que:

- A) es de mayor magnitud que la fuerza que ejerce el carro sobre la persona.
- B) es de igual magnitud que el peso del carro.
- C) es de igual magnitud que la fuerza de roce sobre la persona.
- D) es de igual magnitud que la fuerza que ejerce el carro sobre la persona.
- E) es la única fuerza que actúa.

## Análisis

II. Observa el siguiente gráfico que corresponde a un movimiento rectilíneo y responde las preguntas que se plantean a continuación.



- ¿Cuál de las siguientes alternativas es falsa con respecto al movimiento presentado en el gráfico?
  - La aceleración es constante.
  - El gráfico presenta la velocidad en función del tiempo.
  - Cambia el sentido del movimiento.
  - A los 5 s su aceleración es nula.
  - La distancia que recorre entre los 0 y 5 s es igual a la distancia recorrida entre los 5 y 10 s.
- ¿Qué puedes decir con respecto a la fuerza que actúa sobre el cuerpo?
  - Es siempre constante.
  - Es siempre nula.
  - Cambia de sentido a los 5 s.
  - Se anula a los 5 s.
  - Aumenta constantemente.
- Si la posición inicial de la partícula es  $x = 10$  m, ¿cuál será la posición a los 10 s?
  - 0 m
  - 5 m
  - 10 m
  - 20 m
  - 50 m
- ¿Cuál de las siguientes alternativas describe mejor el gráfico?
  - La partícula avanza 20 m y luego se devuelve 20 m.
  - La partícula parte a 20 m a la izquierda del origen y se detiene a 20 m a la derecha del origen.
  - La rapidez aumenta constantemente desde los 0 a los 10s.
  - La partícula disminuye su rapidez entre los 0 y 5 s y luego su rapidez aumenta de los 5 a los 10 s, pero en sentido contrario.
  - La aceleración disminuye durante los primeros 5 s y luego aumenta en los 5 s finales.

## Aplico

III. Responde las siguientes preguntas marcando la alternativa correcta.

I. Un objeto baja verticalmente con velocidad constante debido a la aplicación de una fuerza de magnitud  $F$ . Si despreciamos el roce con el aire, podemos decir, con respecto al valor de  $F$ , que:

- A) es de igual magnitud que el peso y está dirigida hacia abajo.
- B) es de igual magnitud que el peso y está dirigida hacia arriba.
- C) es el doble de la magnitud del peso y está dirigida hacia arriba.
- D) es el doble de la magnitud del peso y está dirigida hacia abajo.
- E) dependerá del valor de la velocidad.

2. La fuerza  $F$  se aplica sobre el bloque A. El conjunto se desplaza con velocidad constante sobre una superficie rugosa.



- I. La fuerza que ejerce A sobre B es igual a  $F$ .
- II. La fuerza de roce sobre el conjunto es de igual magnitud que  $F$ .
- III. La fuerza neta sobre B es nula.

Es (son) correcta(s)

- A) Solo I
- B) Solo III
- C) I y II
- D) II y III
- E) I, II y III

3. Un objeto es lanzado desde una nave espacial, en el vacío, donde no hay ningún cuerpo actuando sobre este objeto. Entonces, lo que ocurrirá con el objeto es que:

- A) irá frenando hasta detenerse.
- B) seguirá una trayectoria que no se puede determinar.
- C) se moverá con movimiento rectilíneo uniforme.
- D) quedará inmediatamente en reposo.
- E) nada se puede determinar sin conocer la masa.

## ¿Influye la masa en el tiempo de caída de los cuerpos?

### Antecedentes

Se sabe que la caída libre de los cuerpos es un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado en dirección vertical hacia abajo. La percepción que se tiene es que los cuerpos de mayor masa, que caen desde una misma altura, llegan antes al suelo, y se desea averiguar si esta percepción es correcta.

### 1. Objetivo

Investigar si la masa de los cuerpos que caen libremente influye en el tiempo que demoran en llegar al suelo.

### 2. Planificación

- Indicar cuál de las variables (masa o tiempo) corresponde a la variable dependiente y cuál a la variable independiente.
- Indicar otras magnitudes físicas que puedan influir y que debes controlar para que sean constantes durante la investigación.
- Formular una hipótesis o respuesta anticipada a la pregunta a investigar, fundamentando el porqué.
- Hacer una lista de los materiales que necesitas.
- Definir el procedimiento a utilizar.

Acá hay algunas preguntas que pueden orientar tu proyecto de investigación

- ¿Qué volumen tendrán los cuerpos?
- ¿Desde qué altura soltarás los cuerpos?
- ¿Cómo y con qué medirás el tiempo?
- ¿Cuántas veces medirás el tiempo de caída para cada cuerpo?
- ¿Dónde y cómo registrarás la información?
- ¿Cómo analizarás la información experimental obtenida?

### 3. Ejecución

Una vez planificado el trabajo, puedes realizar la experiencia, teniendo especial cuidado en las mediciones, al igual que en otros factores que puedan incidir y que no habías pensado. Registra tus resultados.

### 4. Evaluación y análisis

Una vez obtenidos y registrados los datos debidamente, evalúalos, por ejemplo, a través de una gráfica, para luego analizarlos. Escribe un informe en que contrastes la hipótesis que habías planteado, explicando científicamente tus resultados.

### 5. Proyección

Piensa en una posible ampliación de tu investigación, considerando las magnitudes físicas que permanecieron constantes y que ahora pueden pasar a ser variables.