

# ¿CÓMO SE DESCRIBEN LOS MOVIMIENTOS?

¿Para qué describir el movimiento de los cuerpos que nos rodean? El estudio del movimiento ha sido un pilar fundamental de la física, ya que nos ha permitido conocer, por ejemplo, cómo cambia la rapidez de un cuerpo que cae a tierra o predecir las trayectorias de los cometas y de otros cuerpos celestes.

## FUERZAS Y MOVIMIENTO

### FÍSICA

#### Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación a las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

Lee la situación que se describe a continuación: Patricia se encuentra hablando por celular en el balcón de su departamento. En el piso inferior, Sebastián camina llevando una caja Y, más abajo. Camila tira una toalla para que se seque (observa la imagen inferior). En relación con la situación descrita, responde:

- ¿Qué conceptos piensas que se requieren para describir la ubicación de cada una de las personas y objetos de la imagen? ¿Qué concepto(s) están asociado(s) al movimiento de Sebastián? Escríbelos.

- ¿Por qué las habilidades y actitudes como las trabajadas en esta actividad te pueden ayudar a construir nuevos aprendizajes? Menciona otras actitudes y habilidades que te puedan servir.

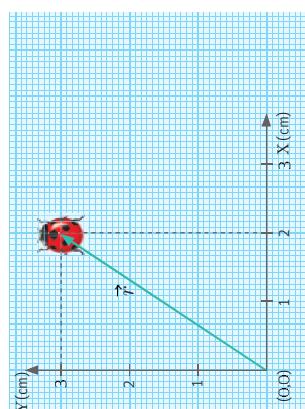
## La posición

La posición de un cuerpo nos indica su localización respecto de un sistema de coordenadas. Por ejemplo, en el esquema se señala la posición de dos objetos en un sistema de una dimensión (línea recta).



**Ayuda**

Un vector es una herramienta matemática que permite representar diferentes magnitudes físicas. Habitualmente, se representa con una flecha por sobre la letra, por ejemplo  $\vec{a}$ . Para profundizar más acerca de los vectores, trabaja en el anexo que se presenta en la página 239 del texto.



Un vector es una herramienta matemática que permite representar diferentes magnitudes físicas. Habitualmente, se representa con una flecha por sobre la letra, por ejemplo  $\vec{a}$ . Para profundizar más acerca de los vectores, trabaja en el anexo que se presenta en la página 239 del texto.

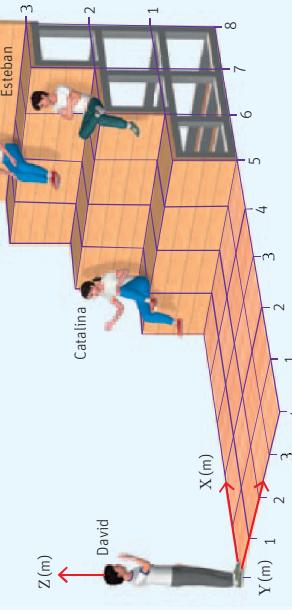
Respecto del punto de referencia ( $x=0$ ), la posición del reloj de arena es  $x = -30\text{ cm}$  y la posición de la botella es  $x = 30\text{ cm}$ . La posición corresponde a una **magnitud vectorial**, ya que no solo nos aporta información respecto de la distancia a la que se encuentra un objeto en relación con el origen del sistema de referencias (o un valor numérico), sino que también nos indica cuál es su orientación. En el ejemplo anterior, ambos objetos se encuentran situados a 30 cm del punto de referencia. Sin embargo, la orientación de cada uno es distinta, dado que el reloj está a la izquierda (señalado con el signo menos) y la botella se encuentra a la derecha de este.

Es importante destacar que la posición es una magnitud relativa al sistema de referencia utilizado, es decir, que dependerá desde donde se describa. Por ejemplo, en una sala de clases, la posición del escritorio del profesor es diferente respecto a cada uno de los estudiantes de la sala. Es importante destacar que la posición es una magnitud relativa al sistema de referencia utilizado, es decir, que dependerá desde donde se describa. Por ejemplo, en una sala de clases, la posición del escritorio del profesor es diferente respecto a cada uno de los estudiantes de la sala.

#### Analiza y representa

Reúnanse en parejas y lean la siguiente situación: tres amigos, Paula, Esteban y Catalina se encuentran sentados en las gradas del gimnasio de su colegio. Mientras, David los observa desde la puerta. Si el sistema de referencia se sitúa bajo este último estudiante, entonces:

- ¿Cuál será la posición aproximada que tendrá cada uno de ellos respecto de David, si él se encuentra situado en el origen del sistema de coordenadas?
- ¿Quién se encuentra más lejos de él?
- ¿Podría David describir la posición de un estudiante en movimiento? Explíquen.

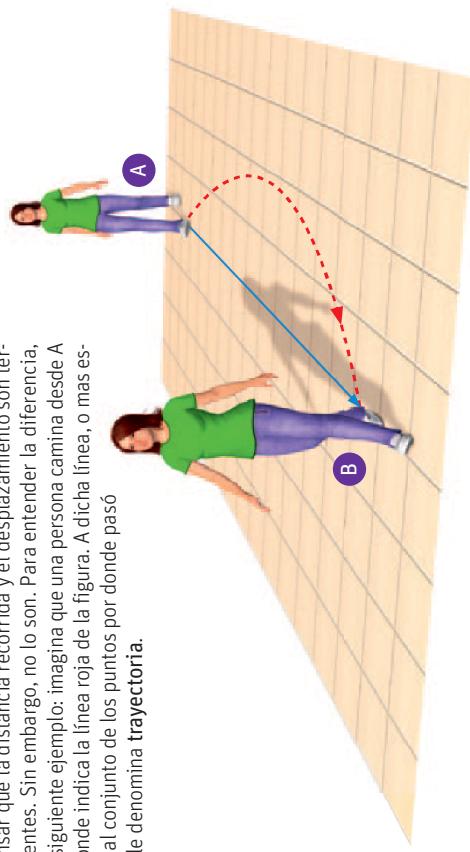


## Parámetros que permiten describir el movimiento

Para describir la ubicación de un cuerpo y/o las características de su movimiento, se recurre a una serie de parámetros que permiten hacerlo. Por ejemplo, en la situación presentada en la actividad anterior, la ubicación de cada persona depende de quien la describa, por esta razón, en física, se introducen los conceptos de **sistema de referencia** y **sistema de coordenadas**.

## El desplazamiento y la distancia

Es habitual pensar que la distancia recorrida y el desplazamiento son términos equivalentes. Sin embargo, no lo son. Para entender la diferencia, analicemos el siguiente ejemplo: imagina que una persona camina desde A hasta B, por donde indica la línea roja de la figura. A dicha línea, o más específicamente al conjunto de los puntos por donde pasó la persona, se le denomina trayectoria.



La longitud de la trayectoria seguida por la persona corresponde a la **distancia** ( $d$ ). Por otro lado, el **desplazamiento** ( $\Delta \vec{x}$ ) es la variación (netta) entre la posición final y la inicial. En la imagen, el desplazamiento se representa por la flecha azul que, además, indica que el movimiento se inició en A y terminó en B. Para determinar el desplazamiento, se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$\Delta \vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i$$

Desplazamiento      Posición final      Posición inicial

El desplazamiento es una magnitud vectorial, pues tiene módulo, dirección y sentido, a diferencia de la distancia (representada por la letra  $d$ ), que solo tiene módulo. Por esta razón, la distancia corresponde a una **magnitud escalar**. Es importante tener presente los casos particulares que se señalan a continuación.

- Si el valor de la distancia  $d$  coincide con el módulo del desplazamiento, entonces la trayectoria es una línea recta que se recorre en un solo sentido.
- Si después de haber recorrido una determinada trayectoria, la posición final de un cuerpo coincide con la inicial, entonces el módulo del desplazamiento es igual a cero (observa la imagen de la derecha).

↑ Cuando un cuerpo se mueve, como la hormiga de la imagen, la magnitud del vector desplazamiento aumenta a medida que se aleja de la posición inicial y disminuye a medida que se acerca.

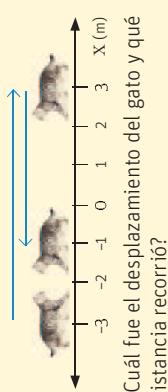
## TALLER de estrategias

### Aprendiendo a aplicar modelos

Determinando el desplazamiento de un gato

Situación problema

El gato de Alejandro camina sobre el techo de una casa por un tramo recto, desde la posición  $x = -3$  m hasta la posición  $x = 3$  m. Luego, camina de vuelta, deteniéndose en la posición  $x = -1$  m, tal como se representa en el siguiente esquema:



**Paso 1** Identifica las incógnitas

Las incógnitas son el desplazamiento  $\Delta \vec{x}$  y la distancia  $d$ .

**Paso 2** Registra los datos

Posición inicial:  $x_i = -3$  m; posición final:  $x_f = -1$  m

**Paso 3** Utiliza modelos

Para determinar el desplazamiento, utilizamos la expresión definida en la página anterior.

$$\begin{aligned}\Delta \vec{x} &= \vec{x}_f - \vec{x}_i \\ \Delta \vec{x} &= (-1\text{ m}) - (-3\text{ m}) \\ \Delta \vec{x} &= -1\text{ m} + 3\text{ m} \\ \Delta \vec{x} &= 2\text{ m}\end{aligned}$$

La distancia corresponde a la medida de todo lo que recorrió el gato, es decir:

$$\begin{aligned}d &= \text{camino de ida} + \text{camino de vuelta} \\ d &= 6\text{ m} + 4\text{ m} \\ d &= 10\text{ m}\end{aligned}$$

**Paso 4** Comunica los resultados

El desplazamiento efectuado por el gato de Alejandro fue de 2 m (hacia la derecha) y la distancia que recorrió fue de 10 m.

**Desafío**

Aplica

A partir de los datos presentados en el taller, determina:

1. El desplazamiento y la distancia recorrida por el gato si parte desde la posición  $x = -3$  m y camina hasta  $x = 3$  m.
2. El desplazamiento y la distancia recorrida por el gato si parte desde la posición  $x = -3$  m, camina hasta  $x = 3$  m y luego vuelve a  $x = -3$  m.

## La rapidez

Pese a que los conceptos de rápido o lento son subjetivos, es habitual que en nuestro entorno realicemos una estimación, de forma natural, de la rapidez de diferentes objetos. Para saber qué parámetros nos permiten comparar la rapidez de distintos cuerpos, realicen la siguiente actividad.

### Actividad

#### La rapidez, una medida de comparación

Reúnanse en grupos de tres integrantes y consigan los siguientes materiales:



Sitúen los dos rieles con inclinaciones distintas, tal como se muestra en la imagen. Luego, un integrante del grupo debe soltar simultáneamente ambas bolitas, mientras los otros dos miden, utilizando el cronómetro del celular, el tiempo que tarda cada bolita en recorrer el largo del riel.

**Objetivo**  
Reconocer que la rapidez es una medida de comparación entre cuerpos en movimiento.

**¿Qué conceptos debo saber para realizar la actividad?**

**Habilidades**  
Observar y relacionar.

**Actitud**  
Trabajar en forma colaborativa.

**Tiempo**  
20 minutos.

En física, una medida que nos da una descripción general de qué tan deprisa se mueve un cuerpo es la **rapidez media** ( $v$ ). Esta corresponde a la distancia recorrida por unidad de tiempo y puede ser determinada empleando la siguiente expresión:

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

Donde  $d$  es la distancia recorrida y  $\Delta t$  es el tiempo total empleado en recorrerla. Como en el Sistema Internacional de unidades las distancias se miden en metros (m) y el tiempo en segundos (s), la unidad de medida de la rapidez es m/s.

Ahora, si imaginamos, por ejemplo, que un bus tiene una rapidez media de 100 km/h, esto no significa necesariamente que el chofer mantiene dicha rapidez en todo momento, ya que sabemos que un bus realiza continuas detenciones para permitir que los pasajeros suban o bajen, o bien, en varias oportunidades se mueve más lento o más rápido. Lo anterior hace necesario el uso de otro concepto, el de **rapidez instantánea**. Esta se refiere a la rapidez que posee un cuerpo en un instante determinado (un intervalo de tiempo muy pequeño).

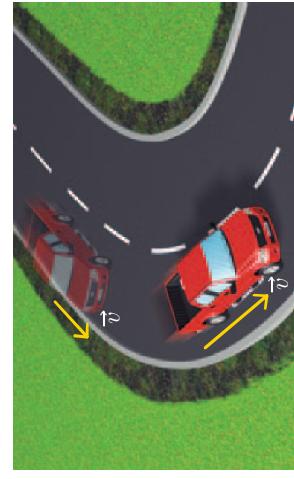
## La velocidad

Como hemos visto, la rapidez (media e instantánea) nos entrega una medida de qué tan deprisa un cuerpo recorre una determinada distancia. Otro concepto, que suele confundirse con el de rapidez, es el de **velocidad**. La velocidad media indica qué tan deprisa cambia de posición un cuerpo, por lo que depende del desplazamiento ( $\Delta \vec{x}$ ) y del tiempo ( $\Delta t$ ). La velocidad media ( $\vec{v}_m$ ) se puede expresar como:

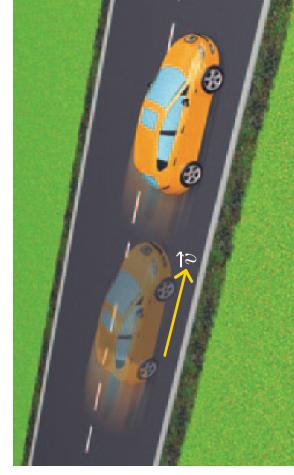
$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

En el Sistema Internacional (SI), la velocidad se mide en m/s. Como esta depende del desplazamiento, corresponde a una magnitud vectorial, por lo que tiene módulo, dirección y sentido, a diferencia de la rapidez, que es una magnitud escalar.

Al igual que con el concepto de rapidez, se puede distinguir la velocidad media de la instantánea (en esta última, el intervalo de tiempo es muy pequeño). En el caso de la velocidad instantánea, su módulo corresponde siempre a la rapidez instantánea, a diferencia de la velocidad media. Para esta última, su módulo corresponde a la rapidez media solo si el cuerpo se mueve en línea recta y siempre en el mismo sentido.



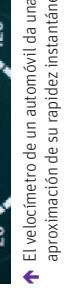
Si el cuerpo describe una curva, el vector velocidad instantánea en cada punto de esta será tangente a la curva.



Si la trayectoria del cuerpo es una recta, el vector velocidad instantánea asociado al movimiento del cuerpo tendrá una orientación constante en la dirección del movimiento.

### Aplica

- Formen parejas y lean la siguiente situación: Patricio sale de su casa (indicada por el punto P) a las 15:45 h rumbo a la casa de su amiga Carolina (señalada por el punto C), recorriendo el camino indicado en la figura. Al llegar a su destino, mira la hora, comprobando que son las 15:50 h.
- ¿Cuál fue la rapidez media de Patricio? Expresala en m/min y m/s.
  - ¿Cuál fue la velocidad media de Patricio? Calcúlala en m/min y en m/s.
  - Indica en el dibujo la orientación de la velocidad media.

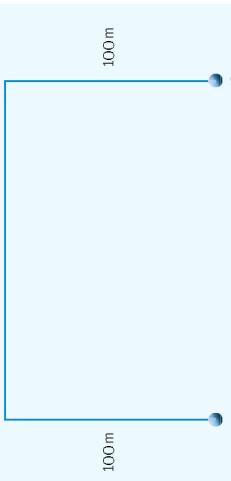


Completa la siguiente tabla con los valores que corresponden.

### Procesa datos



El velocímetro de un automóvil da una aproximación de su rapidez instantánea.



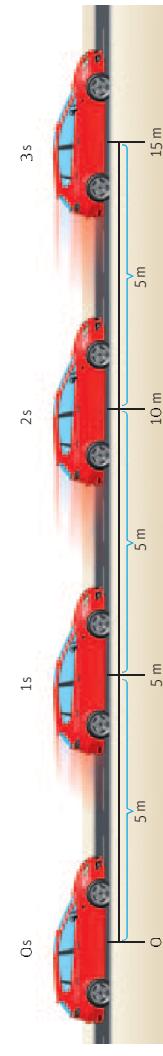
100m  
200m  
100m  
C  
P

Completa la siguiente tabla con los valores que corresponden.

Distancia recorrida (m)	Tiempo empleado (s)	Rapidez media (m/s)
5	5	1
10	3	4

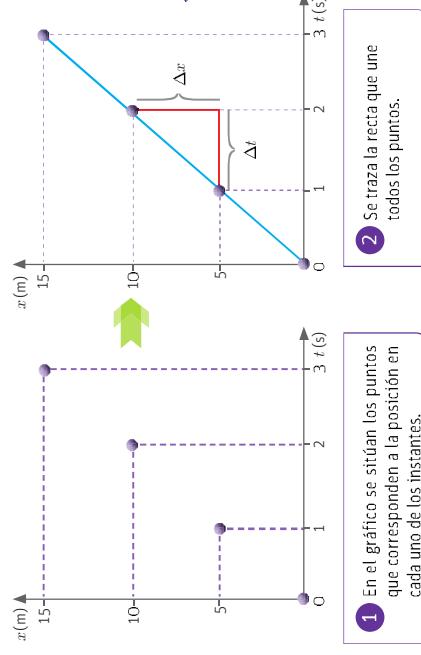
## El movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

Si un cuerpo mantiene una velocidad constante, entonces se dice que su movimiento es **rectilíneo uniforme (MRU)**. Cuando esto sucede, por cada unidad de tiempo el cuerpo recorre la misma distancia, describiendo una trayectoria rectilínea, es decir, no cambia el sentido de su movimiento.



En la imagen, se representa un automóvil que se mueve describiendo un MRU. Por cada segundo que transcurre, el auto avanza una distancia de 5 m. Debido a esto, podemos afirmar que la rapidez del vehículo es de 5 m/s. Este movimiento también puede ser descrito de manera gráfica, como veremos a continuación.

### Gráfico posición-tiempo



- 2 Se traza la recta que une todos los puntos.

- 1 En el gráfico se sitúan los puntos que corresponden a la posición en cada uno de los instantes.

La posición de un cuerpo que describe un MRU no solo se puede representar mediante gráficos, sino que también con ecuaciones. La **ecuación de itinerario** permite conocer la posición de un cuerpo a partir de su posición inicial, de la velocidad con la que se mueve y del tiempo que transcurre. Esta se obtiene a partir de la siguiente expresión:

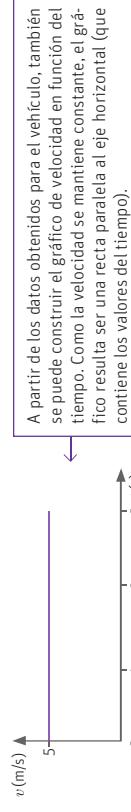
$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{t} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{t} \Rightarrow \vec{x}_f = \vec{x}_i + \vec{v} \cdot t$$

Ahora, para cualquier tiempo, esta ecuación se escribe como:

$$\vec{x} = \vec{x}_i + \vec{v} \cdot t$$

Es importante mencionar que la expresión anterior corresponde a la ecuación de una recta y que es consistente con el gráfico recién presentado.

### Gráfico velocidad-tiempo



### Determinación de la distancia recorrida a partir de un gráfico velocidad-tiempo

A partir del gráfico de velocidad en función del tiempo, en un movimiento rectilíneo uniforme, se puede calcular la distancia recorrida por un móvil (en cualquier intervalo de tiempo). Esto se realiza determinando el área limitada entre la recta y el eje del tiempo. Para el ejemplo analizado en la página anterior, el cálculo de la distancia se muestra en el gráfico de la derecha.

En este procedimiento, es posible reconocer que el cálculo se basa, simplemente, en despejar la distancia de la expresión:  $v = d/\Delta t$ .

### Actividad

#### Objetivo

Interpretar y graficar un MRU.

**¿Qué conceptos debo saber para realizar la actividad?**

**Habilidades**  
Interpretar y analizar;

#### Actividad

Valorar la representación gráfica como un medio para comprender fenómenos físicos.

**Tiempo**  
20 minutos.

- a. Según el intervalo de tiempo presentado en cada caso, ¿cuál fue el desplazamiento de cada uno?

- b. ¿Cuál fue la velocidad de cada uno?

2. Para los movimientos descritos en el punto anterior, construye los gráficos de velocidad en función del tiempo. Luego, responde:

- a. ¿Cuál es la distancia recorrida en cada caso? Considera los intervalos de tiempo presentados.

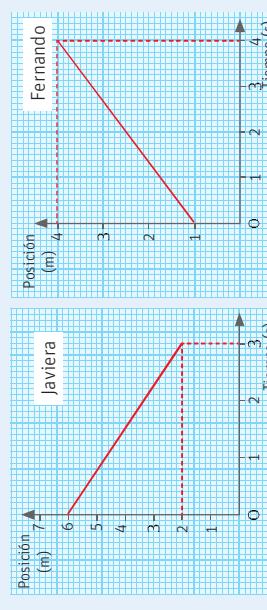
- b. ¿Coinciden, en cada caso, el valor de la distancia con el valor del desplazamiento? Explica.

- c. ¿Qué ventaja tienen los gráficos en el estudio de los fenómenos? Explica.

### Interpretando gráficos

Reúnanse en parejas y realicen las siguientes actividades:

1. Los gráficos muestran cómo varía la posición de laviera y Fernando en el tiempo.



Si ambos describen un MRU, determina:

- a. El intervalo de tiempo presentado en cada caso, ¿cuál fue el desplazamiento de cada uno?

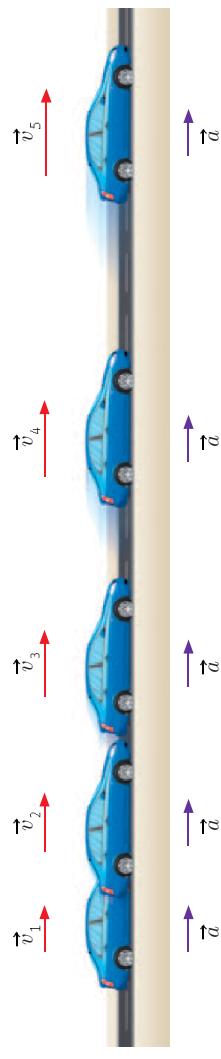
- b. ¿Cuál fue la velocidad de cada uno?

- c. ¿Coinciden, en cada caso, el valor de la distancia con el valor del desplazamiento? Explica.



## Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)

Cuando la velocidad de un cuerpo en movimiento rectilíneo cambia a una tasa constante, es decir, su aceleración es la misma, se dice que posee un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA). Por ejemplo, en la imagen, se observan los efectos de una aceleración constante y positiva sobre un vehículo.

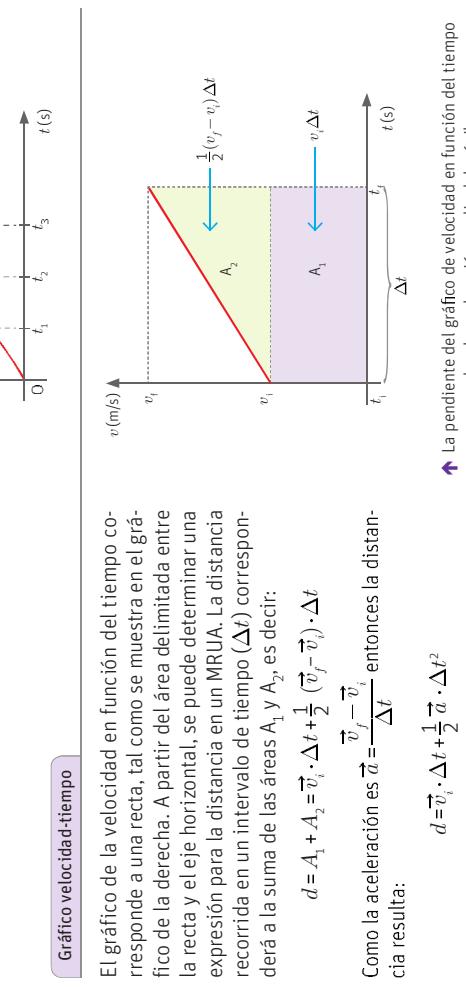


### Representación gráfica de un MRUA

#### Gráfico posición-tiempo

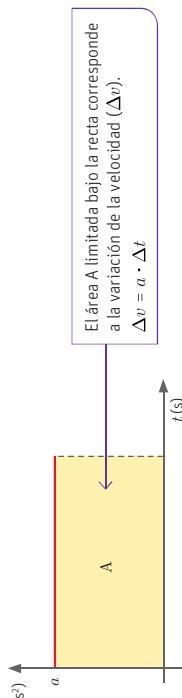
En un MRUA, la distancia recorrida por un móvil se incrementa por cada unidad de tiempo. Por lo tanto, el gráfico de posición en función del tiempo que representa este movimiento tiene la forma de una curva (tal como se muestra en el gráfico).

Recordemos que en un MRLU, la pendiente del gráfico de posición en función del tiempo entrega el valor de la velocidad. Como en este caso la pendiente de la curva va aumentando, entonces la velocidad también lo hace.



#### Gráfico aceleración-tiempo

En un MRUA, la aceleración es constante, por lo tanto, su gráfico en función del tiempo corresponde a una línea recta, paralela al eje del tiempo. El valor de la aceleración  $a$  se consigna en el eje vertical.



## Ecuaciones para un MRUA

En el siguiente recuadro, se presentan las ecuaciones más representativas del movimiento uniformemente acelerado. A partir de ellas y de su combinación, es posible determinar cualquier variable involucrada en este tipo de movimiento.

Variables relacionadas	Ecuación
Velocidad final, velocidad inicial, aceleración y tiempo.	$\vec{v}_f = \vec{a} \cdot \Delta t + \vec{v}_i$
Posición, velocidad inicial, aceleración y tiempo.	$\vec{x}_f = \vec{x}_i + \vec{v}_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \vec{a} \cdot \Delta t^2$
Velocidad final, velocidad inicial, aceleración y desplazamiento.	$ \vec{v}_f ^2 =  \vec{v}_i ^2 + 2\vec{a} \cdot \Delta \vec{x}$

#### Interpreta y aplica

Reúnanse en parejas y realicen las siguientes actividades:

- En el gráfico, se representa el movimiento de un ciclista que viaja en línea recta. A partir de la información contenida en él, respondan:
  - ¿Cuál es la velocidad inicial del ciclista (en  $t = 0$  s)?
  - ¿Qué distancia es recorrida por el ciclista entre 0 y 6 s?
  - ¿A qué magnitud corresponde el valor de la pendiente de la recta?
  - ¿Cómo debería ser el gráfico de aceleración en función del tiempo?
- Imaginen que el transbordador que cruza el canal de Chacao, en Chiloé, lo hace aumentando su rapidez de manera constante hasta la mitad del trayecto y luego disminuyéndola durante la otra mitad. Si demora 30 minutos en todo el trayecto y la máxima rapidez es de 20 km/h, ¿cuál es la aceleración para la primera mitad del viaje? ¿Qué diferencia tiene con la aceleración en la otra mitad? ¿Qué distancia recorre el transbordador al cruzar el canal?

#### Gráfico velocidad-tiempo

El gráfico de la velocidad en función del tiempo corresponde a una recta, tal como se muestra en el gráfico de la derecha. A partir del área delimitada entre la recta y el eje horizontal, se puede determinar una expresión para la distancia en un MRUA. La distancia recorrida en un intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ) corresponderá a la suma de las áreas  $A_1$  y  $A_2$ , es decir:

$$d = A_1 + A_2 = \vec{v}_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} (\vec{v}_f - \vec{v}_i) \cdot \Delta t$$

Como la aceleración es  $\vec{a} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t}$ , entonces la distancia resulta:

$$d = \vec{v}_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \vec{a} \cdot \Delta t^2$$

↑ La pendiente del gráfico de velocidad en función del tiempo corresponde a la aceleración media del móvil.



## Caída libre y lanzamiento vertical: ejemplos del MRUA

Un ejemplo cotidiano de un movimiento con aceleración constante es la **caída libre** de los cuerpos. Esta se debe a la fuerza de atracción gravitacional que ejerce nuestro planeta sobre los objetos cercanos a su superficie. Fue Galileo Galilei uno de los primeros científicos que estudió de manera formal la caída de los cuerpos. El intuyó que existían relaciones matemáticas que asociaban variables como la posición y el tiempo. A partir de sus experimentos, Galileo demostró que en la caída de un cuerpo, la posición ( $x$ ) varía de forma proporcional al cuadrado del tiempo ( $\Delta t^2$ ), es decir:

$$x \propto \Delta t^2$$

Tal como pudiste estudiar en el *Taller de ciencias* de la página anterior.

### Caída libre

Para analizar el movimiento de caída de un cuerpo, observa la siguiente imagen y lee la información asociada a ella.



$v_0$

$h_0$

$v_1$

$h_1$

$v_2$

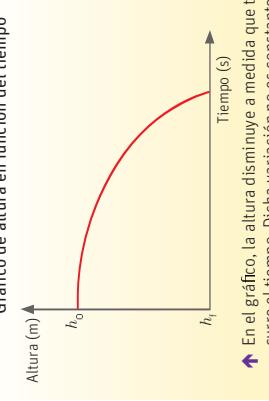
$h_2$

Cuando se deja caer un cuerpo desde una determinada altura ( $h_0$ ), su rapidez inicial es igual a cero ( $v_0 = 0$ ).

A medida que el cuerpo cae, su rapidez se incrementa de forma constante. Esta variación se debe a la acción de la fuerza de atracción gravitacional, que acelera los cuerpos a  $9.8 \text{ m/s}^2$ , es decir por cada segundo que transcurre en la caída del cuerpo, su rapidez se incrementa en  $9.8 \text{ m/s}$ . La aceleración de gravedad se designa con la letra  $g$  y su valor es aproximadamente constante, ya que depende del lugar de la Tierra donde nos encontramos.

Dependiendo de las variables escogidas, la caída libre se puede representar gráficamente de diferentes maneras. A continuación, se presentan dos gráficos de caída libre:

Gráfico de altura en función del tiempo



En el gráfico, la altura disminuye a medida que transcurre el tiempo. Dicha variación no es constante, lo que se representa en el gráfico, mediante una curva.

## Lanzamiento vertical

En el lanzamiento vertical (hacia arriba o hacia abajo) la velocidad inicial es distinta de cero. Aquí, el cuerpo también describe un MRUA, donde la aceleración que experimenta corresponde a la aceleración de gravedad ( $g$ ). El movimiento de lanzamiento se describe en la siguiente secuencia.



Como las aplicaciones pueden ser diferentes unas de otras, examina e intercambia (junto a tus compañeros y con tu profesora o profesor) la información que obtuviste con la aplicación.

Cuando la pelota alcanza la altura máxima, el módulo de su velocidad es cero. En este momento el movimiento cambia de sentido.

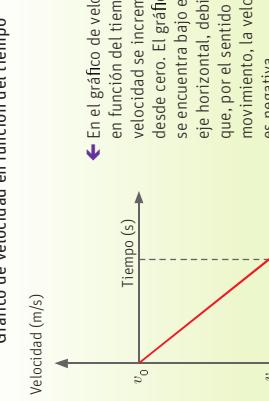
Inicialmente, la pelota es lanzada hacia arriba con una velocidad distinta de cero. En todo momento está presente la aceleración de gravedad, representada por la flecha verde.

Es importante mencionar que todas las ecuaciones de MRUA son válidas para la caída libre y el lanzamiento vertical. Se debe hacer la salvedad de que, por convención, la aceleración de gravedad es negativa y, además, que la velocidad es positiva cuando el cuerpo se mueve hacia arriba y negativa cuando cae. Esto se debe a que se considera el eje positivo hacia arriba, tal como en un plano cartesiano.

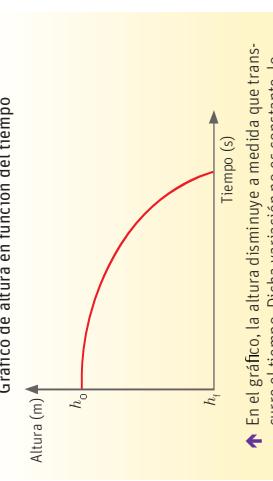
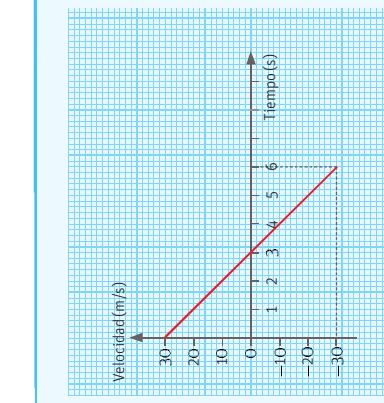
### Analiza, interpreta y sintetiza

- Un grupo de estudiantes analiza cómo varía la velocidad en función del tiempo en el movimiento vertical de un cuerpo sometido a la fuerza de gravedad. El gráfico que representa dicho movimiento se muestra a continuación:  
  - ¿A qué se debe que la recta corte el eje del tiempo?
  - ¿Qué ocurre con el cuerpo en el instante  $t = 3\text{s}$ ?
  - ¿Qué valor debiese tener la pendiente de la recta? Compruébalo.
- En esta lección estudiaste los principales conceptos asociados a la descripción del movimiento, como la posición, el desplazamiento, la rapidez, la velocidad y la aceleración, entre otros. Elabora un mapa conceptual en el que se muestre cómo se relacionan e integran entre sí.

Gráfico de velocidad en función del tiempo



En el gráfico de velocidad en función del tiempo, la velocidad se incrementa desde cero. El gráfico se encuentra bajo el eje horizontal, debido a que, por el sentido del movimiento, la velocidad es negativa.



En el gráfico, la altura disminuye a medida que transcurre el tiempo. Dicha variación no es constante, lo que se representa en el gráfico, mediante una curva.

## Aprendiendo a aplicar modelos

### Detención de un tren

#### Situación problema

Un tren de pasajeros viaja a la ciudad de Chillán con una velocidad de 144 km/h. Cuando se encuentra a 2800 m de la estación, comienza su proceso de frenado. Si su velocidad final es cero, ¿cuál fue su aceleración y el tiempo en el que se detuvo?



#### Habilidad

Discriminar los datos relevantes en un problema.

#### Actitud

Valorar la utilidad que presentan los modelos matemáticos.

#### Paso 1

#### Identifica las incógnitas

En el ejercicio debemos determinar la aceleración media del tren y el tiempo en el cual se detiene. Es importante mencionar que en el movimiento del tren se produce una desaceleración, por lo que la aceleración debe resultar con signo negativo.

#### Paso 2

#### Registra los datos

$$v_i = 144 \text{ km/h} = \frac{144 \cdot (1000 \text{ m})}{3600 \text{ s}} = 40 \text{ m/s}; v_f = 0; d = 2800 \text{ m}$$

#### Paso 3

#### Utiliza modelos

Como debemos determinar la aceleración a partir de las variables conocidas (velocidad inicial, velocidad final y distancia), el modelo por utilizar debe ser independiente del tiempo. La expresión que cumple dicha condición es:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a \cdot \Delta x$$

Como, en este caso, el movimiento es rectilíneo y en un solo sentido, entonces el módulo del desplazamiento ( $\Delta x$ ) es igual a la distancia recorrida ( $d$ ), por lo que:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a \cdot d$$

Despejando la aceleración, obtenemos:

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 \cdot d}$$

Al remplazar los valores en la expresión anterior, resulta:

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 \cdot d} = \frac{0^2 - (40 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 2800 \text{ m}} = \frac{-1600 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{5600 \text{ m}} \approx -0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ahora, para determinar el tiempo de detención, debemos emplear la siguiente relación:

$$v_f = a \cdot \Delta t + v_i$$

Al despejar el tiempo, se obtiene:

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

Reemplazando la aceleración y las velocidades en esta expresión, resulta:

$$\Delta t = \frac{0 - 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{-0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{-40 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{-0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx 138 \text{ s}$$

#### Paso 4

#### Comunica los resultados

Cuando el tren comienza a frenar, su aceleración media es de  $-0,29 \text{ m/s}^2$  y tarda 138 s en detenerse.

#### Desafío

##### Aplica

- Un automóvil mantiene una aceleración constante de  $3 \text{ m/s}^2$ . Si su velocidad inicial era de 20 m/s, ¿cuál será su velocidad después de 8 s?

##### Aplica

- El movimiento de un motociclista se representa mediante el siguiente gráfico velocidad-tiempo:

Para los tramos 1, 2, 3, 4 y 5, determina:

- El tipo de movimiento.
- La aceleración.
- La distancia recorrida.

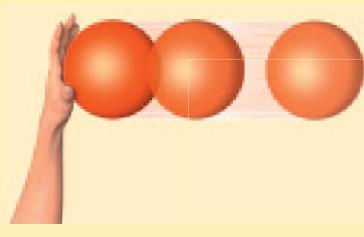
**INTEGRA tus nuevos aprendizajes**

Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

**Aprendiendo a responder**

Analiza la siguiente pregunta modelada.

Susana deja caer una pelota desde cierta altura. Si sabe que esta tarda exactamente 1,5 s en llegar al suelo, ¿cuál será su velocidad al momento de impactar sobre él?



Dado que la caída libre corresponde a un MRUA, se pueden utilizar los modelos matemáticos que dan cuenta de él. Es importante tener presente que la aceleración del movimiento es igual a  $g$  y que se considera negativa por el sentido en el que actúa la fuerza de gravedad, independiente si el movimiento es un lanzamiento vertical hacia arriba o una caída libre. En el problema, los valores conocidos son el tiempo de caída ( $\Delta t = 1,5 \text{ s}$ ) y la velocidad inicial ( $v_i = 0$ ), ya que la pelota es dejada caer. Por lo tanto, la expresión que utilizaremos es:

$$v_f = -g \cdot \Delta t + v_i$$

Al reemplazar los valores obtenemos:

$$v_f = -9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,5 \text{ s} + 0 = -14,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El signo negativo indica el sentido de la velocidad, es decir, hacia abajo.

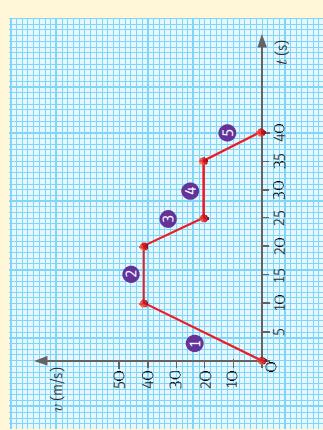
**Ahora tú**

- Aplica**
- Para un proyecto de una feria científica, Cristian está diseñando el modelo de un cohete que se eleva verticalmente, y desea saber cuál debe ser su velocidad inicial para que alcance una altura determinada.

- Evaluá**
- Cristian? Si la altura que requiere que alcance su cohete es 50 m, ¿cuál debe ser su velocidad inicial?

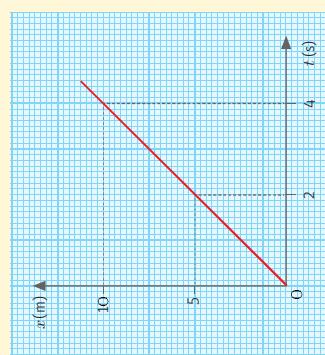
- Evaluá**
- Cuando Juan le explica a Alberto las diferencias entre velocidad y rapidez, le señala lo siguiente:
    - La velocidad corresponde al desplazamiento por unidad de tiempo, mientras que la rapidez es la distancia por unidad de tiempo.
    - La velocidad es una magnitud escalar y la rapidez es una magnitud vectorial.
 ¿Es correcta cada una de las afirmaciones? De no ser así, plantea las correctas.

- Analiza**
- El siguiente gráfico muestra cómo varía la posición de un ciclista en el tiempo.



Para cada uno de los tramos numerados, determina:

- El tipo de movimiento descrito por el automóvil.
- La aceleración del automóvil.
- La distancia recorrida.



Si el ciclista describe un MRU, ¿cuál es el módulo de su velocidad?



Revisa tus respuestas en el solucionario y, según los resultados que hayas obtenido, marca con **✓** el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o a tu profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocí los distintos parámetros utilizados en la descripción del movimiento.	2 y 3	Evaluuar y aplicar.	L: dos ítems correctos. ML: un ítem correcto. PL: ningún ítem correcto.
Analicé y apliqué las relaciones que describen los MRU y MRUAs.	1, 4 y 5	Aplicar y analizar.	L: tres ítems correctos. ML: dos ítems correctos. PL: uno o ningún ítem correcto.

- ¿Qué concepto(s) y/o habilidad(es) te resultaron más fácil(es) de trabajar?, ¿cuáles más difíciles?
- ¿Qué habilidad(es) debes reforzar?
- ¿Estás cumpliendo con las metas que te propusiste al inicio de la unidad?
- ¿Cuál(es) de las actitudes trabajadas en las distintas actividades de la lección debes mejorar?

## LECCIÓN 2

# ¿CÓMO SE GENERAN LOS MOVIMIENTOS?

¿Crees que es importante para ti saber por qué se produce el movimiento? Desde la Antigüedad, el ser humano ha tratado de conocer las causas que originan el movimiento de los cuerpos. Este camino de estudios, experimentaciones y descubrimientos ha permitido que hoy en día podamos entender de mejor manera el mundo que nos rodea.

### Me preparo para aprender

Es importante que reconozcas aquello que sabes o piensas en relación a las temáticas que se desarrollarán en esta lección, dado que tus concepciones previas son el cimiento sobre el que se construirán los nuevos aprendizajes.

#### Habilidades

Analizar y relacionar.

#### Actitud

Presentar disposición a los nuevos desafíos.

#### Tiempo

20 minutos.

**Objetivo**  
Reconocer y registrar aprendizajes previos.

#### Habilidades

Analizar y relacionar.

#### Actitud

Presentar disposición a los nuevos desafíos.

#### Tiempo

20 minutos.

- Menciona todos aquellos conceptos que te permitirían describir y explicar las experiencias realizadas por Sofía.
- ¿Qué otro(s) efecto(s) de las fuerzas conoces? Mencionalos.
- Escribe algunas habilidades y actitudes que piensas que son fundamentales para integrar los nuevos aprendizajes.



Imagen 1



Imagen 2

### Las fuerzas y sus efectos

Al observar un libro que se encuentra inmóvil sobre una mesa o las vigas que sostienen el techo de una sala, podemos distinguir la acción de diferentes fuerzas. Para analizar estas situaciones, debemos recordar que una fuerza es la manifestación de una interacción o acción mutua entre dos o más cuerpos y que no es una propiedad intrínseca de ellos (un cuerpo no posee fuerza por sí solo). Generalmente, reconocemos una determinada fuerza por los efectos que puede occasionar, como veremos a continuación.

Seguramente, en la actividad anterior pudiste reconocer que la acción de una fuerza origina cambios en la forma de un cuerpo. Todos los objetos, al ser sometidos a determinadas fuerzas, pueden experimentar modificaciones en su forma. Pero, por ejemplo, para originar cambios en la forma de un elástico, se requiere aplicar una fuerza "pequeña", en comparación con aquella requerida para modificar la forma de una bárra de acero muy gruesa.

A continuación, se presentan los distintos efectos que una fuerza puede generar:

#### Efectos en la forma de un cuerpo

Los cambios en la forma de un cuerpo originados por una fuerza pueden ser clasificados en **no permanentes**, si la forma del objeto vuelve a su estado original cuando la fuerza deja de actuar (lo que se representa en la primera imagen mediante la fuerza que se ejerce sobre el elástico); y en **permanentes**, si la alteración en la forma del objeto se mantiene una vez desaparecida la fuerza (lo que se observa en la segunda imagen, cuando la fuerza que aplica la mano sobre la arcilla deja una impresión permanente en ella).

#### Efectos en el estado de movimiento de un cuerpo

Dependiendo de la manera en que una fuerza es aplicada sobre un cuerpo, esta puede occasionar los siguientes efectos en su estado de movimiento.



Si una fuerza actúa en sentido contrario al movimiento de un cuerpo, puede producir sobre este una disminución de su rapidez.

Cuando una determinada fuerza actúa a favor del movimiento de un cuerpo, producirá en este un incremento de su rapidez.

Uno de los efectos de algunas fuerzas es el cambio de dirección en el movimiento de los cuerpos. Para que esto suceda, la fuerza debe actuar en una dirección diferente a aquella en la que se mueve el objeto.



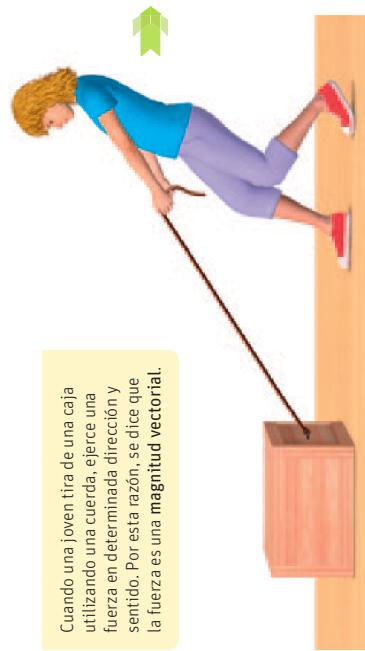
## La fuerza neta

Cuando en el lenguaje común se dice que una fuerza es “grande” o “pequeña”, se hace referencia a su **magnitud** o **módulo**. Generalmente, al módulo de una fuerza se le asigna un valor numérico. Sin embargo, aunque dicha cuantificación puede parecer adecuada para establecer una comparación entre las diferentes fuerzas, es importante considerar que la magnitud es una noción relativa al sistema que estemos analizando. Por ejemplo, el módulo de la fuerza con que se atraen dos planetas es significativamente mayor que la que requiere una grúa para levantar un par de toneladas, tanto así, que, en esta última situación la fuerza es prácticamente cero en comparación con la primera.

La unidad en la que se mide el módulo de una fuerza en el Sistema Internacional es el newton, llamado así en honor al físico y matemático inglés Isaac Newton (1642-1727). Un newton representa la fuerza necesaria para cambiar, en un segundo, la rapidez de un cuerpo de 1 kg de masa en 1 m/s. Esta unidad equivale a:

$$1 \text{ newton} = 1 \text{ N} = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

¿Es posible representar una fuerza solo a partir de su módulo? La respuesta es no, ya que toda fuerza se ejerce con una dirección y un sentido. Para comprender esto, analicemos el siguiente ejemplo:

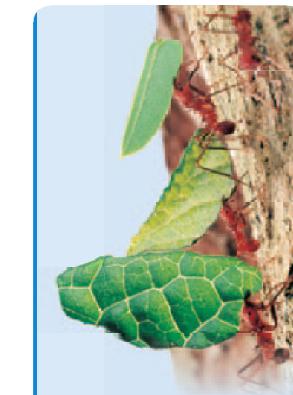


Cuando una joven tira de una caja utilizando una cuerda, ejerce una fuerza en determinada dirección y sentido. Por esta razón, se dice que la fuerza es una magnitud vectorial.

### Conectando con...

#### La biología

Las hormigas son una de las familias de insectos con más éxito en el planeta, que han prosperado en la mayor parte de los ecosistemas terrestres. Existen muchas curiosidades respecto de las hormigas. Una de ellas es que algunas especies pueden levantar cerca de 50 veces su propio peso y hasta 30 veces su volumen. Es decir, en relación con su masa y volumen tienen una gran capacidad para ejercer fuerza. Si un ser humano de 70 kg tuviera la misma capacidad, podría levantar una masa de tres toneladas y media, equivalente a tres automóviles pequeños. Esto convierte a las hormigas en las campeonas del levantamiento de pesas en la naturaleza.



¿Has notado que cuando quieras mover un objeto de gran masa, como un mueble, resulta mucho más fácil si alguien te ayuda? Esto se debe a que cuando las fuerzas se ejercen en conjunto, es como si hubiese una sola fuerza actuando. Esta fuerza resultante recibe el nombre de **fuerza neta**. Para determinar la fuerza neta sobre un cuerpo, se debe obtener la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre él. A continuación, analizaremos algunos casos.

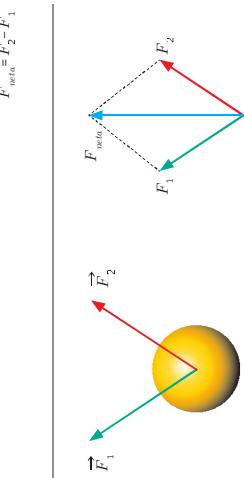
#### Fuerzas que actúan en igual sentido

Cuando los sentidos de las fuerzas coinciden, el módulo de la fuerza neta corresponde a la suma directa de ellas.



#### Fuerzas que actúan en sentidos opuestos

Cuando dos fuerzas se aplican en sentido opuesto sobre un cuerpo, la fuerza neta estará orientada en el sentido de la fuerza de mayor módulo. La fuerza neta corresponderá a la diferencia directa entre ambas fuerzas.



#### Fuerzas que actúan en diferentes direcciones

Es habitual que las fuerzas actúen en diferentes direcciones sobre un cuerpo. Geométricamente, se puede determinar la fuerza resultante usando la regla del paralelogramo. Esta consiste en trazar líneas paralelas a cada una de las fuerzas. Luego, la diagonal del paralelogramo resultante corresponde a la fuerza neta.



**Analiza y aplica**

Renato y Amelia empujan simultáneamente una mesa durante cuatro segundos y en tres configuraciones distintas (observa las imágenes inferiores). Si las fuerzas ejercidas por ambos tienen igual magnitud (aproximadamente 60 N) y el roce entre las patas de la mesa y el suelo es prácticamente cero, ¿en cuál de los casos la mesa aceleraría más?, ¿en cuál menos? ¿Hacia dónde se moverá la mesa en cada uno de los casos?



## Las fuerzas en nuestro entorno

Ten por seguro que, en este momento, sobre ti se ejercen a lo menos dos fuerzas. ¿Podrías identificar cuáles son? A continuación, estudiaremos las principales fuerzas que actúan en nuestro entorno. Para iniciar esta temática desarrollan la siguiente actividad:

### Actividad

#### ¿De qué depende la fuerza con que los cuerpos son atraidos por la Tierra?

Habrán notado que cuando desean levantar un cuerpo desde el suelo, como una caja llena de libros, es necesario realizar un esfuerzo mayor que al levantar un lápiz. Para indagar acerca de la fuerza con que los cuerpos son atraídos a la superficie de la Tierra, reúnanse en grupos de cuatro integrantes y consigan los siguientes materiales: un resorte, un soporte universal y un par de masas de diferente magnitud. Luego, realicen el procedimiento que sigue:

1. Ancíen uno de los extremos del resorte al soporte universal, tal como se muestra en la imagen inferior. Luego, suspendan de él la masa de menor magnitud.
  2. Repitan el procedimiento pero, esta vez, utilicen la masa de mayor magnitud. Observen lo que sucede con el resorte.
- ¿Qué conceptos ya estudiados piensan que están presentes en la actividad? Escribanlos.



Una vez finalizado el procedimiento, respondan:

- a. ¿Ocurrió aquello que esperaban?
- b. ¿Cómo se relaciona la deformación del resorte con la magnitud de la masa que se suspendió de él? ¿Se cumple la ley de Hooke? Expliquen.
- c. ¿Qué fuerza actúa sobre el sistema masa-resorte?
- d. ¿Tuvieron una actitud proactiva al desarrollar la actividad? De no ser así, ¿cómo podrían mejorarla?

### La fuerza de atracción gravitacional

Cada vez que se deja caer un cuerpo, este es atraído a la superficie de la Tierra. Pero ¿qué ejerce la fuerza en este caso? La respuesta es que se produce una fuerza de atracción mutua entre el cuerpo y nuestro planeta. A esta fuerza se la denomina **fuerza de atracción gravitacional**, **fuerza de gravedad o peso**, y su magnitud depende de las masas de los cuerpos que interactúan, tal como pudiste observar en la actividad anterior.

La fuerza peso que la Tierra ejerce sobre un cuerpo de masa  $m$  en las cercanías de su superficie se representa mediante la siguiente expresión:

$$\text{Peso del cuerpo medido en newton (N)} \rightarrow \vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

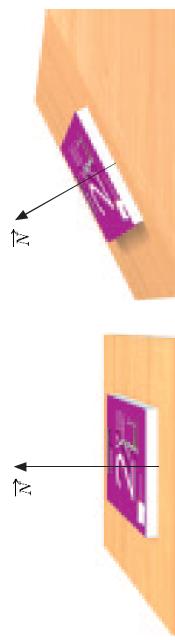
↑ Masa del cuerpo

↑ Aceleración de gravedad

Es importante mencionar que esta es una fuerza variable, ya que puede presentar algunas diferencias en la superficie de la Tierra: es mayor en los polos que en el ecuador. Pero no solo cambia en la Tierra, sino también entre los distintos cuerpos celestes, como planetas y estrellas, ya que en cada uno de ellos la aceleración de gravedad es distinta, por lo que el peso también lo es.

### La fuerza normal

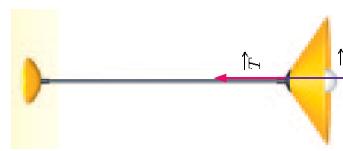
Cuando nos encontramos de pie, acostados o sentados sobre una superficie, ¿qué impide que la fuerza de gravedad nos lleve hacia el centro de la Tierra? La fuerza que actúa en este caso es la denominada **fuerza normal ( $\vec{N}$ )**. Esta corresponde a la fuerza que toda superficie ejerce sobre un cuerpo que se encuentra apoyado en ella, y su dirección es siempre perpendicular a la superficie, de allí su nombre (normal = perpendicular).



Cuando la superficie es vertical, la fuerza normal tiene la misma magnitud que la fuerza aplicada sobre el cuerpo. Si la superficie de apoyo está inclinada, la dirección del peso y la normal son diferentes. Además, la magnitud de la fuerza normal es menor que la del peso.



En un puente, muchas de las partes de la estructura, como las vigas, están sometidas a fuerzas de tensión. En la imagen se muestra el puente sobre el río Malloco, en la Región de La Araucanía.



Usualmente, las fuerzas se transmiten a través de cuerdas, cables y estructuras de diferente tipo. Cuando dichas estructuras, que sirven, a su vez, de intermedias entre las distintas fuerzas, se encuentran sometidas a tracción (fuerzas en sentido opuesto), entonces estamos en presencia de las denominadas **fuerzas de tensión ( $\vec{T}$ )**. Por ejemplo, la cuerda que sostiene una lámpara colgante está sometida a una tensión, cuya magnitud es igual, en este caso, al peso de la lámpara.

### La tensión

Emmy Noether (1882-1935) fue una destacada matemática y física alemana. Albert Einstein la consideró como la mujer más importante en la historia de la matemática. En física, trabajó en las leyes de conservación, cuyos aportes permitieron resolver ciertos aspectos de la teoría general de la relatividad, que, entre otras cosas, describe cómo la **fuerza de gravedad** afecta el espacio-tiempo.



#### CIENTÍFICAS EN LA HISTORIA

¿Has intentado caminar alguna vez por una superficie recién encerada o cubierta por hielo, como una pista de patinaje? Si lo has hecho, sabrás que es muy difícil desplazarse sin resbalarse. Pero ¿de qué depende aquello? Para indagar acerca de esto, realicen la siguiente actividad:

### Actividad

#### ¿Por qué nos resbalamos al caminar sobre algunas superficies?

Habrá notado que al utilizar calzado con una suela muy lisa, están más propensos a resbalarse mientras caminan. Para averiguar acerca de los factores que determinan aquello, reúñanse en grupos de tres integrantes y consigan los siguientes materiales: un elástico, un bloque de madera y una tabla de 10 cm x 30 cm, un poco de cera o pasta de zapatos y un cárcamo. Luego, lean el procedimiento que se detalla a continuación:

1. Atornillen el cárcamo al bloque de madera y amarrénen el elástico. Luego, sitúen el bloque sobre la tabla y tiren de él usando el elástico (ver imagen). Observen cuánto se estira el elástico antes de que el bloque se ponga en movimiento.
2. Repitan el procedimiento pero, esta vez, lubriquen las superficies en contacto y luego píllanlas. Observen cuánto se estira el elástico en ese caso.

Antes de seguir, respondan las siguientes preguntas:

- a. ¿Qué conceptos piensan que están involucrados en la actividad?
- b. A partir de la descripción anterior, ¿qué creen que sucederá en cada uno de los casos?

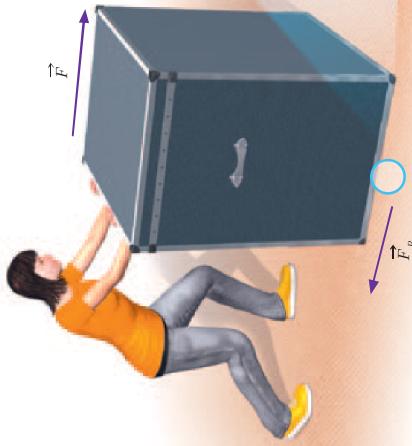


**Objetivo**  
Analizar los factores que influyen en el deslizamiento de los cuerpos.

**Atitudo**  
Mostrar interés y curiosidad por el conocimiento.

**Tiempo**  
30 minutos.

**Habilidades**  
Observar y explicar.



→ Habitualmente, las rugosidades o imperfecciones presentes en cada una de las superficies no son visibles, por lo que el contacto se produce entre irregularidades casi microscópicas.

### ¡Importante!

La fuerza de roce no depende del área de contacto entre el cuerpo y la superficie de apoyo.

Cuando se intenta deslizar un mueble o una caja sobre una superficie horizontal, como muestra la imagen, es necesario ir aumentando paulatinamente la fuerza que se ejerce sobre el cuerpo hasta lograr que este se mueva. Esto nos indica que la fuerza de roce, antes de que el objeto comience a deslizarse, también va aumentando (a la par con la fuerza aplicada). Finalmente, llega un punto en el que la fuerza aplicada es lo suficientemente grande como para vencer al roce y lograr que el cuerpo se ponga en movimiento. En ese momento, el módulo de la fuerza de roce es máximo y puede modelarse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Fuerza de roce} \rightarrow F_{Rc} = \mu_e \cdot N \quad \begin{matrix} \text{Fuerza normal} \\ \text{en newton (N)} \end{matrix}$$

Coefficiente de roce estático (sin unidad)

A la expresión anterior se la llama **fuerza de roce estático**. El valor de la fuerza de roce depende exclusivamente del tipo de superficies que se encuentran en contacto. Una vez que se pone en movimiento, la fuerza de roce disminuye drásticamente y se mantiene más o menos constante. A la fuerza de roce, en este momento, se le conoce como **fuerza de roce cinético** y su módulo es similar a la expresión anterior:

$$\text{Fuerza de roce} \rightarrow F_{Rc} = \mu_c \cdot N \quad \begin{matrix} \text{Fuerza normal} \\ \text{en newton (N)} \end{matrix}$$

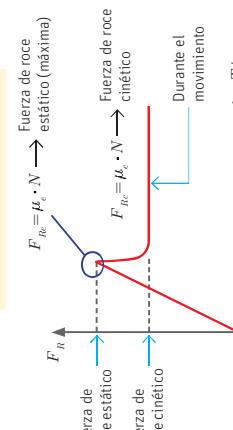
Coefficiente de roce cinético



↑ Si no existiera la fuerza de roce, sería prácticamente imposible que pudiésemos caminar, correr, viajar en bicicleta o en automóvil, pues esta permite que nuestros pies (o las ruedas de un vehículo) se "adhirieran" al suelo.

Seguramente, en la actividad anterior se dieron cuenta de que al pulir la superficie, resultó más fácil deslizar un cuerpo sobre ella. Esto sucede porque disminuyen las imperfecciones presentes en la superficie. Son precisamente dichas imperfecciones las que ejercen una fuerza sobre los cuerpos, paralela a la superficie y que se opone a los cambios en su estado de movimiento, denominada **fuerza de roce, de rozamiento o de fricción ( $\vec{F}_r$ )**. La fuerza de roce se manifiesta, también, cuando empujamos un objeto, como una caja o un mueble, y experimentamos una resistencia a la fuerza que ejercemos.

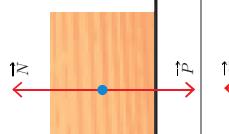
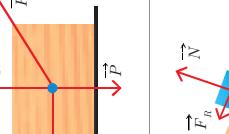
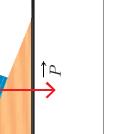
Variación de la fuerza de roce



De las características de las fuerzas de roce, estático y cinético, es posible inferir que el coeficiente de roce cinético es menor que el roce estático máximo ( $\mu_c > \mu_e$ ). Si la superficie por donde se desliza el cuerpo es horizontal y, solo en este caso, la normal  $N = m \cdot g$ .

## El diagrama de cuerpo libre

Cuando sobre un cuerpo o sistema actúan varias fuerzas, un modelo que resulta útil para estudiar la situación es el **diagrama de cuerpo libre**. Este corresponde a una simplificación esquemática que permite analizar solo los datos necesarios y omitir aquellos que no lo sean. Independiente de la forma del o los objetos en estudio, las fuerzas se trasladan al centro de masa del sistema (lugar geométrico donde actúa la fuerza neta). A continuación, se presentan diagramas de cuerpo libre de algunas situaciones:

Situación	Diagrama de cuerpo libre asociado
Caja en reposo sobre una superficie horizontal.	
Caja traccionada por una fuerza aplicada en una dirección oblicua.	
Bloque inmóvil sobre un plano inclinado.	

## ¿De qué manera podemos medir una fuerza?

### PROYECTO

Construir un dispositivo que permita medir, de manera confiable, diferentes tipos de fuerza.

Incentivar el trabajo colaborativo y el compromiso para llevar a cabo una tarea.

Investigar y ser riguroso al analizar información.

- Investiguen en distintas fuentes de información diferentes dispositivos empleados para medir fuerza. Utilicen los conocimientos adquiridos en la unidad como base para realizar su proyecto.
- Para llevar a cabo todas las etapas del proyecto, revisen el anexo que se encuentra en la página 239 de su texto.
- No olviden recurrir a los docentes de sus distintas asignaturas, en especial a los de tecnología, para que los apoyen en la elaboración de este desafío.

Se proponen dos semanas para ejecutar el proyecto.

Pista: ¿Qué propiedad de los resortes te puede ayudar a medir fuerzas?

**LAS TIC**  
Investiguen si existen aplicaciones o programas computacionales que les sirvan como herramienta tanto en la calibración de su instrumento, como en la presentación de su proyecto.



### Representa

Mediante un diagrama de cuerpo libre, dibuja en tu cuaderno las fuerzas que actúan en la situación representada en la imagen.



**Aplica**  
Fernando desea mover una caja de 40 kg de masa sobre una superficie horizontal. Si el coeficiente de rozamiento estático máximo entre la caja y el piso es 0,34, ¿qué fuerza debe aplicar para que esta se ponga en movimiento?

### Desafío

Finalmente, la fuerza neta sobre la caja tiene un módulo de 14,16 N, cuya dirección y sentido coinciden con la de la fuerza aplicada por Alejandro.



## Los principios de Newton

En 1687, el físico y matemático inglés Isaac Newton formuló tres principios fundamentales de la dinámica (la rama de la física que estudia el movimiento de los cuerpos en relación con las fuerzas que lo modifican). La importancia de estos principios es tal, que a partir de ellos se pudo explicar un sinfín de fenómenos: desde el movimiento de los cuerpos presentes en nuestro entorno, el de los planetas y satélites y hasta el de las partículas subatómicas.

### Actividad

**Objetivo**

Observar la tendencia de los cuerpos a mantener su estado de movimiento.

**Habilidades**

Observar y explicar.

**Actitud**

Usar las tecnologías de la comunicación para favorecer explicaciones científicas.


**Tiempo**

30 minutos.

### Observando el estado de movimiento de un cuerpo

¿Te ha sucedido en alguna ocasión que vas dentro de un vehículo y, si este freno repentinamente, te sientes impulsado(a) hacia adelante? De manera similar, si el vehículo se comienza a mover, percibes un empujeón hacia atrás. Para indagar acerca de este fenómeno reunáñase en grupos de tres integrantes. Después, lean el siguiente procedimiento:

1. Consigan un vaso, una moneda y un naípe. Ubiquen el naípe sobre el vaso, y sobre este último la moneda.
2. Con los dedos, apliquen un golpe "brusco" sobre el naípe, tal como se representa en la imagen inferior. Observen lo que sucede con la moneda.
3. Empleando sus celulares, graben un video de la experiencia y compártanlo con el resto de su curso, a través de las diferentes redes sociales.

Antes de realizar el procedimiento, respondan:

- a. ¿Qué conceptos ya estudiados están presentes en la actividad?
  - b. ¿Qué esperan que le suceda a la moneda al golpear el naípe? Expliquen.
- Realicen el procedimiento descrito. Luego, respondan:
- a. ¿Sucedió aquello que esperaban? ¿Cómo explicarían el fenómeno observado?
  - b. A partir de lo observado y analizado en la actividad, ¿qué otros fenómenos cotidianos pueden explicar?



## Primer principio o principio de inercia

En la actividad anterior, pudiste observar cómo la moneda se mantuvo en reposo, pese al movimiento del naípe. Esto da cuenta de la tendencia de los cuerpos a mantener su estado (de reposo o movimiento).

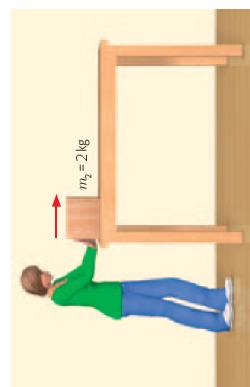
A partir de sus observaciones, Newton evidenció que esta tendencia era inherente al movimiento de los cuerpos; debido a ello propuso lo siguiente:

Un cuerpo permanecerá en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme si no actúa ninguna fuerza sobre él o si la resultante de las fuerzas que actúan es nula.

Lo anterior es conocido como **principio de inercia**. Es importante aclarar que la masa de un cuerpo es una medida de su inercia, ya que mientras mayor sea su masa, más fuerza necesita para modificar su estado de movimiento.

## Segundo principio o principio de las masas

El primer principio de Newton nos dice qué le sucede a un sistema si sobre él no actúa ninguna fuerza, o bien, si la fuerza resultante es nula. Sin embargo, ¿qué le ocurriría al sistema cuando sobre él actúe una fuerza neta distinta de cero? Para responder esta pregunta, imaginemos la siguiente situación: una persona ejerce fuerzas de igual magnitud sobre dos bloques del mismo material y que se encuentran sobre superficies similares, tal como se representa en la imagen:



Claramente, al aplicar un impulso similar sobre ambos bloques, el de menor masa acelerará más y, por lo tanto, recorrerá una distancia mayor. Newton observó que el efecto de una fuerza depende de las características del cuerpo sobre el cual se ejerce, en particular de su masa. El **segundo principio de Newton**, también conocido como **principio de las masas**, se enuncia de la siguiente manera:

### ¿Qué opinas de esto?

El funcionamiento del cinturón de seguridad puede ser explicado mediante los principios de Newton. Cuando un automóvil donde viajamos se detiene bruscamente, nuestro cuerpo tiende a seguir en movimiento, a la misma velocidad que tenía el vehículo (principio de inercia). El cinturón de seguridad evita que salgamos expulsados en la misma dirección y sentido con los que viajaba el automóvil. Además, permite que la desaceleración que experimentamos se produzca en un intervalo de tiempo mayor, lo que disminuye las posibles lesiones en caso de un choque. Debate con tus compañeros sobre la importancia de usar cinturón de seguridad al viajar dentro de un vehículo.

A partir de la ecuación anterior, podemos entender que un newton (1 N) es la fuerza que, al actuar sobre 1 kg de masa, es capaz de imprimirlle una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$ . Para comprender el segundo principio de Newton, supongamos que, en el ejemplo dado al inicio de la página, la fuerza aplicada por la persona tiene una magnitud de 40 N, entonces, si se desprecia el roce, el módulo de la aceleración que adquirirá cada bloque será:

$$a = \frac{F_{\text{neto}}}{m_1} = \frac{40 \text{ N}}{20 \text{ kg}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad ; \quad a = \frac{F_{\text{neto}}}{m_2} = \frac{40 \text{ N}}{2 \text{ kg}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Por lo tanto, bajo la misma fuerza, la aceleración del bloque de menor masa será diez veces mayor que la del bloque de mayor masa. A partir del segundo principio de Newton, podemos dar sentido a las expresiones matemáticas que representan el peso y la fuerza de roce.



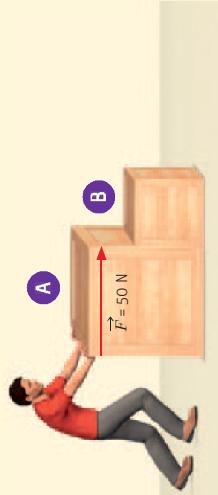
Al estar dentro de una micro que se pone en marcha, los pasajeros experimentan un impulso hacia atrás. Esto sucede debido a la tendencia a que tienen los cuerpos a mantener su estado de movimiento, ya sea que se encuentren en reposo o que se muevan.

## Aprendiendo a aplicar modelos

### Aplicando el segundo principio de Newton

#### Situación problema

Patricio ejerce una fuerza de 50 N sobre un sistema compuesto por dos cajas, A y B, de masas 8 kg y 2 kg, respectivamente. ¿Cuál es la aceleración del sistema? ¿Cuál es el valor de la fuerza que actúa sobre la caja A? ¿Cuál sobre la caja B? (Suponer que no hay roce).



**Habilidad**  
Seleccionar las expresiones que permiten resolver un problema.

**Actitud**  
Valorar la importancia de las expresiones matemáticas en la descripción de los fenómenos.

#### Paso 1

Para determinar la aceleración del sistema, debemos considerar la masa total y aplicar la expresión que da cuenta del segundo principio de Newton:

$$F_{\text{neto}} = m \cdot a$$

La aceleración de cada caja es la misma que la del sistema. Sin embargo, la fuerza que actúa sobre cada una de ellas es distinta. Para determinar esta última, se debe conocer la aceleración y la masa de cada una de las cajas.

#### Paso 2

Masa caja A:  $m_A = 8 \text{ kg}$ ; masa caja B:  $m_B = 2 \text{ kg}$ ; módulo de la fuerza:  $F = 50 \text{ N}$ .

#### Paso 3

Utiliza modelos

En primer lugar, determinaremos el módulo de la aceleración del sistema mediante la siguiente expresión:

$$F_{\text{neto}} = m \cdot a$$

Considerando que el valor de la masa del sistema es  $m = m_A + m_B$ , resulta:

$$F_{\text{neto}} = (m_A + m_B) \cdot a$$

Despejando la aceleración, se obtiene:

$$a = \frac{F_{\text{neto}}}{m_A + m_B}$$

Al reemplazar los datos en la expresión anterior, resulta:

$$a = \frac{50 \text{ N}}{8 \text{ kg} + 2 \text{ kg}} = \frac{50 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{10 \text{ kg}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Luego, para determinar el módulo de la fuerza que actúa sobre la caja A, nuevamente empleamos la segunda ley de Newton.

$$F_A = m_A \cdot a$$

Reemplazando los valores, se obtiene:

$$F_A = (8 \text{ kg}) \cdot (5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

Para calcular el módulo de la fuerza sobre la caja B, realizamos un procedimiento similar al anterior.

$$F_B = m_B \cdot a$$

$$F_A = (2 \text{ kg}) \cdot (5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$F_A = 10 \text{ N}$$

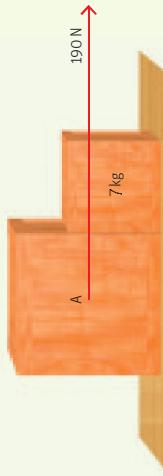
#### Paso 4

#### Comunica los resultados

#### Desafío

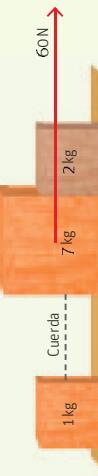
#### Cálculo

El módulo de la aceleración que experimenta el sistema formado por ambas cajas es  $5 \text{ m/s}^2$ . La magnitud de la fuerza que actúa sobre la caja A es de 40 N y la que actúa sobre la caja B es de 10 N.



#### Aplica

1. Jimena aplica una fuerza de 190 N sobre un sistema formado por dos cajas, que produce que este se mueva con una aceleración de módulo  $9,5 \text{ m/s}^2$ . Determina la masa de la caja A y la fuerza que actúa sobre cada una de las cajas (suponer que no hay roce).



Considerando que la masa de la cuerda y la fuerza de roce son despreciables, determina:

a. La aceleración que adquiere el sistema.

b. La fuerza que actúa sobre cada uno de los bloques.

c. La magnitud de la tensión de la cuerda.

## El tercer principio de Newton o principio de acción y reacción

Cada vez que te apoyas sobre una mesa o un muro, ejieres una fuerza. Sin embargo, la superficie sobre la que te apoyas también ejerce una fuerza sobre ti. Newton planteó que las fuerzas siempre se presentan de a pares, es decir, nunca una fuerza se ejerce sobre "la nada". En la naturaleza, toda fuerza o acción va acompañada de su correspondiente reacción. Esta afirmación se recoge en el **tercer principio de Newton** o **principio de acción y reacción**, que plantea lo siguiente:

Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B, entonces, este último ejercerá una fuerza de igual magnitud sobre A, pero en sentido opuesto.

Lo anterior se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Fuerza ejercida por A sobre B} \rightarrow \vec{F}_{A-B} = -\vec{F}_{B-A}$$

El signo menos ( $-$ ) indica que el sentido de una fuerza es opuesto al de la otra. Se dice que estas fuerzas forman un **par acción-reacción**, las que actúan siempre de forma simultánea y nunca se anulan, ya que se ejercen sobre cuerpos distintos.

## Ciencia, tecnología y sociedad Principios de Newton en el espacio

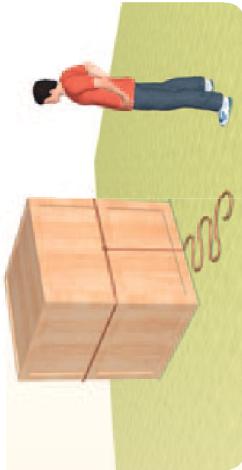
Cada vez que se realizan maniobras en el espacio, se ponen en evidencia los principios de Newton. Por ejemplo, un leve empujón a una herramienta produciría que ésta se movería de forma perpetua, solo pudiendo ser desviada o detenida por otro cuerpo. En este hecho se pone de manifiesto el principio de **inercia**.

Para que un astronauta pueda salir de uno de los módulos de la estación espacial, bastaría que ejerza una pequeña fuerza con sus brazos en dirección de la escotilla; debido a ello, esta ejercerá una fuerza sobre él, de igual módulo, pero en sentido contrario (principio de acción y reacción). Dado que cualquier movimiento realizado en el espacio puede ser fatal, los astronautas e ingenieros deben tener presente todas las leyes de la mecánica al realizar maniobras o diseñar implementos que serán utilizados en el espacio.

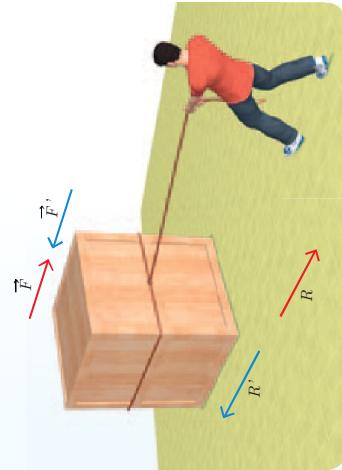
↑ Astronauta realizando maniobras fuera de la Estación Espacial Internacional.  
¿Piensas que habría sido posible el desarrollo tecnológico actual sin que se hubiera desarrollado la física? Argumenta.

## Los principios de Newton actuando en conjunto

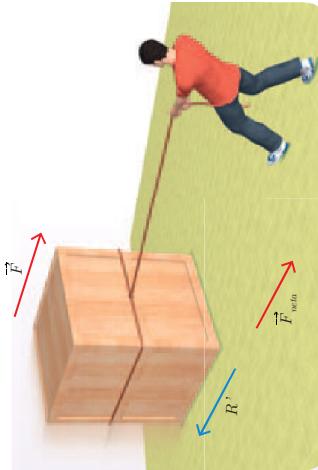
Aunque se podría pensar que cada uno de los principios responde a una situación en particular, en la realidad estas están presentes simultáneamente en cualquier fenómeno que involucre la acción de fuerzas. Para constatar este hecho, analicemos el siguiente ejemplo.



Inicialmente, dado que no se ha ejercido una fuerza sobre el cuerpo, la fuerza de rozamiento es nula. Así es evidente el **primer principio de Newton** en acción: la fuerza neta sobre el cuerpo es nula, por lo que este se mantiene en reposo.



La fuerza de rozamiento irá aumentando conforme la fuerza aplicada aumente, pero el cuerpo se mantendrá en reposo mientras ésta sea menor que la fuerza de rozamiento máximo. En este caso, es posible identificar cómo se van generando los pares de fuerzas descritos por el **tercer principio de Newton**: la persona tira de la caja y la caja "tira" de ella con la misma intensidad. Además, dado que la fuerza se transmite a través del cuerpo, se genera otro par de acción y reacción en la interfaz del cuerpo y la superficie de apoyo: el cuerpo empuja la superficie hacia adelante, y la superficie "empuja" el cuerpo hacia atrás (esta es la fuerza de rozamiento). El **primer principio de Newton** permite explicar el reposo del cuerpo: las fuerzas que actúan sobre el cuerpo ( $F$  y  $R'$ ) se equilibran, por lo que la fuerza neta sobre el cuerpo es nula. Es importante aclarar que el que la fuerza neta sea nula no implica que el cuerpo esté en reposo.



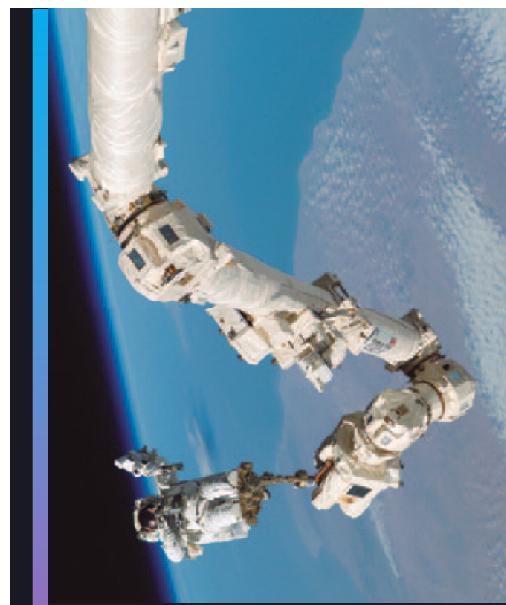
Una vez que la fuerza aplicada supera el valor máximo de la fuerza de rozamiento estático, se genera una fuerza neta no nula, puesto que el roce del bloque con el suelo ya no puede equiparar en magnitud a la fuerza ejercida por la persona. El **segundo principio de Newton** plantea que la existencia de una fuerza neta implica que el cuerpo adquiere una aceleración en el mismo sentido de ésta fuerza, la que puede ser determinada conociendo la magnitud de la fuerza neta y la masa del cuerpo. Por lo tanto, el cuerpo sale del reposo. Los pares de acción-reacción siguen existiendo, pero en este caso, a diferencia del caso equilibrado anterior, las magnitudes de  $F$  y  $R'$  son distintas a las de  $R$  y  $R$ . Es importante mencionar que el sentido de la fuerza no necesariamente corresponde al del movimiento.

### Sintetiza

Empleando los principales conceptos de la lección, como fuerza, tipos de fuerzas y los principios de Newton, elabora un mapa conceptual en el que se aprecie cómo se relacionan entre sí.



↑ Cada remo ejerce una fuerza sobre el agua (hacia atrás). Como reacción, el agua empuja al remo hacia adelante, provocando que el bote se mueva.



↑ Astronauta realizando maniobras fuera de la Estación Espacial Internacional.

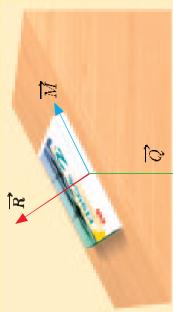
## INTEGRA TUS NUEVOS APRENDIZAJES

Para que sepas cómo va tu proceso de aprendizaje, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

### Aprendiendo a responder

Analiza la siguiente pregunta modelada.

Alejandra dejó su libro de física sobre una superficie inclinada y nota que este se queda inmóvil. Luego, elabora un diagrama de cuerpo libre de la situación, nombrando cada una de las fuerzas como  $\vec{R}$ ,  $\vec{Q}$  y  $\vec{M}$ , respectivamente, tal como se representa en la siguiente imagen:



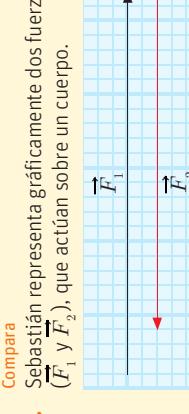
¿A qué fuerzas corresponde cada una de ellas?

### Ahora tú

- Representa**
- Verónica arrastra una caja sobre una superficie horizontal, tal como se muestra en la siguiente imagen.



- A partir de lo anterior, realiza un diagrama de cuerpo libre, considerando las fuerzas que actúan sobre la caja. Señala a qué fuerza corresponde cada una.



¿Qué elemento(s) de los vectores asociados a dichas fuerzas es (son) igual(es)?

- Analiza**
- Sobre el suelo se ubica un mueble de madera de 3 kg de masa y sobre él una planta, cuya masa es de 2 kg.



**Explica**

¿Cuál es la magnitud de la fuerza normal ejercida por el piso sobre el mueble y el valor de la fuerza normal ejercida sobre la planta por el mueble?

- Explíca**
- Isabel aplica una fuerza (horizontal) de módulo 250 N sobre una caja de 80 kg de masa que está en reposo sobre una superficie, tal como se representa en la imagen.



Determina si la caja se moverá o permanecerá en reposo y calcula la fuerza de rozamiento  $\mu_e = 0,35$  y  $\mu_c = 0,25$ .



Revisa tus respuestas en el solucionario Y, según los resultados que hayas obtenido, marca con  el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda de tu profesor o profesora.

Indicador	Ítems	Habilidades	Nivel de desempeño
Reconocer los elementos asociados a la representación de una fuerza.	1 y 2	Representar y comparar.	L: dos ítems correctos. ML: un ítem correcto. PL: ninguno ítem correcto.
Aplicar las leyes de Newton en el análisis y la resolución de problemas propuestos.	3 a 6	Aplicar, explicar, clasificar y analizar.	L: cuatro o tres ítems correctos. ML: dos ítems correctos. PL: uno o ningún ítem correcto.

- L** = Logrado; **ML** = Medianamente logrado; **PL** = Por lograr
- Hasta el momento, ¿qué concepto(s) y/o habilidad(es) • ¿Han sido efectivos tus métodos de estudio? Prete ha(n) resultado más fácil(es) de trabajar? gúntalo a tus compañeros qué métodos emplean.
  - ¿Has podido cumplir con las metas que te propones al inicio? De no ser así, ¿a qué lo atribuyes? • ¿Cuál(es) de las actitudes trabajadas en las distintas actividades de la lección debes mejorar?

A continuación, se presenta una síntesis con las nociones esenciales, las habilidades y actitudes desarrolladas a lo largo de la unidad.

### Nociones esenciales

#### Lección 1: ¿Cómo se describen los movimientos?



Se describe mediante un:

Sus parámetros son:

Las leyes fundamentales que las rigen son:

#### Sistema de referencia

Permite describir el movimiento (o los cambios en él) de un cuerpo. Para esto, un sistema de referencia requiere de un sistema coordenado.

La **posición**: indica la localización de un cuerpo respecto de un punto de referencia.

El **desplazamiento**: corresponde al cambio de posición de un cuerpo.

La **distancia**: es la longitud de la trayectoria recorrida por un cuerpo en su movimiento.

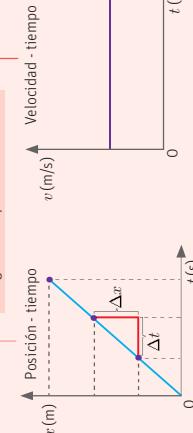
La **rapidez**: corresponde a la distancia recorrida por unidad de tiempo.

La **velocidad**: es el desplazamiento por unidad de tiempo.

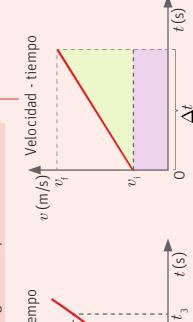
#### Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

Si la velocidad es constante.

Sus gráficos representativos son:



Sus gráficos representativos son:



#### Lección 2: ¿Cómo se generan los movimientos?



#### Fuerza



Es una interacción o una acción mutua entre dos cuerpos.

Las leyes fundamentales que las rigen son:

Sus principales efectos son:

Algunas fuerzas presentes en nuestro entorno son:

Estas son:

#### Las leyes de Newton

Primeras son:

**Primera ley**: Un cuerpo permanecerá en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme si no actúa ninguna fuerza sobre él, o si la resultante de las fuerzas que actúan es nula.

#### Segunda ley

Si sobre un cuerpo actúa una fuerza neta distinta de cero, este adquirirá una aceleración directamente proporcional a la fuerza aplicada, donde la masa del cuerpo es la constante de proporcionalidad.

#### Tercera ley

Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B, entonces, este último ejercerá una fuerza de igual magnitud sobre A, pero en sentido opuesto.

#### Cambios en la forma de los cuerpos:

Estos pueden ser permanentes o no permanentes.

#### Cambios en el estado de movimiento de los cuerpos:

Estos pueden ser sobre la dirección, el sentido o la rapidez en el movimiento de un cuerpo.

#### La tensión:

Es una fuerza

que se transmite por cables estructurados.

#### El roce por deslizamiento:

Fuerza que se origina por las imperfecciones de una super-

ficie y un cuerpo en contacto

con ella. Dicha fuerza es pa-

ralela a la superficie.

### Habilidades y actitudes

#### Lección 1

#### Habilidad

Describir investigaciones científicas clásicas o contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel.

#### Actitud

Mostrar responsabilidad y cumplimiento.

#### Lección 2

#### Habilidad

Organizar e interpretar datos y formular explicaciones.

#### Actitud

Mostrar interés, curiosidad, rigor y perseverancia.

### Sintetiza

Para conocer otras formas de organizar y relacionar las nociones esenciales, revisa la página 238 del anexo, y completa el siguiente organizador.



Este cuadro sugerido es solo referencial; puedes modificarlo añadiendo todas las ramas que consideres pertinentes.

Para que sepas cómo se han integrado tus conocimientos y habilidades, te invitamos a realizar las siguientes actividades.

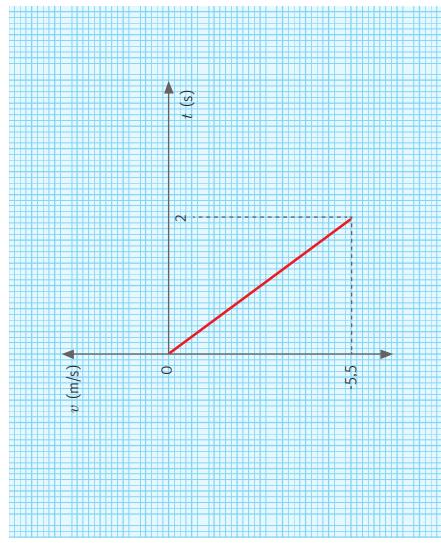
### Desarrolla tus conocimientos y habilidades

Lee y analiza la situación experimental. Luego, desarrolla los procedimientos (1 al 4) que se presentan a continuación.

Para profundizar los conceptos estudiados en clases de Física, Loreto y Maximiliano decidieron analizar el movimiento de un cuerpo que se desliza por un plano inclinado, tal como se representa en la siguiente imagen:



**2. Analiza** Considerando que la velocidad del bloque varía según el siguiente gráfico:



Responde:

- a. ¿Por qué la pendiente de la recta es negativa?
- b. ¿Cómo debería ser el gráfico aceleración-tiempo? Haz un bosquejo.

### 3. Aplica

- a. ¿Cuál es el módulo de la aceleración del bloque?
- b. Considerando la segunda ley de Newton, ¿cuál es el módulo de la fuerza neta que actúa sobre el bloque?
- c. Considerando los valores del gráfico, ¿qué distancia recorre el bloque entre los 0 y los 2 s?

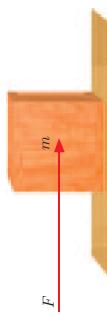
### 4. Evalúa

- a. ¿Qué variable(s) debería(n) modificar Loreto y Maximiliano para que el blo- que se mantuviese inmóvil? Explica.
- b. ¿Cómo piensas que se podría determinar, a partir de la experiencia realizada por Loreto y Maximiliano, el coeficiente de rozamiento entre el bloque y la superficie de madera? Propón un diseño experimental.
- c. Si se utilizará un bloque del mismo material pero de mayor masa, ¿qué variable(s) se vería(n) afectada(s) al realizar nuevamente el experimento?

### 1. Explica

- a. ¿Qué tipo de movimiento experimenta el bloque?
- b. Menciona aquellos conceptos estudiados en la unidad y que se encuentran asociados a la experiencia realizada por Loreto y Maximiliano.
- c. ¿Qué fuerza favorece el movimiento del bloque? ¿cuál se opone?
- d. Sobre el siguiente esquema, realiza un diagrama de cuerpo libre de la situación.

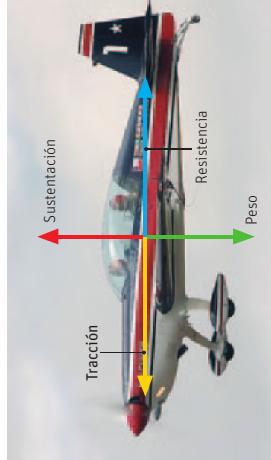




- Analiza**
8. Cuando Emilia aplica una fuerza  $F$  sobre una caja de masa  $m$ , ésta se mueve con una aceleración  $a$ . ¿Qué ocurriría con la aceleración, si Emilia duplica la fuerza ejercida sobre la caja? (Despreciar el roce).



- Aplica**
9. Un cañón de 400 kg, dispuesto en una superficie horizontal, dispara una bala de 20 kg, imprimiéndole una aceleración de  $30 \text{ m/s}^2$ , tal como se representa en la imagen. ¿Qué aceleración adquiere el cañón debido a la fuerza ejercida por la bala? Supón que el roce entre las ruedas del cañón y el suelo es despreciable.



- Identifica**
10. En la imagen, se muestran las fuerzas que actúan sobre un avión de la escuadrilla de alta acrobacia "los halcones de la FACH", mientras vuela. Si la altura y la velocidad del avión se mantienen constantes, ¿cuál de las siguientes opciones es correcta, respecto de las fuerzas que actúan sobre el avión?
- A. Tracción = Resistencia; Sustentación = Peso.  
 B. Tracción + Resistencia = Sustentación + Peso.  
 C. Resistencia = Sustentación; Tracción = Peso.  
 D. Resistencia + Sustentación + Tracción = Peso.  
 E. Sustentación - Peso = Tracción + Resistencia.

### Para cerrar

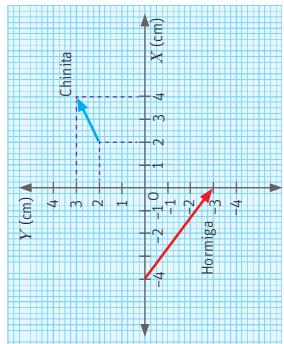
Revisa tus respuestas en el solucionario Y, según los resultados que hayas obtenido, marca con **✓** el nivel de desempeño correspondiente. Pídele ayuda a tu profesor o profesora.

Indicador	Items	Habilidades	Nivel de desempeño
Identifiqué los parámetros asociados al movimiento y apliqué las relaciones matemáticas que lo describen.	1a, 1b, 2, 3a, 3c, 5 y 6	Explicar, analizar y aplicar.	L: siete o seis ítems correctos. ML: cinco o cuatro ítems correctos. PL: tres o menos ítems correctos.
Reconocí los distintos tipos de fuerza y apliqué las leyes de Newton en la resolución de diferentes problemas.	1c, 1d, 3b, 4, 7, 8, 9 y 10	Explicar, aplicar, evaluar, analizar e identificar.	L: ocho o siete ítems correctos. ML: seis a cuatro ítems correctos. PL: tres o menos ítems correctos.

- L = Logrado; ML = Medianamente logrado; PL = Por lograr
- ¿Qué conceptos estudiados en la unidad te gustaría profundizar?, ¿por qué?
  - ¿Crees que fue efectiva la planificación que realizaste en el inicio? Explica.
  - ¿Pudiste cumplir con las metas que te propusiste al inicio de la unidad? De no ser así, ¿a qué lo atribuyes?
  - ¿Cuál(es) de las actitudes trabajadas en las distintas actividades de la lección debes fortalecer?

### Pon a prueba tus conocimientos y habilidades

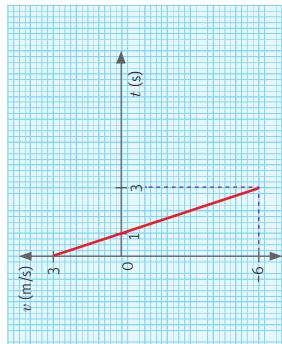
- Aplica**
5. Fernanda establece un sistema de referencia bidimensional, empleando una piedra en reposo como punto de referencia (0 cm, 0 cm). Luego, sitúa dos insectos, una hormiga y una chininita, en las posiciones (2 cm, 2 cm) y (-4 cm, 0 cm), respectivamente. Posteriormente, observa el movimiento de ambos durante un minuto, trazando una flecha que represente el desplazamiento de cada uno, tal como en el siguiente gráfico.



¿Cuáles es la magnitud del desplazamiento de la chininita y de la hormiga, respectivamente?

**Analiza**

6. Un astronauta que se encuentra parado en un acantilado de un satélite natural lanza verticalmente hacia arriba un objeto. El gráfico de dicho movimiento se representa a continuación:



A partir de la información contenida en el gráfico, responde:

- a. ¿Qué rapidez le imprimió el astronauta al objeto?

- b. ¿En qué instante el objeto alcanzó la altura máxima?

- c. ¿Qué distancia recorrió el objeto en los 3 s?

- d. ¿Cuál fue el desplazamiento del objeto durante los 3 s?

**Aplica**

7. Cuando Susana se encuentra sobre una patineta, inicialmente en reposo, ejerce una fuerza de 700 N sobre un muro. Como resultado, adquiere un movimiento hacia atrás. Si la masa conjunta de Susana y su patineta es 73 kg, y la fuerza de roce estático máximo en este caso es 38 N, ¿cuál es la aceleración que experimentó al empujar el muro?

# Material de apoyo Solucionario

## Unidad 1: FUERZA Y MOVIMIENTO

### Inicio de unidad (Página 11)

- Debido a que su posición respecto de un sistema de referencia (suelo) cambia en el transcurso del tiempo.
- La joven debe oponer una fuerza de igual magnitud pero en sentido contrario.
- Si, la fuerza de gravedad.

### Activas tus aprendizajes previos (Páginas 12 a 14)

### ¿Todo se mueve? (Página 12)

- Algunos conceptos relacionados con el movimiento que se mencionan en la lectura son: reposo, movimiento de rotación, movimiento de traslación y rapidez.
- Punto y sistemas de referencias y movimiento relativo.
- Debido a que la Tierra puede ser considerada (aproximadamente) un sistema inercial. Esto quiere decir que la magnitud de sus velocidades se mantiene casi constante.

### Auto a propulsión (Página 13)

- El auto se moverá en sentido contrario al movimiento del flujo de aire.
- Algunos conceptos involucrados en la experiencia descrita son fuerza, movimiento, aceleración y principio de acción y reacción.

### Cuerpo en caída (Página 13)

- Las fuerzas que actúan sobre cada uno de los cuerpos son el peso y la fuerza de roce con el aire.
- Para la primera situación, si el roce con el aire es despreciable, la fuerza total sobre la pelota es igual a su peso. En la segunda situación, dado que el paracaidista cae con velocidad constante, la fuerza total sobre él es cero.
- Cómo procesar la información de una tabla? (Página 14)
- Lo recomendable es graficar la información de la tabla mediante una dispersión de puntos. La variable independiente debe corresponder al tiempo y la dependiente a la rapidez.
- Para comparar los desempeños de dos ciclistas, se debe considerar quién de ellos alcanzó una mayor rapidez en un menor tiempo y, además, quién pudo mantener una rapidez más alta por tiempo más prolongado. Gráficamente esto se visualiza por lo pronunciado de la pendiente de la curva, descrita en cada caso.

## Lección 1: ¿CÓMO SE DESCRIBEN LOS MOVIMIENTOS?

### Me preparo para aprender (Página 16)

- Algunos conceptos requeridos para describir la ubicación de cada una de las personas son: punto de referencia, sistema de ejes coordinados, sistema de referencia y posición. Algunos conceptos asociados al movimiento son: desplazamiento, trayectoria, velocidad y rapidez.
- Catalina: (5 m, 1 m, 1 m); Esteban: (6 m, 4 m, 2 m); Paula: (7 m, 2 m, 3 m)
- Sí, pero para ello debería conocer las características del movimiento descrito por el estudiante.

### Desafío (Página 19)

- $\Delta\vec{r} = 6 \text{ m}; d = 6 \text{ m}$
- $\Delta\vec{r} = 0 \text{ m}; d = 12 \text{ m}$

## Análiza (Página 27)

Velocidad	Aceleración	Ejemplo
Positiva	Positiva	Cuando un vehículo viaja en línea recta, de izquierda a derecha y aumenta su velocidad.
Positiva	Negativa	Al lanzar un cuerpo hacia arriba (antes que alcance la altura máxima).
Negativa	Positiva	Un vehículo que se mueve en línea recta, de derecha a izquierda y aumenta su velocidad.
Negativa	Negativa	Un cuerpo que cae desde cierta altura.

## Desafío (Página 27)

$t = 3 \cdot 10^5 \approx 9.5 \text{ años}$

## Interpreta y aplica (Página 29)

- $a = 2 \text{ m/s}$
- $d = 15 \text{ m}$
- Al la aceleración.

- Una recta paralela al eje horizontal.
- La aceleración en la primera mitad del viaje es de  $0.006 \text{ m/s}^2$ . La aceleración en la segunda mitad del viaje es de igual magnitud, pero es una desaceleración. La distancia que recorre el transbordador es de  $5 \text{ km}$ .

## Taller de ciencias (Páginas 30 y 31)

### Análisis e interpretación de resultados

Nivel de desempeño	Actividad sugerida
Logrado	Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.
Mediamente logrado	Realiza nuevamente las actividades de las páginas 17, 21, 27, 33 y 35.
Por lograr	Revisa nuevamente las actividades de las páginas 17, 19, 21, 23, 27, 29, 33 y 35.
	C. Distancia recorrida: $1000 \text{ m}$ .

- b.  $v_i = 31.3 \text{ m/s}$

- La segunda afirmación que hace Juan es incorrecta. La afirmación correcta es que la velocidad es una magnitud vectorial y que la rapidez es una magnitud escalar.
- $a = 1.5 \text{ m/s}^2$
- $\Delta\vec{r} = 282.8 \text{ m}; d = 400 \text{ m}$
- $v = 0.4 \text{ m/s}$
- $a = 0.4 \text{ m/s}^2$
- $a_i = 4 \text{ m/s}^2; a_2 = 0 \text{ m/s}^2; a_3 = -4 \text{ m/s}^2; a_4 = 0 \text{ m/s}^2$

## Lección 2: ¿CÓMO SE GENERAN LOS MOVIMIENTOS?

### Me preparo para aprender (Página 38)

- Algunos conceptos presentes en la experiencia realizada por Sofía son: fuerza, deformación, elasticidad, deformación permanente y deformación momentánea.
- Otro efecto que producen las fuerzas son los cambios en el estado de movimiento de los cuerpos.

### Analiza y aplica (Página 41)

- En el segundo caso, la mesa se moverá más y en el primer caso se moverá menos. En el primer caso, la mesa no se moverá, en el segundo caso, la mesa se moverá hacia la derecha y en el tercer caso, la mesa se moverá en diagonal (en dirección a su vértice superior izquierdo).

### Actividad: ¿De qué depende la fuerza con que los cuerpos son atraidos a la Tierra? (Página 42)

- a. Lo esperable de la actividad es que el resorte se deforme al suspender masas de uno de sus extremos.

## Análiza (Página 27)

- c. La pendiente de la recta debería corresponder a la aceleración de gravedad. En el gráfico, la pendiente de la recta es  $10 \text{ m/s}^2$ .

## Taller de estrategias (Páginas 34 y 35)

- $v_f = 44 \text{ m/s}$
- $d = 160 \text{ m}; v_i = 8 \text{ m/s}$
- a. 1: MRUA; 2: MRUA; 3: MRU; 4: MRUA; 5: MRUA.
- $a_1 = 0.5 \text{ m/s}^2; a_2 = 1 \text{ m/s}^2; a_3 = 0 \text{ m/s}^2; a_4 = -1 \text{ m/s}^2; a_5 = -1 \text{ m/s}^2.$
- c. La distancia recorrida es de  $625 \text{ m}$ .

## Integratius nuevos aprendizajes (Páginas 36 y 37)

- Cristian debe emplear el siguiente modelo:  $v_f^2 = v_i^2 + 2a \cdot \Delta x$ . Al remplazar la variables correspondientes al lanzamiento vertical, el modelo resulta:  $v_f^2 = v_i^2 + 2g \cdot \Delta h$ . (Es importante recordar que, en este caso, la aceleración de gravedad es negativa).
- b.  $v_i = 31.3 \text{ m/s}$
2. La segunda afirmación que hace Juan es incorrecta. La afirmación correcta es que la velocidad es una magnitud vectorial y que la rapidez es una magnitud escalar.
3. a. 1: MRUA; 2: MRU; 3: MRUA; 4: MRUA; 5: MRUA.
- b. Rápidez =  $0.4 \text{ m/s}$ ; velocidad =  $0.31 \text{ m/s}$
4.  $v = 0.4 \text{ m/s}$
5. a. 1: MRUA; 2: MRU; 3: MRUA; 4: MRUA; 5: MRUA.
- b.  $a_1 = 4 \text{ m/s}^2; a_2 = 0 \text{ m/s}^2; a_3 = -4 \text{ m/s}^2; a_4 = 0 \text{ m/s}^2; a_5 = -4 \text{ m/s}^2.$

## Desafío (Página 27)

$t = 3 \cdot 10^5 \approx 9.5 \text{ años}$

## Interpreta y aplica (Página 29)

- a.  $2 \text{ m/s}$
- b.  $d = 15 \text{ m}$
- c. Al la aceleración.

- Una recta paralela al eje horizontal.
- La aceleración en la primera mitad del viaje es de  $0.006 \text{ m/s}^2$ . La aceleración en la segunda mitad del viaje es de igual magnitud, pero es una desaceleración. La distancia que recorre el transbordador es de  $5 \text{ km}$ .

## Taller de ciencias (Páginas 30 y 31)

### Análisis e interpretación de resultados

- a.

Tiempo: $t(\text{s})$	Tiempo al cuadrado: $t^2(\text{s})$	Posición: $x(\text{cm})$	$x/t^2 (\text{cm/s}^2)$
0	0	0	0
1	1	1	25
2	4	4	100
3	9	9	225
4	16	16	400
5	25	25	625

- b. El valor obtenido para  $x/t^2$  fue constante. Existe una proporcionalidad entre la posición y el cuadrado del tiempo.

### Conclusiones y evaluación

- Un modelo que relaciona estas variables puede ser:  $x = k \cdot t^2$ , donde  $k$  es una constante.
- La obtención de evidencias es una parte fundamental del proceso científico. A través de ellas se puede validar o rechazar una hipótesis y/o comprobar la validez de una ley o principio físico.
- Investigaciones de este tipo, permiten obtener modelos que dan cuenta de determinadas regularidades de la naturaleza. A su vez, estos modelos son la base que otros científicos emplean para desarrollar sus estudios, plantear principios, leyes o teorías.

### Analiza y interpreta (Página 33)

- a. Lo que se representa en el gráfico es un lanzamiento vertical hacia arriba. La recta corta al eje del tiempo cuando el cuerpo alcanza la altura máxima ( $v = 0$ ).

- b. El cuerpo alcanza la altura máxima y el módulo de su velocidad es cero.

- c. La velocidad es constante.

**Material de apoyo**

- b. La deformación que experimenta el resorte es proporcional a la magnitud de la masa que se suspende de él (esto es si se cumple la ley de Hooke).
- c. Sobre el sistema masa-resorte actúan el peso y la fuerza restauradora del resorte.

**Actividad: ¿Por qué nos resbalamos al caminar sobre algunas superficies? (Página 44)**

- d. Algunos conceptos que están involucrados en la actividad son: fuerza, movimiento, elasticidad y fricción. Una predicción para la experiencia es que un bloque se deslizará más fácilmente sobre la superficie que se encuentra pulida.

**Preguntas finales del procedimiento**

- a. El bloque se deslizó más fácilmente sobre la superficie que se encontraba lubricada.
- b. Al intentar deslizar el bloque sobre la superficie sin pulir, éste se evidió en el hecho de que elástico se estiró más antes de que el bloque se pusiera en movimiento.
- c. Al pulir la superficie, muchas de sus irregularidades disminuyeron, y con ello, opuso menos resistencia.
- d. Debido a las irregularidades que presenta una superficie, es posible entender por qué al caminar sobre un piso recién encerado, nuestros pies se resbalan, o, por qué es más fácil subir una pendiente cuya superficie es de roca o cemento.

**Representa (Página 46)****Taller de estrategias (Página 47)****Desafío**

$$F = 133.28 \text{ N}$$

**Actividad: Observando el estado de movimiento de un cuerpo (Página 48)****Antes de seguir**

- a. Algunos conceptos asociados a la actividad son: fuerza, roce, impulso e inercia.
- b. Dos respuestas probables a esta pregunta son:
- Que la moneda se quede en su lugar.
  - Que la moneda saiga disparada junto con el naipe.

**Preguntas finales del procedimiento**

- a. En la actividad, se debería observar que la moneda queda en su lugar y cae dentro del vaso. Esto sucede debido a su tendencia a mantener su estado de movimiento, reposo en este caso.
- b. Por ejemplo, cuando estamos dentro de un automóvil y este inicia la marcha de forma repentina, experimentaremos un empujón hacia atrás.

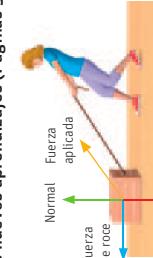
**Taller de estrategias (Página 50 y 51)****Desafío**

$$1. m_A = 13 \text{ kg}; F_A = 123.5 \text{ N}; F_B = 66.5 \text{ N}.$$

$$2. a = 6 \text{ m/s}^2$$

- b. Bloque 1:  $F = 6 \text{ N}$ ; bloque 2:  $F = 42 \text{ N}$ ; bloque 3:  $F = 12 \text{ N}$ .

$$c. \text{Tensión de la cuerda} = 6 \text{ N}.$$

**Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 56 y 57)**

1. Normal  
Fuerza aplicada  
Peso  
Fuerza de roce

2. Solo la dirección.

3.  $2.5 \text{ m/s}^2$

4.  $6.76 \text{ N/m}^2$

5. Aproximadamente 50 y 20 N, respectivamente.

6. La caja no se moverá, debido a que la fuerza de roce estático es mayor que la fuerza aplicada. En este caso, la fuerza de roce estático es 274.4 N (fuerza que nunca llega a actuar).

**Consolidá tus aprendizajes (Páginas 62 a 65)****Nivel de desempeño****Actividad sugerida**

- Logrado Realiza las actividades que te indicará tu profesora o profesor.

- Medianamente Logrado Realiza nuevamente las actividades de las páginas 21, 41 y 53; las evaluaciones de las páginas 36 y 56.

- Por lograr Revise nuevamente las actividades de las páginas 23, 27, 41, 47, y 53. Además, las evaluaciones de las páginas 36 y 56.

**Unidad 2: EL TRABAJO Y LA ENERGÍA****Inicio de unidad (Página 67)****Actividad: ¿Cómo se relaciona el trabajo mecánico con el tiempo? (Página 80)**

- a. Si se hubiera cambiado para cada uno de los ángulos la superficie sobre la cual se lesionó el bloque, los resultados no permitirían verificar la hipótesis, ya que la fuerza de roce entre el bloque y la superficie variaría en cada caso.
- b. El trabajo mecánico disminuiría a medida que aumenta el ángulo de aplicación.

**Analiza e interpreta (Página 77)**

- a. Actúan la fuerza externa aplicada sobre el resorte y la fuerza restauradora del resorte.
- b. El trabajo se puede calcular determinando el área comprendida entre la recta y el eje horizontal.
- c.  $W = 1.2 \text{ J}$

**Taller de estrategias (Páginas 78 y 79)****Desafío**

$$1. W = 3000 \text{ J}$$

$$2. a. W = 3292.8 \text{ J}$$

$$b. A sostener la pesa, el deportista no realiza trabajo.$$

$$3. a. W = 153 \text{ J}$$

$$b. El trabajo neto aumenta, este es igual a 333 J.$$

**Actividad: ¿Qué variables involucradas son: el trabajo mecánico, el tiempo, la fuerza y la rapidez?**

- a. Algunas de las variables involucradas son: el trabajo mecánico, el tiempo, la fuerza y la rapidez.
- b. Carolina y Sebastián realizaron el mismo trabajo.

**Interpreta (Página 81)**

- a. La pendiente representa a la potencia.

$$b. P = 6.6 \text{ W}$$

**Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 82 y 83)****Inicio de unidad (Página 67)****Actividad: Activa tus aprendizajes previos (Páginas 68 a 70)****Energía sólida en Chile (Página 68)**

- Algunos conceptos presentes en la lectura son: energía, energía edificatoria, matriz energética, energía eléctrica y fuente removible de energía.

**El principio de la conservación de la energía.****Aceleradores de partículas en Chile (Página 69)**

- Algunos conceptos relacionados con la energía que se mencionan en la lectura son: energía potencial eléctrica, potencia y velocidad.

**Algunos conceptos relacionados con la energía que se mencionan en la lectura son: energía potencial gravitatoria y energía cinética.****Movimiento en un plano inclinado (Página 69)**

- Energía potencial gravitatoria y energía cinética.

**Analizando procedimientos científicos (Página 70)**

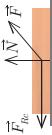
- Algunas magnitudes involucradas en el experimento son: energía potencial gravitatoria, velocidad, fuerza, aceleración, trabajo mecánico y energía mecánica.

**La energía potencial gravitatoria, asociada al peso de las tuerces, se transforma en energía cinética, cuando la caja de fósforos se comienza a mover.****Lección 3: EL TRABAJO Y LA POTENCIA MECÁNICA****Me preparo para aprender (Página 72)**

- a. La fuerza aplicada por Emilia, el peso, la fuerza de roce y la fuerza normal.
- b. En el primer caso, las fuerzas que afectaron el movimiento fueron la fuerza ejercida y la fuerza de roce. En el segundo caso, las fuerzas que afectaron el movimiento fueron el peso y el roce con el aire.

**Taller de ciencias (Páginas 74 y 75)****Análisis e interpretación de resultados**

- a.



- b. La fuerza necesaria para arrastrar el bloque aumentó al incrementar el ángulo  $\alpha$ .

**Conclusiones y evaluación**

- a. Si se hubiera cambiado para cada uno de los ángulos la superficie sobre la cual se lesionó el bloque, los resultados no permitirían verificar la hipótesis, ya que la fuerza de roce entre el bloque y la superficie variaría en cada caso.

- b. El trabajo mecánico disminuiría a medida que aumenta el ángulo de aplicación.

**Analiza e interpreta (Página 77)**

- a. Actúan la fuerza externa aplicada sobre el resorte y la fuerza restauradora del resorte.
- b. El trabajo se puede calcular determinando el área comprendida entre la recta y el eje horizontal.
- c.  $W = 1.2 \text{ J}$

**Taller de estrategias (Páginas 78 y 79)****Desafío**

$$1. W = 3000 \text{ J}$$

$$2. a. W = 3292.8 \text{ J}$$

$$b. A sostener la pesa, el deportista no realiza trabajo.$$

$$3. a. W = 153 \text{ J}$$

**Actividad: ¿Cómo se relaciona el trabajo mecánico con el tiempo? (Página 80)**

- a. Algunas de las variables involucradas son: el trabajo

**Interpreta (Página 81)**

- a. La pendiente representa a la potencia.

$$b. P = 6.6 \text{ W}$$

**Integra tus nuevos aprendizajes (Páginas 82 y 83)****Desafío**

$$1. W = 3000 \text{ J}$$

$$2. a. W = 3292.8 \text{ J}$$

$$b. A sostener la pesa, el deportista no realiza trabajo.$$

$$3. a. W = 153 \text{ J}$$

**Actividad: Activa tus aprendizajes previos (Páginas 68 a 70)****Energía sólida en Chile (Página 68)**

- Algunos conceptos presentes en la lectura son: energía, energía edificatoria, matriz energética, energía eléctrica y fuente removible de energía.

**El principio de la conservación de la energía.**

- Algunos conceptos relacionados con la energía que se mencionan en la lectura son: energía potencial eléctrica, potencia y velocidad.

**Algunos conceptos relacionados con la energía que se mencionan en la lectura son: energía potencial gravitatoria y energía cinética.****Movimiento en un plano inclinado (Página 69)**

- Energía potencial gravitatoria y energía cinética.

**Analizando procedimientos científicos (Página 70)**

- Algunas magnitudes involucradas en el experimento son: energía potencial gravitatoria, velocidad, fuerza, aceleración, trabajo mecánico y energía mecánica.

**La energía potencial gravitatoria, asociada al peso de las tuerces, se transforma en energía cinética, cuando la caja de fósforos se comienza a mover.****Lección 3: EL TRABAJO Y LA POTENCIA MECÁNICA****Me preparo para aprender (Página 72)**

- a. La fuerza aplicada por Emilia, el peso, la fuerza de roce y la fuerza normal.

- b. En el primer caso, las fuerzas que afectaron el movimiento fueron la fuerza ejercida y la fuerza de roce. En el segundo caso, las fuerzas que afectaron el movimiento fueron el peso y el roce con el aire.

**Remediales y actividades según tu nivel de desempeño****Nivel de desempeño****Actividad sugerida**

- Logrado Realiza las actividades que le indicará tu profesora o profesor.

- Medianamente Realiza nuevamente las actividades de las páginas 77 y 81.

- Por lograr Revisa nuevamente las actividades de las páginas 77, 79, 80 y 81.