

TEXTO  
ESCOLAR

F

# Física

SECUNDARIA

**LIBRO 1**



Proyecto **Crecemos juntos**

SANTILLANA

# 1

## La física, ciencia que mide

### ¿QUÉ APRENDERÉ?

- Establecer la importancia de la física en la historia como ciencia experimental que ha permitido el avance del conocimiento y de la tecnología.
- Reconocer y comparar las magnitudes fundamentales y derivadas con sus unidades.
- Comprender el uso del análisis dimensional.
- Realizar conversiones de unidades utilizando distintos múltiplos y submúltiplos.
- Describir el error como la incertidumbre en la determinación del resultado de una medición.
- Explicar y diferenciar los tipos de magnitudes.
- Utilizar técnicas para operar magnitudes escalares.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Qué estudia la física?

La palabra *física* proviene del vocablo griego *physis*, que significa ‘naturaleza’. Por ello, se dice que la física es una ciencia experimental que nos ayuda a comprender los fenómenos naturales que ocurren en el universo. Toda la materia y energía del cosmos y su interacción es objeto de estudio de la física.

La física analiza, por ejemplo, los cambios de estado, el movimiento de los cuerpos, las fuerzas, etc.

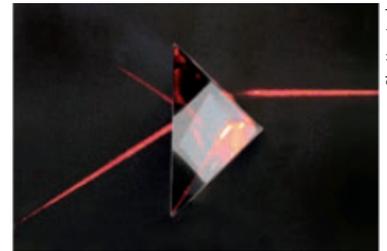
## La física clásica

Se encarga del estudio de fenómenos que ocurren a una velocidad relativamente pequeña en comparación con la velocidad de la luz en el vacío.

Se le conoce también como física macroscópica, ya que estudia los cuerpos de tamaño y masa grandes; por ejemplo, el Sol, una piedra, un grano de arena, etc. Las leyes de la física clásica se basan en las leyes de Newton y el electromagnetismo. Sus ramas son:



**Acústica.** Estudia las propiedades de las ondas que se propagan en un medio material.



**Óptica.** Estudia los fenómenos relacionados con la luz, características y manifestaciones.



**Mecánica.** Estudia los fenómenos relacionados con el movimiento de los cuerpos.



**Termodinámica.** Estudia los fenómenos térmicos.



**Electromagnetismo.** Estudia los fenómenos eléctricos y magnéticos.

## PARA SABER MÁS

En la naturaleza y en la vida diaria, se presentan fenómenos físicos y químicos.

- **Fenómenos físicos.** Son los cambios que se producen sin transformación de la materia; es decir, se conserva la sustancia original.
- **Fenómenos químicos.** Son los cambios que se realizan con transformación de la materia; es decir, no se conserva la sustancia original.

# 2

## Las magnitudes físicas

### ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Se puede medir la sensación de calor? ¿Cómo?

Llamamos magnitud a cualquier característica de la materia, o de los cambios que puede experimentar, que se puede medir; es decir, que es posible expresar con un número y una unidad.

Medir una magnitud es compararla con una cantidad de su misma naturaleza, que llamamos unidad, para ver cuántas veces la contiene.



*La masa y la temperatura son magnitudes porque podemos expresar su valor con un número y una unidad.*

### PARA SABER MÁS

Medir es comparar una magnitud, llamada patrón, con el objeto que será medido. El resultado de una medida contiene el valor o cantidad (el número de veces que el patrón está contenido en el objeto) y la unidad de medida respectiva.

### El sistema internacional de medidas

En 1960, el sistema internacional (abreviadamente, SI) estableció siete magnitudes fundamentales o independientes de las demás; es decir, que se definen por sí mismas y con las cuales toda la física puede ser descrita. Estas son la longitud, la masa, el tiempo, la temperatura, la intensidad de corriente eléctrica, la cantidad de materia y la intensidad luminosa.

Magnitudes	Representaciones dimensionales	Unidades	Símbolos de la unidad
Longitud	L	metro	m
Masa	M	kilogramo	kg
Tiempo	T	segundo	s
Temperatura	$\theta$	kelvin	K
Cantidad de sustancia	$\eta$	mol	mol
Intensidad de corriente	I	amperio	A
Intensidad luminosa	J	candela	cd



### METACOGNICIÓN

- ¿Consideras que estudiar este tema es importante para tu vida diaria?

Las magnitudes que se definen a partir de las magnitudes fundamentales se denominan magnitudes derivadas. Por ejemplo, cuando calculamos el volumen de una caja, hallamos el producto del largo por el ancho por el alto; en consecuencia, decimos que la magnitud volumen se deriva de la magnitud longitud.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Cómo comprobarías si una fórmula es correcta?

Se realiza utilizando ecuaciones dimensionales para comprobar la veracidad de las ecuaciones físicas, deducir fórmulas físicas a partir de datos experimentales y encontrar las unidades de cualquier magnitud derivada en función de las fundamentales.

## Las ecuaciones dimensionales

Son representaciones algebraicas que expresan las relaciones entre las magnitudes derivadas y las magnitudes fundamentales. El análisis de las dimensiones de una ecuación física (análisis dimensional) permite evaluar si la ecuación es dimensionalmente correcta.

Magnitudes	Ecuaciones dimensionales
Longitud	$[L] = L$
Masa	$[M] = M$
Tiempo	$[T] = T$
Temperatura	$[\theta] = \theta$
Cantidad de sustancia	$[\text{mol}] = N$
Intensidad de corriente	$[I] = I$
Intensidad luminosa	$[J] = J$

En el siguiente cuadro, podrás comprobar las ecuaciones dimensionales de diferentes magnitudes derivadas:

Magnitudes derivadas	Fórmulas	Ecuaciones dimensionales
Área (A)	$A = (\text{longitud}) (\text{longitud})$	$[A] = (L \times L) \rightarrow [A] = L^2$
Volumen (V)	$V = (\text{longitud}) (\text{longitud}) (\text{longitud})$	$[V] = (L \times L \times L) \rightarrow [V] = L^3$
Velocidad (v)	$v = \text{desplazamiento} / \text{variación de tiempo}$ $\rightarrow v = \Delta x / \Delta t$	$[v] = [\Delta x] / [\Delta t] \rightarrow L / T \rightarrow [v] = LT^{-1}$
Aceleración (a)	$a = \text{variación de velocidad} / \text{variación de tiempo}$ $\rightarrow a = \Delta v / \Delta t$	$[a] = [\Delta v] / [\Delta t] \rightarrow LT^{-1} / T \rightarrow [a] = LT^{-2}$
Fuerza (F)	$F = (\text{masa}) (\text{aceleración}) \rightarrow F = m \times a$	$[F] = [m] [a] \rightarrow [F] = MLT^{-2}$
Presión (p)	$p = \text{fuerza} / \text{área} \rightarrow p = F / A$	$[p] = [F] / [A] = MLT^{-2} / L^2 \rightarrow [p] = ML^{-1}T^{-2}$
Trabajo (W)	$W = (\text{fuerza}) (\text{desplazamiento}) \rightarrow$ $W = F \times x$	$[W] = [F][x] = MLT^{-2}L \rightarrow [W] = ML^2T^{-2}$
Potencia (P)	$P = \text{trabajo} / \text{tiempo} \rightarrow P = W / t$	$[P] = [W] / [t] = ML^2T^{-2} / T \rightarrow [P] = ML^2T^{-3}$
Densidad ( $\rho$ )	$\rho = \text{masa} / \text{volumen} \rightarrow \rho = M / V$	$[\rho] = [M] / [V] = M / L^3 \rightarrow [D] = ML^{-3}$

## 4

## Los instrumentos de medición y la teoría de errores

### ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Todas las medidas son exactas?

Para medir las distintas magnitudes, utilizamos instrumentos cuyas características dependen de la magnitud y de la cantidad que vamos a medir.

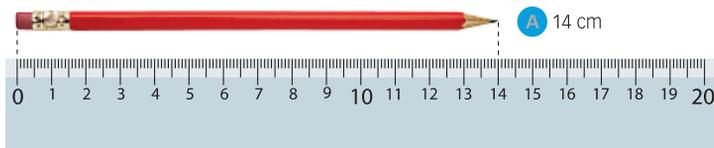


Un instrumento se valora por una serie de características:

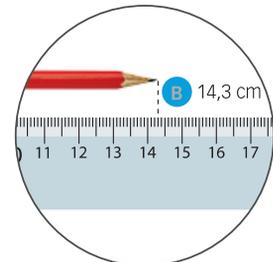
- **Cota inferior.** Es el menor valor de la magnitud que puede medir.
- **Cota superior.** Es el mayor valor de la magnitud que puede medir.
- **Precisión.** Es la menor cantidad de variación de la magnitud que se puede medir. Se lee en la división más pequeña de su escala.
- **Exactitud.** Es la capacidad del instrumento para dar el valor verdadero de la medida. Depende de la calidad del instrumento.
- **Fiabilidad.** Es la capacidad del instrumento para repetir el mismo valor siempre que se mida la misma cantidad. La fiabilidad está directamente relacionada con la calidad del instrumento.

### PARA SABER MÁS

Se llama **cifra significativa** al número que representa la medida realizada con un instrumento **A** más el número que simboliza la estimación realizada por la persona que hace la medición **B**.



¿Cuánto mide el lápiz?



En el ejemplo del lápiz, la medida **A** está expresada con dos cifras significativas: decimos que el lápiz mide 14 cm.

La medida **B** tiene tres cifras significativas: el lápiz mide 14,3 cm.

Cifras significativas son todas las que resultan de una medida; no se tienen en cuenta las que resultan de un cambio de unidades. Por ejemplo: la medida **B** tiene tres cifras significativas, aunque se exprese como 14,3 cm, 143 mm o 0,143 m.

Si se hubiera medido el lápiz con una regla graduada en centímetros y su medida fuera 14 cm, tendría dos cifras significativas.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Qué estudia la física?

Para describir los fenómenos naturales, la física parte de magnitudes. Si queremos indicar la temperatura de nuestro cuerpo, basta con un valor y su unidad respectiva (37 °C). Sin embargo, si queremos señalar la velocidad de un avión en el aire, además del valor de la velocidad debemos indicar también hacia dónde se dirige el avión; por ejemplo, 600 km/h hacia el norte.

Para resolver esta diferencia, las magnitudes físicas se clasifican, según su naturaleza, en magnitudes escalares y magnitudes vectoriales.

## Las magnitudes escalares

Se denominan magnitudes escalares a aquellas magnitudes físicas que, al estar bien definidas, solo necesitan de un valor o módulo que representa una determinada cantidad y una unidad de medida o unidad física.

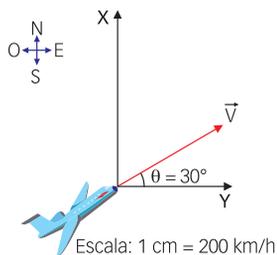


La *masa* de un cuerpo se mide en kilogramos; el *tiempo*, en horas, minutos y segundos; y la *temperatura*, en grados centígrados, Fahrenheit o kelvin.

## PARA SABER MÁS

Un vector es un ente matemático que simboliza una magnitud vectorial. Está representado por un segmento de recta orientado. Presenta los siguientes elementos:

- **Módulo.** Valor del vector. Es proporcional al valor numérico o a la intensidad de la magnitud que representa.
- **Dirección.** Recta que contiene al vector y está indicada por el ángulo formado con respecto al eje +X.



Para este ejemplo:

- El módulo:  $v = 400 \text{ km/h}$ .
- La dirección:  $\theta = 30^\circ$  con respecto al eje +X.

## Características de las magnitudes escalares

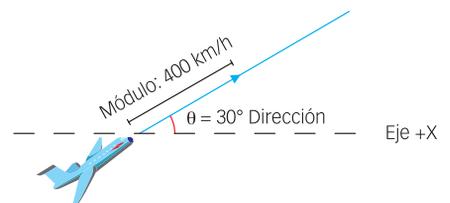
Se pueden sumar o restar algebraicamente. Por ejemplo:

- Sumamos masas:  $2 \text{ kg} + 4 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$
- Restamos áreas:  $8 \text{ m}^2 - 3 \text{ m}^2 = 5 \text{ m}^2$
- Restamos volúmenes:  $10 \text{ m}^3 - 3 \text{ m}^3 = 7 \text{ m}^3$

## Las magnitudes vectoriales

Son aquellas magnitudes físicas que, además de tener un valor y su unidad respectiva, necesitan una dirección para estar bien definidas.

Las magnitudes vectoriales se representan mediante vectores, es decir, además de un valor absoluto denominado módulo, tienen una dirección. Algunos ejemplos de magnitudes vectoriales son la fuerza y la aceleración. En algunos casos, la dirección y el sentido quedan determinados con un ángulo y un punto cardinal.



## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Qué necesitas conocer cuando te diriges a un lugar por primera vez?

La suma de dos o más magnitudes vectoriales se representa en un solo vector llamado resultante. La suma vectorial se simboliza con esta expresión:

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

Donde  $\vec{A}$  y  $\vec{B}$  son los vectores, y  $\vec{R}$  es el vector resultante.

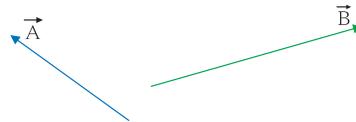
Asimismo, la diferencia de dos vectores  $\vec{A}$  y  $\vec{B}$  se define como la suma vectorial de  $A$  y  $B$ . Se representa simbólicamente con esta expresión:

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

## Método gráfico: método del paralelogramo

Para sumar vectores, trazamos paralelas a los vectores dados hasta formar un paralelogramo. La resultante será la diagonal que parte del origen de los dos vectores hasta el vértice opuesto.

Sean los vectores  $\vec{A}$  y  $\vec{B}$ , como muestra la figura. Grafica y calcula  $|\vec{A} + \vec{B}|$ ,  $|\vec{A} + (-\vec{B})|$  y la dirección en cada caso.



Procedimientos	Cálculo de $ \vec{A} + \vec{B} $	Cálculo de $ \vec{A} + (-\vec{B}) $
Con regla y transportador, medimos el módulo y la dirección con respecto al eje +X de cada vector. Volvemos a dibujar los vectores desde un origen común respetando su dirección y sentido.		
Con los vectores unidos en un mismo origen, construimos un paralelogramo, recordando que los lados paralelos deben tener la misma longitud.		
Trazamos el vector resultante desde el origen común; este debe coincidir con una diagonal del paralelogramo.		
Medimos el módulo y la dirección del vector resultante. En nuestro ejemplo, estos son los valores:	$ \vec{R}  =  \vec{A} + \vec{B}  = 2,3 \text{ cm}$ $\angle \theta = 56^\circ$	$ \vec{R}  =  \vec{A} - \vec{B}  = 4,5 \text{ cm}$ $\angle \theta = 175^\circ$

# 2

## El movimiento



### ¿QUÉ APRENDERÉ?

- Explicar el movimiento de los cuerpos mediante conceptos básicos.
- Describir movimientos rectilíneos uniformes, acelerados, verticales y circulares de un cuerpo a partir de los fundamentos de la cinemática.
- Usar la adición de velocidades para comprobar la relatividad del movimiento.
- Aplicar correctamente las ecuaciones del movimiento uniforme y del movimiento uniformemente variado.



Shutterstock

© Santillana S. A. Prohibido fotocopiar. D. L. 822

## ¿Cómo sabemos que algo se mueve?

El *snowboard* o *snowboarding* es un deporte extremo de invierno, que utiliza una tabla para deslizarse sobre una pendiente cubierta de nieve. En la actualidad, este deporte es uno de los favoritos por su alta dosis de adrenalina y velocidad.

Lo más probable es que al pensar en la velocidad la relaciones inmediatamente con el movimiento. Pero ¿qué es el movimiento? Definirlo puede ser complicado, pero si observas cuidadosamente lo que ocurre a tu alrededor, es posible que reconozcas muchas actividades relacionadas con el movimiento. Por ejemplo, una abeja que se desplaza de flor en flor con movimientos sinuosos, un colibrí que parece saltar en el aire para llegar a una flor roja, algunos niños jugando con una pelota, etc. ¿Y cómo sabes que algo se mueve?



### CONVERSAMOS

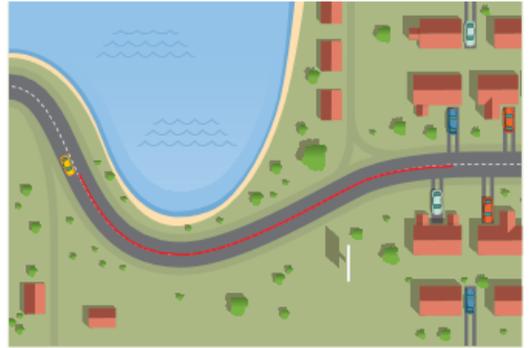
- ¿Qué significa que un cuerpo está en movimiento?
- ¿Cómo podrías determinar que la deportista está en movimiento?
- ¿Cuál crees que será la velocidad que alcance?
- ¿La velocidad se mantendrá constante durante todo el trayecto?
- ¿Qué trayectoria realizará durante sus descensos?

## La trayectoria

Es posible señalar dónde está un objeto cuando se conoce la trayectoria que sigue. La trayectoria es el camino recorrido por un cuerpo (móvil). En la imagen, la línea roja indica la trayectoria del automóvil.

Dependiendo de su forma, el movimiento puede ser:

- **Rectilíneo.** Si la trayectoria es una línea recta.
- **Curvilíneo.** Si la trayectoria es una línea curva. Si la curva tiene forma de circunferencia o de parábola, tendremos movimientos circulares o parabólicos.

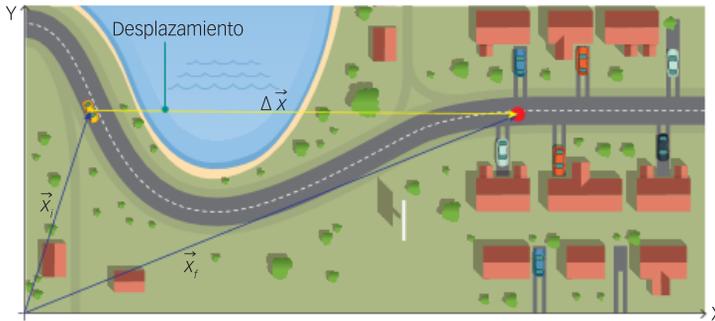


La trayectoria del auto será igual al camino recorrido.

## El desplazamiento

El desplazamiento ( $\Delta x$ ) de un cuerpo corresponde a la diferencia entre la posición final ( $x_f$ ) y la posición inicial ( $x_i$ ) del espacio recorrido, es decir:

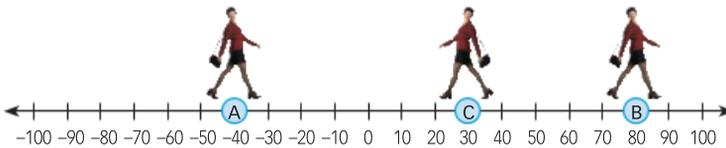
$$\Delta x = x_f - x_i$$



El desplazamiento es una magnitud vectorial, y la trayectoria, una magnitud escalar. Sin embargo, el módulo del desplazamiento ( $\Delta x$ ) puede coincidir con la distancia recorrida solo si la trayectoria es rectilínea y unidireccional.

### EJERCICIO RESUELTO 1

Calcula el desplazamiento y la trayectoria de una persona que camina en línea recta: parte desde el punto A hasta el punto B y luego vuelve hasta llegar al punto C.



La longitud de la trayectoria corresponde a la distancia recorrida. En este caso, como desde A hasta B la persona recorrió 120 m y desde B hasta C, otros 50 m; entonces, la distancia total recorrida por la persona fue de 170 m.

En la figura, el desplazamiento es:

$$\Delta x = 30 - (-40) = 70 \text{ m}$$

Debido a que el desplazamiento es una magnitud vectorial, en este caso, su módulo es 70 metros, se encuentra en la dirección del eje X.

### ¿CÓMO VOY?

- 1 ¿Qué diferencia hay entre trayectoria y desplazamiento?
  - 2 ¿Qué tipo de trayectoria realiza un columpio en movimiento?
- Desarrolla la página 26 del **Libro de actividades.**

## La aceleración (a)

Si sobre un cuerpo en movimiento no actuara ninguna influencia externa, este se movería en línea recta y con velocidad constante. Estas influencias, más correctamente llamadas interacciones o fuerzas, hacen que el movimiento cambie; es decir, que varíe la velocidad, ya sea su módulo, su dirección o sentido. A este cambio de la velocidad lo llamamos aceleración.

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

La aceleración se expresa en  $\text{m/s} \times \text{s}$ , lo que es equivalente a la unidad  $\text{m/s}^2$ .

En los movimientos rectilíneos, la aceleración media ( $a_m$ ) es un vector cuya dirección coincide con la de la velocidad (v).

<p>-X <span style="float:right">+X</span></p> <p>→ Aceleración positiva</p> <p>→ Velocidad positiva</p>  <p>El módulo de la velocidad aumenta.</p>	<p>-X <span style="float:right">+X</span></p> <p>← Aceleración negativa</p> <p>→ Velocidad positiva</p>  <p>El módulo de la velocidad disminuye.</p>	<p>-X <span style="float:right">+X</span></p> <p>→ Aceleración positiva</p> <p>← Velocidad negativa</p>  <p>El módulo de la velocidad disminuye.</p>	<p>-X <span style="float:right">+X</span></p> <p>← Aceleración negativa</p> <p>← Velocidad negativa</p>  <p>El módulo de la velocidad aumenta.</p>
---	---	---	---

Cuando la aceleración y la velocidad tienen diferente sentido, el módulo de la velocidad disminuye. Cuando la aceleración tiene el mismo sentido que la velocidad, el módulo de la velocidad aumenta.

### EJERCICIO RESUELTO 3

Una motocicleta parte de la línea de salida y aumenta repentinamente su valor de velocidad a 72 km/h en 20 s. Luego, frena intempestivamente luego de 10 s. Determinar su aceleración y desaceleración media.



DIOMEDIA

- Expresamos la velocidad en unidades del SI:

$$72 \text{ km/h} = 72 \text{ km/h} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

- Calculamos el valor de la aceleración. Si la velocidad inicial  $v_i$  es 0 m/s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{20 \text{ s} - 0 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}^2$$

- Hallamos su aceleración. Si la velocidad  $v_f$  es 20 m/s.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 20}{10 - 0} = -2 \text{ m/s}^2$$



### ¿CÓMO VAMOS?

- ¿Qué significa velocidad instantánea y velocidad media? Investiga.
  - El ganador de una carrera ciclista recorre los últimos 10 m en 0,72 s. Calcula su rapidez media en ese tramo.
- Desarrolla la página 27 del **Libro de actividades**.

## Representación gráfica del movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

La utilización de representaciones gráficas ayuda a comprender mejor las características de los movimientos.

Vamos a representar gráficamente las ecuaciones de un MRU. Para ello, partimos de un ejemplo:

### EJERCICIO RESUELTO 4

Un móvil parte de la posición inicial  $x = 2$  m con un valor de velocidad constante de 5 m/s.

Esto quiere decir que:

La velocidad es constante:  $v = 5$  m/s

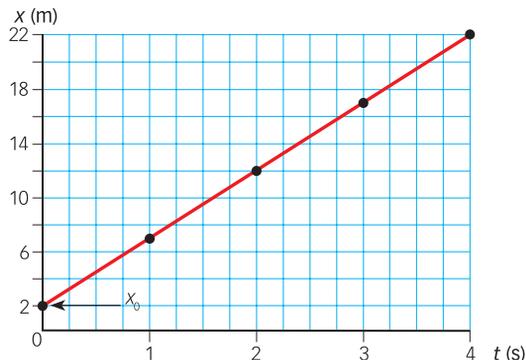
La posición inicial es de 2 m:  $x_i = 2$  m

- Escribimos la ecuación de este MRU. Nos aseguramos de que todas las magnitudes estén expresadas en unidades del SI.

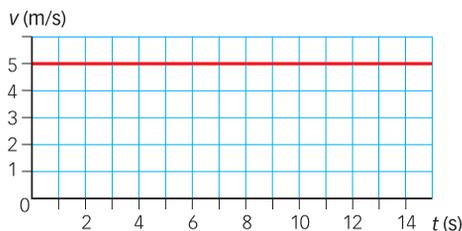
$$x_f = x_i + v \times t \quad x_f = 2 + 5 \times t$$

- Obtenemos una tabla con los valores posición-tiempo y hacemos la representación gráfica de estas dos magnitudes (gráfica posición-tiempo,  $x-t$ ).
- Colocamos en el eje de ordenadas (eje Y), los valores de la posición ( $x$ ) y, en el eje de abscisas (eje X), los valores del tiempo ( $t$ ). Observa que las escalas de ambos ejes no tienen que ser iguales, deben adaptarse a los datos.

$t$ (s)	$x$ (m)
0	2
1	7
2	12
3	17
4	22



De forma similar, representamos la velocidad frente al tiempo (gráfica  $v-t$ ). Como la velocidad no varía, la gráfica es una línea recta.

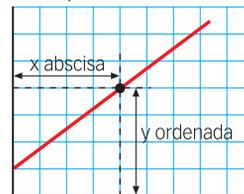


- Concluimos sobre las representaciones gráficas de las variables en el MRU:
  - La gráfica  $x-t$  es una línea recta que corta al eje de ordenadas en la posición inicial ( $x_i$ ). Su inclinación cambia con la velocidad.
  - La gráfica  $v-t$  es una línea horizontal, paralela al eje de abscisas, que corta al eje de ordenadas en el valor de la velocidad del móvil.

### PARA TENER EN CUENTA

En un sistema de ejes cartesianos, el eje horizontal (X) es el eje de abscisas, y el vertical (Y), el eje de ordenadas.

Y (ordenadas)



X (abscisas)

### ¿CÓMO VOY?

1. Calcula el valor del desplazamiento que recorre un automóvil que se desplaza en línea recta y con una velocidad constante de 72 km/h cuando se mueve durante 30 min.

2. ¿Cómo sería la gráfica  $v-t$  de un móvil con MRU que avanza desde una posición alejada hacia el origen de coordenadas?

Desarrolla las páginas 28 y 29 del **Libro de actividades**.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- Si dejas caer distintos objetos desde lo alto, ¿el tiempo que demoran en llegar al suelo es el mismo?

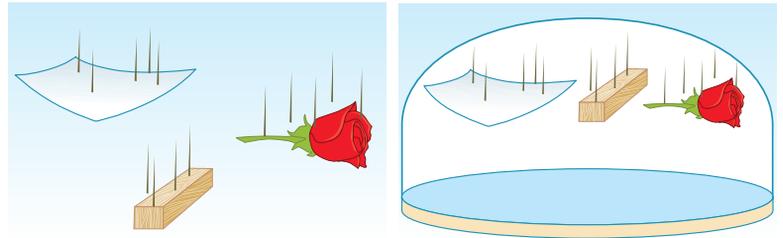


Se dice que Galileo Galilei dejó caer objetos ligeros y pesados desde la torre inclinada de Pisa para averiguar si sus velocidades de caída era iguales o diferentes.

En tu vida cotidiana experimentas frecuentemente la caída libre de los objetos; por ejemplo, puedes verla cuando sueltas un lápiz desde cierta altura o miras caer el lluvia. A través de este tipo de experiencias se ha construido una serie de ideas en torno a cómo caen los objetos, lo que permite predecir qué ocurrirá en diversos casos.

## La caída de los cuerpos

Si no hay resistencia del aire, los cuerpos, sin importar su tamaño, peso o composición, caen con la misma aceleración en el mismo punto de la superficie de la Tierra, y si la distancia recorrida no es demasiado grande, la aceleración permanece constante durante su caída.



En condiciones normales, un trozo de madera cae más rápido que un papel o una flor debido a que vence con facilidad la resistencia del aire, pero en el vacío caen al mismo tiempo.

## Las ecuaciones del movimiento de caída libre

Cuando se hace referencia a la caída libre, no solo estamos hablando de cuando el cuerpo desciende, sino también cuando el cuerpo asciende.

En ambos casos, el movimiento que lleva el cuerpo es un MRUV, siendo su aceleración una constante conocida como gravedad de la Tierra o aceleración de la gravedad, cuyo valor es de  $9,8 \text{ m/s}^2$  y se designa con la letra  $g$ . Se le llama también aceleración de la gravedad.  $g$  es una magnitud vectorial, su dirección es vertical y su sentido hacia el centro de la Tierra. Esto determina que  $g = -9,8 \text{ m/s}^2$  tiene signo negativo, debido a que tomamos como referencia el eje Y positivo hacia arriba y negativo hacia abajo.

Para obtener las ecuaciones que determinan el movimiento de caída libre, partimos de las ecuaciones del MRUV. Para el desplazamiento:

$$x_f = x_i + v_i \times t + 0,5 \times a \times t^2$$

En el caso de caída libre, el movimiento es vertical. Por eso, usamos el eje Y. Como la aceleración se dirige hacia abajo, se considera negativa:

$$y_f = y_i + v_i \times t - 0,5 \times g \times t^2$$

Sabemos que  $v_f = v_i + a \times t$ . En este caso, solo tenemos que sustituir la aceleración:

$$v_f = v_i - 9,8 \times t$$

## PARA TENER EN CUENTA

La altura en caída libre se considera como el valor absoluto del desplazamiento.

### EJERCICIO RESUELTO 11

Se lanza una piedra horizontalmente con una velocidad de 25 m/s desde una altura de 60 m. Calcula:

- El tiempo que tarda en llegar al suelo.
- La velocidad vertical que lleva a los 2 s.
- La distancia horizontal a la que cae la piedra.

a. Eje Y: (MRUV)

$$h = v_i \times t + 1/2 g \times t^2$$

$$-60 = 0 \times t - 1/2 (-9,8) t^2$$

$$t = 3,5 \text{ s}$$

b. Eje Y:  $v_f = v_i + g \times t$ , para  $t = 2$

$$v_f = 0 - (9,8)(2)$$

$$v_f = -19,8 \text{ m/s}$$

c. Reemplazamos el valor de 3,5 s:

Eje X:  $d = v \times t$

$$d = 25 \times (3,5) = 87,5 \text{ m}$$

### EJERCICIO RESUELTO 12

Un objeto se lanza con una rapidez de 20 m/s y forma un ángulo de 53° con la horizontal. Calcula su posición y velocidad luego de 3 s.

- Calculamos las componentes de la velocidad inicial:

$$v_x = 20 \cos 53^\circ = 12 \text{ m/s}$$

$$v_y = 20 \sin 53^\circ = 16 \text{ m/s}$$

- Hallamos las componentes de la velocidad en  $t = 3$  s:

$$v_x = v_{ix} = 12 \text{ m/s}$$

$$v_y = v_{iy} + g \times t$$

$$v_y = (16 \text{ m/s}) - (9,8 \text{ m/s}^2)(3 \text{ s}) = -13,4 \text{ m/s}$$

- Determinamos la posición del objeto en  $t = 3$  s:

$$x = v_x \times t = (12 \text{ m/s})(3 \text{ s}) = 36 \text{ m}$$

$$y = v_{iy} \times t + 1/2 g \times t^2$$

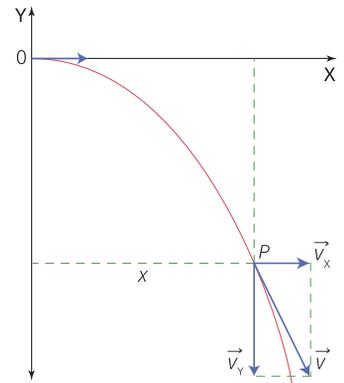
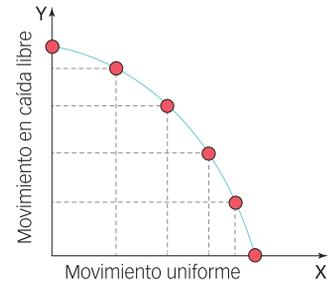
$$y = (16 \text{ m/s})(3 \text{ s}) - (4,9 \text{ m/s}^2)(3 \text{ s})^2 = 3,9 \text{ m}$$

- Calculamos la velocidad resultante en  $t = 3$  s:

$$v_R = \sqrt{(12)^2 + (-13,4)^2} = 18 \text{ m/s}$$

### PARA SABER MÁS

El movimiento descrito por un objeto que se lanza horizontalmente está compuesto por dos movimientos: uno rectilíneo uniforme (en el eje X), y otro, rectilíneo uniformemente acelerado (en el eje Y). La combinación de estos dos movimientos determina la trayectoria que describe el cuerpo.



### ¿CÓMO VAMOS?

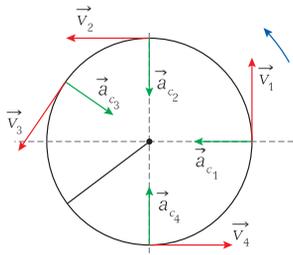
- Un arquero lanza desde el suelo una pelota con un valor de la velocidad de 20 m/s a una elevación de 50°. ¿Cuánto tiempo tarda la pelota en llegar al suelo?



Desarrolla la página 34 del **Libro de actividades**.

## La aceleración centrípeta

Una partícula que se mueve con una trayectoria circular de radio  $r$  y con rapidez constante  $v$  tiene una aceleración cuya dirección se dirige hacia el centro de círculo y cuya magnitud se calcula con la siguiente ecuación:



$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

Donde:

$v$  = velocidad tangencial

$r$  = radio

$a_c$  = aceleración centrípeta

## Relación entre velocidad angular y frecuencia

Siempre que una partícula da una vuelta completa describe un ángulo  $\theta = 2\pi$  rad y el tiempo empleado se denomina periodo ( $T$ ). Así:

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T} \text{ rad/s}$$

$$\omega = 2\pi \left(\frac{1}{T}\right) \text{ rad, pero } \frac{1}{T} = f$$

$$\text{Finalmente: } \omega = 2\pi f \text{ rad/s}$$

### PARA SABER MÁS

Cuando la velocidad de un móvil que tiene movimiento circular permanece constante, el movimiento se repite cada cierto tiempo. A este movimiento se le llama periódico.

Los movimientos periódicos se caracterizan por que presentan:

- **Periodo** ( $T$ ). Es el tiempo que tarda un móvil en dar una vuelta.
- **Frecuencia** ( $f$ ). Es el número de vueltas que da el móvil en un segundo.

De estas definiciones, se deduce que el periodo es la inversa de la frecuencia.

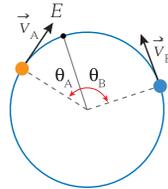
$$T = \frac{1}{f}$$

Se mide en hertz (Hz).

### EJERCICIO RESUELTO 13

La figura muestra el instante en que dos partículas están separadas  $2\text{ rad}$ . Calcula el tiempo en el que se encuentran a partir de ese instante si realizan un movimiento circular uniforme con velocidades angulares:

$$\omega_A = 0,1 \text{ rad/s y } \omega_B = 0,3 \text{ rad/s.}$$



- Consideramos el punto  $E$  como el punto de encuentro de los dos móviles y expresamos el desplazamiento angular de cada partícula hasta dicho punto:

$$\theta_A = \omega_A \times t = (0,1 \text{ rad/s}) t$$

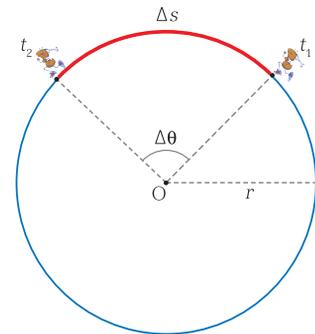
$$\theta_B = \omega_B \times t = (0,3 \text{ rad/s}) t$$

- Calculamos la suma de ambos desplazamientos, que es el ángulo de separación inicial:

$$\theta_A + \theta_B = 2 \text{ rad}$$

$$(0,1 \text{ rad/s}) t + (0,3 \text{ rad/s}) t = 2 \text{ rad}$$

- Despejamos el tiempo y resolvemos:  $t = 5 \text{ s}$ .



El desplazamiento realizado por la hormiga correspondiente a un intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ) puede ser expresado de dos formas: por el desplazamiento lineal ( $\Delta s$ ) y por el desplazamiento angular ( $\Delta\theta$ ).

### ¿CÓMO VOY?

- Calcula la velocidad angular de la Tierra en unidades del sistema internacional. Suponiendo que es una esfera de  $6370 \text{ km}$  de radio, ¿a qué velocidad lineal nos estaremos moviendo?

Desarrolla la página 35 del **Libro de actividades**.

## El animal más veloz del mundo

En tierra, el animal más rápido del mundo es el guepardo, un felino de gran tamaño que puede alcanzar una rapidez entre los 112 y 120 km/h, cubriendo distancias cortas de solo 500 m; además, puede acelerar desde 0 hasta 100 km/h en tres segundos, superando la aceleración de muchos modelos de autos.

La forma de su cuerpo, la fuerza de sus patas, sus fosas nasales predominantes (para permitir el ingreso de más oxígeno al correr) y el tamaño del corazón (que es más grande de lo normal para que circule más sangre) son características clave para que este felino logre una gran rapidez. Además, mientras corre su cola le permite maniobrar sus movimientos, lo que facilita la realización giros rápidos para alcanzar su presa.



Shutterstock



### PROPUESTA DE TRABAJO

Busca información sobre los animales más rápidos del mundo.

2. Utiliza la información seleccionada para elaborar una presentación en Prezi o Movie Maker.

1. Elabora un cuadro en el que se describan y detallen las velocidades de los animales que encontraste.



Desarrolla la página 41 del **Libro de actividades**.

### RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Crterios a evaluar	Excelente	Satisfactorio	En proceso	Iniciado
Contenido	El estudiante domina el tema. Presenta detalles.	El estudiante tiene un conocimiento básico del tema. El contenido es conciso y bueno.	El estudiante incluye información sobre el tema, pero presenta uno o más errores.	El estudiante incluye un contenido mínimo y presenta errores conceptuales.
Argumentación	El estudiante presenta de manera clara y precisa su posición sobre el tema con argumentos que lo respaldan.	El estudiante presenta su posición sobre el tema, pero no la sustenta ni propone argumentos que la respalden.	El estudiante presenta su posición de manera confusa y sin argumentos.	El estudiante no presenta su posición sobre el tema.
Uso de herramientas digitales	El estudiante tiene dominio elevado de las herramientas digitales.	El estudiante tiene un dominio alto de las herramientas digitales.	El estudiante tiene un dominio medio de las herramientas digitales.	El estudiante tiene dificultades para usar las herramientas digitales.

## EXPLICA EL MUNDO FÍSICO

### Comprende y usa conocimientos científicos



- 1 Copia la tabla en tu cuaderno y calcula la velocidad media para cada uno de los récords mundiales masculinos de atletismo.

Longitud de la pista (m)	Tiempo empleado (s)	Velocidad media (m/s)	Velocidad media (km/h)
60	6,39		
100	9,58		
200	19,19		
400	43,18		

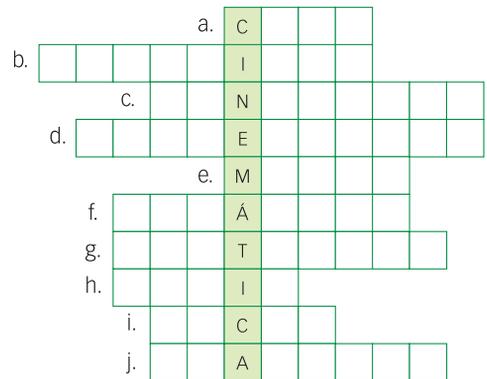
- 2 ¿Podría afirmarse que un cuerpo en caída libre describe un movimiento uniformemente variado? ¿Por qué?

- 3 Con respecto al MRUV podemos afirmar:

- La velocidad y la aceleración siempre tienen el mismo sentido. ( )
- En tiempos iguales, el móvil recorre distancias diferentes. ( )
- La aceleración puede cambiar de dirección. ( )
- La rapidez varía uniformemente. ( )
- La velocidad podría permanecer constante. ( )

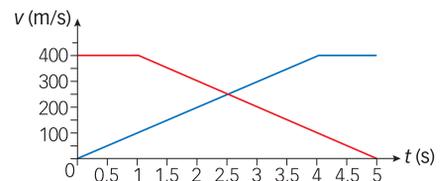
- 4 Copia y completa el siguiente crucigrama en tu cuaderno de apuntes.

- Valor que tiene la rapidez de un cuerpo en una altura máxima.
- Vector que mide cómo cambia la posición de un cuerpo con el tiempo.
- Magnitud que no varía.
- Vector que mide cómo cambia la velocidad de un cuerpo con el tiempo.
- Cuerpo en movimiento.
- Forma a la que se ajusta la curva que representa la posición de un cuerpo uniformemente acelerado.
- Característica que se le puede atribuir a un cuerpo que no rueda y solo se desplaza.
- Medio en el que todos los cuerpos caen con la misma aceleración.
- Forma a la que se ajusta la curva que representa la posición de un cuerpo que se desplaza con un movimiento rectilíneo y uniforme.
- Nombre que se da a la aceleración que experimentan los cuerpos cerca de la Tierra.



- 5 Lee la situación y responde. Pablo y Adriana viajan en ómnibus por la ruta Lima-Arequipa. Adriana (línea azul) salió de Arequipa, y Pablo (línea roja) de Lima. El gráfico muestra las posiciones de Arequipa a las 8 de la mañana. Interpreta y responde:

- ¿Qué distancia separa a los ómnibus a las 10 a.m.?
- ¿A qué hora salió Pablo de Lima?
- ¿Qué distancia había recorrido Pablo una hora y media después de su partida?
- ¿A qué hora llegó Adriana a Lima? A esa hora, ¿cuántos kilómetros le faltaban a Pablo para llegar a Arequipa?





## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Por qué se mueven los objetos?

Diariamente, estás interactuando con diversos objetos, ya sea empujándolos, levantándolos, sosteniéndolos o tirando de ellos; por ejemplo, cuando pateas una pelota, al cargar una mochila, al caminar e, incluso, al mover el *mouse* de tu computadora. En cada una de estas situaciones participan fuerzas.

La dinámica señala que la fuerza no la poseen los objetos en sí, sino que tienen la capacidad de modificar el estado de reposo o de movimiento de otro cuerpo con el que interactúan y eso se considera una fuerza.

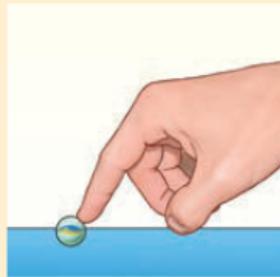
Una **fuerza** es la **interacción entre dos cuerpos** que produce **cam-bios en su forma** o en su estado de **movimiento**.

Al aplicar una fuerza sobre un objeto, estos pueden sufrir diferentes efectos, como cambiar su estado de movimiento o deformarlo.

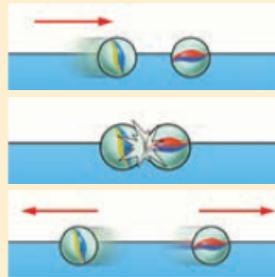
## Cambiar el estado de movimiento de un cuerpo



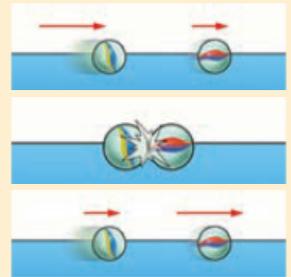
Poner en movimiento un cuerpo que está en reposo.



Detener un cuerpo que estaba en movimiento.



Cambiar el sentido del movimiento de un cuerpo.



Cambiar la rapidez con la que se mueve un cuerpo.

## Provocar la deformación de un cuerpo



Cambio permanente



Cambio momentáneo



La fuerza es una magnitud vectorial porque, además de módulo, posee dirección. Los efectos de la fuerza van a depender de estas dos características y del lugar de aplicación de esta fuerza sobre el cuerpo. La unidad de medida de la fuerza en el sistema internacional de unidades es el *newton* (N), que equivale a  $1 \text{ kg} \times \text{m/s}^2$ .

## 2

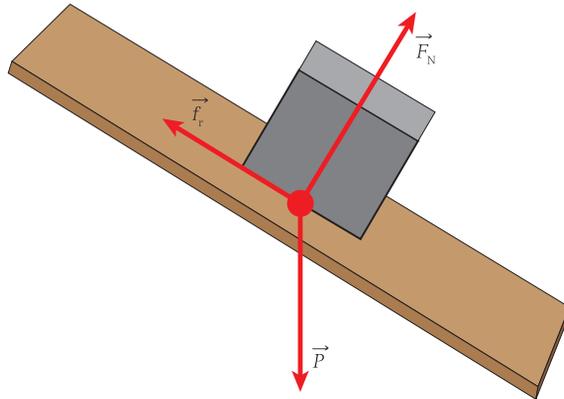
# El diagrama de cuerpo libre (DCL)

### ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Qué fuerzas actúan en un cuerpo en movimiento?

Es una forma que se utiliza para representar **todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo**. En un **diagrama de cuerpo libre** se respetan el módulo y la dirección de cada una de las fuerzas. Se llama de cuerpo libre, ya que solo se consideran las fuerzas que se ejercen sobre el cuerpo en estudio, y no las que este aplica a otros objetos.

El cuerpo se representa como una masa puntual, es decir, un punto donde su masa se encuentra concentrada; de esta forma la masa no cambia.



Observamos que sobre el bloque mostrado en la figura actúan tres fuerzas:

$\vec{P}$  = peso, que es la fuerza que ejerce el planeta Tierra sobre el cuerpo.

$\vec{F}_N$  = fuerza normal, que es la fuerza de reacción del piso por efecto del contacto.

$\vec{f}_r$  = fuerza de fricción, que es la fuerza que se opone al movimiento.



### EXPERIMENTAMOS

#### Fuerzas elásticas aplicando la ley de Hooke

1. Consigan un listón de madera, un dinamómetro y un carrito de juguete.
2. Cuelguen el carrito del dinamómetro y anoten su peso. Coloquen el listón de madera de forma que actúe como una rampa. Midan y anoten su altura.
3. Hagan subir el carrito colgado del dinamómetro por la rampa hasta la máxima altura. Anoten la fuerza. Midan la longitud de la rampa que ha recorrido el carrito y anótenla en una tabla.



#### Analiza los resultados

- ¿Qué diferencia encuentran entre la fuerza que realizan al subir el carrito verticalmente y la que aplican al subirlo a través de la rampa? ¿Por qué? ¿Qué fuerzas intervienen en el sistema?
- Realiza el diagrama de cuerpo libre del carrito.
- Comenta las conclusiones con tus compañeros de clase.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Cuándo un objeto se moverá sin necesidad de empujarlo?



La fuerza necesaria para mover la esfera grande es mayor que la que se requiere para mover la esfera pequeña; es decir, la inercia de la esfera grande es mayor que la inercia de la esfera pequeña.



Imagina que estás de pie sobre un skate (en reposo), el cual se encuentra unido a un cable. Al tirar el cable, se pone en movimiento el skate, mientras que, por inercia, te resistes a cambiar tu estado de movimiento y tiendes a permanecer en el mismo lugar.

## La tercera ley de Newton

Imagina que estás sobre una patineta y empujas una pared, ¿qué sucede? Lo más probable es que la pared no se mueva de su lugar, pero sí aplicará una fuerza sobre ti igual a la que tú ejerciste sobre ella, pero en sentido contrario. Este fenómeno y muchos que suceden en la vida cotidiana son explicados por la tercera ley de Newton.



Las fuerzas no se presentan solas, sino que forman un sistema de pares de fuerzas que actúan simultáneamente. Por ejemplo, al patear una pelota, el pie ejerce una fuerza sobre la pelota, pero, al mismo tiempo, puede sentirse una fuerza en dirección contraria aplicada por la pelota sobre el pie.

## PARA SABER MÁS

La **masa inercial** es una medida de la resistencia de un cuerpo al cambio de reposo o movimiento.

## 4

## La segunda ley de Newton

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Qué relación existe entre la fuerza y el movimiento?

Isaac Newton planteó que la aceleración que adquiere un cuerpo no solo depende de las fuerzas que actúan sobre él, sino también de su masa. Él formuló una **segunda ley**, llamada **principio de masa o principio fundamental de la dinámica**.

Esta ley establece lo siguiente: "la aceleración que experimenta un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza neta o resultante aplicada, e inversamente proporcional a su masa inercial".

Es decir,  $a = F/m$ . De esta relación se deduce la expresión que resume la segunda ley de Newton:

$$F = m \times a$$

Según la segunda ley de Newton, si una misma fuerza neta, distinta de cero, se aplica sobre dos cuerpos de diferente masa, adquiere menor aceleración el que tiene mayor masa debido a que es mayor la dificultad para moverlo y para modificar su velocidad, es decir, su inercia es mayor.



*Si empujamos un carrito lleno de víveres y otro vacío con la misma fuerza, este último será más fácil de mover; es decir, su aceleración será mayor.*

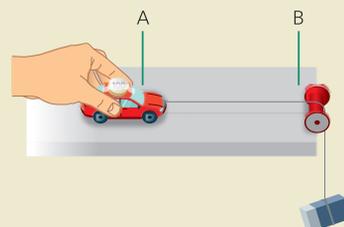
Esta ley también sostiene que si la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es mayor, la aceleración que experimenta también será mayor.



## EXPERIMENTAMOS

## Segunda ley de Newton

1. Organicen grupos de tres estudiantes y consigan un carrito de hilo vacío, un poco de plastilina, un cordel, un carrito de juguete, una goma, 10 monedas de 1 sol, una cinta adhesiva y un cronómetro.
2. Armen el montaje que se muestra en la imagen y marquen los puntos A y B en la mesa. Suelten el carrito y registren en sus cuadernos el tiempo que tarda en recorrer la distancia entre los puntos A y B.
3. Peguen con cinta adhesiva dos monedas sobre el carrito y vuelvan a registrar el tiempo que tarda en recorrer la distancia marcada. Repitan el procedimiento agregando dos monedas más sobre el carrito.



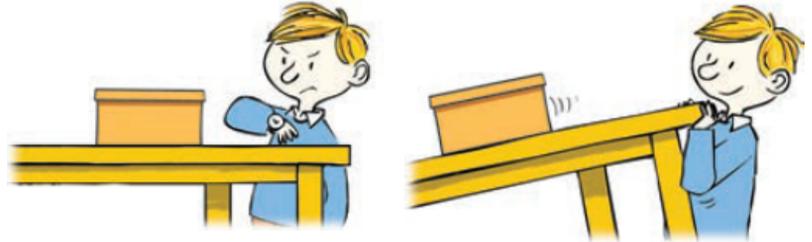
## Analiza los resultados

- ¿Qué relación observaste entre la masa del automóvil y el tiempo que empleó en recorrer la distancia marcada en la mesa? Explica.
- ¿Qué relación encontraste entre la masa del automóvil y la variación de velocidad en el recorrido? Fundamenta tu respuesta.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Qué ocurriría si desaparecieran las fuerzas de rozamiento?

La **fuerza de rozamiento** es una **fuerza de contacto que se opone al movimiento de los cuerpos** y es responsable de que estos reduzcan su rapidez e, incluso, de que se detengan.



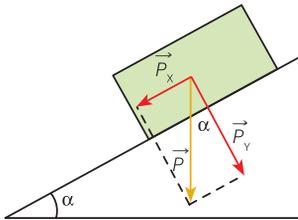
Cuando un cuerpo está apoyado en un plano horizontal, no se mueve sobre él a menos que le apliquemos una fuerza.

Si el cuerpo está apoyado sobre un plano inclinado, puede deslizarse sin que se le aplique ninguna fuerza adicional, lo cual se debe a la componente peso.

## El plano inclinado

El cuerpo que está sobre el plano inclinado está sometido solo a la acción de su peso. Esta fuerza no es perpendicular a la dirección del plano en el que se puede producir el movimiento del cuerpo; por ello, si la separamos en una componente perpendicular al plano ( $P_Y$ ) y otra paralela al plano ( $P_X$ ), encontramos la fuerza que hace que el cuerpo se mueva hacia abajo.

$$P_X = P \operatorname{sen} \alpha \quad P_Y = P \operatorname{cos} \alpha$$



Fuerzas en un plano inclinado.

La fuerza de rozamiento estático ( $f_r$ )

Es la fuerza de rozamiento ( $f_r$ ) que actúa sobre un cuerpo mientras este aún no se mueve. Depende del valor de la fuerza de reacción de la superficie de apoyo sobre el cuerpo (la fuerza normal,  $F_N$ ) y de las características de las dos superficies en contacto, es decir, del coeficiente de rozamiento estático. La ecuación de la fuerza de rozamiento estático es:

$$f_r = \mu_s \times F_N$$

Donde  $\mu_s$  es el coeficiente de rozamiento estático y depende de la naturaleza de la superficie en contacto.

La fuerza de rozamiento cinético ( $f_c$ )

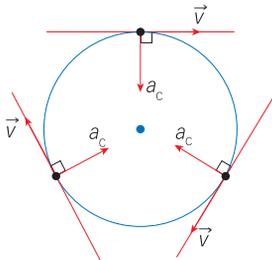
Una vez superada la fuerza de rozamiento estático máximo, el valor de la fuerza de rozamiento disminuye, haciéndose más fácil mantener el movimiento. Mientras el objeto se mueve, la fuerza de rozamiento recibe el nombre de fuerza de rozamiento cinético ( $f_c$ ). Su valor es constante, depende de la fuerza normal y de las superficies de contacto. La ecuación de la fuerza de rozamiento cinético es:

$$f_c = \mu_c \times F_N$$

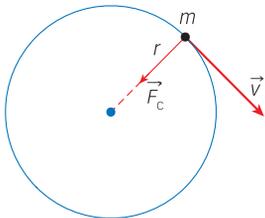
Donde  $\mu_c$  es el coeficiente de rozamiento cinético y su valor en general es menor que el coeficiente de rozamiento estático ( $\mu_s$ ).

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Cuál es la fuerza que le permite a un carro dar una curva?



En los movimientos circulares, el módulo de la velocidad puede ser constante, aunque la dirección esté cambiando. Debido a esto se produce la aceleración centrípeta.



La fuerza centrípeta sobre un cuerpo que gira es perpendicular a la velocidad.

Cuando un cuerpo se mueve con trayectoria circular, su velocidad lo lleva tangencialmente fuera de la circunferencia, y la fuerza neta se llama fuerza centrípeta porque apunta al centro de la trayectoria.

La **aceleración centrípeta** ( $a_c$ ) se produce sobre un cuerpo que describe un movimiento circular. La expresión de la  $a_c$  es la siguiente:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

Donde:

$v$  = velocidad tangencial

$r$  = radio de la trayectoria circular

Para hallar la expresión que nos permita calcular el valor de esta fuerza denominada centrípeta ( $F_c$ ), consideremos un cuerpo de masa  $m$  que gira con una velocidad lineal  $v$  y que describe una circunferencia de radio  $r$ . Al aplicar la segunda ley de Newton, tendremos:

$$F = m \times a \rightarrow F_c = m \times a_c = \frac{m \times v^2}{r}$$

$$F_c = \frac{m \times v^2}{r}$$

Como la relación existente entre la velocidad lineal  $v$  y la angular  $\omega$  es  $v = \omega \times r$ , podemos obtener otra ecuación análoga a la anterior que nos permitirá calcular la **fuerza centrípeta** en función de la velocidad angular. Esa ecuación se obtiene así:

$$F_c = \frac{m v^2}{r} = \frac{m (\omega r)^2}{r} = \frac{m \omega^2 r^2}{r} = m \times \omega^2 \times r$$

Es decir:  $F_c = m \times \omega^2 \times r$

La fuerza centrípeta es una fuerza resultante dirigida hacia el centro.

## EJERCICIO RESUELTO 9

Un piloto de masa  $m = 80$  kg se lanza desde su avión hacia abajo para describir un rizo siguiendo un arco de circunferencia de 600 m de radio. En la parte más baja de su trayectoria, tiene una velocidad de 150 m/s. ¿Cuál es la fuerza ejercida por el asiento sobre el piloto en ese instante?

- La fuerza ejercida por el asiento sobre el piloto es la fuerza normal, la cual podemos conocer si calculamos la fuerza centrípeta.
- Hallamos el DCL del piloto sentado. Aplicamos la segunda ley de Newton en el eje radial:

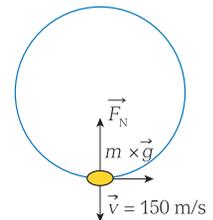
$$F_c = \Sigma F = \frac{m \times v^2}{r}$$

$$F_N - m \times g = \frac{m \times v^2}{r}$$

- Reemplazamos los datos y calculamos la fuerza normal:

$$F_N = 3784 \text{ N}$$

La fuerza ejercida por el asiento es 3784 N.



## ¿QUÉ RECUERDO?

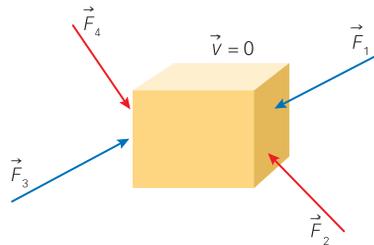
- ¿Qué es el equilibrio?

Observamos a nuestro alrededor, todos los cuerpos están constantemente sometidos a los efectos de las fuerzas. Por ejemplo, aunque no lo percibamos, la fuerza de gravedad está actuando en todo instante sobre tu cuerpo y sobre todo lo que está a tu alrededor.

Sin embargo, a veces es difícil identificar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo porque sus efectos no son tan evidentes. En estos casos, se dice que las fuerzas se compensan y el cuerpo se encuentra en equilibrio. Para que se pierda este equilibrio, basta con que una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo sea mayor o que actúe una fuerza externa al sistema.

## El equilibrio de traslación

Un cuerpo está en equilibrio de traslación cuando se encuentra en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme cuando presenta una velocidad constante.



$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$$

$$\vec{F}_R = \sum \vec{F} = 0$$

donde,  $\vec{F}_R$  = fuerza resultante

## EJERCICIO RESUELTO 12

Se colocan 3 kg de caramelos y 2 kg de juguetes en una piñata de un kilogramo. ¿Con qué fuerza una cuerda debe sostener la piñata para que no se caiga? (Dato:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

- Calculamos la masa total:  
 $3 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 1 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$
- Hacemos el DCL de la piñata:



- Hallamos el peso total:  
 $P = m \times g = 6 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 60 \text{ N}$   
La piñata debe estar en reposo, por lo tanto, en equilibrio.  
Entonces:  $\sum F_y = 0$   
 $T - P = 0$   
Despejando  $T = P$ , por lo tanto,  $T = 60 \text{ N}$ .



En el ballet es muy importante aprender a mantener el equilibrio corporal.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Como se producen los giros sobre un mismo punto?

Para poder comprender las condiciones de equilibrio de rotación de un cuerpo, es necesario traer a colación una nueva magnitud física llamada torque o momento de una fuerza.



El torque lo encontramos en varios acontecimientos de nuestra vida diaria. Por ejemplo, cuando abrimos una puerta o la llave del caño, o cuando ajustamos una tuerca y se produce un giro.

El torque o momento de fuerza ( $\tau$ )

Para que una fuerza origine rotación, es necesario que exista un eje de giro o pivot y que el punto de aplicación de la fuerza se encuentre a una determinada distancia del pivot. El torque o momento de fuerza es el mayor posible cuando el brazo de palanca es perpendicular a la línea de acción de la fuerza.

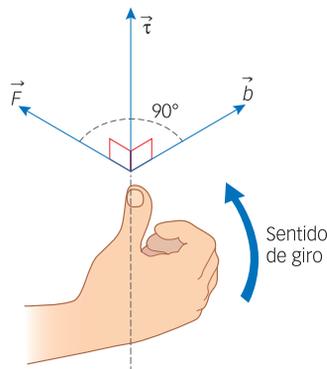
El torque es una magnitud vectorial cuyo módulo se calcula con el producto de la fuerza ( $F$ ) y su brazo de palanca ( $b$ ). Para determinar la dirección del torque, podemos usar la regla de la mano derecha.



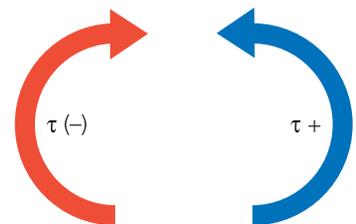
Elementos de la rotación.

$$\tau = F \times b$$

La condición para que un cuerpo permanezca en **equilibrio de rotación** es que el **momento resultante** de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo sea **nulo**.



La regla de la mano derecha se usa para establecer la dirección del torque.



Si el giro es horario, el torque se considera negativo, y si el giro es antihorario, el torque es positivo.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Qué te permite moverte?

Es el estudio de las fuerzas musculares que producen movimiento y equilibrio en los vertebrados.



Realizamos muchas actividades físicas, como saltar, caminar, correr o cargar, de manera natural y a diario, pero ¿cómo hacemos estos movimientos? ¿Qué hace posible que los llevemos a cabo?

## La fuerza muscular

La postura y el movimiento de los seres vivos están controlados por fuerzas producidas por los músculos. La contracción del músculo produce dos pares de fuerzas que actúan sobre los huesos conocidas como fuerzas de acción-reacción entre cada hueso y músculo.

La fuerza máxima que ejerce un músculo depende del área de su sección transversal, y en el hombre es de unos 90 a 40 N/cm<sup>2</sup>.

## ¿Cómo se produce el movimiento?

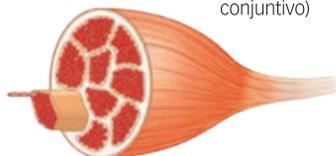
Cuando los músculos se contraen, se acortan provocando el movimiento. Al acortarse, tiran del hueso al que están anclados y lo desplazan.

Muchos músculos voluntarios de nuestro cuerpo trabajan en parejas, de forma que si uno de ellos se contrae, el otro se relaja, y viceversa. el movimiento de estos músculos produce acciones antagónicas o contrarias. Un ejemplo de pareja de músculos antagónicas es la formada por los bíceps y tríceps.

## PARA SABER MÁS

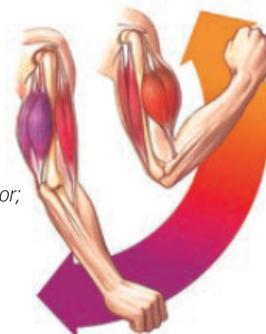
Un músculo está formado por un gran número de fibras cuyas células son capaces de contraerse al ser estimuladas por impulsos que llegan a ellas procedentes de los nervios.

Sección transversal      Tendón (tejido conjuntivo)



Fibras musculares

Estructura de un músculo estriado cortado transversalmente.



**Bíceps** es el flexor; es decir, cuando se contrae flexiona el antebrazo.

**Tríceps** es el extensor; es decir, cuando se contrae, extiende el antebrazo.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Existe alguna fuerza que nos mantiene en constante movimiento alrededor del Sol?

Desde la Antigüedad, la humanidad ha tratado de comprender, describir y explicar los fenómenos físicos que ocurren en el universo.

Prueba de este hecho son los grandes monumentos que se han construido tomando como referencia los puntos de salida y puesta del Sol, así como diferentes posiciones de la Luna, Marte y Venus con respecto a la Tierra.

## Modelos del universo

Claudio Ptolomeo, astrónomo de Alejandría, postuló el llamado modelo geocéntrico del universo. Según este modelo, la Tierra permanecería inmóvil ubicada en el centro del universo, y el Sol giraba en torno a ella realizando un viaje una vez al día, siguiendo una trayectoria llamada elíptica.

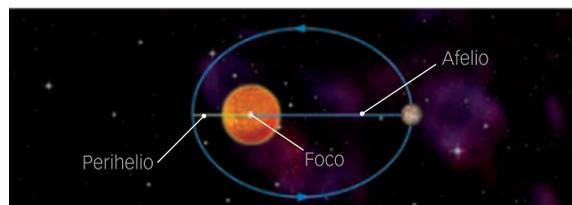
Nicolás Copérnico planteó el llamado modelo heliocéntrico según el cual todos los planetas, incluida la Tierra, giraban a su vez alrededor del Sol. La Luna giraba alrededor de la Tierra. También ideó un sistema de epiciclos: cada planeta se movía en un círculo superpuesto a su gran órbita circular alrededor del Sol.

## Las leyes de Kepler

El astrónomo alemán Johannes Kepler formuló un conjunto de leyes para el movimiento de los cuerpos celestes.

## Primera ley

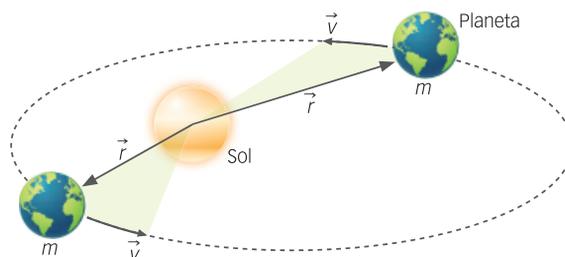
Cada planeta se mueve alrededor del Sol en una curva llamada elipse, con el Sol en uno de sus focos.



*Todos los planetas se mueven alrededor del Sol, describiendo órbitas elípticas en las que en uno de sus focos se encuentra el Sol.*

## Segunda ley

Los planetas no se mueven alrededor del Sol con velocidades uniformes, sino que lo hacen más rápido cuando están cerca y más lento cuando están más lejos.



$$V_1 \times r_1 = V_2 \times r_2$$

 METACOGNICIÓN

- ¿Por qué es importante el estudio de este tema para tu vida diaria?

## Un planeta similar a la Tierra

La misión Kepler de la NASA ha encontrado al hermano gemelo de la Tierra. El satélite, que orbita alrededor de nuestra estrella en busca de nuevos mundos, ha detectado el planeta más parecido en tamaño a la Tierra dentro de la denominada zona habitable definida alrededor de cada estrella, es decir, aquella en la que se podría encontrar agua líquida y, posiblemente vida, en la superficie del planeta.

Desde que fue lanzada la misión en el 2009, se han encontrado planetas muy similares al nuestro. La propia NASA ha confirmado que este hallazgo supone que el punto clave no está en el planeta, sino en la estrella. “Cabe señalar que el interés de este hallazgo es, además del tamaño parecido del planeta con la Tierra, que orbita alrededor de una estrella parecida al Sol”, explica David Barrado, investigador del Centro de Astrobiología (INTA-CSIC).



### PROPUESTA DE TRABAJO

1. Busca información sobre los descubrimientos más importantes de nuestro sistema solar.
2. Organiza la información en una tabla, por ejemplo, y busca imágenes que ejemplifiquen cada momento o idea.
3. Elabora una línea de tiempo demostrando el avance de la astronomía utilizando recursos virtuales como Dipity, TimeRime, entre otros.



Desarrolla la página 63 del **Libro de actividades**.

### RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Criterios a evaluar	Excelente	Satisfactorio	En proceso	Iniciado
Estructura y proceso	El grupo elaboró un borrador de la línea de tiempo, cuya estructura está muy bien relacionada con la información presentada.	El grupo elaboró un borrador de la línea de tiempo cuya estructura está relacionada con la información presentada.	El grupo elaboró un borrador de la línea de tiempo cuya estructura está poco relacionada con la información presentada.	El grupo elaboró un borrador de la línea de tiempo cuya estructura no tiene relación con la información presentada.
Contenido	El estudiante tiene un dominio avanzado del tema. Toda la información presentada es clara y precisa.	El estudiante tiene un dominio satisfactorio del tema. La mayor parte de la información es clara y precisa.	El estudiante tiene un dominio básico del tema. Presenta información confusa sobre el tema, con uno o más errores.	El estudiante no tiene dominio del tema. Presenta información confusa e irrelevante.
Uso de elementos gráficos informativos	El estudiante presenta gráficos o videos que ejemplifiquen y/o respalden el tema.	El estudiante presenta imágenes, gráficos o videos, pero estos no ejemplifican y/o respaldan el tema.	El estudiante presenta imágenes, gráficos o videos de manera confusa, pero sin relación con el tema.	El estudiante no presenta imágenes, gráficos o videos.

## EXPLICA EL MUNDO FÍSICO

### Comprende y usa conocimientos científicos

1 Razona si las siguientes parejas de fuerza son de acción y reacción.

- La fuerza de atracción magnética entre dos imanes próximos.
- La fuerza de atracción gravitatoria entre la Tierra y la Luna.
- La fuerza que estira un muelle y la fuerza recuperadora del muelle.
- El peso y la normal de un libro situado en una mesa.
- El peso y la fuerza de rozamiento de una pelota cayendo.

2 El Meteosat es un satélite meteorológico de 200 kg desarrollado por la Agencia Espacial Americana (ESA). Se encuentra en una órbita geostacionaria, es decir, con la misma velocidad angular de rotación que la Tierra, que lo mantiene prácticamente sobre el mismo punto de la superficie a 36 000 km. (Dato:  $r_T = 6370$  km)

- Calcula la velocidad del satélite y exprésala en km/h y en m/s.
- Halla su aceleración centrípeta.
- Determina la fuerza centrípeta que lo mantiene en órbita.

3 Un compañero de clases y tú intentan patear una pelota de manera que se desplace horizontalmente lo más lejos posible.

- ¿Qué factores deben considerar para que esta acción sea posible?
- ¿Con qué ángulo deben patear la pelota para que esto suceda?
- Propongan un ejemplo y comprueben la respuesta anterior con datos numéricos.
- ¿Cómo deben patear la pelota si quieren que alcance una gran altura?
- Si logran que la pelota alcance una gran altura, también podrá desplazarse horizontalmente. ¿Por qué?

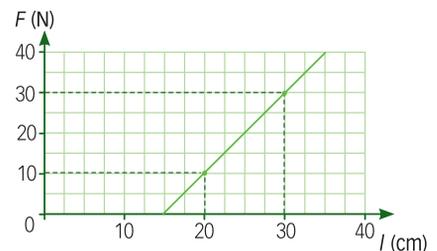
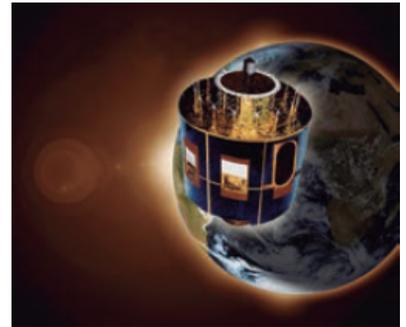
4 En la gráfica está representada la longitud de un resorte elástico en función de la fuerza aplicada sobre él.

- ¿Cuál es la constante de elasticidad del resorte?
- El límite de elasticidad está definido como el momento en que el resorte ya no se comporta como un cuerpo elástico, es decir, cuando los valores se desvían mucho de la recta. Entonces, ¿cuál es el límite de elasticidad para este resorte?

5 Dibuja la gráfica velocidad-tiempo de un cuerpo de 25 kg de masa a partir de los datos de la tabla.

- Calcula la fuerza que actúa sobre el móvil en cada tramo.
- ¿La gráfica fuerza-tiempo es una línea recta?

Velocidad (m/s)	10	10	10	10	20	20	20
Tiempo (s)	0	2	4	6	8	8	10
Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	0	0	0	5	0	0	-10
Fuerza (N)	0	0	0	250	0	0	-500



# 4

## El trabajo, la energía y la potencia

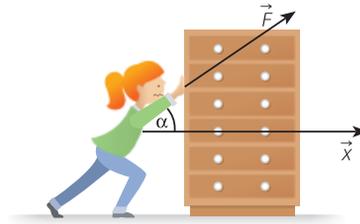
### ¿QUÉ APRENDERÉ?

- Calcular el trabajo de una fuerza constante y de una fuerza variable con la posición.
- Reconocer las transformaciones, propiedades y transferencia de energía para explicar algunos fenómenos cotidianos.
- Explicar la conservación de la energía mecánica.
- Distinguir los conceptos de trabajo, energía y potencia.
- Identificar la energía cinética y la energía potencial en diferentes situaciones.

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Es necesaria una fuerza para realizar un trabajo?

En muchas ocasiones utilizamos la palabra *trabajo* para describir alguna actividad que requiere algo de esfuerzo físico o intelectual, como mover un mueble, montar una bicicleta o leer un libro. Pero en física, ¿tendrá el mismo significado? En este caso, el concepto de trabajo está asociado a la acción de una fuerza sobre un objeto y a su desplazamiento.



*Por ejemplo, cuando mueves un objeto una determinada distancia, se dice que se ha realizado un trabajo, para el cual se ha tenido que ejercer una fuerza de una magnitud dada.*

Al aplicar una fuerza constante  $F$  sobre el objeto, se forma un ángulo respecto de la dirección del movimiento. Si el objeto se desplaza  $\Delta x$  en línea recta, entonces se realiza trabajo mecánico.

El **trabajo** es la energía que se transfiere de un cuerpo (o sistema) a otro **por medio de una fuerza** que provoca un **desplazamiento**. El trabajo realizado ( $W$ ) se calcula de la siguiente manera:

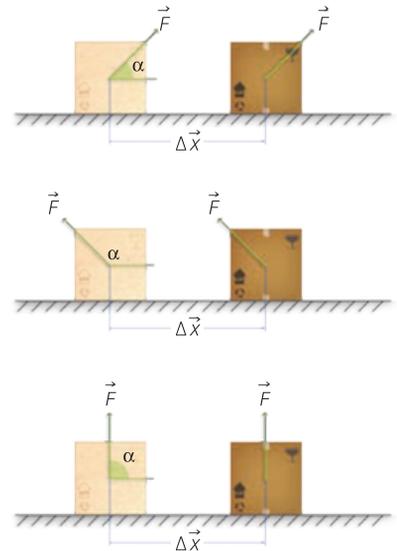
$$W = F \times \cos \alpha \times \Delta x$$

El trabajo mecánico es una magnitud escalar cuya unidad en el sistema internacional es el *joule* (J).

## Trabajo según la dirección de la fuerza

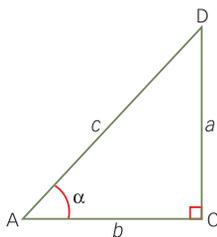
Según el ángulo que forman la fuerza y el desplazamiento, podemos distinguir los siguientes casos:

- **Trabajo positivo o motor ( $W > 0$ ).** Si la dirección de la fuerza constante coincide con la dirección del movimiento, es decir,  $\alpha > 0$
- **Trabajo negativo ( $W < 0$ ).** Si el sentido de la fuerza es contrario al movimiento, es decir,  $\alpha < 90^\circ$ . Por ejemplo, la  $f_r$ .
- **Trabajo nulo o resistor ( $W = 0$ ).** Si la fuerza es perpendicular al movimiento,  $\alpha = 90^\circ$ . Por ejemplo, el trabajo realizado por tu fuerza peso cuando te desplazas en auto.



## PARA SABER MÁS

El coseno de un ángulo en un triángulo rectángulo se define como la razón de la longitud del cateto adyacente al ángulo sobre la longitud de la hipotenusa. Se calcula dividiendo la longitud del cateto contiguo al ángulo ( $b$ ) entre la longitud de la hipotenusa ( $c$ ).



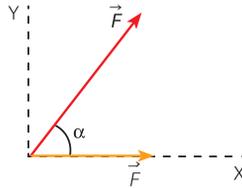
$$\cos \alpha = \frac{\text{cateto adyacente}}{\text{cateto opuesto}} = \frac{b}{c}$$

## EJERCICIO RESUELTO 1

Un niño jala con una fuerza de 200 N un pequeño carrito, el cual forma un ángulo de  $60^\circ$  con respecto a la horizontal. Si el carrito se mueve una distancia horizontal de 5 m, ¿qué cantidad de trabajo ha realizado el niño?



- Realizamos el DCL del sistema y descomponemos la fuerza:



$$W = F_x \times x + F_y \times y$$

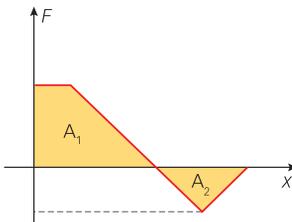
$$W = (200 \text{ N} \times \cos 60) \times 5 \text{ m} + (200 \text{ N} \times \sin 60) \times 0 \text{ m}$$

$$W = 500 \text{ J}$$

La fuerza  $F$  ha realizado un trabajo de 500 J.

### PARA SABER MÁS

Si la fuerza  $F$  varía según muestra el gráfico:



Se observa:

$A_1$ : trabajo positivo

$A_2$ : trabajo negativo

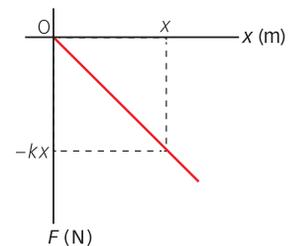
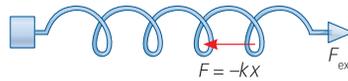
Luego:

$$W_T = W_N = A_1 - A_2$$

## EJERCICIO RESUELTO 2

Un resorte tiene una constante elástica  $k = 1000 \text{ N/m}$  y una longitud natural de 10 cm. El resorte es estirado hasta que su longitud aumenta a 14 cm. ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza elástica?

- Consideramos que la fuerza elástica de un resorte varía según la deformación. Entonces, estamos frente a una fuerza variable que según la ley de Hooke se expresa así:  $F = -k \times x$ .



- Calculamos el trabajo con el área desde 0 hasta  $x$ :

$$W = \text{área del triángulo} = \frac{1}{2}(x)(-kx) = -\frac{1}{2}kx^2$$

- Reemplazamos los datos del problema y resolvemos:

$$W_{\text{resorte}} = \frac{1}{2}(1000 \text{ N/m})(0,04 \text{ m})^2$$

$$W_{\text{resorte}} = -0,8 \text{ J}$$

El signo negativo indica que el resorte ofrece resistencia y hace un trabajo resistor cuando es estirado.

## La potencia y la velocidad

En ocasiones es útil expresar la potencia del motor de un automóvil en función de la velocidad a la que se desplaza.

Los siguientes cálculos se refieren a un movimiento uniforme:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\vec{F} \times \Delta X}{t} = \vec{F} \times \frac{\Delta X}{t}$$

$$P = F \times v$$

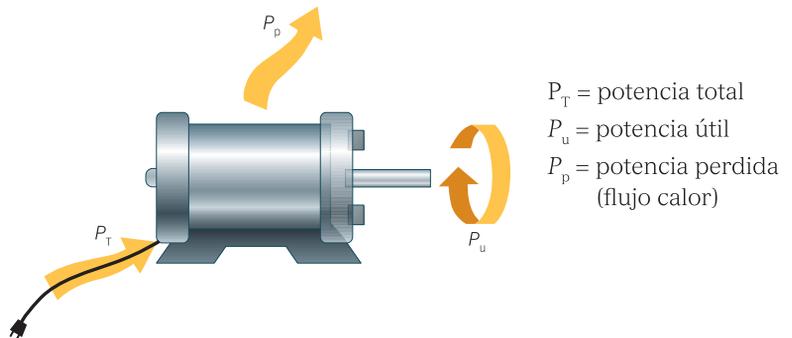
Es decir, podemos conocer la potencia a partir de la fuerza desarrollada y la velocidad a la que se desplaza el automóvil.

## El rendimiento y la eficiencia ( $\eta$ )

En todas las máquinas se realiza un trabajo (trabajo motor) y se obtiene otro trabajo (trabajo útil). La noción de **rendimiento** se asocia a la **eficiencia de una máquina** para realizar un trabajo.

### Algunas potencias típicas

Máquinas	Potencias (HP)
Ascensor	8
Motocicleta	10
Grúa de obra	5 - 20
Lancha motora	3 - 200
Excavadora	150 - 300
Camión	400
Remolcador	20 000
Avión Airbus 380	100 000



El rendimiento  $\eta$  se define como la potencia útil ( $P_u$ ) dividida entre la potencia total ( $P_T$ ) entregada a la máquina.

$$\eta = \frac{P_u}{P_T}$$

### EJERCICIO RESUELTO 3

Un ascensor de 800 kg accionado por un motor eléctrico puede transportar con seguridad una carga máxima de 200 kg. ¿Qué potencia suministra el motor cuando el ascensor suba con la carga máxima a una velocidad constante de 3 m/s?

- Expresamos la potencia en términos de la velocidad:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\vec{F} \times \Delta X}{t} \Rightarrow v = \frac{\Delta X}{t}$$

Si la velocidad es constante,  $P = F \times v$

- Consideramos que la fuerza aplicada por el motor es igual al peso total: (1000 kg) (9,8 m/s<sup>2</sup>) = 9800 N cuando el ascensor sube con la máxima carga en equilibrio (velocidad constante), entonces, la potencia suministrada por el motor es:

$$P = F \times v = (9800)(3 \text{ m/s}) = 29\,400 \text{ W} = 29,4 \text{ kW}$$



### METACOGNICIÓN

- ¿Qué habilidades he desarrollado? ¿En qué parte del tema requerí más tiempo?

### 3 La energía

#### ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Por qué se producen cambios en los cuerpos?

Desde el punto de vista físico, la energía es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo mecánico (por ejemplo, levantar un peso), emitir luz o generar calor. Todas las actividades del universo se producen gracias a la energía. La energía es única, aunque se presenta de distintas formas.

En el sistema internacional, la energía se mide en *joules* (J). Otras unidades para expresar la energía son las calorías (cal).

$$\begin{aligned} 1 \text{ J} &= 0,24 \text{ cal} & 1 \text{ cal} &= 4,18 \text{ J} \\ 1 \text{ kJ} &= 10^3 \text{ J} & 1 \text{ kcal} &= 10^3 \text{ cal} \end{aligned}$$

#### Tipos de energía

La energía puede clasificarse de distintas maneras. Sin embargo, se consideran tres categorías fundamentales de energía en un cuerpo:

- **Energía interna.** Debido a la composición y al estado físico de un cuerpo.
- **Energía cinética.** Debido al movimiento de las partículas de un cuerpo.
- **Energía potencial.** Debido a la posición que ocupa un cuerpo en un campo de fuerzas.

#### Formas de energía

Podemos agruparlas en seis tipos:



En un foco, cuando la electricidad pasa a través del alambre, se pone incandescente y nos proporciona luz.

Química	Es aquella contenida en la materia debido a su estructura interna. Esta se puede aprovechar gracias a las reacciones químicas; por ejemplo, la combustión.
Térmica	Es la energía que se transfiere de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Depende de dos magnitudes: la temperatura del cuerpo y la cantidad de materia.
Mecánica	Es aquella que posee un cuerpo debido a su movimiento (energía cinética) o a su posición (energía potencial); por ejemplo, el sonido es una forma de energía mecánica.
Eléctrica	Es aquella que obtenemos a partir del movimiento de las cargas eléctricas.
Magnética	Es la energía producida por acciones magnéticas; por ejemplo, una punta metálica cerca de un imán posee una energía, en función de su posición.
Radiante	Es aquella que transmiten las ondas electromagnéticas, ya sean luz visible, ondas de radio, rayos X, etc.; por ejemplo, la energía que transporta la luz visible procedente del Sol.



La energía cinética y la energía potencial varían desde que una persona se encuentra en lo alto del tobogán hasta que llega al agua.

## La energía mecánica ( $E_M$ )

Es la energía asociada tanto al movimiento como a la posición de los cuerpos y se manifiesta de dos formas: energía cinética ( $E_C$ ) y energía potencial ( $E_P$ ). Por lo tanto, la energía mecánica corresponde a la suma algebraica de estas energías.

$$E_M = E_C + E_P$$

## La energía cinética ( $E_C$ )

Cuando un **cuerpo** se encuentra **en desplazamiento**, es capaz de transferir energía asociada a este movimiento. El valor de la energía cinética depende tanto de la masa ( $m$ ) del cuerpo como de la rapidez ( $v$ ) de su movimiento, y se puede expresar así:

$$E_C = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

## La energía potencial ( $E_P$ )

Es la energía que tienen los **cuerpos** por ocupar una determinada **posición**. Dependiendo del cuerpo y del medio en que se encuentre, hablamos de energía potencial gravitatoria o energía potencial elástica.

### Energía potencial gravitatoria ( $E_{Pg}$ )

Es la energía que poseen los cuerpos cuando se encuentran a una determinada altura respecto del suelo. Su valor depende de la aceleración de gravedad ( $g$ ) del lugar, la masa del cuerpo ( $m$ ) y la altura ( $h$ ), de modo que la energía se puede expresar así:

$$E_{Pg} = m \times g \times h$$



### Energía potencial elástica ( $E_{Pe}$ )

Es la energía que tienen los cuerpos que sufren deformación, como los resortes. Su valor depende de la constante de elasticidad del cuerpo ( $k$ ) y de la elongación o compresión ( $x$ ) que experimenta el cuerpo, y se expresa así:

$$E_{Pe} = \frac{1}{2} \times k \times x^2$$



## EJERCICIO RESUELTO 7

Calcula la energía potencial que tendrían unas pesas de 80 kg si las levantara un atleta hasta una altura de 2 m.

- Anotamos los datos y calculamos:  $m = 80 \text{ kg}$ ;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ;  $h = 2 \text{ m}$

$$E_p = m \times g \times h = 80 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2 \text{ m} = 1568 \text{ kg} \times \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1568 \text{ J}$$

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Alguna vez has experimentado algún cambio de energía?

En física hay magnitudes que se mantienen constantes en ciertas condiciones, estas magnitudes obedecen a un principio de conservación. Una de ellas es la energía mecánica (suma de las energías cinética y potencial).

El **principio de conservación de la energía mecánica** postula que: si la única fuerza que realiza trabajo sobre un cuerpo es su propio peso, su energía mecánica se mantiene constante.

Es decir, si  $E_M$  es constante, entonces:

$$E_C + E_P = \text{constante}$$

Pero si existe rozamiento, parte de la energía se degrada en forma de calor y la energía mecánica del sistema no se conserva.

Analicemos la siguiente situación suponiendo que no existe fuerza de rozamiento.

- 1** Si consideramos que el origen de nuestro sistema de coordenadas está a nivel del suelo, en este punto la energía potencial gravitatoria es máxima y la energía cinética es cero.

$$E_C + E_g = k$$

- 2** Al ascender, la energía cinética va disminuyendo y aumenta su energía potencial gravitatoria, hasta llegar a su altura máxima, donde la energía cinética es cero y la potencial es máxima.

$$E_C + E_g = k$$

- 3** Cuando comienza a descender, la energía potencial gravitatoria disminuye, mientras que la cinética aumenta. En este punto, su velocidad es máxima, pues su energía cinética es máxima y su energía potencial gravitatoria es cero.

$$E_C + E_g = k$$



¿Por qué el deportista no se eleva más en un extremo que en el otro? Esto ocurre porque la energía mecánica se mantiene constante: cuando la energía cinética disminuye, la energía potencial gravitatoria aumenta en la misma magnitud, y viceversa, manteniéndose siempre el mismo valor para la energía mecánica.

## Las fuerzas conservativas y no conservativas

Las situaciones ideales son aquellas donde únicamente las fuerzas conservativas actúan sobre un objeto. En situaciones reales, las fuerzas no conservativas (disipativas) liberan la energía en forma de calor ( $Q$ ); por lo tanto, la energía disipada ( $\Delta Q$ ) por las fuerzas no conservativas es igual al trabajo de las fuerzas no conservativas ( $W_{FNC}$ ).

## EJERCICIO RESUELTO 11

Una pelota tiene una masa de 2 kg y una velocidad de 10 m/s. ¿Cuál debe ser la velocidad de una bala de 0,1 kg para que tenga la misma cantidad de movimiento que la pelota?

- Calculamos la cantidad de movimiento de la pelota:

$$p_{\text{pelota}} = m \times v \times p = (2 \text{ kg})(10 \text{ m/s}) = 20 \text{ kg m/s}$$

- Calculamos la cantidad de movimiento de la bala:

$$p_{\text{bala}} = m \times v \times p = (0,1 \text{ kg}) \times v$$

- Igualamos las cantidades de movimiento y resolvemos:

$$v = 200 \text{ m/s}$$

La velocidad de la pelota es 200 m/s.



## VIVE SALUDABLEMENTE

Existen deportes extremos en los cuales la posibilidad de accidentarse aumenta si no se adoptan ciertas medidas de precaución, como es el salto en *bungee*. En este deporte se utiliza una cuerda elástica que se ata a los pies del deportista para que el tiempo que demora en anularse el momento lineal sea lo más grande posible y la magnitud de la fuerza la menor.

- ¿Qué medidas tomarías si practicaras este deporte?

## Las máquinas mecánicas

Son dispositivos que transforman una energía o un trabajo en otro que resulte más beneficioso. En ocasiones, las máquinas mecánicas transforman la fuerza que aplicamos en otra fuerza mayor, pero realizamos el mismo trabajo.



Aunque al ejercer una fuerza menor el esfuerzo también es menor.

- **Palanca.** Es una máquina sencilla que permite vencer una elevada fuerza resistente ( $F_R$ ), aplicando una fuerza motriz ( $F_M$ ) más pequeña. El producto de una fuerza por su distancia al fulcro ( $b_R$ ) tiene que ser igual al producto de la otra fuerza por su distancia respectiva al fulcro ( $b_M$ ) para conseguir que la barra esté en equilibrio.

$$F_R \times b_R = F_M \times b_M$$

- **Plano inclinado.** Es una máquina simple que permite subir objetos realizando menos fuerza, pero recorriendo mayor distancia. Utilizar rampas no nos ahorra trabajo, pero permite subir pesos aplicando una fuerza menor.
- **Polea.** En la polea fija se cumple que  $b_M = b_R$ , por lo tanto, no se amplifica la fuerza. Sin embargo, se utiliza la polea porque la fuerza motriz se aplica más cómodamente. En efecto, si intentamos sacar un balde lleno de agua de un pozo utilizando una cuerda, ejercemos realmente la misma fuerza con polea y sin ella. Pero si utilizamos una polea y tiramos de la cuerda hacia abajo, nuestro propio peso nos ayuda a ejercer dicha fuerza y a levantar el balde.



## ¿CÓMO VAMOS?

- 7 Una partícula de 5 kg de masa que se mueve a 2 m/s, choca contra otra partícula de 8 kg de masa inicialmente en reposo. Si el choque es frontal y elástico, hallar la velocidad de cada partícula después del choque.



Desarrolla las páginas 74 y 75 del **Libro de actividades**.

## Las energías renovables

El Centro de Energías Renovables y Uso Racional de la Energía de la Universidad Nacional de Ingeniería (CER-UNI) como parte del proyecto Emergiendo con el Sol, y bajo el Convenio de Cooperación sobre Transferencia Tecnológica en Energía Fotovoltaica con el grupo de Investigación y Desarrollo en Energía Solar (Grupo IDEA) de la Universidad de Jaén, España, en mayo del 2016 realizó la instalación de un sistema solar fotovoltaico que se conecta directamente a una red de la electricidad.

El sistema produce energía eléctrica a partir de energía solar, para el autoconsumo en lugares donde no existe acceso a la red nacional de electricidad e inyecta a la red pública la energía excedente. En este caso, el objetivo de la instalación se hizo con fines de investigación, comprobándose la factibilidad de una conexión a red en el Perú. Una instalación así podría ser utilizada en casas, empresas, fábricas, etc., para reducir los costos mensuales de electricidad.

Archivo diario El Peruano



### PROPUESTA DE TRABAJO

Busca información sobre en libros, revistas y páginas web especializadas para conocer más sobre el tema.

1. Selecciona información sobre los avances en el uso de energía renovables en el Perú.
2. A partir de la información recopilada, elabora una lista de los tipos de energía utilizados y las ventajas y desventajas de su implementación en el país.

3. Elabora una presentación en PowerPoint o Prezi sobre las energías renovables, sus ventajas y desventajas y analiza cuál sería el impacto de su implementación en la conservación del medio ambiente.



Desarrolla la página 81 del **Libro de actividades**.

### RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Crterios a evaluar	Excelente	Satisfactorio	En proceso	Iniciado
Uso de la información	La información utilizada por el estudiante es muy comprensible.	La información utilizada por el estudiante presenta mínimos errores.	La información utilizada por el estudiante es poco comprensible.	La información utilizada por el estudiante no es comprensible.
Herramientas digitales	El estudiante tiene dominio elevado de las herramientas digitales.	El estudiante tiene un dominio alto de las herramientas digitales.	El estudiante tiene un dominio medio de las herramientas digitales.	El estudiante tiene dificultades para usar las herramientas digitales.
Exposición	El estudiante domina el tema y lo explica en sus diferentes aspectos.	El estudiante logra explicar el tema en sus diferentes aspectos.	El estudiante explica el tema en algunos aspectos.	El estudiante conoce el tema superficialmente.

## EXPLICA EL MUNDO FÍSICO

### Comprende y usa conocimientos científicos

- 1 ¿Qué ocurre cuando una fuerza no conservativa actúa sobre un objeto?
  - La energía cinética siempre es mayor que la potencial.
  - La energía mecánica se conserva.
  - Siempre se conserva la energía cinética.
  - Se conserva la energía total.
- 2 Si un resorte de constante elástica de 16 N/m se comprime 20 cm, ¿cuál es la energía potencial elástica en *joules*?
- 3 El carrito de la figura 1 tiene una masa de 750 g. Tiramos de él con una fuerza de 5 N y conseguimos que se desplace 80 cm. Si el coeficiente de rozamiento entre el carrito y el plano es 0,4, calcula:
  - El trabajo que realiza la fuerza  $F$ .
  - El trabajo que realizan las fuerzas  $P$  y  $N$ .
  - El trabajo que realiza la fuerza de rozamiento.
  - El trabajo total que se realiza sobre el carrito.
- 4 Una fuerza que actúa sobre un cuerpo provocándole un movimiento puede hacer que su energía cinética aumente cualquier cantidad.
  - ¿Es posible que una fuerza consiga que la energía cinética de un cuerpo disminuya cualquier cantidad?
  - Deduce una expresión que relacione la variación de energía cinética con el módulo de la fuerza aplicada sobre un objeto.
- 5 Un niño alcanza una altura máxima de 1 m cuando se balancea en un columpio que, en reposo vertical, está a 0,5 m del suelo.
  - ¿Cuál es la velocidad máxima que puede conseguir?
  - ¿Depende esta velocidad de la masa del niño que se balancea?
- 6 La figura 2 esquematiza una fuerza variable en función del desplazamiento. Señala el trabajo realizado.
- 7 Un ascensor funciona gracias a un motor que lo impulsa hacia arriba con una velocidad constante  $v$  de 7,5 m/s. En dicho ascensor se encuentran cuatro personas de 70 kg cada una. Si cada piso tiene una altura de 2,5 m, responde. (Dato:  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ )
  - ¿Cuál es el trabajo que realiza el motor para subir a las personas tres pisos?
  - ¿Cuál es la potencia que necesita el motor para subir del tercer al cuarto piso?
  - Si suben siete personas, ¿cuál sería la potencia realizada por el motor para subir un piso?
- 8 Un cuerpo recorre la trayectoria mostrada en la figura 3 desde A hasta B, bajo la acción de una fuerza constante  $F$  de magnitud 5 N. Halla el trabajo que realiza la fuerza  $F$  para trasladar el cuerpo desde A hasta B.

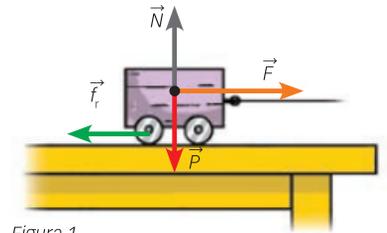


Figura 1

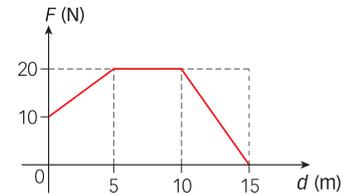


Figura 2

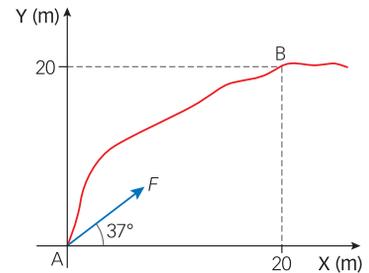


Figura 3

# 5

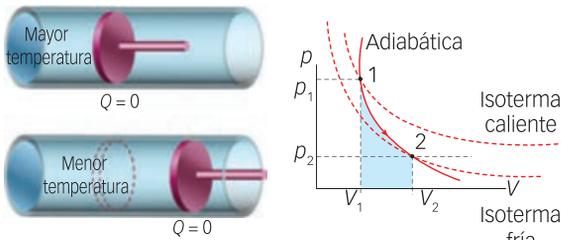
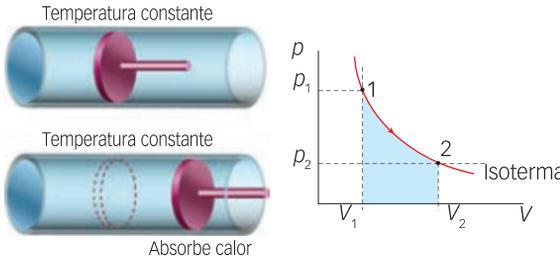
## La temperatura y los fluidos

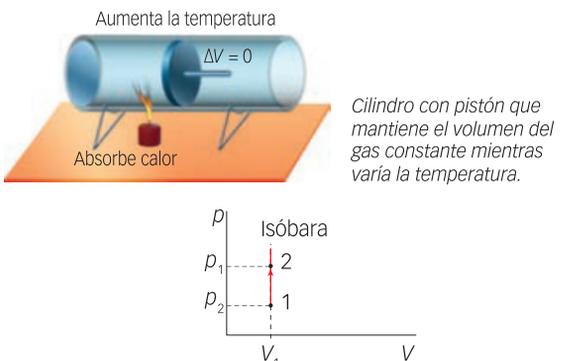
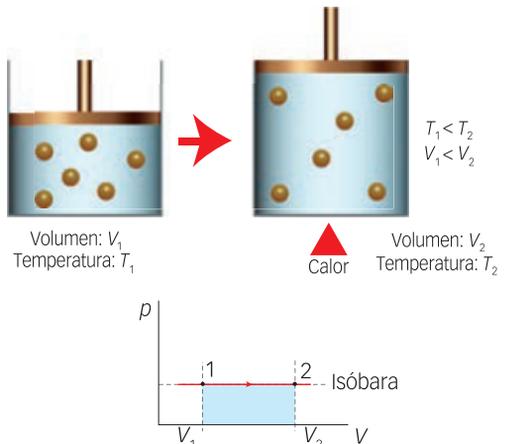
### ¿QUÉ APRENDERÉ?

- Definir conceptos básicos de temperatura y fluidos.
- Diferenciar los estados de la materia y los tipos de dilatación.
- Describir el comportamiento de los gases en función de sus variables de estado: presión, volumen y temperatura.
- Identificar el comportamiento de los gases a partir del modelo de gas ideal.
- Analizar y explicar el comportamiento de los sistemas sometidos a los procesos termodinámicos.
- Comprender la relación entre el aumento de la temperatura y las consecuencias del calentamiento global.

## Los procesos termodinámicos

Nos permiten estudiar el comportamiento de un gas manteniendo la temperatura, la presión, el calor o el volumen constantes. Estos procesos se suelen clasificar de la siguiente manera:

El proceso adiabático	El proceso isotérmico
<p>En este tipo de procesos no hay transferencia de calor, es decir, <math>Q = 0</math>.</p> <p>De acuerdo con la primera ley de la termodinámica, tenemos:</p> $\Delta U = Q - W$ <p>Como <math>Q = 0</math>, entonces:</p> $\Delta U = -W$ <p>La variación de energía interna es igual al trabajo, ya sea realizado por el sistema o sobre el sistema.</p>  <p><i>Cilindro con émbolo que no permite transferencia de calor exterior.</i></p>	<p>En este tipo de procesos la temperatura permanece constante, es decir, no varía; en consecuencia, la energía interna permanece constante, lo cual significa que <math>\Delta U = 0</math>.</p> <p>De acuerdo con la primera ley de la termodinámica, tenemos:</p> $\Delta U = Q - W$ <p>Como <math>\Delta U = 0</math>, entonces:</p> $Q = W$  <p><i>Cilindro con pistón que mantiene el gas a temperatura constante.</i></p>

El proceso isométrico	El proceso isobárico
<p>En este proceso, el volumen permanece constante, es decir, no varía; en consecuencia, el trabajo es igual a cero, lo cual significa que <math>W = 0</math>.</p> <p>De acuerdo con la primera ley de la termodinámica, tenemos:</p> $\Delta U = Q - W$ <p>Como <math>W = 0</math>, entonces:</p> $Q = \Delta U$  <p><i>Cilindro con pistón que mantiene el volumen del gas constante mientras varía la temperatura.</i></p>	<p>En este proceso, como la presión se mantiene constante, se produce variación en el volumen; por ende, el sistema puede realizar trabajo o se puede realizar trabajo sobre él.</p> <p>De acuerdo con la primera ley de la termodinámica, tenemos:</p> $\Delta U = Q - W$ 

## ¿QUÉ RECUERDO?

- ¿Qué se requiere para mover un líquido?



Las chimeneas, al ser tan altas aprovechan la velocidad del viento. Este viento crea una diferencia de presión entre la base y la boca de la chimenea, lo que facilita la eliminación de gases.

¿Como podemos regar las plantas más lejanas de nuestro jardín con una manguera? ¿Por qué hacemos dos agujeros al tarro de leche para que pueda salir con fluidez? El movimiento de un fluido tiene su origen en la diferencia de presiones. En el caso de la manguera, al disminuir el área por la que fluye el agua, recibirá más presión; por ende, esta llegará más lejos. En el caso del tarro de leche, uno de los agujeros sirve para que la presión atmosférica empuje el líquido, mientras sale con fluidez por el otro agujero.

Estos fenómenos se explican a partir de las leyes de la dinámica de los líquidos o la hidrodinámica, la cual es la parte de la mecánica que estudia el movimiento de los líquidos.

El caudal o gasto ( $Q$ )

El caudal ( $Q$ ) es el volumen del líquido ( $V$ ) que pasa a través de una tubería por unidad de tiempo ( $t$ ). En el SI, el caudal se mide en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$$Q = \frac{V}{t}$$

El caudal también es llamado flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Si consideramos que el volumen de una porción del líquido en movimiento puede expresarse como el producto del área  $A$  de la sección y la longitud  $L$  que recorre la porción en un tiempo  $t$ , el caudal o gasto se puede expresar:

$$Q = \frac{V}{t}, \text{ entonces } Q = \frac{A \times L}{t}$$



## EXPERIMENTAMOS

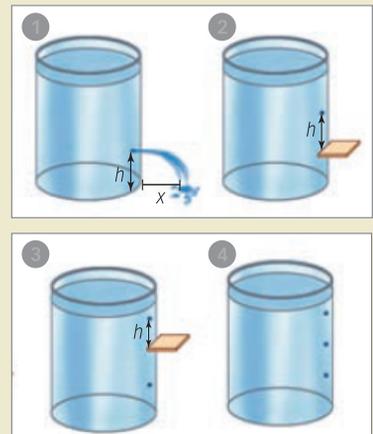
## Medida del caudal

Materiales: una botella vacía de plástico descartable de 2 L, dos clavos de diferente diámetro, una vela, un cutter y una pequeña lámina de cartón.

1. Perfora con un clavo muy cerca a la base del cilindro la superficie lateral de una botella llena de agua (ver 1). Observa y describe la trayectoria.
2. Haz otro agujero por encima del primero que hiciste (ver 2). Luego, llena nuevamente la botella con agua y compara las trayectorias de 1 y 2.
3. Repite el procedimiento del punto 2 dos veces (ver 3 y 4).

## Analiza los resultados

- Determina a qué altura se encuentra el agujero por el cual el agua obtiene el mayor alcance horizontal en la superficie sobre la que se encuentra el recipiente.
- Si la altura  $h$  se mantiene constante, ¿cómo se relaciona la velocidad de salida con la distancia que alcanza el agua con respecto a la pared del recipiente?



## El principio de continuidad

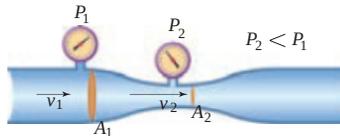
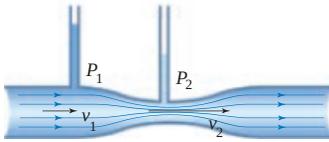
Cuando un líquido se mueve a través de una tubería, se cumple que la cantidad de líquido que ingresa por una sección en una unidad de tiempo es igual a la cantidad de líquido que sale por otra sección de la tubería en la misma unidad de tiempo; es decir, en una tubería donde un líquido se mueve el caudal permanece constante.

$$Q_1 = Q_2, \text{ entonces } A_2 \times v_2 = A_1 \times v_1$$

Donde  $Q$  es el caudal,  $A$  es el área de la sección y  $v$  es la velocidad del fluido.

## El principio de Bernoulli y sus aplicaciones

Hasta ahora hemos considerado únicamente fluidos que se desplazan horizontalmente, sin embargo, los fluidos pueden moverse verticalmente hacia arriba o hacia abajo. Estos hechos se explican a partir del principio de Bernoulli que sostiene lo siguiente: “En un fluido, la suma de la presión, la energía cinética por unidad de volumen y la energía potencial gravitacional por unidad de volumen se mantiene constante a lo largo de una línea de corriente”.



Los tubos de Venturi muestran que a mayor estrechamiento el fluido adquiere una mayor velocidad, por ende, menor presión.

Para diferentes puntos del tubo se cumple que:

$$\left(\frac{1}{2} \times \rho \times v^2\right) + (\rho \times g \times h) + p = \text{constante}$$

Donde  $\rho$  es la densidad del fluido,  $v$  es la velocidad,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $h$  es la altura y  $p$  es la presión.

Si un fluido discurre siempre a la misma altura, en los puntos en los cuales la velocidad es mayor, la presión es menor.

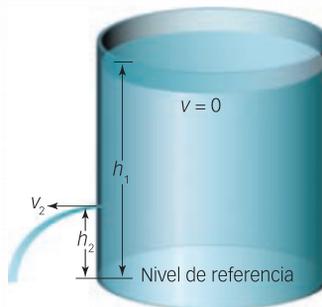
## El teorema de Torricelli

Como se muestra en la figura, cuando a un recipiente que contiene un líquido se le hace un orificio en una de sus paredes laterales, el líquido sale por el orificio con una velocidad determinada:

$$v = \sqrt{2 \times g \times (h_1 - h_2)}$$

Donde  $v$  es velocidad,  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $h$  es la altura.

La expresión obtenida para la velocidad de salida del agua por el orificio se conoce como el **teorema de Torricelli**.



La velocidad de salida de un líquido por un orificio en las paredes de un recipiente depende de la presión de la columna de líquido en ese punto.

### PARA SABER MÁS

Una de las formas utilizadas para medir la velocidad en el interior de un fluido es mediante un instrumento conocido como tubo de Venturi. El funcionamiento de este tubo se basa en el principio de Bernoulli.

Cuando la velocidad aumenta, la presión disminuye. Como en el estrechamiento la velocidad es mayor, la presión es menor y, en consecuencia, si el tubo está provisto de dos tubos abiertos en cada región, se observa una diferencia de alturas en las dos columnas de líquido.

### ¿CÓMO VAMOS?

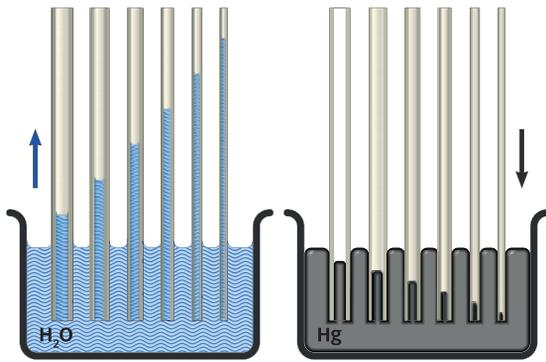
- 1 Investiga la relación entre la altura de las chimeneas industriales y la presión atmosférica.
- 2 Desarrolla las páginas 92 y 93 del **Libro de actividades**.

## La acción capilar

Cuando un líquido está en contacto con una superficie sólida, existe una fuerza de adhesión (fuerza de atracción entre moléculas de distintos materiales) que hace que el líquido se pegue a la superficie.

Cuando sumergimos un tubito delgado de vidrio (capilar) en un líquido, una delgada capa del líquido se adhiere a la pared interior del tubo por encima de la columna de líquido. Este fenómeno recibe el nombre de acción capilar.

Si retiramos el tubito del líquido, una columna de líquido puede quedar sostenida en el capilar, gracias a las fuerzas adhesivas y cohesivas que actúan sobre él.



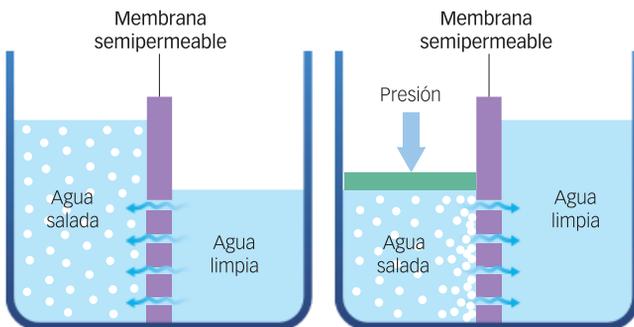
Comparación entre la acción capilar del agua y el mercurio.

## La ósmosis

Supongamos que en un recipiente tenemos dos disoluciones de azúcar separadas por una membrana semipermeable, y que una de las disoluciones tiene mayor concentración de azúcar que la otra.

Al cabo de un instante observaremos que el agua pasa de la disolución menos concentrada a la disolución más concentrada. Este fenómeno se conoce como ósmosis. Este hecho ocasiona que se origine un desnivel en el agua de los compartimientos.

Para que se produzca ósmosis, las membranas deben permitir que las moléculas de agua se difundan fácilmente a través de ellas a fin de impedir el paso de moléculas mayores tales como las de azúcar. Estas membranas permeables a ciertas moléculas e impermeables a otras reciben el nombre de membranas semipermeables.



## APLICA LA CIENCIA

Un agente tensoactivo es aquel capaz de reducir la tensión superficial de un líquido. El detergente forma una capa a lo largo de la superficie del líquido haciendo las fuerzas de cohesión muy débiles, lo que ocasiona que la tensión superficial se reduzca; es decir, es un agente tensoactivo.

- Al lavar una prenda es importante que el agua penetre todas las fibras de la ropa, para que logre dejarla limpia. ¿Qué importancia tienen las propiedades tensoactivas del detergente en este caso?

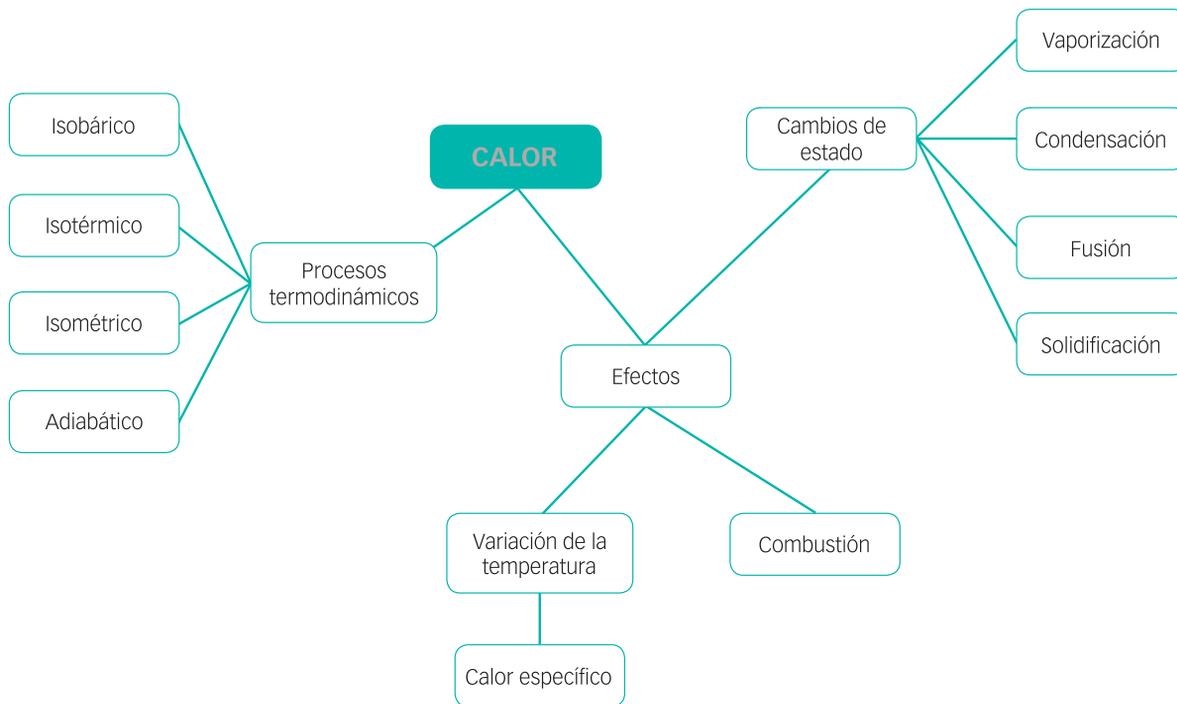


## ¿CÓMO VOY?

- Propón dos ejemplos de la vida diaria para cada una de las propiedades de los fluidos.
- Desarrolla la página 93 del **Libro de actividades**.

SINTETIZAMOS

Te presentamos mediante un **mapa de ideas** los conceptos clave que has trabajado sobre calor.



Desarrolla las páginas 100 y 101 del **Libro de actividades**.

CONSULTAMOS

Para descubrir

National Geographic, ¿Qué es el calentamiento global?

En este sitio web encontrarás información acerca del calentamiento global, sus causas y efectos. También hallarás videos que te ayudarán de una manera didáctica a comprender el tema.

Recuerda que el contenido de los sitios web puede cambiar.

Para ampliar

BBC (s.f.), *La vida de Arquímedes*

Este documental narra cómo Arquímedes, uno de los matemáticos más grandes de la antigüedad, utilizando el método exhaustivo logró calcular el área bajo el arco de una parábola y dio una aproximación muy precisa del número pi. También definió el espiral que lleva su nombre, las fórmulas de los volúmenes de las superficies de revolución y un sistema para expresar números muy largos, entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS WEB

- Alan Cromer, *Física para las ciencias de la vida*, México D.F., Reverté, 1996.
- Beatriz Alvarenga, *Física general con experimentos sencillos*, México D.F., Oxford, 1998.
- Eugene Hecht, *Algebra y trigonometría. Física 2*, México D.F., Thomson internacional, 1999.
- Jerry Wilson y Anthony Buffa, *Física*, México D.F., Pearson Educación Prentice Hall, 2003.
- José Dajes Castro, *Sistema internacional de unidades de medida*, Lima, Fondo Editorial del Congreso del Perú, 2000.
- Lev Vasilevich Tarasov y A.Tarasova, *Preguntas y problemas de física (4.a ed.)*, Moscú, Editorial URSS, 2003.
- Olga Alcaraz, José López y Vicente López, *Física. Problemas y ejercicios resueltos*, Madrid, Pearson Educación Prentice Hall, 2006.
- Paul Hewitt, *Física conceptual*, México D.F., Pearson Educación Addison Wesley Longman, 2009.
- Paul Hewitt, Enrique Quintanar Duarte y Virgilio González Pozo, *Prácticas de física conceptual*, México D.F., Pearson Educación, 2004.
- Gerald James Holton y Stephen Brush, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, Barcelo, Editorial Reverté, 1996.
- Viktor Nikolaevich Langue, *Problemas experimentales ingeniosos de física*, Moscú, Editorial Mir, 1984.
- William Robertson, *Energy: Stop Faking It! Finally Understanding Science So You Can Teach It*. Arlington, NSTA Press Book, 2002.
- Raymond Serway y John Jewett. *Física para ciencias e ingeniería*, México D.F., Cengage learning, 2009.
- Raymond Serway, Clement Moses y Curtg Moyer, *Física moderna*, México D.F., Thomson internacional, 2005.
- Paul Tippens, *Física. Conceptos y aplicaciones*, México D.F., McGraw-Hill, 1996.
- Paul Tipler, *Física preuniversitaria*, Barcelona, Editorial Reverté, 2006.
- Paul Tipler y Gene Mosca, *Física para la ciencia y la tecnología*, Barcelona, Editorial Reverté, 2005.
- Paul Zitzewitz, *Física: Principios y problemas*, Bogotá, McGraw-Hill Interamericana, 2004.
- Academia Peruana de la Lengua, Diccionarios de la RAE, consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://academiaperuanadelalengua.org.pe/>
- Ángel Franco García, "Curso interactivo de física en Internet", Física con ordenador, consultado el 28 de junio del 2016. Disponible en <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>
- Fu-Kwun Hwang, "Colos: Conceptual Learning of Sciences", NTNU Virtual Physics Laboratory, consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://www.phy.ntnu.edu.tw/old/java/>
- Fundación Telefónica, "Educared", Biblioteca Virtual Educared, consultada el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://educared.fundacion.telefonica.com.pe/sites/bibliotecavirtual/>
- Instituto Peruano de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas, consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://www.ipen.gob.pe/>
- Mariana Ibárcena Escudero y José Mauricio Scheelje Bravo, "El cambio climático. Principales causantes, consecuencias y compromisos de los países involucrados", consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0523-B2.HTM>
- Ministerio del Ambiente del Perú, "El Perú y el cambio climático", consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc2s.pdf>
- Ministerio de Educación de España, Proyecto Newton, consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos.html](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos.html)
- Ministerio de Educación, Currículo Nacional, consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://www.minedu.gob.pe/curriculo/>
- Pontificia Universidad Católica del Perú, Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables (INTE), consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://inte.pucp.edu.pe/>
- Walter Fendt, "Física", Página web de Walter Fendt, consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://www.walter-fendt.de/phys.htm>
- "Computer Animations of Physical Processes", Physics Animations, consultado el 26 de julio del 2016. Disponible en <http://physics-animations.com/Physics/English/>

**F**

SECUNDARIA

TEXTO ESCOLAR

# Física



Proyecto **Crecemos juntos**