

# 2

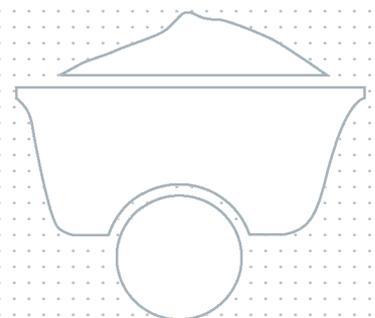
UNIDAD

## El mundo mecánico de Newton

*“La naturaleza y sus leyes permanecieron en la noche,  
Dios dijo ‘hágase Newton’, y todo fue luz”.*

Alexander Pope

(Poeta y admirador contemporáneo de Newton)





## Introducción

La Mecánica es el estudio de las fuerzas y de los movimientos. Su origen se remonta a la antigua Grecia, pero alcanzó su significación actual con la obra de Sir Isaac Newton. En "Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural" (1687), se establecen las leyes que permitirán el análisis de los fenómenos naturales mediante la formalización matemática.

Con Newton se cierra un ciclo que había nacido con Copérnico. A partir de este momento, los científicos se ocuparán, entre otras tareas, de establecer nuevas leyes expresables matemáticamente en diversos campos de las ciencias como la óptica, la electricidad y la termodinámica.

En esta Unidad, presentamos los conceptos clave de la Mecánica. A partir de la formalización de los mismos, se podrán explicar y predecir gran cantidad de fenómenos cotidianos.



## Preguntas orientadoras

- ¿Cuáles son los conceptos fundamentales, útiles para explicar los fenómenos naturales desde una perspectiva mecánica de la naturaleza?
- ¿Qué es el movimiento? ¿Cuál es la diferencia entre velocidad y aceleración? ¿y entre masa y peso?
- ¿Cómo se explica que dos objetos que se dejan caer libremente desde la misma altura y al mismo tiempo llegan al suelo simultáneamente?
- ¿Cuál es el lugar que ocupan las Leyes de Newton dentro de las ciencias? ¿Cuál es su valor en el marco del pensamiento humano?

## Problemas para describir el movimiento

El movimiento es uno de los fenómenos que cotidianamente observamos a nuestro alrededor. Todos los objetos se mueven, aunque en algunos casos sea imperceptible a nuestros sentidos. Gran diversidad de procesos pueden describirse y explicarse a partir del movimiento de cuerpos y partículas. Incluso el funcionamiento y la dinámica del Universo pueden ser interpretados a partir del análisis del movimiento de los cuerpos celestes y de las fuerzas que actúan sobre ellos.

Pero, ¿qué es el movimiento? Pregunta que a primera vista parece sencilla, pero que no es fácil de responder, como ya hemos vislumbrado en la Unidad anterior.

Le proponemos que intente formular una respuesta como primera aproximación.

Supongamos que Luis viaja cómodamente sentado en la butaca de un tren absorbo en la lectura de un libro.

:| Luis ¿se “mueve” o está “quieto”?

Discuta esta pregunta con sus compañeros en el encuentro de tutoría. Considere cada una de las siguientes situaciones:

::... El tren se desplaza desde una estación a otra.

::... El tren se detiene en una estación y Luis sigue sentado.

::... El tren se cruza con otro tren que se dirige en sentido contrario y Valeria, que viaja allí, observa a Luis. ¿Qué diría Valeria sobre Luis, se mueve o está quieto? ¿Qué diría Luis sobre Valeria?

:| Elabore un informe sobre los movimientos que se pueden identificar en cada caso y respecto a qué se puede considerar que se mueve.

Intentemos ahora reflexionar juntos sobre esta cuestión:

### Caso a

Si Luis está en el tren y este se desplaza, entonces Luis también está en movimiento respecto de la Tierra. Pero también es válido afirmar que Luis está “quieto” respecto de la butaca (o del tren).

## Caso b

Si el tren está detenido y Luis sigue sentado, entonces Luis está “quieto” con respecto al tren y con respecto a la Tierra. Pero también es válido sostener que se mueve respecto del Sol. Nuestro planeta y todos sus elementos se mueven conjuntamente respecto del Sol.

## Caso c

Valeria viaja en el tren que se dirige en sentido contrario al de Luis. Ella puede afirmar que Luis se desplazó conjuntamente con el tren en el que viaja, mientras que ella está en reposo.

Sin embargo, también puede sostener que el tren de Luis (y por lo tanto él) se encontraba en reposo, mientras que ella se movía en su tren respecto del suelo. Finalmente, también podría sostener que los dos se movían en sentidos contrarios. Lo interesante es que todas las afirmaciones son válidas.

### **Veamos otro ejemplo cotidiano:**

Probablemente alguna vez, mientras estaba sentado en un tren detenido en una estación, se encontró con otro tren en sentido contrario también detenido. De repente, pudo notar que algún tren se movía, pero sin saber cuál de los dos era. Tal vez pensó que era su propio tren que arrancaba, o que el otro lo hacía en sentido contrario, o posiblemente que fueran ambos a la vez. Sin embargo, no estaba seguro. Sólo pudo darse una respuesta luego de observar y comparar con un árbol, o con la estación misma.

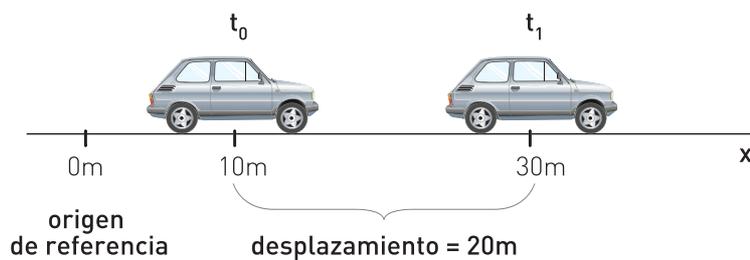
## El sistema de referencia

Como habrá podido notar, "**el movimiento es relativo**". Para describir el movimiento de un cuerpo fue necesario previamente elegir otro cuerpo de referencia que se considere fijo. Por practicidad, nunca es conveniente elegir como referencia a un cuerpo en movimiento acelerado, como por ejemplo en caída libre.

Una manera más precisa, consiste en elegir arbitrariamente un sistema de referencia fijo (sea o no un cuerpo). A dicho sistema se le asigna un origen de referencia, también arbitrario. En nuestro país, una ruta nacional puede considerarse un sistema de referencia, cuyo origen (kilómetro cero), se encuentra frente al Congreso de la Nación. La distancia a cualquier pueblo sobre la ruta, se calcula a partir del monolito que se encuentra en la Plaza de los Dos Congresos.

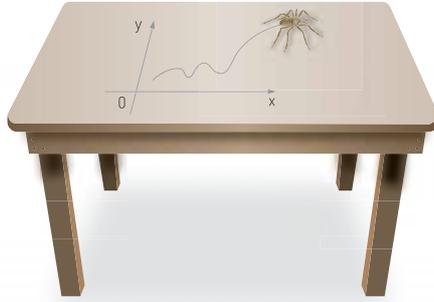
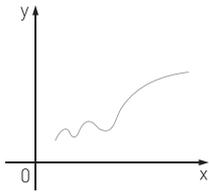
Ahora estamos en condiciones de responder la pregunta inicial sobre el movimiento:

Decimos que un cuerpo se mueve con respecto a un origen de referencia que se considera fijo, si cambia de posición al transcurrir el tiempo.

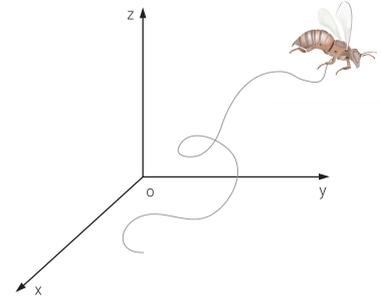


Una forma muy útil y simple de expresar la posición de un cuerpo es mediante un sistema de referencia con coordenadas cartesianas  $x$  e  $y$  en el plano. Dicho sistema se conoce como "sistema de coordenadas cartesianas", como ya habrá aprendido en Matemática.

Las sucesivas posiciones tomadas por el cuerpo, determinan una línea que puede ser curva o recta y a la que llamamos **trayectoria del cuerpo puntual**.



↑ Trayectoria en un plano.



Trayectoria en el espacio tridimensional. ↑

En síntesis, el movimiento es relativo porque “depende” del sistema de referencia elegido. Para poder describirlo correctamente es conveniente considerar un sistema de referencia fijo.

## ACTIVIDAD 55

- :| ¿Por qué es necesario considerar un sistema de referencia para describir un movimiento?
- :| Establezca la diferencia entre un sistema de referencia y un sistema de coordenadas.
- :| Ejemplifique la función de cada uno de los sistemas con situaciones concretas.

## ACTIVIDAD 56

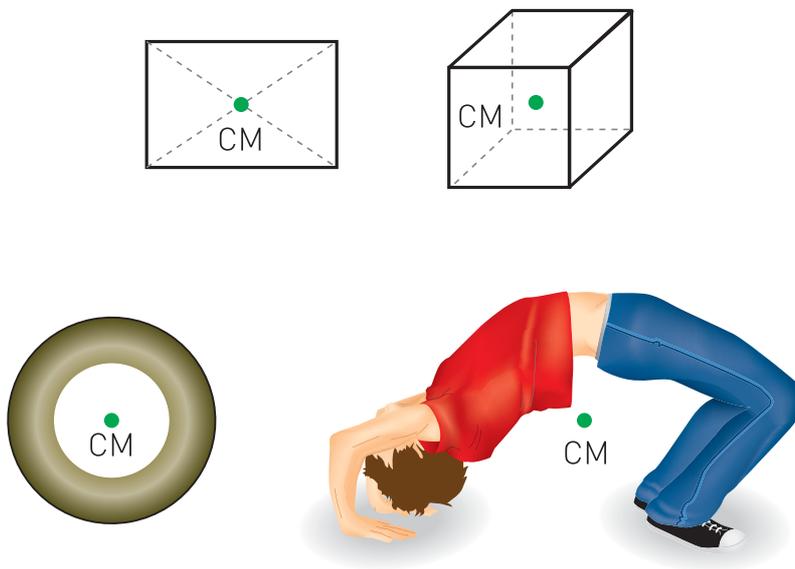
- :| Explique el movimiento del Sol y de las estrellas según los modelos Geocéntrico y Heliocéntrico. ¿Cuál es el cuerpo de referencia en cada caso?

## ACTIVIDAD 57

- :| Identifique la forma de las trayectorias de los siguientes cuerpos en movimiento, luego gráfíquelas:
  - ::... Un velocista durante una carrera de 100 m.
  - ::... Un planeta que se mueve alrededor del Sol.
  - ::... Un niño sentado en una calesita en movimiento.
  - ::... Un proyectil disparado por un cañón.

# El cuerpo puntual

Dado que los cuerpos reales son extensos (tienen dimensiones y volumen), es conveniente tomar un punto del mismo que lo represente. Tomaremos su centro de masa, que es el punto alrededor del cual se distribuye toda la masa del cuerpo. El centro de masa no necesariamente coincide con el centro geométrico del cuerpo. ¿Se le ocurre algún ejemplo?



↑ El centro de masa (CM) puede estar dentro o fuera del cuerpo, y puede coincidir o no con el centro geométrico.

En un cuerpo en movimiento, el centro de masa se desplaza como si toda la masa estuviese contenida en ese punto.

Todas las posiciones y distancias se medirán desde el centro de masas del cuerpo: hemos así inventado el **"cuerpo puntual"**. Es un cuerpo idealizado, inexistente, pero muy práctico para resolver problemas y realizar cálculos.

De aquí en más, cuando hablemos de "cuerpos" o "móviles" estaremos refiriéndonos a "cuerpos puntuales" y "móviles puntuales", a menos que se haga una aclaración explícita.

## Rapidez media y rapidez instantánea

Hemos dicho que un cuerpo en movimiento recorre una cierta distancia en un intervalo de tiempo determinado. Un automóvil en movimiento puede recorrer una determinada cantidad de kilómetros en una hora, mientras que un caracol puede recorrer una determinada cantidad de metros en una hora.

Tomemos el caso de dos automóviles: **A** y **B** que se mueven. Supongamos que el auto **A** recorrió 40 km en una hora, mientras que el auto **B** en una hora recorrió 60 km. ¿Cuál de los dos fue el más rápido?

La primera respuesta que se nos puede ocurrir es que el más veloz fue el auto **B**, porque logró recorrer una mayor distancia en el mismo tiempo que **A**. Sin embargo, hay un aspecto que se nos puede estar escapando. El auto **A** pudo estar detenido por media hora en medio de la ruta, sin que nosotros nos enteráramos. Finalmente, el auto **A** pudo haber sido el más veloz.

Para evitar este tipo de inconvenientes, los físicos definieron dos conceptos diferentes: la rapidez media y la rapidez instantánea.

La **rapidez media** es una magnitud que nos permite comparar las relaciones entre las distancias recorridas y los tiempos empleados durante **"todo"** el viaje de un móvil sin tener en cuenta los detalles particulares del movimiento (aceleraciones, frenajes, detenciones). **Sólo importa cuánta distancia total recorrió el móvil y cuánto tiempo total invirtió en realizarlo.**

Formalmente, la rapidez media puede expresarse así:

$$\text{rapidez media} = \frac{\text{distancia total recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

Simbólicamente:

$$r_m = \frac{d}{t}$$

En general, la unidad de velocidad es una unidad de longitud dividida por una unidad de tiempo: Km/h; milla/min; año luz/s, etc. En el Sistema Internacional es el **metro por segundo: m/s** (se escribe metro sobre segundo).

En el ejemplo anterior, diremos que la rapidez media del auto **B** es:

$$r_m = \frac{60 \text{ km}}{1 \text{ h}} = 60 \text{ km/h} \quad (\text{se lee: } 60 \text{ kilómetros por hora})$$

Es decir que **por cada hora**, el auto recorrerá 60 km de longitud, si mantiene constante este valor de rapidez.

Por su parte, la rapidez media del auto **A** fue entonces de 40 km/h. Si mantiene constante este valor de rapidez, este automóvil recorrerá 40 km por cada hora que transcurra.

En la vida real, un auto no se desplaza siempre con la misma rapidez. Puede reducirla al llegar a un cruce de calles y luego aumentarla nuevamente, superando en algún punto del recorrido el valor medio estimado para todo el movimiento. Por esta razón, para estos casos más complejos se define la **rapidez instantánea**, que nos permite obtener información sobre la rapidez de un cuerpo en un instante determinado y en un punto específico del recorrido. Podemos preguntarnos entonces: ¿el velocímetro de un automóvil, indica una rapidez media o una rapidez instantánea?



Para realizar en el encuentro tutorial con sus compañeros:

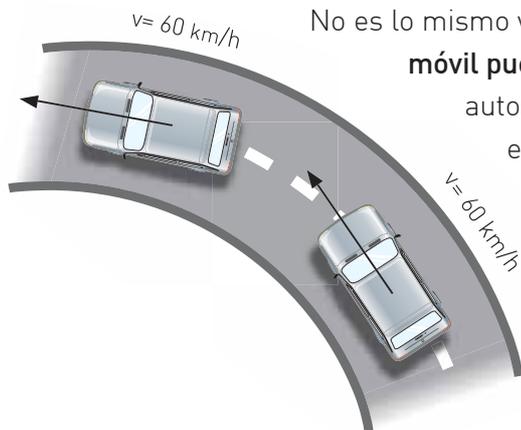
- a :| Calcule la rapidez media a la que camina una mujer. Calcúlela en el caso de un varón. Mida las variables que sean necesarias.
- b :| Le proponemos que calcule la rapidez media de algunos móviles: autos que pasan por la calle de la escuela, cochecitos de juguete a fricción o a cuerda, bolitas, hormigas, caracoles, etc. (Mida las variables que sean necesarias en cada caso, utilice unidades apropiadas).
- c :| Imagine que está haciendo una larga fila para algún trámite. ¿Cómo podría estimar el tiempo que le llevará llegar a la ventanilla? ¿Qué factores podrían alterar su predicción?

# Velocidad

En el lenguaje cotidiano usamos el término velocidad como sinónimo de rapidez. Podemos preguntar, por ejemplo, cuál es la velocidad del auto cuando tal vez queremos referirnos simplemente a su rapidez. En el lenguaje de la Física diferenciamos cada uno de estos conceptos.

**Se llama rapidez al valor de la velocidad instantánea**, por ejemplo 20 m/s; 30 km/h; etc. Las magnitudes que indican sólo la cantidad numérica (con su respectiva unidad) se denominan escalares. **"La rapidez es una magnitud escalar"**. La rapidez se representa con una **"v"**.

La velocidad es la magnitud física que nos informa no sólo la rapidez de un cuerpo en movimiento, sino también del sentido del mismo: 70 km/h hacia el Oeste. Las magnitudes que indican tanto la cantidad como el sentido se denominan magnitudes vectoriales, y se representan gráficamente mediante un elemento matemático denominado vector, como ya veremos. **"La velocidad es una magnitud vectorial"** y se representa con una **" $\vec{v}$ "**.



No es lo mismo velocidad constante que rapidez constante. **La velocidad de un móvil puede cambiar aunque su rapidez se mantenga constante.** Si un automóvil toma una curva con una rapidez constante de 60 km/h, este valor no cambia. Pero su velocidad sí ha variado, porque cambió la dirección del vector velocidad.

De la misma manera que nos ocurrió con el concepto de rapidez, también podemos definir los conceptos de velocidad media y de velocidad instantánea.

Pídale a su tutor que le facilite el Libro 4 de Ciencias Naturales de EGB para consultar las páginas 10 a 18.

## ACTIVIDAD 59

- ¿Por qué podemos afirmar que un conductor posee tres elementos para cambiar la velocidad de un automóvil: acelerador, freno y volante?
- Calcule la rapidez media de un ómnibus que viaja desde Buenos Aires hacia Córdoba, sabiendo que la distancia entre estas dos ciudades es de, aproximadamente, 700 km y el tiempo empleado por el micro en recorrer esta distancia es de unas 9 hs.
- Un auto recorrió 100 km en 1 h, luego otros 50 km en 1 h y finalmente otros 50 km en 30 minutos. ¿Cuál fue la rapidez media de este auto en cada tramo? ¿Cuál fue la rapidez media a lo largo de todo el viaje?
- Calcule la distancia recorrida por un tren que se desplaza con una rapidez constante de 80 km/h desde una estación a otra si el tiempo que emplea para recorrer esa distancia es de 5 minutos.

## Aceleración media y aceleración instantánea

Cuando un conductor de un automóvil intenta pasar a otro en la ruta, aprieta el acelerador para lograrlo en el menor tiempo posible. Los vehículos modernos se diseñan y fabrican buscando lograr mayores aceleraciones para ser más seguros técnicamente. En el lenguaje cotidiano, acelerar solamente significa aumentar el valor de la velocidad (rapidez).

En el lenguaje de la Física, "**acelerar implica variar la velocidad**". El vector velocidad de un móvil que se desplaza puede cambiar por tres causas: porque varía su rapidez, o bien su dirección o ambas cosas. En los tres casos, el móvil aceleró. Además, el concepto físico de aceleración incluye tanto el aumento como la disminución de la rapidez, aunque en el último caso también se suele hablar de desaceleración.

Un niño en una calesita puede rotar con rapidez aproximadamente constante. Pero su velocidad cambia punto a punto de su trayectoria, ya que varía la dirección del vector velocidad. El niño está siendo acelerado. La fuerza que "siente" hacia fuera al girar rápidamente es una manifestación de esta aceleración. Lo mismo sucede al tomar una curva en un vehículo. Aunque la rapidez sea aproximadamente constante, "sentimos" una fuerza hacia fuera de la curva porque hay aceleración, como analizaremos detenidamente más adelante.

La magnitud que nos informa acerca del cambio del vector velocidad en un intervalo de tiempo se denomina **vector aceleración media**.

En movimientos rectilíneos, la magnitud que da cuenta del cambio de rapidez en un tiempo determinado se llama **aceleración media** y se puede expresar como:

$$a_m = \frac{\text{variación (cambio) de la rapidez}}{\text{tiempo transcurrido}} = \frac{\text{rapidez final} - \text{rapidez inicial}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

Simbólicamente:

$$a_m = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_f - v_0}{t}$$



La aceleración media indica la variación de la rapidez experimentada por el móvil en un cierto intervalo de tiempo.

Cuando el intervalo de tiempo transcurrido es infinitamente pequeño, hacemos referencia a la aceleración instantánea, que nos informa del valor de la aceleración en cada instante.

En general, la unidad de aceleración es una unidad de velocidad dividida una unidad de tiempo:  $\frac{\text{km/h}}{\text{h}}$ ,  $\frac{\text{m/s}}{\text{min}}$ , etc. En el Sistema Internacional, la unidad es el

**metro por segundo al cuadrado:**  $\frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \text{m/s}^2$

En un movimiento rectilíneo, una aceleración de  $7 \text{ m/s}^2$  indica que el móvil varía su rapidez en  $7 \text{ m/s}$  por cada segundo de movimiento. Si estaba inicialmente detenido, al cabo de 1 segundo alcanzará una rapidez de  $7 \text{ m/s}$ ; a los 2 segundos será de  $14 \text{ m/s}$ ; y así sucesivamente.

Veamos un ejemplo:

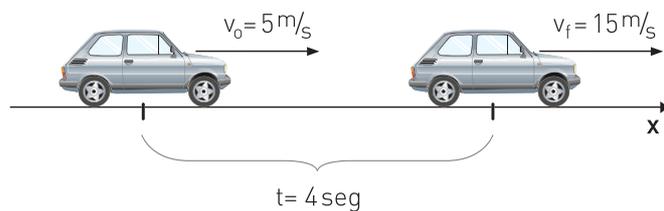
*Si la rapidez de un móvil aumenta constantemente desde  $5 \text{ m/s}$  hasta  $15 \text{ m/s}$  en un intervalo de  $4 \text{ segundos}$ , la aceleración media es:*

$$a_m = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_f - v_0}{t}$$

$$a_m = \frac{15 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s}}{4 \text{ s}}$$

$$a_m = 2,5 \text{ m/s}^2$$

El significado físico de la aceleración calculada es el siguiente: la rapidez de este móvil, durante el intervalo considerado, aumentó  $2,5 \text{ m/s}$  por cada segundo.



## ACTIVIDAD 60

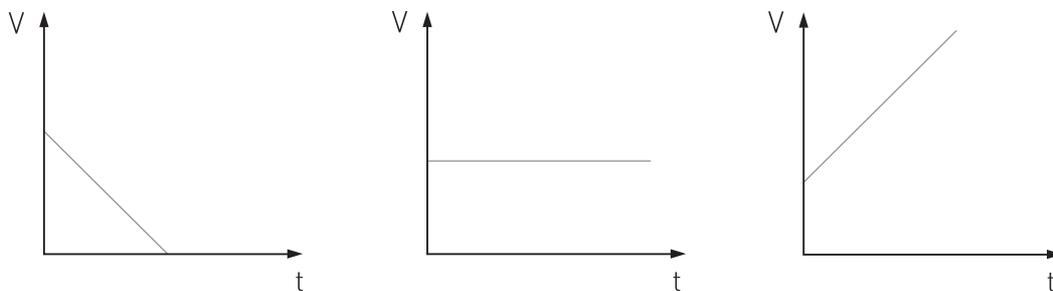
- a :| Explique la diferencia entre los conceptos de velocidad y aceleración.
- b :| Decimos que la aceleración es un vector: ¿siempre apuntará en el sentido del movimiento? Justifique su respuesta.
- c :| Un móvil viaja con una rapidez de 20 m/s y comienza a frenar. Al cabo de 5 segundos su rapidez es de 10 m/s. ¿Cuál es la aceleración media en ese intervalo?
- d :| Un automóvil que viaja a una velocidad de valor igual a 28 m/s comienza a frenar con una aceleración constante cuyo valor es de 4 m/s<sup>2</sup>. ¿En que intervalo de tiempo se detiene?

## I Movimientos Rectilíneos

Si un cuerpo recorre distancias iguales en iguales intervalos de tiempo el movimiento se denomina **uniforme**, porque la rapidez es constante. Si además su trayectoria es rectilínea se dice que se trata de un **Movimiento Rectilíneo Uniforme**. En un **MRU** el vector velocidad es constante (no varía ni el valor ni el sentido).

Si, en cambio, el movimiento de un cuerpo es rectilíneo y además su aceleración es constante (no varía), el movimiento se denomina: **Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado**. En un **MRUV**, el vector aceleración es constante.

Las siguientes gráficas muestran la relación entre la velocidad de un cuerpo y el tiempo.



- :| ¿Cuál o cuáles considera que corresponden a un movimiento rectilíneo uniformemente variado? Justifique su respuesta.

## ACTIVIDAD 61

## Caída libre

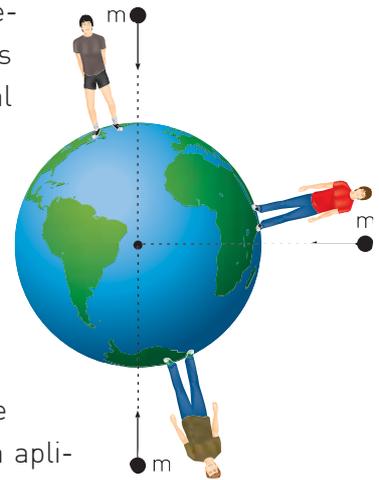
### ACTIVIDAD 62

:| Explique y ejemplifique qué entiende por caída libre.

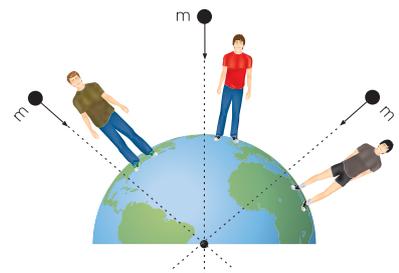
En la Unidad anterior hemos visto cuál era la hipótesis aristotélica acerca de la caída de los cuerpos: los cuerpos más pesados llegan con mayor rapidez al suelo. Los trabajos posteriores de Galileo pondrían en duda esta hipótesis. Si bien el rozamiento del cuerpo con el aire ofrece resistencia durante el movimiento de caída, hoy sabemos que los cuerpos en el vacío caen con la misma rapidez, dentro del rango de error experimental.

Ahora nos proponemos analizar más detenidamente las características de este movimiento, mediante la aplicación de los conceptos de velocidad y aceleración.

Si usted suelta un objeto, este caerá en dirección al centro de la Tierra.



Se llama caída libre al movimiento vertical de caída bajo la sola acción de la gravedad. Todos los cuerpos que caen libremente tienen un movimiento acelerado, vertical y hacia el centro de la Tierra. En realidad, es un movimiento idealizado, dado que también interviene la fricción, y por ende las fuerzas de rozamiento.



Consideremos un cuerpo sostenido a una altura determinada. Inicialmente la velocidad del objeto vale  $0 \text{ m/s}$ , dado que se encuentra en reposo y no se le aplica ningún "empujón". Luego se lo suelta y se lo deja caer libremente. Mientras cae, la rapidez del objeto aumenta, pero no la aceleración. La aceleración que adquiere es la aceleración de la gravedad, que llamaremos  $g$ . Su valor depende exclusivamente de la constante de gravitación universal  $G$ , de la masa del planeta y de la distancia del centro del mismo al objeto (que es aproximadamente igual al Radio del planeta).

La expresión matemática de  $g$  es:

$$g = \frac{G \cdot M}{d^2}$$

Donde  $M$  es la masa del planeta.

En la Tierra, como la distancia del centro del planeta a un lugar de su superficie varía levemente (no es una esfera perfecta), el valor de la aceleración de la gravedad no es igual en todos los puntos de la superficie terrestre. Por ejemplo en el ecuador es de  $9,78 \text{ m/s}^2$  y en los polos es de  $9,83 \text{ m/s}^2$ .

A  $45^\circ$  de latitud y a nivel del mar el valor de  $g$  es  $9,81 \text{ m/s}^2$  y es el que tomaremos como valor representativo.

Dado que el valor de  $g$  es de aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ , esto significa que cada segundo, el objeto aumenta su rapidez en aproximadamente  $10 \text{ m/s}$ . Como parte del reposo, luego de 1 segundo la rapidez instantánea adquirida será de unos  $10 \text{ m/s}$ . A los 2 segundos, la rapidez habrá aumentado en  $10 \text{ m/s}$  con respecto al primer segundo. Por lo tanto será de unos  $20 \text{ m/s}$ . A los 5 segundos la rapidez instantánea adquirida por el objeto será de unos  $50 \text{ m/s}$ ; y así sucesivamente.



Dado que, a diferentes alturas cercanas a la superficie terrestre, las diferencias de  $g$  no son significativas, podemos considerar que mientras cae, la rapidez del objeto aumenta, pero la aceleración se mantiene constante.

Es importante notar que la aceleración de la gravedad es independiente de la masa del objeto que cae (ver que en la ecuación anterior no figura la masa  $m$  del cuerpo que desciende). Por tal razón, caerán con la misma rapidez un elefante y un ratón, si se los suelta desde la misma altura y al mismo tiempo y en ausencia de rozamiento por fricción.

a :| Identifique los factores que intervienen en la caída de los cuerpos.

b :| Responda y justifique sus respuestas.

1 :| ¿El salto de un paracaidista desde un avión es un movimiento de caída libre? ¿Por qué?

2 :| Si deajo caer un objeto en la Luna: ¿se puede considerar una caída libre? ¿Por qué?

## ACTIVIDAD 64

Un famoso experimento realizado por el astronauta David Scott (1971) en la Luna consistió en soltar al mismo tiempo y desde la misma altura un martillo y una pluma de halcón. Para asombro de la mayoría de los televidentes, ambos llegaron simultáneamente al suelo.

- :| Elabore un informe escrito respondiendo las siguientes preguntas:  
 ¿Cómo explicaría el fenómeno observado? ¿Por qué los televidentes se asombraron? ¿Los elementos cayeron con la misma rapidez que en nuestro planeta?

## ACTIVIDAD 65

La masa de la Luna es de  $7,35 \cdot 10^{22}$  kg. Su radio medio es de 1.738 km.

- :| Calcule su aceleración gravitatoria en  $m/s^2$ . (Encontrará el valor de G en la Unidad 1).

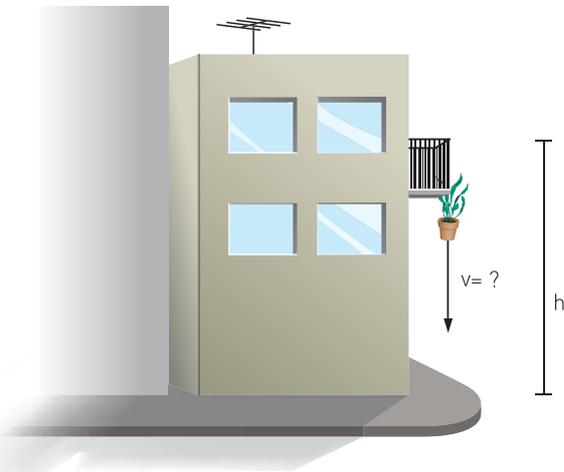
## Cálculo de la velocidad y de la distancia recorrida en caída libre

La rapidez de un objeto en caída libre aumenta con el paso del tiempo, debido a la aceleración de la gravedad. La rapidez instantánea de un objeto que cae libremente puede expresarse matemáticamente como:

$$v = g \cdot t$$

A su vez, la distancia total recorrida se calcula mediante:

$$d = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$



Veamos un ejemplo:

*Una maceta se cae desde un balcón y llega al suelo en 3 s.*

- a :| ¿Cuál es la rapidez de la maceta al llegar al suelo?  
 b :| ¿A qué altura se encontraba antes de caer?

**Resolución:**

a :| Sabiendo que

$$v = g \cdot t$$

tenemos una rapidez de:

$$v = 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ s} = 29,43 \text{ m/s}$$

Podemos expresar este valor de velocidad en km/h. Si tenemos en cuenta que  $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$  y que  $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ . Estas equivalencias nos permiten hacer el siguiente pasaje de unidades:

$$29,43 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 29,43 \frac{0,001 \text{ km}}{1:3600 \text{ h}} = 106 \text{ km/h (aproximadamente)}$$

¡mejor que esta maceta no se nos caiga sobre nuestra cabeza!

b :| Ahora calculemos a qué altura se encontraba el balcón desde el cual cayó la maceta.

$$\text{Como: } d = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$\text{tenemos que: } d = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 9 \text{ s}^2 = 44 \text{ m}$$

- a :| Desde lo alto de una torre se deja caer una esfera metálica que llega al suelo en 5 segundos. Calcule la altura de la torre y la rapidez de la esfera al llegar al suelo.
- b :| ¿Cómo calcularía la altura de un edificio valiéndose de una piedra? Explíquelo detalladamente (tenga en cuenta que no dispone de una cinta métrica para medir la altura).
- c :| ¿Cuánto tiempo, después de iniciada su caída en el vacío, la rapidez de un cuerpo es de 37 m/s?

ACTIVIDAD **66**

- :| Mediante la ecuación de caída libre, le proponemos calcular grupalmente la aceleración de la gravedad de nuestro planeta. Mida las variables necesarias con precisión razonable para poder realizar sus cálculos. Presente a su profesor un informe describiendo las acciones realizadas, los resultados, los inconvenientes que se presentaron y las conclusiones.

ACTIVIDAD **67**



## Relación entre fuerza y movimiento

¿Cuál es la causa de los movimientos?

Como hemos visto, esta pregunta ha sido respondida desde muy antiguo y de maneras diversas. A partir de la **Ley de Inercia o Primera Ley de Newton** (llamada así en honor a su autor), sabemos que los cuerpos en movimiento se mantienen en dicho estado mientras no actúe ninguna fuerza sobre ellos. La fuerza se necesita solamente para ponerlos inicialmente en movimiento. Luego, y en ausencia de fuerzas de frenado o de rozamiento, el móvil se mantendrá en movimiento rectilíneo y uniforme.

Por otro lado, si una fuerza neta actúa constantemente sobre un cuerpo, entonces este cambiará su velocidad mientras dicha fuerza actúe. Es el caso de la caída libre. A medida que la piedra cae bajo la acción constante de la fuerza gravitatoria, su rapidez aumenta. Por el contrario, si la piedra se lanza desde el suelo verticalmente hacia arriba contra la fuerza gravitatoria, su rapidez disminuye hasta frenarse por completo. La fuerza gravitatoria actuó constantemente sobre la piedra hasta detenerla. Este último tipo de movimiento se denomina "**tiro vertical**".

En síntesis, un objeto puede desplazarse bajo la acción de una fuerza, variando su velocidad. Pero también puede desplazarse por inercia, manteniendo su velocidad constante.

## ¿Qué es una fuerza?

- a :| Identifique en qué momentos necesitamos aplicar una fuerza.
- b :| Enumere los efectos de la aplicación de una fuerza.
- c :| Detalle qué fuerzas y qué tipo de fuerzas conoce.

### ACTIVIDAD 68

Hasta el momento, hemos hablado de fuerzas sin preocuparnos por su conceptualización. Esta es nuestra próxima tarea.

Si deseamos mover un objeto que se halla en reposo necesitaremos aplicar una fuerza. Si queremos frenarlo porque se encuentra en movimiento, también necesitaremos aplicar una fuerza. Esto nos permite decir que, en términos de Newton, una fuerza es aquello capaz de cambiar la velocidad de los objetos.

Una fuerza puede mover una mesa inicialmente en reposo, detener un auto a gran velocidad, deformar cuerpos de diferentes materiales como una esponja o una plastilina. Son las denominadas **fuerzas por contacto**.

También una fuerza puede atraer un cuerpo hacia otro. El Sol atrae a la Tierra y un imán atrae a objetos de hierro, sin contacto directo entre los cuerpos. Son las llamadas **fuerzas a distancia**.

Las fuerzas aplicadas sobre los cuerpos se ponen de manifiesto a través de los “efectos” que provocan sobre dichos cuerpos. Nunca nadie ha visto una fuerza. Una fuerza es, en última instancia, una creación humana que permite explicar gran diversidad de fenómenos naturales.

## Fuerza y aceleración

Ya hemos logrado establecer el concepto de fuerza a partir de sus efectos. Ahora nos ocuparemos de cuantificar dichos efectos. La cuantificación y definición del concepto de fuerza, tal cual lo conocemos hoy, la debemos a Isaac Newton. Tras varios años de trabajo, logró relacionar y completar los conocimientos alcanzados por sus antecesores.

Una fuerza provoca cambios en el movimiento de un cuerpo. Si queremos duplicar la aceleración de un cuerpo, es necesario duplicar también la fuerza aplicada. Existe una relación de **proporcionalidad directa entre la fuerza y la aceleración**.

Si  $m = \text{constante}$ :  $F > f \Rightarrow A > a$



↑ A igual masa, si aumenta la fuerza aplicada, entonces aumenta la aceleración.

Intuitivamente sabemos que resulta más “fácil” empujar una silla que un auto. Si mantenemos la fuerza constante, cuanto menor sea la masa del cuerpo mayor será su aceleración, y viceversa. **La aceleración resulta inversamente proporcional a la masa del cuerpo**.

Si  $F = \text{constante}$ :  $M > m \Rightarrow a < A$



↑ A igual fuerza aplicada, si aumenta la masa, entonces disminuye la aceleración.

La formalización de estas dos ideas se conoce como "**Ley de Masa**" o "**Segunda Ley de Newton**" en honor a su autor. La misma puede reescribirse como sigue:



Cuando sobre un cuerpo se aplica una fuerza, este adquiere una aceleración cuyo valor es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. Además, la aceleración adquirida tiene la misma dirección y sentido que la fuerza.

Simbólicamente:

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

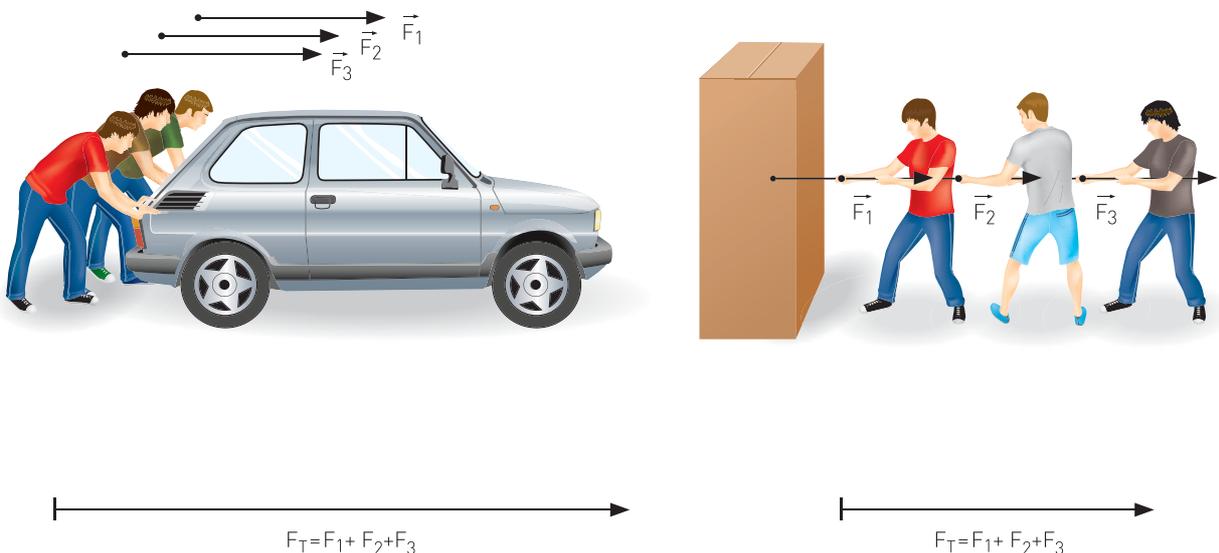
o lo que es lo mismo, la famosa ecuación:

$$F = m \cdot a$$

Si sobre el cuerpo actúan varias fuerzas, la aceleración total se deberá a "la suma de todas las fuerzas externas" (o fuerza total). Simbólicamente:

$$F_T = \Sigma F = m \cdot a_T$$

Donde la notación  $\Sigma F$  significa sumatoria de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.



↑ Sólo cuando las fuerzas se ejercen sobre el mismo cuerpo y en el mismo sentido, es posible sumarlas numéricamente.

## ACTIVIDAD 69

- a :| Explique el concepto de fuerza y mencione situaciones cotidianas que ejemplifiquen sus argumentaciones.
- b :| La afirmación "Pablo tiene mucha fuerza y por eso pudo mover el ropero" no tiene sentido desde la Física. ¿Por qué?
- c :| Si se ejerce una fuerza sobre un carrito de compras, este se acelera. ¿Qué ocurre con la aceleración si se triplica la intensidad de la fuerza aplicada al carrito?
- d :| A un carrito de compras cargado de algunos elementos se le aplica una fuerza y entonces se acelera. ¿Qué ocurre con la aceleración si se duplica la masa del sistema y se mantiene la misma intensidad de la fuerza?

## Unidades de fuerzas

La unidad de fuerza se establece multiplicando la unidad de masa por la de aceleración. Las unidades más utilizadas son:

El kilogramo fuerza	kgf o $\vec{kg}$
El <b>Newton</b> (Sist. Internacional)	N

Un Newton es la fuerza necesaria para acelerar  $1\text{m/s}^2$  a un cuerpo cuya masa es de 1 kg. Luego  $1\text{ N} = 1\text{ kg} \cdot 1\text{m/s}^2 = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

La equivalencia entre estas unidades diferentes de fuerza es la siguiente:

$$1 \vec{kg} = 9,8 \text{ N}$$

Para darle una idea, una persona para la cual la balanza de la farmacia marque 70 kg, posee un peso de  $70 \vec{kg}$ , es decir unos 686 N.

Veamos un ejemplo de aplicación de la Ley de Masa:

*¿Qué aceleración adquiere un cuerpo de 4 kg de masa cuando se le aplica una fuerza total de 8 N?*

Como  $F = m \cdot a$  podemos calcular la aceleración despejando  $a$  de esta ecuación:

$$\text{Luego } a = \frac{F}{m} = \frac{8\text{N}}{4\text{ kg}} = \frac{8\text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{4\text{ kg}} = 2\text{ m/s}^2$$

:| Resuelva las siguientes situaciones:

- a :| Un cuerpo de 20 kg se mueve con una aceleración de  $3 \text{ m/s}^2$ . Determine la intensidad de la fuerza ejercida sobre dicho cuerpo.
- b :| Sobre un objeto cuya masa es de 5 kg se aplican simultáneamente dos fuerzas. La primera de 10 N hacia la derecha y la segunda de 6 N hacia la izquierda. ¿Cuál será la aceleración final del objeto? ¿En qué sentido?

ACTIVIDAD

70

El instrumento utilizado para medir la intensidad de las fuerzas es el dinamómetro.

- :| Averigüe sus características y construya uno. Para calibrarlo tendrá que medir el estiramiento sin peso y luego con un peso determinado, dividiendo finalmente dicha longitud en segmentos proporcionales. Tenga cuidado para que no se deforme el resorte. ¿Por qué le advertimos esto? ¿que pasaría si se deforma el resorte?
- Utilice su dinamómetro para medir diferentes intensidades de fuerzas.

ACTIVIDAD

71

## El vector fuerza

**Las fuerzas son el producto de la interacción entre los cuerpos.** Cuando se ejerce una fuerza sobre un cuerpo es necesario saber cuál es la intensidad de la fuerza aplicada, pero también la dirección y el sentido. **Es una magnitud vectorial.**

Muchas magnitudes físicas, en particular las fuerzas, se representan por vectores. Un vector es un segmento orientado, similar a una flecha, que se caracteriza por tener:

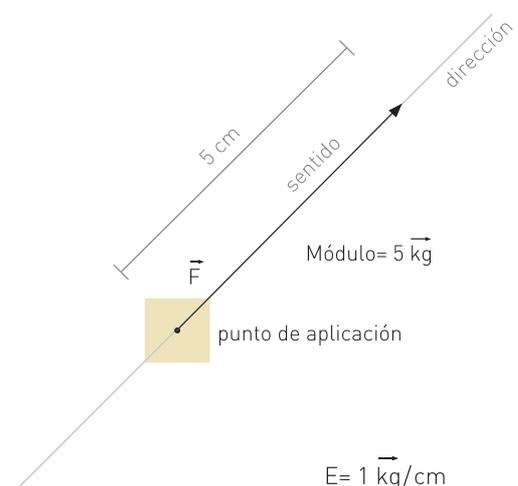
**Origen:** Es el punto donde nace el vector. Uno de los extremos del segmento.

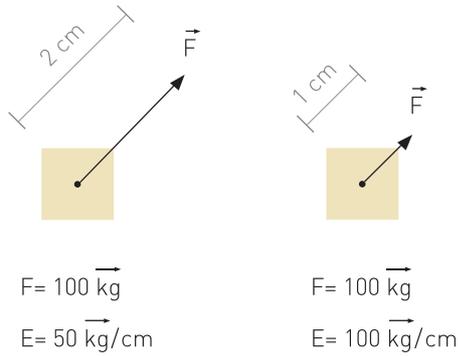
**Dirección:** Es la recta a la cual pertenece el vector.

**Sentido:** Indica hacia dónde apunta el vector.

**Módulo o valor:** Es la medida del vector (puede representarse en escala).

Los vectores nos permiten representar gran cantidad de situaciones. En el caso de las fuerzas, se construye un diagrama de fuerzas llamado **diagrama de cuerpo libre**.

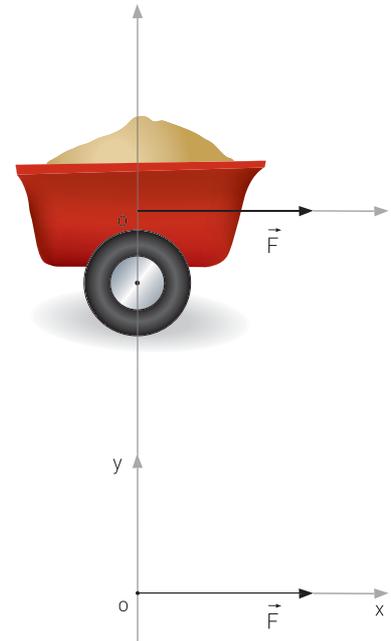
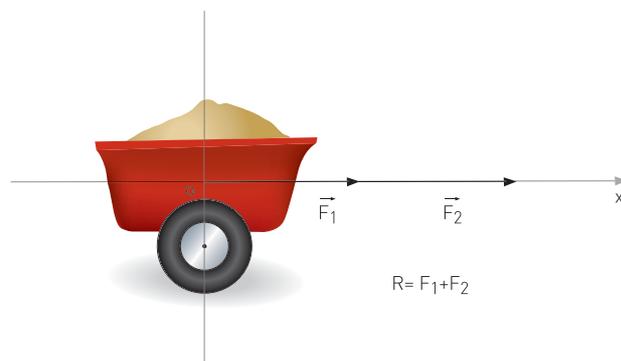




Se dibujan los ejes de coordenadas y se representan los vectores en el plano. El objeto se representa como un punto (idealización) que se ubica en el centro de coordenadas. La longitud de cada vector fuerza se expresa en una escala conveniente. Por ejemplo, una fuerza de  $100 \vec{\text{kg}}$  podría representarse mediante un vector de 10 cm o también de 1 cm.

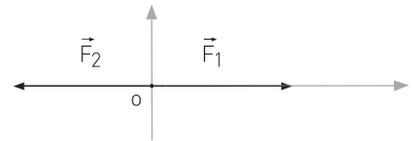
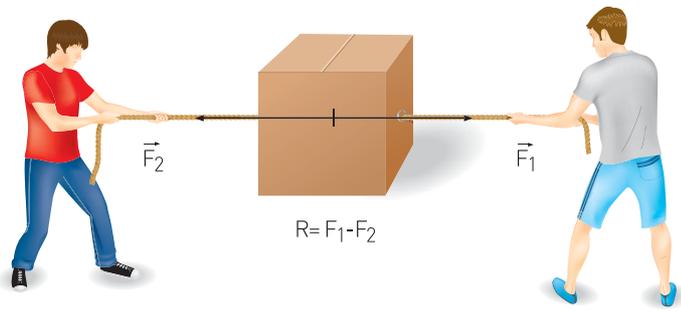
Para representar las fuerzas sobre un carro tirado por un caballo, primero tomaremos al carro como un cuerpo puntual y dibujaremos un vector que comienza en el origen de coordenadas y apunta en el sentido de acción de la fuerza. La medida del vector se representa en escala.

Supongamos ahora que dos caballos tiran del carro con la misma intensidad de fuerza y en el mismo sentido. En el diagrama de cuerpo libre, ambos vectores se representarán con la misma longitud y apuntarán hacia el mismo lado. La **fuerza total o fuerza resultante**, tendrá un valor igual a la suma de los valores de las fuerzas originales.



↑ Diagrama de cuerpo libre.

Supongamos que ahora **dos muchachos** tiran de una caja con la misma intensidad de fuerza cada uno, pero en sentidos contrarios. En el diagrama de cuerpo libre, un vector fuerza apuntará hacia la derecha y el otro hacia la izquierda. En este caso, ambos tendrán la misma medida. El valor de la fuerza resultante será igual al valor de la resta de las fuerzas originales. En general, el vector resultante apuntará en el sentido de la fuerza de mayor módulo. La suma o resta de los valores numéricos de fuerzas sólo se puede efectuar cuando las fuerzas actúan paralelamente, nunca si están en diferentes direcciones. En este último caso, para calcular la resultante existen procedimientos un poco más complicados.



$$R = F_1 - F_2$$

↑ Diagrama de cuerpo libre.

- a: | Represente en un diagrama vectorial (diagrama de fuerzas) un objeto que pesa 500 N? Dibújelo y justifique su respuesta.
- b: | ¿Cuánto mide el vector que dibujó? ¿Por qué?
- c: | ¿Podría representarse dicha fuerza con un vector de 2.5 cm de longitud? Justifique su respuesta.
- d: | ¿Cómo podría representarse vectorialmente la situación si se apoya el objeto sobre una mesa horizontal? Representelo si es posible.
- e: | ¿Para qué puede ser útil representar las fuerzas?

## ACTIVIDAD 72

- : | Resuelva la siguiente situación:

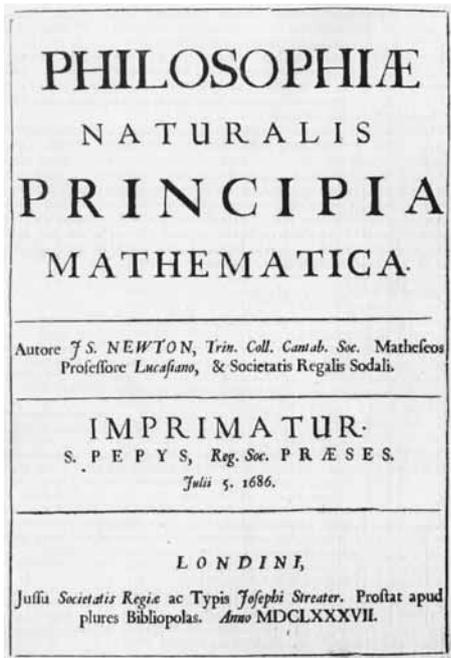
En un juego de cinchada participan tres niños por equipo. Cada niño del equipo 1 ejerce una fuerza de 100 N. En el equipo 2, un niño ejerce una fuerza de 85 N, otro de 102 N y el tercero de 103 N.

∴ ¿Quién ganará el juego?

- : | Represente la situación en un diagrama vectorial. (Tener presente que dichas fuerzas se ejercen sobre el piso debido al rozamiento).

## ACTIVIDAD 73

## Principio de acción y reacción



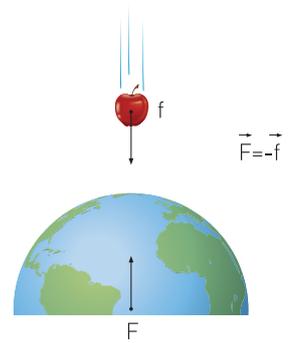
Newton presentó sus tres leyes del movimiento en "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica" (1687). A lo largo del texto ya hemos trabajado las dos primeras. En este apartado nos ocuparemos de su Tercera Ley.

Newton entendió que las fuerzas son interacciones entre cuerpos, por lo tanto siempre existen de a pares, aunque en objetos diferentes. La atracción gravitatoria resulta ser una interacción entre dos masas, sean planetas, bolitas o un planeta y una bolita. Por ser una interacción, cada masa experimenta una fuerza. El Sol atrae a la Tierra y a la vez la Tierra atrae al Sol. La Tierra atrae a la Luna y a la vez la Luna atrae a la Tierra. **"La Tierra atrae a la manzana y la manzana atrae a la Tierra"**.

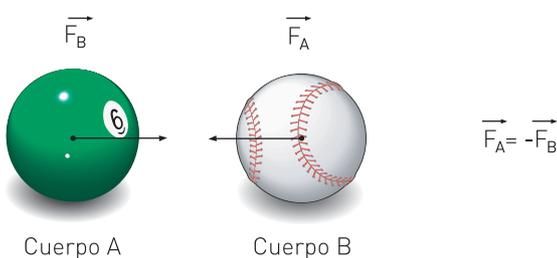
Surge entonces una pregunta casi obligada: ¿Es mayor la fuerza que la Tierra le ejerce a la manzana o al revés?

La respuesta es un poco anti-intuitiva, como muchas otras leyes de la Física: **"ambas fuerzas son de igual valor"**.

**La Tercera Ley, conocida como Principio de Acción y Reacción**, es válida para cualquier sistema en el cual existan interacciones y se generaliza de la siguiente forma:



Cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre otro cuerpo B, entonces este último (B) también ejerce una fuerza sobre el primero (A). La fuerza ejercida por A sobre B se llama Acción. La fuerza ejercida por B sobre A se llama Reacción. Ambas son de igual intensidad y de sentidos contrarios.



Si el cuerpo **A** ejerce una Acción sobre **B**, entonces esta fuerza debemos representarla sobre el cuerpo **B**, porque actúa sobre el cuerpo **B**.

La Reacción, en cambio, la ejerce el cuerpo **B** sobre el **A**. Por lo tanto, debemos representarla sobre el cuerpo **A**. Ambas fuerzas son del mismo valor pero en sentidos opuestos.

¿Cómo explicar que la Tierra atrae a la manzana con la misma intensidad que la manzana atrae a la Tierra? Esto se explica a partir de la Segunda Ley de Newton. La Tierra posee una masa muy grande en comparación con la de la manzana. Por lo tanto se acelera muy poco (este valor es insignificante).

Por otro lado, la manzana tiene una masa muy pequeña y por lo tanto se acelera notoriamente.

Simbólicamente:

Para la Tierra:

$$F = M \cdot A$$

Para la manzana:

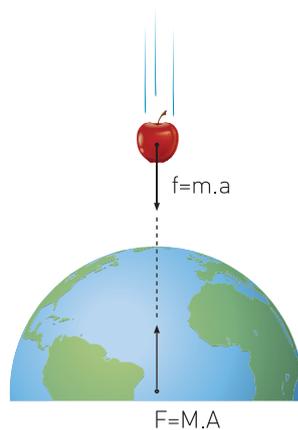
$$f = m \cdot a$$

Como ambas fuerzas son de igual valor, ya que es una interacción:

$$F = f$$

$$M \cdot A = m \cdot a$$

Para cumplir con la igualdad, si  $M$  es mucho mayor que  $m$ ; entonces  $A$  debe ser necesariamente mucho menor que  $a$ . Por ello, la manzana se desplaza una gran distancia hacia la Tierra, mientras que el desplazamiento de la Tierra a causa de la manzana es insignificante.



Como  $f=F$

$M > m \Rightarrow A < a$

Esta Ley se manifiesta constantemente a nuestro alrededor. Si analizamos la naturaleza con detenimiento lo descubriremos fácilmente. Al nadar, ejercemos una Acción sobre el agua al empujarla hacia atrás. Simultáneamente, el agua nos "devuelve" la fuerza. Recibimos la Reacción y nos impulsa hacia adelante. Lo mismo sucede al remar, y cuando una pelota golpea contra una pared. Y como estos, in-finidad de otros casos.

## ACTIVIDAD 74

- a :| Nombre ejemplos donde se manifieste este principio.
- b :| ¿Hacia dónde ejercemos fuerza al iniciar un paso en nuestra marcha?
- c :| Si las fuerzas de Acción y Reacción son de igual intensidad pero de sentido contrario, ¿por qué no se anulan y equilibran el sistema?
- d :| Describa el par de fuerzas actuantes en los siguientes casos:
  - ::.. Un cohete o nave espacial lanzada al espacio.
  - ::.. Un rifle cuando dispara un tiro.
  - ::.. Una lancha con motor a hélice que navega en un río.

## ACTIVIDAD 75

- a :| ¿Cuál es la importancia de los aportes de las leyes de Newton en la Física?
- b :| Si bien a lo largo de la Unidad hemos usado indistintamente los conceptos de "ley" y "principio", su significado no es estrictamente el mismo para la Física. Investigue cuál es la diferencia entre ellos para esta disciplina.

## Una fuerza muy especial: el peso

Originariamente se definió al **PESO como la fuerza que atrae a los cuerpos (cercaos a la superficie) hacia el centro de la Tierra.**

Pídale a su tutor el Libro 3 de Ciencias Naturales de EGB, para consultar “La masa”, páginas 23 y 24.

Con Newton, se estableció que el peso es una manifestación de la fuerza de atracción gravitatoria entre la Tierra y el objeto. Además, su teoría permitió calcular el peso en la Luna o en cualquier otro astro.

El peso es una fuerza. Como tal responde a la segunda ley de Newton:

$$F = m \cdot a$$

Como la fuerza es el peso y la aceleración es la de la gravedad, la ecuación se transforma en:

$$P = m \cdot g$$

La intensidad del peso de un cuerpo resulta directamente proporcional a su masa. Esto significa que un cuerpo de mayor masa tendrá mayor peso y viceversa (considerando  $g$  constante).



:| Resuelva las siguientes situaciones:

- a :| La masa de Miguel es de 50 kg ¿Cuál es el peso de Miguel en el Polo ( $g = 9,83 \text{ m/s}^2$ )? ¿Será igual, mayor o menor si Miguel viaja al Ecuador?
- b :| Una señora en el supermercado empuja un carrito que pesa 250 N (con mercadería). Si le aplica una fuerza de 50 N: ¿cuál será la aceleración del carrito?
- c :| Cuando un cuerpo cae libremente ¿qué fuerzas actúan sobre el mismo? Realice un diagrama de cuerpo libre.
- d :| Un jugador de voley lanza la pelota verticalmente hacia arriba para hacer el saque ¿qué fuerzas actúan sobre la pelota mientras ésta asciende? ¿y en el punto más alto? Represente esta situación en un diagrama vectorial.

:| Analice las siguientes situaciones:

- a :| Un objeto lanzado verticalmente hacia arriba en la Luna, ¿llegará más alto que en la Tierra o no? ¿Por qué?
- b :| ¿Si suelta un objeto en la Luna tardará el mismo tiempo en caer que en la Tierra? ¿Por qué?
- c :| Identifique los conceptos que utilizó en el análisis.

## Masa y peso

En años anteriores habrá aprendido que la **masa** de un cuerpo es una magnitud escalar que indica la **cantidad de materia que posee dicho cuerpo**. Aquí veremos que la masa también puede definirse mediante el concepto de movimiento.

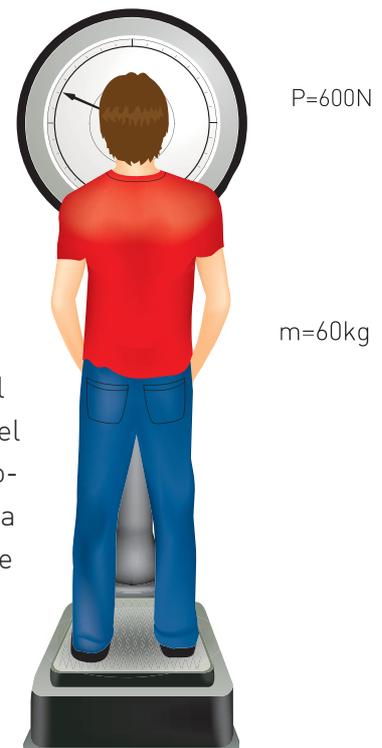
Si nos dieran a elegir entre empujar una bicicleta o un camión, seguramente preferiríamos la bicicleta. Es más fácil empujar una bicicleta que un camión, porque la resistencia a ponerse en movimiento que ofrece es menor. Esta propiedad de la materia se denomina **inercia**. El cuerpo con mayor masa tiene más inercia. En otras palabras: el camión tiene más inercia que la bicicleta. Cuanto mayor sea la inercia, más difícil es cambiar el estado de movimiento del cuerpo.

**"La masa de un cuerpo es una medida de su inercia"**. A mayor masa, mayor inercia.

Un problema que surge habitualmente entre los estudiantes es confundir masa con peso. Estos conceptos, muchas veces, son tomados como similares o sinónimos. Esto se debe, probablemente, a que una persona que tiene una masa de 60 kg tiene además un peso de 60  $\vec{\text{kg}}$ . La confusión se origina cuando nos pesamos en la farmacia y decimos que pesamos 60 kg en lugar de decir 60  $\vec{\text{kg}}$ , o cuando compramos medio kilogramo de pan cuyo peso es de medio kilogramo fuerza.

Hasta aquí, pareciera que es sólo una cuestión de palabras. Sin embargo, el  $\vec{\text{kg}}$  no es una unidad del Sistema Internacional. En este sistema, la unidad es el Newton (N), y nuestro peso de 60  $\vec{\text{kg}}$  pasa a valer aproximadamente 600 N. Ahora, claramente peso y masa tienen diferente valor numérico. Así, es más claro que son conceptos distintos.

Cada cuerpo tiene una masa determinada y su valor es fijo. Su peso, en cambio, no siempre es el mismo.



Este último depende del valor de  $g$  de cada planeta. Por esta razón decimos que el peso es la fuerza con la que un astro (como la Tierra o la Luna) atrae a los objetos próximos a él.

En la Luna, la aceleración de la gravedad es aproximadamente seis veces menor que en nuestro planeta. Por lo tanto, un objeto cualquiera pesa unas seis veces menos que si estuviera en la Tierra.

En síntesis, el peso de un cuerpo es una magnitud vectorial. Indica una medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre dicho cuerpo, y por lo tanto depende de la aceleración de la gravedad del lugar donde se encuentre. La masa, en cambio, es una medida de la cantidad de materia que posee el cuerpo; y por lo tanto no varía al cambiar de lugar.

En otras palabras: **el valor de la masa de un cuerpo es el mismo en cualquier lugar que se encuentre. El valor del peso no es necesariamente el mismo en distintos lugares, depende dónde se encuentre.**



Veamos un ejemplo de aplicación de estos conceptos:

*Supongamos que una persona de 60 kg de masa pudiera viajar al Sol cuya gravedad es aproximadamente 28 veces mayor que la gravedad terrestre (cuál sería su peso en el Sol)?*

Como  $P = m \cdot g$

resulta  $P = 60 \text{ kg} \cdot 274,40 \text{ m/s}^2 = 16.464 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 16.464 \text{ N}$

Como  $1 \vec{\text{kg}} = 9,8 \text{ N}$ , por lo tanto el peso de esta persona expresado en  $\vec{\text{kg}}$  sería aproximadamente de  $1677,5 \vec{\text{kg}}$

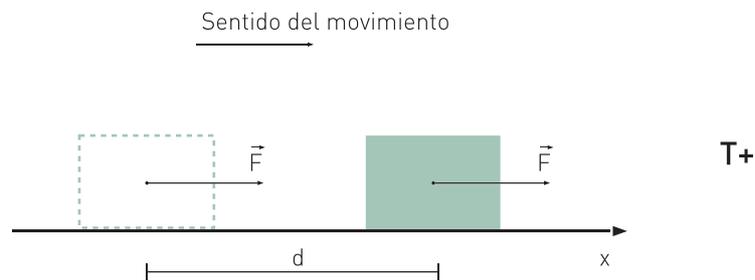
- a :| Algunas personas se ven obligadas a bajar de peso por consejo de los médicos. ¿Solucionarían el problema viviendo en la Luna? ¿Por qué?
- b :| Analice la veracidad de la siguiente afirmación: "Un cuerpo de gran cantidad de masa tiene un gran volumen".
- c :| ¿Calcule cuál es su masa y su peso aquí en la Tierra? ¿Cuánto valdría su masa y cuánto pesaría usted en la Luna ( $g = 1,62 \text{ m/s}^2$ )?

# Trabajo mecánico

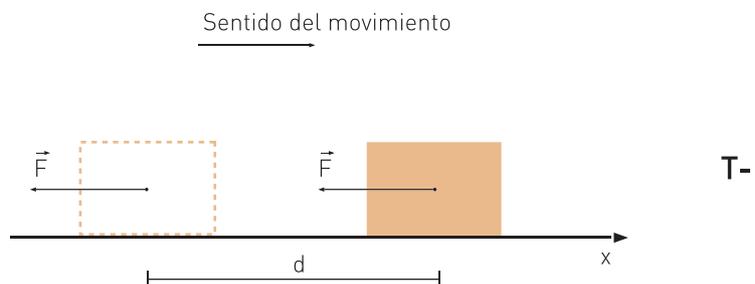
Tal vez alguna vez tuvo que empujar un automóvil para que arranque. Estará de acuerdo con que no es lo mismo empujar un auto a lo largo de una distancia de un metro que a lo largo de 10m, aunque haya ejercido la misma intensidad de fuerza en ambos casos. ¿Cómo diferenciar ambas situaciones si la fuerza ejercida fue la misma? Ante este problema, los físicos desarrollaron un nuevo concepto: el de trabajo mecánico.

Para simplificar consideraremos solamente los casos de movimientos rectilíneos y en la dirección de las fuerzas aplicadas (en cualquiera de los dos sentidos). Bajo estas condiciones, definiremos trabajo mecánico como **el producto de la fuerza aplicada por la distancia recorrida**. Matemáticamente lo expresamos como:

$$T = F \cdot d$$



↑ Trabajo efectuado en el sentido del movimiento es positivo.



↑ Trabajo efectuado contra el sentido del movimiento es negativo.

En el Sistema Internacional, la unidad de trabajo mecánico es el joule (J). Se realiza un trabajo de 1 J cuando se ejerce una fuerza de 1 N a lo largo de 1 m de longitud.

Simbólicamente:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Consideraremos que el trabajo mecánico es positivo cuando la fuerza actúe en el mismo sentido del movimiento. Será negativo, cuando la fuerza actúe contrariamente al movimiento, es decir en sentido opuesto al mismo.

Usted hace trabajo mecánico al subir una escalera, al levantar una carga, al hacer abdominales contra el propio peso. Sin embargo, no realiza trabajo mecánico sobre un pesado bolso mientras lo sostiene a la misma altura porque la fuerza que ejerce no recorre una distancia. Tampoco realiza trabajo mecánico cuando la fuerza aplicada es perpendicular a la distancia recorrida.

a :| Resuelva los siguientes problemas y contróleos en la tutoría:

- 1 :| ¿Qué requiere más trabajo: levantar un peso de 10 N hasta una altura de 3 m, o levantar un peso de 3 N a una altura de 10 m?
- 2 :| Se ejerce constantemente una fuerza sobre un cuerpo de 3 kg acelerándolo a razón de  $5 \text{ m/s}^2$ . ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza a lo largo de 4 m?
- 3 :| Calcule el trabajo mecánico que realiza al subir la escalera de su casa, del colegio o de otro lugar al que concurra habitualmente.

b :| Analice qué conceptos utilizó para su resolución.

c :| Describa los procedimientos empleados en cada uno de los problemas.

## ACTIVIDAD 80

- a :| Para resolver grupalmente en el encuentro de tutoría:
- 1 :| Elaboren una lista de los conceptos trabajados a lo largo de esta Unidad.
  - 2 :| Construya con ellos un esquema conceptual, estableciendo relaciones entre los mismos.
  - 3 :| Exprese dichas conexiones mediante oraciones.  
**Aclaración:** las ecuaciones sólo se pueden unir a los conceptos referentes mediante la expresión "se simboliza matemáticamente mediante la ecuación" o similar.
- b :| En un pequeño grupo, elijan un tema de investigación en el que puedan aplicar algunos de los conceptos y de las ecuaciones trabajadas a lo largo de la Unidad. Hagan los cálculos y presenten los resultados al resto de los grupos. Comenten cómo realizaron las mediciones, las aproximaciones tomadas, los inconvenientes que se presentaron.