

OBJETIVOS CONCEPTUALES

- Describir el movimiento visible de algunos cuerpos.
- Definir el concepto de movimiento con respecto a un sistema de referencia.
- Definir el concepto de trayectoria.
- Definir el concepto de rapidez media y sus unidades.
- Definir el concepto de aceleración y sus unidades.
- Definir las unidades con que se mide el concepto de aceleración
- Introducir el concepto de fuerza.
- Enunciar los principios del movimiento de Newton.
- Definir el concepto de cantidad de movimiento y su conservación.
- Definir el concepto de trabajo mecánico y las unidades.
- Definir el concepto de potencia y las unidades.
- Definir el concepto de energía mecánica: potencial y cinética.
- Identificar la relación entre el trabajo y la energía.
- Enunciar el principio de conservación de la energía.

OBJETIVOS PROCEDIMENTALES

- Observar y describir distintos tipos de movimiento presentes en el medio ambiente.
- Analizar, desde el punto de vista de la física, el significado que se les da a ciertos términos tomados del lenguaje corriente.
- Estimar el valor de las velocidades de algunos móviles de frecuente aparición.
- Leer gráficos con variables cinemáticas y utilizarlos en la solución de problemas.
- Trazar la gráfica de un movimiento uniforme y uniformemente acelerado.
- Expresar un concepto en diferentes unidades.
- Resolver problemas sencillos usando la definición de los conceptos.
- Medir la rapidez media de diferentes personas en movimiento rectilíneo uniforme.
- Analizar una fuerza por sus efectos.

OBJETIVOS ACTITUDINALES

- Entender que muchos fenómenos funcionan de acuerdo con la ley de causa y efecto.
- Valorar la importancia del movimiento como fenómeno de carácter universal.
- Descubrir la presencia del movimiento en las actividades de la vida diaria.
- Desarrollar un espíritu crítico y, en cierto modo, también predictivo, en lo que se refiere a estimaciones de algunos conceptos físicos tales como velocidades, aceleraciones, masas, fuerzas, etc, así como resultados de cálculos sencillos.
- Valorar el rigor en la comunicación de conceptos científicos.
- Valorar el hábito de revisar, comprobar y confrontar resultados de problemas numéricos sencillos en relación con los resultados esperados o los que debiera esperarse.
- Valorar la importancia del uso de instrumentos y materiales de laboratorio.
- Conocer y respetar las distintas concepciones acerca del movimiento y sus causas, que han tenido los hombres a lo largo de la historia de la ciencia.

Ideas previas

PREGUNTAS	A	B	C	D
¿Cuándo podemos afirmar que un cuerpo se encuentra en movimiento?				
¿Cuál es la causa del movimiento de los cuerpos?				
¿Qué conceptos físicos se mantienen constantes durante un proceso?				

A No lo sé

C Lo sé bien

B Creo que lo sé

D Podría explicárselo a algún compañero

¿Has pensado alguna vez que siempre te estás moviendo, aunque estés durmiendo en tu cama o aunque no te des cuenta de que lo estás haciendo?

En efecto, aunque estés recostado en tu cama reposando, la Tierra, nuestro Planeta, se está moviendo alrededor de su propio eje y, a la vez, también se está moviendo alrededor del Sol y éste, en torno al centro de la Vía Láctea.

UNIDAD

1 El Movimien-

¡Vivimos en un mundo en movimiento!

1 El Movimiento

1.1 DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO

Actividad 1.1

¿Has caminado desde tu casa al colegio?, ¿en alguna oportunidad?, ¿has pensado alguna vez cuáles son las variables que debes tomar en cuenta para hacer ese recorrido?

Contesta las siguientes preguntas utilizando la pauta que aquí te presentamos: marca con una X el casillero que corresponda.

PREGUNTAS	A	B	C	D
¿Qué es el movimiento?				
¿Cómo podemos saber cuándo un cuerpo se encuentra en movimiento?				
¿Qué tipos de movimientos conoces?				
¿Cuándo se dice que un cuerpo posee velocidad?				
¿Qué quiere decir que un cuerpo esté acelerando?				

A No lo sé B Creo que lo sé C Lo sé bien D Podría explicárselo a algún compañero

1.1.1 ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO

Actividad 1.2

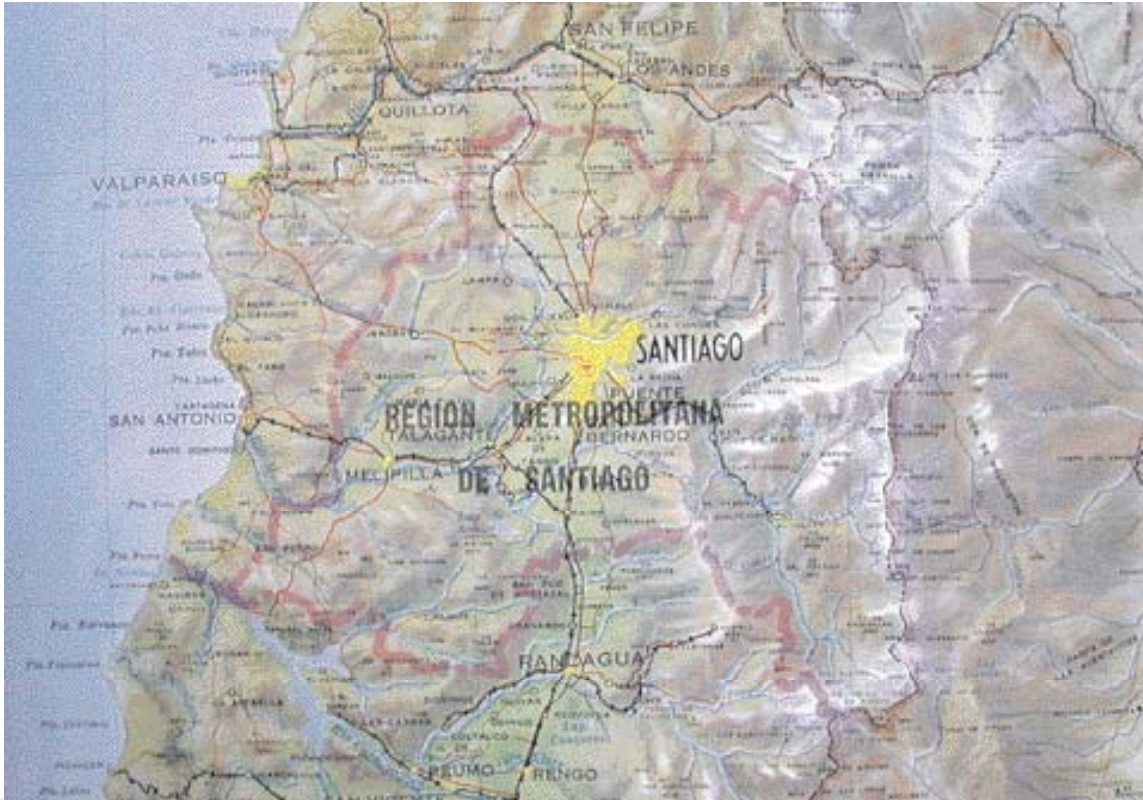
Realiza esta actividad en forma individual. Para ello te recomendamos tomar papel y lápiz, y salir a observar fuera de tu casa, en tu barrio, en el campo, en la playa, la cordillera, etc, dependiendo de tu ubicación geográfica.

Haz una lista, lo más exhaustiva posible, de todo lo que se mueve, ya sean animales, personas, insectos, peces, vehículos, etc, e indica la forma en que se mueven: en línea recta o curva. En seguida, tabula los resultados obtenidos.

OBJETOS OBSERVADOS	FORMA EN QUE SE MUEVEN: RECTAS O CURVAS

De acuerdo con la forma en que se muevan los cuerpos, es decir, de la línea que describan durante todo su movimiento, podemos clasificarlos en rectos o curvos. Además la línea que describen los cuerpos desde que se inicia el movimiento hasta que termina, se llama trayectoria. Si la trayectoria es una circunferencia, el movimiento recibe el nombre de movimiento circular, o mejor, movimiento circunferencial.

De todas las trayectorias que existen, ¿cuál es la más simple?, ¿y la más frecuente?, ¿por qué piensas eso?



Plano de la región Metropolitana.

Actividad 1.3

Teniendo el plano a la vista realiza, en forma individual, la siguiente actividad:

Suponiendo que sales de Santiago, anota la ubicación, la distancia en kilómetros y la dirección en que se encuentran diversas localidades, tales como Maipú, Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante, Melipilla, Paine, Buin, Renca, Quilicura, Colina, El Cajón del Maipo, Puente Alto, Pirque, etc. Si falta algún dato, consulta una guía turística o almanaque.

Observa, en el mismo mapa, ¿cuál es la forma geométrica que sigue el camino que une Santiago con cada una de las localidades citadas?

La localización o posición de un objeto o de un cuerpo físico siempre debe referirse a otro cuerpo u objeto con respecto al cual se hacen las mediciones. En el caso de la actividad anterior, hemos tomado Santiago como punto de referencia; sin embargo, es muy importante que sepas que la elección del punto de referencia es totalmente arbitraria y, en cada caso, se elige el que más convenga. La posición de un cuerpo no debe confundirse con la distancia total recorrida pues esta última corresponde a la distancia medida sobre la trayectoria desde la posición inicial hasta la posición final.

Actividad 1.4

Ubica ahora el punto de referencia en aquella localidad con la cual tú te sientas más identificado. Repite la actividad, con este nuevo punto de referencia y compara los resultados con los que obtuviste anteriormente.

- ¿Cambian todos los resultados?
- ¿Se mantienen algunos fijos?
- ¿Por qué?



Dentro de los sistemas de referencia que existen, uno de los más utilizados es el sistema de coordenadas cartesianas (en honor a Cartesius, nombre latino de Descartes). René Descartes (pronúnciese decart), matemático, físico y filósofo francés (1596-1650), es el creador de la Geometría Analítica, es decir, de la Geometría que usa el método de las coordenadas y del Algebra para resolver los problemas.

En algunos textos españoles aparece el nombre Renato, que es el nombre René latinizado.

Existen sistemas de referencia unidimensionales para ubicar objetos que se mueven en línea recta, como por ejemplo, un ascensor, o bien, una columna de mercurio que sube o baja en un termómetro (ver unidad nº2, el Calor). El sistema de referencia unidimensional consiste en una recta en la cual se ha elegido un origen O (del cual ya hablamos), una unidad de medida “u” (cuya magnitud depende de la situación que se va a medir), que se copia a partir del origen y hacia la derecha que es

el convencional sentido positivo (tu escribes de izquierda a derecha). El sentido contrario, es decir, de derecha a izquierda, es el sentido negativo. Por último, indiquemos que el sentido de recorrido puede ser, de izquierda a derecha, de abajo hacia arriba, etc, según la situación particular que se describa. En este sistema de referencia unidimensional, la ubicación o posición del móvil se determina exactamente mediante un solo número que corresponde a la distancia desde el origen al punto en cuestión. Este número se llama abscisa del punto. El signo + o – que acompaña al número nos indica si está a la derecha o a la izquierda de O respectivamente.

Sistema de referencia unidimensional



Según lo anterior, las abscisas de los puntos A, B, C y D de la figura siguiente son +4, -7, 0 y -3 respectivamente, lo que se anota así: A(+4), B(-7), C(0) y D(-3).

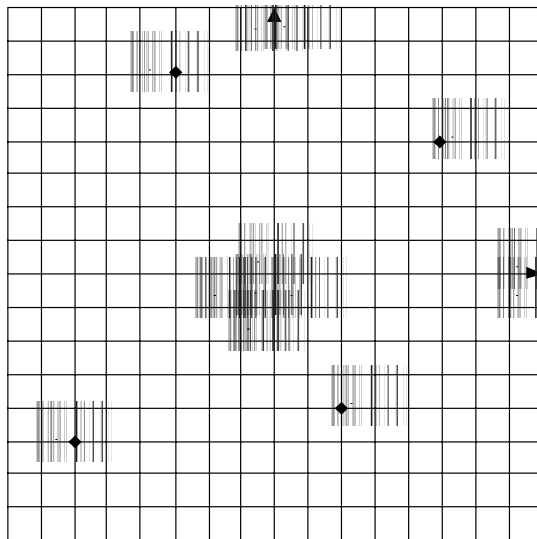


¿Sabías que...?

Según nos relata la historia de la ciencia, a René Descartes se le ocurrió la idea de usar un sistema de coordenadas para describir ubicación de puntos al observar el vuelo de una mosca dentro de su habitación, mientras él estudiaba.

Ahora bien, en el caso de un ascensor que parte del primer piso y comienza a subir, podemos saber, para un momento dado, en qué piso se encuentra. En otras palabras, podemos conocer su itinerario. El itinerario se refiere a una función o a una fórmula matemática, en términos del tiempo, que nos permite saber, en todo instante del movimiento del cuerpo, cuál es su posición, es decir, dónde se encuentra con respecto al origen del sistema de referencia. Recuerda, por ejemplo, en una estación de trenes, en dirección hacia el sur, el itinerario significa que si el tren parte a las 12:00 P.M. de la E.C., entonces a las 13:00 P.M. estará en Rancagua; a las 14:00, en San Fernando, y así sucesivamente hasta llegar a la estación de destino.

Si a este sistema le agregamos otro eje perpendicular al anterior justo en O, tendremos un sistema de coordenadas cartesianas bidimensionales que nos servirá para ubicar cualquier punto del plano. Al eje horizontal le llamaremos eje de las abscisas o eje X y al eje vertical, eje de las ordenadas o eje Y. En tal caso, para ubicar un punto del plano, éste se expresa mediante un par ordenado de números reales que miden sus distancias a los ejes antes citados. La distancia al eje Y se llama abscisa del punto y la distancia al eje X se llama ordenada del punto. Ambos números reciben el nombre de coordenadas del punto en cuestión. Hacia la derecha y hacia arriba del origen O se toma el sentido positivo; y hacia la izquierda y hacia abajo se toma el sentido negativo. Si un punto P tiene coordenadas x e y, este hecho se anota así: P(x, y).



Sistema de referencia bidimensional

Según lo anterior, las coordenadas de los puntos P, Q, R y S de la figura adjunta son:

P(5, 4); Q(-3, 6); R(-6, -5) y S(2, -4).

En cierto modo, las tramas o reticulados de algunas calles nos recuerdan el sistema de coordenadas anterior. Por ejemplo, algunas calles importantes pueden elegirse como ejes X e Y. En Santiago, el eje X podría ser la Alameda del Libertador Bernardo O'Higgins, el eje Y podría ser la calle Vicuña Mackenna y el origen podría ser la plaza Baquedano o plaza Italia.

Actividad 1.5

Determina, en la ciudad o barrio en que tú vives, cuáles calles podrían ser los ejes X e Y a los que nos hemos referido.

- ¿Cuál sería entonces el origen?
- ¿Podría el origen ser la Plaza de Armas de tu ciudad?

¿Sabías que...?

Además de los sistemas de coordenadas cartesianas anteriores, en una y dos dimensiones, existen también sistemas de coordenadas tridimensionales que nos sirven para representar puntos en el espacio.

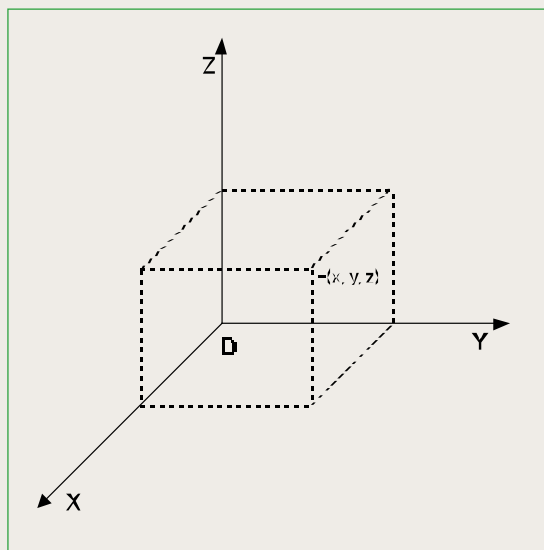
Actividad 1.6

Averigua, si es necesario, con la ayuda de tu profesor de geografía, cuál es el sistema de coordenadas que se utiliza para ubicar posiciones en la superficie de la Tierra, es decir, sobre las coordenadas geográficas. Debido a la importancia del tema, te pedimos que averigües específicamente sobre los siguientes términos y su relación entre ellos: meridianos, paralelos, línea del ecuador, meridiano cero o de Greenwich, latitud y longitud. Consigue un mapa de Chile y determina, por medio de él, cuáles son las coordenadas geográficas de las siguientes ciudades chilenas:

- Santiago
- Valparaíso
- Viña del Mar
- Concepción
- Antofagasta
- Valdivia
- Temuco
- Arica
- Iquique
- La Serena
- Punta Arenas
- Talca

Puedes agregar a esta lista todos aquellos lugares con los cuales te sientas identificado.

Sistema de referencia tridimensional



Eje X: eje de las abscisas

Eje Y: eje de las ordenadas

Eje Z: eje de las cotas

Para indicar la posición (las coordenadas) de un avión en vuelo se necesitan evidentemente 3 coordenadas. Y para la posición de un andinista en una montaña, ¿cuántas coordenadas se necesitan?

Ahora estamos en condiciones de explicar y definir el concepto de movimiento de un cuerpo. Decimos que un cuerpo está en movimiento con respecto a un sistema de referencia, cuando cambian sus coordenadas en el transcurso del tiempo.

Siempre el movimiento debe estar referido a un marco o a un sistema de referencia, pues de lo contrario el concepto carece de sentido.

Como veremos un poco más adelante, el movimiento de un cuerpo es un concepto relativo, y este hecho está íntimamente ligado a la elección del sistema de referencia.

¿Sabías que...?

La rama de la física que estudia el movimiento de los cuerpos sin referirse a las causas que lo producen se llama cinemática. La cinemática es la “anatomía” del movimiento.

A continuación nos interesa saber qué tan rápido se mueve un cuerpo, es decir, nos interesa cuantificar la medida de qué tanto cambia la posición del cuerpo, para lo cual introduciremos el concepto de rapidez.

Necesitarás hacer esta actividad junto con todo el curso. Se recomienda hacerla en la sala de clases y en el patio y al aire libre, con bastante espacio disponible.

Materiales:

- Block de apuntes o tu cuaderno
- Reloj con cronómetro en lo posible
- Metro plegable o huincha de medir

Desarrollo de la actividad

- Pide a uno de tus compañeros que camine en línea recta por todo el largo de la sala; y mide muy bien el tiempo que demora en hacerlo y regístralo.
- Mide el largo de la sala y todas las distancias que recorra. Repítelo con todos los compañeros y contigo mismo.
- Hazlo también al aire libre con distancias más grandes. Registra los datos en la siguiente tabla:

DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPO EMPLEADO

A continuación, divide, en cada caso, la distancia recorrida por el tiempo empleado en recorrerla. El cociente se compone de dos elementos: un número y una unidad. Este cociente define un nuevo concepto llamado rapidez del cuerpo que se mueve. ¿Es igual la rapidez en cada uno de los casos anteriores?, ¿cuál de tus compañeros es más rápido?, ¿qué factores se deben tener en cuenta para decidir quién es más rápido?

Definición: la rapidez media de un móvil es el cociente entre la distancia o el camino que recorre dicho móvil y el tiempo que se demora en recorrerlo.

$$\text{rapidez media} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo empleado en recorrerla}}$$

Para abreviar, denotaremos la rapidez media por “v”, la distancia recorrida por “s” y el tiempo por “t”. La fórmula anterior se escribe ahora así:

$$v = \frac{s}{t}$$

La unidad de rapidez corresponderá a una unidad de distancia dividida por una unidad de tiempo. En el Sistema Internacional (S.I.) de unidades, la unidad de rapidez es el metro partido por segundo: $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Otras unidades que también se usan son el kilómetro partido por hora: $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ y el centímetro partido por segundo: $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$. Por ejemplo, para la rapidez del metro o de un automóvil podremos usar el $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ y para la rapidez de una hormiga el $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$.

Teniendo en cuenta las siguientes equivalencias es muy sencillo transformar una rapidez expresada en ciertas unidades a otras unidades: $1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$; $1 \text{ h} = 3.600 \text{ s}$

$$\text{De tal modo que: } 1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = \frac{5}{18} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Luego, es conveniente recordar la siguiente equivalencia:

$$18 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En la práctica, hay dos conceptos: rapidez y velocidad que se toman como sinónimos pero que en realidad no lo son. ¿Cuál es la diferencia?, veámosla con el siguiente ejemplo:



Actividad 1.7

Dos automóviles van a $60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ cada uno por la carretera panamericana. Supongamos dos situaciones posibles:

Primer caso: uno va de Norte a Sur y el otro va de Sur a Norte. Ambos tienen la misma rapidez y dirección, sin embargo, lo que los distingue es el sentido del movimiento: uno hacia el Norte y el otro hacia el Sur.

Segundo caso: ambos van de Norte a Sur (o viceversa), y han partido juntos. En este caso, ambos tienen la misma rapidez y también la misma velocidad.

En el primer caso, cuando los automóviles se cruzan, ambos por su propia vía, las velocidades se suman y en tal caso, ambos se estarían alejando a $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. En el segundo caso, los automóviles se mueven paralelamente uno al lado de otro, por lo tanto, el efecto para un observador externo en todo momento es que uno pareciera estar detenido con respecto al otro. En efecto, en este caso, las velocidades se restan y ambos estarían a $0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ uno respecto del otro.

Por lo tanto, si a la rapidez de un cuerpo le agregamos un sentido de recorrido o de movimiento: de abajo hacia arriba, de izquierda a derecha, de norte a sur, etc, entonces la rapidez se transforma en velocidad. Si tu vas en tu bicicleta a $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, sólo estamos mencionando tu rapidez; sin embargo, si decimos que vas en tu bicicleta a $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ en dirección de tu casa al colegio, entonces estamos hablando de velocidad puesto que estamos mencionando una dirección y también un sentido de recorrido. Análogamente podrías estar yendo en tu bicicleta a $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ en dirección del colegio a tu casa, es decir, en el sentido contrario al anterior.

Consideremos también como ejemplo el caso de la regadera automática, que si bien, lanza el agua con la misma rapidez por todos los orificios, la dirección del chorro es distinta en cada instante, entonces, la velocidad de salida del agua es distinta.



Otra forma en que puede variar la velocidad de un cuerpo es cuando se mueve en una trayectoria circular, por ejemplo, el caso de un carrusel. Aunque la rapidez sea constante, la velocidad está cambiando constantemente de dirección, por lo tanto la velocidad no es constante.

Los físicos resumen la explicación anterior diciendo que la velocidad es una magnitud vectorial, es decir, caracterizada por un tamaño, intensidad o módulo, que en este caso se llama rapidez, además de una dirección y de un sentido de recorrido. La velocidad como vector se representa así: \vec{v} , coronada por una flecha.

En física, las magnitudes que no son vectoriales se llaman escalares. Ejemplo: la rapidez (v)

$$\vec{v}$$



Si un cuerpo mantiene una velocidad constante, es decir, su rapidez, dirección y su sentido de recorrido, entonces decimos que está dotado de movimiento rectilíneo uniforme (M.R.U).

Actividad 1.8

- ¿Qué ejemplos puedes citar tú, tomados de la Naturaleza o de tu propia experiencia, que correspondan a movimientos rectilíneos uniformes?
- ¿Qué tan buenos ejemplos son?, analízalos críticamente y argumenta por escrito tu explicación.

Actividad 1.9

Averigua cuáles son los récords mundiales en 50 metros planos, 100 metros planos, maratón olímpica, 200 millas de Indianápolis, también de nado: 50 metros estilo mariposa, crawl, etc.

Si pensamos en las etapas de un automóvil que se encuentra en movimiento, primero éste tiene que partir desde su posición de reposo, luego aumenta su velocidad hasta un cierto valor, la mantiene constante y luego, frente a un semáforo con luz roja, disminuye su velocidad hasta detenerse. En la situación anterior, aparece un nuevo concepto que se refiere a los cambios en la velocidad de un cuerpo.



Para cuantificar estos cambios los físicos han introducido el concepto de aceleración.

Definición: la aceleración de un móvil es el cociente entre el cambio de velocidad del móvil y el tiempo en el cual se produce dicho cambio.

$$\text{aceleración} = \frac{\text{cambio de velocidad}}{\text{intervalo de tiempo}}$$

Nuevamente para abreviar, pongamos “a” para la aceleración, Δv (se lee: delta ve) para los cambios de velocidad, esto es para $v_f - v_i$ (velocidad final menos velocidad inicial) y Δt para el intervalo de tiempo, esto es, para $t_f - t_i$ (tiempo final menos tiempo inicial). La fórmula sería: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Incluso, más aún, si suponemos que partimos de un tiempo inicial igual a cero ($t_i = 0$) podemos simplificar más la fórmula anterior y nos quedaría:

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

o bien

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

La aceleración es un indicador que mide cuánto cambia la velocidad en la unidad de tiempo. Las unidades de aceleración corresponden a las unidades de velocidad divididas por las unidades de tiempo. En el sistema internacional, la unidad de aceleración es el metro partido por segundo al cuadrado $\frac{m}{s^2}$.

Así, un móvil cuya aceleración es de $1 \frac{m}{s^2}$ significa que su velocidad aumenta $1 \frac{m}{s}$ en cada segundo. Y un móvil cuya aceleración sea de $-1 \frac{m}{s^2}$ significa que su velocidad disminuye $1 \frac{m}{s}$ en cada segundo.

La aceleración también es una magnitud vectorial, es decir, se caracteriza por un módulo, una dirección y un sentido.

¿Sabías que...?

En las cercanías de la superficie terrestre, todos los cuerpos caen (son atraídos por la Tierra) con la misma aceleración. Esta tiene un valor cercano a $9,8 \frac{m}{s^2}$, pero en las cercanías de las regiones polares es levemente superior.



Ascensor en movimiento, con velocidad constante.

Gráfico velocidad versus tiempo

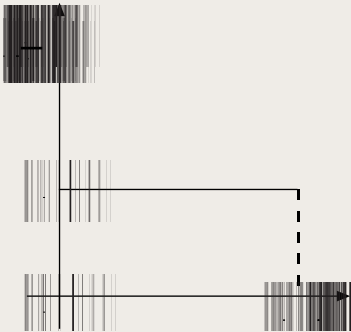
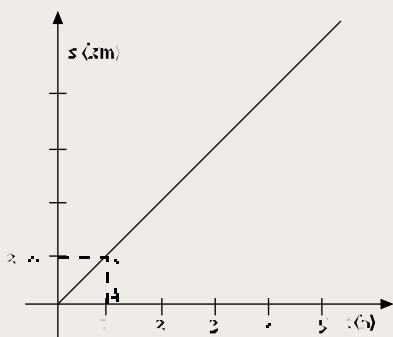


Gráfico distancia versus tiempo



Actividad 1.10

Veamos a continuación cómo se representa gráficamente el movimiento de acuerdo con un conjunto de datos entregados.

Es muy importante tener en claro que un hecho es el movimiento real y otro, muy distinto, la forma como se lo representa gráficamente.

1. Primer caso

Supongamos que un ascensor se mueve con una velocidad constante de $1 \frac{m}{s}$ durante 10 segundos.

Si la velocidad es constante, entonces en un gráfico, velocidad (en el eje Y) versus tiempo (en el eje X), el movimiento se representará por una línea recta paralela al eje X, es decir, paralela al eje donde se ubica el tiempo, como el que se muestra en la figura siguiente. Es importante observar que el gráfico nos entrega sólo lo que ocurre durante los 10 segundos que dura el movimiento y no lo que ha ocurrido antes ni después.

2. Segundo caso

Pensemos ahora en un automóvil de carreras moviéndose en una pista rectilínea con velocidad constante de $200 \frac{km}{h}$. Este vehículo recorre distancias iguales en tiempos iguales. Esto significa que en un gráfico distancia-tiempo, el movimiento se representará por una recta que pasa por el origen.

Puesto que la velocidad es la distancia dividida por el tiempo, si la velocidad es constante e igual a $200 \frac{km}{h}$ tendremos que:

$$200 = \frac{s}{t}$$

Donde: $s = 200 t$, representa la ecuación del movimiento del automóvil en cualquier instante de tiempo "t", expresada en horas. También se le llama ecuación itinerario.

Observemos, de paso, que, en el triángulo rectángulo OAB, rectángulo en A, el cociente entre las medidas de los catetos AB y OA: nos da el valor numérico de la velocidad del auto. Este cociente coincide con la pendiente de la recta OB correspondiente a la gráfica.

Por lo tanto, podemos decir que en un gráfico distancia-tiempo, la pendiente del gráfico representa la rapidez del móvil. Lo anterior también es válido aunque la gráfica no sea una línea recta; sin embargo, en esos casos, para hallar la pendiente en forma exacta es preciso usar otros métodos.

1.1.2 RELATIVIDAD DEL MOVIMIENTO

Actividad 1.11

- ¿Es posible que un cuerpo se encuentre en reposo y en movimiento al mismo tiempo?
- ¿Puedes citar algún ejemplo?
- ¿Te das cuenta de la importancia de definir un marco de referencia para poder hablar de movimiento?



Niño en movimiento respecto al entorno;
en reposo respecto a su padre.



Niño llevado sobre los hombros por su padre.

En la secuencia anterior, “vemos” a un niño que aparentemente se está moviendo con respecto a su entorno, sin embargo, no alcanzamos a ver a su padre que lo lleva sobre los hombros. Entonces, para nosotros, los observadores externos, el niño se está moviendo con respecto al entorno. Pero con respecto a su padre el niño está en reposo, pues se mueve con él.

Imagínate que vas a bordo de un tren o de una micro en un día en que comienza a llover y las gotas de lluvia comienzan a impregnar las ventanas. Para una persona que se encuentra en el andén, o en el paradero, las gotas de lluvia caen perpendicularmente al piso, es decir, la persona ve caer las gotas de lluvia siguiendo una trayectoria vertical. Sin embargo, una persona que se encuentra dentro del vehículo en movimiento, ve que las gotas de lluvia caen en forma transversal o diagonal; este efecto se debe precisamente a que el vehículo se encuentra en movimiento. En el primer caso, para la persona que se halla en el andén, su sistema de referencia es el andén, el cual está en reposo. En el segundo caso, para la persona que se encuentra dentro del vehículo, su sistema de referencia es el mismo vehículo, el cual está en movimiento con respecto al andén. Por lo tanto, la trayectoria de las gotas de lluvia cambia al cambiar el marco de referencia.

Lo anterior significa que el movimiento depende fundamentalmente del marco de referencia escogido para tal efecto. Un cuerpo puede estar en reposo con respecto a un marco de referencia (por ejemplo, el niño que va sobre los hombros de su padre está en reposo con respecto a su padre pero como su padre está caminando, entonces un observador externo ve que el niño se está moviendo con respecto al suelo). Esto es lo que queremos expresar, cuando decimos que el movimiento es un concepto relativo.

Actividad 1.12

Reúnete en grupos de cuatro o cinco compañeros y escriban todos los ejemplos posibles que se imaginen de movimiento relativo. Es decir, ejemplos que muestren claramente cómo un cuerpo, con respecto a un sistema de referencia, está en reposo y, con respecto a otro, está en movimiento o viceversa.

1 El Movimiento

1.2 FUERZA Y MOVIMIENTO

“La lucha del hombre por comprender la naturaleza fue, en buena medida, la lucha por comprender el movimiento. ¿Por qué algo se mueve? ¿Qué significa moverse? Esta es la pregunta que puso todo en marcha. Desde Aristóteles a Einstein se razonó, se pensó, se especuló sobre las causas del movimiento y el reposo, se trató de distinguirlos, se buscó algo cuyo movimiento –o falta de él– fuera realmente absoluto y nadie pudiera discutirlo. Llevó la friolera de dos mil trescientos años llegar a la conclusión de que era imposible y que el movimiento es, en realidad, una ilusión”.

(Leonardo Moledo, “De las tortugas a las estrellas. Una introducción a la ciencia”)

Actividad 1.13



¿Qué sé sobre las fuerzas y el movimiento?

Piensa en las siguientes situaciones y responde en tu cuaderno las preguntas que vienen a continuación (si es necesario dibuja un diagrama):

- Un libro se encuentra sobre una mesa. ¿Actúa(n) sobre él alguna(s) fuerza(s)?, ¿Cuál(es)?
- Una bola de pool rueda sobre la mesa después de haber sido golpeada por un taco. ¿Actúa(n) sobre ella alguna(s) fuerza(s)?, ¿Cuál(es)?
- Una carreta en movimiento tirada por caballos. ¿Actúa(n) sobre ella alguna(s) fuerza(s)?, ¿Cuál(es)?

¿Cómo le explicarías a un amigo que un auto va más acelerado

(posee más aceleración) que otro?

¿Es lo mismo la masa que el peso?, ¿En qué unidades se miden ambas magnitudes?, ¿con qué instrumento?

Compara y discute tus respuestas con las tus compañeros

¿Sabías que...?

La rama de la física que estudia el movimiento atendiendo a sus causas se llama dinámica.

La dinámica es la fisiología del movimiento.



La idea de que una fuerza causa un movimiento data del siglo IV a.C. cuando los griegos desarrollaron algunos conceptos científicos. Aristóteles estudió el movimiento y lo dividió en dos tipos: movimiento natural y movimiento violento. Él pensó que el movimiento natural en la Tierra podía ser directamente hacia arriba o hacia abajo, como el de una piedra que cae al suelo o el de una bocanada de humo que se eleva por el aire. Era “natural” que las cosas pesadas cayeran y que las muy livianas ascendieran. Por otra parte, se consideraba como movimiento violento el movimiento impuesto, es decir, un movimiento violento era el resultado de fuerzas que empujaban o tiraban. Lo más importante del movimiento violento era que tenía una causa externa. Aristóteles afirmó, que en los cielos, el movimiento circular era natural, pues, según él, tanto el movimiento circular como los cielos no tenían principio ni fin. Por lo tanto, los planetas y las estrellas se movían alrededor de la Tierra en círculos perfectos.

Actividad 1.14

Investiga, con la ayuda de tu profesor de Historia y/o Filosofía, las razones históricas, sociales, culturales y religiosas que hicieron permanecer la teoría del movimiento de Aristóteles como una teoría científicamente válida por más de dos mil años.

El hombre que movió el mundo

Hasta el siglo XVI, para la mayoría de los pensadores era evidente que la Tierra se encontraba en su lugar natural de reposo. Parecía claro que la Tierra no se movía.

En medio de éste, el astrónomo Nicolás Copérnico formuló su teoría del movimiento de la Tierra, (ver unidad N°3, la Tierra, el sistema solar y el Universo).

Copérnico llegó a la conclusión de que la explicación más sencilla para sus observaciones astronómicas era suponer que la Tierra se mueve alrededor del sol. Estas ideas desarrolladas por Copérnico fueron trabajadas por él en secreto, para evitar ser perseguido. Sólo cuando su vida ya se aproximaba a su fin entregó, a instancias de amigos muy cercanos, sus ideas a la imprenta, y el año de su muerte (1543) recibió el primer ejemplar de su obra *De Revolutionibus Orbium Celestium* (Acerca de la revolución de los cuerpos celestes).



Nicolás Copérnico

Actividad 1.15

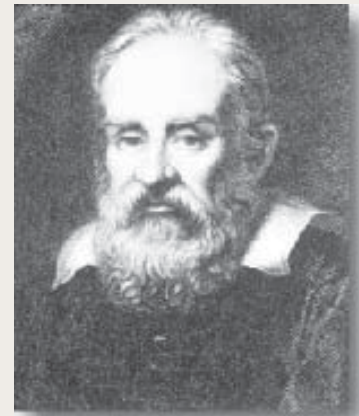
Junto a un grupo de compañeros, averigua quiénes eran los perseguidores de Copérnico mencionados en el párrafo anterior del texto y cuáles eran sus fundamentos para realizar tal acción.

¿Quién es ese canónigo polaco que sostiene que la Tierra es un trompo cuando todos sabemos que ha sido colocada por Dios en el centro del mundo? ¿Quién es ese canónigo polaco? Que se alimente de sus propias heces y gire él: que deje a la Tierra en paz.

(Johann Hohenmüller, 1583)

El sistema de Copérnico es un tesoro inagotable de comprensión, verdaderamente divina, del maravilloso orden del mundo y de todos los cuerpos en él contenidos.

(Johannes Kepler, 1571 - 1630)



Galileo Galilei

Galileo y el movimiento

Galileo Galilei, científico italiano que vivió entre los años 1564 y 1642, declaró abiertamente su apoyo a las ideas de Copérnico. Producto de lo anterior, fue sometido a juicio y sufrió arresto domiciliario. Uno de sus grandes aportes a la física, fue derribar la idea aristotélica de que se necesita una fuerza para mantener un objeto en movimiento.

Para no olvidar

Cualquier acción de tirar o empujar es una fuerza. La fuerza también es una magnitud vectorial. Además de las características típicas de magnitud (o intensidad), dirección y sentido hay que agregar la del punto de aplicación de la fuerza, importate para los efectos de ella.

Galileo planteó que sólo cuando existe roce o fricción (lo que ocurre en la mayoría de los casos de la vida diaria) se necesita una fuerza para mantener un objeto en movimiento.

Galileo afirmó que todo objeto material (con masa) opone resistencia a un cambio en su estado de movimiento.

Actividad 1.16

Piensa en el caso de una pelota que rueda por el suelo con rapidez decreciente hasta que se detiene.

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

- 1 ¿Cómo habría interpretado Aristóteles el comportamiento de la pelota?
- 2 ¿Cómo lo habría hecho Galileo?
- 3 Por último, ¿cómo lo interpretas tú?
- 4 ¿Cómo llegaste a estas conclusiones?

Reúnete con algunos compañeros y comparen sus respuestas a la pregunta 3.

¿Qué diferencias observan en sus respuestas?

Actividad 1.17

- ¿Alguna vez observaste a un mago tirar rápidamente de un mantel, dejando en su sitio los platos, vasos, cubiertos, ..., etc., que estaban sobre la mesa?

Trata de explicar lo que observaste.

Materiales:

- Una botella de plástico, con tapa, preferiblemente de base plana
- Un pañuelo grande

Qué hacer:

- Llena la botella con agua y tápala bien.
- Seca la botella y asegúrate que esté bien tapada.
- Coloca el pañuelo sobre la superficie de una mesa.
- Luego coloca la botella sobre el pañuelo.
- A continuación, toma el borde del pañuelo y da un fuerte tirón (tus brazos deben permanecer siempre al mismo nivel de la mesa).

Cuando hayas dominado la técnica anterior, vacía la botella y trata de repetir el truco.

- ¿Es más fácil o más difícil que con la botella llena?
- ¿Cómo lo explicarías?

Aunque el truco anterior es muy atractivo, es complicado llevarlo con uno a todas partes. Este otro, sin embargo, usa objetos que fácilmente pueden llevarse en el bolsillo.

Materiales:

- Una moneda de \$100
- Un naipe plástico, una tarjeta telefónica o una tarjeta multivía del metro.

Qué hacer:

Para no olvidar

Se llama roce o fricción la fuerza que actúa entre dos materiales que están en contacto mientras deslizan uno al lado del otro o uno sobre otro.



Experimento de la botella sobre un pañuelo.



Truco de la moneda con la tarjeta.

- Cierra el puño de una mano y extiende el dedo índice hacia arriba.
- Coloca la tarjeta o naipe en equilibrio sobre el extremo del dedo extendido.
- Coloca la moneda sobre la tarjeta.
- Con la otra mano dale un golpe rápido a la tarjeta como señala la figura.
- Si el golpe es dado en forma perfectamente horizontal, solamente la tarjeta saldrá volando. La moneda quedará en equilibrio sobre tu dedo.

Ahora, supongamos que la superficie de la tarjeta fuera áspera, o que adhiries sobre la tarjeta un pedazo de papel lija. ¿Cómo podría afectar esto al movimiento de la moneda? Compruébalo.

Después de realizar las experiencias anteriores, ¿podrías describir en tu cuaderno cuál es el principio que rige ambos fenómenos? ¿Es el mismo para ambas experiencias?

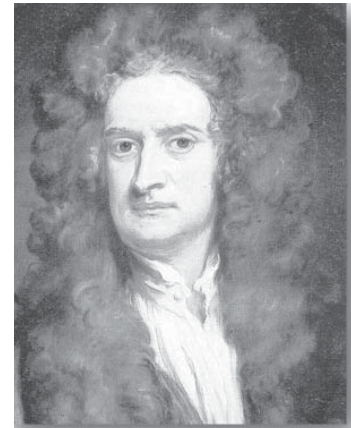
Compara tu respuesta con la de tus compañeros. ¿Qué puedes concluir?

Actividad 1.18

Imagina que subes a un ascensor con una balanza. Te paras sobre la balanza y subes y bajas con el ascensor. Responde en tu cuaderno:

- ¿Qué sucede con tu peso cuando el ascensor comienza a subir?
- ¿Qué sucede cuando comienza a bajar?
- ¿Cómo lo explicarías?

En el mismo año que falleció Galileo, nació Isaac Newton (pronúnciese niu-ton), (1642-1727), quien fue el primero en enunciar claramente los principios del movimiento, que publicó en 1687 en su *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Principios matemáticos de Filosofía Natural). Los Principios de Newton inauguraron de manera formal y orgánica la física moderna, y resumieron un siglo y medio de búsqueda y exploración, en el que se incluyen figuras como Copérnico, Galileo, Giordano Bruno, Tycho Brahe, Kepler, Descartes, entre otros. De hecho, el mismo Newton señaló al respecto: “Si he podido ver un poco más lejos que otros hombres, es porque me he sostenido en los hombros de gigantes”. Los Principios de Newton unifican de una vez toda la mecánica del mundo, establecen leyes que describen el movimiento de todos los cuerpos, fundan una metodología, derriban por siempre las concepciones Aristotélicas y fabrican una nueva imagen o representación del universo que nos rodea.

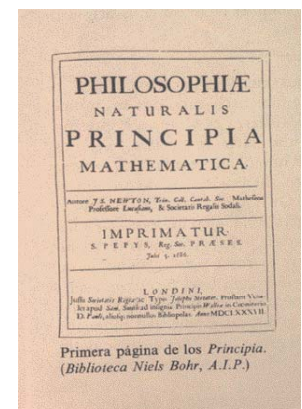


Isaac Newton

“No sé qué puedo parecer a los demás, pero me siento como un niño que juega a la

orilla del mar, que se distrae de vez en cuando al encontrar un caracol más bonito que los demás, mientras el gran océano de la verdad se extiende ante mis ojos”.

(Isaac Newton)



Primera página de los *Principia*.
(Biblioteca Niels Bohr, A.I.P.)

1.2.1 PRINCIPIO DE NEWTON

Primer principio de Newton. Principio de inercia

“Si sobre un cuerpo no actúan fuerzas, o si de las que actúan resulta una fuerza neta nula, aquél permanece en su estado de reposo o bien en su estado equivalente, el movimiento rectilíneo y uniforme”. También la recíproca es válida: si un cuerpo se halla en reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme será nula la fuerza neta actuando sobre él.

En otras palabras, todo objeto persiste en un estado de reposo, o de movimiento en línea recta con rapidez constante, a menos que se apliquen fuerzas no equilibradas que lo obliguen a cambiar dicho estado.

Actividad 1.19

¿Con o sin inercia?

Di a tus amigos que puedes hacer que un hilo se corte por debajo o por encima de un nudo. Puedes pedir incluso que ellos elijan donde se producirá el corte y tirar del hilo de acuerdo con lo que hayan solicitado.

Materiales:

- Una plomada de 50 gramos
- Hilo de coser fino

Qué hacer:

Corta dos pedazos de hilo, cada uno de quince centímetros de longitud. Amarra ambos hilos al ojo de la plomada. Ata el otro extremo de uno de los hilos a algún soporte firme de modo que el conjunto cuelgue libremente como muestra la figura.

Sujeta con la mano el extremo libre del otro hilo y comienza a tirar suavemente, aumentando la fuerza lentamente. Responde en tu cuaderno.

- ¿Qué sucede?
- ¿Por dónde se corta el hilo?

Reemplaza el hilo cortado y repite la experiencia. Pero, esta vez, da un fuerte tirón de la parte inferior del hilo. Responde en tu cuaderno: ¿Por dónde se rompe el hilo ahora?, ¿puedes explicar lo que observas?

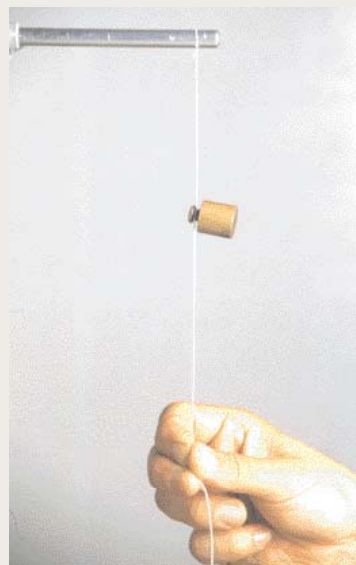
Actividad 1.20

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

¿Qué pesa más? Un kilogramo de plumas o un kilogramo de plomo.

Si llenamos dos sacos idénticos, uno con plumavit y el otro con clavos. ¿Cuál tiene mayor masa?, ¿Cuál tiene mayor peso?

¿Cuál de las cantidades siguientes cambia cuando comprimes una esponja: la masa, la inercia, el volumen o el peso?



Plomada con los hilos atados y colgando.



Un kilo de plumas y un kilo de plomo.

Para no olvidar

La masa es una medida de la cantidad de materia que hay en un objeto y depende sólo del número de átomos y del tipo de átomos que lo componen (masa material).

El peso es una medida de la fuerza gravitacional que actúa sobre un objeto. El peso depende del lugar dónde se encuentre el objeto.

Actividad 1.21

Si pateas una botella plástica vacía, se mueve. Si la llenas con arena, ya no se moverá con tanta facilidad al patearla, y si la llenas con rodamientos de acero, lo más seguro es que te lastimarás el pie. La botella con rodamientos tiene más inercia que la que está llena de arena, y a su vez, la que contiene arena tiene más inercia que la vacía. Cuanta más masa posee un objeto, mayor es su inercia y más fuerza se necesita para cambiar su estado de movimiento (recuerda el primer principio de Newton).

La masa es una medida de la inercia de un objeto (masa inercial).

Fuerza neta o resultante

El principio de inercia nos señala que, en ausencia de una fuerza neta o resultante, el estado de movimiento de los objetos no cambia.

¿Qué sucede, por ejemplo, si empujamos un objeto con dos fuerzas de igual intensidad desde lados opuestos del mismo?. ¿Se mueve el objeto? La respuesta es negativa dado que las fuerzas se cancelan mutuamente y no existe una fuerza resultante o neta sobre el objeto.

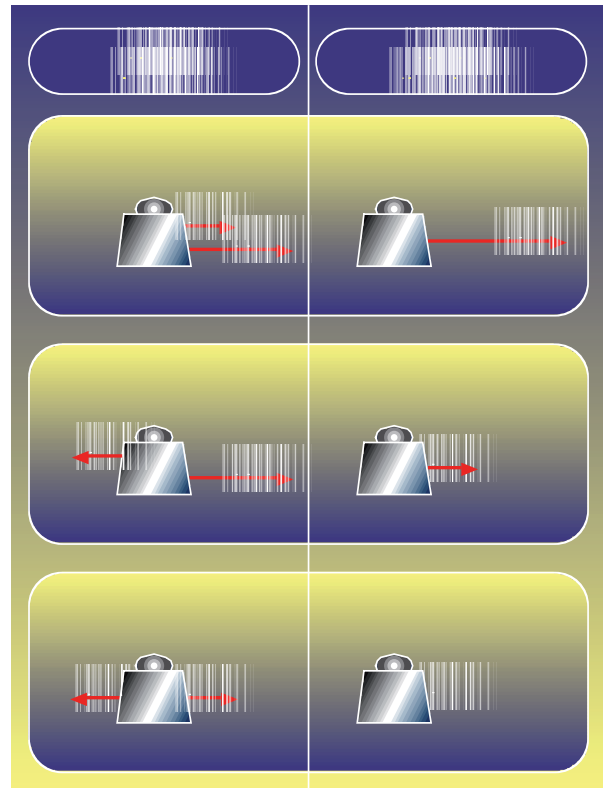
La combinación de todas las fuerzas que actúan sobre un objeto se conoce como fuerza resultante o neta, y esta fuerza resultante hace que cambie el estado de movimiento de un cuerpo.

La siguiente figura nos muestra cómo se combinan las fuerzas para producir una fuerza resultante.

¿Qué sucede cuando la fuerza resultante sobre un objeto es nula y el objeto se encuentra en reposo?

Cuando se tiene la situación anterior, decimos que el objeto se encuentra en equilibrio.

Observa a tu alrededor y escribe en tu cuaderno los nombres de cinco objetos que se encuentran en equilibrio y explica cuáles son las fuerzas que actúan sobre ellos. Compara y comenta tus respuestas con tus compañeros.



Actividad 1.22

Averigua cuál es el principio de funcionamiento de los dinamómetros e intenta, con la ayuda de tu profesor, construir uno.

Para recordar

Los dinamómetros son instrumentos que nos permiten medir la magnitud o intensidad de una fuerza en newtons (N) de manera precisa.

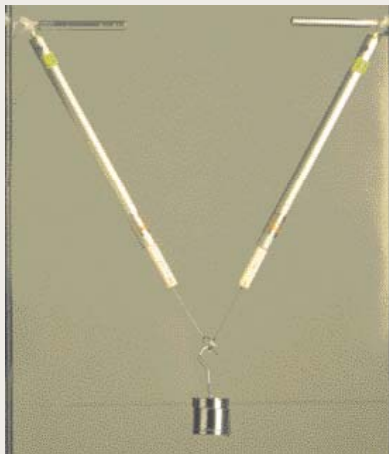
Suma de fuerzas

Cuando un objeto de 50 (N) cuelga verticalmente de un solo dinamómetro, éste registra 50 (N). Cuando la carga cuelga verticalmente de dos dinamómetros, cada uno registra la mitad del peso del objeto, es decir, 25 (N).

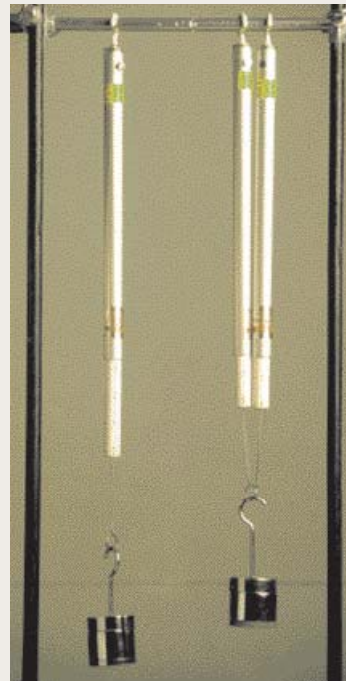
¿Qué sucede si los dinamómetros tienen una dirección distinta a la vertical?

Podemos observar que la tensión en los dinamómetros depende del ángulo que forman respecto de la vertical.

A medida que el ángulo entre los dinamómetros aumenta, las lecturas de los dinamómetros se incrementan para conservar la resultante de 50 (N) hacia arriba.



Peso colgando de dinamómetro en 60° .

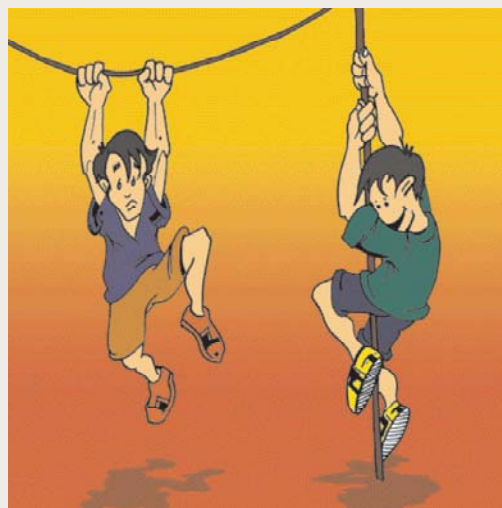


Peso colgando de un dinamómetro y de dos dinamómetros.

Actividad 1.23

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

- El primer principio de Newton establece que no se requiere una fuerza para conservar el movimiento. ¿Por qué entonces es necesario pedalear para conservar una bicicleta en movimiento?
- Una cuerda para colgar ropa está sometida a una tensión cuando te cuelgas de ella. ¿Por qué la tensión es mayor cuando la cuerda está estirada horizontalmente que cuando cuelga en sentido vertical?
- Numerosos pasajeros de automóviles sufren lesiones en el cuello cuando su vehículo es golpeado por atrás. ¿Cuál es el papel del principio de inercia en esta situación?, ¿cómo ayuda el apoyo cabeza a evitar este tipo de lesiones?
- Si te subes a dos balanzas y tu masa se reparte por igual entre ellas, ¿cuál será la lectura en cada una de ellas?, ¿qué sucede si te apoyas con una mayor proporción de tu masa en un pie que en el otro?



Actividad 1.24

Investiguemos la posible relación entre masa, fuerza y aceleración.

Materiales necesarios:

- Patines o skateboard
- Dinamómetro
- Cronómetro
- Regla o huincha de 1 metro
- Cinta adhesiva

Procedimiento:

- 1 Necesitamos un piso uniforme, recto y nivelado, y de, al menos, 20 metros de longitud. Con la cinta marca varias posiciones en el piso a intervalos de 5 m. Marca el punto O (donde comienzas a medir) y las posiciones 5 m, 10 m, 15 m y 20 m.
- 2 Con los patines puestos o sobre el skateboard, un compañero se coloca en la marca de O m. Otro compañero debe permanecer por detrás de esa marca y sujetar al compañero sobre ruedas. El patinador sujeta uno de los extremos de un dinamómetro.
- 3 Un tercer compañero sujeta el otro extremo del dinamómetro y ejerce una fuerza constante (según la lectura del dinamómetro) para tirar del patinador cuando el segundo compañero lo el estudiante que arrastra a su compañero debe aplicar una fuerza constante durante todo el trayecto que tire el patinador. No debe dar un tirón más fuerte al comenzar. Además, debe cuidar de que la trayectoria seguida sea rectilínea, para lo cual el patinador debe mantener los patines en forma paralela. Mide el tiempo que el patinador tarda en alcanzar cada una de las marcas de 5 m, 10 m, 15 m y 20 m, y anota los datos en la tabla siguiente (tabla 1), junto con las lecturas del dinamómetro.

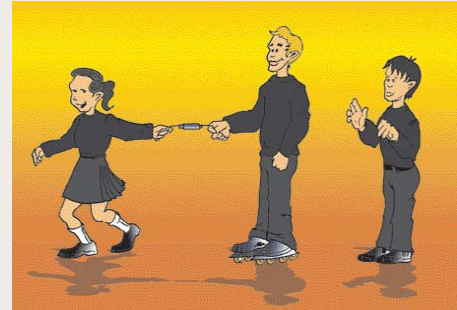


Tabla 1

distancia	5 m	10 m	15 m	20 m
tiempo				

- 4 Repite dos veces el experimento, con patinadores de diferentes masas, pero manteniendo la misma fuerza al tirar.
- 5 Repite el experimento (pasos 1 al 4) indicándole al estudiante que tira a su compañero que mantenga una fuerza constante, pero un poco mayor a la anterior, durante toda la trayectoria de arrastre, con los mismos tres compañeros de la prueba anterior. Anota tus resultados en la tabla 2.

Tabla 2

distancia	5 m	10 m	15 m	20 m
tiempo				

Análisis:

- 1 Hasta la época de Galileo, la creencia era que se necesitaba de una fuerza constante para producir rapidez constante. ¿Tus observaciones corroboran o refutan esta idea?
- 2 ¿Qué sucede con la rapidez al aumentar la distancia recorrida?
- 3 ¿Qué pasa con la aceleración (tasa de incremento de la rapidez) al avanzar a lo largo de las distancias medidas?
- 4 Cuando la fuerza es la misma, ¿de qué manera depende la aceleración de la masa?
- 5 Si la masa del patinador es la misma, ¿cómo afecta la fuerza a la aceleración?
- 6 Supongamos que se aplica una fuerza de 5 N al patinador y éste no se mueve. ¿cómo explicarías eso?

El segundo principio de Newton vincula la intensidad de la fuerza resultante impresa en el cuerpo con su aceleración. Ambas son proporcionales.

fuerza resultante ~ aceleración

Con diversos ejemplos, algunos sacados del análisis de los proyectiles realizado por Galileo, Newton demuestra que la fuerza actuante sobre un cuerpo originará en éste una aceleración proporcional a la fuerza; la constante de proporcionalidad, la masa del cuerpo, es una característica intrínseca de éste. Ello se expresa diciendo que, sea cual fuere la fuerza resultante F que actúa sobre el cuerpo, la aceleración que ésta le imprime será tal que la razón $\frac{F}{a}$ es invariable.

Y tal razón define su masa: $\frac{F}{a} = m$

$\frac{F}{a} = \text{constante}$

Tal como dijimos antes de manera cualitativa (al hablar de la relación entre masa e inercia), ahora la masa de un cuerpo nos indica cuantitativamente el grado de “resistencia” que aquél ofrece al cambio de velocidad o de dirección a que lo obliga la fuerza.

Segundo principio de Newton. Principio de masa.

Este principio establece que: la aceleración que adquiere un objeto por efecto de una fuerza resultante es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza resultante, tiene la misma dirección que la fuerza resultante y es inversamente proporcional a la masa del objeto.

Escrito en forma de proporcionalidad:

aceleración ~ $\frac{\text{Fuerza resultante}}{\text{masa}}$

Para transformar la proporcionalidad en igualdad, introducimos una constante de proporcionalidad k :

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

Eligiendo un sistema de unidades apropiado, se tiene $k = 1$, entonces la ecuación anterior se reduce a:

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

o, lo que es lo mismo: $F = m \cdot a$ donde:

- F es la fuerza resultante sobre el objeto
- m es la masa del objeto
- a la aceleración que adquiere el objeto

Para no olvidar

La unidad de fuerza en el SI (sistema internacional) es el newton (N). Un newton es la fuerza que, aplicada a una masa de un kilogramo, produce una aceleración de un metro por segundo al cuadrado.

Actividad 1.25

Responde, junto a un grupo de compañeros, las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la diferencia entre decir que una cantidad es proporcional a otra y decir que es igual a otra?
- Si un automóvil puede acelerar a $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, ¿qué aceleración puede desarrollar si tiene que remolcar a otro auto de la misma masa?
- Supón que una cierta fuerza resultante mueve una carreta. Si se triplica la fuerza resultante, ¿en qué proporción cambia la aceleración de la carreta?
- Supón que una cierta fuerza neta mueve una carreta cargada. Si se cae parte de la carga de la carreta de tal manera que su masa se reduce a la mitad, ¿en qué proporción cambia la aceleración?

Actividad 1.26

Señala en tu cuaderno diez fenómenos o efectos observables diariamente, que no se podrían producir o explicar, si no existieran las fuerzas de roce o fricción.

Anteriormente mencionamos la fricción o roce como una fuerza que afecta el movimiento como todas las demás. El roce actúa sobre materiales que están en contacto unos con otros y siempre lo hace en un sentido opuesto al del movimiento.

La fuerza de roce depende de los materiales, la clase de los materiales que están en contacto y de la intensidad con que una superficie comprime a la otra.

Es importante mencionar que la fricción no se limita a contacto entre sólidos que resbalan o tienden a deslizar. También el roce se presenta en los líquidos y gases, ambos llamados fluidos (porque fluyen).

Unos de los casos de resistencia en un fluido más conocidos y observados a diario, es el de la resistencia del aire, que es la fuerza de roce que actúa sobre un objeto que se mueve a través del aire.



Actividad 1.27

Si hay fuerzas de roce actuando sobre un objeto, éste puede moverse con velocidad constante mientras se le aplique una fuerza externa.

Responde en tu cuaderno, respecto de la frase anterior:

- ¿Cómo debe ser la fuerza externa antes mencionada respecto de la fuerza de roce, en cuanto a su magnitud, dirección y sentido? (sugerencia: recuerda los dos primeros principios de Newton)
- ¿Cuál es la fuerza neta sobre el objeto?
- ¿Cuál es la aceleración del objeto?

Actividad 1.28

Los rieles usados para separar los dos sentidos de las carreteras están comenzando a ser reemplazados por muros de concreto, como muestra la figura.

Tomando en cuenta que el roce entre caucho y concreto es mayor que el que existe entre metales, intenta explicar cuáles son las razones que han motivado el cambio de un sistema de seguridad vial al otro. Te sugerimos tomar en cuenta la forma geométrica de ambos sistemas y los materiales que entran en contacto en cada caso, cuando el auto roza contra la barrera.



Barreras de pistas, de cemento y fierro.

Actividad 1.29

Responde a lo siguiente en tu cuaderno:

Se dejan caer dos objetos de distinta masa desde una misma altura, soltándolos al mismo tiempo.

- ¿Llega uno primero al piso o llegan ambos juntos?
- ¿De qué depende?

Actividad 1.30

Galileo demostró que todos los objetos que caen experimentan la misma aceleración sin importar su masa. Es lo que conocemos como aceleración de gravedad y se denota por la letra g . Su valor aproximado, ya que su valor depende de la posición que tengamos sobre la Tierra, es de $9,8 \frac{m}{s^2}$. Lo anterior, es estrictamente cierto si la resistencia del aire fuera inexistente, y sólo lo es de manera aproximada si estamos en presencia de ella.

Los experimentos de Galileo fueron realizados por él, lanzando objetos de distinta masa desde la Torre Inclinada de Pisa.

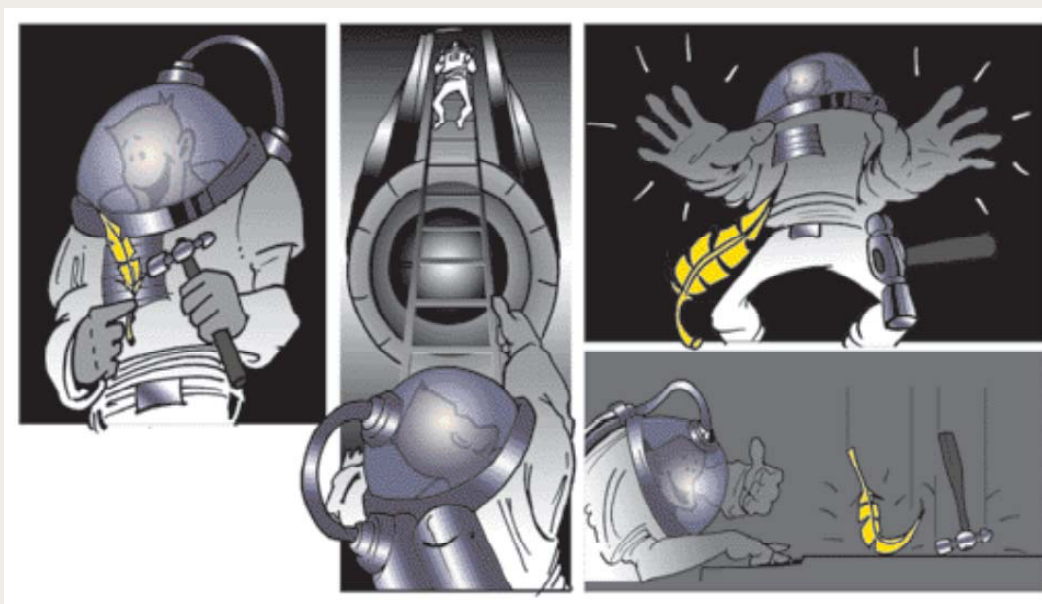
Si “ h ” es la altura (en metros) desde la que se deja caer un cuerpo en caída libre demorando un tiempo t (segundos) en caer, entonces se puede demostrar que:

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

Consulta a tu profesor por la demostración.

Actividad 1.31

Investiga cuál es la razón por la cual el valor de g (aceleración de gravedad) depende de la posición que tengamos sobre la Tierra (sugerencia: refiérete a la unidad 3 del libro) y cuál es su margen de variación sobre la Tierra, es decir, averigua su valor máximo y su valor mínimo, y dónde se produce cada uno.



Astronautas realizando el experimento.

Actividad 1.32

- La explicación de lo señalado por Galileo es consecuencia directa de lo afirmado posteriormente por Newton en su segundo principio.
- Junto a un grupo de compañeros intenten explicar, utilizando el segundo principio de Newton, por qué Galileo tenía razón y se cumple la ley de caída libre de los cuerpos.
- Una vez que hayan concluido su explicación, expónganla ante sus compañeros de curso y realicen un debate al respecto.

Actividad 1.33

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la causa del roce y en qué dirección se ejerce éste respecto al movimiento de un cuerpo que se desliza?
- ¿Por qué una moneda y una pluma colocadas en un tubo al vacío con la misma aceleración caen simultáneamente?
- ¿Por qué una moneda y una pluma caen con diferente aceleración en presencia del aire?

Para recordar

Décadas atrás los astronautas hicieron un experimento en la superficie de la Luna. En ese ambiente desprovisto de aire dejaron caer simultáneamente un martillo y una pluma. Tal como lo prevé la ley de caída libre de los cuerpos, ambos objetos cayeron con la misma aceleración y tocaron el piso al mismo tiempo.

Desafío científico

Se nos dice que la aceleración de un objeto en caída libre debido a la gravedad es la misma para todos los objetos. Sin embargo, eso es algo que no se cumple en la observación directa. En la vida cotidiana los objetos no caen en el aire a la misma velocidad: una bala y un papel que se dejen caer simultáneamente no llegarán al suelo al mismo tiempo. Se supone que la causa es la resistencia del aire, pero ¿estamos seguros? Fuera de intentar la prueba en el vacío, algo de lo que no disponemos fácilmente, ¿se te ocurre algún experimento simple que dé pruebas de que la aceleración es igual para todos los cuerpos? ¡Diseñalo y propón hacerlo!

Actividad 1.34

Dos equipos se enfrentan tirando la cuerda. Uno tira hacia un lado y el otro en sentido contrario. El equipo que tire con más fuerza será el ganador, ¿no es verdad?

Comenta con algunos de tus compañeros la situación anterior y respondan si están de acuerdo con la explicación dada del fenómeno. Den argumentos para justificar su respuesta.



Tercer principio de Newton. Principio de acción y reacción

El tercer principio de Newton establece que: Siempre que un objeto A ejerce una fuerza sobre otro objeto B, el objeto B ejerce sobre el objeto A una fuerza de igual intensidad y dirección, pero en sentido opuesto.

A una de estas fuerzas se le llama fuerza de acción y la otra, fuerza de reacción, indistintamente.

Si llamamos F_{AB} a la magnitud de la fuerza que ejerce A sobre B y F_{BA} a la magnitud de la fuerza que ejerce B sobre A, entonces:

$$F_{AB} = F_{BA}$$

Observando la figura, imagina el siguiente diálogo entre el caballo (C) y el arriero (A):



A: ¡Arre caballo! Tira de la carreta para que podamos partir.

C: Tirar del carro sería un esfuerzo inútil. Porque si yo tiro de la carreta, ella tirará de mí a la vez. Por el tercer principio de Newton las fuerzas son iguales y opuestas, de modo que se anulan entre sí y con una fuerza resultante cero no podremos movernos.

A: No me importa la fuerza que se ejerza sobre ti. ¡Lo que me interesa es la fuerza que tú ejerces sobre el carro! Tira y te aseguro que nos moveremos.

C: Pero, ¿cómo podré avanzar si el carro tira de mí hacia atrás?

A: Sólo empuja el suelo hacia atrás. Por el tercer principio de Newton el suelo te empujará hacia adelante con la misma fuerza... ¡y así yo también avanzaré!

- ¿Qué te parece el dialogo anterior?
- ¿Quién tiene la razón?
- ¿Por qué?

Actividad 1.35

Un mono cuelga del extremo de una cuerda que pasa a través de una polea suspendida en el techo. En el otro extremo hay un objeto de igual peso que el mono. Responde en tu cuaderno: ¿qué pasa con el objeto si el mono comienza a trepar por la cuerda?

La siguiente escena aparece en muchas películas de acción. Un tirador dispara una pistola o un revólver y apenas se mueve de su sitio. La víctima alcanzada por el disparo, sale despedida hacia atrás, a veces, con tanta violencia que cae a través de una ventana o vuela varios metros por los aires. Esto no puede suceder en la realidad.

Utilizando el principio de acción y reacción, explica por qué no puede suceder.

Actividad 1.36

Redacta utilizando tus propias palabras los tres principios de Newton. Posteriormente compáralas con las que aparecen en el libro.

Además, señala un ejemplo de la vida diaria donde se pueda observar la aplicación de cada uno de ellos y explícalo a tus compañeros.

Actividad 1.37

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

Si tenemos dos camiones idénticos en movimiento y avanzando con la misma rapidez, uno cargado y el otro vacío. ¿Cuál es más difícil de detener? ¿Por qué?

No puedes lanzar un huevo crudo contra una pared sin que se quiebre. ¿Podrías lanzarlo, con la misma rapidez anterior, contra una sábana colgando sin romperlo? Intenta explicar el fenómeno.

1.2.2 CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Sabemos que es más fácil detener un auto pequeño que un camión grande cuando ambos se desplazan con la misma rapidez. Decimos que el auto tiene una cantidad de movimiento menor que el camión. Usaremos la expresión cantidad de movimiento(p) para designar la inercia en movimiento, es decir, más específicamente, la masa de un objeto multiplicada por su velocidad.

$$\text{Cantidad de movimiento} = \text{masa} \cdot \text{velocidad}$$

Abreviadamente: $p = mv$

Otros nombres que recibe la cantidad de movimiento son: momentum e ímpetu. Utilizaremos cantidad de movimiento debido a que es el término utilizado originalmente por Newton en la formulación de sus principios. En el Sistema Internacional, la unidad de cantidad de movimiento es el:

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

Esta unidad no tiene un nombre especial.

Responde en tu cuaderno la siguiente pregunta:

El segundo principio de Newton señala que si no se ejerce una fuerza neta o resultante sobre un sistema, no hay aceleración. ¿Se puede deducir de lo anterior que no hay cambio en la cantidad de movimiento?

Comenta y discute tu respuesta con tus compañeros.



Figura Cañón-Bala y disparo-desplazamiento.

Actividad 1.38

Considera un cañón que dispara una bala como en la figura. La fuerza que se ejerce sobre la bala dentro del cañón es igual y opuesta a la fuerza que hace retroceder al cañón (recuerda la tercera ley de Newton o de acción y reacción). Estas fuerzas son internas respecto del sistema formado por la bala y el cañón, de modo que no alteran la cantidad de movimiento del sistema bala-cañón.

¿Por qué la bala adquiere mayor velocidad que el cañón?

Antes de disparar, el sistema está en reposo y la cantidad de movimiento del sistema es cero. Después del disparo la cantidad de movimiento total o neta sigue siendo cero. No se pierde ni se adquiere cantidad de movimiento total. Así, aunque la bala adquiere cantidad de movimiento cuando ocurre el disparo y el cañón también la adquiere en sentido opuesto, el sistema bala-cañón no adquiere cantidad de movimiento, ya que ambas se anulan entre sí.

Para no olvidar

La cantidad de movimiento, como la velocidad y la fuerza, tiene magnitud, dirección y sentido, o sea, es una magnitud vectorial.

Vectorialmente la fórmula de la cantidad de movimiento sería: $\vec{p} = m \vec{v}$

Ley de conservación de la cantidad de movimiento

En ausencia de una fuerza externa, la cantidad de movimiento de un sistema no varía. Es decir, la cantidad de movimiento de un sistema se conserva cuando no se ejerce una fuerza externa.

Si un sistema sufre alteraciones en las cuales todas las fuerzas son internas al sistema, como por ejemplo, el choque de dos autos, la explosión de una bomba, la desintegración radiactiva de un núcleo atómico, la explosión de una estrella, entonces, la cantidad de movimiento total del sistema es la misma antes y después del acontecimiento.

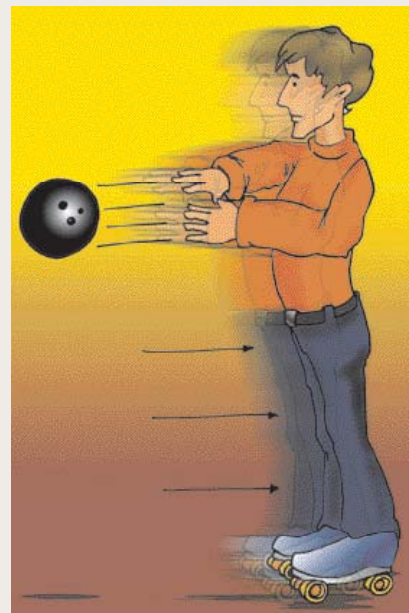


Actividad 1.39

Realiza la siguiente actividad:

- Ponte de pie sobre patines o un skateboard, en un terreno plano y liso, y lanza un objeto pesado hacia delante o hacia atrás. ¿Qué observas?, ¿cómo lo explicarías?
- Repite ahora el movimiento de lanzamiento con el mismo objeto, pero, esta vez, sin soltarlo. ¿Qué observas ahora?, ¿cómo lo explicarías?
- Compara tus explicaciones con las de tus compañeros y discutan al respecto.

En choques o colisiones entre objetos se puede observar claramente la conservación de la cantidad de movimiento. Cuando al menos dos objetos chocan en ausencia de fuerzas externas, la cantidad de movimiento total de los objetos antes del impacto es igual a la cantidad de movimiento total de los mismos después del choque.



$$\begin{array}{c} \text{Cantidad de movimiento total antes del impacto} \\ = \\ \text{Cantidad de movimiento total después del impacto} \end{array}$$

Este principio, que es fundamental en física se llama principio de conservación de la cantidad de movimiento.

Se acostumbra clasificar las colisiones en elásticas e inelásticas. Cuando al menos dos objetos chocan sin sufrir de una deformación permanente y sin generar calor producto del impacto, se dice que se ha producido una colisión elástica. En cambio, cuando los objetos que chocan quedan unidos o acoplados después del impacto, deformándose y generando calor, se dice que se ha producido una colisión inelástica.

Identifica junto a un grupo de compañeros situaciones de la vida diaria donde hayas observado colisiones de tipo elástico y de tipo inelástico.

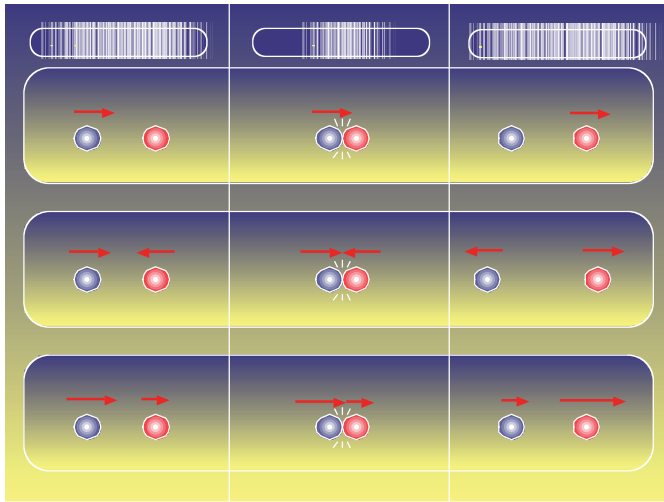


Diagrama de una colisión elástica.

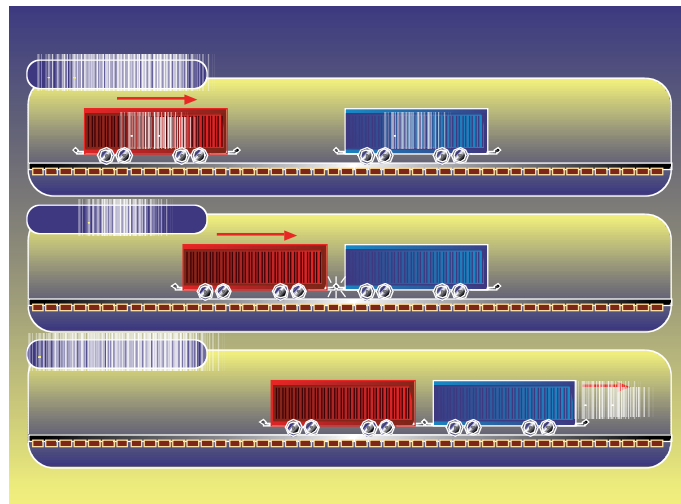


Diagrama de una colisión inelástica.

En ambos diagramas, los cuerpos que interactúan son de igual masa.

Actividad 1.40

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

Imagina que en un acelerador de partículas, un protón colisiona con un átomo. El electrón sale impulsado hacia adelante en la misma dirección en la cual se movía el protón y con una rapidez mucho mayor que la del protón. ¿Qué puedes inferir acerca de la masa relativa de un electrón respecto de la de un protón?

Una locomotora eléctrica pesa cinco veces más que un vagón de carga. Si la locomotora se desliza a $10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ hasta chocar con un vagón de carga que está en reposo, ¿con qué rapidez se mueven ambos después de acoplarse?

Actividad 1.41

Si deseas soltar una tuerca muy apretada con una llave apropiada, ¿cuál de las tres figuras indica la situación en la que realizarías la menor fuerza para soltarla, es decir, en cuál de las tres situaciones tienes mayor posibilidad de lograr tu propósito?.

- ¿Por qué?

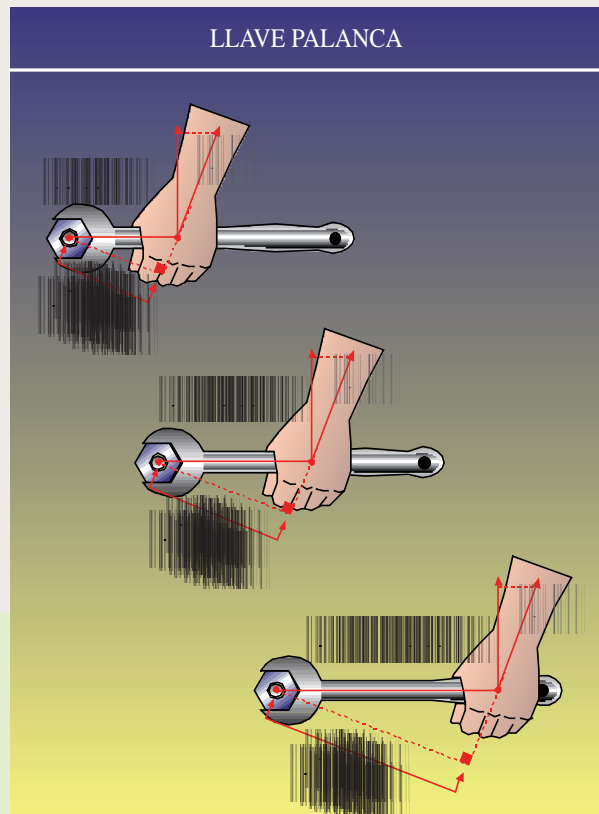
Siempre que abrimos una llave de agua, una puerta, o que apretamos una tuerca, ejercemos una fuerza de rotación. Esta fuerza de rotación produce un torque. Un torque no es lo mismo que una fuerza. En algunos textos se usa el nombre de torca (ver figura).

Para no olvidar
Los torques producen rotación.

Si llamamos brazo de palanca a la distancia perpendicular entre un eje y la línea de acción de una fuerza que tiende a producir rotación alrededor de dicho eje, entonces la expresión matemática del torque es la siguiente:

Torque = Fuerza · brazo de palanca.

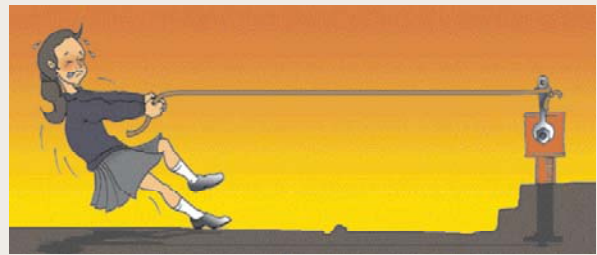
La unidad de torque es el newton-metro [Nm].



Actividad 1.42

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

- Si la perilla de una puerta se encontrara en el centro y no en el borde más alejado de la bisagra, ¿cuánta más fuerza se necesitaría para producir el mismo torque al abrir la puerta?
- Si no puedes ejercer un torque lo suficientemente grande como para aflojar una tuerca apretada y amarras una cuerda a la llave como muestra la figura, ¿aumentan



Para no olvidar

Equilibrio de Torques

Cuando sobre un objeto o cuerpo se producen torques equilibrados no se producen cambios de rotación.

Los torques se equilibran porque son de igual magnitud e intentan producir rotación en sentidos opuestos, uno en el sentido de los punteros del reloj y el otro en sentido contrario de los punteros del reloj.



Balancín equilibrado con distintos pesos y distancias al eje.

1 El Movimiento

1.3 ENERGÍA MECÁNICA

Ya has aprendido quién fue Isaac Newton, cuáles son los principios que él postuló y cómo ellos nos permiten entender la dinámica presente en el movimiento. Seguramente, también recordarás lo que es la cantidad de movimiento y el fenómeno de conservación de ésta al producirse choques entre distintos cuerpos, lo cual fue postulado por Descartes.

Ahora te queremos invitar a iniciar el camino para entender una nueva mirada que se dio al movimiento, con la popularidad que a finales del siglo XVIII comenzaban a adquirir las máquinas a vapor en las fábricas de Europa esta nueva mirada fue tomada en su tiempo como antagónica a la explicación que hasta entonces se daba al movimiento, es decir, contraria a las ideas de Newton. Debido a este hecho, fue muy difícil que la comunidad científica de la época aceptara inmediatamente tales ideas de trabajo mecánico, potencia y energía mecánica; éstas permitieron a la gente entender de una forma mucho más concreta lo que era el movimiento al relacionarlo con lo que hacían, con las fábricas y con las máquinas que a diario utilizaban. En esta parte final de la Unidad nos ocuparemos de aprender y entender esta nueva mirada que no es sino la otra cara de la moneda de un mismo fenómeno que nos ha tenido ocupados durante estos meses: El Movimiento.

1.3.1 TRABAJO MECÁNICO Y POTENCIA

Actividad 1.42

Antes de iniciar el estudio de la energía te queremos pedir que contestes las siguientes preguntas marcando una cruz en aquella que más se identifique contigo. Es importante que luego de contestarlas, junto con tus compañeros y profesor, pongas en común lo que cada uno contestó de modo tal que enfrenes de mejor manera el aprendizaje de estos contenidos.

PREGUNTAS	A	B	C	D
¿Qué es el trabajo mecánico?				
¿Qué es potencia?				
¿Qué es la energía cinética?				
¿Qué es la energía potencial?				
¿Qué sucede con la energía cinética y potencial de un meteorito que cae a la tierra?				

A No lo sé B Creo que lo sé C Lo sé bien D Podría explicárselo a algún compañero

Cuando hayamos terminado esta parte de la Unidad El movimiento puedes volver a contestar estas preguntas, ya no para iniciar el aprendizaje, sino que para evaluar cuánto y cómo la has aprendido.

Si no se mueve... no hay trabajo

¿Qué relación puede tener el título con la física que estamos estudiando? La frase pareciera estar más asociada a una llamada de atención de un jefe hacia algún empleado que no está cumpliendo como se debe con sus obligaciones laborales, o también podría ser lo que un amigo le dice a otro para que busque trabajo. Esas apreciaciones, si bien no son erradas, poco tienen que ver con la física donde también utilizamos la palabra trabajo para referirnos, eso sí, a algo distinto. Este término se popularizó en Europa junto con la revolución industrial de fines del siglo XVIII, cuando los ingenieros de ese siglo llamaron trabajo al producto de la fuerza ejercida sobre un cuerpo por la distancia que recorría dicho cuerpo en la dirección de la fuerza, a causa de la fuerza aplicada; y es el nombre que hasta hoy utilizamos:

$$W = F \cdot d$$

donde

- W (inicial de la palabra work: trabajo en inglés) es el trabajo en el sentido físico del término.
- F es la fuerza
- d es la distancia recorrida.

Es importante destacar que el trabajo, en el sentido físico, es una magnitud escalar.

En la relación matemática es posible observar dos cosas: la primera de ellas es que se necesita aplicar una fuerza para que se produzca trabajo. Sin embargo, esto no es lo único necesario para conseguir tales efectos. También es indispensable que se produzca el movimiento del cuerpo sobre el cual se aplica la fuerza. Si el cuerpo no se mueve, entonces no hay trabajo.

Actividad 1.44

Averigua en qué consistió la Revolución Industrial.

- ¿Por qué se le llamó así?
- ¿Cuáles fueron las causas que la provocaron?
- ¿Qué consecuencias produjo en Europa en su tiempo?
- ¿Qué sucedía en nuestro país en esos años?

Para hacer esta investigación puedes reunirte con dos o tres compañeros y consultar distintos libros de Historia Universal. También puedes pedir ayuda a tu profesor de Historia y Geografía.

Actividad 1.45

Hemos dicho que si el cuerpo sobre el cual se aplica una fuerza no se mueve, entonces no se realiza trabajo alguno.

- ¿Podrías dar algunos ejemplos donde se aplique una fuerza sobre un cuerpo y éste no se mueva?
- ¿Qué ocurre cuando empujas una muralla?
- ¿Se realiza algún trabajo?
- ¿Por qué piensas eso?



¿Sabías que...?

En la historia del concepto “trabajo” existe una característica muy interesante y es que primero se definió el trabajo a través de su expresión matemática y después de varios años se comprendió el significado de este concepto. Esto es distinto a lo que ocurre la mayoría de las veces en que los científicos, a través de la observación, son capaces de expresar matemáticamente algún fenómeno de la naturaleza. En el caso del trabajo, esto no ocurrió así por el hecho de que la definición no fue elaborada por científicos, sino por ingenieros, los cuales necesitaban una relación práctica o un indicador para caracterizar o cuantificar, por ejemplo, una bomba para subir agua hasta cierta altura.

El concepto de trabajo, más allá de su expresión matemática, tiene un sentido mucho más amplio y que no fue visto por quienes lo definieron. El trabajo está asociado a la energía, concepto que veremos en esta unidad. De hecho, no sólo está relacionado con la energía sino que es energía. Una definición más exacta de la fuerza por la distancia sería un cambio de energía.

La unidad de medida del trabajo combina dos unidades que ya hemos visto; una unidad de fuerza: Newton (N) y una de distancia: metro (m), por lo cual la unidad de trabajo es el (N · m) que en el Sistema Internacional de Unidades (usado en la mayoría de los países) se denomina Joule (J), (pronunciese Yaul), en honor al físico James Joule por sus aportes al estudio de la energía. (ver foto de Joule en página 73).

Los plazos deben cumplirse

Como hemos visto, el trabajo depende de la fuerza aplicada sobre un cuerpo y el desplazamiento que se produce por efecto de dicha fuerza; mientras más distancia recorra el objeto al cual se le ha aplicado una fuerza, más trabajo se necesitará efectuar para moverlo.

En casi todas las actividades de nuestra vida debemos cumplir plazos: Estudiar este fin de semana para la prueba de física del lunes, terminar un trabajo de investigación para la próxima semana ... En el caso del trabajo mecánico, no nos hemos preocupado del tiempo, de los plazos. Así sería irrelevante lo que una aspiradora se demora en aspirar el polvo de una casa, al terminar el aseo; se habrá efectuado la misma cantidad de trabajo, si uno se ha demorado 1 hora o todo el día, lo cual no parece muy lógico.

Para insertar el factor tiempo se definió el concepto de potencia, que en sencillas palabras es la rapidez con que se realiza un trabajo.

$$P = \frac{W}{t}$$

donde:

P es la potencia

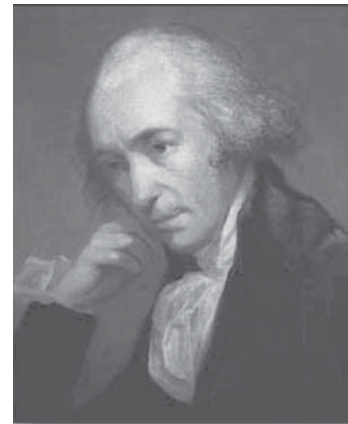
W es el trabajo

t es el tiempo.

La unidad para medir la potencia en el S.I. de unidades es el Watt (W), nombre recibido en honor a James Watt, quien popularizó primero en Inglaterra y luego en el resto del mundo, el uso de las máquinas a vapor.

Se define un Watt como la potencia de un cuerpo que realiza un trabajo de un Joule en un segundo.

Si manipulamos la ecuación de potencia, vemos que es posible encontrar una unidad de trabajo (o energía) dependiente de la potencia y del tiempo. Así, es posible definir el Watt-hora, unidad ampliamente utilizada en el cobro de la energía eléctrica que mensualmente llega a tu casa (más específicamente, la unidad es el kilowatt-hora).



Actividad 1.46

En los motores de automóviles, se acostumbra a utilizar como medida de la potencia el HP (horse power), el caballo de potencia (o mal llamado caballo de fuerza).

- ¿Qué relación existe entre el HP y el joule?
- ¿Por qué se utilizó y se utiliza el HP?
- ¿Por qué recibe ese nombre?
- ¿Cuál es la historia detrás de esta unidad de potencia?

1.3.2 TRABAJO Y ENERGÍA

La Vis viva

René Descartes planteó el principio de la conservación de la cantidad de movimiento. Sin embargo, muchos científicos que fueron contemporáneos suyos no estuvieron de acuerdo con sus ideas debido, principalmente al hecho de que él no era un científico. Uno de los que rechazó las ideas de Descartes fue Christian Huygens, un joven científico de veintiocho años, quien no compartía la conservación de la cantidad de movimiento por una razón más bien práctica. En la definición de Descartes hay una dependencia de la dirección del movimiento, mientras Huygens, en 1669, dijo que lo que realmente se conservaba es el producto de la masa por la velocidad al cuadrado de un sistema. Siguiendo los mismos razonamientos que Huygens, Leibnitz llamó vis viva o fuerza viva, a este producto capaz de actuar sobre un móvil.

$$E_c = mv^2$$

En 1807 Thomas Young lo llamó energía y no fuerza.

Actividad 1.47

- ¿Por qué la fórmula anterior no es fuerza?
- ¿Cuáles son las características de las fuerzas?
- ¿Cuál de ellas no cumple la definición de Huygens-Leibnitz?

Pero la persona que, en el año 1817, le dio forma definitiva a la expresión fue Lord Kelvin al llamarla energía cinética (E_c) o energía del movimiento, y es la expresión que usamos actualmente. La fórmula de la energía cinética es:

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

La energía cinética es la que poseen los cuerpos ~~en movimiento~~, pues pueden transferirla a otros cuerpos, desplazándolos; es decir, pueden realizar trabajo sobre otros cuerpos. Esta energía depende de la masa del cuerpo que se mueve y del cuadrado de su rapidez. A diferencia de la cantidad de movimiento, la energía cinética no depende de la dirección del movimiento. Así, si vemos dos automóviles iguales compitiendo en una carrera y uno de ellos va al doble de la rapidez del otro, entonces éste posee cuatro veces más energía cinética que el automóvil más lento.

La energía cinética es relativa y depende del marco de referencia desde el cual se esté midiendo.

Así por ejemplo, la energía cinética de una persona que viaja en un bus; es cero con respecto al bus pero, para una persona que está parada en la carretera, esa persona lleva una energía cinética que depende de su masa y de la rapidez con que viaja el bus.

¿Es la energía una magnitud escalar o vectorial?

Actividad 1.48

Energía cinética y trabajo

Realiza un análisis dimensional de la energía cinética.

- ¿Qué relación existe entre la unidad de energía y la unidad de trabajo?
- ¿Te parece lógica esta relación?
- ¿Cómo lo explicarías?

Actividad 1.49

Te queremos invitar a la construcción de una pequeña central hidroeléctrica. En ella te será posible ver cómo la energía cinética del agua se transfiere a las paletas de manera de generar movimiento y, a través de él, generar energía eléctrica.

Materiales:

- Cable de timbre
- Ampolletas de linterna.
- Un dínamo.
- Una manguera.

Podrían hacer esta construcción entre todos los alumnos de tu curso, de manera que unos desarrollen la central y otros un pequeño sistema de transmisión y distribución en una maqueta. Otro grupo puede dedicarse a investigar cómo funcionan las verdaderas centrales de generación hidráulicas, especialmente la llamadas centrales de pasada que es la que más se asemeja a nuestro modelo. En caso de que no pudieran salir al patio el día de la puesta en marcha de la central, pueden cambiar el sistema de agua por una manivela movida manualmente.

La energía potencial gravitatoria

El término potencial nos habla de algo que existe pero que todavía no es aprovechado, que está a la espera de ser usado. Lo mismo ocurre con la energía potencial, que es la energía que puede almacenar un cuerpo de acuerdo con su posición. Existen varias manifestaciones de la energía potencial.

Energía	Ejemplo
Potencial elástica	onda o resorte
Potencial eléctrica	Una pila
Potencial química	El gas licuado usado en la cocina
Potencial gravitatoria	Una pera en un árbol

En esta oportunidad nos referiremos exclusivamente a la energía potencial gravitatoria. Pero tú no te sientas obligado a aprender sólo este tipo de energía. Puedes buscar información con respecto a las otras manifestaciones de la energía potencial.

La energía potencial gravitatoria es equivalente al trabajo realizado para vencer la fuerza de gravedad y llevar un cuerpo hasta cierta altura, por lo tanto, su expresión físico-matemática es la siguiente:

donde:

$$E_p = mgh$$

E_p es la energía potencial gravitatoria

m es la masa del cuerpo

g es la aceleración de gravedad

h es la altura a la cual se desea llevar el cuerpo.

Mientras mayor sea la altura y la masa, mayor será la energía potencial. Esta expresión no es válida para alturas comparables al radio de la tierra o mayores. ¿Por qué crees tú que puede ser eso?

Al igual que la energía cinética, la energía potencial gravitatoria depende del punto de referencia desde donde se mide la altura. Lo que se mide en definitiva es la energía entre el punto de referencia y el punto en donde se encuentra el cuerpo.

La conservación de la energía

La energía mecánica de un sistema se define como la suma de las energías potencial y cinética del sistema.

En términos simples, la ley de conservación de la energía mecánica nos dice que la energía de un cuerpo o de un sistema aislado de influencias externas se mantiene siempre constante. Lo que ocurre es una simple transformación de energía; lo que se gana en una se pierde en la otra y viceversa. Así, la suma de las energías potencial y cinética de un cuerpo siempre permanece constante.

$$E_p + E_c = \text{Constante}$$



Secuencia de una niña columpiándose en tres momentos.

Actividad 1.50

Explica las distintas transformaciones entre energía cinética y potencial que ocurren en la niña que se columpia.

- ¿Cuándo la energía potencial es máxima?
- ¿Cuándo es mínima?
- ¿Y la energía cinética, ¿cuándo es máxima y cuándo mínima?

Contesta las mismas preguntas para lo observado en la siguiente secuencia fotográfica.



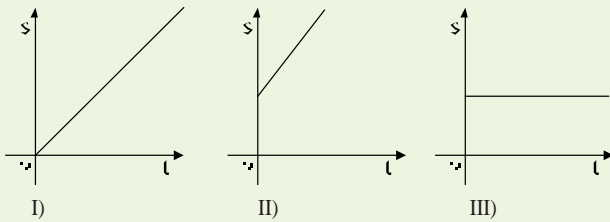
Persona tirándose en benji, un deporte que se ha hecho popular en el sur de Chile.

1 El Movimiento

Preguntas de selección múltiple

Recuerda que en este tipo de preguntas, se ofrecen cinco alternativas, de las cuales una y sólo una es la correcta.

1. ¿Cuál de las siguientes gráficas representa un movimiento uniforme rectilíneo, si en el eje X se representa el tiempo “t” y en el eje Y la distancia recorrida “s”?



- A) Sólo I
B) Sólo II
C) Solo III
D) Sólo I y II
E) I, II y III
2. En un movimiento rectilíneo uniforme, ¿cuál de las siguientes características se mantiene constante?

I) velocidad II) aceleración III) desplazamiento

- A) Sólo I
B) Sólo II
C) Sólo III
D) Sólo II y III
E) I, II y III
3. En un movimiento rectilíneo uniforme, un automóvil recorre 100 m en 5 s. En estas mismas condiciones, para recorrer 100 km demorará:

A) 50 s
B) 500 s
C) 5.000 s
D) 50.000 s
E) 500.000 s

4. Se dejan caer libremente dos piedras, cada una desde la boca de

un pozo diferente, midiéndose los tiempos que demoran en tocar el fondo de cada uno de los pozos. Si el tiempo de la primera es de 1 seg, y el tiempo de la segunda es de 2 seg, entonces, con respecto a las profundidades de ambos pozos, podemos decir que:

- A) El segundo pozo es el doble más profundo que el primero
B) El segundo pozo es cuatro veces más profundo que el primero
C) El segundo pozo es ocho veces más profundo que el primero
D) Faltan más datos para poder decidir
E) Ninguna de las anteriores

5. Un avión de combate que vuela a 1.200 y a 5.000 metros de altura, en un momento dado, suelta una bomba y, en ese preciso momento, el avión es detenido en el aire por un OVNI. ¿Cómo ve una persona que está en tierra, y tiene el avión moviéndose en frente de ella, la trayectoria que sigue la bomba hasta llegar al suelo?

- A) una recta horizontal
B) una recta vertical
C) una recta oblicua o diagonal
D) un arco de parábola
E) la bomba queda sujeta junto con el avión

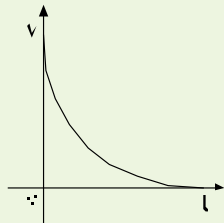
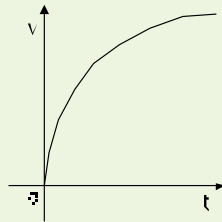
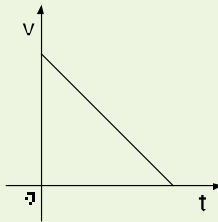
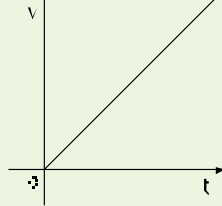
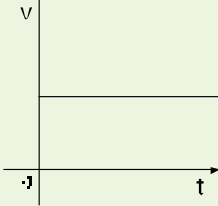
6. Si la ecuación del movimiento de un cuerpo es $x(t) = 4t$, donde x representa la posición en metros y t representa el tiempo en segundos; entonces, la rapidez de este cuerpo en el intervalo $t = 5$ segundos, y $t = 10$ segundos es:

- A) 4 $\frac{m}{s}$
B) 5 $\frac{m}{s}$
C) 6 $\frac{m}{s}$
D) 10 $\frac{m}{s}$
E) 20 $\frac{m}{s}$

7. Con respecto al ejercicio anterior, si en un gráfico rapidez (v)

versus tiempo (t), representamos el movimiento del cuerpo dado por la ecuación $x(t) = 4t$, el gráfico que mejor lo representa (en la escala adecuada) es:

8. La ecuación itinerario de un móvil es $x(t) = 100 + 20t + t^2$, en



la que “ t ” se mide en segundos y “ x ” en metros. La distancia recorrida por el móvil desde el reposo hasta $t = 30$ segundos es:

- A) 1.600 m
 - B) 1.500 m
 - C) 900 m
 - D) 700 m
 - E) 600 m
9. Un automóvil que parte del reposo, logra alcanzar una rapidez

de 18 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ en 5 s. Su aceleración, medida en $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, es:

- A) $3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- B) 3
- C) 1
- D) 0,5
- E) 0,3

10. Una persona que se encuentra en la terraza de la torre Entel, sostiene en su mano dos esferas, una de plumavit, y la otra de madera. Si se pudiera, durante un instante, hacer el vacío, es decir, suprimir el aire, y justo en ese momento la persona suelta las dos esferas, ¿cuál de ellas llegaría primero al suelo?

- A) La esfera de plumavit.
- B) La esfera de madera.
- C) Ambas llegarían al mismo tiempo al suelo.
- D) Hay que conocer la altura de la torre.
- E) Falta más información para decidir.

11. Dos metrotrenes viajan en sentido contrario en sendas trayectorias rectilíneas con velocidades constantes $v_1 = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ y $v_2 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Un pasajero del primer tren observa que el segundo tren demora 6 segundos en pasar por su costado. ¿Cuál es la longitud del segundo tren?

- A) 240 m
- B) 270 m
- C) 300 m
- D) 330 m
- E) 360 m

12. Dos automóviles que parten simultáneamente de una ciudad A en el mismo sentido con velocidades de 50 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ y 60 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, llegan a una ciudad B con un intervalo de 20 minutos. ¿Cuál es la distancia entre las dos ciudades?

- A) 40 km
- B) 60 km
- C) 80 km
- D) 100 km
- E) 120 km

1 El Movimiento

Síntesis de la Unidad El Movimiento

El concepto de movimiento se basa en un marco o sistema de referencia con respecto al cual se describe. La rama de la física que se preocupa de la descripción (anatomía) de los movimientos se llama cinemática. La curva que describen los cuerpos en movimiento es su trayectoria. Estas pueden ser rectilíneas o curvilíneas. Dentro de las curvilíneas tenemos por ejemplo las circulares. Otras pueden ser elípticas (ver en unidad 3, el sistema solar y la primera ley de Kepler), parabólicas, hiperbólicas, etc. Los parámetros que sirven para describir el movimiento son: posición, rapidez y aceleración. La posición se refiere a un número o conjunto de números que describe la ubicación del móvil con respecto a un sistema de referencia. La rapidez se refiere a la razón en que cambia la posición del móvil con respecto al tiempo, el cual se considera como variable independiente. Matemáticamente la fórmula para la rapidez media es $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$.

Cuando a la rapidez se le agrega un sentido de recorrido tenemos el concepto de velocidad. En un gráfico distancia-tiempo, la pendiente de dicho gráfico representa la velocidad del móvil. La aceleración se refiere a la razón con que cambia la rapidez del móvil con respecto al tiempo. Matemáticamente la fórmula para la aceleración es $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. En el sistema internacional de unidades, las unidades de posición, velocidad y aceleración son respectivamente: metro (m), metro partido por segundo (m/s) y metro partido por segundo al cuadrado (m/s²).

Los movimientos que nosotros hemos considerado son: el movimiento rectilíneo uniforme (velocidad constante) y el movimiento uniformemente acelerado (aceleración constante). La ecuación que permite conocer la posición de un móvil en cualquier instante de tiempo t se llama ecuación itinerario. Se dice que el movimiento es un concepto relativo, pues un cuerpo puede estar en reposo con respecto a un sistema de referencia y en movimiento con respecto a otro sistema de referencia.

La rama de la física que estudia la causa del movimiento de los cuerpos se llama dinámica. Aquí se introducen dos nuevos parámetros: masa y fuerza. Existen fundamentalmente dos tipos de masas: la masa material y la masa inercial. La masa material se definía en los tiempos de Newton como la “cantidad de materia que contiene un cuerpo”. La masa inercial se define como la medida de la inercia de un cuerpo, es decir, como la propiedad que poseen todos los cuerpos de mantener su estado actual de movimiento. El concepto de Fuerza se percibe como un empuje o tirón que se ejerce o es ejercido por o sobre un cuerpo. Las leyes que explican el movimiento de los cuerpos son los tres principios de Newton, llamadas leyes fundamentales de la dinámica clásica. El primer principio es el principio de la inercia y nos dice simplemente que, en ausencia de fuerzas externas, un cuerpo permanece indefinidamente en su estado de movimiento, que puede ser: el reposo o el movimiento rectilíneo uniforme. El segundo principio es el principio de la masa y nos dice que la aceleración que adquiere un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. Si se elige un sistema apropiado de unidades, esta ley toma la forma: $F = ma$. En el sistema internacional de unidades, la unidad de fuerza es el Newton, que se define como aquella fuerza que aplicada a un kilogramo de masa le comunica una aceleración de 1 m/s^2 . Y el tercer principio es el principio de acción y reacción que nos dice que cuando un cuerpo A interactúa con un cuerpo B, entonces simultáneamente el cuerpo B interactúa con el cuerpo A. Las medidas de estas interacciones (fuerzas) son iguales en magnitud pero de sentido contrario. La importancia de esta ley es que nos enseña que, en la naturaleza, las fuerzas siempre aparecen de a pares.

El concepto de cantidad y movimiento de un cuerpo se define como el producto de la masa del cuerpo por la velocidad que éste lleva. Matemáticamente se define por medio de la fórmula: $p = mv$. La unidad de medida es el kilogramo por metro partido por segundo:

La caída libre de un cuerpo es aquella que se efectúa en las cercanías de la superficie terrestre, en donde la aceleración de la gravedad tiene un valor aproximadamente constante. Este valor se anota por la letra g y su valor aproximado es: $9,8 \text{ m/s}^2$.

Para recordar

La primera persona que se atrevió a defender el hecho de que la Tierra estaba dotada de movimiento fue el científico italiano Galileo Galilei (siglos XVI y XVII), aun sabiendo que podría ser condenado por tal afirmación, pues contradecía las firmes creencias de la sociedad y de la Iglesia Católica de aquel entonces.

el cual disminuye ligeramente del Ecuador a los polos de la tierra.

El roce es una fuerza que se ^mopone al movimiento de los cuerpos. Se produce debido al contacto entre las superficies de los cuerpos y en general, la fuerza de roce se disipa en forma de calor (ver unidad 2: El Calor).

El torque es un concepto que se refiere al producto de la fuerza por la distancia al punto de giro (brazo).

El trabajo mecánico es un concepto que fue definido operacionalmente en el siglo XIX por medio del producto de la fuerza que actúa sobre un cuerpo por la distancia a lo largo de la cual actúa. Es decir, matemáticamente la fórmula es: $W = F \cdot d$. La unidad de trabajo en el sistema internacional es el Newton por metro (N m), a la cual se le da el nombre de Joule (J). Así cuando se realiza un trabajo de un Joule (J) significa que ha actuado una fuerza de un Newton a lo largo de un metro de distancia.

Intimamente ligado al trabajo está el concepto de potencia, el cual se refiere a la rapidez con que se efectúa un trabajo. Por lo tanto, corresponde a la razón entre el trabajo efectuado y el tiempo que se demora en efectuarlo. Matemáticamente la fórmula es: $P = \frac{W}{t}$. En el sistema internacional de unidades, la unidad de potencia es el Watt (W), que corresponde a la potencia de un Joule (J) por segundo.

A su vez, en relación al concepto de trabajo surge paralelamente el concepto de energía que se refiere a la capacidad que tiene un sistema para realizar algún trabajo. Se mide también en Joules.

La energía puede ser clasificada en dos grandes tipos: potencial y cinética. La energía potencial es aquella que posee un cuerpo en virtud de su posición y la energía cinética es aquella que posee un cuerpo en virtud de su movimiento. Las fórmulas matemáticas para calcular dichas energías para un cuerpo de masa m , en un caso, que se encuentra a una altura h y en otro caso, cuya velocidad es v y siendo g la aceleración de la gravedad están dadas por:

$$E_p = mgh$$

Se define la energía mecánica de un sistema como la suma de las energías potencial y cinética.

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

La ley de la conservación de la energía establece que, $E_T = E_p + E_c$ en un sistema aislado, es decir sin influencias externas, la energía mecánica del sistema se mantiene constante. Esto significa que al interior del sistema, la energía puede sufrir transformaciones de una forma a otra pero la suma total de las energías se debe mantener constante.

Actividades Complementarias

- Seguramente has observado a los vendedores ambulantes que suben a los vehículos de la locomoción colectiva. Cuando se bajan del vehículo en movimiento, en el momento de la partida, ellos lo hacen mirando hacia atrás, es decir, de espaldas al sentido del movimiento (velocidad) del vehículo. Como tú sabes, nunca se debe bajar de un vehículo en movimiento pues es muy peligroso. La forma en que se bajan los vendedores: ¿disminuye el riesgo de accidentes? Comenta y critica desde el punto de vista de la física.
- ¿Crees que sea posible coger con la mano una flecha en movimiento? Piensa, desde el punto de vista de la física, cómo puede ser posible hacerlo, argumentando adecuadamente.
- Critica la siguiente forma de viajar para ir de un punto a otro de la superficie de la Tierra, en puntos de latitudes cercanas y en ausencia de corrientes de aire: bastaría elevarse en un globo hasta cierta altura y luego esperar que al rotar la Tierra, se pueda llegar hasta el lugar deseado. Da argumentos que indiquen por qué eso no es posible.
- Analiza y estudia, a grandes rasgos, el movimiento del boomerang australiano. El boomerang consiste en un juego en forma de V abierta, hecho de maderas especiales, de tal modo que, cuando una persona lo lanza al aire en una dirección determinada, siempre vuelve hacia la persona que lo lanzó.
- **DESAFIO CIENTIFICO**
Supongamos que tú te encuentras en el espacio dentro de una nave sin escotillas ni ventanillas, es decir, totalmente hermética y, al mismo tiempo, con todas las comodidades existentes.
Por ejemplo, dispones de un completo y modernísimo laboratorio de física en el cual puedes hacer todo tipo de experimentos, ya sean mecánicos, eléctricos o magnéticos. Ahora bien, con respecto a la situación anterior, y tomando como sistema de referencia la Tierra, es natural que tú quieras saber si estás en reposo, acercándote o alejándote con movimiento rectilíneo uniforme con respecto a ella. Pues bien, si la nave está totalmente aislada del exterior, ¿qué experimento deberías o podrías realizar en el laboratorio para saber si la nave se encuentra en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme con respecto a la Tierra?

Otras Fuentes de Información

BIBLIOGRAFÍA

- BOIDO, Guillermo (1996): Noticias del planeta Tierra. Galileo Galilei y la revolución científica, Argentina, A-Z Editora, 398 páginas, ISBN 950-534-382-5
- BRECHER, Erwin (1997): Física Divertida. La Física en acertijos curiosos y sorprendentes, Argentina, Ediciones de Mente, Juegos & Co., 95 páginas, ISBN 950.765-057-1
- BUECHE, Frederick y JERDE, David(1996): Fundamentos de Física, McGraw-Hill, cuarta edición en español. 2 tomos de 500 páginas cada uno,ISBN 970-10-1000-0
- CRUZ GONZÁLEZ, Irene; NOSNIK, Abraham y RE-CILLAS, Elsa. Galileo: El hombre de la torre inclinada, Santiago de Chile, Editorial Andrés Bello,97 páginas. ISBN 956-13-1515-7
- DISPEZIO, Michael (1999): Sorprendentes Experimentos de Fuerza y Movimiento, Argentina, Ediciones de Mente, United Games S.R.L., 127 páginas, ISBN 950-765-087-3
- HAWKING, Stephen (1998): Historia de Tiempo. Del Big Bang a los Agujeros Negros, España, Editorial Crítica, 245 páginas, ISBN 950-28-0126-1
- HEWITT, Paul (1999): Física Conceptual, México, Addison Wesley Longman, Tercera edición, 692 páginas, ISBN 968-444-304-8
- MOLEDO, Leonardo (1994): De las tortugas a las estrellas. Una introducción a la ciencia, Argentina, A-Z Editora, 207 páginas, ISBN 950-534-277-2
- ROBINSON, Paul : Física Conceptual: Manual de Laboratorio, México, Addison Wesley Longman, Tercera Edición, 332 páginas, ISBN 968-444-304-8
- SÁNCHEZ, Claudio. Físicamente. 1.999. Ediciones de Mente, United Games S.R.L., Argentina. 127 páginas. ISBN 950-765-099-7
- SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark; YOUNG; HUGH; FREEDMAN y ROGER (1998): Física Universitaria, México, Addison Wesley Longman, Volumen I, Novena edición, 696 páginas, ISBN 968-444-277-7
- ZITZEWITZ, Paul W. y F. NEFF. Robert (1997): Física, principios y problemas, Colombia, Editorial MacGraw-Hill, 298 páginas, ISBN 958-600-381-7

Vocabulario científico

aceleración: cambios en la velocidad de un móvil o de un cuerpo con respecto al tiempo que dura dicho cambio.

cinemática: estudio de la descripción del movimiento.

desplazamiento: recta que une el punto final con el inicial de la trayectoria de un móvil.

dinámica: estudio de las causas del movimiento de los cuerpos.

dinamómetro: instrumento destinado a medir pesos y fuerzas en general.

energía: cualquier agente capaz de producir algún trabajo.

energía cinética: energía que posee un cuerpo debido a su movimiento.

energía potencial: energía que posee un cuerpo debido a su posición respecto de un sistema de referencia.

fuerza: empuje o tirón que se ejerce por o sobre un cuerpo.

inercia: propiedad de los cuerpos de mantener su estado de movimiento o de reposo.

itinerario: función que, cuando es posible, generalmente se expresa en términos matemáticos, y que nos permite conocer la posición de un móvil con respecto a un determinado sistema de referencia.

masa: en la época de Newton, se refería a la cantidad de “materia” que contenía un cuerpo (masa material). En la época actual, se refiere a la medida de la inercia de un cuerpo (masa inercial).

móvil: todo objeto dotado de movimiento.

movimiento: cambio en las coordenadas de un cuerpo con respecto a otro, elegido como marco o sistema de referencia

peso: medida de la fuerza gravitacional que actúa sobre un cuerpo.

posición: número que, con su respectiva unidad, caracteriza la ubicación de un cuerpo en un sistema de coordenadas de una, dos, tres, etc, dimensiones.

potencia: rapidez con que se efectúa un trabajo.

rapidez: cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla.

roce: fuerza que actúa entre las superficies de dos materiales mientras se deslizan uno en contacto con el otro.

sistema de referencia: marco que nos sirve para referir el movimiento de

los cuerpos.

trabajo: es el producto de una fuerza aplicada por la distancia que se recorre en la misma dirección de la fuerza.

trayectoria: curva plana o espacial que describen los cuerpos al moverse ya sea en el plano o en el espacio respectivamente.

velocidad: cambio en la posición de un móvil o de un cuerpo con respecto al tiempo que dura dicho cambio.

Nota: Es importante recordar que los conceptos de espacio y tiempo, aunque son fundamentales en el estudio del movimiento, son conceptos primitivos, es decir, no se pueden definir en términos de otros más simples. Esta situación es análoga a la que ocurre en Matemáticas, en particular, por ejemplo, en la Geometría Euclidiana, en donde los conceptos de punto, recta y plano también son conceptos primitivos y no se definen. Sin embargo, a partir de ellos se pueden definir otros conceptos y de esa manera, construir la ciencia.

1 El Movimiento

Acciones y Estrategias

- Tratar de experimentar o de vivir el movimiento más que limitarse a hablar de él.
- Por ejemplo, describir las sensaciones que se perciben en los siguientes movimientos:
- ascensor.
- funicular.
- escalera mecánica.
- metro.
- montaña rusa.
- teleférico.
- autos chocadores.
- carrusel.

Lectura Científica

LA TEOLOGÍA ES LA REINA DE LAS CIENCIAS

Temería yo algún malentendido si no tuviera ante todo el cuidado de precisar las virtudes por las cuales la sagrada teología es digna del título de reina. Podría merecer ese nombre quizá porque aquello que enseñan las otras ciencias estaría incluido y demostrado en ella con medios más excelentes y con la ayuda de una doctrina más sublime, de la misma manera que, por ejemplo, las reglas de la agrimensura y del cálculo están más eminentemente contenidas en la aritmética y la geometría de Euclides que en las prácticas de los agrimensores y calculistas; o bien porque la cuestión de la que trata la teología supera en dignidad a todas las que constituyen la materia de las otras ciencias, y aún porque sus enseñanzas derivan de la utilización de más excelsos procedimientos. Que a la teología corresponda el título y la autoridad de reina según el primer sentido, no creo que pueda ser afirmado como verdad por aquellos teólogos que hayan practicado algunas de tales ciencias; ninguno de ellos sostendría, creo, que la geometría, la astronomía, la música o la medicina se presentan de manera más excelente y precisa en los libros sagrados que en Arquímedes, Ptolomeo, Boecio o Galeno. Me parece, pues, que la preeminencia regia corresponde a la teología en el segundo sentido, esto es, por lo elevado de su objeto y por la admirable enseñanza de revelaciones divinas cuyo conocimiento los hombres no podrían adquirir ni comprender por otros medios, y que atañen en grado sumo al logro de la beatitud eterna. Ahora bien, si la teología, ocupada en las más excelsas contemplaciones divinas, instalada por su dignidad en su trono soberano e investida por ello de suprema autoridad, no desciende hasta las humildes especulaciones de las ciencias inferiores, es más, como se ha dicho, no debe ocuparse de ellas porque no conciernen a la beatitud, sus ministros y sus profesores no deberían arrogarse la autoridad de dictaminar sobre disciplinas que no han estudiado ni ejercitado; porque

ello sería como si un príncipe absoluto, a sabiendas de que puede mandar y hacerse obedecer libremente, quisiera, sin ser médico ni arquitecto, que se medicara y construyese a su antojo, con grave riesgo para la vida de los míseros enfermos y manifiesta ruina de los edificios.

Por lo tanto, el que se ordenase a los profesores de astronomía que desconfíen ellos mismos de sus propias observaciones y demostraciones, argumentando por ejemplo que éstas consistirían sólo en falacias y sofismas, sería imponerles un mandato imposible de llevar a cabo; porque no solamente se les impartiría la orden de no ver lo que ven y de no comprender lo que comprenden, sino de que, cuando investigan, encuentren lo contrario de aquello que han hallado. Pero antes de hacerlo, sería necesario que se les indicara el modo de lograr que las potencias del alma se subordinasen las unas a las otras, y las superiores a las inferiores, es decir, que la imaginación y la voluntad pudiesen y quisieren creer algo distinto de lo que entiende la inteligencia (y me refiero sólo a las proposiciones naturales, que no atañen a la fe, y no a aquellas que son sobrenaturales). Quisiera rogar a esos prudentísimos Padres que tuvieran a bien considerar diligentemente la diferencia que existe entre las doctrinas opinables y las demostrativas, a fin de que, haciéndose cargo de la fuerza con que se nos imponen las deducciones necesarias, comprobasen que no es potestad de quien profesa las ciencias demostrativas cambiar de opinión a voluntad y sostener ahora ésta y luego otra; y que hay gran diferencia entre dar órdenes a un matemático o a un filósofo y darlas a un mercader o a un abogado, pues no es posible modificar las conclusiones acerca de lo que acontece en la naturaleza o en el cielo con la misma facilidad con que se cambia de opinión sobre qué es lícito o ilícito en un contrato, en la evaluación de un patrimonio, en una operación de cambio.

Carta de Galileo Galilei a Madama Cristina di Lorena, Granduchessa di Toscana
(TRADUCCIÓN DE GUILLERMO BOIDO).

PROFECÍAS

A propósito de la introducción de novedades. ¿Quién duda de la nueva costumbre de querer que las mentes libres, así creadas por Dios, se vuelvan esclavas de la voluntad de otro, no habrá de originar gravísimos escándalos? Pretender que la gente niegue el testimonio de sus propios sentidos, se someta al arbitrio de otro; admitir que personas que lo ignoran todo acerca de una ciencia o de un arte se erijan en jueces por encima de quienes sí son competentes, de manera que la autoridad que les ha sido concedida les permita hacer que las cosas sean como lo deseen: novedades como éstas pueden destruir repúblicas y subvertir estados(...). Advertid, teólogos, que en vuestro deseo de convertir en materia de fe las proposiciones concernientes

al movimiento y la quietud del Sol y de la Tierra corréis el riesgo de tener quizá con el tiempo, que condenar como heréticos a quienes afirmen que la Tierra está inmóvil y que el Sol cambia de lugar. Con el tiempo, digo, cuando por medio de la experiencia y de las razones necesarias se haya demostrado que el Sol está quieto y que la Tierra se mueve.

Apostillas al Diálogo, escritas por Galileo
luego de su condena
(TRADUCCIÓN DE GUILLERMO BOIDO).

A propósito del texto anterior, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son algunas de las razones que llevaron a Galileo, en su época y contexto, a sostener que la teología era la reina de las ciencias?
2. ¿Cuáles son algunos de los riesgos de autoproclamarse jueces competentes en una disciplina no siéndolo realmente?

Da ejemplos concretos.



Moraleja: no por correr más rápido vamos a llegar antes a nuestro destino.

Además, lo más importante es tener claro cuál es nuestro destino.