

LEGAL

EXPLORACIÓN Y COMPRENSIÓN DEL MUNDO NATURAL

Edición

Consejo Nacional de Fomento Educativo

Compilación

Lorena Díaz Reyes
Verónica Flores Fernández
Ana Luisa López Carmona
Sofía del Carmen Pérez Valencia
Isidro Navarro Rivera
Cesari Domingo Rico Galeana
Susana Angélica Rojas Aguilar
María del Carmen Romero Ortiz
Juan Pedro Rosete Valencia
Enrique Santos León
Patricia Vilchis Maya

Ilustración

Sergio Arau
Rossana Bohórquez
Ivanova Martínez Murillo
Reinhold Méndez Rhi
Juan Reyes Haro
Ruth Rodríguez
© Shutterstock.com
Javier Velázquez

Ilustración de portada

Héctor Gaitán-Rojo

Ilustración de lomo

Claudia de Teresa

Fotografía

Fulvio Eccardi
Cesari Domingo Rico Galeana
© Shutterstock.com

Diseño

Renato Horacio Flores González

Diseño de portada

Cynthia Valdespino Sierra

Coordinación académica

Lilia Dalila López Salmorán
Cesari Domingo Rico
Verónica Flores Fernández
Juan Pedro Rosete Valencia

Primera edición: 2016

D.R. © Consejo Nacional de Fomento Educativo
Av. Insurgentes Sur, núm. 421,
Edificio B, col. Hipódromo, CP 06100,
del. Cuauhtémoc, Ciudad de México.

ISBN de obra completa: En trámite

ISBN: En trámite

Impreso en México

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la participación de las siguientes personas, instituciones y organizaciones del sector público y privado por su colaboración y apoyo en la compilación de estos materiales.

Al biólogo Francisco Tamés Millán, por el diálogo y la asesoría profesional en el tema de “Biodiversidad y seres vivos”. A los compañeros coordinadores académicos y figuras educativas de Oaxaca, Puebla, Sonora, Jalisco, Colima, Aguascalientes, Veracruz y Guerrero, por el aprendizaje en el ABCD. A la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en especial a la Lic. Miriam Del Moral, directora de Comunicación Social, y a Yeni Solís Reyes, subdirectora de Información, por los textos y las imágenes de “¿Qué es la biodiversidad?” y “¿Por qué es importante la biodiversidad?”. A la Universidad de Barcelona por permitir que aparezca el artículo “Quince joyas de la evolución” (publicado originalmente en la *Revista de Bioética y Derecho*, núm. 17, septiembre de 2009, <http://www.bioeticayderecho.ub.es>).

De la misma forma, al Instituto de Ecología de la UNAM, en su sede de Hermosillo, Sonora, por el artículo “Evolución, el legado de Darwin” de Francisco Molina Freaner (freaner@unam.mx). A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, por otorgar plena libertad para hacer uso de las publicaciones de su página electrónica (www.conabio.gob.mx), específicamente del texto “Procesos ecológicos”, usado en la Unidad de Aprendizaje con el mismo nombre. Al Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, por el permiso para reproducir el texto “La familia del sol”, de Miguel Ángel Herrera y Julieta Fierro (“Derechos Reservados © Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, ILCE, Calle del Puente 45, Colonia Ejidos de Huipulco, Delegación Tlalpan, México, D.F., C.P. 14380, año de primera publicación 2003”).

También a Elsa Avilés, de la Embajada de Estados Unidos en México por su revisión del texto “What People Say About the Constellations”. A la Nasa for Students por el artículo “How is Lightning Made”. A la Dirección General de Promoción de la Salud de la Secretaría de Salud por la lectura “¿Qué es la influenza?”, incluida originalmente en *Mensajero de la salud. Temporada de Frío*, y a Isabel García y Aron Lesser, becarios del Programa Princeton in Latin América, por su apoyo en la selección y revisión de los textos en inglés incluidos en este material.



Ilustración: Ianova Martínez Murillo

FUERZA Y MOVIMIENTO.

¿POR QUÉ SE MUEVEN LAS COSAS?

PARA INICIAR

Inicia tu registro de proceso de aprendizaje reflexionando y describiendo por qué te interesa estudiar el tema y qué es lo que te gustaría aprender.



PRESENTACIÓN DEL TEMA

Te has preguntado ¿por qué se mueven las cosas?, ¿por qué podemos caminar y desplazarnos de un lugar a otro? ¿Qué es lo que produce esos movimientos?, ¿qué es el movimiento, qué es la fuerza y para qué nos sirve conocer estos fenómenos? Las personas se mueven, se mueven los carros, los aviones, los ferrocarriles; pero ¿cómo y por qué es que nos movemos?

A través del tiempo, la humanidad ha buscado explicaciones sobre estas y otras preguntas; se han encontrado respuestas muy importantes que al paso de los siglos y con los nuevos descubrimientos y el avance de nuevas técnicas o métodos de investigación científica se han ido modificando. Lo que estamos a punto de explorar en esta Unidad de Aprendizaje, son algunos de los hallazgos que se han descubierto a través del tiempo para que nos ayuden a entender mejor los fenómenos llamados fuerza y movimiento, así como algunas de las aplicaciones importantes que tienen en nuestra vida diaria.

En esta unidad abordaremos el tema Fuerza y movimiento tomando en cuenta lo siguiente:



PROPÓSITO GENERAL

Analizaremos los fenómenos de fuerza y movimiento desde las diferentes concepciones que se han tenido a través del tiempo y comprenderemos su importancia para la solución y comprensión de algunas situaciones de la vida cotidiana y de otros fenómenos.

PROPÓSITOS ESPECÍFICOS

- Conoceremos qué es el movimiento y cómo se manifiesta en las actividades de nuestra vida diaria.
- Comprenderemos los fenómenos de fuerza y movimiento desde diferentes formas de pensamiento.
- Argumentaremos el cambio de paradigma del movimiento y la fuerza a partir del análisis de diferentes concepciones y comprenderemos cómo el conocimiento de estos fenómenos nos ayudan a resolver y entender mejor situaciones cotidianas.



ACEPTA EL DESAFÍO Y CONSTRUYE COMPRENSIONES

El desafío consiste en encontrar las razones por las cuales sucede el movimiento de las cosas a partir de diversas situaciones y el estudio de los textos así como la explicación de lo que significa la inercia.

Los pasajeros de un camión van sentados y una señora, que acaba de subir, camina a la parte trasera buscando un asiento mientras el camión avanza. La pregunta es: ¿Quiénes se mueven?, ¿se mueve la señora, los que van sentados o el camión?, ¿por qué?

¿Qué ocurre con los pasajeros cuando el camión frena de manera brusca?, ¿qué pasa con ellos cuando vuelve a acelerar?, ¿qué ocurre con los pasajeros cuando el camión da vuelta a la derecha a 90° de forma rápida? ¿Hacia dónde se mueven? ¿Por qué crees que se muevan de esa forma? Uno de los pasajeros es un niño que pesa 30 kg y otro es un adulto que pesa 100 kg. ¿Habrá alguna diferencia en los movimientos de cada uno de ellos respecto a los que ocurren dentro del camión? Es decir, ¿quién se mueve más? ¿Por qué?

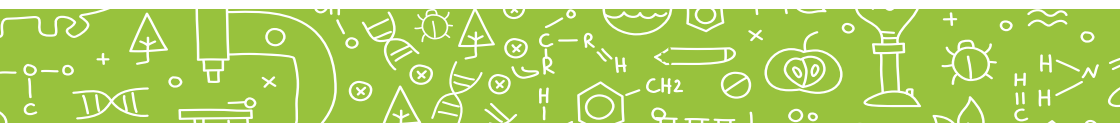




Ilustración: Ileana Martínez Muriello



ORGANIZA Y REGISTRA LO QUE COMPRENDISTE

A partir de los planteamientos anteriores, ¿qué piensas sobre lo que es el movimiento?, ¿qué es la fuerza?, ¿cómo podemos explicar estos fenómenos?



ACEPTA EL DESAFÍO Y CONSTRUYE COMPRENSIONES

El siguiente texto contiene información que puede ayudar a clarificar aspectos relacionados con el movimiento como los sistemas de referencia, velocidad, trayectoria, inercia, entre otros; el desafío consiste en encontrar los elementos que nos ayuden a explicar qué es y cómo interactúa lo que llamamos fuerza y movimiento en las cosas que vemos cotidianamente y en explicar la llamada: Primera Ley de Newton..

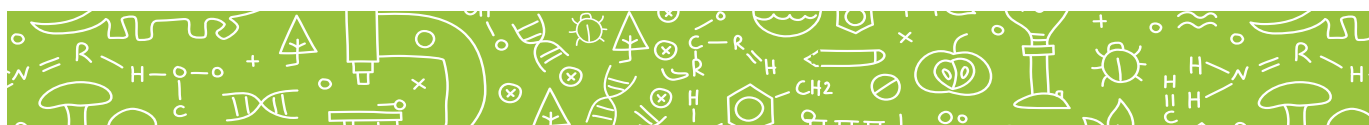
LA RELATIVIDAD DE GALILEO⁵¹

Todos los sistemas de referencia son válidos

[...]

La Tierra se mueve en el espacio como un grano de polvo en un vendaval: gira alrededor del Sol a 30 kilómetros por segundo, y este astro se mueve a su vez a 30,000 kilómetros por segundo alrededor del centro de la Vía Láctea, que es solo una galaxia entre los millones de galaxias que efectúan un baile cósmico enlazadas por sus mutuas atracciones gravitacionales. Y, sin embargo, no percibimos ninguno de estos movimientos; la Tierra parece ser lo único firme e inmutable a nuestro alrededor. La distancia

⁵¹ Biblioteca Digital ILCE, "Relatividad para Principiantes", Biblioteca digital ILCE, http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/078/htm/sec_4.htm (Fecha de consulta: 4 de abril de 2016).



La inmovilidad y la inmutabilidad de nuestro planeta eran evidentes a los hombres de la antigüedad, y solo recientemente hemos podido aceptar que se mueve en el espacio. El hecho de que el movimiento de la Tierra sea prácticamente imperceptible en la experiencia cotidiana se debe a un principio fundamental que Galileo Galilei enunció claramente en el siglo XVII: las leyes de la física son independientes de cualquier sistema de referencia.

Ilustración: Javier Velázquez

En el ejemplo del barco, la piedra caería justo al pie del mástil si no fuera por el aire que la empuja hacia atrás. Para evitar complicaciones innecesarias, se puede realizar el experimento en el interior del barco, donde el aire está en reposo. En este caso, la caída de la piedra ocurre exactamente como si el barco no se moviera. Un experimentador que se encuentra dentro de un barco que avanza en línea recta y a una velocidad constante no puede decidir, por ningún experimento físico, si el barco se mueve. Tendría que asomarse por una escotilla para saberlo. Es muy importante que el barco se mueva en línea recta y no varíe su velocidad; si este no es el caso, el experimentador podrá adivinar que se mueve e incluso sentirse mareado por el movimiento.

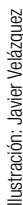
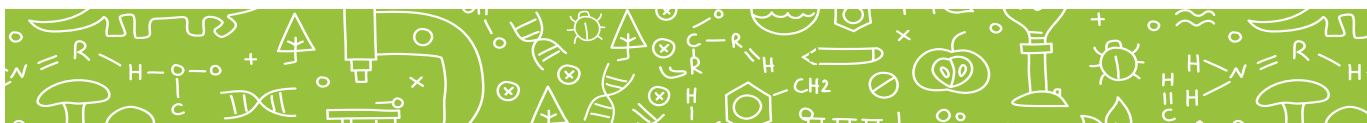


Figura 2. Trayectoria de una piedra vista desde dos sistemas de referencia.

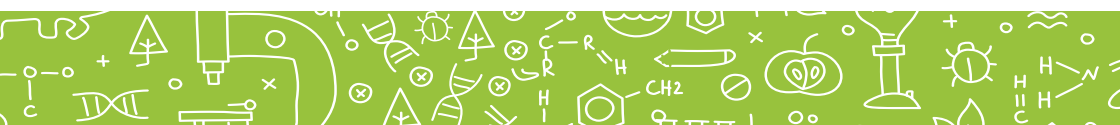


empujados hacia la izquierda, al enfrenarse son arrojados hacia adelante y al acelerarse hacia atrás. Este tipo de fuerzas se debe a la inercia de los cuerpos masivos; todo objeto tiende a moverse en línea recta, con la misma velocidad, y opone resistencia a cualquier cambio de velocidad o trayectoria. Los pasajeros de un autobús que frena bruscamente son arrojados hacia el frente del vehículo porque intentan mantener la velocidad que poseían antes del enfrenón: en otras palabras, es el autobús el que se ha detenido mientras que sus ocupantes prosiguen su viaje.

Las fuerzas que surgen en un sistema de referencia únicamente por el cambio de velocidad o de trayectoria, y no por factores externos, se deben a la inercia de los cuerpos masivos; por esta razón, se les llama: fuerzas inerciales. Un sistema de referencia inercial es aquel que se mueve en línea recta sin variar su velocidad; evidentemente en tal sistema de referencia no surgen fuerzas inerciales. De acuerdo con el principio de relatividad de Galileo, las leyes de la física son las mismas en cualquier sistema de referencia inercial. En particular, no se puede distinguir un sistema de referencia inercial de otro por medio de experimentos físicos; cualquier sistema es válido y solo es una cuestión de conveniencia escoger el más apropiado para describir un fenómeno físico. Mientras un autobús se mueve en línea recta y sin variar su velocidad, la única manera que tienen sus ocupantes de saber si avanzan o no es asomarse por la ventana.

La relatividad de los sistemas inerciales choca en un principio con el sentido común. Si no hay manera de determinar el movimiento, los ocupantes de un autobús pueden postular que ellos están parados y que es la Tierra la que se mueve. En realidad, nada impide tal afirmación, a no ser que, en la práctica, cualquier enfrenón, curva o bache en el pavimento recuerde a los pasajeros que su sistema de referencia no es idealmente inercial. Sin embargo, es innegable que nos sentimos más seguros sabiendo que la Tierra que pisamos es un sistema de referencia sólido, con respecto al cual podemos efectuar mediciones inequívocamente.

Si nunca se detecta el movimiento de la Tierra en la experiencia cotidiana, es justamente por el principio de relatividad de Galileo. Recordemos, sin embargo, que la Tierra no es un sistema de referencia adecuado para



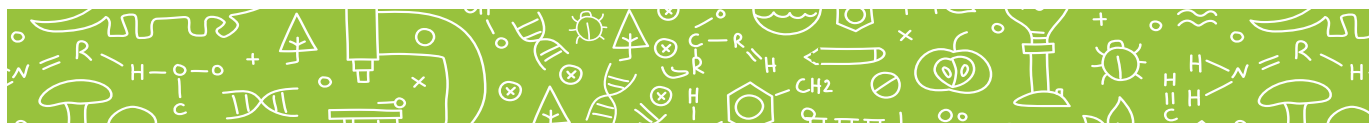
observar el curso de los astros. En efecto, los planetas giran alrededor del Sol, por lo que sus movimientos tienen una forma más simple vistos desde un sistema de referencia en el que el Sol está fijo. Vistos desde la Tierra, los planetas parecen moverse de manera tan complicada que desafiaron durante siglos los intentos de los astrónomos antiguos de racionalizarla.

(Debido a su rotación, la Tierra ejerce una ligera fuerza inercial sobre los cuerpos en su superficie empujándolos en dirección perpendicular a su eje de rotación; este efecto es casi imperceptible, pero se puede medir con instrumentos suficientemente precisos).

El hecho de que un cuerpo masivo tiende a moverse en línea recta y a la misma velocidad, si ninguna fuerza actúa sobre él, es una ley fundamental de la mecánica, descubierta por el gran físico inglés Isaac Newton y llamada, en su honor, primera ley de Newton. A pesar de su sencillez, nadie la había descubierto porque, una vez más, parecía contradecir la experiencia común. Así, Aristóteles enseñaba que un cuerpo se mantiene en reposo si no actúan fuerzas sobre él, y se mueve con la misma velocidad si se le empuja con una fuerza constante. En efecto, una carreta de bueyes avanza a la misma velocidad mientras los bueyes la jalen y al dejar de hacerlo la carreta se detiene. Sin embargo, esto se debe a la fricción de las ruedas con sus ejes; si estas estuvieran lubricadas en forma perfecta, la carreta rodaría con cualquier empujón inicial.

La situación ideal en la que se aplica la primera ley de Newton es la de una nave espacial que se mueve en el espacio, suficientemente lejos de cualquier planeta o estrella para que estos no desvíen su trayectoria. Si la nave alcanza una cierta velocidad y apaga bruscamente sus motores, seguirá viajando indefinidamente en línea recta con la misma velocidad que había alcanzado. Para modificar su trayectoria, deberá volver a encender sus motores.

Una nave espacial a la deriva es un ejemplo perfecto de un sistema de referencia inercial. Sus tripulantes no tienen ningún medio para determinar si se mueven o si están en reposo, a menos que puedan observar las estrellas en el exterior.



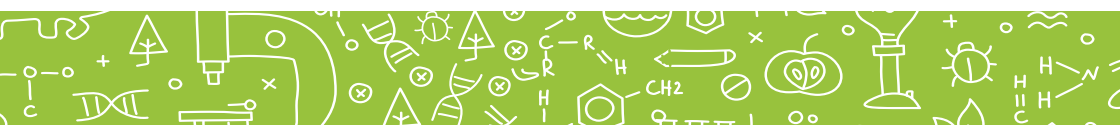
El espacio absoluto de Isaac Newton

Galileo [...] fue sin duda el fundador de la física como ciencia que estudia las leyes de la naturaleza para aprender a servirse de ellas; contribuyó, más que nadie, a romper con los viejos esquemas aristotélicos que, en su época, se habían vuelto dogmas de fe. Galileo insistió en que el mejor camino al conocimiento era la experimentación y la observación directa de los fenómenos naturales, y no la interpretación de los textos escritos en la antigüedad. Como es bien sabido, esta actitud le acarreó serios problemas con las instituciones de su época... pero eso ya es otra historia.

Si bien Galileo contribuyó notablemente a aclarar muchos conceptos que antes permanecían en la oscuridad (la relatividad del movimiento es solo un ejemplo), hacía falta un sistema preciso, basado en axiomas claros, que permitiera estudiar matemáticamente todos los fenómenos físicos en forma unificada.

Los fundamentos de la física teórica aparecieron por primera vez en la obra cumbre de Newton, los *Principios matemáticos de la filosofía natural* (1687), donde Newton expone los principios básicos de la mecánica (sus famosas tres leyes) la ley de la gravitación universal y un eficazísimo sistema matemático que permitía resolver los problemas más importantes de la mecánica. El resultado más espectacular que obtuvo fue, sin duda, la deducción exacta del movimiento de los planetas —en perfecto acuerdo con las observaciones astronómicas—, a partir de la ley de la gravitación universal. Al parecer, el Universo había revelado finalmente sus secretos; todos los cuerpos materiales, desde un grano de polvo hasta las estrellas, se movían por el espacio de acuerdo rigurosamente con las leyes de la mecánica descubiertas por Newton. El Universo era una inmensa máquina cuyas piezas interactuaban entre sí a través de la fuerza universal de la gravitación.

La primera ley de Newton, que afirma que todos los cuerpos se mueven en línea recta y con velocidad constante mientras no actúen fuerzas externas sobre ellos, es otra manera de expresar el principio de relatividad de Galileo. Newton nunca rechazó este principio, pero insistió en postular la existencia de un espacio absoluto, que equivaldría a un sistema de referencia especial



y único, con respecto al cual el Universo en su conjunto estaría en reposo. Hay que insistir en que la existencia de un sistema de referencia universal no contradice el principio de relatividad de Galileo. Este principio únicamente postula que las leyes de la física son las mismas en cualquier sistema de referencia inercial, sea este un sistema universal y absoluto, o cualquier otro: no se puede determinar por medio de experimentos físicos si uno se encuentra en reposo o en movimiento con respecto al hipotético espacio absoluto.

Por otra parte, la existencia de un espacio absoluto parece bastante natural. Después de todo, el sistema de referencia en el que las estrellas están fijas es un sistema universal, desde el cual el comportamiento global del Universo debe tener una apariencia más simple que desde otro sistema de referencia en movimiento, como la Tierra.

Existe otra razón, relacionada con el problema de la gravitación, por la que Newton recurrió a un espacio absoluto. A pesar de que toda su mecánica funcionaba a la perfección, Newton siempre estuvo insatisfecho por lo que consideraba un hueco importante de su teoría: la ausencia de una explicación física del fenómeno de atracción gravitatoria.

La ley de la gravitación de Newton precisa cómo se comporta cuantitativamente la fuerza gravitacional entre los cuerpos masivos, pero no aclara la naturaleza de dicha fuerza. Los *Principios matemáticos* de Newton contestan brillantemente la pregunta: ¿cómo se atraen dos cuerpos?, pero no a ¿por qué se atraen? Newton propuso, como solución transitoria, la existencia de una acción a distancia entre los cuerpos masivos, pero insistió en que dicha acción era un concepto provisional, en espera de una mejor teoría. Incluso llegó a sugerir que la atracción gravitacional, sin causa mecánica aparente, demostraba la existencia de Dios, pues de otra forma un cuerpo no podía “conocer” la presencia de otro para interactuar con él. En un plano menos místico, Newton especuló que el vacío no está realmente vacío, sino que todo el espacio está permeado por una sutil sustancia, el éter, imperceptible para los humanos, pero a través del cual se produce la atracción gravitacional.



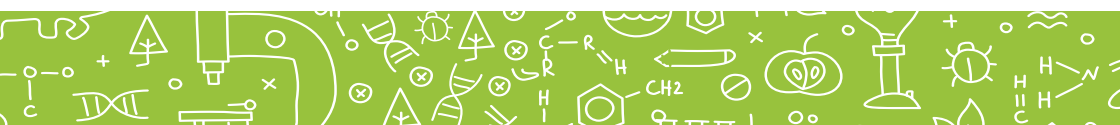
La idea de un éter que llena todo el Universo había sido propuesta por diversos filósofos antes de Newton. Así, el filósofo francés René Descartes había intentado explicar el movimiento de los planetas por medio de torbellinos en el éter: los planetas serían arrastrados en círculos alrededor del Sol tal como corchos que flotan en un remolino de agua. Por supuesto, los torbellinos de Descartes fueron desechados a favor de la atracción gravitacional propuesta por Newton, pero el éter siguió seduciendo a los sucesores de Descartes y Newton.

Una vez aceptada la existencia del éter, era natural suponer que existe un sistema de referencia único en el Universo, que es el sistema en el que el éter está en reposo. Todos los movimientos de los cuerpos celestes pueden referirse, en última instancia, a ese sistema cósmico.

En realidad, el problema del éter y, junto con él, el de la acción a distancia, siguió presente en la física hasta principios del siglo XX, cuando Einstein los liquidó definitivamente. Como sucede comúnmente con las revoluciones científicas, las nuevas teorías no resuelven todos los viejos enigmas, sino que vuelven irrelevantes algunos de ellos; tal fue el caso del éter.

El concepto del espacio absoluto permaneció anclado en la física más de dos siglos después de Newton a pesar de no constituir un axioma esencial de la mecánica. Además, junto con el espacio absoluto, Newton introdujo el *tiempo absoluto*. Tampoco necesitaba la mecánica de un tiempo así, pero parecía lógico que, independientemente de las fórmulas matemáticas que describen el Universo, exista una manera única de medir el tiempo, algo así como un reloj cósmico... acaso el reloj de Dios.

La existencia de un tiempo absoluto independiente de quien lo mide, es una consecuencia de nuestra experiencia cotidiana. Estamos acostumbrados a la idea de que el tiempo transcurre siempre en la misma forma, pues de lo contrario no tendría sentido sincronizar nuestros relojes y determinar, así, el momento en que ocurre u ocurrirá cada suceso. Nadie se atrevería a afirmar que el tiempo transcurre más rápido o más lentamente en un lugar o en otro del Universo. Al menos eso era evidente hasta que llegó Einstein.





ORGANIZA Y REGISTRA LO QUE COMPRENDISTE

¿En qué aspectos te ayuda el texto a resolver tus dudas e inquietudes sobre el planteamiento inicial?

Escribe tus hallazgos.



ACEPTA EL DESAFÍO Y CONSTRUYE COMPRESIONES

El camión del planteamiento inicial hace un recorrido de la ciudad de México a la de Puebla, avanza a una velocidad constante de 95 kilómetros por hora, la cual es la velocidad límite permitida para camiones de ese tipo, ¿cómo podríamos calcular en qué tiempo llegará el camión a la ciudad de Puebla si el recorrido de la ciudad de México a Puebla son 131 kilómetros por autopista? ¿Podríamos construir un algoritmo para resolver este problema?

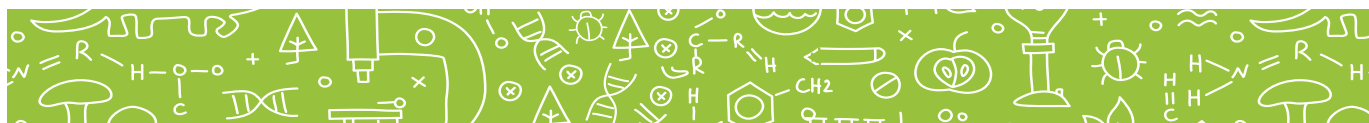
De regreso de Puebla a la Ciudad de México el camión tomó una carretera recta donde aceleró de 2.18 m/s a 16.66 m/s en 8 segundos. ¿Cómo podríamos calcular la aceleración en dicho intervalo?, ¿qué necesitamos conocer para poder calcularla? ¿Podríamos plantear también un algoritmo?, ¿cómo lo explicamos?

Veamos cómo podemos apoyarnos en el siguiente texto para verificar si nuestros planteamientos y argumentos son válidos.

FENÓMENOS MECÁNICOS⁵²

Movimiento y sistema de referencia. El movimiento es el cambio de posición de un objeto o partícula con respecto a un sistema de referencia descrito

⁵² Universidad Nacional Autónoma de México. Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur. Secretaría Académica, área de Ciencias Experimentales, *Guía de Estudio para preparar el examen extraordinario de Física I*, 2011, Colegio de Ciencias y Humanidades, <http://www.cch-sur.unam.mx/guias/experimentales/fisical-2014a.pdf> (Fecha de consulta: 18 de mayo de 2016).



a través del tiempo. Un sistema de referencia puede ser un punto o un conjunto de puntos, o un cuerpo, con la condición que este se encuentre en reposo o se mueva de manera rectilínea y uniforme.

Velocidad. Representa el cambio de posición de un cuerpo (desplazamiento) realizado en un intervalo de tiempo. La velocidad tiene magnitud, dirección y sentido; en general el curso de Física I se ocupa sobre todo de su magnitud, a la cual se le conoce como rapidez. La rapidez es el resultado de la división del cambio de posición entre el intervalo de tiempo empleado en hacer el cambio de dicha posición; se mide en m/s, cm/s, km/h, mi/h, etcétera.

Aclaración: en el lenguaje popular, la rapidez es sinónimo de velocidad, pero aquí necesitamos la distinción pues la velocidad es un vector (con magnitud, dirección y sentido), mientras que la rapidez no es un vector (solo tiene magnitud).

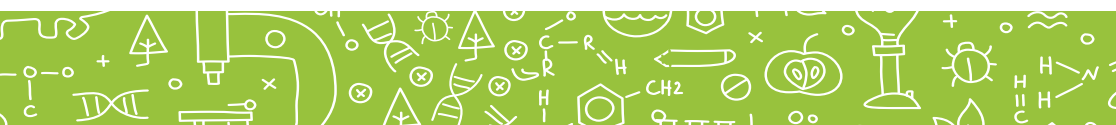
Aceleración. Es lo que resulta de hacer la división del cambio de velocidad entre el intervalo de tiempo empleado para dicho cambio. La aceleración también es un vector, sin embargo, en el curso de Física I es raro que se le trate como vector, y lo común es que solo se emplee la magnitud de la aceleración como modificador de la rapidez.

Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU). Es el movimiento con velocidad constante descrito por un móvil, esto significa idealmente sobre una línea recta y a una rapidez constante. Su ecuación para el cálculo de la posición, o el valor del desplazamiento, o la distancia que recorre es: **$d = v t$**

La **d** es distancia en m; **t** es tiempo en s, **v** es el valor de la velocidad en m/s.

Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA). Es el movimiento con aceleración constante descrito por un móvil, sobre una línea recta y con cambios de velocidad iguales en intervalos de tiempos iguales. Sus ecuaciones principales, utilizando los valores de velocidad, son: intervalos de tiempos iguales. Sus ecuaciones principales, utilizando los valores de velocidad, son:

$$d = v_i t + \frac{1}{2} a t^2 \quad a = (v_f - v_i) / t \quad a = (v_f^2 - v_i^2) / 2d$$



d es distancia comúnmente medida en m (metros).

vi es el valor de la velocidad inicial, **vf** es el valor de la velocidad final, la dos se miden en m/s.

a es la magnitud de la aceleración, medida en m/s^2 , **t** es tiempo en s (segundos).

Ejemplos de movimientos con aceleración constante son: la caída libre, los tiros verticales y horizontales alrededor de la superficie de la tierra, un auto que parte del reposo manteniendo el pie al fondo del acelerador en los primeros segundos de su movimiento, etcétera.

La caída libre se refiere al movimiento causado por la atracción gravitatoria de la tierra sobre todos los cuerpos y en ausencia del aire, haciéndolos caer en línea recta y con una aceleración media alrededor de su superficie de 9.8 m/s^2 .



ORGANIZA Y REGISTRA LO QUE COMPRENDISTE

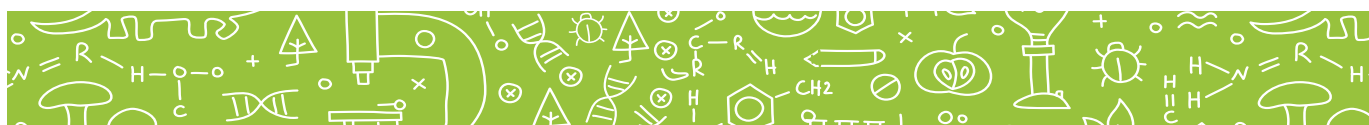
¿Qué hallazgos tuvimos respecto a la forma en como planteamos la solución de los problemas y lo que comparamos con el texto? ¿Nos ayuda a comprender mejor el fenómeno? ¿De qué forma?



ACEPTA EL DESAFÍO Y CONSTRUYE COMPRENSIONES

El desafío consiste en demostrar la segunda Ley de Newton a partir del siguiente experimento:

Impulsemos un carrito de 5 kg de forma horizontal desde un punto de referencia y con el mecanismo que deseemos. Aprovechemos lo que leímos en el texto anterior, lo que contiene el siguiente texto y encontremos la fuerza neta con que estamos impulsando el carrito.



CONCEPTOS NEWTONIANOS

Fuerza. Una definición operativa: es la modificadora de la velocidad de un cuerpo siempre y cuando su masa sea constante en el tiempo, ejemplos de fuerzas: un empuje, un jalón, un golpe, una fricción, el peso, etcétera.

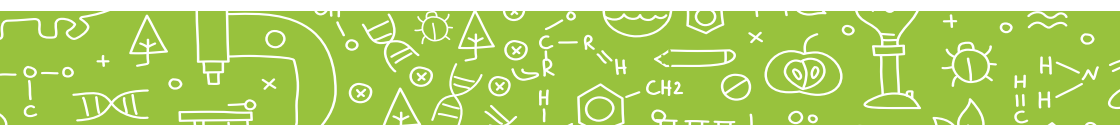
Fuerza neta. Es la fuerza total que resulta de sumar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

En el caso de que varias fuerzas tengan la misma dirección se dice que son colineales o paralelas, para este caso la fuerza neta se obtiene de sumar las magnitudes que tienen el mismo sentido, y finalmente restar ambas sumatorias parciales, ganando el sentido de la sumatoria de mayor magnitud.

Inercia. Es una propiedad general de toda la materia y se relaciona con la situación de que el cuerpo mantiene su velocidad constante, si la velocidad es cero se mantendrá en reposo y si está moviéndose tratará de mantener un movimiento en forma rectilínea y uniforme. La inercia de los cuerpos se mide en función de sus masas, las unidades de medida más comunes son los kilogramos, que pertenecen al Sistema Internacional, los aparatos para medirlas son las balanzas. La medida de la masa de un cuerpo es constante en cualquier parte del Universo.

La inercia se puede experimentar claramente cuando intentamos mover un objeto de gran masa como cuando empujamos un auto descompuesto, pues tenemos que emplear mucha fuerza o el esfuerzo de más de una persona para poder moverlo.

De la misma manera, la sentimos cuando al viajar de pie en el transporte público, este frena o acelera intempestivamente. Pues en el primer caso, sentimos la tendencia a seguir hacia delante o hacia atrás en el segundo caso. El cinturón de seguridad y las bolsas de gas que tienen los automóviles actuales, son aditamentos de seguridad para evitar o disminuir los daños en los viajeros cuando se presenta un choque, pues la inercia hace que las personas sigan su movimiento hacia delante en tales eventos. Otro aditamento de seguridad son las cabeceras de los asientos, pues si un auto es golpeado por detrás, la cabeza será detenida por la cabecera en su movimiento “hacia atrás” con lo cual se evitan daños mayores en el cuello.



El concepto de inercia, se aplica también a cuerpos que tienen un movimiento circular o giratorio como el caso de una rueda una pelota o un trompo. A este tipo de inercia se le conoce como inercia rotacional.

Cuando viajamos en bicicleta, nos damos cuenta de que resulta mucho más fácil guardar el equilibrio cuando nos inclinamos a los lados “nos ladeamos” y recobramos la vertical sencillamente. Si hacemos lo mismo estando la bicicleta parada, de manera inevitable caeríamos. Esto se debe a que las ruedas de la bicicleta tienen inercia rotacional, misma que se opone a modificar su estado de movimiento.

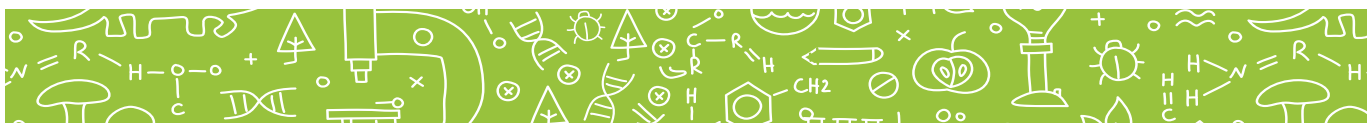
Podemos entonces clasificar a la inercia en tres tipos: inercia común, que da lugar al equilibrio estático conocido como reposo, inercia traslacional relacionada a un objeto con movimiento rectilíneo uniforme y la inercia rotacional asociada a un cuerpo que gira con velocidad angular constante.

Primera ley de Newton. Cuando sea cero la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo, la consecuencia es que su velocidad no cambiará, entonces si estaba en reposo continúa en su estado de reposo; si estaba en movimiento rectilíneo uniforme seguirá en ese movimiento.

Así, en los postulados de Newton para la sistematización del estudio del movimiento de los cuerpos, la “Ley de la Inercia”, establece que: “Todo cuerpo permanece con velocidad constante o en reposo, a menos que un agente externo (fuerza) lo cambie”.

Esto significa que la suma total de las fuerzas externas actuando sobre un objeto, se anulan y el objeto se encuentra en equilibrio, y por tanto, el objeto está en reposo o se mueve con velocidad constante.

Este postulado establece y sistematiza las observaciones de los objetos en reposo o con velocidad constante que encontramos a nuestro alrededor en la vida diaria. Por ello es común asignar a un objeto en casa como un sofá el estado de reposo, a pesar de que sobre él actúan por lo menos un par de fuerzas que son su peso y la reacción del piso. Decimos que está en reposo debido a que las dos fuerzas mencionadas son del mismo valor y actúan en



dirección contraria por lo que la acción de ambas sobre el sofá se anula y el mueble no se mueve.

Equilibrio traslacional. Para que haya equilibrio de traslación en un cuerpo se requiere que la fuerza neta sea cero, o sea que la suma de todas las fuerzas que actúan sobre él dé como resultado que se anulan unas con otras; y tendremos que la primera ley de Newton se cumple en este caso.

Fricción. Fuerza que se opone al movimiento o al intento de producirlo, para cuerpos sólidos, depende del grado de aspereza de las superficies en contacto; para líquidos y gases depende de la viscosidad y la presión.

Segunda ley de Newton

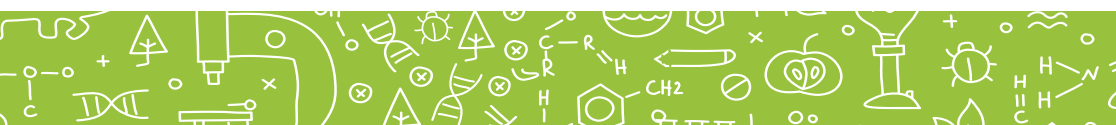
La segunda ley de Newton del movimiento es una exposición más completa sobre el efecto de una fuerza (o más) aplicada al movimiento de un cuerpo. Planteada en términos de la aceleración, establece que: “La aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza neta aplicada e inversamente proporcional a su masa. La aceleración tiene la misma dirección que la fuerza neta aplicada”.

Este planteamiento se capta mejor en forma simbólica. Al elegir unidades de fuerza apropiadas se establece la proporcionalidad de la segunda ley de Newton como la ecuación:

$$\mathbf{a} = \mathbf{F_{neta}} / m$$

Donde: **a** es la aceleración, **Fneta** es la fuerza neta o total que actúa sobre el cuerpo y **m** es la masa del cuerpo. Como la aceleración es directamente proporcional a la fuerza neta aplicada, si duplicamos la fuerza neta que se ejerce sobre el cuerpo, duplicamos también su aceleración. Sin embargo, la misma fuerza ejercida sobre un cuerpo con una masa más grande producirá una aceleración menor.

La aceleración está directamente relacionada con la fuerza aplicada, no con la velocidad. Aristóteles no distinguió con claridad entre aceleración y velocidad. Muchos de nosotros tampoco podemos hacer tal distinción cuando



pensamos de manera informal en el movimiento. En la teoría de Newton esta diferenciación es fundamental.

La segunda ley de Newton es la idea central de su teoría del movimiento. De acuerdo con esa ley, la aceleración de un cuerpo está determinada por dos cantidades: su masa y la fuerza neta que actúa sobre él. Los conceptos de masa y fuerza están, en parte, definidos por la segunda ley. La fuerza neta ejercida sobre el cuerpo es la causa de su aceleración, y la magnitud de la fuerza queda definida por el tamaño de la aceleración que produce. La tercera ley de Newton completa la definición de fuerza al establecer que las fuerzas son resultado de la interacción que hay entre los cuerpos.

La masa de un cuerpo es una cantidad que indica cuánta resistencia tiene a cambiar su movimiento, como establece la segunda ley. Llamamos inercia a tal resistencia al cambio en el movimiento. Podemos definir la masa como sigue:

“Masa es una medida de la inercia de un cuerpo, la propiedad que hace se resista al cambio en su movimiento”.

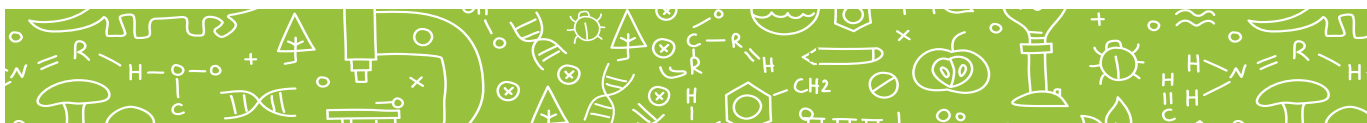
La unidad para la masa es el kilogramo (kg). Las unidades de fuerza también pueden derivarse de la segunda ley de Newton. Si despejamos F_{neto} multiplicando ambos miembros de la ecuación de la segunda ley por la masa, podemos expresarla como:

$$F_{\text{neto}} = ma$$

La unidad apropiada para la fuerza, por consiguiente, debe ser el producto de una unidad de masa por una unidad de aceleración. En el Sistema Internacional de Unidades, se usa: kilogramo por metros sobre segundo al cuadrado. Esta unidad se llama Newton (N).

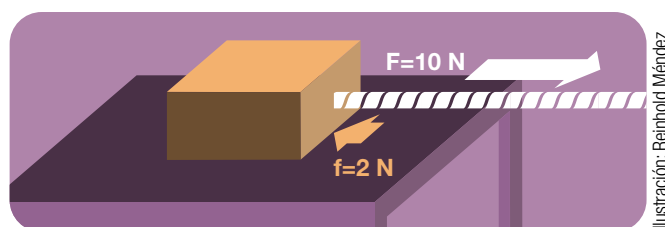
Por ello: $1 \text{ Newton} = 1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$ (un Newton es la fuerza que aplicada a un cuerpo de 1 kg, le provoca un aumento en su velocidad de 1 m/s en cada segundo que pase).

La fuerza es una cantidad vectorial cuya dirección claramente es importante. Si se ejerce más de una fuerza sobre un cuerpo, como ocurre con frecuencia,



entonces debemos sumarlas todas como vectores, considerando sus direcciones.

Se tira un bloque a lo largo de una mesa mediante una fuerza de 10 N aplicada con una cuerda atada a un bloque. Una fuerza de fricción de 2 N actúa sobre el bloque como resultado del contacto con la mesa, ¿cuál es la fuerza total ejercida sobre el bloque?



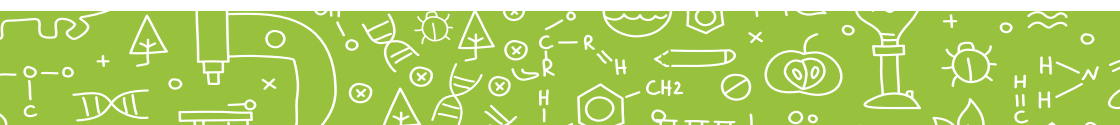
La fuerza neta es la suma de las dos fuerzas, 10 N más -2 N por lo que el resultado es 8 N, las dos fuerzas se oponen entre sí. Como están en direcciones opuestas, la fuerza neta se determina restando la fuerza de fricción de la fuerza aplicada por la cuerda, con lo que se obtiene una fuerza neta de 8 N. No se pueden ignorar las direcciones de las fuerzas que intervienen.

El hecho de que las fuerzas sean vectores cuyas direcciones deben considerarse al calcular la fuerza neta es un aspecto importante de la segunda ley.



ORGANIZA Y REGISTRA LO QUE COMPRENDISTE

- ¿Cómo resolviste el desafío?
- ¿En qué tuviste que apoyarte para resolverlo?





ACEPTA EL DESAFÍO Y CONSTRUYE COMPRESIONES

El desafío consiste en comprender la tercera ley de Newton, entender las fuerzas implicadas, cómo interactúan entre sí y la relación que se establece con la masa de los cuerpos.

TERCERA LEY DE NEWTON

[...]

Por cada fuerza que actúa sobre un cuerpo, existe otra igual en magnitud, pero en sentido opuesto, actuando sobre aquel cuerpo que la produjo. La tercera ley, afirma que cuando existe una fuerza F_{1-2} ejercida por un primer cuerpo sobre un segundo cuerpo, simultáneamente existe otra fuerza F_{2-1} ejercida por el segundo cuerpo sobre el primero, pero no se cancela su efecto, ya que actúan en cuerpos diferentes. Esta acción que ocurre entre los dos cuerpos es una forma de interacción que puede ser: gravitacional, electromagnética o nuclear.



Ilustración: Javier Velázquez

Figura. Representación de las fuerzas de acción y reacción entre los cuerpos lancha y persona.

Por ejemplo, siempre que una pistola dispara una bala, da un culatazo; los bomberos que apuntan al fuego con la tobera de una manguera gruesa deben agarrarla firmemente, ya que cuando el chorro de agua sale de ella, la manguera retrocede fuertemente [...]. Los que están familiarizados con los botes pequeños saben que antes de saltar desde el bote a

tierra, es más acertado amarrar el bote antes al muelle. Si no, en cuando haya saltado, el bote, “mágicamente”, se mueve fuera del muelle, haciendo que, muy probablemente, pierda su brinco y la persona empuje al bote fuera de su alcance. Todo está en la tercera ley de Newton: Cuando sus piernas impulsan su cuerpo hacia el muelle, también se aplica al bote una fuerza igual y de sentido contrario, que lo empuja fuera del muelle.

La fuerza de atracción F_1 que ejerce la Tierra sobre un objeto en su superficie es igual y opuesta a la fuerza de atracción F_2 que emite el objeto. Ambos, la



Tierra y el objeto se aceleran, pero como la masa de la Tierra es inmensamente mayor, la aceleración de efecto que recibe es ínfima comparada con la que reacciona el objeto (su masa comparativa es muy pequeña). A ello se debe la razón del por qué nosotros podemos percibir la aceleración de un objeto que cae sobre la superficie de la Tierra, que es de 9.8 metros por segundo al cuadrado (m/s^2); sin embargo, no detectamos la aceleración de la Tierra, que es aproximadamente $1.5 \times 10^{-23} \text{ m/s}^2$ provocada por el cuerpo de 90 kg.



ORGANIZA Y REGISTRA LO QUE COMPRENDISTE

¿Cómo explicas entonces la tercera ley de Newton?



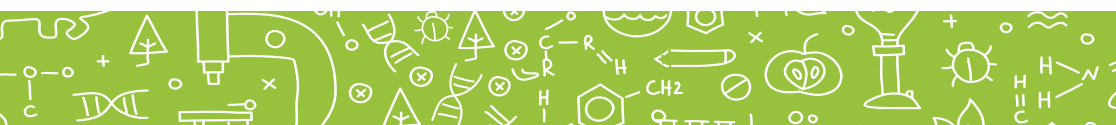
ACEPTA EL DESAFÍO Y CONSTRUYE COMPRESIONES

El siguiente texto, en inglés, nos ayuda a comprender una de las aplicaciones que tienen los fenómenos de fuerza y movimiento, en este caso en la competencia de una carrera de autos; muestra un interesante comparativo con la aceleración de la gravedad.

[...] THE GAME OF GS⁵³

In July 1977, at El Mirage Dry Lake, California, Kitty O'Neil set two records for a dragster on a 440 yard run. From a standstill, she reached the greatest terminal speed (speed at the end of the run) ever recorded and also broke the record of the lowest elapsed time with her mark of 3.72 seconds. Her speed was an astounding 392.54 miles per hour (about 632.1 kilometers per hour). Her average acceleration during the run was 47.1 meters per second-squared, which is 4.81 times the acceleration of gravity, or 4.81 gs for short.

⁵³ Fragmento tomado del texto: "Short Story" que forma parte del Catálogo de Redes de Tutoría SC.





ORGANIZA Y REGISTRA LO QUE COMPRENDISTE

¿Qué podemos aprender del texto anterior?

¿Los textos leídos te ayudan a resolver los problemas planteados inicialmente? ¿En qué forma? y entonces, ¿qué es el movimiento y qué es la fuerza? de qué forma se ha transformado el conocimiento de estos fenómenos a través del tiempo? ¿Para qué nos sirve conocer sobre ellos?



REVISA TU AVANCE

Hagamos una recapitulación de lo que aprendimos y comparémoslo con nuestro trayecto de aprendizajes.

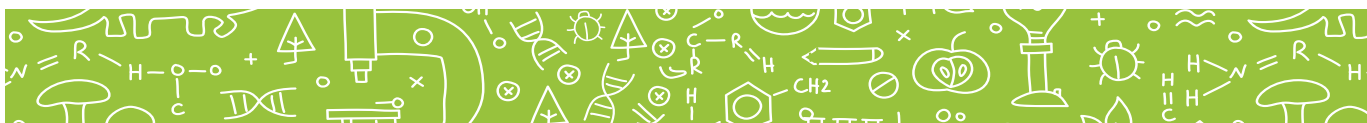
FUERZA Y MOVIMIENTO



Ilustración: Ivanova Martínez Murillo

INICIAL	BÁSICO			INTERMEDIO				AVANZADO		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Construyes secuencias de eventos generalizados organizados espacial y temporalmente a partir de una rutina y consideras a grupos de acuerdo con características afines.	Identificas que las cosas y las personas se mueven.	Identificas el movimiento y la trayectoria de los objetos y las personas.	Comprendes los sistemas de referencia que permiten identificar el movimiento de las cosas.	Relacionas fuerza aplicada en objetos con cambios producidos en ellos: movimiento, reposo, deformación.	Relacionas fricción con fuerza y describes sus efectos en los objetos.	Describe el movimiento de algunos objetos considerando su trayectoria, dirección y rapidez.	Describe algunas manifestaciones de movimiento y comparas los efectos de la fuerza.	Comprendes el origen y uso de la leyes de la Física Planteadas por Newton.	Argumentas la relación de estado de reposo de un objeto con el equilibrio.	Sustentas que el conocimiento científico sobre la fuerza y el movimiento se ha transformado a través del tiempo.

Ilustración: Ivanova Martínez Murillo



PARA SEGUIR APRENDIENDO

Bibliografía consultada:

Biblioteca Digital ILCE. “Relatividad para Principiantes”, Biblioteca digital ILCE http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/078/htm/sec_4.htm (Fecha de consulta: 4 de abril de 2016).

Universidad Nacional Autónoma de México. Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur. Secretaría Académica, área de Ciencias Experimentales. *Guía de Estudio para preparar el examen extraordinario de Física I*. (Diciembre de 2013). <http://www.cch-sur.unam.mx/guias/experimentales/fisical-2014a.pdf> (Fecha de consulta: 18 de mayo de 2016).

Bibliografía sugerida:

Conafe. Ciencias II, UAI. 1. “Primera ley de Newton”. En *Unidades de Aprendizaje Independiente, Bloque 2, segundo grado*. México: Consejo Nacional de Fomento Educativo, 2014. Donde podrás encontrar cómo se da la relación entre fuerza, masa e inercia. Esto permite comprender por qué se mueven los objetos o se quedan inmóviles.

Conafe. Ciencias II, UAI. 2. “Segunda ley de Newton”. En *Unidades de Aprendizaje Independiente, Bloque 2, segundo grado*. México: Consejo Nacional de Fomento Educativo, 2014. Donde podrás encontrar cómo se da la relación entre fuerza, masa y aceleración, por lo que podrás explicar por ejemplo, lo que sucede cuando hay un objeto que jalas y logras mover.

Conafe. Ciencias II, UAI. 3. “Tercera ley de Newton”. En *Unidades de Aprendizaje Independiente, Bloque 2, segundo grado*. México: Consejo Nacional de Fomento Educativo, 2014. Donde podrás encontrar conceptos que te permitan explicar el movimiento de un cuerpo.

Conafe. Ciencias II, UAI. 6. “La energía y el movimiento”. En *Unidades de Aprendizaje Independiente, Bloque 2, segundo grado*. México: Consejo Nacional de Fomento Educativo, 2014. Donde podrás tener un acercamiento al concepto de energía y su relación con el trabajo, además podrás conocer diferentes tipos de energía.

