



GOBIERNO DEL ESTADO DE
VERACRUZ
2024 - 2030

SEV
SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
DE VERACRUZ

SEMSyS
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN
MEDIA SUPERIOR Y SUPERIOR



La energía en los procesos de la vida diaria

Ricardo Hernández Segovia

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Norma Rocío Nahle García
Gobernadora del Estado de Veracruz

Claudia Tello Espinosa
Secretaria de Educación de Veracruz

David Agustín Jiménez Rojas
Subsecretario de Educación Media Superior y Superior

Dirección General de Telebachillerato

Director General
Irving Ilhuicamina Mendoza Ruiz

Subdirectora Técnica
Piedad Alcira Hernández Pérez

Jefe del Departamento Técnico Pedagógico
Noel Abraham Velázquez Viveros

Jefa de la Oficina de Planeación Educativa
Ana Flora Angulo Morales

Equipo editorial

Coordinación editorial
Mauro Morales Arellano

Asesoría académica
Samuel Fiscal Polito

Asesoría pedagógica
Arahí Domínguez Martínez

Corrección y estilo
Bertha Isabel Álvarez Vera

Diseño editorial
Greisy del Carmen Ramos de la Cruz

Formación
Juan Luis Uscanga Salazar (Módulo 1 y 3)
Ariadna Janet Ochoa Iserte (Módulo 2)

Fotografía de la portada
Adobe Firefly

La energía en los procesos de la vida diaria

Primera edición: 2025
ISBN 978-607-725-549-9

D. R. © 2025. Secretaría de Educación de Veracruz
Km 4.5 Carretera federal Xalapa-Veracruz
Col. SAHOP, C.P. 91090, Xalapa, Veracruz
Telebachillerato de Veracruz

Impreso en México

Nota: Adaptado de Grúa 3D contra un cielo al atardecer [fotografía], por kjpargeter, 2025 (https://www.freepik.es/foto-gratis/grua-3d-contra-cielo-al-atardecer_1594716.htm#fromView=search&page=1&position=2&uuid=6c2c4cf2-66de-4014-aede-a2717e9defb1&query=gr%C3%BAa) CC BY 2.0

Módulo 1

Relación entre fuerza, trabajo y energía

Progresiones

1. Relación entre energía y fuerzas. Cuando dos objetos interactúan, cada uno ejerce una fuerza sobre el otro que puede causar que la energía se transfiera hacia o desde el objeto.
2. El movimiento de un objeto está determinado por la suma de las fuerzas que actúan sobre él; si la fuerza total sobre el objeto no es cero, su estado de movimiento cambiará. Cuanto mayor sea la masa del objeto, mayor será la fuerza requerida para lograr el mismo cambio de estado de movimiento. Para cualquier objeto dado, una fuerza mayor provoca un cambio mayor en el estado de movimiento.
3. El momento lineal se define para un marco de referencia particular como la masa por la velocidad del objeto. En cualquier sistema, el momento lineal total siempre se conserva.
4. La segunda ley de Newton predice con precisión los cambios en el movimiento de los objetos macroscópicos.
5. Cuando dos objetos o sistemas interactúan, sus momentos lineales pueden cambiar. La suma de los momentos lineales de ambos sistemas es la misma antes y después de la interacción.

Metas de aprendizaje

- CT1. Analizar como los patrones de movimiento de un objeto en diversas situaciones puede observarse y medirse. Utilizar los movimientos que exhiben un patrón regular para predecir el movimiento futuro a partir de éstos.
- CT3. Aplicar los términos de dirección y magnitud para comprender que toda fuerza que actúa sobre un objeto cuenta con ambas características.
- CT4. Identificar modelos matemáticos para describir y predecir efectos de las fuerzas que se ejercen en objetos de un sistema.
- CT7. Hacer uso de la observación para explicar cómo la estabilidad de un objeto puede cambiar su forma u orientación según la interacción con fuerzas. Fundamentar el uso de la segunda ley de Newton para predecir movimientos de objetos macroscópicos.

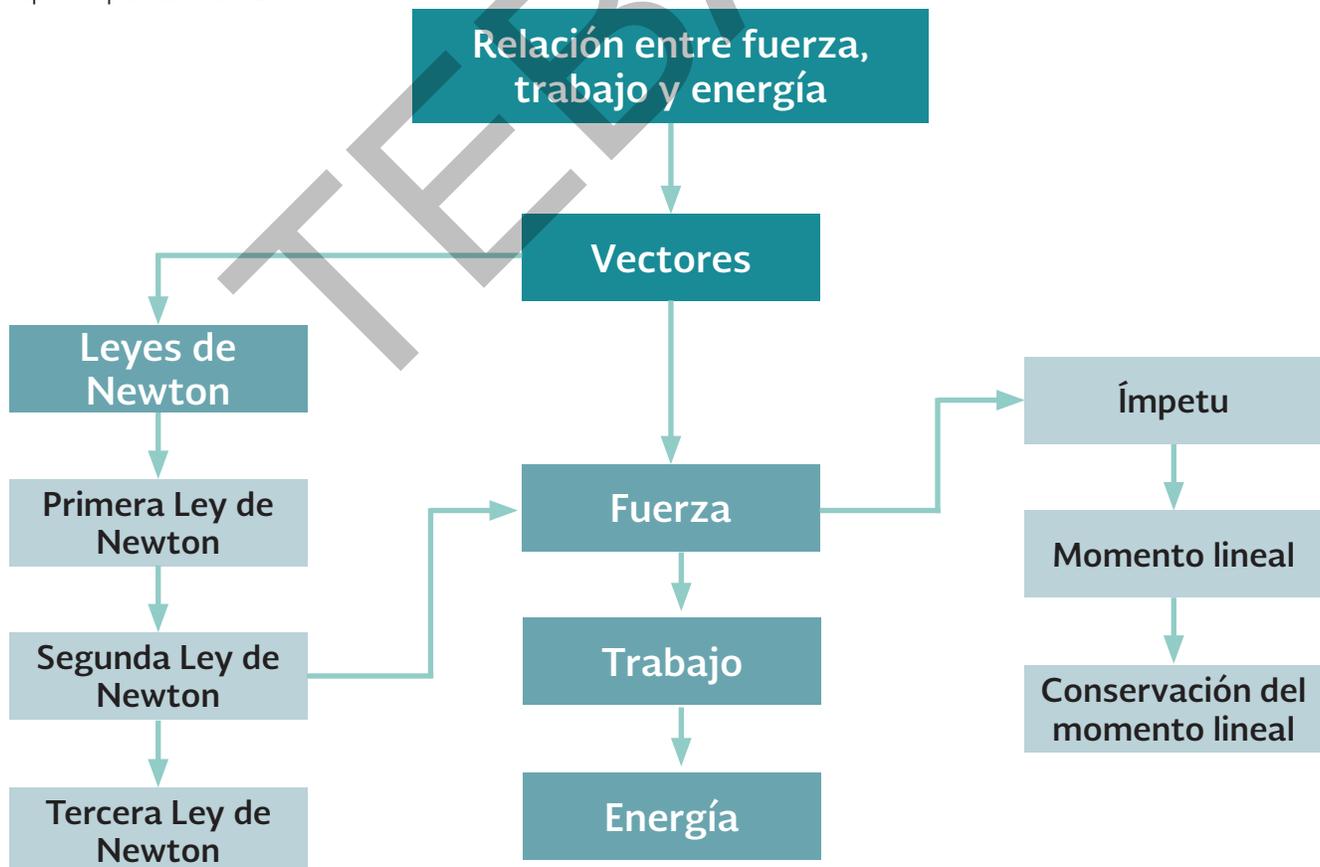
Introducción

En el universo existe una amplia gama de fenómenos; para su estudio, la **física** se divide en diferentes ramas específicas dependiendo de qué clase de evento ocurre; así, tenemos por ejemplo, que la cinemática, la dinámica y la estática, estudian el movimiento de los cuerpos desde distintas perspectivas; la termodinámica, estudia la temperatura y la transferencia de energía térmica; la óptica, investiga la luz y su interacción con la materia; la acústica, estudia el sonido, su producción, transmisión y efectos en diferentes medios como gases, líquidos y sólidos, etcétera.

Cada campo de estudio de la física dedica sus esfuerzos a estudiar las variables que intervienen en fenómeno que estudian y busca establecer relaciones matemáticas entre dichas variables. Por ejemplo, aunque la cinemática ha logrado explicar muchos casos del movimiento de los cuerpos, hay situaciones en las que sus variables son insuficientes para describir alguna situación y se tienen que plantear nuevas variables, la cuales, requerirán de un significado específico en física, a fin de diferenciarlo de aquel que se le da en la vida cotidiana.

En esta asignatura, “La energía en los procesos de la vida diaria”, analizaremos algunas de estas nociones y comenzaremos analizando las definiciones de: **fuerza, trabajo y energía.**

Esquema 1.1
Mapa conceptual del módulo 1.



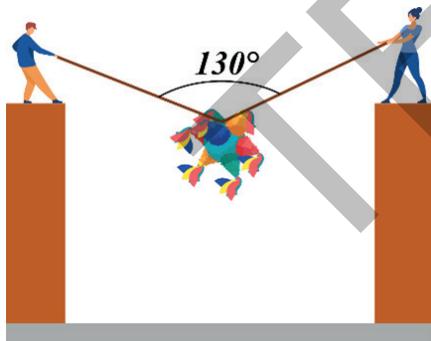
Exploro mis saberes

I. Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué es Energía?
2. ¿Qué es un Vector?
3. ¿Cuál es el concepto de Fuerza?
4. En el contexto de la física ¿qué es Trabajo?
5. ¿Qué dicen las tres leyes de Newton?

II. Resuelve el siguiente problema: Una piñata que pesa 190 N es sostenida por dos adolescentes, forma un ángulo de 130° con ambas cuerdas. Calcular la magnitud de la fuerza aplicada por cada adolescente. Figura 1.1

Figura 1.1
Fuerza aplicada a cuerdas.



Nota. Adaptado de Diseño plano posada piñata [vector], por Freepik, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/dise-no-plano-posada-pinata_10635523.htm#fromView=search&page=2&position=47&uuiid=f212f1f7-d5b5-4d17-9f23-8276a3c-37db6&query=pi%C3%B1ata) CC BY 2.0

Construye tu proyecto transversal

Para elaborar este proyecto transversal realizarás una serie de investigaciones y actividades, mismas que se trabajarán a lo largo de los temas y que se entregarán por escrito a tu maestro al terminar el módulo I.

Elabora un reporte de investigación que incluya la siguiente información:

1. Evolución del concepto de **calor**.
2. ¿Cómo se transforma el calor en energía mecánica?
3. ¿Cómo funciona la máquina de vapor?
4. Comenta, por lo menos, tres aplicaciones de la máquina de vapor durante la Revolución Industrial Británica.
5. ¿Cómo transformó la revolución industrial a la sociedad?

Ten presente que, un reporte de investigación debe contener los siguientes elementos mínimos: introducción, desarrollo (contexto de la investigación, metodología), conclusiones y bibliografía.

Fuerza

Observa con atención la Figura 1.2; en ella podrás ver una grúa alzando un auto que, lamentablemente, sufrió un percance.

Figura 1.2
Una grúa levanta un auto.



Nota. Adaptado de Camiones de remolque para ayuda en la carretera con transporte de automóviles remolcado conjunto plano aislado ilustración vectorial [vector], por macro vector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/camiones-remolque-ayuda-carretera-transporte-automoviles-remolcado-con-junto-plano-aislado-ilustracion-vectorial_26762060.htm#fromView=search&page=1&position=0&uiid=b54c55dd-68ec-4771-9d21-b73ff8b1af89&query=grua+levanta+auto) CC BY 2.0

La grúa aplica una fuerza a través del cable para levantar el auto, notamos que hay un *desplazamiento*, podemos tomar nota de la *temperatura* ambiente y del *tiempo* que le toma al operador realizar la maniobra, todos estos datos se llaman *magnitudes*. Sin embargo, estas cuatro magnitudes, *fuerza*, *desplazamiento*, *temperatura* y *tiempo*, pueden ser medidas, pero, no pueden ser expresadas de la misma manera; así que necesitamos una clasificación para las *magnitudes*.

Magnitudes escalares y magnitudes vectoriales

Si te preguntan tu estatura, podrías responder, por ejemplo, 1.70 m y esa respuesta es suficiente, así que se trata de una *magnitud escalar*.

“Una **magnitud escalar** es aquella que queda completamente determinada con un número y sus correspondientes unidades”. (Martín, T. & Serrano, A., 2014)

Ahora bien, no toda magnitud puede ser expresada solamente dando su valor numérico y su unidad correspondiente. Por ejemplo, imagina que estás de paseo por la calle y alguien te pregunta por la ubicación de un cierto café, no puedes solo decir “está a 400 m de aquí”, también tendrías que decir si está hacia adelante o hacia atrás, a la izquierda o a la derecha (ver Figura 1.3).

Figura 1.3

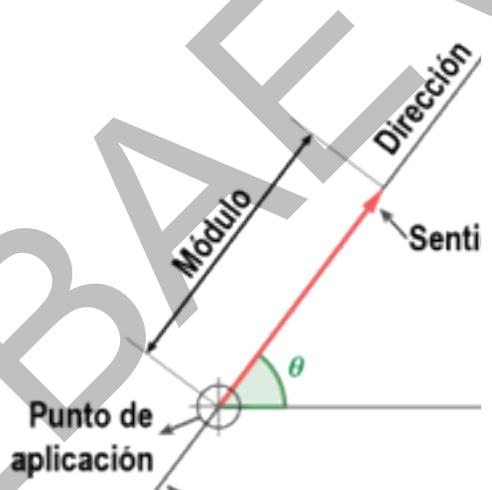
Posición relativa de un café.



Nota. Adaptado de Mapa de Suburb Street Café sin costura [vector], por macro vector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/mapa-suburb-street-cafe-costura_4385985.htm#fromView=image_search&page=1&position=2&uuid=71827a55-bda4-492f-893e-5e9571817db6&query=local+comercial+caf%C3%A9+mapa+ubicacion) CC BY 2.0

Figura 1.4

Elementos de un vector.



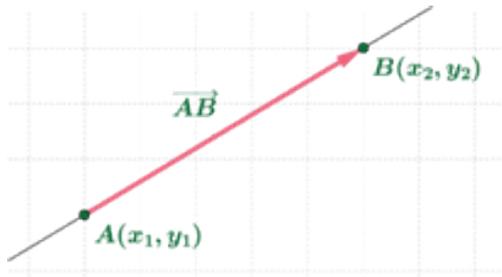
Nota. Elaboración propia.

La posición que guarda el Café con respecto a nuestra ubicación es una **magnitud vectorial**.

El *desplazamiento* que la persona tiene que realizar para llegar al café, es una *magnitud vectorial*, pues no bastará con indicar la distancia que tiene que recorrer, sino que hay que dar más información, es necesario señalar la magnitud, la dirección y las unidades correspondientes (ver Figura 1.4). Usaremos *vectores* para expresar a las *magnitudes vectoriales*.

Los **vectores** son modelos matemáticos que se utilizan para expresar y representar magnitudes vectoriales, en las que no basta solamente con indicar un valor numérico. (Mc Graw Hill, s/f).

Figura 1.5
Una grúa levanta un auto.



Nota. Elaboración propia

Los **vectores** se representan por letras: \vec{u} , \vec{v} , \vec{w} , etcétera, con una flecha arriba, o bien, indicando su origen (A) y su extremo (B) con una flecha encima \vec{AB} (Figura 1.5). La flecha nos recuerda que los vectores tienen dirección, además de que se distingue entre cantidades vectoriales y escalares en su notación.

Millones (2014), define las componentes y la pendiente de un vector como sigue: Considera la Figura 1.5, las **componentes de un vector** se definen como las coordenadas del punto extremo, menos, las coordenadas del punto origen:

$$\vec{AB} = (x_2 - x_1, y_2 - y_1) = (x, y)$$

Si un vector \vec{A} tiene componentes (x, y) , entonces, se define la **pendiente del vector \vec{A}** como:

$$\text{La pendiente del vector } \vec{A}(x, y) \text{ es: } m = \frac{y}{x}$$

Más adelante, analizaremos otra forma de calcular las componentes de un vector.

Elementos de un vector

En la página de la editorial McGraw Hill (s/f) se definen los siguientes elementos de un vector:

- El **módulo, intensidad o magnitud** $|\vec{A}|$, representa el valor numérico, siempre positivo, de la cantidad física a la cual se asocia la longitud del segmento de recta. Si se conocen las coordenadas de los extremos, podemos calcular el **módulo** del vector usando la fórmula de la distancia entre dos puntos:

$$|\vec{A}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

- La **dirección o línea de acción**, es la recta en la que se sitúa el vector. Se representa en el plano por un ángulo de referencia, entonces, puede ser horizontal, vertical, inclinada, etcétera. La **pendiente del vector** nos indica el ángulo de inclinación de la línea de acción, a través de la razón trigonométrica *tangente*.

$$\text{Tan } \theta = \frac{y}{x} \Rightarrow \theta = \text{Tan}^{-1} \frac{y}{x}$$

- El **sentido**, nos indica la orientación del vector dentro de la línea de acción, y queda indicado por la punta de la flecha.
- El **punto de aplicación** corresponde al punto, también dentro de la línea de acción, donde actúa el vector.

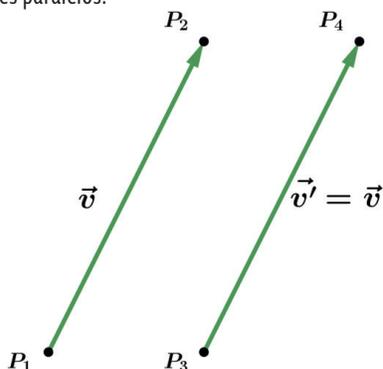
Propiedades de los vectores

Para G. Millones (2014), los vectores cuentan con las siguientes propiedades:

Igualdad entre dos vectores. Dos vectores son iguales cuando tienen la misma magnitud, la misma dirección y el mismo sentido, sin importar cualquiera que sea su ubicación o, cuando sus componentes son iguales.

Figura 1.6

Vectores paralelos.



Nota. Elaboración propia.

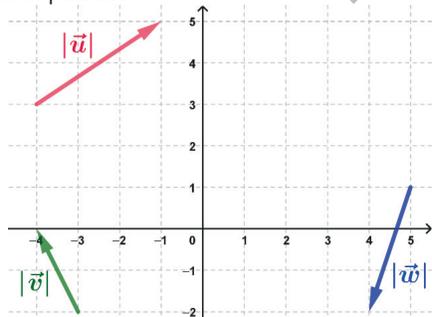
Cuando dos vectores tienen la misma dirección (misma pendiente), son **paralelos**. Figura 1.6

Los desplazamientos \vec{v} y \vec{v}' son iguales porque tienen las mismas longitud y dirección.

Esta propiedad hace posible que un vector sea trasladado en un diagrama, siempre y cuando se mantenga paralelo a su posición original. Figura 1.7 y Figura 1.8

Figura 1.7

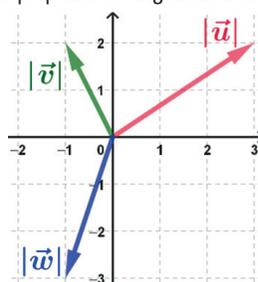
Vectores paralelos.



Nota. Elaboración propia.

Figura 1.8

Aplicación de la propiedad de la igualdad entre vectores (a).

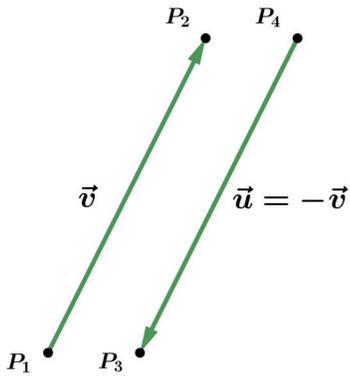


Nota. Elaboración propia.

El punto de origen del sistema de vectores \vec{u} , \vec{v} y \vec{w} puede colocarse en el origen del plano.

Adición de vectores. Es posible sumar dos o más vectores, solo si tienen las mismas unidades de medida. Por ejemplo, el vector *fuerza* tiene unidades de *Newtons*, entonces, no es posible sumarlo con el vector *desplazamiento*, pues tiene unidades de longitud.

Figura 1.9
Negativo de un vector.



Nota. Elaboración propia.

Negativo de un vector. El negativo de un vector (ver Figura 1.9) tiene la misma magnitud y dirección de dicho vector, pero su sentido es contrario.

El desplazamiento \vec{u} tiene la misma magnitud que \vec{v} pero en dirección opuesta; u es el negativo de v .

Ley conmutativa de la adición de vectores. La resultante de la adición es la misma, sin importar el orden en que se sumen los vectores.

Ejemplo 1

Calcula las componentes del vector \vec{AB} , su pendiente, su ángulo de inclinación, así como su magnitud, si sus extremos son los puntos $\vec{A} = (2,3)$ y $\vec{B} = (4,7)$. Figura 1.10.

Solución

Aplicamos la definición de los componentes del vector.

$$\vec{AB} = (4 - 2, 7 - 3) = (2, 4)$$

Ahora usamos la definición de la pendiente del vector

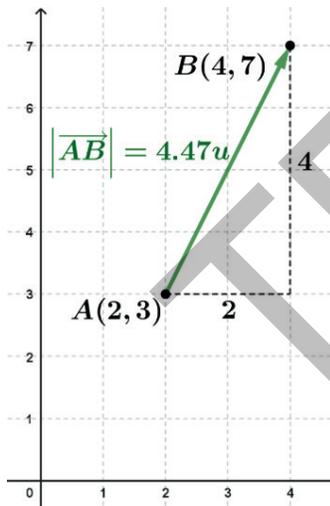
$$m = \frac{4}{2} = 2$$

$$\theta = \text{Tan}^{-1} 2 = 63.43^\circ$$

Para calcular el módulo del vector utilizaremos la fórmula correspondiente:

$$\begin{aligned} |\vec{AB}| &= \sqrt{(4-2)^2 + (7-3)^2} = \sqrt{(2)^2 + (4)^2} \\ &= \sqrt{4+16} = \sqrt{20} = 4.47u \end{aligned}$$

Figura 1.10
Cálculo de los elementos de un vector.

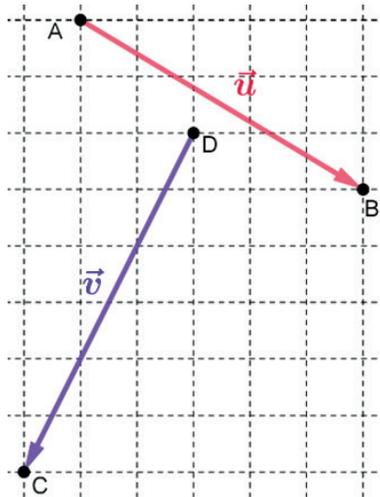


Nota. Elaboración propia.

Ejemplo 2

Considera los vectores \vec{u} y \vec{v} que se muestran en la Figura 1.11 y calcula $\vec{u} + \vec{v}$.

Figura 1.11
Negativo de un vector.

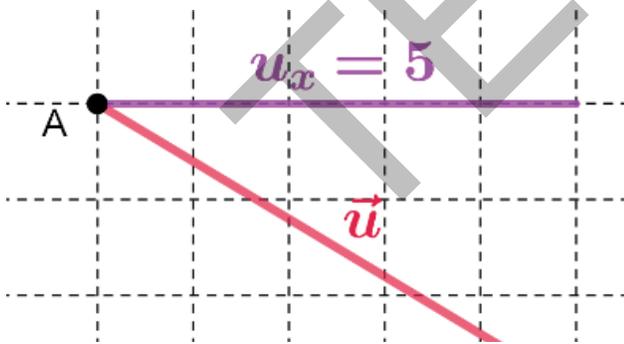


Nota. Elaboración propia.

Solución

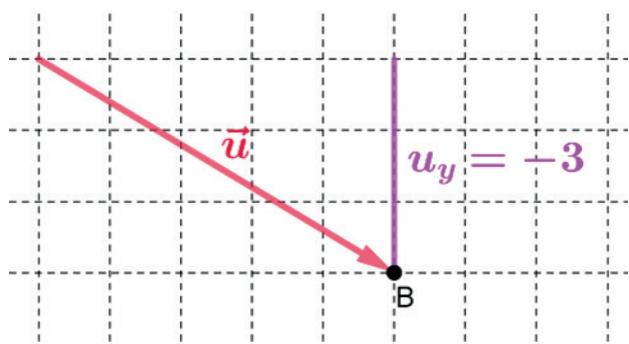
Primero, debemos establecer las componentes de cada vector, para eso, solo hay que contar las unidades horizontales y verticales de cada vector, siempre teniendo en cuenta que las unidades contadas hacia la derecha y hacia arriba son positivas y aquellas contadas hacia la izquierda y hacia abajo serán negativas; por ejemplo, para el vector u de la Figura 1.12 y la Figura 1.13:

Figura 1.12
Componente en x de un vector.



Nota. Elaboración propia.

Figura 1.13
Componente en y de un vector.

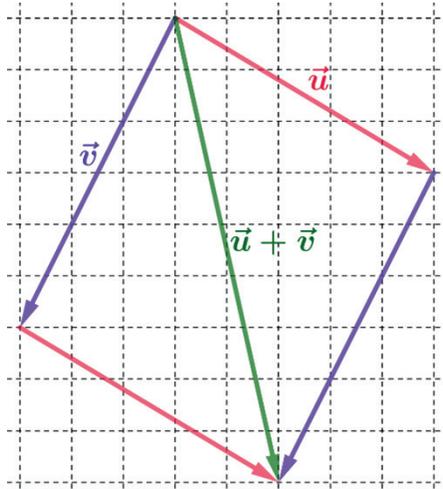


Nota. Elaboración propia.

Podemos observar

$$\vec{u}(5, -3) \text{ y } \vec{v}(-3, -6)$$

Figura 1.14
Resultante de la suma de dos vectores.



Nota. Elaboración propia.

Para la resolución de la suma se toman en cuenta las componentes en x y en y :

$$\begin{aligned}\vec{u} + \vec{v} &= (5, -3) + (-3, -6) \\ &= (5 + (-3), -3 + (-6)) \\ \vec{u} + \vec{v} &= (2, -9)\end{aligned}$$

Dado que podemos trasladar los vectores a conveniencia, podemos dibujar la resultante de la suma (de color verde) como en la Figura 1.14

Observa que hemos trazado vectores paralelos a \vec{u} y a \vec{v} , formando un paralelogramo. La resultante va desde el origen común, hasta donde coinciden las puntas de u y v .

Usando este método para sumar, es posible sumar sistemas de muchos vectores.

Aplico lo aprendido 1.1

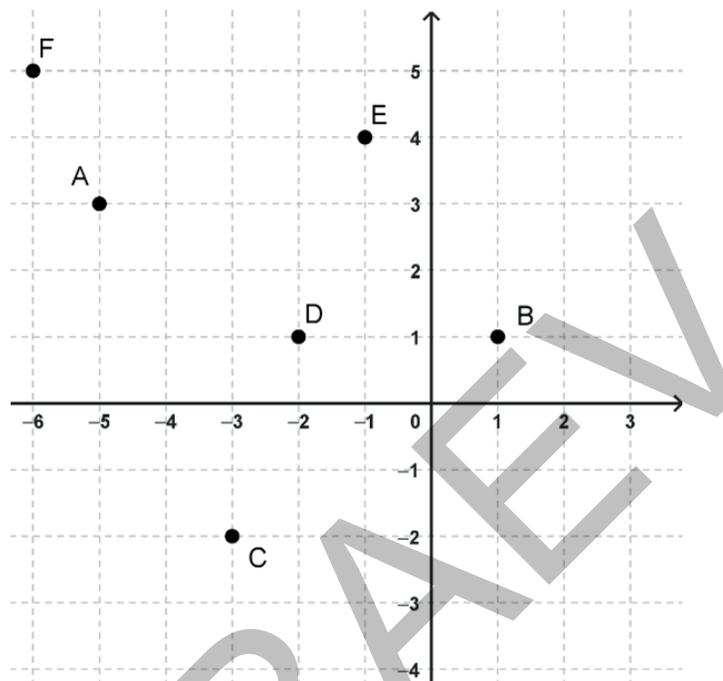
Resuelve los siguientes problemas.

1. Escribe las coordenadas de los puntos A, B, C, D, E y F de la Figura 1.15.
2. Calcula las componentes de los vectores \overline{AB} , \overline{CD} y \overline{EF} .
3. Determina la pendiente y el ángulo de inclinación de cada vector.
4. Indica la magnitud de cada uno de los tres vectores.

5. Traza los vectores.

Ejercicio 1

Figura 1.15

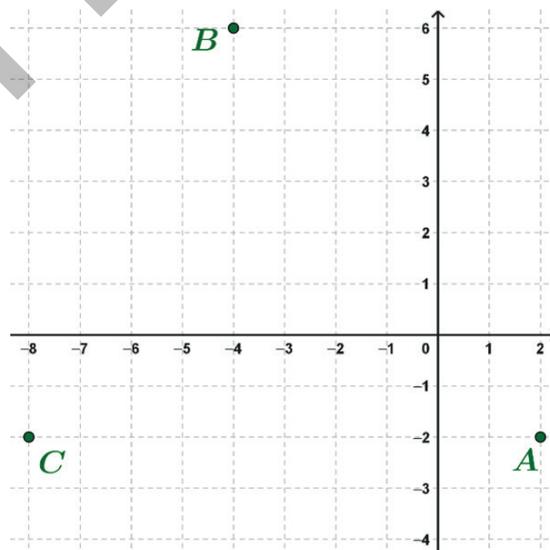


Nota. Elaboración propia.

Ejercicio 2

1. Escribe las coordenadas de los puntos A, B y C de la Figura 1.16.
2. Calcula el perímetro del triángulo ABC y comprueba que es un triángulo isósceles.

Figura 1.16



Nota. Elaboración propia.

A trabajar!

Es momento de realizar tu proyecto transversal.

Es el momento de que investigues y realices una síntesis del tema: Evolución del concepto de calor, además, resuelve la pregunta 1 de tu proyecto transversal.

Figura 1.17
Fuerza aplicada a un objeto masivo.



Nota. Adaptado de Refrigerador gris en estilo de dibujos animados aislado [vector], por brgfx, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/refrigerador-gris-estilo-dibujos-animados-aislado_18219088.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuiid=dc19a603-3656-4c95-8ec5-2a5316878470&query=refrigerador). CC BY 2.0

Las fuerzas se representan como vectores

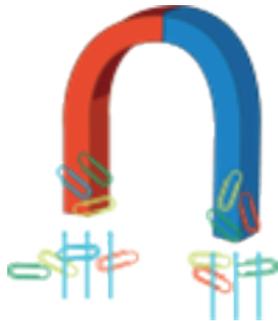
En nuestra vida diaria constantemente tocamos objetos, este contacto provoca que los movamos o que detengamos su movimiento. En física, la **fuerza** es un fenómeno que modifica el movimiento de un cuerpo, (lo acelera, frena, cambia el sentido, etc.) o bien, lo deforma (Bravo, J., et al., 2023).

De la experiencia, sabemos que una fuerza puede provocar diferentes resultados según dónde y cómo se aplique; por lo tanto, las *fuerzas* son magnitudes vectoriales, pues no basta con definir su magnitud y las unidades correspondientes.

En este caso (Figura 1.17), al aplicar la fuerza, el refrigerador se moverá hacia la derecha.

Las fuerzas también pueden ser ejercidas a distancia, sin que haya contacto físico entre los objetos. Por ejemplo, en el caso de los imanes (Figura 1.18) o la gravedad (Figura 1.19). A este tipo de fuerzas se le llama Fuerzas de largo alcance o **fuerzas de campo**.

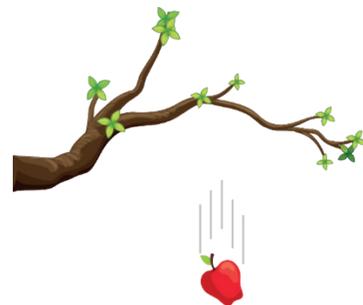
Figura 1.18
La fuerza magnética es una fuerza de campo.



Un imán ejerce una fuerza magnética sobre un trozo de hierro, en este caso, un clip.

Nota. Adaptado de Fuerza magnética con imán y clips [vector], por brgfx, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/fuerza-magnetica-iman-clips_26213901.htm#fromView=search&page=1&position=25&uuiid=87b1b4c1-190c-410e-ad72-db832d-3c6b48&query=iman) CC BY 2.0

Figura 1.19
La fuerza gravitacional es una fuerza de campo.



La fuerza gravitacional mantiene a los objetos ligados a la Tierra y a los planetas en órbita alrededor del Sol.

Nota. Adaptado de Conjunto, de, diferente, árbol, ramas, aislado [vector], por brgfx, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-diferente-arbol-ramas-aislado_30159662.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuiid=c5543a3-28ae-41c5-98aa-3af3bed4fac6&query=rama) CC BY 2.0

Toma en cuenta que...

Unidades de la fuerza

En el Sistema Internacional (SI) la unidad de fuerza es el **newton (N)**, nombrada así en honor del físico inglés Sir Isaac Newton. El newton se define como la fuerza que hay que aplicar a una masa de un kilogramo (kg) para que adquiera una aceleración de un metro por segundo, cada segundo (m/s^2).

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

En las siguientes progresiones se reanudará el estudio de las fuerzas.

Trabajo

Seguramente alguna vez tuviste que mover un mueble, levantado un montón de libros o tal vez ayudaste a empujar un auto descompuesto. Estas actividades requieren de un esfuerzo muscular o mental.

Este hombre realiza un **trabajo** sobre el auto conforme lo empuja, aplica una fuerza sobre él. Figura 1.20

En ciencia se usan definiciones muy específicas para las palabras, definiciones que, a menudo, son diferentes del uso diario. Tal es el caso del concepto de **trabajo**, que, por ejemplo, puede significar el lugar donde se trabaja, el nivel de dificultad para realizar alguna actividad o un esfuerzo mental o muscular; sin embargo, en ciencia, la palabra **Trabajo** significa empujar (ejercer una fuerza) a un objeto a una cierta distancia, un proceso que, por definición, requiere un aporte de **energía**.

Analicemos un caso particular. Considera un objeto que se desplaza una magnitud s en línea recta. Durante el *desplazamiento*, una *fuerza* constante actúa sobre él en la dirección del desplazamiento. Definimos el **trabajo W** realizado por esta fuerza constante en dichas condiciones, como el producto de la **magnitud F** de la fuerza y la **magnitud s** del **desplazamiento** (Cárdenas, G., et al., 2020):

$$W = Fs$$

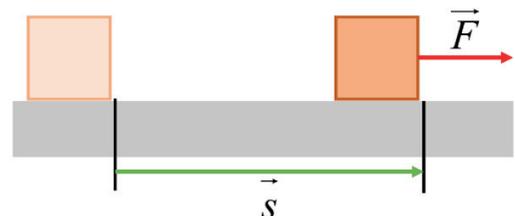
Si un cuerpo se mueve con un desplazamiento s mientras una fuerza constante F actúa sobre él en la misma dirección, el trabajo realizado por la fuerza sobre el cuerpo es $W = Fs$. Figura 1.21.

Figura 1.20
Cuando un hombre empuja un auto realiza un Trabajo.



Nota. Adaptado de Empuje la competencia de dos empresarios [vector], por pch.vector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/empuje-competencia-dos-empresarios-hombre-negocios-eficiente-empujando-pelota-ganador-mas-inteligente-trabajando-mejor-lider-ilustracion-plana-carrera_20827874.htm#fromView=search&page=1&position=11&uuiid=045b58de-8865-4f63-9689-414b4c88a8dd&query=push) CC BY 2.0

Figura 1.21
Se realiza Trabajo cuando una fuerza desplaza una distancia a una masa.

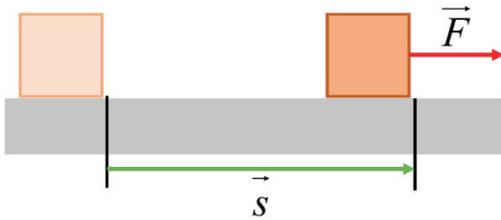


Nota. Elaboración propia.

En términos generales, tanto la *fuerza* como el *desplazamiento* son vectores, y se relacionan a través de una operación general llamada **producto escalar** (porque el resultado es un escalar), también llamado **producto punto**, definida como $\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$, donde θ es el ángulo que forman \vec{A} y \vec{B} (Figura 1.22). Igualmente se puede expresar como

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y$$

Figura 1.22
Producto escalar de vectores.



Nota. Elaboración propia.

De esta manera, la definición general de trabajo es:

$$W = Fs \cos \theta$$

La unidad de trabajo en el SI es el **joule** (que se abrevia J y se pronuncia “yul”, nombrada así en honor del físico inglés del siglo XIX James Prescott Joule).

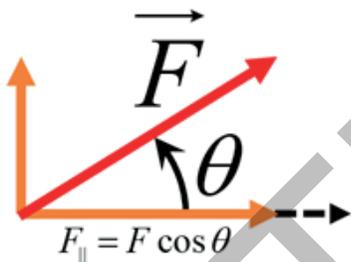
$$1 \text{ joule} = (1 \text{ newton})(1 \text{ m})$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

En la definición general de **Trabajo** se identifican varios casos (Sears, F., et al., 2009):

Trabajo positivo

Figura 1.23

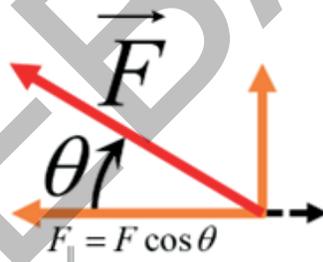


Nota. Elaboración propia.

Ocurre cuando la fuerza tiene una componente (F_{\parallel}) en la dirección del desplazamiento. Esta componente es la única parte de la fuerza que realiza Trabajo. Figura 1.23

Trabajo negativo

Figura 1.24

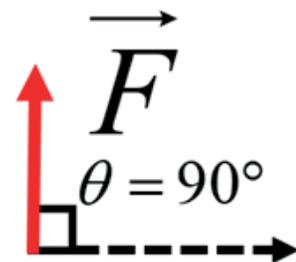


Nota. Elaboración propia.

Ocurre cuando la fuerza tiene una componente opuesta a la dirección del desplazamiento. En términos matemáticos, $W < 0$ ya que, en $W = Fs \cos \theta$, $90^\circ < \theta < 270^\circ$. Figura 1.24

Trabajo nulo

Figura 1.25



Nota. Elaboración propia.

Trabajo nulo. En general, si una fuerza que actúa sobre un objeto tiene una componente F_{\perp} perpendicular al desplazamiento, esa componente no realiza trabajo sobre el objeto. Figura 1.25

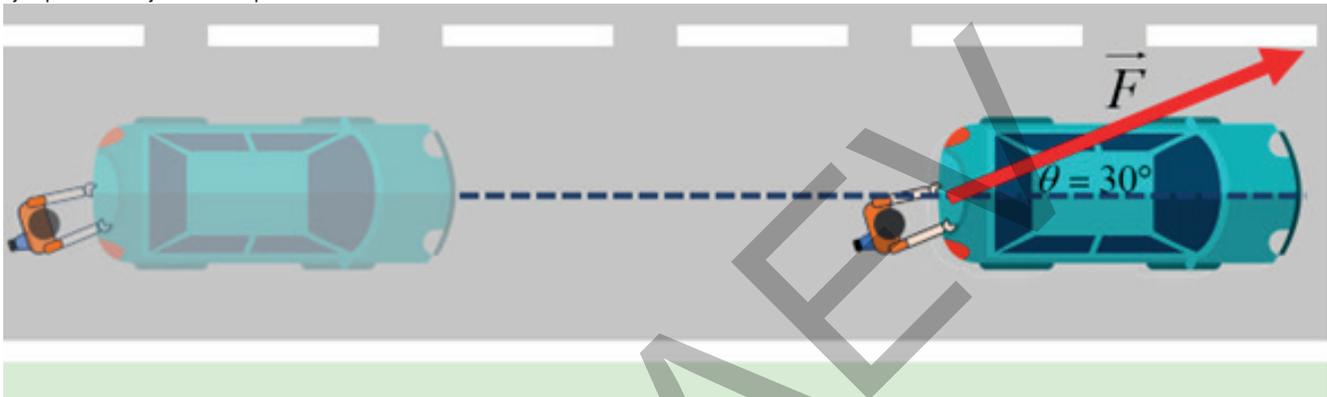
Ejemplo 1

- a) Desafortunadamente, al auto de Martín se le ponchó una llanta en la carretera, así que tiene que empujarlo para colocarlo en una zona apropiada para cambiarla por la refacción; de manera que, aplica una fuerza constante de magnitud 325 N sobre su carro (ver la Figura 1.26), mientras lo empuja una

distancia de 15 m. Para que el auto se mantenga en la carretera, Martín debe empujarlo con un ángulo $\theta = 30^\circ$ con respecto a la dirección del movimiento. ¿Cuánto trabajo efectúa Martín?

- b) Increíblemente, hay un segundo auto descompuesto, así que Martín se ofrece a ayudar a empujarlo, pero ahora aplica una fuerza constante $\vec{F}(150N, 30N)$ el desplazamiento del auto es $\vec{s}(13m, 10m)$ ¿Cuánto trabajo efectúa Martín en este caso?

Figura 1.26
Ejemplo de trabajo realizado por una fuerza.



Nota. Elaboración propia.

Solución

- a) De acuerdo con el problema, el ángulo entre la fuerza y el desplazamiento es $\theta = 30^\circ$, entonces, usando la definición general de trabajo, tenemos:

Debemos señalar, que al estar incluida la función coseno del ángulo, se está considerando solo la componente del vector fuerza en la dirección del desplazamiento, en otras palabras, no toda la fuerza actúa para realizar un trabajo, sino solo la componente en la dirección del desplazamiento.

$$\begin{aligned} W &= Fs \cos \theta \\ &= (350N)(15m) \cos 30^\circ \\ W &= 4546.63 J \end{aligned}$$

- b) Para el segundo auto, las componentes de \vec{F} son $F_x = 150N$ y $F_y = 30N$, mientras que las componentes de $x = 13m$ y $y = 10m$, entonces, a través de la definición de producto escalar, tenemos:

$$\begin{aligned} W &= (150N)(13m) + (30N)(10m) \\ &= 1950 Nm + 300 Nm \\ W &= 2250 J \end{aligned}$$

Trabajo realizado por varias fuerzas

Si en un cuerpo actúan varias fuerzas, podemos usar la definición general para calcular el trabajo que realiza cada fuerza individual y, como el trabajo es una magnitud escalar, podemos sumar algebraicamente estas fuerzas particulares para determinar el trabajo total (W_{Total}) que realiza el sistema. También podemos hacer la suma vectorial de las fuerzas involucradas y usarla en la definición de trabajo.

Ejemplo 2

Eliel quiere acomodar su refrigerador cuya masa es de 40 kg, entonces, lo empuja horizontalmente una distancia de $s = 0.9\text{m}$ en un piso plano, con velocidad constante. El coeficiente de fricción cinética entre el piso y el refrigerador es de 0.25.

- ¿Cuál es la magnitud de la fuerza que debe aplicar Eliel?
- ¿Cuánto trabajo realiza esa fuerza sobre la caja?
- ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza normal sobre el refrigerador?

Solución

En este ejemplo intervienen las siguientes fuerzas:

- La fuerza que ejerce Eliel sobre el refrigerador, F_E .
- El peso del refrigerador, W_R .
- La fuerza normal N . Ten presente que la fuerza normal es aquella que ejerce una superficie sobre un cuerpo apoyado sobre ella. Esta es de igual magnitud y dirección, pero de sentido contrario a la fuerza ejercida por el cuerpo sobre la superficie.
- La fuerza de fricción cinética es una fuerza que se opone al movimiento de deslizamiento entre dos superficies. Está dada por el coeficiente de fricción cinética multiplicado por la fuerza normal: $f_k = \mu N$.

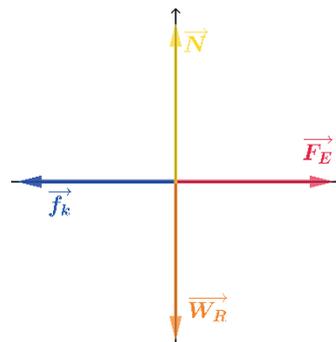
Cuando en el sistema están involucradas varias fuerzas, conviene dibujar un diagrama (Figura 1.28) que indique las direcciones y los sentidos. Podemos considerar el siguiente ejemplo (Figura 1.27):

Figura 1.27
Sistema de fuerzas.



Nota. Adaptado de Refrigerador gris en estilo de dibujos animados aislado [vector], por brgfx, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/refrigerador-gris-estilo-dibujos-animados-aislado_18219088.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=dc19a603-3656-4c95-8ec5-2a5316878470&query=refrigerador). CC BY 2.0

Figura 1.28
Diagrama de cuerpo libre.



Nota. Elaboración propia

Comenzaremos calculado el peso del refrigerador, esto es masa por *gravedad*:

$$W_R = mg = (40\text{kg})(9.8\text{m/s}^2) = 392\text{N}$$

En este caso, el peso y la fuerza Normal son iguales, pues el piso es plano:

$$W_R = N = 392\text{N}$$

El inciso a) se resuelve así: el problema nos indica que el refrigerador se mueve a *velocidad constante*, esto nos revela que la fuerza que ejerce Eliel sobre el refrigerador es igual a la fuerza de fricción, $F_E = f_k$. Aplicaremos la definición de la fuerza de fricción y los datos conocidos.

$$F_E = f_k = \mu N = (0.25)(392\text{N}) = 98\text{N}$$

b) El trabajo que realiza esta fuerza será:

$$W_E = F_E d \cos\theta = (98\text{N})(0.9\text{m}) \cos(0^\circ) = 88.2\text{J}$$

c) Aplicando la definición general de trabajo, podemos identificar que el ángulo que forman la fuerza normal, N , y el desplazamiento s , es de 90° , es decir, son perpendiculares, entonces:

$$W_N = Ns \cos\theta = (392\text{N})(0.9\text{m}) \cos(90^\circ) = 0\text{J}$$

Cuando el desplazamiento y la fuerza aplicada son perpendiculares el trabajo es cero.

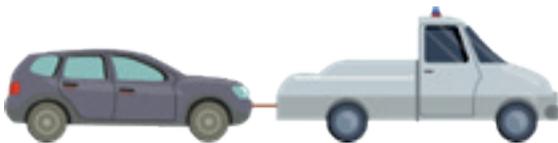
Aplico lo aprendido 1.2

Resuelve los siguientes problemas.

- Una grúa arrastra a un automóvil por 3 km en una calle horizontal, usando un cable cuya tensión es de 600 N
 - ¿Cuánto trabajo realiza el cable sobre el auto si jala de él horizontalmente? (Figura 1.29).
 - ¿Y si tira a 65° sobre la horizontal? (Figura 1.30).

Figura 1.29

a) Grúa jala horizontalmente a un auto



Nota. Adaptado de Conjunto de camión de remolque [vector], por pch.vector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-camion-remolque-portalador-pesado-grua-remolcando-coches-rotos-aislado-sobre-fondo-blanco-ilustracion-plana_12699870.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=b-51c18b0-254b-4de6-8fca-800689e3d9ee&query=Tow+truck+set). CC BY 2.0

Figura 1.30

b) Grúa jala con cierto ángulo a un auto

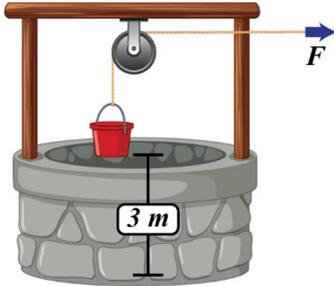


Nota. Adaptado de Conjunto de camión de remolque [vector], por pch.vector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-camion-remolque-portalador-pesado-grua-remolcando-coches-rotos-aislado-sobre-fondo-blanco-ilustracion-plana_12699870.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=b-51c18b0-254b-4de6-8fca-800689e3d9ee&query=Tow+truck+set). CC BY 2.0

2. Una cubeta con masa de 8.25 kg cuelga en un pozo del extremo de una cuerda (Figura 1.31), que pasa sobre una polea sin fricción en la parte superior del pozo, imagina que jalas la cuerda horizontalmente del extremo de la cuerda para levantar el cubo lentamente 3 m .

Figura 1.31

Trabajo realizado al subir una cubeta de un pozo.



- a) ¿Cuánto trabajo realizas al subir la cubeta?
 b) ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza gravitacional sobre el cubo?
 c) ¿Qué trabajo total se realiza sobre el cubo?

Nota. Adaptado de Pozos con dos métodos de carretes [vector], por brgfx, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/pozos-dos-metodos-carretes_6459025.htm#fromView=search&page=1&position=13&uid=255f8b6a-5938-4834-a361-0cf79f5d0065&query=pozo). CC BY 2.0

3. Un carrito de supermercado cargado (Figura 1.32) tiene una masa de 15 kg y es empujado 20 m por una fuerza paralela de 30 N . Si $\mu = 0.18$ ¿cuál es el trabajo resultante y qué aceleración se produce?

Figura 1.32

Mujer empuja carrito de supermercado.



Nota. Adaptado de Fondo mujer comprando en el supermercado [vector], por freepik, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/fondo-mujer-comprando-supermercado_4109340.htm#fromView=image_search&page=1&position=0&uid=793023c4-60f1-47e7-806a-bc738693ba6a). CC BY 2.0

Energía

Observa con atención la Figura 1.33.

Figura 1.33
Collage diferentes manifestaciones de la energía.



Nota. Elaboración propia

¿Qué tienen en común los fenómenos, objetos y seres que se muestran en las imágenes de la Figura 1.33? ¿cuáles son las diferencias?

La extensa variedad de fenómenos que ocurren a nuestro alrededor puede pensarse y estudiarse en términos de energía, ya sea que se requiera, se use, gaste o se aporte; se produzca, transporte o se almacene *energía*.

A través de los diferentes **sistemas** que estamos analizando, ya sean naturales o artificiales, podemos observar que la *energía* se presenta en formas diversas, pero, además, están aquellas formas con las que, generalmente, no la relacionamos, por ejemplo, la energía está asociada con: la posición, la configuración o la masa; sin embargo, todas estas formas de *energía* tienen algo en común: la capacidad de producir efectos, cambios y/o transformaciones.

La energía es capaz de producir acciones que involucran *fuerzas o movimientos*. Por ejemplo, imagina el caso de un arco y una flecha, la cuerda tiene la capacidad de lanzar la flecha solo mientras está tensa, esto quiere decir que la energía no es una característica de la cuerda, sino de cómo está configurado el sistema “cuerda tensa” y flecha.

La propiedad de los sistemas, llamada *energía*, es una magnitud escalar que se puede medir, entonces, podemos asignarle un número y una unidad de medida. En el sistema internacional (SI) la unidad de la energía es el *Joule*, en honor al físico inglés James Prescott Joule, quien demostró experimentalmente que el movimiento y el calor (una forma especial de energía), son equivalentes.

El concepto de energía comúnmente lo asociamos con:

Figura 1.34
El suministro eléctrico en casa.



Nota. Adaptado de Cerrar las manos cambiando la bombilla [fotografía], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/foto-gratis/cerrar-manos-cambiando-bombilla_14351779.htm#fromView=search&page=2&position=16&uuid=2889c688-2e55-4473-993a-960f383b504f&query=lampara)

Figura 1.35
Alimentos que nos fortalecen.



Nota. Adaptado de Arreglo de la pirámide alimenticia real [fotografía], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/foto-gratis/arreglo-piramide-alimenticia-real_39204913.htm#fromView=search&page=1&position=16&uuid=2d33994f-6eb2-44ef-adab-b9aaf3999e82&query=alimentos+que+dan+energ%C3%ADa)

Figura 1.36
El combustible para los vehículos.



Nota. Adaptado de Hombre en la gasolinera con el coche de cerca [fotografía], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/foto-gratis/hombre-gasolinera-coche-cerca_13260376.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=02d75d9e-b18b-486f-a82b-1635cd1d6d70&query=bomba+de+gasolina)

Un tema importante en la actualidad es la búsqueda de procedimientos no perjudiciales para el ambiente, así como económicos de producir energía a corto plazo, esto a partir de fuentes renovables o inagotables.

English reading

“Global energy crisis”

A continuación, lee atentamente el siguiente texto extraído del libro “Understanding the Global Energy Crisis” (Coyle, E. & Simmons, R., 2014):

Planet Earth is facing an energy crisis owing to an escalation in global energy demand, continued dependence on fossil-based fuels for energy generation and transportation, and an increase in world population, exceeding seven billion people and rising steadily. Excessive burning of fossil fuels is not only depleting natural resources but is resulting in a steady increase of carbon dioxide emissions, which experts believe is responsible for increasing average global temperatures. While natural cyclical variations do occur in regional and global climates, there is now widespread agreement among scientific communities and governments that recent climate change is accelerating because of human intervention, and that rapid and profound measures will be required to reduce harmful impacts. Concentration levels of greenhouse gases are rising steadily and are now greater than at any time in the past eight hundred thousand years. If concentration levels are not reversed, major changes to the world climate may result, bringing significant effects on people, industry, and the world economy.

Now, please answer the following questions.

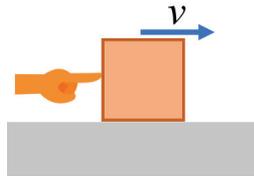
1. What policies have been implemented in Mexico to reduce greenhouse gas emissions?
2. What programs exist in Mexico to promote the use of renewable energies at the local and national level?

Relación entre el trabajo y la energía

De acuerdo con el análisis realizado en los temas anteriores, sabemos que el desplazamiento de un objeto está relacionado con trabajo total realizado por fuerzas externas sobre él; en esta parte, estudiaremos que también está relacionado con la energía del cuerpo a través de su aceleración.

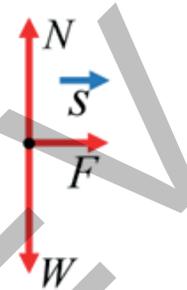
Examinemos los siguientes casos (Sears, F., et al., 2009):

Figura 1.37
Trabajo positivo.



Nota. Adaptado de Diseño de gestos de manos [vector], por stephanie2212, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/diseño-gestos-manos_944994.htm#fromView=search&page=2&position=38&uuid=e5fb1009-a346-493b-976a-cda94fa-6d77c&query=manos)

Figura 1.38
Diagrama de cuerpo libre.



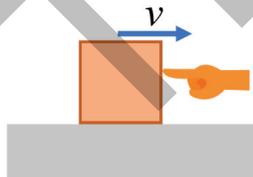
Nota. Elaboración propia.

Si empujas el bloque hacia la derecha mientras está en movimiento (Figura 1.37), la fuerza neta sobre el bloque es hacia la derecha (Figura 1.38). El trabajo total efectuado es positivo.

$$W_{Total} > 0$$

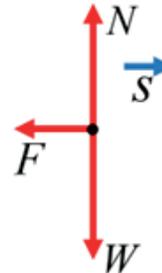
El bloque aumenta su rapidez.

Figura 1.39
Trabajo negativo.



Nota. Adaptado de Diseño de gestos de manos [vector], por stephanie2212, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/diseño-gestos-manos_944994.htm#fromView=search&page=2&position=38&uuid=e5fb1009-a346-493b-976a-cda94fa-6d77c&query=manos)

Figura 1.40
Diagrama de cuerpo libre.



Nota. Elaboración propia.

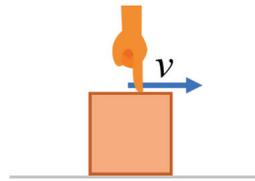
Si empujas el bloque hacia la izquierda mientras está en movimiento (Figura 1.39), la fuerza neta sobre el bloque es hacia la izquierda (Figura 1.40).

El trabajo total efectuado es negativo

$$W_{Total} < 0$$

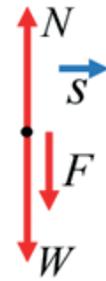
El bloque se frena.

Figura 1.41
Trabajo nulo



Nota. Adaptado de Diseño de gestos de manos [vector], por stephanie2212, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/diseño-gestos-manos_944994.htm#fromView=search&page=2&position=38&uuiid=e5fb1009-a346-493b-976a-cda94fa-6d77c&query=manos)

Figura 1.42
Diagrama de cuerpo libre



Nota: elaboración propia

Si empujas al bloque directo hacia abajo cuando está en movimiento (Figura 1.41), la fuerza neta sobre el bloque es cero (Figura 1.42). El trabajo total efectuado es cero

$$W_{Total} = 0$$

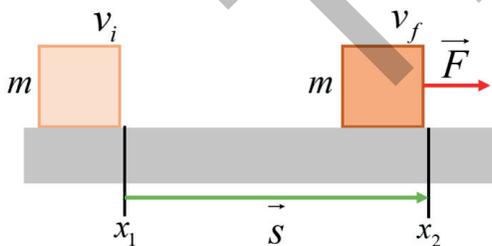
El bloque mantiene su rapidez.

En resumen, si una partícula se desplaza:

- se acelera cuando $W_{Total} > 0$.
- se frena cuando $W_{Total} < 0$.
- mantiene su rapidez $W_{Total} = 0$.

Ahora analicemos el caso en el que la masa m de un cuerpo, se le aplica una fuerza F dirigida en el sentido del desplazamiento s . Figura 1.43.

Figura 1.43
Fuerza aplicada en dirección del desplazamiento.



Nota. Elaboración propia.

Vamos a pensar que el objeto se acelera a unidades, es decir, cambia su velocidad inicial v_i a velocidad final v_f . Esta aceleración se incluye en la definición de fuerza dada por $F = ma$. El cambio de velocidad ocurre mientras el objeto se desplaza desde x_1 hasta x_2 , entonces, el desplazamiento es $s = x_2 - x_1$. Ahora, recordemos la fórmula cinemática de la velocidad final de un móvil:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2as$$

Si despejamos la aceleración se llega a:

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

Si multiplicamos ambos lados de la ecuación, por la masa m del objeto, se tiene:

$$ma = m \frac{v_f^2 - v_i^2}{2s}$$

$$ma = \frac{mv_f^2 - mv_i^2}{2s}$$

¿Qué podemos identificar? En el lado izquierdo se tiene la definición de *fuerza*.

$$ma = F = \frac{mv_f^2 - mv_i^2}{2s}$$

Ahora, al desplazamiento s , que está dividiendo, lo pasamos al otro lado multiplicando, se tiene:

$$Fs = \frac{mv_f^2 - mv_i^2}{2}$$

¿Qué podemos identificar? En el lado izquierdo se tiene la definición de **Trabajo** y, arreglando un poco el lado derecho se escribe así:

$$Fs = W_{Total} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

Llamaremos **Energía cinética** a la cantidad $K = \frac{1}{2}mv^2$.

Entonces ¿qué hemos conseguido? Lo podemos expresar como sigue (ídem):

El Trabajo efectuado por la Fuerza neta sobre una partícula es igual al cambio de energía cinética de la partícula:

$$W_{Total} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$W_{Total} = K_f - K_i$$

Este resultado se conoce como **teorema del trabajo-energía** y resulta importante porque facilita la resolución de muchos problemas. Es importante señalar que este teorema concuerda con las observaciones hechas antes (Sears, F., et al., 2009):

- Si $W_{Total} > 0$ la energía cinética **augmenta**, o sea, el objeto tendrá mayor rapidez al final del desplazamiento.
- Si $W_{Total} < 0$ la energía cinética **disminuye**, es decir, el objeto tendrá menor rapidez al final del desplazamiento.
- Si $W_{Total} = 0$ la energía cinética **no cambia**, en otras palabras, el objeto tendrá la misma rapidez al principio y al final del desplazamiento.

El **teorema del trabajo-energía** nos permite ver que la *energía cinética* y el *trabajo* tienen las mismas unidades:

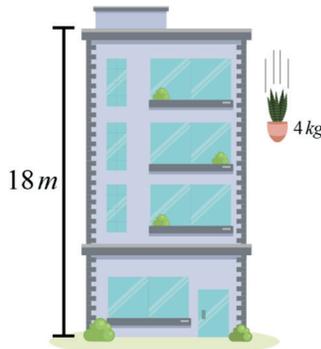
$$1J = 1Nm$$

Ejemplo 1

Una maceta de 4 kg accidentalmente cae (rapidez inicial cero) desde la azotea de un edificio de 4 pisos (esto es aproximadamente 18 m) y no sufre resistencia del aire apreciable. Ver Figura 1.44

1. Calcula el trabajo realizado por la gravedad sobre la maceta durante su desplazamiento desde la azotea hasta el suelo. Figura 1.44.
2. Justo antes de estrellarse contra el suelo, cuáles son:
 - a) la energía cinética la rapidez de la maceta?

Figura 1.44
Trabajo realizado por la gravedad.



Nota. Adaptado de Colección de varios edificios de oficina [vector], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-varios-edificios-oficina_2923836.htm#fromView=search&page=1&position=2&uid=980e9469-8ad1-4890-a70d-041ce73dcb2b&query=collection-various-office-buildings)

Solución

1. El peso de la maceta es la única fuerza que realiza trabajo y está en la dirección del desplazamiento, entonces:

$$W_{grav} = (mg)s \cos(0^\circ) = (4\text{kg})(9.8\text{ m/s}^2)(18\text{m})(1) = 705.6\text{ J}$$

2. El problema nos indica que la rapidez inicial es cero, entonces, la energía cinética inicial es $K_1 = 0\text{ J}$. Así que:

$$W_{grav} = K_2 - K_1 = K_2 = 705.6\text{ J}$$

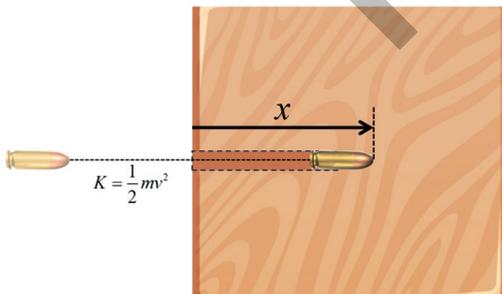
Para calcular la velocidad de la maceta justo antes de estrellarse contra el suelo, bastará con aplicar la definición de energía cinética:

$$K_2 = 705.6\text{ J} = \frac{1}{2}(4\text{kg})(v_2^2)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(705.6\text{ J})}{4\text{kg}}}$$

$$v_2 = 18.78\text{ m/s}$$

Figura 1.45
Bala que penetra un bloque de madera.



Nota. Adaptado de Los ladrillos del éxito [vector], por brgfx, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/ladrillos-exito_225668846.htm#fromView=search&page=1&position=32&uid=4d0ec495-f7c9-47b0-a189-c8bdc003243f&query=building-blocks-success)

Ejemplo 2

¿Cuál es la fuerza media F necesaria para detener una bala calibre 9mm de 8 g que viaja a 320 m/s , que penetra en un trozo de madera a una distancia de 15 cm ? Figura 1.45.

Solución

Antes que nada, debemos señalar que, en este tipo de sistema, la fuerza que detiene a la bala no es constante, sin embargo, sí podemos considerar una fuerza media que detiene la bala. Habiendo realizado esto esta aclaración, el trabajo que se requiere para detener a la bala es igual a la diferencia de energías cinéticas inicial y final: $W_{Total} = K_f - K_i$.

Ahora bien, lo que vemos es que la velocidad de la bala cambia desde $v_1 = 320\text{ m/s}$ a $v_2 = 0\text{ m/s}$, entonces, aplicamos la definición de energía cinética:

$$W_{Total} = \frac{1}{2}m(0)_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$W_{Total} = -\frac{1}{2}mv_1^2$$

Por otro lado, sabemos que el trabajo es, por definición, la fuerza F por el desplazamiento s , así que:

$$W_{Total} = Fs = -\frac{1}{2}mv_1^2$$

Si resolvemos para la fuerza, nos queda:

$$F = -\frac{mv_1^2}{2s}$$

Los datos que tenemos dados en el SI son:

$$m = 8g = 0.008kg \quad s = 15cm = 0.15m \quad v_1 = 320m/s$$

Sustituyendo en la fuerza:

$$F = -\frac{(0.008kg)(320m/s)^2}{2(0.15m)}$$

$$F = -2730.66N$$

El signo negativo nos indica que la fuerza está aplicada en dirección opuesta a la dirección del desplazamiento.

Aplico lo aprendido 1.3

Resuelve los siguientes problemas.

1. Un tractor modelo John Deere 5715, tiene una masa aproximada de 2790 kg. Imagina que uno de estos tractores pierde el control (Figura 1.46) y entra a un campo de maíz con una rapidez de 18 m/s, hasta que finalmente se detiene. ¿Cuál fue la magnitud del trabajo realizado sobre el tractor?

Figura 1.46
Trabajo sobre tractor.



Nota. Adaptado de Escena aérea de tierras de cultivo con cultivos y graneros [vector], por brgfx, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/escena-aerea-tierras-cultivo-cultivos-graneros_6127146.htm#fromView=search&page=1&position=0&uid=85091914-6b07-4d34-b658-769ac8eacf5f&query=granja+vista+desde+arriba)

1. ¿Cuál es la fuerza media que se necesita para aumentar la rapidez de un Volkswagen sedán de 780 kg de 8 m/s hasta 12 m/s en una distancia de 800 m? Figura 1.47

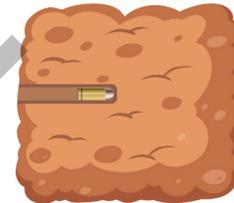
Figura 1.47
Cálculo de fuerza media.



Nota. Adaptado de Colección de nueve coches de vista lateral [vector], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-nueve-coches-vista-lateral_1350839.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuiid=3ad-24cb9-c0ce-427c-a9b2-395e21a4877b&query=side-view-car-collection-nine)

2. Una bala de 20 g se inserta en un bloque de arcilla y penetra 6 cm antes de detenerse. Calcula la fuerza media de detención F si la velocidad de entrada es de 80 m/s.

Figura 1.48
Bala penetra bloque de arcilla.



Nota. Adaptado de Pala cavando el suelo [vector], por brgfx, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/pala-cavando-suelo_3833589.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuiid=2d5783b8-35e4-4b04-a50e-0b23df523b8b&query=bloque+de+arcilla)

Como pudiste observar, la fuerza y la energía son conceptos que se complementan, pues al combinarlos, nos permiten describir y explicar una gama más amplia de fenómenos físicos. De esta manera, estudiar su relación, a través de principios como el trabajo, constituye la base para comprender sistemas desde niveles microscópicos hasta macroscópicos. Además, esta relación es capaz de impulsar innovaciones tecnológicas que transformen el mundo.

A trabajar!

Es momento de realizar tu proyecto transversal.

Es el momento de realizar las actividades 3) y 4), es decir, investiga cómo funciona una máquina de vapor y comente tres de sus aplicaciones.

Suma de las fuerzas

Te has preguntado alguna vez...

¿Cómo es que un pequeño barco remolcador puede jalar a un barco carguero que es grande y pesado?

¿Por qué es más difícil controlar un auto cuando conduces con el piso mojado y todavía más si el piso está congelado?

Figura 1.49
Remolque pequeño jala a barco.



Nota. Adaptado de Composición isométrica de puerto con naves [vector], por macrovector, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-puerto-naves_6204168.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuiid=e258262c-e37c-4d8e-ada1-87d1b851a7bd&query=port-with-ships-isometric-composition)

Figura 1.50
Auto sobre autopista mojada.



Nota. Adaptado de Tráfico de la calle de la ciudad en día lluvioso [vector], por upklyak, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/trafico-calle-ciudad-dia-lluvioso-ilustracion-dibujos-animados-vectoriales-automoviles-conduciedo-fondo-paisaje-urbano-carretera-mojada-edificios-modernos-nubes-cielo-sombrio-charcos-agua-carretera-seguridad-conduccion_73605833.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuiid=fd3be8c6-8020-46ff-9cb2-ac9de68d673b&query=auto+lluvia)

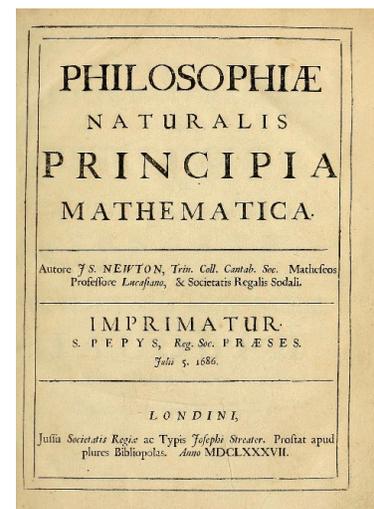
Para explicar estas situaciones y otras parecidas, es necesario estudiar el tema de **Dinámica**, es decir, la relación entre el movimiento y las fuerzas que lo causan.

Usaremos el concepto de **fuerza**, del que ya estudiamos un poco en la progresión anterior, y el de **masa**, para analizar los principios de la dinámica, los cuales quedaron establecidos en solo tres leyes planteadas por Isaac Newton (Sears, F., et al., 2009), quien las publicó en su famoso libro “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*” (Figura 1.51), es decir, “*Principios matemáticos de la filosofía natural*”. Estos principios se conocen como: **Leyes del movimiento de Newton**.

Estas leyes forman la base de la **mecánica clásica** (o **Mecánica de Newton**), su uso nos permitirá comprender muchos de los tipos de movimiento conocidos.

Sears, Zemansky y Young (2009), explican las leyes de Newton, aquí las enunciaremos de manera breve.

Figura 1.51
Portada del libro “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”.



Nota. Adaptado de *Philosophiæ naturalis principia mathematica* [fotografía], por Zhaladshar, 2015 (https://es.wikipedia.org/wiki/Philosophi%C3%A6_naturalis_principia_mathematica)

Primera ley de Newton

Por experiencia sabemos que un vaso permanece en la mesa hasta que alguien lo tire o lo mueva. Del mismo modo, una lámpara suspendida estará colgada hasta que se suelte (Figura 1.53). Podemos decir que se necesita una fuerza para hacer que algo se mueva si originalmente estaba en reposo (Figura 1.52)

Figura 1.52
Una jarra permanece en reposo hasta que se le aplica una fuerza.



Nota. Adaptado de Fondo plano para el día internacional del picnic [vector], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/fondo-plano-dia-internacional-picnic_41490496.htm#fromView=search&page=1&position=14&uuid=d-f00c368-7a7b-4d31-8a2a-b4e373cc542a&query=picnic)

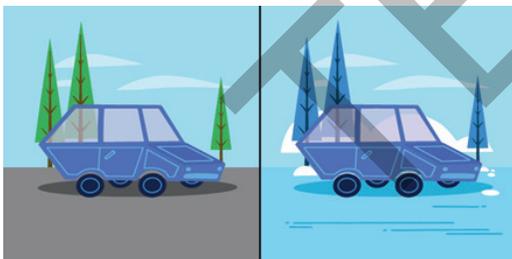
Figura 1.53
Una lámpara permanece en su lugar hasta que se suelta y cae.



Nota. Adaptado de Interior de sala de estar elegante con diseño plano [vector], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/interior-sala-estar-elegante-diseno-plano_2936271.htm#fromView=search&page=1&position=38&uuid=c66e-bfc9-8345-4d2b-9367-090f27b3bf28&query=elegant-living-room-interior-with-flat-design)

Lo que no es tan obvio, es que un objeto en movimiento continuará en ese estado hasta que una fuerza externa modifique tal movimiento. Observa el siguiente ejemplo, (Figura 1.54)

Figura 1.54
Auto en camino congelado.



Nota. Adaptado de Ilustración de coche de nieve plana [vector], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/ilustracion-coche-nieve-plana_33428471.htm#fromView=search&page=1&position=3&uuid=43e6245b-86b1-49f0-b182-1e3507972eba&query=auto+en+camno+congelado)

Un auto frenando sobre un camino seco se detendrá pronto quedando en reposo debido a su interacción con el piso. En cambio, el mismo auto, para detenerse, se deslizará una distancia mayor si el camino está congelado; esto se debe a que la interacción horizontal, llamada **fricción**, es mucho mayor entre las ruedas y el piso seco comparado con las ruedas y el piso congelado. Esto sugiere la idea de que, al carecer de fricción, el auto permanecería en movimiento para siempre. Estas son las ideas que constituyen la *primera ley de Newton*.

Primera ley del movimiento de Newton

Un cuerpo sobre el que no actúa una fuerza neta se mueve con velocidad constante (que puede ser cero) y aceleración cero.

La tendencia de un cuerpo a seguir moviéndose una vez iniciado su movimiento es resultado de una propiedad llamada **inercia**. Por ejemplo, usamos la inercia cuando agitamos un frasco de salsa de tomate; primero movemos el sistema salsa y botella hacia adelante, (Figura 1.55) luego, cuando movemos la botella abruptamente hacia atrás, la salsa tiene a continuar su movimiento hacia adelante, atravesando la boca de la botella y cayendo así en la hamburguesa.

La fuerza de empuje hacia arriba y la atracción gravitatoria hacia abajo, son de la misma magnitud, así que la fuerza neta sobre el libro es cero. Cuando la fuerza neta sobre un cuerpo en movimiento a velocidad constante es cero, el cuerpo continuará moviéndose a la misma velocidad.

Figura 1.55
Al agitar la botella, la salsa cae por inercia.

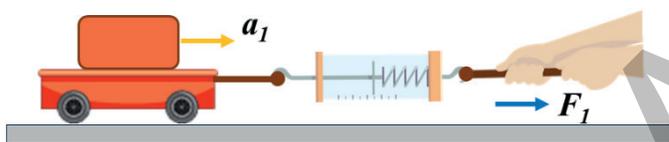


Nota. Adaptado de Con la botella de ketchup de tomate en la mano [vector], por brgfx, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/botella-ketchup-tomate-mano_368512079.htm#fromView=search&page=2&position=18&uuiid=ab-f7a9a2-6a86-4284-9d71-a5a976d0047c&query=ketchup)

Segunda ley de Newton (Parte I)

Imagina que se amarra un hilo al frente de un carrito carente de fricción y que se mide la fuerza horizontal aplicada con un dinamómetro cuyo peso es despreciable, como se muestra en las figuras siguiente.

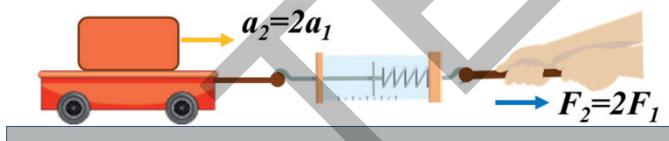
Figura 1.56
La aplicación de fuerza produce una aceleración.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uuiid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion+C3%B3n)

La primera fuerza aplicada \vec{F}_1 origina una aceleración \vec{a}_1 . (Figura 1.56)

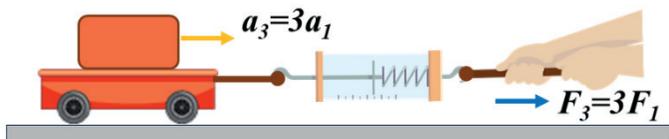
Figura 1.57
El doble de la fuerza aplicada produce el doble de la aceleración.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uuiid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion+C3%B3n)

Si se duplica la fuerza, o sea $2\vec{F}_1$, se duplicará la aceleración, $2\vec{a}_1$. (Figura 1.57)

Figura 1.58
El triple de la fuerza aplicada produce el triple de la aceleración.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uuiid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion+C3%B3n)

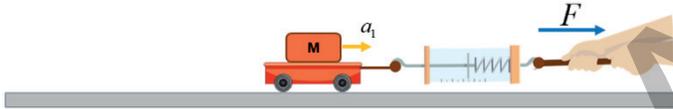
Y si se triplica la fuerza, $3\vec{F}_1$, se triplicará la aceleración, $3\vec{a}_1$. (Figura 1.58)

Lo que nos deja esta experiencia es que, la magnitud de la aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza neta que actúa sobre él. Esto lo podemos escribir así:

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} = \text{constante}$$

Le llamaremos **masa inercial** o simplemente **masa** al cociente $\frac{F}{a}$. La masa es una medida cuantitativa de la inercia. Vamos de nuevo a nuestro experimento, pero esta vez mantendremos la fuerza \vec{F} constante. La masa la modificaremos atando más carritos del mismo peso y tamaño. Notaremos una disminución proporcional en la aceleración.

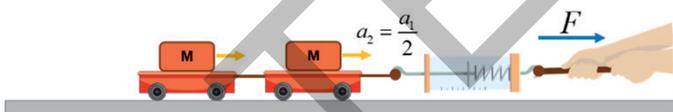
Figura 1.59
Fuerza aplicada a una masa.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion)

Al aplicar una fuerza constante \vec{F} sobre una masa M , se experimenta una aceleración \vec{a}_1 . (Figura 1.59)

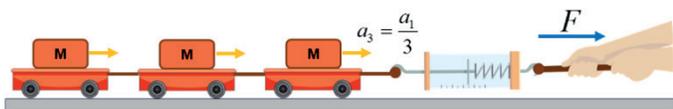
Figura 1.60
Fuerza aplicada al doble de la masa.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion)

Cuando se agrega una segunda masa M , notamos que la aceleración es $\frac{a_1}{2}$ (Figura 1.60)

Figura 1.61
Fuerza aplicada al triple de la masa.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion)

Si se agrega una tercera masa M , la aceleración es $\frac{a_1}{3}$. (Figura 1.61)

En resumen, la aceleración que adquiere un cuerpo bajo la acción de una fuerza neta es inversamente proporcional a la masa del cuerpo. Esto lo podemos escribir como sigue:

$$a_1 \cdot M_1 = a_2 \cdot M_2 = a_3 \cdot M_3 = \text{constante}$$

En la experiencia anterior, la magnitud que se mantuvo constante fue la *Fuerza*, entonces, llegamos a la siguiente relación:

$$F = M \cdot a$$

Segunda ley de Newton: si una fuerza externa neta actúa sobre un cuerpo, éste se acelera. La dirección de aceleración es la misma que la dirección de la fuerza neta. El vector de fuerza neta es igual a la masa m del cuerpo multiplicada por su aceleración.

$$F = ma$$

Debes tener presente que, en la segunda ley de Newton, la fuerza es una *resultante* o *fuerza no equilibrada*. Esto significa que, si sobre un objeto actúan dos o más fuerzas, será necesario calcular la *fuerza resultante* a lo largo de la dirección del movimiento, pues es la causa de la aceleración.

Masa y peso

La masa y el peso son dos conceptos que usamos comúnmente en una conversación, lamentablemente, suelen usarse indistintamente y esto es un error, ya que hay claras diferencias entre ellos.

La **masa** nos indica las propiedades inerciales de un cuerpo, esto significa que, para lograr una aceleración, necesitamos aplicar más fuerza a un cuerpo con mayor masa.

Por otro lado, el peso es una fuerza debida a la atracción de la Tierra. La masa y el peso están relacionados: los cuerpos con masa grande tienen un peso grande. Por ejemplo, un cuerpo en caída libre tiene una aceleración igual a *gravedad g*, sabemos por la segunda ley de Newton que una fuerza debe causar esa aceleración. Considera que un objeto de masa 1 kg cae con una aceleración de $9.8m/s^2$ la fuerza necesaria sería:

$$F = ma = (1kg)(9.8m/s^2) = 9.8N$$

En general, un cuerpo de masa m debe tener un peso dado por la ecuación:

$$W = mg$$

Figura 1.62
Peso y masa de un depósito de basura.



Nota. Adaptado de Diferentes tamaños de basurero [vector], por brgfx, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/diferentes-tamanos-basurero_8131594.htm#fromView=image_search&page=1&position=0&uuiid=c8410263-6385-49a9-b60f-7a73f039a7a6)

Ejemplo 1

- a) ¿Cuál es el peso de un depósito de basura de 54kg? Figura 1.62.
- b) ¿Cuál es la masa de un depósito de 490 N?

Solución

- a) Basta con aplicar la definición del peso de un cuerpo:

$$W = mg = (54\text{kg})(9.8\text{m/s}^2) = 529.2\text{N}$$

- b) Usamos la definición de peso para despejar la masa desconocida:

$$W = mg \Rightarrow m = \frac{W}{g} = \frac{490\text{N}}{9.8\text{m/s}^2} = 50\text{kg}$$

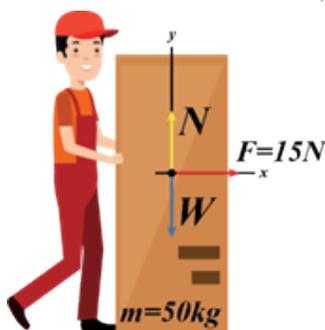
Ejemplo 2

Un trabajador aplica una fuerza horizontal constante con magnitud de 15N a una caja con masa de 50kg que descansa en un piso plano con fricción despreciable. ¿Qué aceleración sufre la caja?

Solución

Cada vez que se trate de un problema en el que se involucran fuerzas, lo mejor es comenzar por elegir un sistema de coordenadas y después identificar todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo analizado. Conviene que un eje que apunte en la dirección del cuerpo.

Figura 1.63
Análisis de las fuerzas aplicadas sobre una caja.



Nota. Adaptado de Servicios logísticos con trabajadores de entrega en equipo [vector], por studiogstock, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/servicios-logisticos-trabajadores-entrega-equipo_5679910.htm#fromView=image_search_similar&page=1&position=4&uuiid=195a337b-b38b-425a-869b-f7965b-7075d7&query=obrero+empuja+caja)

En nuestro ejemplo, las fuerza que actúan sobre la caja son:

- i) La fuerza \vec{F} horizontal ejercida por el trabajador, cuya magnitud es 15N .
- ii) El peso \vec{W} de la caja, o sea, aquella fuerza hacia abajo debida a la atracción gravitacional.
- iii) La fuerza de soporte hacia arriba \vec{N} ejercida por la superficie horizontal plana.

En la Figura 1.63 se muestran las fuerzas verticales que actúan sobre la caja, podrás notar que, al ser iguales N y W , la fuerza neta F_y es cero.

También se puede observar que la fuerza horizontal $F = 20\text{N}$ tiene una componente F_x diferente de cero, entonces,

$$F_x = F = 20\text{N} = ma_x$$

Entonces la aceleración es:

$$a_x = \frac{F}{m} = \frac{15N}{50kg} = 0.3m/s^2$$

Tercera ley de Newton

Cuando una fuerza actúa sobre un objeto, es el resultado de su interacción con otro objeto, de manera que las fuerzas siempre están dadas en pares.

Por ejemplo, cuando se patea una pelota de futbol (Figura 1.64), el pie ejerce una fuerza hacia adelante, sin embargo, también podemos sentir la fuerza que el balón aplica al pie.

Si el cuerpo A ejerce una fuerza \vec{F}_{AB} sobre el cuerpo B, entonces, el cuerpo B ejerce una fuerza \vec{F}_{BA} sobre el cuerpo A, de la misma magnitud, pero en dirección opuesta.

Figura 1.64

Al patear un balón el jugador recibe una fuerza de la misma magnitud en su pie.



Nota. Adaptado de Servicios logísticos con trabajadores de entrega en equipo [vector], por studiogstock, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/servicios-logisticos-trabajadores-entrega-equipo_5679910.htm#fromView=image_search_similar&page=1&position=4&uuiid=195a337b-b38b-425a-869b-f7965b-7075d7&query=obrero+empuja+caja)

Tercera ley del movimiento de Newton

Si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B (una “acción”), entonces, B ejerce una fuerza sobre A (una “reacción”). Estas dos fuerzas tienen la misma magnitud, pero dirección opuesta, y actúan sobre diferentes cuerpos.

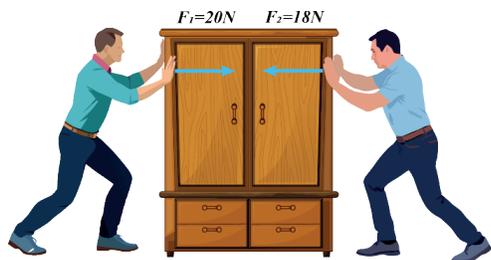
Aplico lo aprendido 1.4

Resuelve los siguientes problemas.

1. Dos trabajadores de mudanza están colocando un ropero y aplican fuerzas de $20N$ y $18N$ como se muestra en la Figura 1.65. Calcular la magnitud de la aceleración, así como la dirección y sentido, que recibirá el ropero cuya masa es de $55kg$.

Figura 1.65

Análisis de las fuerzas aplicadas sobre una caja.



Nota. Adaptado de Two businessmen pushing invisible wall together [vector], Por ferron, 2015 (<https://www.vecteezy.com/vector-art/52949302-two-businessmen-pushing-invisible-wall-together-side-view>)>Two businessmen pushing invisible wall together, side view Vectors by Vecteezy)

2. Calcular la masa de una esfera si al recibir una fuerza cuya magnitud es de 44 N le produce una aceleración cuya magnitud es de 110 cm/s^2 . Exprese el resultado en kg.

3. Se ha calculado que una fuerza resultante de 450 N producirá una aceleración de 5 m/s^2 en una carreta (Figura 1.66). ¿Qué fuerza se requiere para producir en ella una aceleración de sólo 2 m/s^2 .

Figura 1.66
Aceleración de una carreta.



Nota. Adaptado de Colección de carros a color [vector], por brgfx, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-carros-color_1020633.htm#fromView=search&page=1&position=16&uuid=2239729b-1b77-4a18-820c-487b0d12f731&query=carreta)

La segunda ley de Newton predice con precisión los cambios en el movimiento de los objetos macroscópicos.

Segunda ley de Newton (Parte II)

Resulta común, entender un empujón o un jalón como una *fuerza*. Sin embargo, una mejor definición de fuerza es (Serway, R. y Jewett, 2018):

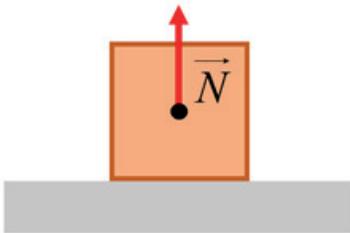
Una **Fuerza**, es una interacción entre dos cuerpos o entre un cuerpo y su entorno.

Sears, Zemansky y Young, reconocen las siguientes fuerzas (2009):

Llamaremos **Fuerza de contacto** cuando en la aplicación de la fuerza hay contacto directo entre los dos cuerpos; por ejemplo, cuando se da un empujón o un jalón.

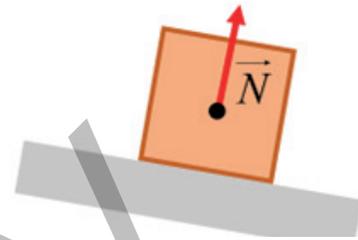
La **fuerza normal** N es ejercida sobre un objeto por cualquier superficie con la que esté en contacto Figura 1.67. Se usa el adjetivo “normal” porque la fuerza siempre actúa perpendicular a la superficie de contacto, sin importar que esa superficie esté a un cierto ángulo Figura 1.68.

Figura 1.67
Fuerza normal en superficie horizontal.



Nota. Elaboración propia.

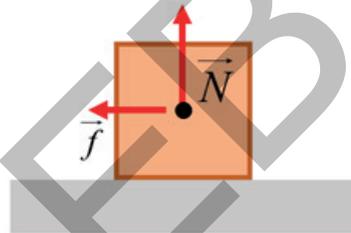
Figura 1.68
Fuerza normal en superficie a cierto ángulo.



Nota. Elaboración propia.

Por otra parte, una superficie ejerce una **fuerza de fricción** paralela a la superficie y en el sentido contrario al deslizamiento. Figura 1.69.

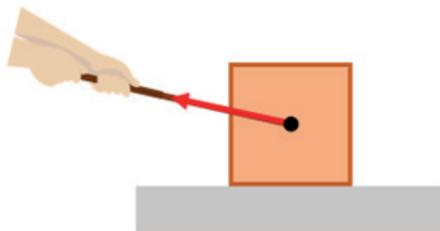
Figura 1.69
La fuerza de fricción depende de la normal.



Nota. Elaboración propia.

La fuerza que ejerce una cuerda estirada sobre un objeto al cual está amarrado se le llama fuerza de tensión. Figura 1.70.

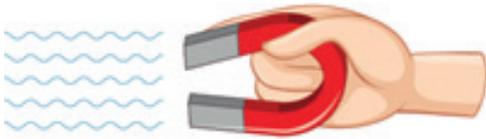
Figura 1.70
Tensión sobre una cuerda.



Nota. Elaboración propia.

Si por un lado tenemos a las fuerzas de contacto, por el otro tenemos a las **fuerzas de largo alcance**, que ocurren aún con los cuerpos separados. Por ejemplo, entre dos imanes se ejerce una *fuerza magnética* Figura 1.71. La tierra atrae hacia su centro a todos los objetos que se dejen caer libremente, sin importar que haya o no, contacto directo entre la Tierra y el objeto, Figura 1.72. Esta fuerza de atracción gravitacional se llama **peso del cuerpo**.

Figura 1.71
Fuerza magnética.



Nota. Adaptado de Mano que sostiene el imán de herradura rojo aislado en blanco [vector], por brgfx, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/mano-que-sostiene-iman-herradura-rojo-aislado-blanco_11770635.htm#fromView=search&page=1&position=31&uuiid=f3c82eda-361f-4b7c-8206-242e2a-13fe36&query=iman)

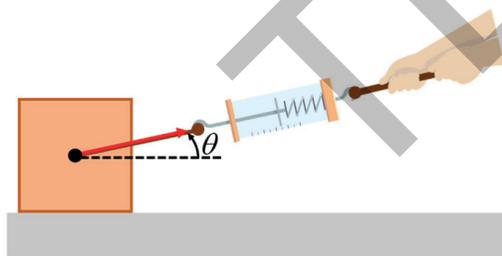
Figura 1.72
Fuerza de gravedad.



Nota. Adaptado de Caída libre de paracaidista masculino en el cielo con avión en el fondo [vector], por brgfx, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/caida-libre-paracaidista-masculino-cielo-avion-fondo_43103620.htm#fromView=search&page=1&position=32&uuiid=4294bb48-8672-42ec-a42c-571654727f83&query=paracaidismo)

Como habíamos anticipado, la fuerza es una magnitud vectorial, es decir, debemos indicar tanto la magnitud, la dirección, así como el sentido de su aplicación. En el SI la unidad de fuerza es el *newton* (*N*).

Figura 1.73
Usamos el dinamómetro para medir magnitudes de fuerza.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uuiid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccionC3%B3n)

Un instrumento común para medir magnitudes de fuerza es el *dinamómetro*, que consiste en un resorte espiral protegido por un tubo graduado. Cuando se aplican fuerzas a los extremos del resorte, éste se estira y la cantidad de estiramiento depende de la fuerza Figura 1.73. Puede establecerse una escala para el puntero guía y calibrarlo usando varios cuerpos idénticos de 1 N de peso cada uno.

Superposición de fuerzas

En un lanzamiento, sobre la pelota actúan por lo menos dos fuerzas: el empujón que le da el pitcher y el jalón hacia abajo debido a la gravedad, Figura 1.74.

La evidencia experimental nos muestra que, cuando actúan dos fuerzas, \vec{F}_1 y \vec{F}_2 simultáneamente sobre un cuerpo, el efecto sobre el movimiento del cuerpo es el mismo que si aplicáramos una sola fuerza \vec{R} equivalente a la suma vectorial de las fuerzas originales:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Principio de superposición de fuerzas

En general, el efecto de aplicar cualquier cantidad de fuerzas en un punto de un cuerpo es el mismo que el de aplicar una sola fuerza igual a la suma vectorial de las fuerzas. (Sears, F., et al, 2009)

Este principio es muy importante y lo usaremos frecuentemente, pues nos permite sustituir una fuerza por sus vectores componentes. Las componentes de un vector fuerza se definen a partir de un sistema de coordenadas rectangular y luego dibujamos el vector con su cola en el origen del sistema. Podemos representar cualquier vector en el plano xy como la suma de un vector paralelo al eje x y un vector paralelo al eje y , Figura 1.75. Rotulamos esos vectores como \vec{F}_x y \vec{F}_y ; son los vectores componentes del vector fuerza y su suma vectorial es igual a \vec{F} . Simbólicamente

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$$

Ahora bien, puesto que cada vector componente tiene la dirección de un eje de coordenadas, sólo necesitamos un número para describirlo. Los números F_x y F_y son las componentes de \vec{F} .

Observa que se ha formado un triángulo rectángulo, siendo la magnitud de \vec{F} el equivalente a la hipotenusa, el cateto opuesto es F_y y F_x es el cateto adyacente, entonces, podemos usar las razones trigonométricas para definir las componentes F_x y F_y como sigue:

$$\cos \theta = \frac{\text{Cateto adyacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_x}{F} \Rightarrow \boxed{F_x = F \cos \theta}$$

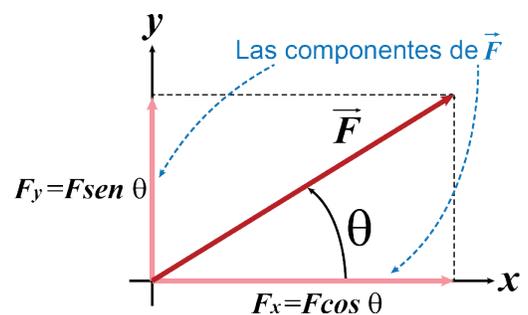
$$\text{sen} \theta = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_y}{F} \Rightarrow \boxed{F_y = F \text{sen} \theta}$$

Figura 1.74
Fuerzas actuantes en un lanzamiento.



Nota. Adaptado de La biomecánica aplicada a la técnica de pitcheo [video], por Techno Ciencia Cultural, 2015 (<https://fb.watch/yA8BU4gWUH/>)

Figura 1.75
Componentes de un vector.



Nota. Elaboración propia.

Donde θ (theta) es el ángulo entre el vector y la parte positiva el eje x medido en dirección opuesta a las manecillas del reloj. El signo de una componente puede ser determinado, de acuerdo con las cuatro posibilidades que a continuación se muestran en el siguiente cuadro:

θ	Cuadrante	F_x	F_y
0° a 90°	I	+	+
90° a 180°	II	-	+
180° a 270°	III	-	-
270° a 360°	IV	+	-

También lo podemos expresar como en la Figura 1.76 a la Figura 1.79.

Figura 1.76
Vector en el primer cuadrante.

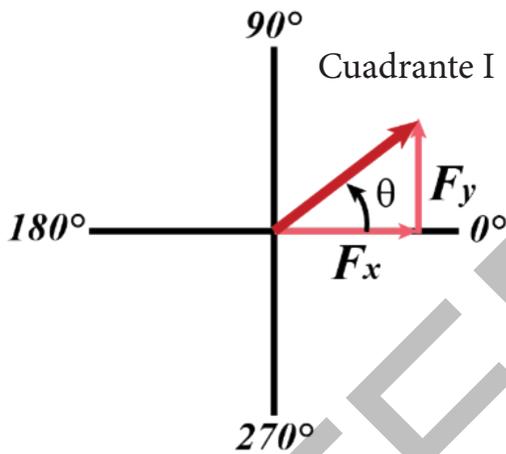


Figura 1.77
Vector en el segundo cuadrante.

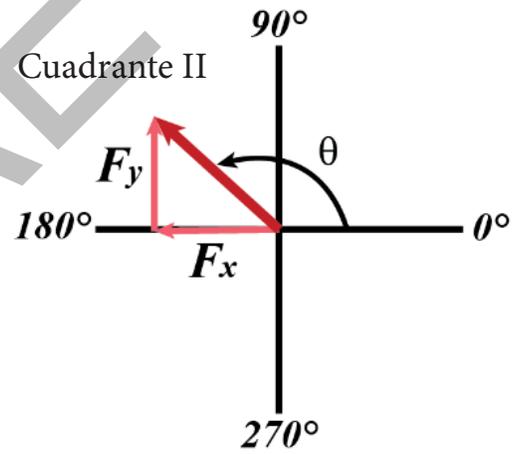


Figura 1.78
Vector en el tercer cuadrante.

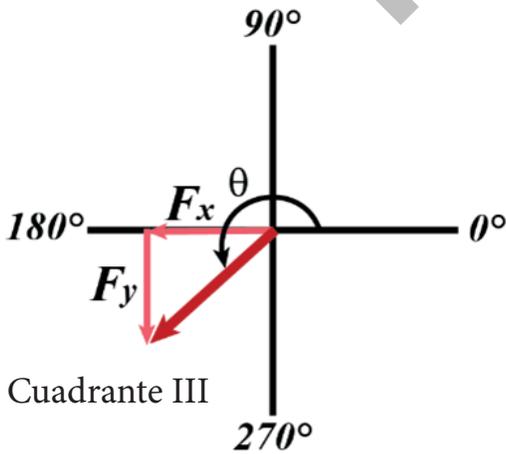
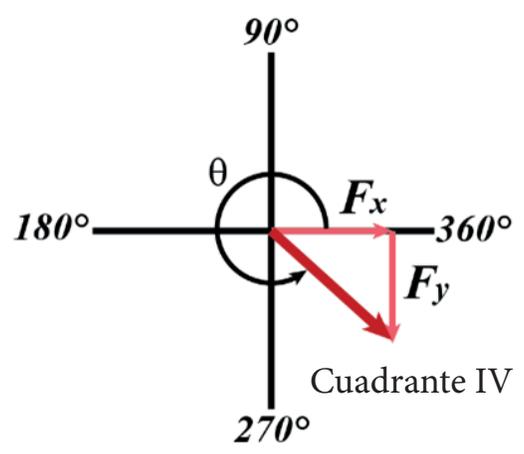


Figura 1.79
Vector en el cuarto cuadrante.



Nota. Las imágenes de la 176 a 179 son de elaboración propia.

Si conocemos las componentes de un vector podemos usar los mismos antecedentes y aplicar el teorema de Pitágoras para calcular la magnitud del vector:

$$(\text{hipotenusa})^2 = (\text{cateto adyacente})^2 + (\text{cateto opuesto})^2$$

$$F^2 = F_x^2 + F_y^2$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Finalmente, la descripción de un vector no está completa si no conocemos su dirección, es decir, su *ángulo de inclinación*. Una vez más consideramos el triángulo rectángulo formado por el vector y sus componentes y aplicamos la razón trigonométrica tangente del ángulo:

$$\tan \theta = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}} = \frac{F_y}{F_x}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x}$$

Modelos de análisis que utilizan la segunda ley de Newton

En esta sección se estudiarán dos modelos: cuando los objetos...

- a) están en equilibrio, es decir, cuando $a = 0$.
- b) aceleran a lo largo de una línea recta bajo la acción de fuerzas externas constantes.

En general, para el análisis, se ignora la masa de cualquier soga, cuerda o cable involucrado.

Serway y Jewett (2018), identifican los siguientes modelos de análisis que utilizan la segunda ley de Newton

Modelo: Partícula en equilibrio

Si sobre un cuerpo actúan varias fuerzas que entre sí se cancelan, resultando una fuerza neta nula, entonces el objeto tendrá aceleración cero; matemáticamente se escribe como:

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

Modelo: Partícula bajo una fuerza resultante

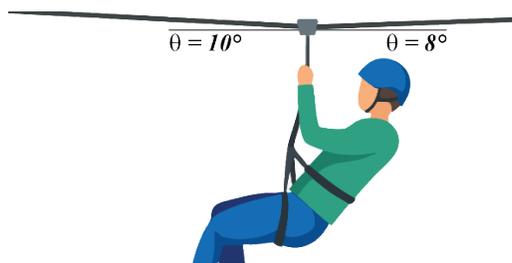
Si sobre un cuerpo actúan una o varias fuerzas o una suma de fuerzas, éstas se pueden reemplazar por una sola fuerza resultante, entonces, debido a la interacción, el objeto se acelerará en la dirección de la fuerza resultante. La relación matemática entre la fuerza resultante y la aceleración es:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Ahora, utilizaremos todo lo visto anteriormente para analizar y resolver diferentes casos.

Ejemplo 1

Figura 1.80
Deportista en tirolesa.



Un deportista de aventura que pesa 862.4 N cuelga de un cable unido a otros dos cables como en la Figura 1.80. Los cables superiores forman ángulos de 8° y 10° con la horizontal. Estos cables superiores no son tan fuertes como el cable vertical y se romperán si la tensión en ellos supera los 3000 N . ¿El aventurero permanecerá colgado en esta situación, o alguno de los cables se romperá?

Solución

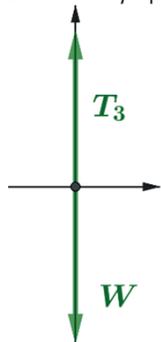
Supongamos que el deportista no se mueve, solo está colgado. Como no hay ningún elemento del sistema que se mueva, lo consideraremos como una partícula en equilibrio sobre la que la fuerza resultante es nula.

Nota. Adaptado de Juego de atracción extrema Ropewalk [vector], por macrovector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/juego-atraccion-extrema-ropewalk_6346033.htm#fromView=keyword&page=1&position=7&uuiid=-d6bcc869-d4bd-4aa0-9014-d6ca0f9012e4&query=Arnes+Escalada). CC BY 2.0

Lo primero que haremos es un diagrama de las fuerzas que actúan en el sistema; por conveniencia, lo haremos ubicando la pieza donde se unen los tres cables, como el origen del plano cartesiano, pues ahí convergen las fuerzas actuantes. Figura 1.81 y Figura 1.82.

Figura 1.81

La tensión 3 y equilibra al peso.

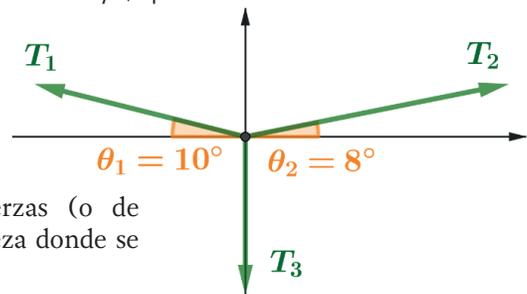


a) Las fuerzas que actúan sobre el deportista

Nota. Elaboración propia.

Figura 1.82

Tensión 1 y 2, equilibran la tensión 3.



b) Diagrama de fuerzas (o de cuerpo libre) de la pieza donde se juntan los tres cables.

Nota. Elaboración propia.

Si aplicamos la condición de equilibrio al deportista tenemos que:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T_3 - W = 0$$

$$T_3 = W$$

Ahora, elegimos el origen del plano cartesiano como en la figura b) y descomponemos las fuerzas de tensión en sus componentes.

Fuerza	Componente x	Componente y
\vec{T}_1	$-T_1 \cos \theta_1$	$T_1 \text{sen} \theta_1$
\vec{T}_2	$T_2 \cos \theta_2$	$T_2 \text{sen} \theta_2$
\vec{T}_3	0	W

Aplicamos el modelo de partícula en equilibrio al punto donde se unen las tres cuerdas

- 1) $\sum F_x = -T_1 \cos \theta_1 + T_2 \cos \theta_2 = 0$
- 2) $\sum F_y = T_1 \text{sen} \theta_1 + T_2 \text{sen} \theta_2 + (-W) = 0$

Análisis

En la ecuación 1) podemos notar que las componentes horizontales de \vec{T}_1 y \vec{T}_2 deben ser iguales y en la ecuación 2), se indica que la suma de las componentes verticales de \vec{T}_1 y \vec{T}_2 deben ser iguales al peso W del deportista.

En 1), despejamos T_2

$$T_2 \cos \theta_2 = T_1 \cos \theta_1$$

$$T_2 = T_1 \frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$$

Sustituimos este resultado en la ecuación 2).

$$T_1 \text{sen} \theta_1 + T_1 \left(\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} \right) (\text{sen} \theta_2) - W = 0$$

Despejamos T_1 :

$$T_1 \text{sen} \theta_1 + T_1 \left(\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} \right) (\text{sen} \theta_2) - W = 0$$

$$T_1 \text{sen} \theta_1 + T_1 (\cos \theta_1) (\tan \theta_2) - W = 0$$

$$T_1 [\text{sen} \theta_1 + (\cos \theta_1) (\tan \theta_2)] - W = 0$$

$$W = T_1 [\text{sen} \theta_1 + (\cos \theta_1) (\tan \theta_2)]$$

$$T_1 = \frac{W}{\text{sen} \theta_1 + (\cos \theta_1) (\tan \theta_2)}$$

Sustituimos los valores conocidos

$$T_1 = \frac{862.4N}{\text{sen} 10^\circ + (\cos 10^\circ) (\tan 8^\circ)}$$

$$T_1 = \frac{862.4N}{0.1736 + (0.9848)(0.1405)}$$

$$T_1 = \frac{862.4N}{0.3119}$$

$$T_1 = 2764.98N$$

Ahora calculamos T_2

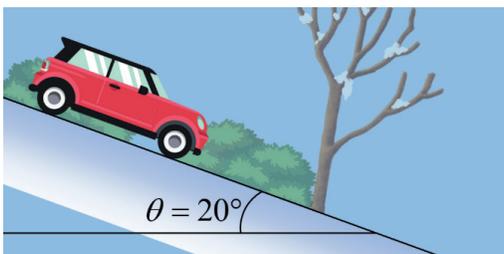
$$T_2 = (2764.98N) \left(\frac{\cos 10^\circ}{\cos 8^\circ} \right)$$

$$T_2 = 2749.73N$$

La fuerza de tensión en ambos cables es menor que $3000N$, así que los cables no se romperán.

Ejemplo 2

Figura 1.83
Auto en calle inclinada.



Nota. Adaptado de Colección de nueve coches de vista lateral [vector], por freepik, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-nueve-coches-vista-lateral_1350839.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=3a-d24cb9-c0ce-427c-a9b2-395e21a4877b&query=side-view-car-collection-nine)

Un automóvil de masa $m = 1900kg$ está sobre un camino cubierto con hielo e inclinado en un ángulo $\theta = 20^\circ$, como en la Figura 1.83.

- Considera que la calle no tiene fricción y encuentra la aceleración del automóvil.
- Supón que el automóvil se libera desde el reposo en lo alto del plano y que la distancia desde la defensa frontal del automóvil hasta el fondo del plano inclinado es $d = 60m$. ¿Cuánto tarda la defensa frontal en llegar al fondo de la colina, y cuál es la rapidez del automóvil cuando llega ahí?

Solución

Evidentemente, el auto se acelerará hacia abajo por la influencia de la gravedad, entonces, podemos clasificarlo dentro del modelo de partícula bajo una fuerza neta.

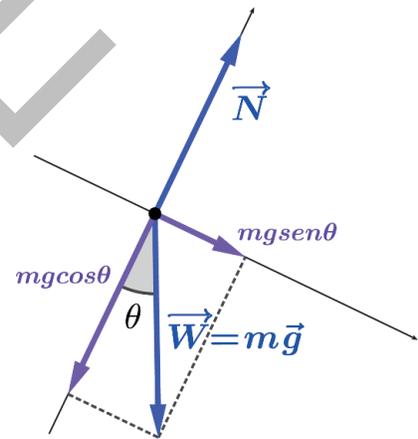
a) Al igual que en el ejemplo anterior, comenzaremos por trazar un diagrama de cuerpo libre que muestre las fuerzas que intervienen en el sistema, que son:

- La fuerza normal \vec{N} , que ejerce el plano inclinado, que actúa perpendicular al plano.
- La fuerza gravitacional $\vec{W} = m\vec{g}$ que siempre actúa verticalmente hacia abajo.

Cuando los problemas que queremos resolver involucran planos inclinados, conveniente elegir un plano cartesiano cuyo eje x esté a lo largo del plano y el eje y perpendicular a él, Figura 1.84.

Una vez que dibujas las fuerzas involucradas puedes dibujar también las componentes horizontal y vertical correspondientes. Para este ejemplo, el peso \vec{W} tiene componentes $W_x = mg\text{sen}\theta$ y $W_y = mg\text{cos}\theta$. Observa que, al elegir el plano cartesiano de esta forma, en la dirección x se clasifica dentro de un modelo de fuerza neta y en la dirección y como partícula en equilibrio.

Figura 1.84
Diagrama de cuerpo libre.



Nota. Elaboración propia.

Aplicación de los modelos.

- 1) $\sum F_x = mg\text{sen}\theta = ma_x$
- 2) $\sum F_y = N - mg\text{cos}\theta = 0$

Despejamos a_x de la ecuación 1)

$$m g \text{sen} \theta = m a_x$$

$$a_x = g \text{sen} \theta$$

Sustituimos los datos conocidos

$$a_x = (9.8 \text{ m/s}^2) \text{sen} 20^\circ$$

$$a_x = 3.35 \text{ m/s}^2$$

$$N = (1900 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \text{cos} 20^\circ$$

$$N = 17497.07 \text{ N}$$

Es muy importante que analices las ecuaciones a las que se llega, como en este caso, se puede observar que la componente en x de la aceleración no depende de la masa del auto, solo depende del ángulo de inclinación y de g .

Por otro lado, podemos notar también que, en este ejemplo, la fuerza normal \vec{N} no equivale al peso \vec{W} sino solo a la componente en dirección y .

b) Esta parte del problema se resuelve con *cinemática*, se podría decir que la dinámica ya hizo con su parte, pues se obtuvo la aceleración que alcanzará el auto, entonces, para resolver el problema consideraremos al auto como una partícula con aceleración constante.

Podemos establecer la posición inicial del auto como $x_i = 0m$ y la posición final como $x_f = d = 60m$, además, el problema indica que la velocidad inicial es $v_i = 0m/s$, entonces podemos proceder como sigue:

Conocemos la fórmula:

$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

Ahora aplicamos los datos

$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

Obtenemos

$$d = \frac{1}{2} a_x t^2$$

Despejamos t :

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a_x}} = \sqrt{\frac{2(60m)}{3.35m/s^2}}$$

$$t = 5.98s$$

Para encontrar la velocidad final del automóvil usaremos otra fórmula conocida.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ax$$

Usamos los datos conocidos:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$v_f^2 = 2(3.35m/s^2)(60m)$$

$$v_f = 20.05m/s$$

Observa que, al igual que en a), la aceleración, la velocidad final y el tiempo que le toma al auto llegar al final de la calle, no dependen de la masa del auto.

Hay que señalar que, en el estudio de sistemas en movimiento, es común que se combinen dos campos de la física, como pueden ser la *cinemática* y la *dinámica*. Es conveniente que des un repaso a las fórmulas para que las tengas presentes.

A trabajar!

Es momento de realizar tu proyecto transversal.

Es el momento de realizar la actividad 4). Investiga y haz una síntesis acerca de cómo la revolución industrial transformó a la sociedad.

Fuerzas de fricción

Si un objeto se mueve haciendo contacto sobre de otro, existe una resistencia al movimiento debida a la interacción entre superficies; este fenómeno también se observa cuando el objeto se mueve en un medio viscoso como en el aire o en el agua. A tal resistencia se le llama **fuerza de fricción**, también llamada *fuerza de rozamiento*, y siempre es opuesta a su movimiento.

Existen dos tipos de fuerza de fricción (Sears, F., et al, 2009):

- La **fuerza de fricción estática** (f_s), es la fuerza que se opone al deslizamiento de dos superficies que están en contacto. Es la fuerza que se debe vencer para que un objeto comience a moverse.
- La **fuerza de fricción dinámica** (f_k), es la fuerza que se opone al movimiento de un objeto que ya está en movimiento. También se le conoce como fricción cinética.

Analícemos el siguiente experimento:

Se coloca sobre una mesa horizontal un bloque de peso conocido, al cual se le ata un dinamómetro, como se ve en la Figura 1.85. Se jala poco a poco el dinamómetro y se observa que la magnitud de la fuerza aplicada por la mano va aumentando hasta que llega un momento en el que, si se incrementa un poco más, el bloque comenzará a deslizarse sobre la superficie. Cuando el bote de basura está a punto de deslizarse, f_s , tiene su valor máximo f_{s-max} .

Por otro lado, si \vec{F} supera a f_{s-max} , el bloque se acelerará hacia la derecha (Figura 1.86). Cuando el bloque está en movimiento, la fuerza de fricción cinética f_k en el bloque es menor que f_{s-max} . Cuando $\vec{F} = f_k$, la aceleración es cero y el bloque se moverá con rapidez constante hacia la derecha. Cuando se quita la fuerza \vec{F} aplicada al bloque en movimiento, la fuerza de fricción cinética f_k que actúa hacia la izquierda proporciona una aceleración al bloque en la dirección $-x$ que al final lo llevará al reposo.

Figura 1.85
Fricción estática.

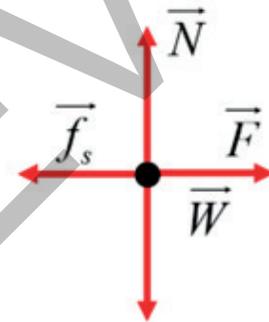
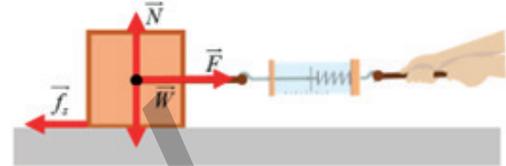
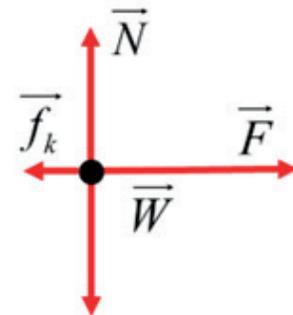
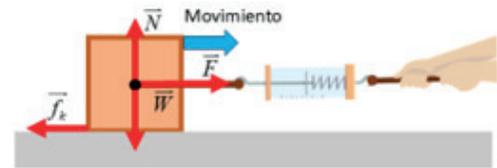


Figura 1.86
Fricción cinética.



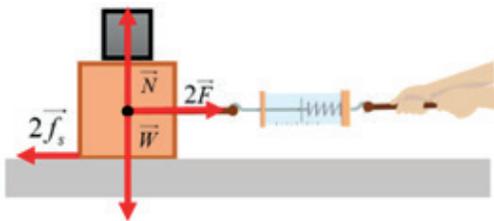
Nota. Las imágenes 1.85 y 1.86 son adaptadas de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uuid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion+C3%B3n)

El siguiente experimento consiste en duplicar la masa del bloque colocando una pesa encima. Al aumentar la masa se ejercerá sobre la mesa una mayor acción, y como reacción, la magnitud de la normal \vec{N} será igual al peso del bloque más el de la pesa.

Si ahora jalamos nuevamente el sistema bloque-pesa de la Figura 1.87 se observará que el dinamómetro señala una fuerza máxima estática al doble que cuando se tenía al bloque solo.

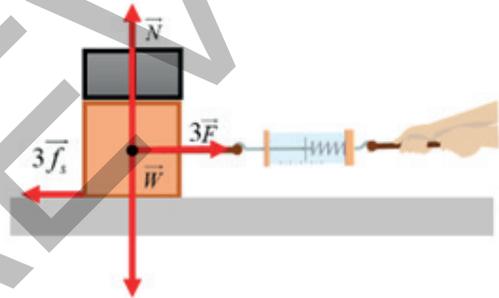
Si se triplica la masa del bloque (Figura 1.88), la normal también se triplicará y la fuerza máxima estática registrada en el dinamómetro señalará el triple.

Figura 1.87
Fuerza de fricción estática con el doble de la masa.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uuid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion)

Figura 1.88
Fuerza de fricción estática con el triple de la masa.



Nota. Adaptado de Equipo de aula de Física [vector], por iconicbestiary, 2015 (https://www.freepik.es/vector-gratis/oficina-interior-lugar-trabajo_5597041.htm#fromView=search&page=3&position=20&uuid=27088c22-cf58-4679-8e61-1d4e6a4a5786&query=escritorios+coleccion)

Concluimos que, la magnitud de la fuerza máxima estática $\vec{f}_{s-\max}$ es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza normal \vec{N} : $\vec{f}_{s-\max} \propto \vec{N}$. Esta relación la podemos transformar en una igualdad si agregamos una constante de proporcionalidad μ_s , entonces,

$$f_{s-\max} \leq \mu_s N$$

Donde:

- $\vec{f}_{s-\max}$ es la magnitud de la fuerza máxima de fricción estática en newtons (N).
- \vec{N} es la magnitud de la fuerza normal que tiende a mantener unidas las superficies en contacto debido al peso con newtons (N).
- μ_s es una constante de proporcionalidad llamada **coeficiente de fricción estático**, no tiene unidades.

En la ecuación anterior el signo igual se usa **sólo** en caso de que las superficies estén a punto de liberarse y comenzar a deslizarse. No debemos caer en el error común de usar $f_k = \mu_k N$ en cualquier situación estática.

La magnitud de la fuerza de fricción cinética que actúa entre dos superficies es:

$$f_{s-\max} = \mu_s N$$

donde μ_k se llama **coeficiente de fricción cinética**.

Los valores de μ_k y μ_s dependen de la naturaleza de las superficies, pero μ_k en general, es menor que μ_k y μ_s . La tabla que sigue presenta algunos valores aproximados típicos Serway y Jewett (2018).

Coeficientes de fricción	μ_s	μ_k
Hule sobre concreto	1.0	0.8
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.4
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Madera sobre madera	0.25–0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Madera encerada sobre nieve seca	—	0.04
Metal sobre metal (lubricado)	0.15	0.06
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Hielo sobre hielo	0.1	0.03
Articulación sinovial en humanos	0.01	0.003

Ejemplo 1

En la Figura 1.89 se observa un bloque de masa desconocida deslizándose hacia abajo por un plano inclinado 30° .

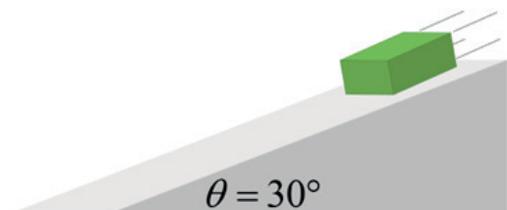
- ¿Cuál es su aceleración si no existe fricción alguna?
- Suponga que $\mu_k = 0.18$. ¿Cuál será la aceleración?

Solución

- Tomaremos la dirección hacia abajo del plano como positiva.

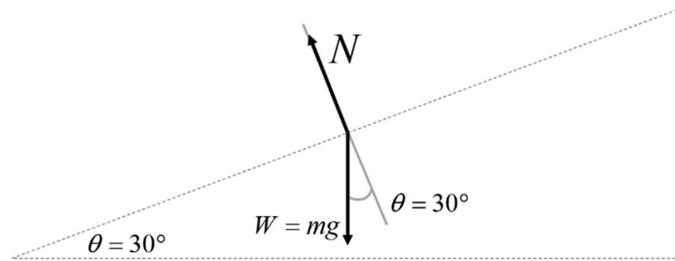
Comenzaremos dibujando un diagrama de cuerpo libre (Figura 1.90) donde se muestren las fuerzas involucradas que son: el peso y la fuerza Normal.

Figura 1.89
Bloque deslizándose por plano inclinado



Nota: elaboración propia

Figura 1.90
Diagrama de cuerpo libre.



Nota. Elaboración propia.

En el diagrama podemos observar que el peso W se descompone en componentes $W_x = mg \text{sen}30^\circ$ y $W_y = mg \text{cos}30^\circ$. El análisis de las fuerzas en x es como sigue: dado que el bloque está afectado por la componente x del peso, lo clasificamos como un modelo de *fuerza neta*, entonces,

$$\sum F_x = ma_x$$

$$m g \text{sen}30^\circ = m a$$

$$a = g \text{sen}30^\circ$$

$$a = (9.8 \text{ m/s}^2) \text{sen}30^\circ$$

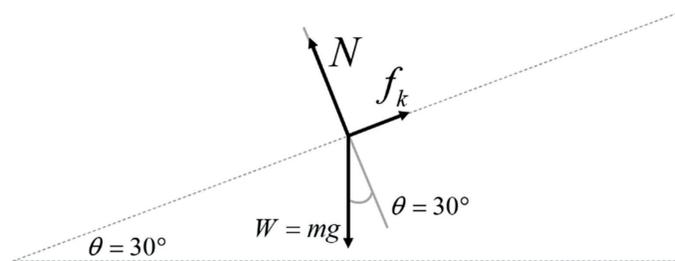
$$a = 4.9 \text{ m/s}^2$$

Hacia abajo del plano.

b) Tomaremos la dirección hacia abajo del plano como positiva, así que, la fuerza de fricción cinética f_k , por oponerse al movimiento, será negativa.

Al igual que en el inciso anterior, comenzamos con el diagrama de fuerzas de la Figura 1.91:

Figura 1.91
Diagrama de cuerpo libre.



Nota. Elaboración propia.

En el eje y está la fuerza Normal positiva y negativa está la componente del peso $W_y = mg\cos 30^\circ$; ambas fuerzas están en equilibrio, entonces,

$$N - W_y = 0$$

$$N = mg\cos 30^\circ$$

En el eje x está la componente del peso $W_x = mg\sin 30^\circ$ positiva y negativa la fuerza de fricción $f_k = \mu_k N$. Al haber aceleración, cae en el modelo de fuerza neta, así que,

$$\sum F_x = ma_x$$

$$mg\sin 30^\circ - f_k = ma$$

$$mg\sin 30^\circ - \mu_k N = ma$$

$$mg\sin 30^\circ - \mu_k mg\cos 30^\circ = ma$$

Despejando la aceleración se tiene:

$$a = g\sin 30^\circ - \mu_k g\cos 30^\circ$$

$$a = (9.8\text{ m/s}^2)\sin 30^\circ - (0.18)(9.8\text{ m/s}^2)\cos 30^\circ$$

$$a = 3.37\text{ m/s}^2$$

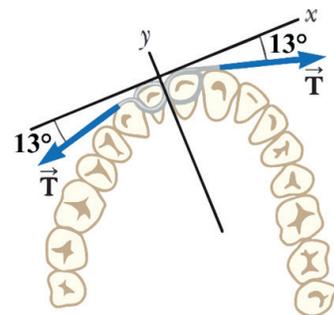
Hacia abajo del plano. Como esperábamos, al haber fricción la aceleración es menor que cuando no la hay.

Aplico lo aprendido 1.5

Resuelve los siguientes problemas.

1. Un especialista en ortodoncia usa una abrazadera de alambre para alinear la dentadura de un paciente. La tensión en el alambre se ajusta para tener 20 N. Calcula la fuerza neta que aplica el alambre sobre la dentadura. Figura 1.92.

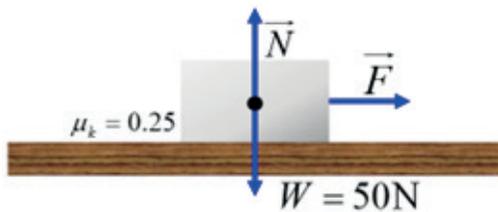
Figura 1.92
Fuerza aplicada en una dentadura.



Nota. Elaboración propia.

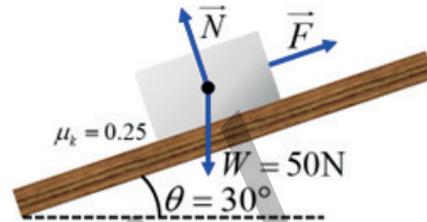
2. Un bloque de peso $W = 60N$ se mueve sobre una superficie donde se sabe que el coeficiente de fricción cinética es $\mu_k = 0.25$. Calcular la fuerza que se debe aplicar para que el bloque se mueva con una velocidad constante si:
- La superficie es horizontal. Figura 1.93
 - La superficie forma un ángulo de 30° . Figura 1.94

Figura 1.93
Fuerzas aplicadas a un bloque sobre plano horizontal.



Nota. Elaboración propia.

Figura 1.94
Fuerzas aplicadas a un bloque sobre plano inclinado.



Nota. Elaboración propia.

3. Una motocicleta que pesa $1700N$ se mueve a una velocidad cuya magnitud es de 70 km/h (Figura 1.95). Al aplicar los frenos se detiene a una distancia de 30 m . Calcular la magnitud de la fuerza de fricción promedio que la detiene. Sugerencia: usa las fórmulas de cinemática para calcular la aceleración.

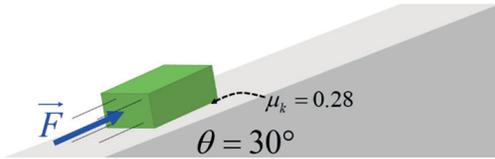
Figura 1.95
Fuerza de fricción sobre motociclista.



Nota. Adaptado de Ilustración del concepto de pizza para llevar [vector], por storyset, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/ilustracion-concepto-pizza-llevar_408481512.htm#fromView=image_search&page=1&position=16&uuid=d-972c4ab-027b-4687-a497-63acbb8a7f5)

4. Suponga que la masa del bloque de la Figura 1.96 es $m = 15\text{kg}$ y que el coeficiente de fricción cinética es $\mu_k = 0.28$. ¿Qué fuerza F , dirigida hacia arriba y a lo largo del plano inclinado producirá una aceleración de 5m/s^2 en dirección ascendente por el plano?

Figura 1.96
Bloque sobre plano inclinado.



Nota. Elaboración propia.

5. Supón que tienes que mover una cómoda de madera que pesa 400N horizontalmente por el piso (ver Figura 1.97). Para empezar a moverla, se necesita una fuerza horizontal de magnitud 240N . Una vez que la caja “se libera” y comienza a moverse, puede mantenerse a velocidad constante con sólo 210N . ¿Cuáles son los coeficientes de fricción estática y cinética?

Figura 1.97
Fuerza aplicada a un mueble.



Nota. Adaptado de Ilustración del concepto de eficiencia [vector], por storyset, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/ilustracion-concepto-eficiencia_14327649.htm#fromView=search&page=1&position=15&uuiid=2c2d-ceed-f825-4e44-b30f-495c2e8b7ca8&query=empujar)

El momento lineal

Hasta ahora se han estudiado sistemas que involucran fuerzas de contacto sin importarnos el tiempo que transcurre mientras son aplicadas, tal es el caso de arrastrar un mueble o un auto disminuyendo su velocidad para estacionarse, etcétera; ahora bien, hay sistemas en los que el periodo en el que las superficies interactúan es sumamente corto, por ejemplo, al martillar sobre un clavo, al golpear una bola con un bate de beisbol o cuando un auto choca con una roca o un árbol. Para estudiar esta clase de sistemas no podemos usar directamente los conceptos de energía y trabajo pues no nos indican nada respecto a la dirección del movimiento; incluso, podemos decir con certeza, que la energía total antes y después de la colisión es la misma, sin embargo, no sabemos nada acerca de cómo están distribuidas las energías entre los objetos. Entonces, es necesario incorporar más conceptos, a fin de describir vectorialmente nuestro sistema de estudio.

Considera que un futbolista aplica una fuerza \vec{F} sobre un balón durante un periodo de tiempo Δt , haciendo que éste se acelere desde el reposo hasta una velocidad final v_f . De la segunda ley de Newton, tenemos que la fuerza es $\vec{F} = m\vec{a}$; además, sabemos que la aceleración se define como: $(v_f - v_i) / \Delta t$, esto lo podemos escribir:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t}$$

Ahora multiplicamos ambos lados por Δt

$$\vec{F}\Delta t = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$

O bien,

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$

Usando solo las magnitudes

$$F\Delta t = mv_f - mv_i$$

Esta ecuación es muy útil para resolver problemas de colisiones y estudiaremos sus componentes.

Se le llama **Impulso** \vec{J} a la cantidad $\vec{F}\Delta t$, es una cantidad vectorial de igual magnitud que el producto de la fuerza por el intervalo de tiempo en el que actúa. Su dirección es la misma que la de la fuerza.

Teorema del impulso y el momento lineal

Sabemos que $J = F\Delta t$ es el impulso, o sea, una fuerza aplicada en un cierto intervalo de tiempo (Sears, F., et al., 2009).

Por otro lado, está el término $m\vec{v}$ conocido también como **cantidad de movimiento**; es una cantidad vectorial equivalente a la magnitud de la velocidad \vec{v} por la masa m .

Una vez definidas estas cantidades podemos enunciar la ecuación $F\Delta t = mv_f - mv_i$ como:

$$\vec{J} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$$

$$\vec{J} = \Delta\vec{p}$$

Esto es, el impulso es igual al cambio en la cantidad de movimiento.

En el SI el *Impulso* tiene unidades de *newtons multiplicados por segundos* ($N \cdot s$), mientras que la unidad de la *Cantidad de movimiento* es el *kilogramo por metro dividido entre segundos* ($kg \cdot m/s$).

Ejemplo 1

Un futbolista patea un balón inicialmente en reposo (Figura 1.98), cuya masa es de $0.43kg$, produciéndole una rapidez de $15m/s$. Si el tiempo en el que su pie está en contacto con el balón es de $0.03s$ (Figura 1.99), ¿cuál fue la magnitud de la fuerza ejercida sobre el balón? Figura 1.100.

Solución

El problema nos indica que la velocidad inicial era cero, $v_i = 0m/s$, entonces, al usar la relación entre la fuerza y la cantidad de movimiento nos queda que:

$$F\Delta t = mv_f - mv_i$$

$$Ft = mv_f$$

Ahora, despejamos la fuerza

$$F = \frac{mv_f}{t}$$

Y sustituimos los datos conocidos y llegamos a la magnitud de la fuerza aplicada

$$F = \frac{(0.43kg)(15m/s)}{0.03s}$$

$$F = 215N$$

Figura 1.98
Pierna y balón antes del impacto.



Figura 1.99
Pierna y balón durante el impacto.



Nota. Ambas imágenes son adaptadas de Colección de jugadores de fútbol de diseño plano [vector], por freepik, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-jugadores-futbol-diseno-plano_15291933.htm#fromView=search&page=2&position=1&uuiid=1d9f9a3a-d183-4aa7-a70a-84458751f711&query=futbolista)

Figura 1.100
Balón después del impacto.



Nota. Adaptado de Colección de jugadores de fútbol de diseño plano [vector], por freepik, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-jugadores-futbol-diseno-plano_15291933.htm#fromView=search&page=2&position=1&uuiid=1d9f9a3a-d183-4aa7-a70a-84458751f711&query=futbolista)

Ten presente que, el futbolista ejerce una fuerza de 215N sobre la pelota en dirección positiva, mientras que la fuerza de reacción ejercida sobre el pie es igual en magnitud y dirección, pero en sentido opuesto. Además, debemos subrayar el hecho de que este resultado es el promedio de la fuerza ejercida desde que el pie toca el balón hasta que se separa de él 0.03s después.

Ejemplo 2

Una pelota de beisbol de 0.145kg se mueve hacia el bateador a una velocidad de 42m/s cuando es golpeada con un bat, lo cual causa que se mueva en dirección contraria a una velocidad de 51m/s . Determine el impulso y la fuerza media ejercida sobre la pelota si el bat está en contacto con la pelota durante 0.003s . Ver de la Figura 1.101 a la Figura 1.103.

Figura 1.101
Bate y pelota antes del impacto.

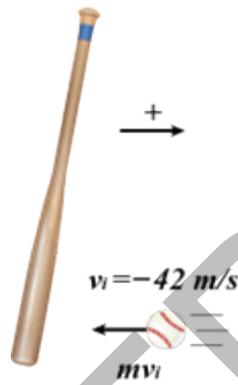
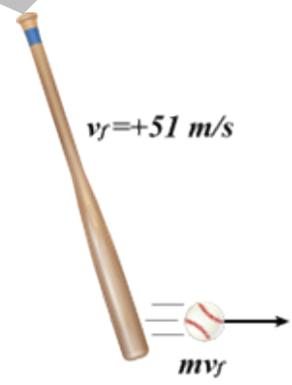


Figura 1.02
Bate y pelota durante el impacto.



Figura 1.103
Bate y pelota después del impacto.



Nota. Adaptado de Conjunto realista de inventario deportivo [vector], por macrovector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-realista-inventario-deportivo_6479494.htm#fromView=search&page=1&position=16&uuiid=-b49496f2-2bc4-469d-ad1a-39fbd6bb9384&query=bate+de+beisbol)

Solución

Lo primero será establecer que hacia la derecha es la dirección positiva, entonces, la velocidad con la que llega la pelota será negativa y la velocidad con la que sale disparada después del batazo será positiva.

De esta manera, los datos son:

$$m = 0.145\text{kg} \quad v_i = -42\text{m/s} \quad v_f = 51\text{m/s} \quad \Delta t = 0.003\text{s}$$

Sustituimos en la ecuación $F\Delta t = mv_f - mv_i$ y calculamos el Impulso J :

$$F\Delta t = (0.145\text{kg})(51\text{m/s}) - (0.145\text{kg})(-42\text{m/s})$$

$$J = 13.485\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

Es importante que uses correctamente los signos, de acuerdo con la selección de la dirección positiva que haya hecho.

La fuerza media ejercida por el bat se calcula sabiendo que $J = F\Delta t \Rightarrow F = J/\Delta t$:

$$F = \frac{13.485 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{0.003 \text{ s}}$$
$$F = 4495 \text{ N}$$

Ahora te toca a ti demostrar tus aprendizajes, resolviendo los siguientes problemas.

Aplico lo aprendido 1.6

Resuelve los siguientes problemas.

1. Una bolsa de azúcar que pesa 0.8 kg cae desde una altura de 1.1 m (Figura 1.104) ¿Cuál es su cantidad de movimiento inmediatamente antes de tocar el suelo? Sugerencia: Recuerda que toda la energía potencial se convierte en energía cinética justo antes de tocar el suelo.

Figura 1.104
Bolsa de azúcar.



Nota. Adaptado de Conjunto de ingredientes de panadería con azúcar y harina [vector], por brgfx, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-ingredientes-panaderia-azucar-harina_7103951.htm#fromView=search&page=1&position=4&uid=18e01aba-a2d2-4ea6-9b6d-de044a26724e&query=bolsa+de+azucar)

2. Un camión de 4000 kg que viaja a 45 km/h golpea una pared de ladrillo y se detiene en 0.3 s . Figura 1.105
 - a) ¿Cuál es el cambio en su cantidad de movimiento?
 - b) ¿Cuál es el impulso?
 - c) ¿Cuál es la fuerza media sobre la pared durante el choque?

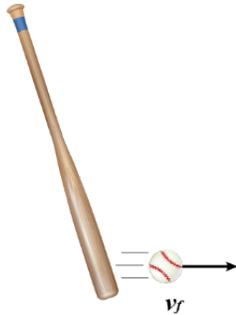
Figura 1.105
Camión impacta muro.



Nota. Adaptado de Diseño de vehículos de transporte [vector], por titusurya, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/disenio-vehiculos-transporte_1016748.htm#fromView=imagen_search&page=1&position=29&uid=1493d443-0bfe-4b9e-8e85-452134c19fd2)

3. Un bate ejerce una fuerza media de 1100 N sobre una pelota que pesa 3.92 N durante 0.01 s (Ver Figura 1.106). La velocidad de entrada de la pelota era de 13.41 m/s . Si sale en dirección opuesta, ¿cuál es su velocidad?

Figura 1.106
Choque de bate y pelota.



Nota. Adaptado de Conjunto realista de inventario deportivo [vector], por macrovector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-realista-inventario-deportivo_6479494.htm#fromView=search&page=1&position=16&uid=-b49496f2-2bc4-469d-ad1a-39fbd6bb9384&query=bate+de+beisbol)

4. Un taco de billar golpea una bola ocho en reposo con una fuerza media de 70 N durante un tiempo de 20 ms . Si la masa de la bola es de 200 g , ¿cuál será su velocidad? Figura 1.107.

Figura 1.107
Choque de taco y bola de billar.



Nota. Adaptado de Billar bola ocho y taco sobre mesa de tela verde [vector], por vectorpocket, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/billar-bola-ocho-taco-sobre-mesa-tela-verde_6610202.htm#fromView=search&page=2&position=28&uid=57cce8db-7ff4-4120-8ab2-d0743e465a48&query=billar)

Ley de la conservación de la cantidad de movimiento

Paul Tippens (2011), nos expone la ley de la *conservación del momento lineal* como se explica a continuación.

Imagina que las masas m_1 y m_2 chocan de frente como se observa en la Figura 1.108. Considera que entre las superficies no existe fricción. Vamos a llamar u_1 y u_2 a las velocidades antes de que ocurra el impacto y después del impacto v_1 y v_2 . La fuerza F_1 ejercida sobre la m_1 , imprime el siguiente impulso:

$$F_1 \Delta t = m_1 v_1 - m_1 u_1$$

El impulso aplicado sobre la masa m_2 por la fuerza F_2 es:

$$F_2 \Delta t = m_2 v_2 - m_2 u_2$$

Durante el periodo Δt , por la tercera ley de newton, hay un par acción-reacción entre las fuerzas $F_1 = -F_2$, entonces

$$F_1 \Delta t = -F_2 \Delta t$$

Sustituyendo los resultados anteriores

$$m_1 v_1 - m_1 u_1 = -(m_2 v_2 - m_2 u_2)$$

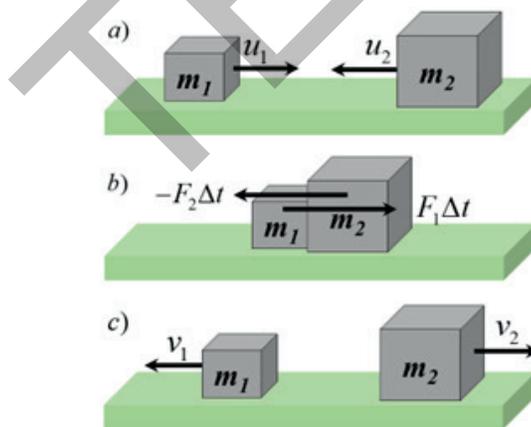
Aplicando los signos y reagrupando los términos nos queda:

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

En palabras,

La cantidad de movimiento total antes del impacto es igual a la cantidad de movimiento total después del impacto. Figura 1.108.

Figura 1.108
Conservación del momento lineal.



Nota. Elaboración propia.

Ley de la conservación de la cantidad de movimiento

La cantidad de movimiento total de los cuerpos que chocan es igual antes y después del impacto.

Figura 1.109
Tiro deportivo.



Nota. Adaptado de Cazador dispara con una escopeta en un objetivo con ropa especial y auriculares [vector], por freepic.diller, 2025 (https://www.freepik.es/foto-gratis/cazador-dispara-escopeta-objetivo-ropa-especial-auriculares_2454842.htm#from-View=search&page=1&position=1&uid=f29c4465-fdac-4c87-8771-8977c404013a&query=tiro+deportivo)

El tiro deportivo es un deporte en el que el practicante debe disparar un arma de fuego o de aire comprimido con precisión al blanco.

Ejemplo

Supón que un tirador sujeta su rifle de masa $m_R = 3\text{kg}$, de forma tal, que al tirar se puede mover libremente (Figura 1.109). Al disparar una bala de masa $m_B = 4.7\text{g}$ con una rapidez horizontal de $v_B = 290\text{m/s}$. ¿Qué velocidad de retroceso tiene el rifle? ¿Qué momento lineal y energía cinética finales tiene la bala? ¿Y el rifle?

Solución

Comenzaremos definiendo como positiva la dirección en que apunta el rifle. Antes del disparo, el rifle y la bala están en reposo, así que el *momento lineal total* es cero. Cuando se dispara la bala su momento lineal es $p_B = m_B v_B$ y el del rifle es $p_R = m_R v_R$.

Según la *ley de conservación del momento lineal total*, tenemos:

$$p_T = m_B v_B + m_R v_R = 0$$

De aquí despejamos la velocidad del rifle

$$v_R = -\frac{m_B}{m_R} v_B$$

Sustituimos los datos conocidos

$$v_R = -\left(\frac{0.0047\text{kg}}{3\text{kg}}\right)(290\text{m/s}) = -0.454\text{m/s}$$

El signo negativo quiere decir que el rifle se mueve en el sentido opuesto al de la bala. Esta velocidad es considerable, así que la culata suele apoyarse en el hombro, de manera que la masa m_R se sustituye por la masa combinada del tirador y del rifle, en consecuencia, la rapidez de retroceso es mucho menor.

El momento lineal y la energía cinética de la bala al final son:

$$p_B = m_B v_B = (0.0047\text{kg})(290\text{m/s}) = 1.363\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

$$K_B = \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} (0.0047\text{kg})(290\text{m/s})^2 = 197.63\text{J}$$

El momento lineal y la energía cinética del rifle al final son:

$$p_R = m_R v_R = (3\text{kg})(-0.454\text{m/s}) = -1.363\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

$$K_R = \frac{1}{2} m_R v_R^2 = \frac{1}{2} (3\text{kg})(-0.454\text{m/s})^2 = 0.31\text{J}$$

Observaciones

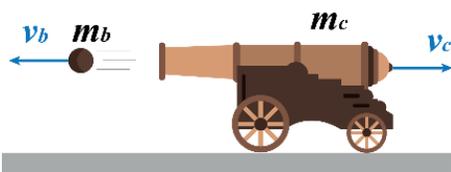
El rifle y la bala tienen *momentos lineales* iguales y opuestos después del disparo, pues se sometieron a fuerzas iguales y opuestas durante el mismo periodo tiempo. La energía cinética adquirida por la bala durante la interacción es mucho mayor ya que viaja una distancia mucho más grande; es por lo que el *trabajo* realizado por la fuerza que se ejerce sobre la bala es mucho mayor, que aquel trabajo realizado por la fuerza sobre el rifle.

Aplico lo aprendido 1.7

Resuelve los siguientes problemas.

1. Un cañón de 1500kg montado sobre ruedas dispara una bala de 50kg en dirección horizontal con una velocidad de 60 m/s (ver Figura 1.110). Suponiendo que el cañón se pueda mover libremente, ¿cuál será su velocidad de retroceso?

Figura 1.110
Cañón montado sobre ruedas.



Nota. Adaptado de Cofre del tesoro con elementos de pirata en diseño plano [vector], por freepik, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/cofre-tesoro-elementos-pirata-diseno-plano_1126809.htm#fromView=search&page=1&position=18&uuid=8abd1e5a-7188-440c-8b7f-84eec806817e&query=ca%C3%B1on)

2. Una niña de 22kg y un niño en patines están descansando parados frente a frente como en la Figura 1.111. Se empujan entre ellos lo más fuerte que pueden y el niño se mueve a la derecha con una velocidad de 1.5 m/s , mientras que la niña se mueve a la izquierda con una velocidad 1.8 m/s . ¿Cuál es la masa del niño?

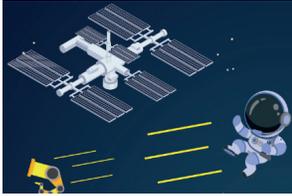
Figura 1.111
Patinadores frente a frente.



Nota. Adaptado de Colección de invierno de seis niños con patines de hielo [vector], por freepik, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-invierno-seis-ninos-patines-hielo_1432736.htm#fromView=search&page=2&position=11&uuid=a90cf104-cdaf-4dc9-aa02-e75fb6755d-4c&query=ni%C3%B1os+patinand)

- Un astronauta de 80kg está haciendo una reparación en el espacio en la estación espacial en órbita (Figura 1.112). El astronauta tira una herramienta de 3kg con una rapidez de 2.2 m/s en relación con la estación espacial. ¿Con qué rapidez y dirección comenzará el astronauta a moverse?

Figura 1.112
Astronauta suelta objeto.



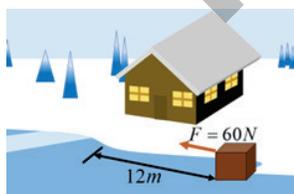
Nota. Adaptado de Conjunto de iconos de exploración espacial [vector], por macrovector, 2025 (https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-iconos-exploracion-espacial-aislados-cohetes-realistas-satelites-artificiales-planetes-personajes-humanos-ilustracion-vectorial_7199799.htm#fromView=search&page=1&position=2&uuid=33a5245c-6247-4d8a-9f17-fbbfc-66458c8&query=estacion+espacial)

Verifica tus metas de aprendizaje

Resuelve los siguientes ejercicios

- En cierta región fría de las montañas, un habitante aplica una fuerza horizontal constante de 60N a una caja sobre un río congelado en el que la fricción es despreciable (ver Figura 1.113). La caja parte del reposo y se mueve 12m en 6s . ¿Qué masa tiene el bloque?

Figura 1.113
Una caja parte del reposo sobre un piso sin fricción.



Nota. Elaboración propia.

- Un automóvil de 1400kg aumenta su rapidez de 30 km/h a 80 km/h . ¿Qué trabajo resultante se requirió para lograrlo?
- Una persona de 75kg , parada sobre una pista de hielo sin fricción, arroja un balón de fútbol americano hacia adelante con una velocidad de 18 m/s . Si la persona se mueve hacia atrás a una velocidad de 0.42 m/s , ¿cuál es la masa del balón?

EVALUACIÓN

Indicación: atiende las siguientes instrucciones.

1. Escribe correctamente tus datos generales.

Estudiante:	Grupo:
Profesor:	Bloque:
Centro:	Clave:
Zona:	Fecha de aplicación:

2. Determina el nivel de dominio que mostraste en la realización de las actividades propuestas. Anota el puntaje en la casilla correspondiente y obtén el total. Posteriormente, calcula la ponderación aplicando la fórmula indicada al final de la rúbrica y ubica tu nivel en este módulo.

Para evaluar sección:	Indicador	Nivel de dominio				Puntaje obtenido
		Nivel IV (4 puntos)	Nivel III (3 puntos)	Nivel II (2 puntos)	Nivel I (1 punto)	
A trabajar tu proyecto transversal "Reporte de investigación"	Contenido y Desarrollo	Presenté un análisis profundo y detallado de la Revolución Industrial, abordando sus causas, efectos, principales inventos y figuras clave.	Cubro la mayoría de los aspectos importantes de la Revolución Industrial, pero algunos puntos podrían haberse explorado más.	Menciono la Revolución Industrial, pero omito detalles importantes o no profundizo lo suficiente en el análisis.	Mi reporte es muy superficial y carece de información esencial sobre la Revolución Industrial.	
	Organización y Estructura	Mi reporte está perfectamente organizado, con introducción, desarrollo y conclusión claros. Los párrafos y secciones están bien conectados.	La organización de mi reporte es clara, pero algunas ideas o secciones pueden estar mejor conectadas o estructuradas.	Mi reporte tiene una estructura general, pero es confuso en algunos puntos o carece de una secuencia lógica clara.	Mi reporte carece de una estructura adecuada; la información está desordenada y difícil de seguir.	
	Investigación y Fuentes	Utilicé múltiples fuentes, confiables y relevantes (libros, artículos, estudios académicos, etc.), citadas adecuadamente.	Usé fuentes confiables, pero pude incluir más variedad o algunas citas no son completamente precisas.	Usé pocas fuentes o algunas de ellas no son del todo confiables. La citación que utilicé no es completamente precisa.	Mi reporte carece de fuentes o las citaciones son incorrectas o no las incluí.	
	Claridad y ortografía	Mi reporte es claro, conciso y está bien redactado, con una gramática y ortografía impecables.	Mi reporte es claro, pero contiene algunos errores gramaticales u ortográficos menores que no afectan la comprensión.	Mi reporte es comprensible, pero tiene varios errores gramaticales u ortográficos que dificultan la lectura.	Mi reporte es confuso y tiene numerosos errores gramaticales u ortográficos que dificultan mucho la comprensión.	

EVALUACIÓN

Para evaluar sección:	Indicador	Nivel de dominio				Puntaje obtenido
		Nivel IV (4 puntos)	Nivel III (3 puntos)	Nivel II (2 puntos)	Nivel I (1 punto)	
A trabajar tu proyecto transversal "Reporte de investigación"	Conclusión	Mi conclusión resume de manera clara los puntos más importantes y presenta una reflexión profunda sobre la Revolución Industrial.	Mi conclusión resume bien los puntos clave, pero podría ser más profunda o reflexiva.	Mi conclusión es vaga y no resume adecuadamente los puntos clave de la Revolución Industrial.	Mi conclusión es inexistente o no está relacionada con la Revolución Industrial.	
	CC	Comprendo que los campos de fuerza contienen energía y pueden transmitir energía a través de un espacio de un objeto a otro.	Mi comprensión acerca de que los campos de fuerza contienen energía y pueden transmitir energía a través de un espacio y de un objeto a otro, es buena, pero podría ser más profunda o reflexiva.	Mi comprensión acerca de que los campos de fuerza contienen energía y pueden transmitir energía a través de un espacio y de un objeto a otro, es imprecisa, pero podría ser más profunda o reflexiva.	No comprendo que los campos de fuerza contienen energía y pueden transmitir energía a través de un espacio de un objeto a otro.	
Verifica tus metas de aprendizaje	CT3	Aplico los términos de dirección y magnitud para comprender que toda fuerza que actúa sobre un objeto cuenta con ambas características.	Mi aplicación de los términos de dirección y magnitud para comprender que toda fuerza que actúa sobre un objeto cuenta con ambas características, es apropiado, pero podría mejorar.	Mi aplicación de los términos de dirección y magnitud para comprender que toda fuerza que actúa sobre un objeto cuenta con ambas características, es inexacto, así que debo repararlo.	No alcanzo a aplicar los términos de dirección y magnitud.	
	CT4	Identifico modelos matemáticos para describir y predecir efectos de las fuerzas que se ejercen en objetos de un sistema.	Identifico bien los modelos matemáticos para describir y predecir efectos de las fuerzas que se ejercen en objetos de un sistema, pero puedo mejorarlo.	Identifico deficientemente los modelos matemáticos para describir y predecir efectos de las fuerzas que se ejercen en objetos de un sistema, pero puedo mejorarlo.	No identifico modelos matemáticos en la descripción ni predigo los efectos de las fuerzas que se ejercen en objetos de un sistema.	

	CT7	<p>Hago uso de la observación para explicar cómo la estabilidad de un objeto puede cambiar su forma u orientación según la interacción con fuerzas. Uso la segunda ley de Newton para predecir movimientos de objetos macroscópicos.</p>	<p>Uso suficientemente bien la observación para explicar cómo la estabilidad de un objeto puede cambiar su forma u orientación según la interacción con fuerzas. Uso adecuadamente la segunda ley de Newton para predecir movimientos de objetos macroscópicos, pero la puedo enriquecer.</p>	<p>Uso escasamente la observación para explicar cómo la estabilidad de un objeto puede cambiar su forma u orientación según la interacción con fuerzas. Uso difícilmente la segunda ley de Newton para predecir movimientos de objetos macroscópicos.</p>	<p>No uso la observación para explicar cómo la estabilidad de un objeto puede cambiar su forma u orientación según la interacción con fuerzas. No uso la segunda ley de Newton para predecir movimientos de objetos macroscópicos.</p>	
--	-----	--	---	---	--	--

Total

$$\text{Porcentaje obtenido} = \left[\frac{\text{suma de puntos}}{4 \text{ (número de indicadores)}} \right] (\text{valor total del instrumento } \%) = \text{_____} \%$$

Indicación: Escribe los datos solicitados en el encabezado del siguiente instrumento de evaluación y posteriormente señala con una “X” la frecuencia con la que tu compañero realiza cada indicador.

	Nombre del Centro de Telebachillerato			
	UAC	Semestre	Periodo de evaluación	
Meta de aprendizaje	CC. Comprender que los campos de fuerza contienen energía y pueden transmitir energía a través de un espacio de un objeto a otro. CT1. Analizar cómo los patrones de movimiento de un objeto en diversas situaciones pueden observarse y medirse. Utilizar los movimientos que exhiben un patrón regular para predecir el movimiento futuro a partir de éstos. CT3. Aplicar los términos de dirección y magnitud para comprender que toda fuerza que actúa sobre un objeto cuenta con ambas características. CT4. Identificar modelos matemáticos para describir y predecir efectos de las fuerzas que se ejercen en objetos de un sistema. CT7. Hacer uso de la observación para explicar cómo la estabilidad de un objeto puede cambiar su forma u orientación según la interacción con fuerzas. Fundamentar el uso de la segunda ley de Newton para predecir movimientos de objetos macroscópicos.			
Nombre del estudiante				
Indicadores	Siempre 3 puntos	A veces 2 puntos	Rara vez 1 punto	Le falta hacerlo 0 puntos
Aporta ideas que permiten la comprensión de los campos de fuerza como depósito y transmisor de la energía.				
Contribuye en el análisis de los patrones de movimiento de un objeto.				
Ayuda en la aplicación de los términos de dirección y magnitud para comprender las fuerzas.				
Participa en la explicación de cómo la estabilidad de un objeto puede cambiar su forma u orientación según la interacción con fuerzas.				
Porcentaje obtenido = $\left[\frac{\text{suma de puntos}}{4 \text{ (número de indicadores)}} \right]$ (valor total del instrumento %) = _____%				

Metacognición

Realiza una reflexión sobre tu desempeño en este módulo:

1. ¿Qué aprendí de los contenidos del módulo?
2. ¿Para qué me sirve lo aprendido y cómo lo aplico en mi vida diaria?
3. ¿De qué me doy cuenta en relación con lo aprendido y el desarrollo de mis habilidades de pensamiento?
4. ¿Cómo me sentí al estudiar este tema y cuál fue mi actitud ante las actividades realizadas?
5. ¿Qué emociones o sentimientos detonó el trabajo y las metas de aprendizajes de este módulo?
6. ¿Qué propongo para mejorar mis aprendizajes de trayectoria?
7. De acuerdo con lo aprendido en este módulo, ¿qué aprendizajes aplico en el contexto de mi comunidad?