

Índice

MÓDULO 2: *DINÁMICA*

1. Fuerza: concepto, unidades, Clasificación
2. Fuerza y movimiento; Leyes de Newton.
3. Representación y composición de fuerzas: Sistemas de fuerza.
4. Trabajo Energía y Potencia.
 - 4.1. Trabajo realizado por una fuerza variable.
 - 4.2. Energía Cinética.
 - 4.3. Teorema del trabajo y de la energía cinética.
 - 4.4. Fuerzas conservativas (23).
 - 4.5. Energía Potencial.
 - 4.6. Fuerzas no conservativas.
 - 4.7. Conservación de la energía mecánica.
 - 4.8. Potencia.
5. Ejercitación para el estudiante

DINÁMICA

En el eje anterior hemos estudiado el movimiento y las magnitudes que están involucradas y que definen el tipo de movimiento que posee el sistema.

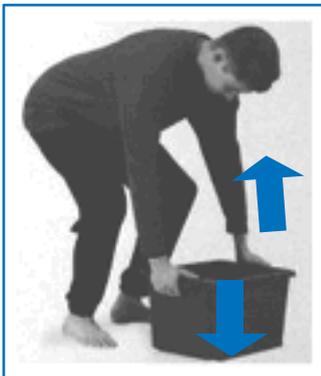
Retomando el concepto de movimiento. Observa la imagen



¿CÓMO LE PEGO PARA GANARLE?

Quien observa esta imagen debe pensar que cuando uno juega, estas cosas, no se preguntan, sino que lo hace instintivamente. Muchas de las acciones que se realizan en la vida cotidiana, las hacemos instintivamente y la ciencia da su explicación. Pero les preguntamos: ¿qué hace el tenista para que la pelota llegue al sector contrario? ¿Cómo pone la raqueta? Estas y muchas preguntas más podrás responder a partir de ahora.

Para que un cuerpo se mueva o detenga el movimiento es necesario aplicar una **fuerza**. Todos tenemos una idea intuitiva del **concepto de fuerza** que hemos construido a través de nuestra experiencia y nuestros sentidos



En la imagen el señor desea levantar la caja, sus músculos hacen un “esfuerzo” para realizar la “acción”. **Es decir realiza una fuerza.**

El jugador para mantener la pelota en el aire en movimiento ejerce una acción sobre la pelota y, por último, el jugador cuando impulsa la pelota con el fin de hacer un gol frena y le da otra dirección a la pelota.



En todos los casos, lo que ha sucedido es que se ha ejercido una acción sobre el otro cuerpo. Podemos apreciar que en todos los casos existen dos sistemas que están **interactuando**.

Por lo tanto llamaremos:

Definición

FUERZA a la magnitud física que representa la medida cuantitativa de la interacción mecánica entre dos o más sistemas

Las fuerzas, al igual que otras magnitudes físicas como la energía, se reconocen por sus efectos sobre los cuerpos o sistemas en los que se aplican, que fundamentalmente son:

Cambio en su velocidad (*aceleración*)

- Al patear la pelota
- Cuando la pelota está en el aire
- Cuando el señor levanta la caja

Cambio de forma (*deformación*)

- Cuando se pisa la pelota
- Cuando se estira un resorte
- Cuando se estira un elástico

Recuerda

La fuerza es una magnitud vectorial. Para especificarla completamente deben indicarse, además de su intensidad o módulo, su dirección y su sentido.

Algunas de las unidades más usadas para indicar su módulo son:

Kgf: kilogramo fuerza. (Sistema Técnico)
N: Newton (unidad del sistema internacional)
din: dina (c.g.s.)

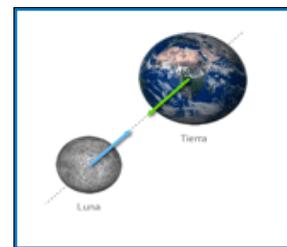
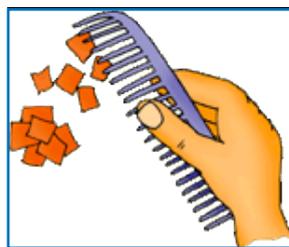
Equivalencias:

1 din = 10^{-5} Newton (N)
1 kgf = 9,8 Newton (N)

Estas interacciones o fuerzas que se ejercen entre los sistemas pueden ser:

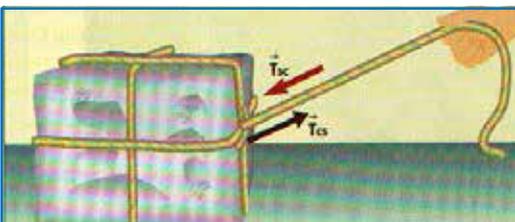
Interacciones a distancia las producen por ejemplo:

- Imanes que generan fuerzas magnéticas.
- Cargas que generan fuerzas eléctricas
- Masas que generan fuerzas gravitatorias.

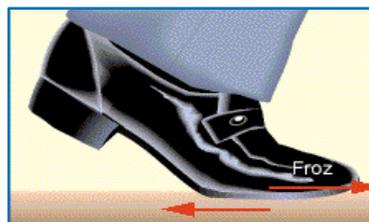


Interacciones por contacto originan fuerzas como:

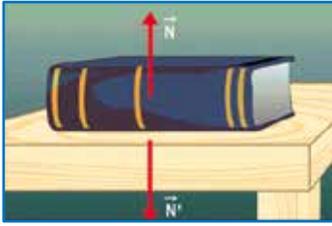
Tensión



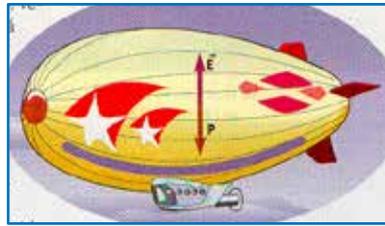
Rozamiento



Normal



Empuje



A continuación encontrará una serie de experiencias que se han diseñado para mostrar la acción de fuerzas de contacto y a distancia.

EJERCITACIÓN

Asocia, a cada una de ellas, la fuerza que le corresponda: eléctrica, magnética o gravitatoria, o fuerza de contacto entre dos cuerpos.

Experiencia 1: se cortan dos tiras de plástico (de una bolsa común de supermercado). Se sujetan ambas tiras de una punta con una mano y se pasan los dedos pulgar e índice de la otra mano, frotando entre ambas. Por efecto de ello las tiras de nylon se separan. **A esta experiencia se asocia una fuerza de origen:**

Experiencia 2: un bloque de madera que descansa sobre una superficie rugosa, es atado a un dinamómetro, (representado por la flecha en el dibujo) que mide la fuerza con que una persona tracciona de él. Para valores pequeños de tracción, el bloque no se mueve. Aumentando progresivamente este valor de fuerza se llega a un valor límite, para el cual el bloque comienza a deslizarse.

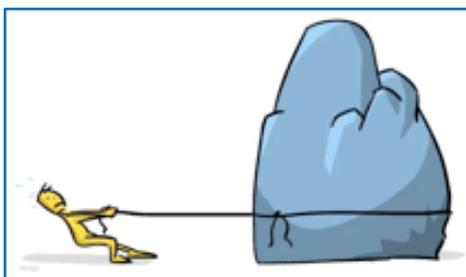
En este caso, se asocia una fuerza: debido a las características de las superficies que se contactan.

Experiencia 3: dentro de una cubeta llena de agua, se sumerge un cuerpo que flota estable sobre la superficie libre del líquido.

En este caso, la fuerza que actúa sobre el cuerpo y le permite permanecer en equilibrio, es una fuerza:

2. FUERZAS Y MOVIMIENTO

Uno de los efectos más notorios que produce la aplicación de una fuerza sobre un sistema, es el cambio de velocidad, lo que origina o detiene un movimiento.



Todos hemos experimentado alguna vez alguna de estas experiencias, tratar de mover algún objeto pesado, tropezar con un objeto cuando vamos en movimiento, entre otras. Estas experiencias de la vida cotidiana fueron estudiadas desde la antigüedad.

Galileo (siglo XVI) estableció que todo objeto material presentaba resistencia a cambiar su estado de movimiento. Llamó a esta resistencia: **inercia**. Antes de que hubiese pasado un año de la muerte de Galileo, nacía **Isaac Newton**. En 1665, a la edad de 23 años, Newton formulaba las leyes que trataron de explicar las causas del movimiento.

La **PRIMERA LEY** se conoce con el nombre de **LEY DE LA INERCIA** y es otra forma de expresar la idea de Galileo.

Definición

Todo sistema persiste en su estado de reposo o de movimiento en línea recta con rapidez constante, a menos que se le apliquen fuerzas que lo obliguen a cambiar de estado.

Dicho simplemente, las cosas tienden a seguir haciendo lo que ya estaban haciendo.

La masa, una medida de la inercia

La cantidad de inercia de un objeto depende de su masa, cuanto más masa tenga un cuerpo mayor será su inercia y tanto mayor será la fuerza necesaria para cambiar su estado de movimiento.

Muchas personas confunden la masa con el volumen. Piensan que un objeto de gran masa debe tener un gran volumen. No es lo mismo la cantidad de kilogramos que tiene un cuerpo que el espacio que ocupa, o acaso ¿un kilo de plomo ocupa el mismo volumen que un kilo de plumas?

También se suele confundir la masa con el peso, ya que si algo tiene mucha materia, tiene también mucho peso. Esto se debe a que estamos acostumbrados a medir la cantidad de materia a través de la fuerza de atracción gravitatoria que la Tierra ejerce sobre él. Pero la masa es algo más fundamental que el peso, o sea, algo que le pertenece al cuerpo, que lo acompaña a todos lados.

- La **masa** es la medida de una propiedad que le pertenece que es **la inercia** o "**pereza**" a cualquier intento de cambiar en alguna forma su estado de movimiento.
- El **peso**, en cambio, **es la fuerza que se ejerce sobre un cuerpo debido a la gravedad**. La masa y el peso no son lo mismo, pero son directamente proporcionales. Los cuerpos que tienen mucha masa tienen también mucho peso y los de masa pequeña son livianos.

Definición

La masa es una magnitud escalar y el peso una magnitud vectorial

La DIRECCIÓN del peso coincide con la de la VERTICAL DEL LUGAR.

En el lenguaje cotidiano, es frecuente usar la unidad "**kilogramo**" (**kg**) como unidad de PESO, pero, en realidad, esta es una unidad de MASA.

Ahora bien, no todos los cuerpos **PESAN** lo mismo. Incluso en distintos lugares de nuestro mismo planeta, **un mismo cuerpo puede sufrir variaciones de peso**. Esto es debido a que en realidad la Tierra es achatada en los polos y ensanchada en el Ecuador, por lo que su acción no es idéntica en toda su superficie.

¿Dónde pesaremos menos, en los polos o en el ecuador?

Tomemos un ejemplo sencillo. Consideremos una persona que vive en una ciudad situada muy cerca del Ecuador terrestre y pesa 60 kgf (kilogramos fuerza o de peso) y se traslada al Polo, su peso allí ya no valdrá 60 kgf sino un poco más. ¿Ha engordado?

Supongamos, ahora, que esa persona es invitada a participar de un viaje espacial. La nave lo lleva hasta el espacio interplanetario, donde prácticamente la atracción de la Tierra es nula y allí SU PESO será CERO.

Si viajara hasta la Luna, donde la gravedad es la sexta parte de la terrestre, su peso será entonces de $60:6 = 10\text{kgf}$

Y si aún su travesía fuera más larga y pudiera llegar hasta Marte, cuya gravedad es menos de la mitad de la terrestre, en Marte pesaría menos de 30 kgf. Estos cambios tan notables de PESO tienen relación con el lugar del Universo donde se esté midiendo esta magnitud. Su PESO ha cambiado, pero su MASA no.

Para concluir se puede decir que:

La masa es la medida cuantitativa de la inercia del cuerpo.

Es una magnitud escalar y constante.

Su unidad de medida es el kilogramo (kg): se puede medir en múltiplo y submúltiplos.

Mientras más inercia tenga un cuerpo, mayor será su MASA.

En este modelo newtoniano se puede decir que:

La masa es una magnitud escalar, constante en todo lugar del Universo.

El peso es una magnitud vectorial relativa al lugar del Universo en que se realice la medición de su valor. Su valor varía.

Se puede medir en: kilogramos fuerza (kgf); Newton (N) o en dina (din).

En la vida cotidiana suele confundirse peso con masa veamos un ejemplo.



La señora le pide al vendedor un kilo de zanahoria, ¿en qué piensa la señora? Seguramente en el peso pero utiliza la unidad de medida de MASA.

Estrictamente esto no es correcto. Para aclarar esta dificultad, comenzaremos respondiendo la tan conocida pregunta:

¿Las balanzas miden la MASA o el PESO de un cuerpo?



BALANZA DE PLATOS:

Sobre uno de los platillos de esta balanza se coloca el cuerpo en cuestión, por ejemplo, una bolsita con granos de arroz. Sobre el otro plato, se colocan pesas de valor conocido, hasta que los platillos estén sobre la misma horizontal. En este caso, la balanza está en equilibrio. Se suma el valor de todas las pesas con el fin de obtener un total: una pesa de 0,5 kg, y dos pesas de 0,25 kg dan 1 kg. **Decimos entonces que hay 1 kg de arroz. Este valor nos indica la MASA de arroz contenida en el platillo.**



Aceptamos entonces que una balanza de platos mide MASA, ya que compara la materia colocada en un plato con la colocada en el otro. No importa de qué material sean las pesas, si no se modifica la cantidad de arroz que se coloca, seguirá siendo 1 kg. Observemos la relación directa que existe entre MASA y CANTIDAD DE MATERIA.

Observa las siguientes imágenes



Si observamos detenidamente las imágenes vemos que la balanza es diferente, cuenta con un resorte y se cuelga el objeto a medir.

BALANZA DE RESORTE O DINAMÓMETRO:

Un dinamómetro es básicamente un resorte calibrado al que se le adjunta una escala. Como bien se imagina, si se sujeta al resorte de un extremo y se cuelga un cuerpo cualquiera del otro, el resorte se estirará por acción del campo gravitatorio. Y este estiramiento será diferente si se cuelgan diferentes cuerpos.



Si aquella bolsita de granos de arroz que se colocó en la balanza de platos, fuera ahora suspendida de un dinamómetro, el resorte interior se estirará. La lectura en la escala, indicará la acción de la Tierra sobre este cuerpo. Es decir, cuánta fuerza ejerce la Tierra sobre la bolsa de arroz. En otras palabras, se leerá el PESO.

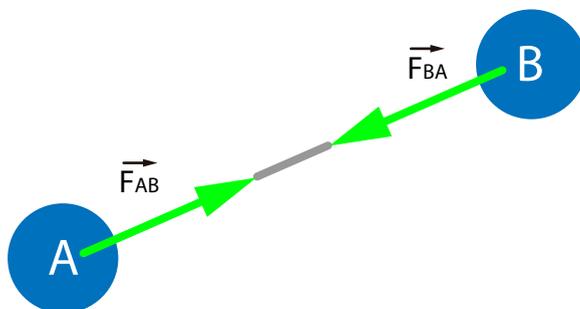
En el caso de que se mida la masa de un cuerpo en una balanza de platillo y la misma masa en una balanza de resorte en el mismo lugar de la Tierra su valor coincidirá.

TERCERA LEY DE NEWTON. ACCIÓN Y REACCIÓN

Si dos sistemas están en su proximidad hay una interacción entre los dos sistemas. Así lo establece el tercer principio o ley de Newton:

Definición

Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B, simultáneamente B ejerce sobre A otra fuerza de igual intensidad y dirección, pero de sentido contrario a la ejercida por A en el cuerpo B.



Las interacciones pueden ser a distancia o por contacto, pero las fuerzas solo actúan mientras exista la interacción que las origina.



Estas interacciones originan fuerzas que se dan de a pares y cada una actúa sobre cuerpos diferentes. **Sobre cada objeto se ejerce una sola fuerza, por lo que no se cancelan entre sí.** El efecto que producirá en cada cuerpo dependerá de las características de dicho cuerpo.

SEGUNDA LEY DE NEWTON.

Las fuerzas que se aplican sobre los objetos son las causas del cambio en sus movimientos. La mayor parte de los movimientos que vemos sufren cambios, la mayoría de los objetos que se mueven adquieren más velocidad o la pierden, o bien, describen curvas al moverse. Todo esto implica cambios en su velocidad, es decir, aceleraciones.

Generalmente, sobre los cuerpos no actúa una sola fuerza, pueden existir otras fuerzas que actúan sobre él. La combinación de todas las fuerzas que se ejercen sobre un cuerpo se conoce como **fuerza total o resultante**. Esta **fuerza resultante** es la causa de la aceleración de un cuerpo. Pero se sabe que la masa se resiste a la aceleración.

La misma fuerza sobre una masa pequeña produce una aceleración grande, pero sobre una masa grande produce una aceleración pequeña.

Por lo tanto, la segunda ley de Newton dice:

Definición

La aceleración que adquiere un cuerpo por efecto de una fuerza total, es directamente proporcional a esta e inversamente proporcional a su masa.

$$\text{aceleración} = \frac{\text{resultante}}{\text{masa}} ; \dots \vec{a} = \frac{\vec{R}}{m}$$

Como se observa en la ecuación anterior, la aceleración adquirida por un cuerpo, depende de la fuerza resultante que actúa sobre el objeto, por lo tanto, se debe calcular recordando que es una magnitud vectorial.

Si la fuerza resultante posee igual dirección y sentido que la aceleración, el cuerpo irá aumentando su rapidez.

En caso de que la fuerza y la aceleración posean sentido contrario, la rapidez del móvil disminuirá.

Recuerda: sistemas de fuerzas

Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo forman lo que se llama un sistema.

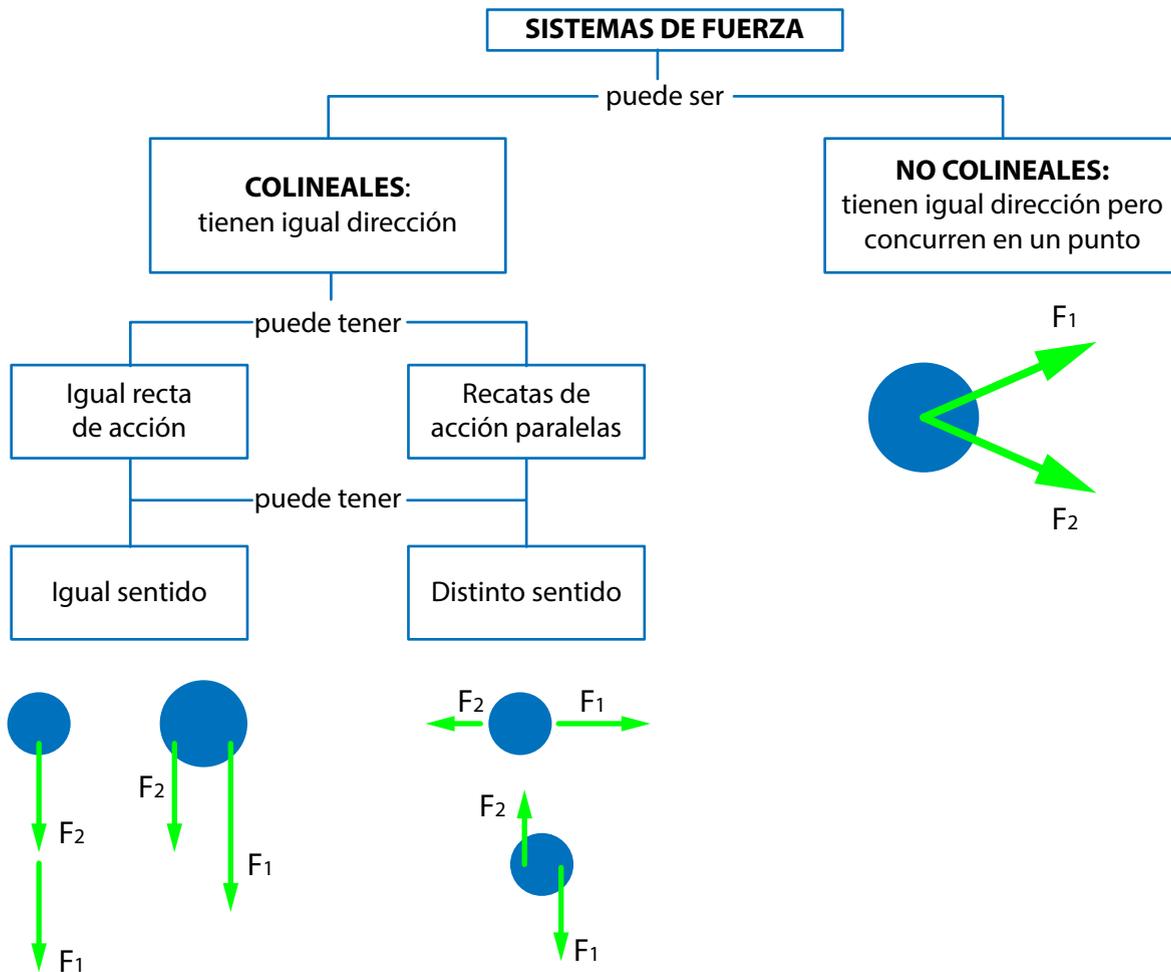
Estos sistemas pueden ser:

- Coplanares: todas las fuerzas pertenecen al mismo plano.
- No Coplanares: alguna de las fuerzas está en otro plano.

En este curso se trabajará con fuerzas coplanares.

Para hallar la resultante de un sistema de fuerzas, se recurre a la matemática. La resultante de un sistema de fuerzas, es la fuerza que es capaz de reemplazar a todas produciendo el mismo efecto. Es decir, es la fuerza suma de todas las que actúan sobre el sistema.

La suma de vectores se obtiene colocando un vector a continuación de otro, es decir, el extremo de uno con el origen del siguiente, respetando su dirección y sentido.

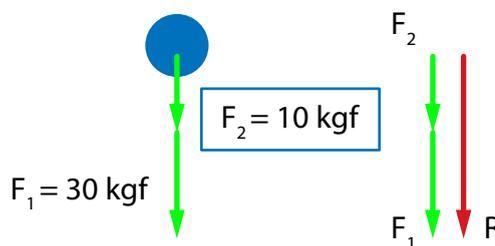


Sumas de vectores, en este caso trata fuerzas colineales

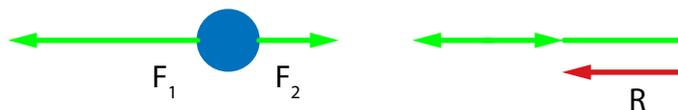
- de igual sentido: **la intensidad de la resultante es igual a la suma de las intensidades de las fuerzas intervinientes, e igual dirección y sentido que ellas.**

$$F_1 + F_2 = R$$

$$30 \text{ kgf} + 10 \text{ kgf} = 40 \text{ kgf}$$



- de distinto sentido: **la intensidad de la resultante es igual a la diferencia de las intensidades de las fuerzas intervinientes e igual dirección y el sentido es igual al de la mayor intensidad.**



$$F_1 = 30 \text{ kgf}; F_2 = 10 \text{ kgf} \quad R = 30 \text{ kgf} - 10 \text{ kgf} = 20 \text{ kgf}$$

Si se adopta la regla de signo de los ejes cartesianos la fuerza de 30 kgf sería negativa y la de 10 kgf sería positiva, por lo que la resultante sería negativa, lo que indica que adopta el sentido de la de mayor valor absoluto.

No colineales: no tienen la misma dirección, pero sus líneas de acción se cortan, están en un mismo plano. Son concurrentes.

¡Existen varios métodos gráficos y analíticos para hallar la resultante, en este caso aplicaremos el método de la poligonal, es un método gráfico, el valor de la intensidad se halla mediante escala de medida.

Escala 1 cm = 10 N $F_1 = 40$ N $F_2 = 20$ N. $F_3 = 10$ N

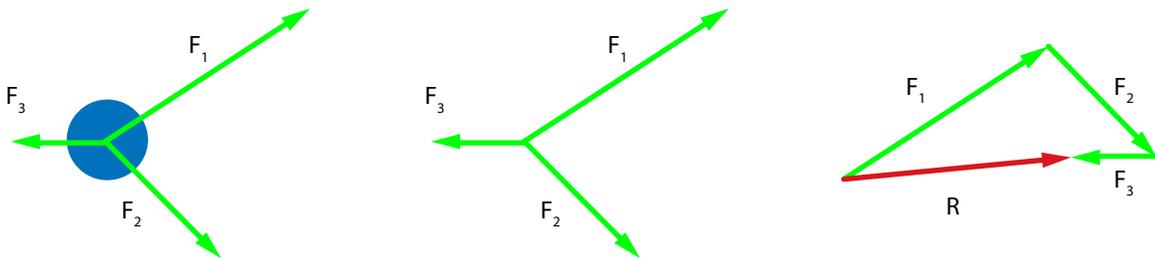


Diagrama del cuerpo libre

La resultante es de aproximadamente 25N

Este método es gráfico. **Se coloca una fuerza a continuación de la otra, con vectores equipolentes (igual intensidad, dirección y sentido) y la resultante es el vector con su origen en el origen de la primera fuerza y su extremo en el extremo de la última. En el caso de que el sistema tenga dos fuerzas perpendiculares, para su cálculo analítico se utiliza el teorema de Pitágoras.**

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

EJERCITACIÓN

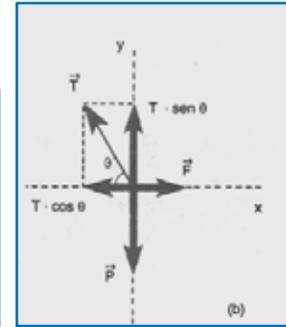
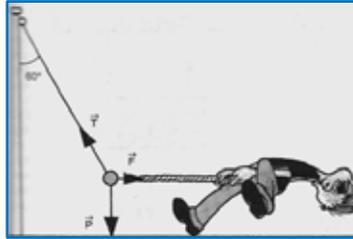
1- ¿Qué fuerza se debe ejercer sobre un cuerpo de 12 kg, para que se acelere a razón de $3,5 \text{ m/s}^2$?

2- Una esfera de acero, cuyo peso es $P = 50$ kgf está suspendida de una cuerda atada a un poste. Una persona, al ejercer sobre la esfera una fuerza horizontal, la desplaza lateralmente, manteniéndola en equilibrio en la posición que se muestra en la figura.

En esta figura, el vector T representa la tensión de la cuerda, o sea, la fuerza que ejerce la cuerda sobre la esfera en esa posición.

a. Calcula el valor de la tensión en la cuerda.

b. Halla el valor de la fuerza que la persona está ejerciendo.



3- Sobre un cuerpo de 8 kg de masa, se ejercen fuerzas de 12 N y de 5N que forman entre sí un ángulo de 90° . Calcular la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo y la aceleración que experimenta. $R= 13N \quad 1,62 \text{ m/s}^2$.

4- Sobre un cuerpo de 4 kg, inicialmente en reposo, actúa una fuerza de 32 N. ¿Qué velocidad llevará el cuerpo cuando ha recorrido 14 m?, $R=14,96 \text{ m/s}$

5- Si sobre un cuerpo actúa una fuerza de 54 N, este se acelera a razón de 9 m/s^2 . ¿Cuánto se acelerará si la fuerza aplicada fuera de 6N? $R= 1 \text{ m/s}^2$

3. TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA

El término trabajo, energía y potencia son palabras cuyo significado en física es muy diferente en nuestra vida cotidiana.



Para empezar, imagine que empuja un pesado sofá por el piso de la sala de su casa. Si empuja el sofá y este experimenta un desplazamiento, entonces ha realizado trabajo sobre el sofá.

El trabajo se puede definir en forma más precisa con ayuda de la figura A. Aquí vemos un objeto que experimenta un desplazamiento Δx a lo largo

de una recta, mientras sobre él actúa una **fuerza constante** F que forma un ángulo θ con Δx (hemos supuesto un desplazamiento horizontal, aunque podríamos haber escogido cualquier dirección arbitraria.) La fuerza ha logrado algo: ha movido el objeto, por lo tanto la fuerza realizó trabajo sobre el objeto.

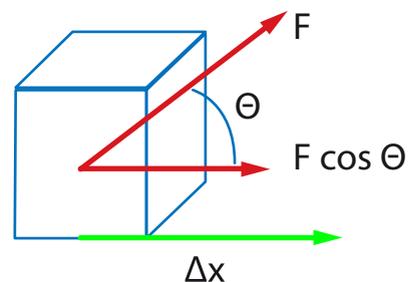


FIGURA A

El trabajo W realizado por una **fuerza constante** sobre un objeto se define como el producto del componente de la fuerza a lo largo de la dirección del desplazamiento y la magnitud del desplazamiento:

$$W = (F \cdot \cos \Theta) \cdot \Delta x$$

Las unidades de trabajo son las mismas que las de energía.

Sistema Internacional: Joule (J)

Sistema cgs: ergio

Sistema Técnico: kilográmetro (kgm)

Sabemos que tanto la fuerza como el desplazamiento son magnitudes vectoriales y en cambio el trabajo es una magnitud escalar, esto se explica a que el producto de estos vectores es en realidad un producto escalar por lo tanto podemos expresarlo de la siguiente manera:

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x}$$

Note que esta expresión nos habla sólo de la fuerza aplicada y del desplazamiento del objeto. No tenemos información acerca de cuánto tiempo tardó este desplazamiento en ocurrir, ni acerca de la velocidad o aceleración. No necesitamos estos valores para hallar el trabajo realizado.

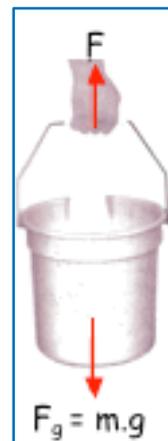
Observe que **el trabajo es una magnitud escalar**, no hay dirección asociada con él. De hecho, todos los tipos de energía y transferencia de energía son cantidades escalares. Esta es una de las características favorables del planteamiento de la energía, es decir, **¡es más fácil trabajar con cantidades escalares que con cantidades vectoriales!**

Como ejemplo de la distinción entre el trabajo en física y nuestra idea cotidiana de la palabra, considere que sostiene una pesada silla con los brazos extendidos durante 10 minutos. Al terminar este tiempo, sus cansados brazos pueden hacerle pensar que ha realizado una considerable cantidad de trabajo. Sin embargo, según la definición dada líneas antes, no se ha realizado ningún trabajo sobre la silla. Usted ha ejercido una fuerza sobre la silla para sostenerla, pero no la ha movido nada.

Una fuerza no realiza trabajo sobre un objeto si este no se sufre un desplazamiento, lo cual se puede ver si se observa que si $\Delta x = 0$, la ecuación da $W = 0$.

El trabajo también es cero si la fuerza aplicada es cero, es decir, si usted no empuja, no realiza ningún trabajo.

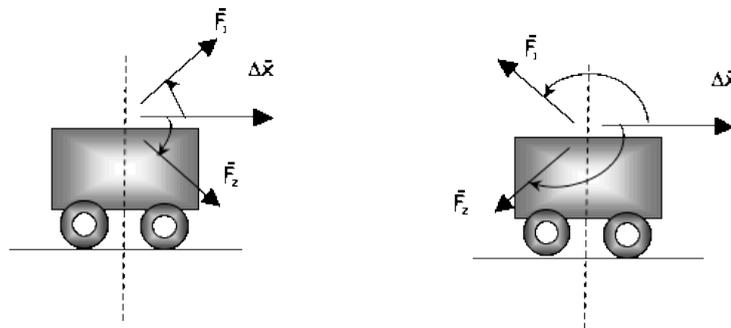
También observe de la ecuación que el trabajo realizado por una fuerza es cero cuando la dirección de la fuerza es perpendicular a la del desplazamiento. Esto es, si $\Theta = 90^\circ$, entonces $W = 0$ porque $\cos 90^\circ = 0$. Por ejemplo, no se realiza trabajo sobre una cubeta de agua cuando se lleva



horizontalmente a velocidad constante, porque la fuerza hacia arriba ejercida para sostener la cubeta es perpendicular al desplazamiento de la cubeta, como se ve en la figura. Del mismo modo, el trabajo realizado por la fuerza de gravedad durante el desplazamiento horizontal también es cero, por la misma razón.

En general, un objeto puede estar en movimiento bajo la influencia de varias fuerzas externas. En ese caso, el trabajo total realizado cuando el objeto experimenta algún desplazamiento es la suma algebraica de la cantidad de trabajo realizado por cada fuerza o bien el trabajo de la fuerza resultante.

El trabajo puede ser positivo o negativo. El signo depende de la dirección de F con respecto a la dirección de Δx . El trabajo realizado por la fuerza aplicada es positivo cuando el vector asociado con la componente $F \cdot \cos\theta$ está en la misma dirección que el desplazamiento.



Cuando la dirección de la fuerza con la dirección del desplazamiento forman ángulos:

- entre $[0^\circ, 90^\circ)$, el trabajo es positivo porque el $\cos\theta$ es positivo,
- de 90° , el trabajo es cero, porque el $\cos\theta$ es cero,
- entre $(90^\circ, 180^\circ)$ el trabajo es negativo porque el $\cos\theta$ es negativo,

Al trabajo positivo se lo denomina potente o motor y al negativo resistente o disipativo.

Un ejemplo: cuando una persona levanta una caja, el trabajo realizado por la fuerza ejercida sobre la caja es positivo porque esa fuerza es hacia arriba, en la misma dirección que el desplazamiento. Cuando el vector asociado con la componente $F \cdot \cos\theta$ está en la dirección opuesta al desplazamiento, W es negativo. Entonces, cuando la persona baja la caja al piso, realiza trabajo negativo sobre la caja porque todavía ejerce una fuerza hacia arriba sobre ella, pero el desplazamiento es ahora hacia abajo. En general, el trabajo realizado por una fuerza sobre un objeto es negativo cuando la dirección en que actúa la fuerza es opuesta a la dirección de movimiento del objeto.

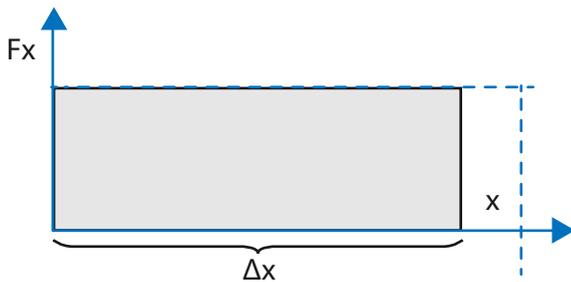
Si la **fuerza es constante** y aplicada en la dirección del desplazamiento entonces el $\cos\theta = 1$ y la ecuación queda: $W = F \cdot \Delta x$

Las ecuaciones anteriores son casos particulares de una ecuación más general, ya que en ambas se considera una fuerza constante en intensidad y dirección.

4.1. TRABAJO REALIZADO POR UNA FUERZA VARIABLE.

Supongamos que un cuerpo está siendo desplazado a lo largo del eje x por una fuerza que varía con la posición, en este caso no podemos usar la ecuación vista para calcular el trabajo realizado en lograr el desplazamiento, ya que el valor de la fuerza no es el mismo en todo punto.

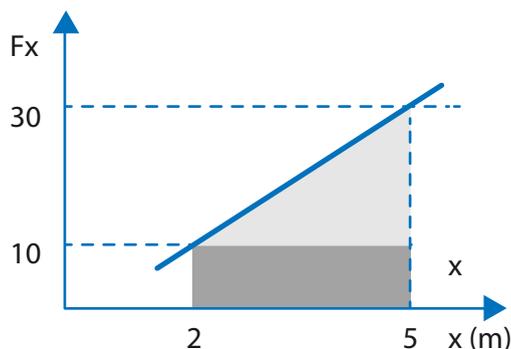
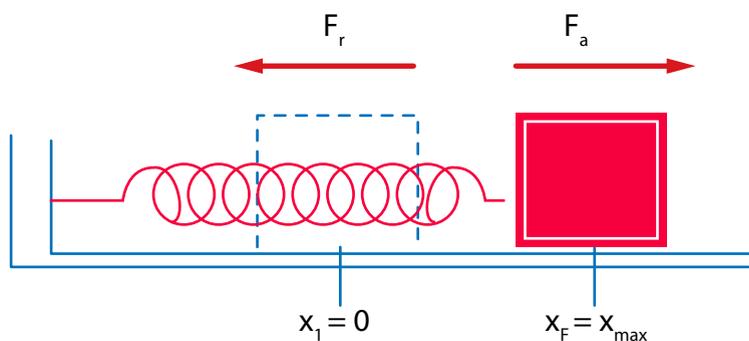
Existe un método gráfico, muy usado en Física, para resolver algunos de estos casos. Imaginemos que contamos con un gráfico que nos indica los valores de la componente de la fuerza en la dirección del movimiento (F_x), en función de la posición del objeto (x).



Si la componente de la fuerza es constante, la curva es una recta horizontal. El área del rectángulo representa el trabajo realizado por la fuerza en el desplazamiento correspondiente (indicado en el eje horizontal)

El trabajo realizado por una fuerza variable que actúa sobre un objeto que experimenta un desplazamiento es igual al área bajo la gráfica de F_x contra x .

Un sistema físico común, para el cual la fuerza varía con la posición, consta de un bloque sobre una superficie horizontal y sin fricción conectado a un resorte. Cuando el resorte se estira o comprime una pequeña distancia x desde su posición de equilibrio $x = 0$, ejerce una fuerza sobre el bloque dada por $F_r = -kx$, donde k es la constante de fuerza del resorte.

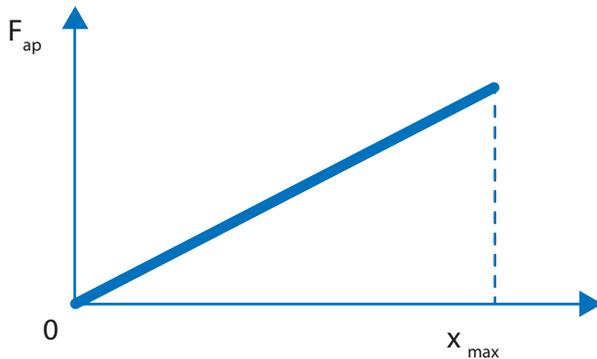


Si la fuerza cambia con la posición, también el área debajo de la curva representa el trabajo realizado. En este caso el área sombreada representa el trabajo hecho por la fuerza mientras el objeto se desplaza de la posición 2 m hasta la posición 5 m.

Área total = área del rectángulo + área del triángulo = base · Altura/2

$$= (3\text{m} \cdot 10\text{ N} + 3\text{m} \cdot 20\text{N})/2 = 60\text{ J}$$

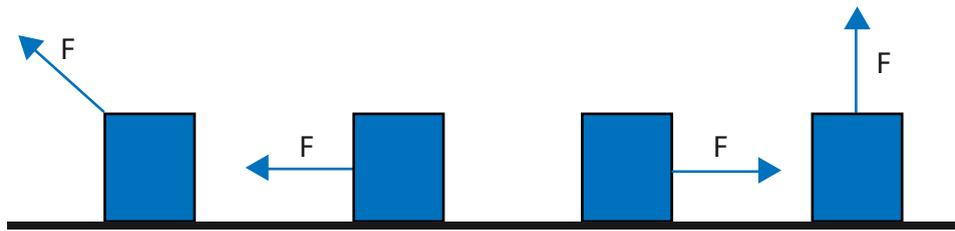
Gráfica de la fuerza externa que estira al resorte con velocidad constante respecto del desplazamiento



$$W_{F_{ap}} = \frac{1}{2} k \cdot x_{\text{máx}}^2$$

EJERCITACIÓN

1- La figura muestra cuatro situaciones en las que se ejerce una fuerza sobre un objeto. En los cuatro casos, la fuerza tiene la misma intensidad, y el desplazamiento del objeto es a la derecha y de la misma intensidad. Clasifica las situaciones en el orden del trabajo realizado por la fuerza sobre el objeto, del más positivo al más negativo.

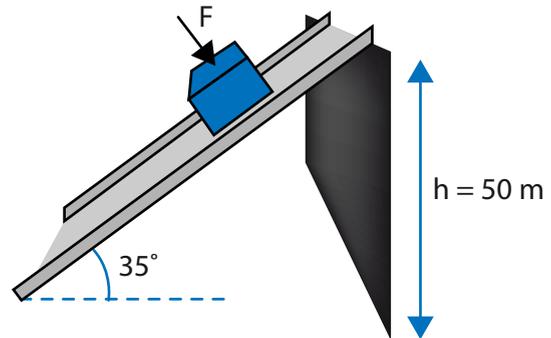


2- Una persona arrastra un cuerpo de 10 kg sobre una superficie horizontal ejerciendo sobre él una fuerza $F = 10 \text{ N}$, como muestra la figura. Sabiendo que el cuerpo se desplaza de A a B:

- ¿Cuál fue el trabajo realizado por la persona?
 - ¿Cuál fue el trabajo que realizó la fuerza normal en ese desplazamiento?
 - Si el coeficiente de fricción entre las superficies de contacto es de 0,2, ¿cuál fue el trabajo de la fuerza de fricción?
 - Considerando todas las respuestas anteriores calcula el trabajo total realizado sobre el bloque.
 - ¿La realización de ese trabajo produjo un aumento o una disminución de la velocidad?
- ¿Cuál es el valor de esa variación de velocidad?

3- Una caja, e 3 kg, baja por un plano inclinado a 35° y de 50 m altura. La fuerza F es de 1 N y el coeficiente de fricción entre la caja y el plano inclinado es de 0,15. A lo largo de todo el plano:

- ¿Cuál es el trabajo de la fuerza de rozamiento?
- ¿Cuál es el trabajo de la fuerza peso?
- ¿Cuál es el trabajo total?
- ¿Con qué velocidad llega al suelo?
- ¿Cuál es el trabajo de la fuerza F ?
- ¿Cuál sería el trabajo total si la caja bajara con movimiento rectilíneo uniforme?



ENERGÍA

No podemos definir con precisión qué es la energía, pero podemos comprender cómo se transforma y cómo se transfiere. En su transformación y transferencia siempre es necesario el trabajo de una fuerza

4.2. ENERGÍA CINÉTICA

Cuando un cuerpo está en movimiento, posee energía. La energía cinética de un cuerpo depende de su masa y su rapidez. No es lo mismo chocar contra un camión a 50 km/h que contra una bicicleta a la misma velocidad.

La energía cinética subyace a otras formas de energía en apariencia distintas, el sonido que consiste en vibraciones rítmicas de las moléculas del aire, la luz que surge del movimiento de electrones en el interior de los átomos, etc.

La energía cinética del viento



Las aves volando



Las olas del mar



Los hombres en movimiento



Existe una expresión sencilla que nos permite calcular la energía cinética de un cuerpo de masa m que se mueve con velocidad v :

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

La **energía cinética** es una magnitud escalar y mayor o igual a cero, es decir si dos cuerpos tienen la misma masa y la misma velocidad en módulo, tienen igual E_c sin importar las direcciones y los sentidos de estas. En el análisis de cualquier proceso, los cambios que se producen se relacionan con cambios en la energía de los cuerpos involucrados. Estos cambios pueden ser transferencias o transformaciones de la energía, pero nunca destrucción o creación de energía.

4.3. TEOREMA DEL TRABAJO Y DE LA ENERGÍA CINÉTICA

Ahora que hemos visto cómo evaluar el trabajo realizado por una fuerza sobre un objeto, exploremos el poder de este planteamiento. Resolver problemas con el uso de la 2ª ley de Newton puede ser difícil si las fuerzas que intervienen en el proceso son complicadas. Una manera alternativa de abordar estos problemas consiste en relacionar la rapidez de un objeto con el trabajo realizado sobre el objeto por alguna fuerza neta externa. Si el trabajo realizado por la fuerza neta sobre el objeto se puede calcular para un desplazamiento dado el cambio en la rapidez del objeto es fácil de evaluar. Veamos la forma de hacerlo:

Un objeto de masa m que se mueve a la derecha bajo la acción de una fuerza neta F_{net} a constante también dirigida a la derecha. Como la fuerza es constante, sabemos por la segunda ley de Newton que el objeto se mueve con aceleración constante "a". Si el objeto se desplaza una distancia de Δx , el trabajo realizado es:

$$W = F_{net} \cdot \Delta x = (m \cdot a) \cdot \Delta x$$

Si sabemos que:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x \Rightarrow a \cdot \Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2}$$

Podemos sustituir esta expresión en la primera ecuación y distribuir:

$$W = m \cdot \left(\frac{v^2 - v_0^2}{2} \right) \Rightarrow W = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

Es decir que

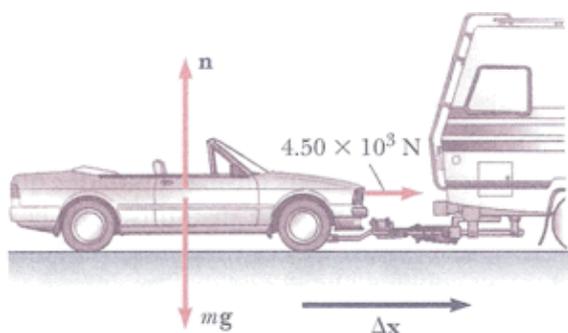
$$W_{neto} = \Delta E_{cinética}$$

Cuando una fuerza neta realiza trabajo sobre un objeto y el único cambio en el objeto es su rapidez, el trabajo realizado es igual a la variación en la energía cinética del objeto.

El teorema del trabajo y la energía cinética indica que la rapidez del objeto aumenta si el trabajo neto realizado sobre él es positivo, porque la energía cinética final es mayor que la energía cinética inicial. La rapidez decrece si el trabajo neto es negativo, porque la energía cinética final es menor que la energía cinética inicial.

Por comodidad, la ecuación se dedujo bajo la suposición de que la fuerza neta que actúa sobre el objeto es constante. Una derivación más general demostraría que esta ecuación es válida bajo todas las circunstancias, incluyendo la de una fuerza variable.

Ejemplo:

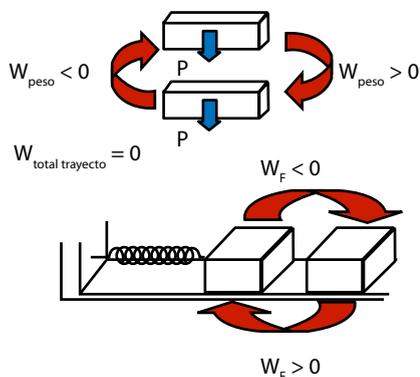


Para remolcar un auto de masa $1,40 \times 10^3$ kg se le aplica una fuerza neta hacia delante de $4,50 \times 10^3$ N como se muestra en la figura. El auto arranca desde el reposo y se desplaza por una carretera horizontal. Halle la rapidez del auto después de que ha recorrido 100 m. (Pase por alto las pérdidas de energía cinética causadas por la fricción y la resistencia del aire.)

Razonamiento tres fuerzas externas actúan sobre el auto. Ni la fuerza gravitacional ni la fuerza normal realizan trabajo sobre el auto porque estas fuerzas son verticales y el desplazamiento es horizontal. Debido a que pasamos por alto la fricción y la resistencia del aire, la única fuerza externa que incluimos en el cálculo es la fuerza hacia delante.
 $W = F \cdot \Delta x = 4,50 \times 10^3 \text{ N} \cdot 100 \text{ m} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ J}$

Con el uso del teorema del trabajo y la energía cinética y observando que la energía cinética inicial del auto es cero, encontramos la rapidez final del auto como sigue:
 $W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - 0$; entonces despejando nos queda: $v_{\text{final}} = 25,4 \text{ m/s}$

Observe que un cálculo de energía como este da solo la rapidez del objeto, no la velocidad. En muchos casos, esto es todo lo que se necesita. Si el lector necesita la dirección del vector de velocidad, debe analizar el diagrama o hacer otros cálculos.



¿Cuándo es conservativa una fuerza? Como ya hemos visto, las fuerzas conservativas realizan un trabajo negativo durante parte del trayecto (cuando utilizamos otra fuerza para vencerlas) y un trabajo positivo cuando se deja libre al cuerpo y este vuelve a su posición original. Ambos trabajos son iguales, de modo que si tenemos en cuenta la totalidad del trayecto, el trabajo total realizado por **la fuerza conservativa es nulo**. Ello nos va a servir para definir fuerza conservativa:

Definición

Una fuerza es conservativa si el trabajo total que realiza cuando el cuerpo sobre el que actúa, describe una trayectoria cerrada, volviendo a su posición inicial, es nulo.

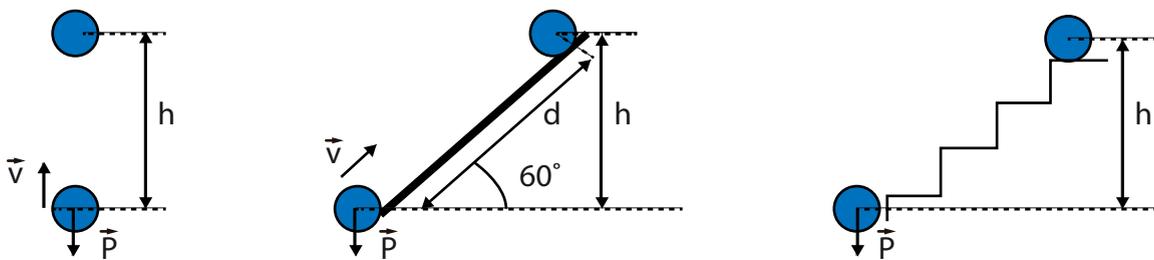
La definición de fuerza conservativa que hemos formulado es equivalente a otra, cuyo significado físico es muy importante:

Definición

El trabajo que realiza una fuerza conservativa, cuando el cuerpo sobre el que actúa se traslada desde una posición a otra, es independiente del camino seguido. Solo es función del cambio de nivel

Por ejemplo

si se sube un cuerpo -cómo indica la figura-, el trabajo realizado por la fuerza Peso en contra del desplazamiento (ascenso) es igual en cualquiera de los tres casos porque solo depende del cambio de nivel h . En cambio el trabajo realizado por la fuerza encargada de subirlo será positivo y sí depende del camino recorrido.



Como vemos la fuerza gravitatoria, Peso, al igual que la fuerza eléctrica y la elástica cuando realizan trabajos sobre un cuerpo, estos son independientes de la trayectoria seguida.

Este tipo de fuerzas siempre tiene una **energía potencial asociada**, ya que el trabajo utilizado en vencerlas no se pierde, sino que queda allí, en forma latente, pudiendo ser devuelto posteriormente.

4.5. ENERGÍA POTENCIAL

Hay cuerpos capaces de almacenar energía, la que puede recuperarse después.

Por ejemplo

- Una piedra ubicada en la cima de una montaña.
- Un arco con la cuerda bien tensionada.
- Una cantidad de pólvora contenida en un cohete de pirotecnia o en una cañita voladora.
- Una nube de tormenta.
- Una roca de uranio.

La energía almacenada en un cuerpo se llama energía potencial (Ep).

La piedra arriba de la montaña, por ejemplo, tiene energía por el hecho de estar situada a cierta altura con respecto del suelo. Mientras cae, modifica su altura y choca con otras piedras, realizando cambios en su estado y en el de otros cuerpos. A la energía que tiene almacenada un cuerpo por estar en un determinado nivel de altura se la llama energía **potencial gravitatoria (EpG)**.



El arco tiene energía por el hecho de estar tensa su cuerda. Esto le permite poner en movimiento la flecha e impactar en un blanco. Una situación similar se ve en el caso de un resorte comprimido, como en el disparador de los antiguos "flippers", que es capaz de empujar una bolita. A la energía que pueden almacenar los cuerpos elásticos (como los resortes, el arco, los elásticos, las banditas de goma, etc.) se la llama energía **potencial elástica (EpE)**.

La pólvora puede liberar energía a través de un proceso químico llamado combustión. Este proceso se inicia al encenderla. Lo mismo ocurre con cualquier otro combustible como la nafta, el querosén o el alcohol. La energía almacenada en todos ellos se llama **energía química**.



La nube tiene energía por el hecho de estar cargada eléctricamente lo mismo que una birome frotada con un paño, pero en mucha mayor dimensión. La energía almacenada en cuerpos cargados y liberada a través de corrientes eléctricas se llama **energía eléctrica**.

Un átomo cualquiera tiene energía en su núcleo. En el caso de los átomos de uranio se puede liberar la energía a través de la fisión nuclear que se logra en un reactor. Este tipo de energía se denomina **energía nuclear**.



Definición

Todas las energías que se denominan potenciales, se debe a que son energías almacenadas en los cuerpos, originadas por interacciones entre ellos o entre sus partículas constituyentes.

Energía Potencial Gravitatoria

Para un cuerpo situado en la superficie de la Tierra, a una altura h , la energía potencial gravitatoria viene definida por: $E_p(h) = m \cdot g \cdot h$ donde g es la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra.

Energía mecánica

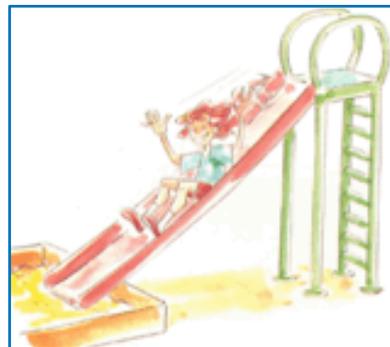
un cuerpo puede tener simultáneamente más de un tipo de energía. Por ejemplo, un chico que se lanza por un tobogán en cualquier momento de su caída tiene a la vez energía potencial (por hallarse a cierta altura con respecto del piso) y energía cinética (por hallarse en movimiento).

Se llama energía mecánica (Em) a la suma de la energía cinética y potencial que tiene un cuerpo:

$$E_m = E_c + E_p$$

En general, **todas las energías pueden considerarse básicamente como una combinación de energías potenciales y/o energía cinética.**

En la chica que se desliza por un tobogán, la energía potencial inicial disminuye a medida que se baja en el tobogán, porque disminuye la altura a la que está la chica, respecto del piso. Mientras tanto, la energía cinética aumenta desde cero a su máximo valor justo antes de que la chica choque con la arena. Se gana energía cinética a expensas de perder energía potencial. Pero, seguramente, habrás notado que, cuando te deslizas por un tobogán, aparte de aumentar la velocidad, sientes "calor". Debido al rozamiento, parte de la energía mecánica inicial se disipa en forma de calor.



Unidades de energía	Equivalencias
S.I. joule = N. m = J	1 joule = 1. 10 ⁷ ergios
c.g.s ergio = dina. cm	1 kgf . m = 9,8 J
Téc. E. kgf . m	1 kgf . m = 9,8 . 10 ⁷ ergios

Principio de conservación de la energía

Definición

La energía no se crea ni se destruye. En cualquier sistema considerado en su totalidad, hay una cantidad que no cambia: la energía. Puede transformarse o transferirse, pero el balance total de energía del sistema permanece constante.

Teniendo en cuenta el trabajo y el concepto de fuerzas conservativas se puede sintetizar: El Trabajo de las fuerzas consecutivas no altera la energía mecánica del sistema.

Lo más interesante no es el valor **m.g.h** obtenido, **sino la relación que existe entre la energía potencial** y el trabajo que realiza la fuerza conservativa, en este caso el peso.

En el ejemplo de la niña que se desplaza por el tobogán, el trabajo realizado por la fuerza peso es igual a la variación de su energía potencial: esto es $W_p = m.g.h$, de modo que tenemos:

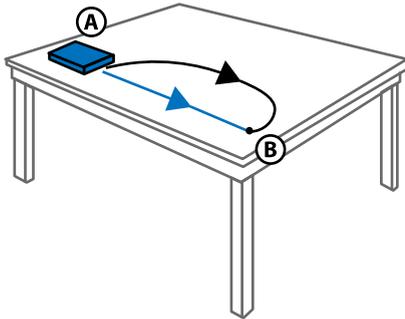
$$\Delta E_p = -W_p$$

La relación que existe entre la variación de energía potencial y el trabajo realizado por la fuerza peso puede generalizarse para cualquier otra fuerza conservativa:

$$\Delta E_p = -W_{F \text{ conservativa}}$$

4.6. FUERZAS NO CONSERVATIVAS

Una fuerza es no conservativa **si el trabajo que realiza sobre un objeto depende de la trayectoria tomada** por el objeto entre sus puntos final e inicial. Algunos ejemplos



comunes de fuerzas no conservativas son la fricción cinética, la fricción viscosa del aire y las fuerzas propulsoras, por ejemplo, la fuerza ejercida por un motor a reacción sobre un avión y la fuerza ejercida por una hélice sobre un submarino.

Para comprender esto con mayor claridad, supongamos que el lector desplaza un libro entre dos puntos en una mesa como se ve en la figura. Si el libro es desplazado en línea recta a lo largo de la trayectoria gris entre los puntos A y B, se realiza cierta cantidad de trabajo contra la fuerza de fricción cinética para mantener el libro en movimiento a una rapidez constante. Ahora imaginemos que usted empuja el libro a lo largo de la trayectoria negra semicircular de la figura. Se realiza más trabajo contra la fricción a lo largo de esta trayectoria más larga que a lo largo de la recta. El trabajo realizado depende de la trayectoria, de modo que la fuerza de fricción es no conservativa.

En cualquier situación real, tanto fuerzas conservativas como no conservativas actúan sobre un objeto al mismo tiempo.

La forma de hacer cálculos de energía en estos problemas es separar en dos categorías el trabajo total realizado: el hecho por las fuerzas conservativas, W_c y el realizado por las fuerzas no conservativas, W_{nc} .

4.7. CONSERVACION DE LA ENERGÍA MECÁNICA

Antes que describamos sus detalles matemáticos, examinemos lo que significa conservación. Cuando decimos que una cantidad física se conserva, simplemente queremos decir que, el valor numérico de la cantidad, permanece constante. Aun cuando la forma de la cantidad puede cambiar en algún modo, su valor final es el mismo que su valor inicial. Por ejemplo, la energía en un sistema aislado puede cambiar de energía potencial gravitatoria a energía cinética o a alguna otra forma, pero el sistema nunca pierde energía. La cantidad total de energía del sistema permanece constante.

Cuando un objeto se deja caer al piso; al caer, aumenta su rapidez y, por tanto, su energía cinética, mientras que la energía potencial del sistema objeto-Tierra disminuye. Si se pasan por alto las fuerzas no conservativas como la resistencia del aire, cualquier energía potencial que se pierde a medida que el objeto se mueve hacia abajo aparece como energía cinética. **En otras palabras, la suma de las energías cinética y potencial, llamadas la energía mecánica total E , permanece constante.** Este es un ejemplo del principio de conservación de la energía mecánica. Para el caso de un objeto en caída libre, este principio nos dice que cualquier aumento (o disminución) en la energía potencial es acompañado por igual disminución (o aumento) en su energía cinética.

Cuando sobre un cuerpo actúan fuerzas **no conservativas**, como por ejemplo los rozamientos cinéticos, la suma de las energías cinética y potencial del cuerpo no se mantie-

ne constante. En consecuencia, no podemos, pues, aplicar el teorema de conservación de la energía mecánica.

Si suponemos que sobre un cuerpo actúan fuer–zas conservativas y fuerzas no conservativas y re-presentamos por W_c , y W_{nc} el trabajo realizado por cada una de ellas, tendremos que, para el trabajo resultante:

$$W = W_c + W_{nc} = \Delta E_c$$

Pero el trabajo realizado por las fuerzas conservativas: $W_c = -\Delta E_p$ de modo que el balance de energía puede ahora expresarse en la forma:

$$\Delta E_c + \Delta E_p = W_{nc}$$

Si existen rozamientos cinéticos, el W es, en general, negativo, dado que la fuerza de rozamiento generalmente se opone al movimiento. En ese caso, podemos considerar que el cuerpo está disipando energía.

4.8. POTENCIA

Definición

La potencia se define como la rapidez de transferencia de energía.

Si se aplica una fuerza externa a un objeto y si el trabajo realizado por esta fuerza es W en el intervalo de tiempo Δt , entonces la potencia media durante este intervalo se define como la razón entre el trabajo realizado y el intervalo de tiempo:

$$\text{Pot} = \frac{W}{\Delta t}$$

A veces es útil escribir la ecuación reemplazando $W = F \cdot \Delta x$ de manera que la expresión queda:

$$\text{Pot} = F \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} = F \cdot \text{Vel}_{\text{media}}$$

Esto es, la potencia media entregada a un objeto es igual al producto de la fuerza que actúa sobre el objeto durante algún intervalo de tiempo y la rapidez media del objeto durante este intervalo de tiempo. En la ecuación anterior F es la componente de fuerza en la dirección de la velocidad media.

La unidad de potencia en el SI es joule por segundo, que también se llama watt (W) en honor a James Watt:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$$

El caballo de potencia fue definido primero por Watt, quien necesitaba una unidad de gran potencia para evaluar la salida de potencia de su nuevo invento, la máquina de vapor.

El watt se utiliza, por lo general, en aplicaciones eléctricas, pero también se puede usar en otros campos de la ciencia. Por ejemplo, los motores de autos deportivos europeos se tasan actualmente en kilowatt.

A continuación definimos las unidades de energía (o trabajo) en términos de la unidad de potencia, el watt. Un kilowatt-hora (kWh) es la energía transferida en 1 h a una tasa constante de $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$. Por tanto:

$$1 \text{ kWh} = (10^3 \text{ W}) \cdot (3600 \text{ s}) = (10^3 \text{ J/s}) (3600 \text{ s}) = 3,60 \times 10^6 \text{ J}$$

Es importante ver que un kilowatt-hora es una unidad de energía, no de potencia.

Cuando pagamos la cuenta de energía eléctrica, compramos energía y, por eso, nuestra cuenta detalla un cobro por electricidad (no es juego de palabras) de unos X pesos /kWh. La cantidad de electricidad usada por un aparato electrodoméstico se puede calcular si se multiplica su potencia (expresada en watt y válido sólo para circuitos eléctricos domésticos normales) por el tiempo que opere el aparato.

5. Ejercitación para el estudiante

Marca como verdadero (V) o falso (F)

- ___ 1- Toda variación de la velocidad de un cuerpo exige la existencia de una fuerza resultante aplicada sobre el mismo.
- ___ 2- Solo la fuerza gravitatoria es una fuerza a distancia.
- ___ 3- Si a dos cuerpos de diferente masa se les aplica la misma fuerza, el de menor masa va a cambiar más su velocidad.
- ___ 4- Es posible que un objeto tenga en un instante velocidad cero y, sin embargo, que esté acelerado
- ___ 5- Un cuerpo que en la tierra pesa 2 kgf , en un planeta donde su gravedad es el doble que en la tierra su peso será 39,2 N.
- ___ 6- Si un cuerpo en la tierra, apoyado sobre una mesa, está en reposo, las dos fuerzas que actúan sobre él son un par de acción y reacción.
- ___ 7- 6,37.107 dinas equivale a 65 kgf.
- ___ 8- Puede actuar una fuerza de rozamiento dinámica y la resultante del sistema ser nula.
- ___ 9- Las fuerzas de rozamiento no dependen del tamaño de las superficies de contacto.
- ___ 10- Las fuerzas de rozamiento tienen igual dirección que el vector desplazamiento.
- ___ 11- En el SI el coeficiente de rozamiento tiene como unidad de medida el newton.
- ___ 12- La ecuación de cálculo de la fuerza de rozamiento ($\mu \cdot N$) no es vectorial

RESUELVE LAS SIGUIENTES SITUACIONES

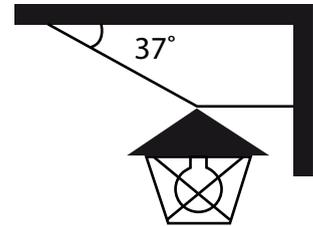
- 1- Un hombre empuja un carrito cargado, de modo que la fuerza resultante sobre el mismo es de 60 kgf. Como consecuencia, adquiere una aceleración de $1,5 \text{ m/s}^2$. Hallar la masa del carrito con carga.
- 2- Si se quita carga, de modo que la masa se reduce a la tercera parte y, suponemos que

la fuerza resultante que actúa es la misma, hallar la nueva aceleración del carrito.

3- Si la masa de un balde es 40 kg. Determina la fuerza que se ejerce sobre el cable al subirlo, cuando el balde:

- a) Permanece en reposo.
- b) Sube con velocidad constante de 2 m/s.
- c) Sube, aumentando su velocidad a razón de 2 m/s en cada segundo.
- d) Sube, disminuyendo su velocidad a razón de 2 m/s en cada segundo.

4- Un farol de 3,6 kg permanece en reposo, colgado como se indica en la figura. Determina la fuerza que ejerce cada cuerda.



5- Un cuerpo de masa m se encuentra en reposo, apoyado sobre una mesa horizontal que presenta rozamiento despreciable. Analiza, sin hacer cuentas:

- a) ¿Qué intensidad mínima tendrá la fuerza horizontal necesaria para moverlo?
- b) ¿Qué aceleración tendrá si se le aplica una fuerza vertical, hacia arriba, de módulo igual al de su propio peso?

6- Hallar la aceleración de un esquiador que se desliza por la ladera de una colina inclinada 30° con la horizontal, con rozamiento despreciable. ¿Cuál será la inclinación de la pista, cuando su aceleración sea 8 m/s^2 ?

7- Un péndulo cuelga en reposo del techo de un coche de ferrocarril, detenido en una vía horizontal. Si el tren arranca con aceleración constante, ¿qué ocurre con el péndulo, si se lo coloca en una posición donde permanece sin oscilar?

8- ¿Hasta qué altura habría que subir un paquete de 3 kg para realizar un trabajo de 5J?
R= 0,17 m

9- Calcula el trabajo realizado para transportar a lo largo de 100 m una carga de 80 kg por una rampa inclinada 15° con respecto a la horizontal, como se ve en la figura. Supongan que no hay rozamiento. R= 20.291 J

10- Un camión de 6 Tn se desplaza a 72 km/h. En un momento dado, el conductor acelera hasta que su velocidad pasa a ser de 90 km/h.

- a) ¿Cuál es el trabajo que ha realizado el motor del camión, durante el cambio de velocidad anteriormente mencionado?
- b) ¿En cuánto tiempo puede lograr este aumento de velocidad si su motor desarrolla una potencia de 150 HP? R= 675 000 J ; 6 s

11- Una grúa eleva un cuerpo de 200 kg hasta una altura de 10 m en 30 s y otra realiza la misma operación en 40 s.

- a) ¿Cuál de las dos grúas ha realizado más trabajo?
- b) ¿Cuál desarrolla más potencia? Justifiquen las respuestas?