

## Leyes de Newton

1. [1ª Ley de Newton o ley de la inercia: \(ejemplo\)](#)
2. [2ª Ley de Newton: \(ejemplo\)](#)
3. [Fuerza. Aceleración](#)
4. [Masa Inercial](#)
5. [Ecuaciones](#)
6. [Fuerza Masa y Peso](#)
7. [Equilibrio Dinámico \(ejemplo\)](#)
8. [3ª Ley de Newton: \(ejemplo\)](#)
9. [Fuerza Normal \(ejemplo\)](#)
10. [Fuerza de rozamiento o Roce: \(ejemplo\)](#)
11. [Aplicaciones de las Leyes de Newton](#)

Se denomina Leyes de Newton a tres leyes concernientes al movimiento de los cuerpos. La formulación matemática fue publicada por Isaac Newton en 1687 en su obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*.

### 1ª Ley de Newton o ley de la inercia: (ejemplo)

*Un cuerpo permanecerá en un estado de reposo o de movimiento uniforme, a menos de que una fuerza externa actúe sobre él.*

La primera ley de Newton, conocida también como Ley de inercia, nos dice que si sobre un cuerpo no actúa ningún otro, este permanecerá indefinidamente moviéndose en línea recta con velocidad constante (incluido el estado de reposo, que equivale a velocidad cero).

Como sabemos, el movimiento es relativo, es decir, depende de cual sea el observador que describa el movimiento.

Así, *ejemplo*, para un pasajero de un tren, el interventor viene caminando lentamente por el pasillo del tren, mientras que para alguien que ve pasar el tren desde el andén de una estación, el interventor se está moviendo a una gran velocidad. Se necesita, por tanto, un *sistema de referencia* al cual referir el movimiento.

La primera ley de Newton sirve para definir un tipo especial de sistemas de referencia conocidos como Sistemas de referencia inerciales, que son aquellos sistemas de referencia desde los que se observa que un cuerpo sobre el que no actúa ninguna fuerza neta se mueve con velocidad constante.

En realidad, es imposible encontrar un sistema de referencia inercial, puesto que siempre hay algún tipo de fuerzas actuando sobre los cuerpos, pero siempre es posible encontrar un sistema de referencia en el que el problema que estemos estudiando se pueda tratar como si estuviésemos en un sistema inercial. En muchos casos, por *ejemplo*, suponer a un observador fijo en la Tierra es una buena aproximación de sistema inercial.

### 2ª Ley de Newton: (ejemplo)

*Siempre que una fuerza actúe sobre un cuerpo produce una aceleración en la dirección de la fuerza que es directamente proporcional a la fuerza pero inversamente proporcional a la masa.*

La Primera ley de Newton nos dice que para que un cuerpo altere su movimiento es necesario que exista *algo* que provoque dicho cambio. Ese *algo* es lo que conocemos como *fuerzas*. Estas son el resultado de la acción de unos cuerpos sobre otros.

La Segunda ley de Newton se encarga de cuantificar el concepto de fuerza. Nos dice que *la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es proporcional a la aceleración que adquiere dicho cuerpo*. La constante de proporcionalidad es la *masa del cuerpo*, de manera que podemos expresar la relación de la siguiente manera:

$$F = m a$$

Tanto la fuerza como la aceleración son magnitudes vectoriales, es decir, tienen, además de un valor, una dirección y un sentido. De esta manera, la Segunda ley de Newton debe expresarse como:

$$F = m a$$

La unidad de fuerza en el *Sistema Internacional* es el *Newton* y se representa por N. Un *Newton* es la fuerza que hay que ejercer sobre un cuerpo de *un kilogramo de masa* para que adquiera una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$ , o sea,

$$1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$$

La expresión de la Segunda ley de Newton que hemos dado es válida para cuerpos cuya masa sea constante. Si la masa varía, como por ejemplo un cohete que va quemando combustible, no es válida la relación  $F = m \cdot a$ . Vamos a generalizar la Segunda ley de Newton para que incluya el caso de sistemas en los que pueda variar la masa.

Para ello primero vamos a definir una magnitud física nueva. Esta magnitud física es la cantidad de movimiento que se representa por la letra  $p$  y que se define como el producto de la *masa de un cuerpo por su velocidad*, es decir:

$$p = m \cdot v$$

La cantidad de movimiento también se conoce como *momento lineal*. Es una magnitud vectorial y, en el *Sistema Internacional* se mide en  $\text{Kg} \cdot \text{m/s}$ . En términos de esta nueva magnitud física, la Segunda ley de Newton se expresa de la siguiente manera:

La Fuerza que actúa sobre un cuerpo es igual a la variación temporal de la cantidad de movimiento de dicho cuerpo, es decir,

$$F = dp/dt$$

De esta forma incluimos también el caso de cuerpos cuya masa no sea constante. Para el caso de que la masa sea constante, recordando la definición de cantidad de movimiento y que como se deriva un producto tenemos:

$$F = d(m \cdot v)/dt = m \cdot dv/dt + dm/dt \cdot v$$

Como la masa es constante

$$dm/dt = 0$$

Y recordando la definición de aceleración, nos queda

$$F = m a$$

Tal y como habíamos visto anteriormente.

Otra consecuencia de expresar la Segunda ley de Newton usando la cantidad de movimiento es lo que se conoce como Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Si la fuerza total que actúa sobre un cuerpo es cero, la Segunda ley de Newton nos dice que:

$$0 = dp/dt$$

Es decir, que la derivada de la cantidad de movimiento con respecto al tiempo es cero. Esto significa que la cantidad de movimiento debe ser constante en el tiempo (*la derivada de una constante es cero*). Esto es el Principio de conservación de la cantidad de movimiento: *si la fuerza total que actúa sobre un cuerpo es nula, la cantidad de movimiento del cuerpo permanece constante en el tiempo*.

## **Fuerza**

Fuerza es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, o de producir una deformación.

## **Aceleración**

Se define la aceleración como la relación entre la variación o cambio de velocidad de un móvil y el tiempo transcurrido en dicho cambio:  $a = (v - v_0)/t$

Donde “a” es la aceleración, “v” la velocidad final, “vo” la velocidad inicial y “t” el tiempo.

### Masa Inercial

La masa inercial es una medida de la inercia de un objeto, que es la resistencia que ofrece a cambiar su estado de movimiento cuando se le aplica una fuerza. Un objeto con una masa inercial pequeña puede cambiar su movimiento con facilidad, mientras que un objeto con una masa inercial grande lo hace con dificultad.

La masa inercial viene determinada por la Segunda y Tercera Ley de Newton. Dado un objeto con una masa inercial conocida, se puede obtener la masa inercial de cualquier otro haciendo que ejerzan una fuerza entre sí. Conforme a la Tercera Ley de Newton, la fuerza experimentada por cada uno será de igual magnitud y sentido opuesto. Esto permite estudiar qué resistencia presenta cada objeto a fuerzas aplicadas de forma similar.

Dados dos cuerpos, A y B, con masas inerciales  $m_A$  (conocida) y  $m_B$  (que se desea determinar), en la hipótesis que las masas son constantes y que ambos cuerpos están aislados de otras influencias físicas, de forma que la única fuerza presente sobre A es la que ejerce B, denominada  $F_{AB}$ , y la única fuerza presente sobre B es la que ejerce A, denominada  $F_{BA}$ , de acuerdo con la Segunda Ley de Newton:

$$F_{AB} = m_A a_A$$
$$F_{BA} = m_B a_B.$$

Donde  $a_A$  y  $a_B$  son las aceleraciones de A y B, respectivamente. Es necesario que estas aceleraciones no sean nulas, es decir, que las fuerzas entre los dos objetos no sean iguales a cero. Una forma de lograrlo es, por ejemplo, hacer colisionar los dos cuerpos y efectuar las mediciones durante el choque.

La Tercera Ley de Newton afirma que las dos fuerzas son iguales y opuestas:

$$F_{AB} = - F_{BA}.$$

Sustituyendo en las ecuaciones anteriores, se obtiene la masa de B como

$$m_B = \frac{a_A}{a_B} m_A.$$

Así, el medir  $a_A$  y  $a_B$  permite determinar  $m_A$  en términos  $m_B$ , que era lo buscado. Obsérvese que el requisito que  $a_B$  sea distinto de cero hace que esta ecuación quede bien definida.

En el razonamiento anterior se ha supuesto que las masas de A y B son constantes. Se trata de una suposición fundamental, conocida como la conservación de la masa, y se basa en la hipótesis de que la materia no puede ser creada ni destruida, sólo transformada (dividida o recombinada). Es a veces útil, sin embargo, considerar la variación de la masa del cuerpo en el tiempo: por ejemplo la masa de un cohete decrece durante su lanzamiento.

Esta aproximación se hace ignorando la materia que entra y sale del sistema. En el caso del cohete, esta materia se corresponde con el combustible que es expulsado; si tuviéramos que medir la masa conjunta del cohete y del combustible, comprobaríamos que es constante.

### Ecuaciones

Ecuación, igualdad en la que intervienen una o más letras, llamadas incógnitas. Es decir, es una igualdad entre expresiones algebraicas.

Las expresiones que están a ambos lados del signo igual son los miembros de la ecuación: primer miembro el de la izquierda, segundo miembro el de la derecha.

Se llama solución de una ecuación a un valor de la incógnita, o a un conjunto de valores de las incógnitas, para los cuales se verifica la igualdad. Una ecuación puede tener una, ninguna o varias soluciones.

### Fuerza Masa y Peso

*El peso y la masa* de los cuerpos son conceptos diferentes aunque estrechamente relacionados.

- *La masa* es un propiedad de la materia , es constante para cada cuerpo

- *El peso* de la fuerza con que un cuerpo es atraído por la Tierra

Bien, *masa* es la medida de cuánta materia hay en un objeto; el *peso* es una medida de qué tanta *fuerza* ejerce la gravedad sobre ese objeto. Su propia *masa* es la misma no importa si está en la tierra, en la luna, o flotando en el espacio--porque la cantidad de materia de que usted está hecho no cambia. Pero su *peso* depende de cuánta *fuerza* gravitatoria esté actuando sobre usted en ese momento; usted pesaría menos en la luna que en la tierra, y en el espacio interestelar, usted pesaría prácticamente nada.

### Equilibrio Dinámico (ejemplo)

Equilibrio aparente, es decir en el que los constituyentes evolucionan; pero donde sus evoluciones se compensan.

Los equilibrios naturales son en general equilibrios dinámicos.

Para entender el concepto de equilibrio dinámico, citemos un ejemplo:

Supongamos que tomamos el porcentaje de personas entre 30 y 40 años que se encuentran casadas. Digamos, el 68%, por poner un número.

Si al otro año, tomamos la misma medición, descubriremos que el porcentaje no ha variado significativamente. Sin embargo, las personas involucradas no son las mismas. Es decir, se mantiene un equilibrio del conjunto, mientras cambian los componentes, o su situación.

Cuando alguna causa externa intervenga, por ejemplo, la sanción de una ley de divorcio, se redefinirán las condiciones, estableciendo un nuevo estado de equilibrio.

### 3ª Ley de Newton: (ejemplo)

*A toda acción corresponde una reacción en igual magnitud y dirección pero de sentido opuesto.*

Tal como comentamos en al principio de la Segunda ley de Newton las fuerzas son el resultado de la acción de unos cuerpos sobre otros.

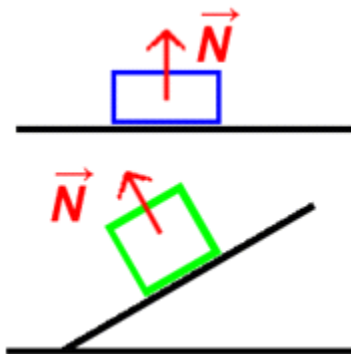
La tercera ley, también conocida como Principio de acción y reacción nos dice que si un cuerpo A ejerce una acción sobre otro cuerpo B, éste realiza sobre A otra acción igual y de sentido contrario.

Esto es algo que podemos comprobar a diario en numerosas ocasiones. *Por ejemplo*, cuando queremos dar un salto hacia arriba, empujamos el suelo para impulsarnos. La reacción del suelo es la que nos hace saltar hacia arriba.

Cuando estamos en una piscina y empujamos a alguien, nosotros también nos movemos en sentido contrario. Esto se debe a la reacción que la otra persona hace sobre nosotros, aunque no haga el intento de empujarnos a nosotros.

Hay que destacar que, aunque los pares de acción y reacción tenga el mismo valor y sentidos contrarios, no se anulan entre si, puesto que actúan sobre cuerpos distintos.

### Fuerza Normal (ejemplo)



Cuando un cuerpo está apoyado sobre una superficie ejerce una fuerza sobre ella cuya dirección es perpendicular a la de la superficie. De acuerdo con la [Tercera ley de Newton](#), la superficie debe ejercer sobre el cuerpo una fuerza de la misma magnitud y dirección, pero de sentido contrario. Esta fuerza es la que denominamos *Normal* y la representamos con N.

En la figura de la izquierda se muestra hacia donde está dirigida la fuerza normal en los dos ejemplos que aparecían en la figura anterior para el peso. Como ya hemos dicho, *siempre es perpendicular a la superficie de contacto y está dirigida hacia arriba, es decir, hacia fuera de la superficie de contacto.*

### **Fuerza de rozamiento o Roce: (ejemplo)**

El rozamiento, generalmente, actúa como una fuerza aplicada en sentido opuesto a la velocidad de un objeto. En el caso de deslizamiento en seco, cuando no existe lubricación, la fuerza de rozamiento es casi independiente de la velocidad. La fuerza de rozamiento tampoco depende del área aparente de contacto entre un objeto y la superficie sobre la cual se desliza.

El área real de contacto —esto es, la superficie en la que las rugosidades microscópicas del objeto y de la superficie de deslizamiento se tocan realmente— es relativamente pequeña. Cuando un objeto se mueve por encima de la superficie de deslizamiento, las minúsculas rugosidades del objeto y la superficie chocan entre sí, y se necesita fuerza para hacer que se sigan moviendo.

El área real de contacto depende de la fuerza perpendicular entre el objeto y la superficie de deslizamiento. Frecuentemente, esta fuerza no es sino el peso del objeto que se desliza. Si se empuja el objeto formando un ángulo con la horizontal, la componente vertical de la fuerza dirigida hacia abajo se sumará al peso del objeto. La fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza perpendicular total.

Cuando hay rozamiento, la segunda ley de Newton puede ampliarse a  
Sin embargo, cuando un objeto se desplaza a través de un fluido, el valor del rozamiento depende de la velocidad. En la mayoría de los objetos de tamaño humano que se mueven en agua o aire (a velocidades menores que la del sonido), la fricción es proporcional al cuadrado de la velocidad. En ese caso, la segunda ley de Newton se convierte en

La constante de proporcionalidad  $k$  es característica de los dos materiales en cuestión y depende del área de contacto entre ambas superficies, y de la forma más o menos aerodinámica del objeto en movimiento.

La fuerza de rozamiento es una fuerza que aparece cuando hay dos cuerpos en contacto y es una fuerza muy importante cuando se estudia el movimiento de los cuerpos. Es la causante, por ejemplo, de que podamos andar (cuesta mucho más andar sobre una superficie con poco rozamiento, hielo, por *ejemplo*, que por una superficie con rozamiento como, por ejemplo, un suelo rugoso.

La experiencia nos muestra que:

La fuerza de rozamiento entre dos cuerpos no depende del tamaño de la superficie de contacto entre los dos cuerpos, pero sí depende de cual sea la naturaleza de esa superficie de contacto, es decir, de que materiales la formen y si es más o menos rugosa.

La magnitud de la fuerza de rozamiento entre dos cuerpos en contacto es proporcional a la normal entre los dos cuerpos, es decir:

$$F_r = m \cdot N$$

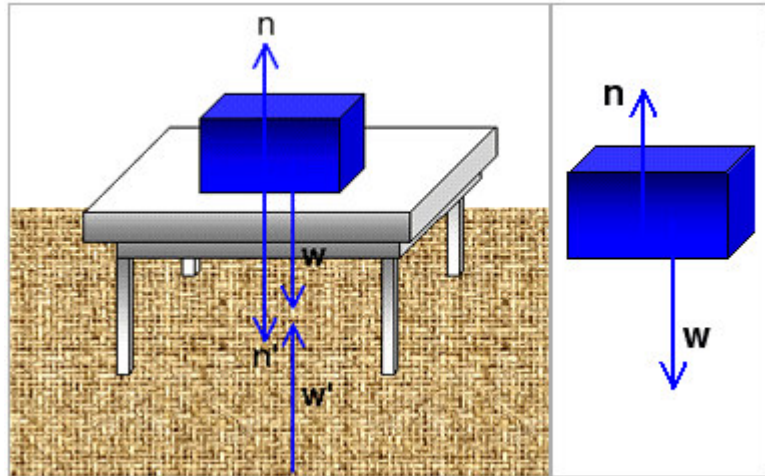
Donde  $m$  es lo que conocemos como coeficiente de rozamiento.

Hay dos coeficientes de rozamiento: el estático,  $m_e$ , y el cinético,  $m_c$ , siendo el primero mayor que el segundo:

$$m_e > m_c$$

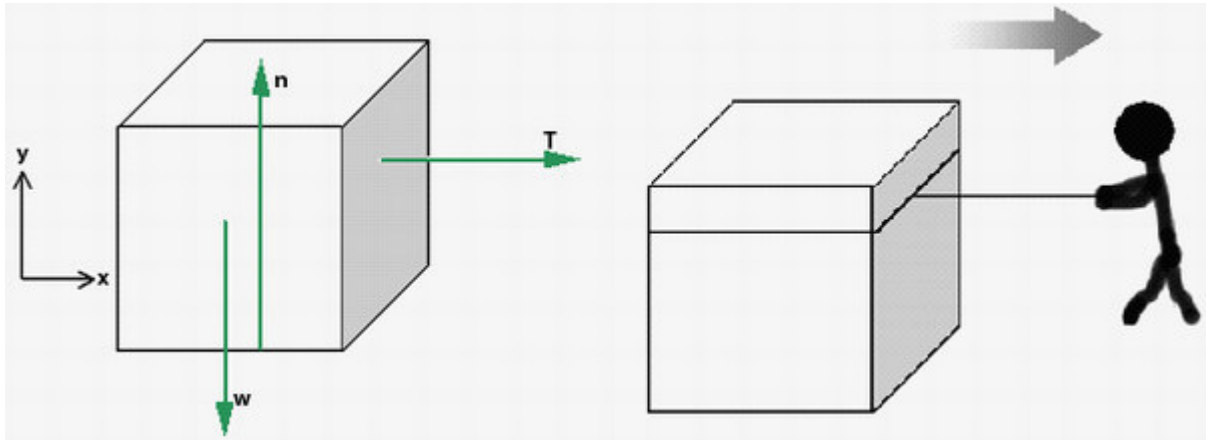
### **Aplicaciones de las Leyes de Newton**

Cuando aplicamos las leyes de Newton a un cuerpo, sólo estamos interesados en aquellas fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo.



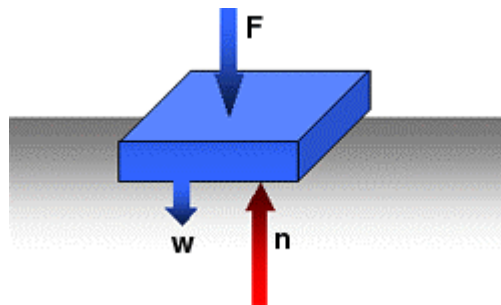
Quando una caja está en reposo sobre una mesa, las fuerzas que actúan sobre el aparato son la fuerza normal,  $\mathbf{n}$ , y la fuerza de gravedad,  $\mathbf{w}$ , como se ilustran. La reacción a  $\mathbf{n}$  es la fuerza ejercida por la caja sobre la mesa,  $\mathbf{n}'$ . La reacción a  $\mathbf{w}$  es la fuerza ejercida por la caja sobre la Tierra,  $\mathbf{w}'$ .

En otro ejemplo se tiene una caja que se jala hacia la derecha sobre una superficie sin fricción, como se muestra en la figura de la izquierda.



En la figura de la derecha se tiene el diagrama de cuerpo libre que representa a las fuerzas externas que actúan sobre la caja.

Cuando un objeto empuja hacia abajo sobre otro objeto con una fuerza  $F$ , la fuerza normal  $n$  es mayor que la fuerza de la gravedad. Esto es,  $n = w + F$ .



En otro ejemplo se tiene un peso  $w$  suspendido del techo por una cuerda de masa despreciable. Las fuerzas que actúan sobre el peso son la gravedad,  $w$ , y la fuerza ejercida por la cadena,  $T$ . Las fuerzas que actúan sobre la cuerda son la fuerza ejercida por el peso,  $T'$ , y la fuerza ejercida por el techo,  $T''$ .

