

2 Fuerzas

CONTENIDOS:

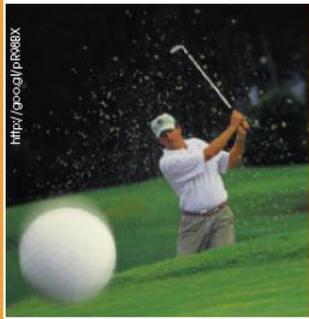
1. Las fuerzas y su equilibrio
 - 1.1. Tipos de fuerzas
 - 1.2. La fuerza como vector
 - 1.3. El peso de los cuerpos
 - 1.4. Ley de Hooke
 - 1.5. Composición de fuerzas
 - 1.6. Descomposición de fuerzas
 - 1.7. Equilibrio de fuerzas
2. Las leyes de Newton
 - 2.1. Primera ley de Newton: ley de la inercia
 - 2.2. Segunda ley de Newton: ley fundamental de la dinámica
 - 2.3. Tercera ley de Newton: ley de acción y reacción
3. Aplicaciones de las leyes de Newton
 - 3.1. Fuerza normal
 - 3.2. Fuerzas de rozamiento
 - 3.3. Dinámica del movimiento circular
4. Fuerzas gravitatorias
 - 4.1. Modelos del universo
 - 4.2. Gravitación universal
 - 4.3. Movimiento de planetas y satélites uniformemente acelerado

I. LAS FUERZAS Y SU EQUILIBRIO

La existencia de fuerzas en la naturaleza es un hecho bien conocido y fácil de observar. El viento mueve las hojas de los árboles, la corriente de un río arrastra un tronco, la red de una portería detiene un balón... Nosotros mismos ejercemos continuamente fuerzas muy diversas: al sostener un libro, al tirar de la puerta.

Sin embargo, debemos precisar: ¿cómo debe ser una acción para que sea calificada como fuerza?, ¿qué efectos debe producir?

Por ejemplo, una fuerza puede...

... poner en movimiento un cuerpo que estaba en reposo.	... detener un cuerpo que estaba en movimiento.	... cambiar la rapidez o la dirección de un movimiento.	... deformar un cuerpo.
			

■ Tabla 1.

Y TAMBIÉN: ¿?

La **masa** es una medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo, es una magnitud escalar, es una propiedad extrínseca de los cuerpos que determina la medida de la masa inercial y de la masa gravitacional. La unidad utilizada para medir la masa en el Sistema Internacional de Unidades es el kilogramo (kg).

Masa inercial.- Es una medida de la resistencia de una masa al cambio de su estado de movimiento, en relación a un sistema de referencia inercial.

Masa gravitacional.- Es la medida de la capacidad de producir un campo gravitatorio. Por ejemplo la masa del sol crea un campo gravitacional que atrae a la Tierra y viceversa.

Advierte que los tres primeros efectos equivalen a alterar el estado de reposo o de movimiento de los cuerpos.

Fuerza es toda acción capaz de alterar el estado de reposo o de movimiento de los cuerpos o de producir en ellos alguna deformación. Es una magnitud Física vectorial que nos da la medida de la interacción entre los cuerpos.

La unidad de fuerza en el Sistema Internacional es el newton, cuyo símbolo es N. Esta unidad, establecida en honor del físico inglés Isaac Newton (1642-1727), se define basándose en el efecto acelerador de las fuerzas.

Un **newton** es la fuerza que debe aplicarse a un cuerpo de un kilogramo de masa para que incremente su velocidad 1 m/s cada segundo.

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

Con frecuencia se utiliza otra unidad, el kilopondio, kp, cuya equivalencia con el newton es la siguiente: 1 kp = 9,8 N.

1. Pon tres ejemplos de fuerzas y **explica** qué efecto produce cada una de ellas.
2. **Convierte** en newtons las siguientes fuerzas: 9,6 kp - 24,3 kp - 157,8 kp - 0,8 kp.
3. Las siguientes fuerzas están expresadas en newtons. **Conviértelas** en kilopondios: 117,6 N; 284,2 N; 445,9 N.

1.1. Tipos de fuerza

En la naturaleza se pueden presentar fuerzas de diversas clases:

- Fuerzas eléctricas, como las que se manifiestan entre cuerpos que tienen cargas eléctricas.
- Fuerzas magnéticas, como las que ejerce un imán sobre los objetos de hierro.
- Fuerzas gravitatorias, como aquellas fuerzas con las que la Tierra atrae los cuerpos situados a su alrededor.
- Fuerzas nucleares, como las que mantienen unidos los protones y los neutrones en el interior del núcleo atómico.

1.2. La fuerza como vector

Algunas magnitudes, como la fuerza quedan totalmente determinadas cuando, además de su valor o módulo, conocemos su dirección y sentido.

Los **elementos** del **vector fuerza** son:

- Punto de aplicación:** es el punto sobre el cual se aplica la fuerza. En el vector de la imagen, el punto O.
- Módulo:** es la intensidad de la fuerza. En el caso de la imagen, vale 3 unidades.
- Dirección:** es la recta sobre la que actúa el vector fuerza. En este caso, la recta r.
- Sentido:** indica cuál de las dos orientaciones posibles adopta la fuerza. En este caso, hacia la derecha.

1.3. El peso de los cuerpos

Todos los cuerpos que se hallan sobre la superficie de la Tierra o próximos a ella son atraídos con una fuerza de naturaleza gravitatoria que depende de la masa del cuerpo y llamamos peso.

Se denomina **peso** de un cuerpo a la fuerza de atracción gravitatoria que la Tierra ejerce sobre él.

Módulo

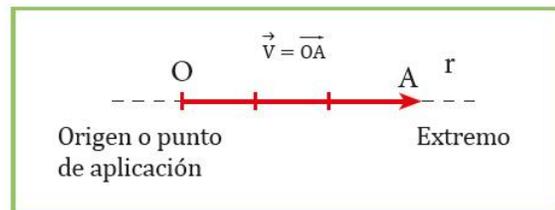
El peso es directamente proporcional a la masa del cuerpo y a la aceleración de la gravedad, g.

$$p = m \cdot g$$

A pequeñas distancias de la superficie terrestre podemos suponer que g es constante e igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

Dirección y sentido

El peso de un cuerpo siempre se dirige hacia el centro de la Tierra. En la imagen vemos cómo se representa. Observa que se aplica sobre un punto imaginario llamado **centro de gravedad**. Si el cuerpo es homogéneo, su centro de gravedad coincide con el centro geométrico. Si no, se sitúa próximo a las partes más pesadas.



■ Elementos del vector fuerza.



Y TAMBIÉN:



Son **cuerpos elásticos** aquellos que se deforman al aplicarles una fuerza y recuperan su forma original cuando cesa la fuerza que provoca la deformación.



<https://goo.gl/ykctMH>

- Dinamómetro

1.4. Ley de Hooke

A Las fuerzas, además de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, son capaces de producir deformaciones. ¿Existe alguna relación entre la intensidad de la fuerza y la deformación producida?

El físico inglés **Robert Hooke** (1635-1703) formuló en 1678 la ley conocida como *ley de Hooke*.

La deformación que sufre un **cuerpo elástico** es **directamente proporcional** a la **fuerza aplicada**.

Por ejemplo en un muelle, la deformación proporcional a la fuerza aplicada es el **alargamiento**, Δl .

$$F = K \cdot \Delta l = K (l - l_0)$$

La constante elástica, K , es característica de cada muelle y representa la fuerza necesaria para alargar este en la unidad de longitud.

La unidad de K en el Sistema Internacional es el newton por metro (N/m).

El dinamómetro

Es un instrumento utilizado para medir la intensidad de las fuerzas que se basa en la ley de Hooke. Consiste en un tubo en cuyo interior se encuentra un muelle elástico.

El valor de la fuerza se lee en una escala graduada incorporada al aparato.

Ejemplo 1

El muelle de un dinamómetro se alarga 12 cm cuando aplicamos sobre él una fuerza de 18 N. **Calcula** el alargamiento del muelle al aplicar una fuerza de 24 N.

—Datos: $\Delta l = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$ $F = 18 \text{ N}$

Aplicamos la ley de Hooke para determinar, primero, la constante elástica del muelle y, después, el alargamiento del muelle cuando la fuerza es de 24 N.

$$F = K \cdot \Delta l$$

$$K = \frac{F}{\Delta l} = \frac{18 \text{ N}}{0,12 \text{ m}} = 150 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$\Delta l = \frac{F}{K} = \frac{24 \text{ N}}{150 \text{ N/m}} = 0,16 \text{ m}$$

1.5. Composición de fuerzas

En la mayoría de los casos, sobre un cuerpo no actúa una única fuerza, sino un conjunto de ellas, como en el caso de la imagen. Este conjunto de fuerzas constituye un **sistema de fuerzas** y es equivalente a una única fuerza imaginaria que llamamos *fuerza resultante*.

La **fuerza resultante** es la fuerza que produce sobre un cuerpo el mismo efecto que el sistema de todas las fuerzas que actúan sobre él, es decir, la suma vectorial de las fuerzas del sistema.

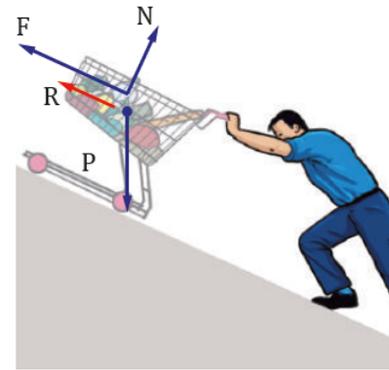


Fig. 1.

- Sobre el carrito actúan tres fuerzas (F , N y p) que equivalen a la fuerza resultante R .

El procedimiento de cálculo de la fuerza resultante, a partir de las fuerzas componentes del sistema, se denomina **composición de fuerzas**.

Ejemplo 2

Veamos cómo podemos determinar la resultante de un sistema de fuerzas concurrentes, es decir, aplicadas sobre rectas que se cortan en un punto.

Cálculo de la fuerza resultante (Fuerzas de la misma dirección)

Fuerzas de la misma dirección y del mismo sentido



$$\text{Resultante } R = F_1 + F_2$$

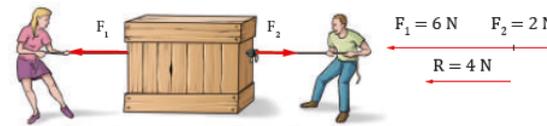
— Módulo: la suma de los módulos de las fuerzas componentes.

$$R = F_1 + F_2$$

— Dirección: la misma que las fuerzas componentes.

— Sentido: el mismo que las fuerzas componentes.

Fuerzas de la misma dirección y de sentido contrario



$$\text{Resultante } R = |F_1 - F_2|$$

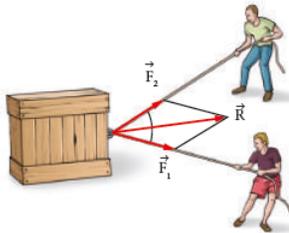
— Módulo: la diferencia, en valor absoluto, entre los módulos de las fuerzas componentes.

$$R = |F_1 - F_2|$$

— Dirección: la misma que las fuerzas componentes.

— Sentido: el mismo que la fuerza de mayor módulo.

Cálculo de la fuerza resultante (Fuerzas angulares)



Se determina mediante la **regla del paralelogramo**:

Por el extremo de cada vector fuerza trazamos una paralela al otro vector y señalamos su punto de intersección.

El extremo de R es el punto de intersección, mientras que su punto de aplicación es el mismo que el de las fuerzas componentes.

En el caso particular de que las dos fuerzas aplicadas tengan direcciones perpendiculares, el módulo de R se halla aplicando el teorema de Pitágoras al triángulo indicado en la imagen.

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2$$

$$R = \sqrt{(240 \text{ N})^2 + (280 \text{ N})^2} = 368,8 \text{ N}$$

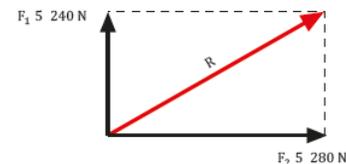


Tabla 2.

1.6. Descomposición de fuerzas

En ciertas ocasiones conviene descomponer una fuerza en dos componentes que, sumadas, producen sobre un cuerpo el mismo efecto que la fuerza original. Esta operación se denomina **descomposición de fuerzas**.

Ejemplo 3

La imagen representa un cuerpo que baja por un plano inclinado sin rozamiento.

Observemos cómo se descompone el peso en dos fuerzas perpendiculares.

El peso, p , del cuerpo se descompone en las fuerzas p_t y p_n .

La componente p_n se compensa con la fuerza N ejercida por el plano inclinado, por lo que la fuerza resultante sobre el cuerpo es justamente la componente p_t .

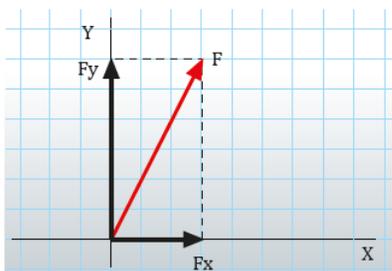
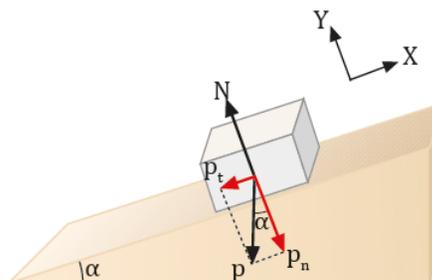
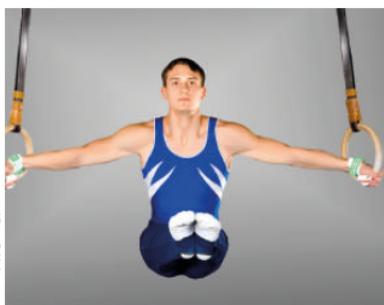


Fig. 2.



<http://google.it/mms>

En general, toda fuerza F se puede descomponer en dos fuerzas perpendiculares F_x y F_y con la dirección de los ejes de coordenadas. El valor de las fuerzas componentes F_x y F_y se relaciona con el valor de la fuerza F mediante el teorema de Pitágoras.

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

1.7. Equilibrio de fuerzas

Sobre el gimnasta de la fotografía actúan la fuerza de su peso y las ejercidas por las anillas.

Estas fuerzas se compensan dando lugar a una resultante nula. En esta situación se dice que hay *equilibrio de fuerzas*.

Decimos que dos o más fuerzas aplicadas a un mismo cuerpo están en **equilibrio** cuando neutralizan mutuamente sus efectos, es decir, cuando su **resultante es nula**.

Ejemplo 4

Sandra y Antonio ejercen sobre una mesa que está en reposo las fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 , que se representan en la imagen. ¿Qué fuerza debe aplicar Carolina sobre la mesa para que esta permanezca en reposo? **Representa** gráficamente esta fuerza y **determina** el valor de sus componentes.

— Datos: $\vec{F}_1 = (3 \text{ N}, 4 \text{ N})$; $\vec{F}_2 = (-5 \text{ N}, -2 \text{ N})$

Sea $\vec{F}_3 = (F_{3x}, F_{3y})$ la fuerza aplicada por Carolina. Para que la mesa permanezca en reposo, las tres fuerzas aplicadas deben estar en equilibrio.

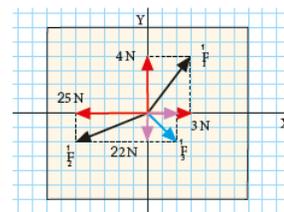
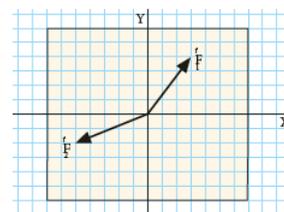
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$$

Si descomponemos cada fuerza en sus componentes sobre los ejes, tenemos:

$$\text{Eje X: } 3 \text{ N} - 5 \text{ N} + F_{3x} = 0 \Rightarrow F_{3x} = 2 \text{ N}$$

$$\text{Eje Y: } 4 \text{ N} - 2 \text{ N} + F_{3y} = 0 \Rightarrow F_{3y} = -2 \text{ N}$$

La imagen representa la fuerza $\vec{F}_3 = (2 \text{ N}, -2 \text{ N})$.



Cuerpos en equilibrio

Un equilibrista de un circo compensa las fuerzas que actúan sobre él para mantener el *equilibrio*.

De forma parecida, un arquitecto calcula todas las fuerzas existentes en el edificio que proyecta para que este se mantenga en *equilibrio* y no se derrumbe.

Un cuerpo está en **equilibrio estático** cuando está en reposo y permanece en esta situación de forma indefinida.

Para conocer las condiciones bajo las que un cuerpo está en equilibrio, debemos distinguir dos tipos de movimientos:

Traslación: todas las partículas del cuerpo efectúan el mismo desplazamiento.

Rotación: todas las partículas del cuerpo describen trayectorias circulares alrededor de un eje, excepto las que están situadas sobre el propio eje, que se mantienen inmóviles.

De la misma manera que una fuerza resultante produce un movimiento de traslación sobre un cuerpo, para determinar si existe una rotación, se introduce la magnitud *momento de una fuerza*.

El **momento de una fuerza** respecto a un punto es el producto de la fuerza por la distancia del punto a la recta que contiene al vector fuerza.

$M = F \cdot d$	M	= momento de la fuerza respecto al punto O
	F	= módulo de la fuerza
	d	= distancia del punto O a la recta del vector fuerza

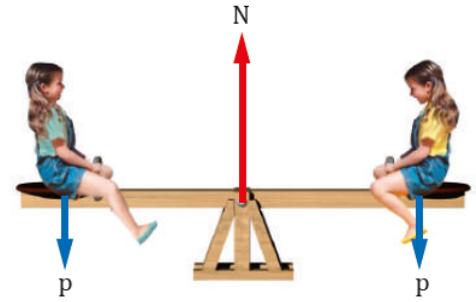


Fig. 3.

- El columpio está en equilibrio, pues las fuerzas que actúan sobre él se compensan entre sí, dando lugar a una resultante nula.

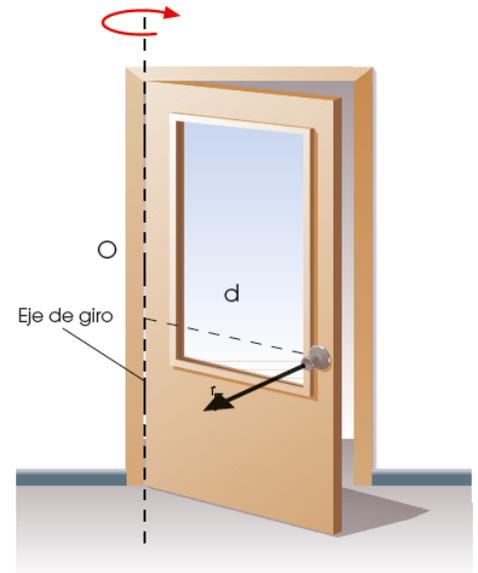


Fig. 4.

La unidad de medida del momento de una fuerza en el SI es el newton metro (N/m).

Un cuerpo está en **equilibrio estático** si no efectúa ningún movimiento de traslación ni de rotación.

- La condición para que no efectúe ningún movimiento de traslación es que la **resultante** de las fuerzas aplicadas sea **nula**.
- La condición para que no efectúe ningún movimiento de rotación es que el **momento resultante** de las fuerzas aplicadas sea **nulo**.

- Explica cómo se calcula la fuerza resultante para fuerzas de la misma dirección y fuerzas angulares.
- Una grúa arrastra un auto con fuerzas de 1750 N y 1250 N. **Dibuja** un esquema de las fuerzas y **determina** la fuerza resultante en los siguientes casos:
 - Las dos fuerzas tienen la misma dirección y sentido contrario.
 - Las dos fuerzas son perpendiculares.
- Lidia atraviesa un río por encima de un tronco suspendido sobre el agua y cuyos extremos se apoyan en las orillas. ¿Qué fuerzas actúan sobre Lidia cuando se encuentra encima del tronco que le sirve de puente? **Dibújalas** y razona si están en equilibrio.
- Sobre un cuerpo se ejercen dos fuerzas, de 10 N y 15 N, en la misma dirección y en sentido contrario. **Determina** el módulo, la dirección y el sentido de la fuerza que debe aplicarse para que el cuerpo esté en equilibrio.

Actividades