



Guía 5

Fuerzas y Tercera Ley de Newton

Objetivos de Aprendizaje:

Esta guía sirve de soporte a la tercera unidad del curso: Física I.

Las capacidades que tienes que comprobar a través de esta guía son:

- Identificar correctamente los distintos tipos de fuerza involucrados en una situación física
- Elaborar diagramas de cuerpo libre para los cuerpos involucrados en dicha situación.
- Identificar pares acción-reacción entre diagramas de cuerpos distintos.
- Identificar el concepto de Fuerza neta que actúa sobre un cuerpo.

A. Motivación

En los temas anteriores, además de estudiar unidades y vectores, hemos estudiado la descripción del movimiento de un cuerpo, sin prestar atención a las causas que lo generan, ahora nos centraremos en la causa del estado cinemático de un cuerpo, para eso es fundamental estudiar el concepto de fuerza para introducirnos en la rama de la física llamada dinámica.

B. Ideas Claves:

B.1) Fuerza:

Es una cantidad física vectorial que surge debido a la interacción entre dos o más objetos, y por tanto siempre se originan de a pares.

Al ser vectores, las fuerzas se representan gráficamente por medio de flechas cuyo:

- tamaño representa el módulo de la fuerza llamado “intensidad de la fuerza”.
- la recta sobre la cual se dibuja el vector fuerza es su dirección y
- la punta de la flecha representa el sentido.



Como cualquier vector, las fuerzas pueden ser horizontales, verticales, o bien, estar inclinadas, formando un cierto ángulo respecto a la horizontal.

Las fuerzas operan con las mismas reglas de operaciones con vectores. Sin embargo, es importante recalcar que sólo pueden sumarse las fuerzas que están actuando sobre un mismo objeto.

Para nombrar un vector Fuerza, se utiliza una letra mayúscula con una pequeña flecha sobre ella, por ejemplo, un vector Fuerza se llamaría \vec{F} .

La intensidad de una fuerza se mide en el Sistema Internacional en una unidad de medida llamada **Newton** (N), en honor al físico inglés Isaac Newton, y su equivalencia es:

$$1[N] = 1 \left[\frac{kg \cdot m}{s^2} \right]$$

Dependiendo de como se genere la interacción entre ambos cuerpos, las fuerzas se pueden clasificar como:

B.2) Fuerza neta o resultante:

Corresponde al vector fuerza que resulta de sumar de todas las fuerzas que actúan simultáneamente sobre un cuerpo y se escribe mediante la suma vectorial:

$$\vec{F}_N = \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \pm \dots \vec{F}_n$$

El concepto de Fuerza neta nos resultará muy importante, ya que más adelante veremos que está íntimamente relacionado con la aceleración que experimenta un cuerpo.



B.3) Clasificación de las fuerzas.

Las fuerzas pueden clasificarse según la forma en que son ejercidas como: fuerzas a distancia o de largo alcance y fuerzas de contacto.

B.3.1) Fuerzas a distancia:

Existen *fuerzas llamadas de largo alcance* que actúan, **aunque** los cuerpos **estén separados** por un espacio vacío, es decir, aunque no se estén tocando. Como ejemplos: Fuerzas entre imanes, Fuerza entre cargas eléctricas. Fuerza gravitacional.

B.3.1.1) Fuerza peso (\vec{P}):

Es la fuerza de atracción gravitacional que la Tierra ejerce sobre un cuerpo, y es capaz de actuar a distancia. Es ejercido tanto si el cuerpo está en caída libre, como si el objeto está apoyado quieto sobre otro cuerpo (o sobre la superficie terrestre).

- Su magnitud o módulo se calcula, según: $\mathbf{P = mg}$, donde \mathbf{m} es la masa de un cuerpo y \mathbf{g} es el módulo de la aceleración de gravedad.
- Apunta siempre hacia el centro de la tierra, tal como se ve en la siguiente figura.

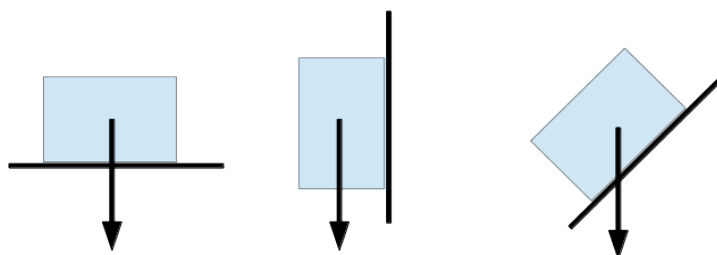


Figura: Dirección y sentido del peso para la caja frente a cada situación.



B.3.2) Fuerzas de contacto:

Cuando una fuerza surge del contacto directo entre dos cuerpos, como por ejemplo un empujón o un tirón que se ejerce con la mano sobre un objeto, o cuando apoyamos un objeto sobre otro, la llamamos **fuerza de contacto**. Estas fuerzas existen únicamente mientras existe contacto entre los cuerpos.

Cuando dos cuerpos entran en contacto, localmente sus superficies se tocan entre sí. La superficie imaginaria que coincide con la intersección (o contacto) entre ambas superficies sirve para descomponer vectorialmente a la **fuerza de contacto** en dos componentes vectoriales, perpendiculares entre sí. Una componente normal a la superficie y otra componente paralela a ella. Esta descomposición da origen a:

B.3.2.1) Fuerza normal (\vec{N}):

Es ejercida por la superficie de un objeto sobre otro objeto con el que esté en contacto. Esta fuerza puede considerarse como una resistencia que experimentan los cuerpos a traspasarse entre si cuando entran en contacto.

- Su magnitud o módulo es desconocido, y se representa por **N**
- Esta apunta en la dirección **perpendicular (normal)** a la superficie, tal como se ve en la siguiente figura.

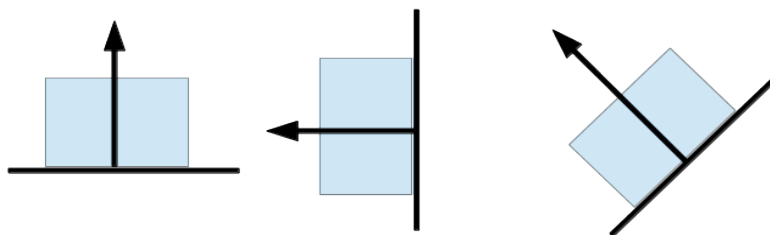


Figura: Dirección y sentido de la normal para la caja frente a cada situación.

B.3.2.2) Fuerza de roce o fricción:

Es ejercida por la superficie de un objeto sobre otro objeto con el que esté en contacto cuando el objeto intenta (roce estático) o logra deslizarse (roce cinético) sobre esta superficie.

La fuerza de roce impide que el movimiento producido a lo largo de las superficies en contacto sea libre, es decir manifiesta una resistencia al movimiento entre ellas. Es muy necesaria para el movimiento cotidiano, ya que gracias al roce de nuestros zapatos con el suelo podemos caminar, y además gracias a ella, el giro de las ruedas de los vehículos logra producir su desplazamiento.

Como vector podemos decir que sus características son:

- Apunta **paralelamente** a la superficie y
- en sentido opuesta al desplazamiento (**roce cinético**) o posible desplazamiento (**roce estático**).
- Su magnitud depende del tipo de fuerza de roce que se experimente, las que se pueden clasificar en estática o cinética.

B.3.2.2.1) Fuerza de roce estática (\vec{f}_s):

Aparece cada vez que intentas mover un objeto sobre una superficie, **sacándolo desde el reposo**. Esta fuerza actúa durante todo el tiempo en que las superficies están en contacto y hasta que el objeto se ponga en movimiento (a punto de deslizar).

La magnitud de la fuerza de roce estática va creciendo conforme el cuerpo se apronta a deslizar, llegando a un máximo, por lo que podemos representar su magnitud como $|\vec{f}_s| \leq \mu_s \cdot N$.

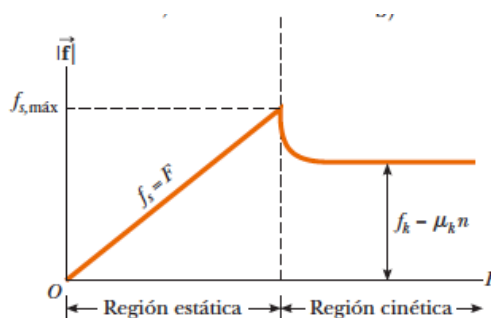
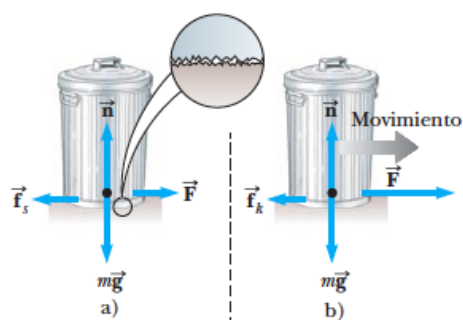


Figura: en la izquierda se muestra como la fuerza externa F “quiere” realizar movimiento, el cual es impedido por la fuerza de roce estática, la cual aumenta conforme aumenta la magnitud de la fuerza externa aplicada, tal como se ve en la figura de la izquierda.



Donde μ_s es el **coeficiente de roce estático** (depende de la naturaleza de las superficies que están en contacto) y **N** es el **módulo de la fuerza normal** que ejerce una superficie sobre la otra.

B.3.2.2.2) Fuerza de roce cinética (\vec{f}_k):

Aparece cuando las superficies que están en contacto están en **movimiento entre ellas**. De manera similar, su módulo viene dado por $|\vec{f}_k| = \mu_k \cdot N$, donde μ_k , es el **coeficiente de fricción cinético**, el cual puede variar con la rapidez.

Para un mismo par de superficies, en general se cumple que:

$$\mu_k \leq \mu_s, \mu_k \leq 1, \mu_s \leq 1$$

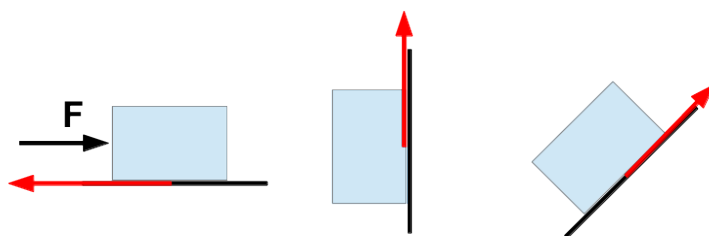


Figura: Dirección y sentido de la fuerza de roce para la caja frente a cada situación.



B.3.2.3) Fuerza de tensión (\vec{T}):

Es una fuerza comunicada o transmitida a lo largo de una cuerda, alambre, cable, hilo, cadena, etc (cualquier medio que pueda generar tracción). Es la fuerza del tirón ejercida por una cuerda o por un cordel tenso sobre un objeto al cual se ata. Por ejemplo: cuando usted tira de la correa de su perro, la fuerza que tira del collar es una fuerza de tensión.

- Su magnitud es en principio desconocida (**T**) a menos que se indique como parte del problema.
- Su dirección es paralela a la cuerda,
- y su sentido desde el cuerpo bajo estudio a la cuerda, tal como se indica en la figura

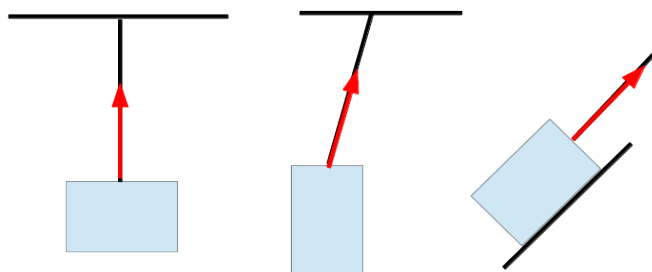


Figura: Dirección y sentido de la fuerza de tensión para la caja frente a cada situación.



B.4) Principio de Acción y Reacción (Tercera Ley de Newton):

Según este principio, cuando un cuerpo 1 ejerce una fuerza $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$, que actúa sobre un cuerpo 2, automática y simultáneamente el cuerpo 2 ejerce una fuerza $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ que actúa sobre el cuerpo 1, de igual magnitud y dirección, pero de sentido opuesto.

Independientemente de la naturaleza de la fuerza (Contacto o Distancia), este principio quiere decir que las fuerzas siempre existen en pares llamados “**acción - reacción**”, es decir dada una fuerza (acción) siempre existirá otra asociada (reacción).

Un punto clave está en que ambas fuerzas de un mismo par actúan sobre cuerpos distintos.



Figura: A la izquierda vemos el principio de acción-reacción para una fuerza de contacto que se origina cuando ambos bloques entran en contacto mutuo. Mientras la fuerza en verde actúa sobre el bloque 1, la fuerza en rojo actúa sobre el bloque 2. Ambas tienen mismo módulo y dirección, pero poseen sentidos opuestos. En la figura de la derecha vemos el principio de acción-reacción para una fuerza que actúa a distancia. Si 2 representa a la tierra y 1 representa a un cuerpo de masa m , por acción-reacción deducimos que el cuerpo (1) atraerá a la tierra (2) con una fuerza cuyo módulo es también mg pero de sentido contrario.



B.5) Diagrama de cuerpo libre (DCL):

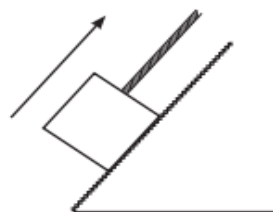
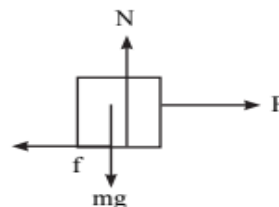
Es un dibujo de un cuerpo y de todas las fuerzas que actúan simultáneamente sobre él, representadas cada una mediante el uso de flechas (vectores).

Cuando realice un DCL siempre considere que:

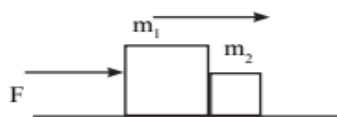
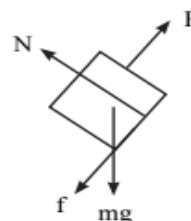
- **Debe** incluir las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.
- **No debe** incluir las fuerzas que el cuerpo ejerce sobre otros cuerpos
- **Debe incluir un sistema de referencia.** De preferencia defina X como la coordenada del movimiento y positivo en el sentido del movimiento. Defina Y como perpendicular a X.
- **Debe repetir estos pasos para cada cuerpo involucrado en el movimiento**



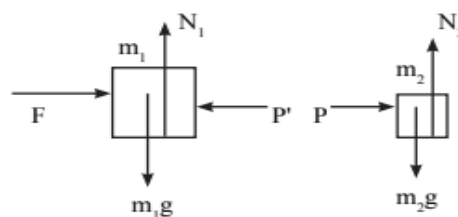
Bloque arrastrado hacia la derecha sobre una superficie horizontal rugosa.



Bloque arrastrado hacia arriba sobre un plano inclinado rugoso.



Bloques en contacto empujados hacia la derecha sobre una superficie sin fricción.

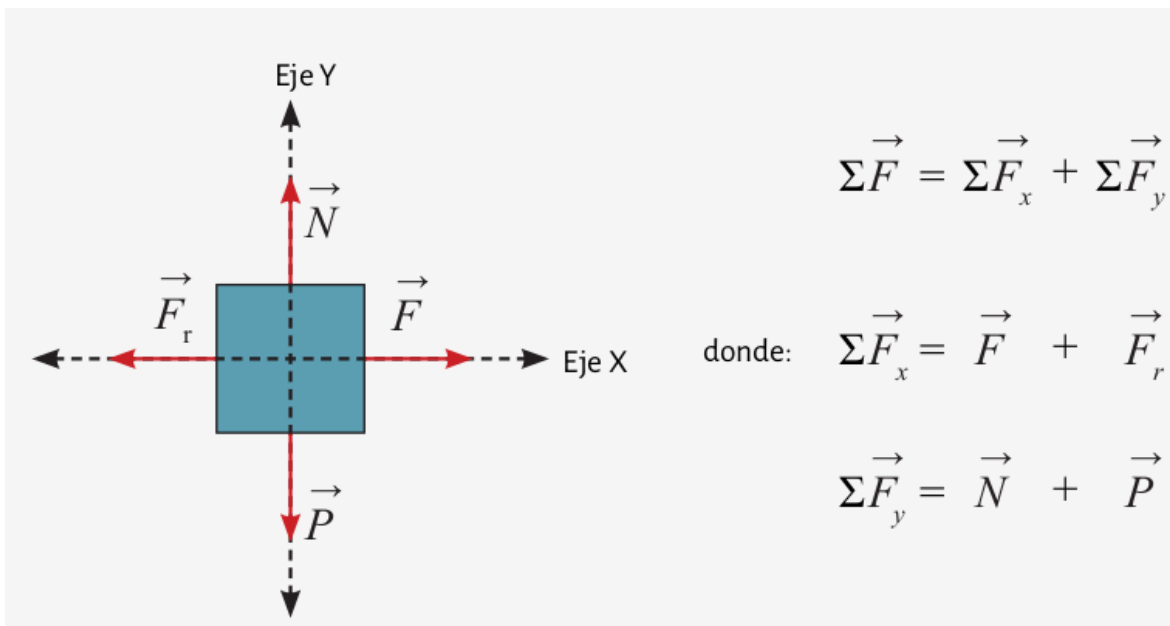


Note que P' y P son un par acción-reacción, esto es, la fuerza (P') que el bloque m_2 hace sobre m_1 , es igual en magnitud y de sentido contrario a la fuerza (P) que el bloque m_1 hace sobre m_2 . $P=P'$



B.6) Descomposición DCL:

Al igual que cualquier vector, las fuerzas se pueden descomponer en componentes a lo largo de ciertos ejes perpendiculares entre sí. Dado que la fuerza neta también es un vector, esta también puede ser descompuesta en torno a ejes perpendiculares. Como ejemplo, en la situación física de un bloque apoyado sobre una superficie horizontal rugosa y sometido a una fuerza \vec{F} horizontal, diagrama de cuerpo libre que representa al bloque es:



D. Método para resolver problemas.

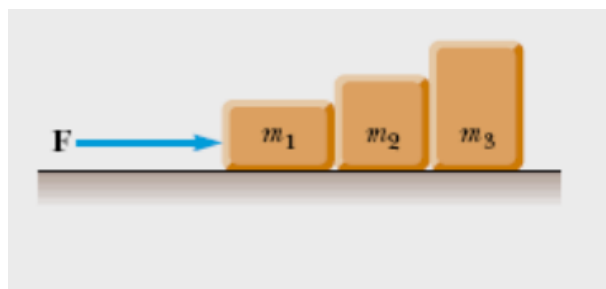
Para resolver los problemas de esta guía, el método usual es:

- I. Definir el sistema a estudiar y hacer un inventario de las fuerzas que se aplican a cada cuerpo relevante del sistema.
- II. Representar todas las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo del sistema en un diagrama de cuerpo libre para cada cuerpo.
- III. Identificar entre los distintos diagramas de cuerpo libre, cuáles son los pares de acción-reacción.
- IV. Elegir un sistema de ejes y descomponer las fuerzas en éste.
- V. Identificar la fuerza neta sobre un cuerpo y sus componentes vectoriales.



Problemas

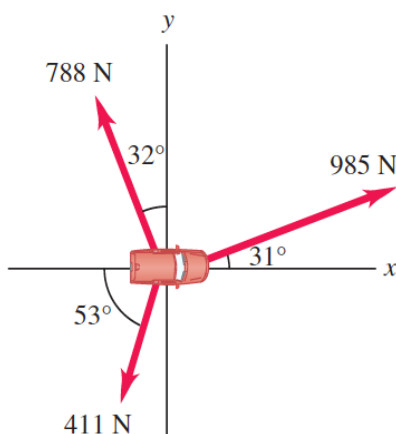
- 1) Una bola se sostiene en la mano de una persona.
 - a) Identifique todas las fuerzas externas que actúan sobre la bola y la reacción de la bola a cada una.
 - b) Si la bola se suelta, ¿qué fuerza se ejerce sobre ella mientras cae?. Identifique la fuerza de reacción en este caso. (Ignore la resistencia del aire.)
- 2) Responda dando ejemplos en caso afirmativo:
 - a) ¿Una fuerza normal puede ser horizontal?
 - b) ¿Una fuerza normal puede dirigirse verticalmente hacia abajo?
- 3) Identifique los pares acción–reacción en las situaciones siguientes:
 - a) un hombre da un paso con su pie.
 - b) una bola de nieve golpea a una niña en la espalda.
 - c) un jugador de beisbol atrapa una bola.
- 4) Una mujer pesa 120 lb. Determine:
 - a) su peso en newtons.
 - b) su masa en kilogramos.
- 5) (adaptado) Un ladrillo de masa M está sobre una almohadilla de hule de masa m que ésta sobre el suelo.
 - a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre del ladrillo e identifique cada fuerza que actúa sobre él.
 - b) Dibuje un diagrama de cuerpo libre de la almohadilla e identifique cada fuerza que actúa sobre ella.
 - c) Identifique todos los pares de fuerzas acción–reacción en el sistema ladrillo–almohadilla–planeta.
- 6) (adaptado) Tres bloques de masas: m_1 , m_2 , m_3 , están en contacto entre sí sobre una superficie horizontal y con coeficiente de roce estático μ_e . Una fuerza horizontal de magnitud F se aplica a m_1 y el sistema se encuentra quieto, pero a punto de deslizar.
 - a) Haz un inventario de fuerzas para cada bloque.
 - b) Dibuje un DCL para cada bloque.
 - c) Identifique pares acción-reacción existentes entre distintos DCL



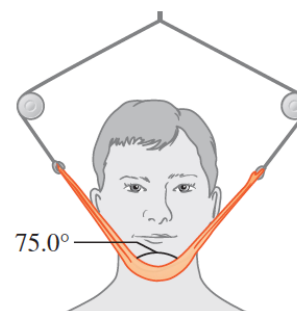


d) Encuentra una expresión matemática para la fuerza resultante que actúa sobre cada bloque.

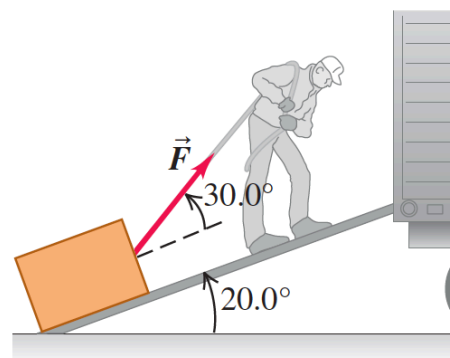
7. Unos trabajadores están tratando de liberar una camioneta atascada en el lodo. Para sacar el vehículo, usan tres cuerdas horizontales que producen los vectores de fuerza mostrados en la figura. a) Obtenga las componentes x e y de cada una de las fuerzas. b) Use las componentes para calcular la magnitud y dirección de la resultante de las tres fuerzas. **R:** a) $F_{1x} = 844[N]$, $F_{1y} = 507[N]$, $F_{2x} = -418[N]$, $F_{2y} = 668[N]$, $F_{3x} = -247[N]$ y $F_{3y} = -328[N]$. b) $R_x = 179[N]$, $R_y = 847[N]$ y $\theta = 78,1^\circ$.



8. Debido a una lesión en la boca, un paciente debe usar un tirante que produce una fuerza neta hacia arriba de $5,00 [N]$ sobre su barbilla. La tensión es la misma a lo largo del tirante. ¿A qué tensión se debe ajustar el tirante para proporcionar la fuerza necesaria hacia arriba? **R:** $F = 3,15[N]$



9. Un hombre arrastra hacia arriba un baúl por la rampa de un camión de mudanzas. La rampa está inclinada $20,0^\circ$ y el hombre tira hacia arriba con una fuerza cuya dirección forma un ángulo de $30,0^\circ$ con la rampa. a) ¿Qué fuerza se necesita para que la componente F_x paralela a la rampa sea de $60,0 [N]$? b) ¿Qué magnitud tendrá entonces la componente F_y perpendicular a la rampa? **R:** a) $F = 69,3[N]$, b) $F_y = 34,6[N]$.





UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE

Física I para Ingeniería
10103-10140

Referencias

Young y Freedman, "Sears y Zemansky – Física Universitaria" Vol 1, 13ª ed, 2013.
Apuntes de Proyecto Fondecyt No 11170580