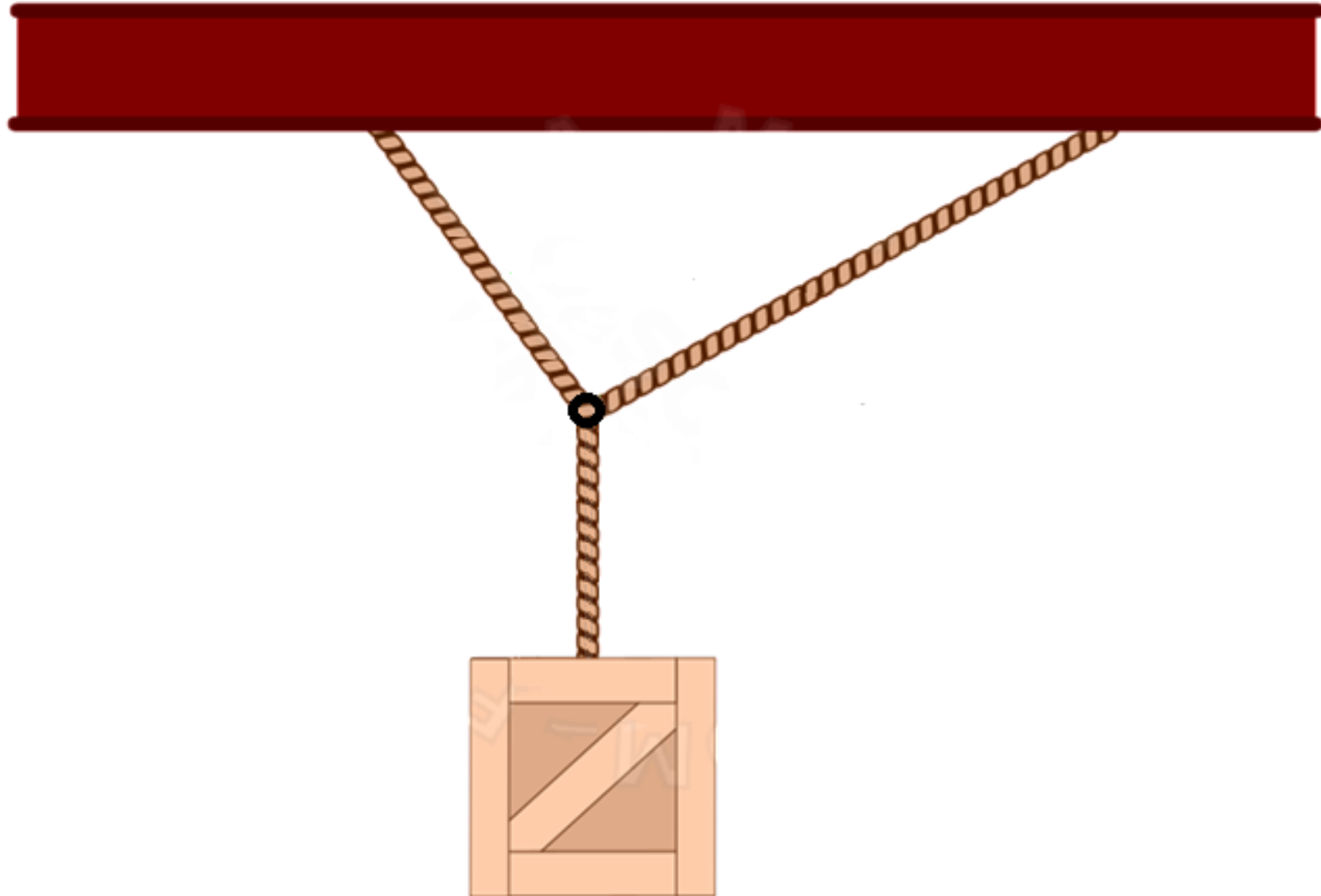
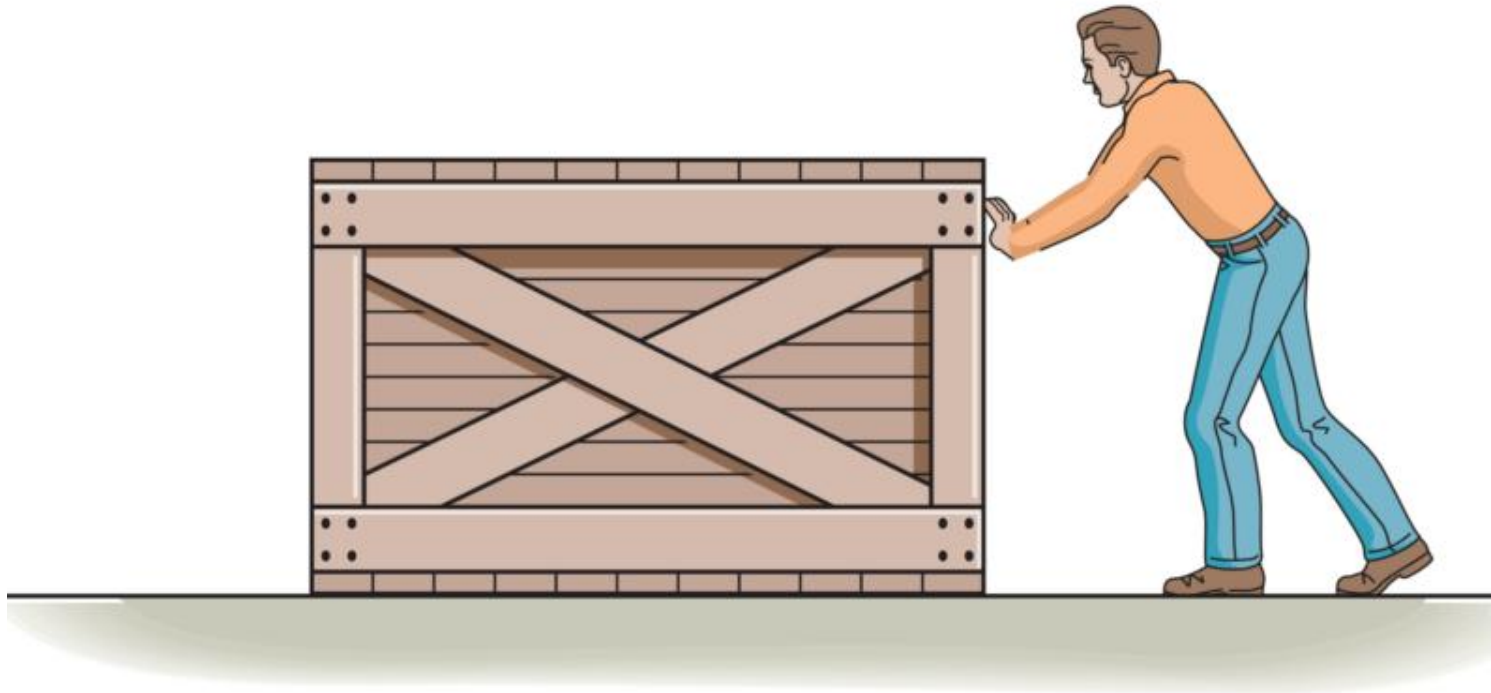


2 - a.- Equilibrio de la partícula



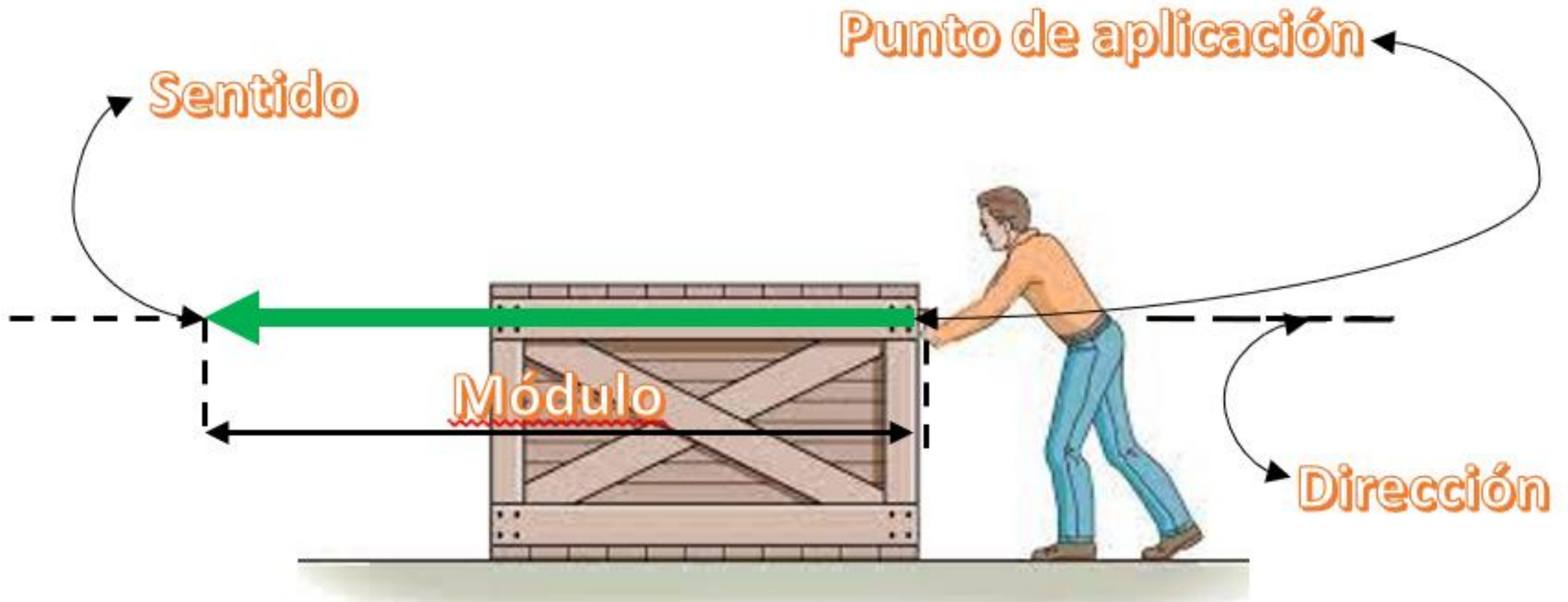
Definición de fuerza

En física, la fuerza es todo agente capaz de modificar la posición o la forma de los objetos y expresa la acción mecánica de un cuerpo sobre otro.



Fuerza como magnitud vectorial

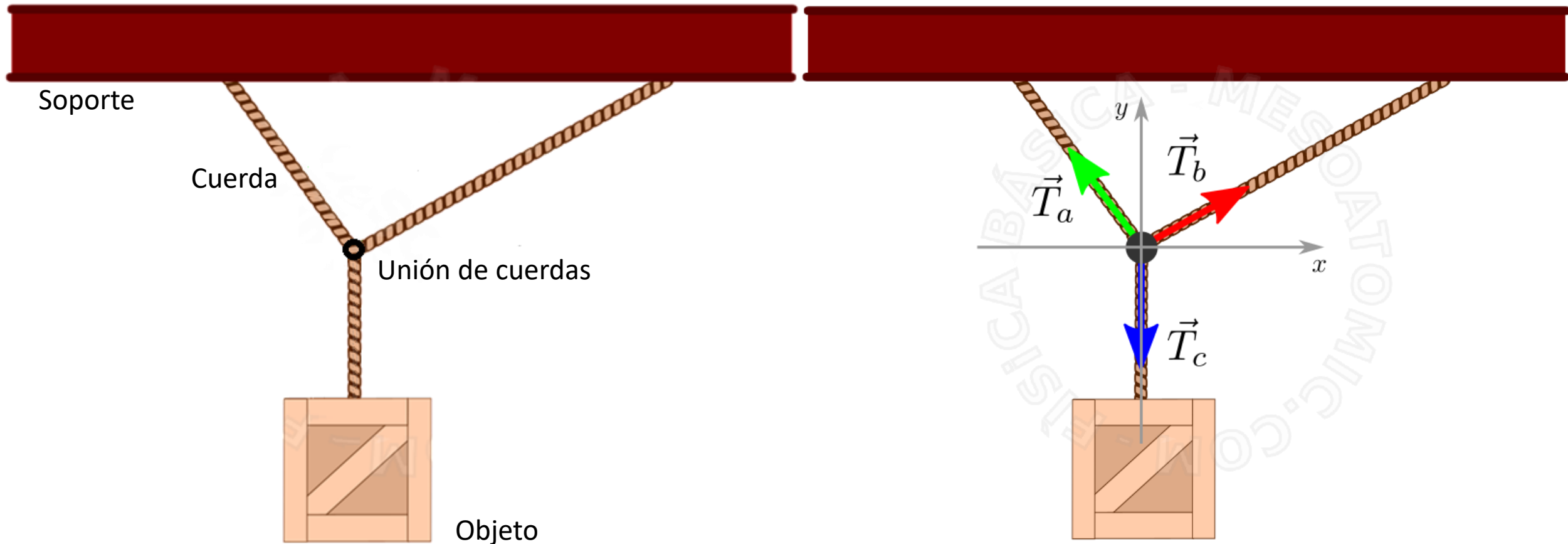
Siendo la fuerza una cantidad vectorial, su especificación completa requiere de conocer sus elementos: (a) un punto de aplicación, (b) una intensidad o módulo, (c) una dirección o línea de acción y (d) un sentido.



Concepto de Equilibrio

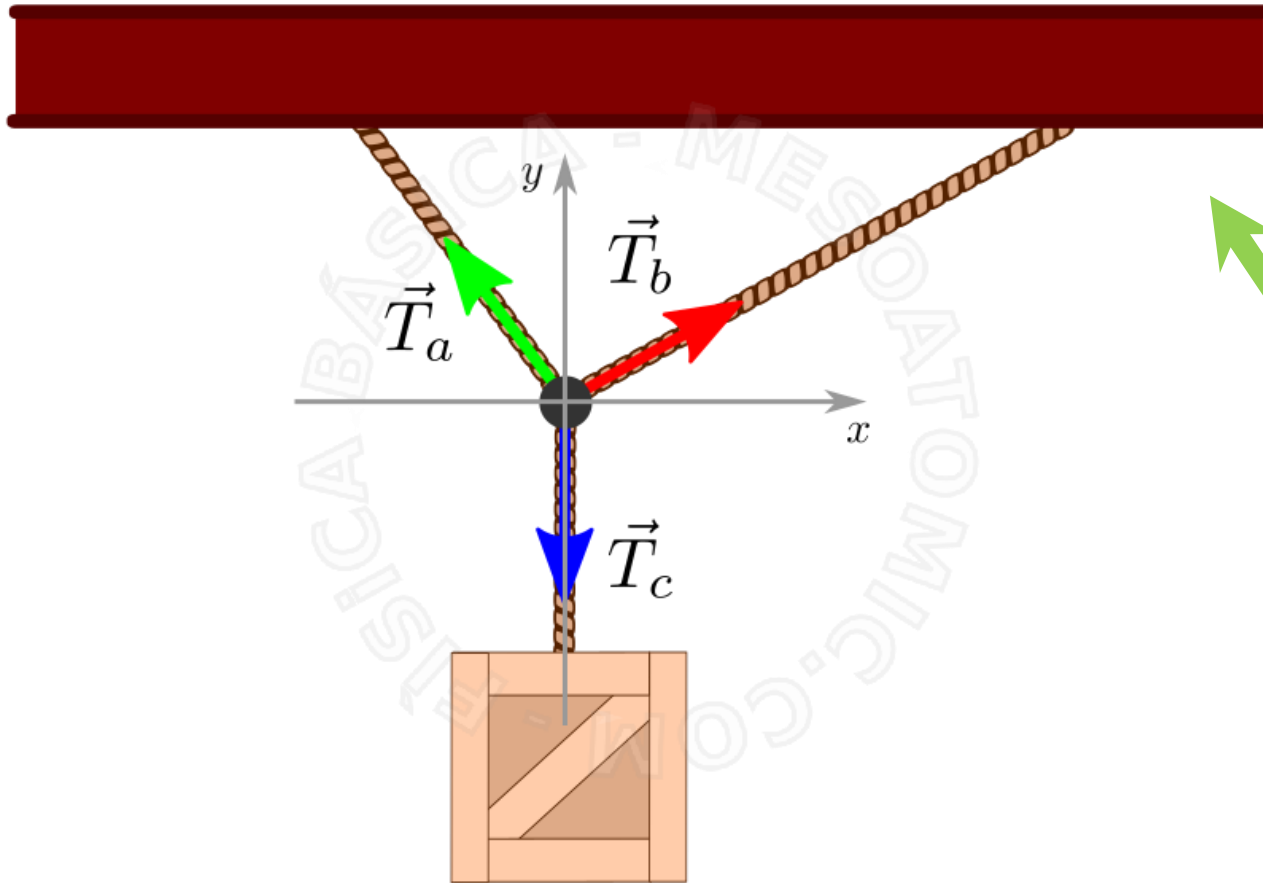
En este tema sólo estudiaremos las fuerzas actuantes y sus efectos sobre los cuerpos, los cuales serán considerados, por ahora, como partículas sin tamaño y sin masa.

En el siguiente ejemplo representaremos las fuerzas que actúan en la unión de las cuerdas.



Aplicación de magnitudes vectoriales

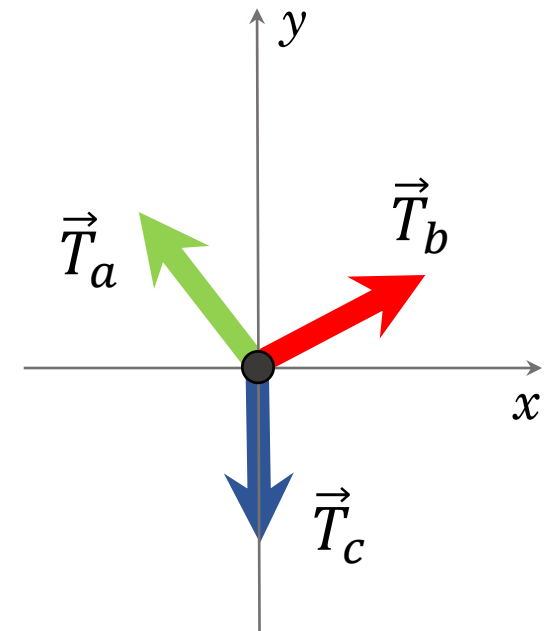
Es importante haber comprendido el concepto de magnitudes vectoriales, y el manejo de sus propiedades, ya que esto nos permitirá abordar el tema con mayor alcance y lograr interpretar sus aplicaciones.



Como debemos imaginarnos las fuerzas actuantes.



Como deberíamos sentir esas fuerzas.



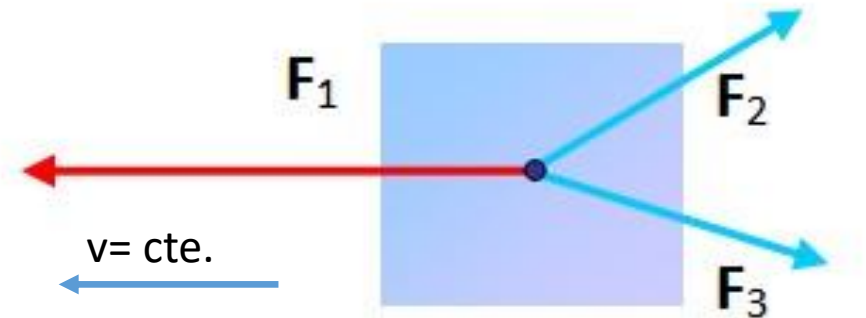
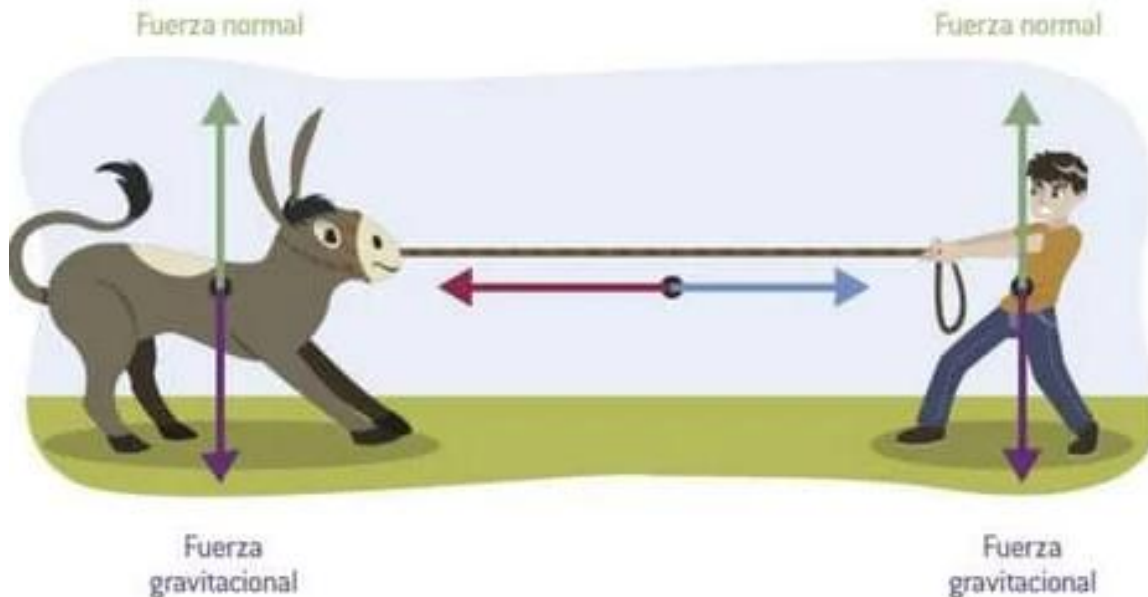
Como deberíamos representar esas fuerzas.

Definición de Estática

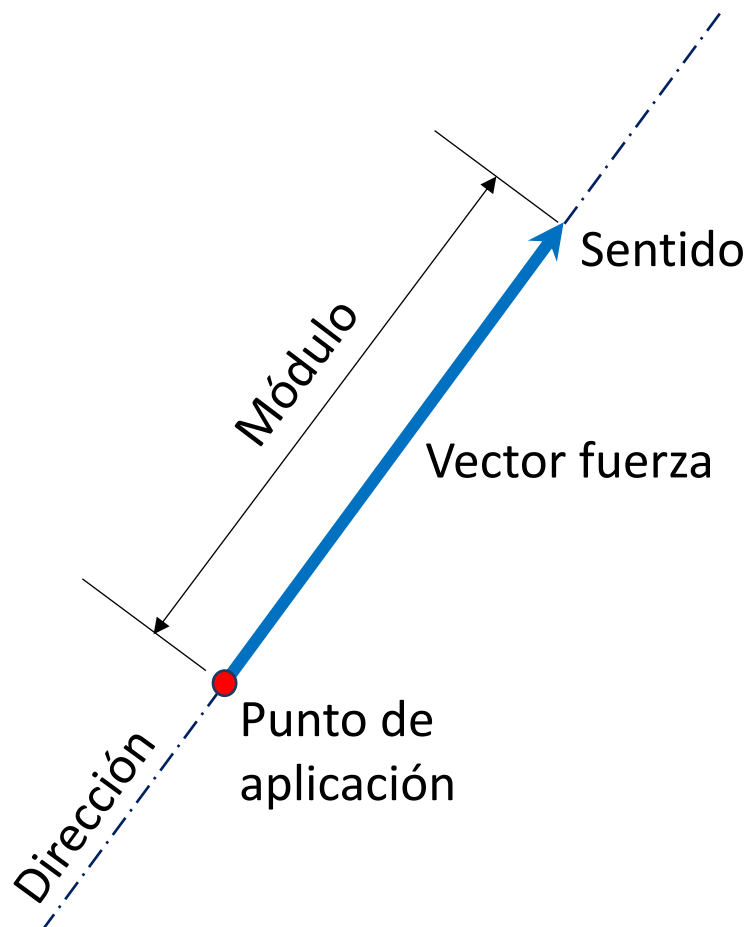
Estática es la parte de la física que estudia las fuerzas en equilibrio.

Si sobre un cuerpo no actúan fuerzas o actúan varias fuerzas cuya resultante es nula, decimos que el cuerpo está en equilibrio.

Que el cuerpo está en equilibrio significa que está en reposo o se mueve en línea recta con velocidad constante.



Elementos de una fuerza



Punto de aplicación: Es el lugar geométrico donde actúa la fuerza. Es donde comienza a dibujarse el vector fuerza.

Módulo o intensidad: Indica el valor numérico de la fuerza y su correspondiente unidad. Se corresponde con la longitud del vector fuerza.

Dirección: Es la recta a lo largo de la cual se aplica la fuerza. Es la línea sobre la cual se dibuja el vector.

Sentido: Con la misma dirección, una fuerza puede tener dos sentidos opuestos. Se indica con la punta de la flecha del vector.

Clasificación de Fuerzas

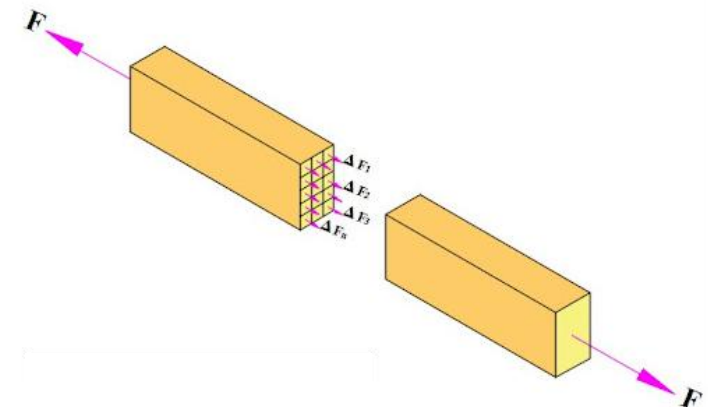
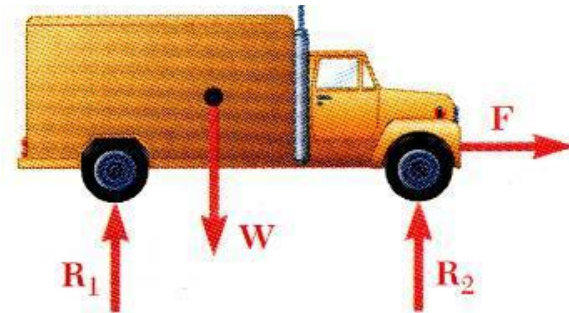
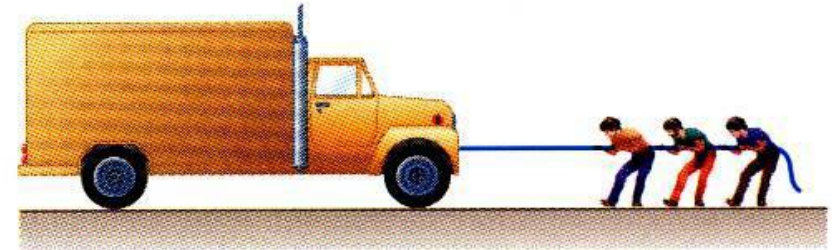
En general podemos clasificar a las fuerzas en dos grupos

Exteriores: Son las acciones mecánicas ejercidas por cuerpos ajenos sobre el sistema en estudio. Se dividen principalmente en dos tipos:

- A. Fuerzas de contacto.
- B. Fuerzas de acción a distancia.

Interiores: Es lo que ocurre internamente en el objeto cuando le aplicamos fuerzas externas. Son las fuerzas de cohesión que mantienen unidas a las partículas del cuerpo.

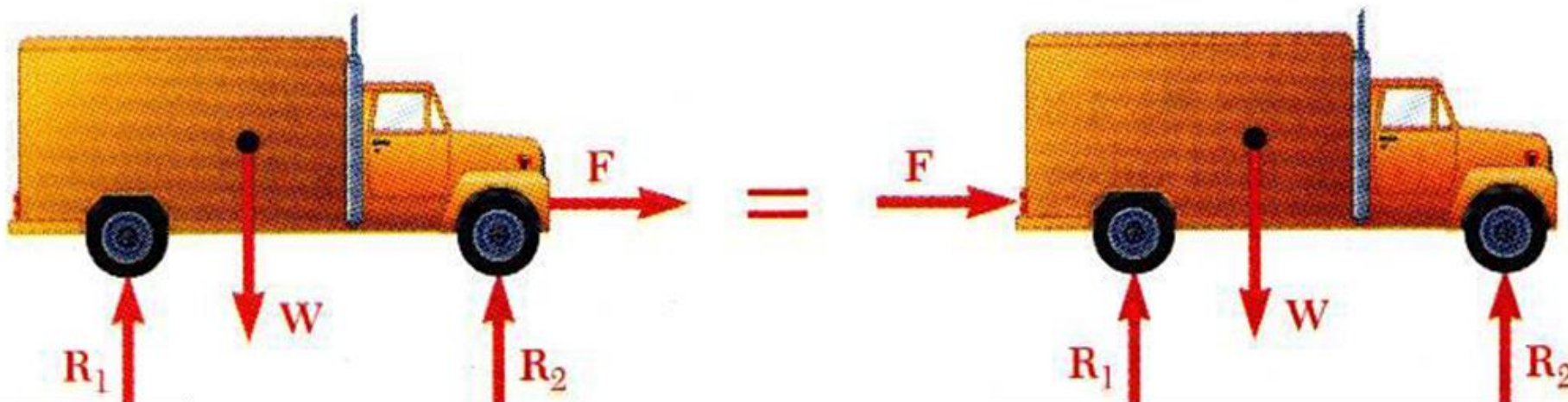
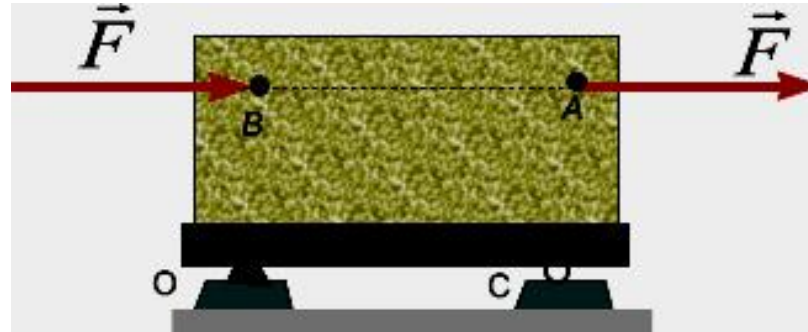
Surgen como una reacción interna para equilibrar las cargas externas aplicadas.



Efectos de las fuerzas

Por el momento en física sólo estudiaremos los efectos exteriores de las fuerzas.

Además vamos a considerar a la fuerza como un vector deslizante es decir, cumple el principio de transmisibilidad, esto es, la fuerza puede considerarse aplicada en cualquier punto de su línea de acción sin que altere su efecto exterior sobre el cuerpo.



Tipos de fuerzas exteriores

A.- Fuerzas de contacto.

Se generan mediante el contacto físico directo entre dos cuerpos.

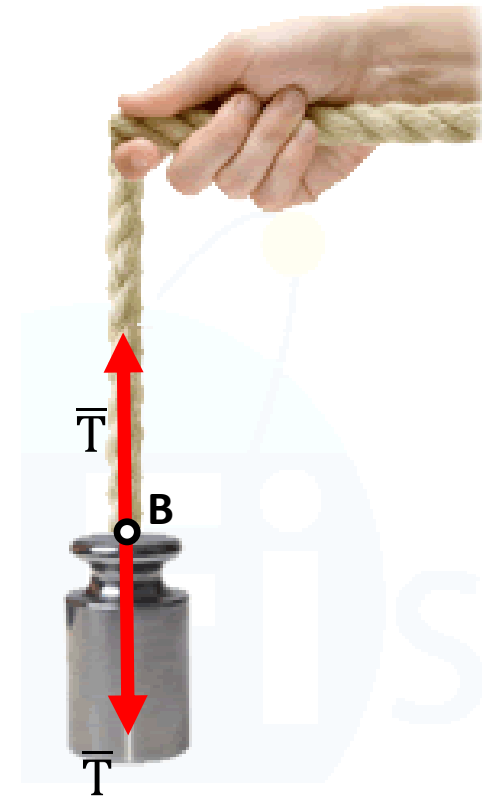
Existen cuatro tipos de fuerzas de contacto (mecánicas o macroscópicas):

- a) La fuerza de tracción, debida a contacto con cuerdas, cables, resortes estirados, barras o varillas rígidas livianas estiradas.
- b) La fuerza de compresión, debida a contacto con resortes comprimidos, barras o varillas rígidas livianas comprimidas.
- c) La fuerza normal ($\bar{N}$), debida al contacto simple de un cuerpo con otro, la cual será perpendicular a las superficies en contacto.
- d) La fuerza de fricción o rozamiento ($\bar{F}_r$), debida al contacto simple de un cuerpo con otro relativamente al cual el primero tiende a deslizarse.

Tipos de fuerzas

a); b).- La fuerza de tracción o compresión en varillas, cables o cuerdas será representada con un vector fuerza de tensión o simplemente vector fuerza ($\vec{T}$, $\vec{F}$, $\vec{P}$).

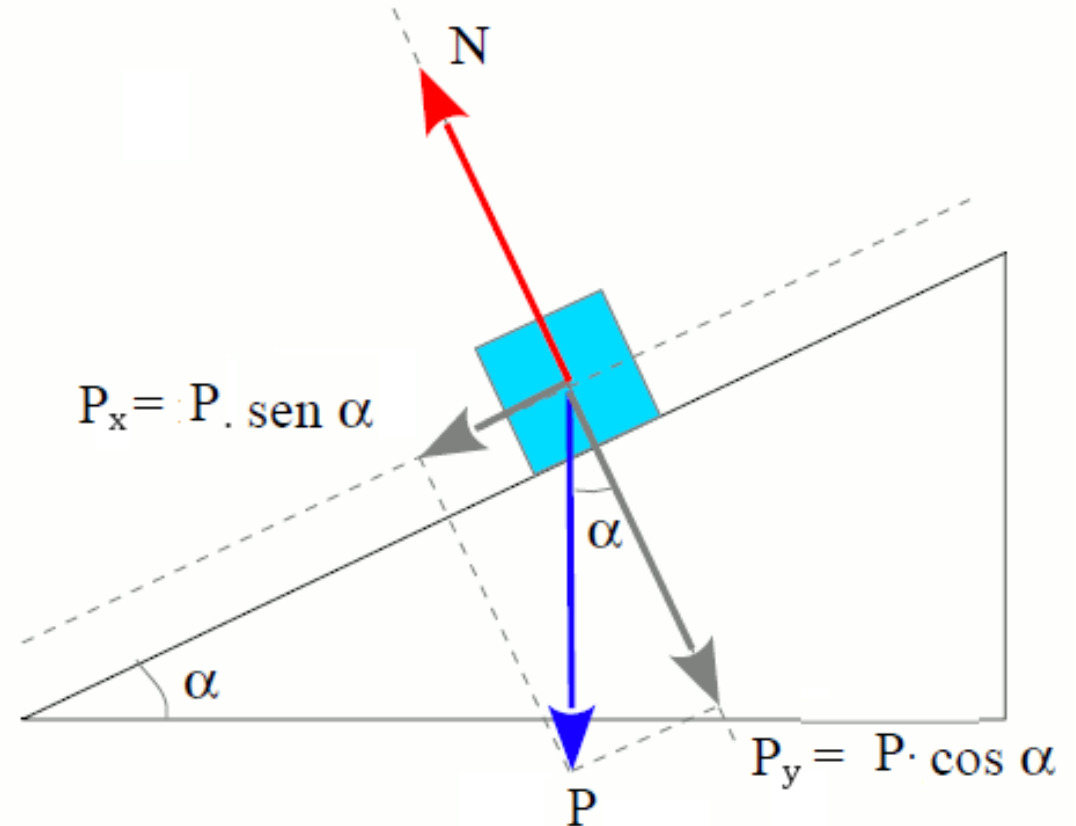
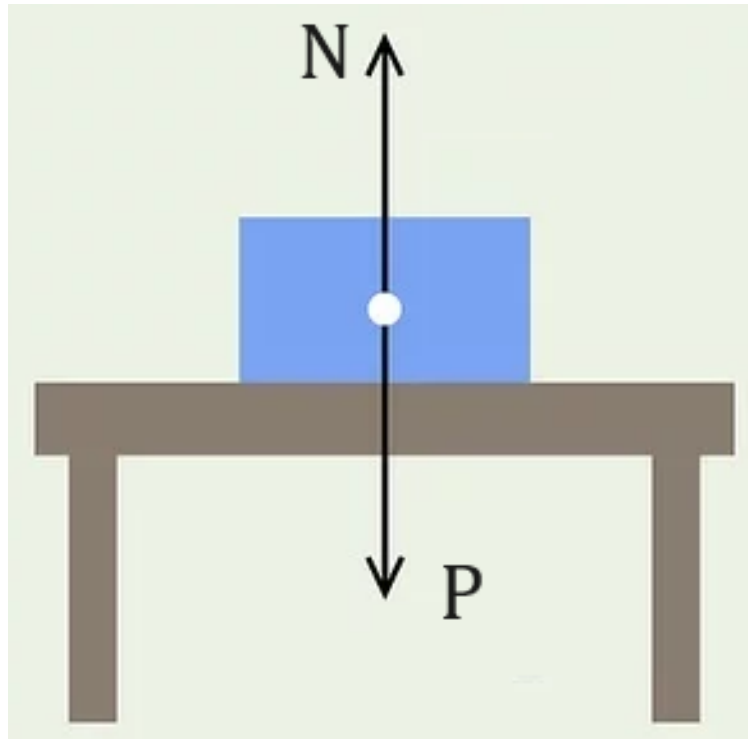
Éste vector fuerza, simboliza el esfuerzo que recibe y transmite un objeto o elemento en un punto de dicho objeto (A, B....).



Tipos de fuerzas

c).- La fuerza de normal ($\bar{N}$) es una fuerza de reacción debida a la acción de un cuerpo sobre otro y siempre es perpendicular a las superficies en contacto.

La fuerza normal es una fuerza de reacción de la mesa hacia el objeto apoyado en ella; es la acción que sostiene al objeto y solo “aparece” cuando hay contacto físico entre dichos objetos.



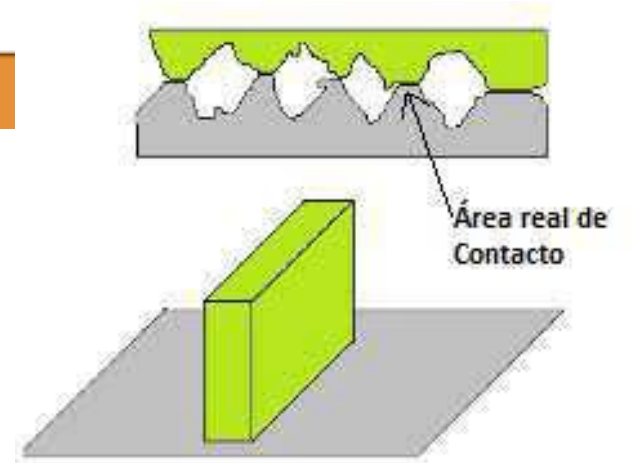
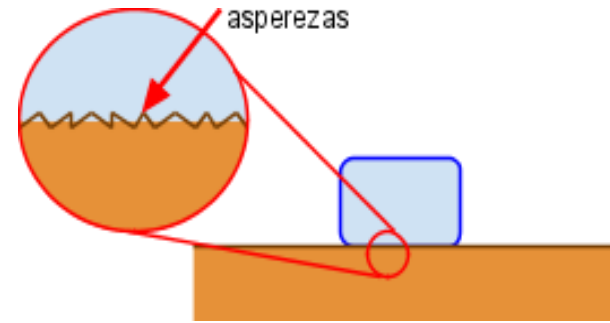
Tipos de fuerzas

d).- La fuerza de fricción (o fuerza de rozamiento) ($\bar{F}_r$) es otro tipo de fuerza de contacto exterior y se origina debido a las imperfecciones microscópicas entre las superficies que “intentan” deslizarse una sobre otra.

Los experimentos muestran que la fuerza de fricción surge de la naturaleza de las dos superficies debido a su rugosidad, donde el contacto se realiza sólo en posiciones donde se tocan las partes salientes (los picos) del material.

En dichas posiciones, la fuerza de rozamiento o de fricción surge en parte porque un pico físicamente bloquea el movimiento de un pico de la superficie opuesta.

Estudiaremos dos tipos de fuerzas de fricción, la fuerza de fricción estática ($\bar{F}_{r,e}$) y la fuerza de fricción cinética ($\bar{F}_{r,k}$).



Tipos de fuerzas

Tanto $\bar{F}_{r,e}$ como $\bar{F}_{r,k}$ son proporcionales a la magnitud de la fuerza normal ($\bar{N}$) que se ejerce sobre un objeto por la superficie.

$$\bar{F}_{r,e} \sim \bar{N} \quad \text{y} \quad \bar{F}_{r,k} \sim \bar{N}$$

Para establecer una igualdad, debemos incorporar un “factor de proporción”, al que llamaremos coeficiente (μ), que dependerá de los materiales y de la rugosidad de las superficies en contacto.

Por lo tanto, la fuerza de fricción del cuerpo en reposo es:

$$\bar{F}_{r,e} \leq \mu_e \cdot \bar{N} \quad ; \quad \bar{F}_{r,e,\max} = \mu_e \cdot \bar{N}$$

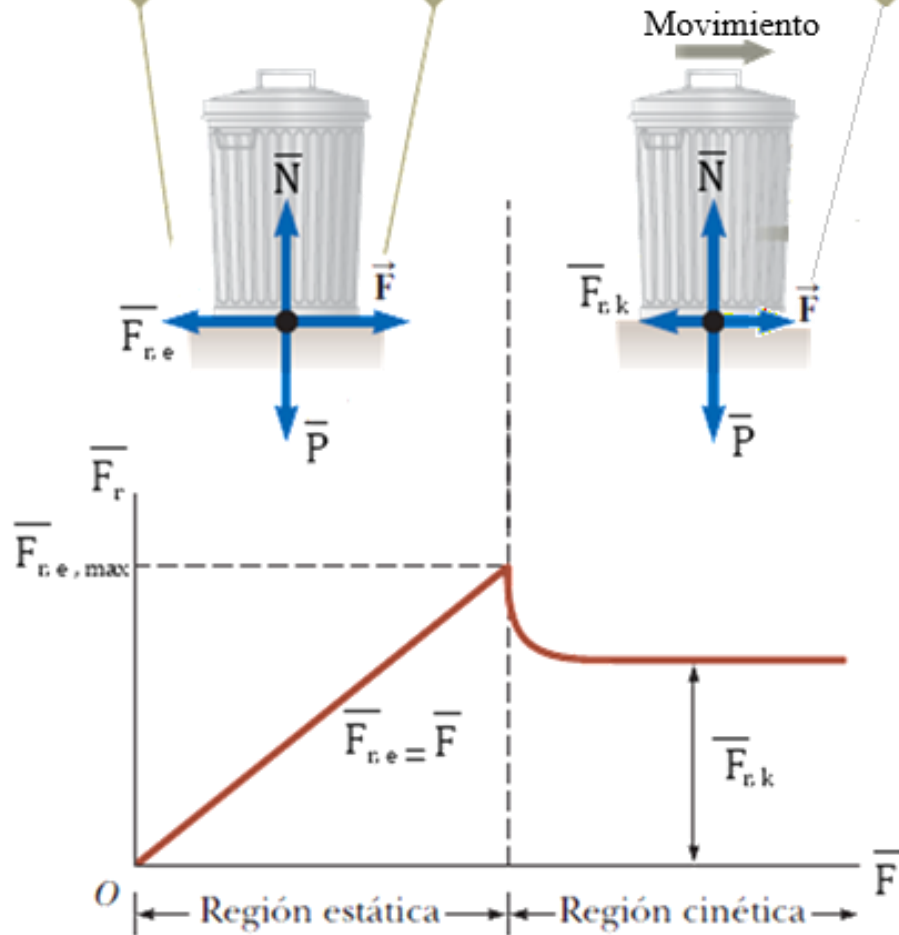
Y la fuerza de fricción en movimiento es:

$$\bar{F}_{r,k} = \mu_k \cdot \bar{N}$$

Tipos de fuerzas

Para pequeñas fuerzas aplicadas, la magnitud de la fuerza de fricción estática es igual a la magnitud de la fuerza aplicada.

Una vez que la fuerza aplicada supera cierto valor y se establece el movimiento, el coeficiente de fricción disminuye y así también la fuerza de fricción hacia un valor constante.



Coeficientes de fricción

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

Nota: Todos los valores son aproximados. En algunos casos el coeficiente de fricción puede ser mayor que 1.0.

Tabla de valores usuales de coeficientes de fricción estático y cinético.

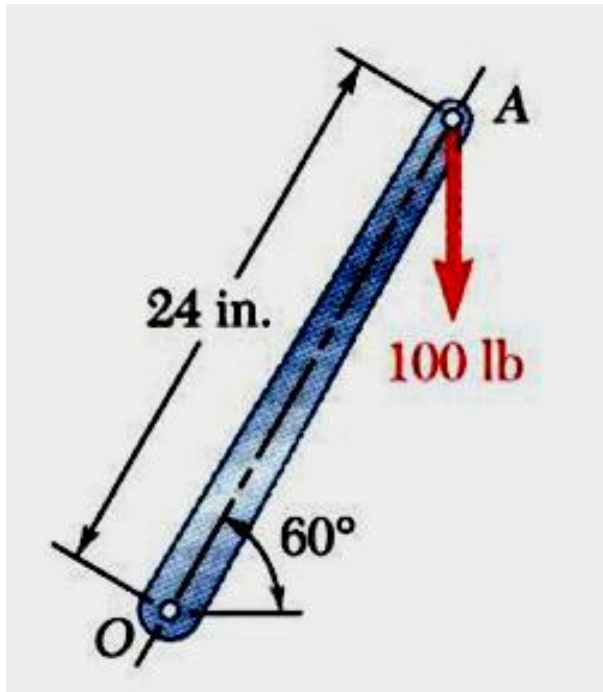
En la región cinética, la fuerza de rozamiento se mantiene constante más allá de que la fuerza aplicada cambie.

Tipos de fuerzas

Dentro de las fuerzas de contacto exterior tendremos fuerzas concentradas en un punto o fuerzas puntuales y fuerzas distribuidas.

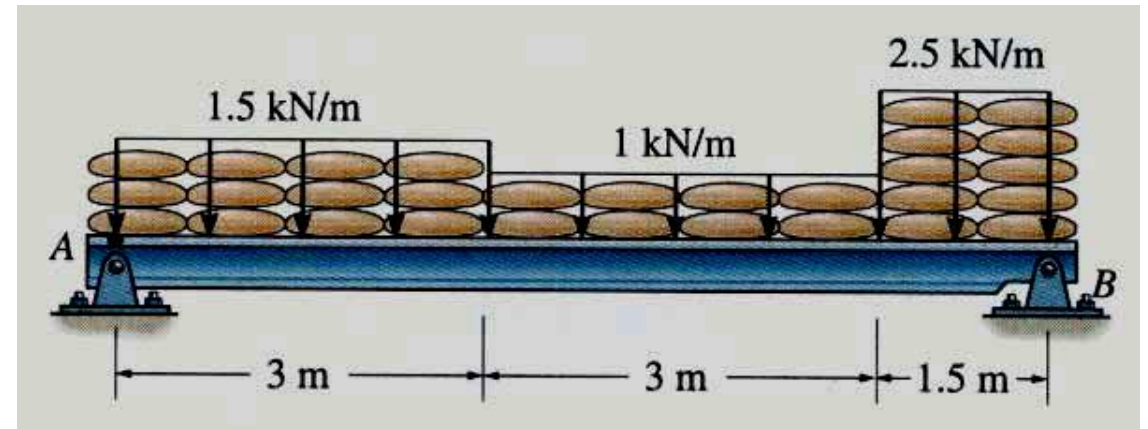
FUERZAS CONCENTRADAS:

Aquellas que se consideran aplicadas en un punto.



FUERZAS DISTRIBUIDAS:

Aquellas que se consideran aplicadas en una línea, un área o un volumen.

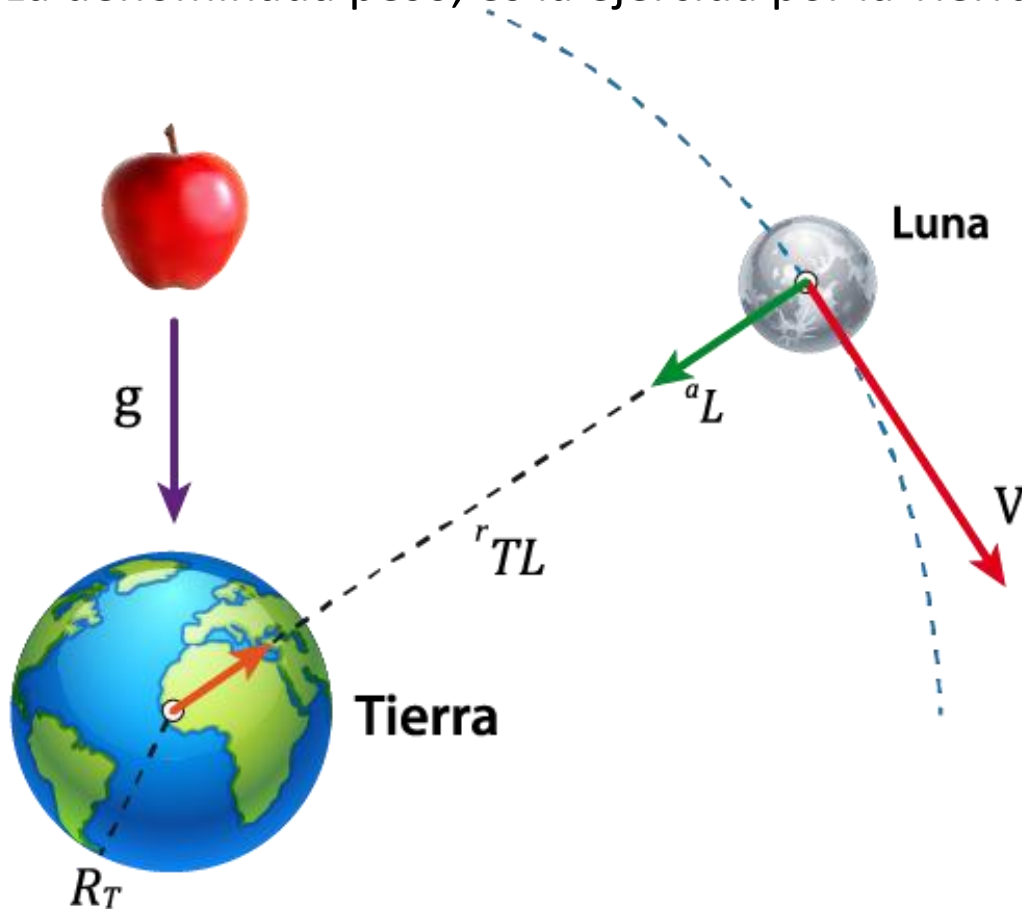


Tipos de fuerzas

B.- Fuerzas de acción a distancia o masivas.

Se crean por acción a distancia, son aquellas que actúan sobre cada partícula de la masa del objeto sin necesidad de contacto físico. Por ejemplo la fuerza gravitacional y la fuerza magnética.

La fuerza denominada peso, es la ejercida por la Tierra sobre todo cuerpo en su superficie.



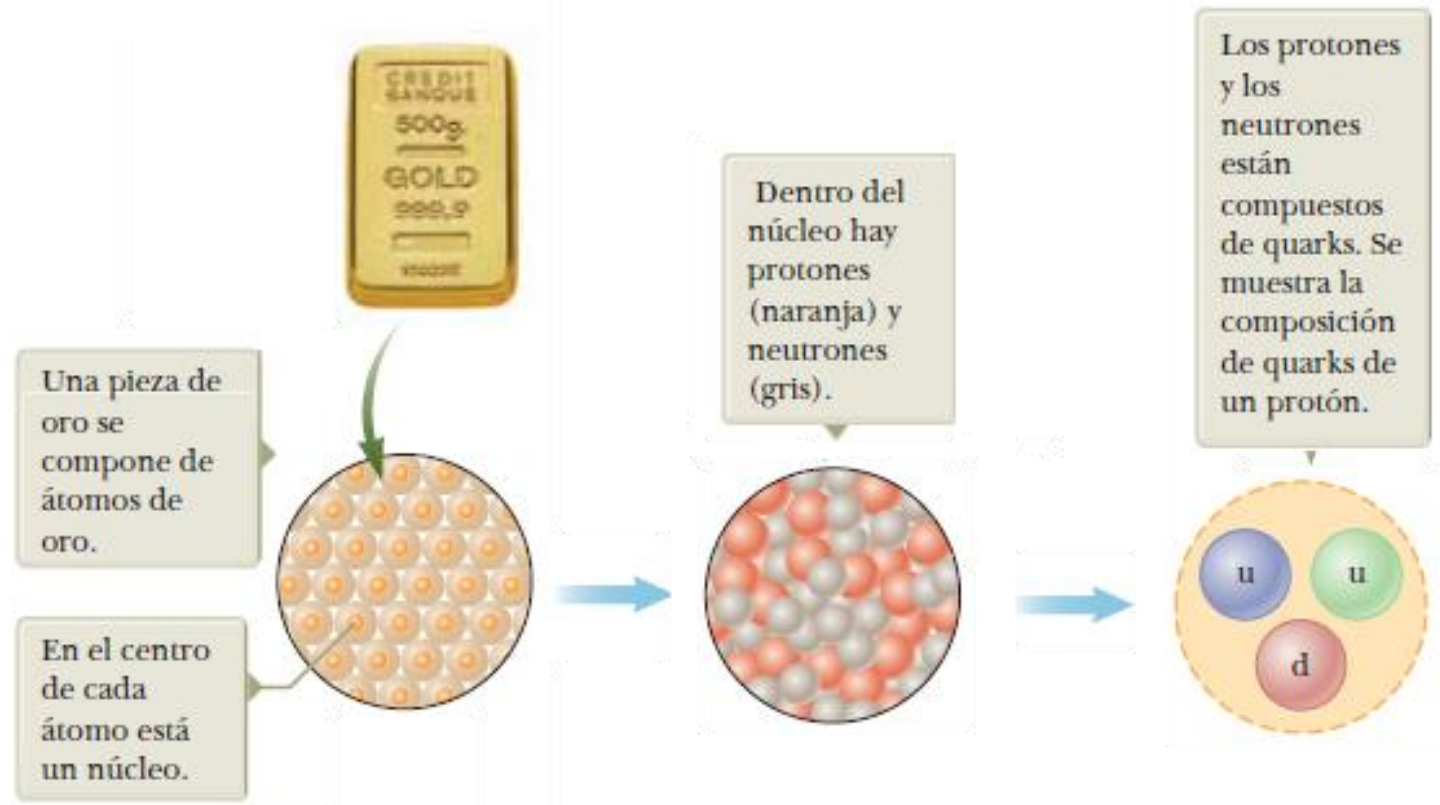
Masa

Es una medida de la *cantidad* de materia de una muestra de cualquier material. Cuanto más masivo es un objeto, más fuerza se necesita para ponerlo en movimiento. Todos los cuerpos se componen de materia.

La inmensa variedad de materia presente en nuestro mundo está formada por las combinaciones de sólo alrededor de 100 sustancias muy básicas llamadas *elementos*, los cuales se componen de átomos.

El *número atómico* se indica como el número de protones que tiene cada átomo y la *masa atómica* es la suma de la cantidad de neutrones y protones que componen su núcleo.

Se desprecia la masa aportada por cada electrón, pues su masa es 1800 veces menor a la masa del protón o del neutrón.



Masa

La masa atómica se expresa en Unidad de Masa Atómica ($1 \text{ uma} = 1,6605 \times 10^{-24} \text{ g/partíc}$), o de otra manera: $1 \text{ g} = 6,0221 \times 10^{23} \text{ uma (partíc/g)}$.

Para manejar números más accesibles llamamos MOL, a dicha cantidad de partículas ($6,0221 \times 10^{23}$). Por ejemplo:

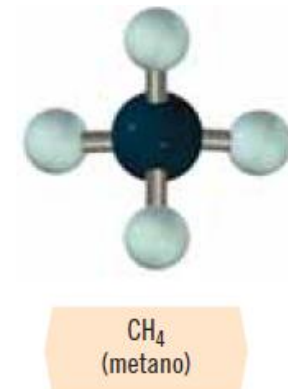
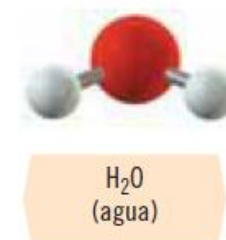
Masa de UN átomo de Hidrógeno: 1 partícula = 1 protón = $1 \times 1,6605 \times 10^{-24} \text{ g} = 1 \text{ uma}$; (no tiene neutrón).

UN MOL de Hidrógeno = $6,0221 \times 10^{23}$ partículas de Hidrógeno.

Luego, la *masa atómica* del Hidrógeno será: $1 \times 1,6605 \times 10^{-24} \text{ g/partíc} \times 6,0221 \times 10^{23} \text{ partíc/mol} = 1 \text{ g/mol}$.

Las moléculas de los compuestos están constituidas por más de un tipo de átomo en proporción definida.

Una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, mientras que una molécula de metano tiene un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno.



Peso

Todos los objetos son atraídos hacia la Tierra. La fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre un objeto se llama fuerza gravitacional F_g .

Esta fuerza se dirige hacia el centro de la Tierra y su magnitud se llama *peso* del objeto.

En 1687, Newton publicó su obra acerca de la ley de gravedad en su tratado *Principios matemáticos de filosofía natural*. La ley de Newton de la gravitación universal establece que:

“Toda partícula en el Universo atrae a cualquier otra partícula con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas”.

Es decir, si las partículas tienen masas m_1 y m_2 , y están separadas una distancia r , la magnitud de esta fuerza gravitacional es:

$$F_g \sim \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Peso

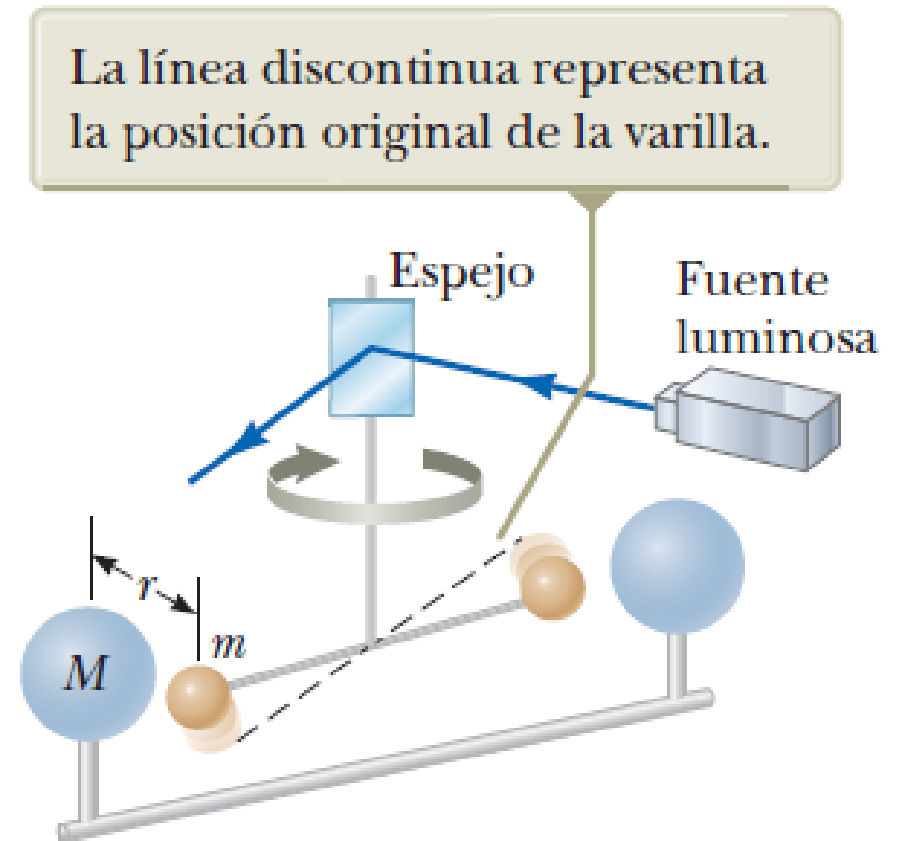
El enunciado de Newton se refiere a una relación de proporciones, pero para lograr la igualdad debe agregarse una constante, por lo que no se podía aún saber el valor de la fuerza de atracción gravitatoria.

La constante gravitacional universal G fue evaluada por primera vez en 1798 mediante un importante experimento realizado por Sir Henry Cavendish.

Dicho experimento consiste en una balanza con dos pequeñas esferas, cada una de masa m , fijas en los extremos de una barra horizontal liviana suspendida de una fibra fina o alambre metálico delgado.

Cuando dos esferas grandes, cada una de masa M , se colocan cerca de las mas pequeñas, la fuerza de atracción entre las esferas pequeñas y grandes hace que la barra gire y tuerza el alambre de suspensión a una nueva orientación de equilibrio.

El ángulo de rotación se mide por la desviación de un haz de luz reflejado de un espejo unido a la suspensión vertical.



Peso

El valor de G obtenido con la balanza de Cavendish en unidades del SI es: $G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ [N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2]$.

De la ecuación que define la fuerza de atracción gravitatoria, podemos determinar el peso de cualquier objeto sobre la superficie de la tierra.

$$F_g = \text{Peso} = P = G \cdot \frac{m_{\text{Tierra}} \cdot m_{\text{Objeto}}}{r^2}$$

Además podemos simplificar dicha expresión conociendo algunas constantes como ser:

Masa de la Tierra: $m_{\text{Tierra}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$.

Distancia del objeto al centro de la Tierra: $r \cong \text{Radio de la Tierra} = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$.

Por lo tanto si multiplicamos tales cantidades, nos da un valor que llamaremos aceleración gravitatoria y la denominaremos con la letra g :

$$g = G \cdot \frac{m_{\text{Tierra}}}{r^2} \cong 9,81 \text{ m/s}^2$$

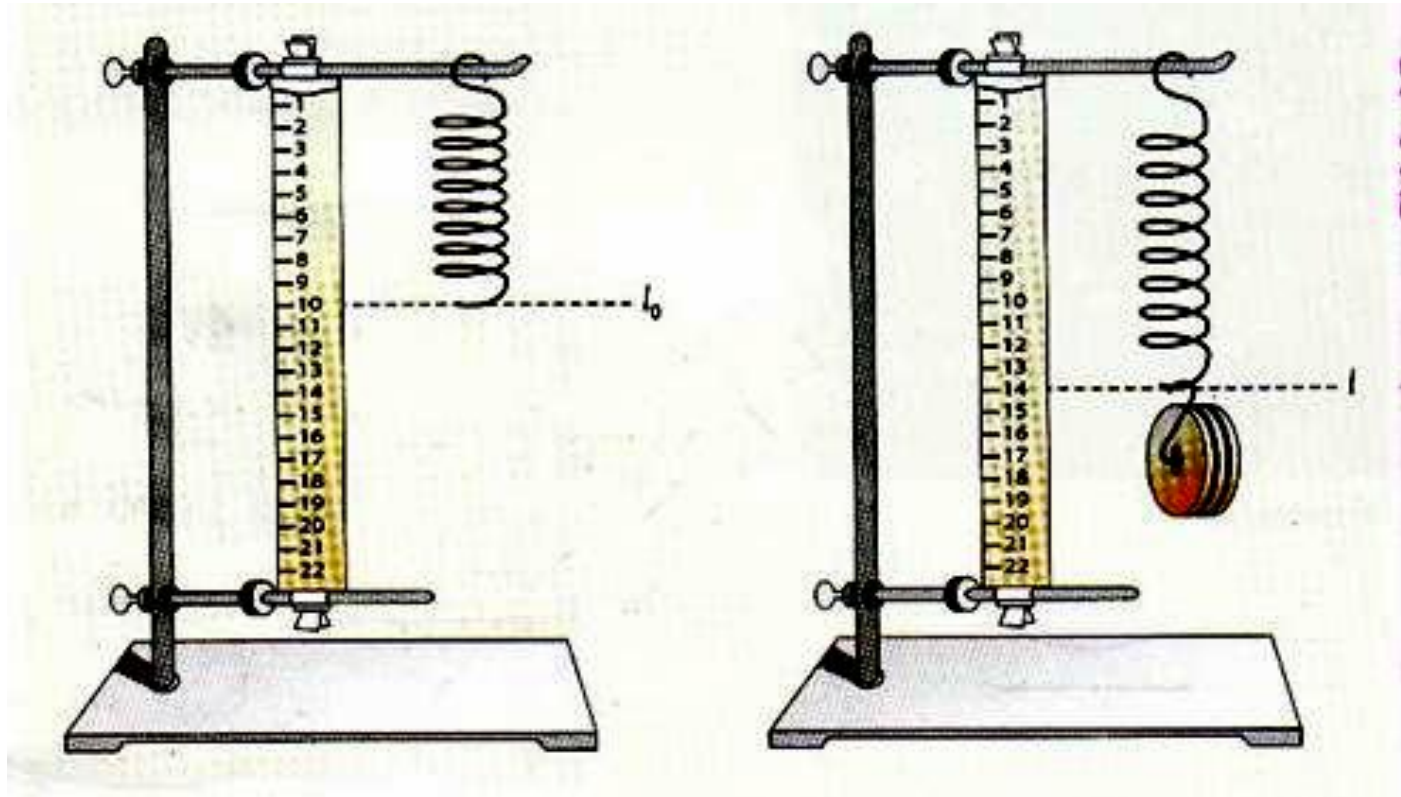
Finalmente queda:

$$\bar{P} = m_{\text{Objeto}} \cdot \bar{g}$$

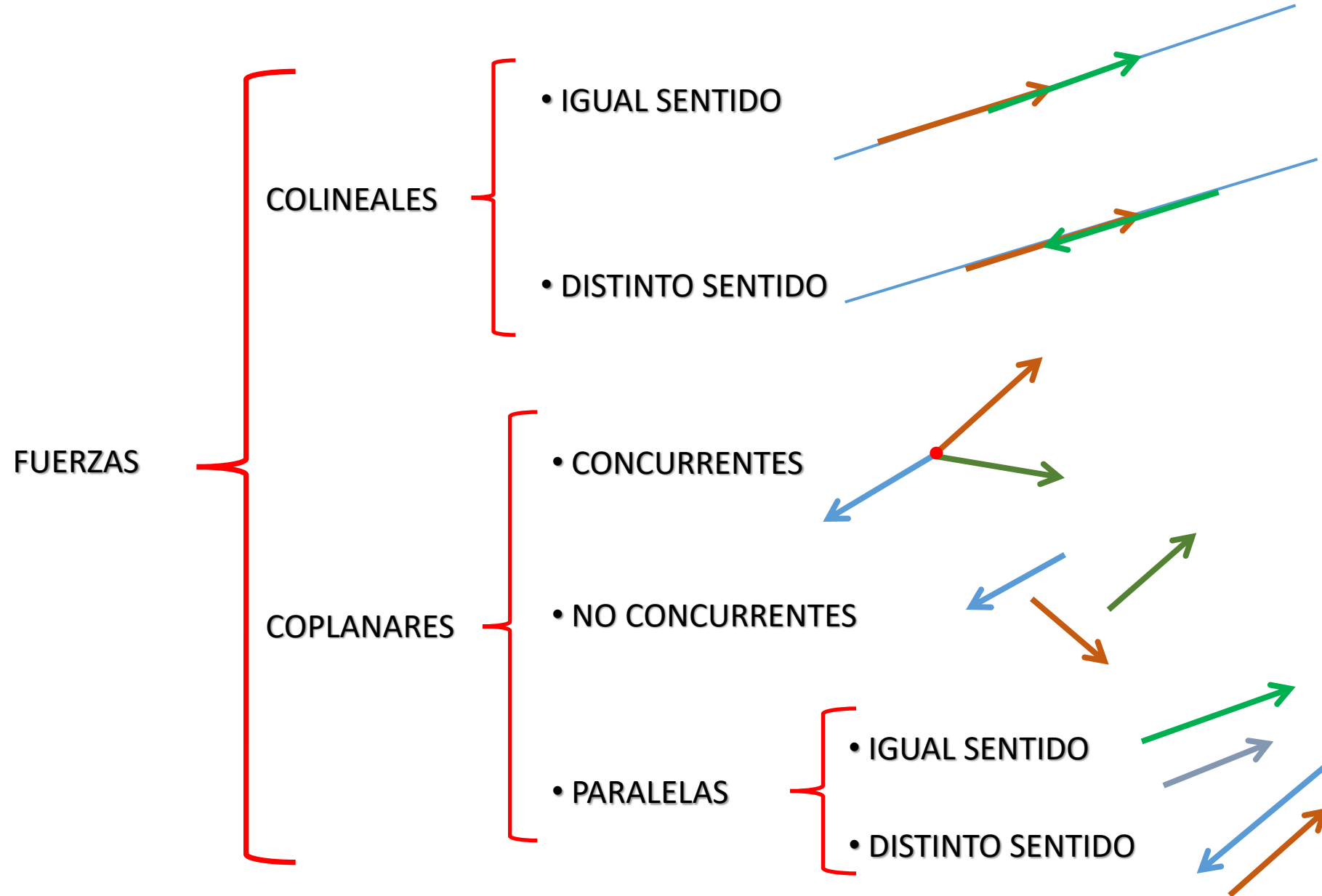
Unidades de fuerzas

- Una fuerza puede medirse comparándola con otras fuerzas conocidas, recurriendo al equilibrio mecánico, o por deformación calibrada de un resorte.
- La unidad patrón de la fuerza en el SI de unidades es el Newton (1 N); con sus correspondientes múltiplos y sub múltiplos.

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



Clasificación de fuerzas



Cuerpo puntual

Definición

Se denomina *CUERPO PUNTUAL* a todo cuerpo cuyas dimensiones (medidas, forma) pueden despreciarse o no tenerse en cuenta, en una situación dada.

De esta manera, todas las fuerzas que actúen sobre él, serán concurrentes en alguno de sus puntos.

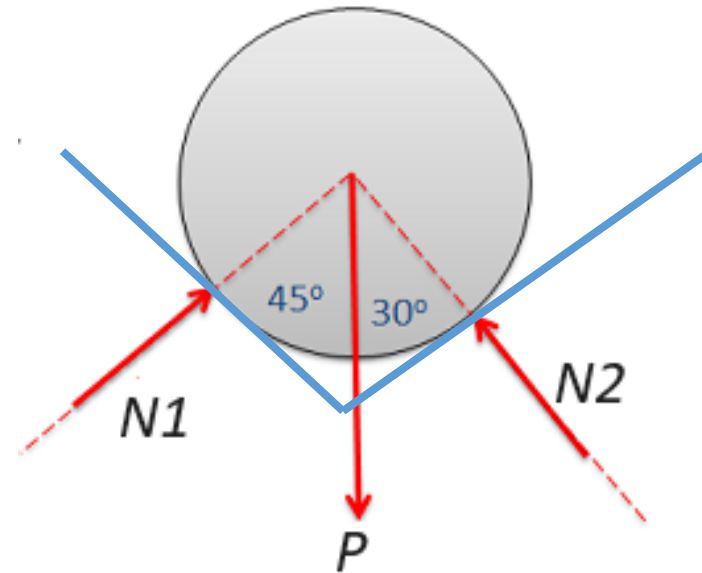
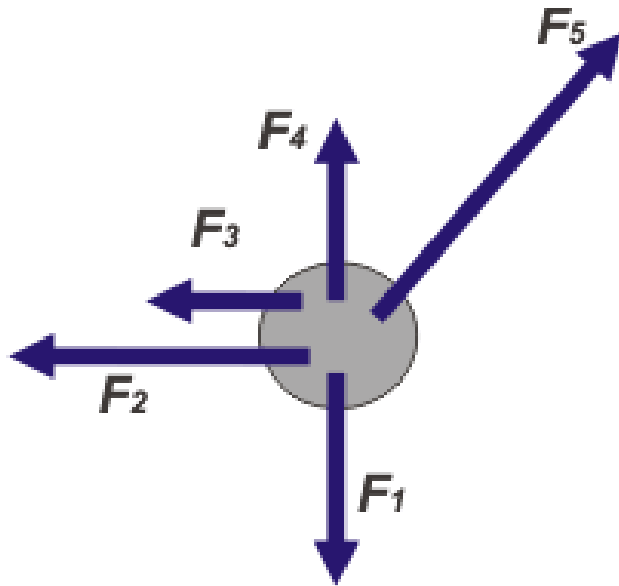


Diagrama de cuerpo libre

El comportamiento mecánico de los cuerpos materiales está gobernado por las fuerzas a que están sometidos.

Hacer el diagrama de cuerpo libre del cuerpo material en estudio consiste precisamente en hacer una identificación y representación gráfica de las fuerzas que solicitan al cuerpo.

Como se advierte, la confección del Diagrama de Cuerpo Libre constituye un primer paso imprescindible en la aplicación de las leyes de la mecánica.

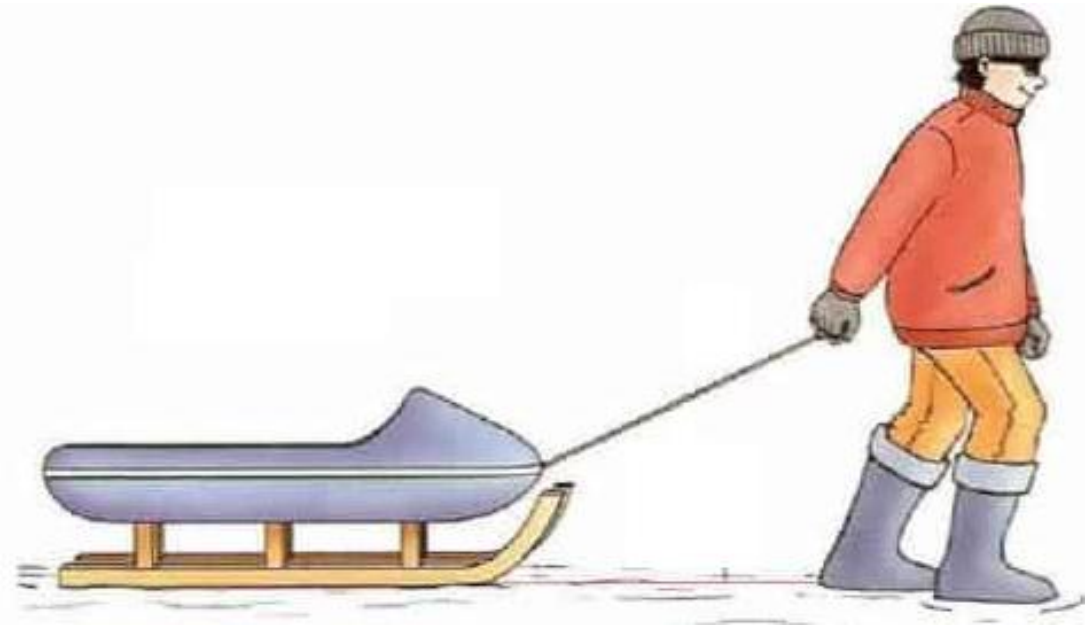
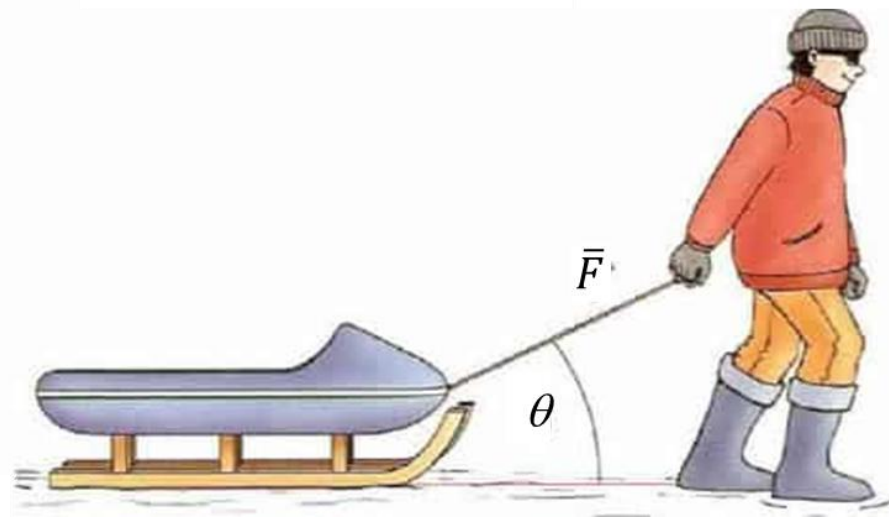
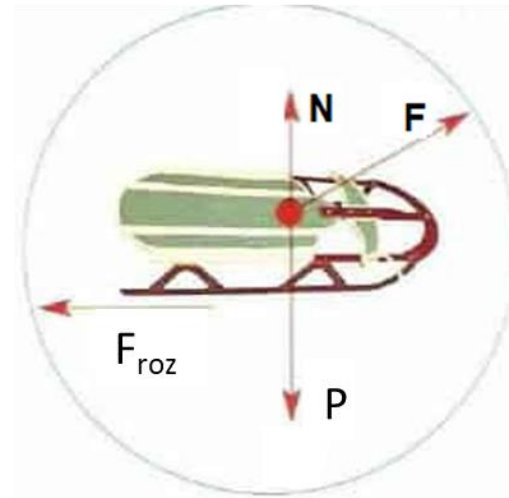


Diagrama de cuerpo libre

Definición. El diagrama de cuerpo libre (DCL) de un cuerpo es una figura donde se muestra únicamente el cuerpo en cuestión representado en forma puntual (aislado conceptualmente de los demás cuerpos a su alrededor), junto con todas y cada una de las fuerzas que actúan sobre él, mientras puedan considerarse como concurrentes a dicho punto.



Situación Real



Esquema

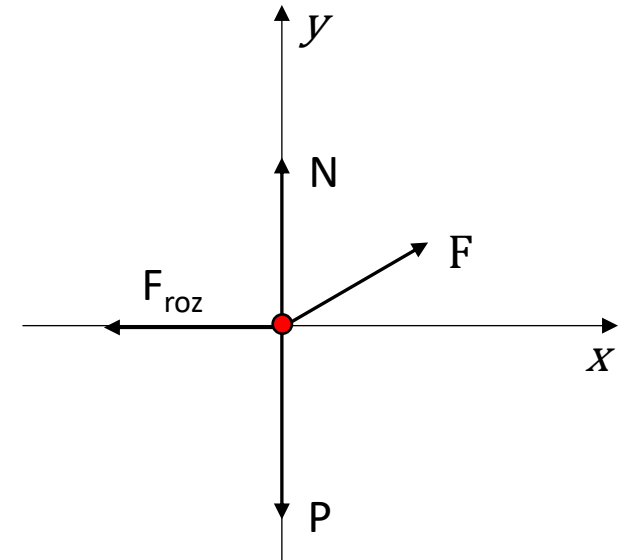


Diagrama de Cuerpo Libre

Cabe aclarar que si se trata de un cuerpo rígido, debemos tener en cuenta las distancias que separan a las fuerzas actuantes sobre dicho objeto.

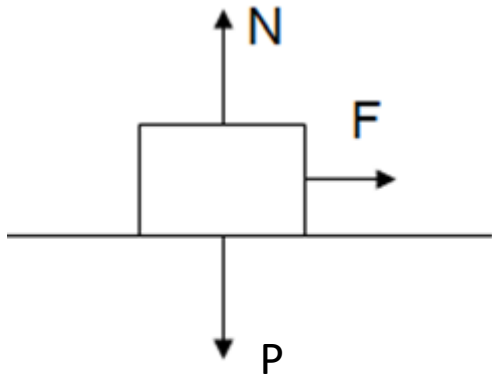
P: Peso del cuerpo.

F ó T: Tensión de cuerdas o cables.

N: Fuerza normal.

F_{roz} o F_r : Fuerza de fricción.

Diagrama de cuerpo libre de un cuerpo puntual



Esquema

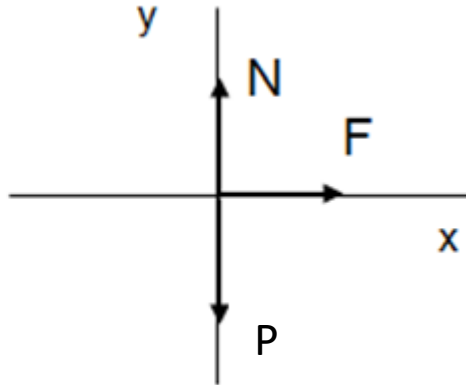
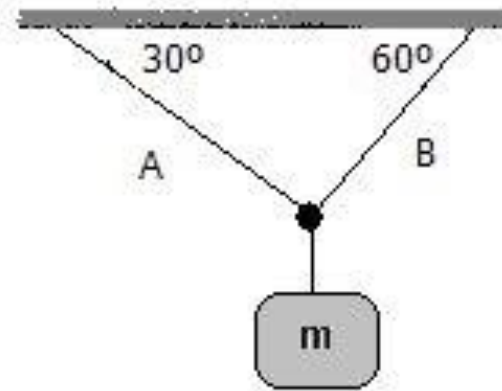


Diagrama de Cuerpo Libre



Esquema

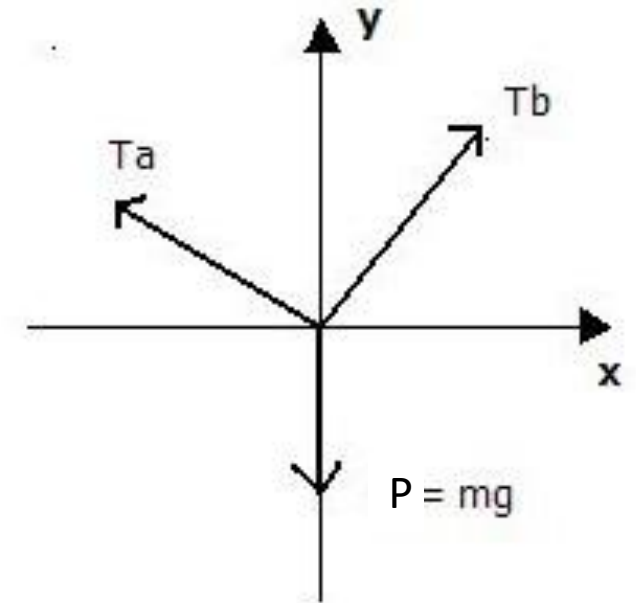


Diagrama de Cuerpo Libre

Regla para confeccionar el DCL de un cuerpo-partícula:

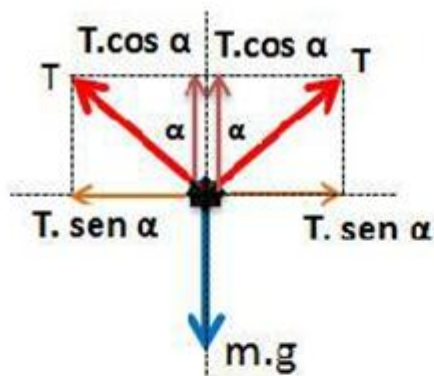
- Ante todo trazar el vector peso del cuerpo.
- Recorrer visualmente el cuerpo considerado por todo su contorno y su interior, haciendo una lista (mentalmente o por escrito) de todos aquellos cuerpos vecinos con los que el cuerpo considerado esté en contacto.
- Incluir en el DCL la fuerza existente en cada uno de estos contactos.

Diagrama de cuerpo libre en un sistema de fuerzas concurrentes

Masa suspendida de dos cuerdas

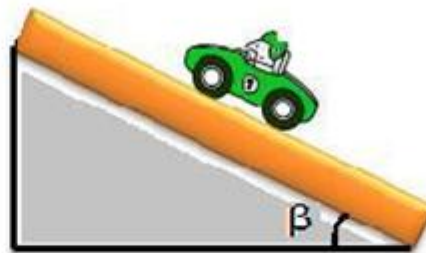


Esquema

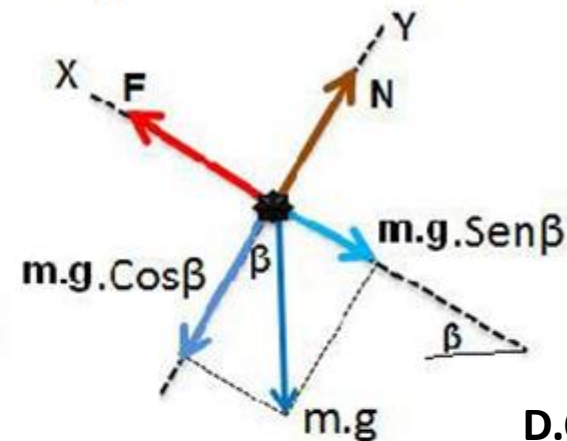


D.C.L.

Auto que sube por un plano inclinado

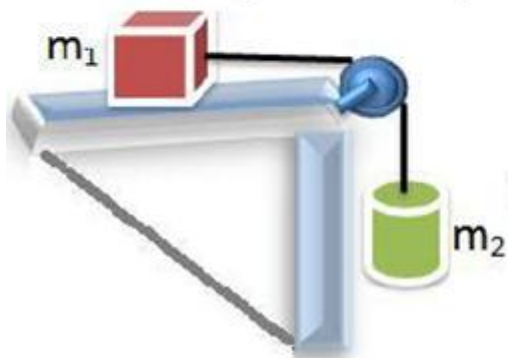


Esquema

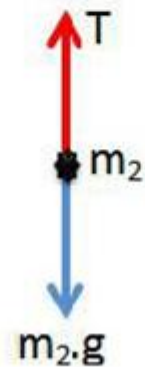
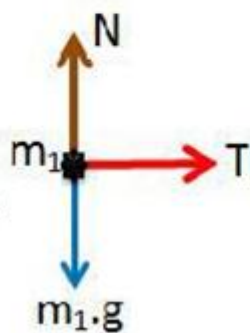


D.C.L.

Masa suspendida y apoyada

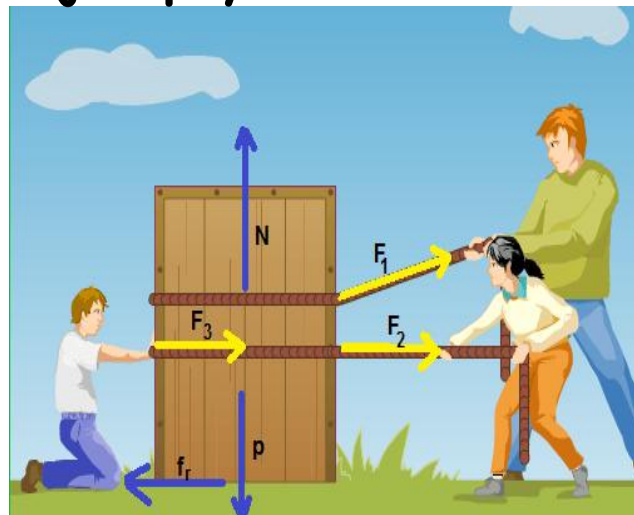


Esquema

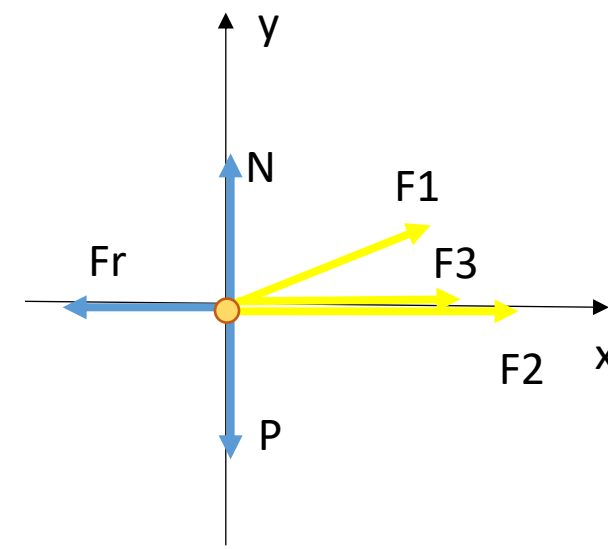


D.C.L.

Caja apoyada en el suelo



Esquema

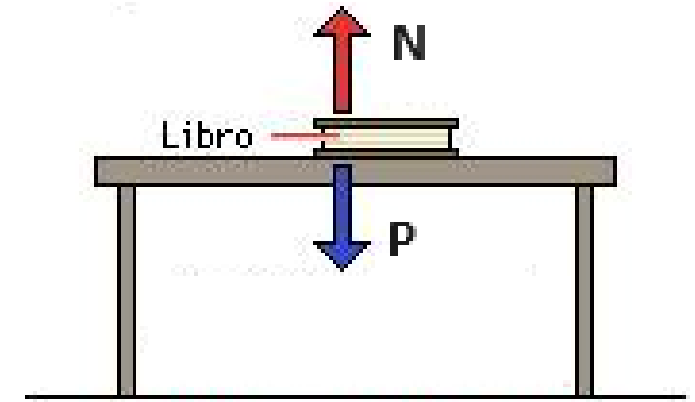


D.C.L.

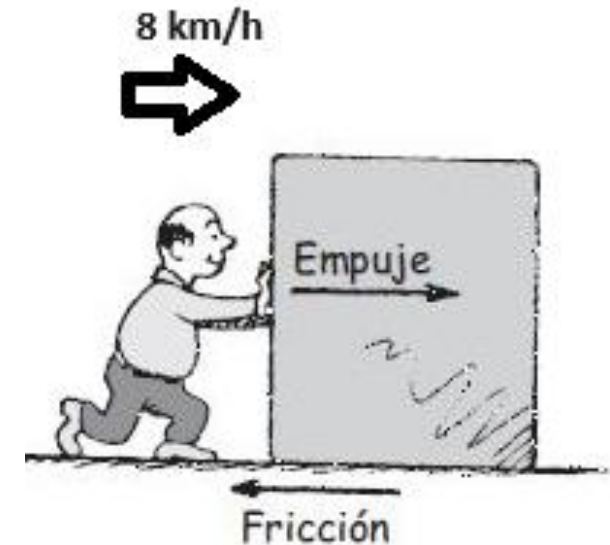
Definición de equilibrio, tipos de equilibrio

Es el estado o situación en la que se encuentra un cuerpo o partícula cuando las fuerzas que actúan sobre el, se compensan anulándose entre sí sus efectos. El equilibrio puede ser:

1. **Equilibrio estático:** En este tipo de equilibrio, un objeto se encuentra en reposo y no experimenta ningún cambio en su posición o estado. Las fuerzas que actúan sobre el objeto se cancelan entre sí, lo que resulta en una ausencia de movimiento. Un ejemplo de equilibrio estático es un libro colocado sobre una mesa.

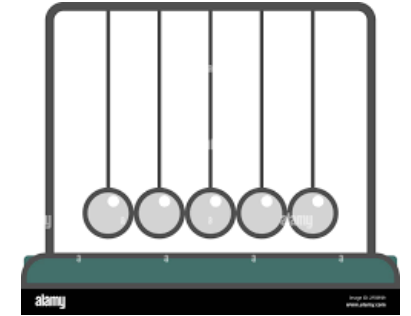


2. **Equilibrio dinámico:** A diferencia del equilibrio estático, en el equilibrio dinámico un objeto se encuentra en movimiento constante, pero a una velocidad constante. Las fuerzas que actúan sobre el objeto se equilibran, lo que permite que el objeto se mueva sin cambiar su velocidad. Un ejemplo de equilibrio dinámico es un objeto que se desplaza a una velocidad constante por un camino recto.

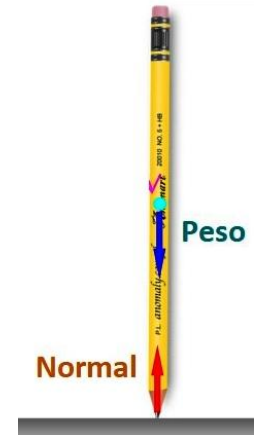


Tipos de equilibrio

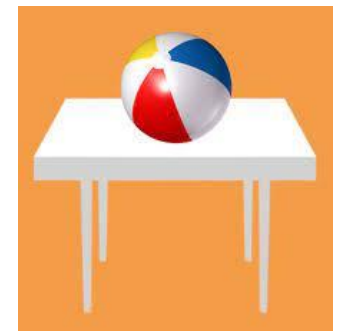
3. **Equilibrio estable:** En éste tipo de equilibrio, un objeto puede sufrir pequeñas perturbaciones sin perder su estabilidad. Si se aplica una fuerza externa sobre un objeto en equilibrio estable, éste establecerá su equilibrio en su posición original una vez que se retira la fuerza externa. Un ejemplo de equilibrio estable es el péndulo.



4. **Equilibrio inestable:** Este tipo de equilibrio se caracteriza por ser muy sensible a pequeñas perturbaciones. Si se aplica una fuerza externa tal que produzca un mínimo desplazamiento a un objeto en equilibrio inestable, éste perderá su estabilidad, logrando su equilibrio en otra posición una vez retirada la fuerza externa. Un ejemplo de equilibrio inestable es un lápiz de pie sobre su punta.



5. **Equilibrio indiferente:** Este tipo de equilibrio se produce cuando cada vez que a un objeto se le aplica una fuerza externa y pierde su posición de equilibrio, encuentra su equilibrio en otra nueva posición relacionada al instante en que se deja de aplicar dicha fuerza externa. Un ejemplo de equilibrio indiferente es una pelota en reposo sobre una superficie plana.

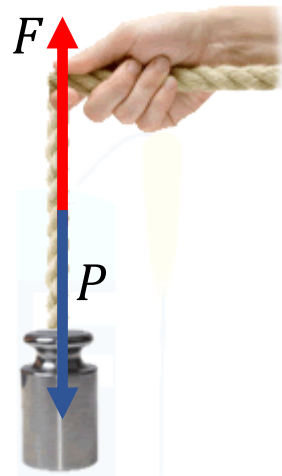


Leyes de Newton y equilibrio de fuerzas

PRIMERA LEY (Ley de Inercia).

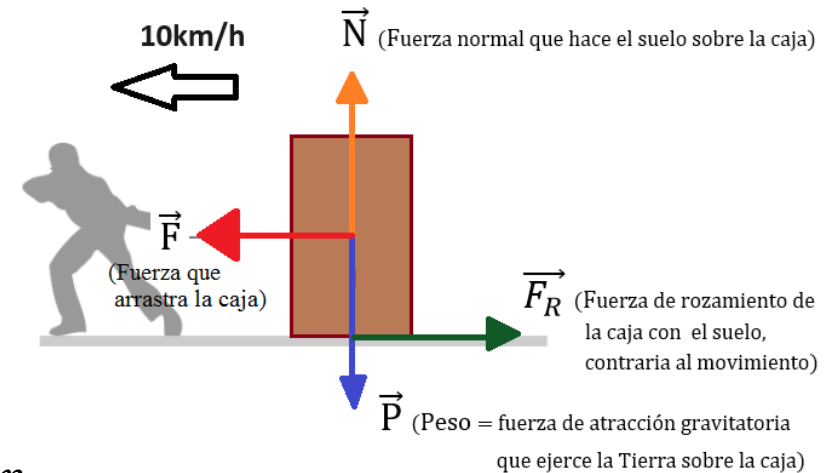
“Todo cuerpo se mantiene en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas aplicadas sobre él”.

Esto significa que un objeto desplazándose en dirección rectilínea con velocidad constante o en reposo no alterará su estado a menos que se le aplique algún tipo de fuerza extra.



$$\sum_{i=0}^n F_y = R_y = 0 \rightarrow F - P = 0$$

$$\sum_{i=0}^n F_i = 0$$



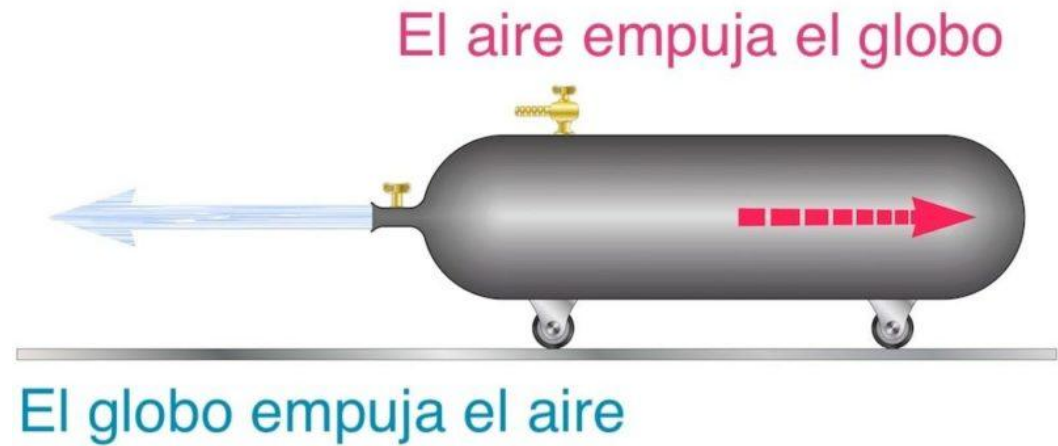
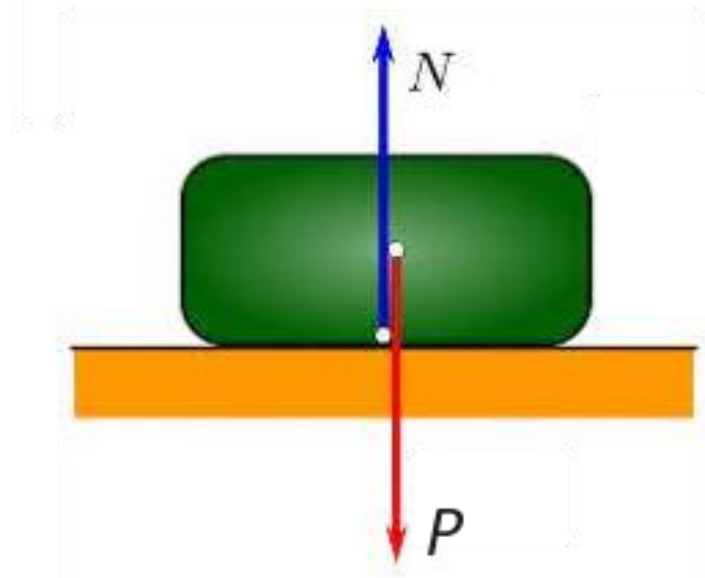
$$\sum_{i=0}^n F_x = R_x = 0 \rightarrow -F + F_R = 0$$

Leyes de Newton y equilibrio de fuerzas

TERCERA LEY (Ley de acción y reacción).

“A toda acción le corresponde una reacción igual pero en sentido contrario”.

Esto quiere decir que las acciones mutuas entre dos cuerpos en contacto, siempre son iguales y dirigidas en sentido opuesto.



Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

De las leyes analizadas, se estudian las condiciones de equilibrio de un cuerpo.

Estas condiciones nos fundamentan que el cuerpo, ante la acción de fuerzas actuantes sobre él, permanezca en reposo o se traslade con movimiento rectilíneo a velocidad constante, y dice:

UN CUERPO PUNTUAL, SE HALLA EN EQUILIBRIO DE TRASLACIÓN, CUANDO LA SUMA VECTORIAL DE TODAS LAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE ÉL, ES NULA.

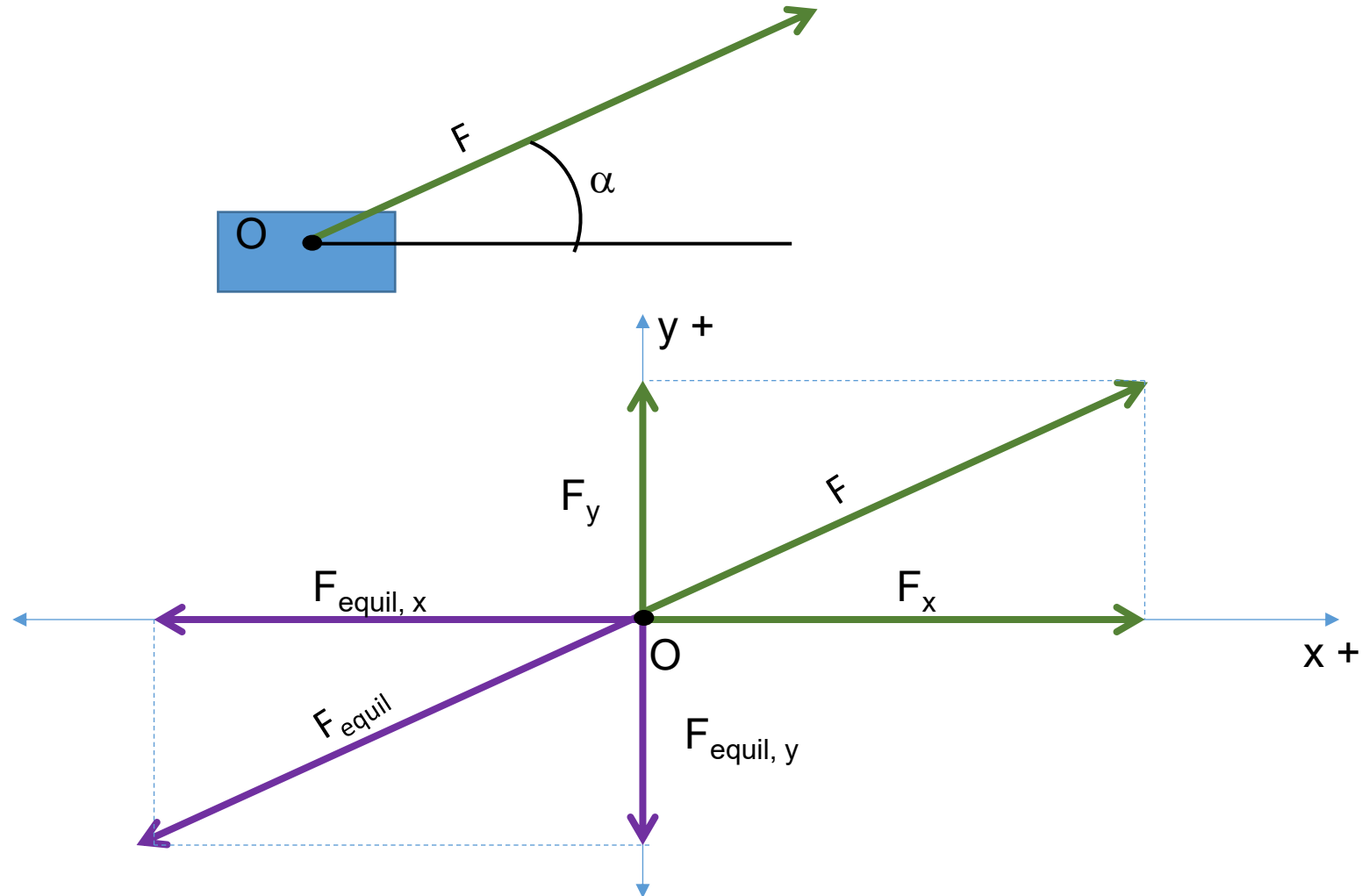
Supongamos que sobre una partícula actúen n fuerzas, entonces esta primera condición se expresa matemáticamente así:

$$\text{Traslación en el eje } x \text{ nula} \Rightarrow \rightarrow + \sum_{i=1}^n F_{xi} = R_x = 0 \Rightarrow F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots F_{Nx} = R_x = 0$$

$$\text{Traslación en el eje } y \text{ nula} \Rightarrow \uparrow + \sum_{i=1}^n F_{yi} = R_y = 0 \Rightarrow F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots F_{Ny} = R_y = 0$$

Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

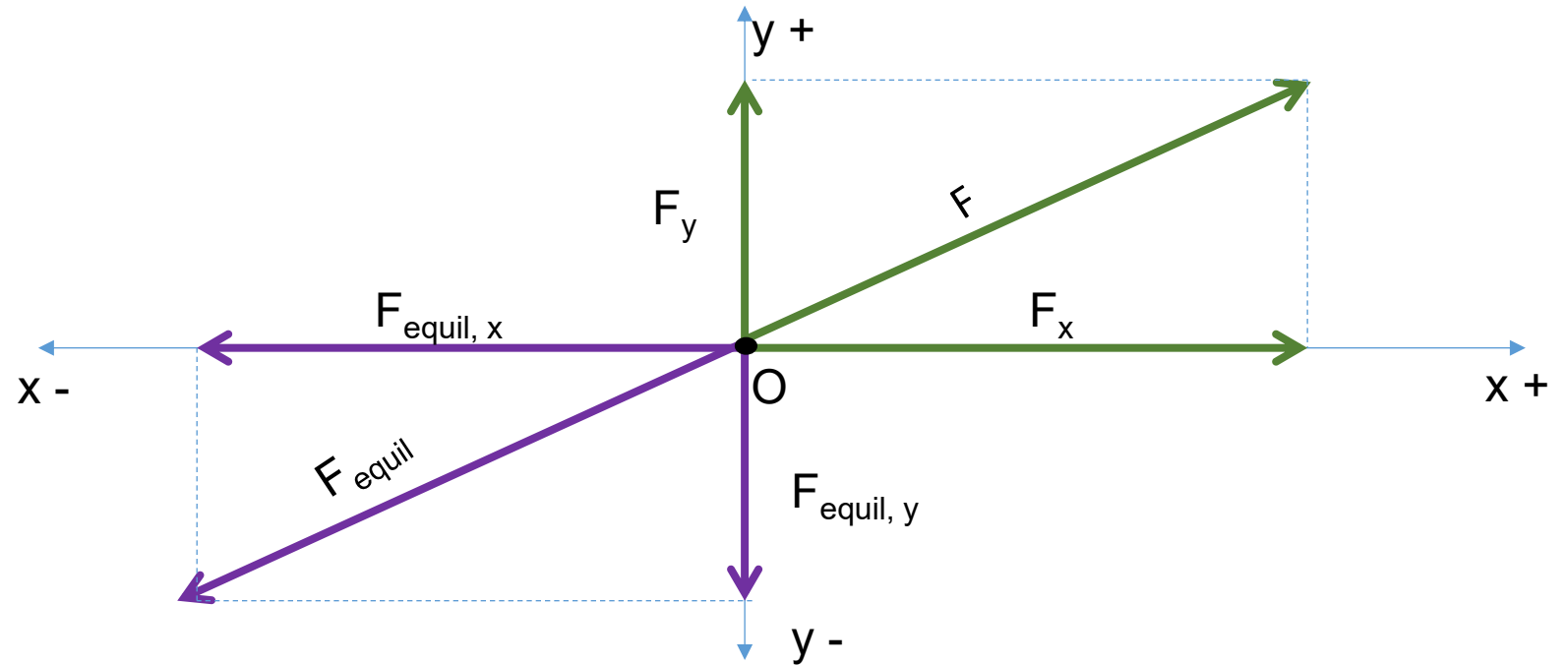
Para determinar las componentes de la fuerza equilibrante (F_{equil}) que anula a la fuerza F que actúa sobre un cuerpo puntual, se procede planteando las condiciones de equilibrio en los ejes x e y .



Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

Para el planteo de equilibrio, se iguala a cero la sumatoria de fuerzas en cada eje.

De esta manera se obtienen las componentes de la fuerza equilibrante.



$$\rightarrow \sum_{i=1}^n F_{xi} = R_x = 0 \Rightarrow -F_{equil, x} + F_x = 0 \Rightarrow F_{equil, x} = F_x$$

$$\uparrow + \sum_{i=1}^n F_{yi} = R_y = 0 \Rightarrow -F_{equil, y} + F_y = 0 \Rightarrow F_{equil, y} = F_y$$

Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

Ejemplo 1:

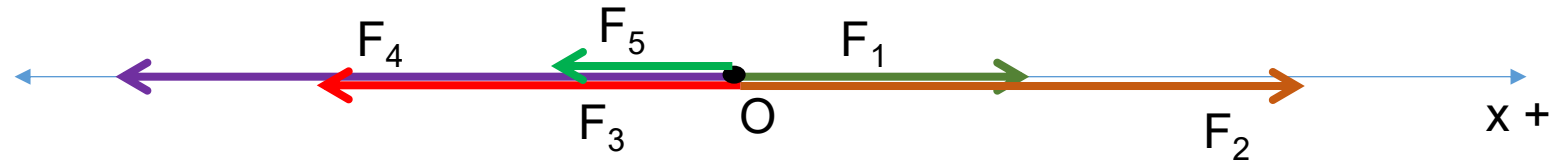
$$|F_1| = 306 \text{ N}$$

$$|F_2| = 874 \text{ N}$$

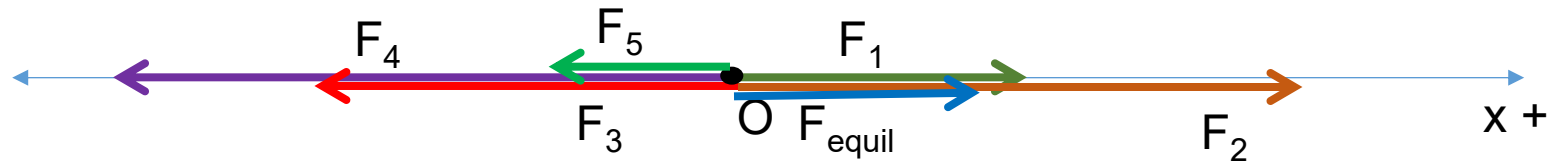
$$|F_3| = 198 \text{ N}$$

$$|F_4| = 900 \text{ N}$$

$$|F_5| = 58 \text{ N}$$



1) Agrego una fuerza equilibrante en la misma dirección (F_{equil}):



2) Planteo ecuación de equilibrio:

$$\sum_{i=1}^n F_{xi} = R_x = 0 \Rightarrow F_1 + F_2 - F_3 - F_4 - F_5 + F_{\text{equil}} = 0$$

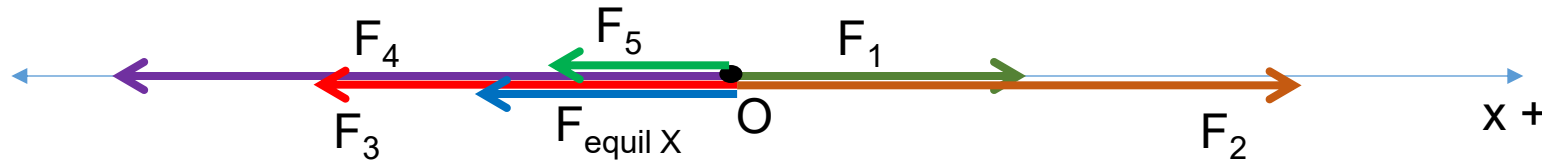
$$306 \text{ N} + 874 - 198 \text{ N} - 900 \text{ N} - 58 \text{ N} + F_{\text{equil}} = 0$$

$$F_{\text{equil}} = -306 \text{ N} - 874 + 198 \text{ N} + 900 \text{ N} + 58 \text{ N}$$

$$F_{\text{equil}} = -24 \text{ N}$$

Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

Resultado que nos dice que la fuerza que equilibra el sistema tendrá un sentido contrario al supuesto; entonces cambiando el sentido a $F_{\text{equil } X}$, será:



Luego, nuevamente planteo equilibrio:

$$\rightarrow_{+} \sum_{i=1}^n F_{xi} = R_x = 0 \Rightarrow F_1 + F_2 - F_3 - F_4 - F_5 - F_{\text{equil } X} = 0$$

Y la comprobación del equilibrio es:

$$\rightarrow_{+} \sum_{i=1}^n F_{xi} = R_x = 0 \Rightarrow 306 \text{ N} + 874 - 198 \text{ N} - 900 \text{ N} - 58 \text{ N} - 24 \text{ N} = 0$$

Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

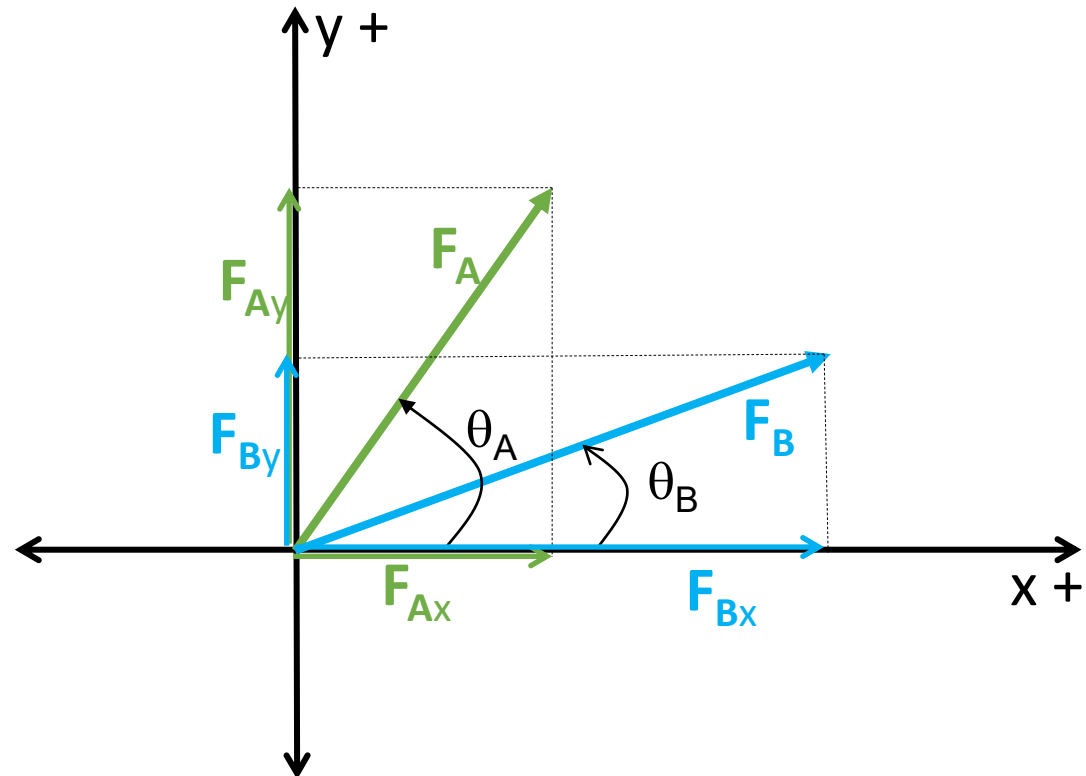
Para determinar el equilibrio en un sistema de fuerzas existen métodos gráficos (Poligonal y Paralelogramo) y analítico (por suma algebraica de componentes).

Los métodos gráficos son los mismos que los desarrollados en suma de vectores.

El método analítico es el que se desarrollará a continuación:

Sean dos fuerzas conocidas y representadas con los vectores $\mathbf{F}_A$ y $\mathbf{F}_B$.

Sus componentes se obtendrán respecto a un sistema de coordenadas cartesianas ortogonales.



Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

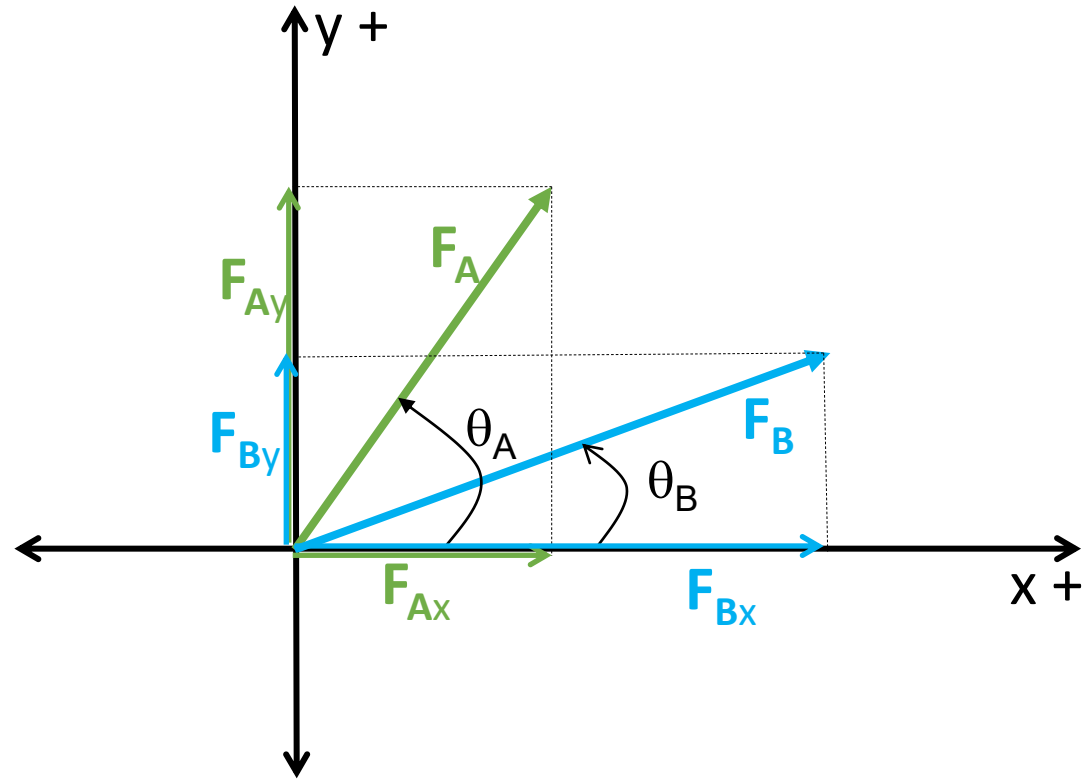
Las componentes se hallan con relaciones trigonométricas:

$$F_{Ax} = |F_A| \cos \theta_A$$

$$F_{Ay} = |F_A| \sen \theta_A$$

$$F_{Bx} = |F_B| \cos \theta_B$$

$$F_{By} = |F_B| \sen \theta_B$$



Luego se efectúa la suma algebraica de las componentes en cada dirección, respetando la convención de signos:

En dirección x:

$$\rightarrow \sum_{i=1}^n F_{xi} = R_x$$

En dirección y:

$$\uparrow + \sum_{i=1}^n F_{yi} = R_y$$

Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

Para determinar el equilibrio debemos encontrar una fuerza F_C tal que la suma algebraica en cada una de las direcciones x e y, sea nula.

Eje x:

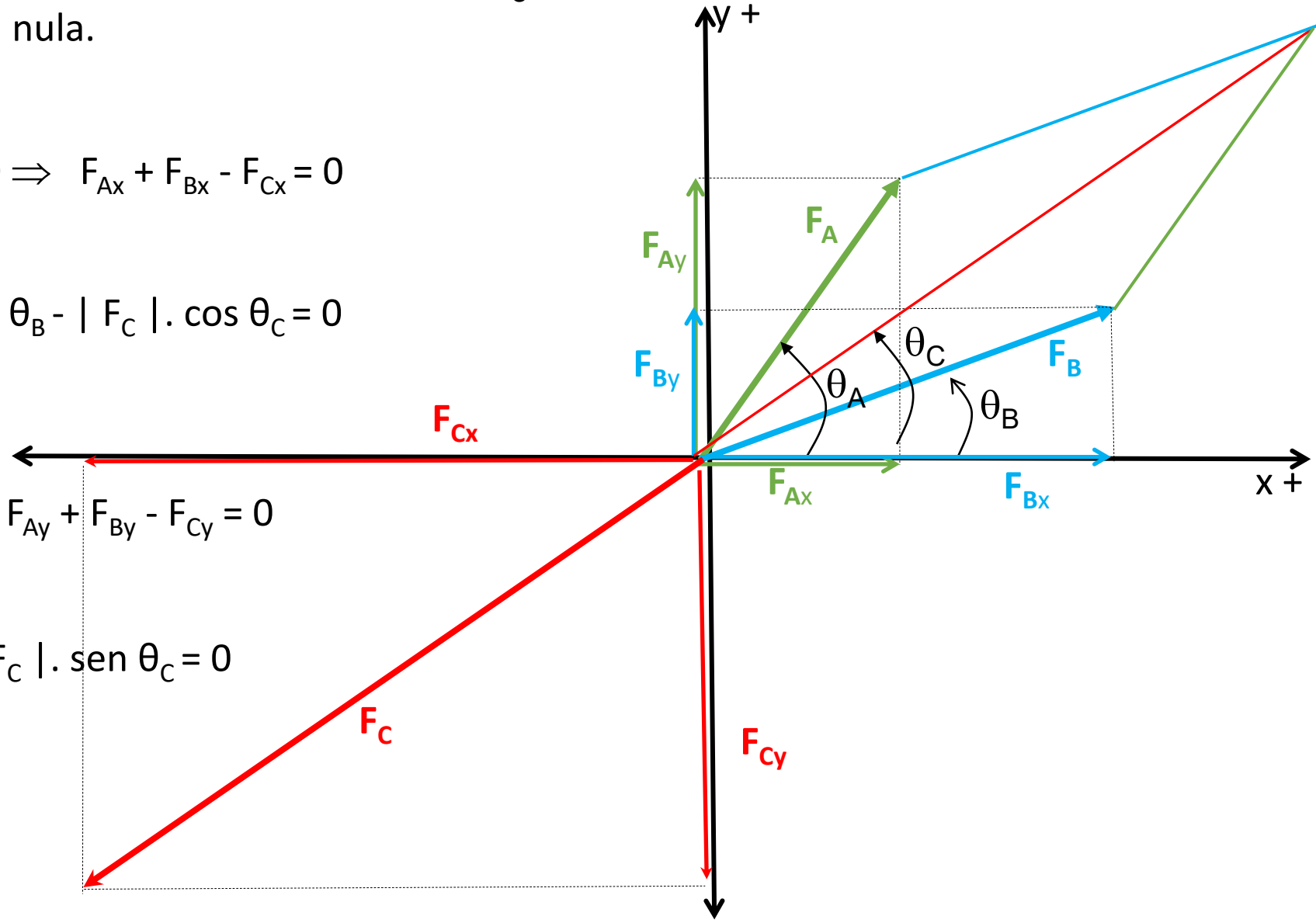
$$\rightarrow \sum_{i=1}^n F_{xi} = R_x = 0 \Rightarrow F_{Ax} + F_{Bx} - F_{Cx} = 0$$

$$|F_A| \cdot \cos \theta_A + |F_B| \cdot \cos \theta_B - |F_C| \cdot \cos \theta_C = 0$$

Eje y:

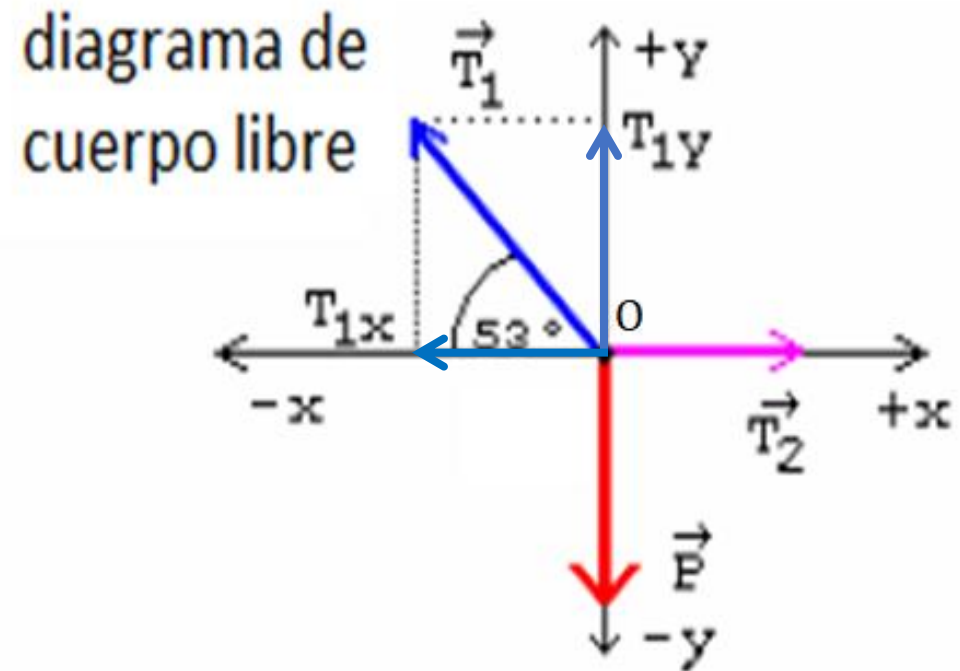
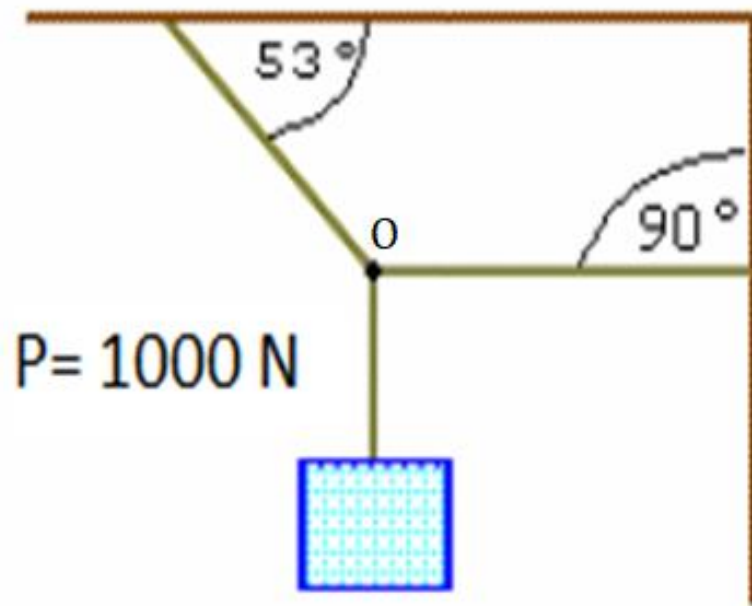
$$\uparrow \sum_{i=1}^n F_{yi} = R_y = 0 \Rightarrow F_{Ay} + F_{By} - F_{Cy} = 0$$

$$|F_A| \cdot \sin \theta_A + |F_B| \cdot \sin \theta_B - |F_C| \cdot \sin \theta_C = 0$$



Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

Ejemplo 2: Un cuerpo está suspendido por tres cuerdas en equilibrio. Si $P = 1000 \text{ N}$; determinar las tensiones en las cuerdas que soportan al cuerpo suspendido. Verificarlo gráficamente y analíticamente.



Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

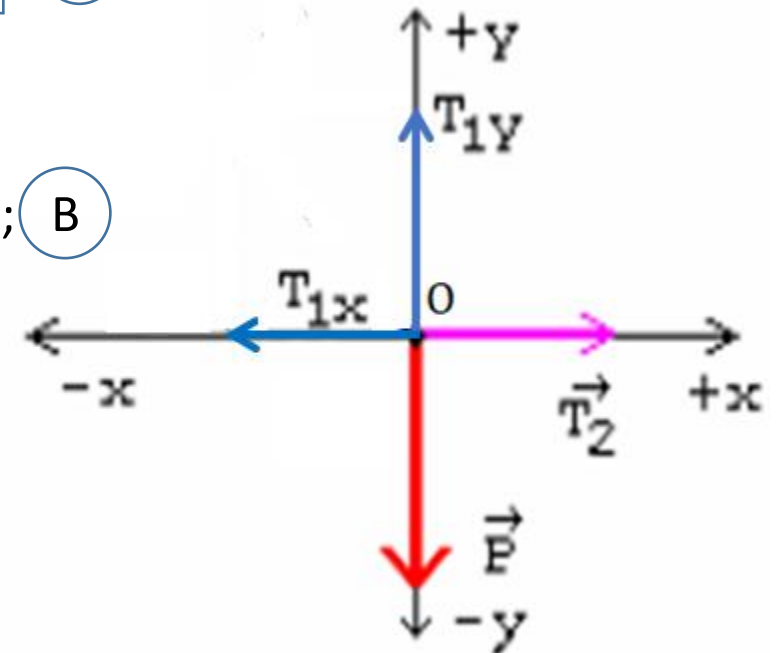
Consideramos como cuerpo puntual, a la unión de las tres cuerdas, y dicho punto es nuestro objeto de estudio, cuyo equilibrio analizaremos.

Descomponiendo las tensiones de las cuerdas, en dos direcciones perpendiculares, obtenemos dos grupos de fuerzas en equilibrio.

$$\text{En x: } \rightarrow \sum_{i=1}^n F_{xi} = R_x = 0 \Rightarrow T_2 - T_{1x} = 0 ; \boxed{T_2 - T_1 \cdot \cos 53^\circ = 0} ; \textcircled{A}$$

$$\text{En y: } \uparrow + \sum_{i=1}^n F_{yi} = R_y = 0 \Rightarrow T_{1y} - P = 0 ; \boxed{T_1 \cdot \sin 53^\circ - P = 0} ; \textcircled{B}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones planteado antes;



Equilibrio de fuerzas en un cuerpo puntual

Nos queda:

$$\begin{cases} T_1 \cdot \sin 53^\circ - P = 0 & \Rightarrow & T_1 \cdot 0,8 - 1000 \text{ N} = 0 & \text{A} \\ T_2 - T_1 \cdot \cos 53^\circ = 0 & \Rightarrow & T_2 - T_1 \cdot 0,6 = 0 & \text{B} \end{cases}$$

De (A): $T_1 = 1000 \text{ N} / 0,8$

Luego:

$$T_1 = 1250 \text{ N}$$

De (B) $T_2 = T_1 \cdot 0,6$

Reemplazando en (A): $T_2 = 1250 \text{ N} \cdot 0,6$

$$T_2 = 750 \text{ N}$$

