UNIDAD 3

FUERZAS

Unidad 3: Contenidos

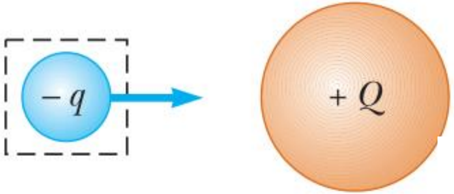
- Concepto de fuerza
  - Tipos de fuerzas
  - Definición de fuerzas típicas: peso, normal, tensión, fricción
- Superposición de fuerzas
  - Fuerza Resultante / neta y Fuerza Equilibrante
  - Diagramas de cuerpo libre: ejemplos de análisis
- Leyes de Newton
  - Inercia
  - Masa / aceleración
  - Acción-reacción
- Equilibrio:
  - Condiciones de Equilibrio: Capítulo 11.1 Sears / 12.1 Serway
  - Ley de Inercia: Capítulo 5.1 Sears / 5.2 Serway
  - Torque: Capítulo 10.1 Sears / 10.6 Serway
  - Equilibrio de cuerpos rígidos: Capítulo 11.3 Sears / 12.3 Serway

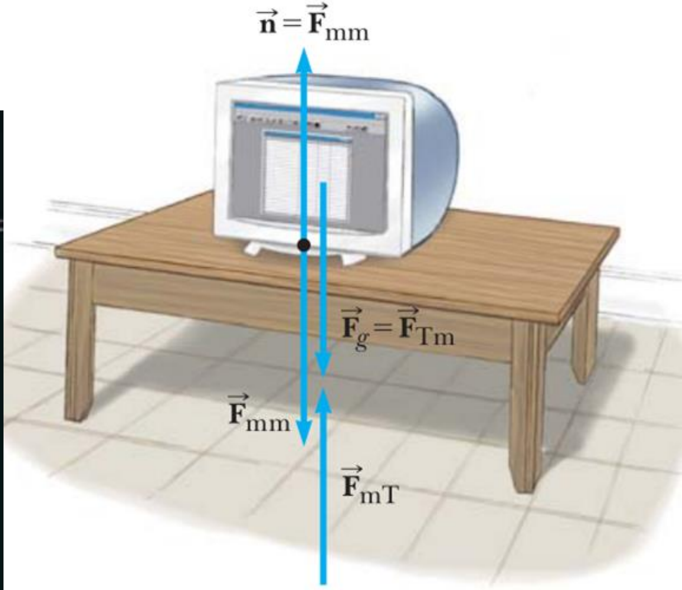
FUERZA

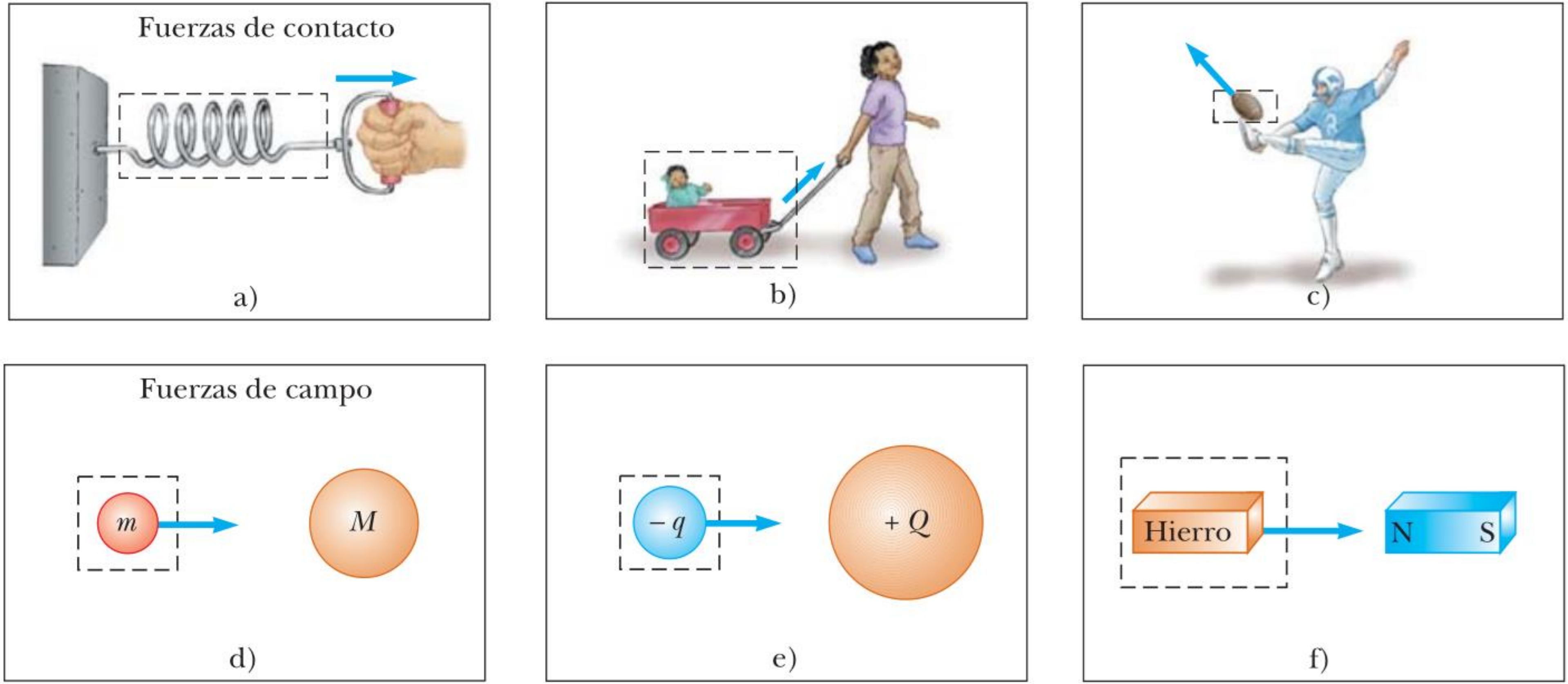
Es una interacción entre dos cuerpos o entre un cuerpo y su ambiente.

Es toda causa capaz de producir, modificar o impulsar un movimiento y/o deformar un cuerpo.

UNIDAD EN EL SI: Newton (N)



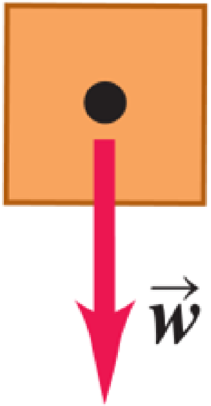



Fuerzas de contacto
a)
b)
c)
Fuerzas de campo
m
M
d)
− q
+ Q
e)
Hierro
N
S
f)

Fuerzas típicas:

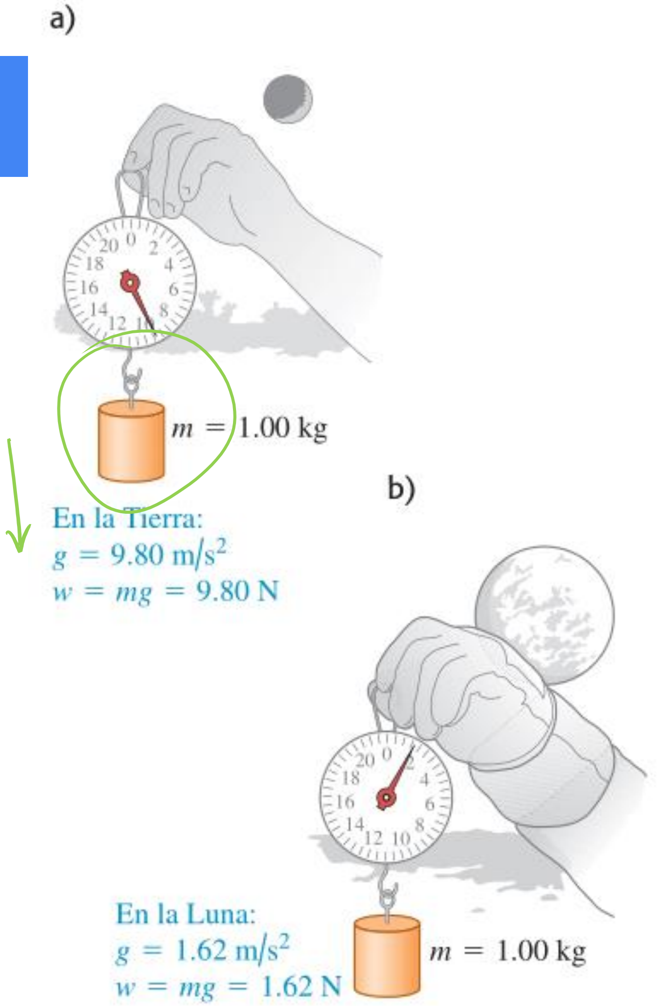
PESO (w): El peso de un objeto es igual al módulo de la fuerza gravitacional ejercida sobre el objeto y varía con la posición.

$$\vec{w} = m \, . \, \vec{g}$$



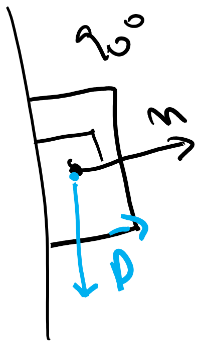
Unidades:

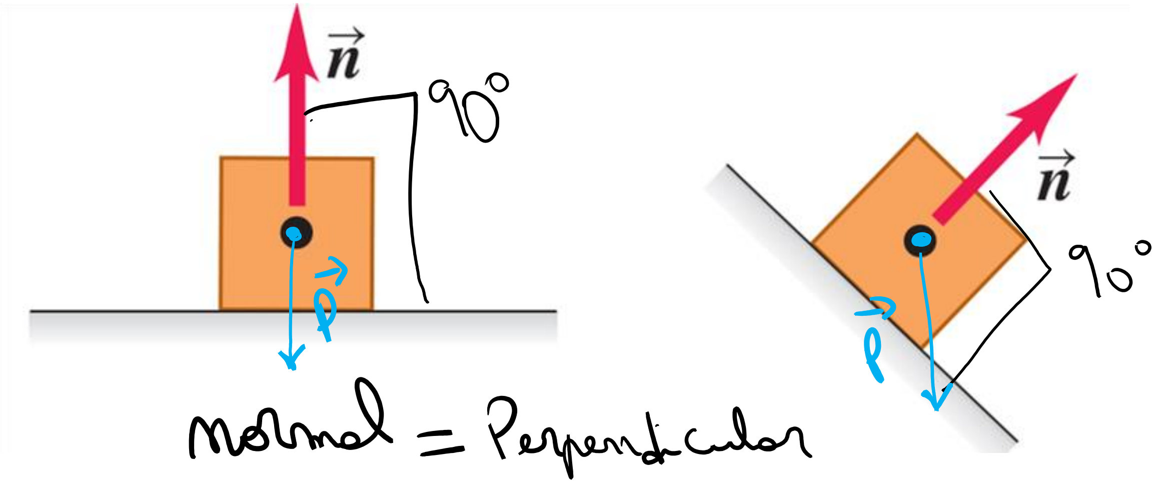
$$[N] = [kg] \, . \left[\frac{m}{s^2}\right]$$



Fuerzas típicas:

FUERZA NORMAL (n): cuando un objeto descansa o se empuja sobre una superficie, ésta ejerce un empujón sobre el objeto que es perpendicular a la superficie



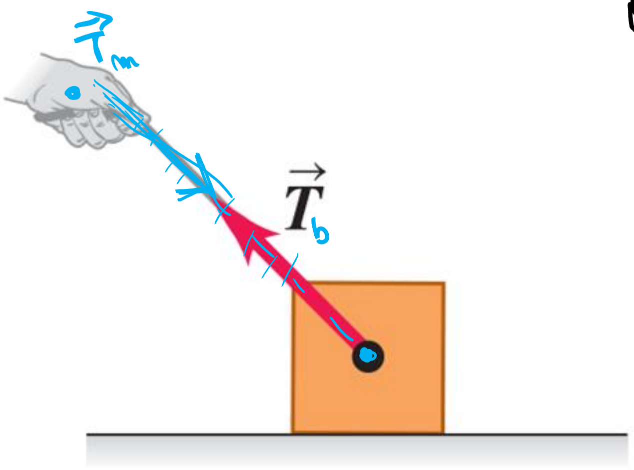


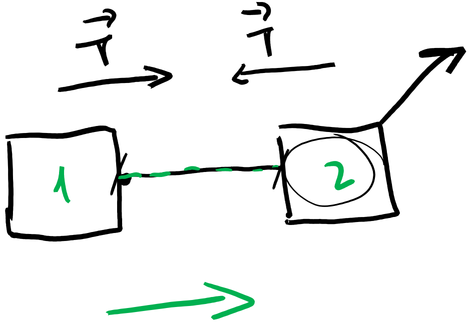
Cuando el plano sobre el cual está situado el cuerpo es horizontal, la normal es opuesta al peso, pero no ocurre así cuando el plano es inclinado.

Fuerzas típicas:

FUERZA DE TENSIÓN (T): una fuerza de tirón ejercida sobre un objeto por una cuerda, un cordón, cable, etc.

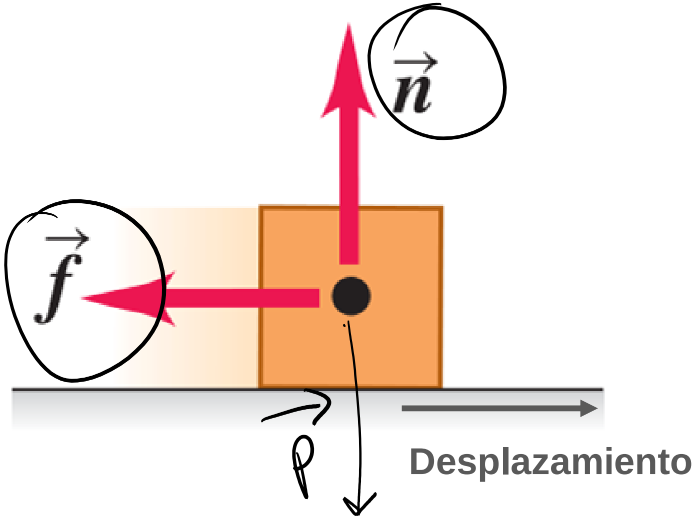
$T_m = T_b$





Fuerzas típicas:

FUERZA DE FRICCIÓN o ROZAMIENTO (f): además de la fuerza normal, una superficie puede ejercer una fuerza de fricción sobre un objeto que es paralela a la superficie. Siempre es OPUESTA al desplazamiento del objeto

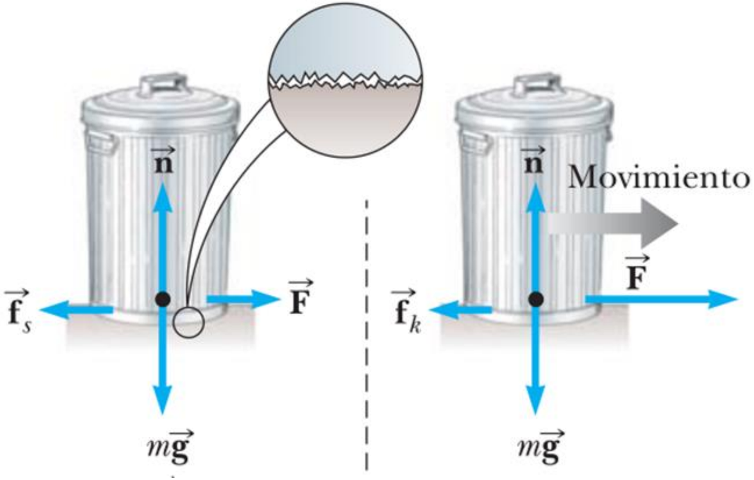


FUERZA DE FRICCIÓN

- **ESTÁTICA**

$$F_s = \mu_s . n$$

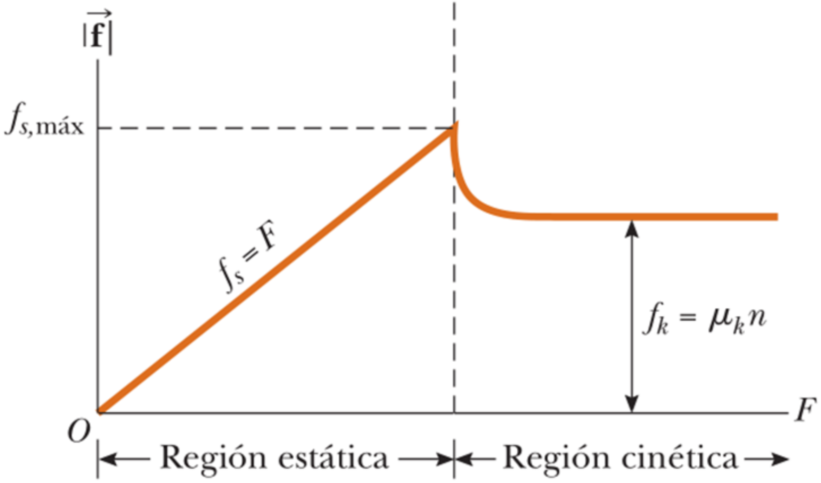
$$\mu_s = coeficiente\ de\ fricción\ estática$$



- **CINÉTICA**

$$F_k = \mu_k . n$$

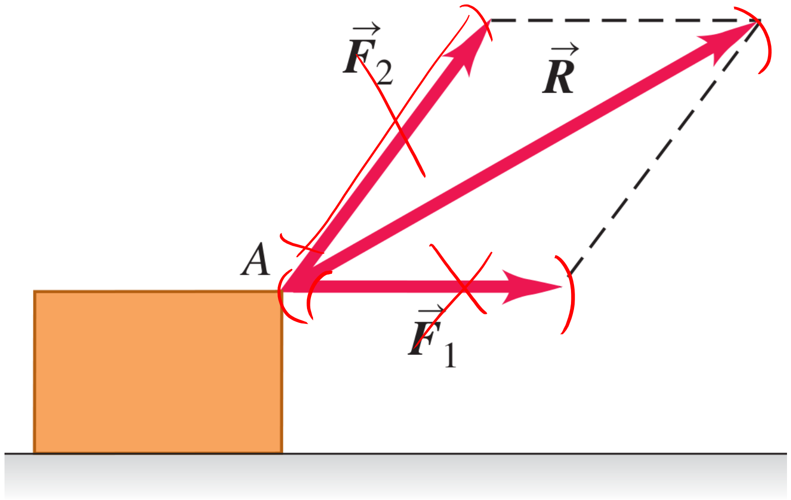
$$\mu_k = coeficiente\ de\ fricción\ cinética$$



SUPERPOSICIÓN DE FUERZAS

Dos fuerzas $\mathbf{F_1}$ y $\mathbf{F_2}$ que actúan sobre un punto *A* tienen el mismo efecto que una sola fuerza **R** igual a su suma vectorial, que se llama **resultante** (o fuerza neta).

$$\vec{R} = \underbrace{\sum}_{\text{Sumatoria}} \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots$$

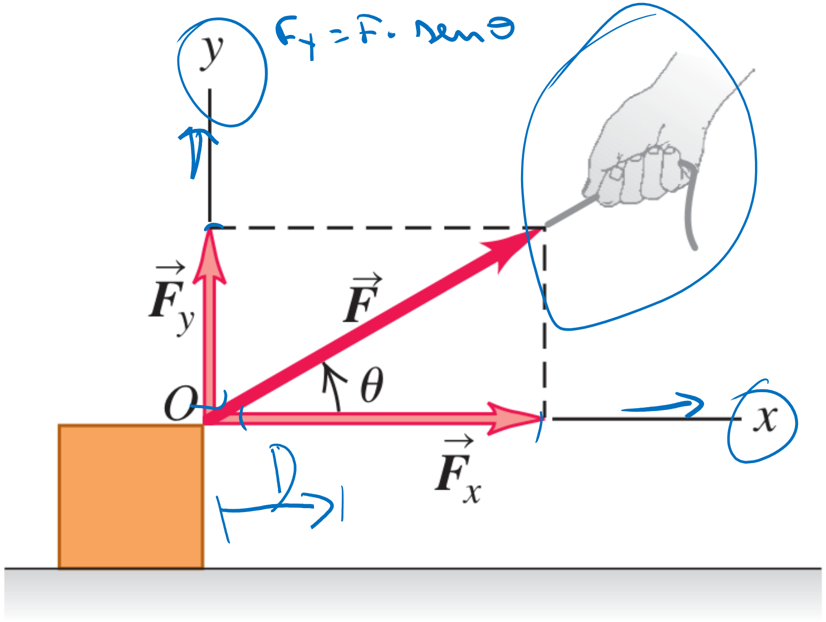


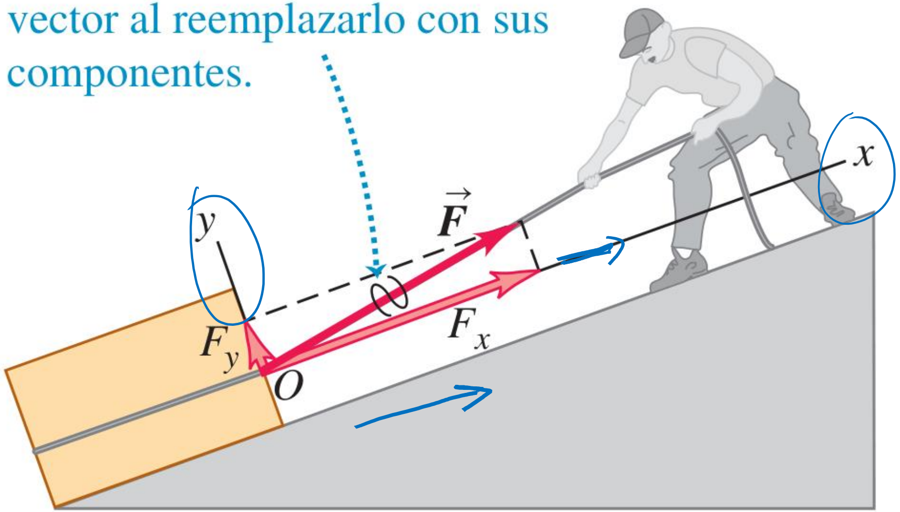
Descomposición de fuerzas:

Cualquier fuerza puede ser sustituida por sus vectores componentes, actuando en el mismo punto.

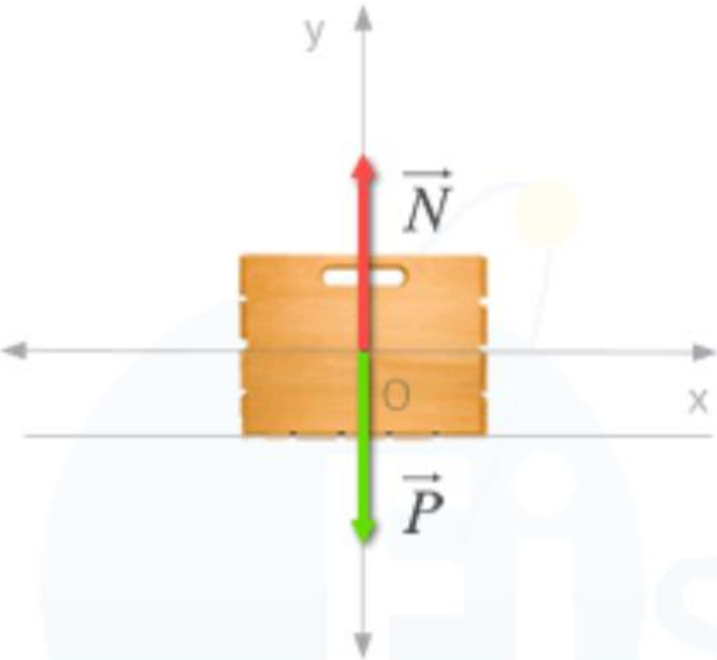
$F_x = F \cdot \cos\theta$

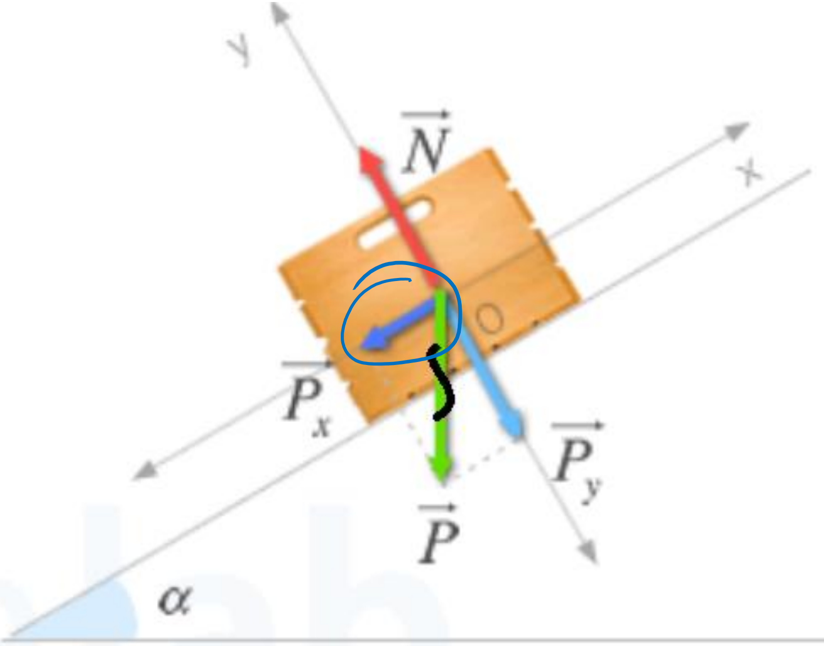
$F_y = F \cdot \text{sen}\,\theta$





Descomposición de la fuerza Peso



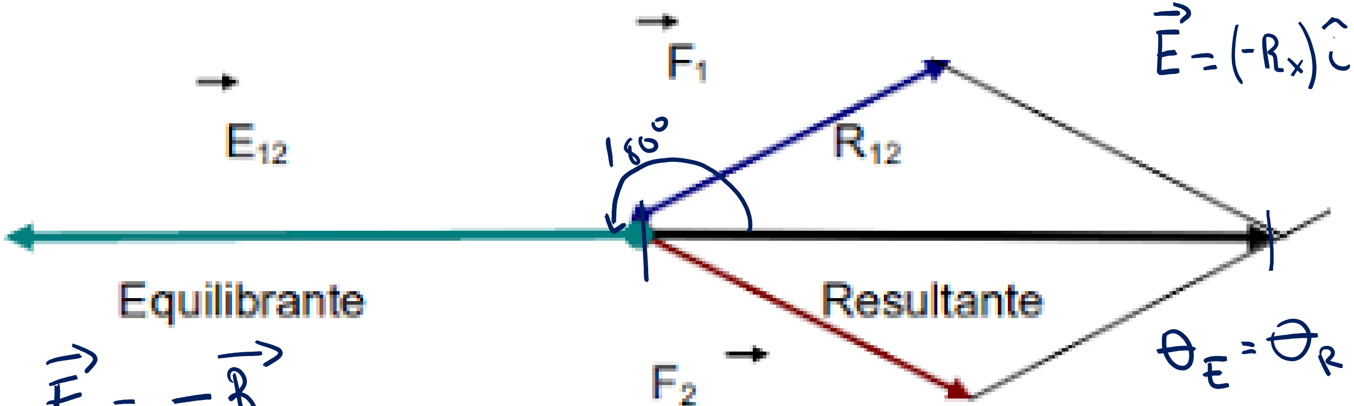


Fuerza Equilibrante:

Es la fuerza que tiene la misma dirección, igual intensidad y sentido contrario a la fuerza resultante.

$\vec{R} = R_x\,\hat{i} + R_y\,\hat{j}$

$\vec{E} = (-R_x)\,\hat{i} + (-R_y)\,\hat{j}$



$\vec{E} = -\vec{R}$

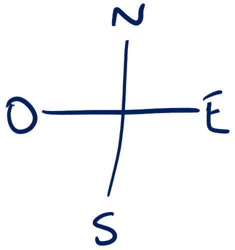
$\theta_E = \theta_R + 180°$

$\vec{E} + \vec{R} = 0$

Ejemplo

$F_x = F \cdot \cos\theta$

$F_y = F \cdot \sin\theta$



Tres personas tiran de un cuerpo al mismo tiempo aplicando las siguientes fuerzas: F_1 = 5N al Sur. F_2 = 10N 30º al Sureste y F_3 = 7N 45º al Noreste. Calcular módulo y dirección de la fuerza resultante y de la fuerza equilibrante

$\vec{F}_1 = (5N; 270^\circ) = 0\hat{i} + (-5N)\hat{j}$

$\vec{F}_2 = (10N; 330^\circ) = 8,7N\hat{i} + (-5N)\hat{j}$

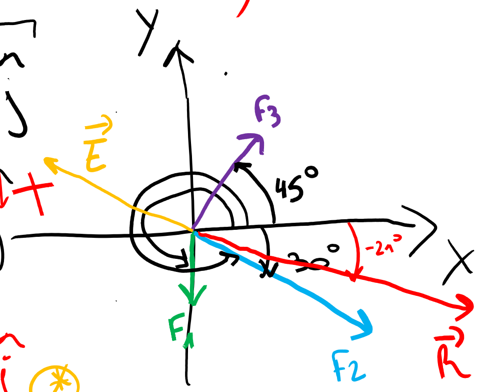
$\vec{F}_3 = (7N; 45^\circ) = 4,9N\hat{i} + 4,9N\hat{j}$

$\vec{R} = 13,6N\hat{i} + (-5,1N)\hat{j}$ (*)

$R = \sqrt{(13,6N)^2 + (-5,1N)^2} \cong 14,5N$

$\theta = \arctan\left(\frac{-5,1N}{13,6N}\right) \cong -21^\circ$

$\vec{R} = (14,5N; 339^\circ)$



$\vec{E} = (-13,6N)\hat{i} + 5,1N\hat{j}$

$\vec{E} = (14,5N; 159^\circ)$

$\theta_E = \theta_R + 180^\circ$

$\theta_E = (-21^\circ) + 180^\circ$

$\theta_E = 159^\circ$

Diagramas de cuerpo libre:

Es un diagrama que muestra el cuerpo elegido solo, “libre” de su entorno, con vectores que muestren las magnitudes y direcciones de todas las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo por todos los cuerpos que interactúan con él.

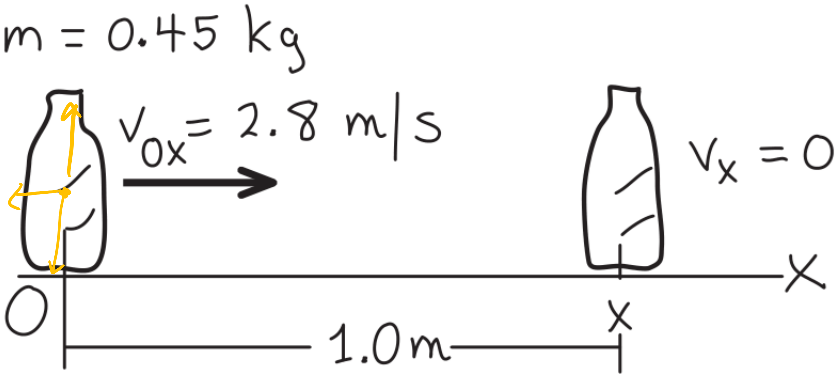
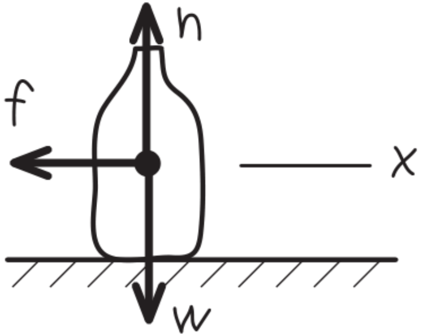
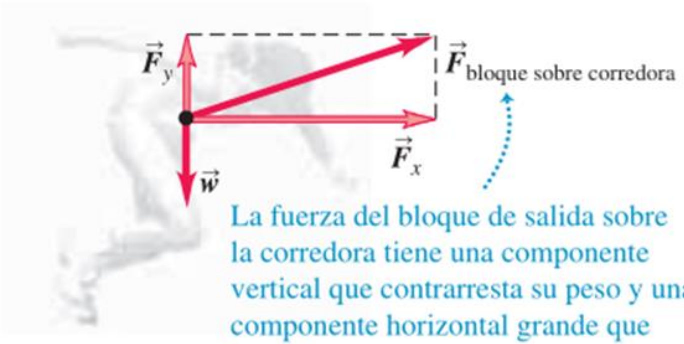


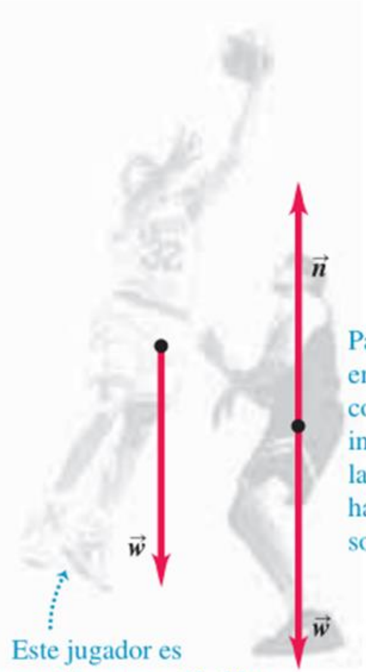
Diagrama de cuerpo libre



Ejemplos:



La fuerza del bloque de salida sobre la corredora tiene una componente vertical que contrarresta su peso y una componente horizontal grande que la acelera.



Para saltar, este jugador empujará hacia abajo contra el piso, incrementando la fuerza de reacción hacia arriba $\vec{n}$ del piso sobre él.

Este jugador es un objeto en caída libre.

Ejemplo 5.4 “Física para Ciencias e Ingeniería”. Serway, Vol. 1, (pág. 111)

EJEMPLO 5.4 **Un semáforo en reposo**

Un semáforo que pesa 122 N cuelga de un cable unido a otros dos cables sostenidos a un soporte como en la figura 5.10a. Los cables superiores forman ángulos de 37.0° y 53.0° con la horizontal. Estos cables superiores no son tan fuertes como el cable vertical y se romperán si la tensión en ellos supera los 100 N. ¿El semáforo permanecerá colgado en esta situación, o alguno de los cables se romperá?

SOLUCIÓN

Conceptualizar Examine el dibujo de la figura 5.10a. Suponga que los cables no se rompen y que nada se mueve.

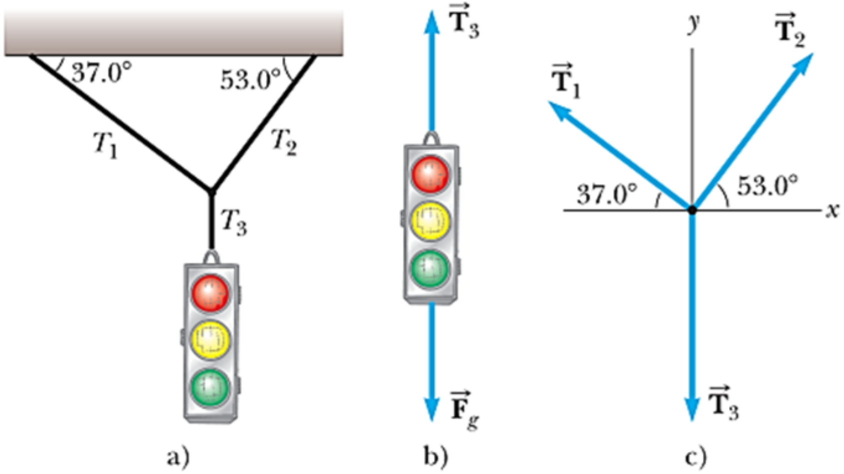


Figura 5.10 (Ejemplo 5.4) a) Un semáforo suspendido por cables. b) Diagrama de cuerpo libre del semáforo. c) Diagrama de cuerpo libre del nudo donde se juntan los tres cables.

Ejemplo 5.13 “Física Universitaria”. Sears, Vol. 1, (pág. 152)

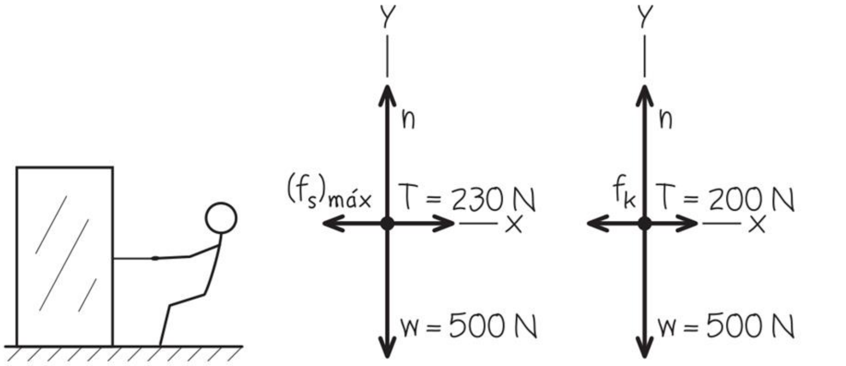
Ejemplo 5.13 Fricción en movimiento horizontal

Usted intenta mover una caja de 500 N por un piso horizontal. Para comenzar a moverla, debe tirar con una fuerza horizontal de 230 N. Una vez que la caja “se libera” y comienza a moverse, puede mantenerse a velocidad constante con sólo 200 N. ¿Cuáles son los coeficientes de fricción estática y cinética?

a) Se tira de una caja

b) Diagrama de cuerpo libre de la caja justo antes de comenzar a moverse

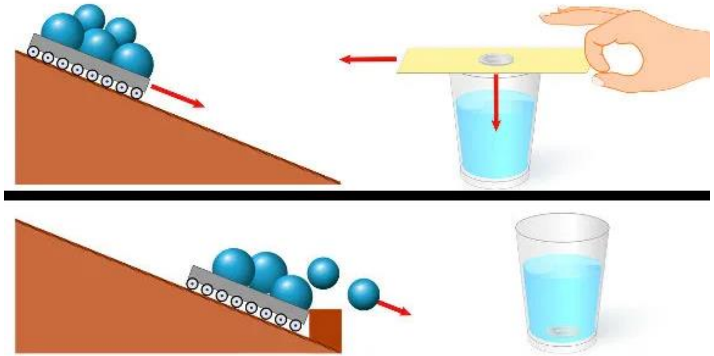
c) Diagrama de cuerpo libre de la caja que se mueve a rapidez constante

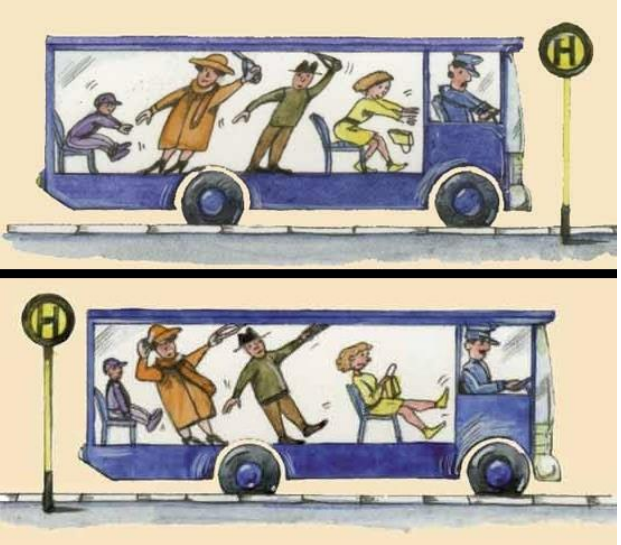


LEYES DE NEWTON

Primera Ley o Ley de Inercia:

En ausencia de fuerzas externas un objeto en reposo se mantiene en reposo y un objeto en movimiento continúa en movimiento con una velocidad constante (esto es, con una rapidez constante en una línea recta).





Si la fuerza resultante (o fuerza neta) ejercida sobre el objeto es igual a cero, éste no experimenta ningún cambio en su velocidad: si se estaba moviendo, sigue moviéndose, y si estaba en reposo continúa en reposo

LEYES DE NEWTON

Segunda Ley o Ley de Masas:

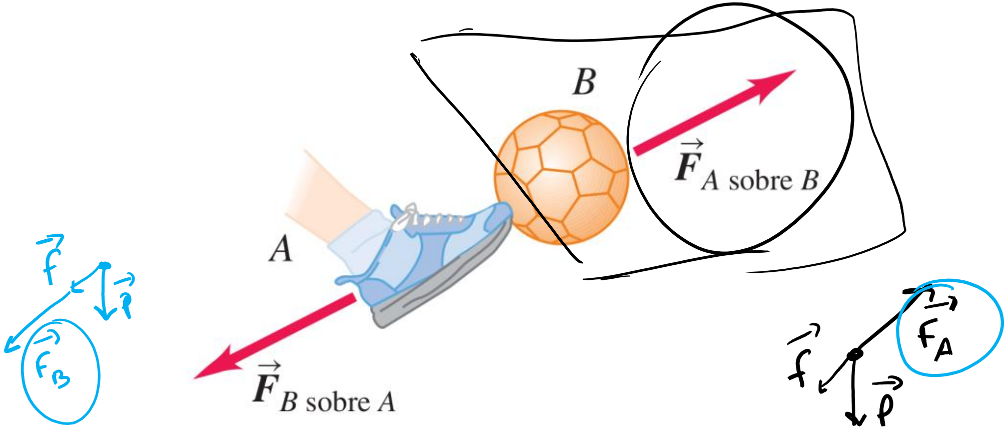
Si una fuerza externa neta actúa sobre un cuerpo, éste se acelera. La dirección de aceleración es la misma que la dirección de la fuerza neta. El vector de fuerza neta es igual a la masa del cuerpo multiplicada por su aceleración.

Si la fuerza resultante (o fuerza neta) ejercida sobre el objeto es diferente de cero, éste experimenta un cambio en su velocidad (aceleración) proporcional a dicha fuerza y en la misma dirección.

LEYES DE NEWTON

Tercera Ley o Ley de Acción Reacción:

Si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B (una “acción”), entonces, B ejerce una fuerza sobre A (una “reacción”). Estas dos fuerzas tienen la misma magnitud pero dirección opuesta, y actúan sobre diferentes cuerpos.



Esta Ley se aplica a la interacción de dos cuerpos, a diferencia de las anteriores, que hablan de fuerzas externas ejercidas en un sólo objeto.

EQUILIBRIO

Condiciones de equilibrio:

1. Equilibrio lineal

$$\boxed{\Sigma\vec{F} = 0}$$

$$\boxed{\Sigma\vec{F}_x = 0} \quad \boxed{\Sigma\vec{F}_y = 0}$$

La sumatoria de todas las fuerzas externas debe ser cero (en todas direcciones) → El cuerpo no se desplaza

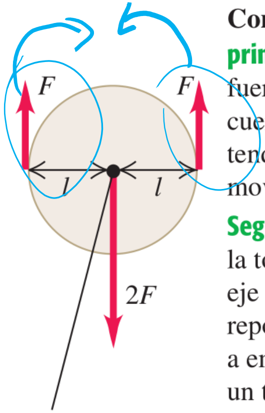
2. Equilibrio Rotacional

$$\boxed{\Sigma\vec{\tau} = 0}$$

La sumatoria de todos los torques debe ser cero → El cuerpo no rota

EQUILIBRIO

Condiciones de equilibrio:

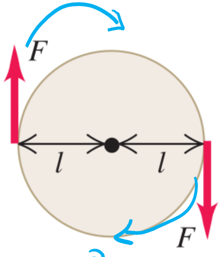


Eje de rotación (perpendicular a la figura)

Condiciones de equilibrio:

primera condición satisfecha: fuerza total = 0, así que un cuerpo en reposo no tiene la tendencia a empezar a moverse como un todo.

Segunda condición satisfecha: la torca total alrededor del eje = 0, así que un cuerpo en reposo no tiene la tendencia a empezar a moverse como un todo.

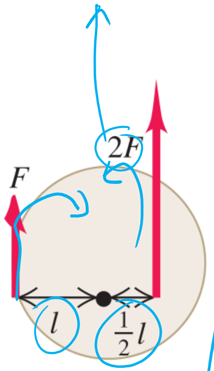


$\Sigma \vec{F} = 0$

$\Sigma \tau \neq 0$

Primera condición satisfecha: fuerza total = 0, así que un cuerpo en reposo no tiene la tendencia a empezar a moverse como un todo.

Segunda condición NO satisfecha: hay una torca total en sentido horario alrededor del eje, así que el cuerpo en reposo empezará a girar en sentido horario.



Primera condición NO satisfecha: hay una fuerza neta hacia arriba, así que un cuerpo en reposo empezará a moverse hacia arriba.

Segunda condición satisfecha: la torca total alrededor del eje = 0 así que el cuerpo en reposo no tiene la tendencia a empezar a girar.

Momento de Torsión o Torque:

- Es una magnitud vectorial
- Es la medida de la tendencia de una fuerza para causar o alterar la rotación de un cuerpo
- Se define como el producto vectorial entre la fuerza (**F**) y el brazo de palanca (**r**).

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

TAU

MODULO

$$\tau = \overbrace{r} \cdot \overbrace{F} \cdot \overbrace{\operatorname{sen}\theta_{r-F}}$$

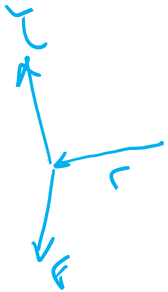
La unidad del torque en el SI: es el newton-metro.

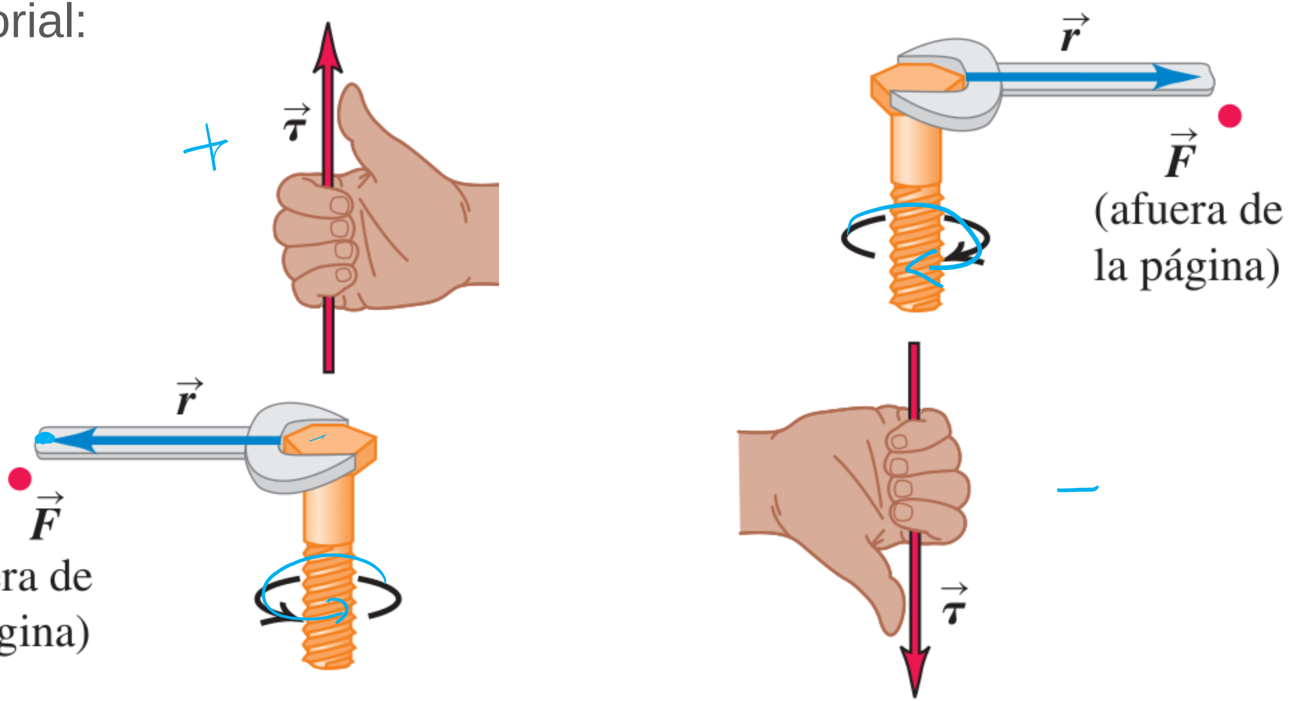
$$[\tau] = N.m$$

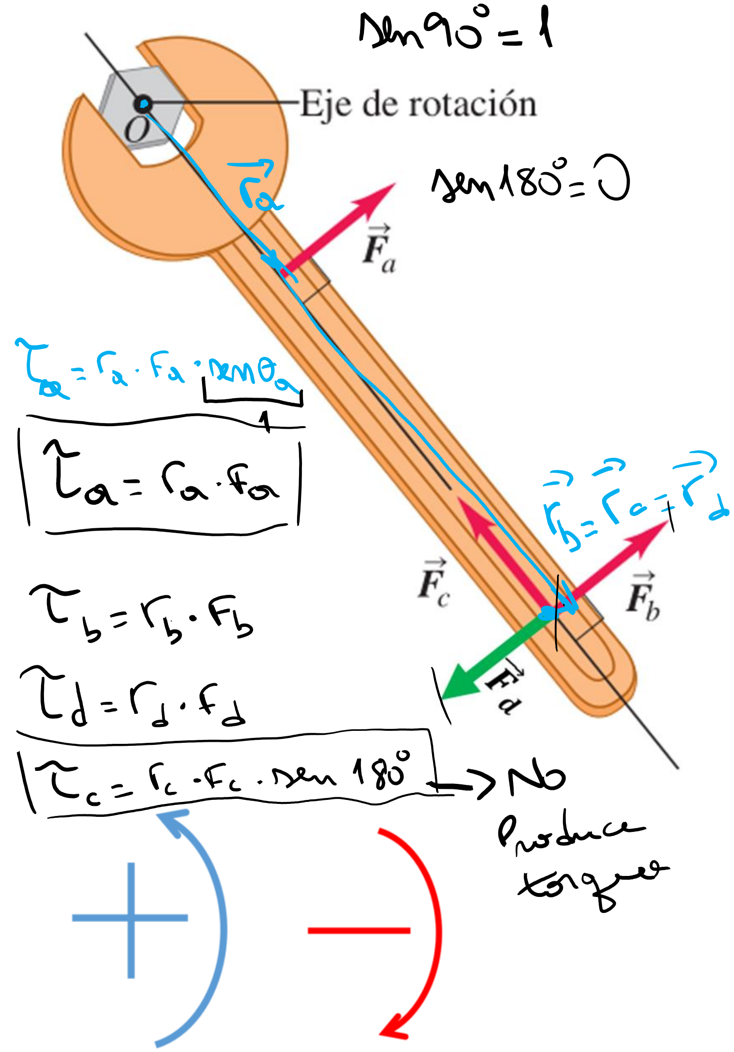
Momento de Torsión o Torque:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Regla de la mano derecha para el producto vectorial:







Los momentos de torsión antihorarios se consideran positivos y los momentos de torsión en sentido horario negativos.

Observe la imagen y responda:

a) ¿Cómo será el momento de torsión de Fa con respecto a Fb? ¿Por qué?

b) ¿Cómo será el momento de torsión de Fc? ¿Por qué?

c) ¿Cómo será el momento de torsión de Fd con respecto a Fb suponiendo que sus intensidades son iguales?

EQUILIBRIO

Aplicación de la Ley de Inercia:

Sistema de fuerzas en equilibrio

EJEMPLO 5.4 **Un semáforo en reposo**

Un semáforo que pesa 122 N cuelga de un cable unido a otros dos cables sostenidos a un soporte como en la figura 5.10a. Los cables superiores forman ángulos de 37.0° y 53.0° con la horizontal. Estos cables superiores no son tan fuertes como el cable vertical y se romperán si la tensión en ellos supera los 100 N. ¿El semáforo permanecerá colgado en esta situación, o alguno de los cables se romperá?

SOLUCIÓN

Conceptualizar Examine el dibujo de la figura 5.10a. Suponga que los cables no se rompen y que nada se mueve.

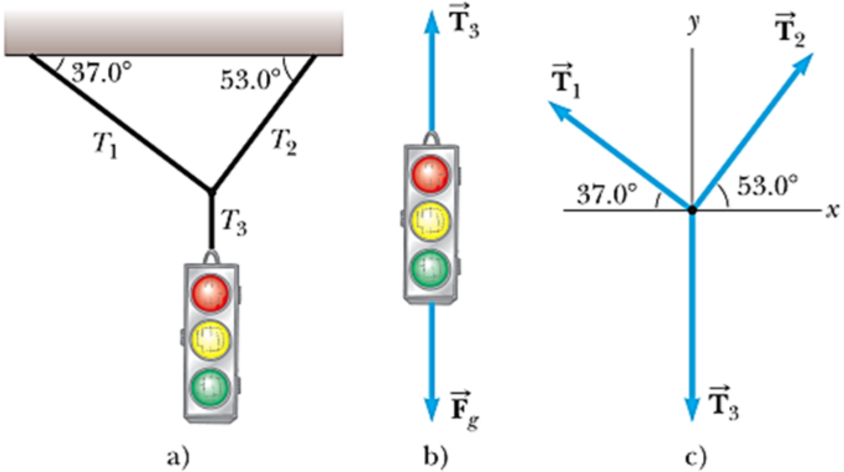


Figura 5.10 (Ejemplo 5.4) a) Un semáforo suspendido por cables. b) Diagrama de cuerpo libre del semáforo. c) Diagrama de cuerpo libre del nudo donde se juntan los tres cables.

$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

$\tau = r \cdot F \cdot \boxed{\text{sen}\,\theta}$

Equilibrio de cuerpos rígidos

El cuerpo A pesa 80N y está a 2m del eje de rotación. Determine el peso del cuerpo B, ubicado a 3m del eje, para que el sistema esté en equilibrio.

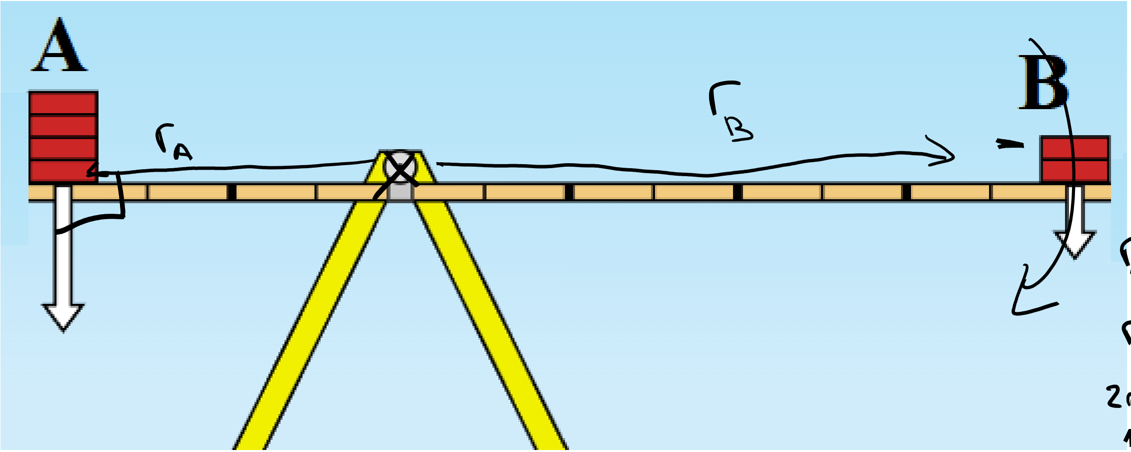
$\sum \tau = 0$

(*) $160\,Nm - 3m \cdot F_B = 0$

$160\,Nm = 3m \cdot F_B$

$\frac{160\,N\cancel{m}}{3\,\cancel{m}} = F_B$

$\boxed{53{,}3\,N = F_B}$



$\tau_A + \tau_B = 0$

$\tau_A - \tau_B = 0$

$r_A \cdot F_A \cdot \text{sen}\,90° - r_B \cdot F_B \cdot \text{sen}\,90° = 0$

$r_A F_A - r_B F_B = 0$

$2m \cdot 80N - 3m \cdot F_B = 0$

$160\,Nm - 3m \cdot F_B = 0$ (*)