Unidad 2: Fuerzas, leyes de Newton y ley de la gravitación universal

2.1 Factores que cambiaron la estructura o el estado de movimiento de un cuerpo

La fuerza es el principal factor que altera la estructura o el movimiento de un cuerpo y para que exista una fuerza es necesario de dos cuerpos "como mínimo" que interactúen.

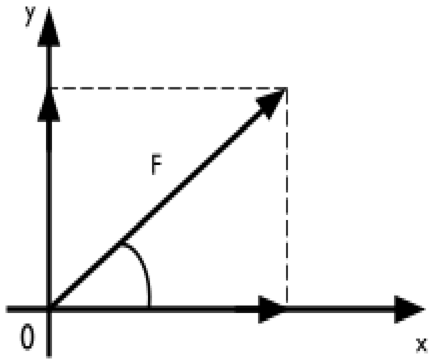
2.2 Concepto de fuerza

La fuerza es una magnitud de carácter vectorial. Las unidades de la magnitud de la fuerza se miden en newtons (N), dinas, libras (lb), etcétera.

Magnitud	Símbolo	Unidad
Newton	N	$kg\frac{m}{s^2}$
Dina	$dina$	$g\ \frac{cm}{s^2}$
Libra	lb	$slug\ \frac{ft}{s^2}$

$1\ N = 1\ kg\frac{m}{s^2}$
$1\ dina = 1\ g\ \frac{cm}{s^2}$
$1\ lb = 1\ slug\ \frac{ft}{s^2}$

2.3 El carácter vectorial de la fuerza



Fórmulas
Forma Polar: $\vec{F} = (F, \theta)$
Forma rectangular: $\vec{F} = (F_x, F_y) = F_x i + F_y i$
Componentes de $\vec{F}$: $F_x = F \cdot \cos \cos \theta$ $F_y = F \cdot \theta$
Dirección: $\theta = arc \tan tan \frac{F_y}{F_x}$

Donde:	
$F = magnitud\ de\ la\ fuerza$	$\theta = dirección\ de\ la\ fuerza$
$F_x = Componente\ horizontal\ de\ la\ fuerza$	$F_y = Componente\ vertical\ de\ la\ fuerza$
$i = vector\ unitario\ en\ x$	$i = vector\ unitario\ en\ y$

Ejemplo 1:

Las componentes de la fuerza $\vec{F} = (120\ N, 30°)$ son:

a) $F_x = 30\sqrt{3}\ N,\ F_y = 30\ N$ b) $F_x = 60\ N,\ F_y = 60\sqrt{3}\ N$

c) $F_x = 30\sqrt{3}\ N,\ F_y = 60\ N$ d) $F_x = 60\sqrt{3}\ N,\ F_y = 60\ N$

Solución:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$F = 120\ N$ $\theta = 30°$ $\cos \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$ $sen\ 30° = \frac{1}{2}$ $F_x = ¿?$ $F_y = ¿?$	$F_x = F\cdot \cos \cos \theta$ $F_y = F\cdot\theta$	$F_x = (120\ N)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$ $F_x = 60\sqrt{3}\ N$ $F_y = (120\ N)\left(\frac{1}{2}\right)$ $F_y = 60\ N$	$F_x = 60\sqrt{3}\ N$ $F_y = 60\ N$

Las unidades que se obtienen en el componente horizontal y vertical de la fuerza son N.

Ejemplo 2:

La magnitud del vector $\vec{F} = (50\ N, 120\ N)$ es:

Solución:

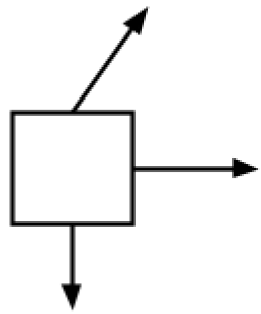
Datos	Fórmula	Sustitución	El resultado de F es:
$F_x = 50N$ $F_y =- 120\ N$ $F = ¿?$	$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$	$F = \sqrt{(50\ N)^2 + (-\ 120\ N)^2}$ $F = \sqrt{2500\ N^2 + 14400\ N^2}$ $F = \sqrt{16900\ N^2}$ $F = 130\ N$	$F = 130\ N$

Las unidades que se obtienen en el resultado final son N.

2.4 Superposición de fuerzas

Cuando un sistema de fuerzas $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$,... actúa sobre una partícula de manera simultánea, a estas fuerzas se les puede reemplazar por una fuerza resultante $\vec{R}$, la cual es el total de la suma vectorial de estas fuerzas.

Fórmulas
$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3, \ldots$
$\vec{R} = (R_x R_y)$
con: $R_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \ldots$ $R_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \ldots$
La magnitud de $\vec{R}$, es: $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

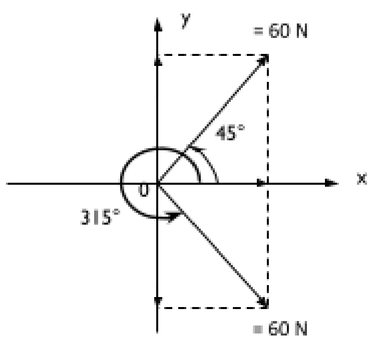


Ejemplo 1:

Sobre un cuerpo actúan las fuerzas $\vec{F}_1 = (60\ N,\ 45°)$ y $\vec{F}_2 = (60\ N,\ 315°)$. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza resultante sobre el cuerpo?

a) 120 N b) $60\sqrt{2}$ N c) $30\sqrt{2}$ N d) 60 N

Se dibuja el diagrama de cuerpo libre y se descomponen ambas fuerzas en sus componentes.

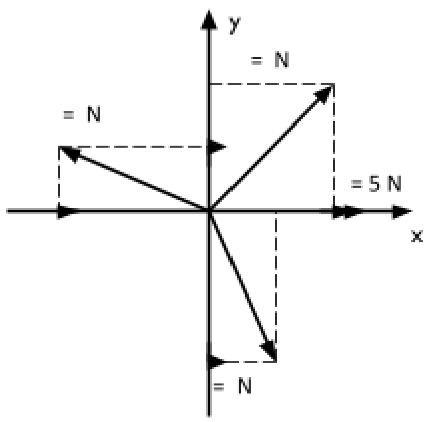


Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$\vec{F}_1 = (60\ N,\ 45°)$ $\vec{F}_2 = (60\ N,\ 315°)$	$\vec{F}_1 = (60\ N,\ 45°)$ □ $F_{1x} = (60\ N)\cos\cos 45°$ $F_{1y} = (60\ N)45°$ $\vec{F}_1 = (60\ N,\ 315°)$ □ $F_{2x}\ (60\ N)\cos\cos 315°$ $F_{2x}\ (60\ N)315°$	$F_{1x} = (60\ N)\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ $F_{1y} = (60\ N)\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ $F_{2x} = (60\ N)\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ $F_{2y} = (60\ N)\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$	$F_{1x} = 30\sqrt{2}\ N$ $F_{1y} = 30\sqrt{2}\ N$ $F_{2x} = 30\sqrt{2}\ N$ $F_{2y} =- 30\sqrt{2}\ N$
Datos	**Fórmula**	**Sustitución**	**Los valores de $R_x\ y\ R_y$ son:**
$F_{1x} = 30\sqrt{2}\ N$ $F_{1y} = 30\sqrt{2}\ N$ $F_{2x} = 30\sqrt{2}\ N$ $F_{2y} =- 30\sqrt{2}\ N$ $R_x =$ ¿? $R_y =$ ¿?	$R_x = F_{1x} + F_{2x}$ $R_y = F_{1y} + F_{2y}$	$R_x = 30\sqrt{2}\ N + 30\sqrt{2}\ N$ $R_y = 30\sqrt{2}\ N + (-30\sqrt{2}\ N)$	$R_x = 60\sqrt{2}\ N$ $R_y = 0$
Datos	**Fórmula**	**Sustitución**	**La magnitud de $\vec{R}$, es:**
$R_x = 60\sqrt{2}\ N$ $R_y = 0$ $R =$ ¿?	$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$	$R = \sqrt{(60\sqrt{2}\ N)^2 + (0)^2}$	$R = 60\sqrt{2}\ N$

Las unidades que se obtienen en el resultado final son N.

Ejemplo 2: La magnitud de la fuerza resultante del siguiente sistema de fuerza es:

a) 34 N b) 2 N c) 8 N d) 5.8 N



Solución:

Datos	Fórmula	Sustitución	Los valores de R_x, R_y, son:
$\vec{F}_1 = (4\,N,\ 5\,N)$ $\vec{F}_2 = (-\ 6\,N,\ 3\,N)$ $\vec{F}_3 = (2\,N,\ \ -\ 5\,N)$ $\vec{F}_4 = (5\,N,\ 0)$ $R_x =\ ¿?$ $R_y =\ ¿?$	$R_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x}$ $R_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y}$	$R_x = 4N + (-\ 6\,N) + 2N + 5\,N$ $R_y = 5\,N + 3\,N + (-\ 5\,N) + 0$	$R_x = 5\,N$ $R_y = 3\,N$
Datos:	Fórmula	Sustitución	La magnitud de $\vec{R}$, es:
$R_x = 5\,N$ $R_y = 3\,N$ $R =\ ¿?$	$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$	$R = \sqrt{(5\,N)^2 + (3\,N)^2}$ $R = \sqrt{25\,N^2 + 9\,N^2}$ $R = \sqrt{35\,N^2}$	$R = 5.8\,N$

Se escriben los vectores en su forma cartesiana: $\vec{F}_1 = (4\,N,\ 5\,N)$; $\vec{F}_2 = (-\ 6\,N,\ 3\,N)$; $\vec{F}_3 = (2\,N,\ \ -\ 5\,N)$; $\vec{F}_4 = (5\,N,\ 0)$

Las unidades que se obtienen en el resultado final son N.

2.5 Primera ley de Newton (ley de inercia)

Todo cuerpo en movimiento o reposo conserva ese estado a menos de que una fuerza externa lo cambie. Esta ley indica que en ausencia de fuerzas los cuerpos en reposo seguirán en reposo y los cuerpos en movimiento se moverán en línea recta con velocidad constante.

2.6 Segunda ley de Newton (ley de la masa inercial)

La aceleración que un cuerpo experimenta es directamente proporcional a la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él e inversamente proporcional a su masa. La dirección en que se mueve el cuerpo es la misma que la de la fuerza resultante.

Fórmulas:		
$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$	$en\ magnitud$	$a = \frac{F}{m}$
Otra forma de representar la segunda ley de Newton:		
$F = m * a$		

Donde:
$a = aceleración\left[\frac{m}{s^2}, \frac{cm}{s^2}, \frac{ft}{s^2}\right]$
$F = fuerza\ [N,\ dinas,\ lb]$
$m = masa\ [kg,\ g,\ slugs]$

Ejemplo 1:

Sobre un cuerpo de 60 kg actúa una fuerza de 300 N. ¿Qué aceleración le proporciona al cuerpo dicha fuerza?

Solución:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$m = 60\ kg$ $F = 300\ N$	$a = \frac{F}{m}$	$a = \frac{300\ N}{60\ kg}$	$a = 5\frac{m}{s^2}$

Para obtener las unidades en el resultado se descomponen las unidades N en $\frac{kg*m}{s^2}$ y se realiza la siguiente fracción:

$$\frac{\frac{kg*m}{s^2}}{kg}$$

Al resolver la fracción anterior se eliminan las unidades kg, debido a que $\frac{kg}{kg} = 1$, quedado las unidades $\frac{m}{s^2}$ en el resultado final.

Ejemplo 2:

Un cuerpo de 40 g es acelerado a razón de 12 cm/s^2, calcula la magnitud de la fuerza que acelera a dicho cuerpo.

Solución:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$m = 40\ g$ $a = 12\frac{cm}{s^2}$ $F = ¿?$	$F = m * a$	$F = (40\ g)\left(12\frac{cm}{s^2}\right)$	$F = 480\ dinas$

Las unidades que se obtienen en el resultado final son $dinas$, debido a que $dinas = g\frac{cm}{s^2}$.

Ejemplo 3:

Sobre un cuerpo de masa m actúa una fuerza de magnitud F que le imprime una aceleración de 4 m/s2. Si la magnitud de la fuerza se reduce a la mitad y la masa se reduce a una cuarta parte, ¿cuál es la nueva aceleración del cuerpo?

Solución:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$\frac{F}{m} = 4\frac{m}{s^2}$ $F' = \frac{F}{2}$ $m' = \frac{m}{4}$ $a' = ¿?$	$a' = \frac{F'}{m'}$	$a' = \frac{\frac{F}{2}}{\frac{m}{4}} = \frac{4F}{2m} = 2\frac{F}{m}$ $a' = 2\left(4\frac{m}{s^2}\right)$	$a' = 8\frac{m}{s^2}$

Las unidades que se obtienen en el resultado final son $\frac{m}{s^2}$, debido a que $a = \frac{m}{s^2}$.

Ejemplo 4:

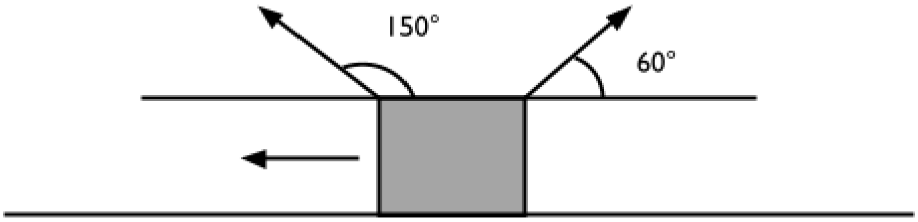
Una fuerza f actúa entre la superficie y el cuerpo que se ilustra en la figura. ¿Cuál es la magnitud de f si el cuerpo se mueve con una velocidad constante?

a) $f = F_1 \cos \cos 60° + F_2 \cos \cos 30°$

b) $f = F_1 \cos \cos 60° - F_2 \cos \cos 30°$

c) $f = -F_1 \cos \cos 60° - F_2 \cos \cos 30°$

d) $f = -F_1 \cos \cos 60° + F_2 \cos \cos 30°$



Solución:

Se descomponen los vectores en sus componentes:

$$F_{1x} = F_1 \cos \cos 60°$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \cos 150° \ = - F_2 \cos \cos 30°$$

$$F_{1y} = F_1 60° \qquad F_{2y} = F_2 150° \ = F_2\, sen\, 30°$$

Como el cuerpo se mueve a una velocidad constante, la aceleración es cero, por consiguiente:

$$\sum \vec{F} = 0$$

Lo cual implica que:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

Al aplicar $\sum F_x = 0$:

$$- F_{2x} + F_{1x} - f = 0 \ \Box$$

$$- F_2 \cos \cos 30° \ + F_1 \cos \cos 60° \ - f = 0$$

Al despejar se obtiene:

$$f = F_1 \cos \cos 60° \ - F_2 \cos \cos 30°$$

** La respuesta es la opción b.**

2.6.1 Concepto de masa

Es la medida de inercia de un cuerpo, sus unidades son: los kilogramos (kg), los gramos (g), los slugs, etcétera.

2.6.2 Concepto de peso

Es la fuerza ejercida por la tierra sobre los cuerpos.

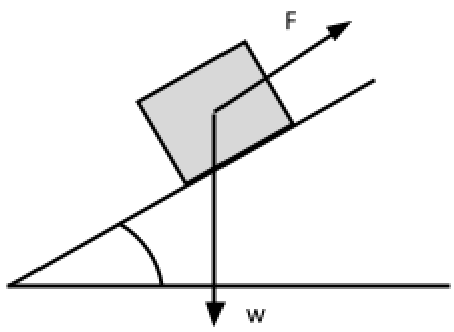
Fórmula
$w = m * g$

Donde:
$m = masa\ [kg,\ g,\ slugs]$
$g = gravedad\ [9.81\frac{m}{s^2},\ 981\frac{cm}{s^2},\ 32\frac{ft}{s^2}]$
$w = peso\ [N,\ dinas,\ lb]$

La magnitud de la fuerza F requerida para subir un cuerpo de peso w, con velocidad constante por un plano inclinado un ángulo θ con respecto a la horizontal y sin fricción, es:

Fórmula
$F = w\ sen\ \theta$

Donde:
$w = peso\ del\ cuerpo\ [N,\ dinas,\ lb,\ kp]$
$\theta = ángulo\ de\ inclinación\ del\ plano\ con\ respecto\ a\ la\ horizontal$
$F = magnitud\ de\ la\ fuerza\ [N,\ dinas,\ lb,\ kp]$



Ejemplo 1:

¿Cuál es el peso de una masa de 200 gramos?

Solución:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$m = 200\ g$ $g = 981 \frac{cm}{s^2}$ $w = ¿?$	$w = m * g$	$w = (200\ g)\left(981 \frac{cm}{s^2}\right)$	$w = 196\,200\ dinas$

Las unidades que se obtienen en el resultado final son $dinas$, debido a que $dinas = g\frac{cm}{s^2}$.

Ejemplo 2:

El peso de un cuerpo es de 392.4 N. ¿Cuál es su masa?

Solución:

Datos	Fórmula / Despeje	Sustitución	Resultado
$w = 392.4\ N$ $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ $m = ¿?$	$w = m * g$ $m = \frac{w}{g}$	$m = \frac{392.4\ N}{9.81 \frac{m}{s^2}}$	$m = 40\ kg$

Para obtener las unidades en el resultado se descomponen las unidades N en $\frac{kg*m}{s^2}$ y se realiza la siguiente fracción:

$$\frac{\frac{kg*m}{s^2}}{\frac{m}{s^2}}$$

Al resolver la fracción anterior se eliminan las unidades m y s^2, debido a que $\frac{m}{m} = 1$ y $\frac{s^2}{s^2} = 1$, quedado las unidades kg en el resultado final.

Ejemplo 3:

Se desea subir una carretera de 4000 kp por un plano inclinado a 35° de la horizontal. Si la fuerza de fricción entre la carretera y el plano es nula, ¿cuál es la magnitud de la fuerza paralela al plano que debe aplicarse a la carretera para poder subirla con velocidad constante?

Solución: Datos:

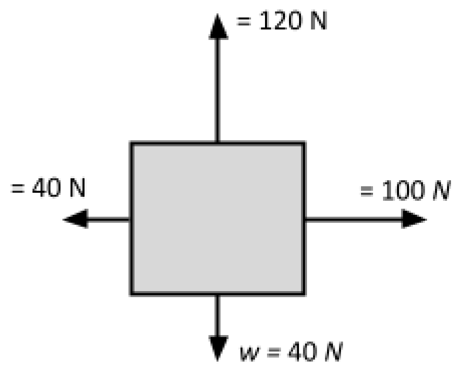
Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$w = 4000\ kp$ $\theta = 35°$ $sen\, 35° = 0.573$ $F = ¿?$	$F = w\ sen\ \theta$	$F = 4000\ kp\ sen\ 35°$ $F = 4000\ kp\ (0.573)$	$F = 2292\ kp$

Las unidades que se obtienen en el resultado final son kp.

Ejemplo 4:

En la siguiente figura, ¿cuál es la magnitud de la aceleración del cuerpo? (considera $g = 10\frac{m}{s^2}$).

a) 25 m/s² b) 100 m/s² c) 4 m/s² d) 10 m/s²



Solución:

1) Se obtiene la magnitud de la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo:

$\vec{F} = (F_x, F_y)$	
$F_x = 100\ N - 40\ N = 60\ N$	$F_y = 120\ N - 40\ N = 80\ N$
$F = \sqrt{(60\ N)^2 + (80\ N)^2}$ $F = \sqrt{3600\ N^2 + 6400\ N^2}$	

$$F = \sqrt{10000\ N^2}$$
$$F = 100\ N$$

2) Se obtiene la masa del cuerpo con la fórmula:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$w = 40\ N$ $g = 10\frac{m}{s^2}$ $m = ¿?$	$m = \frac{w}{g}$	$m = \frac{40\ N}{10\frac{m}{s^2}}$	$m = 4\ kg$

Para obtener las unidades en el resultado se descomponen las unidades N en $\frac{kg*m}{s^2}$ y se realiza la siguiente fracción:

$$\frac{\frac{kg*m}{s^2}}{\frac{m}{s^2}}$$

Al resolver la fracción anterior se eliminan las unidades m y s^2, debido a que $\frac{m}{m} = 1$ y $\frac{s^2}{s^2} = 1$, quedado las unidades kg en el resultado final.

3) Al sustituir la magnitud de la fuerza y la masa en la fórmula $a = \frac{F}{m}$, se obtiene:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$F = 100\ N$ $m = 4\ kg$ $a = ¿?$	$a = \frac{F}{m}$	$a = \frac{100\ N}{4\ kg}$	$a = 25\frac{m}{s^2}$

Para obtener las unidades en el resultado se descomponen las unidades N en $\frac{kg*m}{s^2}$ y se realiza la siguiente fracción:

$$\frac{\frac{kg*m}{s^2}}{kg}$$

Al resolver la fracción anterior se eliminan las unidades kg, debido a que $\frac{kg}{kg} = 1$, quedado las unidades $\frac{m}{s^2}$ en el resultado final.

2.7 Tercera ley de Newton (ley de la acción y la reacción)

Toda fuerza de acción le corresponde una fuerza de reacción de igual magnitud, pero en sentido opuesto.

2.8 Equilibrio rotacional y traslacional, fuerza y torca

Un cuerpo se encuentra en equilibrio cuando:

- El cuerpo se encuentra en reposo con respecto a un marco de referencia.
- El cuerpo se encuentra en movimiento rectilíneo uniforme (equilibrio traslacional).

2.8.1 Primera condición de equilibrio

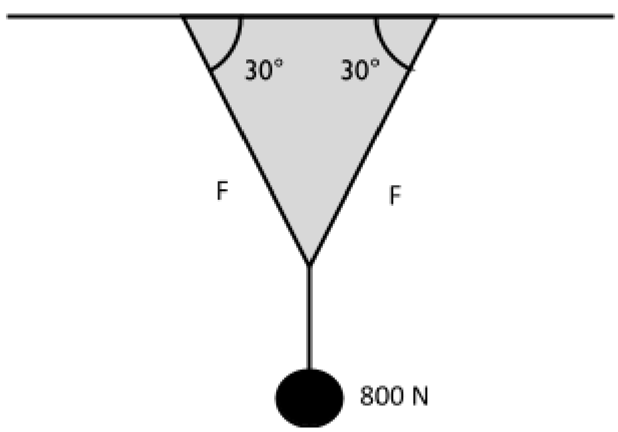
Un cuerpo se encuentra en equilibrio si la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre él es igual a cero.

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

$$\sum F_x = 0 \quad \text{y} \quad \sum F_y = 0$$

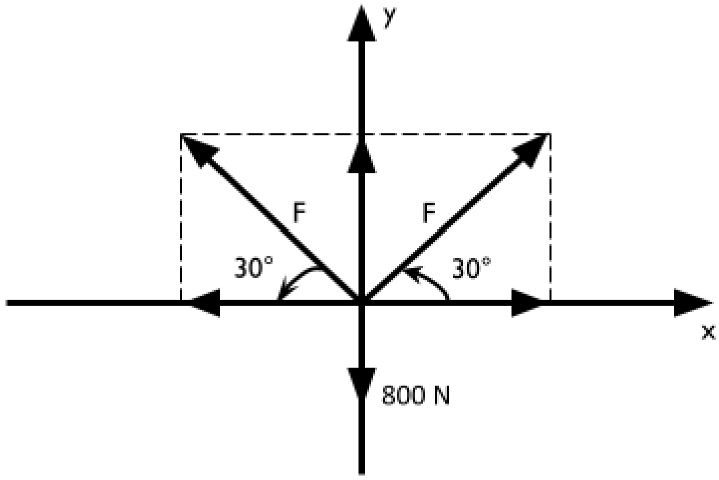
Ejemplo 1:

La magnitud necesaria de la fuerza $\vec{F}$ para que el cuerpo que esta dibujado se encuentre en equilibrio es:



a) $200\sqrt{3}$ N b) 400 N c) <u>800 N</u> d) $400\sqrt{3}$ N

Solución: Diagrama de cuerpo libre.



Se descomponen las fuerzas en sus componentes y se aplica la primera condición de equilibrio:

$$F_x = F * \cos cos\, 30° = F\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}F$$

$$F_y = F * 30° = F\frac{1}{2} = \frac{1}{2}F$$

$$\sum F_x = 0 \square - F_x + F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \square F_y + F_y = 0$$

$$\sum F_y = 0 \square F_y + F_y - 800\,N = 0$$

$$2F_y - 800\,N = 0$$

$$2\left(\frac{1}{2}F\right) = 800\,N$$

$$F = 800\,N$$

** Por lo tanto la respuesta correcta es el inciso c. **

2.8.2 Segunda condición de equilibrio (equilibrio rotacional)

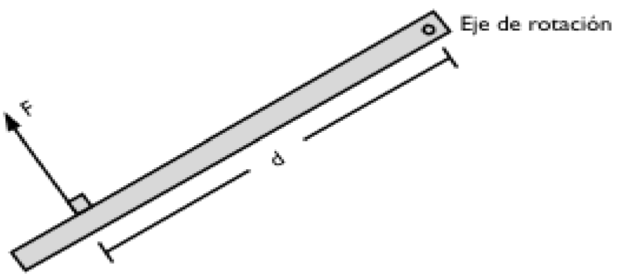
Un cuerpo se encuentra en equilibrio rotacional si la suma de todas las torcas o momentos que actúan sobre él son igual a cero.

$$\sum t = 0 \; donde \; t = torca \; o \; momento$$

El producto de la magnitud de la fuerza por el brazo de la palanca (distancia del punto donde actúa la fuerza al eje de rotación) se le llama torca o momento que produce una fuerza con respecto a un eje de giro.

Fórmula
$t = F * d$

Donde:
$F = Fuerza \; [N, \; dinas, \; lb]$
$d = Brazo \; de \; palanca \; [m, \; cm, \; ft]$
$t = Torca \; o \; momento \; [Nm, \; dinas * cm, \; lb * ft]$



- La torca es positiva si la fuerza tiende a hacer girar al cuerpo con respecto al eje de rotación en sentido contrario que las manecillas del reloj.
- La torca es negativa si la fuerza tiende a hacer girar al cuerpo con respecto al eje de rotación en el mismo sentido que las manecillas del reloj.

Ejemplo:

La magnitud de la fuerza F que equilibra la balanza es:

Solución:

En la barra el eje de rotación se localiza en el soporte. Las torcas producidas por cada fuerza son:

$$t_1 = (F)(2\,m) = (2\,m)F$$

$$t_2 = \ -(40\,N)(5\,m) =- \ 200\,Nm$$

Se aplica la segunda condición de equilibrio:

$$\sum t = 0 \ \square \ t_1 + t_2 = 0$$

$$(2\,m)F \ + (- \ 200\,Nm) = 0$$

$$(2\,m)F \ = \ 200\,Nm$$

$$F \ = \frac{200\,Nm}{2\,m} \ = \ 100\frac{Nm}{m} \ se\ eliminan\ las\ unidades\ m,\ debido\ a\ que \frac{m}{m} \ = \ 1.$$

$$F \ = \ 100\,N$$

Ya que se eliminaron las unidades m, en el resultado final quedan las unidades N.

2.9 Ley de la fuerza en un resorte (ley de Hooke)

Cuando se comprime o estira un resorte dentro de su límite elástico, la fuerza que ejerce es directamente proporcional a su deformación.

Fórmula
$F \ = \ K \ * \ x$

Donde:
$F \ = \ fuerza\ [N,\ dinas,\ lb]$
$K \ = \ constante\ del\ resorte \left[\frac{N}{m}, \frac{dinas}{cm}, \frac{lb}{ft}\right]$
$x \ = \ estiramiento\ [m,\ cm,\ ft]$

Cuando el resorte recobra su forma original después de haber sido deformado por una fuerza externa se le llama fuerza de restitución de un resorte.

Ejemplo 1:

Un resorte se deforma una longitud x bajo la acción de una fuerza F. Si la fuerza se incrementa al triple, ¿cuál es la nueva deformación del resorte?

Solución:

Datos	Fórmula / Despeje	Sustitución	Resultado
$x = \frac{F}{K}$ $F' = 3F$ $x' = ¿?$	$F' = K * x'$ $x' = \frac{F'}{K}$	$x' = \frac{(3F)}{K}$ $x' = 3\frac{F}{K}$	$x' = 3x$

Se despeja el valor de 3 en la fórmula, quedando la fórmula de la siguiente manera:

$x' = \frac{(3F)}{K}$	$\rightarrow$	$x' = 3\frac{F}{K}$

Se sustituye en el resultado final los valores $\frac{F}{K}$ por x, debido a que $x = \frac{F}{K}$.

Ejemplo 2:

¿Cuál es la magnitud de la fuerza que comprime 20 cm a un resorte de constante 565 N/m?

Solución:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$x = 20\,cm = 0.20\,m$ $K = 565\frac{N}{m}$ $F = ¿?$	$F = K * x$	$F = \left(565\frac{N}{m}\right)(0.20\,m)$	$F = 113\,N$

Se obtienen las unidades del resultado final con la siguiente fracción:

$$\frac{N*m}{m}$$

Resolviendo la fracción anterior eliminando las unidades m, debido a que $\frac{m}{m} = 1$, quedando las unidades N en el resultado final.

2.10 Ley de gravitación universal. Movimiento de planetas

2.10.1 Ley de gravitación universal

La fuerza de atracción que experimentan dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Fórmula
$F = G \frac{m_1 * m_2}{d^2}$

Donde:
$m_1 \, y \, m_2 = masas \, de \, los \, cuerpos \, [kg]$
$G = constante \, de \, gravitación \, universal = 6.67 \, x \, 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$
$d = distancia \, [m]$
$F = fuerza \, [N]$

Ejemplo 1:

Una masa de 800 kg y otra de 500 kg se encuentran separadas 2 m, ¿cuál es la fuerza de atracción que experimentan las masas?

Solución:

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$m_1 = 800\, kg = 8\, x\, 10^2\, kg$ $m_2 = 500\, kg = 5\, x\, 10^2\, kg$ $d = 2\, m$ $G = 6.67\, x\, 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$	$F = G\frac{m_1 * m_2}{d^2}$	$F = \left(6.67\, x\, 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}\right)\left(\frac{(8\, x\, 10^2\, kg)(5\, x\, 10^2\, kg)}{(2\, m)^2}\right)$ $F = \left(6.67\, x\, 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}\right)\left(\frac{40\, x\, 10^4\, kg^2}{4\, m^2}\right)$ $F = \left(6.67\, x\, 10^{-11}\, N\right)\left(10\, x\, 10^4\right)$ $F = (6.67\, x\, 10^{-11}\, N)(1\, x\, 10^5)$	$F = 6.67 x\, 10^{-6}\, N$

Se eliminan las unidades m^2 y kg^2 $\frac{m^2}{m^2} = 1$ y $\frac{kg^2}{kg^2} = 1$, quedando las unidades N en los valores.

Aumenta la potencia de 10 en el segundo valor quedando de la siguiente manera:

$$10\, x\, 10^4 \quad \rightarrow \quad 1\, x\, 10^5$$

En el resultado final quedan las unidades N y se reducen las potencias de 10 quedando en el resultado final de la siguiente manera:

$$F = (6.67\, x\, 10^{-11}\, N) \quad \rightarrow \quad F = 6.67 x\, 10^{-6}\, N$$

Ejemplo 2:

La fuerza de atracción entre dos cuerpos de masas $m_1\, y\, m_2$ que se encuentran separados a una distancia d es F. Si la distancia se incrementa al doble, ¿qué sucede con la magnitud de la nueva fuerza de atracción?

a) Se incrementa al doble
b) Se reduce a la mitad
c) Se incrementa al cuádruple
d) Se reduce a la cuarta parte

Solución

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$F = G\frac{m_1 * m_2}{d^2}$ $d' = 2d$ $m_1\, y\, m_2\, son\, constantes$ $F' = ¿?$	$F' = G\frac{m_1 * m_2}{d'^2}$	$F' = G\frac{m_1 * m_2}{(2d)^2}$ $F' = G\frac{m_1 * m_2}{4d^2}$ $F' = \frac{1}{4}G\frac{m_1 * m_2}{d^2}$	$F' = \frac{1}{4}F$

En la fórmula se despeja el valor de 4, quedando de la siguiente manera:

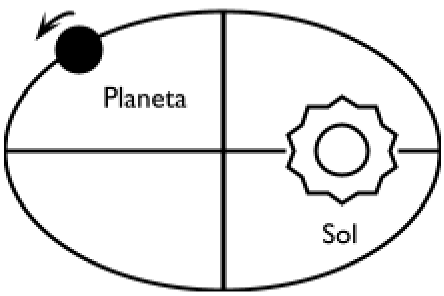
$$F' = G\frac{m_1 * m_2}{4d^2} \quad \rightarrow \quad F' = \frac{1}{4}G\frac{m_1 * m_2}{d^2}$$

Se sustituye el valor de $G\frac{m_1 * m_2}{d'^2}$ por F, debido a que $F = G\frac{m_1 * m_2}{d^2}$.

2.10.2 Movimiento de planetas (leyes de Kepler)

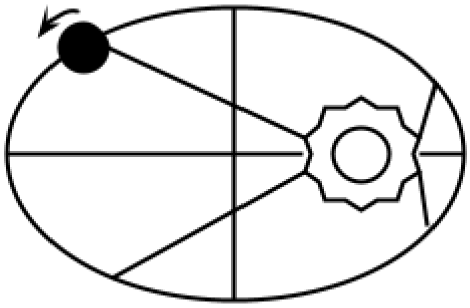
- Primera ley de Kepler:

Los planetas giran alrededor del sol y describen una órbita elíptica, en la cual el sol ocupa uno de los focos.



- Segunda ley de Kepler:

El radio focal que une a cualquier planeta con el sol describe áreas iguales en tiempos iguales.



- Tercera ley: =

Los cuadrados de los periodos de revolución de los planetas son directamente proporcionales a los cubos de los radios de sus órbitas.

Fórmula
$T^2 = K * r^3$

Donde:
$T = periodo$
$r = radio\ de\ la\ órbita$
$K = constante\ de\ proporcionalidad$