DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE (DCL)

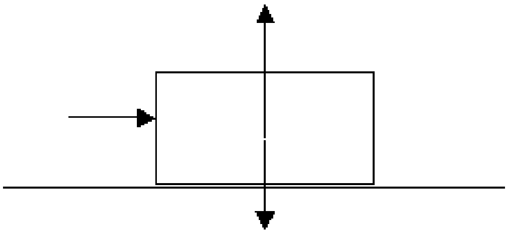
- Un diagrama de cuerpo libre (DCL) es un diagrama vectorial que describe todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo u objeto
- Consiste en colocar el objeto en el origen de un plano de coordenadas, y representar a las fuerzas que actúan sobre ella por medio de los vectores correspondientes, todos concurrentes en el origen.
- Si en un sistema existen dos o más cuerpos de interés, éstos se deben separar y cada uno tiene un DCL propio con sus respectivas fuerzas actuando.
- *Un diagrama de cuerpo libre muestra a un cuerpo aislado con todas las fuerzas (en forma de vectores) que actúan sobre él (incluidas, si las hay, el peso, la normal, el rozamiento, la tensión, etc). No aparecen los pares de reacción, ya que los mismos están aplicados siempre en el otro cuerpo.*

¿CÓMO CONSTRUIR UN DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE?

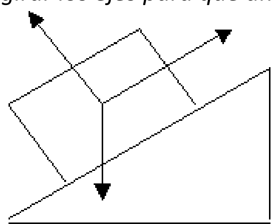
1. Identifique las condiciones del problema. Asegúrese de colocar todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo de análisis. Estas fuerzas deben tener las direcciones (ángulos) y sentidos correctos.
2. Si son varios cuerpos de estudio, sepárelos. Cada uno tiene su propio DCL. Si el sistema es de dos cuerpos y aparece una fuerza entre ellas, no olvide colocar las de acción y reacción en su respectivo DCL.
3. Las fuerzas se representan como vectores con su origen situado al centro de un sistema de coordenadas rectangulares. Generalmente es el plano cartesiano, aunque puede estar inclinado.

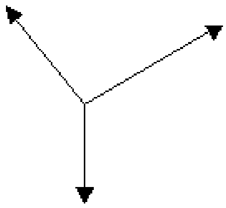
Ejemplos

1) Cuerpo sobre el piso con una fuerza ejercida sobre el mismo, además del peso y su normal.

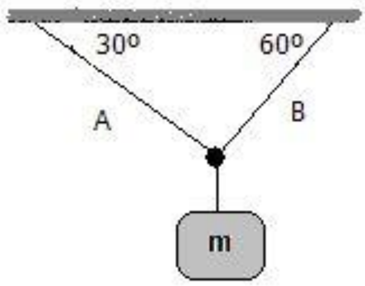


2) Cuerpo sobre un plano inclinado con el peso, la fuerza normal y la fuerza de rozamiento hacia arriba. Para hacerlo más claro puede no dibujarse el cuerpo. Para resolver ejercicios de plano inclinado suele ser conveniente girar los ejes para que uno de ellos quede paralelo al plano.



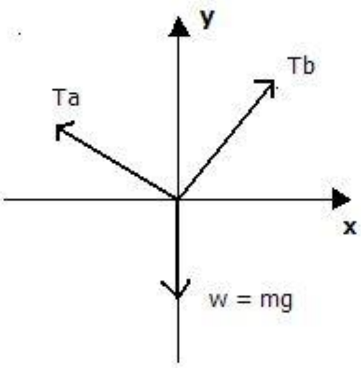


Ejemplo. Construya el DCL para el siguiente sistema:



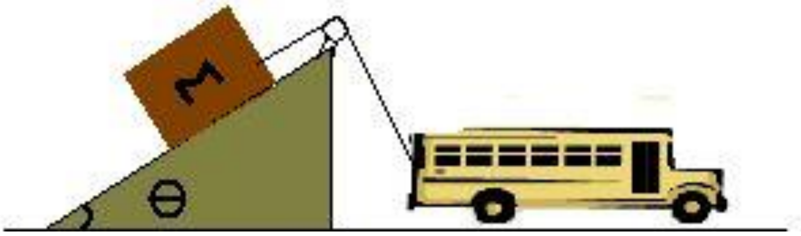
La partícula de interés para este caso es el bloque de masa m, pero para el caso, las fuerzas concurren en un mismo punto, el nodo que une las tres cuerdas de la figura.
Entonces, el origen de coordenadas se situará en ese punto.

Las fuerzas que actúan son: la tensión de la cuerda A (Ta), la tensión de la cuerda B (Tb) y el peso w del bloque de masa m.



En algunos casos, es conveniente girar el eje de coordenadas.
Esto normalmente se hace cuando la partícula tiene un movimiento sobre una superficie inclinada, y se facilita el cálculo de las componentes si los ejes tienen la misma dirección de la superficie. (*Definición obtenida de "Física Universitaria ", Sears - Zemansky, Young - Freedman, Volumen 1, novena edición.)

Ejemplo. Construya el DCL para el bloque de masa M de la figura:

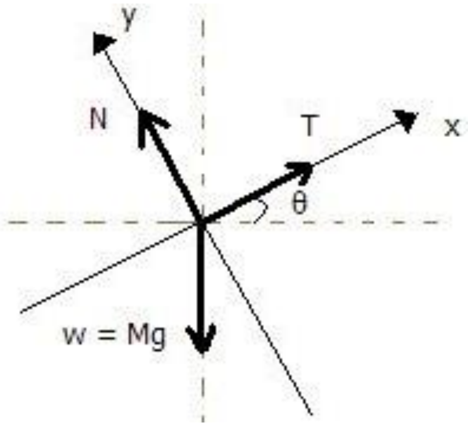


El bloque de masa M tiene un movimiento sobre un plano inclinado. Para el caso, el DCL será mejor manipulado si se inclinan los ejes.

Las fuerzas que actúan son tres. Dos de ellas son el peso w del bloque, siempre dirigido hacia abajo y la tensión de la cuerda con la que el autobús hala el bloque.

La tercera fuerza es debida a la tercera ley de Newton: el bloque ejerce una fuerza sobre el plano que la sostiene, así como el plano hace una fuerza sobre el bloque, pero en dirección contraria.

Ésta fuerza se llama fuerza normal N, debido a que es perpendicular (normal) a la superficie del plano.
Se representan éstas tres fuerzas en el DCL del bloque M:



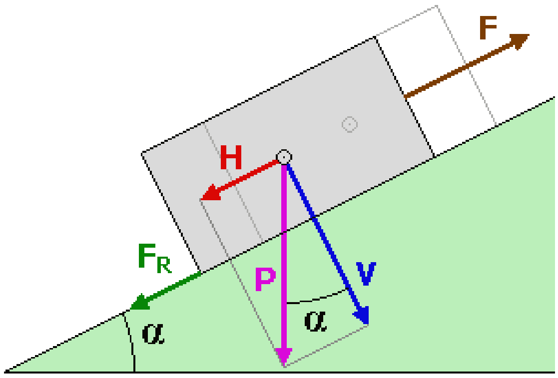
EJEMPLO:

El diagrama de cuerpo libre del bloque sobre el plano inclinado es una aplicación sencilla de estos principios:

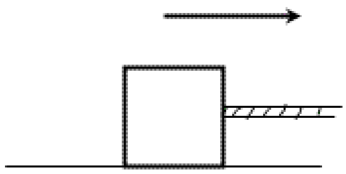
Todos los soportes y estructuras se han sustituido por las fuerzas que ejercen sobre el bloque:

- *mg: peso del bloque.*
- *N: Fuerza **normal** del plano sobre el bloque.*
- *F_f: fuerza de **rozamiento** entre el bloque y el plano.*

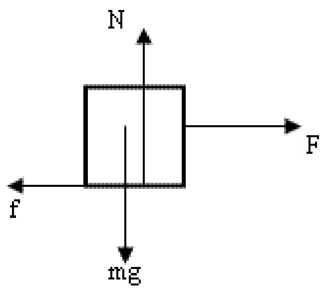
Los vectores muestran la dirección y el punto de aplicación.
Se acompaña del sistema de referencia que se ha usado para describir los vectores.

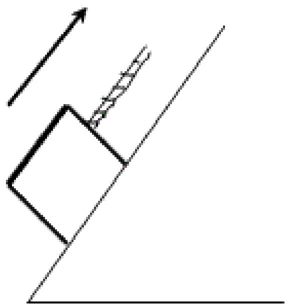


EJEMPLOS DE DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE

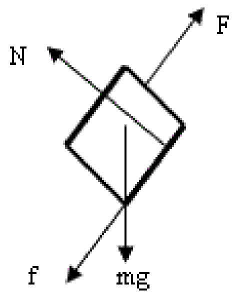


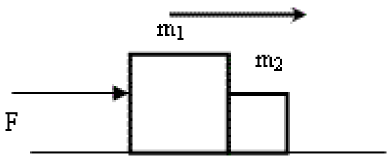
Bloque arrastrado hacia la derecha sobre una superficie horizontal rugosa.



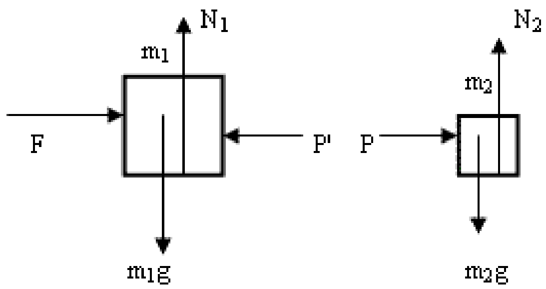


Bloque arrastrado hacia arriba sobre un plano inclinado rugoso.





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



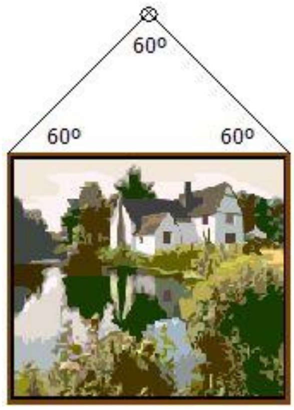
Note que P' y P son un par acción-reacción, esto es, la fuerza (P') que el bloque m_2 hace sobre m_1, es igual en magnitud y de sentido contrario a la fuerza (P) que el bloque m_1 hace sobre m_2. **P = -P'**

Problemas de Aplicación de la Primera Ley del Movimiento I

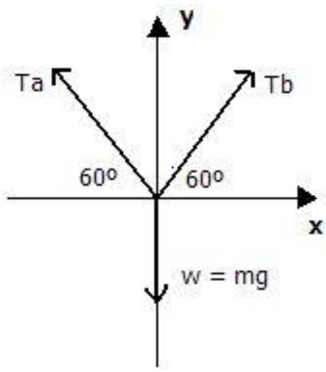
La aplicación más importante de la primera ley de Newton es encontrar el valor de fuerzas que actúan sobre una partícula, a partir de la condición de equilibrio.

En la primera ley, se plantea que, si una partícula está en equilibrio, se cumple que: $\sum F = 0$. Como la fuerza es una cantidad vectorial, podemos plantear que:
$\sum Fx = 0$ y $\sum Fy = 0$ (Componentes rectangulares de las fuerzas).

Ejemplo. Un cuadro de 2 Kg se cuelga de un clavo como se muestra en la figura, de manera que las cuerdas que lo sostienen forman un ángulo de 60º. ¿Cuál es la tensión en cada segmento de la cuerda?



Se debe determinar la situación del problema. Una cuerda sostiene un cuadro de 2 Kg, en dos segmentos, cada segmento tiene una tensión Ta y Tb respectivamente, como se ilustra en el DCL.



De las tres fuerzas planteadas, solamente se puede determinar el valor de su peso w.

$\sum Fy = 0$ = Ta sen 60º + Tb sen 60º - w;

Ta sen 60º + Tb sen 60º = w = mg (1)

Luego, $\sum Fx = 0$ = - Ta cos 60º + Tb cos 60º

Ta cos 60º = Tb cos 60º, entonces Ta = Tb (2)

Sustituyendo (2) en (1):

2 Tb sen 60º = mg

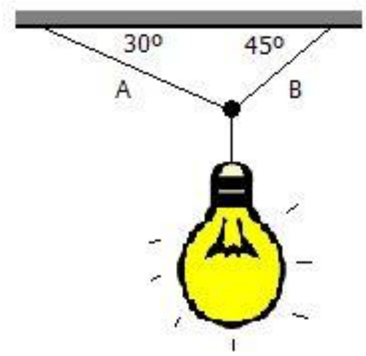
Despejando Tb:

$$Tb = \frac{mg}{2 \cdot sen60^{o}} = \frac{(2\,Kg)(9.8\frac{m}{s^2})}{2 \cdot sen60^{o}} = 11.31\ N$$

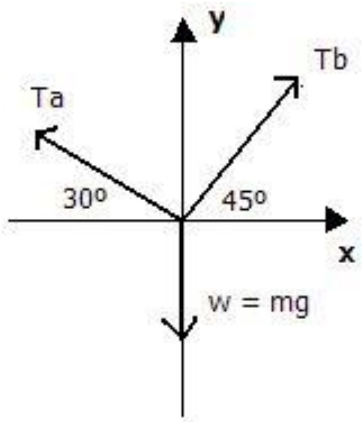
Como se demuestra en la ecuación (2), las tensiones en los segmentos de cuerda son iguales.
Es importante colocar el sentido de cada componente, según el marco de referencia propuesto.

Problemas de Aplicación de la Primera Ley del Movimiento II

Ejemplo. Calcule la tensión en cada cordel de la figura, si el peso del objeto suspendido es de 10 N



Este ejemplo es muy parecido al anterior, con la diferencia que las cuerdas son distintas y no necesariamente las tensiones son iguales:



∑Fy = 0 = Ta sen 30º + Tb sen 45º - w

Ta sen 30º + Tb sen 45º = w (1)

∑Fx = 0 = - Ta cos 30º + Tb cos 45º = 0

Ta cos 30º = Tb cos 45º

Despejando Ta:

$$\mathrm{Ta} = \frac{Tb * cos 45^{o}}{cos\ 30^{o}}\ (2)$$

Sustituyendo (2) en (1):

$$\mathrm{Tb} * \left(\frac{cos 45^{o}}{cos 30^{o}}\right) * \mathrm{sen}\ 30^{o} + \mathrm{Tb\ sen}\ 45^{o} = \mathrm{w}$$

Por identidad trigonométrica:

Tb (cos 45º * tan 30º) `+ Tb sen 45º = w

Factor común, y despejando Tb:

$$\mathrm{Tb} = \frac{w}{cos 45^{o} * tan 30^{o} + sen 45^{o}} = \frac{10\ N}{cos 45^{o} * tan 30^{o} + sen 45^{o}} = \mathbf{9.00\ N}$$

Sustituyendo este valor en (2):

Ta = (9 N) (cos 45º/cos 30º) = 7.35 N.

Problemas de Aplicación de la Segunda Ley del Movimiento I

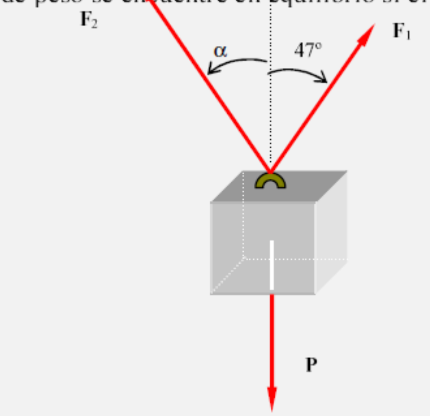
Esta ley centra su aplicación en la dinámica de partículas, en los que se analizan cuerpos con aceleración. En este caso, la fuerza neta que actúa sobre una partícula no es cero, sino:

∑F = m*a.

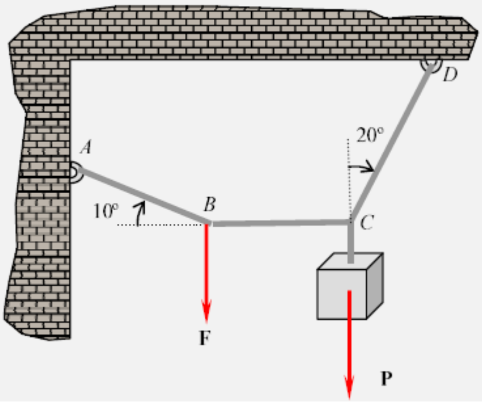
Al igual que en la primera ley, ésto se puede plantear por medio de las componentes de los vectores:

∑Fx = m*ax y ∑Fy = m*ay

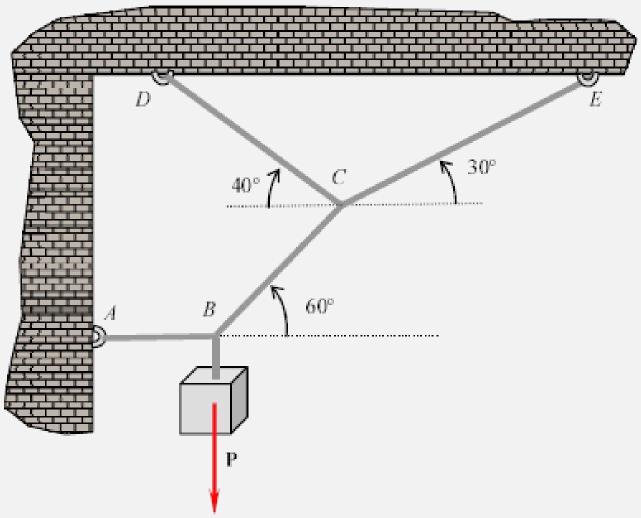
Problema 13 Determinar el valor del módulo y la dirección de la fuerza $\mathbf{F}_2$ de la figura adjunta para que el bloque de 780 N de peso se encuentre en equilibrio si el módulo de la fuerza $\mathbf{F}_1$ es de 460 N .



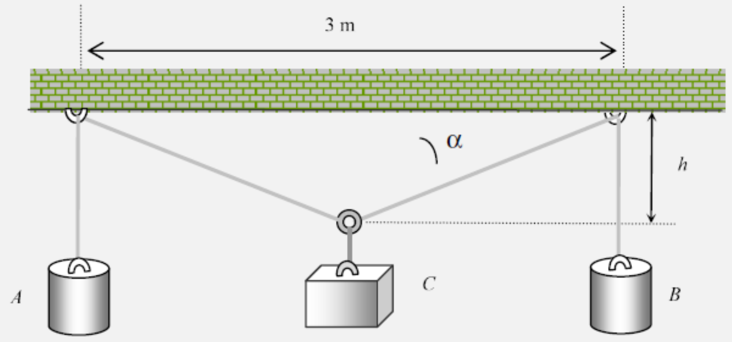
Problema 14 En el esquema de la figura, el bloque de peso **P** se mantiene en equilibrio cuando se aplica una fuerza F = 500 N en el punto B del sistema de cables. Determinar las tensiones en los cables y el peso P.



Problema 15 Un cuerpo de masa m = 250 kg está unido al sistema de cables indicado en la figura y se mantiene en equilibrio en la posición indicada. Determinar las tensiones en los cables.



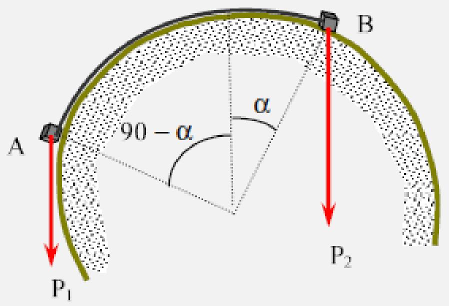
Problema 18 En el esquema de la figura adjunta los tres cuerpos unidos por cables están en equilibrio. Los bloques *A* y *B* pesan 60 N cada uno y el bloque *C* pesa 80 N . Determinar el valor de *h*



SOLUCIÓN

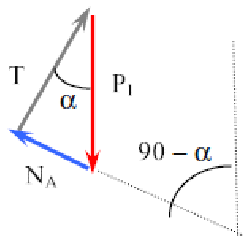
$$h = 1{,}5 \text{ tg } \alpha \quad ; \quad 120 \text{ sen } \alpha = 80 \quad \Rightarrow \quad h = 1{,}34 \text{ m}$$

Problema 20 Dos cuerpos puntuales de pesos $P_1 = 1960$ N y $P_2 = 2940$ N están unidos mediante un cable y se apoyan sobre una superficie cilíndrica lisa tal como se ve en la figura adjunta. Determinar la tensión del cable, las normales en los apoyos y el ángulo de equilibrio.

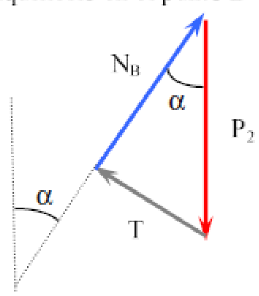


SOLUCIÓN

Equilibrio en el punto A



Equilibrio en el punto B



Aplicando la ley del seno se tiene

$$\frac{T}{\cos \alpha} = \frac{N_A}{\text{sen } \alpha} = P_1 \qquad ; \qquad \frac{T}{\text{sen } \alpha} = \frac{N_B}{\cos \alpha} = P_2$$

Operando queda

$\alpha = 33{,}69°$; $T = 1630.8$ N ; $N_A = 1087{,}2$ N ; $N_B = 2446{,}2$ N

SISTEMAS DE FUERZAS PARALELAS

Se llaman Fuerzas paralelas a aquellas fuerzas coplanarias cuyas líneas de acción son paralelas entre sí.

MOMENTO DE UNA FUERZA O MOMENTUM

Es la medida de la efectividad de una fuerza para producir un movimiento de rotación. Numéricamente el valor de un momento de fuerza se encuentra multiplicando el valor de la fuerza por su respectivo brazo de momento.

MF = F. BM

ELEMENTOS DE LOS MOMENTOS DE UNA FUERZA

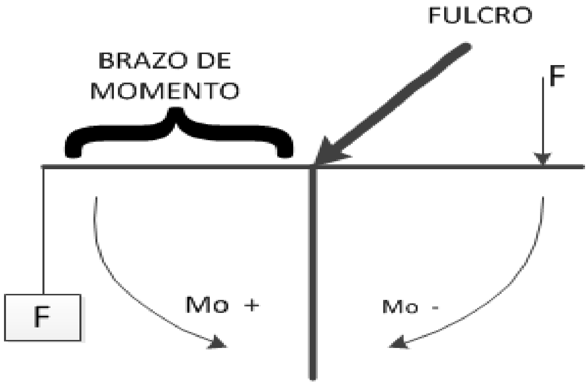
1.- FULCRO O PUNTO DE APOYO. - Es el punto alrededor del cual se produce el movimiento de rotación.

2.- FUERZA. - Es la medida de la fuerza que actúa perpendicularmente al brazo de momento.

3.- BRAZO DE MOMENTO. - Es la distancia que existe entre el fulcro y el punto donde se aplica la fuerza.

SIGNOS DE LOS MOMENTOS:

- Es positivo cuando el movimiento de rotación es contrario a las agujas del reloj
- Es negativo cuando el movimiento de rotación es en sentido de las agujas del reloj.



LEY DE LOS MOMENTOS

La suma de los momentos positivos debe ser iguales a la suma de los momentos negativos
Es decir, la suma de los momentos que actúan sobre un cuerpo debe ser iguales a cero.

Ejercicio:

1) En el siguiente gráfico, calcular la fuerza que debe ser colocada en el punto indicado para que el sistema esté en equilibrio: