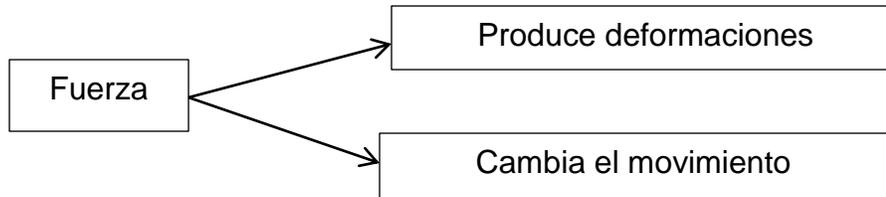


OBJETIVO 5

Establecer las leyes del movimiento de Newton

El concepto de fuerza

La fuerza como aquello que ocasiona que un cuerpo se acelere.



Cuando usted empuja su plato de comida vacío aplica una fuerza sobre él. También, se aplica una fuerza se asocia con el resultado de la actividad muscular y con cierto cambio en la velocidad de un objeto. Sin embargo, las fuerzas no producen movimiento. Por ejemplo, si usted sentado leyendo esta guía, la fuerza de gravedad actúa sobre su cuerpo y usted permanece estacionario, o bien, usted puede empujar (en otras palabras, ejercer una fuerza) un gran bloque de piedra y no ser capaz de moverlo.

¿Qué fuerza (si hay alguna) hace que la Luna orbita a la Tierra? Newton respondió preguntas de este tipo estableciendo que el cambio en la velocidad de un objeto es causado por las fuerzas.

Primera Ley de Newton

Antes de enunciar la primera ley de Newton considere el siguiente experimento simple. Suponga que un libro está sobre una mesa. Evidentemente, el libro permanece en reposo. Imagine ahora que lo empuja con una fuerza horizontal tan grande como para vencer la fuerza de fricción entre el libro y la mesa. (Esta fuerza que ejerció, la fuerza de fricción y cualquier otra fuerza ejercida sobre el libro puede ponerse en movimiento a velocidad constante si la fuerza que usted aplica es igual en magnitud a la fuerza de fricción y actúa en dirección opuesta. Si después lo empuja, de manera que la fuerza aplicada sea mayor que la fuerza de fricción, el libro acelera. Si deja de empujar el libro deja de deslizarse después de moverse una corta distancia debido a que la fuerza de fricción retarda su movimiento.

Galileo fue el primero que realizó experimentos razonados, como el que se acaba de describir para un libro sobre una superficie. En sus palabras: "Cualquier

velocidad, una vez aplicada a un cuerpo en movimiento, se mantendrá estrictamente siempre que las causas externas de retardo se eliminen.”

Este nuevo enfoque del movimiento fue formalizado después por Newton en una forma que se conoce como **primera ley del movimiento de Newton**:

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

La fuerza resultante que actúan sobre un cuerpo es cero, su aceleración es cero.

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

$$\vec{a} = 0$$

Si nada actúa para cambiar el movimiento del objeto, entonces su velocidad no cambia. De acuerdo con la primera ley se concluye que un cuerpo aislado está en reposo o en movimiento a velocidad constante. La tendencia de un objeto a resistir cualquier intento por cambiar su velocidad se llama **inercia**.

Segunda Ley de Newton

Imagine que empuja un bloque de hielo sobre una superficie horizontal sin fricción. Cuando usted ejerce alguna fuerza horizontal **F**, el bloque se mueve con cierta aceleración **a**. Si aplica una fuerza dos veces mayor, la aceleración se duplica. Si incrementa la fuerza aplicada **3F**, la aceleración se triplica, etcétera. A partir de estas observaciones se concluye que **la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza resultante que actúa sobre él**.

Si se aplica una fuerza **F** a un bloque de hielo sobre una superficie sin fricción, el bloque experimenta cierta aceleración **a**. Si se duplica la masa del bloque, la misma fuerza aplicada produce una aceleración **a/2**. Si se triplica la masa, la misma fuerza aplicada produce una aceleración **a/3**, etcétera. De acuerdo con esta observación, se concluye que **la magnitud de la aceleración de un objeto es inversamente proporcional a su masa**.

Estas observaciones se resumen en la **segunda ley de Newton**:

La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa.

Si se elige una constante de proporcionalidad 1, se relaciona masa, aceleración y fuerza a través del siguiente enunciado matemático de la segunda ley de Newton:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

\vec{F} = Fuerza resultante

\vec{a} = aceleración resultante

La ecuación es una expresión vectorial y por tanto es equivalente a tres ecuaciones componentes:

$$\vec{F} = \vec{F}_x\hat{i} + \vec{F}_y\hat{j} + \vec{F}_z\hat{k}$$

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x\hat{i}$$

$$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y\hat{j}$$

$$\sum \vec{F}_z = m\vec{a}_z\hat{k}$$

$$F_x = ma_x$$

$$F_y = ma_y$$

$$F_z = ma_z$$

Tercera Ley de Newton

Principio de acción-reacción establece que cuando dos partículas interactúan, la fuerza sobre una partícula es igual y opuesta a la fuerza que interactúa sobre la otra partícula. Es decir, si existe una fuerza externa, tal fuerza será contrarrestada por otra igual, pero en la dirección opuesta.



Fig. 1 Al chocar la pelota contra la pared, esta ejerce una fuerza y la pared la devuelve con la misma fuerza, a esto se le conoce como la tercera ley de Newton (acción y reacción)

Este importante principio se conoce como tercera ley de Newton:

Si dos objetos interactúan, la fuerza \vec{F}_{12} , ejercida el objeto 1 sobre el objeto 2, es igual en magnitud y opuesta en dirección a la fuerza \vec{F}_{21} , que ejercida el objeto 2 sobre el objeto 1:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Tipos de fuerza

1.- Fuerza gravitacional

Es una clase de fuerzas, conocidas como fuerzas de campo, no involucran contacto físico entre dos objetos sino que actúan a través del espacio vacío. La fuerza gravitacional de atracción entre dos objetos con masa, que se ilustra en la figura 2, es un ejemplo de esta clase de fuerza. La fuerza gravitacional mantiene a los objetos ligados a la Tierra y a los planetas en órbita alrededor del Sol.

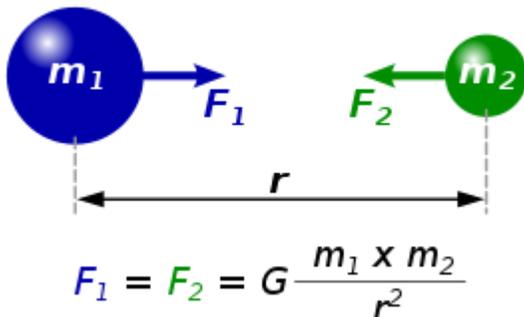


Fig. 2 Esta ley establece que los cuerpos, por el simple hecho de tener masa, experimentan una fuerza de atracción hacia otros cuerpos con masa, denominada fuerza gravitatoria o fuerza gravitacional. Esta fuerza, explica entre otras muchas cosas, por qué orbitan los planetas.

2.- Fuerza electromagnéticas

Otra fuerza de campo común es la fuerza eléctrica que una carga eléctrica ejerce sobre otra (figura 3). Como ejemplo, estas cargas pueden ser las del electrón y el protón que forman un átomo de hidrógeno. Un tercer ejemplo de fuerza de campo es la fuerza que un imán de barra ejerce sobre un trozo de hierro (figura 4).

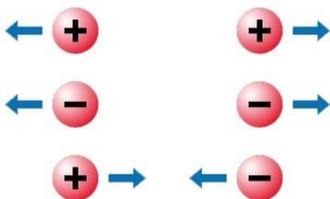


Fig. 3 Fuerza electromagnética la misma carga se repele, si lo contrario se atrae

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}} \hat{u}_{12}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\vec{F} = \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}} \hat{u}_{12}$$

3.- Nucleares

$$Peso = (\vec{w})$$

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

$$w = mg$$

La masa no se debe confundir con el peso. La masa y el peso son dos cantidades diferentes. El peso de un objeto es igual a la magnitud de la fuerza gravitacional ejercida sobre el objeto y varía con la posición. Por ejemplo, una persona que pesa 180 lb sobre la Tierra pesa sólo aproximadamente 30 lb sobre la Luna. Por otra parte, la masa de un objeto por dondequiera es la misma: un objeto que tiene una masa de 2 kg sobre la Tierra también tiene una masa de 2 kg sobre la Luna.

Unidades de fuerza

$$[F] = [m][a]$$

SI = Kg.m/s² Newton (En el sistema Internacional)

c.g.s = g. cm/s² Dinas

En el sistema inglés, la unidad de fuerza es la libra (lb). Una fuerza de 1 lb es la fuerza que, cuando actúa sobre una masa de 1 slug produce una aceleración de 1 ft/s² :

$$1 lb = 1 slug \cdot ft/s^2$$

Fuerza de roce

Es la fuerza que se opone al movimiento de los cuerpos.

Clases de fuerza de roce

a.- Estático (F_s)

Si se aplica una fuerza horizontal externa \mathbf{F} al bote de basura, que actúa hacia la derecha, el bote de basura permanece fijo cuando \mathbf{F} es pequeña. La fuerza sobre el bote de basura que contraataca \mathbf{F} y evita que se mueva actúa hacia la izquierda y **se llama fuerza de fricción estática f_s** . En tanto el bote de basura no se mueva, $f_s = F$. Por lo tanto, si \mathbf{F} aumenta, f_s también aumenta. Del mismo modo, si \mathbf{F} disminuye, f_s también disminuye.

$$f_s = \alpha N$$

$$f_s \leq \mu_s N$$

$\mu_s =$ *coeficiente de roce estático*

$N =$ *fuerza normal*

b.- Cinético (F_k)

Si se aumenta la magnitud de \mathbf{F} como en la figura 4, el bote de basura al final se desliza. Cuando el bote de basura está a punto de deslizarse, f_s tiene su valor máximo **$f_s, \text{máx}$** , como se muestra en la figura 4. Cuando \mathbf{F} supera **$f_s, \text{máx}$** , el bote de basura se mueve y acelera hacia la derecha. A la fuerza de fricción para un objeto en movimiento se le **llama fuerza de fricción cinética f_k** .

$$f_k \propto N$$

$$f_k = F_{\text{máx}} = \mu_k N$$

$\mu_k =$ *coeficiente de roce cinético*

$N =$ *fuerza normal*

Las siguientes descripciones de la fuerza de fricción están en función de las observaciones experimentales y sirven como el modelo que usará para fuerzas de fricción en resolución de problemas:

- ✓ La magnitud de la fuerza de fricción estática entre cualesquiera dos superficies cualesquiera en contacto tiene los valores

$$f_s \leq \mu_s N$$

donde la constante adimensional μ_s se llama coeficiente de fricción estática y \mathbf{N} es la magnitud de la fuerza normal que ejerce una superficie sobre la otra. La igualdad en la ecuación se cumple cuando las superficies están a punto de

deslizarse, esto es, cuando $f_s = f_{s,m\acute{a}x} = \mu_s N$. Esta situaci3n se llama movimiento inminente. La desigualdad se cumple cuando las superficies no est3n a punto de deslizarse.

- ✓ La magnitud de la fuerza de fricci3n cin3tica que actúa entre dos superficies es

$$f_k = F_{m\acute{a}x} = \mu_k N$$

donde μ_k se llama coeficiente de fricci3n cin3tica. Aunque el coeficiente de fricci3n cin3tica varía con la rapidez, por lo general en este texto se desprejar3 cualquiera de tales variaciones.

- ✓ Los valores de μ_k y μ_s dependen de la naturaleza de las superficies, pero μ_k por lo general es menor que μ_s . El intervalo de los valores t3picos fluctúan de 0.03 a 1.0. La tabla 5.1 indica algunos valores reportados.
- ✓ La direcci3n de la fuerza de fricci3n sobre un objeto es paralela a la superficie con la que el objeto est3 en contacto y opuesta al movimiento real (fricci3n cin3tica) o al movimiento inminente (fricci3n est3tica) del objeto en relaci3n con la superficie.
- ✓ Los coeficientes de fricci3n son casi independientes del 3rea de contacto entre las superficies. Es de esperar que al colocar un objeto en el lado que tiene m3s 3rea aumente la fuerza de fricci3n, la fuerza de fricci3n es independiente del 3rea.

Ejemplo

De la guía de ejercicios los problemas del 1 al 10 son ejercicios relacionados a las leyes de Newton de la Dinámica de una partícula, los problemas 11, 12 y 13 son relacionados al Objetivo 6 de la Dinámica del movimiento curvilíneo. Por lo tanto en este objetivo vamos a realizar algunos problemas del objetivo 5 (del 1 al 10)

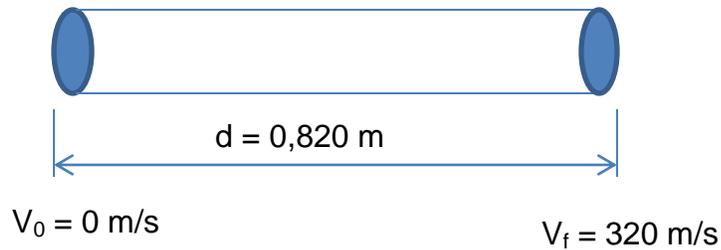
1.- Una bala de 5,00 g sale del cañ3n de un rifle con una rapidez de 320m/s. ¿Qu3 fuerza ejercen los gases en expansi3n tras la bala mientras se mueve por el cañ3n del rifle de 0,820 m de longitud? Suponga aceleraci3n constante y fricci3n despreciable.

Datos:

$$m = 5,00g \cdot \frac{1Kg}{1000g} = 5 \times 10^{-3} Kg$$

$$V_f = 320 \text{ m/s}$$

$$d = 0,820 \text{ m}$$



$$v_f^2 - v_0^2 = 2ad$$

$$a = \frac{v_f^2}{2d} = \frac{(320 \text{ m/s})^2}{2(0,820 \text{ m})} = 6,2 \times 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = m \cdot a = (5 \times 10^{-3} \text{ Kg}) \cdot (6,24 \times 10^4 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 312 \text{ N}$$

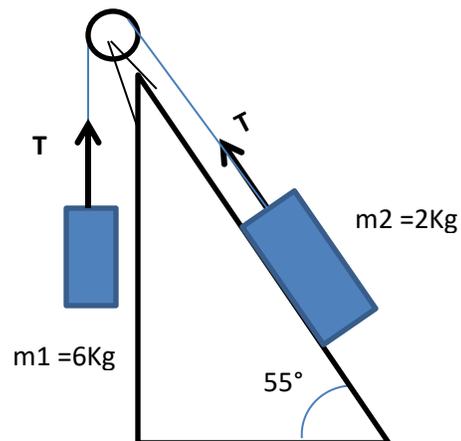
4.- Dos masas están conectados por una cuerda ligera que pasa sobre una polea sin fricción. Si el plano inclinado no tiene fricción, y si $m_1 = 6.00 \text{ kg}$, $m_2 = 2.00 \text{ kg}$ y $\theta = 55.0^\circ$, encuentre a) las aceleraciones de las masas, b) el módulo de la tensión en la cuerda y c) la rapidez de cada objeto a 2.00 s después que se sueltan desde el reposo. Varié este ejercicio haciendo el ángulo 0° y luego -55° , establezca conclusiones.

Datos:

$$m_1 = 2,00 \text{ Kg}$$

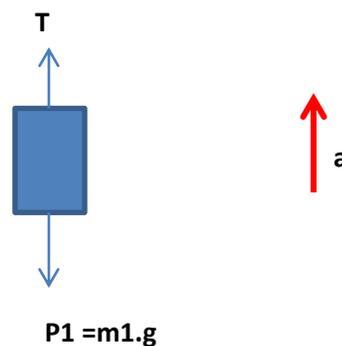
$$m_2 = 6,00 \text{ Kg}$$

$$\theta = 55^\circ$$



Para m1

Diagrama del cuerpo libre (D.C.L)



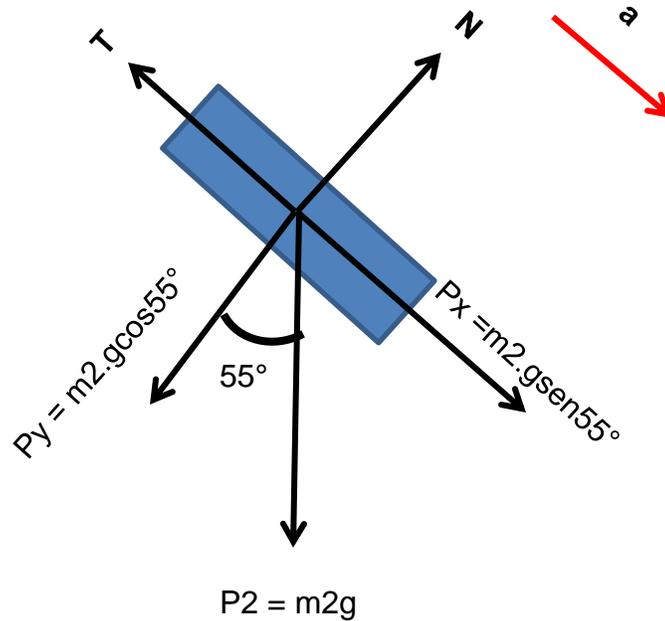
$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = T - P1 = m1a$$

$$T = m1a + P1 \rightarrow T = m1a + m1g \quad \text{Ecuación 1}$$

Para m2

D.C.L.



Para el eje x tenemos que:

$$\sum F_x = -T + m2gsen55^\circ = m2.a$$

$$T = m2gsen55^\circ - m2a \quad \text{Ecuación 2}$$

Para el eje y tenemos

$$\sum F_y = N - m2gcos55^\circ = 0 \rightarrow N = m2gcos55^\circ$$

Igualando ecuación 1 con la ecuación 2

$$m1a + m1g = m2gsen55^\circ - m2a$$

Despejamos aceleración

$$m1a + m2a = m2gsen55^\circ - m1g$$

$$a(m1 + m2) = m2gsen55^\circ - m1g$$

$$a = \frac{g(m_2 \sin 55^\circ - m_1)}{m_1 + m_2} = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 (2 \text{ Kg} \sin 55^\circ - 6 \text{ Kg})}{6 \text{ Kg} + 2 \text{ kg}}$$

$$\frac{-42,74 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}^2}{8 \text{ kg}} \rightarrow a = -5,34 \text{ m/s}^2$$

Para calcular la tensión, **T**, sustituimos la aceleración en cualquiera de la ecuación 1 ó 2

$$T = m_1 a + m_1 g = 6 \text{ Kg} (-5,3 \text{ m/s}^2) + 6 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \rightarrow T = 27 \text{ N}$$

$$v_f = at$$

$$v_f = 5,34 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ s} \rightarrow v_f = 10,68 \text{ m/s}$$

Para $\theta = 0^\circ$

$$a = \frac{g(m_2 \sin 0^\circ - m_1)}{m_1 + m_2} = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 (0 - 6 \text{ Kg})}{6 \text{ Kg} + 2 \text{ kg}}$$

$$\frac{-58,88 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}^2}{8 \text{ kg}} \rightarrow a = -7,35 \text{ m/s}^2$$

$$T = m_1 a + m_1 g = 6 \text{ Kg} (-7,35 \text{ m/s}^2) + 6 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \rightarrow T = 14,7 \text{ N}$$

$$v_f = -7,35 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ s} \rightarrow v_f = -14,7 \text{ m/s}$$

Para $\theta = -55^\circ$

$$a = \frac{g(m_2 \sin -55^\circ - m_1)}{m_1 + m_2} = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 (-6 \text{ Kg})}{6 \text{ Kg} + 2 \text{ kg}}$$

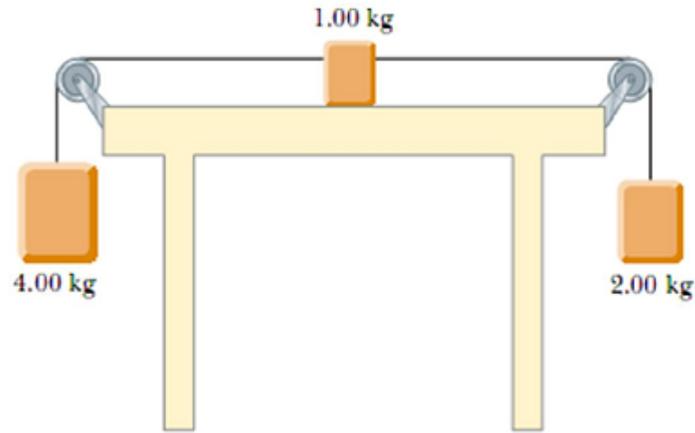
$$\frac{-74,85 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}^2}{8 \text{ kg}} \rightarrow a = -9,35 \text{ m/s}^2$$

$$T = m_1 a + m_1 g = 6 \text{ Kg} (-9,35 \text{ m/s}^2) + 6 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \rightarrow T = 2,7 \text{ N}$$

$$v_f = -9,35 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ s} \rightarrow v_f = -18,7 \text{ m/s}$$

8.- Se muestran tres bloques conectado sobre una mesa como se muestra en la figura. La mesa es rugosa y tiene un coeficiente de fricción cinética de 0.350. Los objetos tienen masas de 4.00 kg, 1.00 kg y 2.00 kg, como se muestra, y las poleas no tienen fricción. Dibuje un diagrama de cuerpo libre para cada bloque. a)

Determine la magnitud y dirección de la aceleración de cada bloque. b) Determine las tensiones en las dos cuerdas.



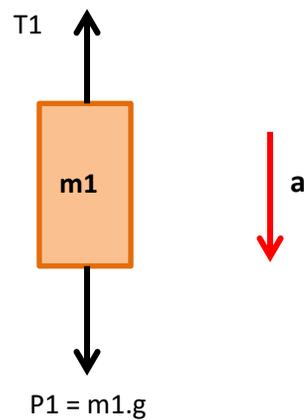
m1

D.C.L. (Diagrama de cuerpo libre)

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = T1 - m1g = -m1a$$

$$T1 = m1g - m1a \quad \text{ec. 1}$$



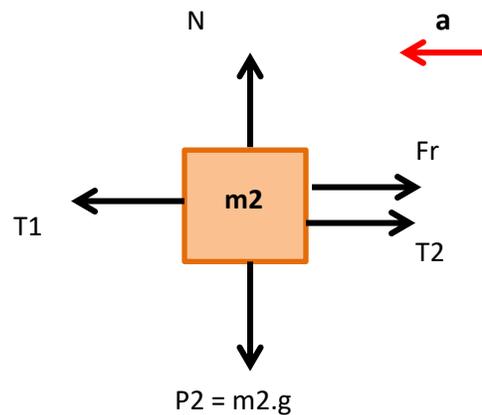
m2

$$\sum F_x = Fr + T2 - T1 = -m2a$$

$$T1 = Fr + T2 + m2a \quad \text{ec. 2}$$

$$\sum F_y = N - m2g = 0$$

$$N = m2g$$



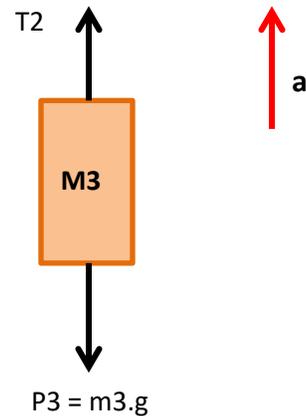
m3

D.C.L. (Diagrama de cuerpo libre)

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = T2 - m3g = m3a$$

$$T2 = m3g + m3a \quad \text{ec. 3}$$



Tenemos tres ecuaciones con dos incógnitas. Las tensiones **T1** y **T2** y la aceleración **a**

Iguualamos la **ec.1** con la **ec. 2**

$$T1 = m1g - m1a \quad \text{ec. 1}$$

$$T1 = Fr + T2 + m2a \quad \text{ec. 2}$$

$$m1g - m1a = Fr + T2 + m2a \quad \text{ec. 4}$$

Ahora sustituimos la ecuación 3 en la ecuación 4

$$m1g - m1a = Fr + m3g + m3a + m2a$$

Se agrupas términos y despejamos aceleración

$$m1g - Fr - m3g = m1a + m3a + m2a$$

$$m1a + m3a + m2a = m1g - Fr - m3g$$

$$a(m1 + m3 + m2) = m1g - \mu N - m3g$$

$$a = \frac{m1g - \mu m2g - m3g}{m1 + m3 + m2} = \frac{g(m1 - m2\mu - m3)}{m1 + m3 + m2} = \frac{9,8m/s^2(4Kg - 0.350 \cdot 1Kg - 2Kg)}{4Kg + 2Kg + 1Kg}$$

$$a = \frac{16,17 m/s^2 \cdot Kg}{7Kg} \rightarrow a = 2,31 m/s^2 \text{ hacia la izquierda}$$

$$T1 = m1g - m1a = 4Kg \cdot 9,8 m/s^2 - 4Kg \cdot 2,31 m/s^2 \rightarrow T1 = 29,96N$$

$$T2 = m3g + m3a = 2Kg \cdot 9,8 m/s^2 + 2Kg \cdot 2,31 m/s^2 \rightarrow T2 = 24,22N$$