

FISICA I UTN-FRC

UNIDAD 04: FUNDAMENTOS DE LA DINÁMICA

INTRODUCCIÓN – FUERZA – LAS LEYES DE NEWTON – DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE – APLICACIONES (PRIMERA PARTE)

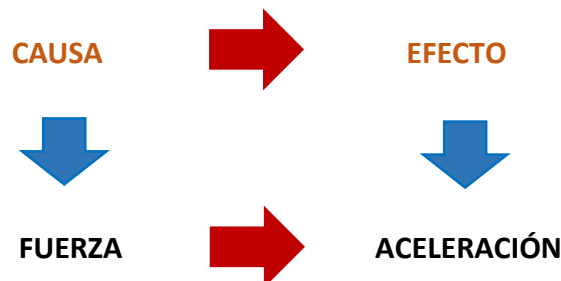
Introducción:

Desde que se inició el estudio del movimiento de una partícula en la unidad anterior, se describió al mismo en términos de su posición, velocidad y aceleración, sin tener en cuenta qué es lo que impulsa a dicho movimiento...

Ahora se toma en cuenta la influencia externa y nos preguntamos ¿por qué un objeto permanece en reposo o en movimiento con aceleración? Los dos factores más importantes en los cuales hay que reflexionar para dar respuesta a esta pregunta son, las fuerzas y la masa del objeto.

La Dinámica de una Partícula es, precisamente, la parte de la Física Clásica que estudia la causa por la cual se produce el movimiento de una partícula u objeto.

La causa es la **fuerza** y el efecto es la **aceleración**.



Definición de Fuerza:

Cualquier persona tiene una idea básica del concepto de fuerza gracias a su experiencia de la vida cotidiana. Desde un punto de vista concreto, cuando se arrastra o empuja un objeto, se realiza una fuerza sobre él. También se hace una fuerza cuando se patea una pelota, etc. Luego esas fuerzas que se comportan como agentes externos que actúan sobre un objeto, pueden hacer que el mismo se mueva o no; se deforme o no.

En este curso nos interesará fundamentalmente estudiar el fenómeno del posible movimiento o quietud de un cuerpo, cuando está sometido a distintas fuerzas.

Otras asignaturas a lo largo de su carrera, se ocuparán de estudiar la deformación que sufre un cuerpo (el comportamiento interno de sus partículas), debido a la presencia de ciertas fuerzas que actúan sobre él.

Desde el punto de vista matemático y físico, la fuerza, es una magnitud vectorial. Es decir que es un vector, y como tal tiene: un módulo, y una dirección y sentido.

$$\vec{F} = \begin{cases} F = \text{módulo (Newton)} \\ \theta = \text{dirección y sentido} \end{cases}$$

Generalmente se la denota con una letra mayúscula y una flechita en la parte de arriba, o bien, con una letra mayúscula en negrita.

El Newton es la unidad de medida de la fuerza en el Sistema Internacional de Unidades y se abrevia (**N**), no obstante en otros sistemas de medidas puede expresarse en: libras, dinas, kilogramo fuerza, etc.

Luego, al verificarse experimentalmente que las fuerzas se comportan como vectores, si sobre un objeto actúan varias fuerzas, para obtener la **fuerza resultante** o **fuerza neta** que se ejerce sobre él, se debe aplicar la regla de la suma de vectores, ya sea gráfica o analíticamente y que se estudió en el Nivel Medio de Educación y se repasó en el Cursillo de Ingreso.

Las Leyes de Isaac Newton:

PRIMERA LEY DE NEWTON O PRINCIPIO DE INERCIA:

Se cumple cuando: $\sum \vec{F}_{ext} = 0$ (la sumatoria de todas las fuerzas exteriores son cero)

Es decir, para el caso de que la fuerza resultante que actúa sobre una partícula es NULA.

En ausencia de fuerzas externas, un objeto en reposo permanecerá en reposo y un objeto en movimiento continuará con ese movimiento en velocidad constante (M.R.U.)

Por lo tanto, en términos sencillos se puede afirmar que si sobre un objeto no actúa ninguna fuerza o bien $\sum \vec{F}_{ext} = 0$, su aceleración también será cero.

Entonces, todo objeto tiene una tendencia a mantener su estado original de quietud o de movimiento. Esta tendencia se llama **Inercia**.

La primera parte de la ley es bastante sencilla de entender: “**un objeto en reposo permanecerá en reposo**”, pero la segunda parte, de acuerdo a nuestra experiencia cotidiana, capaz es más difícil de imaginar: “**si un objeto está en movimiento, seguirá con $\vec{v} = \text{constante indefinidamente}$** ”.

Para interpretar mejor la segunda parte de la ley, se invita a que pensemos en qué le sucede a un objeto que se mueve a una velocidad \vec{v} a lo largo de una pista de un

soplador eléctrico (equivalente a una mesa de juego de tejo en una local de entretenimientos).

Observemos entonces a la siguiente figura:



En esta mesa de hockey, el aire que sopla a través de los orificios permite que el disco o lentejón se sobre eleve unas milésimas y se mueva prácticamente sin fricción, lo que hace que su velocidad permanezca casi constante a lo largo de toda la mesa.

La razón por la cual un objeto cualquiera se detiene luego de imprimirle cierta velocidad es, precisamente, porque sobre él actúa una fuerza de fricción por deslizamiento que se opone al movimiento y por lo tanto lo frena. Pero, si esa fuerza de fricción tiende a cero como en el caso del soplador eléctrico, nos hace cambiar de idea...

SEGUNDA LEY DE NEWTON:

Se cumple cuando: $\sum \vec{F}_{ext} \neq 0$ (la sumatoria de todas las fuerzas exteriores son distintas de cero)

Es decir, para cuando hay una fuerza neta actuando sobre el objeto o una resultante DISTINTA DE CERO.

Afirma que:

La aceleración que experimenta un objeto es directamente proporcional a la fuerza aplicada sobre él, e inversamente proporcional a su masa.

Escrito como un modelo matemático:

$$\vec{a} \propto \frac{\sum \vec{F}_{ext}}{m}$$

donde: la $\sum \vec{F}_{ext}$ corresponde a la fuerza neta o resultante.

¡Entonces a mayor fuerza neta mayor aceleración, e inversamente, a mayor masa del objeto menor aceleración!

Con más frecuencia esta ley se escribe como:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a} \quad (1)$$

En donde, como se observa en el segundo miembro, un escalar por un vector da un vector, que es el de la fuerza neta.

Haciendo el análisis de unidades, se puede comprender cómo se construye el Newton como unidad de medida de la fuerza...

$$(kg) \cdot (m/s^2) = (N)$$

Finalmente, se puede asegurar que la dirección y sentido de la aceleración que adquiere un objeto es la misma que el de la fuerza resultante.

Peso: sabemos que el peso es una fuerza y apunta siempre hacia abajo o hacia el centro de la tierra.

Si retomamos (1) y la adaptamos, se obtiene la fórmula del Peso:

$$\begin{array}{ccc} \sum \vec{F}_{ext} & = & m \cdot \vec{a} \\ \downarrow & & \downarrow \\ \vec{P} & = & m \cdot \vec{g} \end{array} \quad (2)$$

Que este vector apunte hacia el centro de la tierra, técnicamente es lo mismo que se informe que su dirección y sentido es: $\theta=270^\circ$. Dicho ángulo es medido en sentido anti-horario positivo a partir de un eje de abscisa "x+".

También se lo calcula en **(N)** en el Sistema Internacional de Unidades... aunque nosotros generalmente nos pesamos en kilos. Pero esos kilos son en realidad "**kilogramos fuerza**", o sea **(kgf)** o **(\vec{kg})**.

Ejemplo 1: si usted tiene una masa $m=70$ (kg) su peso es: $P=70 \times 9,81=686$ (N), pero... quién de nosotros se pesa en Newton?

Entonces por factores de conversión de unidades se sabe que: **1(kgf) = 9,81(N)**

con lo cual, haciendo una regla de tres simple, se obtiene:

$$\begin{array}{l} 9,81(\text{N})\text{-----}1 \text{ (kgf)} \\ 686(\text{N})\text{-----}x=70 \text{ (kgf)} \end{array}$$

Por lo tanto usted dice que pesa 70 (kgf) o $70 (\vec{kg})$. Que es distinto a 70 (kg), que es lo que representa a su masa... verdad? Aunque el número sea el mismo!

Aparte se sabe que la masa no solo es una propiedad inherente al cuerpo, sino que también es una magnitud escalar; a diferencia del peso, que por ser una fuerza es una magnitud vectorial!

TERCERA LEY DE NEWTON O PRINCIPIO DE ACCIÓN REACCIÓN:

Afirma que:

Si dos objetos interactúan entre sí, la fuerza \vec{F}_{12} que el objeto 1 le hace a un objeto 2, es igual y opuesta a la fuerza \vec{F}_{21} que el objeto 2 le devuelve al objeto 1.

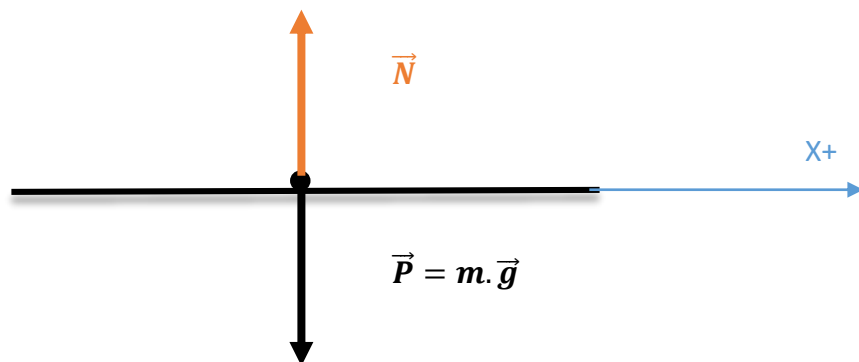
Escrito matemáticamente queda:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (3)$$

La expresión (3) nos hace recordar al negativo de un vector...

Ejemplo 2: si usted se encuentra parado sobre el piso y tiene un peso de 686 (N) hacia abajo, qué fuerza le hace el piso a usted?

Si dibujamos las fuerzas que actúan sobre su cuerpo e idealizamos al mismo como si fuera un punto, se tiene:



con: $\theta_P = 270^\circ$ y $\theta_N = 90^\circ$

El Peso se comporta como la **acción**, es decir la fuerza \vec{F}_{12} y la Normal como la **reacción**, o sea \vec{F}_{21} . Ambas fuerzas son iguales en módulo y dirección, pero con sentido contrario.

La fuerza normal recibe ese nombre porque, es precisamente normal o perpendicular al piso y siempre forma un ángulo recto respecto de él.

En síntesis: usted le hace al piso una fuerza hacia abajo de 686 (N):

$$\vec{P} = \begin{cases} P = 686 \text{ (N)} \\ \theta_P = 270^\circ \end{cases}$$

y el piso le devuelve a usted una fuerza hacia arriba igual y opuesta de 686(N):

$$\vec{N} = \begin{cases} N = 686 \text{ (N)} \\ \theta_N = 90^\circ \end{cases}$$

Definición de Diagrama de Cuerpo Libre (D.C.L.):

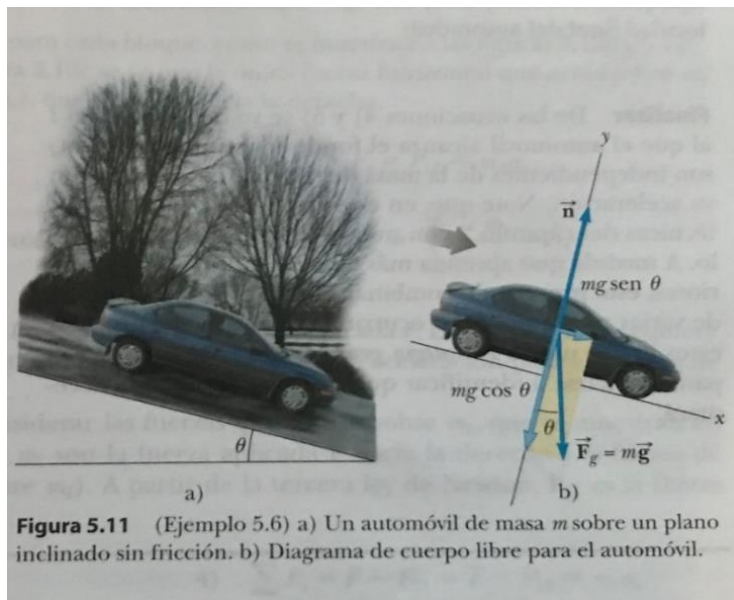
Consiste en colocar sobre el objeto en estudio (reducido a un punto) todas las fuerzas exteriores que actúan sobre él. También se denomina diagrama de fuerza (D.F.)

Algo ya hicimos en el **Ejemplo 2** cuando dibujamos a una persona como si fuera un punto y colocamos sobre ella: la fuerza Peso y la fuerza Normal.

Simplemente en un D.C.L., **debe explicitarse sobre el objeto (reducido a un punto) todos los vectores fuerzas que actúan sobre él, con sus respectivos ángulos y sin importar los tamaños de los mismos.**

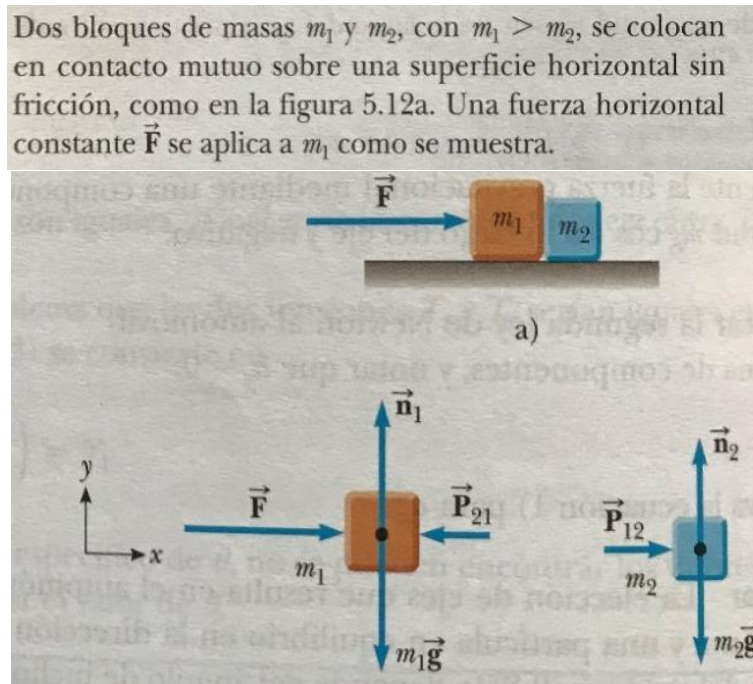
Veamos a continuación algunos ensayos de Diagramas de Cuerpo Libre:

Ejemplo 3:



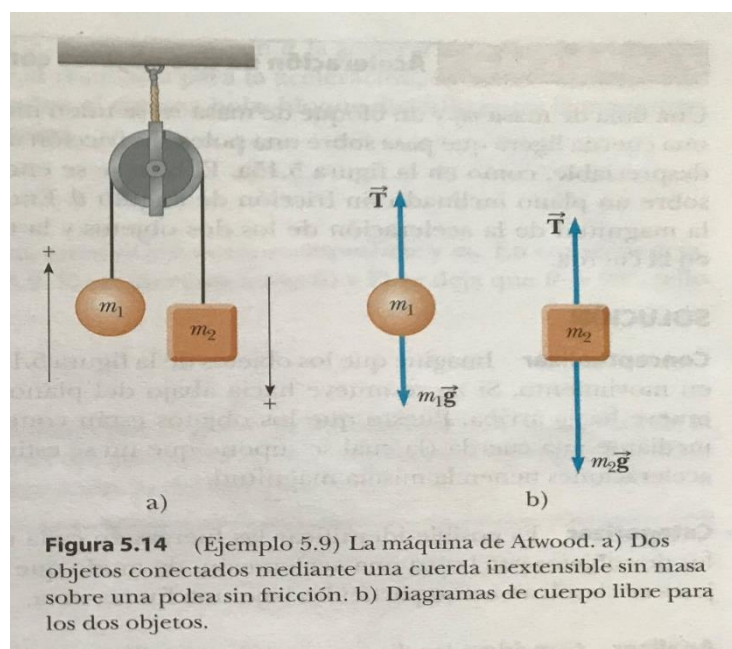
Nota: sobre el auto actúan dos fuerzas, el Peso denominado en este caso \vec{F}_g = fuerza de la gravedad, hacia abajo y la Normal que la llama \vec{n} que es perpendicular al piso. Observe que el peso, a su vez, está descompuesto según el eje “x” como: $m \cdot \vec{g} \cdot \sin\theta$ y según el eje “y” como: $m \cdot \vec{g} \cdot \cos\theta$. Donde θ es el ángulo que forma el plano inclinado con respecto al piso. Este ángulo, según se observa, se reproduce en el contexto del D.C.L., por una propiedad de la geometría denominada de “los lados perpendiculares”.

Ejemplo 4:



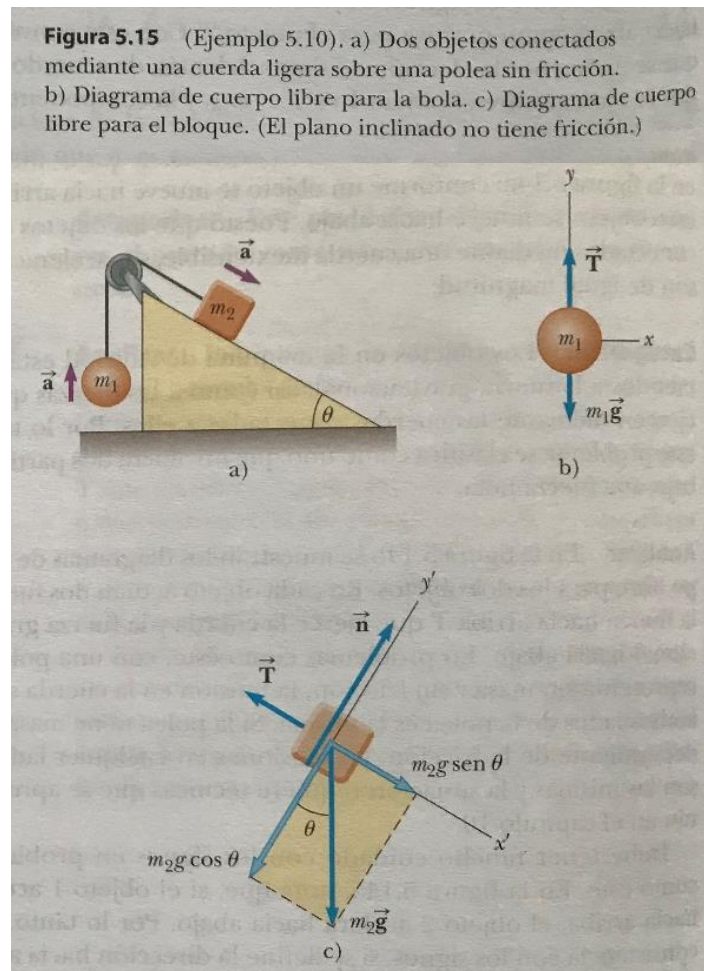
Nota: sobre cada bloque hay que hacer un D.C.L. En el bloque 1 actúan cuatro fuerzas y en el bloque 2 tres fuerzas. Las fuerzas \vec{P}_{12} y \vec{P}_{21} son las de contacto en cada una de las caras de los bloques y surgen por la ley de acción-reacción (Tercera ley de Newton).

Ejemplo 5:



Nota: sobre cada bloque hay que hacer un D.C.L. En el bloque **1** actúan dos fuerzas y en el bloque **2** también. Como la masa de la polea es despreciable (prácticamente nula) las fuerzas \vec{T} son las mismas para cada cuerpo. Además como $m_2 > m_1$ se concluye que el bloque **1** asciende y se acelera hacia arriba; en tanto que el bloque **2** desciende y se acelera hacia abajo. De todos modos el módulo de la aceleración es el mismo en cada caso porque la cuerda es inextensible. Es decir que la aceleración del sistema es única.

Ejemplo 6:



Nota: sobre cada bloque hay que hacer un D.C.L. En el bloque **1** actúan dos fuerzas y en el bloque **2** tres fuerzas. Observe que el peso del objeto **2** está descompuesto según el eje "x" como: $m_2 \cdot \vec{g} \cdot \sin \theta$ y según el eje "y" como: $m_2 \cdot \vec{g} \cdot \cos \theta$. Donde θ es el ángulo del plano inclinado con respecto al piso.

Pasos a seguir para resolver un Problema de Dinámica:

Para resolver un problema de dinámica existe una especie de protocolo que se debe cumplir para que la resolución sea ordenada y segura. Esos pasos son:

PASO 1: Leer el enunciado tantas veces como sea necesario. Entender cómo funciona el dispositivo planteado en el problema. Detectar los datos y las incógnitas.

PASO 2: Construir el/los Diagramas de Cuerpo Libre (D.C.L.) de cada uno de los objetos que intervienen en el dispositivo.

PASO 3: Colocar un sistema de referencia para fuerzas. Generalmente es un plano cartesiano “x” e “y”. Como sugerencia, se trata que uno de esos ejes del sistema de referencia coincida con la dirección de la aceleración del movimiento.

PASO 4: Plantear la Segunda Ley de Newton para cada cuerpo y para cada eje.

PASO 5: Resolver matemáticamente las ecuaciones que surgieron del ítem anterior con la intención de despejar la/s incógnitas del problema. Reemplazar los datos en las expresiones halladas y calcular finalmente los valores de las incógnitas.

PASO 6: Interpretar e informar los resultados obtenidos.

Veamos el siguiente ejemplo en donde aplicaremos ese protocolo explicado en el párrafo anterior.

Ejemplo 7: Se tira a través de una soga un trineo cargado de masa total $m=100$ (kg) con una fuerza \vec{F} de 200 (N) que forma un ángulo $\theta=30^\circ$ con respecto a la dirección del movimiento. El piso de nieve compactada es perfectamente horizontal y se desprecia la fricción. Calcule: a) la aceleración \vec{a} del trineo, y b) la fuerza normal \vec{N} que el piso le hace al mismo.

PASO 1: Leer el enunciado tantas veces como sea necesario. Entender cómo funciona el dispositivo planteado en el problema. Detectar los datos y las incógnitas.

El dispositivo es un trineo cargado, que intenta deslizarse hacia la derecha sobre un plano horizontal sin fricción debido a la acción de la fuerza inclinada aplicada en él.

Los datos son:

$m=100$ (kg)

$F=200$ (N)

$\theta=30^\circ$

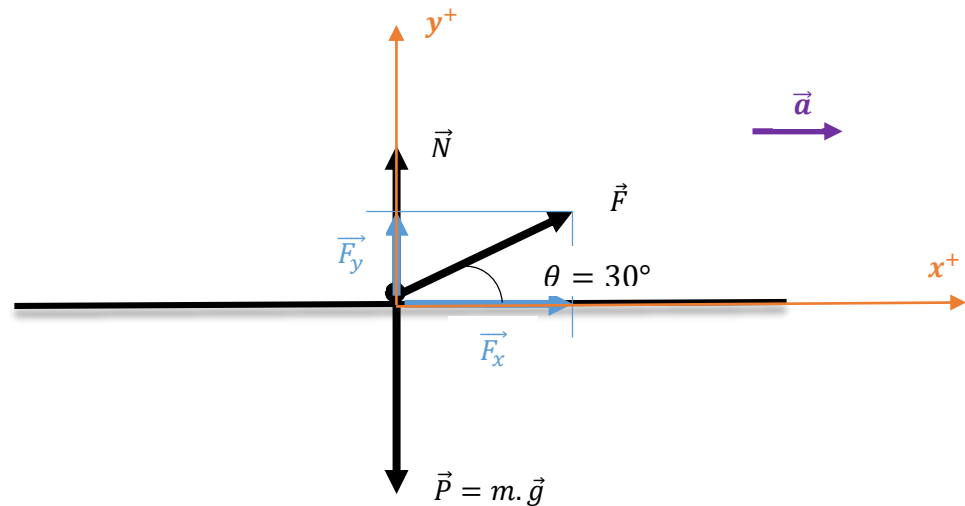
Las incógnitas son:

a) la aceleración $\vec{a}=?$ del trineo.

b) la fuerza normal $\vec{N}=?$ que el piso le hace al trineo.

PASO 2: Construir el/los Diagramas de Cuerpo Libre (D.C.L.) de cada uno de los objetos que intervienen en el dispositivo.

En este caso el objeto en cuestión es uno solo (el trineo cargado), por lo tanto se construye un único D.C.L. El trineo se reduce a un punto.



Las fuerzas que participan en este D.C.L. son las tres de color negro, es decir: el **peso**, la **normal** y la **fuerza que tira**. Luego aparecen las componentes vectoriales de esta última fuerza en color celeste...

PASO 3: Colocar un sistema de referencia para fuerzas. Generalmente es un plano cartesiano "x" e "y". Y se trata que uno de esos ejes coincida con la dirección de la aceleración del movimiento.

Para este caso, es el que se coloca en la figura de color anaranjado. Observe que el eje x^+ se ubica a favor de la posible aceleración.

PASO 4: Plantear la Segunda Ley de Newton para cada cuerpo y para cada eje.

Según el eje "x":

$$\sum F_x = m \cdot a_x, \quad \text{como: } a_x = \mathbf{a} \quad \text{queda:}$$

$$F_x = m \cdot \mathbf{a}$$

$$F \cdot \cos\theta = m \cdot \mathbf{a} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Según el eje "y":

$$\sum F_y = m \cdot a_y, \quad \text{como: } a_y = 0 \quad \text{queda:}$$

$$N - P + F_y = m \cdot 0 = 0$$

$$N - m \cdot g + F \cdot \sin\theta = 0 \quad \text{Ecuación (2)}$$

PASO 5: Resolver matemáticamente las ecuaciones que surgieron del ítem anterior con la intención de despejar las incógnitas del problema. Reemplazar los valores numéricos de los datos en las expresiones halladas y calcular finalmente los valores de las incógnitas.

De la **Ecuación (1)** despejo la aceleración y queda:

$$a = \frac{F \cdot \cos\theta}{m} \quad \text{Ecuación (3)}$$

y reemplazando los datos en **(3)**, calculo:

$$a = \frac{200 \cdot \cos 30^\circ}{100} = 1,73 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Luego de la Ecuación **(2)** despejo la fuerza normal “N”:

$$N = m \cdot g - F \cdot \sin\theta \quad \text{Ecuación (4)}$$

y reemplazando los datos en **(4)**, obtengo:

$$N = 100 \cdot 9,8 - 200 \cdot \sin 30^\circ = 880 \text{ (N)}$$

¡Usted podría hacer el análisis de unidades para cada cálculo y chequear que coinciden con las expresadas en los resultados!

PASO 6: Interpretar e informar los resultados.

Finalmente la respuesta a lo solicitado es:

La aceleración del trineo con su carga es hacia la derecha a favor del eje **x+** y vale:

$$a = 1,73 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

La fuerza que el piso le hace al trineo cargado es:

$$N = 880 \text{ (N)}$$

Y es todo lo que hay que informar y el problema queda completamente resuelto de acuerdo al protocolo sugerido.

Le deseo lo mejor y me despido hasta la próxima clase!

Atentamente.

Ing. Juan Lancioni.

Nota: las imágenes fueron tomadas algunas de internet, otras del libro de Serway_Jewett y las demás elaboradas por el profesor.