

## CLASE N° 7 UNIDAD 5: DINÁMICA

La Dinámica es la parte de la Mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos debido a la acción de las fuerzas resultantes de la interacción con otros cuerpos.

Se define como fuerza a la acción que un cuerpo ejerce sobre otro. Entre los tipos de fuerza existentes se encuentran las fuerzas de contacto y las fuerzas de campo o a distancia.

Las primeras se caracterizan por tener un contacto físico entre los cuerpos interactuantes como la tensión que ejerce una cuerda al arrastrar una carga o sostener un peso suspendido y las reacciones de los cuerpos apoyados y otras.

Las de campo son fuerzas que obran a distancia como la fuerza de gravedad, las eléctricas y las magnéticas.

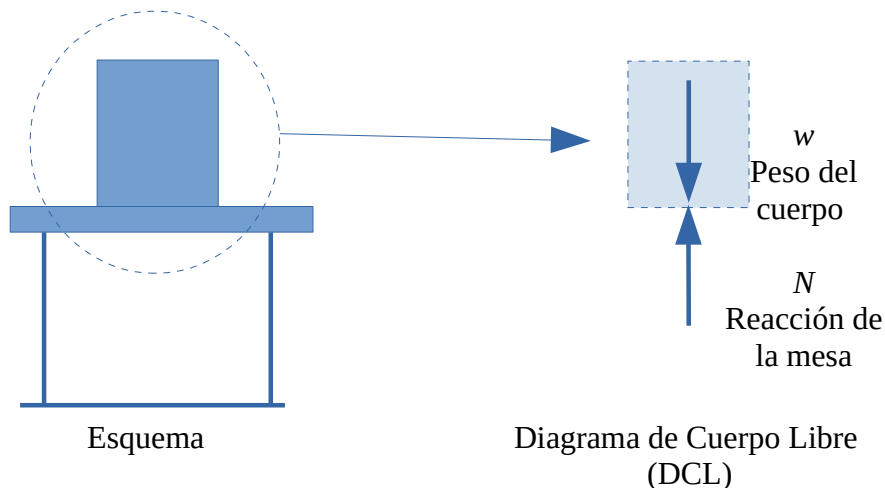
La acción de la fuerza se caracteriza por su módulo o intensidad, por la dirección y sentido de su acción y por su punto de aplicación. Estas propiedades determinan la característica vectorial de la fuerza. Debido al principio de transmisibilidad, una fuerza puede considerarse aplicada a un punto cualquiera de su recta soporte (o de acción) sin que se alteren sus efectos exteriores sobre el cuerpo en el que actúan.

Además las fuerzas pueden estar concentradas o distribuidas siendo estas acciones directas sobre cuerpos o reacciones de apoyos o vínculos como el caso de un libro apoyado sobre una mesa o una carga soportada por un gancho de una grúa.

Si dos o más fuerzas actúan al mismo tiempo sobre un cuerpo, el efecto que se produce sobre este es igual al de una sola fuerza resultante de la suma vectorial de cada una de ellas. A esto se lo denomina principio de superposición de efectos.

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

Es fundamental para determinar si un sistema de fuerzas actuando sobre un sistema mecánico se encuentra en equilibrio la realización del diagrama de cuerpo libre (D.C.L) o diagrama de sólido libre siendo este un paso **muy importante** en la resolución de problemas de mecánica.



Existen tres leyes que rigen el comportamiento dinámico entre los cuerpos enunciadas por Isaac Newton que dicen:

**PRIMERA LEY.** Un punto material o partícula permanece en reposo o continúa en movimiento rectilíneo uniforme si sobre él la fuerza resultante es nula.

SEGUNDA LEY. La aceleración de un punto material es proporcional a la fuerza resultante que se ejerce sobre él y tiene la dirección y sentido de dicha fuerza.

TERCERA LEY. Las fuerzas de acción y reacción entre los cuerpos en contacto son de igual intensidad, actúan en la misma dirección pero poseen sentido opuesto.

La validez de estas leyes ha sido verificada mediante numerosas mediciones físicas de gran precisión pero es necesario respetar ciertas condiciones.

Si por ejemplo, una persona se encuentra parada en el pasillo de un ómnibus y este acelera hacia adelante, ¿cómo puede ser que, sin que actúe una fuerza sobre ella, se mueva repentinamente hacia atrás? De igual manera, si viajando a velocidad constante, cuando el ómnibus frena repentinamente el pasajero se mueve hacia adelante sin que se le aplique ninguna fuerza externa.

Para que se cumplan las leyes de Newton, es necesario que se cumplan ciertas consideraciones y para el ejemplo analizado, las leyes se cumplen solo cuando el ómnibus utilizado como marco de referencia se mueve con velocidad rectilínea uniforme. Cuando esto ocurre se dice que el marco de referencia es inercial<sup>1</sup>.

En los instantes en que se produce la aceleración o el frenado, el marco de referencia pasa a denominarse no inercial y no se cumplen las leyes de Newton debiendo realizarse ciertas correcciones.

Otro ejemplo de marcos de referencias no inerciales es cuando, para el mismo ejemplo anterior y manteniendo la rapidez se toma una curva, en ese momento el pasajero siente como que sale despedido hacia afuera.

### 1º LEY DE NEWTON: SISTEMAS EN EQUILIBRIO

Ya se trató el tema relacionado a los vectores y sus operaciones, conceptos que serán aplicados en la resolución de sistemas de fuerzas en equilibrio.

Si un sistema mecánico<sup>2</sup> se encuentra en reposo se deben cumplir que la resultante de todas las  $N$  fuerzas actuantes sea nula. También se cumple esta condición en los sistemas que se mueven a velocidad constante y en forma rectilínea. La condición se enuncia a continuación en forma vectorial:

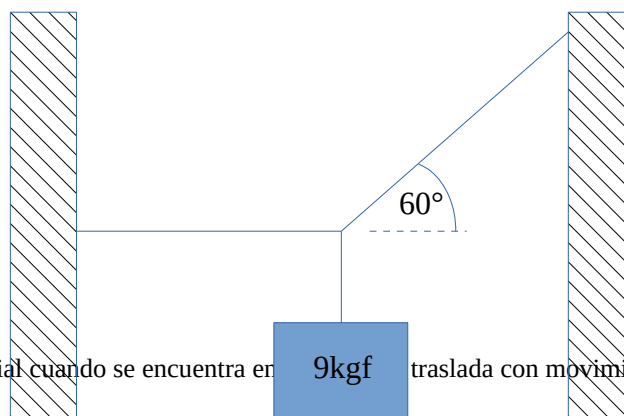
$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0$$

$$\sum \vec{F} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \sum F_x \\ \sum F_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Una partícula está en equilibrio si se encuentra en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.

Ejemplo de equilibrio: Dado el esquema de la figura determinar los valores de los tensores que soportan el cuerpo de 9kg de peso.



<sup>1</sup> Un sistema de referencia se considera inercial cuando se encuentra en reposo o se traslada con movimiento rectilíneo uniforme.

<sup>2</sup> Se define un sistema mecánico como uno o un grupo de cuerpos que puede aislarse del resto de los demás cuerpos.

### 3° LEY DE NEWTON: PRINCIPIO DE ACCION Y REACCION

Las fuerzas de acción y reacción entre los cuerpos en contacto o no son de igual magnitud, actúan en la misma dirección pero son de sentidos opuestos.

Cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B este reacciona con una fuerza de igual magnitud y sentido opuesto.

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

### 2° LEY DE NEWTON

La segunda ley de Newton es la base de la mayoría de los análisis en Mecánica y, aplicada a un punto material de masa  $m$  sometido a una fuerza resultante  $F$ , puede enunciarse mediante la expresión vectorial:

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

Por ejemplo, si una persona aplica una fuerza para empujar a un ciclista montado en su bicicleta, esta (si se desprecian todas las resistencias) aumentará su velocidad muy rápidamente en comparación al caso de aplicar esa misma fuerza sobre un automóvil. Este último se “resistirá” mucho más al cambio de velocidad por que tiene mayor masa.

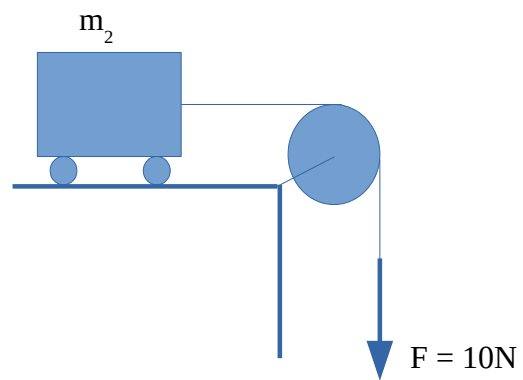
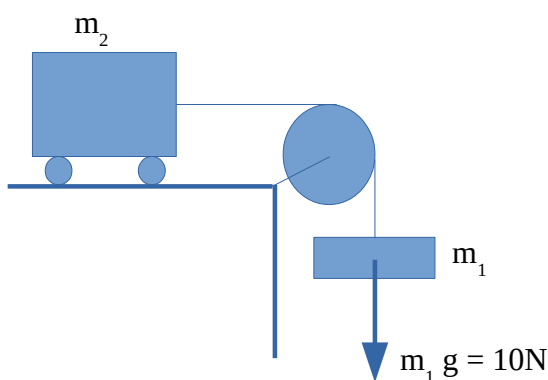
Por otro lado, la dirección de la fuerza aplicada y la dirección de la aceleración que consigue el móvil es la misma.

Si se analiza la expresión de la segunda ley de Newton presentada como

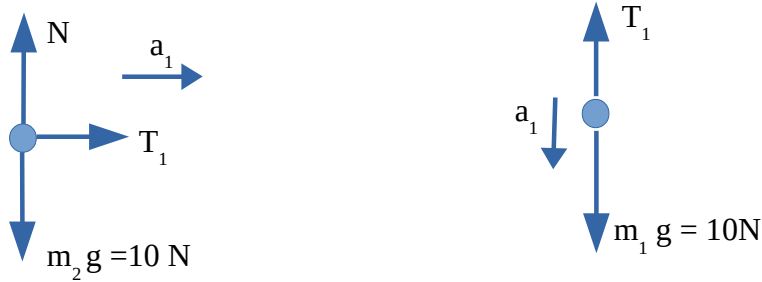
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

se tendrá que para dos cuerpos que se le aplique la misma fuerza la aceleración será mayor cuanto menor sea la masa a mover. Se puede entonces entender a la masa de un cuerpo como la resistencia que presenta este a cambiar su estado de movimiento.

Por ejemplo si dos cuerpos de masas desiguales unidas por una cuerda que pasa por una polea sin fricción y sin masa, tal como indica la figura siendo  $m_2 = 2 m_1$ . Encontrar la tensión de la cuerda y la aceleración de las masas en cada caso y repetir el análisis para el caso donde se cambia el peso por una fuerza de igual magnitud.



Para el caso del Esquema 1 primero se realiza el diagrama de cuerpo libre de cada uno de los cuerpos dibujados quedando



D.C.L. Para el Esquema 1  
(excepto la polea)

Las correspondientes expresiones de la aplicación de la 2º Ley de Newton para el caso del cuerpo apoyado será

$$\vec{F} = m_2 \vec{a}$$

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix} = m_2 \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} T_1 \\ N - m_2 g \end{pmatrix} = m_2 \begin{pmatrix} a_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

De la componente “x” se tiene que

$$T_1 = m_2 \cdot a_1 \quad (1)$$

De la componente “y” se tiene

$$N - m_2 g = 0$$

$$N = m_2 g$$

De aquí se observa que se presentan dos incógnitas: la tensión “T<sub>1</sub>” de la cuerda y la aceleración “a<sub>1</sub>”

Para poder determinar estas variables es necesario otra ecuación que involucre las mismas variables y formar un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas.

Utilizando el D.C.L. del cuerpo suspendido se tendrá

$$\vec{F} = m_1 \vec{a}_1$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ T_1 - m_1 g \end{pmatrix} = m_1 \begin{pmatrix} 0 \\ -a_1 \end{pmatrix}$$

Ya que la componente “x” no posee fuerza alguna de la componente “y” se tendrá

$$T_1 - m_1 g = -m_1 a_1 \quad (2)$$

Formando un sistema de ecuaciones con las expresiones (1) y (2) se determinarán las incógnitas mencionadas. Para ello se reemplaza (1) en (2) quedando

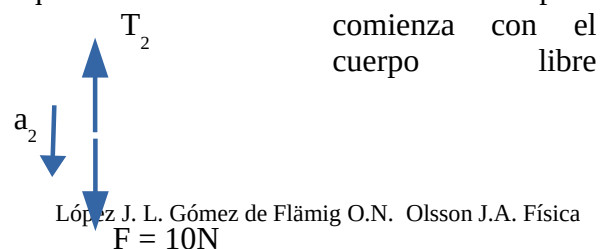
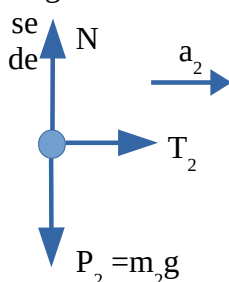
$$m_2 a_1 - m_1 g = -m_1 a_1$$

$$m_2 a_1 + m_1 a_1 = m_1 g$$

$$(m_2 + m_1) a_1 = m_1 g$$

$$a_1 = \frac{m_1 g}{(m_2 + m_1)} \quad (3)$$

Analizando de igual manera el Esquema 2 y resaltando que la aceleración se subindica con “2” para este caso, se comienza con el diagrama de cuerpo libre quedando



López J. L. Gómez de Flämig O.N. Olsson J.A. Física

D.C.L. Para el Esquema 2  
(excepto la polea)

La aplicación de la 2ª Ley de Newton para este caso será, para el cuerpo apoyado

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix} = m_2 \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix}$$
$$\begin{pmatrix} T_2 \\ N - m_2 g \end{pmatrix} = m_2 \begin{pmatrix} a_2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

De la componente “x” se tiene que

$$T_2 = m_2 \cdot a_2 \quad (4)$$

De la componente “y” se tiene

$$N - m_2 g = 0$$

Al igual que en el caso anterior se presentan dos incógnitas y para poder determinar estas variables es necesario otra ecuación que involucre las mismas variables y formar el sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas.

Para este esquema no existe cuerpo suspendido como en el caso anterior ya que la fuerza ahora la ejerce “alguien” tirando del extremo de la cuerda con igual magnitud. Por lo tanto

$$T_2 = F \quad (5)$$

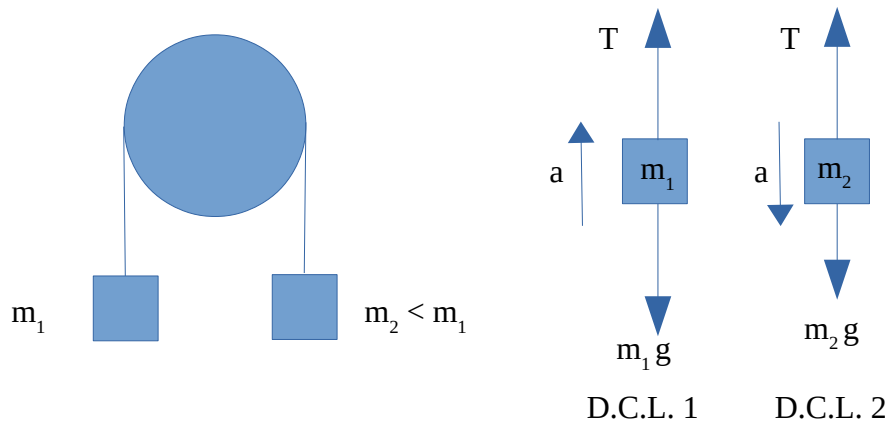
Reemplazando (5) en (4) quedará

$$F = m_2 \cdot a_2$$
$$a_2 = \frac{F}{m_2} \quad (6)$$

Como  $m_1 g = F = 10\text{N}$  comparando (3) con (4) se deduce que el sistema del Esquema 1 posee menor aceleración que el del Esquema 2. Esto se debe a que, con igual fuerza (10N) se debe mover mas masa por lo que la aceleración debe ser menor.

## MAQUINA DE ATWOOD

Este dispositivo inventado por George Atwood en 1784 para verificar las leyes del movimiento uniformemente acelerado consta de una polea con dos masas ligeramente diferentes de acuerdo a la figura siguiente



Si se desprecian los rozamientos de todo tipo y si se desprecia además la masa de la polea, el sistema presentará una aceleración pequeña muy baja y se podrán medir las magnitudes presentes como ser las distancias que recorre cada masa y los tiempos que emplean en recorrerlo. Esto permite determinar experimentalmente la aceleración del sistema. Para ello se aplica la 2° Ley de Newton para el D.C.L. 1 quedando para la componente vertical solamente

$$T - m_1 g = m_1 a$$

Despejando la tensión quedará

$$T = m_1 g + m_1 a$$

Para el D.C.L. 2 se tendrá

$$T - m_2 g = -m_2 a$$

Despejando la tensión quedará

$$T = m_2 g - m_2 a$$

Como las aceleraciones de cada masa son las mismas ya que tanto se mueve una para arriba como la otra para abajo, igualando las tensiones ya que en este caso la polea solo cambia la dirección de la tensión "T" quedará

$$\begin{aligned} m_1 g + m_1 a &= m_2 g - m_2 a \\ (m_1 + m_2) a &= (m_2 - m_1) g \\ a &= \frac{(m_2 - m_1)}{(m_1 + m_2)} g \end{aligned}$$

Se puede observar que, si las masas son idénticas no existe aceleración y esta será cada vez mayor a medida que mayor sea la diferencia entre ellas.