	MOMENTO LINEAL	**IES La Magdalena. Avilés. Asturias**

Fue el propio Newton quien introdujo el concepto de **momento lineal** (aunque él lo llamaba *cantidad de movimiento*) con el fin de disponer de una expresión que combinara las magnitudes características de una partícula material en movimiento: su **masa** (toda partícula material tiene masa) y su **velocidad** (magnitud que caracteriza el movimiento)

Se define el momento lineal, $\vec{p}$, como: $\vec{p} = m\,\vec{v}$

Por tanto el momento lineal, $\vec{p}$, es una **magnitud vectorial**, ya que resulta de multiplicar un escalar (la masa) por un vector (la velocidad). Su dirección y sentido coinciden con los del vector velocidad.

Las dimensiones del momento lineal son:

$$[p] = [M]\left[L\,T^{-1}\right] = \left[M\,L\,T^{-1}\right]$$

Por tanto la unidad S. I será el $kg.m.s^{-1}$

Si una partícula, cuya masa permanezca inalterada, se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme ($\vec{v} = cte$) su momento lineal no variará, pero si esta partícula modifica su velocidad (desde un valor v_1 a otro v_2), el momento lineal sufrirá una variación dada por:

$$\left.\begin{array}{l} \vec{p}_1 = m\,\vec{v}_1 \\ \vec{p}_2 = m\,\vec{v}_2 \end{array}\right\} \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = m\,\vec{v}_2 - m\,\vec{v}_1 \;;\; \boxed{\Delta\vec{p} = m\,\Delta\vec{v}}$$

A partir de esta expresión es muy fácil calcular la rapidez con que varía el momento lineal:

$$\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\,\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = m\,\vec{a}$$

$$\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\,\vec{a}$$

Si el segundo miembro de la ecuación obtenida es igual al producto de la masa por la aceleración, y considerando el Principio Fundamental de la Dinámica, **la rapidez con que varía el momento lineal deberá de ser igual a la fuerza resultante aplicada sobre la partícula:**

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\,\vec{a} \\ \vec{F} = m\,\vec{a} \end{array}\right\} \boxed{\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}} \Rightarrow \boxed{\Delta\vec{p} = \vec{F}\,\Delta t}$$

La expresión obtenida nos dice que ***una misma variación del momento lineal*** (de la velocidad, si suponemos constante la masa) se puede producir, ***bien aplicando una fuerza grande durante un tiempo corto***, ***o bien aplicando una fuerza menor durante un tiempo más largo.***

El producto de la fuerza por el intervalo de tiempo que actúa ($\vec{F}\,\Delta t$) recibe el nombre de **impulso mecánico**.

$$\boxed{\vec{I} = \vec{F}\,\Delta t}$$

La ecuación de más arriba puede, por tanto, leerse como: ***la variación del momento lineal es igual al impulso mecánico.***

$$\boxed{\Delta\vec{p} = \vec{I}}$$

El impulso mecánico tiene la misma ecuación dimensional que el momento lineal y en el S.I de unidades se mide en N. s.

Principio de conservación del momento lineal

El momento lineal de un sistema sobre el que no actúa fuerza externa alguna (o varias que se componen para dar una resultante nula), permanece constante.

Si partimos de la expresión $\Delta\vec{p} = \vec{F}\,\Delta t$ y consideramos que la fuerza externa resultante es nula, se tiene:

$$\boxed{\text{Sí }\ \vec{F} = 0 \Rightarrow \Delta\vec{p} = 0.\ \text{ Esto es}: \vec{p} = \text{constante}}$$

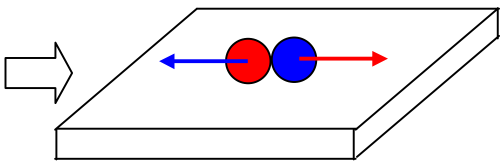
El Principio de conservación del momento lineal tiene múltiples aplicaciones. Una muy característica es su aplicación al estudio de las colisiones entre cuerpos.

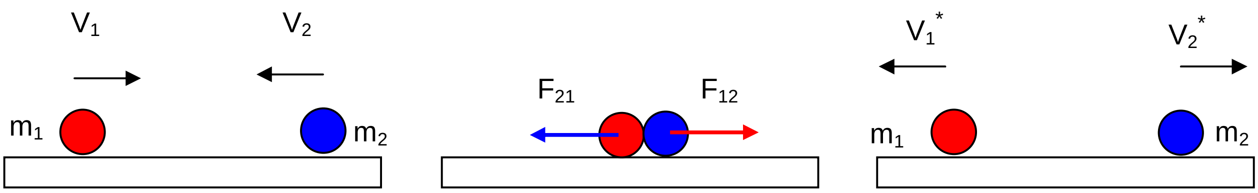
Cuando dos cuerpos chocan, en el momento del choque, aparecen fuerzas de acción y reacción entre los objetos. ***Si consideramos el sistema formado por ambos cuerpo***s éstas serán fuerzas internas cumpliéndose, por tanto, la condición de que la fuerza externa actuante es nula.

Fuerzas que actúan sobre dos bolas en el momento de la colisión. La bola roja se movía hacia la derecha y la azul hacia la izquierda.

En el momento del choque la bola roja ejerce una fuerza hacia la derecha sobre la azul y la azul una igual y contraria (reacción) sobre la roja).

Si consideramos el sistema formado por ambos objetos estas fuerzas son internas (ejercidas entre elementos del sistema)





Antes del choque — Durante el choque — Después del choque

Las únicas fuerzas externas que actúan se anulan (peso y normal, que no se han pintado) y considerando que las fuerzas actuantes durante el choque son interiores, podemos escribir:

$$\vec{p}_{antes} = \vec{p}_{después}$$
$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_{1^*} + \vec{p}_{2^*}$$
$$m_1\,\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2 = m_1\,\vec{v}_1^{\,*} + m_2\,\vec{v}_2^{\,*}$$

Donde las magnitudes con asterisco indican valores después del choque.

Como se puede observar cuando dos objetos chocan y el momento lineal se mantiene constante la pérdida de momento experimentado por uno de ellos ha de ser ganado por el otro. De aquí que se diga que **se produce una transferencia de momento entre los cuerpos.**

Cuando el choque es como el que se muestra en la figura el choque se denomina **frontal** y como el movimiento antes y después tiene lugar según una única dirección, se puede prescindir de la notación vectorial y poner simplemente :

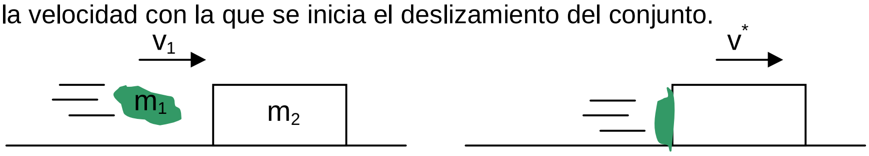
$$\mathbf{m_1\, v_1 + m_2\, v_2 = m_1\, v_1^{*} + m_2\, v_2^{*}}$$

El sentido de movimiento (hacia la izquierda o hacia la derecha) se indica mediante el signo + ó -

Ya que tenemos una sola ecuación y dos incógnitas (velocidades después del choque) la solución será indeterminada, aunque en algunos casos particulares podremos llegar a una solución considerando únicamente esta ecuación.

Ejemplo 1

Un trozo de plastilina de 250 g es lanzado con una velocidad de 10 m/s contra un bloque de madera de 500 g situado sobre una mesa horizontal. Tras el impacto la plastilina queda adherida al bloque. Calcular la velocidad con la que se inicia el deslizamiento del conjunto.



Solución

$$p_{antes} = m_1 v_1 + m_2 \cancel{v_2} \quad ; \ (v_2 = 0)$$

$$p_{desp} = (m_1 + m_2)\, v^*$$

$$p_{antes} = p_{desp} \ ; m_1 v_1 = (m_1 + m_2)\, v^*$$

$$v^* = \frac{m_1 v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{0,250\ \cancel{kg}\ 10 \frac{m}{s}}{(0,250 + 0,500)\cancel{kg}} = 3,33\ \frac{m}{s}$$

Ejemplo 2

Un patinador de 60 kg se encuentra situado sobre un monopatín de 3 kg en reposo. En determinado momento el patinador se impulsa hacia la derecha con una velocidad de 1 m/s. ¿Qué ocurrirá con el monopatín?

Solución

$$p_{antes} = 0$$

$$p_{desp} = m_1 v_1^* + m_2 v_2^*$$

$$p_{antes} = p_{desp} \ ; 0 = m_1 v_1^* + m_2 v_2^*$$

$$v_2^* = -\frac{m_1 v_1^*}{m_2} = -\frac{60\ \cancel{kg}\ 1 \frac{m}{s}}{3 \cancel{kg}} = -20\ \frac{m}{s}$$

Como se puede observar el patín sale hacia la izquierda (en sentido contrario al del patinador) ya que se ha considerado positivo hacia la derecha.

Ejemplo 3

A un cuerpo de 3 kg, inicialmente en reposo, se le aplica una fuerza de 5 N durante 3 s ¿Cuál será su velocidad al cabo de este tiempo?

Solución:

Este ejercicio se puede solucionar aplicando usando la Segunda Ley de la Dinámica para calcular la aceleración y a continuación las ecuaciones cinemáticas del movimiento. Sin embargo, se puede solucionar muy rápidamente haciendo uso de la expresión que relaciona el impulso mecánico con la variación del momento lineal.

$$\Delta p = F\, \Delta t$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = m\, v_2 - 0 = m\, v_2$$

$$m\, v_2 = F\, t$$

$$v_2 = \frac{F\, t}{m} = \frac{5\ \cancel{kg}\ \frac{m}{s^{\cancel{2}}}\ 3\ \cancel{s}}{3\ \cancel{kg}} = 5\ \frac{m}{s}$$