1- MOMENTO LINEAL O CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Se denomina momento lineal o cantidad de movimiento $\vec{p}$ de un cuerpo al producto de su masa por su velocidad.

$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Es una magnitud vectorial de dirección y sentido la de la velocidad, cuyo módulo es m·v. La unidad en el Sistema Internacional es kg·m/s.

Teniendo en cuenta la segunda ley de Newton y la definición de aceleración, obtenemos:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \cdot \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{m \cdot \vec{v} - m \cdot \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\vec{p} - \vec{p}_0}{\Delta t}$$

Esto es:

$$\boxed{\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}}$$

Ello quiere decir que la resultante de todas las fuerzas aplicadas a un cuerpo es el cociente entre la variación de su cantidad de movimiento y el tiempo transcurrido.

2- CONSERVACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Si la fuerza total que actúa sobre un cuerpo es cero, su cantidad de movimiento permanece constante.

Ya que $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$, si $\vec{F} = \vec{0}$, $\Delta \vec{p} = \vec{0}$, esto es $\vec{p} - \vec{p}_0 = \vec{0}$, o sea $\vec{p} = \vec{p}_0$

Supongamos un sistema formado por varios cuerpos. La cantidad de movimiento de cada uno es:

$\vec{p}_1 = m_1 \cdot \vec{v}_1$ $\quad\quad$ $\vec{p}_2 = m_2 \cdot \vec{v}_2$ $\quad\quad$ etc.

El momento lineal total del sistema es la suma de los momentos lineales correspondientes a cada cuerpo:

$\vec{p}_{total} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + \ldots$

Podemos dividir el conjunto de fuerzas que actúan sobre los cuerpos del sistema como exteriores e interiores. Las interiores son las que se ejercen mutuamente los cuerpos del sistema entre sí, que por ser fuerzas de acción y reacción se anulan dentro del sistema global. Las exteriores son las que actúan sobre los cuerpos, procedentes del exterior del sistema, como las gravitatorias. Esto es, la fuerza total que actúa sobre el sistema es:

$\vec{F}_{total} = \Sigma \vec{F}_{ext} + \Sigma \vec{F}_{int} = \Sigma \vec{F}_{ext}$

Ya que: $$\vec{F}_{total} = \frac{\Delta \vec{p}_{total}}{\Delta t}$$

se cumple que: $$\Sigma \vec{F}_{ext} = \frac{\Delta \vec{p}_{total}}{\Delta t}$$

Consecuencia de este resultado es el principio de conservación del momento lineal, que dice que si la resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre el sistema es cero, el momento lineal total permanece constante, esto es:

$$m_1\cdot\vec{v}_{01} + m_2\cdot\vec{v}_{02} + \ldots = m_1\cdot\vec{v}_1 + m_2\cdot\vec{v}_2 + \ldots$$

3- APLICACIONES DEL PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DEL MOMENTO LINEAL

a) Explosiones y retroceso de armas de fuego

Las fuerzas que provocan las explosiones hacen que un cuerpo, inicialmente unido, se disgregue en varios fragmentos. Estas fuerzas son interiores al sistema y, por tanto, en una explosión se conserva el momento lineal. Siempre supondremos que es un proceso instantáneo.

El retroceso de armas de fuego se explica según el mismo principio. El conjunto arma-proyectil se separa en dos después del disparo y la fuerza que impulsa la bala hacia adelante es la misma que impulsa el arma hacia atrás.

Estos dos son casos típicos, pero el principio de conservación del momento lineal puede aplicarse a cualquier proceso provocado por fuerzas interiores en que un conjunto se disgregue en partes.

En todos estos casos se cumple:
$$M_{total}\cdot\vec{v}_0 = m_1\cdot\vec{v}_1 + m_2\cdot\vec{v}_2 + \ldots$$
siendo M_{total} la masa del conjunto, $\vec{v}_0$ la velocidad inicial del mismo, m_1, m_2... las masas de cada uno de los fragmentos y $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$... las correspondientes velocidades.

b) Choques

Si consideramos el sistema constituido por dos partículas que chocan, las fuerzas que éstas se ejercen mutuamente en el momento del choque son interiores al sistema y, por tanto, se mantiene constante la cantidad de movimiento. Si las partículas tienen masas m_1 y m_2, velocidades antes del choque $\vec{v}_{01}$ y $\vec{v}_{02}$ y después del choque $\vec{v}_1$ y $\vec{v}_2$ se cumple que:

$$m_1 \cdot \vec{v}_{01} + m_2 \cdot \vec{v}_{02} = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2$$

Hay dos tipos particulares de choques que merecen especial atención, el choque perfectamente inelástico y el choque elástico.

- <u>Choque perfectamente inelástico</u>

Tiene lugar cuando ambas partículas salen juntas, esto es $\vec{v}_1 = \vec{v}_2$.
En este caso se cumple que:

$$m_1 \cdot \vec{v}_{01} + m_2 \cdot \vec{v}_{02} = m_1 \cdot \vec{v} + m_2 \cdot \vec{v} = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v}$$

En este tipo de choques siempre hay pérdida de energía cinética.

- <u>Choque elástico</u>

Es aquél en el que la energía cinética permanece constante; no hay, por tanto, perdida de energía.
En este tipo de choques se conservan, pues, el momento lineal y la energía cinética. Si el choque es frontal (las dos partículas se mueven en la misma dirección) se cumple que:

$$m_1 \cdot v_{01} + m_2 \cdot v_{02} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 \qquad (1)$$

$$\frac{1}{2} m_1 \cdot v_{01}^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_{02}^2 = \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2$$

Ambas ecuaciones pueden escribirse de la forma siguiente:

$$m_1 \cdot (v_{01} - v_1) = m_2 \cdot (v_2 - v_{02})$$

$$m_1 \cdot (v_{01} - v_1)^2 = m_2 \cdot (v_2 - v_{02})^2$$

Dividiendo miembro a miembro resulta:

$$\frac{(v_{01} - v_1)^2}{v_{01} - v_1} = \frac{(v_2 - v_{02})^2}{v_2 - v_{02}}$$

$$\frac{(v_{01} - v_1) \cdot (v_{01} + v_1)}{v_{01} - v_1} = \frac{(v_2 - v_{02}) \cdot (v_{02} + v_2)}{v_2 - v_{02}}$$

Esto es: $\qquad v_{01} + v_1 = v_{02} + v_2 \qquad (2)$

Utilizando las ecuaciones (1) y (2) se puede plantear un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas que nos da la velocidad final de los dos cuerpos que realizan un choque elástico en la misma dirección, cuando se conocen las velocidades iniciales.