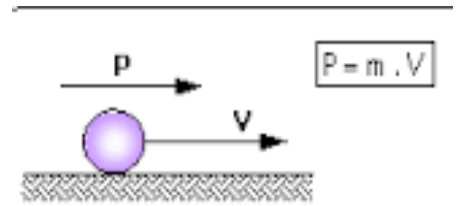


Momentum Lineal e Impulso mecánico
Segundo año medio

La segunda ley de Newton establece que toda fuerza modifica el estado de movimiento del cuerpo, traduciéndose en cambios de velocidad, que pueden ser en magnitud o dirección del vector antes mencionado. En el siglo XVII, Isaac Newton no tenía a su alcance instrumentos que pudieran medir con exactitud la aceleración del cuerpo (que es necesaria para la segunda ley, ya que $\sum F=ma$), por lo que la segunda ley, en un principio, trabajó con el concepto de cantidad de movimiento, también denominada momentum lineal.

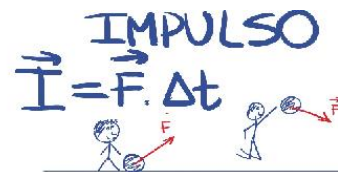
La cantidad de movimiento de un cuerpo corresponde a la cuantificación del estado de movimiento de un cuerpo en un instante determinado. Es una cantidad vectorial, la cual es representada por el símbolo \vec{p} (no confundir con el peso del cuerpo, que corresponde a mg), y medida en unidades de $\left[\frac{kg \cdot m}{s}\right]$. El momentum lineal de un cuerpo es posible determinarlo mediante la ecuación $p = mv$, donde m es la masa del cuerpo y v su velocidad en un instante determinado.



Según Isaac Newton, el momentum de un cuerpo determinado es posible transmitirlo a otros cuerpos, tal como cuando una bolita choca a otra que está en reposo, modificando el estado de movimiento de las dos, acelerando la que es chocada y desacelerando la que choca. Esta capacidad de transmisión es uno de los teoremas de conservación presentes en la naturaleza: la conservación de la cantidad de movimiento, junto a la conservación de la masa, la conservación de la carga eléctrica y la conservación de la energía, son los principales teoremas de conservación. Más adelante en esta guía continuaremos desarrollando este conocimiento.

Si se produce una transmisión de momentum, se produce un “acelerón” en el cuerpo que recibe el momentum, lo que se puede entender como la actuación de una fuerza impulsiva sobre el cuerpo. Esta cantidad, el impulso, es una cantidad física vectorial que se relaciona con este fenómeno, ya que establece la cantidad de fuerza que se realiza por cada intervalo de tiempo, que en palabras simples, cuantifica el “empellón” que recibió el cuerpo, y que genera el cambio en su estado de movimiento. El impulso (\vec{I}) se puede calcular como $I = F\Delta t$, donde F es la fuerza impulsora y Δt el intervalo de tiempo en el cual actúa la fuerza. Esta ecuación establece que las unidades del impulso son de [Ns].

El impulso y la variación de la cantidad de movimiento están íntimamente ligados: si se genera un impulso sobre un cuerpo, se genera movimiento; si existen cambios en el estado de movimiento, significa la presencia de una fuerza que genera un impulso a favor o en contra del movimiento. Esta relación se puede cuantificar como



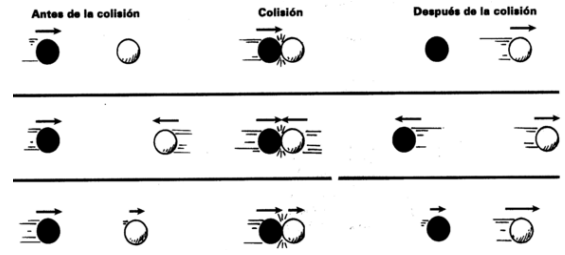
$$I = \Delta p \rightarrow F * \Delta t = m * \Delta v \rightarrow F = \frac{m * \Delta v}{\Delta t} \text{ donde } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \therefore F = m * a$$

Por lo tanto, el impulso y la cantidad de movimiento son la Segunda ley de Newton, tal como lo planteó Isaac Newton.

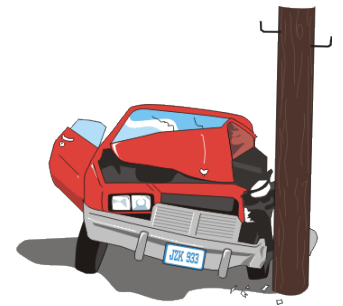
Conservación del momentum lineal

El momentum lineal se puede traspasar de un sistema a otro, siempre y cuando no existan fuerzas externas que generen nuevos impulsos sobre los cuerpos. Este es el principio de conservación del momentum lineal y se observa en los fenómenos físicos conocidos como choques. Existen tres tipos de transferencias (o choques) de momentum lineal, los cuales se explican a continuación:

- a) Choque elástico: corresponde cuando un cuerpo entrega, sin pérdida alguna, su cantidad de movimiento. El cuerpo que choca incluso puede quedar en reposo absoluto, como cuando en el billar la bola blanca golpea perfectamente a una de las bolas sobre la mesa. En este caso, se establece que **la suma de todos los momentum antes del choque son exactamente los mismos después del choque, de forma que $\sum p_{antes} = \sum p_{despues}$** .

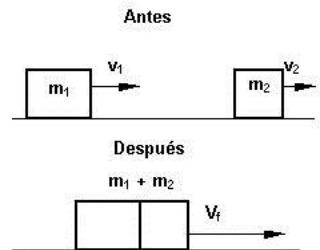


- b) Choque inelástico: en este tipo de transferencia, la cantidad de movimiento no se mantiene inalterable, debido a la presencia de fuerzas dentro del sistema, tales como el roce. En esta situación, alguna parte del momentum se pierde en forma de calor, deformando los cuerpos, tal como en el caso de un choque automovilístico.



- c) Choque plástico: también llamado perfectamente inelásticos, es aquel donde el momentum de los cuerpos se pierde de tal forma que el calor generado en la transferencia (en el caso de un choque de autos) logra fundir el metal de las carrocerías, transformando a dos sistemas en uno solo. Este tipo de choque también se logra con la plastilina. En este caso se establece que, en el caso de dos cuerpos,

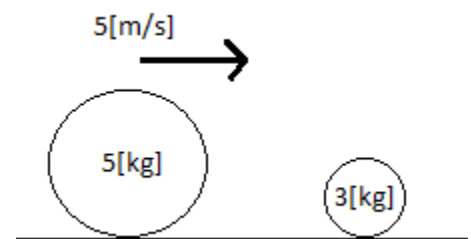
$$\sum p_{antes} = m_1 v_{antes} + m_2 v_{antes} = (m_1 + m_2) v_{despues}$$



Aquí se presenta un pequeño ejemplo:

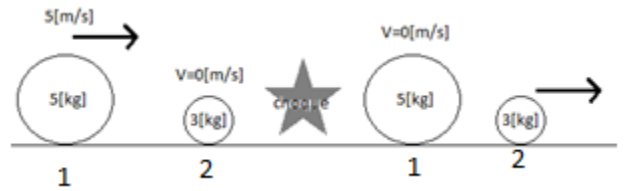
Sobre una mesa se tienen dos bolas de acero. La primera bola es de 5[kg] y la segunda es de 3[kg]. La primera de éstas es lanzada hacia la segunda con una velocidad de 5[m/s], tal como muestra la figura. En esta situación, determine:

- La velocidad de la segunda bola si existe un choque elástico
- La velocidad de la primera bola, si la segunda bola es lanzada contra ella a la misma velocidad y chocan elásticamente



c) La velocidad del sistema en caso de choque plástico, con la bola de 3[kg] chocando a la de 5[kg]

a) En el primer caso, se observa que antes del choque, la bola de 3[kg] se encuentra en reposo. Después del choque, la bola de 5[kg] queda en reposo, pasando su momentum a la bola de 3[kg]. Esto establece que



$$\sum p_{antes} = \sum p_{despues} \rightarrow +p_{1antes} + p_{2antes} = +p_{1dps} + p_{2dps}$$

Lo que implica que $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_{1dps} + m_2 v_{2dps}$, donde se eliminan $m_2 v_2$ y $m_1 v_{2dps}$ ya que se encuentran en reposo. Por lo tanto, la ecuación queda

$$comom_1 v_1 = m_2 v_{2dps} \therefore v_{2dps} = \frac{m_1 v_1}{m_2} = \frac{5[kg] \times 5[\frac{m}{s}]}{3[kg]} = \frac{25}{3} [\frac{m}{s}] = +8,33 [\frac{m}{s}]$$

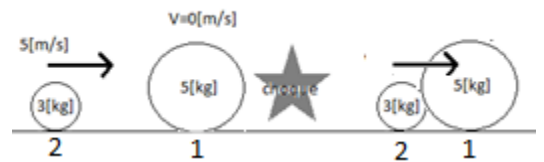
b) En el segundo caso, se observa que antes del choque, la bola de 5[kg] se encuentra en reposo. Después del choque, la bola de 3[kg] queda en reposo, pasando su momentum a la bola de 5[kg]. Siguiendo el mismo desarrollo anterior, se puede establecer que



$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_{1dps} + m_2 v_{2dps} \rightarrow m_2 v_2 = m_1 v_{1dps} \rightarrow v_{1dps} = \frac{m_2 v_2}{m_1} = \frac{3[kg] \times 5[\frac{m}{s}]}{5[kg]} = +3 [\frac{m}{s}]$$

c) En caso de choque plástico, y en las condiciones estipuladas, se establece que

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_{dps}$$



Lo que implica que $v_{dps} = \frac{m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{3[kg] \times 5[\frac{m}{s}]}{(5[kg] + 3[kg])} = \frac{15[\frac{kgm}{s}]}{8[kg]} = +1,875 [\frac{m}{s}]$. Nótese que en los tres casos la velocidad es positiva, debido a que las bolas se mueven hacia el eje +X.

¡Ahora inténtelo Usted!

1).- Un automóvil de 1500 [kg] choca contra un muro, como se ve en la figura. La velocidad inicial es de -15 [m/s], mientras que la velocidad final es de $+2,6$ [m/s]. Si el choque dura $0,15$ [s], determine:

- El momentum antes y después del choque
- La variación de momentum del automóvil
- Encuentre el impulso debido a este y la fuerza ejercida sobre el automóvil debido al impacto

2).- Dos bolas de billar A y B de masa m se dirigen una hacia la otra, chocando frontalmente. La bola A se mueve con velocidad de 2 [m/s] y la bola B con velocidad de 1 [m/s]. Determinar la velocidad de la bola A, si después del choque la bola B se mueve con velocidad de $0,6$ [m/s] en dirección contraria a la inicial.

