victor loza
ACADEMIA ONLINE

CANTIDAD DE MOVIMIENTO

La cantidad de movimiento es una ley fundamental que se aplica para resolver problemas de choques o explosiones, en nuestro nivel sobre todo, y podríamos por ello incluirla en el estudio de los sistemas de partículas. Hemos preferido hablar de ella antes para que tres de las cuatro leyes fundamentales de la mecánica formen un bloque entero y fácil de recordar.

Se define la cantidad de movimiento, $\vec{P}$, de una partícula como

$$\vec{P} = M\vec{V}$$

Siendo M su masa y $\vec{V}$ su vector velocidad.

Se define la cantidad de movimiento de varias partículas como la suma de sus cantidades de movimiento:

$$\vec{P} = \sum m_i \vec{v_i}$$

La siguiente ley sobre la cantidad de movimiento es otra forma de definir la primera ley de Newton. Sin embargo, pensamos que es más interesante para según qué tipo de problemas, como los que se refieren a choques y explosiones como se ha comentado.

Si hablamos de una partícula, la ley es

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta\vec{P} \rightarrow \vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v}_f - m\vec{v}_f$$

O en palabras: **la fuerza por el tiempo que actúa se invierte en variar el producto de la masa por la velocidad, ósea, en variar la cantidad de movimiento.**

A la cantidad $\vec{F} \cdot \Delta t$ **se le denomina impulso de una fuerza** y, por eso, la ley anterior también se denomina **ley del impulso**.

Si la aplicamos a un conjunto de partículas, la ley tiene una forma similar. Las fuerzas que aparecen en ella son las fuerzas exteriores que actúan sobre el sistema, nunca las fuerzas que se hacen las partículas entre sí, que se denominan fuerzas interiores

$$\vec{F}_{ext} \cdot \Delta t = \Delta \sum m_i \cdot \vec{v}_i$$

En síntesis, es lo mismo que la ley aplicada a una partícula: **las fuerzas exteriores sobre un sistema por el tiempo que actúan son igual a la suma de las variaciones de la cantidad de movimiento de cada partícula.**

DOS CONCLUSIONES, que son ciertas tanto para una partícula como para un sistema

$$Si\ \vec{F} = 0 \rightarrow \Delta\vec{P} = 0 \rightarrow \vec{P} = cte$$

La segunda es que, si el tiempo en el que estudiamos un sistema es suficientemente pequeño, por ejemplo, cuando estudiamos un CHOQUE O UNA EXPLOSIÓN QUE DURAN MUY POQUITO, el impulso de cualquier fuerza de valor fijo va a ser muy, muy pequeño, y, por lo tanto, podremos decir que se conservará la cantidad de movimiento del sistema.

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta\vec{P} \rightarrow |\Delta t \rightarrow 0| \rightarrow \vec{F} \cdot \Delta t \approx 0 \rightarrow \Delta\vec{P} \approx 0 \rightarrow$$

$$\vec{P} = cte$$

Esta ley la utilizaremos, como ya hemos dicho, en el estudio de choques y explosiones. Pero ¡¡OJO!! En el párrafo anterior se ha dicho **"el impulso de cualquier fuerza de valor fijo va a ser muy, muy pequeño". Pero, ¿Qué queremos decir con "cualquier fuerza de valor fijo"?** Intentamos explicarnos. El peso, el rozamiento…, son fuerzas que no pueden tomar valores extremos, muy grandes (pensemos en situaciones "normales"). Sin embargo, **la normal ejercida por una superficie o la tensión producida por un cable grueso pueden ser especialmente "elevadas"** y entonces el producto $\vec{F} \cdot \Delta t$ **no tiene porque ser muy pequeño, pese a que lo sea el tiempo.** Es como si tuviéramos una indeterminación cero por infinito en matemáticas. Puede pasar, entonces, como vamos a ver en el siguiente ejemplo, que no siempre que haya un choque se tiene porque conservar la cantidad de movimiento. No preocuparse, en nuestro nivel lo normal es que nos pongan el típico problema del cañón, que veremos en el ejemplo2, o problemas de choques que veremos en la siguiente lección. Estamos hablando de ello porque, aunque esto pretenda ser un manual práctico, no queremos caer en la trampa de favorecer el conocimiento, el mal conocimiento, alimentándolo con fórmulas para papagayos. Pretendemos que también entendamos las leyes, y por ello hemos hablado como lo hemos hecho sobre la cantidad de movimiento. Veamos ya el primer ejemplo:

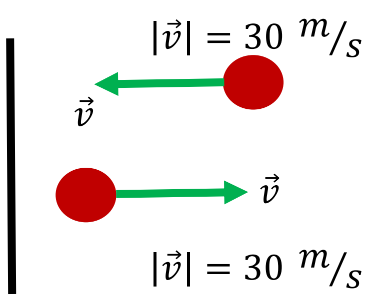
Ejemplo 1

Una pelota de masa 100 gr. Se mueve horizontalmente de derecha a izquierda con velocidad de 30 m/s. En un momento dado, choca y rebota en sentido contrario con la misma velocidad en módulo. Se pregunta:

a) Variación de la cantidad de movimiento si es que la habido durante el choque.

b) Calcular el valor de la normal, la fuerza hecha por el frontón sobre la pelota, sabiendo que el tiempo que han estado en contacto han sido 10 milésimas de segundo.

Como siempre, un dibujo de la situación nos ayudará a plantear el problema:



No debemos de olvidar que la velocidad, y por lo tanto la cantidad de movimiento, es un vector. Por lo tanto, ya podemos asegurar que **SÍ ha habido variación de la cantidad de movimiento, puesto que la velocidad ha cambiado, no en módulo, pero SÍ en sentido**. Para reflejar el carácter vectorial es suficiente con poner un sentido positivo puesto que en nuestro problema todos los vectores son horizontales. Visto esto, contestamos a la primera pregunta sobre la variación de la cantidad de movimiento

$$p_i = mv_i = 0.1 \cdot (-30) = -3\ Kg\, {}^{m}/_{s}$$

Puesto que la velocidad va hacia la izquierda

$$p_f = mv_f = 0.1 \cdot (30) = 3\ Kg\, {}^{m}/_{s}$$

Por lo tanto, la variación es

$$\Delta \boldsymbol{p} = p_f - p_i = 3 - (-3) = \boldsymbol{6\ Kg\, {}^{m}/_{s}}$$

No hemos puesto la flechita del vector porque estamos sobre un eje, el horizontal. Con poner el signo es suficiente, insistimos.

Recalcamos aquí que siempre que apliquemos la ley a un choque o una explosión, el fenómeno a estudiar claramente es el choque o la explosión, el tiempo que dura y la variación de la cantidad de movimiento entre justamente antes del choque y justamente después.

La segunda pregunta se refiere al valor de la normal. Aplicamos la ley, como no podía ser de otra manera. Como la variación se ha producido sobre el eje horizontal la fuerza que aparece en la ley es la fuerza horizontal sobre la pelota que, claramente, es la fuerza que le ha ejercido el frontón. La llamamos normal porque es la fuerza ejercida por una superficie.

$$N \cdot \Delta t = \Delta p \rightarrow N \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 6 \rightarrow$$

$$\boldsymbol{N = \frac{6}{10^{-2}} = 600\ N}$$

Ejemplo 2.

Un cañón parado de masa 400 Kg simplemente apoyado sobre el suelo dispara una bala de 40 Kg horizontalmente hacia la derecha con una velocidad de 800 m/s. ¿Con qué velocidad se mueve el cañón después del disparo?

Lo primero que hacemos es definir el sistema a estudiar: en los choques y explosiones conviene coger como sistema al **conjunto** de todas las masas que intervienen. **En nuestro caso el conjunto cañón-bala**. Las únicas fuerzas exteriores durante el disparo son los pesos, fuerza de rozamiento y la normal. La normal, ¿ha sido su valor especialmente alto para poder variar la cantidad de movimiento del sistema? Se puede intuir que su valor es parecido al que tenía antes de la explosión porque nos podemos imaginar el cañón sobre una superficie blanda y, por intuición solamente insistimos, pensar que la marca que deja el cañón en el suelo tiene la misma profundidad antes que durante y que después del disparo. Felizmente no es necesaria la intuición para resolver el problema: **La ley se puede aplicar, como cualquier ley vectorial, a cada uno de los ejes de un sistema cartesiano definido previamente.** En nuestro problema elegimos el tradicional eje X horizontal positivo hacia la derecha y el eje Y vertical positivo hacia arriba con origen en el sistema bala-cañón.

Eje X: la única fuerza horizontal durante el disparo es la fuerza de rozamiento cuyo impulso $F_r \cdot \Delta t \to 0$ y por ello ha de conservarse la cantidad de movimiento sobre el eje X:

$$\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{x}_{\boldsymbol{inicial}}} = (m_{cañón} + m_{bala}) \cdot V_{inicial} = \mathbf{0}$$

Ya que la velocidad inicial antes del disparo del sistema es cero.

$$\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{x}_{\boldsymbol{final}}} = m_{cañón} \cdot v_{cañón} + m_{bala} \cdot v_{bala} = \mathbf{400} \cdot \boldsymbol{v}_{\boldsymbol{cañón}} + \mathbf{40} \cdot (+\mathbf{800})$$

Igualando ambas:

$$0 = 400 \cdot v_c + 32000 \to \boldsymbol{v}_{\boldsymbol{c}} = -\frac{32000}{400} = -\mathbf{80}\, {}^{\boldsymbol{m}}/_{\boldsymbol{s}}$$

Hacemos hincapié en los signos + y – de las velocidades. El resultado refleja claramente el sentido de la velocidad del cañón, hacia la izquierda ya, que como hemos dicho, hemos elegido el eje ***X*** horizontal y positivo hacia la derecha.

En este problema el estudio del eje Y es trivial: no han aparecido velocidades verticales y la cantidad de movimiento vertical ha sido nula antes, durante y después del choque. Podemos deducir entonces que la resultante vertical no ha sido “especialmente grande” y la normal ha sido igual al peso.