victor loza
ACADEMIA ONLINE

CHOQUES Y EXPLOSIONES. CASOS EN LOS QUE NO SE CONSERVA LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO

En esta lección vamos a hablar de choques en donde no se puede afirmar que $\vec{F}dt \to 0$ porqué alguna de las fuerzas exteriores toma valores muy altos. **No podemos asegurar, por lo tanto, que el producto de la fuerza por el tiempo que actúa, su impulso, tienda a cero. No se podrá entonces asegurar la conservación de la cantidad de movimiento en el choque o la explosión**. Pero ¿qué fuerzas pueden ser esas? Para nosotros dos únicamente: **la normal y la tensión de una cuerda.**

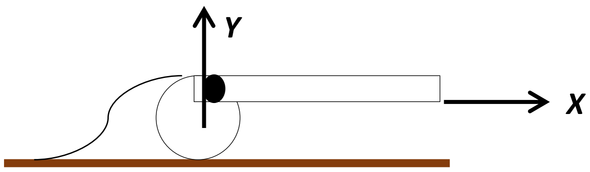
Por ejemplo, cuando un coche choca con un pilar, la variación de su cantidad de movimiento es evidente, ha pasado en un tiempo muy pequeño de llevar una velocidad dada a estar parado. Por lo tanto, ha actuado sobre él una fuerza enorme, la producida por el pilar. Esta fuerza la podemos asimilar a la fuerza normal ejercida por las superficies y que impide que un cuerpo penetre dentro de ellas. A continuación, vamos a hacer dos problemas sobre el disparo de una bala por parte de un cañón. En el primero se conservará la cantidad de movimiento. En el segundo no.

Ejemplo 1.

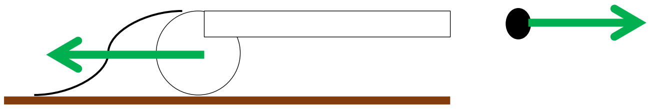
Un cañón parado de masa 400 Kg simplemente apoyado sobre el suelo dispara una bala de 40 Kg HORIZONTALMENTE hacia la derecha con una velocidad de 800 m/s. ¿Con qué velocidad se mueve el cañón después del disparo?

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.

Estado inicial



Estado final



Eje X:

La única fuerza horizontal durante el disparo es la fuerza de rozamiento cuyo impulso $F_r \cdot \Delta t \rightarrow 0$, no es una fuerza de módulo “especialmente” grande 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:

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

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.

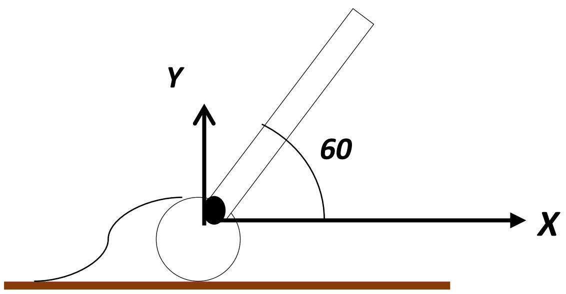
En este problema el estudio del eje Y es trivial: no han aparecido velocidades verticales y la cantidad de movimiento vertical ha sido nula antes, durante y después del choque. Podemos deducir entonces que la resultante vertical no ha sido "especialmente grande" y la normal ha sido igual al peso.

Ejemplo 2.

El mismo cañón dispara en este caso hacia arriba con una inclinación de 60º con la misma bala y rapidez (módulo de la velocidad). ¿Cuál es en este caso la velocidad de retroceso del cañón?

La cantidad de movimiento inicial (antes del disparo) del sistema sigue siendo cero puesto que todo está parado.

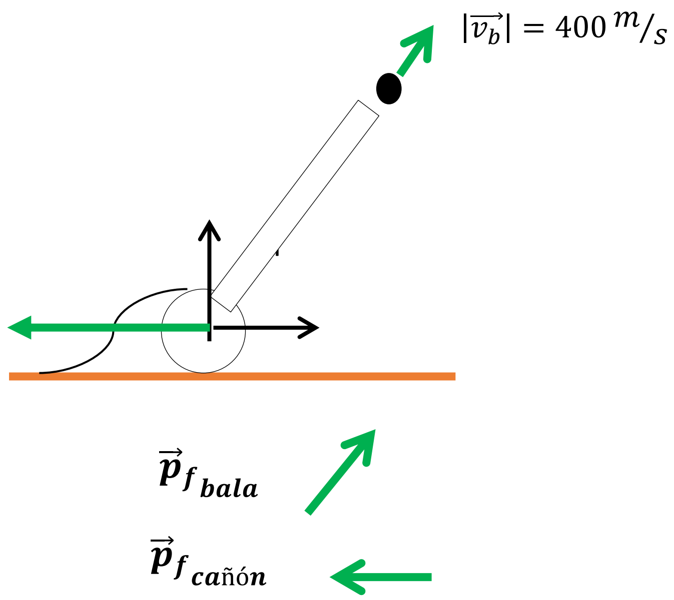
Estado inicial



$$\vec{p}_i = 0$$

La cantidad de movimiento final es la suma de la del cañón, horizontal hacia la izquierda, aunque no sepamos su valor, y la de la bala, un vector oblicuo hacia la derecha y hacia arriba. La suma de estos dos vectores es distinta de cero evidentemente y por lo tanto la cantidad de movimiento inicial no es igual a la cantidad de movimiento final después del disparo. La causante, como vamos a ver, es la normal, la fuerza ejercida por el suelo que suponemos que aguanta el impacto. Además, nos podemos imaginar que, en este caso, y tras el disparo, la marca en el suelo, la hondonada producida por el disparo es clara. Estudiemos, como antes, cada uno de los ejes:

Estado final



Como decíamos, vemos que la suma de ambos vectores NO es cero. Estudiamos cada eje por separado

Eje *X*:

$$P_{x_{inicial}} = 0\ (v_x = 0\ para\ la\ bala\ y\ el\ cañón)$$

$$P_{x_{final}} = m_c v_{x_c} + m_b v_{x_b} = 400 v_{x_c} + 40 \cdot 800 \cdot cos60$$
$$= 400 v_{x_c} + 16000$$

Donde hemos calculado la componente horizontal de la velocidad de la bala, como no podía ser de otra manera.

Igualando ambas:

$$0 = 400 v_{x_c} + 16000 \rightarrow v_{x_c} = -40\ ^{m}/_{s}$$

Diferencia palpable con el caso anterior.

Eje Y:

$$P_{y_{inicial}} = 0\ (bala\ y\ cañón\ parados)$$

$$P_{y_{final}} = m_c v_{c_y} + m_b v_{b_y} = 400 \cdot 0 + 40 \cdot 800 \cdot sen60 = 32000\frac{\sqrt{3}}{2}$$
$$= 16000\sqrt{3}$$

Dado que la velocidad vertical del cañón es cero.

Aplicando la ley de la cantidad de movimiento a este eje:

$$(\sum F_y)\Delta t = P_{y_{final}} - P_{y_{inicial}} \rightarrow (\sum F_y)\Delta t = 16000\sqrt{3} - 0$$

Podemos decir que ha habido una fuerza total vertical hacia arriba (la diferencia de cantidades de movimiento ha salido positiva) cuyo impulso es $16000\sqrt{3}$. Si conociéramos el tiempo que ha durado la explosión podríamos calcular esa fuerza neta vertical

$$(\sum F_y)\Delta t = 16000\sqrt{3} \rightarrow \sum \boldsymbol{F_y} = \frac{\mathbf{16000\sqrt{3}}}{\boldsymbol{\Delta t}}$$