

En un choque frontal, las masas tienen siempre la misma dirección, es decir, están confinadas a moverse sobre una misma línea recta, pudiendo cambiar solamente su sentido. De lo anterior, se tiene que es posible suprimir el carácter vectorial de la ecuación (5) y manejarla en forma escalar, es decir

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

Ejemplo 2.

Un proyectil de 2 kilogramos es disparado por un cañón cuya masa es de 360 kilogramos. Si el proyectil sale con una velocidad de 480 m/s, ¿Cuál es la vel. de retroceso del cañón?

Datos: $m_1 = 2 \text{ kg}$; $u_1 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $m_2 = 360 \text{ kg}$; $u_2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_1 = 480 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

De acuerdo con la Ley de la Conservación de la Cantidad de Movimiento y considerando como un sistema aislado al cañón y al proyectil.

$$0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

Puesto que antes de la explosión m_1 y m_2 están en reposo.

$$v_2 = \frac{-m_1 v_1}{m_2}$$

Despejando v_2 , que es la velocidad de retroceso del cañón.

$$v_2 = \frac{-(2 \text{ kg}) \left(480 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{(360 \text{ kg})}$$

$$v_2 = -2.66 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El signo negativo indica que el cañón se mueve en sentido contrario al proyectil.

COLISIONES ELÁSTICAS E INELÁSTICAS

En una colisión o choque ocurren ciertos cambios, los cuales se analizarán a continuación. Por simplicidad, se considerará que el movimiento, antes y después de la colisión, es en dirección horizontal, de tal forma que no hay cambio en la energía potencial del sistema. Si embargo, las velocidades de las masas varían, y esto da como resultado un cambio en sus energías cinéticas.

Si la energía cinética total de un sistema permanece constante, se dice que la colisión ha sido completamente elástica.

En este caso, no se pierde energía en forma de calor o deformación durante el choque. Un choque completamente elástico es un caso ideal, aunque existen algunas colisiones en donde participan bolas de billar, de acero, de boliche; moléculas, átomos y partículas subatómicas, las cuales al chocar producen una colisión aproximadamente elástica.

Los choques en donde no se conserva la energía cinética se dice que son colisiones inelásticas.

Como por ejemplo, al chocar un automóvil contra una barda, la energía cinética que traía el automóvil se transforma una parte en trabajo (para deformar permanentemente el vehículo) y la otra en calor. Por otra parte, en una colisión completamente inelástica, las masas que chocan, permanecen unidas después del impacto. En general, las colisiones inelásticas se caracterizan por la deformación de los objetos que chocan y la generación de calor a partir de sus energías cinéticas iniciales.

Si dos masas chocan frontalmente entre sí como se muestra en la figura 2, y si la colisión es elástica, se tiene que:

- La cantidad de movimiento se conserva.

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

- Se conserva la energía cinética, por ser una colisión elástica

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

Veamos los siguientes ejemplos para ilustrar su aplicación.

Ejemplo 3.

Una bola de 0.2 kilogramos que se mueve con una velocidad de 3 m/s, a lo largo del eje +x, choca de frente con otra bola de 0.6 kilogramos, inicialmente en reposo. Si después del choque, la segunda masa adquiere una velocidad de 1.5 m/s en la dirección del eje +x,

- ¿Cuál es la velocidad de la primera masa después del choque?
- ¿De qué tipo de colisión se trata?

Datos: $m_1 = 0.2 \text{ kg}$; $u_1 = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $m_2 = 0.6 \text{ kg}$; $u_2 = 0$;

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$m_1 u_1 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{m_1 u_1 - m_2 v_2}{m_1}$$

$$v_1 = \frac{0.2 \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0.6 \text{ kg} \cdot 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.2 \text{ kg}}$$

$$v_1 = \frac{0.6 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0.9 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.2 \text{ kg}}$$

$$v_1 = -15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El signo negativo indica que la primera masa rebota en sentido contrario a su movimiento original.

b) Para determinar de qué tipo es el choque, se calcula la energía cinética total antes y después del choque; si el valor es el mismo, entonces, el choque es elástico.

$$E_{(k \text{ total}) \text{ antes}} = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

Cálculo de la energía cinética total antes del choque.

$$E_{k \text{ antes}} = \frac{1}{2} (0.2 \text{ kg}) \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + \frac{1}{2} (0.6 \text{ kg}) (0)^2$$

$$E_{k \text{ antes}} = 0.9 \text{ J}$$

$$E_{k \text{ después}} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$E_{k \text{ después}} = \frac{1}{2} (0.2 \text{ kg}) \left(-15 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + \frac{1}{2} (0.6 \text{ kg}) \left(15 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$E_{k \text{ después}} = 0.225 \text{ J} + 0.675 \text{ J} = 0.9 \text{ J}$$

$$E_{k \text{ después}} = E_{k \text{ antes}}$$

Observando estos resultados se concluye que el choque es elástico.

Un ejemplo típico de choque inelástico es el de una bala que se incrusta en un bloque de madera poniéndolo en movimiento. En este caso, una parte de la energía cinética de la bala hace el trabajo de moverlo y el resto se transforma en calor. Este choque es completamente inelástico. Para ilustrar lo anterior, consideraremos el siguiente ejemplo.

Ejemplo 4.

Una bala de 10 gramos y de rapidez desconocida se dispara contra un bloque de madera de 2 kilogramos que está suspendido del techo mediante una cuerda. La bala choca contra el bloque y se incrusta en él. Después de la colisión, el bloque y la bala oscilan hasta alcanzar una altura de 30 centímetros sobre la posición inicial. ¿Cuál será la rapidez de la bala un instante antes de la colisión?

Datos: $m_1 = 10 \text{ g} = 0.010 \text{ kg}$; $m_2 = 2 \text{ kg}$; $u_2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$;

$h = 30 \text{ cm} = 0.30 \text{ m}$

Primera mente se calcula la velocidad de retroceso del bloque con la bala incrustada, después del impacto. Para ello, se aplica la Ley de la Conservación de la Energía, considerando que la velocidad del bloque en el punto más alto es igual a cero.

$$E_1 = E_2$$

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2}$$

$$E_{k1} = E_{p2}$$

Considerando que por el punto (1) pasa el nivel de referencia, se tiene que $E_{p1} = 0$ y dado que la masa se detiene en el punto (2), $E_{k2} = 0$.

$$E_{k1} = E_{p2}$$

$$E_{k1} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2$$

$$E_{p2} = (m_1 + m_2) g h$$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = (m_1 + m_2) g h$$

Aquí se considera a la masa como la suma de m_1 y m_2 ya que la bala se incrusta en el bloque. Siendo (v) la velocidad de retroceso del bloque y con la cual inicia su ascenso. $v^2 = 2 g h$

De esta ecuación se elimina la suma de masa y se despejó v^2 .

$$v^2 = 2 \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0.30 \text{ m})$$

$$v^2 = 5.88 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$v = 2.42 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Es la velocidad de retroceso del bloque con la bala incrustada en él.

Para calcular la velocidad de la bala antes del impacto, se utiliza la Ley de la Conservación de la Cantidad de Movimiento.

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 + m_2 v_2$$

$$m_1 u_1 = (m_1 + m_2) v$$

Donde $u_2 = 0$ porque inicialmente el bloque está en reposo y después del choque las masas (bloque y bala) se mueven con la misma velocidad (v).

$$u_1 = \frac{(m_1 + m_2) v}{m_1}$$

Despejando u_1 que es la velocidad de la bala antes del impacto.

$$u_1 = \frac{(0.01\text{kg} + 2\text{kg})\left(242\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{0.01\text{kg}}$$

$$u_1 = \frac{(2.01\text{kg})\left(242\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{0.01\text{kg}}$$

$$u_1 = 48642\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

III. Describe brevemente lo que a continuación se te pide.

1. Ley de la Conservación de la Cantidad de Movimiento.

2. Choques elásticos.

PROBLEMAS

- Calcular el impulso que debe darse a un automóvil de 1,800 kilogramos de masa, que inicialmente se encuentra en reposo, para que desarrolle una velocidad de 70 km/h.
- Un automóvil cuya masa es de 1,950 kilogramos lleva una velocidad de 20 m/s. Al frenar la disminuye a 10 m/s en un tiempo de 4 segundos. ¿Qué valor tiene la fuerza retardadora promedio?
- Una persona de 70 kilogramos de masa corre a una velocidad de 7 m/s. Calcula:
 - Su cantidad de movimiento,
 - La velocidad que debe llevar una persona de 60 kilogramos para tener la misma cantidad de movimiento que la persona de 70 kilogramos.
- Un hombre y un niño con masas de 70 kilogramos y 30 kilogramos respectivamente, están parados en medio de una pista de patinar. Se empujan el uno al otro y el hombre retrocede con una rapidez de 2 m/s. ¿Cuál es la velocidad del niño? (despreciando la fricción)
- Un vagón de ferrocarril choca con otro, de igual masa, y que inicialmente se encuentra en reposo. Después del choque los dos vagones se enganchan y se mueven a una rapidez de 4 m/s. La masa de cada vagón es de 5×10^5 kilogramos.
 - Antes de la colisión, el primer vagón viajaba a 8 m/s. ¿Cuál es su cantidad de movimiento?
 - ¿Cuál es la cantidad de movimiento total de los dos vagones después de la colisión?
 - Determina la energía cinética de los dos vagones antes y después del choque.
 - ¿A qué se debe la pérdida en energía cinética?
- Un proyectil de 2 kilogramos es disparado por un cañón cuya masa es 350 kilogramos. Si el proyectil sale con una velocidad de 45 m/s, ¿Cuál es la velocidad de retroceso del cañón?
- Un cuerpo cuya masa es 0.2 kilogramos lleva una velocidad de 3 m/s al chocar de frente con otro cuerpo de 0.1 kilogramos de masa y que va a una velocidad de 2 m/s, en la misma dirección. Considerando al choque completamente inelástico, ¿Qué velocidad llevarán los dos cuerpos después del choque, si permanecen unidos?
- Se dispara una bala de 0.015 kilogramos en forma horizontal incrustándose en un trozo de madera de 12 kilogramos que está en reposo. La madera y la bala adquieren una velocidad de 0.6 m/s después del impacto. ¿Cuál es la velocidad inicial de la bala?

9. Un camión vacío de 3,000 kilogramos rueda libremente a 15 m/s, sobre una carretera horizontal y choca contra un camión cargado de 5,000 kilogramos que está en reposo, pero en libertad de moverse. Si los dos camiones se enganchan entre sí durante el choque,
- Encuentra su velocidad después del impacto.
 - Compara la energía cinética antes y después del impacto.
 - ¿Cómo se explica la disminución de energía?
10. Un automóvil A de 1,800 kilogramos que viaja al norte a una velocidad de 90 km/h, choca con otro automóvil B de 2,000 kilogramos que viaja a una velocidad de 70 km/h en dirección a 35° al sur del este, como se ve en la figura. Si después del impacto ambos vehículos quedan unidos adquiriendo la misma velocidad. Calcular el valor de ésta y la dirección que llevarán después del choque.
11. Una bola de billar que está en reposo recibe el impacto de una segunda bola de billar que se mueve a 10 m/s. Ambas bolas tienen una masa de 0.17 kilogramos. Después del choque, la segunda bola se mueve a 60° hacia la izquierda de su dirección original. La bola que estaba en reposo sale a 30° hacia la derecha de la dirección original de la segunda bola. ¿Cuál es la velocidad de cada bola después de la colisión?
12. Una camioneta cuya masa es de 2,500 kilogramos viaja a una velocidad de 80 km/h a 40° al norte del este, choca con un automóvil de 1,700 kilogramos que viaja al oeste con una velocidad de 100 km/h, (como se ve en la figura). Después del impacto, ambos vehículos quedan unidos adquiriendo la misma velocidad. Calcular el valor de dicha velocidad y su dirección.
13. Un automóvil de 1,500 kilogramos marcha hacia el este con una velocidad de 20 m/s y choca con un tractor de 7,500 kilogramos que lleva una velocidad de 5 m/s y se dirige a 30° al sur del este, como se muestra en la figura. Los dos vehículos quedan unidos después del choque. Calcula la velocidad y la dirección que llevarán después del impacto.

APÉNDICE A

DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES

metro (m). El metro es la longitud igual a $1/650,763.73$ longitud de onda en el vacío de la luz roja-naranja del Kriptón 86. (1960).

kilogramo (kg). El kilogramo es la unidad de masa igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo. (Este prototipo internacional del kilogramo es un cilindro especial de aleación de platino e iridio que se conserva en la oficina Internacional de Pesas y Medidas en Sevres Francia. (1889).

segundo (s). El segundo es igual a la duración de $9;192;2631,770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre niveles hiperfino del estado base del átomo de cesio 133. (1967).

Ampere (A). El ampere es la corriente constante que, si fuera mantenida entre dos conductores rectos y paralelos de longitud infinita y de sección transversal despreciable, colocados en el vacío y separados por un metro, produciría entre ambos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud. (1946).

Kelvin (K). El Kelvin es la fracción $1/273.16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. (1967).

candela (cd). La candela es la intensidad, en la dirección perpendicular, de superficie de $1/600,000$ metro cuadrado de un cuerpo negro a la temperatura de congelación del platino bajo una presión de 101325 newton por metro cuadrado. (1967).

mol (mol). Un mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas partículas elementales como átomos hay en 0.012 kilogramos de carbono 12. (1971).