FÍSICA 1

UNIDAD V – IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Contenido

UNIDAD V – IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO

GENERALIDADES

El estudio de las colisiones o choques es un tema de ciencias físicas que se utiliza extensamente en diferentes campos de aplicación.

En la actualidad en el ámbito correspondiente a la física de partículas, a través del estudio de colisiones y procesos de interacción entre diversas partículas subatómicas, se han producido enormes avances.

Estos estudios se realizan utilizando potentes aceleradores de partículas, para producir choques entre ellas e interpretar los resultados obtenidos o buscar las confirmaciones a diversas teorías.

Como ejemplo de la importancia del trabajo en este terreno de la física, basta mencionar que muchos premios Nobel fueron otorgados por investigaciones en esta área. Particularmente el premio Nobel de física del año 2013 fue otorgado a François Englert y Peter W. Higgs, citando textualmente al comunicado oficial: "por el descubrimiento teórico del mecanismo que contribuye a la comprensión del origen de la masa de las partículas subatómicas, el cual fue confirmado recientemente a través del descubrimiento de la partícula fundamental predicha, por los experimentos ATLAS y CMS en el LHC del CERN".

Esto se refiere al descubrimiento del bosón de Higgs, una partícula fundamental, postulada por Englert y Higgs en la década de 1960 y cuya existencia pudo confirmarse recién en 2012, en el mayor acelerador de partículas de la actualidad, el famoso Large Hadron Collider (LHC) de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), situado en Suiza, consistente en un potente acelerador que permite efectuar colisiones entre partículas a altísimas energías y capturar los datos obtenidos en estos eventos para su posterior análisis.

En esta unidad estudiaremos los conceptos introductorios correspondientes a colisiones entre partículas, definiremos una nueva magnitud física: el impulso lineal, el cual se conserva en las colisiones. Veremos sistemas de partículas interactuantes y nos enfocaremos en dos tipos básicos de colisiones que comprenden los choques elásticos y los choques plásticos.

CANTIDAD DE MOVIMIENTO E IMPULSO

A partir de la segunda ley de Newton de la mecánica, sabemos que si sobre una partícula de masa m, actúa una fuerza externa neta $\mathbf{F}$, la partícula se acelera de acuerdo con la conocida ecuación

$$\mathbf{F} = m \times \mathbf{a} \qquad (1)$$

Dado que, como habíamos visto, la aceleración es la variación de la velocidad en la unidad de tiempo, o sea la derivada de la velocidad respecto al tiempo, es

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

reemplazando convenientemente esta aceleración en la segunda ley de Newton (1) resulta que

$$\mathbf{F} = \frac{d(m \times \mathbf{v})}{dt}$$

El producto de la masa por la velocidad (m **v**) de la partícula se denomina *cantidad de movimiento* de dicha partícula, y generalmente se lo identifica con la letra $\mathbf{p}$

$$\mathbf{p} = m \times \mathbf{v}$$

Es importante observar que, dado que la velocidad **v** tiene carácter vectorial, la cantidad de movimiento $\mathbf{p}$ también es un vector, ya que resulta del producto de un vector ($\mathbf{v}$) por la masa (m) que es un escalar. Como la masa es siempre positiva, el vector cantidad de movimiento tiene siempre la misma dirección que el vector velocidad.

Así que ahora podemos reescribir la ecuación (1), correspondiente a la segunda ley de Newton, de la siguiente manera

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} \qquad (2)$$

Resulta entonces que

$$d\mathbf{p} = \mathbf{F}dt$$

y realizando la integración puede escribirse la variación de la cantidad de movimiento de la partícula

$$\Delta \boldsymbol{p} = \boldsymbol{p}_f - \boldsymbol{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \boldsymbol{F}\, dt$$

A la parte derecha de esta igualdad, que corresponde a la integral de ***F*** *dt,* se la denomina impulso de la fuerza ***F***

$$\boldsymbol{J} = \int_{t_i}^{t_f} \boldsymbol{F}\, dt$$

TEOREMA DEL IMPULSO Y LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Al resultado anterior se lo conoce como teorema del impulso y la cantidad de movimiento, y establece que la variación de la cantidad de movimiento de una partícula es igual al impulso aplicado a la misma.

$$\Delta \boldsymbol{p} = \boldsymbol{J}$$

O escrito en forma desarrollada:

$$\boldsymbol{p}_f - \boldsymbol{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \boldsymbol{F}\, dt$$

Se utiliza habitualmente el término *impulso lineal* como sinónimo de *cantidad de movimiento* de la partícula. De modo que en lo sucesivo vamos a hablar indistintamente de cantidad de movimiento o impulso lineal para referirnos al vector $\boldsymbol{p} = m\, \boldsymbol{v}$.

Volviendo a la expresión anterior (2), resulta que si la suma de las fuerzas exteriores que actúan sobre la partícula es nula, $\mathbf{F} = 0$, entonces podemos observar que la variación de la cantidad de movimiento con el tiempo también será nula, es decir que el impulso lineal de la partícula se mantiene constante.

En otras palabras, mientras la fuerza externa neta que actúa sobre una partícula es nula, su impulso lineal se mantiene constante en el tiempo, diremos que *su impulso lineal se conserva*.

$$\boldsymbol{F} = 0 \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{p} = \text{constante}$$

CAMBIO DE VELOCIDAD DE UN CUERPO SOMETIDO A UN IMPULSO

Retomemos ahora la ecuación del teorema del impulso y la cantidad de movimeinto:

$$\boldsymbol{p}_f - \boldsymbol{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \boldsymbol{F}\, dt$$

Supongamos que ahora queremos calcular la velocidad que adquiere un cuerpo de masa m, inicialmente en reposo, al cual se le aplica un impulso dado por una fuerza, que supondremos constante, la cual se ejerce durante un determinado intervalo de tiempo.

Dado que la fuerza es constante, podemos sacarla afuera de la integral y resulta que:

$$\boldsymbol{p}_f - \boldsymbol{p}_i = \boldsymbol{F}\, \Delta t$$

$$m(\boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i) = \boldsymbol{F}\, \Delta t$$

$$\boldsymbol{v}_f = \boldsymbol{v}_i + \frac{\boldsymbol{F}}{m}\, \Delta t$$

Sea por ejemplo el caso de una pelotita de tenis de 58 gramos de masa, a la cual se le aplica en el momento del saque una fuerza de 30 N durante un intervalo de tiempo de 0,1 s. Se desea saber ¿Cuál será la velocidad de la pelotita al despegarse de la raqueta?

Para responder esta pregunta, aplicamos la última ecuación. Consideramos que la velocidad inicial de la pelotita es cero, dado que se encuentra prácticamente detenida en el saque. Entonces el vector velocidad final tiene igual dirección y sentido que la fuerza aplicada, obteniéndose:

$$v_f = v_i + \frac{F}{m}\, \Delta t = 0\ \frac{m}{s} + \frac{30\ N}{0{,}058\ kg}\ 0{,}1\ s = 51{,}72\ \frac{m}{s} = 186{,}19\ \frac{km}{h}$$

¡Un buen saque!

Cabe recalcar el hecho de que la velocidad $\boldsymbol{v}_f$ es un vector de módulo 51,72 m/s, con dirección y sentido coincidentes con los de la fuerza ***F*** aplicada.

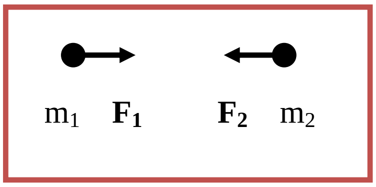
SISTEMA DE PARTICULAS INTERACTUANTES

Supongamos para comenzar que tenemos un sistema compuesto por dos partículas que interactúan entre sí y libre de cualquier otra fuerza exterior.

Las únicas fuerzas actuantes son las de interacción entre ambas partículas, que pueden ser de distintos orígenes, por ejemplo interacción gravitatoria, elástica, eléctrica.

Lo importante es que atendiendo al principio de acción y reacción, las fuerzas que actúan sobre cada una de las dos partículas son iguales en magnitud y dirección pero de sentido contrario.

Sobre la partícula 1, de masa m1, actúa la fuerza $\mathbf{F}_1$, en tanto que sobre la partícula 2, de masa m2, actúa la fuerza $\mathbf{F}_2$.



Tal como dijimos antes, se verifica por el principio de acción y reacción que $\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$ de modo que

$$\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = 0 \qquad (3)$$

De modo que en este sistema de dos partículas, en donde no actúa ninguna fuerza exterior al mismo, las fuerzas actuantes, que corresponden al par de acción y reacción, se cancelan entre sí.

Llamando a los impulsos lineales de las partículas 1 y 2, $\mathbf{p}_1$ y $\mathbf{p}_2$, respectivamente, y aplicando ahora la ecuación (2), podemos escribir que

$$\mathbf{F}_1 = \frac{d\mathbf{p}_1}{dt} \qquad \text{y} \qquad \mathbf{F}_2 = \frac{d\mathbf{p}_2}{dt}$$

Luego reemplazando en la expresión (3) obtenemos que

$$\frac{d\mathbf{p}_1}{dt} + \frac{d\mathbf{p}_2}{dt} = 0$$

y agrupando convenientemente la derivada con respecto al tiempo llegamos a que

$$\frac{d(\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)}{dt} = 0$$

Lo que equivale a decir que la suma de los impulsos lineales de ambas partículas es constante en el tiempo. Llamando $\mathbf{P}$ al impulso lineal total del sistema de las dos partículas interactuantes resulta

$$\mathbf{P} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \text{constante} \qquad (4)$$

Este último resultado es de suma importancia ya que permite conocer cómo evolucionará el sistema de las dos partículas, independientemente del proceso de interacción entre ambas.

Por ejemplo si conocemos los impulsos lineales de las partículas en un instante dado (llamémoslo instante inicial), podemos afirmar que en cualquier otro instante (llamémoslo instante final) la suma de los impulsos lineales se mantendrá igual. El impulso lineal total del sistema se conservará:

$$\boxed{\mathbf{P} = \mathbf{p}_{1i} + \mathbf{p}_{2i} = \mathbf{p}_{1f} + \mathbf{p}_{2f}}$$

Recordar que esto es **válido siempre y cuando no actúen fuerzas exteriores al sistema** de dos partículas. Las únicas fuerzas permitidas son las debidas a la interacción entre ambas.

Puede demostrarse que este razonamiento sigue siendo válido para sistemas de más de dos partículas. Siempre y cuando las únicas fuerzas actuantes sean debidas a interacciones entre las partículas que constituyen el sistema, el impulso lineal total del mismo se conservará.

COLISIONES

Nos limitaremos al estudio de las colisiones o choques entre dos partículas puntuales, que no estén sometidas a la acción de fuerzas exteriores.

La colisión es un proceso de interacción entre estas dos partículas, que ocurre en un intervalo de tiempo sumamente corto.

En general conoceremos los impulsos lineales de ambas partículas antes de que se produzca la colisión. Durante la colisión tiene lugar una interacción entre ambas partículas sin la intervención de fuerzas exteriores. Este fenómeno es generalmente de muy corta duración y particularmente difícil de analizar. Después de la colisión nos interesará estudiar los productos de la misma, es decir las velocidades de las partículas después de haber interactuado entre sí.

Dado que se trata de un proceso de interacción entre partículas en el cual no actúan fuerzas exteriores, estamos dentro de las condiciones requeridas, según vimos en el apartado anterior, para afirmar que el impulso lineal total del sistema ($\mathbf{P}$) se conservará.

En otras palabras el impulso lineal total se mantendrá igual antes y después de la colisión:

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}\text{ inicial} = \mathbf{P}\text{ final}$$

Supongamos entonces a estas dos partículas puntuales, de masas m_1 y m_2, que inicialmente viajan con velocidades $\mathbf{v}_1$ y $\mathbf{v}_2$ respectivamente. En un determinado instante y lugar del espacio, ambas partículas interactúan entre sí produciéndose la colisión (choque).

Después de ocurrida la colisión pueden ocurrir muchas cosas, por ejemplo: que sigamos teniendo dos partículas que viajen a diferentes velocidades (cuando hablamos de velocidades recordar el carácter vectorial de las mismas), que tengamos una única partícula (de mayor masa) viajando a una dada velocidad, que tengamos tres o más partículas en movimiento (resultantes de fragmentos de las partículas que chocaron), etc.

En cada caso pueden registrarse variaciones de la energía cinética del sistema formado inicialmente por las dos partículas originales. La colisión puede consumir energía del sistema original, por ejemplo en forma de calor disipado.

Cualquiera sea el caso, debemos tener en cuenta la conservación del impulso lineal del sistema, que podemos expresar como

$$\boxed{\sum_j m_j \times \mathbf{v}_{\mathbf{j\_inicial}} = \sum_k m_k \times \mathbf{v}_{\mathbf{k\_final}}}$$

donde las sumatorias se extienden sobre los subíndices “j” de todas las partículas que colisionan inicialmente y sobre los subíndices “k” de todas las partículas resultantes como productos finales de esa colisión.

Con respecto a la energía cinética del sistema de partículas, puede o no conservarse, según el tipo de interacción que se produzca. En general podremos calcular las energías cinéticas iniciales y finales como

$$Ec\_inicial = \sum_j \frac{1}{2} m_j \times v^2_{j\_inicial}$$

$$Ec\_final = \sum_k \frac{1}{2} m_k \times v^2_{k\_final}$$

y la diferencia entre ambas corresponderá a otras formas de energía liberadas durante la colisión.

Vamos a estudiar a continuación, dos casos particulares de **colisiones entre dos partículas en una dimensión**, denominados *choque plástico (o totalmente inelástico)* y *choque elástico*.

CHOQUE PLÁSTICO

En el choque plástico (o completamente inelástico) las dos partículas originales permanecen unidas después de la colisión.

La figura siguiente describe el fenómeno para el caso en que la partícula de masa m_1, con velocidad inicial $\mathbf{v}_1$, choca a la partícula de masa m_2 inicialmente en reposo. Después de la colisión, ambas partículas permanecen unidas, conformando una única partícula de masa m_1+m_2 que se mueve con velocidad final $\mathbf{v}_f$.

Dado que debe conservarse el impulso lineal, podemos escribir que

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_f$$

reemplazando por los valores correspondientes, y dado que $\mathbf{v}_2 = 0$ (partícula de masa m2 inicialmente en reposo), resulta

$$m_1 \times \mathbf{v}_1 = (m_1+m_2)\,\mathbf{v}_f$$

De donde podemos despejar la velocidad final de la partícula única resultante de masa m_1+m_2

$$\mathbf{v}_f = \frac{m_1 \times \mathbf{v}_1}{m_1 + m_2}$$

Es interesante observar que en este caso la energía cinética (Ec) no se conserva. Veámoslo:

$$Ec\_inicial = \frac{1}{2} m_1 \times v_1^2 \qquad \text{(recordar que } v_2 = 0\text{)}$$

$$Ec\_final = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) \times v_f^{\,2} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) \times \frac{m_1^2 \times v_1^2}{(m_1 + m_2)^2} =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \times v_1^2 \times \frac{m_1}{(m_1 + m_2)} = Ec\_inicial \times \frac{m_1}{(m_1 + m_2)}$$

que es menor que la energía cinética inicial, dado que la masa m_2 es siempre mayor que 0.

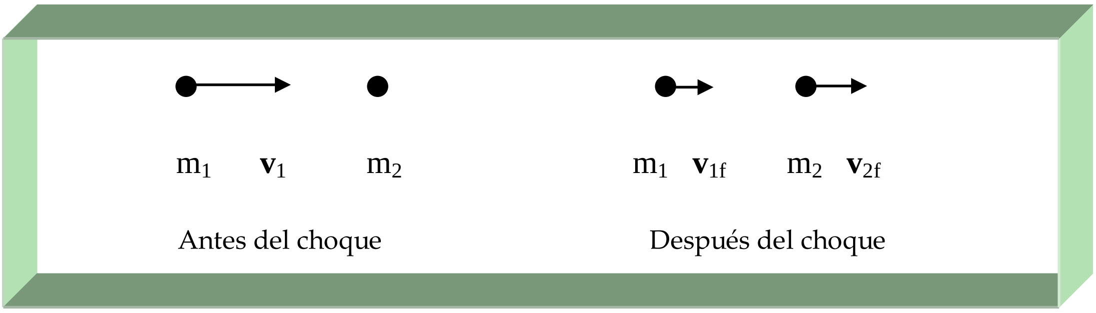
De modo que parte de la energía cinética inicial del sistema se ha perdido, transformándose en otra forma de energía (calor, por ejemplo).

CHOQUE ELÁSTICO

Se denomina choque elástico a aquel en el cual *la energía cinética inicial es igual a la energía cinética final* después de producida la colisión, es decir que la energía cinética se conserva.

Podemos pensar esta colisión como si se tratara del choque entre dos partículas perfectamente elásticas. Toda la energía que ambas partículas traen en el momento de la interacción la intercambian de alguna manera entre ellas, separándose, como si se tratara de dos resortes ideales que se comprimen al chocar e inmediatamente se vuelven a expandir devolviendo toda la energía que almacenaron al comprimirse.

La figura siguiente describe el fenómeno para el caso en que la partícula de masa m_1, con velocidad inicial $\mathbf{v}_1$, choca a la partícula de masa m_2 inicialmente en reposo. Después de la colisión, ambas partículas continúan moviéndose en la misma dirección en forma independiente, con velocidades $\mathbf{v}_{1f}$ y $\mathbf{v}_{2f}$ respectivamente.



Dado que el impulso lineal del sistema de dos partículas ha de conservarse, podemos escribir que

$$m_1 \times \mathbf{v_1} = m_1 \times \mathbf{v_{1f}} + m_2 \times \mathbf{v_{2f}}$$

de donde, resulta que

$$v_{2f} = \frac{m_1}{m_2}(\mathbf{v_1} - \mathbf{v_{1f}}) \qquad (5)$$

Además como en la colisión elástica la energía cinética del sistema también se conserva, la energía cinética inicial debe ser igual a la energía cinética final, por lo cual

$$\frac{1}{2} m_1 \times v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 \times v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 \times v_{2f}^2$$

reemplazando v_{2f} de acuerdo con (5), simplificando y agrupando convenientemente queda

$$v_1^2 = v_{1f}^2 + \frac{m_1}{m_2}(\mathbf{v_1} - \mathbf{v_{1f}})^2$$

expandiendo el cuadrado del binomio $(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{1f})^2$, y agrupando las potencias de $\mathbf{v}_{1f}$ llegamos a que

$$(1 + \frac{m_1}{m_2}) v_{1f}^2 - 2\frac{m_1}{m_2} v_1 v_{1f} - (1 - \frac{m_1}{m_2}) v_1^2 = 0 \qquad (6)$$

De donde podemos despejar el valor de la velocidad final de la partícula de masa m_1 (v_{1f}). Resolviendo esta ecuación cuadrática resulta que se obtienen dos valores para tal velocidad.

El primer resultado es: $v_{1f} = v_1$

Este primer resultado, si bien es matemáticamente correcto, físicamente carece de valor, pues supondría que la partícula de masa m_1 mantiene la misma velocidad después del choque con la m_2, lo cual sucede únicamente si no se produce la colisión. Por lo tanto descartamos esta situación.

El segundo resultado obtenido al resolver la ecuación (6) es:

$$v_{1f} = v_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \qquad (7)$$

que enseguida vamos a analizar.

Pero antes, reemplazando este último valor para v_{1f} en la ecuación (5) podemos escribir v_{2f} en términos de la velocidad inicial de la partícula de masa m_1 (v_1) así

$$v_{2f} = v_1 \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \qquad (8)$$

Los resultados expresados en las ecuaciones números (7) y (8), nos permiten predecir las velocidades que tendrán las partículas de masa m_1 y m_2 después de producido el choque elástico, conociendo las masas de ambas partículas y la velocidad inicial (v_1) de la partícula incidente, antes de haberse producido el choque.

Es interesante hacer algunas observaciones importantes.

1. Si ambas partículas tienen la misma masa, $m_1 = m_2$, resulta de las ecuaciones (7) y (8) que:
   $v_{1f} = 0$ y $v_{2f} = v_1$
   O sea que la partícula 1 le transfiere toda su energía cinética a la partícula 2. Después del choque la primera queda en reposo y la segunda continúa con la misma velocidad que traía la partícula incidente.
2. Si la partícula incidente tiene más masa que la que se halla en reposo ($m_1 > m_2$), ambas partículas continúan moviéndose en el mismo sentido. Además resulta que $v_{1f} < v_{2f}$.
3. Si la partícula incidente tiene menor masa que la que se halla en reposo ($m_1 < m_2$), ésta rebota después de la colisión, es decir, su velocidad cambia de signo (observar que al reemplazar en la ecuación (7) queda $v_{1f} < 0$). La otra partícula, en tanto, se moverá en el mismo sentido que traía la partícula incidente de masa m_1.

Observar que en cualquiera de los tres casos, ambas partículas se alejan entre sí después de haberse producido la colisión elástica.

Caso General de Choque Elástico en una Dimensión

En el caso en que la masa m_2 tenga una velocidad inicial v_2 distinta de cero, puede demostrarse que:

$$v_{1f} = v_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} + v_2 \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \qquad (9)$$

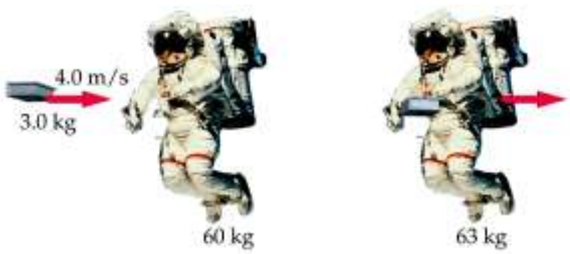
$$v_{2f} = v_1 \frac{2m_1}{m_1 + m_2} + v_2 \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \qquad (10)$$

EJEMPLOS RESUELTOS

PROBLEMA 1: CHOQHE PLÁSTICO

Un astronauta de 60 kg de masa, está realizando una caminata espacial para reparar un satélite de comunicaciones, cuando descubre que necesita consultar el manual de reparaciones.

Otro compañero le arroja el manual con una velocidad de 4 m/s relativa a la nave espacial. El astronauta se encuentra en reposo respecto de la nave cuando atrapa el manual de 3 kg de masa.



John Cramer – Physics 114A

a) Halle la velocidad del astronauta después de que atrapa el manual.

b) Encuentre las energías cinéticas inicial y final del sistema manual-astronauta y la energía consumida en la colisión.

Resolución

El problema se trata de una colisión plástica, en el cual el manual de masa m_1 choca con velocidad $\mathbf{v}_1$ contra el astronauta de masa m_2 inicialmente en reposo ($\mathbf{v}_2$ = 0). El astronauta entonces atrapa el manual y se terminan moviendo juntos como un sistema de masa $m_1 + m_2$ y velocidad final $\mathbf{v}_f$.

a) Por conservación del impulso lineal:

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_f$$

$$m_1 \times \mathbf{v}_1 + m_2 \times \mathbf{0} = (m_1+m_2)\, \mathbf{v}_f$$

$$\mathbf{v}_f = \frac{m_1 \times \mathbf{v}_1}{m_1 + m_2} = \frac{3kg \times 4\frac{m}{s}}{3kg + 60kg} = 0{,}19\frac{m}{s}$$

b) La energía cinética inicial del sistema es:

$$Ec\_inicial = \frac{1}{2} m_1 \times v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \times 0 = \frac{1}{2} 3kg \times (4\frac{m}{s})^2 = 24J$$

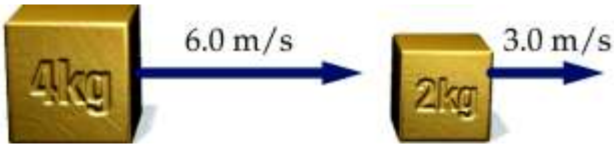
La energía cinética final del sistema manual-astronauta es:

$$Ec\_final = \frac{1}{2}(m_1 + m2) \times v_f^2 = \frac{1}{2}(3kg + 60kg) \times (0{,}19\frac{m}{s})^2 = 1{,}14J$$

Por lo que la energía consumida en la colisión resultó ser de $22{,}86\ J$

PROBLEMA 2: CHOQUE ELÁSTICO

Un cuerpo de masa 4 kg, moviéndose hacia la derecha con una velocidad inicial de 6 m/s, choca elásticamente desde atrás a otro cuerpo de 2 kg de masa que se mueve en el mismo sentido con velocidad inicial de 3 m/s, como se indica en la figura.



John Cramer – Physics 114A

Determinar las velocidades finales de ambos cuerpos.

Resolución

El problema se trata de una colisión perfectamente elástica, en el cual el cuerpo de masa m_1=4 kg, choca con velocidad $\mathbf{v}_1$=6 m/s contra el cuerpo de masa m_2=2 kg que se mueve en el mismo sentido con velocidad $\mathbf{v}_2$=3 m/s.

Por la conservación del impulso lineal resulta que:

$$m_1 \times \mathbf{v_{1f}} + m_2 \times \mathbf{v_{2f}} = m_1 \times \mathbf{v}_{\mathbf{1}i} + m_2 \times \mathbf{v}_{2i}$$

$$4kg \times \mathbf{v_{1f}} + 2kg \times \mathbf{v_{2f}} = 4kg \times 6\frac{m}{s} + 2kg \times 3\frac{m}{s}$$

Dividiendo ambos miembros por 2 kg resulta que:

$$2\mathbf{v_{1f}} + \mathbf{v_{2f}} = 2 \times 6\frac{m}{s} + 3\frac{m}{s} = 15\frac{m}{s} \qquad (1)$$

Además por conservación de la energía cinética, dado que es un choque elástico es:

$$\frac{1}{2}m_1 \times \mathbf{v_{1f}}^2 + \frac{1}{2}m_2 \times \mathbf{v_{2f}}^2 = \frac{1}{2}m_1 \times \mathbf{v}_{\mathbf{1}i}^2 + \frac{1}{2}m_2 \times \mathbf{v}_{2i}^2$$

$$2\mathbf{v_{1f}}^2 + \mathbf{v_{2f}}^2 = 2 \times 36\frac{m^2}{s^2} + 9\frac{m^2}{s^2} = 81\frac{m^2}{s^2} \qquad (2)$$

Luego de (1) y (2) por simple sustitución, por ejemplo despejando $\mathbf{v}_{2f}$ en (1) e introduciéndola en (2), resulta una ecuación cuadrática de la cual se obtiene el valor de

$\mathbf{v}_{1f}$ = 4 m/s,

(la otra solución de la ecuación cuadrática $\mathbf{v}_{1f}$ = 6 m/s, la descartamos dado que, si bien es matemáticamente correcta, implica que no se produjo colisión)

y reemplazando este valor de $\mathbf{v}_{1f}$ = 4 m/s en (1) resulta

$\mathbf{v}_{2f}$ = 7 m/s

Ambos cuerpos siguen moviéndose con la misma dirección y sentido, el cuerpo de mayor masa a menor velocidad y el de menor masa a mayor velocidad, pero conservándose tanto el impulso lineal como la energía cinética del sistema.

RESUMEN

IMPULSO LINEAL O CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Definimos a la cantidad de movimiento o impulso lineal de un cuerpo como el producto de su masa por su velocidad. Es una magnitud de carácter vectorial y, dado que la masa de un cuerpo es siempre mayor que cero, su vector impulso lineal tiene la misma dirección y sentido que su vector velocidad.

La variación del impulso lineal de un cuerpo es igual al producto de la fuerza externa neta media aplicada, multiplicada por el tiempo de aplicación de la misma.

COLISIONES

Se tratan de procesos de interacción entre dos o más cuerpos que ocurren generalmente durante un intervalo de tiempo muy corto. La cantidad de cuerpos resultantes después de la colisión puede ser igual, menor o mayor que la cantidad de cuerpos que colisionaron originalmente. Si durante la colisión no actúan fuerzas exteriores al sistema de cuerpos involucrados, entonces el impulso lineal total del sistema se mantiene constante (es igual antes que después de la colisión).

CHOQUE PLÁSTICO

En un choque plástico, o perfectamente inelástico, entre dos cuerpos, ambos cuerpos permanecen unidos como uno solo después del choque. En este caso, si bien el impulso lineal del sistema permanece constante antes y después del choque (si no actúan fuerzas externas), la energía cinética del sistema no se conserva. Se produce pérdida de la energía del sistema original, en forma de calor y deformaciones, entre otras.

CHOQUE ELÁSTICO

En un choque perfectamente elástico, si no actúan fuerzas externas, se conservan tanto el impulso lineal como la energía cinética del sistema de partículas interactuantes.