Profesor: Giovagnoli Francisco Ariel
Correo: frangiovagnoli@hotmail.com

Mecánica y Mecanismo:

5º Año Electromecánica

Trabajo Práctico N° 6

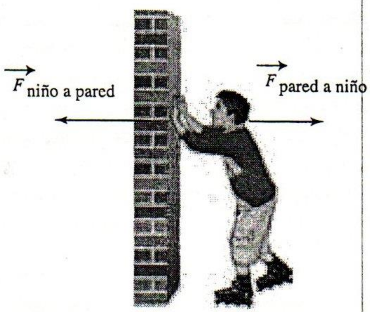
Luego de leer el apunte resolver el ejercicio Nº 1

Profesor: Giovagnoli Francisco Ariel
Correo: frangiovagnoli@hotmail.com

3. Acción y reacción – Tercera ley de Newton

3.1 La tercera ley de Newton

En la naturaleza, las fuerzas no se presentan solas, sino que forman parte de un sistema de pares de fuerzas que actúan simultáneamente. Por ejemplo, un niño que se desliza sobre unos patines, ejerce una fuerza con sus manos sobre una pared y como consecuencia de ello, el niño se separa de la pared. Esto sucede debido a que la fuerza aplicada por el niño, genera otra fuerza contraria a la que aplicó sobre la pared, como se observa en la siguiente figura.



Para explicar situaciones como la descrita enunciamos la tercera ley de Newton o principio de acción y reacción.

Definición

Si un cuerpo ejerce una fuerza (acción) sobre otro, este produce otra fuerza de la misma intensidad (reacción), pero opuesta sobre el primero.

Es importante tener en cuenta que las fuerzas de acción y reacción se aplican sobre cuerpos distintos. Así, en el ejemplo del niño sobre patines, si consideramos que la acción es la fuerza ejercida por el niño sobre la pared, la reacción es la fuerza ejercida por la pared sobre el niño, lo cual ocasiona que este se desplace.

Las fuerzas de acción y reacción se manifiestan en la naturaleza, por ejemplo algunos animales como los calamares se desplazan cuando lanzan desde el interior de su cuerpo un líquido (tinta). El animal al expulsar la tinta ejerce fuerza sobre el líquido y, en consecuencia, por el principio de acción y reacción, el líquido ejerce fuerza sobre el animal, lo cual genera que este se desplace.

Cualquier cuerpo que se encuentre en las proximidades de la Tierra experimenta la fuerza de atracción que esta le ejerce, el peso. De acuerdo con el principio de acción y reacción, también el cuerpo ejerce una fuerza de igual intensidad y opuesta sobre la Tierra. Esto significa que debido a la fuerza ejercida por el cuerpo, la Tierra experimenta aceleración, sin embargo no se percibe, puesto que de acuerdo con la segunda ley de Newton, un objeto de mayor masa experimenta menor aceleración que uno de menor masa cuando se les ejerce la misma fuerza. Puesto que la masa de la Tierra es muy grande ($6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg), la aceleración que esta experimenta es mínima.

EJERCICIO

Si un cuerpo se encuentra sobre una superficie horizontal, ¿qué cuerpo ejerce la reacción a la fuerza normal?

Profesor: Giovagnoli Francisco Ariel
Correo: frangiovagnoli@hotmail.com

Acción y reacción - Tercera ley de Newton

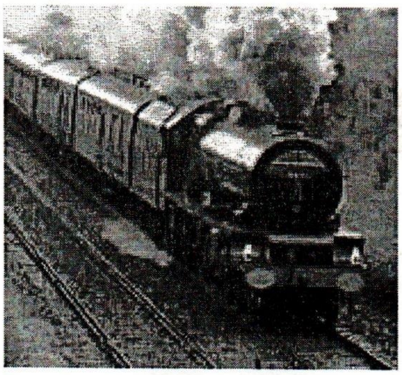


Figura 8. Las fuerzas que se ejercen la locomotora y el vagón constituyen un par acción-reacción.

En síntesis, dos cuerpos que interactúan mutuamente ejercen fuerzas de igual intensidad pero opuestas, una de ellas la acción y la otra la reacción. Cualquiera de las dos corresponde a la acción o a la reacción. Por ejemplo, cuando una locomotora hala un vagón le ejerce fuerza y, en consecuencia, el vagón le ejerce una fuerza de igual intensidad y opuesta (figura 8). En este caso no podemos determinar cuál de las fuerzas es la acción y cuál es la reacción, ya que si consideramos que la fuerza que ejerce la locomotora es la acción, entonces la fuerza que ejerce el vagón es la reacción y si la fuerza que ejerce el vagón se considera como la acción, la fuerza que ejerce la locomotora es la reacción.

Aunque las fuerzas de acción y reacción entre pares de cuerpos, son de igual intensidad y opuestas, no ocasionan que el conjunto esté en reposo o que se mueva con velocidad constante, ya que, cada una actúa sobre un cuerpo distinto y por tanto ninguno de los dos puede estar en reposo, a menos que existan otras fuerzas que contrarresten a las anteriores. Por ejemplo, es claro que cuando la locomotora hala el vagón lo pone en movimiento. De acuerdo con el principio de acción y reacción la fuerza que ejerce la locomotora sobre el vagón es de igual intensidad y opuesta a la que ejerce el vagón sobre la locomotora, sin embargo, las fuerzas no se anulan entre sí porque actúan sobre cuerpos diferentes y entonces no podemos esperar que el sistema locomotora-vagón necesariamente se encuentre en reposo o se mueva con velocidad constante.

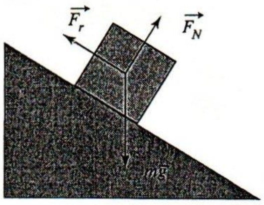
EJEMPLO

Un cuerpo se coloca sobre un plano inclinado.

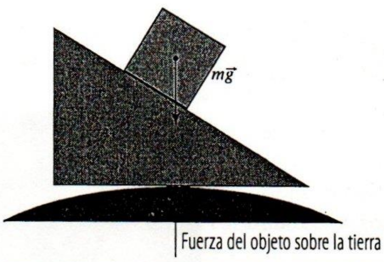
a. Dibujar las fuerzas que actúan sobre el cuerpo e indicar qué cuerpo las ejerce.
b. Determinar la fuerza de reacción a cada una de las fuerzas y representarlas gráficamente.

Solución:

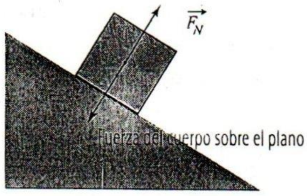
En la figura se representan las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.



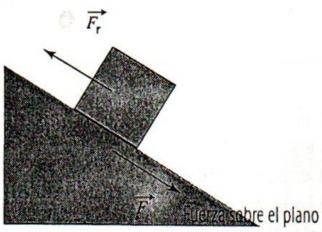
Si consideramos que el peso es la acción, entonces, la reacción es la fuerza que ejerce el objeto sobre la Tierra.



Si consideramos la fuerza normal como la acción, entonces, la reacción es la fuerza que ejerce el cuerpo sobre la superficie del plano inclinado.



La reacción a la fuerza de rozamiento es una fuerza que ejerce el cuerpo sobre la superficie como lo muestra la figura.



3.2 La cantidad de movimiento lineal

Alguna vez te has preguntado ¿cómo puede un karateca romper una fila de ladrillos sin romper su mano? ¿Por qué es más difícil detener una pelota cuando se mueve rápido que cuando se mueve despacio?

Como ya lo hemos dicho, para detener un objeto es necesario aplicarle una fuerza y efectivamente la experiencia nos muestra que tenemos mayor dificultad cuanto mayor es la rapidez con la que se mueve el objeto. La experiencia también nos muestra que si dos cuerpos de diferente masa se mueven con la misma rapidez, tenemos mayor dificultad para detener el cuerpo con mayor masa. Lo anterior sugiere que para describir este tipo de situaciones debemos tener en cuenta dos factores, la masa y la velocidad de los objetos. Estas dos magnitudes se relacionan con la magnitud llamada cantidad de **movimiento lineal** o **momentum lineal.**

Newton, en su obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, definió la cantidad de movimiento como: *La cantidad de movimiento es la medida del mismo, que nace de la velocidad y de la cantidad de materia conjuntamente.*

En la definición propuesta, Newton menciona la cantidad de materia, sin embargo, cuando definimos masa en el tema anterior, establecimos que esta es una medida de la resistencia que presenta un objeto al que se le cambia su estado de movimiento, definición de masa que es más precisa que la de cantidad de materia.

EJERCICIO

Plantea un ejemplo de un automóvil cuya masa es 1.000 kg y cuya cantidad de movimiento lineal es igual a la tuya en una situación en la cual corres.

Definición

El momentum lineal o cantidad de movimiento lineal, p, de un cuerpo se define como el producto de la masa del cuerpo por la velocidad.

La expresión que describe la cantidad de movimiento lineal es:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Como el producto de una magnitud escalar positiva (la masa) por un vector (la velocidad), es un vector con la misma dirección, tenemos que la dirección del vector cantidad de movimiento coincide con la dirección del vector velocidad.

Para la norma de la cantidad de movimiento se cumple que $\vec{p} = m\vec{v}$

La unidad de medida de la cantidad de movimiento en el SI es el kg · m/s

Por ejemplo, si un automóvil de masa 1.000 kg se mueve con velocidad de 72 km/h hacia el norte y un camión de masa 8.000 kg se mueve con velocidad 9 km/h hacia el norte, podemos verificar que la cantidad de movimiento de los dos vehículos es la misma.

$$p_{automóvil} = m_{automóvil} \cdot v_{automóvil}$$
$$p_{automóvil} = 1.000 \text{ kg} \cdot 20 \text{ m/s}$$
$$p_{automóvil} = 20.000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$
$$p_{camión} = m_{camión} \cdot v_{camión}$$
$$p_{camión} = 8.000 \text{ kg} \cdot 2{,}5 \text{ m/s}$$
$$p_{camión} = 20.000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Observemos que la cantidad de movimiento de un sistema aumenta cuando aumenta su rapidez y la masa permanece constante o cuando aumenta la masa y la rapidez permanece constante.

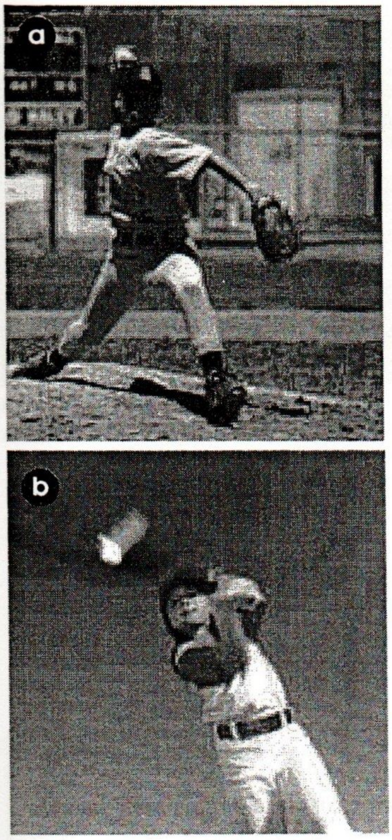


Figura 9. Fuerzas no tan intensas aplicadas durante largos períodos de tiempo (a) pueden producir igual impulso que fuerzas muy intensas aplicadas durante intervalos de tiempo muy cortos (b).

3.3 Impulso mecánico

Al cambiar la cantidad de movimiento de un cuerpo, cambia su masa o cambia su velocidad o cambian la masa y la velocidad. La experiencia diaria nos indica que, la masa de los objetos permanece constante y, por lo general, varía la velocidad, es decir, se produce una aceleración. Dicha aceleración se produce como resultado de una fuerza que actúa sobre el cuerpo durante un tiempo determinado.

Como sabemos, un factor importante en el movimiento de los cuerpos es el tiempo durante el cual se ejerce la fuerza. Si se aplica una fuerza durante un intervalo de tiempo corto, el cambio en la cantidad de movimiento es pequeño, y si se aplica la misma fuerza durante un intervalo de tiempo mayor, el cambio en la cantidad de movimiento es mayor.

Si suponemos que un cuerpo se mueve en línea recta con aceleración constante y su velocidad cambia de v_0 a v durante un intervalo de tiempo Δt, entonces se tiene que:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$$

Como $F_{neta} = m \cdot a$

Tenemos,

$$F_{neta} = m \cdot \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{m \cdot v - m \cdot v_0}{\Delta t}$$

Si la cantidad de movimiento inicial es $p_0 = m \cdot v_0$ y la cantidad de movimiento cuando ha transcurrido el intervalo de tiempo Δt es $p = m \cdot v$, entonces:

$$F_{neta} = \frac{p - p_0}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Lo cual significa que la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es igual a la razón de cambio de la cantidad de movimiento con respecto al tiempo. Esta expresión muestra que cuanto más intensa es una fuerza, más rápido cambia la cantidad de movimiento del objeto; de la misma manera, si la fuerza no es tan intensa, la cantidad de movimiento del objeto cambia lentamente.

El producto de la fuerza que actúa sobre un cuerpo por el tiempo durante el cual esta actúa recibe el nombre de **impulso mecánico**, I. Es decir,

$$I = F_{neta} \cdot \Delta t$$

Como $F_{neta} \cdot \Delta t = p - p_0$, tenemos

$$I = p - p_0$$

Es decir, que la variación de la cantidad de movimiento de un cuerpo es igual al impulso que actúa sobre el cuerpo.

Esta relación permite explicar por qué fuerzas no tan intensas como la que ejerce el lanzador en béisbol, que actúan durante un intervalo de tiempo largo (figura a), producen efectos comparables con los de fuerzas intensas, como la que ejerce el bateador de béisbol con el bate, que actúan durante intervalos de tiempo cortos (figura b).

La unidad de medida del impulso en el SI es el N · s.

✱ EJEMPLO

La masa de un balón de fútbol es 450 g. Si el tiempo de contacto entre el pie y un balón en reposo, durante un puntapié, para que este adquiera una velocidad de 20 m/s, es de $8 \cdot 10^{-3}$ s, determinar:

a. El impulso producido por el puntapié.

b. La fuerza ejercida sobre el balón.

Solución:

a. La cantidad de movimiento inicial es 0 y la cantidad de movimiento final se calcula mediante:

$p = m \cdot v$

$p = 0{,}450 \text{ kg} \cdot 20 \text{ m/s}$ *Al remplazar*

$p = 9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ *Al calcular*

Para determinar el impulso, tenemos:

$I = p - p_0$

$I = 9 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 0$ *Al remplazar*

$I = 9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ *Al calcular*

El impulso producido por el puntapié es 9 kg · m/s

b. Para calcular la fuerza ejercida sobre el balón, tenemos que:

$I = F_{neta} \cdot \Delta t$

$F_{neta} = \dfrac{I}{\Delta t}$ *Al despejar F_{neta}*

$F_{neta} = \dfrac{9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{8 \cdot 10^{-3} \text{ s}}$ *Al remplazar*

$F_{neta} = 1.125 \text{ N}$ *Al calcular*

La fuerza ejercida sobre el balón es 1.125 N.

3.4 La conservación de la cantidad de movimiento

Consideremos un sistema formado por dos esferas. Se dice que este sistema es aislado porque las únicas fuerzas que actúan sobre ellas son las que se ejercen mutuamente (figura 10).

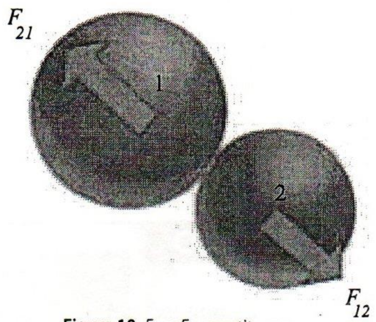


Figura 10. F_{12} y F_{21} constituyen un par acción-reacción.

De acuerdo con el principio de acción y reacción, la fuerza que ejerce la esfera 1 sobre la esfera 2 (F_{12}) es de igual intensidad y opuesta a la fuerza que ejerce la esfera 2 sobre la esfera 1 (F_{21}). Es decir, $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Como la segunda ley de Newton, expresada en términos de la cantidad de movimiento p, establece que la fuerza es igual a la razón de cambio de la cantidad de movimiento con respecto al tiempo, tenemos que las fuerzas que experimentan la esfera 1 y la esfera 2 son respectivamente:

$$F_{21} = \frac{\Delta p_1}{\Delta t} \text{ y } F_{12} = \frac{\Delta p_2}{\Delta t}$$

Por tanto,

$$\frac{\Delta p_2}{\Delta t} = -\frac{\Delta p_1}{\Delta t}$$

El tiempo durante el cual la esfera 1 ejerce fuerza sobre la esfera 2 es igual al tiempo durante el cual la esfera 2 ejerce fuerza sobre la esfera 1, por ende, los cambios de cantidad de movimiento se relacionan mediante la expresión:

$$\Delta p_2 = -\Delta p_1$$

es decir,

$$p_2 - p_{2_0} = -(p_1 - p_{1_0})$$

Profesor: Giovagnoli Francisco Ariel
Correo: frangiovagnoli@hotmail.com

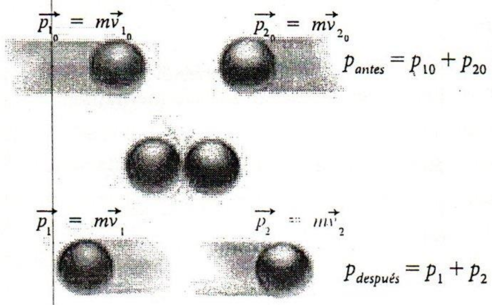
Acción y reacción - Tercera ley de Newton

La expresión anterior significa que una disminución en la cantidad de movimiento de la esfera 1 se manifiesta como un aumento de la cantidad de movimiento de la esfera 2.

Esta relación se expresa como:

$p_1 + p_2 = p_{1_0} + p_{2_0} =$ constante

Observemos la siguiente figura:



Se concluye que la suma de las cantidades de movimiento de dos objetos que conforman un sistema aislado, antes de que interactúen, es igual a la suma de las cantidades de movimiento de los dos objetos después de la interacción, es decir:

$$p_{antes} = p_{después}$$

En consecuencia la cantidad de movimiento de un sistema aislado permanece constante.

El principio de conservación de la cantidad de movimiento lineal es equivalente a la tercera ley de Newton. Este principio se aplica a un sistema aislado que contenga dos o más partículas. En un sistema conformado por tres partículas que interactúan, cada una experimenta como fuerza la suma de las fuerzas que le ejercen las otras dos.

EJERCICIO Nº 1

Después de una explosión interna un objeto de masa 4,0 kg, inicialmente en reposo, se divide en dos fragmentos, uno de los cuales, de masa 2,5 kg, sale proyectado hacia la derecha con velocidad de 40 m/s. Determinar la velocidad del otro fragmento después de la explosión.

Escuela de Educación Secundaria Técnica N°1
Juan Bautista Alberdi
Conesa

Profesor: Giovagnoli Francisco Ariel
Correo: frangiovagnoli@hotmail.com

3.5 Los sistemas de propulsión

Los sistemas de propulsión como el empleado para producir el movimiento de los cohetes son una aplicación del principio de acción y reacción (figura 11). En este caso, los gases que escapan del combustible quemado son expulsados por la parte posterior del cohete y, en consecuencia, el cohete experimenta aceleración hacia adelante debida a la fuerza que ejercen los gases expulsados.

Pero, ¿por qué un cohete se puede mover sin la interacción de cuerpo alguno? Supongamos que el cohete inicialmente se encuentra en reposo, entonces la cantidad de movimiento total del sistema es igual a cero. Una vez en movimiento, la cantidad de movimiento de los gases que escapan es igual a la cantidad de movimiento del cohete, aunque opuesta. Cuando el cohete expulsa los gases, además de recibir aceleración por efecto de la fuerza que le ejercen los gases, disminuye su masa, lo cual contribuye a que experimente un aumento en la rapidez.

En síntesis, en el movimiento de los cohetes se conjugan dos factores: el primero es la fuerza que ejercen los gases expulsados, la cual es reacción a la fuerza que la nave les ejerce al expulsarlos. El segundo factor es la continua disminución de la masa, lo cual aumenta su rapidez.

En el despegue de un cohete, los gases son expulsados a miles de metros por segundo. Algunos cohetes se denominan cohetes de múltiples etapas, debido a que en su trayecto, se despojan de algunas partes. En consecuencia, su masa disminuye significativamente aumentando de esta manera su rapidez.

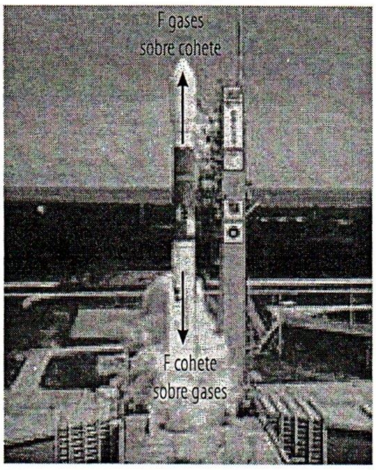
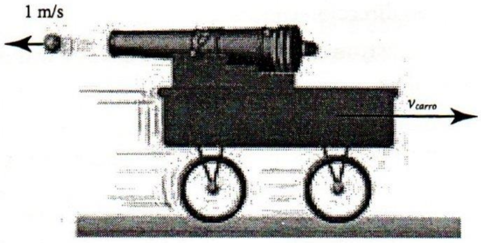


Figura 11. Cohete impulsado por un sistema de propulsión.

✱ EJEMPLO

Un pequeño carro provisto de un cañón cuya masa total es 20,0 kg se mueve con velocidad de 5,0 m/s hacia la derecha. En determinado instante dispara un proyectil de 1,0 kg con una velocidad de 1,0 m/s, con respecto a la vía. Determinar la velocidad del carro con respecto a la vía después del disparo.



Solución:

Antes del disparo, la cantidad de movimiento del sistema es:

$$p_{antes} = m_{inicial\ carro} \cdot v_{inicial\ carro}$$
$$p_{antes} = 20{,}0\ \text{kg} \cdot 5{,}0\ \text{m/s} = 100\ \text{kg} \cdot \text{m/s}$$

Después del disparo, la cantidad de movimiento del sistema carro proyectil es:

$$p_{después} = m_{proyectil} \cdot v_{proyectil} + m_{restante\ carro} \cdot v_{carro}$$
$$p_{después} = -1{,}0\ \text{kg} \cdot 1{,}0\ \text{m/s} + 19{,}0\ \text{kg} \cdot v_{carro}$$

Como:

$$p_{antes} = p_{después}$$
$$100\ \text{kg} \cdot \text{m/s} = -1{,}0\ \text{kg} \cdot 1{,}0\ \text{m/s} + 19{,}0\ \text{kg} \cdot v_{carro} \qquad \textit{Al remplazar}$$
$$v_{carro} = 5{,}3\ \text{m/s} \qquad \textit{Al calcular}$$

La velocidad del carro después del disparo es 5,3 m/s.

Escuela de Educación Secundaria Técnica N°1
Juan Bautista Alberdi
Conesa

Profesor: Giovagnoli Francisco Ariel
Correo: frangiovagnoli@hotmail.com

3.6 Colisiones

En muchas situaciones cotidianas observamos que se producen colisiones entre objetos, por ejemplo, lo que sucede con las bolas de billar, o el comportamiento de las partículas de un gas. Una colisión es una interacción entre objetos en la que se produce transferencia de cantidad de movimiento, en ausencia de fuerzas externas. La cantidad de movimiento del sistema conformado por los objetos que interactúan antes de la colisión es igual a la cantidad de movimiento después de la colisión. Para la cantidad de movimiento total de un sistema en una colisión se cumple que:

$$p_{antes} = p_{después}$$

Cuando se produce una colisión entre dos objetos que se encuentran sobre una superficie es posible que la fuerza de rozamiento actúe sobre ellas, la cual es una fuerza externa. Sin embargo, la presencia de esta fuerza no le resta precisión a los cálculos que hacemos a partir de la conservación de la cantidad de movimiento, ya que la fuerza de rozamiento es muy pequeña comparada con la fuerza que se ejercen los objetos entre sí.

Puesto que la cantidad de movimiento es un vector, cuando consideramos colisiones que ocurren en el plano, como es el caso de dos objetos que colisionan pero no frontalmente, representamos la situación en el plano cartesiano y por ende, debemos tener en cuenta las componentes de la cantidad de movimiento tanto en el eje x como en el eje y.

✱ EJEMPLOS

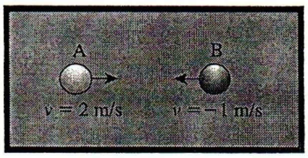
1. **Dos bolas de pool A y B de masa m se dirigen una hacia la otra, chocando frontalmente. La bola A se mueve con velocidad de 2 m/s y la bola B con velocidad de 1 m/s.**
   a. Determinar la velocidad de la bola A, si después del choque la bola B se mueve con velocidad de 0,6 m/s en dirección contraria a la inicial.
   b. Construir un diagrama de vectores que ilustre el movimiento de las bolas antes y después de la colisión.

Solución:

Determinamos la cantidad de movimiento de las bolas antes y después de la colisión. A la velocidad de la esfera B antes de la colisión le asignamos signo menos puesto que se mueve en dirección contraria a la esfera A.

$$p_{antes} = p_{A_{antes}} + p_{B_{antes}} = m \cdot v_{A_{antes}} + m \cdot v_{B_{antes}} = m \cdot (2\ m/s - 1\ m/s)$$

$$p_{después} = p_{A_{después}} + p_{B_{después}} = m \cdot v_{A_{después}} + m \cdot v_{B_{después}} = m \cdot (v_{A_{después}} + 0{,}6\ m/s)$$



Como,

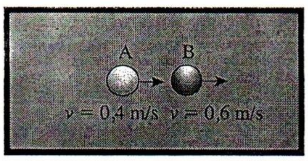
$$p_{antes} = p_{después}$$

$$m \cdot (2\ m/s - 1\ m/s) = m\,(v_{A_{después}} + 0{,}6\ m/s)$$

De donde:

$$2\ m/s - 1\ m/s = v_{A_{después}} + 0{,}6\ m/s$$

$$v_{A_{después}} = 0{,}4\ m/s$$



La velocidad de la esfera A después de la colisión es 0,4 m/s.
La esfera A disminuyó su rapidez pero no cambió de dirección.

2. **Una esfera A de masa 0,5 kg se mueve con velocidad de 2 m/s y choca de manera no frontal con otra esfera B de masa 0,8 kg que se encuentra en reposo. Después de la colisión la esfera A se desvía 30° con respecto a su dirección inicial y se mueve con velocidad de 1 m/s. Determinar la velocidad de la esfera B después del choque.**

Solución:

Analizamos la cantidad de movimiento del sistema antes y después de la colisión. Puesto que el proceso ocurre en el plano debemos considerar las componentes en el eje x y en el eje y.

Antes de la colisión tenemos

- Para la esfera A:

$p_{A_{antes\,x}} = 0{,}5 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$p_{A_{antes\,y}} = 0$

$\vec{p}_{A_{antes}} = (1, 0)$ Componentes medidas en kg · m/s

- Para la esfera B:

$\vec{p}_{B_{antes\,x}} = 0$ y $p_{B_{antes\,y}} = 0$

$p_{B_{antes}} = (0, 0)$

Por tanto,

$\vec{p}_{antes} = \vec{p}_{A_{antes}} + \vec{p}_{B_{antes}}$

$\vec{p}_{antes} = (1, 0) + (0, 0) = (1, 0)$

Componentes medidas en kg · m/s.

Después de la colisión tenemos:

- Para la esfera A:

$v_{Ax} = 1 \text{ m/s} \cdot \cos 30° = 0{,}87 \text{ m/s}$

$v_{Ay} = 1 \text{ m/s} \cdot \text{sen } 30° = 0{,}5 \text{ m/s}.$

Por tanto,

$p_{A_{después\,x}} = 0{,}5 \text{ kg} \cdot 0{,}87 \text{ m/s} = 0{,}43 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$p_{A_{después\,y}} = 0{,}5 \text{ kg} \cdot 0{,}5 \text{ m/s} = 0{,}25 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$\vec{p}_{A_{después}} = (0{,}43; 0{,}25)$

Componentes medidas en kg · m/s

- Para la esfera B:

$\vec{p}_{B_{después}} = (p_{Bx}, p_{By})$

$\vec{p}_{después} = (0{,}43; 0{,}25) + (p_{Bx}, p_{By})$

$\vec{p}_{después} = (0{,}43 + p_{Bx}; 0{,}25 + p_{By})$

Componentes medidas en kg · m/s

Puesto que:

$\vec{p}_{antes} = \vec{p}_{después}$

$(1, 0) = (0{,}43 + p_{Bx}; 0{,}25 + p_{By})$

Luego,

$1 = 0{,}43 + p_{B_x}$

$0 = 0{,}25 + p_{B_y}$

Por tanto,

$p_{Bx} = 0{,}57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$p_{By} = -0{,}25 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

De donde,

$0{,}8 \text{ kg} \cdot v_{Bx_{después}} = 0{,}57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$0{,}8 \text{ kg} \cdot v_{By_{después}} = -0{,}25 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Luego,

$v_{B_x} = 0{,}71$ m/s y

$v_{B_y} = -0{,}31$ m/s

La velocidad de la esfera B después de la colisión se representa por el vector:

$\vec{v}_{B_{después}} = (0{,}71, -0{,}31)$

Componentes medidas en m/s.

La norma del vector velocidad de la esfera B después de la colisión es:

$$\| v_{B_{después}} \| = \sqrt{(0{,}71 \text{ m/s})^2 + (0{,}31 \text{ m/s})^2} = 0{,}77 \text{ m/s}$$

El ángulo que forma la velocidad de B con la dirección inicial de la esfera A se calcula mediante:

$$\tan \alpha = \frac{-0{,}31}{0{,}71} = -0{,}4$$

Luego,

$\alpha = \tan^{-1}(-0{,}4).$

$\alpha = -21{,}8°$

La esfera B, se mueve con velocidad de 0,77 m/s formando un ángulo de −21,8° con la dirección inicial de la esfera A, como muestra la figura.