FQ1 - Tema 5.2: Dinámica: Choques y conservación del momento lineal

Dinámica: Choques y conservación del momento lineal

Física y Química

1.º Bachillerato

Contenidos

Dinámica

Choques y conservación del momento lineal

1. Introducción

¿Por qué es más difícil detener a un camión que a una mosca si se mueven a la misma velocidad? ¿Por qué es más doloroso caer sobre una superficie de cemento que sobre una alfombra? ¿Qué ocurre cuando chocan dos bolas de billar? ¿Cómo actúa el *airbag* de un coche?

Al golpear una pelota con una raqueta, un palo de golf o un bate de béisbol, experimenta un cambio muy grande en su velocidad en un tiempo muy pequeño.

Todos estos hechos tienen en común la magnitud **cantidad de movimiento** o **momento lineal**. Esta magnitud combina la inercia y el movimiento, o lo que es lo mismo, la masa y la velocidad.

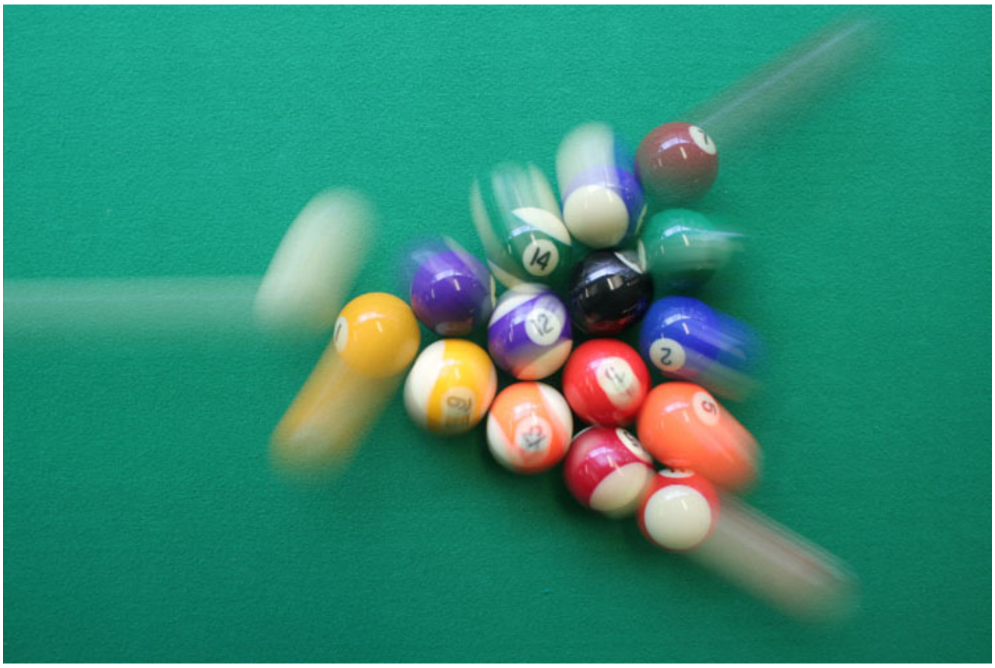


Imagen de No-w-ay en Wikimedia Commons. CC

2. Momento lineal de una partícula

Seguramente habrás observado que es más difícil detener un coche cuanta más velocidad lleve o que si tenemos un camión y un coche que se mueven con la misma velocidad es más difícil detener el camión.

Newton llamó cantidad de movimiento de un cuerpo a la magnitud que caracteriza su estado de movimiento y la definió como:

$$p = m \cdot v$$

donde **m** es la masa y **v** la velocidad.

Importante

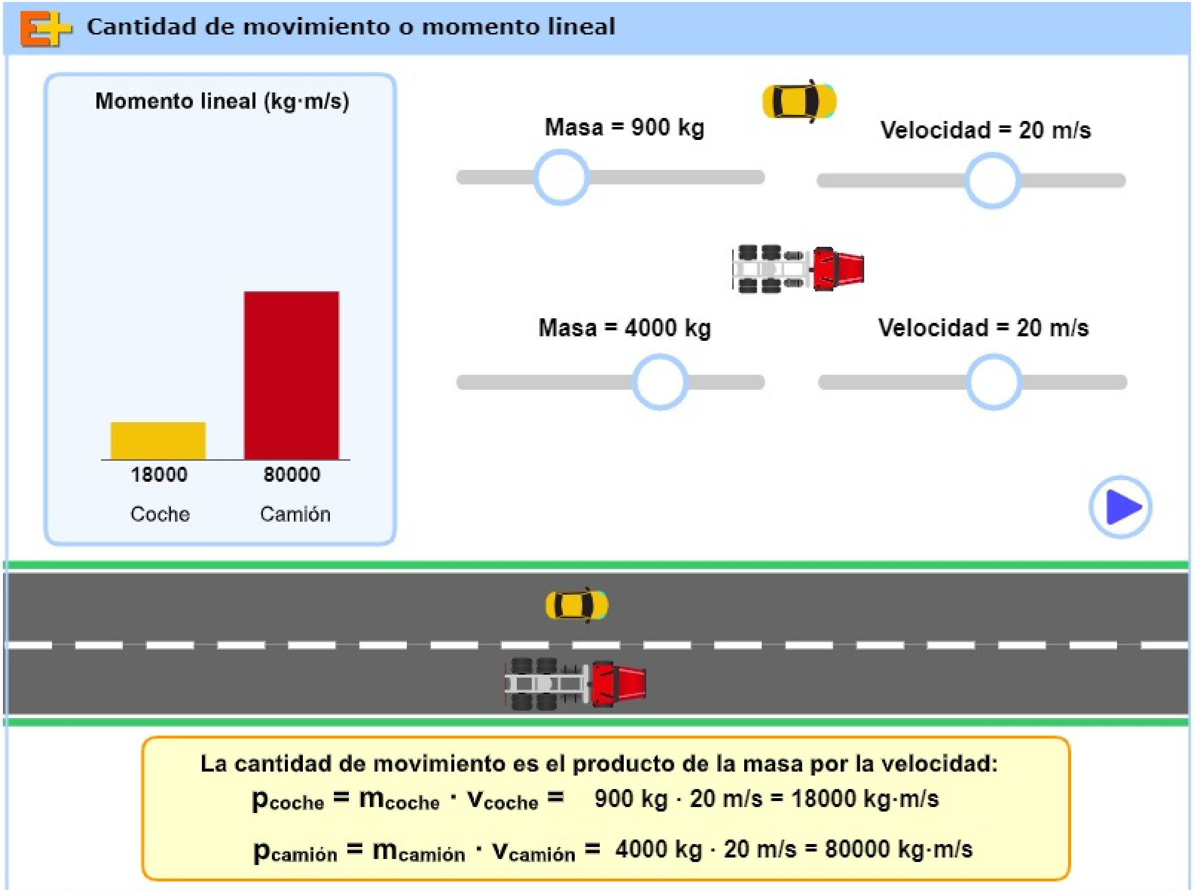
La cantidad de movimiento o momento lineal, $\vec{p}$, de un cuerpo es el producto de su masa por la velocidad con que se mueve.

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

$\vec{p}$ es un vector de módulo m·v, con la misma dirección y sentido que el vector velocidad.

La unidad de cantidad de movimiento en el S.I. es el **kg·m/s** , que no tiene nombre propio.

Un cuerpo puede tener una gran cantidad de movimiento si tiene una masa muy grande o si se mueve a gran velocidad.



Simulación de Jesús Peñas en Educaplus

Manipulando la simulación anterior, observarás que, como la masa del camión es mayor que la del coche, será necesario aumentar la velocidad del coche si queremos que ambos tengan la misma cantidad de movimiento.

Caso práctico

Imagen de bradleypjohnson en Flickr. CC

La cantidad de movimiento de un camión de 12 toneladas que se mueve con una velocidad de 15 km/h es la misma que la de una coche de 900 kg. ¿Con qué velocidad debería moverse el coche que la afirmación anterior fuera cierta?

$p = mv$

y por tanto:

12000 kg · 15 km/h = 900 kg . v

v = 200 km/h

Comprueba lo aprendido

Una persona de 75 kg camina con una velocidad de 2 m/s. ¿Cuál es su cantidad de movimiento?

- ○ 150 kg·m/s
- ○ 37.5 kg·m/s
- ○ 150 N
- ○ 150 kg·m/s^2

¡Correcto! La cantidad de movimiento es p = m·v = 75 kg . 2 m/s = 150 kg·m/s

¡Incorrecto! La cantidad de movimiento es p = m·v = 75 kg . 2 m/s = 150 kg·m/s

¡Incorrecto! La cantidad de movimiento es p = m·v = 75 kg . 2 m/s = 150 kg·m/s

¡Incorrecto! La cantidad de movimiento es p = m·v = 75 kg . 2 m/s = 150 kg·m/s

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Incorrecto

2.1. Impulso mecánico

El efecto que produce una fuerza que actúa sobre un cuerpo depende del tiempo que está actuando. Para medir este efecto se define la magnitud impulso mecánico.

En el siguiente simulador puedes ver que si impulsamos (aplicamos una fuerza durante un intervalo de tiempo), la nave aumenta su velocidad mientras dura la acción de la fuerza, o dicho de otra forma la nave sufre un cambio en su cantidad de movimiento.

Enlace a recurso reproducible >> http://www.youtube.com/embed/eJxqSSDD8gE

Grabación de simulación de Jesús Peñas en Educaplus

Importante

El impulso mecánico se define como el producto de la fuerza por el intervalo de tiempo que esta actúa:

$$\overrightarrow{I} = \overrightarrow{F} \cdot \Delta t$$

El impulso es una magnitud vectorial que tiene la dirección y el sentido de la fuerza que lo produce. Su unidad en el S.I. es el **N·s** (newton por segundo).

Como puedes deducir de la ecuación, si quieres comunicar un gran impulso a un cuerpo deberás aplicar una fuerza muy grande el mayor tiempo posible.

Caso práctico

Un palo de golf impacta en una bola con una fuerza media de 2500 N. Si el tiempo de contacto entre el palo y la bola es de dos milésima de segundo, ¿cuál es el impulso que comunica a la bola?

$$I = F \cdot \triangle t$$

y sustituyendo

I = 2500 N · 0.002 s = 5 N·s

Comprueba lo aprendido

¿Qué afirmación sobre la cantidad de movimiento o el impulso mecánico es correcta?

- ○ El impulso y la cantidad de movimiento son magnitudes escalares.
- ○ El impulso es una fuerza.
- ○ La unidad de cantidad de movimiento es kg·m/s^2.
- ○ La unidad de impulso es N·s.

¡Incorrecto! El impulso mecánico y la cantidad de movimiento son magnitudes vectoriales por definición.

¡Incorrecto! El impulso se define como el producto de una fuerza por el tiempo que actúa.

¡Incorrecto! La cantidad de movimiento es el producto de una masa por una velocidad y su unidad es kg.m/s.

¡Correcto! El impulso se define como el producto de una fuerza por el tiempo que actúa.

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Opción correcta

2.2. Teorema del impulso mecánico

Enlace a recurso reproducible >> http://www.youtube.com/embed/yDWMS6Oj1U0

Vídeo de nando15 alojado en Youtube

En el vídeo anterior puedes ver el despegue del transbordador espacial. La nave asciende cada vez con más velocidad debido al efecto continuado de la fuerza que proporcionan los propulsores.

Si el momento lineal caracteriza el estado de movimiento de un cuerpo y el impulso mecánico es consecuencia de una fuerza que actúa sobre un cuerpo y modifica su estado de movimiento. podemos pensar que estas dos magnitudes están relacionadas, y así es.

Según la segunda ley de Newton,

$$\overrightarrow{F} = m \cdot \overrightarrow{a}$$

y, de acuerdo con lo que aprendiste en el movimiento uniformemente acelerado, la aceleración es

$$\overrightarrow{a} = \frac{\Delta \overrightarrow{v}}{\Delta t}$$

Sustituyendo:

$$\overrightarrow{F} = m \cdot \frac{\Delta \overrightarrow{v}}{\Delta t}$$

Y como

$$m \cdot \Delta \overrightarrow{v} = \Delta \overrightarrow{p}$$

sustituimos y tenemos que:

$$\overrightarrow{F} = \frac{\Delta \overrightarrow{p}}{\Delta t}$$

Importante

La variación del momento lineal o cantidad de movimiento de un cuerpo en la unidad de tiempo mide la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo.

$$\overrightarrow{F} = \frac{\Delta \overrightarrow{p}}{\Delta t}$$

El enunciado anterior es otra forma de expresar la segunda ley de Newton y así fue formulada por él.

Despejando la expresión anterior puedes obtener el **Teorema del impulso mecánico**.

Importante

Importante

Teorema del impulso mecánico:

$$\overrightarrow{F} \cdot \Delta t = \Delta \overrightarrow{p}$$

El impulso mecánico de una fuerza se emplea en cambiar el momento lineal del cuerpo que recibe la fuerza.

Como puedes deducir de la ecuación anterior la unidad de impulso mecánico, que en el S.I. es N·s es equivalente a la unidad de cantidad de movimiento kg·m/s.

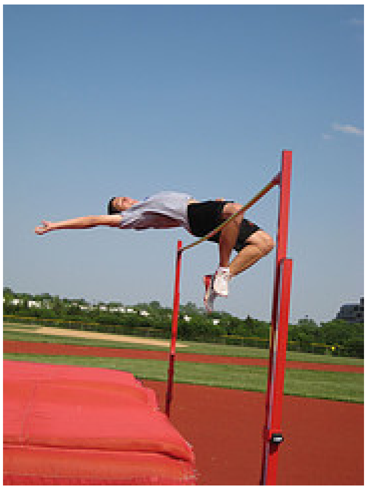


Imagen de Westmont Track and Field en Flickr. CC

El teorema del impulso tiene una gran importancia en aplicaciones de la vida diaria.

Por ejemplo en el salto con pértiga o en el salto de altura los saltadores caen sobre una colchoneta; nosotros mismos cuando saltamos desde un lugar un poco elevado flexionamos las rodilla para "suavizar la caída".

Los coches disponen de sistemas como el parachoques, el cinturón de seguridad o el airbag, que tienen funciones parecidas.

En todos estos casos se intenta que el impulso necesario para detener a la persona se realice en un tiempo mayor, con lo que la fuerza que deberá soportar su estructura corporal será menor y, por lo tanto, será más difícil lesionarse.

Ejercicio Resuelto

Sobre un cuerpo de 75 kg actúa una fuerza de 55 N durante 14 s.

Calcula:

a) El impulso de la fuerza.

b) La variación de la cantidad de movimiento del cuerpo.

c) Su velocidad final si en el momento de actuar la fuerza, el cuerpo se mueve a 9 m/s.

a) El impulso mecánico es :

$I = F \cdot \Delta t = 55\ N \cdot 14\ s = 770\ N \cdot s$

b) Basándonos en el teorema del impulso mecánico, la variación de la cantidad de movimiento será igual que el impulso, es decir 770 N·s ó 770 kg·m/s

c) Como $\Delta p = m\ \Delta v = m\ (v_f - v_i)$

$770\ kg \cdot m/s = 75\ kg\ (v_f - 9\ m/s)$

$10.27\ m/s = v_f - 9\ m/s$

$19.27\ m/s = v_f$

Comprueba lo aprendido

En el fregadero de la cocina solemos colocar una alfombrilla para que los platos no se rompan fácilmente.

○ Verdadero ○ Falso

Verdadero

El plato tiene más posibilidades de permanecer intacto si se resbala y cae de nuestras manos al chocar con la alfombrilla, ya que el tiempo de impacto es mayor y la fuerza media que actúa sobre él es más pequeña.

2.3. Aplicaciones del teorema del impulso mecánico

Imagen de Eckhard Pecher enWikimedia Commons. CC

El teorema del impulso tiene una gran importancia en aplicaciones de la vida diaria.

Seguramente habrás visto que los saltadores de altura o pértiga siempre caen sobre una colchoneta. Tú mismo, al saltar desde un lugar un poco elevado, doblas las rodillas al tocar el suelo.

Los automóviles incorporan sistemas como el parachoques, el cinturón de seguridad o el *airbag*, que tienen funciones parecidas. En todos estos casos se intenta que el impulso necesario para detener a la persona se obtenga en un tiempo mayor, con lo que la fuerza que deberá soportar su estructura corporal será menor y, por lo tanto, será más difícil lesionarse.

En muchos casos, cuando tratas de detener un cuerpo, éste rebota. El impulso mecánico necesario será mayor.

Caso práctico

Una persona de 70 kg no cree lo que le han contado sobre flexionar las piernas al caer e intenta caer en los saltos con las piernas rígidas. ¿Desde qué altura podrá saltar para no lesionarse si sigue con su testarudez? Datos: fuerza (de compresión) que puede soportar la tibia de una persona sin romperse 50000 N; tiempo que está actuando hasta que se para, 3,5 ms.

Primero decidimos que vamos a escoger un sistema de referencia con origen en la colchoneta de modo que las magnitudes que apunten hacia abajo se consideran positivas.

Conociendo la fuerza de compresión que ejercida sobre las tibias frena en seco el golpe y el tiempo que dura este impacto, podemos determinar el impulso:

$F.t = -100\,000 \,.\, 0{,}0035 = -350\ N\cdot s$

Sabemos que este impulso coincide con la variación de la cantidad de movimiento. Como antes de impactar lleva una velocidad desconocida v_1 y después está parado (v_2=0m/s), obtenemos que

$F\cdot t=m\cdot v_2-m\cdot v_1$

$-350=-70\cdot v_1$

$v_1=5m/s$

Ahora tenemos que calcular desde qué altura ha caído para que alcance esta velocidad a partir de la cual el impacto romperá las tibias. Escribimos las ecuaciones de la posición y la velocidad para una caída libre:

$y=y_o+v_o\cdot t+1/2\cdot g\cdot t^2$

$v_y= v_o+g\cdot t$

En nuestro caso particular, siguiendo con el mismo criterio de signos que antes, la altura al final de la caída será cero, al principio h metros tomados hacia arriba, la velocidad inicial es nula porque el hombre se deja caer y la aceleración de la gravedad es 10 m/s^2 positivos.

$0=-h+0\cdot t+5\cdot t^2$; $h=5t^2$

$5= 10\cdot t$

De la segunda ecuación despejamos el tiempo y sustituyendo en la primera obtenemos la altura.

$t= 0.5$ s

$h=1.25$ m

Si la persona anterior hace caso y flexiona las piernas, el tiempo que actúan las fuerzas aumenta hasta 0,125 s. En este caso son los tendones y ligamentos los responsables de parar al cuerpo. La fuerza que pueden soportar es 20 veces menor que la que soportan los huesos. ¿Cuál será la altura en este caso?

Como la fuerza es 20 veces inferior, el impulso valdrá:

$F.t = -5\ 000 \ . \ 0{,}125 = -625$ N·s

La velocidad de impacto ahora será mayor:

$-625=-70\cdot v_1$

$v_1=8.93 m/s$

y en consecuencia la altura también

$0=-h+0\cdot t+5\cdot t^2$; $h=5t^2$

$8.93= 10\cdot t$

Despejando obtenemos que la altura puede llegar a los 4 metros aproximadamente.

$t= 0.89$ s

h=3.98 m

Si eres un entusiasta de los llamados "deportes de riesgo" habrás observado que se producen situaciones donde es fácil lesionarse si no se presta la suficiente atención.

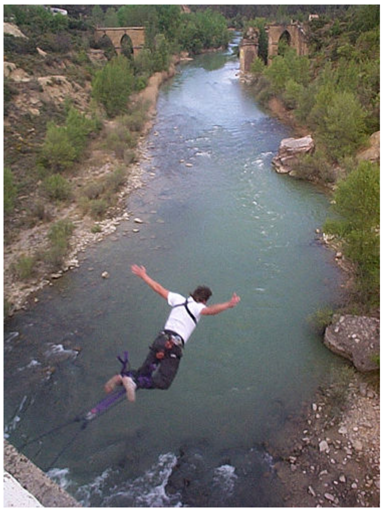


Imagen de algodor en Flickr. CC

En el "puenting", una de estas prácticas, la cuerda con la que se sujeta de las piernas el arriesgado deportista es elástica para que el tiempo que tarda en anularse la cantidad de movimiento adquirida al caer sea lo más grande posible y la fuerza que soportan sus piernas la menor posible.

Las cuerdas que se utilizan pueden duplicar su longitud o más al estirarse. Hay que tener en cuenta que la rotura por tracción de un hueso es más fácil que por compresión.

Caso práctico

Una pelota de tenis de 59 g llega a la pared de un frontón con una velocidad de 30 m/s, perpendicular a la pared, y rebota con una velocidad de 25 m/s en la misma dirección. ¿Qué fuerza media ejerce la pared sobre la pelota, si el tiempo de contacto entre la pelota y la pared es de 0,2 s?

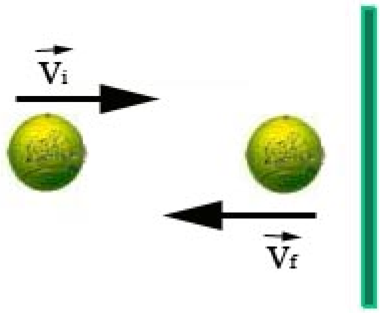


Imagen de elaboración propia

Adoptamos un sistema de referencia con el origen en la pared y el sentido positivo hacia la derecha. De este modo la velocidad de impacto de la bola es positiva pero la de rebote es negativa.

$F.\Delta t = \Delta p$; $F = 0{,}059\ (-25 - 30)/0.2 = -16{,}2$ N

La fuerza resultante es negativa: evidentemente, la pared la realiza hacia la izquierda sobre la pelota, en sentido negativo.

Comprueba lo aprendido

Un martillo de 1,5 kg, que maneja un operario distraído, golpea la uña de su dedo cuando se mueve a 3,5 m/s y rebota con la misma velocidad. Si el tiempo que dura el golpe es de 0,075 s, ¿cuál es el valor de la fuerza media que ejerce el martillo sobre la uña?

- ○ 70 N
- ○ 140 N
- ○ 35 N
- ○ 210 N

¡Incorrecto!

$F = \Delta p / \Delta t$

$F = (m \cdot v - m \cdot v_o)/ \Delta t$

$F = [1.5 \cdot 3.5 - 1.5 \cdot (-3.5)]/(0.075-0)$

$F = (5.25 + 5.25)/0.075$

$F = 10.5 / 0.075$

$F = 140$ N

Observa que la velocidad en el rebote tiene signo positivo ya que es contraria a la velocidad antes del golpe que es negativa (hacia abajo).

¡Correcto!

$F = \Delta p / \Delta t$

$F = (m \cdot v - m \cdot vo) / \Delta t$

$F = [1.5 \cdot 3.5 - 1.5 \cdot (-3.5)] / (0.075 - 0)$

$F = (5.25 + 5.25) / 0.075$

$F = 10.5 / 0.075$

$F = 140$ N

Observa que la velocidad en el rebote tiene signo positivo ya que es contraria a la velocidad antes del golpe que es negativa (hacia abajo).

¡Incorrecto!

$F = \Delta p / \Delta t$

$F = (m \cdot v - m \cdot vo) / \Delta t$

$F = [1.5 \cdot 3.5 - 1.5 \cdot (-3.5)] / (0.075 - 0)$

$F = (5.25 + 5.25) / 0.075$

$F = 10.5 / 0.075$

$F = 140$ N

Observa que la velocidad en el rebote tiene signo positivo ya que es contraria a la velocidad antes del golpe que es negativa (hacia abajo).

¡Incorrecto!

$F = \Delta p / \Delta t$

$F = (m \cdot v - m \cdot vo) / \Delta t$

$F = [1.5 \cdot 3.5 - 1.5 \cdot (-3.5)] / (0.075 - 0)$

$F = (5.25 + 5.25) / 0.075$

$F = 10.5 / 0.075$

$F = 140\ N$

Observa que la velocidad en el rebote tiene signo positivo ya que es contraria a la velocidad antes del golpe que es negativa (hacia abajo).

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

Curiosidad

La seguridad en los automóviles

Existen dos sistemas de seguridad en el automóvil relacionados con el impulso que recibe una persona que viaja en un coche y sufre un accidente.

Cinturones de seguridad. Con estos dispositivos las personas reducen la velocidad mientras el vehículo lo hace, con lo que paran en un tiempo mayor. Esto hace que la fuerza (el impacto) sea menor y los huesos más fuertes del cuerpo puedan aguantar mientras se destruye la carrocería. Sin el cinturón la cabeza choca contra el parabrisas o la columna de dirección en un tiempo muy pequeño.

El *airbag* o bolsa de aire. En un impacto lo suficientemente importante (un golpe contra un objeto indeformable a 18 km/h o una deceleración de 3g, o 29,4 m/s^2), las bolsas de aire se inflan con gran rapidez por la acción del gas que se desprende en una reacción química.

Las bolsas de aire complementan la protección de los cinturones de seguridad y éstos deben ser usados si están instalados en un vehículo.

Los *airbags* distribuyen la fuerza del impacto más equitativamente por todo el cuerpo, deteniendo al pasajero gradualmente.

---

3. Conservación de la cantidad de movimiento

Como has aprendido con el teorema del impulso mecánico:

$$\overrightarrow{F} \cdot \Delta t = \Delta \overrightarrow{p}$$

Si la fuerza resultante es nula, también será nula la variación el momento lineal, lo que equivale a decir que el momento lineal es constante:

$$\overrightarrow{F} = 0 \rightarrow \Delta \overrightarrow{p} = 0 \rightarrow \overrightarrow{p} = cte$$

Si te fijas, la conservación de la cantidad de movimiento de un cuerpo equivale al Principio de inercia.

Si la resultante de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo es nula, su momento lineal o cantidad de movimiento es constante y si la masa del cuerpo es constante, su velocidad también lo es. Este razonamiento lo podemos expresar así:

$$\overrightarrow{F} = 0 \rightarrow \Delta \overrightarrow{p} = 0 \rightarrow m \cdot \overrightarrow{v} = cte$$

y si m es cte entonces

$$\overrightarrow{v} = cte$$

Reflexiona

Un futbolista da una patada a un balón. Si dejara de actuar el peso sobre éste, ¿qué trayectoria seguiría?

La trayectoria sería rectilínea, ya que se conservaría el momento lineal y, al ser la masa del balón constante, la velocidad sería constante.

La conservación de la cantidad de movimiento se puede generalizar a un **sistema de partículas.**

Un sistema de partículas es un conjunto de cuerpos o partículas del que queremos estudiar su movimiento.

La cantidad de movimiento o momento lineal de un sistema de partículas se define como la suma de las cantidades de movimiento de cada una de las partículas que lo forman:

$$\overrightarrow{p} = \overrightarrow{p_1} + \overrightarrow{p_2} + \ldots + \overrightarrow{p_n}$$

Aunque la cantidad de movimiento del sistema permanezca constante, puede variar la cantidad de movimiento de cada partícula del sistema. El principio de conservación de la cantidad de movimiento es un principio fundamental que se cumple sin ninguna excepción y así se ha confirmado experimentalmente.

Importante

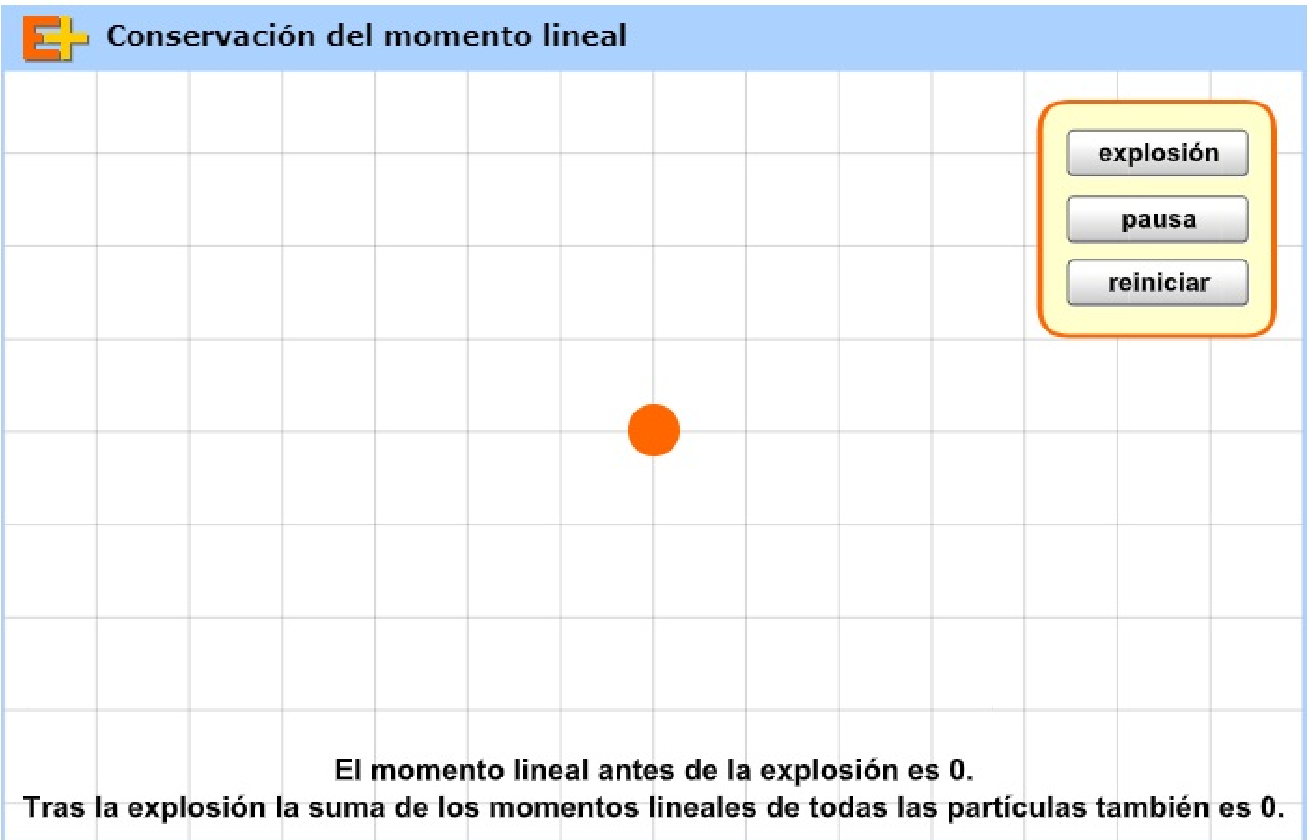
Principio de conservación de la cantidad de movimiento.

Si la resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre un sistema de partículas es nula, la cantidad de movimiento del sistema permanece constante.

En el siguiente simulador puedes ver el caso de la explosión de una masa que se divide en varios trozos.

Antes de la explosión, el sistema tiene una sola partícula de masa M con una velocidad 0, por lo que su momento lineal es $p_{antes} = 0$.

Tras la explosión el sistema tiene varias partículas y el momento lineal de cada una es $m_i \cdot v_i$. La suma vectorial de los momentos lineales de todas las partículas tras el choque también es cero.



Simulación de Jesús Peñas en Educaplus

Comprueba lo aprendido

Dos bolas de billar, situadas sobre una mesa, impactan una con la otra. ¿Qué sucede con la cantidad de movimiento de las bolas?

- ○ La cantidad de movimiento de las dos bolas es la misma.
- ○ La cantidad de movimiento del sistema formado por las dos bolas no varía.
- ○ La cantidad de movimiento del sistema formado por las dos bolas aumenta.
- ○ La cantidad de movimiento del sistema formado por las dos bolas disminuye.

¡Incorrecto! Las fuerzas que intervienen en el impacto de las dos bolas son fuerzas interiores. La resultante de las fuerzas exteriores es nula y la cantidad de movimiento del sistema (no de cada bola) permanece constante, según el principio de conservación de la cantidad de movimiento.

¡Correcto! Las fuerzas que intervienen en el impacto de las dos bolas son fuerzas interiores. La resultante de las fuerzas exteriores es nula y la cantidad de movimiento del sistema permanece constante, según el principio de conservación de la cantidad de movimiento.

¡Incorrecto! Las fuerzas que intervienen en el impacto de las dos bolas son fuerzas interiores. La resultante de las fuerzas exteriores es nula y la cantidad de movimiento del sistema permanece constante, según el principio de conservación de la cantidad de movimiento.

¡Incorrecto! Las fuerzas que intervienen en el impacto de las dos bolas son fuerzas interiores. La resultante de las fuerzas exteriores es nula y la cantidad de movimiento del sistema permanece constante, según el principio de conservación de la cantidad de movimiento.

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

3.1. Choques o colisiones

En Física un choque es cualquier interacción muy intensa y de corta duración.

Según esto, son choques la interacción entre dos coches o entre dos bolas de billar, pero también lo son la interacción entre un arma y su proyectil en el momento del disparo o una explosión en la que un cuerpo se rompe en varios trozos, como sucede en los fuegos artificiales.

Una peculiaridad de los choques es que la cantidad de movimiento del sistema no varía. Para ver esto vamos a considerar el choque entre dos partículas. Mientras dura la interacción, de acuerdo con la tercera ley de Newton, cada una ejerce una fuerza sobre la otra que cumple la condición:

$$\overrightarrow{F}_{12} = -\overrightarrow{F}_{21}$$

y aplicando la segunda ley de Newton a cada partícula se cumple:

$\vec{F}_{12} = \frac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t}$ y $\vec{F}_{21} = \frac{\Delta \vec{p}_1}{\Delta t}$, por tanto:

$$\frac{\Delta \overrightarrow{p}_2}{\Delta t} = \frac{\Delta \overrightarrow{p}_1}{\Delta t}$$

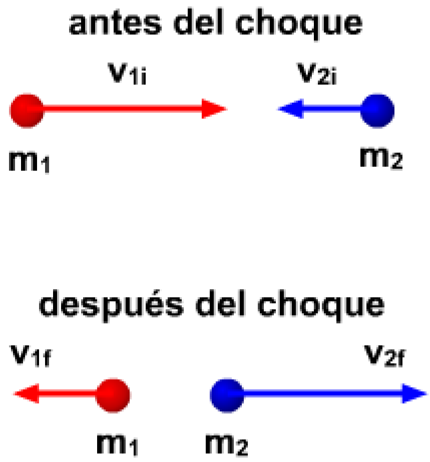
es decir

$$\Delta \overrightarrow{p}_1 = -\Delta \overrightarrow{p}_2$$

Deducimos de esta última expresión que:

$$\Delta \overrightarrow{p}_1 + \Delta \overrightarrow{p}_2 = 0$$

Por tanto, el momento lineal que ha perdido una partícula lo ha ganado la otra y el momento lineal total del sistema no cambia:



$$\overrightarrow{p}_1 + \overrightarrow{p}_2 = cte$$

esto quiere decir que la cantidad de movimiento del sistema antes del choque es igual que la cantidad de movimiento del sistema tras el choque:

$$m_1 \cdot \overrightarrow{v}_{1,i} + m_2 \cdot \overrightarrow{v}_{2,i} = m_1 \cdot \overrightarrow{v}_{1,f} + m_2 \cdot \overrightarrow{v}_{2,f}$$

Caso práctico

Un niño de 45 kg, que está subido en su monopatín de 3 kg de masa, lleva en las manos una pelota de 2 kg. Está parado y lanza la pelota a un compañero con una velocidad de 5 m/s. ¿Qué le sucederá al muchacho?

Al lanzar la pelota, sobre el sistema niño-monopatín y pelota actúan las fuerzas interiores de acción y reacción. Por tanto, se conserva la cantidad de movimiento del sistema, ya que son fuerzas interiores. Indicando como antes o después las situaciones antes de lanzar o después de lanzar la pelota, y considerando el carácter vectorial de las velocidades respectivas:

$$\overrightarrow{p}_{antes} = \overrightarrow{p}_{despues}$$

$(m_{\text{niño}} + m_{\text{monopatín}} + m_{\text{pelota}}) \cdot v_{\text{antes de lanzar}} =$

$= (m_{\text{niño}} + m_{\text{monopatín}}) \cdot v_{\text{después de lanzar}} + m_{\text{pelota}} \cdot v_{\text{pelota después de lanzar}}$

$(45 \text{ kg} + 3 \text{ kg} + 2 \text{ kg}) \cdot 0 = (45 \text{ kg} + 3 \text{ kg}) \cdot v + 2 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m/s}$

y despejando $v = - 0.21$ m/s. El signo menos (-) indica que la velocidad tiene sentido contrario al del movimiento de la pelota. Si la ha lanzado hacia delante, el sistema niño-monopatín retrocederá.

Comprueba lo aprendido

Dos patinadores, uno de 60 kg y el otro de masa desconocida, se encuentran juntos, en reposo, antes de empezar a patinar. Empiezan el movimiento empujándose uno a otro. El primero sale con una velocidad de 18 km/h y el segundo con una velocidad de 4 m/s en sentido contrario. ¿Cuál es la masa del segundo patinador?

- ○ 60 kg
- ○ 48 kg
- ○ 75 kg
- ○ 80 kg

¡Incorrecto! 18 km/h = 5 m/s . Sólo actúan las fuerzas de interacción mutua (fuerzas interiores), por tanto, se conserva la cantidad de movimiento.

$$m_1.v_1 + m_2\, v_2 = m_1.v'_1 + m_2\, v'_2$$

como están en reposo antes de separarse, 0 = 60 . 5 + m (-4) ; m = 75 kg

(sentido contrario significa signo menos)

¡Incorrecto! 18 km/h = 5 m/s . Sólo actúan las fuerzas de interacción mutua (fuerzas interiores), por tanto, se conserva la cantidad de movimiento.

$$m_1.v_1 + m_2\, v_2 = m_1.v'_1 + m_2\, v'_2$$

como están en reposo antes de separarse, 0 = 60 . 5 + m (-4) ; m = 75 kg

(sentido contrario significa signo menos)

¡Correcto! 18 km/h = 5 m/s . Sólo actúan las fuerzas de interacción mutua (fuerzas interiores), por tanto, se conserva la cantidad de movimiento.

$$m_1.v_1 + m_2\, v_2 = m_1.v'_1 + m_2\, v'_2$$

como están en reposo antes de separarse, 0 = 60 . 5 + m (-4) ; m = 75 kg

(sentido contrario significa signo menos)

¡Incorrecto! 18 km/h = 5 m/s . Solo actúan las fuerzas de interacción mutua (fuerzas interiores), por tanto, se conserva la cantidad de movimiento.

$m_1.v_1 + m_2\, v_2 = m_1.v'_1 + m_2\, v'_2$

como están en reposo antes de separarse, 0 = 60 . 5 + m (-4) ; m = 75 kg

(sentido contrario significa signo menos)

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta
4. Incorrecto

Caso práctico

Un niño de 45 kg y una niña de 35 kg están patinando en la pista de hielo. La niña está inicialmente parada y el niño se mueve con una velocidad v. El niño choca accidentalmente con la niña, que recorre

10 m hasta pararse. Si el niño recorre 5 m hasta que se para, en el mismo sentido, y ambos tardan 10 s en hacerlo, ¿cuál es la velocidad v del niño cuando choca con la niña?

Debes calcular la velocidad del niño y la de la niña después de chocar. Como el movimiento de ambos es decelerado, puedes aplicar las ecuaciones que has aprendido en la unidad sobre cinemática:

$$v = v_o + at$$

$$x = x_o + v_o t + \frac{1}{2} a t^2$$

Sustituyendo en el caso de la niña:

$$0 = v_o + a.10 \; ; \; 10 = v_o\, 10 + \frac{1}{2} a\, 100$$

y operando

$$v_o = - a\, .10 \; ; \; a = - v_o/10$$

es decir,

$$10 = 10\, v_o - \frac{1}{2} v_o \cdot 10 = 5\, v_o$$

$$v_o = 2 \text{ m/s}$$

Haciendo lo mismo para el niño:

$$0 = v_o + a \cdot 10$$

$$5 = v_o \cdot 10 + \frac{1}{2} a \cdot 100$$

y operando como en el caso de la niña, la velocidad del niño después del choque es 1 m/s.

Como en el choque se conserva el momento lineal:

$$p_{antes} = p_{después}$$

es decir,

$$(p_{niño} + p_{niña})_{antes} = (p_{niño} + p_{niña})_{después}$$

$$45 \cdot v + 0 = 45 \cdot 1 + 35 \cdot 2 = 115$$

y despejando obtenemos que la velocidad con que se movía el niño antes del choque es…

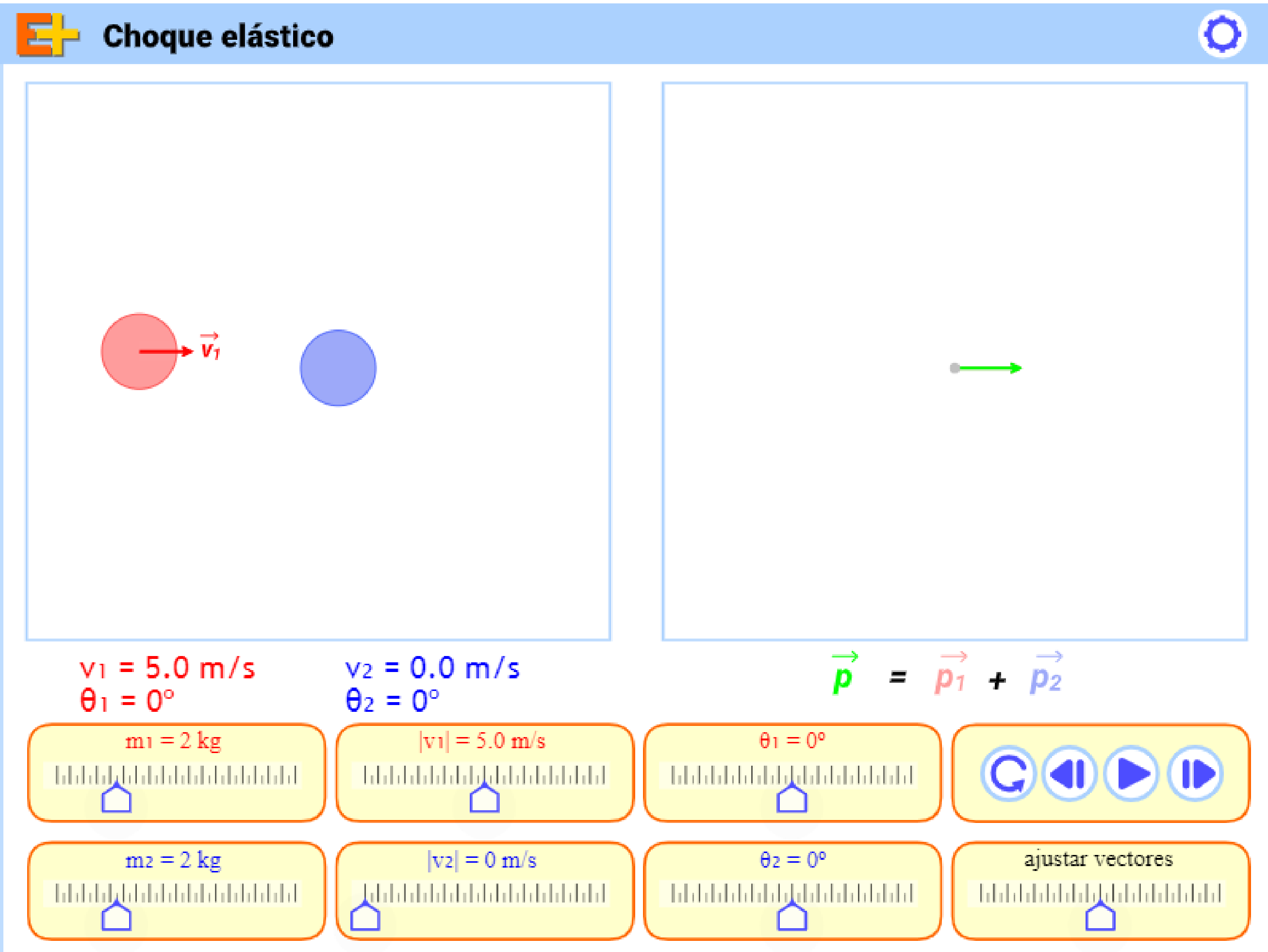
$$v = 2.56 \text{ m/s}$$

3.2. Choques elásticos e inelásticos

Si dos objetos chocan sin sufrir una deformación permanente y sin calentarse, se dice que el **choque** es **elástico**.

Seguro que has observado una jugada de billar en la que cuando chocan las bolas frontalmente si una de las bolas está en reposo, tras la colisión la que lanzas queda en reposo y la otra se mueve con una velocidad igual a la primera. El ejemplo de las bolas de billar en el que una de las bolas transfiere su cantidad de movimiento a la otra es un caso de **choque elástico**.

Comprueba esta situación con el siguiente simulador poniendo las dos bolas con la misma masa y velocidad inicial 0 para una de ellas.



Simulación de Jesús Peñas en Educaplus

Caso práctico

Un cuerpo de masa 14 kg que se mueve con una velocidad de 5 m/s choca elásticamente con otro de 7 kg que se mueve a -7 m/s.

Si tras el choque el segundo cuerpo se mueve con una velocidad de 9 m/s ¿con qué velocidad se moverá el primero?

La cantidad de movimiento del sistema antes del choque es la suma de las cantidades de movimiento de cada cuerpo:

$p_{antes} = m_1 \cdot v_{1i} + m_2 \cdot v_{2i} = 14\ kg \cdot 5\ m/s + 7\ kg \cdot (-7)\ m/s = 70\ kg \cdot m/s - 49\ kg \cdot m/s = 21\ kg \cdot m/s$

La cantidad de movimiento tras el choque es:

$p_{despues} = m_1 \cdot v_{1f} + m_2 \cdot v_{2f} = 14\ kg \cdot v_{1f} + 7\ kg \cdot 9\ m/s = 14\ kg \cdot v_{1f} + 63\ kg \cdot m/s$

Como en los choques se conserva la cantidad de movimiento, tenemos que

$p_{antes} = p_{despues}$

$21\ kg \cdot m/s = 14\ kg \cdot v_{1f} + 63\ kg \cdot m/s$

$-42\ kg \cdot m/s = 14\ kg \cdot v_{1f}$

Y despejando nos queda:

$v_{1f} = -3\ m/s$

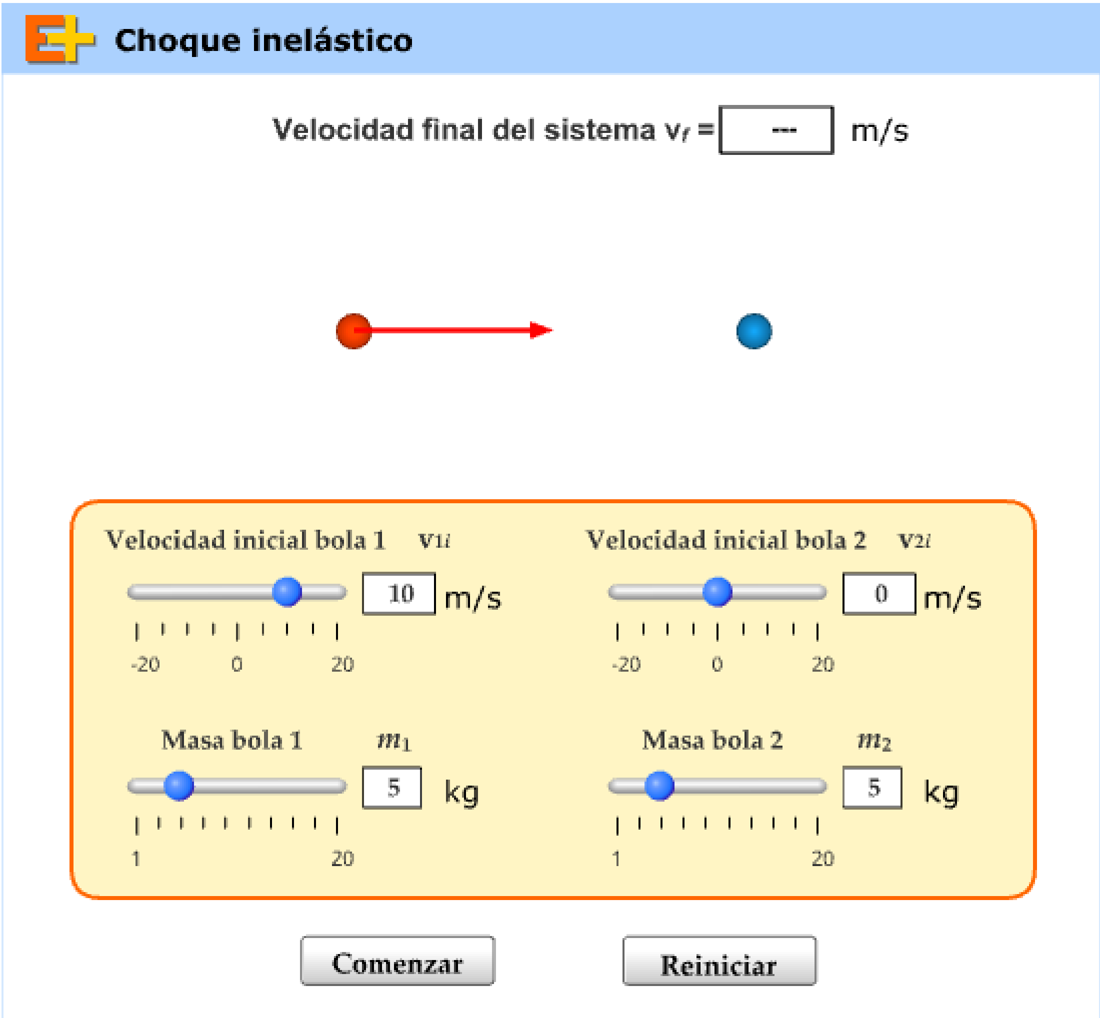
¡Compruébalo con el simulador!

Habrás observado que cuando bota una pelota, los botes son cada vez más cortos hasta que se detiene. Esto es debido a que existen choques en los que se disipa parte de la energía en deformar y calentar los cuerpos que chocan. Estos choques se llaman **inelásticos**

Cuando dos objetos chocan y tras la colisión quedan unidos, el **choque** se denomina **totalmente inelástico**.

En el laboratorio de física solemos trabajar con dos carritos en un riel que quedan pegados tras el choque mediante un velcro.

Utiliza en el siguiente simulador para estudiar diferentes situaciones trabajando con distintas masas y velocidades de las partículas.



Simulación de Jesús Peñas en Educaplus

Habrás observado con el simulador que en los choques totalmente inelásticos antes del choque hay dos partículas de y tras el choque hay una sola partícula cuya masa es la suma de las masas de las partículas originales.

Caso práctico

Dos cuerpos de masas 5 kg y 10 kg se mueven uno hacia el otro con velocidades iguales en módulo, 6 m/s. Si después del choque se mueven juntos, ¿cuál es la velocidad de ambos después del choque?

Por ser un choque se conserva la cantidad de movimiento:

$5\ kg \cdot 6\ m/s + 10\ kg\ (-6)\ m/s = (5\ kg + 10\ kg) \cdot v_f$

$-30\ kg \cdot m/s = 15\ kg \cdot v_f$

y despejando $v_f = -2\ m/s$

El signo negativo indica que el movimiento es hacia la izquierda.

¡Compruébalo con el simulador!

Comprueba lo aprendido

Siempre que un cuerpo choca con otro que está en reposo, si tienen la misma masa sucede que:

- ○ Los dos objetos se quedan juntos en reposo.
- ○ Si el choque es elástico, el primero se para y el segundo se mueve con la velocidad del primero.

- ○ Si el choque es inelástico, se mueven juntos con la velocidad del primero.
- ○ El primer cuerpo rebota con la velocidad que llevaba.

¡Incorrecto! En los choques se conserva el momento lineal. El inicial es m·v y el final es nulo.

¡Correcto! Al ser el choque elástico, los objetos intercambian sus momentos lineales.

¡Incorrecto! El momento lineal final sería doble del inicial.

¡Incorrecto! El momento lineal final sería el opuesto al inicial.

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

3.3. Choques en dos direcciones

En la vida diaria los choques no siempre se producen en una dirección, sino que es necesario considerar dos o tres direcciones.

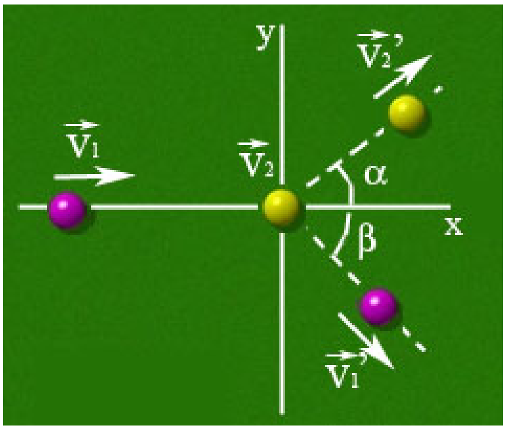


Imagen de elaboración propia

Para resolver la situación que se te puede plantear, debes recordar que la cantidad de movimiento es una magnitud vectorial y que se representa mediante un vector.

La conservación de la cantidad de movimiento se expresa con una ecuación vectorial y para resolverla tendrás que formular una ecuación para cada eje. En un choque en el plano dos ecuaciones, una para la componente X y otra para la componente Y.

En el choque de la figura será:

$$m_1 \cdot \overrightarrow{v}_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}_2 = m_1 \cdot \overrightarrow{v}'_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}'_2$$

y las dos ecuaciones quedarán:

eje X:

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot {v_2}' \cdot cos\alpha + m_1 \cdot {v_1}' \cdot cos\beta$$

eje Y:

$$0 = m_2 \cdot v'_2 \cdot sen\alpha - m_1 \cdot v'_1 \cdot sen\beta$$

Caso práctico

Sobre el tapete verde de la mesa de billar se encuentran dos bolas de la misma masa. Una de ellas se mueve con una velocidad de 4 $\vec{i}$ m/s y la segunda se encuentra en reposo. Después del choque la primera bola se mueve con una velocidad de 2 $\vec{i}$ + 3 $\vec{j}$ m/s. ¿Cuál es la velocidad de la segunda bola después del choque?

En el choque se conserva la cantidad de movimiento:

$$\overrightarrow{p}_{antes} = \overrightarrow{p}_{despues}$$

$$m_1 \cdot \overrightarrow{v}_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}_2 = m_1 \cdot \overrightarrow{v}'_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}'_2$$

Eje X m·4 = m·2 + m·v'_{2x} → v'_{2x} = 2 m/s

Eje Y 0 = m·3 + m · v'_{2y} → v'_{2y} = - 3 m/s

La velocidad de la segunda bola será:

$$\overrightarrow{v}'_2 = 2\,\overrightarrow{i} - 3\,\overrightarrow{j}\,m/s$$

Caso práctico

Una carcasa de fuegos artificiales se lanza verticalmente hacia arriba y, en el punto más alto, explota en tres fragmentos iguales. El primero continúa moviéndose con una velocidad de 20 m/s hacia arriba. El segundo se mueve horizontalmente hacia la derecha con una velocidad de 90 km/h. ¿Cuál es la velocidad del tercer fragmento inmediatamente después de la explosión?

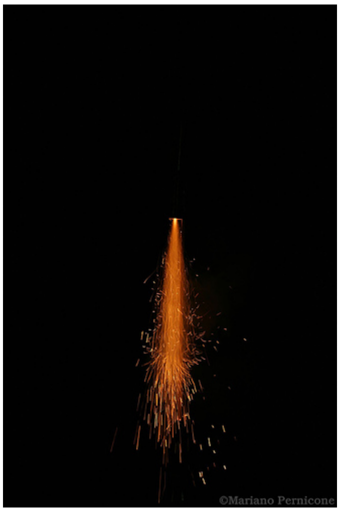


Imagen de Pernicone en Flickr. CC

90 km/h = 25 m/s

En la explosión se conserva la cantidad de movimiento:

$$\overrightarrow{p}_{antes} = \overrightarrow{p}_{despues}$$

$$m_1 \cdot \overrightarrow{v}_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}_2 + m_3 \cdot \overrightarrow{v}_3 = m_1 \cdot \overrightarrow{v}'_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}'_2 + m_3 \cdot \overrightarrow{v}'_3$$

$$m_1 \cdot \overrightarrow{0} = \frac{m}{3} \cdot 20 \overrightarrow{j} + \frac{m}{3} \cdot 25 \overrightarrow{i} + \frac{m}{3} \cdot \overrightarrow{v}'_3$$

Eje X: 0 = m/3. 25 + m/3 $v'_{3x} \rightarrow v'_{3x}$ = - 25 m/s

Eje Y: 0 = m/3. 20 + m/3 $v'_{3y} \rightarrow v'_{3y}$ = - 20 m/s

La velocidad del tercer fragmento será:

$$\overrightarrow{v}'_3 = -25 \overrightarrow{i} - 20 \overrightarrow{j}\, m/s$$

Reflexiona

Una patinadora de 65 kg que se desliza sobre el hielo hacia el norte, choca con un chaval de 30 kg que patina hacia el este. Después del choque ambos se mueven juntos con una velocidad de 2.0 m/s en una dirección que forma 37° con el este. ¿Cuáles eran las velocidades del chaval y de la patinadora antes de la colisión?

En el choque se conserva la cantidad de movimiento:

$$\overrightarrow{p}_{antes} = \overrightarrow{p}_{despues}$$

$$m_1 \cdot \overrightarrow{v}_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \overrightarrow{v}'$$

Eje X: 30 · vc = (65 + 30) · 2 · cos 37 = 190 · 0,8 → vc = 5,1 m/s

Eje Y: 65 · vp = (65 + 30) · 2 · sen 37 = 190 · 0,6 → vp = 1,8 m/s

Para saber más

Hay muchas páginas en la web con simulaciones de choques en dos dimensiones. Una de ellas es Phet.Colorado, en la que puedes modificar la separación entre los centros de las bolas que chocan, su relación de masas, la velocidad de impacto, etc.

Experimenta haciendo previsiones sobre lo que va a suceder y comprueba si han sido acertadas.

Resumen

Importante

La cantidad de movimiento o momento lineal, $\vec{p}$, de un cuerpo es el producto de su masa por la velocidad con que se mueve.

$$\overrightarrow{p} = m \cdot \overrightarrow{v}$$

$\vec{p}$ es un vector de módulo m·v, con la misma dirección y sentido que el vector velocidad.

Importante

El impulso mecánico se define como el producto de la fuerza por el intervalo de tiempo que esta actúa:

$$\overrightarrow{I} = \overrightarrow{F} \cdot \Delta t$$

Importante

Teorema del impulso mecánico:

$$\overrightarrow{F} \cdot \Delta t = \Delta \overrightarrow{p}$$

El impulso mecánico de una fuerza se emplea en cambiar el momento lineal del cuerpo que recibe la fuerza.

Importante

Principio de conservación de la cantidad de movimiento:

Si la resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre un sistema de partículas es nula, la cantidad de movimiento del sistema permanece constante.

Importante

Colisiones:

El momento lineal que ha perdido una partícula lo ha ganado la otra y el momento lineal total del sistema no cambia:

$$\overrightarrow{p}_1 + \overrightarrow{p}_2 = cte$$

(la cantidad de movimiento del sistema antes del choque es igual que la cantidad de movimiento del sistema tras el choque):

$$m_1 \cdot \overrightarrow{v}_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}_2 = m_1 \cdot \overrightarrow{v}'_1 + m_2 \cdot \overrightarrow{v}'_2$$

Imprimible

Descarga aquí la versión imprimible de este tema.

FQ1_-_Tema_5.2__Dinamica_... 1 / 48 78%

Si quieres escuchar el contenido de este archivo, puedes instalar en tu ordenador el lector de pantalla libre y gratuito NDVA.

Aviso legal

Las páginas externas no se muestran en la versión imprimible

http://www.juntadeandalucia.es/educacion/permanente/materiales/index.php?aviso#space