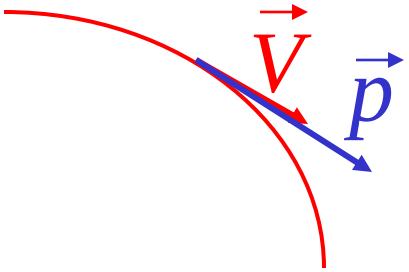
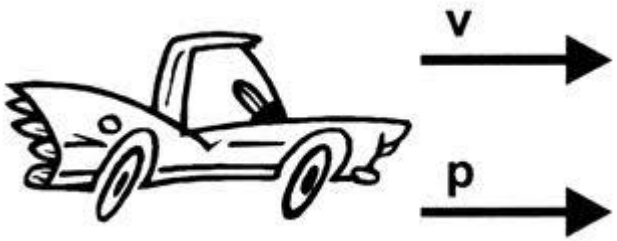
Impulso y cantidad de movimiento.

Principio de conservación de la cantidad de movimiento

Cantidad de Movimiento lineal de una partícula

La cantidad de movimiento se define como el producto de la masa por la velocidad de la partícula.





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

[kg m/s]

Tiene carácter vectorial, y como m es un escalar, entonces $\vec{p} \parallel \vec{V}$

¿Cómo cambiar la cantidad de movimiento de un cuerpo?

- Newton fue el primero en darse cuenta que para cambiar la cantidad de movimiento es necesario que sobre el cuerpo actúe una fuerza. El cambio de la cantidad de movimiento dependerá tanto del valor de la fuerza como del tiempo que esté actuando esa fuerza, de forma que podremos escribir:

$$\Delta \mathbf{p} = \Sigma \mathbf{F} \cdot \Delta t$$

- Esta es la forma en la que Newton expresó la segunda ley de la dinámica. Si queremos calcular la variación de la cantidad de movimiento que se produce en cada unidad de tiempo deberemos dividir ambos miembros de la ecuación anterior por el intervalo de tiempo. Esto nos lleva a la ecuación:

$$\Delta \mathbf{p} / \Delta t = \Sigma \mathbf{F}$$

- * Esta expresión sólo es válida cuando la resultante de todas las fuerzas sea constante en el tiempo considerado, en módulo, dirección y sentido. En caso contrario el cálculo en vez de realizarse con sumatorios debe realizarse con integrales, saliéndose del nivel de este curso.

- Como estamos suponiendo que la masa del sistema es constante podemos escribir:

$$\Delta \mathbf{p} = m \cdot \Delta v = \Sigma \mathbf{F} \cdot \Delta t$$

- El producto de una fuerza por el tiempo que ésta actúa se denomina **impulso** de una fuerza y según la ecuación anterior el impulso de la fuerza se emplea en modificar la cantidad de movimiento del cuerpo sobre el que actúa.
- Agrupando términos en la ecuación anterior, obtenemos:

$$\Sigma \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

- Vemos que **la segunda ley de la dinámica se expresa de dos formas diferentes**. En un caso, en función de la variación de la cantidad de movimiento y en el otro en función de la aceleración. La primera ecuación es más general mientras que la segunda sólo se puede utilizar cuando la masa del sistema no cambia. A efectos prácticos son muchas las ocasiones en las que la masa del sistema puede considerarse constante y por lo tanto, puede aplicarse la segunda ley en función de la aceleración.
- Es necesario tener siempre claro que la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es la causa capaz de producir la variación de la cantidad de movimiento del mismo (o la aceleración).

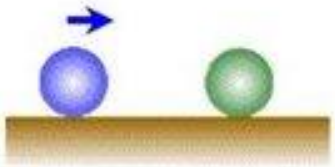
Conservación de la cantidad de movimiento

- La 2ª ley de la dinámica nos indica que la variación de la cantidad de movimiento de un sistema (formado por uno o más cuerpos) depende de la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre ese sistema y del tiempo que estén aplicadas sobre el mismo.
- Un sistema se dice que está aislado cuando la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él es nula: $\Sigma \mathbf{F} = 0$
- Por lo tanto, en un sistema aislado no hay variación de la cantidad de movimiento, o lo que es lo mismo, la cantidad de movimiento total del sistema permanece constante. Esto se conoce como **principio de conservación de la cantidad de movimiento (PCCM)**, que, algebraicamente se puede expresar:

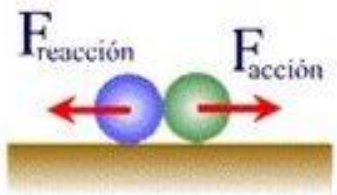
$$\Sigma \mathbf{F} = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta \mathbf{p} = 0 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{p} = \text{constante}$$

- El PCCM permite resolver algunos problemas de una forma más simple que si tuviéramos que calcular las fuerzas. Antes de aplicar el PCCM conviene que reflexionemos sobre lo que significa sistema aislado. En estos sistemas decimos que es nula la resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre él, pero nada decimos de las fuerzas interiores, es decir, de las fuerzas que diferentes partes del sistema pueden ejercer entre sí.

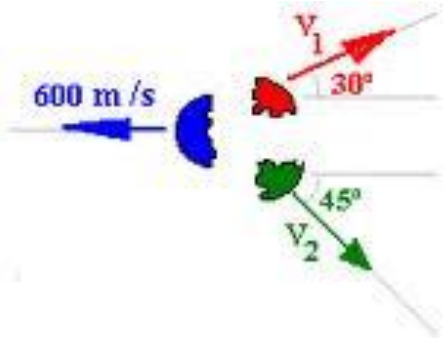
- Entre los fenómenos que se pueden explicar fácilmente con el principio de conservación de la cantidad de movimiento se encuentran los choques de bolas de billar o vehículos, la propulsión de algunos peces al arrojar agua hacia atrás, los cohetes, los cañones, la propulsión a choque aplicada a los aviones a reacción, etc.

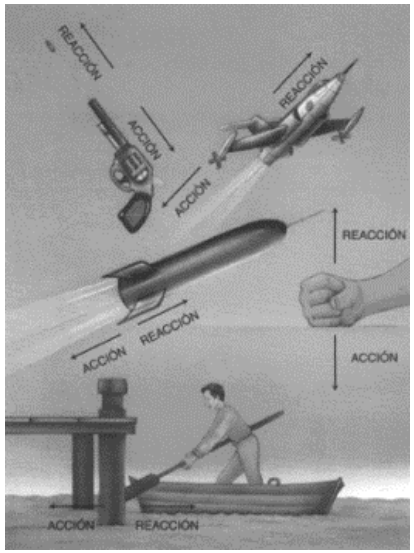


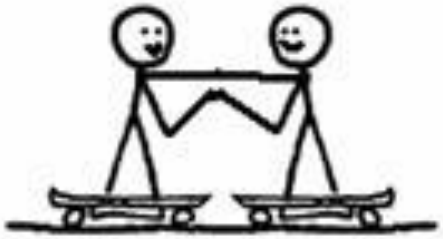
La bola azul va a chocar con la verde



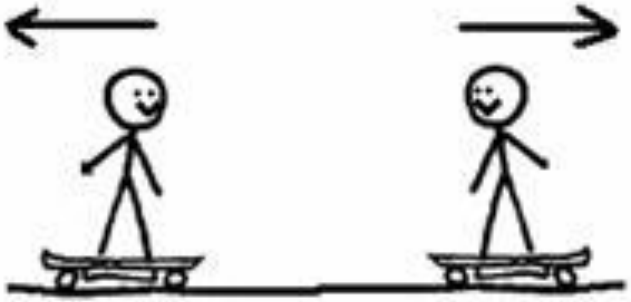
Las fuerzas de acción y reacción actúan sobre cuerpos diferentes.



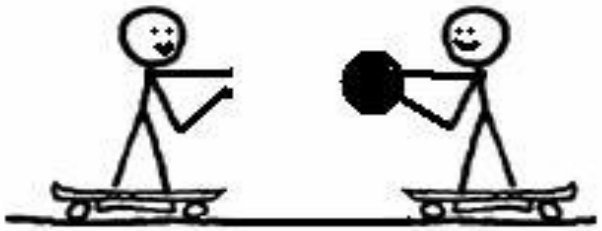




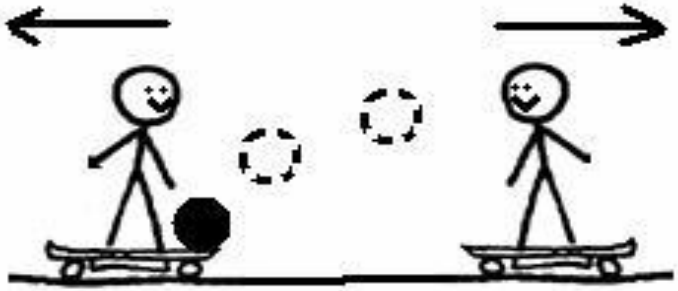
Estando en reposo se empujan



Resultado despúes del empuje

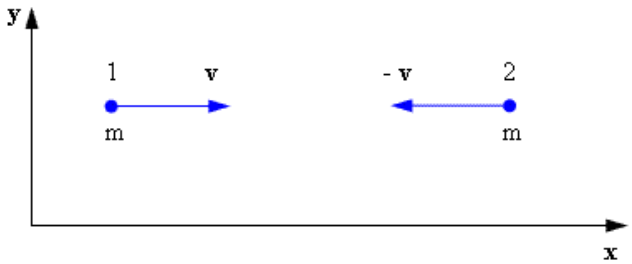


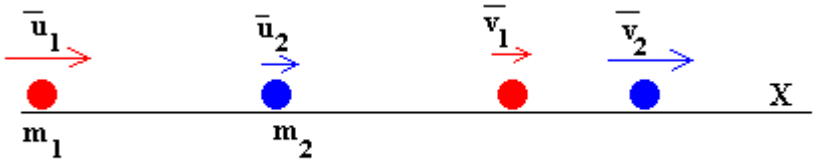
Estando en reposo se lanzan la pelota

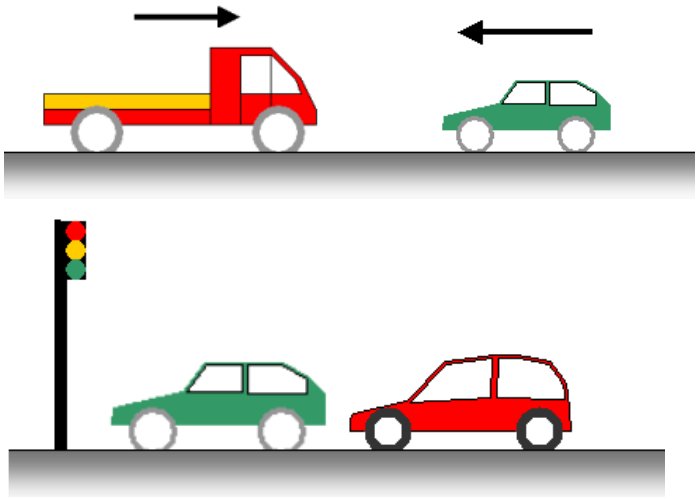


Resultado después del lanzamiento de la pelota

Al igual que la velocidad, la cantidad de movimiento es una magnitud vectorial por lo que es necesario elegir un sistema de referencia adecuado a cada situación.







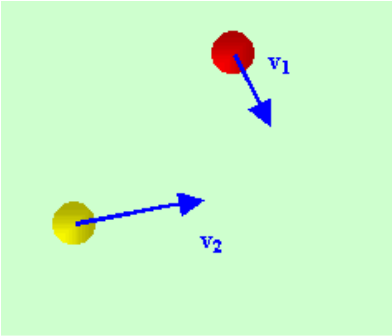


Figura 1

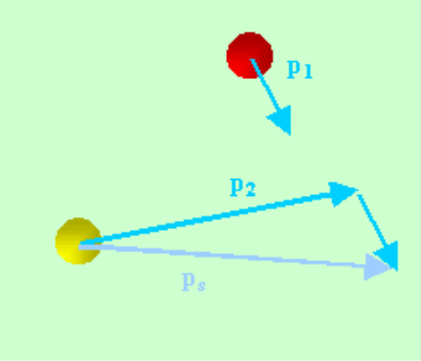


Figura 2

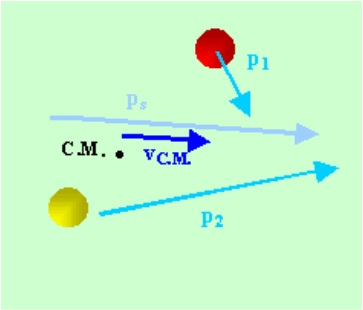
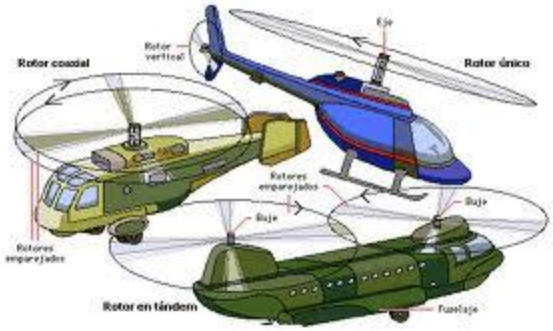


Figura 3

Movimientos a reacción

- En la naturaleza y en el transporte.
- Aviones a reacción y helicópteros. Los Harrier



- Imaginemos una escopeta que dispara un proyectil. Antes del disparo tanto el arma como el proyectil están en reposo, por lo que $\mathbf{p}_{antes} = 0$. Cuando se produce el disparo se generan muchos gases que ejercen una gran fuerza sobre la bala aumentando en un tiempo muy corto su cantidad de movimiento ($\mathbf{p}_{proyectil}$), mientras que el cañón lógicamente debe retroceder con una velocidad de retroceso que llamaremos $\mathbf{v}_{cañón}$.
- Como solamente actúan fuerzas interiores al sistema formado por el arma y el proyectil, podemos escribir:

$$\mathbf{p}_{antes} = \mathbf{p}_{después} \Rightarrow$$

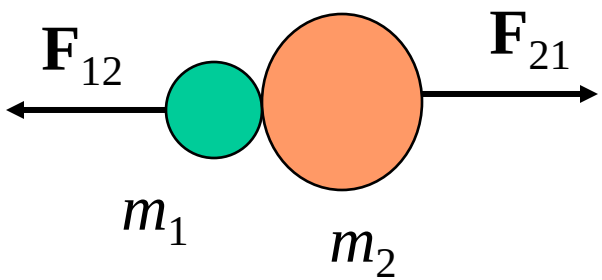
$$0 = m_{proyectil} \cdot \mathbf{v}_{proyectil} + m_{cañón} \cdot \mathbf{v}_{cañón}$$

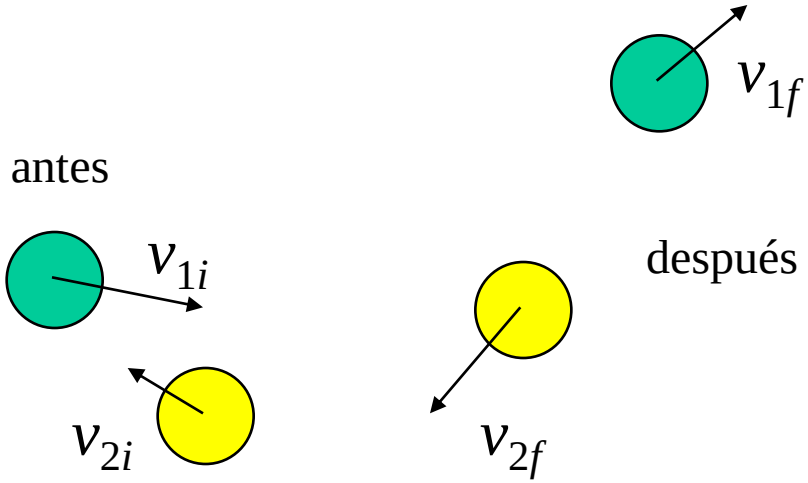
Colisiones

Llamamos colisión a la interacción de dos (o más) cuerpos mediante una fuerza impulsiva. Si m_1 y m_2 son las masas de los cuerpos, entonces la conservación de la cantidad de movimiento establece que:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

Donde v_{1i}, v_{2i}, v_{1f} y v_{2f} son las velocidades iniciales y finales de las masas m_1 y m_2.





Clasificación de las colisiones

Consideraremos colisiones en una dimensión.

Las colisiones se clasifican en:

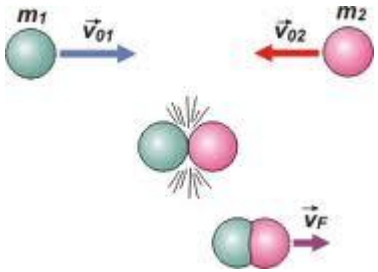
Elásticas: cuando se conserva la energía cinética total, es decir:

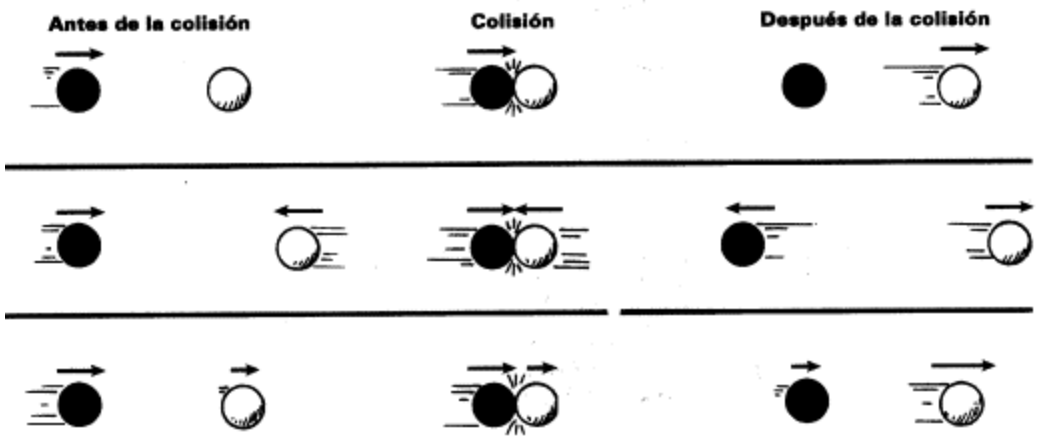
$$\tfrac{1}{2}m_1v_{1i}^2+\tfrac{1}{2}m_2v_{2i}^2=\tfrac{1}{2}m_1v_{1f}^2+\tfrac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

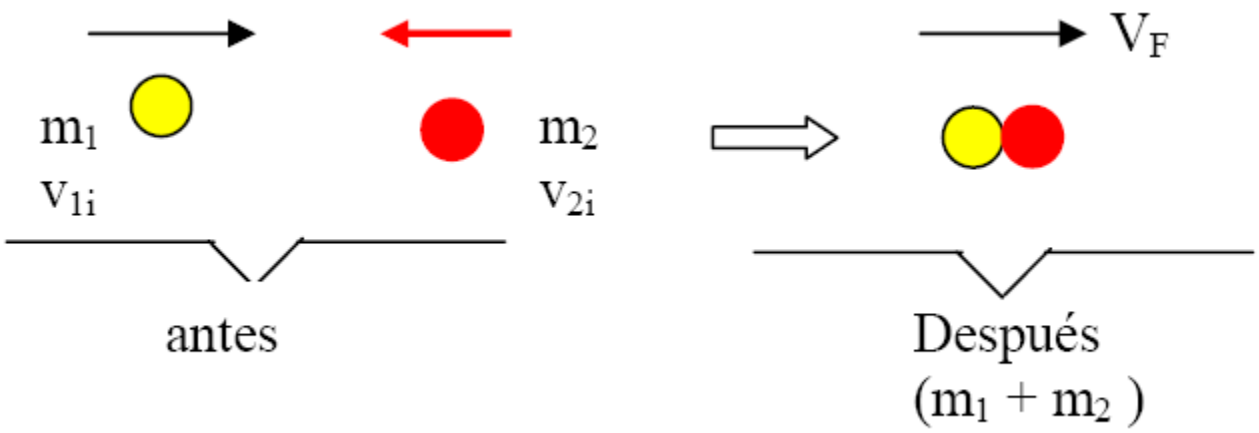
Inelásticas: cuando parte de la energía cinética total se transforma en energía no recuperable (calor, deformación, sonido, etc.).

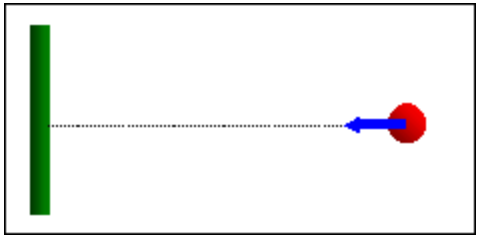
Perfectamente inelásticas: cuando los objetos permanecen juntos después de la colisión.

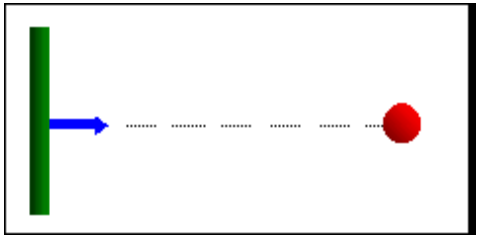
$$v_{1f} = v_{2f}$$



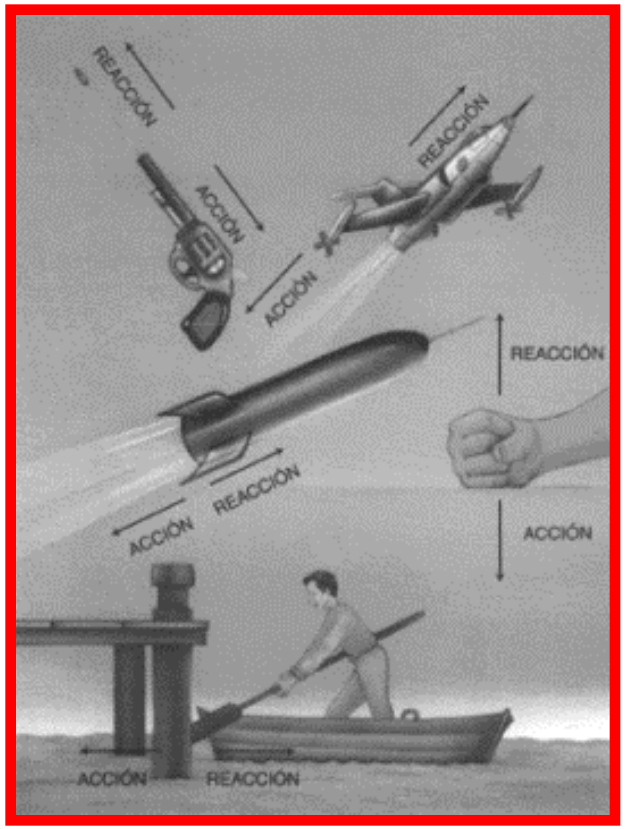

Antes de la colisión
Colisión
Después de la colisión


V_F
m_1
v_{1i}
m_2
v_{2i}
antes
Después
$(m_1 + m_2)$





Problemas



- Una escopeta de aire comprimido dispara un tapón de corcho de masa 3 g con rapidez de 15 m/s; si la masa de la escopeta es de 5 kg, ¿con qué rapidez retrocede la escopeta?
- Estudia el choque entre dos bolas de billar considerando sólo la interacción que se produce entre las dos bolas.
- Un cuerpo de 5 kg se lanza con una velocidad de 10 m/s contra otro de 20 kg inicialmente en reposo. Tras el impacto, el primero rebota con una velocidad de 6 m/s. Calcular la velocidad adquirida por el otro cuerpo.
- Una barca está en reposo, Juan de 70 kg, salta desde la proa con una rapidez de 4 m/s y, justo en el mismo instante, Beatriz, de 50 kg lo hace desde la popa con una rapidez de 3 m/s. Calcula la velocidad de la barca inmediatamente después de que ambos hayan saltado, sabiendo que la masa de la misma es de 100 kg.
- Un pez de 3 kg nada a 1,5 m/s cuando se traga un pez de 250 g que venía nadando hacia él a 4 m/s. ¿Cuál es la velocidad del pez grande inmediatamente después de la merienda?