MOMENTO LINEAL E IMPULSO

IMPULSO

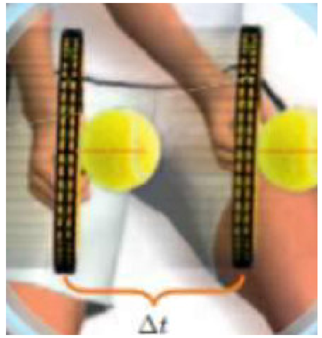
O **impulso** é unha magnitude física vectorial que mide o efecto dunha forza que acúa sobre un corpo durante un período de tempo moi pequeno, producindo un desprazamento do corpo na dirección da forza.

2ª Lei de Newton $\bar{F} = m\,.\,\bar{a}$

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

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

$$\bar{I} = \underbrace{\bar{F}.\Delta t} = m\,.\,(\bar{v}_f - \bar{v}_i)$$



Denomímase impulso mecánico, **I**, ao produto da forza polo tempo que actúa:

$$\mathbf{I = F \cdot \Delta t} \qquad (Kg\cdot m/s \text{ ou } N\cdot s)$$

1. Un futbolista exerce unha forza de 150 N durante 0,01 s sobre un balón de 450 g. Cal é a variación da velocidade no balón se estaba en repouso? (12 km/h)

2. Un tenista que saca a 180 km/h golpea a pelota durante 15 milésimas de segundo no momento do saque.

a) Calcular a forza exercida polo tenista sabendo que a masa da pelota é de 58 g. (193 N)
b) Cal é a aceleración media da pelota durante o impacto? (3333 m/s^2)

3. Calcular o tempo que ten que estar actuando unha forza constante de 15 N sobre unha masa de 10 kg en repouso para qiue esta adquira unha velocidade de 30 m/s. (Sol 20 s)

4. Sobre un corpo de 3 kg actúa, durante un intervalo temporal de 10 s, a forza: **F** = (9**i** – 6**j**) N; se a súa velocidade inicial é **v** = 13 **j** m/s, calcular:

a) O impulso mecánico. (**I** = 90 **i** + 60 **j** N.s)
b) A velocidade que adquire tras aplicar a forza. (**v** = 43 **i** – 20**j** m/s)

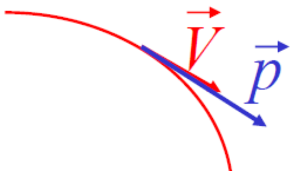
5. Unha pelota de pádel chega á raqueta cunha velocidade $\mathbf{v_0}$ = (-12 **i** + 15 **j**) m/s. Despois de ser golpeada sae con **v** = (30 **i** + 22 **j**) m/s. Se a masa da pelota é de 58 g, calcular:

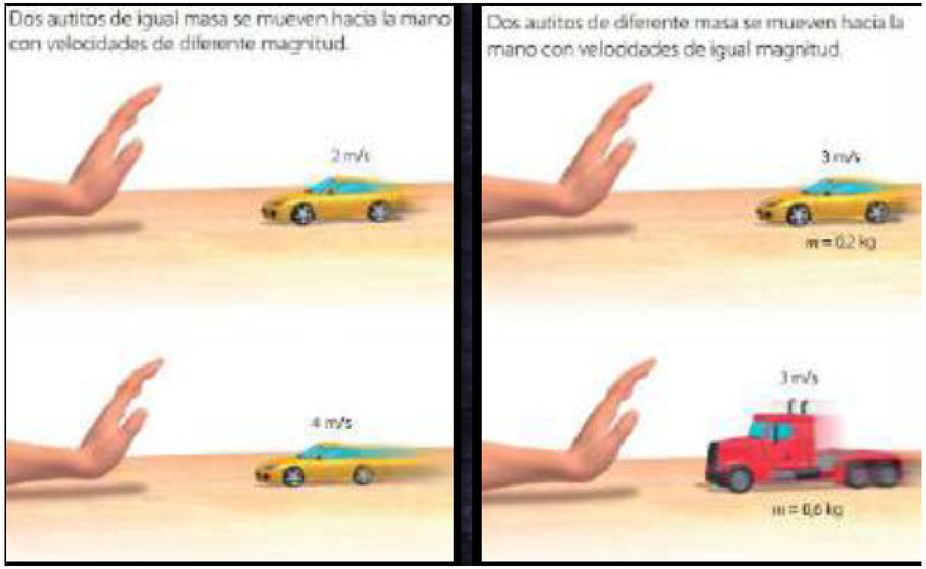
a) O impulso da raqueta sobre a pelota. (**I** = 2,4 **i** + 0,4 **j** N.s)
b) A forza (constante) que exerce a raqueta sobre a pelota, se están en contacto durante 3 cs. (**F** = 80 **i** + 13,3 **j** N)

MOMENTO LINEAL OU CANTIDADE DE MOVEMENTO

Calquera corpo que se encontre en movemento ten asociada unha magnitude física coñecida como cantidade de movemento (**p**), que depende simultaneamente da masa e da velocidade. Esta magnitude describe moi ben o estado dinámico dun corpo, xa que canto maior sexa o momento dun corpo, máis forza se precisará para detelo (considerando que as condicións e o tempo non se modifican)

$$\vec{p} = m\vec{v} \qquad [\text{kg m/s}]$$





- A que coche se lle tivo que dar maior impulso para poñelo en movemento?
- Cal dos coches será máis difícil de deter?

O momento lineal ten carácter vectorial, e como a masa é un escalar, terá a mesma dirección e sentido que a velocidade

XERALIZACIÓN DAS LEIS DE NEWTON DA DINÁMICA DE TRASLACIÓN:

2ª LEI DE NEWTON: a rapidez coa que cambia o momento lineal é igual a resultante das forzas que actúan sobre os corpos ou o que é o mesmo a resultante das forzas aplicadas sobre un cuerpo é igual á derivada respecto do tempo da súa cantidade de movemento (ou momento lineal).

$$\boxed{\Sigma\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}}$$

Esta é a forma orixinal da segunda lei de Newton, tal e como foi presentada por el.

Efectivamente: $\Sigma\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\,\vec{v})}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\,\vec{a}$

Si $m = cte$

É máis xeral, xa que tamén se pode empregar en sistemas nos que varía a masa:

- Un cohete expulsa combustible a medida que se move.
- Sistemas relativistas (a masa depende da velocidade)

IMPULSO MECÁNICO: é un vector que se define como produto da forza aplicada polo tempo que esta dura aplicándose.

Vexamos: Sexa $\vec{F}$ unha forza constante aplicada a un corpo.

Entón como:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}$$

$\vec{F} = cte$

Impulso mecánico: $\boxed{\vec{I} = \vec{F}\,\Delta t}$

Como vemos, o **impulso mecánico é igual á variación da cantidade de movimento, ou momento lineal, que experimenta o cuerpo.**

$$\boxed{\vec{I} = \vec{F}\,\Delta t = \Delta\vec{p}}$$

1ª LEI DE NEWTON: Si sobre un corpo non existen forzas ou a resultante é nula, a cantidade de movemento ou momento lineal dun corpo libre mantense constante.

$$\text{Si } \Sigma\vec{F} = 0 \;\Rightarrow\; \frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \;\Rightarrow\; \vec{p} = cte$$

Cando as forzas aplicadas a un corpo se anulan, o momento lineal do corpo mantense constante. Este é o **Principio de conservación da cantidade de movemento ou momento lineal.**

3ª LEI DE NEWTON: a cantidade de movemento total dun sistema illado (de forzas exteriores) mantense constante.

Vexamos o caso dun sistema formado por dous corpos que interaccionan entre sí. Vimos que as forzas aparecen por parellas, de forma que:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow \frac{d\vec{p}_2}{dt} = -\frac{d\vec{p}_1}{dt} \Rightarrow \frac{d\vec{p}_2}{dt} + \frac{d\vec{p}_1}{dt} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{d(\vec{p}_2 + \vec{p}_1)}{dt} = 0 \Rightarrow \boxed{\vec{p}_2 + \vec{p}_1 = cte}$$

Si non hai forzas exteriores ao sistema

Este resultado é xeralizable no seguinte teorema, que se pode demostrar:

TEOREMA DE CONSERVACIÓN DA CANTIDADE DE MOVEMENTO:

A cantidade de movemento total (ou momento lineal total) dun sistema de n corpos illados, é dicir, non sometido a forzas exteriores, permanece constante:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + ... + \vec{p}_n = \text{cte} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\sum_{i=1}^{n} \vec{p}_i = \text{cte}}$$

CONSECUENCIA: CHOQUES OU EXPLOSIÓNS

Este resultado é moi útil para estudar os choques (elásticos e inelásticos) ou as explosións.
Nos choques e/ou explosións, as forzas externas que existan pueden despreciarse respecto das forzas internas que sofren as partículas do sistema que interacciona.

Polo tanto, en todo choque ou explosión, o teorema anterior podemos expresalo así:

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{p}_{\text{antes}} = \sum_{i=1}^{n} \vec{p}_{\text{después}}$$

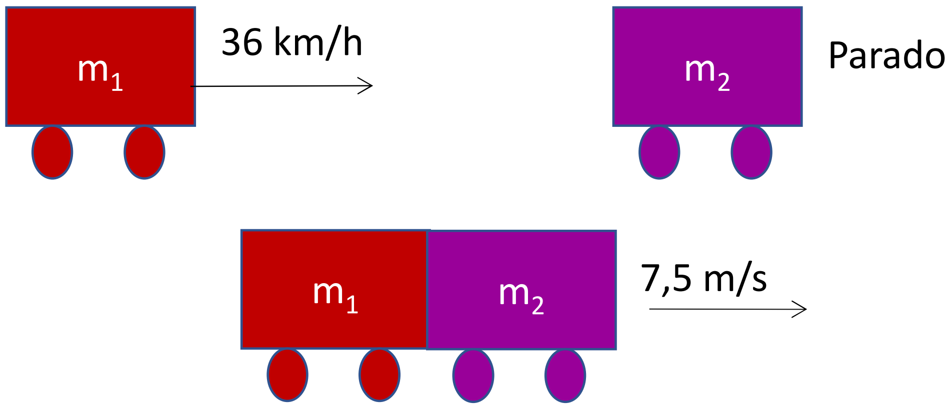
EXEMPLO 1. EXERCICIO DE CHOQUE:

Unha locomotora de 75 toneladas móvese por una vía recta cunha velocidade de 36 km·h^{-1}, cando choca cun vagón en repouso e acóplase a el. Calcula a masa do vagón si, tralo choque, o sistema móvese cunha velocidade de 7,5 m · s^{-1}.

SOLUCIÓN:

Antes:

Después:



Datos:

m_1 = 75000 kg

m_2 = ? kg

Antes. $\vec{v}_1 = 10\,\vec{i}$ m/s ; $\vec{v}_2 = 0\,\vec{i}$ m/s

Después. $\vec{v}\,'_1 = \vec{v}\,'_2 = \vec{v}\,' = 7{,}5\,\vec{i}$ m/s

Tendo en conta o Teorema de conservación da cantidade de movemento para un instante anterior e outro posterior ao choque:

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{p}_{antes} = \sum_{i=1}^{n} \vec{p}_{después} \Rightarrow \quad \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1^{\,'} + \vec{p}_2^{\,'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \; m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1^{\,'} + m_2\vec{v}_2^{\,'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \; m_1\vec{v}_1 + m_2\underbrace{\cancel{\vec{v}_2}}_{0} = (m_1 + m_2)\vec{v}^{\,'} \Rightarrow \; m_1 + m_2 = \frac{m_1\vec{v}_1}{\vec{v}^{\,'}}$$

$$\Rightarrow \; 75000 + m_2 = \frac{75000 \cdot 10\,\cancel{\vec{i}}}{7{,}5\,\cancel{\vec{i}}} = 100000 \; \Rightarrow$$

Polo tanto a masa da segunda locomotora será:

$$m_2 = 100000 - 75000 = 25000\,\text{kg} = 25\,\text{t}$$

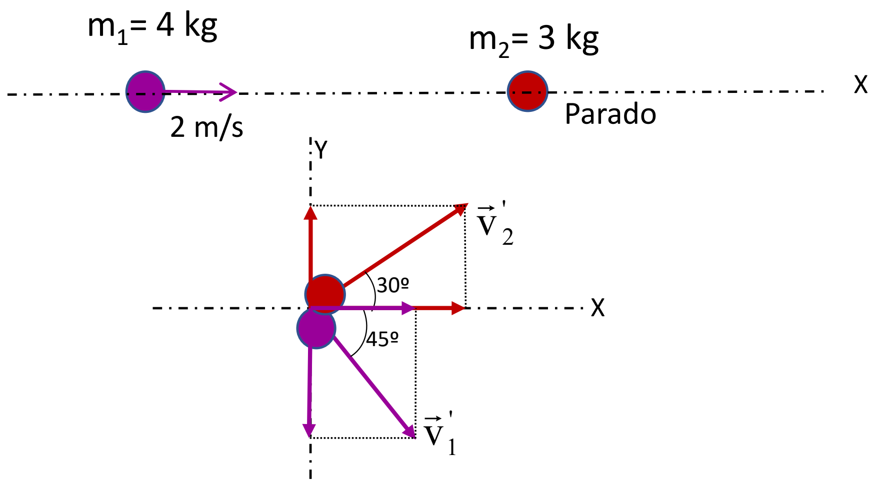
EXEMPLO 2. EXERCICIO DE CHOQUE:

Unha partícula de masa 4 kg e velocidade 2 m/s choca contra outra de 3 kg que está en repouso. A primeira desvíase – 45º respeto da dirección inicial e a segunda 30º. Calcular as velocidades de ambas partículas despois do choque.

SOLUCIÓN:

Antes:

Despois:



Datos:

$$\text{Antes.}\qquad \vec{v}_1 = 2\,\vec{i}\ \text{m/s} \quad ; \quad \vec{v}_2 = 0\,\vec{i}\ \text{m/s}$$

$$\text{Después.}\ \vec{v}'_1 = v'_{1x}\,\vec{i} + v'_{1y}\,(-\vec{j}) = v'_1\cos 45^o\,\vec{i} - v'_1\text{sen}45^o\,\vec{j}$$

$$\vec{v}'_2 = v'_{2x}\,\vec{i} + v'_{2y}\,\vec{j} = v'_2\cos 30^o\,\vec{i} + v'_2\text{sen}30^o\,\vec{j}$$

Aplicamos o Teorema de conservación da cantidade de movemento para un instante anterior e otro posterior ao choque:

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{p}_{antes} = \sum_{i=1}^{n} \vec{p}_{después} \Rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1^{\,'} + \vec{p}_2^{\,'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1\vec{v}_1 + m_2\underbrace{\vec{v}_2}_{0} = m_1\vec{v}_1^{\,'} + m_2\vec{v}_2^{\,'} \Rightarrow 4 \cdot 2\,\vec{i} = 4\vec{v}_1^{\,'} + 3\vec{v}_2^{\,'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 8\vec{i} = 4(v_1^{'}\cos 45^{o}\ \vec{i} - v_1^{'}\mathrm{sen}45^{o}\ \vec{j}) + 3(v_2^{'}\cos 30^{o}\ \vec{i} + v_2^{'}\mathrm{sen}30^{o}\ \vec{j}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 8\vec{i} = (4v_1^{'}\cos 45^{o} + 3v_2^{'}\cos 30^{o})\vec{i} + (-4v_1^{'}\mathrm{sen}45^{o} + 3v_2^{'}\mathrm{sen}30^{o})\vec{j}$$

Polo tanto debe cumplirse que:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Eixo X:} & 8 = 4v_1^{'}\cos 45^{o} + 3v_2^{'}\cos 30^{o} \\ \text{Eixo Y:} & 0 = -4v_1^{'}\mathrm{sen}45^{o} + 3v_2^{'}\mathrm{sen}30^{o} \end{array}\right\} \text{ Só queda resolver o sistema:}$$

$$\left.\begin{array}{l} 8 = 4v_1^{'}\dfrac{\sqrt{2}}{2} + 3v_2^{'}\dfrac{\sqrt{3}}{2} \\ 0 = -4v_1^{'}\dfrac{\sqrt{2}}{2} + 3v_2^{'}\dfrac{1}{2} \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{ll} 16 = 4\sqrt{2}v_1^{'} + 3\sqrt{3}v_2^{'} & \text{(I)} \\ 0 = -4\sqrt{2}v_1^{'} + 3v_2^{'} & \text{(II)} \end{array}\right\} \text{ Sumando ambas ecuaciones:}$$

$$16 = (3\sqrt{3} + 3)\ v_2' \quad \Rightarrow \quad v_2' = \frac{16}{3\sqrt{3} + 3} = 1{,}95\ \text{m/s}$$

Substituindo en (II) e despexando:
$$v_1' = \frac{3v_2'}{4\sqrt{2}} = \frac{3 \cdot 1{,}95}{4\sqrt{2}} = 1{,}03\ \text{m/s}$$

1. Calcula a velocidade de retroceso dunha pistola de 900 g que dispara horizontalmente unha bala de 28,35 g cunha velocidade de 355 m/s. (-11,18 **i** m/s)
2. Unha partícula de 1 kg móvese cara a dereita a 3 m/s. Choca con outra de 4 kg, que está en repouso, que sae despedida cara á dereita a 1 m/s. Que velocidade terá a primeira despois do choque? (**v** = -**i** m/s)
3. Un proxectil de masa 500 g que se move con velocidade **v** = (14 **i** – 8 **j**) m/s, explota en dous fragmentos. Un de 150 g, sae con v_A = (130 **i** – 73 **j**) m/s. Con que velocidade sae o outro? (**v** $_B$ = -35,71 **i** + 19,86 **j** m/s; v $_B$ = 40,86 m/s e α = 150,9 ◦)
4. Un obxecto, de 1,5 kg, rompe en catro anacos cando se move con v_0 = (40 **i** – 50 **j**) m/s. Un anaco, de 750 g, sae con v_1 = (150 **i** + 115 **j**) m/s; outro, de 0,5 kg, con v_2 = (-25 **i** – 76 **j**) m/s e o terceiro, de 100 g, con v_3 = 43 **i** m/s. Con que velocidade sae o cuarto? (v = (-295,3 **i** – 821,7 **j**) m/s)