Principi de conservació del moviment

Qüestions

1. **Dos cossos tenen la mateixa quantitat de moviment, però la velocitat de l'un és el triple de la de l'altre. Quina relació tenen les seves masses?**

Com que les quantitats de moviment són iguals, i les seves velocitats una triple de l'altra, podem establir que: $p = m_1 v$ (primer cos); $p = m_2 (3v)$ (segon cos); dividint ambues expressions:

$$\frac{p}{p} = \frac{m_1 v}{m_2 3v} \rightarrow 1 = \frac{m_1}{3m_2} \rightarrow m_1 = 3m_2$$

2. **Comenteu com seran l'impuls mecànic i la variació de la quantitat de moviment en els casos següents:**

Tenint en compte l'expressió de l'impuls mecànic per a una força constant, $\vec{I} = \vec{F}\Delta t$:

a) **Una força que actua durant un interval de temps molt curt.**

L'impuls tindrà un valor petit, ja que l'interval de temps és molt curt.

b) **Una força molt petita que actua durant un interval de temps molt gran.**

L'impuls també tindrà en aquest cas un valor petit, ja que ara és la força la que té un valor petit.

c) **Una força molt gran que actua durant un interval de temps molt curt.**

En aquest cas l'impuls pot tenir un valor apreciable, ja que si bé una magnitud és molt petita, l'altra té un valor molt gran, donant un valor de $\vec{I}$ apreciable; lògicament, aquest valor de $\vec{I}$ dependrà dels valors de $\vec{F}$ i de Δt.

3. **Quan disparem amb una escopeta, sentim com una força que ens impulsa cap enrere. Interpreteu aquest fenomen tenint en compte el principi de conservació de la quantitat de moviment.**

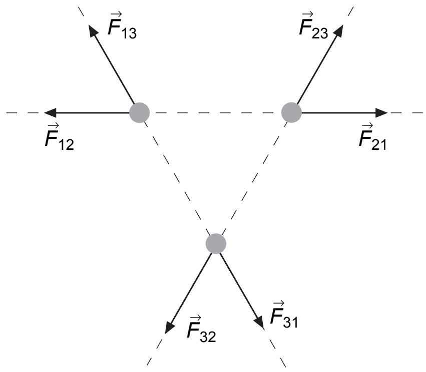
Suposem que el projectil surt disparat en sentit positiu de l'eix de les X; com que la quantitat de moviment inicial és nul·la (tant el projectil com l'escopeta estan en repòs), i la quantitat de moviment del projectil després del tret és positiva, la quantitat de moviment de l'escopeta ha de ser igual a la del projectil, però negativa: l'escopeta surt disparada cap enrere, i l'hem d'agafar ben fort per aguantar-la.

4. **Quines situacions coneixeu en què es posi en evidència el principi de conservació de la quantitat de moviment?**

A part del cas que hem comentat a la qüestió anterior, també es conserva la quantitat de moviment en el cas dels avions de reacció. Un cas semblant a aquest es dóna quan inflem un globus i el deixem anar sense tancar el seu extrem obert: l'aire surt ràpidament de l'interior del globus, i aquest es posa en moviment en sentit contrari al de la sortida de l'aire. Un cas semblant es dóna en el moviment d'alguns animals aquàtics: aquests expulsen aigua a través d'un orifici, i, en contrapartida, ells mateixos es posen en moviment en sentit contrari al de la sortida de l'aigua.

5. **Demostreu el principi de conservació de la quantitat de moviment en el cas d'un sistema format per 3 partícules.**

Suposem que les partícules interaccionen entre sí segons forces que tendeixen a separar-les; les partícules s'efectuen forces dos a dos, d'acord amb el principi d'acció-reacció. Per tant, totes les forces que tenim són



- Forces sobre la partícula 1 (degudes a les partícules 2 i 3): $\vec{F}_{12}$, $\vec{F}_{13}$.
- Forces sobre la partícula 2 (degudes a les partícules 1 i 3): $\vec{F}_{21}$, $\vec{F}_{23}$.
- Forces sobre la partícula 3 (degudes a les partícules 1 i 2): $\vec{F}_{31}$, $\vec{F}_{32}$.

Si tenim en compte la 3 a llei de Newton:

$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21};\ \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{31};\ \vec{F}_{23} = -\vec{F}_{32}$

Per tant, la força total del sistema és nul·la:

$$\Sigma\vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{32} = \vec{F}_{12} - \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} - \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} - \vec{F}_{23} = 0$$

Reagrupant els termes de l'anterior expressió per a cada partícula, i suposant que aquestes forces són constants i que actuen durant un interval de temps Δt:

$$\Sigma\vec{F} = (\vec{F}_{12} + \vec{F}_{13}) + (\vec{F}_{21} + \vec{F}_{23}) + (\vec{F}_{31} + \vec{F}_{32}) = \frac{\Delta\vec{p}_1}{\Delta t} + \frac{\Delta\vec{p}_2}{\Delta t} + \frac{\Delta\vec{p}_3}{\Delta t} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2 + \Delta\vec{p}_3 = 0 \rightarrow \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3) = 0 \rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 = \text{constant}$$

6. **Un recipient tancat conté un determinat gas en repòs. Quant val la quantitat de moviment total de les seves molècules? Raoneu la resposta.**

Com sabem, les molècules d'un gas estan en continu moviment i xocant constantment entre sí i amb les parets del recipient que les conté (agitació tèrmica d'un gas); per tant, i encara que la quantitat de moviment de cada molècula no és nul·la, sí que ho és la quantitat de moviment total, ja que el sistema en conjunt està en repòs, malgrat que no ho estiguin les molècules del gas.

7. **Suposeu que un patinador en repòs empeny un altre patinador, també en repòs; si el primer té una massa el doble que el segon, com seran entre si les quantitats de moviment finals, sense tenir en compte el fregament?**

Si tenim en compte el principi de conservació de la quantitat de moviment, i considerant que inicialment els patinadors estan en repòs: $0 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2' \rightarrow \vec{p}_1' = -\vec{p}_2'$. Per tant, els dos patinadors tindran la mateixa quantitat de moviment, en valor, però en sentits contraris, independentment de les masses que tinguin.

El mateix no es pot dir de les velocitats finals, ja que tenint en compte que les masses estan en relació de dos a un: $\vec{p}_1 = (2\,m)\,v$ (primer patinador); $p_2 = m\,v$ (segon patinador). Per tant:

$$2\,m v_1 = -m v_2 \rightarrow v_1 = \frac{-v_2}{2}$$

8. Un cos es mou a una determinada velocitat i interacciona amb un segon cos que està inicialment en repòs. Quina és la relació entre les masses d'ambdós cossos si, de resultes de la interacció, la velocitat final del primer es redueix a la meitat, i la velocitat final del segon és doble de la que portava inicialment el primer?

Considerant que en tot moment els cossos es mouen en el sentit positiu de l'eix *X,* i tenint en compte com són les velocitats entre si, tenim que:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \rightarrow m_1 v + m_2 \cdot 0 = m_1 \left(\frac{v}{2}\right) + m_2 (2v) \rightarrow$$

$$\rightarrow m_1 = \frac{m_1}{2} + 2m_2 \rightarrow 2m_1 = m_1 + 4m_2 \rightarrow 2m_1 - m_1 = 4m_2 \rightarrow m_1 = 4m_2$$

9. Tenint en compte el principi de conservació de la quantitat de moviment, com s'explica el moviment d'un avió de reacció?

El combustible d'un avió de reacció es crema en una cambra, que només té un petit orifici perquè els gasos de combustió puguin sortir cap a l'exterior; per tant, aquests gasos són expulsats de l'avió a una gran velocitat, i, en contrapartida, l'avió és impulsat en sentit contrari per tal de que es verifiqui el principi de conservació de la quantitat de moviment.

10. Una noia que va amb patins llança amb totes les seves forces un objecte que té a les mans. Suposant que el fregament entre els patins i el terra sigui nul, descriviu com serà el moviment de la noia.

D'acord amb el principi de conservació de la quantitat de moviment, la noia sortirà llançada amb una determinada velocitat en sentit contrari al sentit de moviment de l'objecte. Aquest cas és semblant als que ja hem comentat a les anteriors qüestions, on els cossos que s'intercanvien quantitat de moviment són ara la noia i l'objecte que té a les mans.

Problemes

1. Calculeu la quantitat de moviment dels cossos següents:

***a*) Un automòbil de 275 kg que es mou a una velocitat de 65 km/h.**

$m = 275$ kg

$$v = 65 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 18{,}06 \text{ m/s} \Rightarrow p = mv = 275 \cdot 18{,}06 = 4\,965{,}28 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

***b*) Una persona de 72 kg que camina a una velocitat de 5,5 km/h.**

$m = 72$ kg

$v = 5{,}5 \text{ km/h} = 1{,}53 \text{ m/s} \Rightarrow p = mv = 72 \cdot 1{,}53 = 110 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

***c*) Un avió de reacció de 45 t, que es mou a una velocitat de 950 km/h.**

$m = 45 \text{ t} = 4{,}5 \cdot 10^4$ kg

$v = 950 \text{ km/h} = 263{,}89 \text{ m/s} \Rightarrow p = mv = 4{,}5 \cdot 10^4 \cdot 263{,}89 = 1{,}19 \cdot 10^7 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

2. Un automòbil es mou a una velocitat de 110 km/h. El conductor acciona els frens durant 1,2 s i la seva velocitat disminueix fins a 80 km/h. Si la massa total és de 435 kg, calculeu:

$$\left.\begin{array}{l} v_0 = 110 \text{ km/h} = 30{,}56 \text{ m/s} \\ v = 80 \text{ km/h} = 22{,}22 \text{ m/s} \\ \Delta t = 1{,}2 \text{ s} \\ m = 435 \text{ kg} \end{array}\right\}$$

a) **La variació de la quantitat de moviment.**

$p_0 = m v_0 = 435 \cdot 30{,}56 = 1{,}33 \cdot 10^4\ \text{N·s}$

$p = m v = 435 \cdot 22{,}22 = 9{,}67 \cdot 10^3\ \text{N·s}$

$\Delta p = p - p_0 = 9{,}67 \cdot 10^3 - 1{,}33 \cdot 10^4$

$\Delta p = -3\,630\ \text{N·s}$

b) **La força mitjana amb què es frena l'automòbil, aplicant el teorema de l'impuls mecànic.**

$$I = F \Delta t = \Delta p \Rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-3\,630}{1{,}2} = -3\,025\ \text{N}$$

3. **Un cos de 3 kg de massa es mou en línia recta amb una velocitat constant de 3 m/s. En un moment determinat, se li aplica una força constant de 12 N durant un temps de 5 s. Determineu la quantitat de moviment i la velocitat finals.**

Calculem l'impuls lineal, i apliquem el teorema de l'impuls lineal:

$$\left.\begin{array}{l} m = 3\ \text{kg} \\ v_0 = 3\ \text{m/s} \\ F = 12\ \text{N} \\ \Delta t = 5\ \text{s} \end{array}\right\}$$

$I = F\,\Delta t = 12 \cdot 5 = 60\ \text{N·s}$

$\Delta p = I \Rightarrow p - p_0 = I \Rightarrow p = I + p_0 = I\,m\,v_0 \Rightarrow p = 60 + 3 \cdot 3 = 69\ \text{m/s}$

$$p = m v \Rightarrow v = \frac{p}{m} = \frac{69}{3} = 23\ \text{m/s}$$

4. **Una pilota de tennis de massa 21 g que es mou horitzontalment amb una velocitat de 75 km/h xoca contra una paret vertical i surt disparada en sentit contrari. Calculeu la força mitjana efectuada per la paret sobre la pilota, suposant que ha actuat durant un temps de 0,08 s, i que la pilota surt disparada amb la mateixa velocitat, en mòdul.**

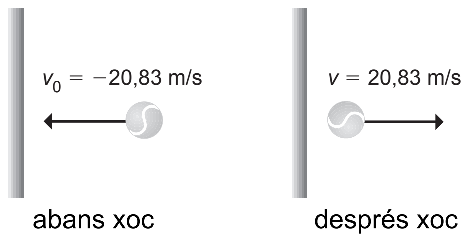
Representa la situació:

$m = 21\ \text{g} = 0{,}021\ \text{kg}$

$v_0 = 75\ \text{km/h} = 20{,}83\ \text{m/s}$

$|v| = |v_0| = 20{,}83\ \text{m/s}$

$\Delta t = 0{,}08\ \text{s}$



Apliquem el teorema de l'impuls lineal; i aïllem F:

$$I = F \Delta t = \Delta p \Rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m\,v - m\,v_0}{\Delta t} = \frac{0{,}021 \cdot 20{,}83 - 0{,}021 \cdot (-20{,}83)}{0{,}08} = 10{,}94\ \text{N}$$

5. **Estimeu la força mitjana efectuada quan una escopeta d'aire comprimit, que ha actuat durant un interval de temps de 0,1 s, expulsa un petit projectil de 12 g de massa amb una velocitat de 15 m/s.**

Apliquem el teorema de l'impuls lineal, i aïllem F:

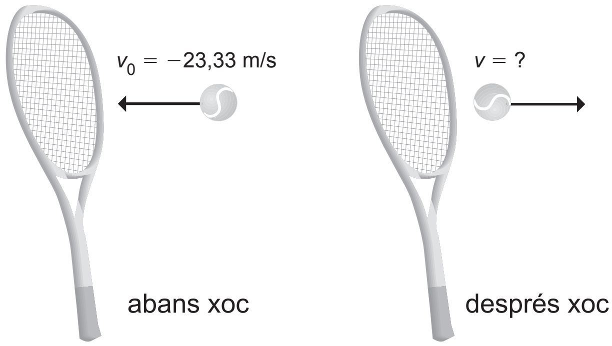
$$\left.\begin{array}{l} \Delta t = 0{,}1\ \text{s} \\ m = 12\ \text{g} = 0{,}012\ \text{kg} \\ v = 15\ \text{m/s} \\ v_0 = 0 \end{array}\right\}$$

$$I = F \Delta t = \Delta p \Rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m\,v - m\cancel{v_0}^{\,0}}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{0{,}012 \cdot 15 - 0}{0{,}1} = 1{,}8\ \text{N}$$

6. **En el moment en què un tennista està a punt d'impulsar la pilota, de massa 25 g, aquesta porta una velocitat de 84 km/h. Sabent que la força mitjana que aplica el jugador sobre la pilota és de 26 N, i que aquesta actua durant un interval de temps de 0,05 s, calculeu la velocitat final de la pilota, suposant que aquesta surt en la mateixa direcció, però en sentit contrari, a la velocitat inicial.**

Representa la situació, suposant que la velocitat inicial és negativa:

$$\left.\begin{array}{l} m = 25 \text{ g} = 0{,}025 \text{ kg} \\ v_0 = 84 \text{ km/h} = 23{,}33 \text{ m/s} \\ F = 26 \text{ N} \\ \Delta t = 0{,}05 \text{ s} \end{array}\right\}$$



Apliquem el teorema de l'impuls lineal; i aïllem v:

$$I = F\Delta t = \Delta p \Rightarrow mv - mv_0 = F\Delta t \Rightarrow v = \frac{F\Delta t + mv_0}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \frac{26 \cdot 0{,}05 + 0{,}025 \cdot (-23{,}33)}{0{,}025} = 28{,}67 \text{ m/s} = 103{,}2 \text{ km/h}$$

7. **Una pilota de golf de massa 30 g que està inicialment en repòs és impulsada pel jugador agafant una velocitat de 104 km/h. Aplicant el teorema de l'impuls mecànic, estimeu quina ha estat la força mitjana efectuada sobre la pilota, suposant que aquesta ha actuat durant un interval de temps de 0,07 s.**

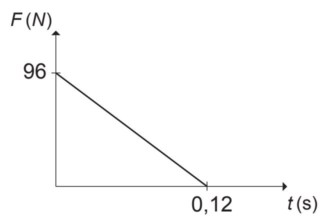
$$\left.\begin{array}{l} m = 30 \text{ g} = 0{,}03 \text{ kg} \\ v = 104 \text{ km/h} = 28{,}89 \text{ m/s} \\ \Delta t = 0{,}07 \text{ s} \\ v_0 = 0 \end{array}\right\}$$

$$I = F\,\Delta t = \Delta p \Rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv - m\cancelto{0}{v_0}}{\Delta t} = \frac{0{,}03 \cdot 28{,}89}{0{,}07} = 12{,}4 \text{ N}$$

8. **El mecanisme d'un joc de tir al plat fa una força sobre els plats donada per la funció $F(t) = 96 - 800\,t$, expressada en N, que actua entre l'instant $t_0 = 0$ i l'instant en què $\vec{F}$ s'anul·la. Si la massa dels plats val 90 g, amb quina velocitat surten disparats, si inicialment estan en repòs?**

En primer lloc, representem la funció $F(t)$:

- $t_0 = 0 \Rightarrow F(0) = 96 - 800 \cdot 0 = 96$ N
- $F = 0 \Rightarrow 0 = 96 - 800\,t_1 \Rightarrow t_1 = \dfrac{96}{800} = 0{,}12$ s



A continuació, calculem l'impuls a partir del gràfic F-t; si tenim en compte que l'àrea tancada per aquest gràfic és l'àrea d'un triangle de base 0,12 i altura 96, trobem que:

$$I = \text{àrea} = \frac{0{,}12 \cdot 96}{2} = 5{,}76 \text{ N} \cdot \text{s}$$

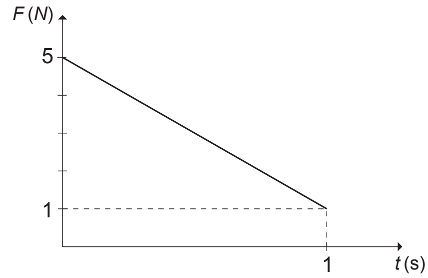
Finalment, apliquem el teorema de l'impuls i aïllem v tenint en compte que $v_0 = 0$, m = 90 g = 0,09 kg:

$$I = \Delta p \Rightarrow mv - m\cancel{v_0}^{\,0} = I \Rightarrow v = \frac{I}{m} = \frac{5{,}76}{0{,}09} = 64 \text{ m/s}$$

9. **La força que actua sobre un cos de massa 1,8 kg ve donada per la funció $F(t) = 5 - 4\,t$, expressada en N. Calculeu la velocitat final del cos, suposant que la força actua entre els instants $t_0 = 0$ i $t = 1$ s i que el cos es mou inicialment a una velocitat de 3,5 m/s.**

Representem la funció $F(t)$ tenint en compte que la força actua entre $t_0 = 0$ i $t = 1$ s.

- $t_0 = 0 \Rightarrow F(0) = 5 - 4t = 5 - 4 \cdot 0 = 5$ N
- $t = 1$ s $\Rightarrow F(1) = 5 - 4 \cdot 1 = 5 - 4 = 1$ N



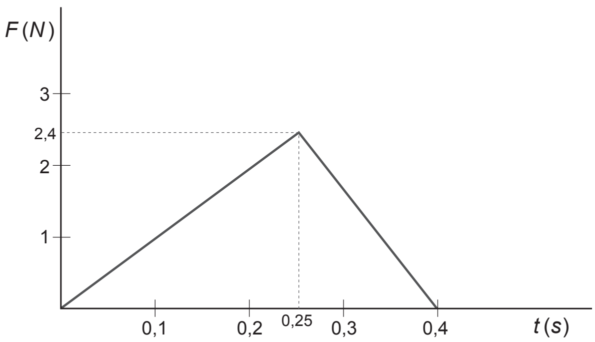
Calculem l'impuls a partir del gràfic *F-t*. En aquest cas, l'àrea tancada per aquest gràfic es compon d'un triangle de base 1 i altura 5 − 1 = 4, i un rectangle de base 1 i altura 1:

$$I = \text{àrea} = \frac{1 \cdot 4}{2} + 1 \cdot 1 = 2 + 1 = 3 \text{ N·s}$$

Apliquem el teorema de l'impuls i aïllem v tenint en compte que m = 1,8 kg i v_0 = 3,5 m/s:

$$I = \Delta p \Rightarrow mv - mv_0 = I \Rightarrow v = \frac{I + mv_0}{m} = \frac{I}{m} + v_0 \Rightarrow v = \frac{3}{1{,}8} + 3{,}5 = 5{,}2 \text{ m/s}$$

10. **Un cos de 850 g és impulsat amb una força donada pel gràfic següent (fig. 5.9):**



Calculeu l'impuls mecànic, la quantitat de moviment final i la velocitat final del cos, suposant que inicialment la seva velocitat és de 2,3 m/s.

Calculem l'impuls, calculant l'àrea del triangle definit pel gràfic *F-t*, tenint en compte que correspon a l'àrea d'un triangle de base 0,4 i altura 2,4:

$$I = \text{àrea} = \frac{0{,}4 \cdot 2{,}4}{2} = 0{,}48 \text{ N·s}$$

Per calcular la quantitat de moviment final, apliquem el teorema de l'impuls, amb v_0 = 2,3 m/s i m = 850 g = 0,85 kg.

$$I = \Delta p \Rightarrow p - p_0 = I \Rightarrow p = I + p_0 = 0{,}48 + 0{,}85 \cdot 2{,}3 = 2{,}4 \text{ N·s}$$

Per últim, calculem la velocitat final:

$$p = m\,v \;\Rightarrow\; v = \frac{p}{m} = \frac{2{,}4}{0{,}85} = 2{,}9 \text{ m/s}$$

11. Sobre una pilota de tennis, de 35 g de massa, actua la força donada per l'expressió $F(t) = 22 - 2 \cdot 10^2\, t$, on F només adopta valors positius i $t_0 = 0$. Calculeu:

$m = 35 \text{ g} = 0{,}035 \text{ kg}$; $F(t) = 22 - 2 \cdot 10^2\, t$

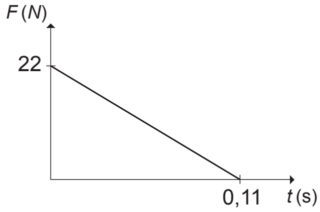
***a)* El temps durant el qual ha actuat la força, i dibuixeu el gràfic de *F* en funció de *t*.**

Com que F només adopta valors positius, tenim que:

$$22 - 2 \cdot 10^2\, t > 0 \;\Rightarrow\; 2 \cdot 10^2\, t < 22 \;\Rightarrow\; t < \frac{22}{2 \cdot 10^2} = 0{,}11 \text{ s}$$

Per tant, F ha actuat entre $t_0 = 0$ i $t_1 = 0{,}11$ s.

El gràfic F-t és ($F(0) = 22 - 2 \cdot 10^2 \cdot 0 = 22$ N):



***b)* La velocitat final de la pilota, suposant que està inicialment en repòs.**

Calculem en primer lloc l'impuls a partir de l'àrea del triangle definit pel gràfic F-t (base: 0,11 s i altura: 22 N):

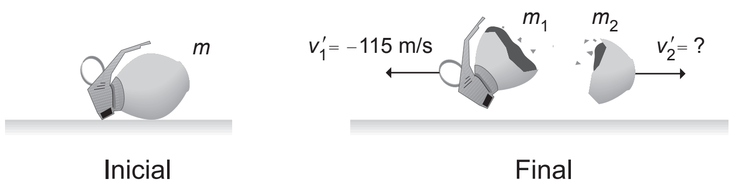
$$I = \frac{0{,}11 \cdot 22}{2} = 1{,}21 \text{ N·s}$$

Finalment, apliquem el teorema de l'impuls i aïllem v ($v_0 = 0$):

$$I = \Delta p \;\Rightarrow\; m\,v - m\,\cancel{v_0}^{\,0} = I \;\Rightarrow\; v = \frac{I}{m} \;\Rightarrow\; v = \frac{1{,}21}{0{,}035} = 34{,}57 \text{ m/s} = 124{,}5 \text{ km/h}$$

12. Una granada en repòs explota i es divideix en dos fragments, que surten disparats en la mateixa direcció. Si la velocitat amb què surt el primer fragment és de 115 m/s, calculeu la velocitat, en mòdul, del segon fragment, suposant que la massa d'aquest és la tercera part de la massa del primer, i feu un diagrama que representi les situacions inicial i final.

Representa la situació abans i després de l'explosió:



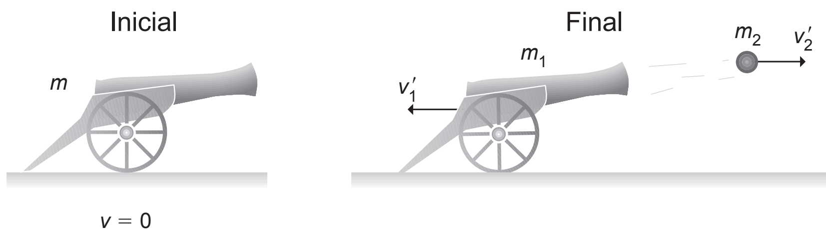
$$m_2 = \frac{m_1}{3}$$

Apliquem el principi de conservació de la quantitat de moviment, tenint en compte que $v = 0$, $m_2 = \dfrac{m_1}{3}$, i aïllem v_2'.

$$m\,\cancel{v}^{\,0} = m_1\, v_1' + m_2\, v_2' \;\Rightarrow\; m_1 \cdot (-115) + \frac{m_1}{3}\, v_2' = 0 \;\Rightarrow\; \cancel{m_1}\, v_2' = -3\,\cancel{m_1}\,(115) \;\Rightarrow\; v_2' = 345 \text{ m/s}$$

13. **Calculeu en mòdul la velocitat de retrocés d'un canó que té una massa de 275 kg, sabent que dispara un projectil de massa 1,4 kg que surt amb una velocitat de 78 m/s.**

$$\left.\begin{array}{l} m_1 = 275 \text{ kg},\ v_1' = ? \\ m_2 = 1{,}4 \text{ kg},\ v_2' = 78 \text{ m/s} \end{array}\right\}$$



Apliquem el principi de conservació de la quantitat de moviment i aïllem v_1':

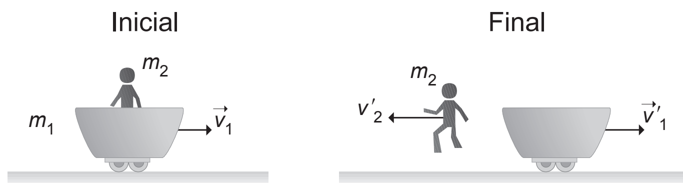
$$m\cancel{v}^{\,0} = m_1 v_1' + m_2 v_2' \Rightarrow 275\, v_1' + 1{,}4 \cdot 78 = 0 \Rightarrow v_1' = -0{,}4 \text{ m/s}$$

En mòdul: $v_1' = 0{,}4$ m/s

14. **Una vagoneta es mou sobre un carril horitzontal amb una velocitat de 24 km/h i porta una persona de 71 kg de massa. En un moment determinat, la persona salta de la vagoneta amb una velocitat de 2,3 m/s respecte del terra, en sentit contrari al del moviment de la vagoneta. Feu un esquema que representi les situacions inicial i final, i calculeu la velocitat final de la vagoneta, sabent que aquesta té una massa de 198 kg i sense tenir en compte el fregament.**

$m_1 = 198$ kg, $v_1 = 24$ km/h $= 6{,}67$ m/s, $v_1' = ?$

$m_2 = 71$ kg, $v_2 = 24$ km/h $= 6{,}67$ m/s, $v_2' = -2{,}3$ m/s



Apliquem el principi de conservació de la quantitat de moviment i aïllem v_1':

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \Rightarrow 198 \cdot 6{,}67 + 71 \cdot 6{,}67 = 198\, v_1' + 71\,(-2{,}3) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1' = 9{,}89 \text{ m/s} = 35{,}6 \text{ km/h}$$

15. **Un dia en què ha nevat força s'ha dipositat una gran quantitat de neu sobre el sostre d'una estació; en el moment en què una màquina de tren de 9,1 t passa per l'estació, li cauen a sobre 396 kg de neu. Calculeu la velocitat que portava la màquina, sabent que la seva velocitat final és de 23 km/h i que la neu ha caigut suaument.**

$m_1 = 9{,}1$ t $= 9{,}1 \cdot 10^3$ kg, $v_1 = ?$

$m_2 = 396$ kg, $v_2 \simeq 0$ (ja que ha caigut suaument)

$m_T = m_1 + m_2 = 9{,}1 \cdot 10^3 + 396 = 9{,}496 \cdot 10^3$ kg, $v' = 23$ km/h $= 6{,}39$ m/s

Apliquem el principi de conservació de la quantitat de moviment i aïllem v_1:

$$m_1 v_1 + m_2 \cancel{v_2}^{\,0} = m_T v' \Rightarrow 9{,}1 \cdot 10^3 \cdot v_1 = 9{,}496 \cdot 10^3 \cdot 6{,}39 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1 = 6{,}67 \text{ m/s} = 24 \text{ km/h}$$

16. **Els astronautes d'un transbordador espacial de 47,5 t es volen allunyar d'una estació espacial i tornar a la Terra; en un moment donat, engeguen els motors i els gasos de combustió són expulsats a una velocitat de 720 m/s respecte de l'estació. Calculeu l'augment de velocitat que experimenta el transbordador, sabent que inicialment està en repòs respecte a l'estació i que la massa dels gasos expulsats és de 950 kg.**

$m = 47{,}5\ \text{t} = 4{,}75 \cdot 10^4\ \text{kg},\ v = 0$

$m_1 = 950\ \text{kg},\ v_1' = 720\ \text{m/s}$

$m_2 = 47{,}5 \cdot 10^4 - 950 = 4{,}655 \cdot 10^4\ \text{kg},\ v_2' = ?$

Apliquem el principi de conservació de la quantitat de moviment i aïllem v_2':

$$m\cancel{v}^{\,0} = m_1 v_1' + m_2 v_2' \Rightarrow 950 \cdot 720 + 4{,}655 \cdot 10^4\, v_2' = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2' = -\frac{950 \cdot 720}{4{,}655 \cdot 10^4} = -14{,}7\ \text{m/s} \Rightarrow \Delta v = 14{,}7 - 0 = 14{,}7\ \text{m/s}$$