

NOTION DE QUANTITE DU MOUVEMENT

Prérequis : définir : vitesse d'un mobile ; la masse d'un corps

Situation-problème : Deux amis Jean et Pierre jouent avec deux billes chacun lance sa bille, après collision chacune de deux bille recule. L'un dit à l'autre qu'après collision que sa bille qui va plus vite.

- Identifier le problème posé dans le texte
- Qui a raison ?
- Comment doit-on procéder pour connaître la bille qui va plus vite que l'autre ?

Compétence à développer : Analyse d'une interaction en terme de variation de la quantité du mouvement

1-Le principe d'inertie

1.1-Définitions

Un système matériel est un ensemble d'un ou plusieurs corps. Il est délimité par celui qui étudie un phénomène mécanique.

Un système matériel est isolé si aucune force extérieure ne s'exerce sur lui. Il est dit pseudo-isolé si les forces extérieures qui s'exercent sur lui se compensent exactement.

NB : La somme vectorielle des forces extérieures qui s'exercent sur un système pseudo-isolé est nulle.

1.2-Enoncé du principe d'inertie

Le centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé est :

- est au repos si le système est au repos ;
- animé d'un mouvement rectiligne uniforme si le système était initialement en mouvement.

2-Vecteur quantité du mouvement

2.1-Définition

Le vecteur quantité de mouvement $\vec{P}$ d'un solide (S) est le produit de sa masse par le vecteur vitesse $\vec{V}_G$ de

son centre d'inertie. Sa traduction mathématique est : $\vec{P} = m \cdot \vec{V}_G$

Les Caractéristiques du vecteur quantité de mouvement $\vec{P}$ d'un solide sont :

- Le point d'application centre d'inertie G du solide
- Direction : celle de $\vec{V}_G$
- sens : celui de $\vec{V}_G$

-module ou intensité : $P = m \cdot V_G \begin{cases} m \text{ en kg} \\ V_G \text{ en m.s}^{-1} \\ P \text{ en kg.m.s}^{-1} \end{cases}$

Exercice d'application

Calculer la quantité de mouvement d'un solide de masse 45kg qui se déplace avec une vitesse de 12,5m/s.

Solution :

On sait : $\vec{P} = m \cdot \vec{V}_G \leftrightarrow$

$$P = m \cdot V_G$$

AN : $P = 45 \times 12,5 = 562,5 \text{ kg.m.s}^{-1}$

TAFM (travail à faire à la maison)

Déterminer les caractéristiques d'un mobile qui se déplace de la gauche vers la droite qui a masse de 200g et avec une vitesse est 30km/h

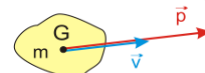
2.2- Vecteur quantité du mouvement d'un système de plusieurs corps

Soient $\vec{P}_1 ; \vec{P}_2 ; \vec{P}_3 \dots ; \vec{P}_n$; les quantités de mouvements de n corps de masses

$m_1 ; m_2 ; m_3 ; \dots m_n$ respectivement .La quantité de mouvement $\vec{P}$ du système (S) constitué par l'ensemble des corps est égale à la somme vectorielle des quantités de mouvement de ces n corps. On a $\vec{P} =$

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \dots + \vec{P}_n = m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 + m_3 \vec{V}_3 + \dots + m_n \vec{V}_n$$

3-Conservation de la quantité du mouvement



3.1-Principe de conservation

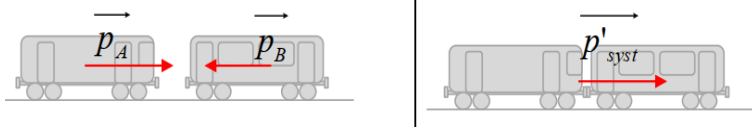
Enoncé : Le vecteur quantité du mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé reste constant au cours de son mouvement.

3.2-Quelques applications

3.2.1-Choc entre deux solides

a) Le choc mou

Un choc mou est un choc après le choc les solides restent accrochés.



Avant le choc

Après le choc

$$\vec{P} = \vec{p}_A + \vec{p}_B = m_A \cdot \vec{V}_A + m_B \cdot \vec{V}_B$$

$$\vec{P}' = (m_A + m_B) \vec{V}$$

Conservation de la quantité du mouvement

$$\vec{P} = \vec{P}' \Leftrightarrow m_A \cdot \vec{V}_A + m_B \cdot \vec{V}_B = (m_A + m_B) \vec{V}$$

$$m_A \cdot V_A - m_B \cdot V_B = (m_A + m_B) V$$

$$V = \frac{m_A \cdot V_A - m_B \cdot V_B}{m_A + m_B}$$

Si le solide B est immobile on a : $V = -\frac{m_B \cdot V_B}{m_A + m_B}$, $\vec{V}_B$ et $\vec{V}$ sont colinéaires et de sens contraire car

$-\frac{m_B}{m_A + m_B} < 0$. On peut dire qu'après le choc l'ensemble se déplace dans la direction et de sens contraire avait B avant le choc.

Exercice d'application

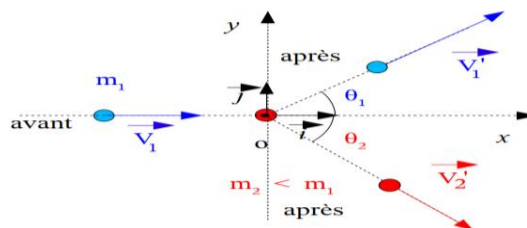
Une voiture de 1200kg qui roule à la vitesse de 7,50m/s rentre en collision frontale avec une voiture de 800kg roulant en sens inverse à la vitesse de 10,2m/s. Après le choc, les deux voitures restent collées. Déterminer leurs vitesse finale (intensité et sens).

TAFM

Même question mais les voitures roulent dans le même sens et la deuxième voiture rentre en collision avec l'arrière de la première.

b) Le choc élastique

Un choc élastique est un choc après le choc les corps se séparent.



$$\vec{P} = m_1 \cdot \vec{V}_1$$

$$\vec{P}' = m_1 \cdot \vec{V}'_1 + m_2 \cdot \vec{V}'_2$$

Conservation de la quantité du mouvement

$$\vec{P} = \vec{P}' \text{ soit } m_1 \cdot \vec{V}_1 = m_1 \cdot \vec{V}'_1 + m_2 \cdot \vec{V}'_2$$

Par projection sur les axes (x'x) et (y'y) on obtient :

$$\begin{cases} m_1 V_1 = m_1 V'_1 \cos \theta_1 + m_2 V'_2 \cos \theta_2 \\ 0 = m_1 V'_1 \sin \theta_1 - m_2 V'_2 \sin \theta_2 \end{cases}$$

On résout le système ci-dessus pour retrouver V'_1 et V'_2

TAFM

Une rondelle de masse $m_1 = 5\text{kg}$ se dirige, sur une surface horizontale sans frottement, à une vitesse de 4m/s vers une deuxième rondelle de masse $m_2 = 3\text{kg}$ se dirigeant en sens contraire à une vitesse de 1m/s . Après la collision, la trajectoire de la rondelle de masse m_1 est déviée de 20° par rapport à sa direction initiale et la deuxième rondelle se dirige maintenant à 40° sous la branche positive de l'axe déterminer la grandeur de la vitesse de chacune des rondelles après la collision.

3.2.2 Mouvement de recul d'une arme à feu

Considérons une arme à feu de masse M contenant une balle (projectile) de masse m . L'ensemble constitue un système isolé.



Avant le tir : $\vec{P} = \vec{0}$

Après le tir : $\vec{P}' = M\vec{V} + m\vec{v}$

Conservation de la quantité du mouvement : $\vec{P} = \vec{P}' \Leftrightarrow M\vec{V} + m\vec{v} = \vec{0} \rightarrow \vec{V} = -\frac{m}{M}\vec{v}$

Conclusion : Après le tir, l'arme recule avec une vitesse colinéaire et de sens contraire à celle de la balle.

Exercice d'application

Une personne de 73kg saute du quai dans une barque avec une vitesse horizontale de $2,8\text{m/s}$ calculer la vitesse de la barque, après le saut, si sa masse est de 155kg .

TAFM

Sous l'action d'un pétard, un objet, initialement au repos se brise en deux de masses inégales.

1-Dessiner les vitesses des deux parties.

2-Déterminer la vitesse v'_2 du deuxième morceau de l'objet sachant la masse de l'objet est $m = 8\text{kg}$, la masse m_1 du premier morceau est $m_1 = 2\text{kg}$ et $v'_1 = 6\text{m/s}$

3.2.3-Populsion par réaction

La propulsion à réaction est utilisée par les fusées et les avions lors du décollage.

Le système $\{\text{fusée et son contenu}\}$



- Avant le décollage, le système est pseudo-isolé la quantité du mouvement du système est définie par : $\vec{P} = m_{fc} \cdot \vec{v}_0$. Le système étant au sol, il est immobile donc $\vec{v}_0 = \vec{0}$ donc : $\vec{P} = \vec{0}$
- Après le décollage, le système s'est désolidarisé : des composés chimiques ont été éjectés par la fusée. Mais d'après le principe de conservation de la quantité du mouvement du système $\{\text{fusée et son contenu}\}$ n'a pas changé : $\vec{P} = \vec{P}'$ où $\vec{P}' = m_f \cdot \vec{v}_f + m_c \cdot \vec{v}_c$ donc $\vec{0} = m_c \cdot \vec{v}_f + m_c \cdot \vec{v}_c$ soit $\vec{v}_f = -\frac{m_c}{m_f} \vec{v}_c$. Cette relation montre que :

- Les vecteurs $\vec{v}_f$ et $\vec{v}_c$ sont colinéaires : même direction mais sens opposés ;
- Plus la masse de la fusée est importante, plus faible est la valeur de la vitesse atteinte par elle ;
- Plus la masse et la valeur de la vitesse des gaz éjectés sont importants, plus la valeur de la vitesse atteinte par la fusée l'est également.

Les gaz expulsés par la fusée sont à l'origine de son mouvement : c'est le mode **de propulsion par réaction**.