

**Notions de cours (/3.5)**

Soit une collision entre deux objets de masses  $m_1$  et  $m_2$ , de vitesses  $\vec{v}_1$  et  $\vec{v}_2$  avant le choc et  $\vec{v}'_1$  et  $\vec{v}'_2$  après le choc.

1. Exprimez, en fonction des masses et des vitesses :
  - a) la conservation de la quantité de mouvement au cours du choc ;
  - b) la conservation de l'énergie cinétique.

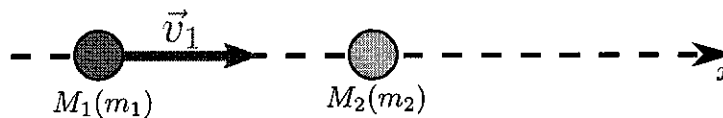
Soit un point matériel  $M$  de l'espace, associé à une masse  $m$  et possédant une vitesse  $\vec{v}$ . Soit une force  $\vec{F}$  s'appliquant au point  $M$ .

2. Donnez la définition mathématique :
  - a) du moment de la force  $\vec{F}$  par rapport à un centre  $O$  ;
  - b) du moment cinétique du point  $M$  par rapport au centre  $O$ .

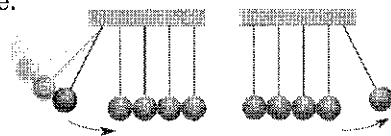
3. Énoncez (par mots et mathématiquement) le théorème du moment cinétique dans le cas général, lorsque plusieurs forces s'appliquent au point  $M$ .

**Exercice 1 : Choc d'électrons et champ magnétique (/8)**

Soit deux objets  $M_1$  et  $M_2$  de masses respectives  $m_1$  et  $m_2$ . Ces deux objets ne sont soumis à aucune force travaillant au cours de leurs mouvements. On considère l'objet  $M_2$  immobile et l'objet  $M_1$  en mouvement rectiligne uniforme se dirigeant vers  $M_2$ . La collision sera considérée élastique.



1. Écrivez la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique lors du choc, en fonction des masses et vitesses des deux objets.
2. Montrez que la vitesse de  $M_1$  après le choc s'écrit  $v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$ .
3. Déduisez-en une condition pour que l'objet  $M_1$  rebondisse sur  $M_2$ .
4. On considère que ces deux objets sont des électrons de même masse  $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .  $M_1$  a une vitesse initiale  $v_1 = 0.1c$ , où  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  est la vitesse de la lumière. En utilisant la conservation de la quantité de mouvement, calculez la vitesse et l'énergie cinétique de  $M_2$  après le choc.
5. À partir de vos réponses précédentes, décrivez le fonctionnement du pendule de Newton par un argument par récurrence.

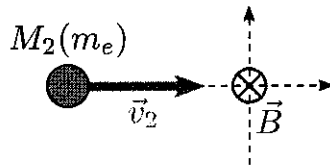


6. Considérant à présent que deux électrons exercent l'un sur l'autre une force de répulsion, comparez la vitesse de  $M_2$  par rapport à celle calculée en question 4. Justifiez.

7. a) Un champ magnétique croise la trajectoire du deuxième électron après la collision, tel que représenté sur le schéma ci-dessous. Sachant que la force magnétique appliquée à une

particule de charge  $q$  s'écrit  $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ , reproduisez le schéma en y ajoutant le vecteur de la force magnétique lors du passage de la particule (on ne tiendra compte que de son sens et sa direction).

b) Quelle trajectoire suivrait l'électron si le champ magnétique était constant et uniforme dans tout l'espace ?



### Exercice 2 : Ascenseur spatial (/5)

On considère un ascenseur spatial de masse  $m_A$  reliant la surface de la Terre et une station spatiale, comme représenté sur le schéma ci-contre. On appellera  $\ell$  la longueur de l'ascenseur. Le rayon de la Terre est appelé  $R_T$  et sa masse  $m_T$ . La station est considérée de masse négligeable.



1. a) Représentez le référentiel cylindrique suivant la rotation de la station spatiale sur un schéma, et calculez le moment cinétique de la station par rapport au centre de la Terre (on appellera  $\theta$  l'angle de rotation associé au référentiel tournant).

b) En supposant qu'aucune force n'influence le système, démontrez que le moment cinétique est constant au cours du mouvement.

Après quelques années, l'ascenseur est agrandi jusqu'à atteindre une hauteur de  $2\ell$  (mais de même masse  $m_A$ ).

c) Calculez le nouveau moment cinétique de la station par rapport au centre de la Terre.

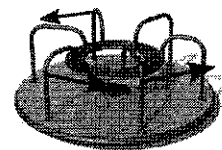
Enfin, un astéroïde de masse  $m_B$  est capturé et installé à l'endroit de la station.

d) Calculez le moment cinétique de l'astéroïde par rapport au centre de la Terre.

2. En vous basant sur les réponses de la question 1., justifiez que la durée d'une journée sur Terre diminue à chaque nouvelle configuration.

### Exercice 3 : Rotation d'un tourniquet (/3.5)

Soit un tourniquet d'enfants immobile. Trois personnes se préparent à faire tourner le tourniquet en appliquant chacune une force comme indiquées en rouge sur l'image ci-contre. On suppose que les trois forces sont de même module  $F$ , et aucune autre force n'intervient dans la mise en mouvement du tourniquet.



1. Proposez une méthode pour étudier l'effet de l'une de ces forces sur la rotation du système. Justifiez mathématiquement que l'application des trois forces accentue l'effet de rotation d'un facteur 3 par rapport à l'application d'une seule.

2. En définissant géométriquement le concept de force centrale, justifiez que les forces n'agiraient pas sur la rotation si elles étaient appliquées en direction du centre  $O$  du tourniquet.

3. De manière générale, proposez et décrivez un type de situation qu'on ne peut décrire directement avec la 2<sup>de</sup> loi de Newton (PFD) mais que l'on peut décrire avec le théorème du moment cinétique.