

Immédiatement après son décollage, la navette spatiale reçoit une énergie cinétique croissante. Cette énergie dépend aussi de la masse de la navette.

Qu'est - ce que l'énergie cinétique d'un corps solide ?

Quelle relation a-t-elle avec le travail des forces exercées sur le mobile ?



I- Energie cinétique d'un corps solide en translation.

1- Activité :

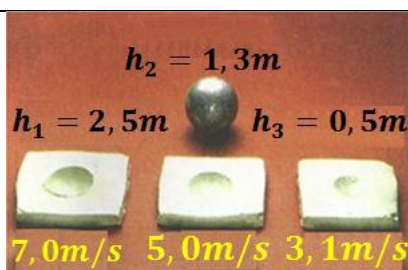
Matériel expérimental : Boules de masses et de volumes différents – morceaux de pâte de même nature et de mêmes dimensions.

On lâche sans vitesse initiale une boule de masse m sur un morceau de pâte.

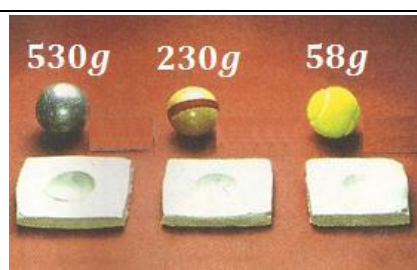
On refait l'opération plusieurs fois en changeant chaque fois la hauteur de chute et le morceau de pâte.

On lâche sans vitesse initiale une boule de masse m sur un morceau de pâte.

On refait l'opération en changeant chaque fois la boule et le morceau de pâte tout en maintenant la même hauteur de départ.



L'effet de l'impact de la boule varie en fonction de la hauteur de son point de départ.



L'effet de l'impact de la boule varie en fonction de sa masse.

1- Comment varie la vitesse prise par la boule juste avant le choc en fonction de la hauteur de départ ?

La vitesse prise par la boule juste avant le choc v augmente lorsque la hauteur de départ h augmente.

2- Quelle influence à la valeur de cette vitesse sur l'impact laissé par la boule sur le morceau de pâte ?

On observe que le morceau déforme plus, lorsque la valeur de la vitesse augmente.

3- Quelle influence à la valeur de la masse de la boule sur l'impact qu'elle produit sur le morceau de pâte ?

On observe que le morceau déforme plus, lorsque la valeur de la masse de la boule augmente.

4- Au cours de la chute de la boule, son poids produit un travail et elle acquiert une énergie dite cinétique qui produit l'effet laissé sur le morceau de pâte.

Qualitativement, déduire la relation entre cette énergie avec la masse de la boule et sa vitesse juste avant l'impact.

La boule acquiert une énergie proportionnelle à sa masse et sa vitesse.

2- Résumé :

L'énergie cinétique E_c d'un point matériel de masse m et de vitesse instantanée v ; est une grandeur toujours

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

positive : (avec E_c en Joule (J), m en (kg) et v en ($m.s^{-1}$)).

II- Energie cinétique d'un corps solide en rotation.

Lorsqu'un solide est en rotation autour d'un axe fixe (Δ) avec une vitesse angulaire ω , chacun de ses points A_i à une vitesse linéaire V_i et possède donc

une énergie cinétique $E_{Ci} = \frac{1}{2}mV_i^2$, et puisque $V_i = r_i \cdot \omega$ (tel que r_i est le rayon de la trajectoire circulaire du point matériel A_i).

Donc :
$$E_{Ci} = \frac{1}{2}m_i r_i^2 \cdot \omega^2$$

L'énergie cinétique du corps solide étant égale à la somme des énergies cinétiques des tous les points A_i le constituant.

D'où :
$$E_c = \sum E_{Ci} = \sum \frac{1}{2}m_i r_i^2 \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \omega^2 \sum m_i r_i^2$$

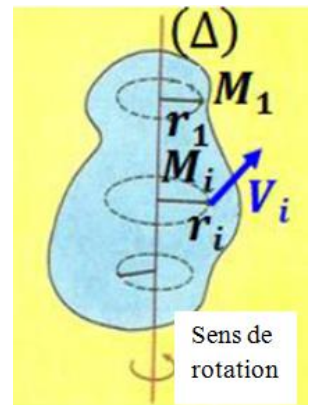
La grandeur $\sum m_i r_i^2$ caractérise le corps solide. Il dépend de sa masse et de la répartition de cette masse autour de l'axe de rotation (Δ) cette grandeur est appelée : **moment d'inertie** du solide par rapport à l'axe (Δ).

Son unité dans le système international des unités est le ($kg.m^2$) et elle est noté J_Δ : $J_\Delta = \sum m_i r_i^2$.

Définition : L'énergie cinétique d'un corps solide en rotation autour d'un axe fixe (Δ) s'écrit :

$$E_c = \frac{1}{2}J_\Delta \cdot \omega^2$$

telle que ω est la vitesse angulaire instantanée du solide et J_Δ son moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation (Δ).



Rotation d'un corps solide autour d'un axe

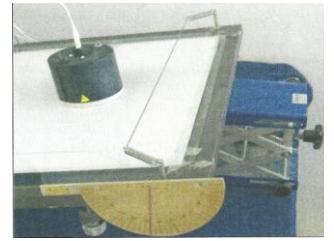
barre	barre	sphère	cylindre	cerceau	disque
$J_\Delta = \frac{1}{3}ml^2$	$J_\Delta = \frac{1}{12}ml^2$	$J_\Delta = \frac{2}{5}mr^2$	$J_\Delta = \frac{1}{2}mr^2$	$J_\Delta = mr^2$	$J_\Delta = \frac{1}{2}mr^2$
Expressions des moments d'inertie de quelques corps solides homogènes et de formes connues					

III- Théorème de l'énergie cinétique.

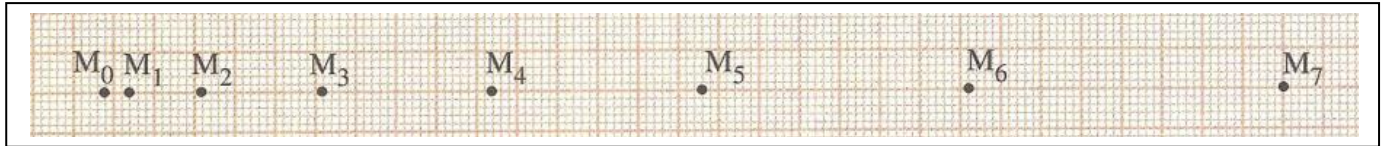
1- Cas d'un corps solide en mouvement de translation :

1-1- Activité :

- Incliner la table à coussin d'air d'un angle $\alpha = 10^\circ$ par rapport à l'horizontale.
- Lâcher l'autoporteur de masse $m = 732g$ sans vitesse initiale du haut de la table.
- Régler la valeur de la durée séparant l'enregistrement de deux positions successives $\tau = 60ms$.
- Le document ci-dessous représente un exemple de l'enregistrement obtenu.



Dispositif expérimental



1- Faire le bilan de forces exercées sur l'autoporteur au cours de son mouvement.

Système étudié {l'autoporteur}

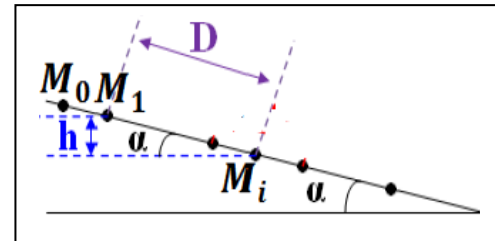
- Le poids $\vec{P}$
- La réaction de plan $\vec{R}$.

2- Ecrire l'expression du travail de chacune de ces forces entre les positions M_1 et M_6 . En déduire la somme de ces travaux $\sum W_{M_1 \rightarrow M_6}(\vec{F}_{ext})$.

On a
$$W_{M_1 \rightarrow M_6}(\vec{P}) = m.g.(z_1 - z_6) = m.g.h = m.g.D.\sin \alpha$$

Et tant que le frottement est négligeable alors :
$$W_{M_1 \rightarrow M_6}(\vec{R}) = 0J$$

Donc
$$\sum W_{M_1 \rightarrow M_6}(\vec{F}_{ext}) = W_{M_1 \rightarrow M_6}(\vec{P}) + W_{M_1 \rightarrow M_6}(\vec{R}) = m.g.D.\sin \alpha$$



3- Calculer la valeur de vitesse V_1 , et déduire l'énergie cinétique E_{C1} .

On a
$$V_1 = \frac{M_0 M_2}{2\tau} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 0,1 m.s^{-1}$$

Donc
$$E_{C1} = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,732 \cdot (0,1)^2 = 3,66 \cdot 10^{-3} J$$

4- Calculer la valeur de vitesse V_6 , et déduire l'énergie cinétique E_{C6} .

On a
$$V_6 = \frac{M_5 M_7}{2\tau} = \frac{7,2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 0,6 m.s^{-1}$$

$$E_{C1} = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,732 \cdot (0,6)^2 = 0,13176 J$$

Donc

5- Comparer les valeurs de $\sum W_{M_2 \rightarrow M_6}(\vec{F}_{ext})$ et $\Delta E_C = E_{C6} - E_{C1}$.

On a

$$\Delta E_C = E_{C6} - E_{C1} = 0,13176 - 3,66 \cdot 10^{-3} = 0,13 J$$

et

$$\sum W_{M_2 \rightarrow M_6}(\vec{F}_{ext}) = m \cdot g \cdot D \cdot \sin \alpha = 0,732 \times 10 \times 10,4 \cdot 10^{-2} \times \sin 10 = 0,13 J$$

Alors on observe que

$$\Delta E_C = \sum W_{M_2 \rightarrow M_6}(\vec{F}_{ext})$$

1-2- Résumé :

Dans un repère galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un corps solide en mouvement de translation rectiligne entre deux instants t_A et t_B est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} m V_A^2 = \sum W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_{ext})$$

extérieures exercées sur lui entre ces deux instants.

2- Cas d'un corps solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe :

Le résultat antérieur vérifie aussi pour le cas d'un corps solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe où la variation de l'énergie cinétique d'un corps solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe entre deux instants t_A et t_B est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces extérieures

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega_B^2 - \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega_A^2 = \sum W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_{ext})$$

exercées sur lui entre ces deux instants.

ω_A : vitesse angulaire du solide à l'instant t_A .

ω_B : vitesse angulaire du solide à l'instant t_B .

J_{Δ} : moment d'inertie du corps solide par rapport à l'axe de rotation (Δ).

3- Énoncé du théorème de l'énergie cinétique :

Dans un repère galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un corps solide indéformable en translation ou en rotation autour d'un axe fixe, entre deux instants est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces extérieures exercées sur ce corps entre ces deux instants.

$$\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = \sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{ext})$$

Ce théorème s'exprime par la relation :

Telle que :

E_{C_1} est l'énergie cinétique du corps à l'état 1

E_{C_2} est l'énergie cinétique du corps à l'état 2.

$\sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{ext})$ représente la somme algébrique des travaux des forces extérieures entre l'état 1 et l'état 2.