

Travail d'une force et énergie

I- Chute libre

Un objet est en mouvement de chute libre lorsqu'il n'est soumis qu'à son poids.

Au cours d'une chute libre, le travail du poids sert à faire varier la vitesse du solide.

La vitesse v de la bille (en m/s) est reliée à la hauteur h de la chute (en m) et à la vitesse v_0 de la bille à l'instant initial selon la relation : $v^2 - v_0^2 = 2 g h$ où g est la constante de gravitation. (cf TP)

Remarque : Dans la pratique on considère qu'un objet est en chute libre lorsque les forces, autres que son poids, sont négligeables par rapport au poids. C'est le cas de la poussée d'Archimède et de la résistance de l'air lorsque l'objet a une densité élevée et une vitesse pas trop grande.

Dans le vide, tous les objets ont la même loi de chute libre (quelque soit leur masse).

(cf expérience du tube de Newton)

II- Travail et énergie cinétique

1) Définition de l'énergie cinétique

L'énergie cinétique d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de son mouvement.

Dans le cas d'un solide de masse en mouvement de translation :

$$E_c = \frac{1}{2} m v_G^2 \quad \begin{cases} E_c \text{ énergie cinétique en J} \\ m \text{ masse en kg} \\ v_G \text{ valeur de la vitesse du centre d'inertie du solide en m/s} \end{cases}$$

2) Cas de la chute libre

Dans le cas de la chute libre, on a $v^2 - v_0^2 = 2 g h$

En multipliant les deux membres par la moitié de la masse, on a : $\frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = m g h$

Pour un objet chutant d'un point A à un point B, on a donc : $\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = m g (z_A - z_B)$

On reconnaît l'énergie cinétique et le travail du poids : $E_{cB} - E_{cA} = W_{AB}(\vec{P})$

La variation d'énergie cinétique du solide en chute libre entre deux positions A et B est égale au travail du poids de ce solide pour le déplacement AB : $\Delta E_c = W(\vec{P})$

3) Théorème de l'énergie cinétique

La formule, que nous avons obtenue dans le cas de la chute libre, peut être généralisée, dans un référentiel galiléen, au cas d'un solide soumis à plusieurs forces. On l'appelle : théorème de l'énergie cinétique.

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide, entre deux positions, est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées à ce solide entre ces deux positions.

$$E_{cB} - E_{cA} = \sum W_{AB}(\vec{F}_{ext})$$

4) Remarques

- La somme des travaux des forces appliquées est égale au travail de la résultante de ces forces.
- Lorsque la somme des travaux effectués est positive, l'énergie cinétique du système augmente, donc la vitesse augmente.
- Lorsque la somme des travaux effectués est négative, l'énergie cinétique du système diminue, donc la vitesse diminue.
- Lorsque la somme des travaux effectués est nulle, l'énergie cinétique du système est constante, donc la vitesse est constante.

III- Travail et énergie potentielle de pesanteur

1) Énergie potentielle

Lorsqu'on lâche un solide, si rien ne le retient, il se met en mouvement : il tombe. Donc il possède de l'énergie, qu'il a en réserve, c'est de l'énergie potentielle.

De même, un ressort comprimé possède de l'énergie potentielle élastique : lorsqu'il se détend il peut effectuer un travail.

2) Énergie potentielle de pesanteur

Pour augmenter l'altitude d'un corps il faut effectuer un travail en lui appliquant une force $\vec{F}$.

Exemple :

- Le corps est immobile au point A (altitude z_A).
- La force $\vec{F}$ le fait passer au point B (altitude z_B) où il est immobile.
- Appliquons le théorème de l'énergie cinétique, le corps n'est soumis qu'à la force $\vec{F}$ et à son poids $\vec{P}$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = W_{AB}(\vec{F}) + W_{AB}(\vec{P})$$

Les vitesses en A et B étant nulles on a : $W_{AB}(\vec{F}) = -W_{AB}(\vec{P}) = -m g (z_A - z_B) = m g (z_B - z_A)$

L'énergie potentielle de pesanteur apparaît comme du travail stocké momentanément à la suite d'une modification de position du système par rapport à la Terre.

La variation d'énergie potentielle est égale au travail de la force $\vec{F}$ donc $E_{ppB} - E_{ppA} = m g (z_B - z_A)$.

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est l'énergie due à sa position (altitude) par rapport à la Terre. Elle est due à l'interaction gravitationnelle entre le solide et la Terre.

$$E_{pp} = m g z \quad \begin{cases} E_{pp} \text{ énergie potentielle de pesanteur en J} \\ m \text{ masse en kg} \\ g \text{ intensité de la pesanteur en N/kg} \\ z \text{ altitude de l'objet en m} \end{cases}$$

Remarques :

- L'énergie potentielle de pesanteur ne dépend pas l'état de mouvement du solide.
- L'énergie potentielle augmente lorsque l'altitude du solide augmente. L'abscisse z est déterminée sur un axe Oz orienté vers le haut.
- L'énergie potentielle dépend de l'origine des altitudes (niveau du sol, niveau de la mer, etc...). L'énergie potentielle est donc définie à une constante près.
- La variation de l'énergie potentielle ne dépend pas du choix de l'origine des altitudes.
- La variation de l'énergie potentielle de pesanteur est opposée au travail du poids, elle ne dépend pas du chemin suivi. $\Delta E_{pp} = W_{AB}(\vec{P})$

IV- Echanges énergétiques

1) Cas de la chute libre

D'après le théorème de l'énergie cinétique : $\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = m g (z_A - z_B)$

Que l'on peut écrire : $\frac{1}{2} m v_B^2 + m g z_B = \frac{1}{2} m v_A^2 + m g z_A$

Cette relation est valable quelques soient les points A et B. On en déduit que la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle est constante dans le cas de la chute libre : lorsque l'énergie cinétique augmente l'énergie potentielle diminue et réciproquement.

2) Énergie mécanique

L'énergie mécanique est égale à la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle. $E_m = E_c + E_p$

Il y a conservation de l'énergie mécanique lorsque le solide est soumis à son poids et à d'autres forces dont le travail est nul.

S'il y a des frottements, cette somme ne se conserve pas.