Physique et Chimie : 1ère Année Bac

Séance 7 (Travail et énergie potentielle de pesanteur - Énergie mécanique)

Professeur : Mr EL GOUFIFA Jihad

Sommaire

I- Énergie potentielle de pesanteur

1-1/ Définition

1-2/ Expression de l'énergie potentielle de pesanteur

1-3/ Variation de l'énergie potentielle de pesanteur

II- Énergie mécanique

2-1/ Définition

2-2/ Conservation de l'énergie mécanique

2-3/ Non conservation de l'énergie mécanique

III- Exercices

3-1/ Exercice 1

3-2/ Exercice 2

3-3/ Exercice 3

3-4/ Exercice 4

I- Énergie potentielle de pesanteur

1-1/ Définition

L'énergie potentielle d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de sa position par rapport à la terre.

Exemple

L'eau possède une énergie potentielle due à sa position par rapport à la surface de la terre.

Cette énergie est utilisée dans les barrages pour produire de l'électricité.

1-2/ Expression de l'énergie potentielle de pesanteur

Dans le repère , l'énergie potentielle de pesanteur Epp d'un solide est définit par :

$$E_{pp} = m.g.z + C$$

- E_{pp} : énergie potentielle de pesanteur en (J)
- m : masse du corps en (kg)
- g : intensité de pesanteur en (N/kg)
- z : altitude du centre de gravité du corps en (m)
- C : constante qui se détermine à partir de l'état de référence.

Par convention $E_{pp} = 0$ pour $z = 0$ (normalement au sol), donc $C = 0$: $E_{pp} = m.g.z$

Il est possible de choisir le niveau de référence pour l'énergie potentielle ($E_{pp} = 0$) à une altitude quelconque

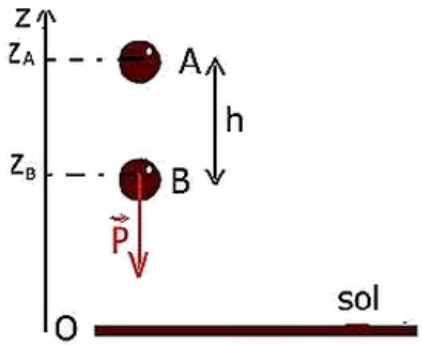
L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide dépend de son altitude z, c'est à dire de sa position par rapport à la Terre, elle est due à l'interaction du solide avec la Terre.

Remarque

Si l'axe Oz est orienté vers le bas (à éviter), l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur devient : $E_{pp} = -m.g.z + C$

1-3/ Variation de l'énergie potentielle de pesanteur

Quand un corps solide se déplace d'un point A d'altitude zA à un point B d'altitude zB, la variation de l'énergie de pesanteur du corps est :

$\Delta E_{pp} = E_{ppB} - E_{ppA}$ $\Delta E_{pp} = m.g\,(z_B - z_A)$ $\Delta E_{pp} = -W_{A\to B}\left(\vec{P}\right)$	

La variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre deux points est égale à l'opposé du travail du poids lors du déplacement entre ces deux points.

II- Énergie mécanique

2-1/ Définition

L'énergie mécanique d'un corps solide à un instant t donné est la somme de son énergie cinétique et son énergie potentielle de pesanteur à cet instant :

$$E_m = E_C + E_{pp}$$

- E_m : Énergie mécanique en (J)
- E_C : Énergie cinétique en (J)
- E_{pp} : Énergie potentielle de pesanteur en (J)

Dans le cas d'une chute libre :

$$E_m = \frac{1}{2}m.v^2 + mgz + C$$

2-2/ Conservation de l'énergie mécanique

Cas d'une chute libre

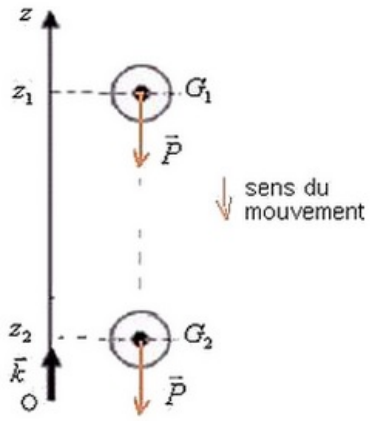
Un corps solide (S) en chute libre (il n'est soumis qu'a son poids), se déplace d'un point A à un point B.

D'après le théorème de l'énergie cinétique : $\Delta E_c = W_{A\to B}\left(\overrightarrow{P}\right)$

Et on sait que : $\Delta E_{pp} = -W_{A\to B}\left(\overrightarrow{P}\right)$

Donc : $\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pp} = 0$

Il y a conservation de l'énergie mécanique



Conclusion

L'énergie mécanique du solide en chute libre reste constante, on dit qu'elle se conserve.

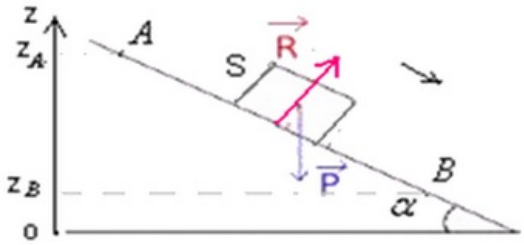
Le poids est une forces conservative, son travail ne varie pas la valeur de l'énergie mécanique.

Cas d'un corps solide soumis à plusieurs forces sans frottement

On considère un corps solide (S) en état de glissement sans frottement sur un plan incliné comme l'indique la figure suivante :

Le corps (S) est soumis à l'action de deux forces :

- $\overrightarrow{P}$: son poids
- $\overrightarrow{R}$: la réaction du plan incliné



En appliquant le théorème de l'énergie cinétique sur le corps entre les positions A et B :

$$\Delta E_c = W_{A\to B}\left(\overrightarrow{P}\right) + W_{A\to B}\left(\overrightarrow{R}\right)$$

$$\Delta E_c = W_{A\to B}\left(\overrightarrow{P}\right) \quad \left(W_{A\to B}\left(\overrightarrow{R}\right) = 0\right)$$

$$\Delta E_c = -\Delta E_{pp}$$

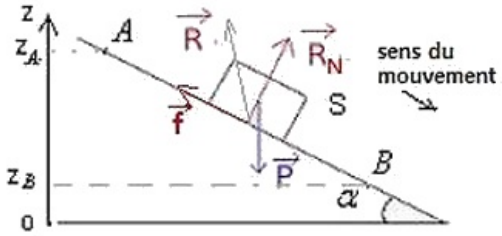
càd : $\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pp} = 0$

Donc il y'a conservation de l'énergie mécanique du corps entre A et B.

On dit que le poids est une force conservative, car malgré que le poids travaille au cours du mouvement il y'a conservation de l'énergie mécanique.

2-3/ Non conservation de l'énergie mécanique

Mouvement d'un corps solide avec frottement sur un plan incliné



En appliquant le théorème de l'énergie cinétique sur le corps entre les positions A et B :

$$\Delta E_c = W_{A\to B}\left(\overrightarrow{P}\right) + W_{A\to B}\left(\overrightarrow{R}\right)$$

$$\Delta E_c = W_{A\to B}\left(\overrightarrow{P}\right) + W_{A\to B}\left(\overrightarrow{R_N}\right) + W_{A\to B}\left(\overrightarrow{f}\right)$$

$$\Delta E_c = -\Delta E_{pp} + W_{A\to B}\left(\overrightarrow{f}\right)$$

$$\Delta E_c + \Delta E_{pp} = W_{A\to B}\left(\overrightarrow{f}\right) = -f.AB$$

$$\Delta E_m = W_{A\to B}\left(\overrightarrow{f}\right) = -f.AB$$

Conclusion

La variation de l'énergie mécanique est égale au travail des forces de frottement. Une partie de l'énergie mécanique du système est convertie en chaleur Q :

$$\Delta E_m = W_{A\to B}\left(\vec{f}\right) = -Q$$

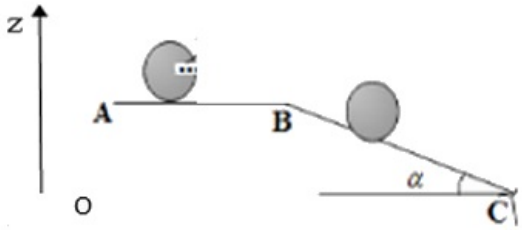
III- Exercices

3-1/ Exercice 1

On considère un corps solide (S) de masse $m = 0,4Kg$ qui peut se déplacer sur un rail ABC qui comporte deux phases :

- une partie (AB) rectiligne et horizontale : $AB = 2m$.
- une partie (BC) inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport au plan horizontal : $BC = 3m$.

On prend le plan horizontal passant par le point C comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



On prend : $g = 10N/Kg$

Le mouvement de (S) sur la partie (AB) : les frottements ne sont pas négligeables

Le solide (S) part du point A avec une vitesse initiale $V_A = 3\ m/s$, et se déplacer sur la piste AB avec frottement équivalent à une force horizontale d'intensité $f = 0.5N$ et de sens opposé.

1. Déterminer au point A, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur du corps (S), et en déduire son énergie mécanique au point A.
2. En appliquant le T.E.C entre A et B, montrer que $V_B = \sqrt{{V_A}^2 - \frac{2.f.AB}{m}}$. Calculer sa valeur.
3. Déterminer au point B, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur du corps (S), et en déduire son énergie mécanique au point B.
4. Calculer la variation de l'énergie mécanique entre A et B par deux méthodes différentes.
5. En déduire la quantité de chaleur Q libérée durant ce déplacement.

Le mouvement de (S) sur la partie (BC) : les frottements sont négligeables

Le solide (S) aborde la piste BC et arrive au point C avec une vitesse V_C.

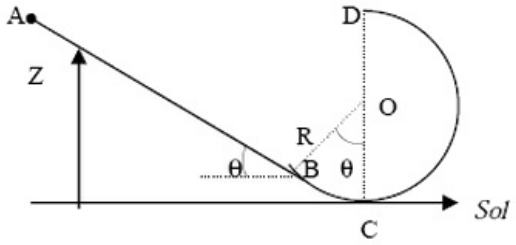
6. En appliquant le T.E.C entre B et C, montrer que $V_C = \sqrt{{V_B}^2 + 2.g.BC.\sin\alpha}$. Calculer sa valeur.
7. Déterminer au point C, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur du corps (S), et en déduire son énergie mécanique au point C.

En réalité, le mouvement du solide (S) sur la piste BC se fait avec frottement et le solide (S) arrive au point C avec une vitesse $V'_C = 5m/s$.

8. Déterminer f' l'intensité de la force de frottement sur la piste BC.

3-2/ Exercice 2

Un chariot de masse m=500g peut rouler sans frottement sur une piste ABCD représentée par la figure suivante :



Les caractéristiques de cette piste sont : $AB = 2m$; $R = 0,5m$; $\theta = 60^\circ$

.

1. Exprimer littéralement lez altitudes z_B, z_A et z_D des points B, A et D et calculer-les numériquement.

Le chariot part de A sans vitesse initiale.

2. Donner l'expression de son énergie mécanique $E_m(A)$ en A en prenant $E_{pp} = 0$ au niveau du sol (origine des altitudes) et la calculer.
3. En calculant l'énergie cinétique et l'énergie potentielle en B, vérifier que son énergie mécanique $E_m(B)$ est égale à $E_m(A)$.
4. Calculer la vitesse v_D du chariot en D.

L'expérience réalisée montre que le chariot passe en$D$ avec une vitesse inférieure d'un tiers à celle qu'il devrait avoir.

5. Calculer la longueur du chemin $ABCD$ et déterminer l'intensité supposée constante de la force de frottement responsable de ce freinage.

3-3/ Exercice 3

Un parachutiste, de masse totale $m = 100kg$, saute à partir d'un hélicoptère en vol stationnaire (immobile par rapport à la Terre) d'une altitude de $3000m$.

Durant la première phase de son saut la vitesse passe de 0 à $180km/h$. Puis, à l'ouverture du parachute, la vitesse décroît jusqu'à $18km/h$.

La vitesse garde ensuite cette valeur jusqu'à l'atterrissage qui se fait sur un plateau situé à $500m$ d'altitude.

Par convention, l'énergie potentielle du parachutiste dans le champ de pesanteur terrestre est prise nulle au niveau de la mer $(z = 0)$.

1. Calculer l'énergie mécanique du parachutiste dans le champ de pesanteur terrestre lorsqu'il vient juste de quitter l'hélicoptère immobile par rapport à la Terre.
2. Calculer l'énergie mécanique du parachutiste dans le champ de pesanteur terrestre juste

avant son atterrissage.

3. L'énergie mécanique du parachutiste dans le champ de pesanteur terrestre est-elle restée constante ?
4. Quel est le travail de la force de frottement de l'air sur le parachutiste ?
5. La force de frottement est-elle constante durant le saut ?
6. Quelle était la valeur de cette force de frottement durant la dernière phase du saut à la vitesse constante de $18km/h$?
7. De quelle hauteur devrait se faire une chute libre sans vitesse initiale pour que la vitesse à l'arrivée sur le sol soit également de $18km/h$?

3-4/ Exercice 4

Un pendule est constitué d'une petite boule métallique de masse $m = 80g$, suspendue à un fil inextensible de masse négligeable et de longueur $l = 1m$.

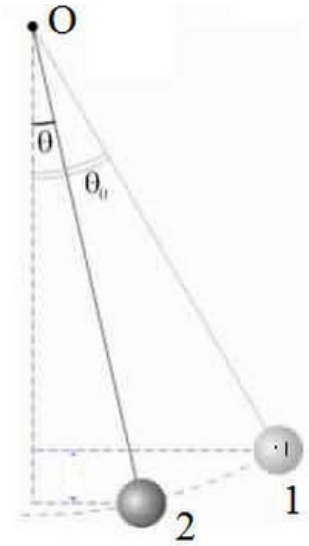
Le fil est accroché en un point fixe O et les mouvements du pendule s'effectuent dans un plan vertical.

Le fil du pendule étant initialement vertical, on l'écarte de cette position d'un angle $\theta_m = 45^\circ$ puis on abandonne l'ensemble sans vitesse initiale (position 1).

On néglige toutes les forces de frottement.

1. Justifier la conservation de l'énergie mécanique pour la boule du pendule.
2. Déterminer la valeur V_2 de la vitesse de la boule lorsqu'elle passe par la position verticale (position 2).

La position intermédiaire du pendule est définie par l'angle θ qu'il forme avec la verticale, la valeur de la vitesse de la boule est alors V.

On fait l'hypothèse que l'énergie potentielle de pesanteur est nulle dans la position la plus basse que le pendule peut occuper (position 2).

3. En appliquant la conservation de l'énergie mécanique sur la boule, en déduire la formule littérale donnant la valeur V de la vitesse en fonction de θ, θ_m, g et l.
4. Faire l'application numérique pour $\theta = 30^\circ$.