Niveau : $1^{\text{ères}}$ CDE

Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME 1 : MECANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ENERGIE POTENTIELLE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

En partance pour l'école à 06 heures 30 minutes, un groupe d'élèves de $1^{\text{ème}}$ C scientifique d'un Lycée assiste à une scène sur la côte menant au lycée. Un camion remorque chargé de billes de bois ne pouvant plus monter la côte, se met à descendre de plus en plus vite et se retrouve au bas de la côte. Ayant frôlé la catastrophe, les élèves, sous la supervision de leur professeur, décident avec leurs camarades de classe, de faire des recherches aux fins de définir et de connaitre les expressions des différentes énergies potentielles, de les déterminer puis de connaître quelques-unes de leurs applications.

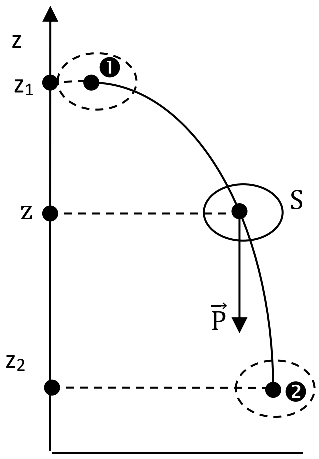
II. CONTENU DE LA LECON

1. ENERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR

1.1. Définition

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

1.2. Expression



Un solide S de masse **m** passe de la position ❶ à la position ❷ :

$W_{12}(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2) = \mathbf{mgz_1 - mgz_2}$.

On peut dire que le travail du poids $W_{12}(\vec{P})$ est égal à la différence des valeurs prises par une fonction Ep(z) entre la position ❶ (où $z = z_1$) et la position ❷ (où $z = z_2$) telle que : $\boldsymbol{E_P(z) = mgz + C}$ où :

- C est une constante arbitraire
- $E_P(z)$ est l'énergie potentielle de pesanteur.
- m : masse du solide (kg) ;
- g : intensité de la pesanteur ($N.kg^{-1}$) ;
- z : altitude du centre d'inertie (m).

Unité : L'unité de l'énergie potentielle de pesanteur est le joule (J)

1.3. Etat de référence :

La position de référence est la position du solide pour laquelle l'énergie potentielle de pesanteur est considérée comme nulle. Sa côte est notée z_o.

L'expression de l'énergie potentielle est :

$E_p(z) = mgz + C$

Détermination de la constante C.

En z_0 , $E_p(z_0) = 0$, donc $mgz_0 + C = 0$; $C = - mgz_0$ $\Rightarrow$ $E_P(z) = mgz - mgz_o$

Remarque

- $Si\ z < z_0$, $E_{PP}(z) < 0$
- $Si\ z > z_0$, $E_{PP}(z) > 0$

1.4. Variations de l'énergie potentielle :

$\Delta Ep = Ep_2 - Ep_1 = (mgz_2 + cte) – (mgz_1 + cte) = mg(z_2 - z_1) = mg.\Delta z$ soit

$\Rightarrow \quad \Delta E_P = mg\Delta z$ où Δz = variation de l'altitude z.

$\Rightarrow \quad \Delta E_P = -W(\vec{P})$

Activité d'application 1

Un objet de masse m = 500 g est lancé vers le haut et atteint un point M d'altitude z = 20 m.

1. Calcule l'énergie potentielle de pesanteur Ep de l'objet en M:

1.a) par rapport à la position M;

1.b) par rapport au sol;

1.c) par rapport au fond d'un puits de profondeur 10 m.

2.

2.a) Calcule la variation de l'énergie potentielle quand elle est définie par rapport au sol

2.b) Compare cette variation au travail du poids et conclus

<u>Résolution</u>

1.

1.a) $Ep = mg(z - z_o) = 0$ J car $z = z_o$

1.b) Ep = 0,5x10x(20 - 0) = 100 J

1.c) Ep = 0,5x10x(20- (-10)) = 150 J

2.

2.a) $\Delta E_{pp} = mg\Delta z \ \rightarrow \Delta E_{pp} = mg(z - 0) \rightarrow \ \Delta E_{pp} = 0{,}5 \text{ x } 10 \text{ x } (20 - 0) = 100 \text{ J}$

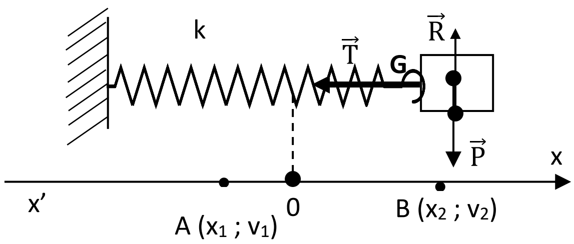
2.b) $W_{\overrightarrow{(P)}} = mg(0 – z) = - 100$ J

Conclusion : $\Delta E_{pp} = -W\overrightarrow{(P)}$

2. ENERGIE POTENTIELLE ELASTIQUE (Cette partie concernes les élèves des 1ères C-E)

2.1. Définition

Un solide de masse m est accroché à un ressort de raideur k. L'ensemble constitue **un pendule élastique**. Tirons le solide S, puis lâchons-le. Il se déplace sans frottement sur le plan horizontal.



D'où la définition :

L'**énergie potentielle élastique** d'un ressort de raideur **k** est l'énergie que possède ce ressort du fait de son **allongement x**. Son expression : $\mathbf{E_{pe}} = \frac{1}{2}kx^2$

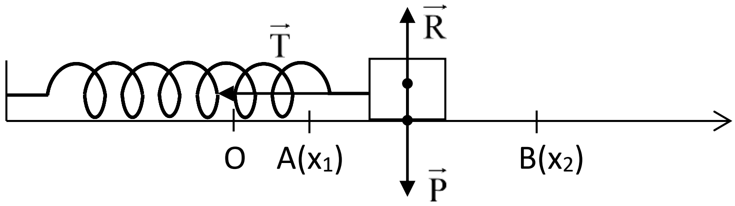
x : déformation (allongement ou raccourcissement) du ressort en mètre(m); k : raideur en $N.m^{-1}$; E_{pe} en J.

x est le paramètre de position relative du système.

L'énergie potentielle élastique est considérée nulle dans la position d'équilibre, x = 0.

2.2.Variation de l'énergie potentielle élastique

Soit le système ci-dessous :



Soit les points A d'abscisse x_1 et B d'abscisse x_2, deux positions occupées par le ressort ; O étant la position à vide du ressort.

Les énergies potentielles élastiques du ressort en A et en B sont respectivement :

$\mathbf{Ep_{e(A)}} = \frac{1}{2}kx_1^2$ et $\mathbf{Ep_{e(B)}} = \frac{1}{2}kx_2^2$

Entre les positions A et B, la variation d'énergie potentielle élastique s'écrit :

$$\Delta E_{Pe} = E_{Pe_B} - E_{Pe_A} = \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2$$

$$= \frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$$

$$= -\frac{1}{2}k(x_1^2 - x_2^2)$$

Or $W_{AB}(\vec{T}) = -\frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}kx_1^2$

$= \frac{1}{2}k(x_1^2 - x_2^2)$

$$\boxed{\Delta E_{Pe} = - W_{AB}(\vec{T})}$$

La variation de l'énergie potentielle élastique d'un ressort est égale à l'opposé du travail de la tension du ressort.

Activité d'application 2

Un ressort, de longueur à vide ℓ_0 = 20 cm, de raideur k = 20 N/m, est comprimé à la moitié de sa longueur.

1. Calcule l'énergie potentielle élastique E_{pe} que possède ce ressort.

2.

2.1. Calcule la variation de cette énergie pendant la compression

2.2. Compare cette variation au travail de tension $\vec{T}$

Résolution

1. $E_{pe} = \frac{k}{2}x^2 = \frac{20}{2} \times (0,1)^2 = 0,1J$

2.

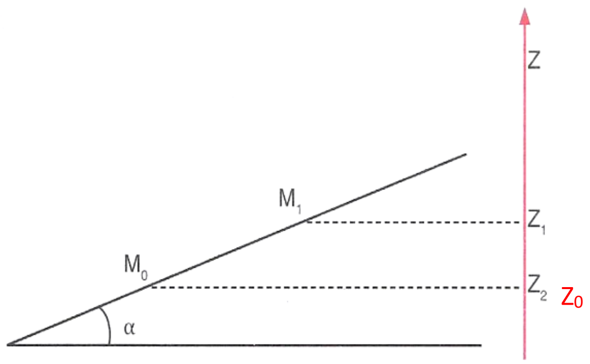
2.1. $\Delta E_{pe} = \frac{1}{2}\mathbf{k}(\mathbf{x}_2^2 - \mathbf{x}_0^2) \rightarrow \Delta \mathbf{E_{pe}} = \frac{1}{2}$ **x 20 x** $(\mathbf{0,1^2 - 0}) = \mathbf{0,1J}$

2.2. $W(\overrightarrow{T}) = -\frac{1}{2}kx^2 \rightarrow W(\overrightarrow{T}) = -\frac{1}{2}$ x 20 x $0,1^2 = -0,1J$

$\rightarrow \Delta E_{pe} = -W(\overrightarrow{T})$

SITUATION D'EVALUATION

Votre Professeur de physique-chimie demande à ton groupe de travail d'étudier le mouvement d'un palet de masse m sur un plan incliné d'un angle α =15° avec l'horizontale. Il désire vous faire vérifier la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur du palet et la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées entre deux points Mo et M_1. Pour ce faire, un membre de ton groupe lance le palet vers le haut parallèlement à la ligne de plus grande pente (voir schéma ci-dessous).



Données

$M_oM_1 = L = 1,5$ m ; m = 500 g ; Le niveau de la position initiale (Mo) du palet est pris comme niveau de référence des énergies potentielles de pesanteur ; g = 9,8 N/kg.

Tu es choisi comme rapporteur du groupe.

1.

1-1. Donne l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du palet au point Mo puis au point M_1.

1-2. Détermine la variation de l'énergie potentielle de pesanteur (ΔEp) du palet entre les points Mo et M_1.

2. Détermine la somme algébrique des travaux (∑W) des forces extérieures appliquées au palet en supposant que le déplacement se fait sans frottements.

3. Compare (ΔEp) et (∑W)

Résolution de la situation

1-1 Au point M_0. $Ep(M_0) = mg(z_0 - z_0) = 0$ J,

Au point M_1. $E_p(M_1) = mg(z_1 - z_0) = mgL\sin\alpha$

1-2 Variation de l'énergie potentielle de pesanteur (ΔEp) du palet entre les points M_0 et M_1.

$\Delta E_p = E_p(M_1) - E_p(M_0) = mgL\sin\alpha$ AN: $\Delta E_p = 1,9$ J

2- Somme algébrique des travaux (∑W) des forces appliquées au palet

$(\sum W) = W_{MoM1}(\vec{P}) = mg(z_0 - z_1) = -1,9$ J

3- Comparaison de ΔE_p et $\sum W$

$\Delta Ep = -\sum W$

III.EXERCICES

Exercice 1

Réponds par vrai ou faux aux affirmations ci-dessous :

1. L'énergie potentielle d'un solide est définie de facçon absolue.
2. L'énergie potentielle d'un système est constante au cours du temps.
3. Les forces de frottement sont des forces non conservatrices.
4. Plus un solide de masse m s'èloigne de la terre plus son énergie potentielle est grande.
5. La variation d'énergie potentielle d'un système ne dépend jamais du choix de l'état de référence.

Résolution

1.faux ; 2.faux ; 3.vrai ; 4.vrai ; 5.vrai.

Exercice 2 :

Une pompe refoule de l'eau dans un réservoir situé à 6 m plus haut. Son débit est égal à d = 6000 L. min^{-1}.

1. Calcule la variation d'énergie potentielle de pesanteur ΔEp subie par la masse d'eau en une seconde.

2. Sachant que l'énergie correspondant à cette variation d'énergie potentielle est fournie par un moteur, calcule la puissance minimale Pmin du moteur.

Résolution

1- $\Delta Ep = -W(\vec{P}) = -mgh = -100 \times 10 \times 6 = -6.10^3$ J
2- $Pmin = \frac{1}{\Delta t}W(\vec{P}) = \frac{6000}{1} = 100$ W

Exercice 3

Lors d'une compétition de basket dans un établissement scolaire, un joueur lance le ballon d'un point A situé à h_A = 2 m du sol, avec une vitesse V_A en direction du panier. Le panier constitué d'un cercle métallique est à h_B = 3,05 m du sol. Le panier est réussi. Les frottements sont nuls. Le ballon n'a qu'un mouvement de translation.
Données : g = 10 $N.kg^{-1}$; V_A = 9,1 $m.s^{-1}$
Calcule en utilisant les lois de l'énergie mécanique, la vitesse v_B du ballon lorsqu'il rentre dans le cercle en B.

Corrigé

$E_{mA} = E_{mB}$

$\frac{1}{2}mV_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mV_B^2 + mgh_B$; $V_B = \sqrt{V_A^2 + 2g(h_A - h_B)}$

$V_B = \sqrt{9,1^2 + 2 \times 10 \times (2 - 3,05)}$

$V_B = 7,86 m/s$

Exercice 4

Lors d'un voyage d'étude dans la région des montagnes, tu te rends au mont Nimba avec tes amis. Vous y trouvez un touriste de masse m = 80 kg qui décide d'escalader le mont Nimba jusqu'au sommet. Tes amis et toi décidez de déterminer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur de ce touriste le long de son parcours. On donne g = 10 N/kg

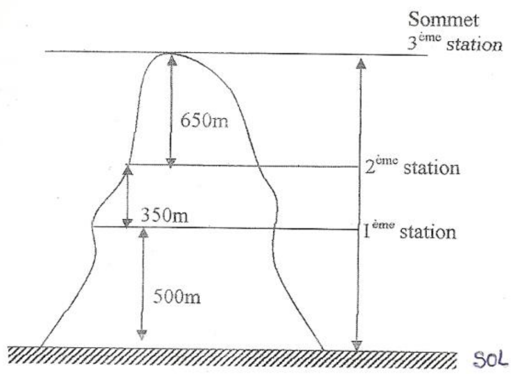
1- Le sol est pris comme position de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
Détermine:

1.1 l'énergie potentielle de pesanteur du touriste à chaque station ;
1.2 la variation d'énergie potentielle de pesanteur du touriste quand il passe du sol au sommet.

2. Le niveau de la seconde station constitue le nouvel état de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

Détermine:

2.1 l'énergie potentielle de pesanteur du touriste à chaque station ;
2.2 la variation d'énergie potentielle de pesanteur du touriste quand il passe du sol au sommet.



<u>Résolution</u>

1-1 Ep(Z) = mg(Z-Zo)

Station 1. $Ep_1 = 80x10x500 = 4.10^5$ J

Station 2. $Ep_2 = 80x10x(500+350) = 6,8.10^5$ J

Station 3. $Ep_3 = 80x10x(500+350+650) = 1,2.10^6$ J

1.2 $\Delta Ep = Ep_3 - Ep0 = 1200000-0 = 1, 2.10^6$ J

2-1 $Ep_1 = 80x10x(500-850) = -2,8.10^5$ J;

$Ep_2 = 80x10x(850-850) = 0$J;

$Ep_3 = 80x10x(1500-850) = 5,2.10^5$ J

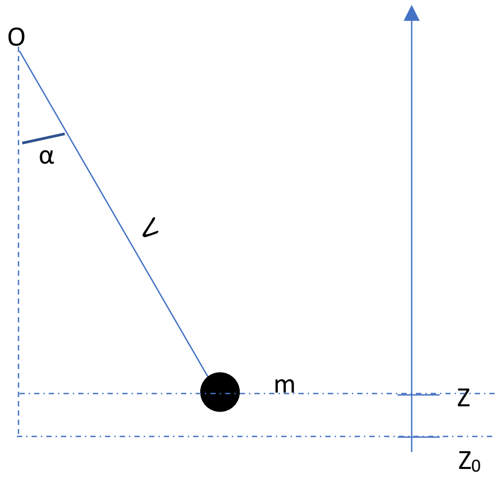
2-2 $\Delta Ep = Ep_3 - Ep_0 = mg(Z_3-Z_2)-mg(Zo-Z_2) = mg(Z_3-Zo) = 1,2.10^6$ J

<u>Exercice 5</u> :

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'eleves de 1ere D dispose d'une sphère de masse m = 200 g de dimensions negligeables, suspendue a un point fixe O par un fil sans masse et de longueur L= 90 cm. Tous ses mouvements ont lieu dans le plan vertical (voir figure). Il desire étudier les différentes transformations d'énergie de la sphere au cours de son mouvement. Tu es choisi (e) pour realiser l'experience. Pour cela tu ecartes le fil d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport a la verticale et abandonnes le pendule sans vitesse initiale. On choisi comme origine de l'énergie potentielle la position initiale, verticale, du pendule. On donne g = 10 N/kg

1. Calcule l'énergie potentielle de pesanteur E_p du système {Terre- pendule} au depart du mouvement.
2. Calcule l'energie mecanique de la sphere au depart du mouvement.
3. Dis ce que devient cette energie si les oscillations s'effectuent sans frottement.

4. Calcule en joules, l'energie cinetique E_c et l'energie potentielle E_p de la sphere lorsqu'elle passe par sa position la plus basse.



Résolution

1 $E_p = mg\,(Z-Z_o) = mg\mathcal{L}\,(1-\cos 30°)$ AN : $E_p = 0,2 \times 10 \times 0,9(1-0,866) = 0,2412$ J

2. $E_m = E_p = 0,2412$ J

3. Si les oscillations s'effectuent sans frottement cette energie se conserve .

4. Le système est conservatif donc $E_c = E_p = 0,2412$ J.

IV. DOCUMENTATION

ÉNERGIE POTENTIELLE

L'énergie potentielle est l'énergie qu'un objet possède en raison de sa position dans un champ de force. Cela peut également être dû à la configuration de ses pièces.
Cette forme d'énergie est une quantité scalaire dont l'unité de mesure pour le Système international d'unités est exprimée en joules (J).

Cette forme d'énergie est associée aux forces agissant sur un corps de telle manière que cela ne dépend que de la position du corps dans l'espace. Ces forces peuvent être représentées par un vecteur en tout point de l'espace de formation. Ce vecteur est appelé champ de force vectoriel ou champ de force.

Si un corps passe d'une position de départ à une position de fin, le travail n'est déterminé que par ces deux positions. Par conséquent, cela ne dépend pas de la trajectoire du corps. Lorsque cela se produit, il existe une fonction appelée énergie potentielle qui peut être évaluée aux deux positions pour déterminer le travail.

Ce terme a été introduit par l'ingénieur et physicien écossais du 19ème siècle William Rankine. Cependant, il est lié au concept de potentialité du philosophe grec Aristote.

Les types d'énergie potentielle les plus courants sont:

- Énergie potentielle gravitationnelle qui dépend de la position verticale et de la masse d'un objet. Cette énergie a de la capacité de le mettre en mouvement. L'équation suivante permet de calculer l'énergie potentielle d'un objet:
- E=$m\frac{v^2}{2} = $ mg·h.

- Énergie potentielle de pesanteur, qui dépend de l'intensité du champ de pesanteur.
- Énergie potentielle élastique d'un ressort ou d'un élément en plastique. C'est la capacité d'un corps à stocker de l'énergie en mettant l'accent sur ses liaisons chimiques.
- Énergie potentielle électrique ou électrostatique d'une charge dans un champ électrique.
- Énergie potentielle chimique. Cette forme d'énergie potentielle est basée sur l'énergie liée à de molécules. Cette énergie stockée est libérée ou absorbée par des réactions chimiques.

Exemple d’énergie potentielle

Ce type d’énergie peut être transformé en d'autres types tels que l’énergie cinétique, qui peut être facilement illustrée par l'exemple suivant :

- En frappant une balle, le joueur transmet l'énergie de sa jambe à la balle.
- Cette énergie initiale est convertie en potentiel élastique en déformant le ballon et en comprimant l'air à l'intérieur.
- En retrouvant la forme d'origine, cette énergie potentielle élastique est convertie en énergie cinétique au moment où la balle part à pleine vitesse. Toute énergie élastique est de l'énergie transformée en énergie cinétique.
- Imaginons que le joueur ait botté le ballon avec une trajectoire complètement verticale. Lorsque la balle perd de la vitesse, elle perdra de l'énergie cinétique, qui sera convertie en énergie gravitationnelle.
- Lorsque vous atteignez le point le plus élevé, la balle n'aura pas d'énergie cinétique et toute son énergie sera potentielle.

- Lorsque la balle commence à tomber, il y a une novelle conversion d'énergie potentielle en énergie cinétique.

Auteur : Oriol Planas - Ingénieur Technique Industriel, spécialité mécanique
Date de publication : 1 septembre 2017
Dernier examen : 12 juin 2020