Leçon 4 : Travail et énergie potentielle –Energie mécanique

I. L'énergie potentielle de pesanteur

1) Définition

- **L'énergie potentielle de pesanteur** d'un corps dans le champ de pesanteur est l'énergie que possède grâce à sa position par rapport à la Terre.
- L'énergie potentielle de pesanteur est symbolisée par $\boldsymbol{E_{pp}}$ son unité est le joule (J).

Exemple

- L'eau de barrage possède une énergie potentielle due à sa position par rapport à la Terre. Cette énergie peut-être exploiter pour produire de l'électricité.

2) L'expression de l'énergie potentielle de pesanteur

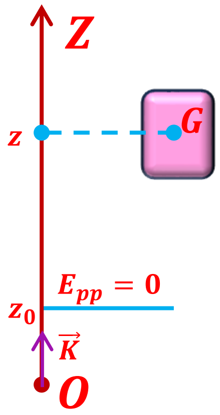
L'énergie potentielle de pesanteur d'un corps par rapport à un repère d'axe (OZ) vertical orienté vers le haut est donnée par la relation suivante : $E_{pp} = mgz + c$ tel que :

m : la masse du corps en kg

z : l'altitude du centre d'inertie du corps en m

g : l'intensité de pesanteur en $N.kg^{-1}$

c : constante qui dépend de l'état de référence (l'état où $E_{pp} = 0$)



Soit z_0 est l'altitude de l'état de référence dans ce cas on a : $E_{pp}(z_0) = 0$.

Alors : $mgz_0 + c = 0 \Leftrightarrow c = -mgz_0$.

Donc l'expression de l'énergie potentielle devient : $E_{pp} = mg(z - z_0)$.

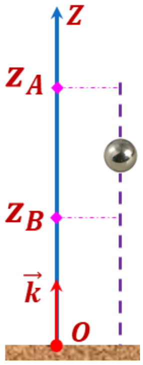
Remarque

Si l'axe (OZ) est orienté vers le bas, l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur devient : $E_{pp} = -mgz + c$.

Application 1

On considère une bille métallique on chute libre sous l'action de son poids.

On choisit le plan horizontal passant par le point le point B d'altitude $z_B = 12cm$ comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



❶ Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la bille au point A d'altitude $z_A = 25m$ à un

❷ Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la bille au point O .

Données : la masse de la bille $m = 150g$; l'intensité de pesanteur $g = 10N.kg^{-1}$

Correction

Laisser 10 lignes pour la réponse.

3) La variation de l'énergie potentielle de pesanteur

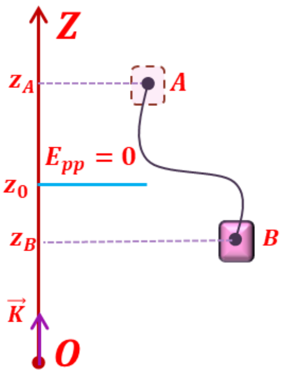
a) Activité 1

On considère un corps solide (S) de masse m se déplaçant d'un point A à un point B .

❶ Données l'expression l'énergie potentielle de (S) au point A en puis au point B.

❷ Trouver l'expression de la variation l'énergie potentielle de (S) lors de son passage de A à B en fonction de m, g, z_A et z_B.

❷ Exprimer le travail du poids de (S) lors de son passage de A à B. Que peut-on conclure ?



b) Correction :

❶ Puisque la balle est en chute libre, elle n'est soumise qu'à son poids $\vec{P}$.

❷ L'expression de l'énergie mécanique de la bille lors de son mouvement de A à B

On a : $\Delta E_{PP} = mg(Z_O - Z_A)$

❸ D'après le théorème de l'énergie cinétique, on a: $\Delta E_{cAO} = W_{AB}(\vec{P})$

Donc $\Delta E_{cAO} = mg(Z_A - Z_0)$

Ou bien : $E_c(A) = 0$

D'où : $\Delta E_{cAO} = -mg(Z_O - Z_A)$

❹ On détermine la variation de l'énergie mécanique de la bille en les positions A et O .

On a : $\Delta E_{mAO} = \Delta E_{ppAO} + \Delta E_{cAO} \Leftrightarrow \Delta E_{mAO} = -mg(Z_O - Z_A)mg(Z_O - Z_A)$

Donc : $\Delta E_{mAO} = 0 \Leftrightarrow E_{mAO} = Cte$

Puisque ΔE_{mAO},alors l 'énergie mécanique de la bille en chute libre se conserve $E_m = Cte$

c) Conclusion

La variation de l'énergie potentielle d''un corps solide ne dépend pas de l'état de référence, elle ne dépende que de l'altitude de la position initiale et celui de la position finale.

La variation de l'énergie potentielle d''un corps solide entre de positions A et B est égale à l'opposé du travail de son poids : $\boldsymbol{\Delta E_{pp} = E_{pp}(B) - E_{pp}(B) = - W_{AB}(\vec{P})}$

II. L'énergie mécanique d'un corps solide

1) Définition

Par rapport à un référentiel donné, l'énergie mécanique d'un corps solide est égale à la somme de son énergie potentielle de pesanteur et son énergie cinétique : $\boldsymbol{E_m = E_{PP} + E_C}$

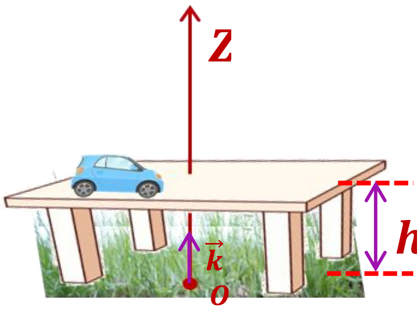
a) Application 2

Une petite voiture (jeu d'enfants) de masse $\mathrm{m} = 260g$ est en mouvement rectiligne uniforme avec une vitesse $\mathrm{V} = 1{,}2m.s^{-1}$ sur une table horizontale de hauteur $\mathrm{h} = 0{,}7\mathrm{m}$. Étudions le mouvement cette voiture par rapport à un repère d'axe (OZ) verticale lié au sol.

❶ Calculer l'énergie cinétique de la voiture.

❷ Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la voiture sachant que $E_{pp}(O) = 0J$.

❷ Calculer l'énergie mécanique de la voiture.



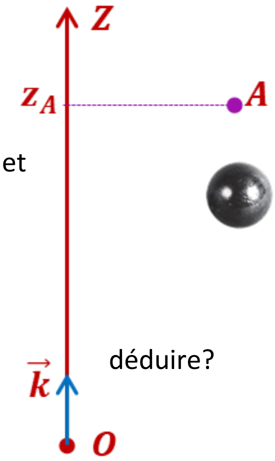
Correction :

Laisser 10 lignes pour la correction

b) Activité 2

On lâche une bille métallique de masse m sans vitesse initiale d'un point A d'altitude z_A. On néglige la résistance de l'air et on étudie le mouvement du centre d'inertie de la bille par rapport à un repère d'axe (OZ) orienté vers le haut .

On prend : $E_{pp}(0) = 0J$



❶ Faire l'inventaire des forces extérieurs exercées sur la bille

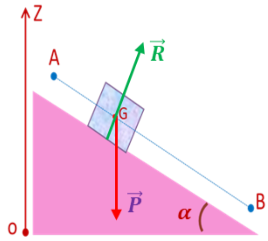
❷ Exprimer la variation l'énergie potentielle de la bille entre les points A et B en fonction de g, $z_A$et m .

❸ En appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre A et O trouver l'expression de l'énergie cinétique de la bille en O.

❹ Exprimer la variation de l'énergie mécanique de la bille en les positions A et O. Que peut-on déduire?

Correction :

❶ Le corps (S) est soumis à deux forces : $\vec{P}$: le poids de (S) ; $\vec{R}$: la réaction du plan



❷ L'expression de la variation de l'énergie potentielle de (S)

On a : $\Delta E_{ppAB} = -W_{AB}(\vec{P}) \Leftrightarrow \Delta E_{ppAB} = -mgh$ avec $h = AB.sin(\alpha)$

$\Leftrightarrow \Delta E_{ppAB} = -mgAB.sin(\alpha)$

❸ D'après le théorème de l'énergie cinétique, on a: $\Delta E_{cAB} = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R})$

Avec $W_{AB}(\vec{R}) = 0$ (car $\vec{R} \perp \overrightarrow{AB}$) et $W_{AB}(\vec{P}) = mgAB.sin(\alpha)$

Donc :$\Delta E_{cAB} = mgAB.sin(\alpha)$

❹ On détermine la variation de l'énergie mécanique de la bille en les positions A et B .

On a : $\Delta E_{mAB} = \Delta E_{ppAB} + \Delta E_{cA} \Leftrightarrow \Delta E_{mAB} = -mgAB.sin(\alpha) + mgAB.sin(\alpha)$

On aura : $\Delta E_{mAB} = 0$

Puisque ΔE_m,alors l'énergie mécanique de (S) se conserve $E_m = Cte$

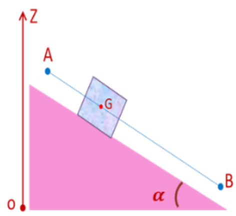
2) Conclusion

- L'énergie mécanique d'un corps solide en mouvement de chute libre se conserve : $E_m = Cte$ c.à.d. que l'énergie potentielle se transforme en énergie cinétique et vice versa.
- On dit que le poids est une force conservative.

❖ Cas d'un solide en mouvement sans frottement sur un plan incliné

a) Activité 3

On un corps solide de masse m glisse sans frottement sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal. On prend : $E_{pp}(A) = 0J$



❶ Faire l'inventaire des forces extérieurs exercées sur la bille

❷ Exprimer la variation potentielle de l'énergie du corps entre A et B en fonction de g, AB , α et m .

❸ En appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre A et B exprimer la variation de l'énergie cinétique du corps entre A et B en fonction de g, AB , α et m.

❹ Exprimer la variation de l'énergie mécanique du corps positions A et B. Que peut-on déduire ?

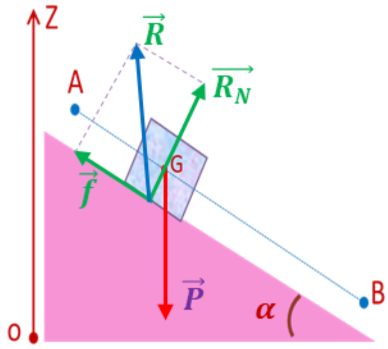
Correction :

❶ Le corps (S) est soumis à deux forces :

$\vec{P}$: le poids de (S)

$\vec{R}$: la réaction du plan

❷ L'expression de la variation de l'énergie potentielle de (S)



On a : $\Delta E_{ppAB} = -W_{AB}(\vec{P})$

$\Leftrightarrow \Delta E_{ppAB} = -mgh$ avec $h = AB.sin(\alpha)$

$\Leftrightarrow \Delta E_{ppAB} = -mgAB.sin(\alpha)$

❸ D'après le théorème de l'énergie cinétique, on a: $\Delta E_{cAB} = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R})$

Avec $W_{AB}(\vec{R}) = -f.AB$ et $W_{AB}(\vec{P}) = mgAB.sin(\alpha)$

Donc :$\Delta E_{cAB} = mgAB.sin(\alpha) - f.AB$

❹ On détermine la variation de l'énergie mécanique de la bille en les positions A et B .

On a : $\Delta E_{mAB} = \Delta E_{ppAB} + \Delta E_{cA} \Leftrightarrow \Delta E_{mAB} = -mgAB.sin(\alpha)+ mgAB.sin(\alpha) - f.AB$

On aura : $\Delta E_{mAB} = -f.AB < 0$

Puisque $\Delta E_m, < 0$ alors l'énergie mécanique de (S) décroit au cours du mouvement.

3) Conclusion

Lorsqu'un corps solide est en mouvement sans frottement son énergie mécanique se conserve : $E_m = Cte$

En absence de frottements, les forces de contact sont conservatives.

4) Non-conservation de l'énergie mécanique d'un corps solide

Activité 4

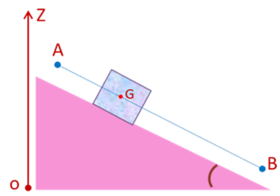
On un corps solide de masse m glisse avec frottement sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal.

On suppose que les frottements sont équivalents à une force $\vec{f}$ d'intensité constante et on prend : $E_{pp}(A) = 0J$

❶ Faire l'inventaire des forces extérieurs exercées sur la bille

❷ Exprimer la variation de l'énergie potentielle du corps entre A et B en fonction de g, AB, α et m.

❸ En appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre A et B exprimer la variation de l'énergie cinétique du corps entre A et B en fonction de g, AB , α , m et f .



❹ Exprimer la variation de l'énergie mécanique du corps positions A et B. Que peut-on déduire ?

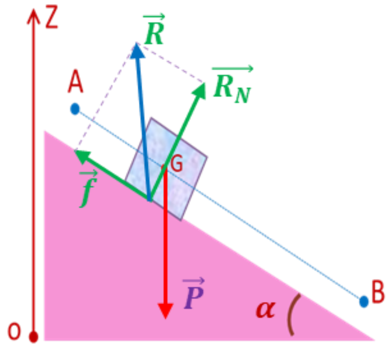
Correction :

❶ Le corps (S) est soumis à deux forces :

$\vec{P}$: le poids de (S)

$\vec{R}$: la réaction du plan

❷ L'expression de la variation de l'énergie potentielle de (S)



On a : $\Delta E_{ppAB} = -W_{AB}(\vec{P})$

$\Leftrightarrow \Delta E_{ppAB} = -mgh$ avec $h = AB.sin(\alpha)$

$\Leftrightarrow \Delta E_{ppAB} = -mgAB.sin(\alpha)$

❸ D'après le théorème de l'énergie cinétique, on a: $\Delta E_{cAB} = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R})$

Avec $W_{AB}(\vec{R}) = -f.AB$ et $W_{AB}(\vec{P}) = mgAB.sin(\alpha)$

Donc :$\Delta E_{cAB} = mgAB.sin(\alpha) - f.AB$

❹ On détermine la variation de l'énergie mécanique de la bille en les positions A et B .

On a : $\Delta E_{mAB} = \Delta E_{ppAB} + \Delta E_{cA} \Leftrightarrow \Delta E_{mAB} = -mgAB.sin(\alpha)+ mgAB.sin(\alpha) - f.AB$

On aura : $\Delta E_{mAB} = -f.AB < 0$

Puisque $\Delta E_{m}, < 0$ alors l'énergie mécanique de (S) décroit au cours du mouvement.

5) Conclusion

Lorsqu'un corps solide est en mouvement avec frottement son énergie mécanique n'est pas conservée, et sa variation est égale au travail des forces de frottements.

On dit que les forces de frottements ne sont pas conservatives :$\Delta E_m = W(\vec{f}) = -Q$ où Q est la quantité de chaleur cédée au milieu extérieur.