Travail , énergie potentielle de pesanteur , énergie mécanique

I - Energie potentielle de pesanteur :

1) Notion d'énergie potentielle de pesanteur :

On a étudié une forme d'énergie, c'est l'énergie cinétique que possède un corps matériel du fait de son mouvement, nous allons voir dans cette leçon une autre forme d'énergie : c'est l'énergie potentielle de pesanteur.

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est une énergie qu'il possède dans le champ de pesanteur grâce à sa position par rapport à la terre.

2) Expression de l'énergie potentielle de pesanteur :

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide de masse m est donnée par la relation suivante:

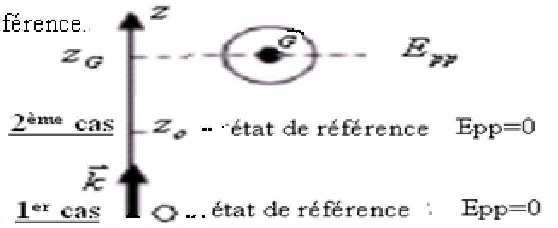
$$E_{pp}=m.g.\ z + C$$

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

Par convention l'énergie potentielle d'un solide est nulle au niveau pris comme état de référence.

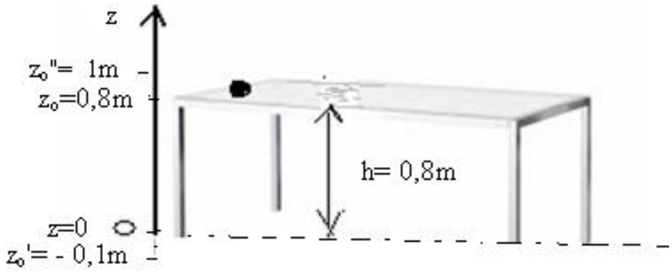
1er cas : si l'état de référence est Epp=0 lorsque z=0
0= m.g .0 +C donc : C=0 dans ce cas : $E_{pp}=m.g.z$

2ème cas : si l'état de référence est Epp=0 lorsque $z=z_o$
$0= m.g.z_o +C$ donc : $C= -m.g.z_o$: dans ce cas : $E_{pp}=m.g(z-z_o)$



Remarque. - l'énergie potentielle est une valeur algébrique.
-La valeur de l'énergie potentielle de pesanteur d'un corps dépend du choix de l'état de référence

Exemple : Un corps ponctuel de masse m= 2g , posé sur une table de hauteur h=0,8m comme l'indique la figure suivante :



Calculer l'énergie potentielle de pesanteur du corps dans chacun des cas suivants :

a) Etat de référence : Epp=0 lorsque z=0
b) Etat de référence :Epp=0 lorsque z_o=0,8m
c) Etat de référence :Epp=0 lorsque z_o'= - 0,1m
d) Etat de référence :Epp=0 lorsque z_o"= 1m.

On a : Epp= m.g.z+C

a) Pour Epp=0 lorsque z=0 , C=0 donc : Epp= m.g z_G $= 2.10^{-3}\times 10\times 0,8 = 0,016 J$

b) Pour Epp=0 lorsque z_o=0,8m , Epp= m.g.z_o+C d'où : C= m.g.z_o donc : Epp= m.g (z_G-z_o)$=2.10^{-3}\times 10(0,8-0,8)=0$

c) Pour Epp=0 lorsque z_o'= - 0,1m , Epp= m.g.z'_o+C d'où : C= m.g.z'_o donc : Epp= m.g (z_G-z'_o)$=2.10^{-3}\times 10[0,8-(-0,1)] = 0,018 J$

d) Pour Epp=0 lorsque z_o"= 1m , Epp= m.g.z''_o+C d'où : C= m.g.z''_o donc : Epp= m.g (z_G-z'_o)$=2.10^{-3}\times 10[0,8-1)] = -0,004 J$

Conclusion : L'energie potentielle d'un corps de masse m dont le centre de gravité est situé à l'altitude z_G : $E_{pp} = m.g.(z_G - z_{réf})$

3) Variation de l'énergie potentielle de pesanteur :

La variation de son énergie de potentielle : $\Delta E_{pp} = E_{PP(finale)} - E_{pp(initiale)}$

Lorsqu'un corps se déplace de la position G_1 à la position G_2 , la variation de son énergie de potentielle :

$$\Delta E_{pp} = E_{PP2} - E_{pp_1} = m.g(z_2 - z_1) \qquad (1)$$

Or nous savons que le travail du poids d'un corps durant le déplacement de G_1 à G_2 :

$$W\vec{P}_{G_1\to G_2} = m.g.(z_1 - z_2) \qquad (2)$$

D'après (1) et (2) on déduit que: $\Delta E_{pp} = -W\vec{P}_{G_1\to G_2}$

pour : $\Delta E_{pp} > 0$, $z_2 - z_1 > 0$ Le corps gagne de l'énergie potentielle au cours de sa montée.

pour : $\Delta E_{pp} < 0$, $z_2 - z_1 < 0$ Le corps perd de l'énergie potentielle au cours de sa descente.

II- Energie mécanique :

1) Défintion :

L'énergie mécanique d'un corps solide à un instant 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 : energie mécanique en (J)
E_c : energie cinétique en (J)
E_{pp} : energie potentielle de pesanteur en (J)

2) Conservation de l'énergie mécanique :

a) Cas d'un corps en chute libre:

O n considère un corps solide de masse m en chute libre sous l'action de son poids.
En appliquant le théorème de l'énergie cinétique sur le corps entre les positions G_1et G_2:

$\Delta Ec_{G_1\to G_2} = \Sigma W\vec{F}_{G_1\to G_2}$ le corps en chute libre est soumis uniquement à l'action de son poids , donc $\Delta Ec_{G_1\to G_2} = W\vec{P}_{G_1\to G_2}$

d'où : $\Delta Ec_{G_1\to G_2} = m.g(z_1 - z_2)$ (1)

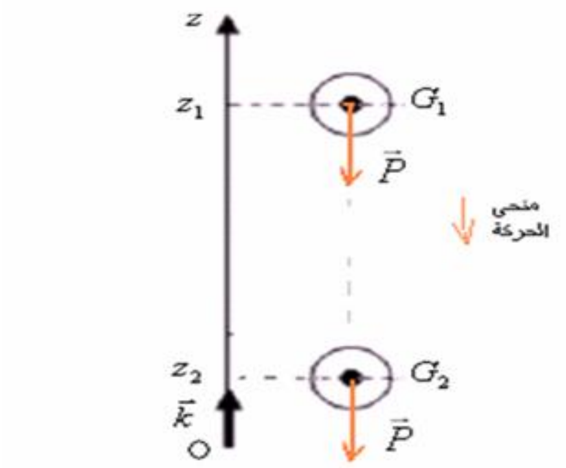
L'énergie potentielle de pesanteur du corps dans la position G_1: $E_{pp1}=m.g.\ z_1 + C$

et, l'énergie potentielle de pesanteur du corps dans la position G_2: $E_{pp2}=m.g.\ z_2 + C$

Donc la variation de l'énergie potentielle du corps entre G_1et G_2 est:

$$\begin{aligned}\Delta E_{pp} &= E_{pp2} - E_{pp1}\\ &= m.g.z_2 + C - (m.g.z_1 + C)\\ &= m.g.z_2 + C - m.g.z_1 - C\\ &= m.g.z_2 - m.g.z_1\end{aligned}$$

$$\Delta E_{pp} = m.g.(z_2 - z_1) \quad (2)$$



d'après (1) et (2) on a : $\Delta Ec_{G_1\to G_2} = -\Delta E_{pp\,G_1\to G_2}$

d'où
$$\begin{aligned}Ec_2 - Ec_1 &= -(E_{pp2} - E_{pp1})\\ Ec_2 - Ec_1 &= E_{pp1} - E_{pp2}\\ \underbrace{Ec_2 + E_{pp2}}_{E_{m2}} &= \underbrace{Ec_1 + E_{pp1}}_{E_{m1}}\end{aligned}$$

Donc il y'a conservation de l'énergie mécanique du corps entre les positions G_1 et G_2.

:

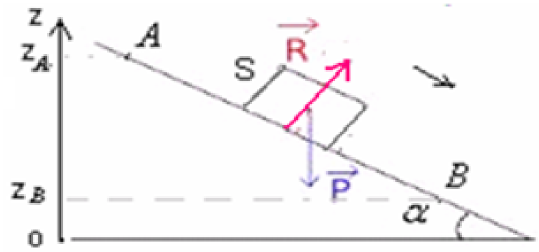
b) Cas de glissement d'un corps solide sans frottement sur un plan incliné :

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

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

$\vec{P}$: son poids.

et $\vec{R}$: la réaction du plan incliné.



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

$$\Delta Ec_{A\to B} = \Sigma W\vec{F}_{A\to B}$$

$$\Delta Ec_{A\to B} = W\vec{P}_{A\to B} + W\vec{R}_{A\to B}$$ et on a: $W\vec{R}_{A\to B} = 0$

donc: $\Delta Ec_{A\to B} = W\vec{P}_{A\to B}$

or : $\Delta E_{pp\,A\to B} = -W\vec{P}_{A\to B}$

donc: $\Delta Ec_{A\to B} = -\Delta E_{pp\,A\to B}$

$$\Rightarrow \quad Ec_{(B)} - Ec_{(A)} = E_{pp(A)} - E_{pp(B)}$$

$$Ec_{(B)} + E_{pp(B)} = Ec_{(A)} + E_{pp(A)}$$

$$E_{m(B)} = E_{m(A)}$$

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 travail au cours du mouvement il y'a conservation de l'énergie mécanique.

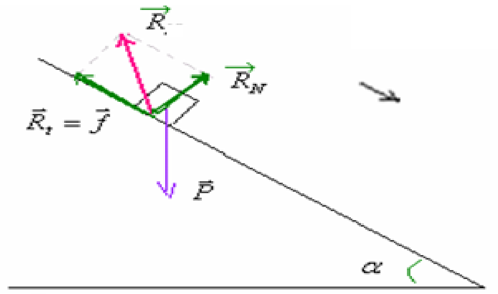
3) Cas où il n'y'a pas conservation de l'énergie mécanique :

Le mouvement d'un corps solide avec frottement sur un plan incliné

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

$\vec{P}$: son poids.

et $\vec{R}$: la réaction du plan incliné.



$$\Delta Ec_{A\to B} = \Sigma W\vec{F}_{A\to B} \Rightarrow \Delta Ec_{A\to B} = W\vec{P}_{A\to B} + W\vec{R}_{A\to B}$$ dans ce cas le travail de la réaction du plan n'est pas nul..

$$\begin{cases} W\vec{R}_{A\to B} = \overset{0}{W\vec{R}_{N}}_{A\to B} + W\vec{f}_{A\to B} = W\vec{f}_{A\to B} \\ W\vec{P}_{A\to B} = -\Delta E_{pp\,A\to B} \end{cases}$$ donc $$\Delta Ec_{A\to B} = -\Delta E_{pp\,A\to B} + W\vec{f}_{A\to B} \Rightarrow \underbrace{\Delta Ec_{A\to B} + \Delta E_{pp\,A\to B}}_{\Delta E_{m\,A\to B}} = W\vec{f}_{A\to B}$$

donc $\boxed{\Delta E_{m\,A\to B} = W\vec{f}_{A\to B}}$

Interprétation: Les forces de frottements ne sont pas conservatives car à cause de leur travail l'énergie mécanique du système diminue, cette diminution est due à une perte d'une partie de l'énergie mécanique par frottement sous forme d'énergie calorifique (chaleur) .

$$\Delta E_m = W\vec{f} = -Q$$

.... **SBIRO Abdelkrim**