Ce qu'il faut retenir sur l'énergie mécanique

Un objet solide en translation possède, du fait de sa vitesse, une **énergie cinétique** E_c , exprimée en Joules (J) :

$$E_c = ½\, m \cdot v^2$$

Où m est la masse de l'objet exprimée en kilogrammes (kg)
Et v, sa vitesse exprimée en mètres par seconde ($m.s^{-1}$)

Il possède, du fait de sa position dans le champ de pesanteur terrestre, une **énergie potentielle de pesanteur** E_p, exprimée en Joule (J) :

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot z$$

Où m est la masse de l'objet exprimée en kilogrammes (kg)
g est l'intensité du champ de pesanteur (g = 9,81 N/kg sur Terre)
et z est l'altitude de l'objet, exprimée en mètres (m)

L'énergie mécanique d'un objet est la somme de son énergie cinétique et de ses énergies potentielles :

$$E_m = E_c + E_p$$

En l'absence de pertes, **l'énergie mécanique d'un système se conserve** :

$$E_{m\,initale} = E_{m\,finale}$$

$$E_{c\,initale} + E_{p\,initiale} = E_{c\,finale} + E_{p\,finale}$$

Exercices sur l'énergie mécanique

Exercice 1 : Un peu de sport

Un joueur de tennis frappe, à l'instant de date t = 0 s, une balle de masse m = 58,0 g à une hauteur h = 2,40 m au-dessus du sol et lui communique alors une vitesse horizontale v_0 =116 km/h. La balle décrit une trajectoire parabolique, et touche le sol au point I.

On négligera les frottements. Dans le référentiel terrestre, on prend pour référence d'énergie potentielle l'altitude du terrain, et l'intensité de la pesanteur : g = 9,81 N/kg.

1. Déterminer l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur de la balle à la date t = 0 s.
2. Donner l'expression de l'énergie mécanique de la balle cet instant.
3. Que vaut l'énergie potentielle de pesanteur à l'instant t_I où la balle touche le terrain en I ?
4. Rappeler le principe de conservation de l'énergie mécanique, et déduire des questions précédentes la valeur de l'énergie cinétique de la balle puis sa vitesse à la date $t_{I.}$ Justifier.
5. En réalité la vitesse d'impact au point I est-elle inférieure, supérieure ou égale à la valeur calculée à la question précédente ? Justifier.

Exercice 2 : Le grêlon

Au cours d'un orage un grêlon de 2,5 g et de température 0°C heurte le sol à la vitesse v = 60 m/s. L'altitude du grêlon lorsqu'il heurte le sol sera prise égale à zéro.

L'énergie au moment du choc se transforme pour moitié en énergie thermique cédée au grêlon (l'autre moitié étant transférée au sol).

Données :
Intensité de la pesanteur : g = 9,81 N/kg
capacité thermique de l'eau c_{eau} = $4{,}18.10^3$ $J.kg^{-1}.°C^{-1}$
Energie massique de fusion de la glace : L_{fusion} = 333 $kJ.kg^{-1}$
Température de fusion de l'eau : 0°C

1. De quelle espèce chimique est constitué le grêlon et quel est son état physique ?

2. Quelle forme d'énergie possède le grêlon juste avant l'impact ? Calculer cette énergie.

3. Quelle forme d'énergie possédait-il avant de tomber (on suppose qu'il était initialement immobile dans un nuage, situé à l'altitude h du sol) ? Donner l'expression de cette énergie.

4. En supposant que le grêlon n'a pas fondu au cours de sa chute, déterminer de quelle hauteur h il est tombé.

5. Calculer l'énergie thermique transférée au grêlon lors du choc. En déduire la masse de glace susceptible de fondre. Le grêlon va-t-il entièrement fondre lors de ce choc ?

Corrigé des exercices sur l'énergie mécanique

Corrigé de l'exercice 1 : Un peu de sport

1. Sachant que la vitesse initiale vaut : $v_0 = 116\ km/h$, soit : $v_0 = 116\ \times \frac{1000}{3600}$, $v_0 = 3{,}22 \cdot 10^1 m/s$,
et que sa masse vaut : $m = 58{,}0\ g$, soit $m = 58{,}0 \cdot 10^{-3} kg$,
calculons l'énergie cinétique de la balle à l'instant t = 0 s :

$$\boldsymbol{Ec_0\ =\ ½\, m \cdot v_0{}^2}$$
$$Ec_0\ =\ ½\ 8{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot (3{,}22 \cdot 10^1)^2$$
$$\boldsymbol{Ec_0\ =\ 30{,}1\ J}$$

Sachant que l'altitude vaut : z_0 = 2,40 m, et l'intensité de la pesanteur : g = 9,81 N/kg,
calculons l'énergie potentielle de pesanteur :

$$\boldsymbol{E_{pp} = m \cdot g \cdot z_0}$$
$$E_{pp0} = 58{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot 2{,}40$$
$$\boldsymbol{E_{pp0} = 1{,}37\ J}$$

L'énergie mécanique de la balle est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle de pesanteur :

$$\boldsymbol{E_m =\ E_c\ +\ E_p}$$

Soit, à l'instant t = 0 :

$$\boldsymbol{E_m = Ec_0\ +\ E_{pp0}}$$
$$\boldsymbol{E_m = ½\, m \cdot v_0{}^2\ + m \cdot g \cdot z_0}$$

3. L'altitude étant égale à la référence, l'énergie potentielle en I est nulle :

$$\boldsymbol{E_{ppI} = 0\ J}$$

4. D'après le principe de conservation de l'énergie mécanique, valable si on néglige les frottements lors de cette chute libre :

$$E_{m\ initale}\ =\ E_{m\ finale}$$

d'où :

$$\boldsymbol{E_{c0}\ +\ E_{pp0}\ =\ E_{cI}\ +\ E_{ppI}}$$

Avec :

$$E_{ppI} = 0\ J$$

Soit :

$$E_{cI} = E_{c0}\ +\ E_{pp0}$$
$$E_{cI} = 30{,}1\ +\ 1{,}37$$
$$\boldsymbol{E_{cI} = 31{,}4\ J}$$

Or :

$$Ec_I\ =\ ½\, m \cdot v_I{}^2$$

d'où :

$$\boldsymbol{v_I = \sqrt{\frac{2\ E_{cI}}{m}}}$$
$$v_I = \sqrt{\frac{2 \times 31{,}4}{58{,}0 \cdot 10^{-3}}}$$
$$\boldsymbol{v_I = 32{,}9\ m/s}$$

Soit : $v_I = 118\ m/s$

5. Une partie de l'énergie cinétique est transformée en énergie thermique par frottement avec la raquette, le sol et/ou l'air et la vitesse est en réalité inférieure à celle calculée à la question précédente.

Corrigé des exercices sur l'énergie mécanique

Corrigé de l'exercice 2 : Le grêlon

1. Le grêlon est constitué d'eau à l'état solide.

2. Juste avant l'impact, l'énergie du grêlon est sous forme d'énergie cinétique. Elle vaut :

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Sachant que la masse du grêlon vaut : m = $2{,}5.10^{-3}$ kg et sa vitesse v = 60 m/s

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 60^2$$
$$E_C = 4{,}5\ J$$

3. On choisit comme référence pour l'énergie potentielle le sol. Initialement, le grêlon possédait une énergie potentielle de pesanteur du fait de son altitude h :

$$\boldsymbol{E_{pp\ i} = m \cdot g \cdot h}$$

4. La conservation de l'énergie mécanique s'écrit :

$$\boldsymbol{E_{M\ initial} = E_{M\ final}}$$
$$E_{PP\ i} + E_{C\ i} = E_{PP\ f} + E_{C\ f}$$

Or, lorsque le grêlon atteint le sol, son énergie potentielle de pesanteur s'annule :

$$E_{PP\ f} = 0$$

Nous supposons qu'avant sa chute, sa vitesse était nulle, donc $E_{C\ i} = 0$, et au sol : $E_{C\ f} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Donc :

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$
$$h = \frac{v^2}{2g}$$
$$h = \frac{60^2}{2 \times 9{,}81}$$
$$h = 1{,}8 \cdot 10^2\ m$$

5. L'énergie thermique transférée au grêlon est la moitié de son énergie cinétique à l'arrivée au sol :
$Q = \frac{E_c}{2}$
A.N. : $Q = \frac{4{,}5}{2}$, soit : Q = 2,25 J

Soit la chaleur latente de fusion de l'eau : L = 333 kJ/kg, donc L = 333 J/g
A 0° C, le transfert thermique provoque la fusion d'une proportion de glaçon de masse m' :

$$Q = m' \cdot L_{fusion}$$
$$m' = \frac{E_c}{2 \cdot L_{fusion}}$$
$$m' = \frac{4{,}5}{2 \cdot L_{fusion}}$$

$$m' = 6{,}7 \cdot 10^{-3} g$$

Or la masse du glaçon est 2,5 g, donc le glaçon ne fondra pas entièrement.