1^e Spécialité Physique Chimie

CHAPITRE 13

ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DES PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES

EXERCICES

Wulfran Fortin

Liste des exercices

1 Énergie cinétique

Exercice 1

Énoncé

D'après Belin 2019.
Un TGV de 480 *tonnes* roule à une vitesse constante de $390\ km.h^{-1}$. Son énergie cinétique a pour valeur

1. $3.65 \times 10^7\ J$
2. $2.82 \times 10^9\ J$
3. $2.82 \times 10^6\ J$
4. $2.60 \times 10^7\ J$

Correction

$$
\begin{aligned}
E_c &= \frac{1}{2} \times m \times v^2 \\
&= \frac{1}{2} \times 480\ t \times \left(390\ km.h^{-1}\right)^2 \\
&= \frac{1}{2} \times 480 \times 10^3\ kg \times \left(\frac{390000\ m}{3600\ s}\right)^2 \\
&= 2.82 \times 10^9\ J
\end{aligned}
$$

La bonne réponse est donc la 2.

Exercice 2

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Dans le référentiel terrestre une voiture de masse $m = 1.0\ t$ a une énergie cinétique $E_c = 1.6 \times 10^5\ J$.

Calculer sa vitesse v et l'exprimer en kilomètre par heure.

Correction

On isole la vitesse dans la formule de l'énergie cinétique pour pouvoir calculer sa valeur

$$
\begin{aligned}
E_c &= \frac{1}{2} \times m \times v^2 \\
2 \times E_c &= m \times v^2 \\
\frac{2 \times E_c}{m} &= v^2 \\
v &= \sqrt{\frac{2 \times E_c}{m}} \\
&= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^5}{1000}} \\
&= 17.9\ m.s^{-1} \\
&= 64\ km.h^{-1}
\end{aligned}
$$

Exercice 3

Énoncé

D'après Belin 2019.
Un enfant joue avec son pistolet qui tire des fléchettes de masse $m = 10\ g$. L'énergie cinétique d'une fléchette est $E_c = 1.6\ J$.
Déterminer la vitesse d'une fléchette à la sortie du pistolet.

Correction

Après avoir donné la formule de l'énergie cinétique, on isole la vitesse pour pouvoir la calculer

$$E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$
$$2 \times E_c = m \times v^2$$
$$\frac{2 \times E_c}{m} = v^2$$
$$v = \sqrt{\frac{2 \times E_c}{m}}$$
$$v = \sqrt{\frac{2 \times 1.6\ J}{0.10 \times 10^{-3}\ kg}}$$
$$v = 17.9\ m.s^{-1}$$

Exercice 4

Énoncé

D'après Belin 2019.
Le système de récupération de l'énergie cinétique(SREC) est un système de freinage qui est capable de récupérer $70\,\%$ de l'énergie cinétique perdue lors du freinage d'une voiture de course. Une formule 1 roule en ligne droite à $340\ km.h^{-1}$ et freine aux abords d'un virage, sa vitesse passe alors à $200\ km.h^{-1}$. La masse de la voiture est $m = 605\ kg$.

a. Déterminer l'énergie cinétique perdue au cours du freinage.

b. Après le virage, le pilote décide d'accélérer à nouveau en utilisant l'énergie stockée dans le SREC. Estimer la vitesse qu'il peut atteindre sans consommer d'essence.

Correction

a. La variation d'énergie cinétique est

$$\begin{aligned} E_{c_{\text{initiale}}} &= \frac{1}{2} \times 605 \times \left(\frac{340000}{3600}\right)^2 \\ &= 2.698 \times 10^6 \ J \\ E_{c_{\text{finale}}} &= \frac{1}{2} \times 605 \times \left(\frac{200000}{3600}\right)^2 \\ &= 0.934 \times 10^6 \ J \\ \Delta E_c &= E_{c_{\text{finale}}} - E_{c_{\text{initiale}}} \\ &= -1.76 \times 10^6 \ J \end{aligned}$$

b. L'énergie cinétique stockée est

$$\begin{aligned} E &= 70\ \% \times \Delta E_c \\ &= 0.70 \times 1.76 \times 10^6 \\ &= 1.24 \times 10^6 \ J \end{aligned}$$

La nouvelle énergie cinétique disponible sera

$$E_c = 0.934 \times 10^6 \ J + 1.24 \times 10^6 \ J$$

$$= 2.17 \times 10^6\ J$$

Elle correspond a une vitesse

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{1}{2} \times m \times v^2 \\ v &= \sqrt{\frac{2 \times E_c}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 2.17 \times 10^6\ J}{605}} \\ &= 84.7\ m.s^{-1} \\ &= 305\ km.h^{-1} \end{aligned}$$

2 Travail d’une force

Exercice 5

Énoncé

D’après Belin 2019.
Une force est conservative si

1. son travail est nul
2. l’énergie mécanique est constante
3. son travail ne dépend pas du chemin suivi
4. elle est constante

Correction

Réponse 3.

Exercice 6

Énoncé

D'après Hachette 2019.
À l'aide de la figure 1 calculer le travail de

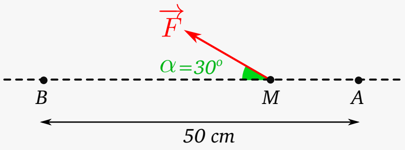


Figure *1*

la force constante $\overrightarrow{F}$ dont la valeur est $F = 3.0\ N$ lors d'un déplacement du point d'application M de A à B.

Correction

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{F} \\ &= AB \times F \times cos(30^o) \\ &= 0.50 \times 3.0 \times 0.866 \\ &= 1.3\ J \end{aligned}$$

Exercice 7

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Lors d'un déplacement d'un point A d'altitude y_a à un point B d'altitude y_B le travail du poids d'un ballon de masse $m = 500\ g$ vaut $W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) = 5.4\,J$.

a. Le ballon monte-t-il ou descend-il lors de ce déplacement ?

b. Calculer la différence d'altitude $y_A - y_B$

Correction

a. Le travail du poids étant positif, cette force exerce un travail moteur, elle est dans le sens du mouvement, et donc le ballon est en train de descendre.

b.

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{P} \\ &= AB \times m \times g \end{aligned}$$

donc on peut calculer la différence d'altitude AB

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) &= AB \times m \times g \\ AB &= \frac{W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right)}{m \times g} \\ &= \frac{5.4}{0.500 \times 9.81} \\ &= 1.10\ m \end{aligned}$$

Exercice 8

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Un inuit de masse $m = 70\ kg$ est perché sur son igloo en forme de demi-sphère de rayon $R = 1.6\ m$. Il glisse sans frottement sur l'igloo jusqu'au sol.

a. Quelles forces s'exercent sur l'inuit ?

b. Calculer leur travail lors du glissement de l'inuit.

Correction

a. L'inuit subit deux forces

— son poids $\overrightarrow{P}$, force verticale, vers le bas

— la réaction de la surface de l'igloo $\overrightarrow{R}$ qui est toujours perpendiculaire à la surface de l'igloo. Elle est aussi perpendiculaire à la trajectoire de l'inuit, car il glisse sur la surface de l'igloo.

b. Le travail de $\overrightarrow{R}$ est nul, car la réaction est perpendiculaire au déplacement. Le travail du poids ne dépend que du point de départ et du point d'arrivé car c'est une force conservative. Il descend d'une hauteur égale au rayon de l'igloo.

$$\begin{aligned} W\left(\overrightarrow{P}\right) &= P \times R \\ &= m \times g \times R \\ &= 70 \times 9.81 \times 1.6 \\ &= 1.1\ kJ \end{aligned}$$

Exercice 9

Énoncé

D'après Hatier 2019.
Un enfant traîne un jouet par l'intermédiaire d'une cordelette qui fait un angle $\alpha = 40^o$ avec le sol horizontal de la pièce. Il exerce une traction $\overrightarrow{T}$ de norme $T = 10\ N$ sur le jouet et parcourt une distance $AB = 5.0\ m$.
Calculer le travail $W_{AB}\left(\overrightarrow{T}\right)$.

Correction

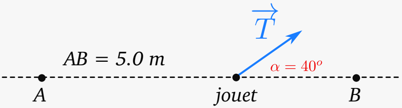


Figure *2*

Voir figure 2.

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{T}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{T} \\ &= AB \times T \times cos(40^o) \\ &= 5.0 \times 10 \times 0.766 \\ &= 38\ J \end{aligned}$$

Exercice 10

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Une grue soulève un container de masse $m = 600\ kg$ d'une hauteur $h = 15\ m$. On étudie le container dans le référentiel terrestre.

a. Le poids est-il moteur ou résistant ?

b. Calculer son travail.

Correction

a. La grue soulève le container, donc le poids va s'opposer au mouvement vers le haut, il exerce donc un travail résistant qui sera négatif.

b.

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{P} \\ &= AB \times m \times g \times cos(180^o) \\ &= -15 \times 600 \times 9.81 \\ &= -88\ kJ \end{aligned}$$

Exercice 11

Énoncé

D'après Hachette 2019.
Un traîneau modélisé par un point M glisse

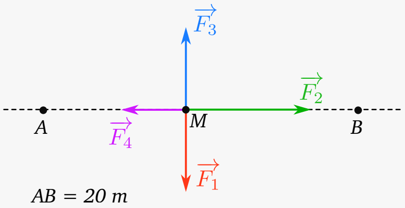


Figure *3*

sur la neige lors d'un déplacement de A à B. Il est soumis à un ensemble de forces de valeurs constantes et schématisé sur la figure 3 à l'échelle. La force $\overrightarrow{F_2}$ a une valeur de $300\ N$.

a. Repérer la force de frottement parmi celles représentés sur la figure.
b. Calculer le travail de la force de frottement lors du déplacement de A à B.

Correction

a. Le mouvement se fait de A vers B mais la force de frottement s'oppose au mouvement, donc il s'agit de la force $\overrightarrow{F_4}$.
b. Sur le schéma, on voit que

$$\frac{F_4}{F_2} = \frac{1}{2}$$

donc

$$F_4 = \frac{1}{2} \times F_2 = 150\ N$$

On calcule ensuite le travail de la force de frottement

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{F_4}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{F_4} \\ &= AB \times F_4 \times cos(180^o) \\ &= -20 \times 150 \\ &= -3.0\ kJ \end{aligned}$$

Exercice 12

Énoncé

D'après Belin 2019.

Une grue soulève une palette de parpaings de $100\ kg$ d'une hauteur de $10\ m$ avec une force constante de valeur $F = 1500\ N$.

a. Exprimer puis calculer le travail du poids $\overrightarrow{P}$ de la palette.

b. Exprimer puis calculer le travail de la force $\overrightarrow{F}$.

Correction

a. Valeur du poids

$$\begin{aligned} P &= m \times g \\ &= 100\ kg \times 9.81\ N.kg^{-1} \\ &= 981\ N \end{aligned}$$

Travail du poids, résistant car la palette monte et le poids s'oppose au mouvement

$$\begin{aligned} W(\overrightarrow{P}) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{P} \\ &= h \times P \times cos(180^o) \\ &= -10\ m \times 981\ N \\ &= -9810\ J \end{aligned}$$

b. La force $\overrightarrow{F}$ et le déplacement $\overrightarrow{AB}$ sont dans le même sens, le travail sera moteur

$$\begin{aligned} W(\overrightarrow{F}) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{F} \\ &= h \times F \times cos(0^o) \\ &= 10\ m \times 1500\ N \\ &= 1.5 \times 10^4\ J \end{aligned}$$

Exercice 13

Énoncé

D'après Belin 2019.

Un avion approchant d'un aéroport réalise des paliers pour descendre. Sa trajectoire sur un palier est rectiligne et son altitude est constante. L'avion se déplace vers la droite, il est assimilé à un point matériel soumis à quatre forces

- son poids
- la poussée des moteurs de direction horizontale
- la traînée de direction horizontale, due aux frottements de l'air
- la portance verticale due à la circulation de l'air autour des ailes

a. Attribuer à chaque force sur la figure 4 une des quatre forces décrites précédemment.

b. Exprimer le travail de chacune de ces

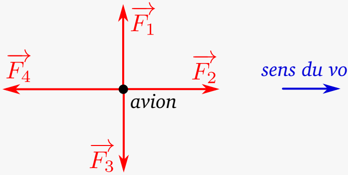


Figure *4 – Forces agissant sur l'avion en vol*

forces sur un palier de longueur d et préciser la nature de chaque travail.

Correction

a. La correspondance des forces est la suivante

— son poids est $\overrightarrow{F_3}$

— la poussée des moteurs est $\overrightarrow{F_2}$

— la traînée est $\overrightarrow{F_4}$

— la portance verticale est $\overrightarrow{F_1}$

b. Pour le poids et la portance, les forces sont perpendiculaires au sens du mouvement, donc leur travail sera nul.

La poussée est dans le sens du mouvement, parallèle à la trajectoire, son travail est moteur

$$W(\overrightarrow{\text{Poussée}}) = F_2 \times d$$

La traînée est opposée au mouvement et parallèle à la trajectoire, son travail est résistant , donc négatif

$$W(\overrightarrow{\text{Traînée}}) = -F_4 \times d$$

Exercice 14

Énoncé

D'après Bordas 2019.

Un palet glisse horizontalement d'un bout à l'autre d'une table horizontale de longueur $AB = 2.50\ m$. Le système étudié est le palet, il est assimilé à un point matériel. Les frottements de l'air sont négligés, tandis que ceux dus à l'action de la table sont modélisés par une force $\overrightarrow{f}$ d'intensité constante $f = 3.0\ N$.

a. Sur un schéma, et sans souci d'échelle, représenter le vecteur vitesse du palet, la force de frottement due à l'action de la table.

b. Peut-on affirmer que le travail de la force $\overrightarrow{f}$ vaut $W_{AB}l\left(\overrightarrow{f}\right) = -7.5\ J$. Justifier la réponse par un calcul.

c. Sur un déplacement en sens retour de B vers A, calculer $W_{BA}l\left(\overrightarrow{f}\right)$.

d. Faire la somme des travaux des forces correspondant à l’aller-retour et en déduire si cette force est conservative ou non.

Correction

a. Voir figure 5.

b.

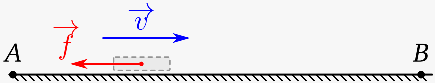


Figure 5

$$
\begin{aligned}
W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) &= \overrightarrow{AB}\cdot\overrightarrow{f} \\
&= AB \times f \times cos(180^o) \\
&= -AB \times f \\
&= -2.50 \times 3.0 \\
&= -7.5\ J
\end{aligned}
$$

c. Sur le chemin du retour, la force de frottement $\overrightarrow{f}$ s’oppose au mouvement de B vers A, elle est orientée de A vers B

$$W_{BA}\left(\overrightarrow{f}\right) = \overrightarrow{BA}\cdot\overrightarrow{f}$$

$$
\begin{aligned}
&= BA \times f \times cos(180^o) \\
&= -BA \times f \\
&= -2.50 \times 3.0 \\
&= -7.5\ J
\end{aligned}
$$

d. On calcule le travail total de la force de frottement

$$W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) + W_{BA}\left(\overrightarrow{f}\right) = -15\ J$$

Ce travail n'est pas nul alors qu'on est revenu au point de départ, la force de frottement dépend de la longueur du parcours et donc du chemin pris pour faire l'aller retour, cette force n'est donc pas conservative.

Exercice 15

Énoncé

D'après Bordas 2019.
Lors de son retour dans l'atmosphère, une sonde spatiale décrit après l'ouverture de son parachute un mouvement vertical et uniforme. Une force de frottement fluide modélise l'action mécanique exercée par l'atmosphère sur la sonde. La vitesse de la sonde est alors $v = 35\ km.h^{-1}$, et l'intensité de la force de frottement fluide est $f = 2.3\ kN$.

a. Représenter sur un schéma sans soucis d'échelle le vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$ de la sonde et la force de frottement fluide $\overrightarrow{f}$ due à l'air.

b. Donner l'expression du travail de cette force de frottement lors d'un déplacement vertical AB.

c. Calculer le travail des forces de frottement $W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right)$ pendant 1 *minute* de chute.

d. Commenter le signe de $W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right)$

Correction

a. Voir figure 6.

b. La vitesse de chute de la sonde étant

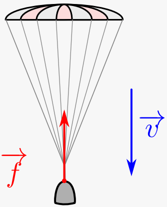


Figure *6*

de 35 $km.h^{-1}$, on peut calculer la distance verticale AB parcourue en 60 s de chute

$$\begin{aligned} AB &= v \times \Delta t \\ &= \frac{35000\ m}{3600\ s} \times 60\ s \\ &= 583\ m \end{aligned}$$

On calcule ensuite le travail de la force de frottement, sachant qu'elle s'oppose au mouvement

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{f} \\ &= AB \times f \times cos(180^o] \\ &= -AB \times f \\ &= -583 \times 2300 \\ &= -1.34\ MJ \end{aligned}$$

d. Ce travail est négatif, car la force s'opposant au mouvement, elle produit un travail résistif.

3 Théorème de l’énergie cinétique

Exercice 16

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Un palet de hockey de masse $m = 160\ g$ lancé à une vitesse $v_A = 20\ m.s^{-1}$ parcourt une distance $AB = 60\ m$ avant de s'immobiliser. On étudie son mouvement dans le référentiel terrestre.

a. Dresser le bilan des forces qui s'exercent sur le palet.

b. Quelle est la force responsable de son ralentissement ?

c. Exprimer le travail de chacune des forces.

d. Écrire le théorème de l'énergie cinétique dans le cas présent.

e. En déduire la norme de la force évoquée à la question **b**.

Correction

a. Bilan des forces

- le poids $\overrightarrow{P}$ vertical vers le bas
- la réaction du sol $\overrightarrow{R}$, verticale, vers le haut, de même intensité que le poids
- le frottement sur la glace $\overrightarrow{f}$, horizontal, s'oppose au mouvement

b. La force de frottement $\overrightarrow{f}$ fait perdre de l'énergie cinétique au palet.
Les autres forces ne travaillent pas, étant perpendiculaires au mouvement.

c.

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{R}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{R} \\ &= AB \times R \times cos(90^o) \\ &= 0.0\ J \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{P} \\ &= AB \times m \times g \times cos(90^o) \end{aligned}$$

$$= 0.0\ J$$

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) &= \overrightarrow{AB}\cdot\overrightarrow{f} \\ &= AB \times f \times cos(180^o) \\ &= -AB \times f \end{aligned}$$

d.

$$E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) + W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) + W_{AB}\left(\overrightarrow{R}\right)$$

Comme la vitesse est nulle en B et en remplaçant les expressions des travaux

$$0 - E_c(A) = W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) + 0 + 0$$

$$-\frac{1}{2} \times m \times v_A^2 = -AB \times f$$

$$f = \frac{m \times v_A^2}{2 \times AB}$$

$$f = \frac{0.160 \times (20)^2}{2 \times 60}$$

$$f = 0.53\ N$$

Exercice 17

Énoncé

D'après Hachette 2019.

Un point M se déplaçant de A vers B dis-

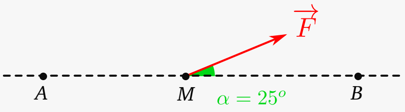


Figure 7

tants de $5.0\ m$ est soumis à une force constant de valeur $F = 10\ N$. Voir figure 7.
Calculer la variation de son énergie cinétique lors de son déplacement en supposant que les autres forces exercées sur le système ne travaillent pas.

Correction

$$
\begin{aligned}
\Delta E_c &= W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) \\
&= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{F} \\
&= AB \times F \times cos(\alpha) \\
&= 5.0 \times 10 \times cos(25^o) \\
&= 45.3\ J
\end{aligned}
$$

Exercice 18

Énoncé

D'après Hachette 2019.
Un véhicule de masse $m = 1000\ kg$ est en

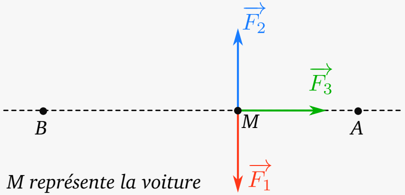


Figure *8*

mouvement sur une route horizontale et rectiligne à la vitesse de valeur $v = 80\ km.h^{-1}$. Sous l'action exclusive de son système de freinage, le véhicule s'arrête après avoir parcouru une distance $AB = 50\ m$.

a. Identifier les forces $\overrightarrow{F_1}$, $\overrightarrow{F_2}$ et $\overrightarrow{F_3}$ représentées sur la figure 8.

b. Donner l'expression du travail de ces forces considérés constantes lors du freinage entre A et B.

c. Par application du théorème de l'énergie cinétique calculer la valeur de la force responsable du freinage.

Correction

a. $\overrightarrow{F_1}$ est le poids de la voiture, $\overrightarrow{F_2}$ est la réaction du sol sur la voiture et $\overrightarrow{F_3}$ est la force de freinage.

b. Comme les forces $\overrightarrow{F_1}$ et $\overrightarrow{F_2}$ sont perpendiculaires au mouvement de A vers B leur travail sera nul.
Pour la force de freinage $\overrightarrow{F_3}$:

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{F_3}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{F_3} \\ &= AB \times F_3 \times cos(180^o) \\ &= -AB \times F_3 \end{aligned}$$

c. Énergie cinétique initiale

$$\begin{aligned} E_c(\text{initiale}) &= \frac{1}{2} \times m \times v_i^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1000 \times \left(\frac{80000}{3600}\right)^2 \\ &= 247\ kJ \end{aligned}$$

Énergie cinétique finale, la vitesse étant nulle :

$$E_c(\text{finale}) = 0.0\ J$$

Théorème de l'énergie cinétique entre A et B

$$\begin{aligned}\Delta E_c &= E_c(\text{finale}) - E_c(\text{initiale})\\ &= 0.0 - 247 \times 10^3\\ &= -247 \times 10^3\ J\\ &= -AB \times F_3\end{aligned}$$

donc

$$F_3 = \frac{-\Delta E_c}{AB}$$

$$F_3 = \frac{247 \times 10^3}{50}$$

$$F_3 = 4.9\ kN$$

Exercice 19

Énoncé

D'après Hachette 2019.

On a réalisé le pointage vidéo d'une balle de golf en chute, lâchée sans vitesse initiale. Le traitement des données avec un logiciel adapté a conduit aux mesures suivantes

— pour la position au point M_4, la vitesse est de $0.81\ m.s^{-1}$ à une altitude de $17\ cm$

— pour la position au point M_8, la vitesse est de $1.7\ m.s^{-1}$ à une altitude de $5.3\ cm$

La valeur du champ de pesanteur est $g = 9.81\ N.kg^{-1}$, la masse de la balle est $m = 46\ g$.

a. Dans l'hypothèse d'une chute libre, à quelle force est soumise la balle lors de sa chute ?

b. Déterminer le travail de cette force entre les positions M_4 et M_8.

c. Calculer les énergies cinétiques de la balle aux points M_4 et M_8.
d. Comparer la variation de l'énergie cinétique entre les points M_4 et M_8 avec le travail de la force qui s'applique sur la balle dans l'hypothèse d'une chute libre.
Expliquer la différence observée.

Correction

a. Uniquement son poids $\overrightarrow{P}$.

b.

$$
\begin{aligned}
W_{M_4M_8}\left(\overrightarrow{P}\right) &= \overrightarrow{M_4M_8} \cdot \overrightarrow{P} \\
&= M_4M_8 \times P \times cos(0^o) \\
&= (0.17 - 0.043) \times 0.046 \\
&\times 9.81 \times 1.00 \\
&= 0.0527\ J
\end{aligned}
$$

c.

$$
\begin{aligned}
E_c(M_4) &= \frac{1}{2} \times m \times v_4^2 \\
&= \frac{1}{2} \times 0.046 \times (0.81)^2 \\
&= 0.0151\ J
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
E_c(M_8) &= \frac{1}{2} \times m \times v_8^2 \\
&= \frac{1}{2} \times 0.046 \times (1.7)^2
\end{aligned}
$$

$$= 0.0665\ J$$

d. La variation d'énergie cinétique est

$$\Delta E_c = E_c(M_8) - E_c(M_4)$$
$$= +0.05137\ J$$

En théorie, elle correspond au travail des forces extérieures appliquées à l'objet,
ici son poids

$$\Delta E_c = W_{M_4M_8}\left(\overrightarrow{P}\right)$$

Mais on observe ici une différence, due au travail $w(\overrightarrow{f})$ d'une autre force

$$\Delta E_c = W_{M_4M_8}\left(\overrightarrow{P}\right) + w(\overrightarrow{f})$$
$$0.05137 = 0.05278 + w(\overrightarrow{f})$$
$$w(\overrightarrow{f}) = 0.05137 - 0.05278$$
$$= -1.4 \times 10^{-3}\ J$$

C'est un travail résistant qui correspond à une force qui s'oppose au mouvement, c'est une force de frottement dans l'air, on ne se place pas dans le cas d'une chute libre, l'énergie mécanique n'est pas conservée.

Exercice 20

Énoncé

D'après Belin 2019.

Un pendule simple permet de mesurer le

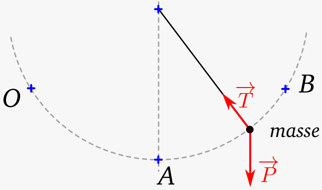


Figure *9 – Principe du pendule pesant*

temps grâce à ses oscillations. Voir figure 9. La masse de $20\ g$ à l'extrémité du fil est assimilée à un point matériel soumis à deux forces, la tension du fil $\overrightarrow{T}$ et son poids $\overrightarrow{P}$. La masse est lâchée sans vitesse initiale au point O.

a. Justifier que le travail de la tension du fil $W(\overrightarrow{T})$ est nul.

b. Énoncer le théorème de l'énergie cinétique et l'appliquer à la masse du pendule sur le trajet OA.

c. Sachant qu'au point A le pendule atteint une vitesse $v = 2\ m.s^{-1}$, calculer le travail du poids sur le trajet OA.

d. Le pendule continue sa course jusqu'au point B où sa vitesse s'annule. Indiquer si le travail du poids au cours du déplacement AB est moteur ou résistant.

Correction

a. On constate que le vecteur force $\overrightarrow{T}$ est toujours perpendiculaire à la trajectoire, son travail sera donc toujours nul.
b. Le théorème s'énonce : *la variation de l'énergie cinétique entre deux points d'une trajectoire est égal à la somme des travaux des forces qui s'exercent sur le système étudié*.
On va calculer cette variation.
Au point O, comme la vitesse est nulle, l'énergie cinétique sera également nulle et $E_c(O) = 0.0\,J$.
Au point A, $E_c(A) = \frac{1}{2} \times m \times v^2$.
Le travail de la traction du fil est nul, et pour le poids, comme c'est une force conservative, le travail ne dépend pas du chemin suivi

$$W(\overrightarrow{P}) = P \times h$$

Ce travail est positif, car le poids favorise le mouvement.

On a donc finalement

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2 - 0 = W(\overrightarrow{P})$$

ou encore

$$W(\overrightarrow{P}) = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

c. On utilise la formule précédente

$$\begin{aligned} W(\overrightarrow{P}) &= \frac{1}{2} \times 0.020\ kg \times \left(2.0\ m.s^{-1}\right)^2 \\ &= 0.040\ J \end{aligned}$$

d. Sur le chemin AB, le vecteur force $\overrightarrow{P}$ s'oppose au mouvement, l'angle du vecteur avec la direction de déplacement est supérieur à 90^o donc le travail sera négatif, car c'est un travail résistant, opposé au mouvement.

Exercice 21

Énoncé

D'après Belin 2019.
Dans un tube de Coolidge, des électrons

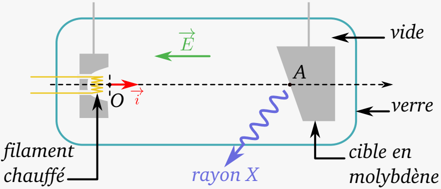


Figure 10 – *Principe du tube à rayon X*

émis par un filament chauffé sont accélérés sous l'effet d'un champ électrique uniforme $\overrightarrow{E}$ créé par une tension électrique U d'environ $100\ kV$. Voir figure 10.
Ces électrons acquièrent une énergie cinétique suffisante pour perturber les couches

électroniques internes des atomes d'une cible en molybdène qui vont alors émettre des rayons X. Un électron est émis au point O avec une vitesse nulle à la date $t = 0.0\,s$. Il arrive au point A avec une vitesse v. La distance OA vaut $4\,cm$. Les frottements sont négligeables.
On précise également que

- la valeur du champ électrique se calcule par $E = \frac{U}{OA}$
- la charge de l'électron est $q = -e = -1.6 \times 10^{-19}\,C$
- la masse de l'électron est $m_e = 9.11 \times 10^{-31}\,kg$

a. Citer le système assimilé à un point matériel ainsi que le référentiel d'étude.

b. Effectuer un bilan des forces exercés sur le système et montrer par un calcul d'ordre de grandeur que la valeur du poids est négligeable devant celle de la force électrique.

c. Indiquer la nature du mouvement de l'électron.

d. Donner l'expression puis la valeur du travail de la force électrique au cours du déplacement OA.

e. Exprimer puis calculer l'ordre de grandeur de la vitesse atteinte par l'électron lorsqu'il arrive sur la cible en molybdène.

Correction

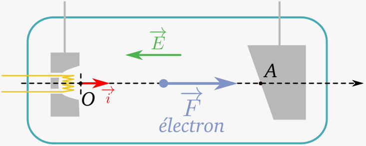


Figure *11 – Électron dans un tube à rayon X*

a. Le système étudié est l'électron, le référentiel est celui du laboratoire.
b. L'électron subit l'action de deux forces

- son poids $\overrightarrow{P} = m_e \cdot \overrightarrow{g}$
- la force électrique $\overrightarrow{F} = -e \cdot \overrightarrow{E}$

La valeur du poids est

$$\begin{aligned} P &= m_e \times g \\ &= 9.11 \times 10^{-31}\ kg \times 9.81\ N.kg^{-1} \\ &= 8.9 \times 10^{-30}\ N \end{aligned}$$

La valeur de la force électrique est

$$\begin{aligned} F &= e \times E \\ &= e \times \frac{U}{OA} \\ &= 1.6 \times 10^{-19} \times \frac{100000\ V}{0.04\ m} \\ &= 4.0 \times 10^{-13}\ N \end{aligned}$$

Comme $\frac{F}{P} = 4 \times 10^{16}$, on constate que F est beaucoup plus grand que P et P est négligeable.

c. Le mouvement de l'électron sera rectiligne accéléré, de O vers A.

d. La force électrique est colinéaire au mouvement

$$\begin{aligned} W_{OA}(\overrightarrow{F}) &= \overrightarrow{OA} \cdot \overrightarrow{F} \\ &= OA \times F \times cos(0^0) \\ &= 0.04\ m \times 4.0 \times 10^{-13}\ N \\ &= 1.6 \times 10^{14}\ J \end{aligned}$$

e. On applique le théorème de l'énergie cinétique entre les points O où la vitesse est nulle, et le point A au moment de l'impact sur la cible

$$\Delta E_c = E_c(A) - E_c(O) = W_{OA}(\overrightarrow{F})$$

$$\frac{1}{2} \times m_e \times v^2 - 0 = W_{OA}(\overrightarrow{F})$$

$$v^2 = \frac{2 \times W_{OA}(\overrightarrow{F})}{m_e}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times W_{OA}(\overrightarrow{F})}{m_e}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{14}}{9.11 \times 10^{-31}}}$$

$$v = 1.87 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$$

Exercice 22

Énoncé

D'après Belin 2019.
Deux armatures métalliques P_A et P_B paral-

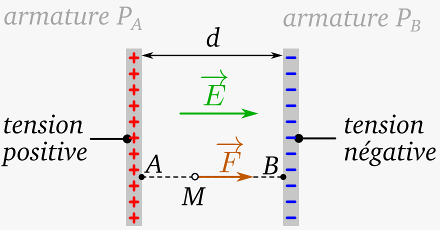


Figure *12*

lèles entre elles et distantes de d sont reliées aux bornes d'un générateur de tension continue U_{AB}.
Entre ces deux armatures règne un champ électrique $\overrightarrow{E}$ uniforme de valeur $E = \frac{U_{AB}}{d}$.

Voir figure 12.

a. Donner l'expression du travail de la force électrostatique $\overrightarrow{F}$ qui s'exerce sur une particule de charge q positive se déplaçant d'un point A de l'armature P_A à un point B de l'armature P_B.

b. Montrer que le travail de la force $\overrightarrow{F}$ s'écrit

$$W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) = q \times U_{AB}$$

c. En déduire si la force électrique est une force conservative ou non conservative.

Correction

a. et **b.**

$$
\begin{aligned}
W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{F} \\
&= q \cdot \overrightarrow{E} \cdot \overrightarrow{AB} \\
&= q \times E \times AB \\
&= q \times E \times d \\
&= q \times \frac{U_{AB}}{d} \times d \\
&= q \times U_{AB}
\end{aligned}
$$

c. On observe que le travail ne dépend pas du chemin parcouru, mais seulement de la charge q et de la tension U_{AB}, ce qui signifie que la force est conservative.

Exercice 23

Énoncé

D'après Bordas 2019.

En juin 2017, le vaisseau Soyouz a ramené à son bord Thomas Pesquet qui avait passé 6 mois à bord de l'ISS. Voir figure 13. Seul le module de descente dans lequel est installé le cosmonaute est équipé d'un bouclier thermique qui résiste aux températures très élevées dues aux frottements de l'air après son entrée
dans l'atmosphère.

À $8.5\ km$ du sol, le vaisseau est encore à une vitesse de $800\ km.h^{-1}$ lorsque les parachutes se déploient.

À $5.5\ km$ d'altitude, le bouclier thermique, les hublots extérieurs et les réservoirs sont largués. Le module de descente a alors une masse de $2500\ kg$.

À $0.70\ cm$ du sol, c'est au tour des six rétrofusées de s'allumer pour réduire au maxi-

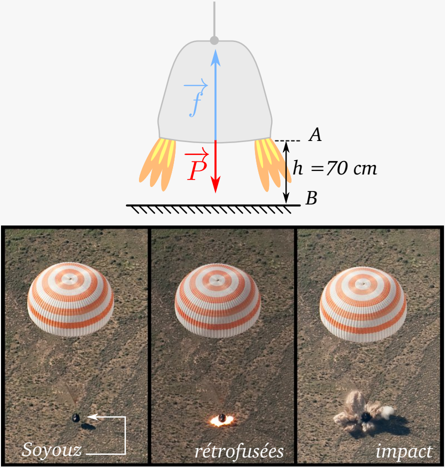


Figure *13*

mum la vitesse du module de descente qui passe alors de $22\ km.h^{-1}$ à $5.0\ km.h^{-1}$, vitesse lors de l'impact au sol.

a. En vous appuyant sur les documents, montrer que l'énergie cinétique E_c du module de descente varie de $-44\ kJ$ entre les points A et B.

b. Exprimer puis calculer le travail $W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right)$ du poids. Ce travail est-il moteur ou résistant ? Justifier.

c. Déterminer le travail $W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right)$ de la force de freinage entre les points A et B.

d. En supposant la force de freinage $\overrightarrow{f}$ consta entre A et B, déduire l'intensité f de cette force de freinage.

Correction

a. Énergie cinétique au point A

$$E_c(A) = \frac{1}{2} \times 2500 \times \left(\frac{22000}{3600}\right)^2$$
$$= 4.67 \times 10^4\ J$$

Énergie cinétique au point B

$$E_c(B) = \frac{1}{2} \times 2500 \times \left(\frac{5000}{3600}\right)^2$$
$$= 0.24 \times 10^4\ J$$

Variation de l'énergie cinétique

$$\begin{aligned}\Delta E_c &= E_c(B) - E_c(A)\\ &= 0.24 \times 10^4 - 4.67 \times 10^4\\ &= -44.3\ kJ\end{aligned}$$

b. C'est un travail moteur, l'angle entre $\overrightarrow{P}$ et $\overrightarrow{AB}$ est nul.

$$W_{AB}(\overrightarrow{P}) = \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{P}$$

$$= AB \times m \times g$$
$$= 0.70 \times 250 \times 9.81$$
$$= 17.2\ kJ$$

c. L'angle entre les vecteurs $\overrightarrow{AB}$ et $\overrightarrow{f}$ est de 180^o, le travail est résistant donc négatif.

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{f} \\ &= -AB\ \times f \end{aligned}$$

d. On applique le théorème de l'énergie cinétique entre les points A et B.

$$\Delta E_c = W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) + W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right)$$

On isole le travail des rétrofusées

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) &= \Delta E_c - W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) \\ &= -44,3 \times 10^3 - 17.2 \times 10^3 \\ &= -61.5 \times 10^3\ J \\ -AB \times f &= -61.5 \times 10^3\ J \\ f &= \frac{61.5 \times 10^3\ J}{0.70} \end{aligned}$$

$$f = 88\ kN$$

Exercice 24

Énoncé

D'après Bordas 2019.

Lors de son catapultage depuis un porte avion, l'avion de 14 *tonnes* atteint en bout de piste longue de $75\ m$ une vitesse de $250\ km.h^{-1}$.

a. Énoncer le théorème de l'énergie cinétique.

b. Calculer la variation d'énergie cinétique lors de la phase de catapultage.

c. Quelle est la valeur de la somme des travaux des forces qui modélisent les actions mécaniques qui s'appliquent sur l'avion au décollage ?

Correction

a. La variation de l'énergie cinétique entre deux points est égale à la somme des travaux des forces s'exerçant sur le système qui se déplace entre ces deux points.

$$\Delta E_c = \sigma W\left(\overrightarrow{F_{\text{ext.}}}\right)$$

b. Énergie cinétique initiale, la vitesse est nulle au départ

$$E_c(\text{initiale}) = 0\ J$$

Énergie cinétique finale, en quittant le pont d'envol

$$\begin{aligned} E_c(\text{finale}) &= \frac{1}{2} \times m \times v^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 14000 \times \left(\frac{250000}{3600}\right)^2 \\ &= 33.8\ MJ \end{aligned}$$

Variation de l'énergie cinétique

$$\Delta E_c = E_c(\text{finale}) - E_c(\text{initiale})$$

$$= 33.8\ MJ$$

c. La variation d'énergie cinétique correspond au travail de la force de la catapulte sur $75\ m$

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{F} \\ &= AB \times F \\ &= \Delta E_c \end{aligned}$$

donc

$$F = \frac{\Delta E_c}{AB}$$

$$F = \frac{33.8 \times 10^6\ J}{75\ m}$$

$$F = 450\ kN$$

4 Énergie potentielle de pesanteur

Exercice 25

Énoncé

D'après Hachette 2019.
Un système de masse $m = 3.0\ kg$ chute de $10\ m$. La valeur du champ de pesanteur est $g = 10\ N.kg^{-1}$.
Calculer la variation de son énergie potentielle de pesanteur au cours de la chute.

Correction

L'énergie potentielle de pesanteur initiale, mesurée par rapport à une altitude de référence est

$$E_{pp}(\text{initiale}) = m \times g \times z_1$$

L'énergie potentielle de pesanteur finale, mesurée par rapport à une altitude de référence est

$$E_{pp}(\text{finale}) = m \times g \times z_2$$

La variation d'énergie potentielle est alors

$$\begin{aligned}\Delta E_{pp} &= E_{pp}(\text{finale}) - E_{pp}(\text{initiale}) \\ &= m \times g \times z_2 - m \times g \times z_1 \\ &= m \times g \times (z_2 - z_1)\end{aligned}$$

Si on prend pour origine des altitudes $z_2 = 0\ m$ alors $z_1 = 10\ m$ et on peut calculer la variation d'énergie potentielle de pesanteur

$$\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_2 - z_1)$$

$$= 3.0 \times 10 \times (0 - 10)$$
$$= -241\ J$$

Exercice 26

Énoncé

D'après Belin 2019.
En considérant $E_{pp} = 0\ J$ au niveau du sol, pour une balle de $5.0\ g$ située à une hauteur de $10\ m$ du sol ($g = 9.81\ N.kg^{-1}$)

1. $E_{pp} = 4.9 \times 10^{-1}\ J$
2. $E_{pp} = 4.9 \times 10^{2}\ J$
3. $E_{pp} = 4.9 \times 10^{-1}\ W$
4. $E_{pp} = 4.9 \times 10^{2}\ N$

Correction

$$
\begin{aligned}
E_{pp} &= m \times g \times h \\
&= 5.0 \times 10^{-3}\ kg \times 9.81\ N.kg^{-1} \\
&\times 10\ m \\
&= 4.9 \times 10^{-1}\ J
\end{aligned}
$$

c’est donc la réponse 1.

Exercice 27

Énoncé

D’après Belin 2019.
Soit un passager de masse $m = 60\ kg$ roulant dans une voiture à $130\ km.h^{-1}$ qui entre en collision avec un obstacle . L’objectif est de comparer le choc à une chute libre.
a. Calculer l’énergie cinétique de la voiture avant collision.
b. Déterminer la hauteur de chute permettant d’acquérir la même énergie cinétique

Correction

a.

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{1}{2} \times m \times (v)^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 60\ kg \times \left(\frac{130000\ m}{3600\ s}\right)^2 \\ &= 3.9 \times 10^4\ J \end{aligned}$$

b. L'énergie potentielle de pesanteur qui permettrait de fournir cette énergie s'écrit

$$\begin{aligned} E_{pp} &= m \times g \times h \\ &= E_c \end{aligned}$$

On calcule ensuite la hauteur h de chute

$$\begin{aligned} m \times g \times h &= E_c \\ h &= \frac{E_c}{m \times g} \\ &= \frac{3.9 \times 10^4}{60 \times 9.81} \\ &= 66.5\ m \end{aligned}$$

5 Énergie mécanique

Exercice 28

Énoncé

D'après Belin 2019.

Un attelage de chiens de traîneau glisse sans frottements sur une distance d sur une piste légèrement inclinée vers le bas, de dénivelé h.

a. Effectuer un schéma de la situation et représenter les forces appliquées au traîneau.

b. Exprimer le travail du poids du traîneau sur la distance d.

c. Préciser la nature conservative ou non conservative du poids en justifiant.

d. Exprimer le travail de la force de réaction de la piste sur le traîneau.

e. En supposant que les chiens tirent le traîneau avec une force $\overrightarrow{F}$ parallèle à la piste de valeur constante notée F, exprimer le travail de cette force.

f. Préciser la nature conservative ou non conservative de cette force en justifiant.

Correction

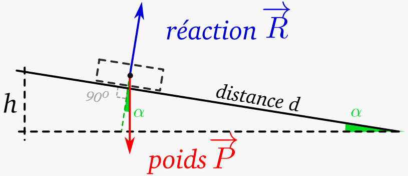


Figure *14 – Bilan des forces sur le traîneau*

a. Voir figure 14.

b.

$$\begin{aligned} W_d\left(\overrightarrow{P}\right) &= d \times P \times cos(90^o - \alpha) \\ &= d \times P \times sin(\alpha) \\ &= d \times P \times \frac{h}{d} \\ &= P \times h \end{aligned}$$

c. Le poids est une force conservative , son travail ne dépend pas du chemin parcouru entre deux positions.

d. La force est perpendiculaire à la piste, son travail est nul.

e. $W(\overrightarrow{F}) = F \times d$

f. C'est une force non conservative, son travail dépend du chemin pris, si on double la distance parcourue, alors on double aussi ce travail.

Exercice 29

Énoncé

D'après Belin 2019.

Un dispositif de chute libre est équipé de cinq capteurs, espacés de $30\ cm$ qui enregistrent le temps et la vitesse d'une bille au moment de son passage devant l'un d'eux. Le premier est situé juste en dessous de l'électroaimant qui lâche la bille à $1.40\ m$ du sol choisi comme niveau de référence. La masse de la bille est de $8.93\ g$.

Les valeurs des vitesses mesurées en fonction du temps sont dans le tableau 1.

a. Déterminer l'altitude z de chaque capteur.

b. Rappeler les expressions des énergies cinétiques, potentielle de pesanteur et mécanique dans le cadre de cette expérience.

c. Compléter le tableau 1 avec la valeur de la position ainsi que les énergies puis représenter graphiquement l'évolution de ces

t en s	v en $m.s^{-1}$
0.0	0.0
0.247	2.42
0.350	3.43
0.429	4.20
0.495	4.85

Table *1*

énergies.

d. Conclure quand à la conservation ou non conservation de l'énergie mécanique dans cette expérience.

Correction

a. Le premier capteur se situe à une altitude de $1.40\ m$. Le deuxième capteur est $30\ cm$ plus bas, soit $1.10\ m$. Le capteur 3 est à $0.80\ m$, le capteur 4 est à $0.50\ m$ et le capteur 5 est à $0.20\ m$.
b. Les expressions des énergies sont les suivantes

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{1}{2} \times m \times v^2 \\ E_{pp} &= m \times g \times z \\ E_m &= E_c + E_{pp} \\ &= \frac{1}{2} \times m \times v^2 + m \times g \times z \end{aligned}$$

c. Voir tableau 2 et graphiques 15.
d. On constate que l'énergie mécanique se conserve, elle reste constante.

t en s	0.0	0.247	0.350	0.429	0.495
z en m	1.40	1.10	0.80	0.50	0.20
v en $m.s^{-1}$	0.0	2.42	3.43	4.20	4.85
E_c en J	0.0	0.0261	0.0525	0.0788	0.104
E_{pp} en J	0.123	0.0964	0.0700	0.0438	0.0175
E_m en J	0.123	0.122	0.123	0.123	0.122

Table 2

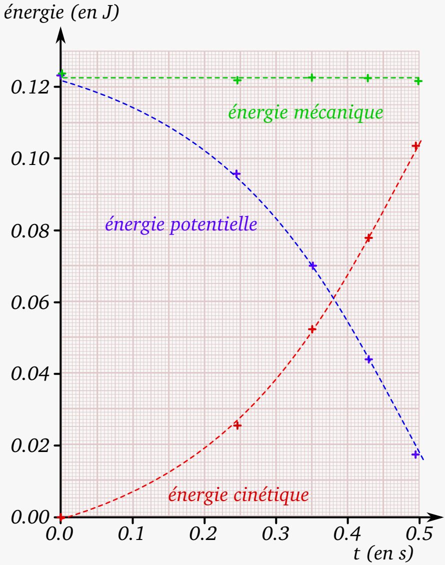

énergie (en J)
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
t (en s)
énergie mécanique
énergie potentielle
énergie cinétique

Figure *15*

Exercice 30

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Une équipe de bobsleigh s'élance avec une vitesse $v_A = 15\ m.s^{-1}$. On étudie le système constitué de la luge et des sportifs après qu'ils soient montés à bord, dans le référentiel de la piste. On néglige les frottements que la piste exerce sur le système. La différence d'altitude entre le départ et l'arrivée vaut $h = 35\ m$.

a. Dresser le bilan des forces qui s'exercent sur le système et les représenter sur un schéma.

b. Exprimer littéralement le travail de chacune de ces forces.

c. Écrire le théorème de l'énergie cinétique dans le cas présent.

d. En déduire la vitesse v_B du système à l'arrivée, puis l'exprimer en kilomètre par heure.

e. Une mesure donne $v_B = 114\ km.h^{-1}$. Parmi les hypothèses suivantes, laquelle ou lesquelles expliquent l'écart observé ? Justifier la réponse.

1. les frottements ne sont pas négligeables
2. la vitesse initiale réelle est supérieure à $15\ m.s^{-1}$
3. le dénivelé est inférieur à $35\ m$

Correction

a. Le poids $\overrightarrow{P}$ du véhicule et de son équipage, vertical vers le bas, et la réaction de la piste $\overrightarrow{R}$, perpendiculaire à la piste. Voir figure **??**.

b. La réaction de la piste a un travail nul

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{R}\right) &= \overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{R} \\ &= AB \times R \times cos(90^o) \\ &= 0.0\,J \end{aligned}$$

Le poids étant une force conservative, son travail ne dépend que de la position initiale et la position finale, donc de la différence d'altitude.

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) &= h \times P \\ &= h \times m \times g \end{aligned}$$

c.

$$\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 - \frac{1}{2} \times m \times v_A^2 = h \times m \times g$$

d. On isole v_B dans l'équation précédente

$$\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = h \times m \times g + \frac{1}{2} \times m \times v_A^2$$

$$v_B^2 = \frac{2}{m} \times \left(h \times m \times g + \frac{1}{2} \times m \times v_A^2\right)$$

$$\begin{aligned} v_B &= \sqrt{\frac{2}{m} \times \left(h \times m \times g + \frac{1}{2} \times m \times v_A^2\right)} \\ &= \sqrt{2 \times h \times g + v_A^2} \\ &= 30.2\ m.s^{-1} \end{aligned}$$

e. $v_B = 114\ km.h^{-1} = 31.7\ m.s^{-1}$, on observe une vitesse plus grande.
La vitesse initiale réelle doit donc être supérieure à 15 $m.s^{-1}$. Dans le cas de frottement, la vitesse finale serait plus faible à cause de la perte d'énergie, et dans le cas d'un dénivelé plus faible, la vitesse serait aussi plus faible, moins d'énergie potentielle étant transformable en énergie cinétique.

Exercice 31

Énoncé

D'après Hatier 2019.
Un petit objet de masse m modélisé par un

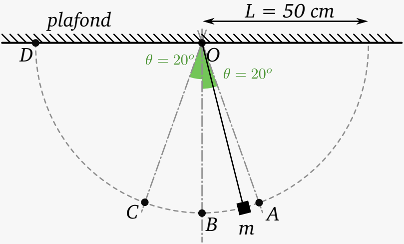


Figure *16*

point est pendu au bout d'un fil inextensible de longueur L dont l'autre extrémité est fixée à un support. Voir figure 16. On fait l'étude dans le référentiel terrestre. L'angle

initial est $\theta = 20^o$, la longueur $L = 50\ cm$.
a. Dresser le bilan des forces qui s'exercent sur l'objet.
b. On lâche l'objet du point A. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer sa vitesse v_B au point B en fonction de g, L et θ, puis la calculer.
c. Quelle est sa vitesse au point C ?
d. On lance maintenant l'objet du point A avec une vitesse $\overrightarrow{v_A}$ tangente au cercle, vers la gauche. Exprimer la valeur minimale de la norme v_A pour que l'objet aille jusqu'au point D en fonction de g, L et θ. La calculer.

Correction

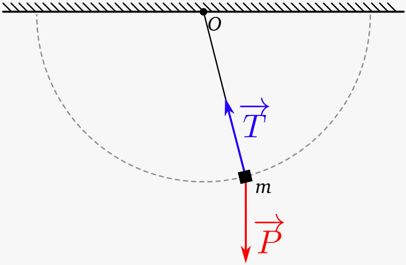


Figure *17*

a. Poids de l'objet $\overrightarrow{P}$ et traction du fil $\overrightarrow{T}$. Voir figure 17.

b. En A, la vitesse étant nulle

$$E_c(A) = 0.0\ J$$

En B l'énergie cinétique est

$$E_c(B) = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

La variation d'énergie cinétique est donc

$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

Comme la traction $\overrightarrow{T}$ est perpendiculaire à la trajectoire son travail est toujours nul. Comme le poids $\overrightarrow{P}$ est une force conservative, son travail ne dépend que des positions de départ et d'arrivée, et donc de la différence d'altitude h entre le point A et le point B. Voir figure 18.

$$h = L \times (1 - cos\theta)$$

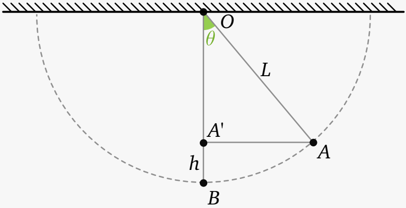
Le travail moteur du poids est donc

$$\begin{aligned} W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) &= h \times P \\ &= m \times g \times L \times (1 - cos\theta) \end{aligned}$$

On applique le théorème de l'énergie cinétique puis on isole v_B

$$\Delta E_c = W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right)$$

$$\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = m \times g \times L \times (1 - cos\theta)$$



$$\cos\theta = \frac{OA'}{L} \qquad h = L - OA'$$

Figure *18*

$$v_B^2 = 2 \times g \times L \times (1 - cos\theta)$$
$$v_B = \sqrt{2 \times g \times L \times (1 - cos\theta)}$$

$$v_B = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.50 \times (1 - cos20^o)}$$
$$v_B = 0.77\ m.s^{-1}$$

c. Le point C est à la même altitude que le point A, si aucune énergie est perdue, l'objet est en C avec une vitesse nulle, toute l'énergie mécanique est groupée dans l'énergie potentielle.

d. Il faut que l'énergie mécanique au point D soit la me eque l'énergie mécanique au point A, et au point D on doit avoir la vitesse nulle.

$$E_m(D) = E_c(D) + E_{pp}(D)$$
$$= 0 + m \times g \times L$$

Au point A

$$E_m(A) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$
$$= \frac{1}{2} \times m \times v_A^2$$
$$+ m \times g \times L \times (1 - cos\theta)$$

En conservant l'énergie mécanique

$$m \times g \times L = \frac{1}{2} \times m \times v_A^2 +$$
$$m \times g \times L \times (1 - cos\theta)$$

On divise par m et on développe la parenthèse

$$g \times L = \frac{1}{2} \times v_A^2 + g \times L - g \times L \times \cos\theta$$

$$0 = \frac{1}{2} \times v_A^2 - g \times L \times \cos\theta$$
$$\frac{1}{2} \times v_A^2 = g \times L \times \cos\theta$$
$$v_A^2 = 2 \times g \times L \times \cos\theta$$

On calcule alors la vitesse

$$\begin{aligned} v_A &= \sqrt{2 \times g \times L \times \cos\theta} \\ &= \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.50 \times \cos 20^o} \\ &= 3.0\ m.s^{-1} \end{aligned}$$

Exercice 32

Énoncé

D'après Hatier 2019.
Un volant de badminton de masse $m = 5.0\ g$ est projeté verticalement vers le haut avec une vitesse $v_0 = 354\ km.h^{-1}$. Il monte à $h = 48\ m$ au dessus de son point de lancer, pris comme référence.

a. Calculer son énergie mécanique initiale $E_m(0)$.

b. Calculer son énergie mécanique au sommet de sa trajectoire $E_m(S)$.

c. Y a-t-il conservation de l'énergie mécanique du volant ? Expliquer pourquoi.

d. Que vaut le travail de la force de frottement ?

Correction

a. Initialement, l'énergie potentielle est nulle, il n'y a que de l'énergie cinétique

$$
\begin{aligned}
E_m(0) &= E_c(0) + E_p(0) \\
&= \frac{1}{2} \times m \times v_0^2 + m \times g \times z \\
&= \frac{1}{2} \times 0.0050 \times \left(\frac{354000}{3600}\right)^2 + 0.0 \\
&= 24.17\ J
\end{aligned}
$$

b. Au sommet de la trajectoire la vitesse est nulle, il n'y a que de l'énergie potentielle

$$
\begin{aligned}
E_m(S) &= E_c(S) + E_p(S) \\
&= \frac{1}{2} \times m \times v_S^2 + m \times g \times z_S \\
&= 0.0 + 0.0050 \times 9.81 \times 48 \\
&= 2.35\ J
\end{aligned}
$$

c. On constate qu'il n'y a pas conservation de l'énergie mécanique, elle décroît.

La force de frottement dans l'air est très importante, et le travail de cette force durant le mouvement d'ascension du volant a diminué l'énergie mécanique du système.

d. Le travail de la force de frottement est un travail résistif donc négatif

$$W_h(\overrightarrow{f}) = -h \times f$$

On a la conservation de l'énergie suivante

$$E_m(S) = E_m(0) + W_h(\overrightarrow{f})$$

Donc on peut alors calculer le travail de la force de frottement

$$\begin{aligned} E_m(S) &= E_m(0) + W_h(\overrightarrow{f}) \\ W_h(\overrightarrow{f}) &= E_m(S) - E_m(0) \\ &= 2.35 - 24.17 \\ &= -21.8\,J \end{aligned}$$

Exercice 33

Énoncé

D'après Hatier 2019.

Un palet de masse $m = 160\ g$ est lancé sur une patinoire horizontale à une vitesse $v_0 = 15\ m.s^{-1}$. Il s'arrête au bout de $d = 50\ m$.

a. Quelles sont les forces subies par le palet ?

b. Parmi elles, quelles est la force non conservative qui travaille ?

c. Calculer alors le travail de cette force.

d. Que vaut la norme, supposée constante, de cette force ?

Correction

a. Le palet subit les forces suivantes

— son poids $\overrightarrow{P}$ vertical vers le bas

— la réaction de la glace $\overrightarrow{R}$ vertical vers le haut, opposée au poids

— le frottement de la glace $\overrightarrow{f}$ horizontal, opposé au mouvement

b. La force non conservative est le frottement de la glace $\overrightarrow{f}$, car son travail dépend du chemin parcouru entre deux points : plus le chemin est long, plus cette force travaille.

c. On applique le théorème de l'énergie cinétique

$$\begin{aligned}\Delta E_c &= E_c(F) - E_c(I)\\ &= 0.0 - \frac{1}{2} \times m \times v_I^2\\ &= -\frac{1}{2} \times m \times v_I^2\\ &= -\frac{1}{2} \times 0.160 \times 15^2\\ &= -18\ J\end{aligned}$$

$$= W_d(\overrightarrow{f})$$

d.

$$\begin{aligned} W_d(\overrightarrow{f}) &= -d \times f \\ &= -18\,J \\ f &= \frac{18}{d} \\ f &= \frac{18}{50} \\ f &= 0.36\,N \end{aligned}$$

Exercice 34

Énoncé

D'après Hatier 2019.
Une pierre de masse $m = 0.60\ kg$ tombe dans une mare de profondeur $h = 4.0\ m$. Elle touche la surface de l'eau avec une vitesse $v_i = 10\ m.s^{-1}$.
Sachant que le travail de la force de frottement de l'eau sur la pierre $\overrightarrow{f}$ lors de sa chute dans l'eau vaut $W(\overrightarrow{f}) = -20\ J$, calculer la vitesse à laquelle la pierre touche le fond de la mare.

Correction

La pierre lors de sa chute dans l'eau subit trois forces

- son poids $\overrightarrow{P}$ verticale vert le bas
- une poussée d'Archimède $\overrightarrow{A}$ verticale vert le haut, mais sa valeur étant faible, on peut dans un premier temps la négliger
- une force de frottement dans l'eau $\overrightarrow{f}$ verticale vers le haut, elle s'oppose au mouvement

On applique le théorème de l'énergie cinétique entre la surface et le fond de l'eau

$$E_c(F) - E_c(I) = W(\overrightarrow{P}) + W(\overrightarrow{f})$$

$$\frac{1}{2} \times m \times v_f^2 - \frac{1}{2} \times m \times v_i^2 = W(\overrightarrow{P}) + W(\overrightarrow{f})$$

Puis on isole v_f dans cette équation

$$\frac{1}{2} \times m \times v_f^2 = P \times h + W(\overrightarrow{f}) + \frac{1}{2} \times m \times v_i^2$$

$$\frac{1}{2} \times m \times v_f^2 = m \times g \times h + W(\overrightarrow{f}) + \frac{1}{2} \times m \times v_i^2$$

$$v_f^2 = 2 \times g \times h + \frac{2}{m} \times W(\overrightarrow{f}) + v_i^2$$

et donc finalement

$$v_f^2 = 2 \times g \times h + \frac{2}{m} \times W(\overrightarrow{f}) + v_i^2$$

$$v_f = \sqrt{2 \times g \times h + \frac{2}{m} \times W(\overrightarrow{f}) + v_i^2}$$

$$v_f = \sqrt{2 \times 9.81 \times 4 + \frac{2}{0.6} \times -20 + 10^2}$$

$$v_f = 10.6\ m.s^{-1}$$

Exercice 35

Énoncé

D'après Hatier 2019.

La figure 19 représente l'énergie potentielle de pesanteur d'une balle de tennis de masse $m = 57\ g$ lâchée sans vitesse initiale d'une hauteur h_0 au dessus d'un sol en béton.

a. À quelle date la balle touche-t-elle le sol pour la première fois ?

b. Déterminer h_0.

c. Pour être homologuée, une balle de tennis lâchée d'une hauteur de $254\ cm$ sur une surface plane et dure doit atteindre après lun premier rebond une hauteur maximale comprise entre $135\ cm$ et $147\ cm$ au dessus du sol.

Cette balle est-elle homologable ?

d. On suppose qu'entre deux rebonds la balle ne subit que son poids. Déterminer son énergie mécanique $E_m(0)$ avant son

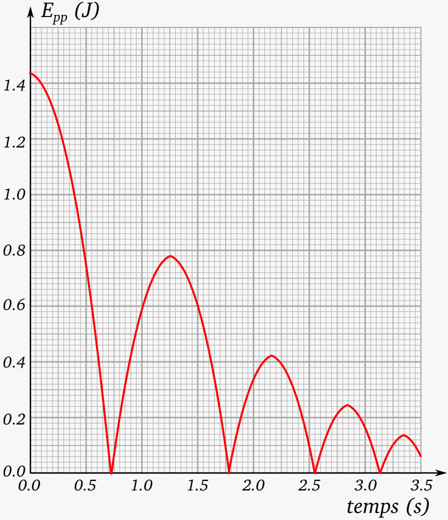


Figure *19*

premier rebond.

e. À la date $t_1 = 1.25\ s$ que vaut l'énergie cinétique de la balle ? En déduire son énergie mécanique $E_m(1)$ entre son premier et son deuxième rebond.

f. Quelle force non conservative travaille lors du rebond de la balle ? Calculer $E_m(1) - E_m(0)$ et en déduire le travail de cette force lors du rebond.

g. Calculer $\frac{E_m(1)}{E_m(0)}$.

h. Montrer par des calculs que cette proportion est approximativement la même à chaque rebond.

i. Après avoir recopié l'allure du graphique, y ajouter l'allure des courbes représentant l'énergie mécanique et l'énergie cinétique de la balle lors de son mouvement.

Correction

a. On observe que le rebond se fait quand l'énergie potentielle de pesanteur est au plus bas, c'est à dire à $0.74\ s$ pour le premier rebond.
b. L'altitude initiale correspond au maximum d'énergie potentielle

$$E_{pp}(0) = m \times g \times h_0$$

donc

$$\begin{aligned} h_0 &= \frac{E_{pp}(0)}{m \times g} \\ &= \frac{1.42}{0.057 \times 9.81} \\ &= 2.54\ m \end{aligned}$$

c. L'altitude atteinte au premier rebond est

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{E_{pp}(1)}{m \times g} \\ &= \frac{0.78}{0.057 \times 9.81} \end{aligned}$$

$$= 1.39\ m$$

On constate donc que cette balle est homologable.

d. L'énergie mécanique initiale est

$$E_m(0) = E_c(0) + E_{pp}(0)$$

Comme il n'y a pas de vitesse initiale au moment du lâché, on peut calculer la valeur de l'énergie mécanique

$$E_m(0) = 0.0 + 1.39 = 1.39\ J$$

e. À cette date, on a un maximum d'énergie potentielle, on est au sommet du premier rebond, la vitesse est nulle, et donc l'énergie cinétique est nulle aussi.L'énergie mécanique lors du premier rebond est donc

$$E_m(1) = 0.78\ J$$

f. Quand la balle rebondit, elle se déforme. Les forces de déformations travaillent et sont responsables de la perte d'énergie mécanique

$$W(\text{deformation}) = E_m(1) - E_m(0)$$

$$= -0.61\ J$$

g.

$$\frac{E_m(1)}{E_m(0)} = \frac{0.78}{1.39} = 0.56$$

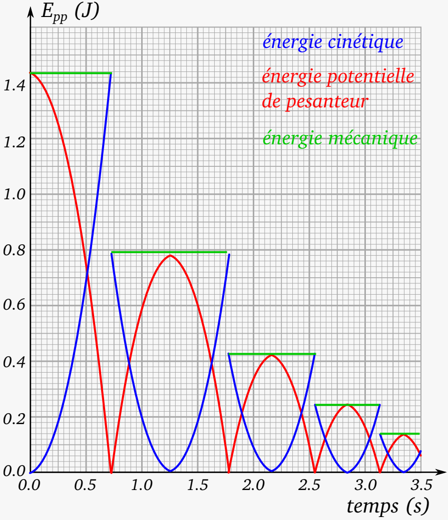
h.

$$\frac{E_m(2)}{E_m(1)} = \frac{0.43}{0.78} = 0.55$$

$$\frac{E_m(3)}{E_m(2)} = \frac{0.24}{0.43} = 0.56$$

$$\frac{E_m(4)}{E_m(3)} = \frac{0.15}{0.24} = 0.63$$

i. Voir figure 20.



E_{pp} (J)
énergie cinétique
énergie potentielle de pesanteur
énergie mécanique
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
temps (s)

Figure *20*