Chapitre 11 – Les oscillateurs et la mesure du temps

Corrigés des parcours en autonomie

Préparer l'évaluation — 13 — 15 — 20 — 22

13 Émission et absorption de photons par le césium 133

Exercice résolu.

15 Apprendre à rédiger

a. La balle est le système dont on étudie le mouvement. On choisit le référentiel terrestre.
Lorsque la balle est lancée, elle est soumise à la seule action du poids (les forces dues à l'air sont considérées comme nulles). Le système est donc conservatif.

D'après la loi de conservation de l'énergie, l'énergie mécanique $\mathscr{E}_{\mathrm{m}A}$ de la balle en A est égale à l'énergie mécanique $\mathscr{E}_{\mathrm{m}B}$ de la balle au point B.

On choisit l'origine des potentiels à l'altitude du point A : $\mathscr{E}_{\mathrm{p}A} = 0$.

$$\mathscr{E}_{\mathrm{m}A} = \mathscr{E}_{\mathrm{p}A} + \mathscr{E}_{\mathrm{c}A} = ½mv_0^2$$

(en supposant que la balle est lancée sans effet de rotation)

Au point B le plus haut atteint par la balle, la balle s'est élevée de h au-dessus du point A et sa vitesse est $v_B = 0$. On a alors : $\mathscr{E}_{\mathrm{m}B} = \mathscr{E}_{\mathrm{p}A} = mgh$.

De la loi de conservation, on déduit :

$$½\, mv_0^2 = mgh \quad \text{soit} \quad h = \frac{v_0^2}{2g} \qquad \text{A.N. : } h = \frac{6^2}{2\times 9{,}81} = 1{,}8 \text{ m}$$

b. Au retour en A, le système étant conservatif, l'énergie mécanique du système en A à la date de lancement est égale à l'énergie mécanique du système en A à la date du retour.
On en déduit que la vitesse de retour en A notée $v'_A = v_0$ soit $v'_A = 6{,}0 \text{ m·s}^{-1}$.
c. Appelons $h' = 1{,}5$ m la différence d'altitude entre B' et A.
En B' la vitesse de la balle est nulle.

$$\mathscr{E}_{\mathrm{m}B'} = \mathscr{E}_{\mathrm{p}B'} + \mathscr{E}_{\mathrm{c}B'} = mgh' + ½\, mv_{B'}^2 = mgh'$$

$$\mathscr{E}_{\mathrm{m}} = \mathscr{E}_{\mathrm{m}B'} - \mathscr{E}_{\mathrm{m}A} = \mathscr{E}_{\mathrm{m}B'} - \mathscr{E}_{\mathrm{m}B} = mgh' - mgh = mg(h' - h)$$

On déduit : $\Delta\mathscr{E}_{\mathrm{m}} = 1{,}5 \times 10^{-1} \times 9{,}81 \times (1{,}5 - 1{,}8) = -0{,}44$ J

Dans la réalité, de l'énergie est transférée vers l'extérieur par les forces de frottement qui sont non conservatives.

20 Montagnes russes

a. $\mathscr{E}_{mC} = mgz_C + \frac{1}{2}mv_C^2$

b. Le déplacement se faisant sans frottement (système conservatif), on a alors :

$$\mathscr{E}_{mC} = \mathscr{E}_{mA}$$

soit : $mgz_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgz_C + \frac{1}{2}mv_C^2$

soit : $v_A^2 = 2g(z_C - z_A) + v_C^2$

or : $v_c = 20\ \text{km·h}^{-1}$ soit $v_c = 5{,}6\ \text{m·s}^{-1}$

La mesure sur le graphique donne : $z_A = \frac{40\times15}{29} = 20{,}7$ m.

d'où : $v_A^2 = 2 \times 9{,}81 \times (40 - 20{,}7) + 5{,}6^2$

On obtient $v_A = 20\ \text{m·s}^{-1}$ soit $v_A = 73\ \text{km·h}^{-1}$.

c. En D, l'expression devient : $v_D^2 = 2g(z_C - z_D) + v_C^2$

On obtient $v_D = 29\ \text{m·s}^{-1}$ soit $v_D = 1{,}0\times10^2\ \text{km·h}^{-1}$.

d. Avec des frottements, il faudrait que la vitesse de lancement en A soit supérieure à 73 km·h^{-1} pour que, au point C, la vitesse du wagon soit de 20 km·h^{-1}. L'arrivée en D se ferait alors avec une vitesse inférieure à $1{,}0\times10^2$ km·h^{-1}.

Approfondir — 27 — 29 — 30

27 Apprendre à chercher

En l'absence de frottement, le système pendule est conservatif : son énergie mécanique est constante au cours des oscillations et conserve donc la valeur $\mathscr{E}_{m0} = 8{,}5$ mJ qu'il a à $t_0 = 0$ s.

Lorsque le système est soumis à des frottements, il échange de l'énergie avec l'extérieur et son énergie mécanique diminue. La variation de son énergie mécanique $\Delta\mathscr{E}_m$ est alors égale à l'énergie échangée avec l'extérieur soit le travail des forces de frottement. On a alors :

$$\mathscr{E}_m = \mathscr{W}\ \overrightarrow{f_{\text{frot}}}$$

La période T des oscillations correspond à 2 périodes pour l'énergie potentielle (ou cinétique). On lit $T = 1{,}2$ s.

À $t = 1{,}2$ s, l'énergie mécanique $\mathscr{E}_m = 5{,}5$ mJ.

On obtient alors :

$$\Delta\mathscr{E}_m = \mathscr{W}\ \overrightarrow{f_{\text{frot}}} = 5{,}5 - 8{,}5 = -3{,}0 \text{ mJ}$$

Le rapport en valeur absolue du travail des forces de frottement et de l'énergie mécanique est :

$$r = \frac{3{,}0}{8{,}5} = 35\ \%$$

Au bout d'une période d'oscillation, 35 % de l'énergie mécanique initiale du pendule a été transférée vers l'extérieur par le travail des forces de frottements.

29 Jeu de pétanque

a. L'énergie potentielle de pesanteur augmente lorsque la boule s'élève puis diminue lors de sa chute : la courbe (3) correspond donc à $\mathscr{E}_p\,(t)$.
L'énergie cinétique de la boule varie au cours du déplacement, elle diminue pendant la montée et augmente ensuite. La courbe (2) représente donc $\mathscr{E}_c\,(t)$.
La courbe (1) est celle de l'énergie mécanique $\mathscr{E}_m\,(t)$.

b. La valeur de $\mathscr{E}_m\,(t)$ reste constante au cours du temps : le système « boule de pétanque dans le champ de pesanteur » est conservatif. Le déplacement se fait donc sans frottement.

c. Par définition, $\mathscr{E}_{c_0} = \dfrac{1}{2}mv_0^2$ donc $v_0 = \sqrt{\dfrac{2\mathscr{E}_{c_0}}{m}}$.

Par lecture graphique, $\mathscr{E}_{c_0} = 32$ J donc $v_0 = \sqrt{\dfrac{2\times 32}{0,75}} = 9,2$ m·s^{-1}.

L'énergie potentielle de pesanteur est définie par :

$$\mathscr{E}_p = mgz \text{ avec la convention } \mathscr{E}_p = 0 \text{ quand } z = 0$$

À la date $t_0 = 0$ s, on lit $\mathscr{E}_{p_0} = 2,0$ J.

On en déduit :

$$z_0 = \frac{\mathscr{E}_{p_0}}{mg} = \frac{2}{0,75\times 9,81} = 0,27 \text{ m} = 27 \text{ cm}$$

d. Quand la boule atteint l'altitude z_{max}, alors $\mathscr{E}_p$ est maximale.
Par lecture graphique, $\mathscr{E}_{p_{max}} = 14,5$ J (pour $t = 0,5$ s).

On en déduit :

$$z_{max} = \frac{\mathscr{E}_{p_{max}}}{mg} \text{ soit } z_{max} = 2,0 \text{ m}$$

La valeur lue sur le graphique de l'énergie cinétique à $t = 0,5$ s est $\mathscr{E}_{c_{min}} = 19,5$ J.

On en déduit la valeur de la vitesse :

$$v = \sqrt{\frac{2\mathscr{E}_{c_{min}}}{m}} = 7,2 \text{ m·s}^{-1}$$

30 Précision des mesures du temps en compétition

a. Lorsque deux nageurs réalisent leur épreuve dans des « temps » avec un écart inférieur à 1/100 s, l'affichage les crédite du même temps : ils apparaissent alors ex-æquo sur l'affichage alors qu'en réalité, ils ne sont pas ex-æquo.

b. L'écart en distance ΔL (en supposant la vitesse des nageurs égale à leur vitesse moyenne) en $\Delta t = 1$ ms serait de :

$$\Delta L = v_{moy}\,\Delta t \qquad \text{avec } v_{moy} = \frac{100}{52,76} = 1,895 \text{ m·s}^{-1}$$

On obtient $\Delta L = 1,9 \times 10^{-3}$ m soit 1,9 mm.

c. La précision est de 1/100s sur 52,76 s soit une précision de 2×10^{-4}.

d. L'écart de temps τ dû à un couloir plus court de 1,0 cm représente la durée pour parcourir deux fois cette distance (deux longueurs de piscine) à la vitesse de 1,895 m·s^{-1} soit :

$$\tau = \frac{2 \times 10^{-2}}{1{,}895} = 11 \text{ ms}$$

On peut remarquer qu'un écart maximal de 1 cm est pris en compte par la règlementation et ceci permet de noter la grande précision avec laquelle doit être construite une piscine olympique !