

UE4 – Physique

Annales Classées

ÉNERGIES

SUJET

Métabolisme en course

On considère une athlète de masse $m = 65$ kg. On quantifie son métabolisme basal quotidien, M_b , en mesurant les échanges gazeux durant sa respiration dans une pièce où la pression atmosphérique vaut $p_{atm} = 1$ atm et la température $T = 27^\circ$ C. Au repos elle inspire et expire le même volume d'air $V_i = V_e = 0,4$ litre à chaque cycle, avec une fréquence $f = 14$ cycles par minute. Les fractions molaires de O_2 inspiré et expiré sont respectivement $\chi_i = 0,21$ et $\chi_e = 0,17$. L'air se comporte comme un mélange de gaz parfaits. La combustion d'une mole de glucose selon la réaction $6O_2 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ fournit une énergie $\Delta E = 2800$ kJ/mole. On donne la constante des gaz parfaits $R = 8,31$ J K⁻¹.mol⁻¹ et l'accélération de la pesanteur $g = 9,81$ m s⁻².

Question 15 L'athlète court à une vitesse $v = 10$ km/h constante sur un tapis roulant inclinable. Elle dépense une énergie musculaire $\Delta E_h = 280$ kJ pour une première phase de course horizontale de durée $\Delta t = 30$ min. Puis l'athlète court le même temps, à la même vitesse, sur le tapis incliné de +2,5% qui simule une ascension de 2,5 m pour 100 m de course. On néglige les frottements de l'air. Calculer la variation ΔE_g d'énergie potentielle gravitationnelle qu'elle aurait échangée avec la Terre pour une course complète équivalente sur terrain réel. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. L'énergie potentielle gravitationnelle de l'athlète diminue dans la montée.
- B. L'énergie potentielle gravitationnelle de l'athlète augmente dans la montée.
- C. $\Delta E_g = 79,7$ kJ
- D. $\Delta E_g = 1,6$ kJ
- E. $\Delta E_g = 0,3$ kJ

Question 16 Calculer l'énergie musculaire que doit fournir l'athlète pour effectuer la montée (ΔE_m) et la course complète (ΔE_c) pour un rendement musculaire $\eta = 0,2$. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $\Delta E_m > \Delta E_h$
- B. $\Delta E_m = \Delta E_g$
- C. $\Delta E_c = 679$ kJ
- D. $\Delta E_c = 360$ kJ
- E. $\Delta E_c = 296$ kJ

Question 17 L'athlète choisit ensuite une inclinaison de tapis de -5% pour simuler une descente. Elle repart sans vitesse initiale et descend de $|\Delta z| = 125$ m en altitude verticale. Calculer la vitesse v' qu'aurait l'athlète en bas sur terrain réel si elle ne freinait pas sa course. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $v' = 1,2$ km/h
- B. $v' = 2,5$ km/h
- C. $v' = 5$ km/h
- D. $v' = 126$ km/h
- E. $v' = 178$ km/h

Question 18 Pour maintenir une vitesse constante égale à $v = 10$ km/h dans la descente à -5%, l'athlète doit fournir la même puissance musculaire qu'en course horizontale plus une énergie de freinage égale à la moitié de la variation d'énergie potentielle gravitationnelle, avec le même rendement musculaire que précédemment. Calculer l'énergie musculaire ΔE_d dépensée pour la descente. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $\Delta E_d = 40$ kJ
- B. $\Delta E_d = 180$ kJ
- C. $\Delta E_d = 320$ kJ
- D. $\Delta E_d = 339$ kJ
- E. $\Delta E_d = 479$ kJ

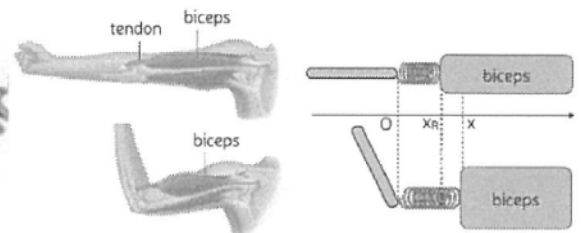
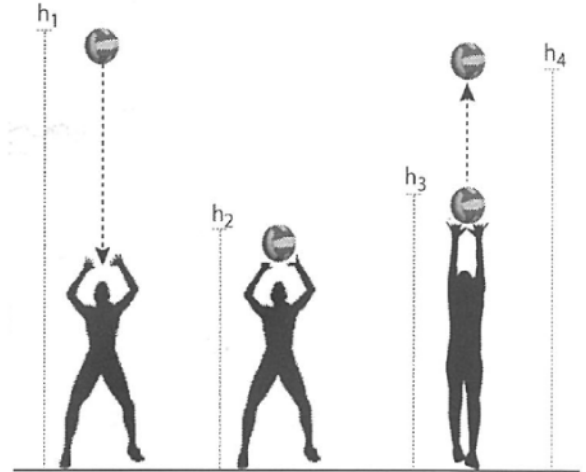
2021 Session 1

Joueur de volley-ball

Lors d'une passe au volley-ball, la balle de masse $m = 280 \text{ g}$ atteint une hauteur maximale $h_1 = 3,7 \text{ m}$ au-dessus du sol. Un joueur la réceptionne avec ses deux bras pliés. La balle atteint ses mains à la hauteur $h_2 = 1,7 \text{ m}$ avec la vitesse v_2 . Le joueur ne plie que légèrement les bras sous l'impact et renvoie la balle vers le haut en détendant ses bras. L'inversion de trajectoire s'effectue à une hauteur très proche de h_2 ($h'_2 \approx h_2$). On note v'_2 la vitesse de la balle au moment de l'inversion. La balle repart des mains du joueur à la hauteur $h_3 = 2,1 \text{ m}$ et remonte jusqu'à une hauteur maximale h_4 . Les hauteurs de la balle sont données entre son centre de masse et le sol. On ne considère que les vitesses verticales de la balle et on néglige les pertes d'énergie par frottement sur l'air. L'accélération de la pesanteur vaut $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

En pliant un bras, le biceps se contracte et le tendon distal est mis sous tension et s'allonge d'une longueur $\Delta x = x - x_R = 2 \text{ mm}$ par rapport à sa longueur x_R au repos lorsque le tendon et le biceps sont relâchés, bras tendu. Le tendon agit comme un ressort avec une force de rappel $F_{el}(x)$ qui dérive d'une énergie potentielle élastique $E_{el}(x) = \frac{1}{2}k(x - x_R)^2$ selon sa longueur x . La constante

de raideur vaut $k = 3,6 \times 10^5 \text{ N/m}$. On ne considère pas le travail du poids du bras.



Question 1 Comparer les vitesses aux différentes étapes de la trajectoire de h_1 à h_4 . **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $v_1 = 0$ et $|v_4| > 0$
- B. $v_2 = 0$ et $|v'_2| > 0$
- C. $v'_2 = 0$ et $v_4 = 0$
- D. $|v_2| < |v_1|$
- E. $|v_3| > |v_4|$

Question 2 Calculer la vitesse v_2 de la balle au moment de sa réception sur les mains du joueur. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $v_2 = 8,5 \text{ m/s}$
- B. $v_2 = 6,3 \text{ m/s}$
- C. $v_2 = 5,8 \text{ m/s}$
- D. $v_2 = 4,1 \text{ m/s}$
- E. $v_2 = 3,1 \text{ m/s}$

Question 3 Exprimer la norme $|F_{el}|$ de la force de rappel du tendon. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $|F_{el}| = k|x - x_R|$
- B. $|F_{el}| = \frac{1}{2}k|x - x_R|$
- C. $|F_{el}| = \frac{1}{6}k|x - x_R|^3$
- D. $|F_{el}| = \frac{1}{6}k|x|^3$
- E. $|F_{el}| = k|x|$

Question 4 **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. Bras plié, la force de rappel du tendon tend à plier le bras davantage.
- B. Bras plié, la force de rappel du tendon tend à raccourcir le tendon.
- C. Le relâchement du tendon à l'extension du bras fournit un travail.
- D. Le relâchement du tendon à l'extension du bras requiert de l'énergie.
- E. Le joueur doit fournir un travail pour plier le bras.

Question 5 Calculer le travail $|W'_2|$ que doit fournir le joueur pour arrêter la balle à la hauteur h'_2 . **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $|W'_2| = 10,2 \text{ J}$
- B. $|W'_2| = 5,5 \text{ J}$
- C. $|W'_2| = 4,7 \text{ J}$
- D. $|W'_2| = 1,4 \text{ J}$
- E. $|W'_2| = 0,7 \text{ J}$

Question 6 Exprimer le travail total $|W_4|$ que doivent fournir les muscles (hors tendon distal) des deux bras du joueur pour renvoyer la balle à la hauteur h_4 . **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $|W_4| = k(\Delta x)^2$
- B. $|W_4| = mgh'_2 + k(\Delta x)^2$
- C. $|W_4| = mgh_4 - k(\Delta x)^2$
- D. $|W_4| = mg(h_4 - h'_2) - k(\Delta x)^2$
- E. $|W_4| = mg(h_4 - h'_2) + k(\Delta x)^2$

Question 7 Si le seul travail fourni par le joueur pour relancer la balle vient des tendons, calculer la vitesse v'_3 de la balle lorsqu'elle décolle des mains et la hauteur de renvoi h'_4 . **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. La balle n'a pas assez d'énergie pour se détacher des mains du joueur.
- B. $v'_3 = 1,1$ m/s
- C. $v'_3 = 1,6$ m/s
- D. $v'_3 = 3,2$ m/s
- E. La balle pourra passer le filet positionné à une hauteur de 2,43 m.

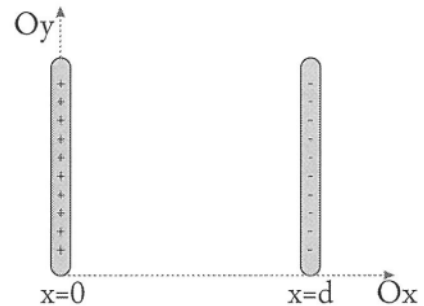
Électrophorèse de biomolécules

L'électrophorèse est une technique courante pour identifier des biomolécules. On place celles-ci dans une cuve parallélépipédique remplie d'un gel de viscosité η et de permittivité ε . Deux plaques parallèles, portant des densités surfaciques de charge $+\sigma$ et $-\sigma$ égales et opposées, sont placées sur deux faces opposées de la cuve pour former un condensateur de largeur d , créant un champ électrostatique de norme $|\vec{E}| = \sigma / \varepsilon$ dans le gel. La différence de potentiel entre les plaques vaut

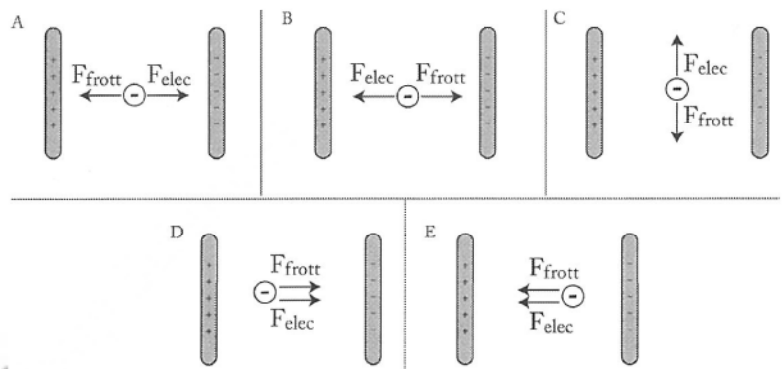
$$\Delta V = |V(0) - V(d)| = 500 \text{ V}.$$

Les biomolécules, de charge Q négative, migrent horizontalement dans la cuve sous l'action des forces électriques et de frottement visqueux. On repère leur position par fluorescence dans le référentiel xOy du fond de la cuve (cf la vue de dessus ci-contre).

On néglige les interactions électriques entre les molécules présentes dans la cuve devant la force électrique due au condensateur. On néglige également les phénomènes de diffusion. La charge de l'électron vaut $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.



Question 18 Indiquer le schéma représentant correctement les forces agissant sur une biomolécule de charge $Q < 0$. Laquelle des propositions suivantes est exacte :



- A. Schéma A
- B. Schéma B
- C. Schéma C
- D. Schéma D
- E. Schéma E

Saut de falaise martienne

L'astronaute, de masse M , doit faire des prélèvements au fond d'un cratère bordé d'une falaise. Il fait un rapide calcul et juge qu'il peut sauter au bas de la falaise ; l'impact, qui fracturerait ses tibias sur Terre, ne devrait pas être dangereux sur Mars car le rapport des accélérations de la pesanteur sur Mars et sur Terre vaut $g_M/g_T = 0,4$. A-t-il raison ? Pour simplifier, on considère sa chute purement verticale, sans vitesse initiale, sans frottement sur l'air ténu. Sur Terre, sautant de la même falaise, il percuterait le sol à la vitesse $v_T = 1,5 v_F$ où v_F note le seuil de vitesse provoquant des fractures.

6. Question

Cocher **la ou les** propositions vraies pendant la chute libre de l'astronaute:

- A. son énergie potentielle diminue
- B. son énergie totale diminue
- C. son énergie cinétique augmente
- D. son accélération augmente
- E. sa quantité de mouvement diminue

7. Question

On note v_M/v_T le rapport des vitesses d'impact au sol, au bas de la même falaise sur Mars et sur Terre. Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. $v_M/v_T = (g_M/g_T)^2$
- B. $v_M/v_T = g_M/g_T$
- C. $v_M/v_T = (g_M/g_T)^{1/2}$
- D. l'astronaute martien ne subit aucune fracture
- E. l'astronaute martien se brise les jambes

2012

Le supplice de la goutte d'eau

Dans un immeuble, une canalisation de large section délivre de l'eau sous une pression de référence $p_0 = 1.5 \text{ atm}$ au dernier étage. A un étage inférieur, le robinet de votre salle de bain est relié à la canalisation par un tuyau fin, horizontal, à une altitude $h = 15 \text{ m}$ sous le point de référence. On note $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm}$ la pression atmosphérique ambiante, $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ la masse volumique de l'eau, $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ l'accélération de la pesanteur, $I_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ l'intensité de référence des niveaux sonores.

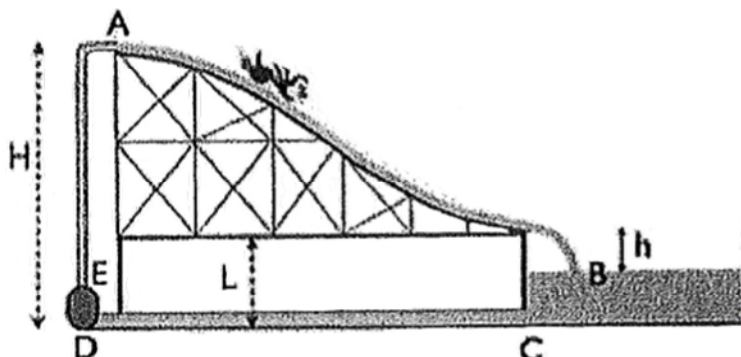
6. Question

Le robinet fermé fuit goutte à goutte. Chaque goutte, de masse m , tombe sans vitesse initiale d'une hauteur $h' = 1 \text{ m}$ dans la baignoire. Exprimer la vitesse v' d'impact au fond de la baignoire. Cocher la proposition vraie:

- A. $v' = 2mgh'$
- B. $v' = mgh'/2$
- C. $v' = (2gh')^{1/2}$
- D. $v' = (2mgh')^{1/2}$
- E. $v' = 2gh'$

Toboggan de plage

Dans un parc d'attraction, on installe le toboggan d'eau ci-contre. La hauteur du point d'injection d'eau, en A, vaut $H = 10$ m, celle du point de sortie du toboggan, vaut $L = 2$ m. Le niveau d'eau dans la piscine (en B) est situé à une hauteur $h = 1$ m plus bas que le point de sortie du toboggan.

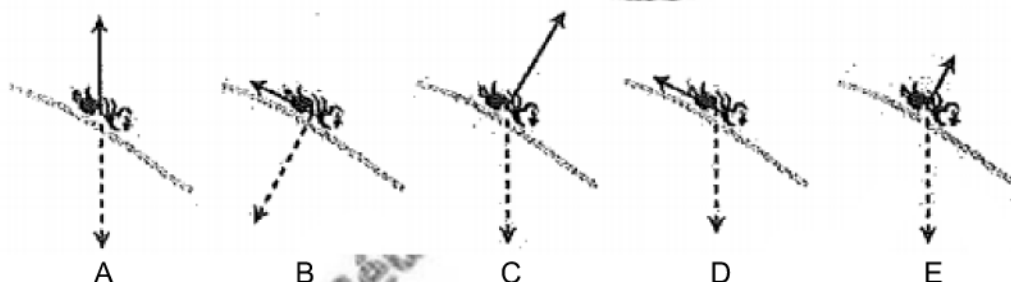


On mesure une vitesse $v_A = 0.5$ m/s de l'eau en A. On note p_{atm} la pression atmosphérique, $g \approx 10$ m s⁻² l'accélération de la pesanteur et $\rho = 10^3$ kg m⁻³ la masse volumique de l'eau.

Un pingouin, de masse $m = 20$ kg, s'élance en A à la même vitesse v_A que l'eau. Il glisse sans frotter, puis plonge dans la piscine.

7. Question

Dessiner les vecteurs forces que subit le pingouin en un point de la descente. Cocher la proposition vraie :



9. Question

Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. Le pingouin reçoit de l'énergie de l'attraction terrestre.
- B. L'énergie potentielle du pingouin décroît pendant la descente.
- C. L'énergie potentielle du pingouin augmente pendant la descente.
- D. Le pingouin descend plus vite que l'eau.
- E. Le pingouin descend moins vite que l'eau.

10. Question

On considère la variation ΔE de son énergie potentielle entre le point final B et le point initial A (final moins initial). Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. ΔE a pour unité kg m² s⁻²
- B. ΔE a pour unité kg m s⁻¹
- C. La variation d'énergie potentielle est opposée au travail de la résultante des forces agissant sur le pingouin
- D. La somme de l'énergie cinétique du pingouin et du travail des forces qui agissent sur lui se conserve
- E. La réaction du toboggan sur le pingouin travaille

11. Question

Calculer ΔE . Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $\Delta E < 0$
- B. $\Delta E > 0$
- C. $|\Delta E| = 1600 \text{ J}$
- D. $|\Delta E| = 1800 \text{ J}$
- E. $|\Delta E| = 2000 \text{ J}$

12. Question

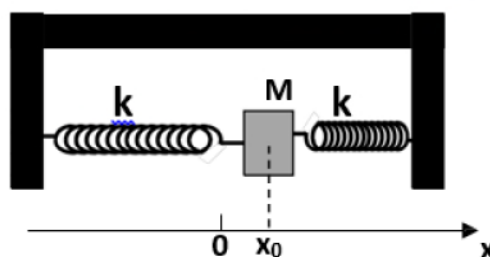
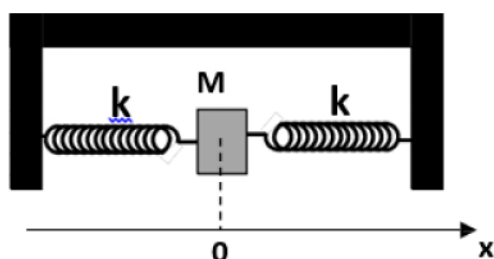
Calculer la vitesse v_{IP} d'impact du pingouin à la surface de la piscine. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $v_{IP} < v_A$
- B. $v_{IP} > v_A$
- C. $v_{IP} = (2gH)^{1/2}$
- D. $v_{IP} = 13.4 \text{ m/s}$
- E. $v_{IP} = 14.1 \text{ m/s}$

2007

L'homme dans l'espace

En apesanteur, la masse musculaire, moins sollicitée, diminue. La masse des astronautes est donc étroitement surveillée. En l'absence de gravité, elle est mesurée grâce au système illustré ci-contre, que l'on modélisera selon le schéma. La masse M représente l'astronaute dont la position d'équilibre au repos marque l'origine des abscisses. Les deux ressorts ont une raideur $k = 350 \text{ N/m}$. On lâche initialement l'astronaute sans vitesse initiale à l'abscisse $x_0 = 20 \text{ cm}$. La période T des oscillations est chronométrée. Pour les applications numériques, on prendra $\pi = 3$ et $\pi^2 = 10$.



15) Exprimer la valeur algébrique de la force F résultante des forces exercées par les ressorts sur la masse M en fonction de son abscisse x . Cocher **la** proposition vraie :

- A. $F = -kx$
- B. $F = +kx$
- C. $F = +2kx$
- D. $F = -2kx$
- E. $F = -2k(x - x_0)$

16) Ecrire l'équation du mouvement. Cocher **la** proposition vraie :

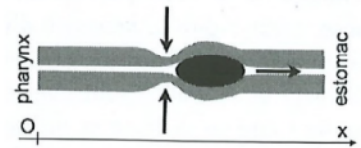
- A. $M(dx/dt) = -2kx$
- B. $M(d^2x/dt^2) = +2kx$
- C. $M(d^2x/dt^2) = -kx$
- D. $dx/dt = -(k/M)x$
- E. $d^2x/dt^2 = -(2k/M)x$

Annales Classées Supplémentaires

2022 Session 2

Digestion en apesanteur

En apesanteur, seule la contraction de la paroi musculaire de l'œsophage permet aux aliments d'atteindre l'estomac. Un anneau de constriction se propage le long de l'œsophage, provoquant une surpression locale, d'amplitude maximale $\Delta p_a = 0,1 \text{ atm}$, qui propulse le bol alimentaire vers l'estomac, le long de l'axe Ox. La durée du cycle de contraction/relâchement d'un anneau dure $\Delta T = 4 \text{ secondes}$. La surpression parcourt une longueur $L = 15 \text{ cm}$ en une durée $\delta t = 5 \text{ secondes}$.



Longueur totale de l'œsophage $L_0 = 30 \text{ cm}$

Question 19 Calculer l'énergie gravitationnelle W_g qu'une bouchée d'aliments de masse $m = 10 \text{ g}$ échangerait avec la Terre pour descendre tout l'œsophage si l'astronaute était debout sur Terre, où l'accélération de la pesanteur vaut $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

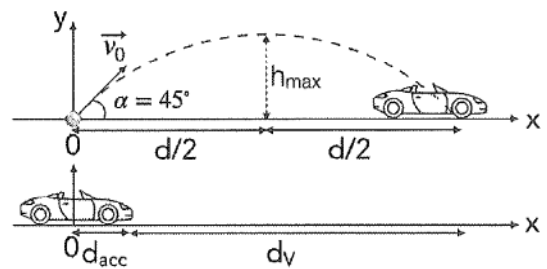
- A. Le bol alimentaire reçoit $|W_g|$ de la Terre.
- B. Le bol alimentaire fournit $|W_g|$ à la Terre.
- C. $|W_g| = 29 \text{ J}$
- D. $|W_g| = 2,9 \text{ J}$
- E. $|W_g| = 0,03 \text{ J}$

2021 Session 2

Pour tous les exercices on prendra l'accélération de la pesanteur égale $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$.

Lancer de balle de golf dans une voiture

On place une balle de golf de masse $m = 46 \text{ g}$, et une voiture de masse $M = 2100 \text{ kg}$ côte à côte sur une même ligne. Au même instant $t = 0$ on lance la balle et la voiture démarre, toutes deux dans la même direction Ox. Le but est que la balle retombe dans la voiture décapotable à une distance $d = 250 \text{ m}$ à l'instant $t = t_f$. La balle est lancée avec un angle initial $\alpha = 45^\circ$ par rapport à l'horizontale et avec une vitesse initiale $|\vec{v}_0| = 49,5 \text{ m/s}$. La voiture a une première phase d'accélération constante, de durée $t_1 = \frac{1}{4} t_f$,



après laquelle elle garde sa vitesse constante $|\vec{V}| = V$. On néglige les frottements de l'air.

On donne $\cos(45^\circ) = \sin(45^\circ) = 1/\sqrt{2}$

Question 1 Calculer les composantes v_{x0} et v_{y0} horizontale et verticale de la vitesse initiale de la balle. Calculer l'énergie cinétique E_{c0} initiale de la balle. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $v_{x0} = v_{y0}$
- B. $v_{x0} = 35 \text{ m/s}$
- C. $E_{c0} = 28 \text{ J}$
- D. $E_{c0} = 56 \text{ J}$
- E. $E_{c0} = 56 \text{ kJ}$

Question 2 On compare l'évolution des différentes formes d'énergie de la voiture. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. La voiture acquiert de l'énergie potentielle pendant son accélération.
- B. La voiture perd de l'énergie potentielle pendant son accélération.
- C. L'énergie cinétique de la voiture augmente pendant l'accélération.
- D. L'énergie cinétique de la voiture diminue après la phase d'accélération.
- E. L'énergie cinétique de la voiture est constante sur tout le trajet.

Question 3 On compare l'évolution des différentes formes d'énergie de la balle. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. La balle perd de l'énergie cinétique pendant sa phase d'ascension.
- B. La balle acquiert de l'énergie potentielle gravitationnelle pendant sa phase d'ascension.
- C. L'énergie cinétique de la balle est nulle au sommet de sa trajectoire.
- D. L'énergie potentielle gravitationnelle de la balle est nulle au sommet de sa trajectoire.
- E. L'énergie potentielle gravitationnelle de la balle est maximale au sommet de sa trajectoire.

Question 4 Calculer la durée t_f totale de vol de la balle et la hauteur h_{max} de sa trajectoire. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $t_f = 5 \text{ s}$
- B. $t_f = 7,1 \text{ s}$
- C. $h_{max} = 31,2 \text{ m}$
- D. $h_{max} = 62,4 \text{ m}$
- E. $h_{max} = 124,9 \text{ m}$

Question 5 On néglige les frottements sur l'air et ceux des pneus sur la route. On néglige la différence d'altitude entre le plancher de la voiture et le sol. Exprimer le travail $|W|$ total que doit fournir le moteur pour accélérer la voiture jusqu'à t_1 et le travail $|w|$ nécessaire pour arrêter la balle au fond de la voiture.

Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. $|W| = \frac{1}{2}MV^2$
- B. Le moteur doit fournir un travail pour maintenir la voiture à vitesse V constante.
- C. $|w| = \frac{1}{2}mv_0^2$
- D. $|w| = \frac{1}{2}m(V^2 - v_{x0}^2)$
- E. $|w| = \frac{1}{2}m(V^2 - v_0^2)$

Valeurs et approximations numériques

Développements limités pouvant éventuellement être utiles si $x \ll 1$:

$$(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$$

$$e^x \approx 1 + x$$

$$\ln(1+x) \approx x - \frac{x^2}{2}$$

Valeurs approchées de logarithmes décimaux, $\log_{10} N$, de logarithmes népériens, $\ln N$, d'exponentielles, e^N , pouvant éventuellement être utiles :

N	$\log_{10} N$	$\ln N$	e^N
0	$-\infty$	$-\infty$	1
1	0	0	2,7
2	0,30	0,69	7,4
3	0,48	1,10	20,1
4	0,60	1,39	54,6
5	0,70	1,61	148
6	0,78	1,79	403
7	0,85	1,95	1 097
8	0,90	2,08	2 981
9	0,95	2,20	8 103
10	1	2,30	$2,203 \times 10^4$
11	1,04	2,40	$5,987 \times 10^4$
12	1,08	2,49	$1,628 \times 10^5$
13	1,11	2,57	$4,424 \times 10^5$
14	1,15	2,64	$1,203 \times 10^6$
15	1,18	2,71	$3,269 \times 10^6$
16	1,20	2,77	$8,886 \times 10^6$
17	1,23	2,83	$2,415 \times 10^7$
18	1,26	2,89	$6,566 \times 10^7$
19	1,28	2,94	$1,785 \times 10^8$
20	1,30	3,00	$4,852 \times 10^8$