Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Physique-chimie

Session 2023 • Asie • Jour 2

Code sujet **23-PYCJ2JA1** 3 h 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — L’importance de la vitamine C
17 réponses • sujet p. 2–6

Exercice 2 — Un saut parfait
10 réponses • sujet p. 7–10

Exercice 3 — Étude des agrégats d’eau
9 réponses • sujet p. 11–12

Les numéros, parties et pages renvoient au sujet original. Chaque réponse rappelle la consigne, explique la démarche et donne le résultat.

Exercice 1

9 points

L'importance de la vitamine C

Partie A – Dégradation de la vitamine C dans un comprimé

Question 1.

Sujet p. 2, 3

> Parmi les trois propositions ci-dessous, indiquer celle qui correspond à la formule topologique de la vitamine C.

On compare les propositions à la formule développée de la page 2. La vitamine C possède un cycle lactone et une chaîne latérale de deux carbones portant des groupes hydroxyle : le carbone terminal est un $\mathrm{CH_2OH}$, et le carbone relié au cycle porte un groupe OH. C'est la connectivité représentée en c).

RÉPONSE À RETENIR

La formule topologique correspondant à la vitamine C est la proposition **c)**.

Question 2.

Sujet p. 3

> Déterminer le volume V_0 de solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_0 = 0,200 mol·L^{-1} à prélever afin d'obtenir un volume V_B = 200,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_B = 1,00 × 10^{-2} mol·L^{-1}.

Lors d'une dilution, la quantité de soluté prélevée est égale à celle contenue dans la solution diluée : $C_0 V_0 = C_B V_B$. Ainsi, avec $V_B = 0{,}2000\ \mathrm{L}$:

$$V_0 = \frac{C_B V_B}{C_0} = \frac{1{,}00 \times 10^{-2} \times 0{,}2000}{0{,}200} = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{L} = 10{,}0\ \mathrm{mL}.$$

RÉPONSE À RETENIR

Il faut prélever $V_0 = 10{,}0\ \mathrm{mL}$ de la solution mère.

Question 3.

Sujet p. 3

> Préciser la verrerie nécessaire pour mesurer V_0 et V_B.

Le volume calculé, $V_0 = 10{,}0\ \mathrm{mL}$, se mesure avec une pipette jaugée de 10,0 mL. Le volume final, $V_B = 200{,}0\ \mathrm{mL}$, se prépare dans une fiole jaugée de 200,0 mL. Après transfert du prélèvement, on complète à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge puis on homogénéise.

RÉPONSE À RETENIR

Utiliser une **pipette jaugée de 10,0 mL** et une **fiole jaugée de 200,0 mL**.

Question 4.

Sujet p. 3

> Écrire l'équation de la réaction support du titrage avec les notations simplifiées AH_2 et AH^-, et justifier qu'il s'agit d'une transformation acide-base au sens de Brønsted.

L'ion hydroxyde capte un proton de l'acide ascorbique. La réaction support du titrage s'écrit :

$$\mathrm{AH_2(aq) + HO^-(aq) \rightarrow AH^-(aq) + H_2O(l)}.$$

Au sens de Brønsted, un acide cède un proton et une base capte un proton. Ici, $\mathrm{AH_2}$ cède un proton et $\mathrm{HO^-}$ le capte ; leurs espèces conjuguées sont respectivement $\mathrm{AH^-}$ et $\mathrm{H_2O}$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\mathrm{AH_2 + HO^-ightarrowAH^- + H_2O}$ est une transformation acide-base de Brønsted, car il y a transfert d'un proton de $\mathrm{AH_2}$ vers $\mathrm{HO^-}$.

Question 5.

Sujet p. 2, 4

> Justifier le changement de pente observé sur le graphique, en s'appuyant sur les conductivités molaires ioniques.

Avant l'équivalence, les ions $\mathrm{HO^-}$ ajoutés sont consommés par $\mathrm{AH_2}$. Chaque ajout apporte cependant des ions $\mathrm{Na^+}$ et forme des ions $\mathrm{AH^-}$. Après l'équivalence, les ions $\mathrm{HO^-}$ ne sont plus consommés et s'accumulent avec les ions $\mathrm{Na^+}$. La conductivité molaire ionique de $\mathrm{HO^-}$ est bien supérieure à celle de $\mathrm{AH^-}$: $\lambda^\circ(\mathrm{HO^-}) = 19{,}9$ contre $\lambda^\circ(\mathrm{AH^-}) = 3{,}42\ \mathrm{mS\,m^2\,mol^{-1}}$. Ainsi, à volume ajouté égal, l'augmentation de conductivité est plus forte après l'équivalence. Les ions $\mathrm{Na^+}$, présents dans les deux cas, apportent la même contribution par quantité de titrant ajoutée.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La pente augmente après l'équivalence : les ions $\mathrm{HO^-}$, très conducteurs, s'accumulent alors en solution, tandis qu'avant l'équivalence ils sont consommés et remplacés par des ions $\mathrm{AH^-}$, moins conducteurs.

Question 6.

Sujet p. 4

> Déterminer le volume V_BE à l'équivalence.

Sur la courbe de conductivité en fonction du volume versé, l'équivalence se repère à la rupture de pente, soit à l'intersection des prolongements des deux portions approximativement linéaires. La lecture de la figure 1 donne environ $12\ \mathrm{mL}$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le volume à l'équivalence est $V_{BE} \approx 12{,}0\ \mathrm{mL}$.

Question 7.

Sujet p. 2, 3, 4

> En déduire la valeur de la masse m de vitamine C dans le comprimé resté à l'air libre et vérifier que cette valeur est comprise entre 190 mg et 230 mg.

La réaction de titrage consomme une mole de $\mathrm{HO^-}$ par mole de $\mathrm{AH_2}$. À l'équivalence, la prise d'essai de volume $V_A = 20{,}0\ \mathrm{mL}$ contient donc $n_A(\mathrm{AH_2}) = C_B V_{BE}$. La solution totale a un volume dix fois supérieur à celui de la prise d'essai ; la quantité totale est donc :

$$n_{\text{total}} = C_B V_{BE} \frac{V}{V_A} = (1{,}00 \times 10^{-2})(12{,}0 \times 10^{-3}) \frac{200{,}0}{20{,}0} = 1{,}20 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}.$$

Avec $M = 176{,}1\ \mathrm{g\,mol^{-1}}$, on obtient $m = n_{\text{total}} M = 0{,}211\ \mathrm{g}$, soit environ $211\ \mathrm{mg}$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La masse d'acide ascorbique restante est $m \approx 211\ \mathrm{mg}$, valeur comprise entre $190\ \mathrm{mg}$ et $230\ \mathrm{mg}$.

Question 8.

Sujet p. 2, 4

> Justifier, à partir de l'information fournie par l'emballage au sujet de chaque comprimé, qu'une réaction de la vitamine C a bien eu lieu.

L'emballage annonce $250\ \text{mg}$ d'acide ascorbique par comprimé, tandis que le titrage du comprimé laissé à l'air libre en donne environ $211\ \text{mg}$. La quantité restante est donc inférieure à la quantité annoncée au départ. La différence est d'environ $250 - 211 = 39\ \text{mg}$: une partie de la vitamine C a bien été consommée par une réaction.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Il reste environ $211\ \text{mg}$, contre $250\ \text{mg}$ annoncés initialement. Cette diminution d'environ $39\ \text{mg}$ montre qu'une réaction de la vitamine C a eu lieu.

Partie B – Étude cinétique de la dégradation de la vitamine C dans un jus d'orange

Question 9.

Sujet p. 5

> Écrire les demi-équations correspondant aux couples mis en jeu lors de la dégradation de la vitamine C par le dioxygène de l'air et montrer que l'équation de l'oxydation de la vitamine C s'écrit : 2 $C_6H_8O_6$(aq) + O_2(g) → 2 $C_6H_6O_6$(aq) + 2 H_2O(l).

Pour le couple $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6/\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, l'acide ascorbique est oxydé :

$$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6(\text{aq}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-.$$

Pour le couple $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, le dioxygène est réduit :

$$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \text{ightarrow} 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}).$$

On multiplie la première demi-équation par 2, puis on additionne les deux demi-équations. Les $4\ \text{H}^+$ et les $4\ \text{e}^-$ se simplifient.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'équation bilan équilibrée est :
>
> $$2\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}).$$

Question 10.

Sujet p. 5

> Définir la vitesse volumique de disparition de la vitamine C.

La vitesse volumique de disparition d'une espèce est l'opposé de la dérivée temporelle de sa concentration. Pour la vitamine C, de concentration $[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]$, elle est définie par :

$$v_{\text{disp}}(t) = -\frac{\text{d}[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]}{\text{d}t}.$$

Le signe moins permet d'obtenir une vitesse positive puisque la concentration diminue au cours du temps. Son unité est une concentration divisée par un temps.

RÉPONSE À RETENIR

$v_{\text{disp}} = -\mathrm{d}[\mathrm{C_6H_8O_6}]/\mathrm{d}t$. Si la concentration est en $\mathrm{mmol\,L^{-1}}$ et le temps en heures, la vitesse s'exprime en $\mathrm{mmol\,L^{-1}\,h^{-1}}$.

Question 11.

Sujet p. 5

À partir du graphique de la figure 2, décrire qualitativement l'évolution de la vitesse de disparition de la vitamine C en fonction du temps, à une température donnée, et faire le lien avec un facteur cinétique à préciser.

À température fixée, la concentration en vitamine C diminue sur la figure 2. La valeur absolue de la pente de la courbe est forte au début, puis elle devient de plus en plus faible : la vitesse de disparition diminue donc au cours du temps. Un facteur cinétique qui explique cette évolution est la concentration en vitamine C : à mesure qu'elle diminue, les rencontres efficaces impliquant cette espèce deviennent moins fréquentes, ce qui ralentit sa disparition.

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse de disparition est élevée au début puis diminue au cours du temps, notamment parce que la concentration en vitamine C décroît.

Question 12.

Sujet p. 5

Déterminer graphiquement la vitesse volumique de disparition de la vitamine C à la température T_1 = 25 °C à la date t_1 = 60 h. L'exprimer en mmol·L⁻¹·h⁻¹.

La vitesse instantanée à $t_1 = 60\ \mathrm{h}$ est l'opposé de la pente de la tangente à la courbe pleine correspondant à $T_1 = 25\ ^\circ\mathrm{C}$. La lecture graphique de cette tangente donne une pente voisine de $-1{,}3 \times 10^{-2}\ \mathrm{mmol\,L^{-1}\,h^{-1}}$. La vitesse de disparition étant l'opposé de cette pente, elle est positive. La lecture est approximative puisqu'elle est graphique.

RÉPONSE À RETENIR

À $25\ ^\circ\mathrm{C}$ et à $60\ \mathrm{h}$, $v_{\text{disp}} \approx 1{,}3 \times 10^{-2}\ \mathrm{mmol\,L^{-1}\,h^{-1}}$.

Question 13.

Sujet p. 4, 5

Déterminer graphiquement le temps $t_{1/2}$ de demi-réaction à la température T_1 = 25 °C et vérifier que cette valeur est cohérente avec celle annoncée dans le texte introductif de la partie B.

La concentration initiale lue sur la figure est d'environ $2{,}5\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$. La moitié vaut $1{,}25\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$. On lit l'abscisse de l'intersection de ce niveau avec la courbe pleine correspondant à $T_1 = 25\ ^\circ\mathrm{C}$: elle est voisine de $24\ \mathrm{h}$. Cette durée est cohérente avec les 24 heures mentionnées dans le texte introductif pour une perte de la moitié de la teneur à température ambiante.

RÉPONSE À RETENIR

Le temps de demi-réaction est graphiquement $t_{1/2} \approx 24\ \mathrm{h}$, cohérent avec l'indication du texte introductif.

Question 14.

Sujet p. 5

À partir de la figure 2, en comparant les deux courbes, donner un deuxième facteur cinétique et indiquer pourquoi il

est préférable de ne pas laisser le jus d'orange sur la table du petit déjeuner.

La figure compare la courbe à $T_1 = 25\ °\mathrm{C}$ à celle d'une température plus basse \(T_2

RÉPONSE À RETENIR

La température est un facteur cinétique : une température plus faible ralentit la dégradation. Il est donc préférable de garder le jus au frais et de ne pas le laisser longtemps sur la table du petit déjeuner.

Partie C – Vitamine C dans les crèmes

Question 15.

Sujet p. 6

Justifier le fait que des taches colorées peuvent apparaître, comme indiqué dans la recommandation n° 1.

D'après l'équation fournie, l'ion cuivre Cu^{2+} est réduit en cuivre métallique par l'acide ascorbique :

$$\mathrm{C_6H_8O_6(aq) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow C_6H_6O_6(aq) + Cu(s) + 2H^+(aq).}$$

Le cuivre solide formé est rouge orangé. Sa présence dans la crème peut donc entraîner un changement de couleur et l'apparition de taches colorées.

RÉPONSE À RETENIR

Des taches rouge orangé peuvent apparaître parce que les ions Cu^{2+} sont transformés en cuivre métallique $\mathrm{Cu(s)}$, de couleur rouge orangé.

Question 16.

Sujet p. 2, 6

Établir le diagramme de prédominance pour les couples AH_2/AH^- et AH^-/A^{2-}.

Pour un couple acide-base, les deux formes sont en proportions égales à $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_a$. En dessous de cette valeur, la forme acide prédomine ; au-dessus, la forme basique prédomine. Les frontières des couples $\mathrm{AH_2/AH^-}$ et $\mathrm{AH^-/A^{2-}}$ sont donc respectivement à $4{,}1$ et $11{,}8$.

RÉPONSE À RETENIR

Le diagramme de prédominance est :

$$\mathrm{pH} < 4{,}1 :\ \mathrm{AH_2}\ \text{prédomine};\qquad 4{,}1 < \mathrm{pH} < 11{,}8 :\ \mathrm{AH^-}\ \text{prédomine};\qquad \mathrm{pH} > 11{,}8 :\ \mathrm{A^{2-}}\ \text{prédomine}.$$

À $\mathrm{pH} = 4{,}1$, $[\mathrm{AH_2}] = [\mathrm{AH^-}]$; à $\mathrm{pH} = 11{,}8$, $[\mathrm{AH^-}] = [\mathrm{A^{2-}}]$.

Question 17.

Sujet p. 2, 6

Évaluer la valeur du rapport $[AH_2]/[AH^-]$ pour la valeur de pH indiquée et justifier la recommandation n° 2 portant sur une valeur de pH à ne pas dépasser.

Pour le premier couple $\mathrm{AH_2/AH^-}$, la relation de Henderson–Hasselbalch donne :

$$\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_{a1} + \log\left(\frac{[\mathrm{AH^-}]}{[\mathrm{AH_2}]}\right), \qquad \frac{[\mathrm{AH_2}]}{[\mathrm{AH^-}]} = 10^{\mathrm{p}K_{a1} - \mathrm{pH}}.$$

À la limite recommandée, $\mathrm{pH} = 3{,}5$, ce rapport vaut $10^{4{,}1-3{,}5} = 10^{0{,}6} \approx 4{,}0$. Parmi ces deux formes, il y a donc environ quatre fois plus de $\mathrm{AH_2}$ que de $\mathrm{AH^-}$, soit environ 80 % sous forme $\mathrm{AH_2}$. Pour un pH inférieur à 3,5, le rapport est encore plus grand. À ces pH, très inférieurs à $\mathrm{p}K_{a2} = 11{,}8$, la forme $\mathrm{A^{2-}}$ est également

très minoritaire.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À $\mathrm{pH} = 3{,}5$, $[\mathrm{AH_2}]/[\mathrm{AH^-}] \approx 4{,}0$: la forme acide $\mathrm{AH_2}$ est majoritaire. Maintenir le pH à 3,5 ou moins favorise donc la présence majoritaire de vitamine C sous forme d’acide ascorbique.

Exercice 2

5.5 points

Un saut parfait

Partie A – Étude théorique portant sur l'influence de l'angle α entre la rampe et le plan horizontal

Question 1.

Sujet p. 7, 8

> Déterminer, à partir de la deuxième loi de Newton, les expressions littérales des coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse G du skieur.

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la deuxième loi de Newton s'écrit $\sum \vec{F} = m\vec{a}$. Dans le modèle de la partie A, la seule force exercée sur le skieur est son poids $\vec{P} = m\vec{g}$, vertical et dirigé vers le bas. L'axe Ox est horizontal et l'axe Oz est orienté vers le haut : le poids a pour coordonnées $(0; -mg)$. En projetant la deuxième loi de Newton sur ces axes et en divisant par la masse m, on obtient les coordonnées de l'accélération.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{a_x = 0 \quad \text{et} \quad a_z = -g}$. L'accélération est verticale, dirigée vers le bas.

Question 2.

Sujet p. 8

> Établir les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et v_z(t) du vecteur vitesse du centre de masse G et montrer que les équations horaires x(t) et z(t) du centre de masse sont : x(t) = V_0 × cos(α) × t et z(t) = −½ g × t² + V_0 × sin(α) × t + H_0.

Les composantes de la vitesse sont les primitives des composantes de l'accélération. Avec $a_x = 0$, $a_z = -g$, et les composantes initiales $v_x(0) = V_0 \cos\alpha$, $v_z(0) = V_0 \sin\alpha$, on obtient $v_x(t) = V_0 \cos\alpha$ et $v_z(t) = -gt + V_0 \sin\alpha$.

On intègre ensuite les composantes de la vitesse. Comme $x(0) = 0$ et $z(0) = H_0$, les équations horaires sont celles indiquées dans le sujet.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{v_x(t) = V_0 \cos\alpha, \qquad v_z(t) = -gt + V_0 \sin\alpha}$.

$\boxed{x(t) = V_0 \cos\alpha\, t, \qquad z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 \sin\alpha\, t + H_0}$.

Question 3.

Sujet p. 8

> Préciser la valeur de v_z à la date t_Hmax et en déduire que t_Hmax = (V_0 × sin α)/g.

Au point le plus haut de la trajectoire, la hauteur cesse momentanément d'augmenter : la composante verticale de la vitesse s'annule. D'après la question 2, $v_z(t) = -gt + V_0 \sin\alpha$. On pose donc $v_z(t_{H_{\max}}) = 0$, puis on résout cette équation pour $t_{H_{\max}}$.

RÉPONSE À RETENIR

À la hauteur maximale, $\boxed{v_z(t_{H_{\max}}) = 0}$. Ainsi, $-g t_{H_{\max}} + V_0 \sin\alpha = 0$, d'où $\boxed{t_{H_{\max}} = \dfrac{V_0 \sin\alpha}{g}}$.

Question 4.

Sujet p. 8

> Préciser si l'on doit augmenter ou diminuer la valeur de l'angle α si l'on souhaite augmenter la valeur de t_Hmax.

À vitesse initiale et pesanteur fixées, $t_{H_{\max}} = \frac{V_0}{g}\sin\alpha$. Le facteur $\frac{V_0}{g}$ est constant. Le sujet rappelle que le sinus est croissant sur $[0^\circ, 90^\circ]$: dans l'intervalle considéré, augmenter α augmente donc $t_{H_{\max}}$.

RÉPONSE À RETENIR

Il faut **augmenter l'angle** α pour augmenter $t_{H_{\max}}$.

Question 5.

Sujet p. 8

> Donner une estimation de la durée totale du saut pour une inclinaison de la rampe de 30°.

Le sujet assimile la durée totale du saut à deux fois le temps nécessaire pour atteindre la hauteur maximale. Pour $\alpha = 30^\circ$, avec $V_0 = 17\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ et $g = 9{,}81\ \mathrm{m\,s^{-2}}$, on calcule $t_{H_{\max}} = \frac{17\sin 30^\circ}{9{,}81} = \frac{8{,}5}{9{,}81} \simeq 0{,}866\ \mathrm{s}$. La durée totale estimée est donc le double.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{\Delta t \simeq 2 \times 0{,}866 = 1{,}73\ \mathrm{s}}$, soit environ $\boxed{1{,}7\ \mathrm{s}}$.

Question 6.

Sujet p. 9

> Indiquer dans quel intervalle de valeurs doit théoriquement se trouver l'angle α pour continuer à augmenter simultanément la hauteur et la portée tout en permettant d'envisager un saut d'une hauteur d'au moins 7 m.

Sur la figure 2, la hauteur maximale atteint environ $7\ \mathrm{m}$ pour un angle proche de 30°, puis continue à croître. Sur la figure 3, la portée croît jusqu'à un maximum situé vers 42°, puis décroît. Pour que la hauteur soit au moins égale à $7\ \mathrm{m}$ et que la portée continue à augmenter quand l'angle augmente, on retient donc les angles approximativement compris entre ces deux seuils. Les seuils sont des lectures graphiques approximatives.

RÉPONSE À RETENIR

Graphiquement, l'intervalle recherché est approximativement $\boxed{30^\circ \leq \alpha < 42^\circ}$. La borne basse correspond à une hauteur d'environ $7\ \mathrm{m}$; au-delà d'environ 42°, la portée cesse d'augmenter.

Partie B – Étude de la hauteur du saut à partir de l'étude énergétique

Question 7.

Sujet p. 10

> Identifier parmi les courbes A, B et C de la figure 4 celles représentant l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique. Justifier ces choix.

L'énergie potentielle de pesanteur est nulle à l'atterrissage, puisque le sujet pose $E_p(z=0)=0$. Elle augmente pendant la montée, atteint un maximum au sommet, puis diminue jusqu'à zéro : c'est la courbe B, représentée par des signes « + ». La vitesse du skieur est minimale au sommet, mais n'est pas nulle car sa composante horizontale subsiste ; l'énergie cinétique y est donc minimale. La courbe A, en croix, présente ce minimum. Enfin, l'énergie mécanique est la somme $E_m = E_c + E_p$: la courbe C, en points, décroît au cours du saut.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{\text{Courbe A : } E_c \text{ ;} \quad \text{courbe B : } E_p \text{ ;} \quad \text{courbe C : } E_m.}$

Question 8.

Sujet p. 10

> Expliquer en quoi les résultats expérimentaux permettent de considérer que l'action de l'air sur le skieur n'est pas négligeable.

Si l'action de l'air était négligeable, la pesanteur serait la seule force qui travaille pendant le saut et l'énergie mécanique resterait constante. Or la courbe C, identifiée comme E_m, diminue nettement sur la figure : elle passe d'environ $14\ \text{kJ}$ au début à environ $10\ \text{kJ}$ vers la fin. Cette diminution montre que de l'énergie mécanique est dissipée, notamment par les frottements de l'air.

RÉPONSE À RETENIR

L'énergie mécanique n'étant pas constante mais diminuant au cours du saut, les résultats expérimentaux montrent que l'action de l'air sur le skieur **n'est pas négligeable**.

Question 9.

Sujet p. 8, 10

> Estimer la valeur de l'altitude maximale H_max du centre de masse du skieur.

La courbe B de la figure 4 atteint un maximum d'environ $5{,}6\ \text{kJ}$. Puisque $E_p = mgz$ et que le sujet fixe $E_p = 0$ pour $z = 0$, l'altitude maximale au-dessus de ce niveau vaut $H_{\max} = E_{p,\max}/(mg)$. Avec $m = 80\ \text{kg}$ et $g = 9{,}81\ \text{m}\,\text{s}^{-2}$, cela donne $H_{\max} \simeq \frac{5600}{80\times 9{,}81}\ \text{m}$.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{H_{\max} \simeq 7{,}1\ \text{m}}$, estimation graphique de l'altitude maximale au-dessus du niveau $z = 0$.

Question 10.

Sujet p. 8, 9, 10

> En s'appuyant sur des résultats expérimentaux tirés de la figure 4 de la partie B et sur l'étude théorique menée dans la partie A, donner une estimation de la portée du saut enregistré en précisant s'il s'agit d'une estimation par excès ou par défaut compte tenu des hypothèses formulées.

On estime la portée avec le modèle théorique de la partie A, qui néglige les frottements. La figure 4 donne une altitude maximale d'environ $7{,}1\ \mathrm{m}$ au-dessus de $z = 0$, tandis que le départ se fait à $H_0 = 3{,}60\ \mathrm{m}$. Dans le modèle, la hauteur maximale est $H_{\max} = H_0 + \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$. On en déduit $\sin\alpha = \sqrt{\frac{2g(H_{\max}-H_0)}{V_0^2}}$, soit $\alpha \simeq 29^\circ$, donc un angle voisin de 30°. La figure 3 donne alors une portée théorique proche de $30\ \mathrm{m}$. À titre de vérification, avec $\alpha \simeq 30^\circ$, résoudre $-\frac{1}{2}gt^2 + V_0 \sin\alpha\, t + H_0 = 0$ donne un temps de vol d'environ $2{,}1\ \mathrm{s}$ et une portée $V_0 \cos\alpha\, t$ d'environ $31\ \mathrm{m}$. Ces valeurs sont des estimations graphiques et théoriques ; la figure 4 montre que l'air dissipe de l'énergie, alors que ce modèle idéal néglige son action.

RÉPONSE À RETENIR

La portée estimée par le modèle idéal est d'environ $\boxed{30\ \mathrm{m}}$ (environ $31\ \mathrm{m}$ par calcul). Il s'agit d'une estimation **par excès** de la portée réelle, car le modèle néglige les frottements de l'air, qui freinent le skieur.

Exercice 3

5.5 points

Étude des agrégats d'eau

Question 1.

Sujet p. 11, 12

> Montrer que la masse m_1 d'un agrégat contenant N = 50 molécules d'eau est d'environ 1,50 × 10^{-24} kg et expliquer pourquoi il n'est pas possible de déterminer cette masse directement.

La masse d'une molécule d'eau est égale à la masse molaire de l'eau divisée par le nombre d'Avogadro. Pour 50 molécules, on obtient :

$$m_1 = N\frac{M}{N_A} = 50 \times \frac{18{,}0 \times 10^{-3}\ \text{kg mol}^{-1}}{6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}} = 1{,}495 \times 10^{-24}\ \text{kg}.$$

Cette masse est extrêmement petite : une balance usuelle ne peut pas mesurer directement la masse d'un agrégat isolé aussi léger. On la détermine donc indirectement à l'aide du dispositif décrit dans l'exercice.

RÉPONSE À RETENIR

La masse de l'agrégat est $m_1 \approx 1{,}50 \times 10^{-24}\ \text{kg}$. Elle est trop faible pour être mesurée directement avec une balance usuelle.

Question 2.

Sujet p. 11, 12

> Sur un schéma, représenter le vecteur champ électrique $\vec{E}$ dans la zone d'accélération et déterminer sa valeur E.

Sur la figure 1, la plaque A est positive et la plaque B négative. Dans un condensateur plan, le champ électrique est dirigé de l'armature positive vers l'armature négative : il est donc orienté de A vers B. Sa valeur est donnée par $E = |U_{AB}|/AB$.

Conversions : $|U_{AB}| = 10{,}0\ \text{kV} = 1{,}00 \times 10^{4}\ \text{V}$ et $AB = 10\ \text{cm} = 0{,}100\ \text{m}$. Ainsi, $E = (1{,}00 \times 10^{4})/(0{,}100) = 1{,}00 \times 10^{5}\ \text{V m}^{-1}$.

Champ électrique dans la zone d'accélération



Le champ électrique uniforme est orienté de la plaque positive A vers la plaque négative B.

RÉPONSE À RETENIR

Le champ électrique est orienté de A vers B et sa valeur est $E = 1{,}00 \times 10^{5}\ \mathrm{V\,m^{-1}}$.

Question 3.

Sujet p. 11, 12

Donner les caractéristiques (direction, sens, valeur) de la force électrique $\vec{F}$ qui s'exerce sur un agrégat dans la zone d'accélération.

La force électrique exercée sur une charge q placée dans un champ électrique $\vec{E}$ est $\vec{F} = q\vec{E}$. Comme l'agrégat est chargé positivement, la force a même direction et même sens que le champ : elle est dirigée de A vers B. Sa valeur est :

$$F = qE = (1{,}60 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})(1{,}00 \times 10^{5}\ \mathrm{V\,m^{-1}}) = 1{,}60 \times 10^{-14}\ \mathrm{N}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La force électrique est dirigée selon l'axe AB, de A vers B, et sa valeur est $F = 1{,}60 \times 10^{-14}\ \mathrm{N}$.

Question 4.

Sujet p. 11, 12

Montrer, en comparant les valeurs P_1 du poids d'un agrégat de masse m_1 et F de la force électrique, qu'il est possible de négliger l'effet du poids devant celui de la force électrique.

Le poids de l'agrégat vaut $P_1 = m_1 g$. En utilisant $m_1 \approx 1{,}50 \times 10^{-24}\ \mathrm{kg}$ et $g = 9{,}81\ \mathrm{m\,s^{-2}}$, on obtient :

$$P_1 = (1{,}50 \times 10^{-24})(9{,}81) = 1{,}47 \times 10^{-23}\ \mathrm{N}.$$

La force électrique vaut $F = 1{,}60 \times 10^{-14}\ \mathrm{N}$. Le rapport $F/P_1 \approx 1{,}1 \times 10^{9}$: la force électrique est donc près d'un milliard de fois supérieure au poids.

RÉPONSE À RETENIR

$P_1 \approx 1{,}47 \times 10^{-23}$ N, alors que $F = 1{,}60 \times 10^{-14}$ N. Comme $P_1 \ll F$, l'effet du poids est négligeable devant celui de la force électrique.

Question 5.

Sujet p. 11, 12

Exprimer le travail W_AB(F⃗) de la force électrique dans la zone d'accélération en fonction de q et U.

La tension indiquée est $U_{AB} = V_A - V_B = U$. Pour l'agrégat positif, le déplacement de A vers B se fait dans le sens de la force électrique. Le travail de cette force entre A et B vaut donc :

$$W_{AB}(\vec{F}) = q(V_A - V_B) = qU.$$

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = qU}$.

Question 6.

Sujet p. 11, 12

La vitesse v_A d'un agrégat de masse m entrant dans la zone d'accélération est négligeable devant la vitesse de sortie v_B. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la vitesse en sortie de zone d'accélération est donnée par v_B = √(2qU/m).

Le théorème de l'énergie cinétique entre A et B indique que la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux des forces. En négligeant le poids, le travail considéré est celui de la force électrique, égal à qU :

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = qU.$$

La vitesse d'entrée v_A étant négligeable devant v_B, on prend $v_A \approx 0$. Il vient $\frac{1}{2}mv_B^2 = qU$, d'où, pour la valeur positive de la vitesse :

$$v_B = \sqrt{\frac{2qU}{m}}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse de sortie est $\boxed{v_B = \sqrt{\dfrac{2qU}{m}}}$.

Question 7.

Sujet p. 11, 12

En négligeant le poids de l'agrégat dans la zone de déplacement libre, décrire le mouvement de l'agrégat dans cette zone.

Dans la zone de déplacement libre, l'agrégat ne subit plus l'action du champ accélérateur et l'énoncé demande de négliger son poids. La résultante des forces est donc nulle. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le principe d'inertie implique que sa vitesse reste constante en direction, en sens et en valeur : le mouvement est rectiligne uniforme.

RÉPONSE À RETENIR

Dans la zone de déplacement libre, l'agrégat a un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse constante v_B.

Question 8.

Sujet p. 11, 12

On désigne par Δt la durée qu'il faut à l'agrégat pour parcourir la distance D dans la zone de déplacement libre. Montrer que la durée Δt est proportionnelle à √m et en déduire que la mesure de Δt permet de déterminer la masse de l'agrégat.

Dans la zone de déplacement libre, l'agrégat parcourt la distance D à la vitesse constante v_B. Le temps de vol vaut donc $\Delta t = D/v_B$. En utilisant le résultat de la question 6 :

$$\Delta t = \frac{D}{\sqrt{2qU/m}} = D\sqrt{\frac{m}{2qU}}.$$

Pour le dispositif, D, q et U sont constants : Δt est donc proportionnel à $\sqrt{m}$. On peut inverser la relation pour déterminer la masse à partir du temps mesuré :

$$m = 2qU\left(\frac{\Delta t}{D}\right)^2.$$

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{\Delta t = D\sqrt{\frac{m}{2qU}} \propto \sqrt{m}}$. Les paramètres du dispositif étant connus, la mesure de Δt permet de déterminer la masse de l'agrégat.

Question 9.

Sujet p. 12

Le pic principal, dit de référence, correspond aux agrégats constitués de 50 molécules d'eau. À partir de la figure 2, déterminer le nombre de molécules d'eau qui constituent les agrégats du deuxième pic.

La relation obtenue à la question 8 montre que, pour le même dispositif, $m \propto (\Delta t)^2$. Les agrégats étant constitués de molécules d'eau identiques, leur masse est proportionnelle au nombre de molécules. Ainsi, pour les deux pics, $N_2/N_1 = (\Delta t_2/\Delta t_1)^2$. D'après la figure 2, le pic de référence correspond à $N_1 = 50$ molécules et $\Delta t_1 = 43{,}23\ \mu$s, tandis que le deuxième pic est à $\Delta t_2 = 43{,}66\ \mu$s. Donc :

$$N_2 = 50\left(\frac{43{,}66}{43{,}23}\right)^2 \approx 51{,}0.$$

Le nombre de molécules étant entier, on retient 51 molécules.

RÉPONSE À RETENIR

Les agrégats du deuxième pic sont constitués d'environ $\boxed{51}$ molécules d'eau.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2023/spe-physique-chimie-2023-asie-2-sujet-officiel.pdf
© FormaV EI • Proposition de correction, distincte d'un corrigé officiel.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.