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

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique-chimie

Session 2023 • Amérique du Nord • Jour 1

Code sujet **23-PYCJ1AN1** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — Le street — une pratique olympique
17 réponses • sujet p. 2–7

Exercice 2 — Techniques de dosage de l’urée
12 réponses • sujet p. 8–12

Exercice 3 — Nettoyage d’une paroi de douche
4 réponses • sujet p. 13–13

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

Exercice 1

11 points

Le street — une pratique olympique

A. Glisse sur plan incliné

Question Q.1.

Sujet p. 3

> À l'aide du script en langage de programmation Python, nommer en justifiant les énergies correspondant à E1, E2 et E3. Attribuer ces énergies aux courbes du graphique ci-dessus (courbes a, b et c).

Le script définit `E3[i] = E1[i] + E2[i]`. Comme le skateboardeur part sans vitesse, l'énergie nulle à l'instant initial est l'énergie cinétique : c'est donc E1, qui augmente au cours de la descente. E2 diminue avec l'altitude : c'est l'énergie potentielle de pesanteur. E3 est leur somme, donc l'énergie mécanique. Sur le graphique, la courbe c (rouge) augmente, la courbe b (verte) diminue et la courbe a (bleue) représente leur somme.

RÉPONSE À RETENIR

E1 : énergie cinétique, courbe c. **E2 :** énergie potentielle de pesanteur, courbe b. **E3 :** énergie mécanique, courbe a.

Question Q.2.

Sujet p. 3

> Interpréter l'évolution temporelle de l'énergie E3 représentée sur le graphique ci-dessus.

E3 est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur. D'après le graphique, elle décroît légèrement au cours du trajet AB. Si les frottements étaient absents, l'énergie mécanique se conserverait. Ici, les frottements des roues effectuent un travail négatif et dissipent une partie de l'énergie mécanique.

RÉPONSE À RETENIR

L'énergie mécanique E3 diminue pendant la descente : elle n'est pas conservée en raison des frottements des roues.

Question Q.3.

Sujet p. 2, 3

> Déterminer la valeur de la vitesse atteinte par le skateboardeur au point B.

Au point B, l'énergie cinétique donnée par la dernière valeur de E1 est environ $540{,}5\ \mathrm{J}$. L'énergie cinétique d'un système de masse m animé d'une vitesse v_B vaut $E_c = \frac{1}{2} m v_B^2$. Ainsi,

$$v_B = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 540{,}5\ \mathrm{J}}{75{,}0\ \mathrm{kg}}} \simeq 3{,}80\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse atteinte au point B est $\boxed{v_B \simeq 3{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}}$.

B. Phase de mouvement horizontal

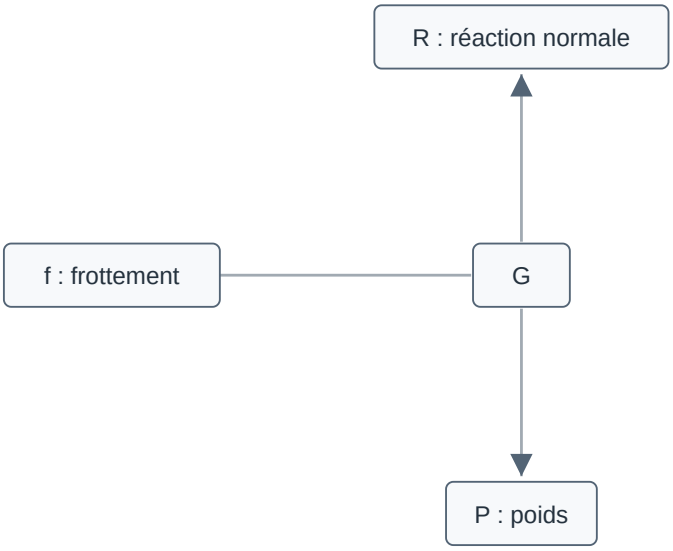
Question Q.4.

Sujet p. 4

> Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au skateboardeur et les représenter sans souci d'échelle sur la copie.

Les forces extérieures appliquées au système sont le poids $\vec{P} = m\vec{g}$, vertical vers le bas, la réaction normale du plan $\vec{R}$, verticale vers le haut, et la force de frottement $\vec{f}$, horizontale et opposée au mouvement. Le mouvement étant de B vers C, $\vec{f}$ est dirigée vers B.

Forces appliquées au skateboardeur entre B et C



Le mouvement est dirigé vers la droite, de B vers C ; le frottement est donc dirigé vers la gauche.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les forces sont le poids vers le bas, la réaction normale vers le haut et le frottement horizontal opposé au mouvement.

Question Q.5.

Sujet p. 4

> À l'aide du théorème de l'énergie cinétique appliqué entre les points B et C, établir la relation entre vB, m, f et la distance d'arrêt BC.

Entre B et C, la vitesse passe de v_B à zéro. Le théorème de l'énergie cinétique donne $E_c(C) - E_c(B) = \sum W$. Sur le trajet horizontal, le poids et la réaction normale sont perpendiculaires au déplacement et ont un travail nul. Le travail du frottement, opposé au déplacement de longueur BC, vaut $-f\,BC$. On obtient donc :

$$0 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -f\,BC.$$

RÉPONSE À RETENIR

La relation cherchée est $\boxed{\frac{1}{2}mv_B^2 = f\,BC}$, soit $\boxed{BC = \frac{mv_B^2}{2f}}$.

Question Q.6.

Sujet p. 4

> Montrer que la distance d'arrêt BC s'exprime par la relation BC = vB²/(2·μc·g).

Sur le plan horizontal, l'accélération verticale est nulle ; la réaction normale compense le poids, donc $R = mg$. La définition du coefficient de frottement cinétique donne $\mu_c = f/R$, donc $f = \mu_c mg$. En substituant dans la relation de la question précédente :

$$BC = \frac{mv_B^2}{2f} = \frac{mv_B^2}{2\mu_c mg}.$$

La masse se simplifie.

RÉPONSE À RETENIR

On obtient bien $\boxed{BC = \frac{v_B^2}{2\mu_c g}}$.

Question Q.7.

Sujet p. 4

> Calculer la valeur de la distance d'arrêt.

Avec $v_B = 3{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, $\mu_c = 0{,}040$ et $g = 9{,}81\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$,

$$BC = \frac{(3{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}})^2}{2 \times 0{,}040 \times 9{,}81\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}} \simeq 18{,}4\ \mathrm{m}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La distance d'arrêt est $\boxed{BC \simeq 18\ \mathrm{m}}$, soit environ $18{,}4\ \mathrm{m}$ avec les données fournies.

Question Q.8.

Sujet p. 4

> Un skateboardeur choisit de remplacer les roues habituelles de son skateboard par des roues moins dures de même géométrie. Indiquer en justifiant comment évolue la distance d'arrêt du skateboard suite à ce changement de roues.

L'énoncé précise que des roues moins dures entraînent des frottements plus importants. À vitesse initiale identique, cela correspond à une augmentation de μ_c. Or la relation établie précédemment donne $BC = \frac{v_B^2}{2\mu_c g}$: la distance d'arrêt diminue lorsque μ_c augmente.

RÉPONSE À RETENIR

La distance d'arrêt diminue lorsque le skateboardeur utilise des roues moins dures, car les frottements augmentent.

C. Étude d’un saut et photographie

Question Q.9.

Sujet p. 5

> En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les équations horaires décrivant la trajectoire du centre de masse G du skateboardeur lors du saut.

Dans le référentiel terrestre galiléen, pendant le saut et en négligeant l’action de l’air, la seule force appliquée est le poids. La deuxième loi de Newton donne $m\vec{a} = m\vec{g}$. Avec l’axe x horizontal et l’axe z vertical vers le haut, $a_x = 0$ et $a_z = -g$. À $t = 0$, $x_0 = 0$, $z_0 = 0{,}80\ \text{m}$, $v_{x,0} = v_D \cos\beta$ et $v_{z,0} = v_D \sin\beta$. Après intégration avec ces conditions initiales :

$$x(t) = v_D \cos(\beta) t, \qquad z(t) = z_0 + v_D \sin(\beta) t - \frac{1}{2} g t^2.$$

RÉPONSE À RETENIR

Les équations horaires sont $\boxed{x(t) = v_D \cos(\beta) t}$ et $\boxed{z(t) = z_0 + v_D \sin(\beta) t - \frac{1}{2} g t^2}$, pour $t \geq 0$.

Question Q.10.

Sujet p. 5

> Montrer que l’équation de la trajectoire du centre de masse G s’écrit sous la forme z(x) = −[g/(2·vD²·cos²(β))]·x² + (tan β)·x + z0.

De $x(t) = v_D \cos(\beta) t$, on déduit $t = \frac{x}{v_D \cos(\beta)}$. En reportant cette expression dans l’équation de $z(t)$,

$$z(x) = z_0 + v_D \sin(\beta) \frac{x}{v_D \cos(\beta)} - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_D \cos(\beta)} \right)^2.$$

Le terme linéaire se simplifie en $(\tan\beta) x$, et le terme quadratique devient $-\frac{g}{2 v_D^2 \cos^2(\beta)} x^2$.

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{z(x) = -\frac{g}{2 v_D^2 \cos^2(\beta)} x^2 + (\tan\beta) x + z_0.}$$

Question Q.11.

Sujet p. 5

> L’équation de la trajectoire est modélisée par z(x) = −0,894 x² + 1,22 x + 0,80, x et z étant exprimées en m. Calculer la valeur de la coordonnée x du centre de masse lorsque le skateboardeur retrouve l’altitude initiale z = z0.

On cherche la position où $z = z_0 = 0{,}80\ \text{m}$. Avec le modèle fourni,

$$-0{,}894 x^2 + 1{,}22 x + 0{,}80 = 0{,}80 \quad \Longleftrightarrow \quad x(-0{,}894 x + 1{,}22) = 0.$$

La solution $x = 0$ correspond au départ en D. La seconde solution est $x = \frac{1{,}22}{0{,}894} \simeq 1{,}36\ \text{m}$.

RÉPONSE À RETENIR

Le centre de masse retrouve l’altitude initiale à $\boxed{x \simeq 1{,}36\ \text{m}}$ de D.

Question Q.12.

Sujet p. 5

> En déduire si le skateboardeur franchira ou pas l'obstacle.

L'obstacle s'étend de $x = \ell = 0{,}70\ \text{m}$ à $x = \ell + L = 1{,}70\ \text{m}$. Le résultat de Q.11 indique que le centre de masse repasse sous l'altitude initiale avant l'extrémité de l'obstacle ; cela ne suffit pas, à lui seul, à conclure qu'il ne franchit pas l'obstacle, puisque celui-ci est décrit comme étant de faible hauteur. On évalue la trajectoire à l'extrémité :

$$z(1{,}70) = -0{,}894(1{,}70)^2 + 1{,}22(1{,}70) + 0{,}80 \simeq 0{,}29\ \text{m}.$$

La hauteur exacte de l'obstacle n'est pas donnée. En assimilant le centre de masse à un point matériel, le franchissement est donc possible si le sommet de l'obstacle est inférieur à environ $0{,}29\ \text{m}$ au-dessus du sol ; il ne peut pas être affirmé sans cette hauteur.

RÉPONSE À RETENIR

À l'extrémité de l'obstacle, le centre de masse est à environ $0{,}29\ \text{m}$ au-dessus du sol. Le franchissement est possible si la hauteur de l'obstacle est inférieure à cette valeur, mais les données ne donnent pas sa hauteur exacte : on ne peut donc pas conclure sans condition qu'il franchit ou non l'obstacle.

Question Q.13.

Sujet p. 6

> Montrer que l'équation différentielle modélisant l'évolution de la tension uc aux bornes du condensateur lors de sa décharge peut s'écrire duc/dt + (1/τ)·uc = 0, où τ est une constante.

Lors de la décharge, la loi des mailles donne $u_c = u_R$, les deux tensions étant mesurées entre les mêmes bornes du circuit. La loi d'Ohm donne $i_R = u_R/R = u_c/R$. Avec les conventions du schéma, le courant dans le condensateur vérifie $i_C = C\frac{du_c}{dt}$, et la loi des nœuds au point commun impose $i_C + i_R = 0$. Ainsi, $C\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{R} = 0$, soit

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{RC}u_c = 0.}$$

En posant $\boxed{\tau = RC}$, cette équation s'écrit $\boxed{\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{\tau}u_c = 0}$.

Question Q.14.

Sujet p. 6

> Vérifier que l'équation différentielle admet une solution de la forme u(t) = A·e^(−t/B). Exprimer les constantes A et B en fonction de paramètres du circuit électrique.

Posons $u(t) = Ae^{-t/B}$. Alors $\frac{du}{dt} = -\frac{1}{B}u(t)$. L'équation différentielle exige donc $\frac{1}{B} = \frac{1}{\tau}$, d'où $B = \tau = RC$. À l'instant initial, le condensateur a été chargé à la tension $U_1 = 310\ \text{V}$ indiquée sur le schéma ; comme $u(0) = A$, on a $A = U_1$. La substitution donne bien $\frac{du}{dt} + \frac{u}{\tau} = 0$.

RÉPONSE À RETENIR

La solution est $\boxed{u(t) = U_1 e^{-t/(RC)}}$, avec $\boxed{A = U_1 = 310\ \text{V}}$ et $\boxed{B = RC = \tau}$.

Question Q.15.

Sujet p. 6

> Montrer que la constante τ est homogène à un temps.

La constante de temps est $\tau = RC$. En unités SI, $1\ \mathrm{F} = 1\ \mathrm{C}\cdot\mathrm{V}^{-1}$ et $1\ \Omega = 1\ \mathrm{V}\cdot\mathrm{A}^{-1}$. Par conséquent, $[RC] = \mathrm{C}\cdot\mathrm{A}^{-1}$. Comme $1\ \mathrm{A} = 1\ \mathrm{C}\cdot\mathrm{s}^{-1}$, il vient $\mathrm{C}\cdot\mathrm{A}^{-1} = \mathrm{s}$.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{[\tau] = [RC] = \mathrm{s}}$: la constante de temps est homogène à un temps.

Question Q.16.

Sujet p. 7

> Déterminer la valeur de la constante de temps τ en expliquant la méthode graphique employée.

Pour une décharge exponentielle, $u(t) = U_1 e^{-t/\tau}$. À $t = \tau$, la tension atteint U_1/e. La courbe commence vers $U_1 \simeq 310\ \mathrm{V}$, donc $U_1/e \simeq 114\ \mathrm{V}$. Sur la courbe fournie, la tension atteint environ $114\ \mathrm{V}$ pour $t \simeq 1{,}5\ \mathrm{ms}$. Cette lecture graphique donne la constante de temps.

RÉPONSE À RETENIR

La constante de temps vaut graphiquement $\boxed{\tau \simeq 1{,}5\ \mathrm{ms}}$.

Question Q.17.

Sujet p. 5, 7

> La durée qui sépare le déclenchement de la photographie et la prise réelle de la photographie est d'environ 5τ, soit 7,5 ms. La photographie est déclenchée lorsque le skateboardeur passe en D. Le saut peut être décomposé en trois étapes : avant l'obstacle, au-dessus de l'obstacle, après l'obstacle. Pour cette étude, on prendra vD = 3,5 m·s⁻¹ et β = 50,7°. Déterminer parmi les trois étapes celle qui est photographiée. Présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

Le délai entre le déclenchement et la prise de vue vaut $7{,}5\ \mathrm{ms} = 7{,}5\times10^{-3}\ \mathrm{s}$. Pendant ce délai, le déplacement horizontal est approximativement

$$\Delta x = v_D\cos(\beta)\Delta t = 3{,}5\cos(50{,}7^\circ)\times 7{,}5\times10^{-3} \simeq 1{,}66\times10^{-2}\ \mathrm{m}.$$

Le début de l'obstacle est à $\ell = 0{,}70\ \mathrm{m}$ de D ; le déplacement est donc bien inférieur à cette distance.

RÉPONSE À RETENIR

La photographie est prise pendant l'étape **avant l'obstacle** : le skateboardeur n'a parcouru qu'environ $1{,}7\ \mathrm{cm}$ horizontalement, contre $70\ \mathrm{cm}$ avant le début de l'obstacle.

Exercice 2

5 points

Techniques de dosage de l'urée

A. La synthèse de l'urée par Wöhler

Question Q.1.

Sujet p. 9

> Montrer que le cyanate d'ammonium et l'urée sont bien des isomères.

Deux espèces sont isomères si elles ont la même formule brute, mais des structures différentes. Le cyanate d'ammonium est constitué des ions $\mathrm{NH_4^+}$ et $\mathrm{CNO^-}$. En les réunissant, on compte un atome de C, quatre de H, deux de N et un de O : sa formule brute est donc $\mathrm{CH_4N_2O}$. L'urée possède également cette formule brute, mais ses atomes sont liés différemment : elle est moléculaire, contrairement au cyanate d'ammonium constitué d'ions.

RÉPONSE À RETENIR

Le cyanate d'ammonium et l'urée ont la même formule brute $\mathrm{CH_4N_2O}$, mais des structures différentes : ce sont des isomères.

Question Q.2.

Sujet p. 9

> Choisir parmi les trois propositions suivantes la formule semi-développée de l'urée. Justifier.

La formule semi-développée doit respecter la formule brute $\mathrm{CH_4N_2O}$ et les valences usuelles : le carbone forme quatre liaisons, l'oxygène deux et l'azote trois. Sur la première proposition, le carbone est lié par une double liaison à l'oxygène et par une liaison simple à chacun des deux groupes $\mathrm{NH_2}$. Cette structure respecte les valences et contient bien un C, un O, deux N et quatre H. La deuxième proposition représente une liaison simple entre le carbone et l'oxygène, sans autre liaison représentée pour compléter la valence de l'oxygène. Dans la troisième, le carbone central n'a que trois liaisons représentées.

RÉPONSE À RETENIR

La première proposition est la formule semi-développée de l'urée : $\mathrm{H_2N-C(=O)-NH_2}$.

Question Q.3.

Sujet p. 8, 9, 10

> Montrer que le spectre infrarouge obtenu pour les cristaux d'urée est cohérent avec la formule semi-développée proposée.

Sur le spectre, les absorptions correspondent aux minima de transmission. La formule proposée, $\mathrm{H_2N-C(=O)-NH_2}$, contient des liaisons N–H d'amide et une liaison C=O d'amide. Le spectre présente des absorptions dans la zone d'environ 3100 à $3500\ \mathrm{cm^{-1}}$, compatible avec les liaisons N–H d'amide, ainsi qu'une absorption forte dans la zone d'environ 1650 à $1740\ \mathrm{cm^{-1}}$, compatible avec la liaison C=O d'amide. Ces bandes sont cohérentes avec la formule de l'urée.

RÉPONSE À RETENIR

Le spectre infrarouge est cohérent avec la formule $\mathrm{H_2N-C(=O)-NH_2}$: il présente des absorptions compatibles avec les liaisons N–H et C=O d'amide.

B. Dosages de l’urée

Question Q.4.

Sujet p. 8, 10

> Déterminer la masse de cristaux d’urée à peser pour préparer 50,0 mL d’une solution S d’urée de concentration en quantité de matière C = 6,7 mmol·L⁻¹.

On calcule d’abord la quantité de matière à préparer avec $n = CV$, puis la masse avec $m = nM$. Les conversions sont $C = 6{,}7 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$ et $V = 50{,}0\ \mathrm{mL} = 5{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{L}$.

$$n = CV = (6{,}7 \times 10^{-3})(5{,}00 \times 10^{-2}) = 3{,}35 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}.$$

Avec $M(\text{urée}) = 60{,}06\ \mathrm{g\,mol^{-1}}$,

$$m = nM = (3{,}35 \times 10^{-4})(60{,}06) = 2{,}01 \times 10^{-2}\ \mathrm{g}.$$

La concentration donnée comporte deux chiffres significatifs ; le résultat sera donc arrondi à deux chiffres significatifs.

RÉPONSE À RETENIR

Il faut peser environ $2{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{g}$, soit $20\ \mathrm{mg}$, de cristaux d’urée.

B. Dosages de l’urée — Dosage gravimétrique

Question Q.5.

Sujet p. 11

> Identifier l’espèce chimique moléculaire A. Justifier.

On détermine la formule de A en appliquant la conservation des atomes à l’équation. À gauche, les deux molécules de xanthydrol apportent $\mathrm{C_{26}H_{20}O_4}$, et l’urée apporte $\mathrm{CH_4N_2O}$, soit un total $\mathrm{C_{27}H_{24}N_2O_5}$. Le produit dixanthylurée contient $\mathrm{C_{27}H_{20}N_2O_3}$. Il reste donc quatre H et deux O pour les deux molécules de A : chacune a pour formule $\mathrm{H_2O}$.

RÉPONSE À RETENIR

L’espèce moléculaire A est l’eau, $\mathrm{H_2O}$. L’équation s’écrit
$2\ \mathrm{C_{13}H_{10}O_2} + \mathrm{CH_4N_2O} \rightarrow \mathrm{C_{27}H_{20}N_2O_3} + 2\ \mathrm{H_2O}$.

Question Q.6.

Sujet p. 8, 11

> Comparer les masses molaires moléculaires du dixanthylurée et de l’urée et en déduire que la masse de dixanthylurée formée est sept fois supérieure à celle de l’urée consommée.

À partir des formules brutes et des masses molaires atomiques fournies :

$$M(\text{dixanthylurée}) = 27(12{,}0) + 20(1{,}00) + 2(14{,}0) + 3(16{,}0) = 420\ \mathrm{g\,mol^{-1}}.$$

La masse molaire de l’urée vaut $60{,}06\ \mathrm{g\,mol^{-1}}$. L’équation de réaction montre qu’une mole d’urée consommée forme une mole de dixanthylurée. Le rapport des masses correspondantes est donc $420/60{,}06 \approx 6{,}99$, soit environ 7.

RÉPONSE À RETENIR

La masse molaire de la dixanthylurée est $420\ \mathrm{g\,mol^{-1}}$, contre $60{,}06\ \mathrm{g\,mol^{-1}}$ pour l'urée. Comme le rapport stœchiométrique est de 1:1, la masse de dixanthylurée formée est environ sept fois supérieure à celle de l'urée consommée.

Question Q.7.

Sujet p. 8, 11

Afin de vérifier si la solution S a été correctement préparée, un volume V = 1,0 mL ± 0,1 mL de solution S est dosé selon le protocole proposé par Richard Fosse. Le xanthydrol ayant été introduit en excès, une masse de cristaux de dixanthylurée m = 2,7 ± 0,2 mg est mesurée. Montrer que l'expression permettant de calculer la concentration en quantité de matière en urée C de la solution S est C = m/[7·M(urée)·V].

Le xanthydrol étant en excès, l'urée est dosée par la quantité de dixanthylurée qu'elle forme. L'équation indique un rapport stœchiométrique de 1:1 entre l'urée consommée et la dixanthylurée formée. Ainsi, $n(\text{urée}) = n(\text{dixanthylurée}) = m/M(\text{dixanthylurée})$. La concentration dans le prélèvement de volume V est $C = n(\text{urée})/V$. Or, d'après la question précédente, $M(\text{dixanthylurée}) \approx 7M(\text{urée})$. On obtient donc la relation demandée. Les unités doivent être cohérentes, par exemple m en g, M en $\mathrm{g\,mol^{-1}}$ et V en L.

RÉPONSE À RETENIR

$$C = \frac{n(\text{urée})}{V} = \frac{m}{M(\text{dixanthylurée})\,V} \approx \frac{m}{7\,M(\text{urée})\,V}.$$

Question Q.8.

Sujet p. 8, 11

Écrire avec un nombre adapté de chiffres significatifs le résultat de la mesure de C.

On convertit les données dans des unités cohérentes : $m = 2{,}7\ \mathrm{mg} = 2{,}7 \times 10^{-3}\ \mathrm{g}$ et $V = 1{,}0\ \mathrm{mL} = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{L}$. Alors :

$$C = \frac{m}{7M(\text{urée})V} = \frac{2{,}7 \times 10^{-3}}{7(60{,}06)(1{,}0 \times 10^{-3})} = 6{,}42 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol\,L^{-1}} = 6{,}42\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}.$$

À l'aide de la relation d'incertitude fournie :

$$\frac{u(C)}{C} = \sqrt{\left(\frac{0{,}2}{2{,}7}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01}{60{,}06}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1}{1{,}0}\right)^2} \approx 0{,}124,$$

d'où $u(C) \approx 0{,}80\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$. En arrondissant l'incertitude à un chiffre significatif et la valeur au même rang, on obtient le résultat de mesure.

RÉPONSE À RETENIR

$C = (6{,}4 \pm 0{,}8)\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$.

Question Q.9.

Sujet p. 8, 10, 11

Vérifier en exploitant le quotient |Cmes − Créf|/u(C) que le protocole de Richard Fosse permet de valider que la solution S a été correctement préparée.

On compare la valeur mesurée à la concentration de référence $C_{\text{réf}} = 6{,}7\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$. Avec les valeurs non arrondies du calcul, $C_{\text{mes}} \approx 6{,}42\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$ et $u(C) \approx 0{,}80\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$:

$$\frac{|C_{\text{mes}} - C_{\text{réf}}|}{u(C)} \approx \frac{|6{,}42 - 6{,}7|}{0{,}80} \approx 0{,}35.$$

Selon le critère usuel de compatibilité, un quotient inférieur à 2 indique que l'écart entre la mesure et la valeur de référence est compatible avec l'incertitude de mesure.

RÉPONSE À RETENIR

Le quotient vaut environ $0{,}35 < 2$. Le dosage gravimétrique permet donc de valider que la solution S a été correctement préparée.

B. Dosages de l'urée — Dosage colorimétrique

Question Q.10.

Sujet p. 9, 12

Justifier le choix de la valeur de la longueur d'onde.

La solution produite par le kit est bleue. D'après le cercle chromatique fourni, la couleur complémentaire du bleu est l'orange ; le cercle situe l'orange autour de $600\ \text{nm}$. Une solution colorée absorbe principalement la couleur complémentaire de celle qu'elle transmet. Le choix de cette longueur d'onde permet donc de mesurer une absorption importante de la solution bleue.

RÉPONSE À RETENIR

La longueur d'onde $600\ \text{nm}$ correspond à l'orange, couleur complémentaire du bleu de la solution : elle est donc adaptée à la mesure de son absorbance.

Question Q.11.

Sujet p. 12

Démontrer l'égalité indiquée sur la notice de dosage : CÉchantillon = (AÉchantillon/ARéférence)·CRéférence.

L'absorbance est directement proportionnelle à la concentration. Pour les deux solutions mesurées dans les mêmes conditions, on peut écrire $A = kC$, avec la même constante de proportionnalité k. Ainsi, $A_{\text{échantillon}} = kC_{\text{échantillon}}$ et $A_{\text{référence}} = kC_{\text{référence}}$. En divisant ces égalités, on obtient $A_{\text{échantillon}}/A_{\text{référence}} = C_{\text{échantillon}}/C_{\text{référence}}$, puis on isole la concentration recherchée.

RÉPONSE À RETENIR

$$C_{\text{échantillon}} = \frac{A_{\text{échantillon}}}{A_{\text{référence}}}\, C_{\text{référence}}.$$

Question Q.12.

Sujet p. 12

Déterminer la conclusion posée par le médecin quant à une éventuelle urémie élevée chez le patient.

On applique la relation d'étalonnage avec $A_{\text{échantillon}} = 1{,}25$, $A_{\text{référence}} = 1{,}58$ et $C_{\text{référence}} = 6{,}7\ \text{mmol}\,\text{L}^{-1}$:

$$C_{\text{échantillon}} = \frac{1{,}25}{1{,}58} \times 6{,}7 = 5{,}30\ \text{mmol}\,\text{L}^{-1} \approx 5{,}3\ \text{mmol}\,\text{L}^{-1}.$$

Le patient a 20 ans ; on compare donc cette valeur à l'intervalle indiqué pour les 18–60 ans, soit $[2{,}1 ; 7{,}1]\ \text{mmol}\,\text{L}^{-1}$. La valeur mesurée appartient à cet intervalle.

RÉPONSE À RETENIR

La concentration d'urée mesurée est d'environ $5{,}3\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$, dans l'intervalle de référence pour les 18–60 ans. Le dosage ne met donc pas en évidence d'urémie élevée.

Exercice 3

4 points

Nettoyage d'une paroi de douche

Question Q.1.

Sujet p. 13

> Montrer que la concentration en quantité de matière d'acide éthanoïque du vinaigre est d'environ C = 2,0 mol·L⁻¹.

Le vinaigre à 12° contient 12 g d'acide éthanoïque pour 100 g de solution, soit une fraction massique de 0,12. Considérons 1,00 L de vinaigre. Sa masse est :

$m_{solution} = \rho V = 1{,}010 \times 1000 = 1010\ g$.

La masse d'acide éthanoïque dans ce volume vaut donc $m_{acide} = 0{,}12 \times 1010 = 121{,}2\ g$. Avec $n = m/M$, la quantité de matière d'acide est $n = 121{,}2/60{,}0 = 2{,}02\ mol$. Ainsi, pour 1,00 L de vinaigre, la concentration vaut $C = n/V = 2{,}02\ mol\cdot L^{-1}$.

RÉPONSE À RETENIR

La concentration en quantité de matière d'acide éthanoïque du vinaigre est **$C \approx 2{,}0\ mol\cdot L^{-1}$**.

Question Q.2.

Sujet p. 13

> Calculer la quantité de matière de calcaire présente sur la paroi de douche.

On suppose que la couche de calcaire uniforme recouvre une face de la paroi. En unités SI, les dimensions sont $1{,}10\ m$ et $2{,}00\ m$, et l'épaisseur est $5{,}0 \times 10^{-6}\ m$. L'aire de cette face est $S = 1{,}10 \times 2{,}00 = 2{,}20\ m^2$. Le volume de calcaire est donc :

$V_{calcaire} = Se = 2{,}20 \times 5{,}0 \times 10^{-6} = 1{,}10 \times 10^{-5}\ m^3$.

La masse volumique vaut $2{,}65 \times 10^3\ kg\cdot m^{-3} = 2{,}65 \times 10^6\ g\cdot m^{-3}$. La masse de calcaire est alors $m = \rho V = 2{,}65 \times 10^6 \times 1{,}10 \times 10^{-5} = 29{,}15\ g$. Enfin, avec $M(CaCO_3) = 100{,}1\ g\cdot mol^{-1}$, on obtient $n = m/M = 29{,}15/100{,}1 \approx 0{,}291\ mol$.

Cette valeur correspond à une seule face recouverte ; si les deux faces l'étaient, la quantité serait doublée.

RÉPONSE À RETENIR

Pour une face recouverte, la quantité de matière de calcaire est **$n(CaCO_3) \approx 0{,}29\ mol$**.

Question Q.3.

Sujet p. 13

> Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation de l'acide éthanoïque dans l'eau.

L'acide éthanoïque cède un proton à une molécule d'eau. Il se forme un ion éthanoate et un ion oxonium. L'équation est équilibrée en atomes et en charges. La flèche double traduit le caractère limité de la dissociation de cet acide faible.

RÉPONSE À RETENIR

$CH_3COOH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

Question Q.4.

> Déterminer si le volume V de vinaigre disponible sera suffisant pour éliminer tout le calcaire sur la paroi de douche. Présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

L'équation fournie indique que 1 mol de $CaCO_3$ nécessite 2 mol d'ions oxonium. La dissociation de l'acide éthanoïque étant un équilibre, les ions oxonium consommés peuvent être renouvelés par la dissociation de molécules d'acide. La quantité maximale d'ions oxonium disponible correspond donc à la quantité d'acide éthanoïque présente dans le vinaigre.

La masse des 30 mL de vinaigre disponibles est $m_{solution} = \rho V = 1{,}010 \times 30 = 30{,}3\ g$. Il contient donc $m_{acide} = 0{,}12 \times 30{,}3 = 3{,}636\ g$ d'acide éthanoïque, soit $n_{acide} = 3{,}636/60{,}0 = 0{,}0606\ mol$. Cette quantité peut réagir au maximum avec $n(CaCO_3) = 0{,}0606/2 = 0{,}0303\ mol$.

Or la paroi porte environ $0{,}291\ mol$ de calcaire pour une face recouverte. Il faudrait donc $2 \times 0{,}291 = 0{,}582\ mol$ d'acide éthanoïque. À la concentration déterminée en Q.1, cela correspondrait à environ $V = 0{,}582/2{,}02 = 0{,}288\ L$, soit 288 mL, bien davantage que les 30 mL disponibles.

RÉPONSE À RETENIR

Le volume de vinaigre disponible n'est pas suffisant pour éliminer tout le calcaire : il peut réagir avec environ 0,030 mol de $CaCO_3$, alors qu'il y en a environ 0,29 mol sur une face de la paroi.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2023/spe-physique-chimie-2023-amerique-nord-1-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.