Baccalauréat Général

Session 2024 – Centres Étrangers Afrique

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 1

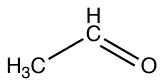
Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 6 pages.

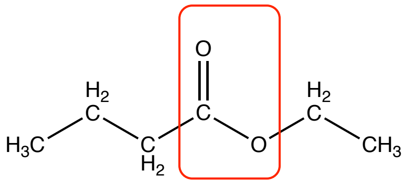
Exercice 1 — Certification d'un vin

1. Composition d'un vin

Q1. On donne la formule semi-développée de l'éthanal :



Q2. On représente la formule semi-développée de l'espèce qui nous est donnée, en entourant le groupe ester :



Q3. Il s'agit donc du butanoate d'éthyle.

2. Différentes formes prises par le dioxyde de soufre dans le vin

Q4. L'acide sulfureux réagit dans l'eau pour former sa base conjuguée :

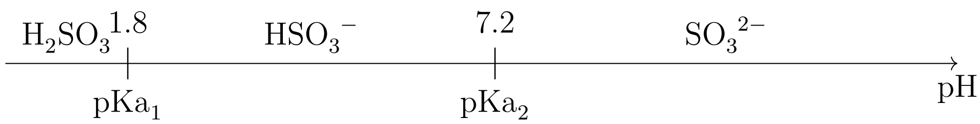
$$H_2SO_3 + H_2O \longrightarrow HSO_3{}^- + H_3O^+$$

Q5. La constante d'acidité de ce couple s'exprimant comme la constante d'équilibre de la réaction sur l'eau, il vient donc :

$$\boxed{K_{A1} = \frac{[HSO_3{}^-][H_3O^+]}{[H_2SO_3]}}$$

Q6. On remarque que $HSO_3{}^-$ est à la fois la base d'un premier couple, et l'acide d'un second. C'est donc bien une espèce amphotère.

Q7. On représente le diagramme de prédominance des espèces du soufre étudiées :



Q8. Pour un vin de pH égal à 3,1, on se situe à $pKa_1 < pH < pKa_2$, l'espèce prédominante est donc l'ion $HSO_3{}^-$ si on en croit le diagramme de prédominance.

3. Titrage colorimétrique du dioxyde de soufre total par une solution de diiode

Q9. On souhaite préparer une solution de diiode dilué 10 fois. Pour cela, le mode opératoire est le suivant :

- Prélever, avec une pipette jaugée, $V = 10,0\,\mathrm{mL}$ de solution de diiode ;
- Les verser dans une fiole jaugée de $V_f = 100,0\,\mathrm{mL}$;
- Compléter à moitié avec de l'eau distillée ;
- Boucher et homogénéiser la solution ;
- Finir par compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Q10. On souhaite doser par étalonnage la solution de diiode. Il est donc judicieux travailler à la longueur d'onde correspondant à son maximum d'absorption, à savoir $\underline{\lambda = 480\,\text{nm}}$ par lecture graphique.

Q11. La loi de Beer-Lambert prévoit une relation linéaire entre l'absorbance et la concentration en espèce colorée :

$$A = kC$$

On remarque alors que la courbe d'étalonnage est bien une droite passant par l'origine du repère, il est donc possible d'utiliser la loi de Beer-Lambert.

Q12. En plaçant la valeur mesuré pour la solution titrée sur la courbe d'étalonnage, on lit graphiquement $\underline{C_1 = 0,5\,\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}}$.

Q13. On nomme chaque élément du montage :

1 : burette graduée ;
2 : solution titrante S_1 ;
3 : barreau aimanté ;
4 : solution titrée S_2.

Q14. Les deux demi-équations électroniques considérées sont les suivantes :

$$\begin{cases} \text{SO}_4{}^{2-} + 4\,\text{H}^+ + 2\,\text{e}^- = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \\ \text{I}_2 + 2\,\text{e}^- = 2\,\text{I}^- \end{cases}$$

Il vient alors bien, le même nombre d'électrons étant impliqués, la réaction du titrage :

$$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_4{}^{2-} + 4\,\text{H}^+ + 2\,\text{I}^-$$

Q15. À l'équivalence, par définition, on a :

$$\frac{n_0(\text{H}_2\text{SO}_3)}{1} = \frac{n_E(\text{I}_2)}{1} \implies \boxed{n_0(\text{H}_2\text{SO}_3) = n_E(\text{I}_2)} \tag{1}$$

Q16. On cherche donc à calculer la quantité de dioxyde de soufre dans le vin. En écrivant (1) en concentration et volume, il vient :

$$C_2V_0 = c_1V_e$$

Ou, en masse de dioxyde de soufre :

$$\frac{C_{m,2}}{M}V_0 = c_1V_e \implies \boxed{C_{m,2} = \frac{c_1V_eM}{V_0}}$$

D'où,

$$C_{m,2} = \frac{5,0\times10^{-4}\times 9,9\times 82,1}{10,0} = \underline{0,04\,\text{g}\cdot\text{L}^{-1} = 40\,\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}}$$

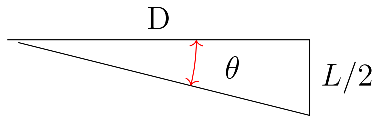
Cette valeur étant bien en-dessous des valeurs maximales admises, il peut potentiellement prétendre obtenir toutes les certifications pour son vin !

Exercice 2 — Utilisation d'un laser comme instrument de mesure

1. Vérification de la longueur d'onde du laser

Q1. Si on se place dans le triangle rectangle formé entre l'axe optique et l'extrémité de la tache centrale de diffraction, il vient :

$$\tan\theta \sim \boxed{\theta = \frac{L}{2D}} \qquad (2)$$



Q2. On sait que l'angle de diffraction est proportionnel à $1/a$ d'un facteur λ. Aussi, la valeur de la longueur d'onde du laser correspondra à au coefficient directeur de la droite $\theta = f(1/a)$. D'après les résultats du script Python, il vient donc $\underline{\lambda_l = 641(\pm 5,7)\,\mathrm{nm}}$.

Q3. On peut alors calculer le Z-score sur cette mesure avec la mesure de référence :

$$Z = \left|\frac{641 - 650}{5,7}\right| = 1,6$$

Il reste acceptable, on peut donc considérer que la longueur d'onde émise par le laser est satisfaisante pour mener la suite des manipulations expérimentales.

2. Mesure de la taille d'une maille rectangulaire d'un voile polyester

Q4. Grâce aux indications données sur la figure 6, on a :

$$\begin{cases} 7i = 45\,\mathrm{mm} \\ 4i' = 18\,\mathrm{mm} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} i = \frac{45}{7} = 6,4\,\mathrm{mm} \\ i' = \frac{18}{4} = 4,5\,\mathrm{mm} \end{cases}$$

Q5. On a, pour les interférences horizontales :

$$i = \frac{\lambda D'}{b} \Longrightarrow \boxed{b = \frac{\lambda D'}{i}}$$

D'où,

$$b = \frac{650 \times 10^{-9} \times 6,17}{6,4 \times 10^{-3}} = 6,27 \times 10^{-4}\,\mathrm{m}$$

Et l'incertitude est alors, sur cette mesure :

$$u(b) = 6,27 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0,03}{6,17}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{6,4}\right)^2 + \left(\frac{20}{650}\right)^2} = 2,2 \times 10^{-5}$$

La mesure est donc, finalement :

$$\underline{b = 6,27(\pm 0,22) \times 10^{-4}\,\mathrm{m}}$$

Et de la même manière, on trouve :

$$\underline{b' = 8,91(\pm 0,34) \times 10^{-4}\,\mathrm{m}}$$

Q6. Il a fallu augmenter la distance entre le textile et l'écran, car les fentes mesurées ici sont bien plus petites que la fente initialement étudiée. Si on avait gardé la même distance, il est fort probable que nous n'ayons pas pu observer de figure d'interférence.

Q7. Chaque maille décrivant un rectangle de $b \times b'$, elle occupera, une surface de :

$$A = b \times 10^2 \times b' \times 10^2 = 6,27 \times 10^{-2} \times 8,91 \times 10^{-2} = 5,6 \times 10^{-3}\,\mathrm{cm}^2$$

Il y aura donc, pour chaque centimètre carré de tissu, $\frac{1}{A}$ = <u>179 ouvertures</u>, ce qui suffit pour en faire un tissu anti-pollen.

Exercice 3 — L'homme canon

1. Étude énergétique du vol de l'homme canon

Q1. À l'instant initial, pour le système de masse m constante à v_0 en l'altitude H, on a l'énergie mécanique :

$$\boxed{\mathcal{E}_m(0) = \frac{1}{2}mV_0^2 + mgH} \tag{3}$$

Q2. Les frottements étant négligés, et aucune force non conservative s'exerçant sur le système, le théorème de l'énergie mécanique appliqué sur le chemin parcouru donne :

$$\mathcal{E}_m(0) = \mathcal{E}_m(t_f)$$

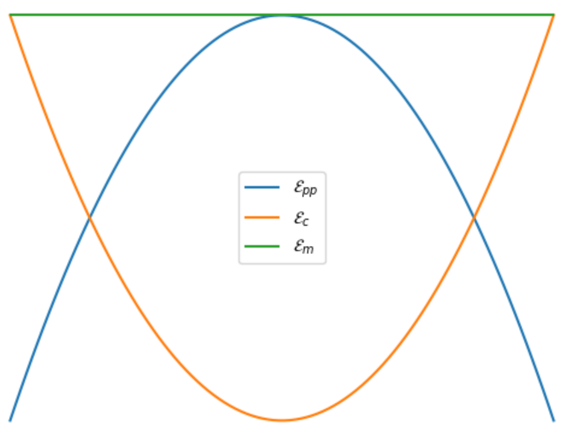
Et grâce à l'expression (3), il vient :

$$\mathcal{E}_m(0) = \frac{1}{2}mV_0^2 + mgH = \frac{1}{2}mV_f^2 + mgh$$

Et comme $H = h$, il vient :

$$\frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{1}{2}mV_f^2 \implies \boxed{V_f = V_0} = \underline{31\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}}$$

Q3. On trace l'allure des courbes d'évolution des énergies pendant le vol :



2. Étude du mouvement de l'homme canon après le lancer

Q4. On applique la loi de quantité de mouvement au système de masse m supposée constante, soumis uniquement à son poids, en mouvement dans le référentiel terrestre supposé galiléen :

$$m\vec{a} = m\vec{g} \implies \vec{a} = \vec{g} \implies \boxed{\begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases}} \tag{4}$$

Q5. On souhaite établir les équations horaires du mouvement du système pendant son vol. On commence donc par intégrer (4) en temps, en remarquant que $\overrightarrow{V_0} = V_0 \cos\alpha \overrightarrow{u_x} + V_0 \sin\alpha \overrightarrow{u_y}$:

$$\begin{cases} V_x(t) = V_0 \cos\alpha \\ V_z(t) = -gt + V_0 \sin\alpha \end{cases} \tag{5}$$

Et en intégrant une seconde fois en temps, il vient bien :

$$\boxed{\begin{cases} x(t) = V_0 \cos(\alpha) t \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 \sin(\alpha) t + H \end{cases}} \tag{6}$$

Q6. Ainsi, lorsque le système entre en contact avec le filet à $h = 8,0\,\text{m}$, on a $\underline{z(t_f) = h = 8,0\,\text{m}}$.

Q7. On cherche donc t_v tel que $z(t_v) = h$.
En utilisant l'expression de $z(t)$ trouvée en (6), il vient :

$$z(t_v) = h \iff -\frac{1}{2}gt_v^2 + V_0 \sin(\alpha) t_v + H = h$$

Et comme $H = h$:

$$z(t_v) = h \iff -\frac{1}{2}gt_v^2 + V_0 \sin(\alpha) t_v = 0 \iff t_v \left(-\frac{1}{2}gt_v + V_0 \sin(\alpha)\right) = 0$$

Et finalement,

$$z(t_v) = h \iff -\frac{1}{2}gt_v + V_0 \sin\alpha = 0 \iff \frac{1}{2}gt_v = V_0 \sin\alpha \iff \boxed{t_v = \frac{2V_0 \sin\alpha}{g}}$$

D'où,

$$t_v = \frac{2 \times 31 \times \sin(45°)}{9,81} = \underline{4,47\,\text{s}}$$

Et la portée sera donc de :

$$x_v = x(t = t_v) = V_0 \cos(\alpha) t_v = 31 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 4,47 = \underline{97,98\,\text{m}}$$

Q8. La longueur effectivement parcourue est bien inférieure à la valeur que nous venons de calculer. Ceci s'explique majoritairement par le fait que les frottements ont ici été négligés, alors qu'ils sont, sur le modèle réel, difficilement négligeables.
Un modèle plus adapté serait celui de la chute libre avec frottements linéaires.

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 7 juin 2024.