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 Physique + SVT, veuillez visiter :
bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

Baccalauréat général

Session 2022 – Métropole

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité — Proposition de corrigé
Sujet 2

Ce corrigé est composé de 10 pages.

Exercice 1 — Observation de la planète Mars

1. Observation de Mars avec une lunette astronomique

Q1. Voir schéma en dernière page (page 10).

Q2. La propriété d'une lunette afocale est qu'elle permet à l'observateur de voir, au-travers de l'oculaire, l'image d'un objet virtuel situé « à l'infini ». Autrement dit, l'œil de l'observateur n'aura pas à accomoder pour regarder au-travers de la lunette.

Pour être afocal, le système constitué de deux lentilles doit être constitué de manière à ce que le foyer image de la première soit confondu avec le foyer objet de la seconde.

On place donc ces points sur le schéma en annexe.

Q3. Voir schéma.

Q4. On a le grossissement :

$$G_{\text{lunette}} = \frac{{f_1}'}{{f_2}'} = \frac{900}{20} \underline{= 45}$$

Q5. Le pouvoir séparateur de l'œil humain (normalement constitué) étant $\varepsilon = 2,9 \times 10^{-4}\,\text{rad}$, on remarque que $\theta = 4,9 \times 10^{-5}\,\text{rad} < \varepsilon$. L'observateur ne pourra donc pas distinguer les deux points diamétralement opposés, et assimilera donc Mars à un point lumineux.

Q6. La lunette a un grossissement $G_{\text{lunette}} =$. Mars sera alors perçue avec un angle

$$\theta' = G_{\text{lunette}}\theta = 45 \times 4,9 \times 10^{-5} \underline{= 2,2 \times 10^{-3}\,\text{rad} > \varepsilon}$$

L'observateur pourra donc bien distinguer les deux points.

2. Détermination du diamètre de Mars

Q7. On a les angles $\theta_1 > \theta_2$. Le point A correspond donc à θ_1, tandis que B correspond à θ_2. Graphiquement, on lit $\underline{\theta_1 = 1,2 \times 10^{-4}\,\text{rad}}$ et $\underline{\theta_2 = 1,8 \times 10^{-5}\,\text{rad}}$.

Q8. On cherche l'expression du diamètre de Mars en fonction des données du problème. On va donc faire de la trigonométrie.

Au plus proche de la Terre, on a :

$$\tan\left(\frac{\theta_1}{2}\right) = \frac{d_M}{2D_1} \tag{1}$$

De la même manière, au plus loin de la Terre :

$$\tan\left(\frac{\theta_2}{2}\right) = \frac{d_M}{2D_2} \tag{2}$$

Or, vu que les angles θ_1 et θ_2 sont très faibles devant 1, on a $\tan(\theta_{1(2)}) \sim \theta_{1(2)}$

On a alors, en sommant les inverses de (1) et (2) :

$$\frac{2}{\theta_1} + \frac{2}{\theta_2} = \frac{2D_1}{d_M} + \frac{2D_2}{d_M} \implies \frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2} = \frac{D_1 + D_2}{d_M}$$

Et comme $D_1 + D_2 = 2r_{SM}$:

$$\frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2} = \frac{2r_{SM}}{d_M} \implies \boxed{d_M = \frac{2r_{SM}}{\left(\frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2}\right)}}$$

Q9. D'où, à partir des données :

$$d_M = \frac{2 \times 2,28 \times 10^8}{\left(\frac{1}{1,2\times10^{-4}} + \frac{1}{1,8\times10^{-5}}\right)} = 7137\,\text{km}$$

Le diamètre ainsi mesuré pour la planète Mars est donc de $\underline{d_M = 7137\,\text{km}}$. Ce qui est légèrement surévalué (environ 5 %) par rapport au diamètre moyen de référence, mais reste suffisamment proche pour être une mesure cohérente.

3. Détermination de la masse de Mars

Q10. On cherche à exprimes la vitesse de Phobos en orbite autour de Mars.

Pour cela, on va appliquer la loi de quantité de mouvement à Phobos, supposé ponctuel de masse m_P constante, en orbite circulaire uniforme autour de Mars, dans le référentiel Martien, en travaillant dans le repère de Frenet $(P; \vec{n}, \vec{t})$

La seule force s'exerçant sur Phobos étant l'attraction gravitationnelle de Mars, il vient :

$$m_P\vec{a} = G\frac{M_M m_P}{{r_{MP}}^2}\vec{n} \implies a = G\frac{M_M}{{r_{MP}}^2}$$

Et comme, pour un mouvement circulaire uniforme, on a $a = v^2/r$, et en remarquant que :

$$a = \left(G\frac{M_M}{r_{MP}}\right) \times \frac{1}{r_{MP}}$$

Il vient finalement :

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{GM_M}{r_{MP}}}}$$

Q11. De la formule que l'on vient de démonter, il vient :

$$v^2 = G\frac{M_M}{r_{MP}} \implies M_M = \frac{v^2 r_{MP}}{G}$$

Et comme Phobos décrit une orbite circulaire de rayon r_{MP}, il parcourra, en une période T, une distance de $2\pi r_{MP}$, alors on a :

$$v = \frac{2\pi r_{MP}}{T}$$

Et finalement, en injectant dans l'expression de M_M :

$$\boxed{M_M = \frac{4\pi^2 {r_{MP}}^3}{GT^2}} = \frac{4\pi^2 \times (9,38 \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times (7 \times 3600 + 39 \times 60)^2}$$

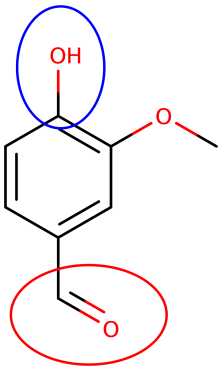
D'où, $\underline{M_M = 6,44 \times 10^{23}\,\text{kg}}$. Ce qui est une valeur cohérente comparée à la masse de la Terre.

Exercice A — L'arôme de vanille

1. Étude de produits commerciaux « vanillés »

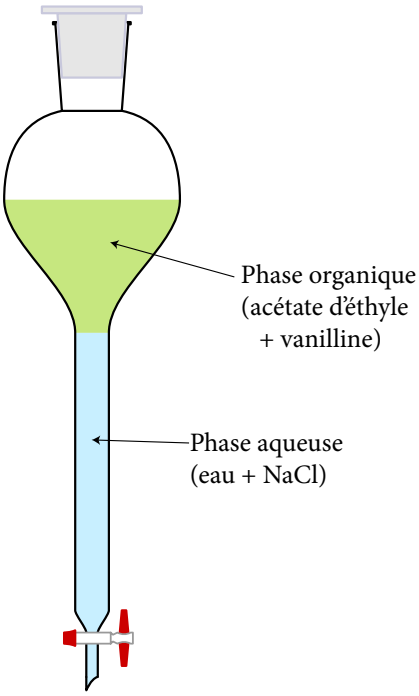
Q1. La vanilline a pour formule brute $C_7H_8O_3$ tandis que l'éthylvanilline a pour formule brute $C_9H_{10}O_3$. On remarque donc que leurs formules brutes sont différentes, les deux espèces ne peuvent donc pas être des isomères.

Q2. On a la formule topologique de la vanilline :



Q3. On repère alors, sur cette formule topologique, les groupes hydroxyle (fonction alcool) en bleu, et carbonyle (fonction aldéhyde) en rouge.

Q4. On a, après agitation, l'ampoule à décanter :



Q5. On repère les produits contenant de la vanilline par la présence, en CCM, d'un front correspondant à celui de la vanilline pure (commerciale).

Les espèces répondant à ce critère sont les produits P1 et P2.

2. Titrage de la vanilline contenue dans le produit 1

Q6. En début de titrage, on se place à pH $= 9,75 >$ pKa. La vanilline se trouve donc bien sous sa forme basique A^-.

Q7. La réaction support du titrage est la réaction acide-base entre l'acide chlorhydrique et l'ion vanillinate :

$$A^- + H_3O^+ \longrightarrow AH + H_2O$$

Q8. On souhaite vérifier si l'appellation « extrait de vanille » peut être attribuée à l'extrait étudié. Pour cela, on va exploiter le titrage afin de déterminer la masse de vanilline dans l'échantillon.

À l'équivalence, on a :

$$n(A^-) = n(H_3O^+) \implies C_A V_0 = C V_E \implies C_A = \frac{C V_E}{V_0}$$

De plus, en masse, on a $C_{m,A} = C_A M$

D'où,

$$\boxed{C_{m,A} = M\frac{C V_E}{V_0}} = 152 \times \frac{4,1 \times 10^{-3} \times (12,6 - 2,2)}{50} = 0,13\,\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Chaque litre de solution préparée à partir du produit 1 contient donc $0,13$ grammes de vanilline. Alors, en particulier, les 100 mL préparés par introduction d'une masse $m_0 = 0,31\,\text{g}$ de produit commercial contiennent $0,13/10 = 0,013$ grammes de vanilline.

Il vient donc la proportion de vanilline P_V par kilogramme de produit commercial :

$$P_V = \frac{0,013}{0,31 \times 10^{-3}} = \underline{42\,\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

Cette proportion étant bien supérieure aux 2 grammes minimum, le produit 1 peut comporter l'inscription « extraits de vanille ».

Exercice B — Encre et effaceur

1. Encre des stylos plume

Q1. On remarque, sur le spectre d'absorption, un maximum d'absorption à $\lambda = 580\,\text{nm}$. La couleur de cet échantillon sera donc l'opposé de ce maximum d'absorption sur l'étoile chromatique, à savoir du bleu.

Q2. Pour la préparation de la solution S_2, il faudra une pipette jaugée de 5 mL et une fiole jaugée de 100 mL.

Q3. On a la loi de Beer-Lambert à λ_{max} :

$$A = \varepsilon \ell C_2 \implies C_2 = \frac{A}{\varepsilon \ell} = \frac{0,74}{5 \times 10^4 \times 1}$$

D'où, $\underline{C_2 = 1,48 \times 10^{-5}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$ concentration molaire de bleu d'aniline de la solution S_2.

Q4. La solution S_2 est préparée par dilution 20 fois de la solution S_1. Il vient alors, dans la solution S_1 : $C_1 = 20C_2 = 2,96 \times 10^{-4}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Autrement dit, dans la cartouche d'encre, ayant été vidée intégralement pour obtenir S_1, il y a $n_1 = C_1 V_1$ moles de bleu d'aniline. Ce qui fait, en masse :

$$m_1 = n_1 M_{\text{bleu}}$$

Et comme la masse d'encre dans une cartouche vaut $m_{\text{encre}} = \rho_{\text{encre}} V_{\text{cartouche}}$, il vient finalement le titre massique de bleu dans une cartouche :

$$\boxed{\%_m = \frac{m_1}{m_{\text{encre}}} = \frac{C_1 V_1 M_{\text{bleu}}}{\rho_{\text{encre}} V_{\text{cartouche}}}}$$

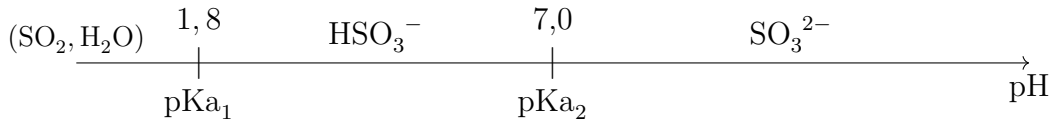
D'où,

$$\%_m = \frac{2,96 \times 10^{-4} \times 0,1 \times 737,7}{1,1 \times 0,6} = 3,3\,\%$$

La cartouche d'encre ne contient donc bien que $\underline{\%_m = 3,3\,\%}$ en masse de bleu d'aniline, ce qui est conforme aux données du texte introductif.

2. Effaceur d'encre

Q5. On a le diagramme de prédominance des couples associés à l'ion sulfite :



On remarque donc que dans la solution S, de pH = 11 > 7, la forme majoritaire est SO_3^{2-}.

Q6. On a, pour le diiode, la demi-équation électronique :

$$I_2 + 2\,e^- = 2\,I^-$$

En combinant cette demi-équation avec celle du couple SO_4^{2-}/SO_3^{2-}, il vient la réaction support du titrage :

$$I_2 + SO_3^{2-} + 2\,OH^- \longrightarrow 2\,I^- + SO_4^{2-} + H_2O$$

Q7. On a, à l'équivalence, $n_{SO_3^{2-}} = n_{I_2}$. D'où, en concentration et volume :

$$\boxed{n_{SO_3^{2-}} = C_{I_2} V_E} = 1,0 \times 10^{-2} \times 8,2 \times 10^{-3} \underline{= 8,2 \times 10^{-5}\,\text{mol}}$$

La quantité de matière en ions sulfite est donc bien proche de 8×10^{-5} mol.

Q8. On a démontré précédemment qu'une cartouche d'encre contenait une quantité de matière $n_b = 3,0 \times 10^{-5}$ mol de bleu d'aniline.
Une mole d'ions sulfite permettant d'effacer une mole de bleu d'aniline, il vient :

$$\boxed{N = \frac{n_{SO_3^{2-}}}{n_b}} = \frac{8,2}{3,0} = 2,7$$

Un seul effaceur permet donc d'effacer l'équivalent de $\underline{N = 2}$ cartouches entières.

Exercice C — Des piles historiques

1. Étude de la pile Volta

Q1. On a, pour les couples du zinc et du dihydrogène, les demi-équations électroniques :

$$\begin{cases} \mathrm{Zn^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-} = \mathrm{Zn(s)} \\ 2\,\mathrm{H^+} + 2\,\mathrm{e^-} = \mathrm{H_2(g)} \end{cases}$$

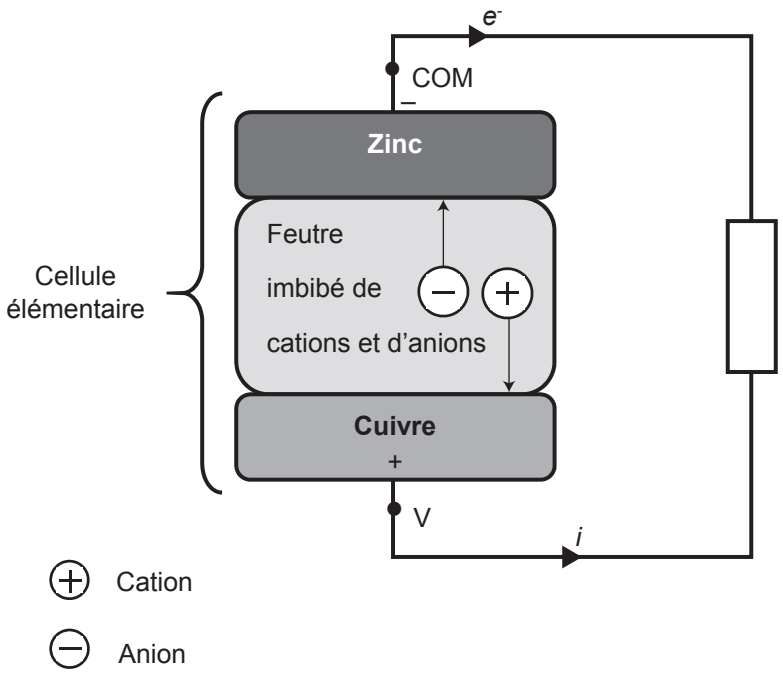
En les sommant, il vient alors :

$$\mathrm{Zn(s)} + 2\,\mathrm{H^+} \longrightarrow \mathrm{Zn^{2+}} + \mathrm{H_2(g)}$$

Qui est bien la transformation en jeu lorsque la cellule débite.

Q2. L'électrode jouant le rôle de cathode est celle étant le siège d'une réduction. L'électrode jouant ce rôle est donc celle de cuivre au niveau de laquelle les ions hydrogène sont réduits en dihydrogène gazeux.

Q3. On complète le schéma qui est donné en annexe :



Q4. Le voltmètre est branché de manière à faire entrer les électrons par la borne COM et les faire sortir par la borne V, il est donc cohérent que la tension mesurée soit positive.

Q5. Sur le graphique qui nous est donné, on peut faire l'hypothèse que la tension électrique est linéairement dépendante du nombre de cellules.

On a alors, par lecture graphique du coefficient directeur de la droite,

$$\boxed{U = 0,9N}$$

Q6. Selon ce modèle, pour obtenir un courant $U = 100\,\mathrm{V}$, il faudrait $N = 100/0,9 = 112$ cellules.

Ce qui rend la pile Volta non envisageable pour des tensions supérieures à la dizaine de volts.

2. La pile Daniell

Q7. L'équation de fonctionnement de la pile est :

$$Cu^{2+} + Zn(s) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}$$

Sachant que les quantités de matière initiales sont $n_{Zn,0} = 100/65,4 = 1,53\,\text{mol}$ et $n_{Cu^{2+},0} = 0,100 \times 0,1 = 0,01\,\text{mol}$, le réactif limitant sera donc bien l'ion cuivre II.

Q8. On a la capacité électrique de la pile :

$$Q = n(e^-)\mathcal{F}$$

Mais on sait que l'on a aussi la relation en fonction du courant :

$$Q = i\Delta t$$

D'où, il vient :

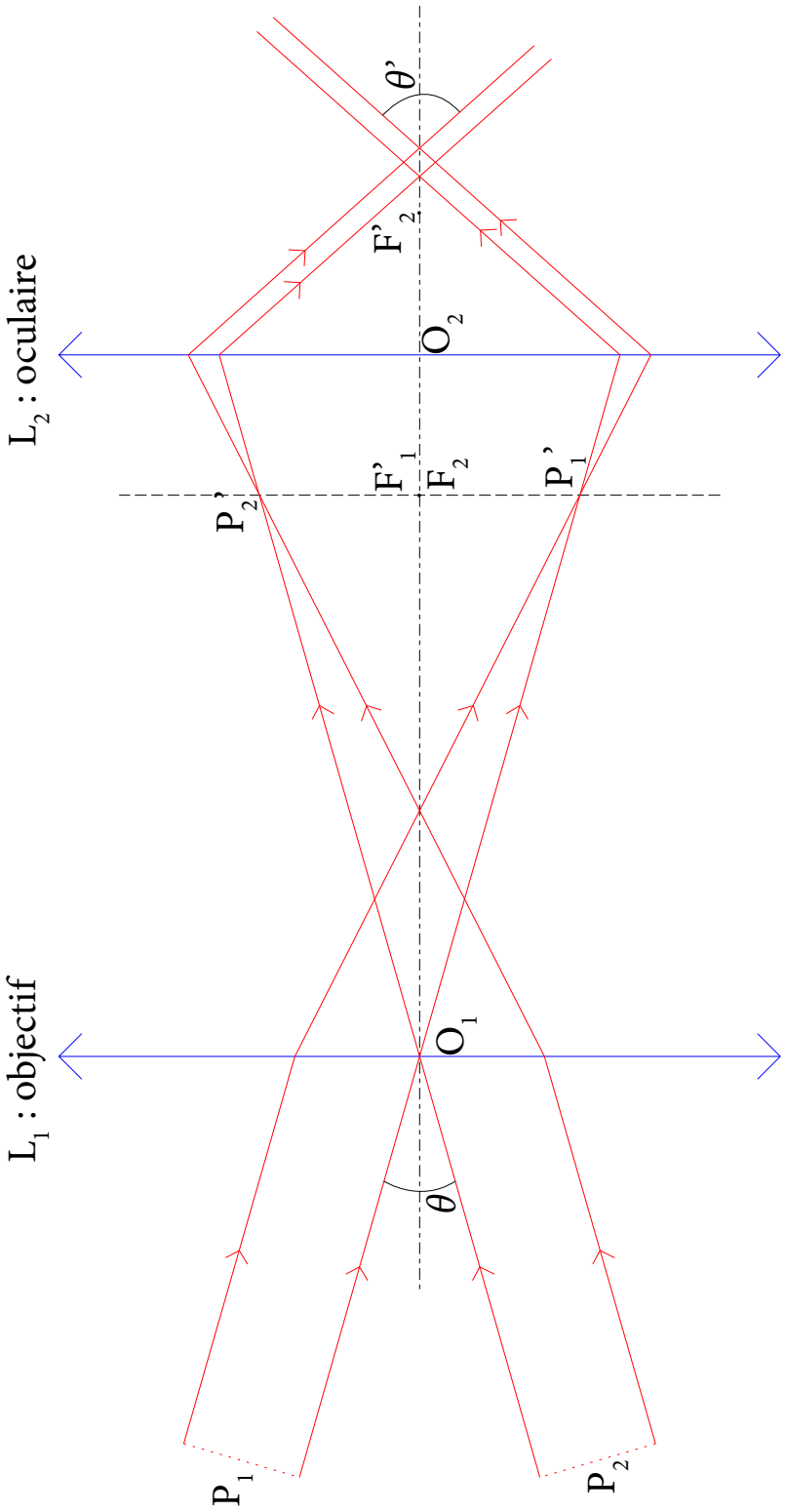
$$\boxed{\Delta t = \frac{n(e^-)\mathcal{F}}{i}} = \frac{2 \times 9,65 \times 10^4}{20 \times 10^{-3}} = 9,65 \times 10^6\,\text{s}$$

La pile pourra donc alimenter un appareil fonctionnant à $i = 20\,\text{mA}$ pendant $\underline{\Delta t = 2681\,\text{heures}}$. Elle est donc toute indiquée pour alimenter durablement des petits appareils pour lesquels on cherchera à avoir une durée de fonctionnement sans charge relativement longs, comme par exemple des appareils auditifs (on notera que 2681 heures = 111 jours).

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 16 mai 2022.

Annexe : schéma de l'exercice 1



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.