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 2024 – Métropole

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 1

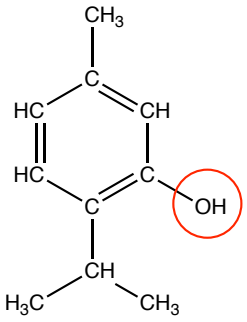
Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 9 pages.

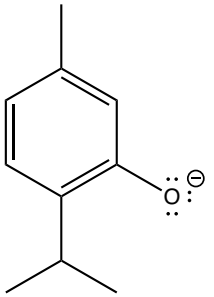
Exercice 1 — Vers le bleu de thymol

1. Extractions successives

Q1. On représente le thymol en entourant son groupe hydroxyle :



Q2. On en déduit le schéma de Lewis de l'ion thymolate :



Q3. On nous donne le chromatogramme suite à la migration de deux huiles essentielles de thym, et d'une solution de thymol. On remarque très clairement une tache commune aux trois espèces, qui indique bien la présence de thymol dans l'huile essentielle de thym.

Q4. L'acide chlorhydrique va réagir avec le thymolate qui est une base :

$$\mathrm{H^+ + R{-}O^- \longrightarrow R{-}OH}$$

Q5. Le thymol n'est pas soluble dans l'eau, il se trouvera donc dans la phase organique, solubilisé dans l'hexane. L'hexane ayant une densité inférieure à l'eau, la phase organique se trouvera **au-dessus** dans l'ampoule à décanter.

Q6. On cherche la masse de thym à utiliser pour obtenir un gramme de thymol. On sait entre autres que :

- On obtient au mieux 2 grammes d'huile essentielle pour 100 grammes de thym, ce qui correspond à un rendement de $2/100 = 2\,\%$;
- l'huile essentielle de thym contient au mieux 53 % de thymol en masse ;
- sur cette quantité, seuls 31 % peuvent être gardés après traitement.

Cela signifie donc un rendement total de $r = 0,02 \times 0,53 \times 0,31 = 3,3 \times 10^{-3} = 0,33\,\%$. Pour obtenir un gramme de thymol, il faut donc :

$$m = \frac{1}{3,3 \times 10^{-3}} = \underline{303\,\mathrm{g} \approx 300\,\mathrm{g}}$$

2. Synthèse du thymol

Q7. Les composés P1, P2 et P3 ont la même formule brute que le thymol, et sont donc bien des isomères de ce dernier. Au contraire, le produit P4 a davantage d'atomes et n'est donc pas un isomère du thymol.

Q8. Le catalyseur a pour rôle de faciliter la réaction, en réduisant la barrière énergétique à franchir. Moins d'énergie à apporter peut donc très logiquement signifier moins d'énergie thermique apportée en chauffant.

Q9. Si un équilibre se forme, le fait d'introduire un excès en réactif permettra de déplacer l'équilibre dans le sens de la formation de produit (en modifiant la valeur de la constante d'équilibre).

Q10. Les deux espèces à séparer ont des températures d'ébullition suffisamment éloignées pour permettre une purification par distillation fractionnée [1]. L'espèce à sortir dans les têtes de colonne serait donc le *m*-crésol, présentant la température d'ébullition la plus basse.

Q11. La réaction étudiée permet de synthétiser une molécule de thymol par molécule de crésol. Il vient donc, en considérant le rendement :

$$n_t = 0,73 n_c \implies n_c = \frac{n_t}{0,73}$$

Ou, en masse :

$$\frac{m_c}{M_c} = \frac{m_t}{0,73 M_t} \implies m_c = \frac{m_t M_c}{0,73 M_t}$$

Et il vient alors, en volume de crésol :

$$d_c V_c = \frac{m_t M_c}{0,73 M_t} \implies \boxed{V_c = \frac{m_t M_c}{0,73 M_t d_c}}$$

D'où,

$$V_c = \frac{1,0 \times 108,1}{0,73 \times 150,2 \times 1,03} = \underline{0,96\,\text{mL} < 1\,\text{mL}}$$

Il faut donc bien un volume inférieur à 1 mL de crésol pour produire un gramme de thymol, ce qui explique l'intérêt porté à cette voie de synthèse.

3. Le bleu de thymol

Q12. L'ampholyte [2] parmi les espèces conjuguées du bleu de thymol, donc l'espèce étant à la fois un acide et une base, est la forme BTH^-.

Q13. La constante d'acidité d'un couple acide-base est définie comme étant la constante d'équilibre de l'acide sur l'eau :

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

Il vient donc logiquement (en considérant $C^\circ = 1\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) :

$$\boxed{K_A = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]}}$$

Q14. Par lecture graphique sur le diagramme de distribution, on a $\underline{\text{pKa}_{BTH^-/BT^{2-}} = 9}$.

Cette valeur étant proche du pH à l'équivalence lors du titrage nous étant présenté, on comprend donc bien que ce couple présentant une zone de virage dans ces plages de valeurs sera particulièrement adapté pour repérer l'équivalence. On observera alors un passage du jaune au bleu.

1. dans le pire des cas, on pourra s'assurer de la bonne séparation en prenant une colonne de vigreux un peu plus longue

2. Pour la culture : nom = ampholyte, adjectif = amphotère.

Q15. On a trouvé expérimentalement un pKa à 9. On a alors le z-score sur cette mesure par rapport à la grandeur tabulée :

$$Z = \frac{|9 - 8,9|}{0,2} = 0,5$$

La valeur mesurée ne s'écarte de la valeur tabulée que d'une demi-incertitude, la mesure expérimentale est donc particulièrement précise.

Exercice 2 — Observation d'un avion en vol

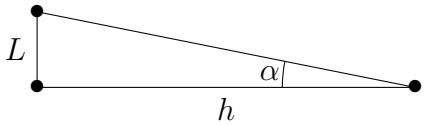
1. Observation d'un avion A312 avec une lunette astronomique

Q1. Une lunette afocale a la particularité de conserver le parallélisme des rayons entre l'entrée et la sortie.

Q2. On place sur le schéma (page 9) les foyers objet et image de la lunette.

Q3. On construit sur ce même schéma la marche des rayons lumineux issus de B_∞ en faisant apparaître l'image intermédiaire.

Q4. On souhaite savoir si la queue et la tête de l'avion pourront être distinguées à l'œil nu. Ces deux points étant distants de $L = 44,5\,\text{m}$, et l'avion à une distance $h = 10,4 \times 10^3\,\text{m}$ de l'observateur, on se trouve dans la situation suivante :



Il vient alors :

$$\boxed{\alpha \sim \tan\alpha = \frac{L}{h}} = \frac{44,5}{10,4 \times 10^3} = \underline{4,3 \times 10^{-3}\,\text{rad} > 3,0 \times 10^{-4}\,\text{rad}}$$

La queue de l'avion peut donc bien être distinguée de sa tête à l'œil nu.

Q5. On place les angles α et α' sur la figure (page 9), et il vient le grossissement :

$$\boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha}}$$

Q6. On souhaite savoir s'il est possible de distinguer les extrémités verticales du hublot grâce à la lunette. Ces dernières, à l'œil nu, présentent l'ouverture angulaire :

$$\alpha_H = \frac{33 \times 10^{-2}}{10,4 \times 10^3} = 3,17 \times 10^{-5}\,\text{rad}$$

Et il sera possible de l'observer, en utilisant le grossissement le plus important atteignable avec la lunette :

$$\boxed{\alpha'_H = G\alpha_H} = 48 \times 3,17 \times 10^{-5} = \underline{1,5 \times 10^{-3}\,\text{rad} > 3,0 \times 10^{-4}\,\text{rad}}$$

Il sera donc bien possible, grâce à la lunette, de distinguer les deux extrémités verticales du hublot de l'avion.

2. Détermination de la vitesse d'un A312 en phase d'atterrissage

Q7. L'observateur fixe observe un décalage en fréquence entre l'émission et la réception, du fait du mouvement de l'avion : il s'agit d'une démonstration de l'effet Doppler [3].

Q8. On cherche le bon couple d'expressions pour la fréquence reçue. On cherche celles qui :

- traduisent une modification de la fréquence émise ;
- permettent $f_A > f_0$ lorsque l'avion se rapproche, et $f_E < f_0$ lorsque l'avion s'éloigne [4].

3. plus rarement appelé effet Doppler-Fizeau, du nom du Français Hippolyte Fizeau dont le nom est inscrit sur la Tour Eiffel.

4. on peut faire un dessin pour s'en convaincre, le son est plus aigu à l'approche et plus grave à l'éloignement

Comme $c > v$, alors $c - v < c + v \implies 1/(c-v) > 1/(c+v)$, la proposition correcte est donc la proposition B.

Q9. Lors de l'atterrissage, on a donc le rapport :

$$\begin{aligned}
\frac{f_A}{f_E} = \frac{f_0 \frac{c}{c-v}}{f_0 \frac{c}{c+v}} = \frac{\frac{c}{c-v}}{\frac{c}{c+v}} = \frac{c}{c-v} \times \frac{c+v}{c} = \frac{c+v}{c-v} &\implies (c-v)\frac{f_A}{f_E} = c+v \\
&\implies c\frac{f_A}{f_E} - v\frac{f_A}{f_E} = c+v \\
&\implies c\left(\frac{f_A}{f_E} - 1\right) = v\left(1 + \frac{f_A}{f_E}\right) \\
&\implies c\frac{f_A - f_E}{f_E} = v\frac{f_A + f_E}{f_E} \\
&\implies \boxed{v = c\frac{f_A - f_E}{f_A + f_E}}
\end{aligned}$$

D'où,

$$v = 345 \times \frac{2,2 - 1,5}{2,2 + 1,5} = \underline{65\,\mathrm{m \cdot s^{-1}} = 235\,\mathrm{km \cdot h^{-1}}}$$

Exercice 3 — Accéléromètre d'un mobile multifonctions

1. Modèle de la chute libre sans frottements

Q1. Dans le modèle considéré, donc en négligeant les frottements, la seule force s'exerçant sur le smartphone est son poids. Il vient alors, en appliquant la loi de quantité de mouvement au smartphone de masse m constante assimilé à son centre de masse, dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen :

$$m\vec{a} = m\vec{g} \tag{1}$$

Et en projetant sur l'axe vertical :

$$ma_z = -mg \implies \boxed{a_z = -g} \tag{2}$$

Q2. On intègre cette expression dans le temps, avec la condition initiale $v_0 = 0\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$, et on obtient :

$$\boxed{v_z(t) = -gt} \tag{3}$$

Et en intégrant une seconde fois, en prenant en compte l'altitude initiale $z(t=0) = h$, on a bien :

$$\boxed{z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + h} \tag{4}$$

Q3. La seule force s'exerçant sur le système lors de son mouvement étant son poids, qui est une force conservative, le théorème de l'énergie mécanique appliqué lors de la chute traduit bien la conservation de cette dernière :

$$\Delta\mathcal{E}_M = 0 \implies \mathcal{E}_{M,0} = \mathcal{E}_{M,f}$$

Et comme la vitesse avant la chute est nulle, on a bien :

$$\boxed{\mathcal{E}_{M,0} = \mathcal{E}_{pp,0} = mgh}$$

2. Étude expérimentale de la chute du smartphone

Q4. On a établi, par (2), que l'accélération est constante au cours de la chute libre sans frottements. Or, la mesure expérimentale traduit une variation de l'accélération a_z dans le temps, ce qui est (même si elle est faible) incompatible avec le modèle de la chute libre sans frottements.

Q5. Au cours de la chute, l'altitude diminue tandis que la vitesse augmente. L'énergie cinétique, croissante, correspond donc à la courbe B, tandis que l'énergie potentielle de pesanteur, décroissante, correspond à la courbe A.

Q6. À $t = 0,45\,\mathrm{s}$, on lit graphiquement $\mathcal{E}_C(t = 0,45) = 2,2\,\mathrm{J}$. Or, on a :

$$\mathcal{E}_C = \frac{1}{2}mv^2 \implies \boxed{v = \sqrt{\frac{2\mathcal{E}_C}{m}}}$$

D'où,

$$v(t = 0,45\,\mathrm{s}) = \sqrt{\frac{2 \times 2,2}{182 \times 10^{-3}}} = \underline{4,9\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \approx 5\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}}$$

Q7. On reprend (1) en considérant la force de frottement :

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{f}$$

Et en considérant $\vec{f} = f\overrightarrow{u_z}$, il vient :

$$ma_z = -mg + f \implies f = ma_z + mg \implies \boxed{f = m(a_z + g)} \tag{5}$$

Q8. On a mené une étude expérimentale de l'accélération du smartphone. On sait qu'à l'instant initial ($v = 0$), l'accélération sera uniquement égale à l'intensité du champ de pesanteur terrestre. Il suffit donc de lire l'ordonnée à l'origine de la courbe $a_z = f(v^2)$.
On a donc, si en en croit le modèle affine, $\underline{g = 9,80\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}}$.

Q9. En injectant le modèle affine de l'accélération ($a_z = Kv^2 - g$) dans (5), il vient :

$$f = m(Kv^2 - g + g) = m(Kv^2) = kv^2$$

La force de frottement peut donc bien s'écrire linéairement à v^2, avec $k = 0,0555m = 0,0555 \times 182 \times 10^{-3} = \underline{1,01 \times 10^{-2}\,\mathrm{kg \cdot m^{-1}}}$ coefficient de frottement.

Q10. On suppose $v_{z,f} = v_z(t = 0,47) = v_z(t = 0,45)$. Il vient donc en fin de chute :

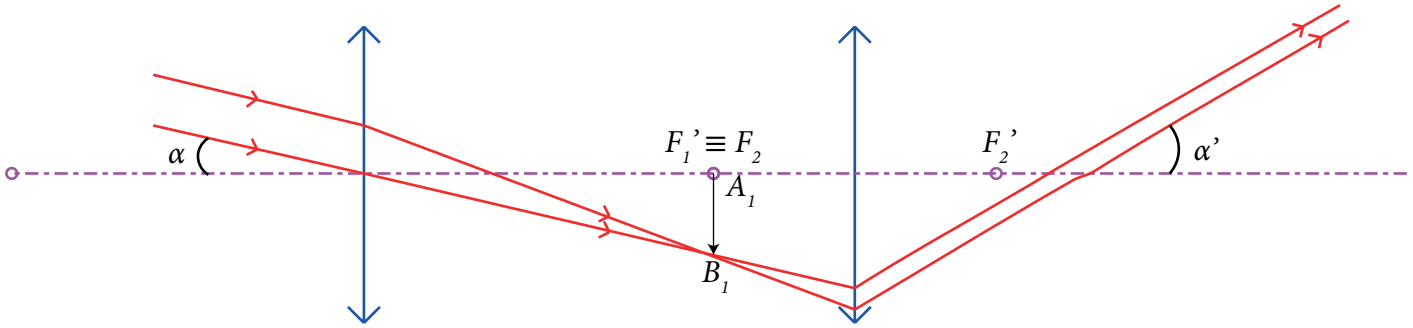
$$f_f = 1,01 \times 10^{-2} \times 5^2 = \underline{0,25\,\mathrm{N}}$$

Et le poids du smartphone a pour valeur $mg = 182 \times 10^{-3} \times 9,80 = 1,78\,\mathrm{N}$. La force de frottement est plus faible que le poids du smartphone en fin de chute, mais elle n'est pas négligeable.

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 20 juin 2024.

Annexe : schéma d'optique pour l'exercice 2



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.