Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

CORRIGÉ NON OFFICIEL

Proposition de corrigé rédigée par FormaV avec l'aide d'outils d'intelligence artificielle. Elle peut contenir des erreurs et ne remplace ni le corrigé ni le barème officiels de l'examen.

Les sujets officiels des sessions passées et nos sujets d'entraînement sont classés sur https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

Document mis en ligne par FormaV®. Reproduction ou diffusion sans autorisation interdite.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique-chimie

Session 2022 • Asie • Jour 1

Code sujet **22PYCJ1JA1** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — LE VIN ET SES COMPOSANTS
19 réponses • sujet p. 2–15

Exercice A — FORMULE 1 : FREINAGE EN LIGNE DROITE
7 réponses • sujet p. 7–9

Exercice B — OBSERVATION DE LA DIVISION DE CASSINI
9 réponses • sujet p. 10–16

Exercice C — L’EXPÉRIENCE DES TROUS D’YOUNG
8 réponses • sujet p. 12–14

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

FormaV - document d'entraînement non officiel

Exercice 1

10 points

LE VIN ET SES COMPOSANTS

Partie A

Question 1.

Sujet p. 2, 3

> Indiquer la couleur correspondant aux radiations les plus absorbées par l'ion $[Fe(SCN)]^{2+}$ et justifier ainsi la couleur de la solution.

Le spectre présente son maximum d'absorption vers $490\,\text{nm}$, dans le domaine cyan indiqué par le cercle chromatique. Une solution apparaît de la couleur complémentaire des radiations qu'elle absorbe principalement : ici, le rouge.

RÉPONSE À RETENIR

Les radiations les plus absorbées sont cyan (vers $490\,\text{nm}$) ; la solution apparaît rouge, leur couleur complémentaire.

Question 2.

Sujet p. 3

> Proposer une longueur d'onde à utiliser pour réaliser le titrage.

Pour obtenir une mesure sensible, on choisit une longueur d'onde proche du maximum d'absorption de l'espèce colorée. Le spectre fourni situe ce maximum vers $490\,\text{nm}$.

RÉPONSE À RETENIR

On peut réaliser le titrage avec une longueur d'onde d'environ $490\,\text{nm}$.

Question 3.

Sujet p. 3

> Préciser pourquoi il est nécessaire que les ions thiocyanate soient apportés en excès dans chaque solution.

La réaction de formation du complexe est $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow [\text{Fe(SCN)}]^{2+}$, avec une stœchiométrie de 1:1. L'excès d'ions thiocyanate garantit que les ions fer(III) peuvent tous réagir. La quantité de complexe coloré formé dépend alors de la quantité d'ions fer(III).

RÉPONSE À RETENIR

Les ions thiocyanate sont apportés en excès afin que les ions fer(III) soient le réactif limitant et que leur quantité soit représentée par celle du complexe coloré formé.

Question 4.

Sujet p. 3

> Déterminer le volume V_0 de solution mère S_0 à prélever pour préparer V_2 = 50,0 mL de la solution étalon n° 2.

Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve, donc $t_0 V_0 = t_2 V_2$. Avec $t_0 = 100\,\text{mg}\,\text{L}^{-1}$, $t_2 = 2{,}0\,\text{mg}\,\text{L}^{-1}$ et $V_2 = 50{,}0\,\text{mL}$:

$$V_0 = \frac{t_2 V_2}{t_0} = \frac{2{,}0 \times 50{,}0}{100} = 1{,}0\,\text{mL}.$$

FormaV - document d'entraînement non officiel

RÉPONSE À RETENIR

Il faut prélever $V_0 = 1{,}0\,\mathrm{mL}$ de solution mère S_0, puis compléter à $50{,}0\,\mathrm{mL}$.

Question 5.

Sujet p. 4

Préciser la forme de la relation entre l'absorbance A et la concentration massique t ainsi mise en évidence par le graphique. Donner le nom de la loi correspondante.

Le graphique met en évidence une droite passant approximativement par l'origine : l'absorbance A est proportionnelle à la concentration massique t, soit $A = kt$, dans les conditions de l'expérience.

RÉPONSE À RETENIR

L'absorbance est proportionnelle à la concentration massique : c'est la **loi de Beer-Lambert**.

Question 6.

Sujet p. 2, 4

Pour la solution de vin, on trouve $A_V = 0{,}16$. Déterminer si le vin étudié présente un risque de casse blanche. Justifier.

On lit la concentration correspondant à $A_V = 0{,}16$ sur la droite d'étalonnage. La droite a une pente voisine de $0{,}11\,\mathrm{L\,mg^{-1}}$, d'après sa lecture vers $t = 1{,}0\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$, $A \simeq 0{,}11$. Ainsi, $t_V \simeq 0{,}16/0{,}11 \simeq 1{,}5\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$. Le seuil de risque indiqué est $10\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$.

RÉPONSE À RETENIR

La teneur mesurée est d'environ $1{,}5\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$, inférieure au seuil de $10\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$: selon le critère fourni, le vin ne présente pas de risque de casse blanche.

Partie B

Question 7.

Sujet p. 5

Expliquer pourquoi le mélange réactionnel est placé dans un bain d'eau glacée avant l'instant t = 0 et avant titrage.

Avant $t = 0$, le bain d'eau glacée ralentit l'estérification et évite que la transformation progresse de manière significative avant le début de l'expérience. Après le prélèvement à la date t_i, le refroidissement ralentit fortement la réaction : la composition du tube évolue donc beaucoup moins pendant le titrage, qui renseigne sur l'acide restant à cette date.

RÉPONSE À RETENIR

Le bain glacé permet de maîtriser le début de la réaction et de limiter son évolution après le prélèvement, avant le titrage.

Question 8.

Sujet p. 5

Montrer que le mélange réactionnel préparé est équimolaire.

Pour chaque liquide pur, $n = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M}$. Pour l'acide éthanoïque :

FormaV - document d'entraînement non officiel

$$n_{\text{acide}} = \frac{1{,}05 \times 115}{60{,}0} = 2{,}0125\,\text{mol}.$$

Pour l'éthanol :

$$n_{\text{éthanol}} = \frac{0{,}789 \times 117}{46{,}0} = 2{,}0068\,\text{mol}.$$

Ces quantités sont égales à la précision des données près : les réactifs sont mélangés en proportions équimolaires.

RÉPONSE À RETENIR

Le mélange est équimolaire : il contient environ $2{,}01\,\text{mol}$ d'acide éthanoïque et $2{,}01\,\text{mol}$ d'éthanol.

Question 9.

Sujet p. 5

> Vérifier que la quantité d'acide contenu dans chaque tube à la date t = 0 est n_0 = 17,3 mmol.

En supposant les volumes additifs, le volume total du mélange est $115 + 117 = 232\,\text{mL}$. Un tube contenant $2{,}0\,\text{mL}$ de mélange homogène renferme la fraction $2{,}0/232$ de la quantité totale d'acide éthanoïque :

$$n_0 = 2{,}0125 \times \frac{2{,}0}{232} = 1{,}735 \times 10^{-2}\,\text{mol} \simeq 17{,}3\,\text{mmol}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La quantité initiale d'acide dans chaque tube est bien $n_0 = 17{,}3\,\text{mmol}$.

Question 10.

Sujet p. 5

> Expliquer le rôle du bleu de thymol.

Le bleu de thymol est un indicateur coloré acido-basique. Sa couleur change dans sa zone de virage, comprise entre pH 8,0 et 9,6. Ce changement permet de repérer expérimentalement l'équivalence du titrage.

RÉPONSE À RETENIR

Le bleu de thymol sert à repérer l'équivalence grâce à son changement de couleur.

Question 11.

Sujet p. 5, 6

> Définir l'équivalence pour la réaction support de titrage (2).

La réaction de titrage est $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HO}^- \text{ightarrow} \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$. Les coefficients stœchiométriques de l'acide et des ions hydroxyde sont égaux à 1. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : la quantité d'ions hydroxyde versée est égale à la quantité initiale d'acide titrée.

RÉPONSE À RETENIR

À l'équivalence, $n(\text{HO}^-)_{\text{versée}} = n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{initiale}}$ dans l'échantillon titré.

FormaV - document d'entraînement non officiel

Question 12.

Sujet p. 5, 6

> En déduire que la quantité d'acide restant $n_{ac,i}$ à la date t_i dans un tube « i » est donnée par : $n_{ac,i} = C_B V_{B,i}$.

À l'équivalence, la stœchiométrie 1:1 donne $n_{\text{ac},i} = n(\text{HO}^-)_{\text{versée}}$. Or $n(\text{HO}^-) = C_B V_{B,i}$, avec $V_{B,i}$ exprimé en litres. Par conséquent :

RÉPONSE À RETENIR

$$n_{\text{ac},i} = C_B V_{B,i},$$

avec le volume en litres pour obtenir une quantité en moles.

Question 13.

Sujet p. 4, 5, 6

> Établir le tableau d'avancement de la transformation chimique modélisée par la réaction (1), faisant apparaître l'état initial (avancement x = 0) et l'état final (avancement x_f).

La réaction (1) est $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Pour un avancement x, chaque réactif diminue de x et chaque produit augmente de x. Les quantités initiales d'acide et d'éthanol dans un tube sont chacune n_0. Le tableau ci-dessous suit l'eau formée par la réaction, sans compter l'eau éventuellement présente comme solvant.

État	Avancement	Acide éthanoïque	Éthanol	Éthanoate d'éthyle	Eau formée
Initial	0	n_0	n_0	0	0
En cours	x	$n_0 - x$	$n_0 - x$	x	x
Final	x_f	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	x_f	x_f

RÉPONSE À RETENIR

À l'état final, la quantité d'ester formé est x_f, tandis que la quantité d'acide restant est $n_0 - x_f$.

Question 14.

Sujet p. 5, 6

> Montrer que la quantité n_i d'éthanoate d'éthyle présente dans un tube « i » à la date t_i est donnée par la relation : $n_i = n_0 - C_B V_{B,i}$.

À la date t_i, la quantité d'ester formé est égale à l'avancement x_i, car sa quantité initiale est nulle et son coefficient stœchiométrique vaut 1 : $n_i = x_i$. La quantité d'acide restante vaut alors $n_{\text{ac},i} = n_0 - x_i$. En utilisant $n_{\text{ac},i} = C_B V_{B,i}$, on obtient :

$$n_i = n_0 - C_B V_{B,i}.$$

RÉPONSE À RETENIR

$n_i = n_0 - C_B V_{B,i}$, avec $V_{B,i}$ exprimé en litres.

FormaV - document d'entraînement non officiel

Question 15.

Sujet p. 6

> Donner la valeur de la quantité de matière n_2 manquante dans le tableau des résultats expérimentaux.

Pour le tube 2, $n_0 = 17{,}3\,\text{mmol}$. Comme $C_B = 1{,}0\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}$ et $V_{B,2} = 11{,}3\,\text{mL}$, le titrage correspond à $11{,}3\,\text{mmol}$ d'acide restant. Ainsi :

$$n_2 = 17{,}3 - 11{,}3 = 6{,}0\,\text{mmol} = 6{,}0 \times 10^{-3}\,\text{mol}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La valeur manquante est $n_2 = 6{,}0 \times 10^{-3}\,\text{mol}$.

Question 16.

Sujet p. 6, 15

> Indiquer qualitativement comment évolue la vitesse volumique d'apparition de l'ester au cours du temps.

La vitesse volumique d'apparition est proportionnelle à la pente de la courbe $n_i(t)$, puisque le volume du milieu réactionnel considéré est constant. La courbe s'aplatit au cours du temps : sa pente diminue, et la vitesse tend vers zéro lorsque la quantité d'ester approche son plateau.

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse volumique d'apparition de l'ester **décroît au cours du temps** et tend vers zéro en fin d'évolution.

Question 17.

Sujet p. 6, 15

> Déterminer la valeur de la vitesse volumique d'apparition de l'ester à la date t = 20 min.

À $t = 20\,\text{min}$, la vitesse volumique se détermine par la pente de la tangente à la courbe $n_i(t)$, divisée par le volume réactionnel du tube. La lecture graphique donne une pente d'environ $\frac{\text{d}n}{\text{d}t} \simeq 1{,}5 \times 10^{-4}\,\text{mol}\,\text{min}^{-1}$. Le volume est $2{,}0\,\text{mL} = 2{,}0 \times 10^{-3}\,\text{L}$. Donc :

$$v_{\text{vol}} \simeq \frac{1{,}5 \times 10^{-4}}{2{,}0 \times 10^{-3}} = 7{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}\,\text{min}^{-1}.$$

En secondes, cette valeur est $7{,}5 \times 10^{-2}/60 \simeq 1{,}3 \times 10^{-3}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}\,\text{s}^{-1}$.

RÉPONSE À RETENIR

À $t = 20\,\text{min}$, $v_{\text{vol}} \simeq 7{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}\,\text{min}^{-1}$, soit environ $1{,}3 \times 10^{-3}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}\,\text{s}^{-1}$.

Question 18.

Sujet p. 6, 15

> Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et le déterminer par une construction graphique sur la courbe en annexe.

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour atteindre la moitié de l'avancement final. Comme l'ester est initialement absent, on le lit sur la courbe au niveau $n = n_f/2$. Le plateau lu sur l'annexe est voisin de $1{,}1 \times 10^{-2}\,\text{mol}$, donc la moitié vaut $5{,}5 \times 10^{-3}\,\text{mol}$. L'intersection de cette horizontale avec la courbe, puis sa projection sur l'axe des temps, donne environ 7 min.

RÉPONSE À RETENIR

La construction graphique donne $t_{1/2} \simeq 7\,\text{min}$ (valeur approximative lue sur l'annexe).

FormaV - document d'entraînement non officiel

Question 19.

Sujet p. 4, 6, 15

> Comparer ce temps de demi-réaction à l'échelle de temps évoquée en introduction pour la production des esters dans le vin. Proposer une explication à l'écart en raisonnant sur les paramètres pouvant avoir une incidence sur la valeur de $t_{1/2}$.

Le temps de demi-réaction au laboratoire, de l'ordre de quelques minutes, est très inférieur à l'échelle de plusieurs mois évoquée pour la formation des esters dans le vin. Dans le protocole, le chauffage au bain-marie d'eau bouillante accélère la réaction. La température, les concentrations et la composition du milieu, ainsi que la présence éventuelle de catalyseurs, peuvent modifier la vitesse et donc $t_{1/2}$. Les conditions de vinification sont différentes de celles du laboratoire et peuvent conduire à une transformation beaucoup plus lente.

RÉPONSE À RETENIR

Le temps de demi-réaction mesuré au laboratoire (environ 7 min) est très inférieur à plusieurs mois. Le chauffage accélère la réaction ; les températures, concentrations et conditions du milieu en vinification diffèrent et peuvent expliquer une production plus lente.

FormaV - document d'entraînement non officiel

Exercice A

5 points

FORMULE 1 : FREINAGE EN LIGNE DROITE

Question 1.

Sujet p. 7, 8

> En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les coordonnées du vecteur accélération du système a sont : $a_x(t) = -f/m$ et $a_y(t) = 0$.

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on applique la deuxième loi de Newton au système {voiture + pilote}. L'axe des x est orienté dans le sens du mouvement. Les forces exercées sur le système sont le poids $\vec{P}$, la réaction normale de la route $\vec{R}_N$ et la force de frottement $\vec{f}$, dirigée dans le sens opposé au mouvement.

La projection de la deuxième loi de Newton sur l'axe x donne $-f = ma_x$, donc $a_x(t) = -\frac{f}{m}$. Sur l'axe vertical, la réaction normale compense le poids : $R_N - P = 0$. Ainsi, $ma_y = 0$, d'où $a_y(t) = 0$.

RÉPONSE À RETENIR

Les coordonnées de l'accélération sont $a_x(t) = -\frac{f}{m}$ et $a_y(t) = 0$.

Question 2.

Sujet p. 8

> On désigne par $\Delta v = v_B - v_A$ la variation de la vitesse entre les points A et B et par Δt la durée du mouvement entre A et B. Justifier que, dans le cadre de cette étude, on peut écrire $\Delta v = a_x \Delta t$.

La force de frottement est supposée constante pendant le freinage et la masse du système est constante. D'après la deuxième loi de Newton, $a_x = -f/m$ est donc constante. Le mouvement étant rectiligne selon l'axe x, la relation entre la variation de vitesse et l'accélération constante est $v_B - v_A = a_x \Delta t$.

RÉPONSE À RETENIR

Dans le cadre de cette étude, $\Delta v = v_B - v_A = a_x \Delta t$.

Question 3.

Sujet p. 7, 8

> La vitesse passe de la valeur $v_A = 321$ km·h^{-1} au point A à la valeur $v_B = 84$ km·h^{-1} au point B pendant la durée $\Delta t = 1{,}50$ s. Calculer la valeur de l'accélération (en m·s^{-2}) à partir de ces données. La comparer avec la valeur de 6 G mentionnée dans le texte introductif. On rappelle : 1 G = 9,81 m·s^{-2}.

On convertit d'abord les vitesses en unités SI : $v_A = 321/3{,}6 = 89{,}2\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ et $v_B = 84/3{,}6 = 23{,}3\ \mathrm{m\,s^{-1}}$. À partir de $\Delta v = a_x \Delta t$, on obtient :

$$a_x = \frac{v_B - v_A}{\Delta t} = \frac{23{,}3 - 89{,}2}{1{,}50} \simeq -43{,}9\ \mathrm{m\,s^{-2}}.$$

Le signe négatif indique que l'accélération est opposée au mouvement. Sa valeur absolue, exprimée en G, vaut $43{,}9/9{,}81 \simeq 4{,}5\,G$. À titre de comparaison, $6\,G = 6 \times 9{,}81 = 58{,}9\ \mathrm{m\,s^{-2}}$.

RÉPONSE À RETENIR

$a_x \simeq -44\ \mathrm{m\,s^{-2}}$, soit une décélération de valeur $4{,}5\,G$, inférieure à $6\,G$.

FormaV - document d'entraînement non officiel

Question 4.

Sujet p. 8

> Indiquer si le pilote prend un risque pour sa santé lors du freinage.

On place la situation sur la figure 4 avec une durée de $1{,}50\ \mathrm{s}$ et une accélération de valeur $4{,}5\,G$. À cette durée, la limite entre les zones de risque faible et de danger est nettement au-dessus de $4{,}5\,G$ (elle est de l'ordre de $18\,G$ sur le graphique). Le point correspondant se situe donc dans la zone de risque faible.

RÉPONSE À RETENIR

D'après la figure 4, le freinage étudié se situe dans la zone de risque faible, et non dans la zone de danger où des perturbations physiologiques peuvent apparaître. Le risque indiqué par le graphique est donc faible, mais la figure ne permet pas de conclure à une absence absolue de risque.

Question 5.

Sujet p. 9

> Montrer que, dans le cadre du modèle simplifié utilisé, la coordonnée $v_x(t)$ du vecteur vitesse a pour expression en fonction du temps lors du freinage : $v_x(t) = -(f/m)t + v_A$, avec $v_A = 89\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Dans le modèle simplifié, la force de frottement est constante. La deuxième loi de Newton donne donc une accélération constante : $a_x = -f/m$. Or $a_x = \mathrm{d}v_x/\mathrm{d}t$. En intégrant entre l'instant initial et l'instant t, il vient $v_x(t) - v_x(0) = a_x t = -\frac{f}{m}t$. Comme $v_x(0) = v_A$, on obtient l'expression demandée. La vitesse initiale vaut $321/3{,}6 = 89{,}2\ \mathrm{m\,s^{-1}}$, arrondie à $89\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ dans le sujet.

RÉPONSE À RETENIR

$$v_x(t) = -\frac{f}{m}t + v_A, \qquad v_A = 89\ \mathrm{m\,s^{-1}}.$$

Le modèle prévoit une droite décroissante de pente constante $-f/m$.

Question 6.

Sujet p. 9

> Comparer l'allure du graphique de la figure 5 avec l'allure prédite par la modélisation à la question précédente.

La relation obtenue à la question 5 prévoit une vitesse affine du temps, donc une droite décroissante. Sur la figure 5, les points expérimentaux décroissent mais ne sont pas alignés sur une droite : la baisse de vitesse est plus rapide au début, puis ralentit. Par exemple, la vitesse passe d'environ $89\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ à $t = 0$ à environ $23\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ à $t = 1{,}5\ \mathrm{s}$, avec une évolution courbe entre ces instants.

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse mesurée diminue comme le prévoit le modèle, mais son évolution n'est pas linéaire : la pente varie au cours du temps, contrairement à la droite prévue par le modèle à accélération constante.

Question 7.

Sujet p. 7, 9

> Indiquer quelle hypothèse de la modélisation précédente doit être remise en question si on considère l'intégralité du freinage.

Dans le modèle, la force de frottement $\vec{f}$ est supposée constante. Cela entraîne une accélération constante et donc une vitesse affine du temps. Or la figure 5 montre que la pente de l'évolution de la vitesse varie. Il faut donc remettre en question l'hypothèse de constance de la force de frottement pendant l'intégralité du freinage.

FormaV - document d'entraînement non officiel

RÉPONSE À RETENIR

L'hypothèse à remettre en question est que la force de frottement $\vec{f}$ reste constante pendant l'intégralité du freinage.

FormaV - document d'entraînement non officiel

Exercice B

5 points

OBSERVATION DE LA DIVISION DE CASSINI

Grossissement nécessaire

Question 1.

Sujet p. 10

> Expliquer pourquoi la division de Cassini ne peut pas être distinguée à l'œil nu.

Pour que l'œil distingue deux points, leur séparation angulaire doit être au moins égale à son pouvoir de résolution. On compare donc le diamètre apparent de la division de Cassini, $\theta_{\text{cas}} = 3{,}39 \times 10^{-6}\ \text{rad}$, au pouvoir de résolution de l'œil, $\theta_s = 3{,}0 \times 10^{-4}\ \text{rad}$.

Comme $\theta_{\text{cas}} < \theta_s$, l'œil ne résout pas la division.

RÉPONSE À RETENIR

La division de Cassini ne peut pas être distinguée à l'œil nu, car son diamètre apparent est inférieur au pouvoir de résolution de l'œil.

Question 2.

Sujet p. 10

> Montrer que le grossissement minimal nécessaire pour observer la division de Cassini est d'environ 89.

À la limite de visibilité, le diamètre apparent à travers la lunette doit égaler le pouvoir de résolution de l'œil : $\theta' = \theta_s$. D'après la définition du grossissement, $G = \theta'/\theta$. Pour la division de Cassini, le grossissement minimal est donc :

$$G_{\text{min}} = \frac{\theta_s}{\theta_{\text{cas}}} = \frac{3{,}0 \times 10^{-4}}{3{,}39 \times 10^{-6}} \approx 88{,}5.$$

Le grossissement est sans unité.

RÉPONSE À RETENIR

Le grossissement minimal nécessaire est d'environ 89.

Modélisation de la lunette astronomique utilisée

Question 3.

Sujet p. 11, 16

> Sur le schéma en annexe, identifier l'objectif et l'oculaire de cette lunette en écrivant ces termes au-dessus des lentilles concernées.

La lumière venant de l'objet traverse d'abord (L_1), qui forme l'image intermédiaire : cette lentille est l'objectif. La lentille (L_2), placée du côté de l'œil, permet d'observer cette image : c'est l'oculaire.

RÉPONSE À RETENIR

Inscrire « objectif » au-dessus de (L_1) et « oculaire » au-dessus de (L_2).

FormaV - document d'entraînement non officiel

Question 4.

Sujet p. 11, 16

> Sur le schéma en annexe, construire l'image A_1B_1 de AB donnée par la lentille (L_1).

Les rayons issus de A, point à l'infini sur l'axe optique, arrivent parallèlement à l'axe sur (L_1) et convergent en son foyer image F_1'. Ainsi, $A_1 = F_1'$. Les rayons issus de B, également parallèles entre eux à l'arrivée sur (L_1), convergent en un point B_1 du plan focal image de cette lentille. Ce point se construit à l'intersection des deux rayons réfractés par (L_1). Le réglage indiqué dans le sujet impose $F_1' = F_2$: l'image intermédiaire est donc aussi dans le plan focal objet de (L_2).

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Placer A_1 en F_1', puis construire B_1 à l'intersection des deux rayons issus de B après leur réfraction par (L_1). L'image A_1B_1 est dans le plan focal image de l'objectif.

Question 5.

Sujet p. 11, 16

> Sur le schéma en annexe, représenter le faisceau émergent délimité par les deux rayons issus de B et traversant la lunette.

Les rayons issus de B convergent après (L_1) en B_1, puis arrivent sur l'oculaire comme s'ils provenaient de ce point. Or B_1 est dans le plan focal objet de (L_2). Une lentille convergente donne alors un faisceau émergent parallèle. Sur le schéma, prolonger les rayons réfractés par (L_1) jusqu'à B_1, puis tracer, après (L_2), les deux rayons émergents parallèles entre eux.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le faisceau émergent délimité par les deux rayons issus de B est parallèle après l'oculaire (L_2).

Question 6.

Sujet p. 11, 16

> Indiquer la position de l'image définitive B' du point B à travers la lunette et justifier que cette lunette est bien afocale.

Les rayons émergents associés à B sont parallèles : ils ne se rejoignent pas à distance finie et leur image est donc à l'infini. Le réglage $F_1' = F_2$ place l'image intermédiaire dans le plan focal objet de l'oculaire, ce qui explique le parallélisme des faisceaux émergents. La lunette donne ainsi une image à l'infini d'un objet situé à l'infini : elle est afocale.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'image définitive B' est à l'infini. La lunette est afocale car les faisceaux émergents sont parallèles.

Question 7.

Sujet p. 11, 16

> Indiquer sur le schéma en annexe le diamètre apparent de l'image θ' à travers la lunette.

Le point A, situé sur l'axe optique, donne un faisceau émergent parallèle à cet axe. Le diamètre apparent θ' de l'image est l'angle entre cette direction et celle du faisceau émergent associé à B.

FormaV - document d'entraînement non officiel

RÉPONSE À RETENIR

Sur le schéma, indiquer θ' à la sortie de l'oculaire, entre l'axe optique et la direction des rayons émergents associés à B.

Question 8.

Sujet p. 10, 11

Établir, en précisant les étapes, la relation liant le grossissement G aux distances focales f'$_1$ et f'$_2$.

Notons $|A_1B_1|$ la hauteur de l'image intermédiaire. Pour un petit angle d'incidence θ, la géométrie au niveau de l'objectif donne :

$$|A_1B_1| = f_1' \tan\theta \simeq f_1'\theta.$$

Comme A_1B_1 est dans le plan focal objet de l'oculaire, les rayons émergent parallèlement sous l'angle θ'. La géométrie au niveau de l'oculaire donne :

$$|A_1B_1| = f_2' \tan\theta' \simeq f_2'\theta'.$$

En égalant ces deux expressions, on obtient $f_1'\theta \simeq f_2'\theta'$. Par conséquent, pour le grossissement défini comme le rapport des diamètres apparents :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{f_1'}{f_2'}.$$

RÉPONSE À RETENIR

Le grossissement, en valeur absolue, est $G = \dfrac{f_1'}{f_2'}$.

Choix de l'oculaire

Question 9.

Sujet p. 10, 11

Sur la base des résultats précédents, déterminer l'oculaire que doit choisir l'utilisateur parmi les trois proposés en introduction pour pouvoir observer la division de Cassini. Justifier.

La focale de l'objectif est $f_1' = 650\ \text{mm}$. Avec $G = f_1'/f_2'$, les grossissements associés aux trois oculaires sont :

- pour $f_2' = 6\ \text{mm}$, $G = 650/6 \approx 108$;
- pour $f_2' = 12{,}5\ \text{mm}$, $G = 650/12{,}5 = 52$;
- pour $f_2' = 20\ \text{mm}$, $G = 650/20 = 32{,}5$.

Le grossissement doit être au moins égal à environ 89. Seul l'oculaire de $6\ \text{mm}$ convient.

RÉPONSE À RETENIR

Il faut choisir l'oculaire de focale $6\ \text{mm}$, qui donne un grossissement d'environ 108, supérieur au minimum requis d'environ 89.

FormaV - document d'entraînement non officiel

Exercice C

5 points

L'EXPÉRIENCE DES TROUS D'YOUNG

Relation entre l'interfrange et la longueur d'onde

Question 1.

Sujet p. 12

> Justifier que la différence de marche δ peut être assimilée à ($S_2M - S_1M$) dans le cas où le milieu traversé par les ondes lumineuses est l'air.

La différence de marche est définie par $\delta = n_{\text{milieu}}(S_2M - S_1M)$. Dans l'air, l'indice vaut $n_{\text{air}} = c/v_{\text{air}} = 1$, puisque la vitesse de la lumière dans l'air est prise égale à c. La différence de marche est donc égale à la différence des distances parcourues.

RÉPONSE À RETENIR

Dans l'air, $\boxed{\delta = S_2M - S_1M}$.

Question 2.

Sujet p. 12

> En appliquant le théorème de Pythagore dans les triangles S_1O_1M et S_2O_2M de la figure 1, donner les expressions de $(S_1M)^2$ et $(S_2M)^2$ en fonction de D, x et b/2.

Sur la figure, O_1 et O_2 sont les projections de S_1 et S_2 sur l'écran, et O est à mi-hauteur entre elles. Le point M est situé à la hauteur x par rapport à O. Ainsi, les écarts verticaux entre M et les projections sont respectivement $x - b/2$ pour O_1 et $x + b/2$ pour O_2. Dans les deux triangles rectangles, la distance horizontale vaut D. Le théorème de Pythagore donne :

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{(S_1M)^2 = D^2 + (x - b/2)^2}$ et $\boxed{(S_2M)^2 = D^2 + (x + b/2)^2}$.

Question 3.

Sujet p. 12

> La distance D entre les trous d'Young et l'écran étant très supérieure à b, on peut montrer que $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2D\delta$. En s'appuyant sur les résultats de la question précédente, en déduire que la différence de marche s'écrit : $\delta = xb/D$.

À partir des expressions obtenues à la question 2, les termes D^2 s'annulent dans la différence des carrés :

$(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = (x + b/2)^2 - (x - b/2)^2 = 2xb$.

L'énoncé donne également $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2D\delta$. En égalant ces expressions et en divisant par $2D$, on obtient la différence de marche.

RÉPONSE À RETENIR

$2xb = 2D\delta$, donc $\boxed{\delta = \dfrac{xb}{D}}$.

FormaV - document d'entraînement non officiel

Question 4.

Sujet p. 12, 13

> À l'aide des données et en admettant que δ = xb/D, montrer que x = kλD/b pour un point M situé au maximum d'intensité d'une frange brillante.

Au maximum d'intensité d'une frange brillante, les interférences sont constructives : la différence de marche vérifie $\delta = k\lambda$, où k est un entier relatif. En utilisant $\delta = xb/D$, on obtient $xb/D = k\lambda$, puis on isole x.

RÉPONSE À RETENIR

La position d'un maximum brillant vérifie $\boxed{x = \dfrac{k\lambda D}{b}}$.

Question 5.

Sujet p. 13, 14

> Établir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ, b et D.

Les positions des franges brillantes sont $x_k = k\lambda D/b$. Deux franges brillantes consécutives correspondent aux entiers k et $k+1$. Leur écart est $x_{k+1} - x_k = ((k+1) - k)\lambda D/b$, et cet écart est l'interfrange.

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{i = \dfrac{\lambda D}{b}}$.

Question 6.

Sujet p. 13, 14

> À l'aide de la figure 3, déterminer précisément la valeur de l'interfrange i.

Sur la figure 3, les maxima brillants successifs sont espacés d'environ $3{,}8\ \text{mm}$ sur l'axe des abscisses. On peut notamment lire des maxima proches de $-3{,}8\ \text{mm}$, $0\ \text{mm}$ et $+3{,}8\ \text{mm}$. La mesure sur plusieurs intervalles successifs confirme cette valeur.

RÉPONSE À RETENIR

La lecture de la figure donne $\boxed{i \simeq 3{,}8\ \text{mm}}$.

Question 7.

Sujet p. 13, 14

> En déduire la valeur de la longueur d'onde de la lumière utilisée dans cette expérience.

La relation $i = \lambda D/b$ donne $\lambda = ib/D$. En unités SI, $i = 3{,}8 \times 10^{-3}\ \text{m}$, $b = 2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}$ et $D = 119{,}0\ \text{cm} = 1{,}190\ \text{m}$. Ainsi, $\lambda = (3{,}8 \times 10^{-3})(2{,}0 \times 10^{-4})/1{,}190$.

RÉPONSE À RETENIR

$\lambda \simeq 6{,}39 \times 10^{-7}\ \text{m}$, soit $\boxed{\lambda \simeq 639\ \text{nm}}$ (environ $640\ \text{nm}$).

FormaV - document d'entraînement non officiel

Identification du laser utilisé

Question 8.

Sujet p. 13, 14

> Parmi les lasers cités, identifier le ou les lasers qui ont pu être utilisés pour réaliser l'expérience : bleu (473 nm), vert (532 nm), rouge A (632 nm), rouge B (650 nm) ou rouge C (694 nm). On admet que u(λ) = λ√[(u(b)/b)² + (u(i)/i)² + (u(D)/D)²] ; les données sont b = (2,0 ± 0,1) × 10⁻⁴ m, D = 119,0 ± 0,5 cm et u(i) = 0,1 mm. Le candidat est invité à prendre des initiatives, à justifier ses choix et à présenter sa démarche.

On utilise $u(b) = 0{,}1 \times 10^{-4}\ \text{m}$, $b = 2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}$, $u(i) = 0{,}1\ \text{mm}$, $i = 3{,}8\ \text{mm}$, $u(D) = 0{,}5\ \text{cm}$ et $D = 119{,}0\ \text{cm}$. Les rapports d'incertitude sont donc $u(b)/b = 0{,}1/2{,}0$, $u(i)/i = 0{,}1/3{,}8$ et $u(D)/D = 0{,}5/119{,}0$. La relation fournie donne :

$$u(\lambda) = 639\sqrt{(0{,}1/2{,}0)^2 + (0{,}1/3{,}8)^2 + (0{,}5/119{,}0)^2}\ \text{nm} \simeq 36\ \text{nm}.$$

La valeur mesurée est ainsi compatible, à une incertitude-type près, avec les longueurs d'onde comprises entre environ $603\ \text{nm}$ et $675\ \text{nm}$. Parmi les valeurs proposées, celles comprises dans cet intervalle conviennent.

RÉPONSE À RETENIR

On obtient $\lambda = (639 \pm 36)\ \text{nm}$, soit un intervalle d'environ $[603 ; 675]\ \text{nm}$. Les lasers compatibles sont le $\boxed{\text{rouge A } (632\ \text{nm})}$ et le $\boxed{\text{rouge B } (650\ \text{nm})}$. Les autres longueurs d'onde proposées sont hors de cet intervalle.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2022/spe-physique-chimie-2022-asie-1-sujet-officiel.pdf
© FormaV EI • Proposition de correction, distincte d'un corrigé officiel.

FormaV - document d'entraînement non 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.