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 2026 • Métropole • Jour 2 • Remplacement

Code sujet **26-PYCJ2ME3** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — De l’acide salicylique à l’aspirine
18 réponses • sujet p. 2–4

Exercice 2 — Observer l’ISS
11 réponses • sujet p. 5–10

Exercice 3 — Un champion du monde inattendu
12 réponses • sujet p. 7–9

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

Exercice 1

9 points

De l’acide salicylique à l’aspirine

1. Étude de la molécule d’acide salicylique

Question Q1.

Sujet p. 2

> Représenter le schéma de Lewis de l’acide salicylique puis entourer et nommer les deux groupes caractéristiques de la molécule.

La molécule comporte un cycle benzénique portant deux substituants voisins (en position ortho) : un groupe hydroxyle lié au cycle et un groupe carboxyle. Une représentation condensée de Lewis, avec les doublets non liants des oxygènes indiqués, est :

```
o-H–C6H4–C(=O(: :))–O(: :)–H
     |
   O(: :)–H
```

Le cycle C_6H_4 représente un cycle benzénique avec trois doubles liaisons alternées ; les deux substituants sont en positions ortho. Chaque atome d’oxygène porte deux doublets non liants. Le groupe –OH directement lié au cycle est la fonction phénol ; le groupe –C(=O)–OH est la fonction acide carboxylique.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les deux groupes caractéristiques sont le groupe hydroxyle de la fonction phénol et le groupe carboxyle de la fonction acide carboxylique. Ils sont portés par deux carbones voisins du cycle benzénique.

Question Q2.

Sujet p. 2

> Parmi les espèces participant aux couples acide-base associés à l’acide salicylique, identifier en justifiant l’espèce amphotère.

Dans le premier couple, l’ion $C_7H_5O_3^-$ peut capter un proton pour donner $C_7H_6O_3$: il se comporte donc comme une base. Dans le second couple, il peut céder un proton pour donner $C_7H_4O_3^{2-}$: il se comporte donc comme un acide.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L’espèce amphotère est l’ion $C_7H_5O_3^-$, car il peut à la fois capter et céder un proton.

Question Q3.

Sujet p. 2

> Déterminer la valeur de la masse minimale d’acide salicylique à peser pour préparer un volume de 200 mL de solution aqueuse saturée à 25 °C. On note S cette solution.

À saturation, la concentration en masse dissoute est égale à la solubilité : $s = 2{,}24\ \text{g·L}^{-1}$. Pour $V = 200\ \text{mL} = 0{,}200\ \text{L}$, la masse dissoute nécessaire est :

$m = sV = 2{,}24 \times 0{,}200 = 0{,}448\ \text{g}$.

RÉPONSE À RETENIR

La masse minimale théorique à peser est 0,448 g, soit environ 0,45 g d'acide salicylique.

Question Q4.

Sujet p. 2

Montrer que la concentration C en acide salicylique apporté de la solution S est voisine de 16,2 mmol·L^{-1}.

La quantité de matière correspondant à cette masse est :

$n = m/M = 0{,}448/138 = 3{,}25 \times 10^{-3}$ mol.

Dans V = 0,200 L, la concentration apportée vaut :

$C = n/V = (3{,}25 \times 10^{-3})/0{,}200 = 1{,}62 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}.

Comme 1 mol·L^{-1} = 1000 mmol·L^{-1}, cela donne C = 16,2 mmol·L^{-1}.

RÉPONSE À RETENIR

C ≈ 16,2 mmol·L^{-1}.

Question Q5.

Sujet p. 2

Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation acide-base ayant lieu entre l'acide salicylique et l'eau, en ne tenant compte que de sa première acidité.

En ne prenant en compte que la première acidité, l'acide salicylique cède un proton à l'eau. L'équation est équilibrée en atomes et en charges :

RÉPONSE À RETENIR

$C_7H_6O_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_7H_5O_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$.

Question Q6.

Sujet p. 2

À 25 °C, le pH de la solution S vaut 2,4. À partir de cette valeur de pH, montrer que l'acide salicylique est un acide faible dans l'eau.

À partir du pH mesuré :

$[H_3O^+]_eq = 10^{-2{,}4} = 3{,}98 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}.

Si l'acide était totalement dissocié selon la réaction de la Q5, la concentration formée en ions oxonium serait de l'ordre de la concentration apportée $C = 1{,}62 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}. Or la concentration mesurée est environ quatre fois plus faible. La dissociation est donc partielle : l'acide salicylique ne réagit pas totalement avec l'eau.

RÉPONSE À RETENIR

$[H_3O^+]_eq \approx 4{,}0$ mmol·L^{-1}, nettement inférieur à C ≈ 16,2 mmol·L^{-1} : l'acide salicylique est un acide faible dans l'eau.

Question Q7.

Sujet p. 2

Donner la relation entre la constante K_{a1} du couple acide salicylique / ion salicylate, les concentrations des espèces

> à l'équilibre et c°. En déduire la valeur de pK_{a1}. Commenter.

Pour HA = $C_7H_6O_3$ et A^- = $C_7H_5O_3^-$, la réaction est HA + H_2O ⇌ A^- + H_3O^+. L'eau, liquide pur, n'apparaît pas dans l'expression de la constante. En concentrations et avec la concentration standard c° :

$K_{a1} = ([A^-]_{eq}/c°)([H_3O^+]_{eq}/c°)/([HA]_{eq}/c°)$.

En négligeant l'autoprotolyse de l'eau, $[A^-]_{eq} \approx [H_3O^+]_{eq} = x = 3{,}98 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1} et $[HA]_{eq} \approx C - x = 1{,}62 \times 10^{-2} - 3{,}98 \times 10^{-3} = 1{,}22 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}. Ainsi, avec c° = 1 mol·L^{-1} :

$K_{a1} \approx x^2/((C - x)c°) = (3{,}98 \times 10^{-3})^2/(1{,}22 \times 10^{-2} \times 1) \approx 1{,}3 \times 10^{-3}$.

Donc $pK_{a1} = -\log(K_{a1}) \approx 2{,}89$. L'approximation consistant à négliger l'autoprotolyse de l'eau est justifiée puisque $[H_3O^+]$ est très supérieure à 10^{-7} mol·L^{-1}.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> On obtient $pK_{a1} \approx 2{,}9$, en accord avec la valeur fournie $pK_{a1} = 3{,}0$ compte tenu des approximations et des arrondis.

2. Dosage de l'acide salicylique contenu dans un collyre

Question Q8.

Sujet p. 2

> Représenter le diagramme de prédominance des différentes formes acide-base associées à l'acide salicylique. En déduire la forme prédominante présente dans le collyre, dont le pH vaut 7,0.

Pour un couple acide/base, la forme acide prédomine en dessous du pK_a et la forme basique au-dessus. Les frontières de prédominance sont donc pH = 3,0 et pH = 13,6.



À pH = 7,0, le pH est compris entre les deux pK_a.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dans le collyre à pH 7,0, la forme prédominante est l'ion salicylate $C_7H_5O_3^-$.

Question Q9.

Sujet p. 3

> Justifier que la solution aqueuse d'acide salicylique en milieu basique est incolore, à l'aide du spectre d'absorption fourni.

Une solution est colorée si elle absorbe une partie notable de la lumière visible, approximativement entre 400 et 800 nm. Sur le spectre fourni, l'absorbance est pratiquement nulle dans ce domaine ; les absorptions importantes sont dans l'ultraviolet, en dessous d'environ 400 nm. La lumière visible est donc transmise.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La solution aqueuse d'acide salicylique en milieu basique est incolore.

Question Q10.

Sujet p. 3

> Justifier la nécessité de diluer le collyre afin de pouvoir exploiter la courbe d'étalonnage A = f(C_m), obtenue à λ = 295 nm. Le collyre est dilué 20 fois ; on mesure, pour la solution obtenue, une absorbance A = 1,27.

La concentration annoncée est 1 mg·mL^{-1} = 1000 mg·L^{-1}, supérieure à la gamme d'étalonnage, qui s'étend de 0 à 85 mg·L^{-1}. Une mesure directe ne pourrait donc pas être exploitée sur cette courbe. Après dilution par 20, la concentration attendue est 1000/20 = 50 mg·L^{-1}, comprise dans la gamme.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Il faut diluer le collyre pour ramener sa concentration dans la gamme d'étalonnage. La dilution par 20 permet notamment d'obtenir une concentration attendue d'environ 50 mg·L^{-1}.

Question Q11.

Sujet p. 2, 3

> En assimilant l'incertitude-type sur la concentration du collyre dilué à l'incertitude liée à la lecture graphique, déterminer si la concentration en acide salicylique du collyre est en accord avec la valeur indiquée sur la notice, soit 1 mg·mL^{-1}.

À A = 1,27, la lecture de la droite d'étalonnage donne environ $C_{m,dilué}$ = 50 mg·L^{-1}. La courbe ne fournit pas une incertitude numérique de lecture : on adopte explicitement une incertitude de lecture graphique d'environ une demi-graduation de 5 mg·L^{-1}, soit $u(C_{m,dilué})$ ≈ 2,5 mg·L^{-1}. La concentration du collyre initial est donc :

$C_{m,initial}$ = 20 × 50 = 1000 mg·L^{-1} = 1,00 mg·mL^{-1}.

Avec la règle donnée pour une multiplication par une constante, $u(C_{m,initial})$ = 20 × 2,5 = 50 mg·L^{-1} = 0,05 mg·mL^{-1}. Le quotient de comparaison à la valeur de référence vaut alors |1,00 − 1,00|/0,05 = 0.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Avec l'hypothèse de lecture graphique explicitée, $C_{m,initial}$ ≈ 1,00 ± 0,05 mg·mL^{-1}. Le résultat est en accord avec la valeur de la notice, 1 mg·mL^{-1}. Une incertitude de lecture différente modifierait la marge de comparaison, mais pas la valeur centrale obtenue sur la courbe.

3. Synthèse de l'aspirine

Question Q12.

Sujet p. 4

> Indiquer les consignes de sécurité à appliquer lors de cette synthèse.

Les pictogrammes indiquent des risques d'irritation ou de nocivité et de corrosion pour certaines espèces ; l'anhydride éthanoïque présente en outre un risque d'inflammabilité et de toxicité aiguë. L'acide sulfurique ajouté est également corrosif. Il faut donc porter une blouse, des lunettes et des gants adaptés, éviter tout contact avec la peau et les yeux ainsi que l'inhalation des vapeurs, et manipuler les produits avec précaution, de préférence sous hotte. Ne jamais pipeter à la bouche. L'anhydride étant inflammable, chauffer sans flamme nue. Fixer le montage à reflux et ne pas le fermer hermétiquement.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Porter blouse, lunettes et gants ; éviter les contacts et l'inhalation, manipuler avec précaution si possible sous hotte, chauffer sans flamme nue et utiliser un montage à reflux fixé, non fermé hermétiquement.

Question Q13.

Sujet p. 4

> Présenter deux avantages du chauffage à reflux lors de la synthèse.

Le chauffage augmente la vitesse de réaction et accélère ainsi la synthèse. Le réfrigérant condense les vapeurs et les renvoie dans le milieu réactionnel : on peut chauffer sans perdre notablement les espèces volatiles.

RÉPONSE À RETENIR

Le chauffage à reflux accélère la réaction et limite les pertes de matière par évaporation.

Question Q14.

Sujet p. 4

> Nommer les étapes A et B du protocole expérimental.

À l'étape A, les réactifs sont mis en présence puis chauffés à reflux. À l'étape B, l'ajout d'eau froide et le refroidissement font apparaître des cristaux, qui sont ensuite séparés et séchés.

RÉPONSE À RETENIR

Étape A : synthèse par chauffage à reflux. Étape B : cristallisation, puis isolement des cristaux par filtration et séchage.

Question Q15.

Sujet p. 4

> Justifier l'utilisation d'eau froide et d'un bain de glace lors de l'étape B.

La solubilité de l'aspirine augmente avec la température. L'eau froide limite donc la dissolution du produit lors de son ajout et du rinçage ; le bain de glace abaisse encore la solubilité et favorise la formation des cristaux. Ces choix augmentent la quantité de produit récupérée.

RÉPONSE À RETENIR

L'eau froide et le bain de glace favorisent la cristallisation de l'aspirine et limitent les pertes de produit par dissolution.

Question Q16.

Sujet p. 4

> Interpréter le chromatogramme obtenu. Les dépôts sont : A, acide salicylique ; B, aspirine commerciale ; C, produit synthétisé.

Le dépôt A (acide salicylique) donne une tache plus haute que celle du dépôt B (aspirine commerciale) : les deux espèces ont des rapports frontaux différents. Le dépôt C, correspondant au produit synthétisé, présente une tache à la même hauteur que B et aucune tache visible à la hauteur de A. Le produit synthétisé a donc le même comportement chromatographique que l'aspirine commerciale ; cette CCM ne met pas en évidence d'acide salicylique résiduel.

RÉPONSE À RETENIR

Le chromatogramme indique que le produit synthétisé est de l'aspirine : sa tache est au même niveau que celle de l'aspirine commerciale, et aucune tache d'acide salicylique résiduel n'est visible.

Question Q17.

Sujet p. 4

> Déterminer le réactif limitant dans ce protocole. En déduire la masse d'aspirine théorique, notée $m_{th\acute{e}_o}$, que l'on peut obtenir lors de la synthèse. Le protocole utilise 2,0 g d'acide salicylique et 3,0 mL d'anhydride éthanoïque.

L'équation fournie montre un rapport stœchiométrique 1:1 entre l'acide salicylique et l'anhydride éthanoïque.

Pour l'acide salicylique : $n = 2{,}0/138 = 1{,}45 \times 10^{-2}$ mol.

Pour l'anhydride éthanoïque, sa masse vaut $m = \rho V = 1{,}08 \times 3{,}0 = 3{,}24$ g, puis $n = 3{,}24/102 = 3{,}18 \times 10^{-2}$ mol. L'acide salicylique est donc le réactif limitant. La transformation étant totale, la quantité maximale d'aspirine est $n_{th\acute{e}_o} = 1{,}45 \times 10^{-2}$ mol. Avec $M = 180$ g·mol^{-1} :

$m_{th\acute{e}_o} = n_{th\acute{e}_o} M = (2{,}0/138) \times 180 = 2{,}61$ g.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le réactif limitant est l'acide salicylique. La masse théorique d'aspirine est $m_{th\acute{e}_o} \approx 2{,}6$ g.

Question Q18.

Sujet p. 4

> On obtient une masse expérimentale d'aspirine $m_{exp} = 2{,}2$ g. Calculer le rendement de cette synthèse. Commenter.

Le rendement est le rapport de la masse expérimentale à la masse théorique :

$\eta = (m_{exp}/m_{th\acute{e}_o}) \times 100 = (2{,}2/2{,}61) \times 100 \approx 84$ %.

Le rendement inférieur à 100 % est compatible avec des pertes lors de la cristallisation, de la filtration, du rinçage ou du séchage, même si la transformation chimique est admise totale.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le rendement de la synthèse est d'environ 84 %. Il est inférieur à 100 %, ce qui s'explique par des pertes lors des opérations expérimentales de récupération et de purification.

Exercice 2

5.5 points

Observer l’ISS

1. Le mouvement de l’ISS

Question Q1.

Sujet p. 5

> Schématiser la Terre et l’ISS, sans souci d’échelle, en précisant le sens de rotation de l’ISS. Placer sur ce schéma le repère de Frenet (S ; $\vec{u}$T, $\vec{u}$N).

On représente la Terre par un cercle de centre O et l’orbite de l’ISS par un cercle de centre O et de rayon R_S. Au point S, $\vec{u}_T$ est tangent à l’orbite et orienté dans le sens du mouvement ; $\vec{u}_N$ est dirigé vers le centre O. Le sens de rotation peut être choisi arbitrairement, à condition d’orienter $\vec{u}_T$ en conséquence.

ISS en orbite et repère de Frenet en S

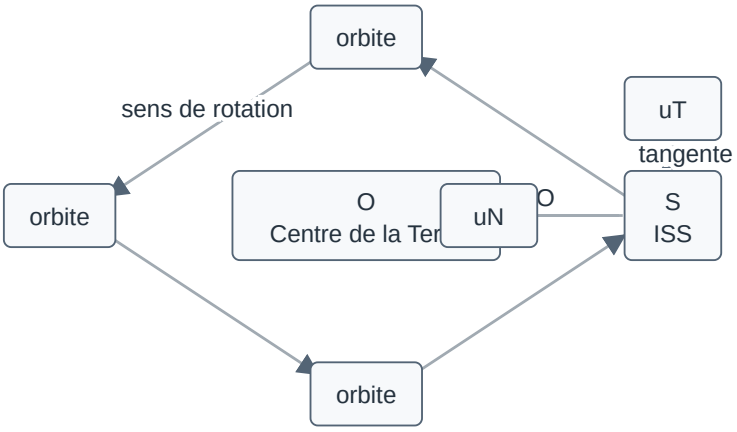


Schéma sans souci d’échelle ; l’orbite est représentée de façon schématique et uN est dirigé vers le centre de la Terre.

RÉPONSE À RETENIR

Un schéma possible, avec une rotation dans le sens antihoraire, est représenté ci-dessous. Le repère de Frenet en S comporte le vecteur tangent $\vec{u}_T$ et le vecteur normal $\vec{u}_N$, dirigé vers O.

Question Q2.

Sujet p. 5

> Écrire, dans ce repère, l’expression vectorielle de la force de gravitation $\vec{F}$ à laquelle est soumise l’ISS de la part de la Terre. Représenter cette force sans souci d’échelle sur le schéma de la question Q1.

Dans le repère de Frenet, $\vec{u}_N$ est dirigé de l’ISS vers le centre de la Terre. La force gravitationnelle exercée par la Terre sur l’ISS est donc portée par cette direction. La loi de gravitation universelle donne pour sa norme $F = GM_Tm/R_S^2$.

RÉPONSE À RETENIR

On obtient :

$$\boxed{\vec{F}_{T\to ISS} = \frac{GM_T m}{R_S^2}\,\vec{u}_N.}$$

Sur le schéma de Q1, il faut tracer en S un vecteur dirigé vers O, dans le sens de $\vec{u}_N$.

Question Q3.

Sujet p. 5

Montrer que le vecteur accélération du centre de masse de l'ISS s'écrit $\vec{a}S = (G\cdot M_t/R_s^2)\vec{u}N$. En déduire la nature du mouvement de l'ISS.

Dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, la deuxième loi de Newton s'écrit $m\vec{a}_S = \sum \vec{F}$. La seule force prise en compte est la gravitation terrestre. Ainsi, d'après Q2 :

$$m\vec{a}_S = \frac{GM_T m}{R_S^2}\,\vec{u}_N.$$

La masse m de l'ISS se simplifie.

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{\vec{a}_S = \frac{GM_T}{R_S^2}\,\vec{u}_N}$$

La norme de l'accélération est constante et elle est dirigée vers le centre du cercle. Le mouvement étant circulaire, l'ISS a un mouvement circulaire uniforme.

Question Q4.

Sujet p. 5

Établir l'expression de la vitesse vS du centre de masse de l'ISS en fonction de G, M_t et R_s. Calculer sa valeur.

Pour un mouvement circulaire uniforme, la norme de l'accélération normale vaut v_S^2/R_S. D'après Q3, elle vaut aussi GM_T/R_S^2. On égalise ces expressions :

$$\frac{v_S^2}{R_S} = \frac{GM_T}{R_S^2} \quad\Longrightarrow\quad v_S = \sqrt{\frac{GM_T}{R_S}}.$$

En unités SI, $R_S = 6\,771\ \text{km} = 6{,}771\times 10^{6}\ \text{m}$.

RÉPONSE À RETENIR

Avec $G = 6{,}67\times 10^{-11}\ \text{m}^3\,\text{kg}^{-1}\,\text{s}^{-2}$ et $M_T = 5{,}97\times 10^{24}\ \text{kg}$:

$$v_S = \sqrt{\frac{(6{,}67\times 10^{-11})(5{,}97\times 10^{24})}{6{,}771\times 10^{6}}} \simeq 7{,}67\times 10^{3}\ \text{m}\,\text{s}^{-1}.$$

La vitesse du centre de masse de l'ISS est donc $\boxed{v_S \simeq 7{,}67\ \text{km}\,\text{s}^{-1}}$.

Question Q5.

Sujet p. 6

Montrer que la période T de révolution de l'ISS autour de la Terre et le rayon R_s du cercle décrit par l'ISS sont reliés

par la troisième loi de Kepler : $T^2/R_s^3 = 4\pi^2/(G \cdot M_t)$.

Pour une orbite circulaire uniforme, la période et la vitesse vérifient $v_S = 2\pi R_S/T$. L'accélération centripète est fournie par la gravitation, donc $v_S^2/R_S = GM_T/R_S^2$, soit $v_S^2 = GM_T/R_S$. En remplaçant la vitesse par son expression en fonction de T :

$$\left(\frac{2\pi R_S}{T}\right)^2 = \frac{GM_T}{R_S}.$$

En réarrangeant cette égalité, on obtient la relation demandée.

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{\frac{T^2}{R_S^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T}}$$

La période au carré est proportionnelle au cube du rayon orbital : c'est la troisième loi de Kepler pour une orbite autour de la Terre.

Question Q6.

Sujet p. 6

Calculer le nombre de rotations effectuées par l'ISS autour de la Terre durant les 200 jours que dure la mission.

À partir de la relation de Kepler, on calcule la période avec le rayon orbital en mètres :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R_S^3}{GM_T}} \simeq 5{,}55 \times 10^3 \text{ s}.$$

La durée de mission est $200 \times 24 \times 3600 = 1{,}728 \times 10^7$ s. Le nombre de rotations est la durée totale divisée par la période.

RÉPONSE À RETENIR

$$N = \frac{1{,}728 \times 10^7}{5{,}55 \times 10^3} \simeq 3{,}11 \times 10^3.$$

L'ISS effectue donc environ $\boxed{3{,}1 \times 10^3 \text{ rotations}}$ durant les 200 jours.

2. La lunette astronomique

Question Q7.

Sujet p. 6, 10

La lunette astronomique étudiée est afocale. Sur l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, placer les foyers de l'objectif et ceux de l'oculaire dans le cas de l'utilisation de l'oculaire (OcA).

Pour qu'une lunette soit afocale, le foyer image F_1' de l'objectif doit coïncider avec le foyer objet F_2 de l'oculaire. Avec l'oculaire (OcA), les distances focales sont $f_1' = 400$ mm et $f_2' = 50$ mm, donc $O_1O_2 = f_1' + f_2' = 450$ mm.

RÉPONSE À RETENIR

Sur l'axe optique de l'annexe, placer les foyers dans l'ordre suivant, de gauche à droite :

$$F_1 \ ; \ O_1 \ ; \ F_1' = F_2 \ ; \ O_2 \ ; \ F_2'.$$

Les distances sont $O_1F_1 = O_1F_1' = 400\ \text{mm}$ et $O_2F_2 = O_2F_2' = 50\ \text{mm}$. Ainsi, F_1' est situé 50 mm à gauche de O_2, conformément à la condition d'afocalité.

Question Q8.

Sujet p. 6, 10

Tracer, sur l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, la marche des deux rayons lumineux incidents représentés à travers la lunette astronomique. Construire notamment l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet A∞B∞ situé à l'infini. Faire apparaître l'angle θ′ sous lequel on observe l'image finale à travers la lunette astronomique.

Un objet à l'infini donne des faisceaux incidents parallèles. L'objectif forme l'image intermédiaire réelle dans son plan focal image. Le point A_∞, situé sur l'axe optique, donne $A_1 = F_1'$. Pour construire B_1, on utilise le rayon incident passant par le centre optique O_1, qui n'est pas dévié, et son intersection avec le plan focal image de l'objectif. L'image intermédiaire A_1B_1 est renversée. Comme $F_1' = F_2$, elle se trouve dans le plan focal objet de l'oculaire : les rayons émergents sont parallèles, ce qui donne une image finale à l'infini.

RÉPONSE À RETENIR

Sur l'annexe, placer A_1 en $F_1' = F_2$, puis construire B_1 dans le plan focal image de l'objectif à l'aide du rayon passant par O_1. Tracer la marche des rayons dans l'oculaire : après celui-ci, les rayons correspondant à un même point de l'image finale sont parallèles. L'angle θ' est l'angle entre l'axe optique et la direction du faisceau émergent associé à B_1.

Question Q9.

Sujet p. 6

Exprimer le grossissement G de la lunette astronomique en fonction des angles θ et θ′, θ étant l'angle sous lequel l'objet A∞B∞ est vu à l'œil nu.

Le grossissement angulaire est le rapport de l'angle sous lequel l'image finale est observée à travers la lunette à l'angle sous lequel l'objet est vu à l'œil nu. Pour les petits angles, les angles sont exprimés en radians.

RÉPONSE À RETENIR

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

Pour le grossissement usuel, on compare les valeurs des angles. Si l'on tient compte de leur orientation, l'image donnée par la lunette est renversée et les angles orientés peuvent être de signes opposés.

Question Q10.

Sujet p. 5, 6

On admet que le grossissement s'écrit G = f′₁/f′₂, où f′₁ et f′₂ sont les distances focales respectivement de l'objectif et de l'oculaire. Calculer les deux valeurs de grossissement possibles pour cette lunette astronomique.

On applique la relation admise $G = f_1'/f_2'$, avec $f_1' = 400\ \text{mm}$. Le quotient de deux distances focales exprimées dans la même unité est sans dimension.

RÉPONSE À RETENIR

Avec l'oculaire (OcA), $f_2' = 50\ \text{mm}$, donc $G = 400/50 = \boxed{8}$. Avec l'oculaire (OcB), $f_2' = 20\ \text{mm}$, donc $G = 400/20 = \boxed{20}$.

Question Q11.

Sujet p. 5, 6

> À l'aide de la figure 1, vérifier que la lunette astronomique commerciale utilisée permet de distinguer deux extrémités de l'ISS. Commenter la faisabilité pratique de cette observation.

D'après la figure 1 et l'approximation des petits angles, la séparation angulaire de deux points distants de h, observés à la distance D, vaut $\varepsilon \simeq h/D$. Pour une estimation favorable, on prend la longueur de l'ISS, $h = 108\ \text{m}$, et la distance minimale lors d'un passage à la verticale de l'observateur, soit approximativement son altitude : $D = 400\ \text{km} = 4{,}00 \times 10^5\ \text{m}$. Sans lunette, la séparation angulaire estimée est donc :

$$\varepsilon \simeq \frac{108}{4{,}00 \times 10^5} = 2{,}70 \times 10^{-4}\ \text{rad}.$$

La lunette multiplie cette séparation apparente par son grossissement. On compare l'angle obtenu au pouvoir séparateur de l'œil, $2{,}9 \times 10^{-4}\ \text{rad}$.

RÉPONSE À RETENIR

Avec (OcA), le grossissement 8 donne une séparation apparente d'environ $8 \times 2{,}70 \times 10^{-4} = 2{,}16 \times 10^{-3}\ \text{rad}$. Avec (OcB), le grossissement 20 donne environ $20 \times 2{,}70 \times 10^{-4} = 5{,}40 \times 10^{-3}\ \text{rad}$. Ces angles sont supérieurs au pouvoir séparateur de l'œil : dans des conditions favorables, la lunette permet donc théoriquement de distinguer les deux extrémités de l'ISS. En pratique, l'observation est délicate, car il faut repérer et suivre une station qui se déplace rapidement, et l'ISS n'est pas toujours à sa distance minimale ; l'angle apparent est alors plus petit.

Exercice 3

5.5 points

Un champion du monde inattendu

1. Étude du saut de puce le plus long

Question Q1.

Sujet p. 7

> Montrer que la valeur de la poussée d'Archimède F_a exercée par l'air sur la puce est négligeable devant celle de son poids P. Données : ρair = 1,20 kg·m⁻³, g = 9,81 m·s⁻², m = 1,00 mg et Vpuce = 4,19 × 10⁻⁹ m³.

On convertit la masse en unités SI : $m = 1{,}00\ \text{mg} = 1{,}00 \times 10^{-6}\ \text{kg}$. La poussée d'Archimède et le poids ont pour normes :

$F_A = \rho_{\text{air}} V_{\text{puce}} g = 1{,}20 \times 4{,}19 \times 10^{-9} \times 9{,}81 \simeq 4{,}93 \times 10^{-8}\ \text{N}$.

$P = mg = 1{,}00 \times 10^{-6} \times 9{,}81 = 9{,}81 \times 10^{-6}\ \text{N}$.

Le rapport $F_A / P \simeq 5{,}02 \times 10^{-3}$, soit environ $0{,}50\ \%$, est très inférieur à 1.

RÉPONSE À RETENIR

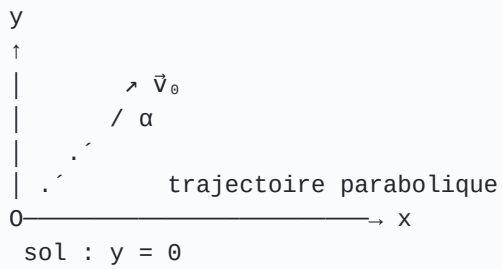
$F_A \simeq 4{,}93 \times 10^{-8}\ \text{N}$ et $P \simeq 9{,}81 \times 10^{-6}\ \text{N}$. La poussée d'Archimède est donc négligeable devant le poids.

Question Q2.

Sujet p. 7

> Reproduire sur la copie les axes (Ox) et (Oy) de la figure 1 et faire apparaître la position initiale de la puce en O, le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$, l'angle α entre $\vec{v}_0$ et l'axe (Ox) et l'allure de la trajectoire attendue.

Au point initial O, le vecteur vitesse $\vec{v}_0$ est dirigé vers la droite et vers le haut ; il fait l'angle α avec l'axe horizontal (Ox). La trajectoire attendue est une parabole concave vers le bas, qui revient au sol $(y = 0)$.



RÉPONSE À RETENIR

Le schéma doit faire apparaître la position initiale en O, $\vec{v}_0$ orienté vers la droite et le haut, l'angle α avec (Ox), et l'allure parabolique de la trajectoire revenant au sol.

Question Q3.

Sujet p. 7

> Établir, en utilisant une loi de Newton, les expressions des coordonnées ax et ay du vecteur accélération dans le repère (Ox ; Oy).

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on néglige les frottements de l'air et, d'après Q1, la poussée d'Archimède devant le poids. La deuxième loi de Newton donne donc $m\vec{a} = \vec{P}$. L'axe Oy étant orienté vers le haut, $\vec{P} = -mg\,\vec{u}_y$, d'où $\vec{a} = -g\,\vec{u}_y$.

RÉPONSE À RETENIR

Les composantes de l'accélération sont $a_x = 0$ et $a_y = -g$.

Question Q4.

Sujet p. 7

> Déduire de la question précédente les équations horaires vx(t) et vy(t) de la vitesse, puis de la position x(t) et y(t) dans le repère (Ox ; Oy).

Les composantes initiales de la vitesse sont $v_x(0) = v_0\cos\alpha$ et $v_y(0) = v_0\sin\alpha$. En intégrant $a_x = 0$ et $a_y = -g$, puis en utilisant la position initiale $x(0) = y(0) = 0$, on obtient les équations horaires.

RÉPONSE À RETENIR

$v_x(t) = v_0\cos\alpha$, $v_y(t) = v_0\sin\alpha - gt$.

$x(t) = v_0\cos\alpha\, t$, $y(t) = v_0\sin\alpha\, t - \dfrac{1}{2}gt^2$.

Question Q5.

Sujet p. 8

> Montrer que l'équation de la trajectoire du saut de la puce est : y(x) = −(1/2)·g·x²/[v₀²·cos²(α)] + tan(α)·x.

Pour $\cos\alpha \neq 0$, l'équation $x(t) = v_0\cos\alpha\, t$ donne $t = x/(v_0\cos\alpha)$. En remplaçant cette expression dans $y(t) = v_0\sin\alpha\, t - \frac{1}{2}gt^2$, il vient $y(x) = x\tan\alpha - \dfrac{gx^2}{2v_0^2\cos^2\alpha}$.

RÉPONSE À RETENIR

$$y(x) = -\frac{1}{2}\,g\,\frac{x^2}{v_0^2\cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha)\,x.$$

Question Q6.

Sujet p. 8

> La distance au sol parcourue durant le saut, entre le point de départ de la puce et le point où elle retombe sur le sol, est appelée la portée et notée p. Déterminer l'expression de la portée p du saut de la puce.

La portée p est la solution non nulle de $y(p) = 0$, puisque la puce retombe au niveau de départ. En factorisant l'équation de Q5, $0 = p\left(\tan\alpha - \dfrac{gp}{2v_0^2\cos^2\alpha}\right)$. La solution non nulle est donc $p = \dfrac{2v_0^2\cos^2\alpha\tan\alpha}{g}$, ce qui se réécrit avec $2\sin\alpha\cos\alpha = \sin(2\alpha)$.

RÉPONSE À RETENIR

$$p = \frac{v_0^2\sin(2\alpha)}{g}.$$

Question Q7.

Sujet p. 8

> Pour le saut de puce le plus long mesuré dans l'étude, on a pu mesurer v_0 = 1,90 m·s^{-1} et α = 45°. Calculer la valeur numérique de la portée de ce saut et commenter le résultat.

On applique la formule de la portée avec $v_0 = 1{,}90\ \mathrm{m\,s^{-1}}$, $\alpha = 45°$ et $g = 9{,}81\ \mathrm{m\,s^{-2}}$:

$$p = \frac{(1{,}90)^2 \sin(90°)}{9{,}81} = 0{,}36799\ldots\ \mathrm{m}.$$

Avec les chiffres significatifs des données, cela donne environ $0{,}368\ \mathrm{m}$, soit $36{,}8\ \mathrm{cm}$. Il s'agit d'une portée calculée dans le modèle de projectile sans frottements de l'air.

RÉPONSE À RETENIR

La portée calculée est $p \simeq 0{,}368\ \mathrm{m}$, soit environ $36{,}8\ \mathrm{cm}$.

Question Q8.

Sujet p. 8

> Recopier sur la copie les lignes 6 et 9 du programme Python de la figure 2 et les compléter avec les valeurs des paramètres expérimentaux correspondant au saut le plus long : v_0 = 1,90 m·s^{-1}, u(v_0) = 0,21 m·s^{-1}, α = 45° et u(α) = 5,7° (l'angle est à renseigner en radians dans le programme).

La ligne 6 reçoit la valeur mesurée de la vitesse initiale en $\mathrm{m\,s^{-1}}$. L'incertitude correspondante est déjà renseignée à la ligne 7 du programme. La ligne 9 demande l'angle en radians : $45° = 45\pi/180 = \pi/4\ \mathrm{rad}$. L'incertitude sur l'angle est déjà renseignée à la ligne 10, en radians.

```
v0 = 1.90
alpha = 45 * np.pi / 180
```

RÉPONSE À RETENIR

Ligne 6 : `v0 = 1.90` ; ligne 9 : `alpha = 45 * np.pi / 180`, soit $\pi/4\ \mathrm{rad}$.

Question Q9.

Sujet p. 8

> Écrire sur la copie un commentaire possible à la ligne 14 du programme expliquant la ligne 15.

La ligne 15 calcule la portée à partir des paramètres du saut. L'expression utilisée est équivalente à $p = v_0^2 \sin(2\alpha)/g$, car $\sin(2\alpha) = 2\sin\alpha\cos\alpha$.

RÉPONSE À RETENIR

Un commentaire possible à la ligne 14 est :

```
# Calcul de la portée p = v0**2 * sin(2*alpha) / g
```

Question Q10.

Sujet p. 8

> À partir des résultats de la simulation, écrire la valeur de l'incertitude-type sur la portée avec deux chiffres significatifs. Écrire alors la valeur de la portée calculée avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

Le résultat affiché par la simulation donne $u(p) = 0{,}0835641\ldots\ \mathrm{m}$. Arrondie à deux chiffres significatifs, l'incertitude-type vaut $0{,}084\ \mathrm{m}$. La portée affichée vaut $0{,}368376\ldots\ \mathrm{m}$; on l'arrondit au même rang décimal que l'incertitude.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $u(p) = 0{,}084\ \mathrm{m}$ et $p = 0{,}368\ \mathrm{m}$, soit $p = (0{,}368 \pm 0{,}084)\ \mathrm{m}$.

Question Q11.

Sujet p. 9

> La portée moyenne calculée pour l'ensemble des sauts réalisés dans l'étude vaut 17,9 cm. Cette portée est prise comme portée de référence. Discuter de l'accord du résultat de la portée du saut de puce le plus long avec la portée de référence.

La valeur de référence est $x_{\mathrm{ref}} = 17{,}9\ \mathrm{cm} = 0{,}179\ \mathrm{m}$. Avec la portée calculée et son incertitude-type, le quotient demandé vaut $\dfrac{|x - x_{\mathrm{ref}}|}{u(x)} = \dfrac{|0{,}368 - 0{,}179|}{0{,}084} \simeq 2{,}25$. Selon le critère usuel d'accord (quotient inférieur ou égal à 2), le résultat est légèrement au-delà de la limite d'accord.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le quotient vaut environ $2{,}25$, supérieur à 2 : selon le critère usuel, la portée du saut le plus long n'est pas en accord avec la valeur de référence de $17{,}9\ \mathrm{cm}$.

2. Record du monde de saut en longueur

Question Q12.

Sujet p. 9

> Après avoir calculé les énergies cinétiques en début de saut de la puce et d'Arne Tvervaag, déterminer la puissance par kilogramme de muscle développée durant l'impulsion précédant le saut par la puce et par le sauteur humain. Commenter. Données pour la puce : $m_1 = 1{,}00 \times 10^{-6}$ kg, masse de muscles sollicitée d'environ 11 % de sa masse totale, $v_0 = 1{,}90$ m·s^{-1} et durée estimée de l'impulsion $1{,}2 \times 10^{-3}$ s. Données pour Arne Tvervaag : $m_2 = 70$ kg, masse de muscles sollicitée d'environ 40 % de sa masse totale, $v_2 = 6{,}0$ m·s^{-1} et durée estimée de l'impulsion 0,40 s.

On estime la puissance moyenne pendant l'impulsion par $P = E_c/\Delta t$, en assimilant l'énergie fournie à l'énergie cinétique acquise au début du saut. La puissance par kilogramme de muscle s'obtient en divisant cette puissance par la masse de muscles sollicitée.

Puce : $E_{c,1} = \frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2}(1{,}00 \times 10^{-6})(1{,}90)^2 = 1{,}805 \times 10^{-6}$ J. La masse musculaire sollicitée vaut $0{,}11 m_1 = 1{,}10 \times 10^{-7}$ kg. Ainsi, $P_1 = E_{c,1}/(1{,}2 \times 10^{-3}) \simeq 1{,}50 \times 10^{-3}$ W, puis $P_1/(0{,}11 m_1) \simeq 1{,}37 \times 10^{4}\ \mathrm{W\,kg^{-1}}$ de muscle.

Arne Tvervaag : $E_{c,2} = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2}(70)(6{,}0)^2 = 1{,}26 \times 10^{3}$ J. La masse musculaire sollicitée vaut $0{,}40 \times 70 = 28$ kg. Donc $P_2 = E_{c,2}/0{,}40 = 3{,}15 \times 10^{3}$ W, et la puissance par kilogramme de muscle vaut $P_2/28 = 112{,}5\ \mathrm{W\,kg^{-1}}$.

RÉPONSE À RETENIR

La puissance moyenne par kilogramme de muscle est d'environ $1{,}4 \times 10^{4}\ \mathrm{W\,kg^{-1}}$ pour la puce et $1{,}1 \times 10^{2}\ \mathrm{W\,kg^{-1}}$ pour Arne Tvervaag. D'après ces estimations, celle de la puce est environ 120 fois plus élevée. La comparaison porte sur les puissances moyennes calculées avec les durées d'impulsion fournies.

Sujet : https://www.labolycee.org/fichiers/2026-09-metropole-j2-sujet-original-7a8791.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.