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 2025 • Jour 2

Code sujet **25-PYCJ2NC1** 3 h 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice I — Synthèse d’un édulcorant : l’aspartame
20 réponses • sujet p. 2–11

Exercice II — La physique s’invite sur un terrain de rugby
11 réponses • sujet p. 5–7

Exercice III — Installation d’un panneau routier
10 réponses • sujet p. 8–10

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

Exercice I

9 points

Synthèse d’un édulcorant : l’aspartame

A – L’acide aspartique

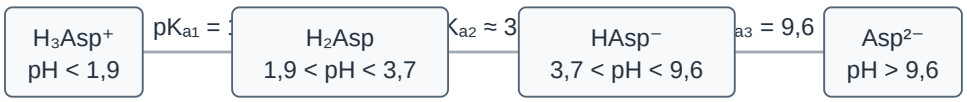
Question 1.

Sujet p. 2

> Tracer le diagramme de prédominance de l’acide aspartique et faire apparaître les quatre formes associées.

À chaque étape de déprotonation, la frontière entre deux formes successives correspond au pH égal au pK_a du couple. Lorsque le pH augmente, l’acide aspartique perd successivement ses protons : H_3Asp^+, puis H_2Asp, puis $HAsp^-$, puis Asp^{2-}.

Diagramme de prédominance de l’acide aspartique



Les formes sont ordonnées selon leur déprotonation quand le pH augmente.

RÉPONSE À RETENIR

Les domaines de prédominance sont : H_3Asp^+ si pH < 1,9 ; H_2Asp si 1,9 < pH < 3,7 ; $HAsp^-$ si 3,7 < pH < 9,6 ; Asp^{2-} si pH > 9,6. À chaque frontière, les deux formes voisines sont en proportions égales.

Question 2.

Sujet p. 2

> Déterminer, en justifiant, la valeur de pK_{a2}.

Sur le diagramme de distribution de la figure 2, le pK_{a2} est le pH auquel les formes H_2Asp et $HAsp^-$ ont le même pourcentage. Le croisement de leurs courbes se lit vers pH = 3,7.

RÉPONSE À RETENIR

La valeur recherchée est donc $pK_{a2} \approx 3{,}7$.

Question 3.

Sujet p. 3

> Justifier que H_2Asp est une espèce amphotère.

Une espèce amphotère peut à la fois céder un proton et en capter un. H_2Asp peut céder un proton pour donner $HAsp^-$; elle peut aussi capter un proton pour donner H_3Asp^+.

RÉPONSE À RETENIR

H_2Asp est amphotère : elle joue le rôle d'acide dans le couple $H_2Asp/HAsp^-$ et celui de base dans le couple H_3Asp^+/H_2Asp.

Question 4.

Sujet p. 3

> Sachant que le pK_a d'un acide carboxylique est inférieur au pK_a d'une amine, représenter la formule topologique de $HAsp^-$ correspondant à la perte d'un proton sur la molécule H_2Asp.

La formule donnée pour H_2Asp est $\mathrm{HOOC-CH_2-CH(NH_3^+)-COO^-}$. La perte d'un proton peut concerner le groupe carboxyle $\mathrm{-COOH}$ ou le groupe ammonium $\mathrm{-NH_3^+}$. Comme le pK_a d'un acide carboxylique est inférieur à celui d'une amine, c'est le proton du groupe carboxyle qui est perdu en premier. Le groupe ammonium reste donc sous la forme $\mathrm{-NH_3^+}$.

RÉPONSE À RETENIR

La formule de $HAsp^-$ est $\mathrm{^-OOC-CH_2-CH(NH_3^+)-COO^-}$. Elle porte deux charges négatives et une charge positive, soit une charge totale de −1.

Question 5.

Sujet p. 2, 3

> Justifier la forme prédominante de l'acide aspartique dans la solution au début du titrage.

Au début du titrage, le pH vaut 2,8. Cette valeur est supérieure à $pK_{a1} = 1{,}9$ et inférieure à $pK_{a2} \approx 3{,}7$. Entre ces deux pK_a, la forme prédominante est H_2Asp, ce qui concorde avec le diagramme de distribution.

RÉPONSE À RETENIR

La forme prédominante au début du titrage est H_2Asp.

Question 6.

Sujet p. 3

> Réaliser le schéma légendé du montage mis en œuvre pour réaliser le titrage.

On place la solution titrante d'hydroxyde de sodium dans une burette graduée, au-dessus du récipient contenant la solution à titrer. L'ajout est effectué progressivement, avec agitation. Pour un titrage pH-métrique, une électrode plongée dans le mélange est reliée à un pH-mètre.

Montage de titrage pH-métrique

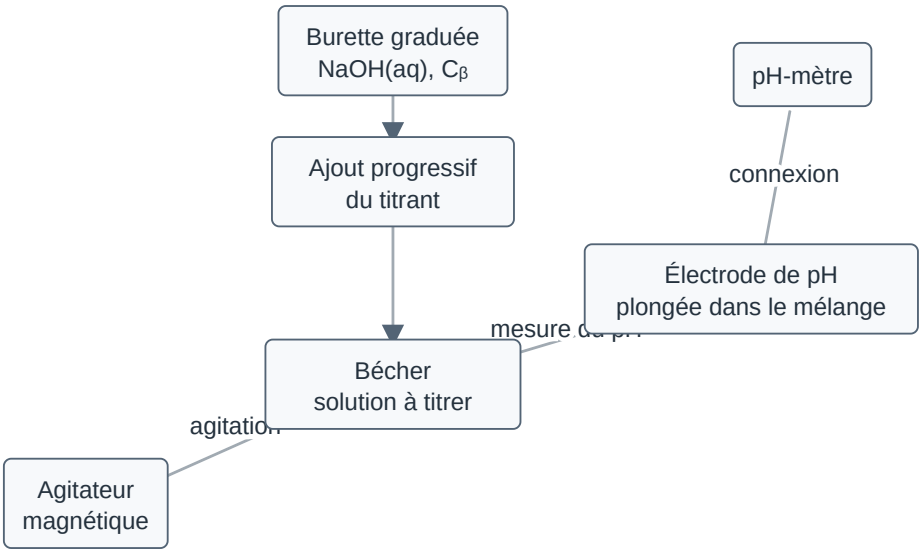


Schéma fonctionnel du titrage pH-métrique.

RÉPONSE À RETENIR

Le montage comporte une burette graduée contenant NaOH(aq), un bécher contenant l'échantillon à titrer, un agitateur magnétique et une électrode de pH reliée au pH-mètre.

Question 7.

Sujet p. 3

Définir l'équivalence.

L'équivalence d'un titrage est atteinte lorsque les réactifs titré et titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation de réaction. Ici, $\mathrm{H_2Asp} + \mathrm{HO^-} \rightarrow \mathrm{HAsp^-} + \mathrm{H_2O}$ comporte un coefficient stœchiométrique égal à 1 pour chacun des deux réactifs.

RÉPONSE À RETENIR

À l'équivalence, $n(\mathrm{HO^-})_{\text{versée}} = n(\mathrm{H_2Asp})_{\text{initiale}}$.

Question 8.

Sujet p. 3, 11

Déterminer graphiquement, à l'aide de la figure 3 de l'annexe à rendre avec la copie page 11/11, la valeur du volume équivalent V_e de solution d'hydroxyde de sodium.

Sur la courbe pH en fonction du volume versé, l'équivalence se repère au point d'inflexion, au milieu du saut de pH. Le saut le plus raide est centré autour de $V_B \approx 9{,}8\ \mathrm{mL}$.

RÉPONSE À RETENIR

La lecture graphique donne $V_E \approx 9{,}8\ \mathrm{mL}$, à la précision permise par le graphique.

Question 9.

Sujet p. 3, 11

> Calculer la valeur de la masse d'acide aspartique contenue dans l'échantillon.

À l'équivalence, la réaction entre H_2Asp et HO^- est dans les proportions 1:1. Donc $n(\mathrm{H_2Asp}) = C_b V_E$. En unités SI, $V_E = 9{,}8 \times 10^{-3}\ \mathrm{L}$, d'où $n = 0{,}100 \times 9{,}8 \times 10^{-3} = 9{,}8 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$. La masse vaut $m = nM = 9{,}8 \times 10^{-4} \times 133 = 0{,}130\ \mathrm{g}$, compte tenu de la précision de lecture de V_E.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'échantillon contient environ $0{,}13\ \mathrm{g}$, soit $1{,}3 \times 10^{2}\ \mathrm{mg}$, d'acide aspartique.

B – Étude de la phénylalanine méthylée

Question 10.

Sujet p. 4

> Nommer les groupes caractéristiques A et B entourés sur la figure 4.

Le groupe A entoure le motif $-\mathrm{C}(=\mathrm{O})-\mathrm{O}-$, caractéristique d'un ester. Le groupe B est le groupe $-\mathrm{NH_2}$ lié à un seul groupe carboné : il s'agit d'une amine primaire.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> A : fonction ester. B : fonction amine primaire.

Question 11.

Sujet p. 4

> Justifier, à partir de la structure de R–NH_2, son caractère basique au sens de Brønsted.

L'atome d'azote du groupe $\mathrm{R}-\mathrm{NH_2}$ possède un doublet non liant. Ce doublet peut servir à capter un proton $\mathrm{H^+}$: selon Brønsted, une espèce capable de capter un proton est une base.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La phénylalanine méthylée est basique au sens de Brønsted, car l'azote de son groupe amine peut capter un proton.

Question 12.

Sujet p. 4

> En déduire la formule de l'acide conjugué de R–NH_2.

L'acide conjugué de la base $\mathrm{R}-\mathrm{NH_2}$ s'obtient en ajoutant un proton sur l'atome d'azote.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'acide conjugué est $\mathrm{R}-\mathrm{NH_3^+}$.

Question 13.

Sujet p. 4

> Établir l'équation de la réaction de la phénylalanine méthylée avec l'eau.

La phénylalanine méthylée capte un proton de l'eau. L'eau cède ce proton et devient l'ion hydroxyde. L'équation doit donc conserver les atomes et les charges des deux côtés.

RÉPONSE À RETENIR

$\mathrm{R-NH_2(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons R-NH_3^+(aq) + HO^-(aq)}$.

Question 14.

Sujet p. 4

> Soit un volume V = 1,00 L d'une solution S de phénylalanine méthylée de concentration en quantité de matière c = 1,00 × 10⁻¹ mol·L⁻¹. Le pH de cette solution est égal à 12,9. Calculer le taux d'avancement final τ et conclure sur la force de la base, la phénylalanine méthylée. Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.

Avec $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$, on utilise $\mathrm{pOH} = 14{,}0 - \mathrm{pH} = 14{,}0 - 12{,}9 = 1{,}1$. Ainsi, $[\mathrm{HO^-}]_{\text{éq}} = 10^{-1{,}1} = 7{,}9 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$. L'autoprotolyse de l'eau est négligeable devant cette concentration. D'après l'équation de réaction, la quantité d'ions $\mathrm{HO^-}$ formée correspond à l'avancement final : $x_f \approx [\mathrm{HO^-}]_{\text{éq}} V$. L'avancement maximal est $x_{\max} = n_0(\mathrm{R-NH_2}) = cV = 1{,}00 \times 1{,}00 \times 10^{-1} = 0{,}100\ \mathrm{mol}$. Par conséquent, $\tau = x_f / x_{\max} \approx (7{,}9 \times 10^{-2} \times 1{,}00)/0{,}100 = 0{,}79$.

RÉPONSE À RETENIR

Le taux d'avancement final est $\tau \approx 0{,}79$, soit environ 79 %. La réaction avec l'eau n'est pas totale : dans les conditions de l'expérience, la phénylalanine méthylée est une base faible.

C – Stratégie de synthèse

Question 15.

Sujet p. 2, 4

> On souhaite créer une liaison entre l'acide aspartique et la phénylalanine méthylée pour obtenir l'aspartame selon l'équation de réaction donnée figure 1 en début d'exercice. Identifier en expliquant, parmi les catégories suivantes, celle à laquelle appartient cette transformation : oxydoréduction, acide-base, addition, élimination, substitution.

Dans le bilan, une liaison entre le carbone du groupe carboxyle de l'acide aspartique et l'azote de la phénylalanine méthylée se forme. Le groupe $-\mathrm{OH}$ du carboxyle est remplacé par le groupe azoté, et une molécule d'eau est formée. Le mécanisme de la figure 5 montre une addition de l'amine sur le carbonyle, suivie d'une élimination ; le bilan global est donc une substitution au niveau du groupe acyle.

RÉPONSE À RETENIR

La transformation est une substitution, plus précisément une substitution nucléophile d'acyle passant par des étapes d'addition puis d'élimination.

Question 16.

Sujet p. 4, 11

> Sur l'étape 1 de la figure 5 de l'annexe à rendre avec la copie page 11/11, faire apparaître les sites donneurs et accepteurs de doublet d'électrons des réactifs impliqués lors de la synthèse.

Dans l'étape 1 de la figure 5, le site donneur est le doublet non liant de l'azote du groupe amine de la phénylalanine méthylée. Le site accepteur est le carbone du groupe carbonyle de l'acide aspartique auquel l'azote se lie dans l'aspartame. Il s'agit du carboxyle porté par le carbone α, à droite dans la représentation de l'acide aspartique de l'annexe, et non du carboxyle de la chaîne latérale.

RÉPONSE À RETENIR

Faire apparaître le doublet donneur sur l'azote $-\mathrm{NH_2}$ de la phénylalanine méthylée et le carbone accepteur du carbonyle du carboxyle α de l'acide aspartique.

Question 17.

Sujet p. 4, 11

> Représenter, sur l'étape 1 de la figure 5 de l'annexe à rendre avec la copie page 11/11, les flèches courbes de l'acte élémentaire correspondant à l'obtention de l'intermédiaire réactionnel.

Pour obtenir l'intermédiaire tétraédrique représenté, le doublet non liant de l'azote attaque le carbone du carbonyle accepteur. Simultanément, les électrons de la liaison π C=O se déplacent vers l'oxygène du carbonyle. L'oxygène devient chargé négativement et l'azote, après avoir formé une nouvelle liaison, porte une charge positive.

RÉPONSE À RETENIR

Tracer les flèches courbes : $\mathrm{N} \longrightarrow \mathrm{C_{carbonyle}}$ et liaison $\pi(\mathrm{C=O}) \longrightarrow \mathrm{O}$.

Question 18.

Sujet p. 4, 11

> Identifier, en justifiant, l'intermédiaire réactionnel de cette synthèse.

Après l'attaque de l'amine, le carbone du carbonyle est lié à quatre groupes : la double liaison C=O est devenue une liaison simple C–O, tandis que le carbone a formé une liaison avec l'azote. L'oxygène porte alors une charge négative et l'azote, qui a formé une liaison supplémentaire en conservant ses deux hydrogènes, porte une charge positive.

RÉPONSE À RETENIR

L'intermédiaire est un intermédiaire tétraédrique zwitterionique, portant un oxygène $\mathrm{O^-}$ et un azote $\mathrm{NH_2^+}$.

Question 19.

Sujet p. 4, 11

> Justifier que d'autres intermédiaires réactionnels sont susceptibles de se former.

L'acide aspartique possède deux groupes carboxyle. Le carbone du carbonyle de chacun de ces groupes peut être un site accepteur pour le doublet de l'amine. Une attaque sur le carboxyle de la chaîne latérale, au lieu du carboxyle α utilisé dans l'aspartame, conduirait à un intermédiaire réactionnel de connectivité différente.

RÉPONSE À RETENIR

D'autres intermédiaires réactionnels sont susceptibles de se former parce que les deux groupes carboxyle de l'acide aspartique offrent des sites accepteurs possibles.

Question 20.

Sujet p. 4, 11

> Proposer une stratégie à adopter pour s’assurer de la formation de l’aspartame uniquement.

Pour orienter le couplage vers le carboxyle α qui doit former la liaison amide, on peut protéger temporairement le carboxyle de la chaîne latérale de l’acide aspartique. On réalise ensuite le couplage avec l’amine de la phénylalanine méthylée, puis on retire le groupe protecteur dans des conditions adaptées.

RÉPONSE À RETENIR

La stratégie consiste à effectuer une synthèse sélective par protection-déprotection : protéger la fonction carboxyle non impliquée, réaliser le couplage voulu, puis déprotéger pour obtenir l’aspartame.

Exercice II

6 points

La physique s'invite sur un terrain de rugby

A – Étude dynamique d'une chandelle

Question 1.

Sujet p. 5, 6

> En précisant la loi utilisée, exprimer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}_G$ du ballon à l'instant t : $a_x(t)$ et $a_z(t)$.

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le ballon est soumis uniquement à son poids, les frottements de l'air étant négligés. D'après la deuxième loi de Newton, $m\vec{a}_G = \vec{P} = m\vec{g}$, donc $\vec{a}_G = \vec{g}$. L'axe Oz est orienté vers le haut alors que le poids est dirigé vers le bas.

RÉPONSE À RETENIR

Les coordonnées sont $a_x(t) = 0$ et $a_z(t) = -g = -9{,}81\ \mathrm{m\cdotp s^{-2}}$, constantes pendant le mouvement.

Question 2.

Sujet p. 5, 6

> Montrer que les équations horaires du mouvement sont : $x(t) = v_0 \times \cos(\alpha) \times t$ et $z(t) = -\frac{1}{2} \times g \times t^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t + h$.

On projette l'accélération sur les axes : $x''(t) = 0$ et $z''(t) = -g$. À l'instant initial, $x(0) = 0$, $z(0) = h$, $x'(0) = v_0 \cos\alpha$ et $z'(0) = v_0 \sin\alpha$. Une première intégration donne $x'(t) = v_0 \cos\alpha$ et $z'(t) = -gt + v_0 \sin\alpha$. En intégrant une seconde fois et en appliquant les positions initiales, on obtient les équations demandées.

RÉPONSE À RETENIR

$$x(t) = v_0 \cos(\alpha) t, \qquad z(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin(\alpha) t + h.$$

Question 3.

Sujet p. 5, 6

> Vérifier que le vol du ballon, jusqu'à ce qu'il touche le sol, dure 3,97 s.

Le ballon touche le sol lorsque $z(t) = 0$. La page 5 indique explicitement $v_0 = 20{,}5\ \mathrm{km\cdotp h^{-1}}$, soit $v_0 = 20{,}5/3{,}6 = 5{,}69\ \mathrm{m\cdotp s^{-1}}$. On résout donc $-\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin(70^\circ) t + 0{,}90 = 0$ et on retient la racine positive, correspondant à la retombée. Avec ces données, $t \approx 1{,}24\ \mathrm{s}$. La durée de $3{,}97\ \mathrm{s}$ mentionnée dans la question est incompatible avec la vitesse et son unité imprimées. Elle serait obtenue si la vitesse initiale était $20{,}5\ \mathrm{m\cdotp s^{-1}}$, mais cette valeur ne peut pas être substituée à la donnée du sujet sans le signaler.

RÉPONSE À RETENIR

Avec la donnée imprimée $v_0 = 20{,}5\ \mathrm{km\cdotp h^{-1}}$, le temps de vol calculé est $\boxed{1{,}24\ \mathrm{s}}$, et non $3{,}97\ \mathrm{s}$. La durée demandée est cohérente avec $20{,}5\ \mathrm{m\cdotp s^{-1}}$, pas avec l'unité fournie page 5.

Question 4.

Sujet p. 5, 6

> Une chandelle est réussie si le joueur de rugby qui a tapé le ballon le récupère. Lors de sa chandelle, le joueur saute et parvient à récupérer son ballon au bout de 3,82 s. Calculer l'altitude du ballon lorsque le joueur le récupère.

On reprend la vitesse initiale telle qu'elle est imprimée : $v_0 = 5{,}69\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Le temps de vol calculé à la question 3 est d'environ $1{,}24\ \mathrm{s}$, inférieur aux $3{,}82\ \mathrm{s}$ annoncées pour la récupération. Le ballon a donc déjà touché le sol à cet instant : il n'a pas d'altitude en vol à $3{,}82\ \mathrm{s}$. À titre de contrôle, prolonger artificiellement l'équation au-delà de l'impact donnerait $z(3{,}82) = -\frac{1}{2}(9{,}81)(3{,}82)^2 + (5{,}69)\sin(70^\circ)(3{,}82) + 0{,}90 \approx -50{,}2\ \mathrm{m}$, valeur qui n'est pas une altitude physique du ballon pendant son vol. La valeur attendue d'environ $2{,}91\ \mathrm{m}$ résulte de l'emploi de $20{,}5\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, contrairement à l'unité de la donnée imprimée.

RÉPONSE À RETENIR

Avec les données imprimées, la récupération en vol au bout de $3{,}82\ \mathrm{s}$ est impossible : le ballon a déjà touché le sol vers $1{,}24\ \mathrm{s}$. Il n'y a donc pas d'altitude de récupération physiquement valable à cet instant.

Question 5.

Sujet p. 5, 6

> Lors de la coupe du monde 2023, le talonneur Julien Marchand a tapé le ballon, puis a sprinté vers le ballon avec une vitesse moyenne de 25,7 km·h⁻¹. Déterminer si Julien Marchand aurait été capable de réussir la chandelle étudiée dans les questions précédentes (chandelle du joueur de rugby précédent avec les mêmes caractéristiques).

Avec la vitesse initiale imprimée, le temps de vol est d'environ $1{,}24\ \mathrm{s}$. La portée horizontale du ballon vaut $x = v_0\cos(70^\circ)t \approx (5{,}69)(\cos 70^\circ)(1{,}24) = 2{,}4\ \mathrm{m}$. La vitesse de Julien Marchand vaut $25{,}7/3{,}6 = 7{,}14\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, donc il peut parcourir environ $7{,}14 \times 1{,}24 = 8{,}8\ \mathrm{m}$ pendant ce temps. En supposant qu'il démarre du point de frappe et court vers le point de chute, cette distance est suffisante. À noter : même si l'on interprétait la vitesse initiale comme $20{,}5\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, la portée serait d'environ $27{,}8\ \mathrm{m}$ et Julien parcourrait environ $28{,}3\ \mathrm{m}$ pendant les $3{,}97\ \mathrm{s}$ de vol ; la conclusion resterait la même.

RÉPONSE À RETENIR

Oui, sous l'hypothèse qu'il part du point de frappe et court vers le point de chute : sa distance parcourable pendant le vol dépasse la portée du ballon. Cette conclusion vaut avec la vitesse imprimée comme avec l'interprétation en $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ qui rend cohérente la durée de vol annoncée.

B – Étude énergétique d'une chandelle

Question 6.

Sujet p. 6

> Relever dans le code de la figure 2 la valeur de la masse du ballon.

À la ligne 8 du code de la figure 2, la variable `m` est affectée à la valeur de la masse du ballon.

RÉPONSE À RETENIR

La masse du ballon est $m = 0{,}440\ \mathrm{kg}$.

Question 7.

Sujet p. 6

> Identifier les grandeurs calculées aux lignes 26 et 27.

À la ligne 26, la racine carrée de la somme des carrés des composantes de la vitesse donne la norme de la vitesse. À la ligne 27, le calcul $0{,}5\,m\,v^2$ correspond à l'énergie cinétique.

RÉPONSE À RETENIR

La ligne 26 calcule la valeur de la vitesse v, en $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$. La ligne 27 calcule l'énergie cinétique E_c, en joules.

Question 8.

Sujet p. 6

> Recopier et compléter le code des lignes 27, 28 et 29 du programme.

L'énergie cinétique est $E_c = \frac{1}{2}mv^2$. Comme l'énergie potentielle de pesanteur est définie nulle pour $z = 0$, on a $E_p = mgz$. L'énergie mécanique est la somme des énergies cinétique et potentielle : $E_m = E_c + E_p$.

RÉPONSE À RETENIR

```
27  Ec = 0.5 * m * v**2
28  Ep = m * g * z
29  Em = Ec + Ep
```

Question 9.

Sujet p. 7

> En justifiant, attribuer la nature de l'énergie correspondant à chaque courbe du graphique de la figure 3.

Sur la figure 3, la courbe 1 est constante : c'est l'énergie mécanique dans le modèle sans frottements. La courbe 2 augmente pendant la montée, atteint un maximum au sommet de la trajectoire, puis diminue pendant la descente : c'est l'énergie potentielle de pesanteur, qui dépend de l'altitude. La courbe 3 suit l'évolution inverse : c'est l'énergie cinétique, liée à la vitesse, qui est minimale au sommet puis augmente pendant la descente.

RÉPONSE À RETENIR

Courbe 1 : énergie mécanique E_m. Courbe 2 : énergie potentielle de pesanteur E_p. Courbe 3 : énergie cinétique E_c.

Question 10.

Sujet p. 5, 7

> Indiquer, en expliquant, si l'hypothèse sur les frottements de l'air, proposée au début de l'exercice, a été prise en compte dans la modélisation numérique.

La courbe 1 de la figure 3, identifiée comme l'énergie mécanique, reste constante au cours du temps. La conservation de l'énergie mécanique est conforme au modèle où les frottements de l'air sont négligés. Si ces frottements étaient pris en compte, l'énergie mécanique du ballon ne resterait pas constante, une partie étant dissipée.

RÉPONSE À RETENIR

Non : les frottements de l'air ne sont pas pris en compte dans la modélisation numérique, comme l'indique la conservation de l'énergie mécanique représentée par la courbe 1.

Question 11.

Sujet p. 5, 6, 7

Le joueur tape le ballon et lui communique une vitesse initiale v_0 dont la valeur est celle de la partie A. Il récupère le ballon à une altitude de 2,90 m. À l'aide d'une étude énergétique, calculer la vitesse du ballon, en km·h⁻¹, lorsqu'il est récupéré par le joueur. Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti : la démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Dans le modèle sans frottements, l'énergie mécanique se conserve entre le départ et la récupération : $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgz_i = \frac{1}{2}mv^2 + mgz_f$. La masse se simplifie, d'où $v^2 = v_0^2 - 2g(z_f - z_i)$. Les altitudes sont $z_i = h = 0{,}90\ \text{m}$ et $z_f = 2{,}90\ \text{m}$, donc $z_f - z_i = 2{,}00\ \text{m}$. Avec la vitesse initiale donnée page 5, $v_0 = 20{,}5/3{,}6 = 5{,}69\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, on obtient $v^2 = (5{,}69)^2 - 2(9{,}81)(2{,}00) \approx -6{,}8\ \text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$. Un carré de vitesse ne peut pas être négatif : l'altitude de $2{,}90\ \text{m}$ n'est pas atteignable avec cette vitesse initiale. Si la vitesse initiale avait été $20{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, la conservation donnerait $v \approx 19{,}52\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 70{,}3\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, mais cette autre valeur n'est pas celle qui est imprimée dans le sujet.

RÉPONSE À RETENIR

Avec la donnée imprimée $v_0 = 20{,}5\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, le ballon ne peut pas atteindre $2{,}90\ \text{m}$: l'équation énergétique donne un carré de vitesse négatif. Il n'existe donc pas de vitesse réelle à cette altitude dans les conditions indiquées. La valeur de $70{,}3\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ne serait obtenue qu'en remplaçant la donnée par $20{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Exercice III

5 points

Installation d'un panneau routier

A – Étude du panneau solaire

Question 1.

Sujet p. 8, 9

> Décrire l'effet photoélectrique mis en jeu lors du fonctionnement de la cellule photovoltaïque.

Dans le silicium, un photon apporte une énergie à un électron de la bande de valence. Si cette énergie est au moins égale à l'énergie du gap, l'électron peut passer dans la bande de conduction ; il se crée alors aussi une lacune dans la bande de valence. Dans la cellule photovoltaïque, la séparation de ces charges permet l'apparition d'un courant électrique dans le circuit extérieur.

RÉPONSE À RETENIR

L'effet photoélectrique dans la cellule est le transfert d'électrons vers la bande de conduction sous l'action des photons, ce qui permet de produire un courant électrique.

Question 2.

Sujet p. 9

> Citer une autre application de ce phénomène.

Une autre application de l'effet photoélectrique est la détection de lumière par un photodétecteur. Par exemple, un détecteur optique peut commander l'ouverture automatique d'une porte.

RÉPONSE À RETENIR

Exemple : un photodétecteur dans un dispositif d'ouverture automatique de porte.

Question 3.

Sujet p. 8, 9

> Calculer la longueur d'onde correspondante λ_seuil nécessaire à l'électron pour franchir le gap d'énergie.

À la limite du franchissement du gap, l'énergie du photon est égale à l'énergie du gap : $E_\gamma = E_{\text{gap}} = hc/\lambda_{\text{seuil}}$. La figure 1 donne $E_{\text{gap}} = 1{,}12\ \text{eV}$. Conversion en joules : $E_{\text{gap}} = 1{,}12 \times 1{,}60 \times 10^{-19} = 1{,}792 \times 10^{-19}$ J. Ainsi, $\lambda_{\text{seuil}} = hc/E_{\text{gap}}$, donc $\lambda_{\text{seuil}} = (6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8})/(1{,}792 \times 10^{-19}) \simeq 1{,}11 \times 10^{-6}\ \text{m}$.

RÉPONSE À RETENIR

La longueur d'onde seuil est $\lambda_{\text{seuil}} \simeq 1{,}11 \times 10^{-6}\ \text{m} = 1{,}11\ \mu\text{m}$, soit environ $1110\ \text{nm}$.

Question 4.

Sujet p. 8, 9

> Indiquer, en vous aidant de la figure 2, si l'utilisation de silicium est adaptée pour une cellule photovoltaïque.

Un photon peut fournir l'énergie nécessaire au franchissement du gap si sa longueur d'onde est inférieure ou égale à $\lambda_{\text{seuil}} \simeq 1110\ \text{nm}$. D'après la figure 2, l'intensité du rayonnement solaire reçu au sol est non nulle sur une large plage de longueurs d'onde inférieures à cette valeur, notamment dans le visible et une partie du proche infrarouge.

RÉPONSE À RETENIR

Oui. Une part importante du rayonnement solaire représenté sur la figure 2 a une longueur d'onde inférieure à environ $1110\ \mathrm{nm}$: ces photons peuvent donc franchir le gap du silicium, ce qui rend ce matériau adapté à une cellule photovoltaïque.

Question 5.

Sujet p. 9

Donner l'expression littérale du rendement du panneau photovoltaïque.

Le rendement est le rapport de la puissance électrique utile fournie par le panneau à la puissance lumineuse reçue. À la puissance maximale, la puissance électrique est $P_{\text{élec}} = U_{\max} I_{\max}$. Pour une surface exposée S et une puissance lumineuse solaire surfacique P_s, la puissance reçue vaut $P_{\text{lum}} = P_s S$.

RÉPONSE À RETENIR

$\eta = \dfrac{P_{\text{élec}}}{P_{\text{lum}}} = \dfrac{U_{\max} I_{\max}}{P_s S}$, où S est la surface exposée du panneau.

Question 6.

Sujet p. 8, 9

Vérifier que la valeur du rendement du panneau photovoltaïque est bien celle indiquée par le fabricant.

La surface exposée est celle du rectangle longueur-largeur ; l'épaisseur n'intervient pas. En unités SI, $S = 0{,}795 \times 0{,}220 = 0{,}1749\ \mathrm{m}^2$. La puissance lumineuse reçue vaut $P_{\text{lum}} = P_s S = 1000 \times 0{,}1749 = 174{,}9\ \mathrm{W}$. La puissance électrique maximale est $P_{\text{élec}} = U_{\max} I_{\max} = 23{,}76 \times 0{,}89 = 21{,}1464\ \mathrm{W}$. Donc $\eta = 21{,}1464 / 174{,}9 \simeq 0{,}1209$.

RÉPONSE À RETENIR

Le rendement calculé est $\eta \simeq 12{,}1\ \%$, ce qui est cohérent, à l'arrondi près, avec les $12\ \%$ annoncés par le fabricant.

B – Cinémomètre

Question 7.

Sujet p. 10

Nommer et décrire le principe physique sur lequel repose le fonctionnement du radar.

Le radar repose sur l'effet Doppler. Il émet une onde électromagnétique qui est réfléchie par le véhicule. Comme le véhicule est en mouvement par rapport au radar, la fréquence de l'onde reçue après réflexion diffère de celle de l'onde émise. Le décalage de fréquence mesuré permet de déterminer la vitesse du véhicule.

RÉPONSE À RETENIR

Le fonctionnement repose sur l'effet Doppler : le mouvement du véhicule entraîne un décalage entre la fréquence de l'onde radar émise et celle de l'onde réfléchie puis reçue.

Question 8.

Sujet p. 8, 10

> Un véhicule s'approche de l'école. Lors du passage de ce véhicule, la différence de fréquence mesurée entre l'onde émise et l'onde reçue est |Δf| = 2010 Hz. Indiquer, en justifiant, si la fréquence du signal reçu est inférieure, égale ou supérieure à celle du signal émis.

Le véhicule s'approche du radar. Dans cette situation, l'effet Doppler fait augmenter la fréquence de l'onde reçue : les fronts d'onde réfléchis arrivent plus rapprochés dans le temps. Le décalage mesuré est non nul, $|\Delta f| = 2010\ \mathrm{Hz}$, et le sens du mouvement permet d'en déterminer le signe.

RÉPONSE À RETENIR

La fréquence du signal reçu est supérieure à celle du signal émis.

Question 9.

Sujet p. 8, 9, 10

> Déterminer si le panneau routier s'éclaire ou non, lors du passage du véhicule.

La relation fournie donne $v = |\Delta f| c/(2 f_E)$. Avec $f_E = 24{,}125\ \mathrm{GHz} = 24{,}125 \times 10^9\ \mathrm{Hz}$, on obtient $v = (2010 \times 3{,}00 \times 10^8)/(2 \times 24{,}125 \times 10^9) \simeq 12{,}5\ \mathrm{m\,s^{-1}}$. En convertissant en kilomètres par heure, $v \simeq 12{,}5 \times 3{,}6 = 45{,}0\ \mathrm{km\,h^{-1}}$. Le seuil d'allumage indiqué page 9 est $25\ \mathrm{km\,h^{-1}}$.

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse du véhicule est d'environ $45\ \mathrm{km\,h^{-1}}$, supérieure au seuil de $25\ \mathrm{km\,h^{-1}}$. Le panneau s'éclaire et ses LED clignotent.

Question 10.

Sujet p. 10

> Le panneau de signalisation est équipé d'une batterie pour stocker l'énergie fournie par le panneau photovoltaïque. La batterie utilisée a une capacité de 4000 mAh. On suppose que l'intensité moyenne nécessaire pour que les LED du panneau routier s'allument et clignotent est I_moyenne = 0,79 A. Déterminer la durée maximale de clignotement du panneau routier possible pendant la nuit. Commenter.

On convertit la capacité : $4000\ \mathrm{mAh} = 4{,}000\ \mathrm{Ah}$. En supposant que toute cette capacité est utilisable et que l'intensité moyenne reste constante, la relation entre capacité, intensité et durée est $Q = It$, donc $t = Q/I$. Ainsi, $t = 4{,}000/0{,}79 \simeq 5{,}06\ \mathrm{h}$. La partie décimale vaut environ $0{,}06 \times 60 \simeq 4$ minutes.

RÉPONSE À RETENIR

La durée maximale théorique de clignotement est d'environ $5{,}1\ \mathrm{h}$, soit environ $5\ \mathrm{h}\ 4\ \mathrm{min}$. Cette estimation suppose que toute la capacité de la batterie est disponible et que l'intensité reste constante. Elle permet plusieurs heures de clignotement, mais ne permet pas, sans connaître la durée de la nuit et les conditions réelles d'utilisation, de garantir un fonctionnement pendant toute la nuit.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2025/spe-physique-chimie-2025-nouv-caledonie-2-sujet-officiel.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.