BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2020

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

obligatoire

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9 y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I - ODEURS (4 points)

Organe des sens très subtil, le nez permet à l'homme de reconnaître environ dix mille senteurs différentes à des concentrations parfois infimes.

Cet exercice se propose d'étudier la structure et la synthèse d'espèces odorantes en chimie.

1. Odeurs et stéréochimie

Un « mécanisme clé-serrure » est impliqué dans l'odorat : des récepteurs à l'extrémité des neurones olfactifs sont activés ou non selon la stéréochimie de la molécule qui va interagir avec les récepteurs. Ainsi, les deux énantiomères du 2-méthylbutan-1-ol présentent des odeurs très différentes ; si l'un a une odeur fraîche et légère, l'autre a l'odeur d'un produit fermenté et gras. Ces deux molécules ont les mêmes propriétés physico-chimiques, présentées ci-dessous :

Propriétés physico-chimiques du 2-méthylbutan-1-ol	
Formule chimique	$C_5H_{12}O$
Masse molaire moléculaire	88,15 $g \cdot mol^{-1}$
Apparence	Liquide incolore
Température de fusion	- 117,2 °C
Température d'ébullition	128,7 °C
Solubilité dans l'eau	31 $g \cdot L^{-1}$
Solubilité dans différents solvants	Soluble dans l'éthanol, l'éther diéthylique, très soluble dans l'acétone

1.1. Représenter la formule semi-développée du 2-méthylbutan-1-ol.

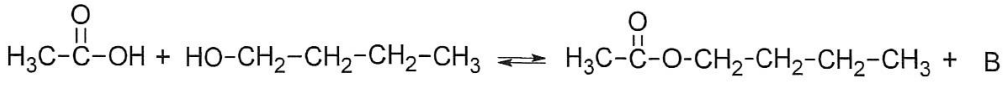
1.2. Représenter les deux énantiomères du 2-méthylbutan-1-ol.

1.3. Lors d'une synthèse, on obtient les deux énantiomères en quantité égale. Comment s'appelle un tel mélange ? Peut-on séparer ces deux énantiomères par distillation ? Justifier.

2. Synthèse d'une espèce chimique odorante

Les chimistes savent reproduire en laboratoire de nombreuses espèces chimiques odorantes existant dans la nature, elles sont notamment utilisées dans les industries cosmétiques et agro-alimentaires.

On étudie la synthèse d'une espèce chimique dont l'odeur est fruitée.
La réaction modélisant la synthèse de l'espèce odorante, nommée A, est représentée ci-dessous :



acide éthanoïque — butan-1-ol — A

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Données :

- données relatives aux réactifs et au produit A de la synthèse :

	Acide éthanoïque	Butan-1-ol	A
Masse molaire moléculaire en $g \cdot mol^{-1}$	60	74	116

- données de spectroscopie infrarouge :

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Caractéristiques de la bande d'absorption
O-H alcool	3200 – 3700	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 – 3200	forte à moyenne, large
C-H	2800 – 3100	forte ou moyenne
C=O ester	1700 – 1740	forte
C=O acide	1680 – 1710	forte

- solubilité de l'acide éthanoïque et de l'ion éthanoate dans l'eau et en solvant organique :

	Eau	Solvant organique
Acide éthanoïque CH_3COOH	soluble	soluble
Ion éthanoate CH_3COO^-	soluble	non soluble

- couples acido-basiques : $(CO_2, H_2O)(aq)$ / $HCO_3^-(aq)$ et $CH_3COOH(aq)$ / $CH_3COO^-(aq)$.

2.1. Réaction de synthèse de l'espèce A

2.1.1. Nommer l'espèce A formée et préciser à quelle famille chimique elle appartient.

2.1.2. Donner la formule brute de l'espèce B formée.

2.2. Protocole de la synthèse

On étudie ici un protocole de synthèse de l'espèce A.
Étape 1 : dans un ballon de 500 mL, placer 60 g d'acide éthanoïque pur et 37 g de butan-1-ol sous la hotte.
Étape 2 : ajouter prudemment 1 mL d'acide sulfurique concentré.
Étape 3 : placer un réfrigérant et chauffer à reflux pendant 6 heures.
Étape 4 : transvaser le mélange réactionnel refroidi dans une ampoule à décanter et ajouter 250 mL d'eau.
Étape 5 : séparer la phase organique et la laver à nouveau avec environ 100 mL d'eau, puis avec environ 75 mL de solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium.
Étape 6 : sécher la phase organique avec 5 à 6 g de sulfate de sodium anhydre. Filtrer.
Étape 7 : procéder à la distillation du filtrat, collecter la fraction qui passe entre 124 °C et 126 °C.

Ce protocole permet d'obtenir 40 g de produit de synthèse.

2.2.1. Identifier le réactif introduit en excès dans le mélange réactionnel. Justifier.

2.2.2. Identifier les deux étapes du protocole dont l'objectif est d'accélérer la réaction. Justifier.

2.2.3. Expliquer l'intérêt de l'ajout des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- lors l'étape 5 du protocole.

2.2.4. Une analyse par spectroscopie IR du produit de synthèse permettrait-elle de vérifier que les réactifs ont été éliminés ? Justifier.

2.2.5. Déterminer la valeur du rendement de cette synthèse. Commenter.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II - SAUT EN PARACHUTE (11 points)

Le jour d'un baptême de saut en parachute, le moniteur indique les consignes à respecter pendant le saut en tandem* et donne l'équipement nécessaire. Un caméraman est présent tout au long de la journée pour filmer les réactions des participants avant, pendant et après le saut.
Arrivé à l'altitude du saut, le pilote met l'avion à l'horizontale, réduit sa vitesse et la fixe à environ 120 km·h^{-1}. Le moniteur ouvre la porte, le tandem s'élance hors de l'avion, alors le saut débute. Environ 50 secondes de chute précèdent l'ouverture du parachute. Très vite, la vitesse verticale maximale est atteinte : environ 200 km·h^{-1}. Quand le parachute s'ouvre, à 1 500 m d'altitude, la descente « sous voile » (parachute ouvert) commence et dure de 5 à 10 minutes.

D'après le site Internet : sport découverte.com

* tandem : deux personnes associées.

L'objectif de cet exercice est d'étudier différentes phases du saut en parachute à l'aide de données expérimentales et de modèles.

Données :

- rayon de la Terre : $R_T = 6{,}37\times10^6$ m ;
- valeur du champ de pesanteur terrestre au niveau du sol : $g_0 = 9{,}81$ m·s^{-2} ;
- masse du tandem avec son équipement : $m = 200$ kg.

1. Étude expérimentale du saut

Lors de son saut, un parachutiste a enregistré, à l'aide de sa montre connectée, l'altitude z au cours du temps t. L'enregistrement des données a débuté dès son entrée dans l'avion, sur la piste de décollage. À son retour, il réalise le graphique suivant en prenant comme origine des temps le début du saut.

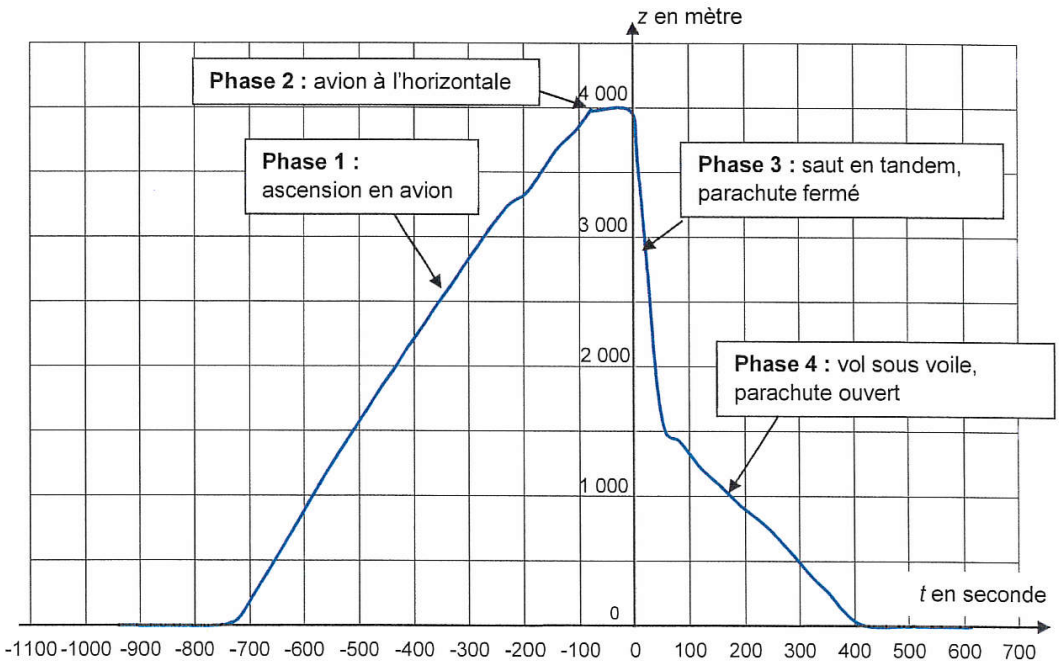


Figure 1. Représentation graphique de l'altitude z en fonction du temps

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Les données recueillies ont été utilisées pour modéliser les équations horaires $z(t)$ correspondant aux phases 1, 2, 3 et 4 du saut, identifiées sur la figure 1.

1.1. Recopier et compléter le tableau ci-dessous, en justifiant brièvement l'affectation des équations horaires aux différentes phases.

$z_a(t) = -50\,t + 4{,}0\times10^3$ $\quad z_b(t) = -4{,}2\,t + 1{,}75\times10^3$ $\quad z_c(t) = 6{,}1\,t + 4{,}6\times10^3$ $\quad z_d(t) = 4{,}0\times10^3$

avec t en seconde, z en mètre et l'origine $z = 0$ prise au niveau du sol.

Phase	Équation horaire $z(t)$
1	
2	
3	
4	

1.2. Montrer que la valeur de la vitesse maximale verticale citée dans l'introduction est compatible avec les données enregistrées par la montre connectée.

2. Étude de la phase 3 du saut

On souhaite étudier l'influence de l'altitude z sur la valeur du champ de pesanteur g. On considère le critère suivant : la valeur g(z) reste constante si elle diffère de moins de 1 % de sa valeur au niveau du sol. L'expression de la valeur du champ de pesanteur g(z) en fonction de l'altitude z est la suivante :

$$g(z) = g_0\left(1 - \frac{2z}{R_T}\right) \text{ si } z << R_T$$

2.1. Peut-on considérer la valeur du champ de pesanteur comme constante et égale à g_0 tout au long du saut ? Justifier.

On étudie, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le mouvement du système {tandem} de masse m au cours de sa chute dans le cadre du modèle de la chute libre. Ce mouvement est étudié dans un repère $(O ; \vec{i}, \vec{k})$. L'origine O du repère est placée au niveau du sol à la verticale de l'avion au moment du saut. Le plan de vol prévoit que le tandem soit largué de l'avion à une altitude h_0. La piste d'atterrissage a une longueur de 1 km et débute en O. Le tandem quitte l'avion avec une vitesse initiale de norme v_0 ; le vecteur $\vec{v_0}$ est horizontal.

On prend $v_0 = 33\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $h_0 = 4\,000$ m.

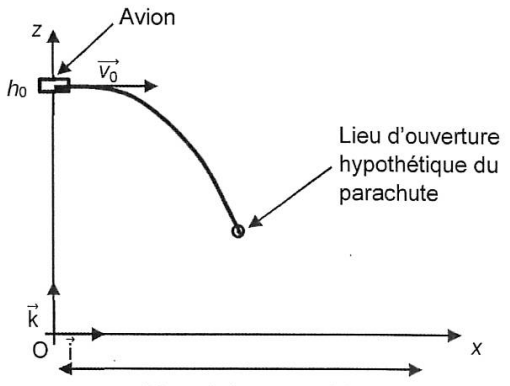


Figure 2. Schéma du mouvement juste après le saut (sans souci d'échelle)

2.2. Montrer que les coordonnées du vecteur accélération du système dans le repère $(O ; \vec{i}, \vec{k})$ sont :

$$a_x(t) = 0 \quad \text{et} \quad a_z(t) = -g_0$$

2.3. Établir que les équations horaires du mouvement du système s'écrivent :

$$x(t) = v_0\,t \quad \text{et} \quad z(t) = -g_0\frac{t^2}{2} + h_0$$

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.4. En déduire que l'équation de la trajectoire z(x) s'écrit :

$$z(x) = -g_0 \frac{x^2}{2v_0^2} + h_0$$

2.5. Le tandem ouvre son parachute à l'altitude z = 1 500 m. Montrer que, dans le cadre de ce modèle, cette ouverture s'effectue au-dessus de la piste.

2.6. Dans le cadre de ce modèle, calculer la valeur de la durée de la phase 3 et la comparer à celle déduite du graphique (figure 1). Conclure sur la pertinence du modèle de la chute libre utilisé dans cette étude.

3. Étude de la phase 4 du saut

Lors de la descente parachute ouvert, le moniteur guide le parachute de manière à maintenir une trajectoire verticale. La force $\vec{F_f}$ modélise l'action de l'air sur le système {tandem}.

3.1. Associer chacun des schémas (réalisés sans souci d'échelle) à un instant de la chute :

- juste après l'ouverture ;
- quelques secondes après l'ouverture.

Justifier à partir des données expérimentales de la partie 1.

Quelques secondes après l'ouverture du parachute, la chute du tandem se fait à vitesse constante. On étudie alors le mouvement dans ces conditions.

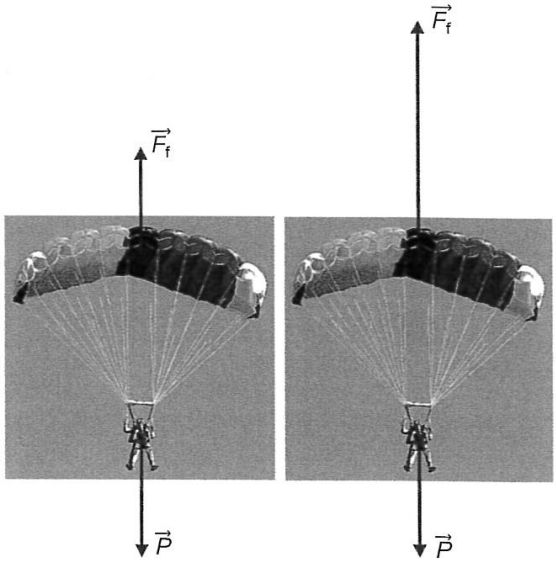


Schéma a Schéma b

3.2. Estimer la valeur de la vitesse verticale du tandem à partir des données expérimentales de la partie 1.

3.3. Déterminer la valeur, notée F_f, de la norme de la force $\vec{F_f}$ qui modélise l'action de l'air sur le système {tandem}.

3.4. L'expression de F_f est donnée par la relation $F_f = k\,v_z^2$, où k est une constante de l'étude et v_z désigne la coordonnée selon l'axe Oz de la vitesse du parachutiste. Montrer que la valeur de la constante k est de $1{,}1 \times 10^2$ S.I. Préciser l'unité de la constante k.

3.5. Calculer la valeur de l'énergie cinétique du tandem avant l'arrivée au sol.

3.6. Le tandem possède un parachute de secours plus petit que le parachute principal. On admet que la valeur de la constante k_S de la force de frottement exercée par ce parachute vérifie la relation : $k_s = \frac{k}{2}$. Dans le cas où ce parachute de secours est utilisé, déterminer la valeur de la vitesse verticale v_{zs} ainsi que celle de l'énergie cinétique du tandem avant l'arrivée au sol. Commenter.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

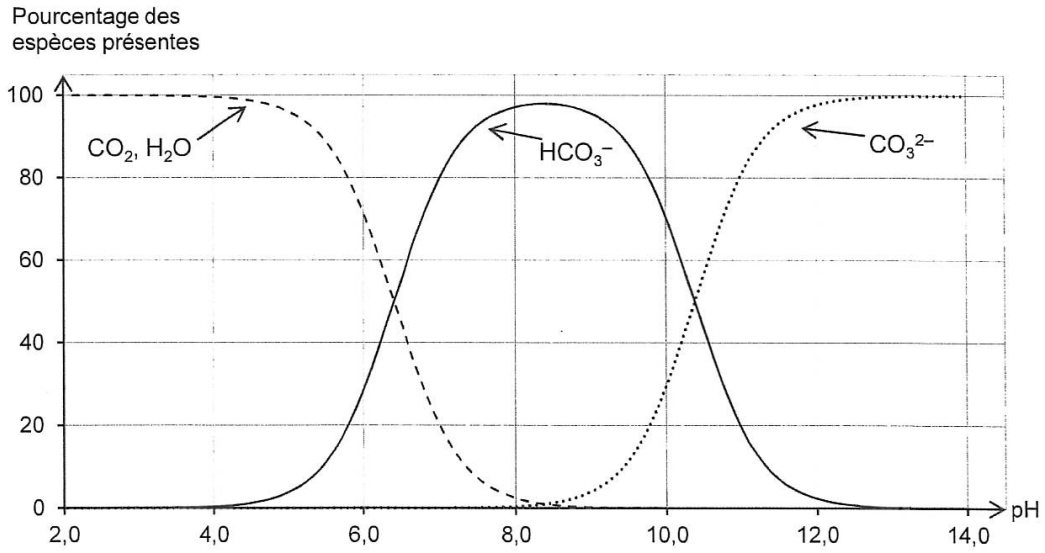
EXERCICE III - LE BICARBONATE DE SODIUM (5 points)

Le bicarbonate de sodium encore appelé hydrogénocarbonate de sodium est un solide ionique, de formule $NaHCO_3$, utilisé pour différentes applications. En cuisine, il permet par exemple de diminuer l'acidité de certaines confitures. On le trouve également dans certains extincteurs à poudre utilisés pour éteindre les feux sur lesquels on ne peut pas projeter de l'eau liquide.

Le but de cet exercice est de comprendre le rôle des ions bicarbonate dans quelques utilisations de la vie courante.

Données :

- couples acido-basique : $(CO_2,H_2O)(aq) / HCO_3^-(aq)$;
  $HCO_3^-(aq) / CO_3^{2-}(aq)$;
  $H_3O^+(aq) / H_2O(\ell)$;
  $H_2O(\ell) / HO^-(aq)$;
- masse molaire du bicarbonate de sodium $M(NaHCO_3) = 84{,}0\ g\cdot mol^{-1}$;
- volume d'une mole de gaz : $V_m = 24{,}0$ L à 20 °C et à pression atmosphérique ;
- la masse volumique de l'air est inférieure à celle du dioxyde de carbone gazeux ;
- degré de pureté d'une espèce chimique = $\dfrac{\text{masse de l'espèce chimique}}{\text{masse totale de l'échantillon contenant l'espèce chimique}}$;
- diagramme de distribution, en fonction du pH, des différentes espèces chimiques appartenant aux deux couples acide/base dans lesquels est engagé l'ion bicarbonate HCO_3^- :



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1. Dosage du bicarbonate de sodium alimentaire



D'après Internet

Dans cette partie, on souhaite déterminer le degré de pureté du bicarbonate de sodium alimentaire. Après dissolution de la poudre alimentaire dans de l'eau, on effectue un titrage de cette solution par de l'acide chlorhydrique ($H_3O^+(aq)$, $C\ell^-(aq)$).
Le protocole expérimental suivi est le suivant :

- dissoudre 10,0 g de poudre alimentaire dans de l'eau pour obtenir un volume de 1,00 L de solution aqueuse notée S_0 ;
- prélever un volume de 20,0 mL de la solution S_0 et l'introduire dans un bécher ;
- placer la sonde du pH-mètre préalablement étalonné dans le bécher ;
- ajouter un peu d'eau pour que la sonde soit suffisamment immergée ;
- placer le bécher sur l'agitateur magnétique et sous la burette remplie d'acide chlorhydrique de concentration molaire $2{,}00\times10^{-1}$ mol·L^{-1} ;
- mesurer le pH de la solution du bécher après chaque ajout d'acide chlorhydrique.

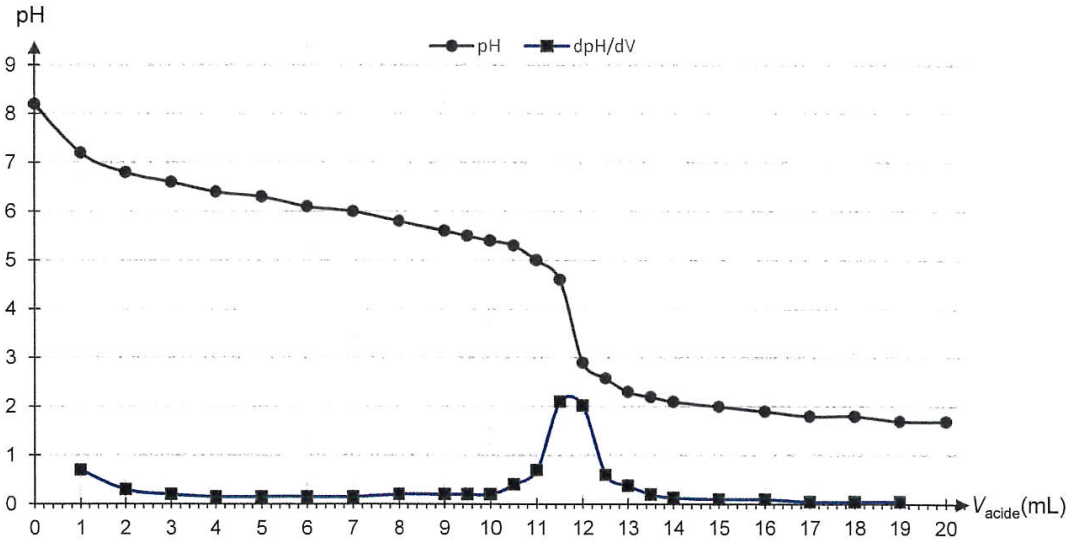


Figure 1. Évolution du pH et de la dérivée du pH en fonction du volume V_{acide} d'acide chlorhydrique versé

1.1. Décrire précisément le protocole permettant de préparer la solution S_0 en précisant le matériel utilisé.

1.2. Justifier que l'ion bicarbonate $HCO_3^-(aq)$ est l'espèce prédominante au début du titrage. Préciser l'espèce prédominante en fin de titrage.

1.3. En déduire l'équation de la réaction support du titrage effectué entre les ions bicarbonate $HCO_3^-(aq)$ et les ions oxonium $H_3O^+(aq)$.

1.4. Définir l'équivalence d'un titrage et expliquer pourquoi le fait de rajouter de l'eau pour que la sonde du pH-mètre soit immergée, ne change pas la valeur du volume versé à l'équivalence.

1.5. Déterminer la valeur du volume de la solution aqueuse d'acide chlorhydrique versé à l'équivalence V_E. En déduire le degré de pureté du bicarbonate de sodium alimentaire.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2. Décomposition thermique du bicarbonate de sodium

À partir de 50 °C, le bicarbonate de sodium se décompose entièrement sous l'action de la chaleur pour former du dioxyde de carbone gazeux.
Pour modéliser cette transformation chimique, on chauffe une masse m = 2,0 g de bicarbonate de sodium.
On récupère un volume V = 286 mL de dioxyde de carbone gazeux mesuré à 20 °C à pression atmosphérique.

2.1. Montrer que la valeur de la quantité de matière de dioxyde de carbone récupérée est égale à $1{,}19\times10^{-2}$ mol.

2.2. Identifier, parmi les deux réactions dont les équations figurent ci-dessous, celle qui modélise la décomposition thermique du bicarbonate de sodium.

$$2\ NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2O(s) + 2\ CO_2(g) + H_2O(g) \qquad (1)$$

$$2\ NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g) \qquad (2)$$

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

2.3. La décomposition thermique du bicarbonate de sodium est notamment utilisée en cuisine et en sécurité incendie.

2.3.1. Lors de la préparation d'un gâteau, le bicarbonate de sodium peut être incorporé en petite quantité avant la cuisson dans la pâte Indiquer la conséquence de cet ajout lors de la cuisson de la pâte à gâteau.

2.3.2. Pour lutter contre les incendies, on cherche à arrêter la réaction de combustion entre le dioxygène de l'air et le combustible. L'utilisation de bicarbonate de sodium éjecté par certains extincteurs permet d'éteindre des incendies sur lesquels on ne peut pas projeter de l'eau liquide.

Expliquer comment le bicarbonate de sodium éjecté permet d'éteindre un feu au sol.



D'après Internet

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer