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 BTS Bioqualité, veuillez visiter :
btsbioqualite.fr/annales-sujets-et-corriges

BTS BIOQUALITÉ • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique-chimie

Session 2005 • Code sujet : **QAPHY** • Durée : **Durée non indiquée dans cette édition**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Thermodynamique de la calcination et hydratation de la chaux vive** (8 questions) — **Page 3**

2. **Chiralité des sucres, monochromateur et suivi polarimétrique de l'hydrolyse** (17 questions) — **Page 6**

3. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://btsbioqualite.fr/assets/annales/bts-bioqualite/E2.2 - Physique-chimie/2005/BTS Bioqualité - E2.2 - Physique-chimie - Session 2005 - 1-Sujet.pdf

1. Thermodynamique de la calcination et hydratation de la chaux vive

Le sujet présente la production industrielle de chaux vive par calcination du calcaire, notamment dans les sucreries, et étudie la spontanéité de la réaction $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$. Une seconde situation porte sur l'hydratation de la chaux vive et l'estimation de l'eau vaporisable à partir de la chaleur dégagée.

Question 1. Calculer la variation d'enthalpie standard molaire de la réaction de calcination à 298 K, puis déterminer si la réaction est exothermique ou endothermique.

Par la loi de Hess, $\Delta_r H^\circ_{298} = \sum \Delta_f H^\circ(\text{produits}) - \sum \Delta_f H^\circ(\text{réactifs}) = (-635,1 - 393,5) - (-1206,9) = +178,3\ \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. L'enthalpie augmente : la réaction absorbe de la chaleur.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta_r H^\circ_{298} = +178,3\ \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$: réaction endothermique.

Question 2. Calculer la variation d'entropie standard molaire de la réaction à 298 K. Indiquer si son signe était prévisible et expliquer pourquoi.

Espèce	Contribution à $\Delta_r S^\circ_{298}$
CaO(s)	$+39,7$
CO_2(g)	$+213,6$
$CaCO_3$(s)	$-92,9$

Donc $\Delta_r S^\circ_{298} = +160,4\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. Le signe positif était prévisible : la réaction forme un gaz à partir de solides, ce qui augmente le désordre.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta_r S^\circ_{298} = +160,4\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$, signe prévisible par la formation de CO_2 gazeux.

Question 3. Calculer la variation d'enthalpie libre standard molaire de la réaction à 298 K et déterminer si la réaction est spontanée à cette température.

On applique $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$, en convertissant l'entropie en $0,1604\ \text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. À 298 K, $\Delta_r G^\circ_{298} = 178,3 - 298 \times 0,1604 = +130,5\ \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. La réaction n'est donc pas spontanée dans les conditions standard.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta_r G^\circ_{298} = +130,5\ \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$: réaction non spontanée.

Question 4. À l'aide de la courbe de l'annexe représentant l'évolution de l'enthalpie libre standard avec la température, déterminer à partir de quelle température la réaction devient spontanée et vérifier la compatibilité avec les informations de l'introduction.

1. La spontanéité standard commence lorsque $\Delta_r G^\circ$ devient négative.
2. Sur l'annexe, la courbe coupe zéro vers $1,1 \times 10^3$ K, soit environ $840\ ^\circ\mathrm{C}$.
3. Ce seuil est inférieur aux températures des fours, de 900 à 1300 °C : c'est compatible avec l'introduction.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La réaction devient spontanée vers $1,1 \times 10^3$ K, soit environ 840 °C, en accord avec les températures de calcination indiquées.

Question 5. À 1400 K, sachant que la constante d'équilibre vaut K = 44,3, déduire la variation d'enthalpie libre standard molaire de la réaction à cette température.

À l'équilibre, $\Delta_r G^\circ = -RT\ln K$. Ainsi, à 1400 K, $\Delta_r G^\circ_{1400} = -8,314 \times 1400 \times \ln(44,3) \approx -44,1\ \mathrm{kJ\cdotp mol^{-1}}$, après conversion des joules en kilojoules.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta_r G^\circ_{1400} \approx -44,1\ \mathrm{kJ\cdotp mol^{-1}}$.

Hydratation de la chaux vive

Question 6.1. Calculer la quantité de chaleur Q dégagée par la réaction d'hydratation lorsqu'une tonne de chaux vive est consommée.

La masse molaire de CaO vaut $M = 40,1 + 16,0 = 56,1\ \mathrm{g\cdotp mol^{-1}}$. Une tonne correspond à $1,00 \times 10^6$ g, soit $n = 1,00 \times 10^6 / 56,1$ mol. La réaction dégage 65,5 kJ par mole : $Q = n \times 65,5 \approx 1,17 \times 10^6$ kJ.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q \approx 1,17 \times 10^6\ \mathrm{kJ} = 1,17\ \mathrm{GJ}$ dégagés.

Question 6.2. Exprimer la masse d'eau vaporisable en fonction de Q et de la chaleur latente de vaporisation de l'eau, en négligeant la chaleur nécessaire à l'élévation de température de l'eau.

La chaleur dégagée vaporise l'eau : $Q = n_{\mathrm{eau}} L_v$. Comme $m_{\mathrm{eau}} = n_{\mathrm{eau}} M_{\mathrm{eau}}$ et $M_{\mathrm{eau}} = 2M_H + M_O = 18,0\ \mathrm{g\cdotp mol^{-1}}$, on obtient $m_{\mathrm{eau}} = Q M_{\mathrm{eau}} / L_v$. Avec Q en kJ et L_v en kJ·mol⁻¹, la masse est en grammes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$m_{\text{eau}} = \dfrac{Q}{L_v} \times 18,0$ g, avec Q en kJ et L_v en kJ·mol⁻¹.

Question 6.3. **À partir de la définition de la masse volumique, déduire le volume d'eau vaporisable, puis vérifier si le résultat est compatible avec le texte fourni.**

Grandeur	Calcul	Valeur
Masse d'eau	$(1,1676 \times 10^{6}/44) \times 18,0$	$4,78 \times 10^{5}$ g, soit 478 kg
Volume d'eau	$V = m/\rho$, avec $\rho = 1\ \text{kg}\cdotp\text{L}^{-1}$	478 L, soit 0,478 m³

Le volume calculé dépasse la plage annoncée de 0,3 à 0,4 m³ : il n'est pas compatible avec cette estimation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$V_{\text{eau}} \approx 0,478\ \text{m}^3$, supérieur aux 0,3 à 0,4 m³ annoncés.

2. Chiralité des sucres, monochromateur et suivi polarimétrique de l'hydrolyse

L'épreuve étudie l'hydrolyse acide du saccharose en glucose et fructose, réaction associée à l'épuration du jus de betterave et suivie par polarimétrie. Les questions portent sur la représentation et la chiralité des sucres, le réglage d'un monochromateur à réseau, puis l'évolution des rotations optiques et des concentrations au cours de la réaction.

A. Glucose, fructose et chiralité

Question 1. Donner la signification des termes dextrogyre et lévogyre.

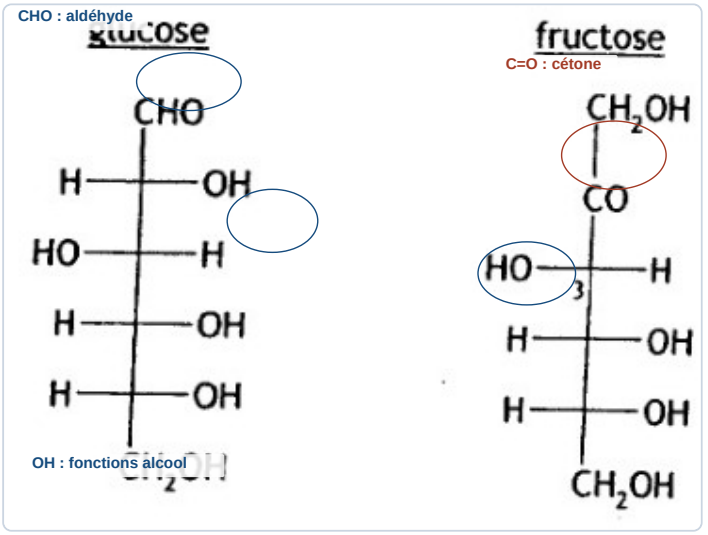
Au polarimètre, une substance **dextrogyre** dévie le plan de polarisation vers la droite et donne une rotation positive. Une substance **lévogyre** le dévie vers la gauche et donne une rotation négative. Ces termes décrivent le sens de rotation observé, sans permettre de déduire la configuration absolue R ou S de la molécule.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dextrogyre : rotation vers la droite, angle positif. Lévogyre : rotation vers la gauche, angle négatif.

Question 2. Recopier les représentations de Fischer du glucose et du fructose fournies, entourer les fonctions présentes et nommer chacune d'elles.

Dans la forme ouverte de Fischer, le glucose porte une fonction **aldéhyde** à son extrémité CHO et des fonctions **alcool** sur ses groupes OH. Le fructose porte une fonction **cétone** au C2 et des fonctions alcool. Le visuel repère les groupes caractéristiques sur les deux représentations.

Fonctions du glucose et du fructose

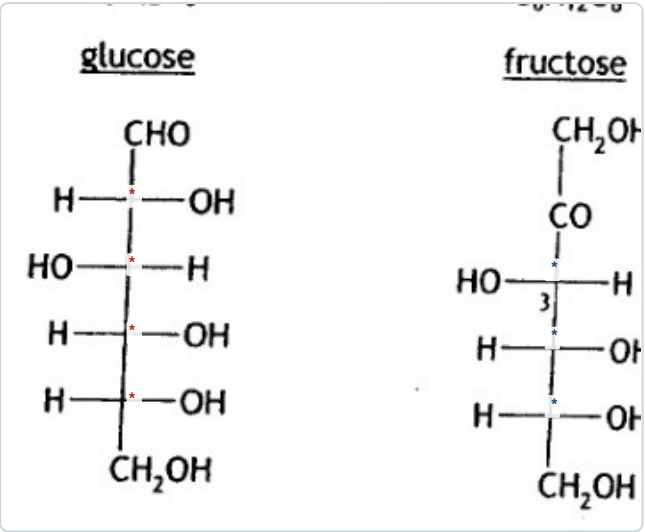


> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Glucose : aldéhyde et alcools. Fructose : cétone et alcools.

Question 3. Repérer par un astérisque les carbones asymétriques sur les représentations de Fischer du glucose et du fructose.

Un carbone asymétrique est lié à quatre substituants différents. Dans le glucose ouvert, C1 est le carbone de l'aldéhyde et C6 est le carbone terminal CH_2OH : les centres asymétriques sont C2 à C5. Dans le fructose, C2 est le carbone carbonylé et les carbones terminaux ne sont pas asymétriques : les centres sont C3 à C5. Les étoiles sont placées sur ces carbones dans le visuel.

Carbones asymétriques marqués par une étoile



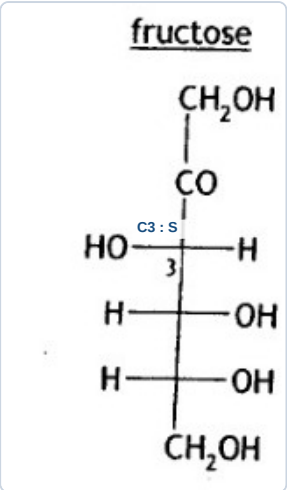
✓ RÉPONSE À RETENIR

Glucose : C2*, C3*, C4*, C5*. Fructose : C3*, C4*, C5*.

Question 4. Déterminer la configuration absolue R ou S du carbone 3 du fructose, en justifiant la réponse et en énonçant les règles utilisées.

Au C3, les règles de Cahn-Ingold-Prelog classent les substituants ainsi : OH (1), chaîne vers C2 (2), chaîne vers C4 (3), H (4). La chaîne vers C2 est prioritaire, car C2 est lié à deux oxygènes en comptant la double liaison C=O. Sur la Fischer, H est horizontal et vient vers l'observateur : il faut donc inverser le sens lu pour les priorités 1, 2 et 3.

Configuration absolue du C3 du fructose



✓ RÉPONSE À RETENIR

La configuration absolue du C3 du fructose est S.

B. Monochromateur

Question 1. Indiquer comment placer la lentille mince par rapport à la source lumineuse afin d'obtenir un faisceau de rayons parallèles incident sur le réseau.

La lentille doit être **convergente**. Placer la source ponctuelle au foyer objet, sur l'axe optique. Les rayons issus de ce foyer émergent parallèles à l'axe après la lentille. Le réseau reçoit ainsi le faisceau parallèle demandé.

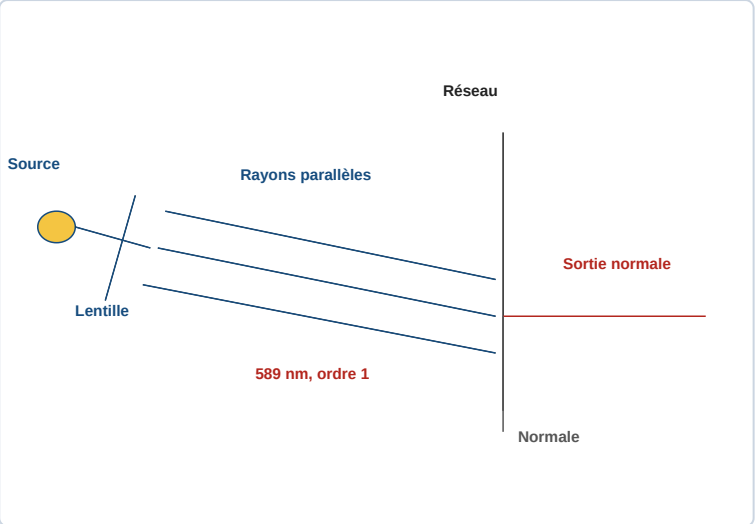
✓ RÉPONSE À RETENIR

Placer la source au foyer objet d'une lentille convergente.

Question 2. Réaliser un schéma montrant le cheminement de la lumière depuis la source jusqu'à la sortie du réseau, en tenant compte de la radiation de longueur d'onde 589 nm et de l'ordre 1.

La source placée au foyer de la lentille produit un faisceau parallèle. Celui-ci arrive obliquement sur le réseau, par rapport à sa normale. Pour la radiation de longueur d'onde 589 nm à l'ordre 1, le faisceau diffracté sort normalement au réseau. Le schéma distingue le faisceau incident et le faisceau émergent.

Cheminement lumineux dans le monochromateur



✓ RÉPONSE À RETENIR

Faisceau incident parallèle et oblique ; sortie normale pour 589 nm à l'ordre 1.

Question 3. Calculer l'angle d'incidence i pour que la radiation de longueur d'onde 589 nm, à l'ordre 1, sorte normalement au réseau. Utiliser la formule fournie et le pas du réseau correspondant à 500 traits par millimètre.

Le pas vaut **$a = 1/(500 \times 1000) = 2{,}00 \times 10^{-6}$ m**. Avec $i' = 0$ et $k = 1$, la formule donne $-a \sin(i) = \lambda$, donc $\sin(i) = -589 \times 10^{-9}/(2{,}00 \times 10^{-6})$. Le signe indique le sens choisi pour l'angle ; sa valeur absolue est 17,1°.

✓ RÉPONSE À RETENIR

i = −17,1° selon la convention de la formule, soit 17,1° en valeur absolue.

C. Justification du terme « inversion »

Question 1. Donner la signification de chacun des termes de la loi de Biot $\alpha = [\alpha]_0 Cl$ et préciser l'unité de chacun.

Dans la loi de Biot, α est l'angle de rotation optique mesuré, en degrés. $[\alpha]_0$ est le pouvoir rotatoire spécifique, exprimé ici en $°\cdot mol^{-1}\cdot m^2$. C est la concentration molaire, en $mol\cdot m^{-3}$, et l est la longueur traversée dans le tube, en mètres. Le produit $[\alpha]_0 Cl$ donne un angle en degrés.

✓ RÉPONSE À RETENIR

α : degré ; $[\alpha]_0$: $°\cdot mol^{-1}\cdot m^2$; C : $mol\cdot m^{-3}$; l : m.

Question 2.1. **En supposant qu'aucune molécule de saccharose ne soit hydrolysée à l'instant initial, calculer la concentration C_0 en saccharose dans le mélange S à t = 0, en mol·m⁻³.**

Les 25 mL prélevés dans S_1 contiennent 5,0 g de saccharose. Après ajout de 25 mL de S_2, le volume total est 50 mL, soit 0,050 L. Avec M = 342 g·mol^{-1}, C_0 = (5,0/342)/0,050 = 0,292 mol·L^{-1}. La conversion en SI multiplie cette valeur par 1000.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> C_0 = 292 mol·m⁻³, soit 0,292 mol·L⁻¹.

Question 2.2. **Calculer l'angle de rotation initial $\alpha_0 = \alpha(t = 0)$.**

À t = 0, seul le saccharose est présent parmi les sucres optiquement actifs. La loi de Biot donne $\alpha_0 = [\alpha]_s C_0 l$. Avec $[\alpha]_s$ = +0,227 °·mol^{-1}·m^2, C_0 = 292,4 mol·m^{-3} et l = 20 cm = 0,20 m, on calcule l'angle initial.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> α_0 = +13,3°.

Question 3.1. **En utilisant l'additivité de la grandeur α, exprimer la rotation de la solution S en fonction des concentrations, des pouvoirs rotatoires spécifiques des espèces présentes et de la longueur l du tube.**

La loi de Biot est additive : la rotation totale est la somme des contributions du saccharose, du glucose et du fructose. Pour chaque espèce, la contribution est le produit de son pouvoir rotatoire spécifique, de sa concentration et de la longueur du tube. En notant s, g et f les trois sucres, on obtient :

$\alpha = l([\alpha]_s C_s + [\alpha]_g C_g + [\alpha]_f C_f)$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\alpha = l([\alpha]_s C_s + [\alpha] g C^g + [\alpha] f C^f)$.

Question 3.2. **À partir de l'équation-bilan de l'hydrolyse, écrire la relation entre les concentrations Cg en glucose et Cf en fructose.**

L'équation d'hydrolyse forme une mole de glucose et une mole de fructose par mole de saccharose consommée. Les deux produits sont formés dans le même volume réactionnel et sont initialement absents. Leurs concentrations formées sont donc égales.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $C_f = C_g$.

Question 3.3. **En utilisant la conservation de la matière $C_o = Cg + Cs$, montrer la relation fournie entre Cf, les pouvoirs rotatoires spécifiques des sucres et C_o.**

Lorsque $\alpha = 0$, $[\alpha]_s C_s + [\alpha]_g C_g + [\alpha]_f C_f = 0$. La stœchiométrie donne $C_g = C_f$, et $C_s = C_0 - C_f$. En substituant ces relations dans l'équation de rotation, puis en isolant C_f, on obtient la relation demandée :

$C_f = [\alpha]_s C_0 / ([\alpha]_s - [\alpha]_f - [\alpha]_g)$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $C_f = [\alpha]_s C_o / ([\alpha]_s - [\alpha]f - [\alpha]g)$.

Question 3.4. **Calculer la concentration Cf en fructose dans le mélange réactionnel lorsque la rotation α est nulle.**

À $\alpha = 0$, on utilise $C_0 = 292{,}4$ mol·m^{-3}, $[\alpha]_s = +0{,}227$, $[\alpha]_f = -0{,}315$ et $[\alpha]_g = +0{,}180$ °·mol^{-1}·m^2. Le dénominateur vaut $0{,}227 - (-0{,}315) - 0{,}180 = 0{,}362$. La relation précédente donne la concentration en fructose.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $C_f = 183$ mol·m^{-3} lorsque $\alpha = 0$.

Question 3.5. **Déduire la concentration Cs en saccharose dans le mélange lorsque la rotation α est nulle.**

La conservation de la matière donne $C_0 = C_g + C_s$. Comme $C_g = C_f$, la concentration résiduelle en saccharose est $C_s = C_0 - C_f$. On utilise les valeurs au moment où $\alpha = 0$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $C_s = 109$ mol·m^{-3} lorsque $\alpha = 0$.

Question 4. **Rappeler la définition d'un catalyseur et préciser le type de catalyse mis en œuvre par les ions hydrogène dans cette réaction.**

Un catalyseur accélère une réaction en proposant un mécanisme de plus faible énergie d'activation. Il est régénéré au cours du mécanisme et n'est pas consommé dans le bilan global. Les ions H^+ et les réactifs étant dans la même phase aqueuse, il s'agit d'une catalyse homogène, plus précisément acide.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Catalyse homogène acide par les ions H^+.

Question 5. Citer deux autres paramètres permettant d'augmenter la vitesse de la réaction d'inversion du saccharose.

La vitesse peut notamment être augmentée en élevant la température ou en augmentant la concentration d'un réactif. Une hausse de température accroît la proportion de molécules capables de franchir la barrière d'activation ; une concentration plus élevée augmente la fréquence des rencontres entre réactifs.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Augmenter la température et la concentration en saccharose.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2005)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de physique-chimie « Dans une sucrerie », repère QAPHY, sans session, durée ni coefficient indiqués. En deux parties notées sur 20, elle étudie la calcination et l'hydratation de la chaux, puis l'hydrolyse du saccharose. Elle évalue les calculs thermodynamiques et thermiques, la chiralité, les réseaux de diffraction, la polarimétrie, les bilans de matière et la cinétique.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une réaction, $\Delta rH°$ et $\Delta rS°$ se calculent en faisant la somme des grandeurs des produits moins celle des réactifs, pondérées par les coefficients stœchiométriques.
- La spontanéité à température donnée se détermine par le signe de $\Delta rG° = \Delta rH° - T\Delta rS°$: une valeur négative indique une évolution spontanée dans le sens étudié.
- Pour un réseau, $a(\sin i' - \sin i) = k\lambda$; le pas a est l'inverse du nombre de traits par unité de longueur.
- La loi de Biot s'écrit $\alpha = [\alpha]_0 Cl$ pour une espèce ; les rotations des constituants s'additionnent dans un mélange.

Points de vigilance & attentes du jury

- Respecter les unités et convertir les grandeurs avant les calculs, notamment l'entropie en $J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ et les quantités de matière.
- Pour $\Delta rG°$, garder des unités cohérentes entre $\Delta rH°$ et $T\Delta rS°$, et interpréter le signe à la température demandée.
- Sur une projection de Fischer, repérer uniquement les carbones liés à quatre substituants différents comme carbones asymétriques.
- Dans les calculs polarimétriques, tenir compte de la dilution au mélange et utiliser la longueur du tube dans l'unité requise par la loi de Biot.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment décider si la calcination est spontanée à une température donnée ?

Calculez $\Delta rG° = \Delta rH° - T\Delta rS°$ avec des unités cohérentes. Si $\Delta rG°$ est négative, la réaction est spontanée dans le sens écrit dans les conditions considérées ; si elle est positive, elle ne l'est pas.

Q : Comment utiliser la loi de Biot pour le mélange de sucres ?

Calculez la rotation de chaque espèce avec $\alpha_i = [\alpha]_i C_i l$, puis additionnez les contributions. Utilisez les concentrations du mélange final, la longueur du tube et des unités compatibles avec celles des pouvoirs rotatoires spécifiques.

Q : Que faire si aucune durée ni aucun coefficient ne sont indiqués sur le sujet fourni ?

Ne les déduisez pas des points attribués aux parties. Dans ce document, les pages disponibles donnent les points des deux parties, mais n'impriment ni durée officielle ni coefficient ; ces champs doivent donc rester vides.

Q : Quelles étapes vérifier pour la question sur le réseau de diffraction ?

Convertissez d'abord le nombre de traits par millimètre en pas du réseau, puis identifiez l'ordre et les angles d'incidence et de sortie. Substituez-les dans la relation fournie et vérifiez que l'angle obtenu est physiquement cohérent.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsbioqualite.fr/assets/annales/bts-bioqualite/E2.2 - Physique-chimie/2005/BTS Bioqualité - E2.2 - Physique-chimie - Session 2005 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Bioqualité : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

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.