BURHAN

Réactions d'estérification et d'hydrolyse : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/esterification-et-hydrolyse/exercices/entrainement

Chapitre	Palier	Exercices
Réactions d'estérification et d'hydrolyse	Entraînement	7

Exercice 1

Composition finale d'un mélange équimolaire pesé

On mélange dans un ballon une masse $m_1 = 13{,}2\,\text{g}$ d'acide butanoïque et une masse $m_2 = 9{,}00\,\text{g}$ de propan-1-ol, puis on porte le mélange à reflux, en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique, jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. L'estérification a pour constante d'équilibre $K = 4$.

Espèce	masse molaire
acide butanoïque	$88{,}0\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
propan-1-ol	$60{,}0\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
ester formé	$130\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1.

Calculer les quantités initiales d'acide et d'alcool, puis justifier que le mélange est équimolaire.

INDICE

Divisez chaque masse par la masse molaire de l'espèce correspondante.

2.

Dresser le tableau d'avancement et exprimer la constante d'équilibre K en fonction de l'avancement final x_f.

INDICE

Les quatre espèces sont dans le même mélange sans solvant : écrivez la constante avec leurs quantités de matière.

3.

Calculer x_f et le taux d'avancement final τ.

INDICE

Les deux membres de l'expression étant positifs, une racine carrée simplifie la résolution.

4.

Donner la composition du mélange à l'équilibre.

INDICE

Reportez la valeur de l'avancement final dans la dernière ligne du tableau.

5.

Calculer la masse d'ester présente à l'équilibre.

INDICE

Une quantité de matière multipliée par une masse molaire donne une masse.

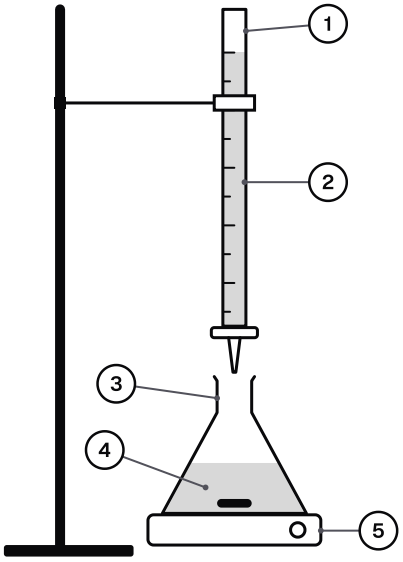
Exercice 2

Suivi par titrage de l'acide butanoïque restant

Des tubes identiques contiennent chacun $n_0 = 1{,}20 \times 10^{-2}\,\text{mol}$ d'acide butanoïque et autant de propan-1-ol, sans catalyseur ; scellés, ils sont placés dans un bain-marie à $80\,^\circ\text{C}$. À la date t, on sort un tube, on verse son contenu dans de l'eau glacée, puis on dose l'acide qui reste par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_B = 0{,}300\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, en présence de phénolphtaléine (document 1).

Le document 2 donne le volume équivalent V_E obtenu pour chaque tube. La constante d'équilibre de l'estérification vaut $K = 4$.

t (h)	V_E (mL)
0	40,00
2	29,30
4	23,20
8	17,40
16	14,40
32	13,40
48	13,40



Document 1 : dosage colorimétrique de l'acide restant dans le contenu d'un tube refroidi.

1 : burette graduée

2 : solution d'hydroxyde de sodium

3 : erlenmeyer

4 : contenu du tube, eau glacée et phénolphtaléine

5 : agitateur magnétique

1.

Expliquer pourquoi le contenu du tube est versé dans de l'eau glacée avant le dosage.

INDICE

Quels facteurs fixent la vitesse d'une réaction, et comment ce versement les modifie-t-il ?

2.

Écrire l'équation de la réaction de dosage, en notant l'acide $\mathrm{R{-}COOH}$, et exprimer la quantité d'acide n_A présente dans un tube en fonction de c_B et de V_E.

INDICE

Quelle relation entre quantités de matière caractérise l'équivalence d'un titrage ?

3.

Dresser le tableau d'avancement de l'estérification dans un tube, calculer l'avancement x_4 à la date $t = 4\,\mathrm{h}$ et en déduire la composition du tube à cette date.

INDICE

L'acide restant est égal à la quantité initiale diminuée de l'avancement.

4.

À l'aide du document 2, indiquer à partir de quelle date le tube est à l'équilibre, puis calculer l'avancement final x_f et le taux d'avancement final τ.

INDICE

Repérez les dates pour lesquelles le volume équivalent cesse de changer.

5.

Calculer la valeur de la constante d'équilibre déduite des mesures et la comparer à $K = 4$.

INDICE

À l'équilibre, la constante s'écrit avec les quantités des quatre espèces du tube.

Exercice 3

Hydrolyse d'un mélange équimolaire de méthanoate de méthyle et d'eau

On mélange $V_1 = 30{,}8\,\mathrm{mL}$ de méthanoate de méthyle et $V_2 = 9{,}00\,\mathrm{mL}$ d'eau, avec quelques gouttes d'acide sulfurique, et l'on chauffe à reflux jusqu'à l'équilibre. La constante d'équilibre associée à l'hydrolyse vaut $K' = 0{,}25$.

Espèce	masse volumique	masse molaire
méthanoate de méthyle	$0{,}974\,\mathrm{g\cdot mL^{-1}}$	$60{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$
eau	$1{,}00\,\mathrm{g\cdot mL^{-1}}$	$18{,}0\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$

1.

Écrire l'équation de l'hydrolyse du méthanoate de méthyle $\mathrm{H{-}COO{-}CH_3}$ et nommer ses produits.

INDICE

L'eau coupe l'ester au niveau de l'oxygène relié au groupe méthyle.

2.

Calculer les quantités initiales n_1 d'ester et n_2 d'eau.

INDICE

La masse de chaque liquide s'obtient à partir de son volume et de sa masse volumique.

3.

Dresser le tableau d'avancement de l'hydrolyse et écrire l'expression de K' en fonction de l'avancement final x_f.

INDICE

Ici, l'ester et l'eau sont les réactifs : l'acide et l'alcool sont absents au départ.

4.

Calculer x_f, puis donner la composition du mélange à l'équilibre.

INDICE

Prenez la racine carrée des deux membres, qui sont positifs.

5.

On mélange à présent $0{,}500\,\mathrm{mol}$ d'acide méthanoïque et $0{,}500\,\mathrm{mol}$ de méthanol ; la constante de l'estérification vaut $K = 4$. Montrer que l'état d'équilibre atteint est le même.

INDICE

Calculez l'avancement final de cette estérification, puis comparez les quantités des quatre espèces.

Exercice 4

Excès de butan-1-ol dans l'estérification de l'acide butanoïque

On réalise deux mélanges d'acide butanoïque et de butan-1-ol, chauffés à reflux avec quelques gouttes d'acide sulfurique jusqu'à l'équilibre. La constante d'équilibre de l'estérification vaut $K = 4$.

Mélange	acide butanoïque	butan-1-ol
(1)	$0{,}180\,\text{mol}$	$0{,}180\,\text{mol}$
(2)	$0{,}180\,\text{mol}$	$0{,}360\,\text{mol}$

1.

Pour un mélange équimolaire, $\tau = \dfrac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$. En déduire le taux d'avancement final τ_1 et l'avancement final x_{f1} du mélange (1).

INDICE

Remplacez la constante par sa valeur dans la relation donnée, puis multipliez par l'avancement maximal.

2.

Dresser le tableau d'avancement du mélange (2) et donner son avancement maximal.

INDICE

Comparez les quantités initiales : le réactif en défaut fixe l'avancement maximal.

3.

Montrer que l'avancement final $x = x_{f2}$ du mélange (2) vérifie $3\,x^2 - 2{,}16\,x + 0{,}2592 = 0$, puis le calculer.

INDICE

Écrivez la constante avec les quantités à l'équilibre, chassez le dénominateur et regroupez les termes.

4.

Calculer le taux d'avancement final τ_2 du mélange (2) et le comparer à τ_1.

INDICE

Rapportez l'avancement final à l'avancement maximal du mélange (2).

5.

Donner la composition du mélange (2) à l'équilibre.

INDICE

Reportez l'avancement final dans la ligne de l'équilibre du tableau.

Exercice 5

Ajout d'acide propanoïque à un mélange à l'équilibre

Un mélange d'acide propanoïque et de propan-1-ol, chauffé à reflux avec un catalyseur, a atteint l'équilibre ; une analyse donne sa composition ci-dessous. La constante d'équilibre de l'estérification, qui forme un ester et de l'eau, vaut $K = 4$.

Espèce	quantité mesurée
acide propanoïque	$0{,}120\,\text{mol}$
propan-1-ol	$0{,}120\,\text{mol}$
ester	$0{,}240\,\text{mol}$
eau	$0{,}240\,\text{mol}$

On ajoute alors $0{,}240\,\text{mol}$ d'acide propanoïque, sans changer la température.

1.

Vérifier que la composition donnée correspond bien à un état d'équilibre.

INDICE

Calculez le quotient de réaction dans cet état et comparez-le à la constante.

2.

Calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ juste après l'ajout et prévoir le sens d'évolution du système.

INDICE

Seule la quantité d'acide change au moment de l'ajout.

3.

Dresser le tableau d'avancement de l'évolution qui suit l'ajout, en notant y son avancement au nouvel équilibre, et établir l'équation vérifiée par y.

INDICE

Prenez comme état initial le mélange juste après l'ajout.

4.

Résoudre cette équation et donner la nouvelle composition du mélange.

INDICE

Une seule racine laisse des quantités positives pour l'acide et pour l'alcool.

5.

Comparer la quantité d'ester avant l'ajout et au nouvel équilibre, puis conclure.

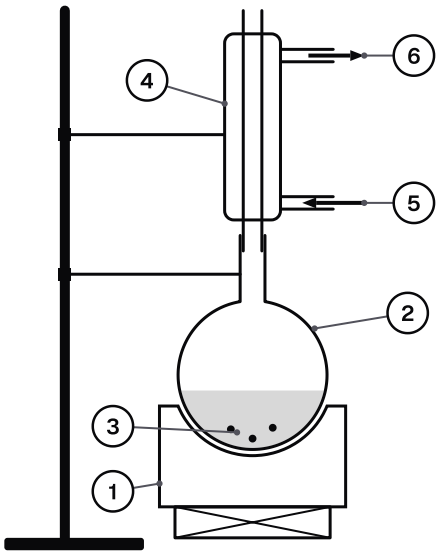
INDICE

Calculez la variation de la quantité d'ester entre les deux états d'équilibre.

Exercice 6

Montage à reflux pour la synthèse du méthanoate de butyle

On synthétise le méthanoate de butyle, à l'odeur fruitée, à partir d'acide méthanoïque et de butan-1-ol, en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Le document représente le montage employé ; ses parties sont numérotées.



Montage de chauffage employé pour la synthèse du méthanoate de butyle, parties numérotées.

1.

Nommer les parties numérotées de 1 à 6.

INDICE

Partez du bas du montage, où se trouve la source de chaleur, et remontez.

2.

Indiquer le rôle du réfrigérant et celui des grains de pierre ponce.

INDICE

Que deviennent les vapeurs qui montent du ballon chauffé ? Comment se passerait l'ébullition sans les grains ?

3.

Préciser le rôle de l'acide sulfurique ajouté et son effet sur le taux d'avancement final. Indiquer deux précautions à prendre pour le manipuler.

INDICE

Séparez ce qui agit sur la vitesse et ce qui agit sur l'état final ; pensez au caractère concentré de cet acide.

4.

Proposer un protocole permettant de suivre l'avancement de la réaction au cours du temps par titrage de l'acide restant.

INDICE

Quelle grandeur, mesurée sur un prélèvement, renseigne sur l'avancement à une date donnée ?

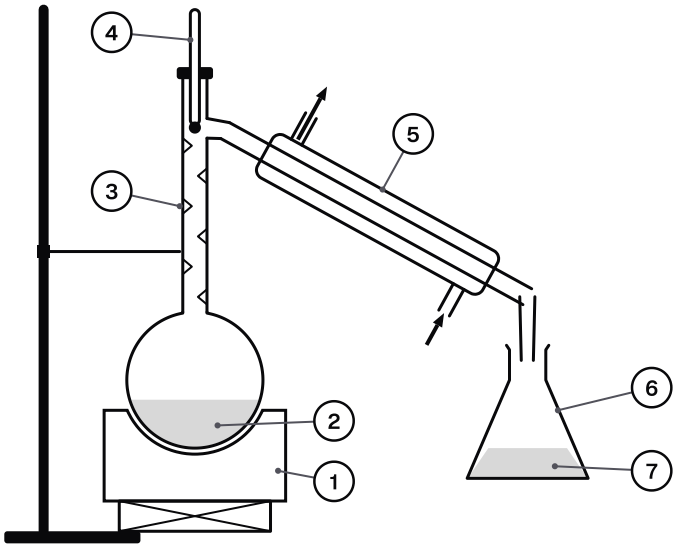
Exercice 7

Élimination du méthanoate de méthyle par distillation fractionnée

Un mélange initial de $0{,}450\,\text{mol}$ d'acide méthanoïque et de $0{,}450\,\text{mol}$ de méthanol, additionné d'acide sulfurique, a atteint l'équilibre dans un ballon fermé : il contient $0{,}150\,\text{mol}$ d'acide, $0{,}150\,\text{mol}$ d'alcool, $0{,}300\,\text{mol}$ de méthanoate de méthyle et $0{,}300\,\text{mol}$ d'eau. La constante d'équilibre de l'estérification vaut $K = 4$.

On place ce ballon dans le montage du document et l'on recueille $0{,}200\,\text{mol}$ de distillat, du méthanoate de méthyle pur ; on arrête alors la distillation et on laisse le système revenir à l'équilibre. On admet que la réaction est négligeable pendant la durée du recueil.

Espèce	température d'ébullition
méthanoate de méthyle	$32\,^\circ\text{C}$
méthanol	$65\,^\circ\text{C}$
eau	$100\,^\circ\text{C}$
acide méthanoïque	$101\,^\circ\text{C}$



Montage de distillation fractionnée employé pour retirer le méthanoate de méthyle du mélange.

1 : chauffe-ballon
2 : mélange réactionnel et catalyseur
3 : colonne de Vigreux
4 : thermomètre
5 : réfrigérant droit
6 : erlenmeyer collecteur
7 : distillat

1.

À l'aide du tableau, identifier l'espèce recueillie en premier dans l'erlenmeyer et indiquer la température lue au thermomètre pendant son recueil.

INDICE

Lors d'une distillation fractionnée, l'espèce la plus volatile atteint la première le haut de la colonne.

2.

Calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ juste après le retrait des $0{,}200\,\text{mol}$ d'ester et prévoir le sens d'évolution.

INDICE

Le retrait ne modifie que la quantité d'ester présente dans le ballon.

3.

Dresser le tableau d'avancement de l'évolution qui suit, en notant y l'avancement au nouvel équilibre, puis calculer y.

INDICE

Prenez comme état initial le contenu du ballon juste après le retrait ; une seule racine convient.

4.

Calculer la quantité totale d'ester formée, distillat compris, et le taux d'avancement final de l'ensemble ; comparer au taux obtenu sans distillation.

INDICE

Ajoutez l'ester resté dans le ballon à celui recueilli, puis rapportez à l'avancement maximal du mélange initial.