BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Obligatoire

SESSION 2005

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 - Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte 3 exercices présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte 3 annexes.

Le candidat doit traiter les 3 exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

I. L'hydrogène : un combustible d'avenir ?
II. Voyage autour de Saturne.
III. Utilisons le beurre pour dissoudre une tache de graisse.

5PYOSG11

Page 1/11

Exercice n°1 (7 points)

L'HYDROGÈNE : UN COMBUSTIBLE D'AVENIR ?

PREMIÈRE PARTIE : LA FUSION NUCLÉAIRE CONTRÔLÉE

Depuis plusieurs années des recherches sont menées en Europe sur les réactions de fusion nucléaire contrôlées. Elles concernent principalement les isotopes de l'hydrogène : le deutérium et le tritium.

Le mélange réagissant doit être porté à très haute température, d'où l'expression énergie thermonucléaire désignant l'énergie libérée dans ce type de réactions.

À long terme, l'énergie thermonucléaire pourra remplacer l'énergie des centrales à fission actuelles.

Données

Particules	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}_{0}^{1}n$	${}_{1}^{1}p$ ou ${}_{1}^{1}H$	${}_{-1}^{0}e$
Masse en kg	$1{,}674\,929 \times 10^{-27}$	$1{,}672\,623 \times 10^{-27}$	$9{,}109\,390 \times 10^{-31}$
Masse en u	1, 008 66	1,007 28	0,000 55

Noyaux	Hydrogène 1	Deutérium	Tritium	Hélium 3	Hélium 4
Symbole	${}_{1}^{1}H$	${}_{1}^{2}H$ ou ${}_{1}^{2}D$	${}_{1}^{3}H$	${}_{2}^{3}He$	${}_{2}^{4}He$
Masse en u	1,007 28	2,013 55	3,015 50	3, 014 93	4,001 50

Unité de masse atomique	$u = 1{,}660\,54 \times 10^{-27}$ kg
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	E = 931,5 MeV
Électronvolt	$1\ eV = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J
Mégaélectronvolt	$1\ MeV = 1 \times 10^{6}$ eV
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$

1. Eléments et noyaux :

On représente le noyau d'un atome X par le symbole ${}_{Z}^{A}X$.

1.1. Que représentent les deux symboles A et Z ?

1.2. Par quoi diffèrent les isotopes d'un même élément chimique ?

1.3. Donner la composition du noyau de deutérium.

1.4. Nommer un isotope du deutérium et donner la composition de son noyau.

2. Réactions nucléaires :

Actuellement les recherches sont menées sur un mélange deutérium – tritium ; plusieurs réactions nucléaires sont possibles.
Par exemple, avec 2 noyaux de deutérium, on peut avoir la réaction (1) : ${}_1^2H + {}_1^2H \rightarrow {}_{Z_1}^{A_1}X$ + neutron
ou la réaction (2) : ${}_1^2H + {}_1^2H \rightarrow {}_{Z_2}^{A_2}X$ + proton
Pour chacune de ces réactions (1) et (2), donner le nom et le symbole des noyaux formés : ${}_{Z_1}^{A_1}X$ et ${}_{Z_2}^{A_2}X$.

3. Conditions :

Pour qu'une réaction de fusion puisse se produire entre deux noyaux, il faut qu'ils soient très proches.
Il faut donc vaincre leur répulsion coulombienne.

3.1. Expliquer l'expression « la répulsion coulombienne ».

3.2. Quel est le signe de la charge électrique des noyaux de deutérium et de tritium ?

4. Courbe d'Aston :

Au cours des chocs, les noyaux sont dissociés en nucléons séparés puis de nouveaux noyaux sont formés. Il faut donc fournir de l'énergie au noyau pour le dissocier. Cette énergie comptée positivement est au moins égale à l'énergie de liaison des noyaux. Plus le noyau contient de nucléons, plus l'énergie de liaison est importante.

4.1. Rappeler la définition de l'énergie de liaison E_L.

4.2. Calculer en mégaélectronvolt (MeV) l'énergie de liaison du noyau de tritium.

4.3. Pour comparer la stabilité des noyaux entre eux, on utilise l'énergie de liaison par nucléon. La courbe d'Aston donnée en **annexe 1** représente l'opposée de l'énergie de liaison par nucléon $(-\frac{E_L}{A})$ en fonction du nombre de nucléons A. Indiquer sur la courbe, par des hachures, la zone où l'on trouve les noyaux les plus stables.

4.4. Parmi les réactions de fusion possibles dans les « tokamaks », la réaction entre le deutérium et le tritium libère le plus d'énergie. La réaction (3) s'écrit : ${}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n$.

L'énergie de liaison par nucléon du noyau de tritium est d'environ 2,8 MeV.

4.4.1. Repérer sur la courbe la place du noyau de tritium.

4.4.2. Comparer à partir de la courbe d'Aston l'énergie de liaison par nucléon de ${}_2^4He$ aux énergies de liaison de ${}_1^2H$ et ${}_1^3H$. Dégager l'intérêt énergétique de la réaction (3).

5. Bilan énergétique :

Montrer que l'énergie libérée par la réaction (3) vaut 17,6 MeV.

5PYOSG11

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

DEUXIÈME PARTIE : L'ÉLECTROLYSE DE L'EAU

La production de dihydrogène en vue d'une utilisation énergétique semble avoir de l'avenir, que ce soit avec les piles à combustibles ou les moteurs à combustion interne.
Le dihydrogène peut être produit par électrolyse. L'objet de cet exercice est d'en étudier la production.

Dans l'industrie on utilise de l'eau pure afin d'éviter que des impuretés perturbent le fonctionnement de l'électrolyse. La cellule d'électrolyse (ou électrolyseur) est constituée de deux électrodes (cathode et anode) et d'un électrolyte ; un générateur de tension continue maintient une tension de l'ordre de 2 V permettant d'avoir une intensité du courant électrique de plusieurs kiloampères.
L'équation de la réaction qui a lieu est : $2\,H_2O_{(l)} = 2\,H_{2(g)} + O_{2(g)}$

1. Étude de l'électrolyse :

1.1. La réaction qui a lieu dans l'électrolyseur est-elle une réaction spontanée ? Justifier votre réponse.

1.2. Les couples d'oxydoréduction qui participent à l'électrolyse sont $O_{2(g)}$ / $H_2O_{(l)}$ et $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$.
Écrire la demi-équation électronique correspondant à la formation du dihydrogène.

1.3. À quelle électrode se dégage le dihydrogène : cathode ou anode ? Justifier votre réponse.

1.4. À quel pôle du générateur cette électrode est-elle branchée ?

2. Intensité du courant dans l'électrolyseur :

À l'instant $t_0 = 0$, on démarre l'électrolyse. On cherche à connaître l'intensité I du courant qui circule dans l'électrolyseur et qui permet d'avoir une production horaire de dihydrogène de 5 m^3.

À un instant t, la valeur absolue de la charge électrique Q transportée dans l'électrolyseur est donnée par la relation $Q = I\,\Delta t$ avec $\Delta t = (t - t_0)$.

2.1. On considère la demi-équation électronique correspondant à la formation du dihydrogène. On appelle x l'avancement à l'instant t de la formation du dihydrogène. Donner la relation entre la quantité de matière de dihydrogène formée $n(H_2)$ et l'avancement x.

2.2. Donner la relation entre la quantité d'électrons mise en jeu n_e et l'avancement x à l'instant t.

2.3. Donner l'expression de la valeur absolue de la charge électrique Q à l'instant t, en fonction de l'avancement x.

2.4. En utilisant les relations précédentes, montrer que l'intensité I du courant qui a circulé dans l'électrolyseur pour produire la quantité de matière de dihydrogène $n(H_2)$ est : $I = \dfrac{2F.n(H_2)}{\Delta t}$
Avec F, le faraday, représentant la charge électrique transportée par une mole d'électrons.

2.5. On rappelle que la quantité de matière d'un gaz est proportionnelle au volume occupé par le gaz :

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_{molaire}}$$

Calculer la valeur de l'intensité I du courant qui circule dans l'électrolyseur quand le débit horaire de dihydrogène est de 5 m^3.

Données : Dans les conditions de l'électrolyse : $V_{molaire} = 25\ L.mol^{-1}$; $F = 9{,}65 \times 10^4\ C.mol^{-1}$.

5PYOSG11

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Exercice n° 2 (5 points)

VOYAGE AUTOUR DE SATURNE

En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens nous a livré ses premiers clichés des anneaux de Saturne.

Elle a également photographié Titan, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance R_T de Saturne.
L'excentricité orbitale des satellites étant très faible, on supposera leurs trajectoires circulaires.

Dans tout l'exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, centré sur Saturne et dont les trois axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes.
On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.

Données : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ S.I. : constante de gravitation universelle.
Concernant Titan : $R_T = 1{,}22\times10^{6}$ km (rayon de l'orbite de Titan).
Concernant Saturne : $R_S = 6{,}0\times10^{4}$ km (rayon de la planète Saturne).
$T_S = 10$ h 39 min (période de rotation de Saturne sur elle-même).
$M_S = 5{,}69\times10^{26}$ kg (masse de Saturne).

1. Quelques caractéristiques de Titan :

1.1. Forces

On considère que la seule force gravitationnelle exercée sur Titan provient de Saturne.

1.1.1. Nommer la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) au satellite Titan, de masse M_T.

1.1.2. Représenter qualitativement sur un schéma, Saturne, Titan, et la(les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) sur Titan.

1.1.3. Donner l'expression vectorielle de cette(ces) force(s).

1.2. Accélération et vitesse

On étudie le mouvement du centre d'inertie T de Titan. S est le centre d'inertie de Saturne.
Soit $\vec{u}$ le vecteur unitaire porté par la droite ST dirigée de S vers T.

1.2.1. Exprimer son accélération vectorielle $\vec{a}$ en précisant la loi utilisée.

1.2.2. On se place dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$ centrée en T dans laquelle $\vec{t}$ est un vecteur unitaire porté par la tangente à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement et $\vec{n}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à $\vec{t}$ et dirigé vers l'intérieur de la trajectoire ($\vec{n} = -\vec{u}$).
On donne l'expression de $\vec{a}$ dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$: $\vec{a} = a_t\,\vec{t} + a_n\,\vec{n}$.
Donner les expressions littérales de a_t et de a_n en fonction de la vitesse v du satellite.

1.2.3. À quelle composante se réduit l'accélération vectorielle $\vec{a}$ de Titan dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$? Compléter alors le schéma précédent, avec la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$ et l'accélération $\vec{a}$ de Titan.

1.3. Type de mouvement

1.3.1. Montrer que le mouvement de Titan est uniforme.

1.3.2. Retrouver l'expression de la vitesse de Titan sur son orbite autour de Saturne : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R_T}}$

2. D'autres satellites de Saturne :

Après le survol de Titan, la sonde Cassini a survolé le satellite Encelade en février 2005.
On peut considérer que dans le référentiel saturno-centrique, Encelade à un mouvement de révolution circulaire uniforme, dont la période (en jour terrestre), est T_E=1,37 et le rayon est R_E.

2.1. Loi de Kepler

La relation qui lie la période T de révolution d'un satellite, sa vitesse v et le rayon R de son orbite est $T = \frac{2\pi R}{v}$. Sa vitesse de révolution autour de Saturne est donnée par : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R}}$.

2.1.1. Retrouver la troisième loi de Kepler $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$.

2.1.2. Utiliser la troisième loi de Kepler pour déterminer la valeur du rayon R_E de l'orbite d'Encelade.

3. Sonde saturno-stationnaire :

On cherche dans cette partie à déterminer l'altitude h à laquelle devrait se trouver la sonde Cassini pour être saturno-stationnaire (immobile au-dessus d'un point de l'équateur de Saturne).

3.1. Quelle condition doit-on avoir sur les périodes T_S (rotation de Saturne sur elle-même) et T_C (révolution de Cassini autour de Saturne) pour que la sonde soit « saturno-stationnaire » ?

3.2. Altitude de la sonde

3.2.1. En utilisant la troisième loi de Kepler donnée à la question **2.1.1.**, montrer que l'altitude h de la sonde peut se calculer avec la relation : $h = \sqrt[3]{\frac{T_C^2 G M_S}{4\pi^2}} - R_S$

3.2.2. Calculer la valeur de h.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 6 / 11

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Exercice n°3 (4 points) (obligatoire)

UTILISONS LE BEURRE POUR DISSOUDRE UNE TACHE DE GRAISSE !

À travers les quatre parties abordées, nous allons essayer de comprendre les étapes de fabrication d'un savon à partir d'un morceau de beurre, dans le but de dissoudre une tache de graisse à la surface d'un tissu.

Partie 1 : Fabrication d'un ester à partir d'un acide carboxylique

L'acide «butyrique», composé A, est un acide carboxylique de formule semi-développée CH_3-CH_2-CH_2-COOH. Dans la nomenclature officielle, le nom de la molécule d'acide « butyrique » est l'acide butanoïque.

1.1. Nommer le groupe caractéristique de cette molécule et l'encadrer sur la formule semi-développée.

1.2. L'action de l'acide butyrique A sur un réactif B conduit à la formation de deux produits C et D.
C a pour formule CH_3-CH_2-CH_2-COO- CH_2-CH_2-CH_3

1.2.1. Nommer le produit C. À quelle famille appartient-il ?

1.2.2. Écrire la formule semi-développée du réactif B et donner son nom.

1.2.3. Quelle est la nature du produit D ?

Partie 2 : Synthèse d'un corps gras : la butyrine

La butyrine, appelée aussi tributyrate de glycéryle, est un corps gras (ou triester) présent dans le beurre. Cette molécule résulte de l'action de l'acide « butyrique » sur le glycérol.

Formule semi-développée du glycérol :

CH_2-OH
|
CH-OH
|
CH_2-OH

2.1. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de synthèse de la butyrine.

2.2. On réalise et on chauffe le mélange suivant :

- une masse m_1 = 39,6 g d'acide « butyrique »
- une quantité de matière n_2 = 0,150 mol de glycérol
- quelques pierres ponces

Données : M (glycérol) = 92,0 g.mol^{-1}
M (acide butyrique) = 88,0 g.mol^{-1}

Le mélange est-il stoechiométrique ?

2.3. Parmi les montages (1), (2) et (3) proposés en **annexe 2**, lequel utiliseriez-vous pour réaliser cette synthèse ?

2.4. Légender le schéma du montage choisi.

2.5. On obtient une masse m = 29,0 g de butyrine. Calculer le rendement ρ de la réaction.

Donnée : M (butyrine) = 302 g.mol^{-1}

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Partie 3 : Fabrication d'un savon mou à partir de beurre.

Le beurre contient plusieurs corps gras, l'oléine, la palmitine et la butyrine.
La butyrine représente 35% en masse du beurre.
Nous n'étudierons que la réaction de fabrication du savon grâce à la butyrine. Pour cela, nous allons faire réagir 20 g de beurre avec un excès de potasse ($K^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) concentrée.
Après 30 minutes de chauffage, on observe, après relargage, la formation d'un précipité jaune.

3.1. Nommer la réaction qui conduit à la formation du précipité observé et compléter son écriture, en **annexe 3**, en remplissant les cadres.

3.2. Donner deux caractéristiques de cette transformation à chaud.

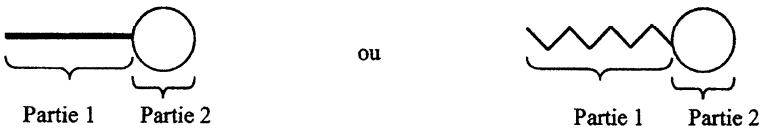
3.3. En fait, le rendement après filtration n'est que de 85 %. Calculer la masse de savon ainsi produite à partir de la butyrine.

Donnée : M (savon fabriqué à partir de la butyrine) = 126 $g.mol^{-1}$

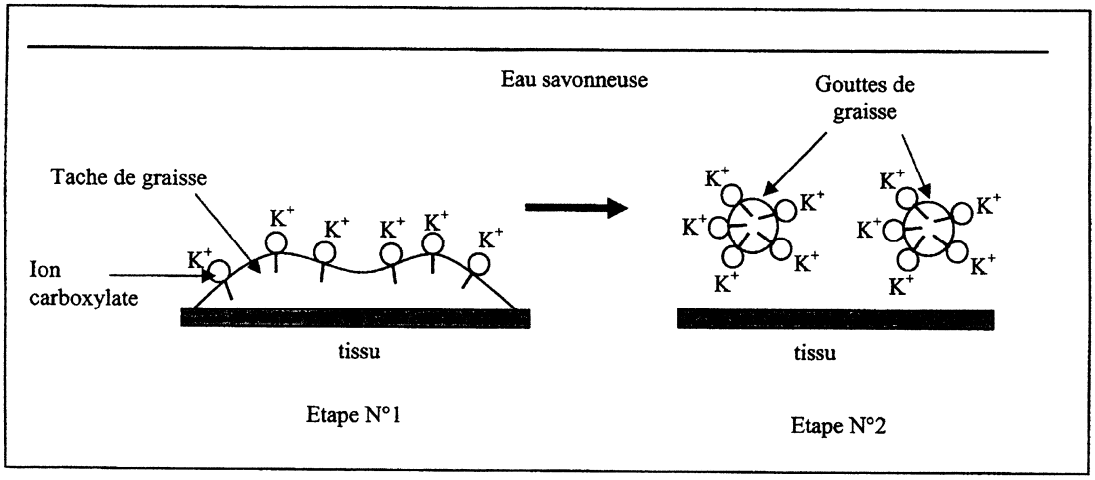
Partie 4 : Utilisation du savon fabriqué pour dissoudre une tache de graisse.

Après élimination de l'excès de potasse, on souhaite étudier les qualités détergentes du savon sur une tache de graisse.

Le savon est composé d'ions carboxylates qui peuvent être modélisés des deux façons suivantes :



Le schéma ci-dessous représente une tache de graisse à la surface d'un tissu plongé dans l'eau savonneuse (étape N°1) et sa dislocation par action du savon synthétisé précédemment (étape N°2).

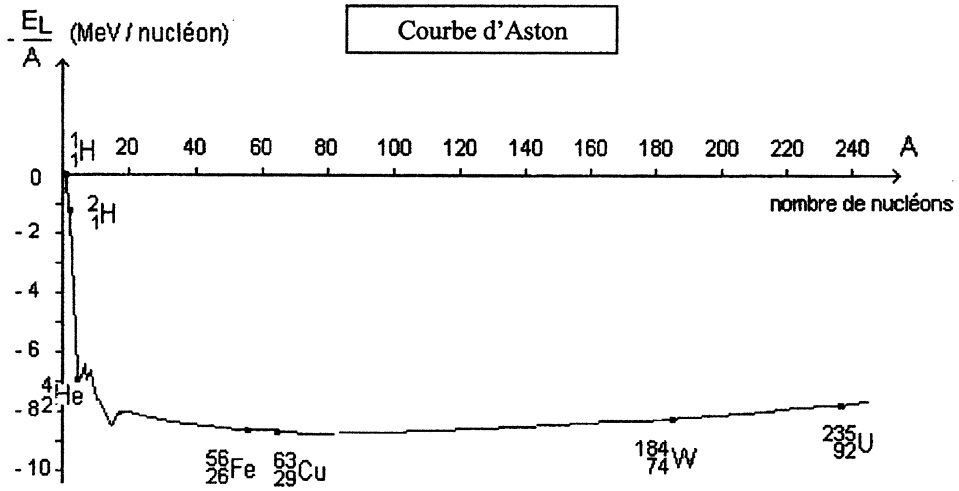


Les ions carboxylates modélisés ont été représentés, correctement orientés par rapport à l'eau et à la graisse, sur chacune des étapes N°1 et N°2.

4. En vous aidant du schéma précédent, identifier la composition et la propriété de chacune des deux parties de l'ion carboxylate modélisé.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

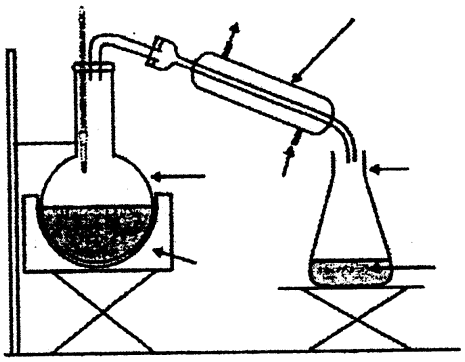
ANNEXE 1 à rendre avec la copie



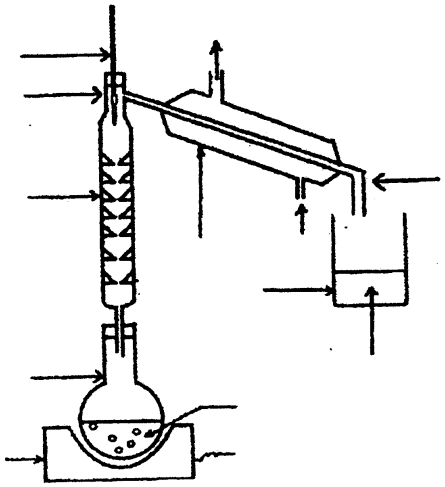
5PYOSG11

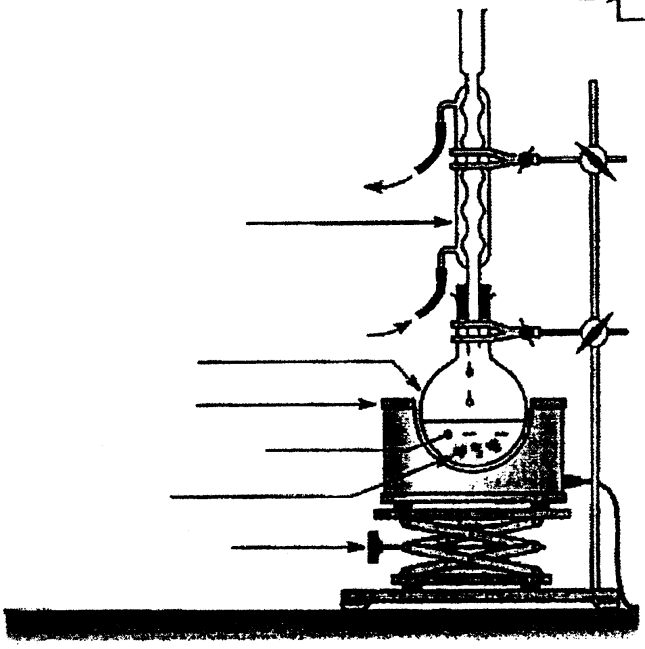
ANNEXE 2 à rendre avec la copie

Montage (1)



Montage (2)

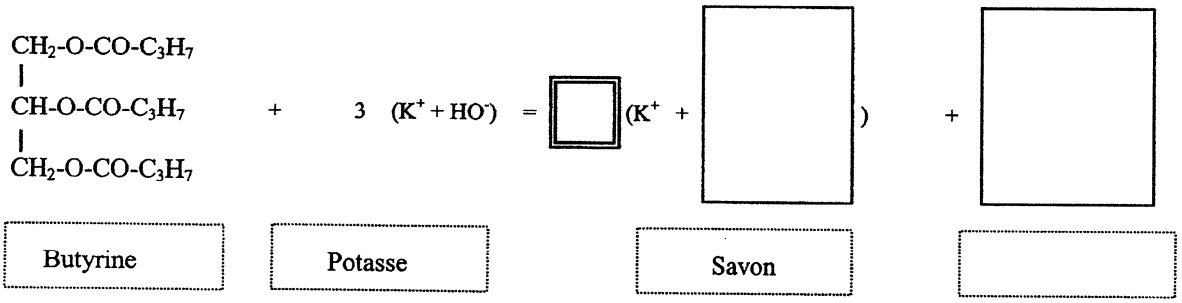




Montage (3)

ANNEXE 3 à rendre avec la copie

Ecriture de la réaction de synthèse du savon :



Butyrine | Potasse | Savon |

Légendes des cadres à compléter :

: formules semi-développées

: nom de l'espèce chimique

: nombre stœchiométrique

5PYOSG11

Page 11/11