BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Obligatoire

SESSION 2007

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

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

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte 1 exercice de CHIMIE et 2 exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte 4 annexes réparties sur 2 pages.

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

Exercice n°1 : Synthèse d'un composé aromatique présent dans l'olivier de Bohème (6,5 points)
Exercice n°2 : Découverte de la radioactivité artificielle (5,5 points)
Exercice n°3 : Jeu du boulet (4 points)

Il sera tenu compte de la qualité de la présentation et de l'expression des résultats numériques en fonction de la précision des données fournies par l'énoncé (emploi correct des chiffres significatifs).

7PYOSAG1 Page 1 sur 11

Exercice n°1 (6,5 points)

SYNTHÈSE D'UN COMPOSÉ ARÔMATIQUE PRÉSENT DANS L'OLIVIER DE BOHÊME



L'olivier de Bohême (ou Elaeagnus angustifolia) contient un grand nombre de composés aromatiques dont le benzoate d'éthyle de formule : $C_6H_5COOCH_2CH_3$.
On se propose dans cet exercice d'étudier la synthèse du benzoate d'éthyle qui est synthétisé grâce à la réaction qui a lieu entre l'acide benzoïque et l'éthanol.
Cette transformation est modélisée par la réaction d'équation :

$$C_6H_5COOH_{(s)} + CH_3CH_2OH_{(l)} = C_6H_5COOCH_2CH_{3(l)} + H_2O_{(l)}$$

1. ÉTUDE DE LA SYNTHÈSE

1.1. Caractéristiques de la réaction.

Choisir la (ou les) bonne(s) réponse(s) parmi les différentes propositions :

a) il s'agit d'une réaction d'estérification.

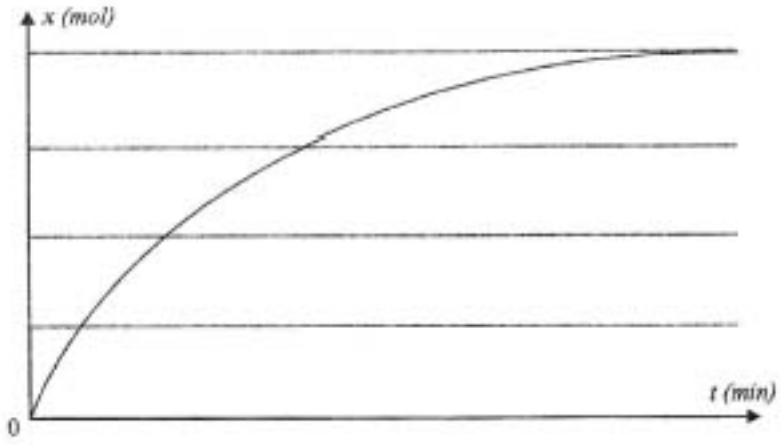
b) il s'agit d'une réaction d'hydrolyse d'un ester.

c) il s'agit d'une réaction de saponification.

d) cette réaction est rapide.

e) cette réaction est lente.

1.2. Le graphique ci-après donne l'allure de l'évolution de l'avancement molaire x de la réaction au cours du temps.



On rappelle que la vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$
où x représente l'avancement molaire de la réaction à la date t et V le volume du mélange réactionnel.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.2.1. En utilisant l'**ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)**, justifier à l'aide d'une construction graphique l'évolution de la vitesse de la réaction étudiée précédemment.

1.2.2. Définir le temps de demi-réaction noté $t_{1/2}$.

1.2.3. À l'aide d'une autre construction graphique sur l'**ANNEXE 1**, expliquer comment on peut déterminer ce temps de demi-réaction.

2. TITRAGE DE L'ACIDE BENZOÏQUE RESTANT À t_0

L'acide benzoïque C_6H_5COOH pourra être noté $RCOOH_{(aq)}$ en solution aqueuse dans la suite de l'exercice.

Données : couples acide/base de l'eau : $H_3O^+_{(aq)}$/ $H_2O_{(l)}$; $H_2O_{(l)}$/$HO^-_{(aq)}$

2.1. Propriétés acido-basiques de l'acide benzoïque en solution aqueuse.

2.1.1. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau.

2.1.2. En déduire l'expression de la constante d'acidité Ka du couple acide benzoïque/ion benzoate.

2.1.3. Sachant que cette constante d'acidité vaut $6{,}3.10^{-5}$ à 25°C, vérifier que $pKa = 4{,}2$.

2.1.4. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide benzoïque/ion benzoate.

2.1.5. Le pH d'une solution d'acide benzoïque vaut 6,0. Quelle est l'espèce prédominante à cette valeur de pH ?

Une fois la réaction de synthèse terminée, c'est-à-dire lorsque les quantités de matière des réactifs et des produits n'évoluent plus, on titre par pH-métrie la quantité de matière d'acide benzoïque restant dans le mélange réactionnel.

2.2. La solution de soude ($Na^+_{(aq)}$ + $HO^-_{(aq)}$) utilisée pour ce titrage a pour concentration $C_S = 2{,}0.10^{-1}$ mol.L^{-1}.
On appelle V_S le volume de soude versé au cours du titrage. La courbe $pH = f(V_S)$ obtenue est donnée sur l'ANNEXE 2 (**à rendre avec la copie**).

2.2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

2.2.2. Déterminer les coordonnées du point d'équivalence.

2.2.3. On note $n_f(ac)$ la quantité de matière d'acide benzoïque présent dans le mélange réactionnel dosé. Montrer que $n_f(ac) = 2{,}4.10^{-3}$ mol.

2.2.4. Si on souhaitait refaire ce titrage plus rapidement, on utiliserait un indicateur coloré. Entre l'hélianthine et la phénolphtaléine, lequel faudrait-il choisir et pourquoi ?

Indicateur coloré	hélianthine	phénolphtaléine
Zone de virage	3,2 – 4,4	8,2 – 10,0

3. RENDEMENT DE LA SYNTHÈSE

La synthèse du benzoate d'éthyle étudiée précédemment a été réalisée en mélangeant une masse $m = 1{,}0$ g d'acide benzoïque et un volume $V = 10{,}0$ cm^3 d'éthanol.

3.1. Calculer la quantité de matière $n_0(ac)$ d'acide benzoïque introduit.

3.2. Calculer la quantité de matière $n_0(et)$ d'éthanol introduit.

3.3. Compléter littéralement le tableau d'avancement molaire donné sur l'**ANNEXE 3 (à rendre avec la copie).**

3.4. À l'aide du tableau d'avancement molaire précédent, des réponses aux questions 2.2.2. et 3.1., déterminer la quantité de matière $n_f(be)$ de benzoate d'éthyle qui s'est formée lorsque la réaction est terminée.

3.5. Exprimer puis calculer le rendement de la réaction à la date t_∞ c'est-à-dire lorsque les quantités de matière des réactifs et des produits n'évoluent plus.

3.6. Citer deux méthodes qui permettraient d'augmenter la vitesse de cette réaction.

Données :

Espèce chimique	acide benzoïque	benzoate d'éthyle	éthanol
Masse molaire (en g.mol^{-1})	122	150	46

Masse volumique de l'éthanol : $\mu = 0{,}79$ g.cm^{-3}

Exercice n°2 (5,5 points)

[redacted]

Le but de cet exercice est d'analyser quelques aspects du contenu scientifique du texte ci-dessous.

C'est vers 1932 que le couple de physiciens français Frédéric Joliot et Irène Curie commence à utiliser, pour ses recherches, une source de particules alpha émises spontanément par le polonium, un élément naturellement radioactif. Grâce à elle, ils peuvent provoquer des réactions nucléaires dans les atomes des éléments.

Les Joliot-Curie, avec cette source de particules alpha, bombardent des éléments et analysent les réactions nucléaires produites. Ils remarquent que des éléments légers, en particulier l'aluminium et le bore, éjectent parfois un neutron.

Mais ils observent également un autre phénomène, parfaitement inattendu : « la matière irradiée, notent-ils, conserve une radioactivité relativement durable après l'enlèvement de la source de particules alpha, radioactivité se manifestant par l'émission de positons ». Ainsi, une feuille d'aluminium irradiée émet un rayonnement dont l'intensité décroît exponentiellement en fonction du temps avec une demi-vie de 3 minutes 15 secondes. Un résultat analogue est obtenu avec du bore irradié, mais la demi-vie est différente : 14 minutes. La seule explication possible, c'est que l'aluminium et le bore, éléments naturellement stables, sont devenus radioactifs.

Les Joliot-Curie sont persuadés qu'ils ont trouvé le moyen de provoquer une radioactivité artificielle, par la création d'un élément instable et sa désintégration spontanée. Ils proposent une réaction probable : le noyau d'aluminium, contenant 13 protons et 14 neutrons, aurait capturé une particule alpha et aurait immédiatement réémis un neutron. L'aluminium se serait alors transmuté en un isotope instable du phosphore, composé de 15 protons et de 15 neutrons. Puis le phosphore radioactif se serait à son tour désintégré en silicium stable (14 protons, 16 neutrons), en émettant un positon.

Extrait tiré de : « Les grandes expériences scientifiques » de Michel Rival (Éditions du Seuil)

1. LA SOURCE DE PARTICULES ALPHA UTILISÉE PAR LES JOLIOT-CURIE

Le texte indique que les Joliot-Curie ont utilisé le polonium, élément naturellement radioactif, comme source de particules alpha.

1.1. Définir un noyau radioactif.

1.2. Qu'est-ce qu'une particule alpha ?

1.3. L'écriture de l'équation d'une réaction nucléaire utilise la notation ${}^{A}_{Z}X$ où X est le symbole de l'élément envisagé. Préciser ce que représentent A et Z.

1.4. À l'aide du tableau de données ci-dessous, écrire l'équation de la réaction nucléaire pour une émission alpha du polonium 210 dont le noyau est caractérisé par ${}^{210}_{84}Po$.

Notation ${}^{A}_{Z}X$ pour quelques noyaux	${}^{198}_{80}Hg$	${}^{206}_{82}Pb$	${}^{114}_{86}Rn$	${}^{212}_{88}Ra$
	Hg : mercure	Pb : plomb	Rn : radon	Ra : radium

2. LA RÉACTION PROBABLE PROPOSÉE PAR LES JOLIOT-CURIE

2.1. Donner la notation ${}^{A}_{Z}X$ du noyau de phosphore (de symbole P) évoqué dans le texte.

2.2. À l'aide du texte et des lois de conservation (ou lois de Soddy), recopier et compléter l'équation de la réaction nucléaire rendant compte de la transmutation de l'aluminium en un isotope instable du phosphore :

$$ {}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{\ldots}_{\ldots}P $$

2.3. À propos des isotopes.

2.3.1. Quand dit-on que deux noyaux sont isotopes ?

2.3.2. Trouver dans le tableau de données ci-dessous un autre isotope du phosphore que celui évoqué dans le texte.

Notation ${}^{A}_{Z}X$ pour quelques noyaux	${}^{15}_{5}B$	${}^{31}_{15}P$	${}^{30}_{16}S$	${}^{75}_{33}Zn$

2.4. Radioactivité du phosphore.

2.4.1. Traduire par l'écriture d'une équation de réaction nucléaire la dernière phrase du texte, soit : « *Puis le phosphore radioactif se serait à son tour désintégré en silicium stable (14 protons, 16 neutrons), en émettant un positon* ».
Donnée : symbole du silicium : Si.

2.4.2. De quelle type de radioactivité s'agit-il ?

2.4.3. Lorsqu'un noyau de phosphore se désintègre, un proton du noyau se transforme en un neutron et un positon (ou positron). En utilisant les notations ${}^{1}_{1}p$, ${}^{1}_{0}n$ et ${}^{0}_{1}e$, écrire l'équation de cette transformation.

3. LES LOIS DE DÉCROISSANCE DE L'ALUMINIUM ET DU BORE IRRADIÉS

Les échantillons d'aluminium irradié et de bore irradié dont il est question dans le texte suivent la loi de décroissance radioactive car ils contiennent des noyaux radioactifs.

3.1. Soient $N(t)$ le nombre de noyaux à l'instant de date t d'un échantillon radioactif et N_0 son nombre de noyaux à l'instant de date $t_0 = 0$ s.
Donner l'expression de la loi de décroissance radioactive en notant λ la constante radioactive.

3.2. On a représenté en **ANNEXE 4 (à rendre avec la copie)** sur le même graphe les lois de décroissance radioactive de deux échantillons de nature différente, numérotés 1 et 2. L'un des échantillons est de l'aluminium irradié et l'autre du bore irradié. Déterminer graphiquement le temps de demi-vie $t_{1/2}$ de chacun des échantillons.

3.3. À l'aide du texte, identifier les échantillons numérotés 1 et 2.

4. L'ASPECT ÉNERGÉTIQUE DU BORE IRRADIÉ

La réaction nucléaire envisagée est celle qui donne naissance à l'azote 13 après irradiation du bore 10 par une source de particules alpha. Son équation est :

$$^{10}_{5}B + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{13}_{7}N$$

Masse de certains noyaux ou particule (u)	$^{10}_{5}B$	$^{4}_{2}He$	$^{13}_{7}N$	$^{1}_{0}n$
	10,010194	4,001506	13,001898	1,008655

1 unité de masse atomique notée u correspond à $1{,}66054.10^{-27}$ kg

célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00.10^{8}$ m.s^{-1}

1 eV = $1{,}60218.10^{-19}$ J

4.1. Énoncer la relation d'équivalence masse-énergie.

4.2. En utilisant le tableau de données, vérifier que la variation de masse Δm au cours de la réaction nucléaire ci-dessus est : $\Delta m = -1{,}147000.10^{-3}$ u.

4.3. Bilan énergétique.

4.3.1. Exprimer la variation d'énergie de masse ΔE au cours de cette réaction nucléaire.

4.3.2. Calculer sa valeur successivement en J puis en MeV.

4.3.3. De l'énergie est-elle libérée au cours de la réaction ? Justifier la réponse.

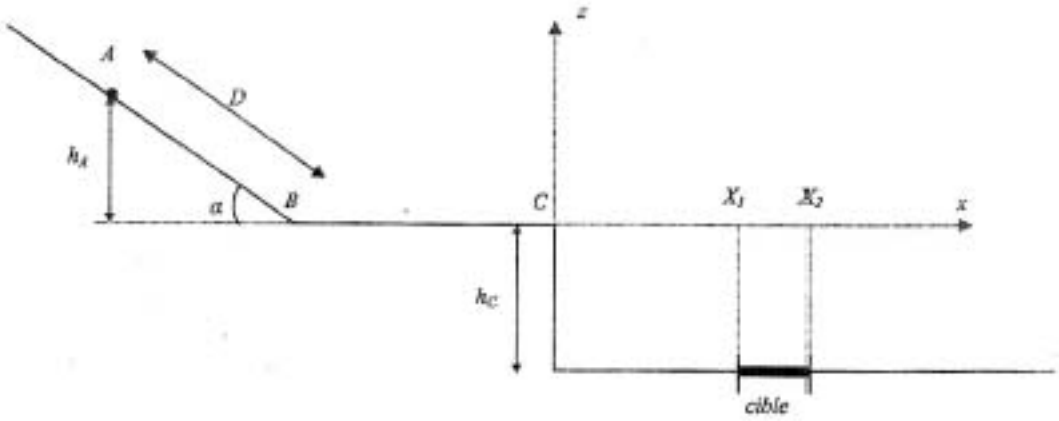
Exercice n°3 (4 points)

JEU DU BOULET

Le jeu schématisé ci-dessous consiste à placer un boulet sur un plan incliné de telle façon qu'il atteigne la cible.
Le boulet est tout d'abord lâché en A sans vitesse initiale.
Le système étudié est le boulet qu'on assimile à un point.
Toute l'étude est dans un référentiel galiléen.
On néglige les frottements dans tout l'exercice.

Données :

$\alpha = 30°$
$D = AB = 0{,}50$ m
$L = BC = 0{,}20$ m
$h_C = 0{,}40$ m
$m = 10$ g
$g = 9{,}8$ m.s^{-2}



1. ÉTUDE DU MOUVEMENT DU BOULET ENTRE A ET B.

1.1 Le système étudié est le boulet une fois lâché en A.
Faire l'inventaire des forces extérieures agissant sur le boulet. Représenter ces forces sur un schéma sans considération d'échelle.

1.2. On choisit l'altitude du point C comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur : $E_{pp} = 0$ pour $z_C = 0$.

1.2.1. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur au point A et vérifier qu'elle vaut $E_{pp}(A) = 2{,}5.10^{-2}$ J.

1.2.2. En déduire l'expression puis la valeur de l'énergie mécanique du système au point A.

1.2.3. En déduire la valeur de l'énergie mécanique du système au point B. Justifier la réponse.

1.3. Montrer que l'expression de la vitesse au point B est : $v_B = \sqrt{2gD\sin\alpha}$

2. ÉTUDE DE LA CHUTE DU BOULET APRÈS LE POINT C.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du boulet après le point C.
L'origine des temps est prise lorsque le boulet est en C.
Le mouvement étant rectiligne et uniforme entre B et C, la vitesse en C est la même qu'en B :
$v_C = v_B = 2{,}2\ \text{m.s}^{-1}$

2.1. On précise que l'action de l'air est négligée.

2.1.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

2.1.2. Appliquer cette loi au boulet une fois qu'il a quitté le point C.

2.1.3. Déterminer l'expression des composantes du vecteur accélération en projetant la deuxième loi de Newton dans le repère Cxz (voir figure).

2.2. On rappelle que la valeur de la vitesse au point C est $v_C = 2{,}2\ \text{m.s}^{-1}$ et on précise que le vecteur vitesse au point C a une direction horizontale.

2.2.1. Déterminer l'expression des composantes du vecteur vitesse dans le repère Cxz.

L'expression des composantes du vecteur position dans le repère Cxz est :

$$\overrightarrow{CG} \begin{cases} x = (\sqrt{2gD\sin\alpha}\,)\,t \\ z = -\frac{1}{2}g\,t^2 \end{cases}$$

2.2.2. En déduire l'équation de la trajectoire donnant l'expression de z en fonction de x.

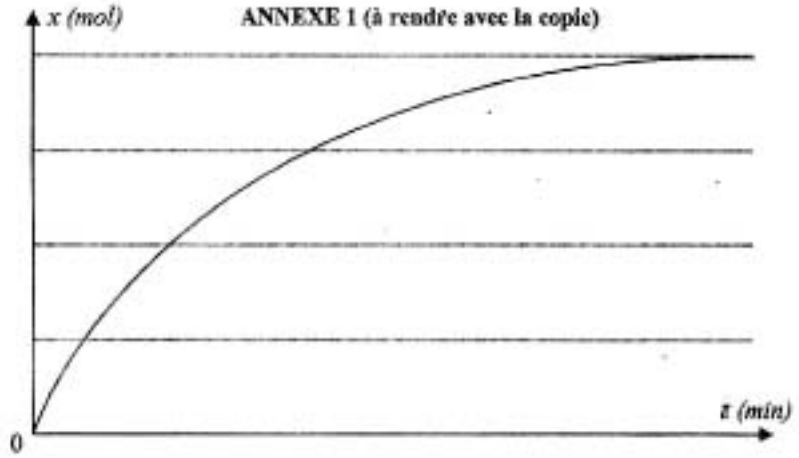
2.3. On veut déterminer si le boulet atteint la cible E dont l'abscisse est comprise entre $X_1 = 0{,}55$ m et $X_2 = 0{,}60$ m.

2.3.1. Calculer le temps nécessaire pour que le boulet atteigne le sol.

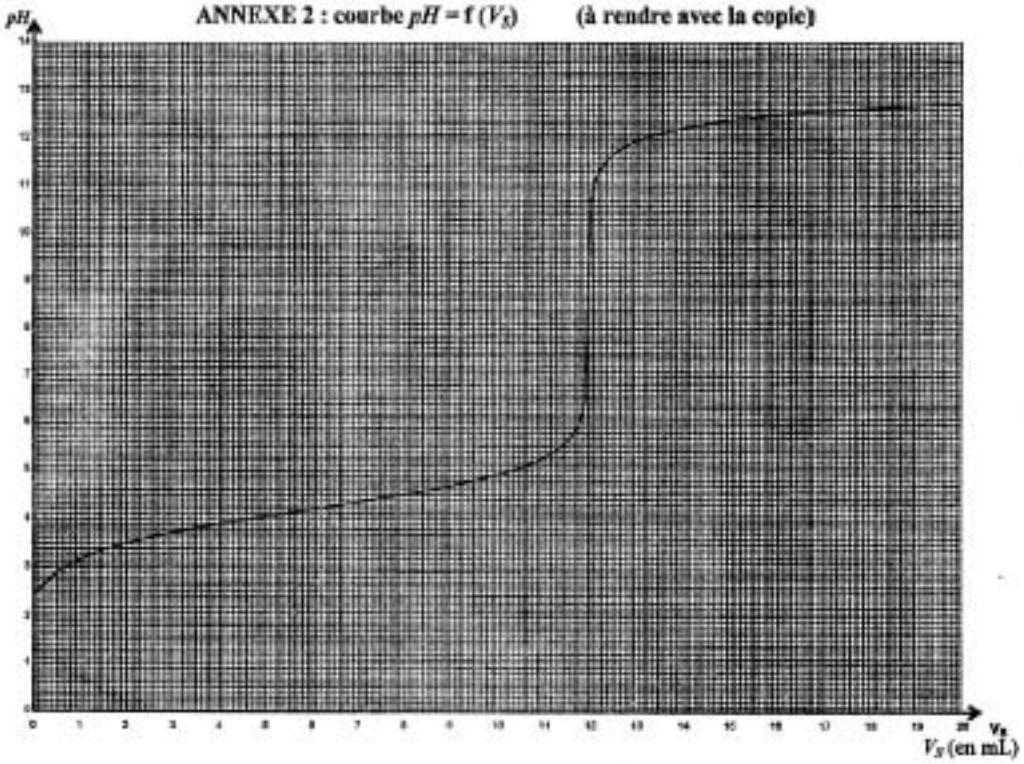
2.3.2. En déduire l'abscisse X_f du boulet quand il touche le sol. La cible est-elle atteinte ?

2.4. Quelle distance D faudrait-il choisir pour atteindre le point de la cible à l'abscisse $X_f = 0{,}57$ m ? (la durée de la chute étant la même).

ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)



ANNEXE 2 : courbe $pH = f(V_S)$ (à rendre avec la copie)



ANNEXE 3 (à rendre avec la copie)

Équation de la réaction		$C_6H_5COOH_{(s)}$ + $CH_3CH_2OH_{(l)}$ = $C_6H_5COOCH_2CH_{3(l)}$ + $H_2O_{(l)}$			
État du système	Avancement x (mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	$x = 0$	$n_0(ac)$	$n_0(et)$	0	0
État final	$x = x_f$	$n_f(ac) =$	$n_f(et) =$	$n_f(be) =$	$n_f(be) =$

ANNEXE 4 (à rendre avec la copie)

