BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

EXERCICE I : À PROPOS DES ACIDES CHLORHYDRIQUE ET ÉTHANOÏQUE (7 points)

Dans cet exercice, les solutions considérées sont prises à 25 °C.

Lycéen passionné par la chimie, Mickaël se pose beaucoup de questions…

1. *Mickaël s'interroge à propos des acides…*

   1.1. Définir un acide selon Brønsted.

   1.2. Écrire l'équation de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau et celle de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.

2. *Mickaël se demande si deux solutions d'acides différents, mais de même concentration, ont le même pH. Il dispose d'une solution de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique) S_1 et d'une solution d'acide éthanoïque S_2 de même concentration en soluté apporté $c = 1{,}00.10^{-2}$ mol.L^{-1}. Il mesure un pH de 2,0 pour S_1 et un pH de 3,4 pour S_2.*

   Mickaël réfléchit à l'interprétation de ces résultats…

   2.1. Déterminer la concentration des ions oxonium dans chacune des solutions.

   2.2. On s'intéresse maintenant à la détermination du taux d'avancement.

      2.2.1. En considérant un volume V = 1,00 L de solution aqueuse d'un acide HA, de concentration molaire en soluté apporté c, dresser le tableau d'avancement de la réaction de l'acide HA avec l'eau en le complétant avec les valeurs littérales de la concentration c, du volume V, de l'avancement x au cours de transformation et de l'avancement final x_f.

      2.2.2. Déterminer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide HA avec l'eau en fonction du pH de la solution et de la concentration molaire c.

   2.3. En déduire les valeurs numériques du taux d'avancement final de chacune des réactions associées aux transformations donnant les solutions S_1 et S_2. Conclure.

3. *Mickaël veut connaître le comportement des solutions S_1 et S_2 par rapport à la dilution.*

   3.1. Décrire le mode opératoire pour préparer avec précision au laboratoire 100 mL de solution fille diluée 10 fois à partir d'une solution mère.

La mesure du pH des solutions filles obtenues donne 3,0 pour l'acide chlorhydrique et 3,9 pour la solution d'acide éthanoïque.

   3.2. Dans la solution obtenue après dilution, dans chaque cas, la concentration des ions oxonium a-t-elle été divisée par 10 ? Justifier.

   3.3. Dans le cas de l'acide éthanoïque, dans quel sens s'est déplacé l'équilibre du système ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

4. Mickaël découvre une relation remarquable entre les concentrations d'espèces chimiques en solution…

4.1. Pour la solution d'acide éthanoïque S_2 de concentration $c = 1{,}00.10^{-2}$ mol.L^{-1}, calculer la valeur de l'expression :

$$\frac{[CH_3COO^-]_{éq} \cdot [H_3O^+]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}}$$

4.2. Aux incertitudes expérimentales près, on constate que l'on obtient la même valeur pour la solution diluée 10 fois. Quel nom donne-t-on à cette valeur caractéristique du couple $CH_3COOH_{(aq)}$ / $CH_3COO^-_{(aq)}$?

5. Mickaël lit sur une bouteille de vinaigre l'indication : « 7,0 % d'acidité ». Il se demande s'il s'agit d'un pourcentage massique ou volumique en acide éthanoïque.

Pour le savoir, il considère le vinaigre comme une solution aqueuse d'acide éthanoïque et procède à un titrage pH-métrique de V_1 = 20,0 mL de vinaigre dilué 10 fois par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration en ions hydroxyde c_B = 0,100 mol.L^{-1}.

Il note ses résultats expérimentaux :

- *Volume de soude versé à l'équivalence : V_{BE} = 23,8 mL*
- *pH à l'équivalence : pH_E = 8,4.*

Données :

- Masse volumique du vinaigre : ρ_v = 1,02 g/mL
- Masse volumique de l'acide éthanoïque pur : ρ_a = 1,05 g/mL
- Masse molaire de l'acide éthanoïque : M = 60,0 g.mol^{-1}.

5.1. Étude de l'équation de la réaction.

5.1.1. Écrire l'équation de la réaction entre les solutions d'acide éthanoïque et d'hydroxyde de sodium.

5.1.2. On montre que cette réaction peut servir de support au titrage. Citer alors au moins une propriété de la transformation chimique.

5.2. Donner, en la justifiant, l'expression de la concentration c_1 en acide éthanoïque du vinaigre dilué 10 fois en fonction de V_1, c_B et V_{BE}. Calculer c_1.

5.3. Détermination du pourcentage d'acidité.

5.3.1. En déduire la concentration c_0 du vinaigre en acide éthanoïque.

5.3.2. Montrer que la masse m_a d'acide éthanoïque dissous dans 1,00 L de vinaigre est m_a = 71,4 g.

5.3.3. En déduire le volume V_a d'acide éthanoïque pur correspondant à cette masse m_a.

5.3.4. D'après les résultats obtenus, parmi les deux rapports ci-dessous, lequel correspond au pourcentage d'acidité ? Justifier.

$$\frac{m_a}{\text{masse de 1,00 L de vinaigre}} \qquad \frac{V_a(mL)}{1000}$$

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

5.4. Les deux rapports précédents étant très proches, Mickaël décide de confirmer son étude expérimentale par un titrage colorimétrique. Il dispose de trois indicateurs colorés :

Indicateur coloré	*Zone de virage*
Hélianthine	*3,1 – 4,4*
Bleu de bromothymol	*6,0 – 7,6*
Phénolphtaléïne	*8,2 – 10,0*

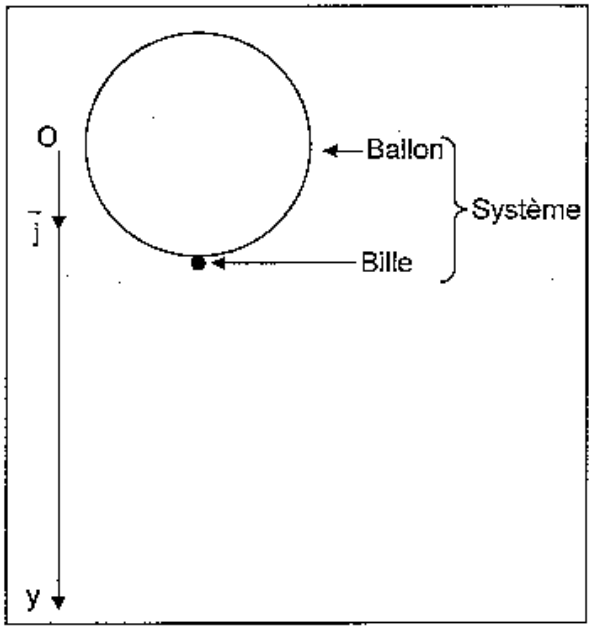
Quel indicateur coloré convient le mieux pour ce titrage ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II : CHUTE VERTICALE D'UN BALLON (5 points)

Au laboratoire du lycée, Amélie et Yvon étudient la chute d'un ballon de baudruche gonflé, de volume V. Le ballon est lesté d'une bille de volume négligeable devant V.

Yvon lâche le système sans vitesse initiale pendant qu'Amélie en face réalise une vidéo de la chute. Ils constatent qu'ils peuvent considérer que le ballon a un mouvement vertical de translation.
Une règle de 1,00 m est placée en position verticale dans le champ de la caméra.



Pour l'exploitation, ils utilisent un logiciel de pointage. Amélie choisit un axe (O, y) vertical orienté vers le bas, l'origine O étant le centre du ballon sur la première image juste après le lâcher du système. L'origine des dates correspond également à cette image. La vitesse initiale n'est pas rigoureusement égale à zéro, mais la jugeant très faible, ils la considèrent comme nulle. Amélie repère les différentes positions du centre du ballon au cours du temps et transfère les données dans un logiciel de traitement.

À partir de l'exploitation de leurs résultats expérimentaux, Amélie et Yvon tirent les conclusions suivantes :

- *Vitesse limite du système : $v_l = 2{,}75\ m.s^{-1}$*
- *Temps caractéristique : $\tau = 0{,}43\ s$*
- *La valeur de la force de frottement fluide exercée sur le système est proportionnelle au carré de la vitesse.*

L'objet de l'exercice est de reprendre quelques points de cette étude.

Données :
Masse du système {ballon gonflé + bille} : M = 10,7 g.
Volume du ballon : V = 3,05 L.
Masse volumique de l'air : $\rho = 1{,}20\ g.L^{-1}$.
Accélération de la pesanteur : $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1. Équation différentielle du mouvement

1.1. Donner l'expression littérale des valeurs des forces s'exerçant sur le système au cours de sa chute dans l'air. On rappelle que la valeur f de la force de frottement fluide est proportionnelle au carré de la valeur v_G de la vitesse du centre d'inertie G du système et on notera k le coefficient de proportionnalité.

1.2. On choisit un vecteur unitaire $\vec{j}$ orienté vers le bas.

En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle que doit vérifier la valeur v_G de la vitesse du centre d'inertie G.

1.3. Montrer qu'elle peut se mettre sous la forme : $\frac{dv_G}{dt} = A - B.v_G^2$.

En déduire les expressions littérales de A et B.

1.4. Montrer que : A = 6,45 SI. Préciser son unité SI.

1.5. On rappelle que v_t est la vitesse limite du système.

Montrer que : $B = \frac{A}{v_t^2}$.

1.6. Calculer la valeur numérique de B en précisant également son unité.

2. Feuille de calculs du tableur

Le document suivant reproduit le début de la feuille de calculs du tableur déterminée par les expérimentateurs.

	t (s)	y (m)	v_{exp} ($m.s^{-1}$)	v ($m.s^{-1}$)
1	0,000	0,000	0,00	0,00
2	0,040	0,010	0,39	0,26
3	0,080	0,031	0,64	0,51
4	0,120	0,061	0,76	0,76
5	0,160	0,092	0,90	1,00
6	0,200	0,133		
7	0,240	0,184		

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Les valeurs de la colonne t (s) représentent les dates de chaque image.

Les valeurs de la colonne y (m) représentent les ordonnées correspondantes du centre du ballon, donc la distance parcourue.

Dans la colonne v_{exp} ($m.s^{-1}$), figurent les valeurs expérimentales de la vitesse du ballon.

Dans la colonne v ($m.s^{-1}$), figurent les valeurs théoriques de la vitesse obtenues par la méthode d'Euler.

2.1. Quel est le rôle de la règle de 1,00 m placée à côté du ballon ?

2.2. En utilisant les valeurs de cellules pertinentes des colonnes t (s) et y (m) du tableau, déterminer la valeur de v_{exp} à la date t = 0,200 s.

2.3. À partir de l'équation différentielle, en utilisant la méthode itérative d'Euler, déterminer la valeur de v à la date t = 0,200 s.

3. Courbe v = f(t) obtenue par la méthode d'Euler

L'objectif de cette dernière partie n'est pas de tracer précisément point par point la courbe v = f(t) obtenue par la méthode d'Euler mais de donner seulement son allure et de l'exploiter.

3.1. Tracer sur votre copie, dans un repère (O, t, v), l'allure de la courbe v = f(t) en y indiquant la vitesse limite v_ℓ et le temps caractéristique τ. Distinguer deux régimes sur le graphe et les nommer.

3.2. Justifier que pour cette expérience, le tracé de la tangente à la courbe v = f(t) permet d'évaluer la valeur de l'accélération du centre d'inertie G à chaque instant.

En déduire, en le justifiant, l'évolution de cette accélération au cours du temps lors des deux régimes.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III - À PROPOS DE LA RADIOACTIVITÉ (4 points)

Cet exercice traite quelques aspects de la radioactivité à partir d'informations tirées du site Internet www.laradioactivite.com. Les quatre parties sont indépendantes.

1. La radioactivité β^-

Certains noyaux atomiques instables sont la source de rayonnements, désignés par les trois premières lettres de l'alphabet grec : alpha (α), bêta (β) et gamma (γ).

[...] La radioactivité β^- fut observée sous la forme d'un rayonnement qui était dévié par des champs électriques ou des aimants en sens contraire du rayonnement alpha. Elle est donc portée par des charges électriques négatives.

[...] Un exemple de radioactivité β^- est celui d'un isotope naturel à vie très longue du potassium, le potassium 40, dont 4000 noyaux se désintègrent par seconde dans le corps humain.

On donne un extrait de la classification périodique des éléments :

Élément	Chlore	Argon	Potassium	Calcium	Scandium
Symbole	Cl	Ar	K	Ca	Sc
Numéro atomique	17	18	19	20	21

1.1. Définir un noyau radioactif.

1.2. Donner la composition du noyau de potassium 40.

1.3. En indiquant les lois de conservation à respecter, donner l'équation de la désintégration de ce noyau en supposant que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité.

1.4. Le noyau fils obtenu est-il un isotope du potassium ? Justifier la réponse.

2. La radioactivité α

Un exemple de désintégration alpha est celui, historique, du radium 226 qui se transforme en un noyau de radon en éjectant une particule alpha. La réaction libère 4,6 MeV. Le noyau résiduel de radon est un gaz rare lui-même radioactif, ce qui permit à Rutherford de le détecter en 1898 à Montréal.

Données :

La masse des noyaux peut être exprimée en unité de masse atomique (u), définie par : $1\ u = 1{,}66054.10^{-27}$ kg.

Masse des noyaux : $m(^{226}Ra) = 225{,}97701$ u
$m(^{4}He) = 4{,}00150$ u
$m(^{222}Rn) = 221{,}97029$ u

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

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1 MeV = $1{,}60.10^{-13}$ J

2.1. Écrire l'expression littérale, en fonction des données, de l'énergie libérée par la désintégration du radium 226 :

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

Calculer cette énergie en J puis en MeV.

2.2. Montrer que l'écart relatif entre la valeur de cette énergie et celle indiquée dans le texte est inférieur à 7 %.

3. Le curie

L'activité d'une source radioactive a longtemps été exprimée en curie (Ci). L'activité était alors calculée par rapport au radium 226 considéré comme un étalon : le curie étant l'activité d'un gramme de radium 226 soit 37 milliards de désintégrations par seconde.

3.1. Exprimer la valeur du curie avec l'unité légale du système international.

3.2. On se propose de retrouver cette valeur à partir des données suivantes :

Constante radioactive du radium 226 : $\lambda = 1{,}4.10^{-11}$ s^{-1}

Masse molaire du radium 226 : M = 226 g.mol^{-1}

Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1}.

On rappelle que l'activité d'un échantillon est donnée par la relation A = λ.N, où λ représente la constante radioactive et N le nombre de noyaux radioactifs.

3.2.1. Exprimer A en fonction de λ, M, N_A et la masse m de l'échantillon ne contenant que du radium 226.

3.2.2. Faire l'application numérique et comparer à la valeur obtenue à la question 3.1.

4. Corriger les mesures pour améliorer la précision des âges

La plus connue des techniques de datation est la datation au carbone 14.

[...] Le calcul suppose que le taux de formation du carbone 14 atmosphérique n'a pas varié par rapport au moment où le fossile vivait. Ceci n'est pas tout à fait vrai et il est nécessaire de recaler dans le temps et d'effectuer des corrections.

[...] Pour des datations peu anciennes, l'étalonnage de la formation de radiocarbone en fonction des années repose sur la « dendrochronologie », c'est-à-dire l'examen de troncs d'arbres abattus. La section d'un tronc d'arbre est un extraordinaire témoin de la vie végétale. Chaque anneau correspond au bois formé une année donnée. En comptant les anneaux, on date l'année. En mesurant la teneur en carbone 14 d'un anneau, on mesure l'activité d'un échantillon de l'année en question. On recale ainsi la datation au carbone 14.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

L'objectif de cette question est de montrer comment on peut déterminer l'activité A_0 d'un échantillon de bois ancien à la date de sa mort.

On rappelle que l'activité A d'un échantillon suit la loi de décroissance radioactive.

Donnée :

Demi-vie du carbone 14 : $t_{1/2} = 5{,}73.10^3$ ans.

4.1. On considère un anneau d'un arbre dont la mort, déterminée grâce à la dendrochronologie, remonte à t = 1570 ans. On mesure son activité actuelle A. Exprimer l'activité A_0 de cet anneau à la date de sa mort en fonction des grandeurs A, $t_{1/2}$ et t.

4.2. Faire l'application numérique pour obtenir A_0 en fonction de A.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer