BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

OBLIGATOIRE

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

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** et deux exercices de **PHYSIQUE** présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

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

I – Le chrome sous différentes formes

II – Le saut à l'élastique

III – Le Laser Mégajoule

EXERCICE 1 : Le chrome sous différentes formes (7 points)

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

L'élément chrome peut présenter divers états d'oxydation, les principaux étant Cr (0), Cr (III) et Cr (VI).
Le chrome métallique (0) est utilisé en métallurgie pour améliorer la résistance à la corrosion et à l'usure des métaux et alliages.
Le chrome (III) est un oligo-élément participant à la métabolisation du glucose.
Le chrome (VI), hautement toxique et cancérigène, est un pigment pour les peintures.
Selon l'état du chrome, il existe différents procédés pour produire, étudier et utiliser celui-ci.

Données :

Couples oxydant/réducteur mis en jeu : $H^+_{(aq)}/H_{2\,(g)}$ et $CrO_4^{2-}{}_{(aq)}/Cr_{(s)}$

Charge d'une mole d'électrons (Faraday) : $F = 96500\ C \cdot mol^{-1}$

Masse molaire atomique du chrome: $M(Cr) = 52\ g.mol^{-1}$

pKa à 25 °C des couples acido-basiques mis en jeu :

$pK_{a1}(HCrO_4^-{}_{(aq)} / CrO_4^{2-}{}_{(aq)}) = 6{,}4$; $pK_{a2}(H_3O^+{}_{(aq)} / H_2O_{(l)}) = 0$;

$pK_{a3}(H_2O_{(l)} / HO^-{}_{(aq)}) = 14$

1. Préparation d'une solution contenant des ions chromate.

L'ion chromate CrO_4^{2-} est toxique, mais nécessaire pour le tannage industriel des cuirs par exemple, notamment pour la fabrication des gants de protection. Il peut être synthétisé par la voie électrolytique décrite ci-dessous.

L'une des électrodes utilisées est constituée de chrome métallique, celui-ci est transformé en ion chromate lorsqu'un courant électrique circule dans l'électrolyseur (le bain électrolytique se colore en jaune). L'autre électrode est inerte. Dans son proche voisinage, on observe un dégagement gazeux de dihydrogène obtenu par réduction des ions H^+ contenus dans le bain électrolytique.

1.1 Écrire les équations des réactions aux électrodes. Indiquer sur quelle électrode a lieu l'oxydation.

1.2 Faire un schéma légendé du circuit électrique comportant l'électrolyseur et indiquer sur celui-ci : *anode, cathode, sens de déplacement des électrons, sens du courant électrique, générateur idéal de tension, voltmètre, ampèremètre et chrome métallique.*

1.3 Montrer que l'équation de la réaction modélisant l'électrolyse, s'écrit :

$$Cr_{(s)} + 4\,H_2O_{(l)} = CrO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2\,H^+{}_{(aq)} + 3\,H_{2(g)}$$

1.4 Comment identifier expérimentalement le dihydrogène qui se dégage ?

1.5 Un courant électrique d'intensité $I = 4{,}0$ A circule à travers le circuit, pendant une durée $\Delta t = 2{,}5$ heures. Calculer la concentration molaire en ions chromate de la solution S_1 ainsi obtenue dans la cellule d'électrolyse sachant que celle-ci a un volume $V = 500$ mL.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Détermination de la concentration molaire en ions chromate dans la solution préparée.

À un volume $V_1 = 10{,}0$ mL de la solution S_1 préparée par électrolyse, on ajoute un volume $V_a = 15{,}0$ mL d'une solution aqueuse S_a d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $c_a = 1{,}0.10^{-1}$ mol·L^{-1}

2.1 Calculer la quantité de matière n_a d'ions H_3O^+ introduits.

2.2 Quelle est la nature de la transformation chimique mise en jeu lors du mélange des solutions S_1 et S_a ? Ecrire l'équation de la réaction et calculer la valeur de sa constante d'équilibre à 25 °C. Conclure.

2.3 Les ions H_3O^+ sont introduits en excès par rapport aux ions chromate. La quantité de matière en excès, notée n_a^{ex}, est dosée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $c_b = 4{,}0.10^{-2}$ mol·L^{-1}. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

2.4 La courbe de l' annexe n° 1 représente le suivi pH-métrique du titrage. Déterminer le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence, en faisant apparaître la construction nécessaire.

L'annexe n° 1 question 2.4 est à rendre avec votre copie.

En déduire la valeur de n_a^{ex}.

2.5 Si on note n_1 la quantité de matière en ions chromate contenue dans le volume V_1 de la solution S_1, alors $n_1 = n_a - n_a^{ex}$. Calculer n_1 et en déduire la concentration molaire $[CrO_{4\,(aq)}^{2-}]$ de la solution S_1 préparée par électrolyse.

2.6 Confronter les valeurs des concentrations molaires en chromate $[CrO_{4\,(aq)}^{2-}]$ obtenues par le titrage et par le bilan d'électrolyse effectué à la question 1.5. Conclure.

3. Suivi cinétique de la formation d'un ion complexe de chrome III

L'ion chrome III réagit, en milieu acide, avec l'E.D.T.A (noté dans la suite, pour simplifier l'écriture, Y^{4-}, Y représentant un groupe d'atomes) pour former un ion complexe coloré. L'évolution temporelle de cette transformation, nommée complexation, peut donc être réalisée par spectrophotométrie.

L'équation de la réaction associée à cette complexation s'écrit :

$$Cr^{3+}_{(aq)} + Y^{4-}_{(aq)} = [CrY]^-_{(aq)}$$

Pour réaliser cette transformation, on mélange un volume $V_1 = 76{,}0$ mL d'une solution aqueuse d'ions Y^{4-} de concentration molaire $c_1 = 1{,}0 \cdot 10^{-1}$ mol·L^{-1} avec un volume $V_2 = 4{,}0$ mL d'une solution aqueuse d'ions Cr^{3+} de concentration molaire $c_2 = 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ mol·L^{-1}.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

On mesure, à différentes dates t, l'absorbance A d'un échantillon de la solution préparée. L'absorbance de la solution est mesurée à une longueur d'onde $\lambda = 540$ nm.
Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

t en min	0	15	20	25	30	35	40	∞
A	0,033	0,100	0,120	0,140	0,160	0,175	0,190	0,620

3.1 Calculer à la date t = 0 min, la quantité de matière n_1^0 d'ions Y^{4-} et la quantité de matière n_2^0 d'ions Cr^{3+}, introduites dans le mélange.

3.2 Montrer que la quantité de matière n_2 d'ions Cr^{3+} et l'avancement x de la réaction sont liés par la relation $n_2 = n_2^0 - x$.

3.3 Calculer numériquement l'avancement maximal x_{max} de la complexation.

3.4 On peut montrer et on admet que $n_2 = n_2^0 \cdot \left(\frac{A_t - A_\infty}{A_0 - A_\infty}\right)$ où A_0, A_t et A_∞ sont respectivement les absorbances de la solution à la date t = 0 min, à la date t et à la date $t = \infty$. Exprimer l'avancement x en fonction de n_2^0, A_0, A_t et A_∞, puis **compléter le tableau fourni en annexe n° 2**, à rendre avec votre copie.

3.5 Tracer le graphique x = f(t) pour $t \leq 40$ min **sur une feuille de papier millimétré**, à rendre avec votre copie.

Échelle des abscisses : 1 cm représente 5 min
Échelle des ordonnées : 1 cm représente 10 µmol.

3.6 Rappeler la définition de la vitesse volumique de réaction. Comment évolue-t-elle dans l'intervalle $0 \text{ min} < t < 30 \text{ min}$?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE 2 : Le saut à l'élastique (5 points)

« **Rite initiatique ancestral** pratiqué sur **l'île de la Pentecôte,** dans l'archipel de **Vanuatu** au cœur du Pacifique, le saut dans le vide avec les chevilles attachées est devenu un sport extrême. »

D'après http://www.saut-elastique.com

A l'origine, les jeunes gens sautaient du haut d'une tour seulement retenus par une liane. De nos jours, les amateurs de sensations fortes plongent, souvent du haut d'un pont, équipés d'un « élastique » en latex ; un « élastique » est en réalité constitué d'un assemblage de 1000 à 2000 fils ronds en latex extrudé.
L'observation d'un saut peut conduire à se poser quelques questions : Quelle est la vitesse du sauteur quand l'élastique le rappelle la première fois ? Pendant combien de temps, le sauteur oscille-t-il ? etc.
Des mesures expérimentales peuvent, certes, y répondre mais l'utilisation d'un modèle peut aussi permettre de prévoir les réponses. C'est modestement ce que propose cet exercice…

1. Première phase du saut à l'élastique. Un peu d'adrénaline…

Considérons la première phase d'un saut à l'élastique, lorsque un sauteur et son équipement, de masse $m = 84{,}0\ \text{kg}$, se laisse tomber sans vitesse initiale d'un pont dont le plateau se trouve à une hauteur $h = 270\ \text{m}$ du sol.

On peut considérer que le volume du sauteur et de son équipement est : $V = 0{,}25\ \text{m}^3$. Par ailleurs l'ensemble des actions exercées par l'air, outre la poussée d'Archimède, sur le sauteur peut être modélisé par une force de frottement dont la valeur f est proportionnelle au carré de la vitesse acquise : $f = \mu \cdot v^2$ où $\mu = 0{,}78$ unité SI.

Données :

Masse volumique de l'air : $\rho = 1{,}3\ \text{kg.m}^{-3}$
Accélération de la pesanteur : $g = 9{,}8\ \text{m.s}^{-2}$

1.1 Montrer qu'il est légitime de ne pas prendre en compte la poussée d'Archimède, en comparant sa valeur à celle du poids du système S, constitué par le sauteur et son équipement. **On négligera donc cette poussée dans tout ce qui suit.**

1.2 A partir d'une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité avec laquelle s'exprime la constante μ, dans le Système International.

1.3 Écrire, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la seconde loi de Newton appliquée au système S.

1.4 Que devient cette relation vectorielle projetée sur un axe vertical Ox orienté vers le bas ?

1.5 En déduire l'équation différentielle vérifiée par la vitesse $v_x(t)$ au cours de cette première chute et vérifier qu'elle est de la forme : $\frac{dv_x(t)}{dt} + B \cdot v_x^2(t) = A$ où A et B sont deux constantes.

1.6 Avec quelles unités s'expriment A et B ? Déterminer A et B en fonction des données et vérifier que $B = 9{,}3 \cdot 10^{-3}$ unité SI.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.7 En déduire l'expression de la vitesse limite v_{lim} (en fonction de m, g et μ), puis calculer sa valeur .

1.8 La résolution de l'équation différentielle établie précédemment est obtenue par la méthode numérique itérative d'Euler. Un extrait de la feuille de calcul est représenté ci-dessous.

Date t (s)	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	…
Vitesse v_x ($m \cdot s^{-1}$)	0,00	1,96	3,92	5,85		9,60	11,4	…

1.8.1 Quel est le pas Δt utilisé pour effectuer les calculs de $v_x(t)$?

1.8.2 La méthode d'Euler permet de prévoir, par le calcul, l'évolution de la composante v_x de la vitesse du système S au cours du temps. La détermination de $v_x(t_{i+1})$ est possible si celle de $v_x(t_i)$ est connue en appliquant la relation

$$v_x(t_{i+1}) = v_x(t_i) + \left[\frac{dv_x(t)}{dt}\right]_{t=t_i} \cdot \Delta t$$

Déterminer par le calcul, la vitesse $v_x(t = 0{,}80\ s)$ absente du tableau.

2. <u>Deuxième phase du saut à l'élastique</u>.

A partir de la date t = 5,0 s, le sauteur remonte sous l'action de l'élastique puis oscille verticalement pendant 40 s, effectuant 4 allers et retours.

2.1 Comment qualifie-t-on de telles oscillations ? Justifier. Calculer le temps caractéristique T associé aux oscillations et le nommer.

2.2 Si on assimile l'élastique à un ressort de raideur k relié à une masse m, quelle est l'expression de la période propre T_0 des oscillations libres ?

2.3 Calculer la valeur de T_0 et interpréter la différence observée entre les valeurs de T et T_0.

<u>Donnée</u> : k = 38,0 $N.m^{-1}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE 3 : Le Laser Mégajoule (4 points)

*« Dans une cavité en or de quelques millimètres de long, on place une micro-bille contenant quelques dixièmes de milligrammes d'atomes de la famille de l'hydrogène : 0,40 mg de deutérium et une masse **M** de tritium. Les faisceaux laser de longueur d'onde λ égale à 351 nm convergent dans la cavité en émettant une énergie de 1,8 MJ et sont absorbés par les parois qui jouent le rôle d'un four. Dans la micro-bille, de la taille d'un grain de riz, la température et la pression augmentent jusqu'à atteindre les conditions pour la fusion. A ce stade, la matière est un mélange d'atomes, d'ions et d'électrons. Grâce à l'intense agitation thermique au centre de la micro-bille, les noyaux de même charge électrique de deutérium et de tritium, qui naturellement se repoussent, viennent en contact et se combinent dans un temps très court pour former un noyau d'hélium en libérant un neutron. En se produisant simultanément un grand nombre de fois, cette réaction libère un fort dégagement d'énergie. »*

d'après http://aquitaine.unicnam.net/spip.php?article13

Données :

Noyaux	Neutron	Electron	Deutérium	Tritium	Hélium
Symbole	${}^{1}_{0}n$	${}^{0}_{-1}e$	${}^{2}_{1}H$	${}^{3}_{1}H$	${}^{4}_{2}He$
Masse en u	1,00866	0,00055	2,01355	3,01355	4,00150

Unité de masse atomique : $1\,u = 1{,}660\,54 \cdot 10^{-27}$ kg

Électron – volt : $1\,eV = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ J

Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m · s^{-1}

Constante de Planck : $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ J · s

Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}

Questions générales sur la radioactivité

3.1 Donner la nature de l'interaction dont il est question dans l'extrait suivant : «...les noyaux de même charge électrique de deutérium et de tritium, qui naturellement se repoussent...».

3.2 Rappeler la nature de l'interaction assurant la cohésion du noyau.

3.3 Le tritium et le deutérium sont des noyaux radioactifs.

3.3.1 Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

3.3.2 Donner la composition des noyaux de deutérium et de tritium. Comment nomme-t-on de tels noyaux ?

3.3.3 Le noyau de tritium est radioactif β^-. Écrire l'équation de sa désintégration en rappelant les lois de conservation utilisées.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3.4 Le noyau de tritium a une demie-vie $t_{1/2} = 12$ ans.

Une source contient $N = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ noyaux de tritium à la date $t = 0$.
Combien en contient-elle à la date $t = 6$ ans ?

3.5 A quel domaine des ondes électromagnétiques, la radiation émise par les lasers utilisés appartient-elle ?

3.6 Exprimer puis calculer la différence d'énergie ΔE de la transition à l'origine du rayonnement laser en fonction de h, c et la longueur d'onde λ.

Étude de la réaction de fusion

3.7 Écrire l'équation de la réaction de fusion mise en œuvre dans la micro-bille du laser Mégajoule.

3.8 Quelle masse **M** de tritium doit-on mettre dans la micro bille pour que les 0,40 mg de deutérium soient totalement consommés lors de la réaction de fusion ?

3.9 Exprimer l'énergie libérée par cette fusion en fonction des masses des noyaux et des particules mis en jeu. Calculer cette énergie en joule et en mégaélectronvolt (MeV) .

3.10 Dans le cas du Laser Mégajoule, calculer, en joule, l'énergie libérée pour la réaction de fusion impliquant 0,40 mg de deutérium.

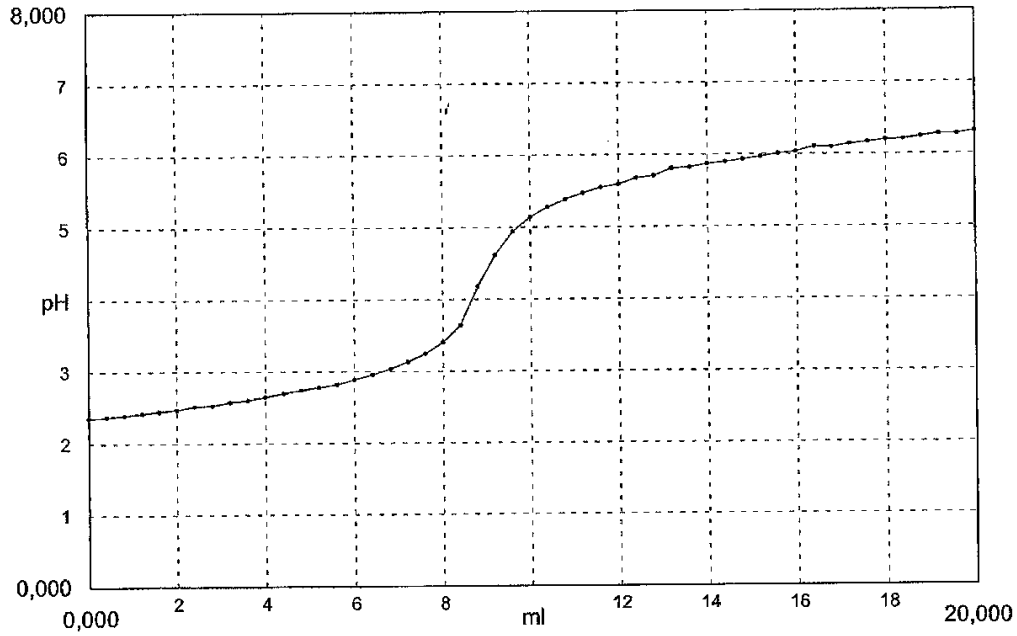
3.11 En tenant compte de l'énergie nécessaire au déclenchement de la fusion, justifier l'intérêt du procédé décrit dans le texte introductif.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Document réponse à rendre avec votre copie

EXERCICE 1 : Le chrome sous différentes formes

Annexe n°1 : Question 2.4



Annexe n°2 : Question 3.4

t en min	0	15	20	25	30	35	40	∞
x en µmol								

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