

Durée 3h
12-05-2014
4^{ème}Math

SCIENCES PHYSIQUES
DEVOIR DE SYNTHESE N°3
PR : RIDHA BEN YAHMED



Chaque résultat doit être souligné ou encadré. La clarté, la précision de l'explication rentrent en compte dans la notation de votre copie. La calculatrice non programmable est autorisée.

~ CHIMIE ~ (7 points)

EXERCICE N°1 (3,5 points)

Toutes les solutions sont prises à **25°C**, température à laquelle le produit ionique de l'eau pure est $K_e = 10^{-14}$. On dispose d'une solution aqueuses (**S**) de monobase faible **B**, de concentration molaire $C_B = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. On prélève de (**S**) un volume $V_0 = 5 \text{ mL}$. La mesure du pH de l'échantillon fournit la valeur **pH = 11,1**.

On dilue (**S**), avec de l'eau distillée, a fin d'obtenir une solution (**S'**) de volume $V' = 100 \text{ mL}$ et de **pH' = 10,4**.

- 1- a- Dresser un tableau d'avancement volumique de la réaction de la base **B** avec l'eau. (On négligera les ions provenant de l'autoprotolyse de l'eau devant ceux produits par la base).
- b- Exprimer le taux d'avancement final τ_f de la réaction en fonction de **C** de pK_e et du **pH** de la solution.
- c- Calculer τ_f pour la solution avant et après la dilution. Conclure quant à l'effet de la dilution sur la réaction de la base faible avec l'eau.

2- a-Exprimer la constante d'acidité K_A du couple **acide/base faible** en fonction de **pH** et de τ_f .

b-Etablir l'expression du pK_A , en fonction de **pH**, pK_e et **C**. Calculer la valeur du pK_A .

3-On dose un volume $V_B = 10 \text{ mL}$ de la solution (**S**) par une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire C_A et de **pH=1,3**. L'équivalence acide-base est obtenue par l'ajout d'un volume d'acide égale V_{AE} .

Le tableau suivant rassemble les résultats de quelques mesures :

Volume d'acide ajouté V_A (mL)	0	10	20	40
pH	11,1	1,8

a-Ecrire l'équation chimique de la réaction du dosage

b-Déterminer la concentration molaire C_A de solution d'acide chlorhydrique. En déduire la valeur de V_{AE} .

c-En faisant les calculs nécessaires, compléter le tableau ci-dessus (recopier le tableau complet sur votre copie).

EXERCICE N°2 (3,5 points)

1-On réalise ; à **25°C**, la pile électrochimique symbolisée par : $\text{Co} | \text{Co}^{2+} (C_1 \text{ mol.L}^{-1}) || \text{Ni}^{2+} (C_2 \text{ mol.L}^{-1}) | \text{Ni}$
Sa fem initiale est **E = 0,04V**.

a-Ecrire l'équation associée à cette pile.

b-Donner l'expression de **E** en fonction de C_1 et C_2 .

c-Calculer la fem standard E° de la pile, sachant que l'intensité du courant débité par cette pile s'annule lorsque $[\text{Co}^{2+}] = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ et $[\text{Ni}^{2+}] = 0,0232 \text{ mol.L}^{-1}$.

d-Comparer les pouvoir réducteurs de **Co** et **Ni**.

e-Calculer les valeurs C_1 et C_2 des concentrations molaires des solutions utilisées (les solutions ont le même volume dans les deux compartiments de la pile).

2-On réalise, dans les conditions standards, la pile de symbole : $\text{Pt} | \text{H}_2(1\text{atm}) | \text{H}_3\text{O}^+ (1\text{M}) || \text{Co}^{2+} (1\text{M}) | \text{Co}$
La fem standard de cette pile est $E^0_1 = -0,28\text{V}$.

a-Faire un schéma de la pile en précisant toutes les indications nécessaires.

b-Ecrire l'équation de la réaction spontanée lorsque la pile débite un courant.

c-Déterminer la valeur du potentiel standard d'électrode du couple Co^{2+}/Co et déduire celle du couple Ni^{2+}/Ni .

~ PHYSIQUE ~ (13 points)

EXERCICE N°1 (5 points)

La célérité de la lumière dans le vide $c = 3.10^8 \text{m.s}^{-1}$ et la constante de Planck $h = 6,62.10^{-34} \text{J.s}$.

Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$, ou n est un nombre entier strictement positif et $E_0 = 13,6 \text{eV}$.

1-Préciser, en le justifiant, la valeur de n correspondant à l'état fondamental.

2-a- Calculer les valeurs des **cinq premiers** niveaux d'énergie.

b-Construire sur votre copie le diagramme énergétique simplifié de l'atome d'hydrogène.

3-On considère toutes les transitions d'un niveau d'énergie E_n ($n > 2$) au niveau fondamental ; les radiations émises correspondantes à ces transitions forment une série appelée série de Lyman .

a-Montrer que les longueurs d'onde de ces radiations vérifient la relation : $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$

Ou R_H est la constante de Rydberg qu'on explicitera en fonction E_0 , c et h.

b-Préciser l'unité de R_H .

c- Calculer dans le système international d'unités la valeur de R_H .

d-Calculer les longueurs d'onde **extrêmes** des radiations correspondantes à la série de Lyman.

e-Représenter sur le diagramme énergétique (de la question 2-b) à l'aide de flèches, les transitions correspondantes.

4-L'atome d'hydrogène est dans son état fondamental ; il reçoit un photon d'énergie $W_1 = 12,75 \text{eV}$.

a-Montrer que cette énergie est absorbée par l'atome en précisant le niveau d'énergie de l'atome atteint en réponse à cette excitation.

b-Préciser, en justifiant, l'état de l'atome d'hydrogène pris initialement à l'état fondamental quand il absorbe un photon d'énergie $W_2 = 14\text{eV}$.

EXERCICE N°2 (5 points)

Dans une **centrale nucléaire**, les noyaux d'uranium (${}^{235}_{92}\text{U}$) subissent la fission sous le choc d'un neutron lent.

Un des nombreux processus possibles conduit à la formation d'un noyau de strontium (${}^{94}_{38}\text{Sr}$), d'un noyau de xénon (${}^{139}_{54}\text{Xe}$) et de plusieurs neutrons.

1. a- Définir l'énergie de liaison E_e d'un noyau.

b-Donner l'expression littérale qui permettra son calcul.

2. a- Calculer, en MeV, l'énergie de liaison E_e d'un noyau (${}^{235}_{92}\text{U}$).

b-Calculer l'énergie de liaison par nucléon E_1 de ce noyau.

c-Comparer par ordre croissant en justifiant la réponse la stabilité des noyaux (${}^{235}_{92}\text{U}$), (${}^{144}_{57}\text{La}$) et (${}^{88}_{35}\text{Br}$).

3. a- Définir la réaction de **fission**.
 b- Ecrire l'équation de la réaction de fission étudiée.
4. a- Calculer la perte de masse Δm de cette réaction.
 b- Calculer, en MeV, l'énergie E_0 libérée par la fission d'un noyau.
 c- Calculer, en joule puis en MeV, l'énergie libérée par une mole E_{mole} de noyaux (${}^{235}_{92}\text{U}$).

Données :

- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 - $1 \text{ u} = 1,66055 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 - $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
-
- Masse d'un proton : $m_p = 1,0073 \text{ u}$
 - Masse d'un neutron : $m_n = 1,0087 \text{ u}$
 - Masse du noyau d'uranium 235 : $m({}^{235}_{92}\text{U}) = 235,0134 \text{ u}$
 - Masse du noyau de Strontium 94 : $m({}^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,8946 \text{ u}$
 - Masse du noyau de Xénon 139 : $m({}^{139}_{54}\text{Xe}) = 138,888 \text{ u}$
 -
-
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
-
- Energies de liaison par nucléon :
 - $({}^{144}_{57}\text{La}) \quad E_2 = 8,28 \text{ MeV/nucléon}$
 - $({}^{88}_{35}\text{Br}) \quad E_3 = 8,56 \text{ MeV/nucléon}$

EXERCICE N°3 (3 points)

« Etude d'un document scientifique »

Le carbone 14, horloge du monde

La technique du carbone 14 permet de dater tous les fossiles d'origine organique : le bois, les charbons de bois, les ossements, l'émail dentaire...

Mais, cette technique ne s'applique pas à des matériaux âgés de plus de **50000** ans ; ils ne contiennent pratiquement plus d'atomes de radiocarbone détectables. Dans la haute atmosphère, les protons du rayonnement cosmique entrent en collision avec les molécules d'air, les neutrons créés par ces chocs interagissent avec l'azote de l'air pour produire du carbone 14. Ce dernier est instable : il est radioactif β^- et redevient de l'azote 14 en perdant un électron.

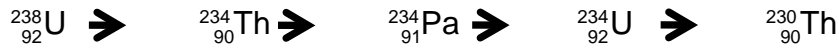
La demi-vie du carbone 14 a été estimée à **5568** ans : c'est-à-dire que la moitié des atomes de carbone 14 disparaît durant ce laps de temps. Un gramme de carbone contient une quantité de carbone 14 suffisante pour qu'un compteur détecte **13,56** désintégrations par minute. Un matériau dégageant **6,78** désintégrations par minute serait donc daté de **5568** ans, et **3,39** désintégrations par minute correspondraient à **11136** ans...

D'après un article du numéro hors série (janvier – mars 2004) de la revue Pour la science

Questions

1. Préciser la signification de la nomenclature "carbone 14" utilisée dans le texte.
2. Relever du texte le type de radioactivité mis en jeu dans la transformation du carbone 14 en azote 14 et écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante.
3. a) Expliquer pourquoi le groupe de mots souligné dans le texte n'est pas scientifiquement correct.
b) Le remplacer par une expression précise.
4. Interpréter l'obtention d'une activité de **3,39** désintégrations par minute au bout de **11136** ans.

Voici une petite partie de la chaîne de désintégration de l'uranium 238 :



1-a-Écrire l'équation de cette désintégration du noyau d'uranium 238 en thorium 234.

b- Quel est le type de radioactivité correspond à cette désintégration ?

2-L'uranium ${}^{238}\text{U}$ présente une période radioactive (temps de demi-vie) de $4,5 \cdot 10^9$ années.

a- Rappeler la définition du temps de demi-vie noté $t_{1/2}$.

b- En utilisant la loi de décroissance radioactive $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, trouver la relation entre le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ .

c- En déduire la valeur de la constante de désintégration radioactive λ en an^{-1} , puis en s^{-1} .

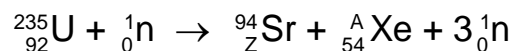
3-L'activité A_0 d'une pierre d'Autunite de masse voisine de 100 g, n'est pas négligeable ; elle est voisine de 9000 Bq.

a-Rappeler la définition de l'activité d'une espèce radioactive.

b- Exprimer l'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif à la date t en fonction du nombre de noyaux $N(t)$ présents au même instant. Calculer le nombre de noyaux N_0 d'uranium présents dans cette pierre à la date t = 0 s.

c-Que vaut l'activité de la pierre au bout de 1000 ans ? Que peut-on en déduire à propos de la décroissance de l'activité de cette pierre.

4- Dans certaines conditions, l'uranium 235 peut se scinder en deux noyaux plus légers et plus stables comme par exemple le strontium et le xénon selon l'équation suivante :



a- Comment appelle-t-on ce type de réaction.

b- Déterminer la valeur de A et de Z.

c- Calculer la perte de masse Δm de cette réaction.

d- Calculer l'énergie libérée par cette réaction en J, puis en MeV.

Données :

Unité de masse atomique	$u = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5 \text{ MeV}$
Mégaélectronvolt	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ eV}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Nom du noyau ou de la particule	Uranium	Strontium	Xénon	Neutron	Proton
Symbole	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{Z}^{94}\text{Sr}$	${}_{54}^A\text{Xe}$	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$
Masse (en u)	235,120	93,8946	138,888	1,00866	1,00728

EXERCICE N° (3 points)

« Etude d'un document scientifique »

Le carbone 14, horloge du monde

La technique du carbone 14 permet de dater tous les fossiles d'origine organique : le bois, les charbons de bois, les ossements, l'émail dentaire...

Mais, cette technique ne s'applique pas à des matériaux âgés de plus de **50000** ans ; ils ne contiennent pratiquement plus d'atomes de radiocarbone détectables. Dans la haute atmosphère, les protons du rayonnement cosmique entrent en collision avec les molécules d'air, les neutrons créés par ces chocs interagissent avec l'azote de l'air pour produire du carbone 14. Ce dernier est instable : il est radioactif β^- et redevient de l'azote 14 en perdant un électron.

La demi-vie du carbone 14 a été estimée à **5568** ans : c'est-à-dire que la moitié des atomes de carbone 14 disparaît durant ce laps de temps. Un gramme de carbone contient une quantité de carbone 14 suffisante pour qu'un compteur détecte **13,56** désintégrations par minute. Un matériau dégageant **6,78** désintégrations par minute serait donc daté de **5568** ans, et **3,39** désintégrations par minute correspondraient à **11136** ans...

D'après un article du numéro hors série (janvier – mars 2004) de la revue Pour la science

Questions

1. Préciser la signification de la nomenclature "carbone 14" utilisée dans le texte.
2. Relever du texte le type de radioactivité mis en jeu dans la transformation du carbone 14 en azote 14 et écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante.
3. a) Expliquer pourquoi le groupe de mots souligné dans le texte n'est pas scientifiquement correct.
b) Le remplacer par une expression précise.
4. Interpréter l'obtention d'une activité de **3,39** désintégrations par minute au bout de **11136** ans.

Toutes les solutions sont prises à **25°C**, température à laquelle le produit ionique de l'eau pure est $K_e = 10^{-14}$.

Deux solutions aqueuses (S_{B1}) et (S_{B2}), obtenues en dissolvant respectivement deux monobases B_1 et B_2 dans un volume $V_0 = 5\text{mL}$ d'eau distillée. La mesure du pH de chaque solution fournit la même valeur $\text{pH} = 11,1$.

On dilue (S_{B1}) et (S_{B2}), avec de l'eau distillée, afin d'obtenir respectivement deux solutions (S_{B1}) et (S_{B2}), chacune de volume $V = 100\text{mL}$ et de pH respectifs $\text{pH}_1 = 9,8$ et $\text{pH}_2 = 10,4$.

- 1- Calculer les quantités de matière n_0 d'ions hydroxydes OH^- contenus dans chacune des solutions (S_{B1}) et (S_{B2}).
- 2- Calculer les quantités de matière n_1 et n_2 d'ions OH^- contenus respectivement dans les solutions (S_{B1}) et (S_{B2}).
- 3- a- Montrer que l'une des bases est forte et que l'autre est faible.
b- Ecrire les équations des réactions de chacune des bases avec l'eau.
- 4- Sachant que la concentration molaire de la solution aqueuse de base faible, avant la dilution est $C_B = 0,1\text{mol.L}^{-1}$.
a- Dresser un tableau d'avancement volumique de la réaction de la base faible avec l'eau.
b- Exprimer le taux d'avancement final τ_f de la réaction de la base faible avec l'eau en fonction de C_{B1} , de $\text{p}K_e$ et du pH de la solution de base faible.
c- Calculer τ_f pour la solution de la base faible avant et après la dilution. Conclure quant à l'effet de la dilution sur la réaction de la base faible avec l'eau.
- 5- a- Exprimer la constante d'acidité K_A du couple **acide/base faible** en fonction de pH et de τ_f .
b- on suppose que la réaction de la base faible avec l'eau est très limitée et que les ions provenant de l'autoprotolyse de l'eau sont négligeables devant ceux produits par la base.
Etablir l'expression du $\text{p}K_A$, en fonction de pH, pH_e et C_B .
c- Calculer les volumes V'_e et V''_e d'eau distillée qu'il faut ajouter respectivement à $V_0 = 5\text{mL}$ de chacune des solutions (S_{B1}) et (S_{B2}) pour obtenir deux solutions ayant la même valeur du $\text{pH} = 10,6$.