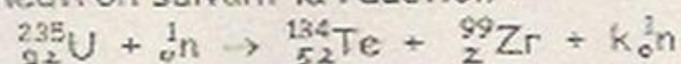


On donne :  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  
 $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  ;  $1 \text{ an} = 365,25 \text{ j}$  ;  $N(\text{nombre d'Avogadro}) = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;  
 $m_e = 5,4819 \cdot 10^{-4} \text{ u}$ .

Nom	Uranium	Iode	Tellure	Zirconium	Proton	Neutron
Symbole	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{134}_{54}\text{I}$	${}^{134}_{52}\text{Te}$	${}^{99}_{40}\text{Zr}$	${}^1_1\text{p}$	${}^1_0\text{n}$
Masse(u)	234,9935	133,8808	133,8830	98,8946	1,0073	1,0087

A) Dans un réacteur nucléaire, le noyau d'uranium  ${}^{235}_{92}\text{U}$  peut réagir avec un neutron suivant la réaction :



- Donner le nom de cette réaction. Est-elle provoquée ou spontanée ?
    - Expliquer pourquoi cette réaction est dite réaction en chaîne.
  - Déterminer, en précisant les lois utilisées les nombres  $z$  et  $k$ .
  - Déterminer en MeV l'énergie  $W_1$  libérée par la transformation d'un noyau d'uranium 235.
    - En déduire l'énergie  $W_2$  libérée par la transformation d'une mole de noyaux d'uranium 235.
- B) Le noyau de tellure  ${}^{134}_{52}\text{Te}$  est radioactif  $\beta^-$ , sa période radioactive est  $T = 3,5 \text{ ans}$ .
- Ecrire l'équation de cette désintégration et identifier le noyau fils formé.
  - Expliquer l'origine de la particule  $\beta^-$ .
  - Montrer que la réaction est accompagnée d'une libération d'énergie. Calculer sa valeur en joule puis en MeV.
  - Définir l'énergie de liaison d'un noyau atomique.
    - Déterminer en MeV l'énergie de liaison du noyau  ${}^{134}_{52}\text{Te}$ .
    - Peut-on s'appuyer, dans ce cas, sur les énergies de liaison pour comparer les stabilités des noyaux père et fils ? Justifier.
    - Comparer la stabilité de ces noyaux.
  - On considère un échantillon de tellure  ${}^{134}_{52}\text{Te}$  de masse  $m_0 = 1 \text{ g}$  à  $t = 0 \text{ s}$ .
    - Etablir la loi de décroissance radioactive  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  et préciser la signification des termes qui figurent dans cette loi. En déduire la relation entre  $m$  et  $m_0$  ( $m$  étant la masse restante à l'instant de date  $t$ ).
    - Définir la période radioactive  $T$  et établir son expression en fonction de  $\lambda$ .
    - Calculer le nombre de noyaux initial  $N_0$ .
    - A quelle date  $t_1$  restera-t-il 20% de la masse initiale.
    - Déterminer la masse des noyaux fils formé à la date  $t_1$ .
    - Définir et déterminer l'activité du tellure à la date  $t_1$ .



c) Calculer la f.e.m. initiale de la pile lorsque  $C_1 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $C_2 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

d) Tracer sur la feuille à rendre, la courbe  $E = f(\log \frac{C_1}{C_2})$ . Retrouver la valeur de K.

### Physique :

On donne :  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $1 \text{ Mev} = 1,6.10^{-13} \text{ J}$ ;  $h = 6,62.10^{-34} \text{ J.s}$ ;  $1u = 1,66.10^{-27} \text{ Kg} = 931,5 \text{ Mev.c}^{-2}$ .

#### Exercice n°1 : (4,5 points)

On attribue aux niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène les valeurs  $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ .  $E_0 = 13,6 \text{ eV}$ .

- a) Que vaut n lorsque l'atome est dans son état fondamental ?  
b) Quelle est, en eV, l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ?
- a) Calculer les énergies correspondant à  $n=1, n=2, n=3, n=\infty$  et représenter sur la feuille à rendre le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome H.  
b) Expliquer pourquoi les spectres d'absorption ou d'émission de l'hydrogène sont constitués de raies.
- Calculer en nanomètre, les longueurs d'onde des radiations émises lors des transitions :
  - Du niveau d'énergie  $E_3$  au niveau d'énergie  $E_1$  (Longueur d'onde  $\lambda_1$ ).
  - Du niveau d'énergie  $E_2$  au niveau d'énergie  $E_1$  (Longueur d'onde  $\lambda_2$ ).
  - Du niveau d'énergie  $E_3$  au niveau d'énergie  $E_2$  (Longueur d'onde  $\lambda$ ).
- Une ampoule contient de l'hydrogène porté à la température 2800K. Les atomes sont dans leur état fondamental. Une lumière constituée des trois radiations  $\lambda_1, \lambda_2$  et  $\lambda$  traverse ce gaz.  
Quelles sont les radiations absorbées ? justifier.
- Sur l'ampoule précédente, on envoie une radiation monochromatique de longueur d'onde  $\lambda' = 76 \text{ nm}$ .
  - Calculer, en eV, l'énergie des photons.
  - montrer que l'atome peut être ionisé.
  - Calculer, en faisant un bilan énergétique, l'énergie cinétique acquise par l'électron en admettant que celle de l'ion formé est nulle.

#### Exercice n°2 : (4 points)

#### Texte : Datation au carbone 14

La Terre est bombardée en permanence par des particules très énergétiques venant du cosmos. Ce rayonnement cosmique est composé notamment de protons très rapides. Les noyaux des atomes présents dans la haute atmosphère « explosent » littéralement sous le choc de ces protons très énergétiques et, parmi les fragments, on trouve des neutrons rapides. Ces neutrons rapides peuvent à leur tour réagir avec des noyaux d'azote de la haute atmosphère. Lors du choc, tout se passe comme si un neutron rapide éjectait un des protons d'un des noyaux d'azote et prenait sa place pour former un noyau  $Y_1$ . Ce noyau  $Y_1$  est un isotope particulier du carbone, le carbone 14, qui est radioactif en émettant un électron, il se décompose en un noyau  $Y_2$ . La demi-vie du carbone 14 est 5 570 ans. Comme le rayonnement cosmique bombarde la Terre depuis longtemps, un équilibre s'établit entre la création et la décomposition du carbone 14 : il y a autant de production que de décomposition si bien que la teneur en carbone 14 de tous les organismes vivants reste identique au cours du temps. Ce carbone s'oxyde en dioxyde de carbone qui se mélange à celui de l'atmosphère, à celui dissous dans l'eau, etc. et sera métabolisé par les plantes et à travers elles par tous les organismes vivants. Dans chaque gramme de carbone de l'atmosphère ou des organismes vivants, les atomes de carbone sont en très grande majorité des atomes stables de carbone 12, mais il y a aussi  $6,8 \cdot 10^{10}$  atomes radioactifs de carbone 14.

D'après I. Berkès « La physique du quotidien »

On donne, pour différents noyaux :

H : Z = 1 ; He : Z = 2 ; C : Z = 6 ; N : Z = 7 ; O : Z = 8.

On prendra : 1 an = 365,25 jours

I) Questions à propos le texte.

- 1) Ecrire l'équation de la réaction qui se produit lorsque le neutron rapide éjecte un des protons du noyau d'azote. Vérifier que, comme l'indique le texte, on obtient bien du carbone 14. Préciser la composition de ce noyau.
- 2) Ecrire l'équation de la réaction qui a lieu lorsque un noyau de carbone 14 se décompose à son tour, en précisant le type de radioactivité du carbone 14. Identifier l'élément  $Y_2$  formé.
- 3) Donner la définition du temps de demi-vie  $t_{1/2}$ . A l'aide du texte, calculer sa valeur en unité SI, pour la désintégration du carbone 14.
- 4) Comment expliquer que la quantité moyenne de carbone 14 par kilogramme de matière (ou teneur) reste constante pour tous les organismes en vie ?
- 5) a) Déterminer le nombre de désintégrations par minute et par gramme de carbone d'un organisme vivant à partir du moment de sa mort.  
b) Même question pour un échantillon de 1 gramme et une durée de 1 seconde. Quelle unité peut-on attribuer à ce dernier résultat ?

II) Datation au carbone 14.

- 1) Soit  $N_0$  le nombre de noyaux radioactif à l'instant  $t = 0$  et  $N$  celui à l'instant  $t$ .  
Etablir la loi de décroissance radioactive  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  où  $\lambda$  est la constante radioactive de la substance.
- 2) On date par la méthode du carbone 14 un morceau de bois trouvé dans une tombe de l'Egypte ancienne. Dans cet échantillon, on mesure en moyenne 8 désintégrations par minute et par gramme de carbone.  
a) Déterminer le nombre de noyaux de carbone 14 subsistant dans cet échantillon.  
b) Proposer un âge pour ce morceau de bois.

Exercice n°3 : (4,5 points)

I- Le noyau de neptunium ( ${}_{93}^{237}\text{Np}$ ) est radioactif  $\beta^-$ . Il se désintègre pour donner un noyau  ${}^A_Z\text{X}$ .

- 1) En s'aidant du tableau ci-dessous, écrire l'équation de cette désintégration en précisant les lois utilisées.

Elément	Hélium	Uranium	Plutonium
Symbole	He	U	Pu
Z	2	92	94
Masse en u	4,0015	235,044	239,05107

- 2) Expliquer l'origine de  $\beta^-$ .
- 3) a) Définir l'énergie de liaison d'un noyau atomique.  
b) Calculer les énergies de liaison des noyaux  ${}^4_2\text{He}$  et  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , puis comparer leur stabilités.  
on donne :  $m_p = 1,007276 \text{ u}$ ,  $m_n = 1,008665 \text{ u}$
- II) Le noyau  ${}^A_Z\text{X}$  subit une désintégration de type  $\alpha$ .  
1) a) Ecrire l'équation de cette désintégration, et vérifier qu'il y a formation de l'uranium 235.  
b) Montrer que cette réaction libère de l'énergie  $W$ . Calculer cette énergie en joules et en MeV.  
2) L'énergie cinétique de la particule  $\alpha$  émise juste après la désintégration est  $E_{c\alpha} = 5,1 \text{ MeV}$ .  
Sachant que toute l'énergie libérée  $W$  est emportée par les deux particules sous forme d'énergie cinétique, calculer l'énergie cinétique  $E_{cU}$  de l'uranium juste après la désintégration. La comparer à  $E_{c\alpha}$ .  
Conclure.

BON TRAVAIL

## Exercice N°2 : ( 6 points )

Les trois parties sont indépendantes

I/ L'uranium  ${}_{92}^{234}\text{U}$  donne par désintégration  $\alpha$  le thorium Th

1°/ Ecrire l'équation de cette désintégration radioactive.

2°/ Calculer en Mev et en Joules, l'énergie  $\Delta E$  libérée par cette désintégration.

3°/ a- En considérant que le noyau fils est obtenu à l'état fondamental, exprimer l'énergie cinétique  $E_{c(\alpha)}$  de la particule  $\alpha$  en fonction des masses  $m_\alpha$  et  $m_{\text{Th}}$  et de l'énergie libérée  $\Delta E$  par la réaction et calculer sa valeur en Mev.

On donne:  $\frac{E_{c(\text{Th})}}{E_{c(\alpha)}} = \frac{m_\alpha}{m_{\text{Th}}}$

b- En réalité l'énergie cinétique des particules  $\alpha$  émises est  $E'_\alpha = 13,147$  Mev. Interpréter ce résultat et calculer la longueur d'onde du photon émis.

4°/ On considère un échantillon d'uranium 234 de masse initiale  $m_0 = 10$  mg et de période  $T = 2,5 \cdot 10^7$  ans.

a- Donner la loi de décroissance radioactive  $N(t)$ .

b- Etablir l'expression de l'activité  $A$  d'une substance radioactive et calculer sa valeur initiale pour la masse  $m_0$  d'uranium 234 en Bq.

On donne:  $1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg} = 931,5\text{Mev} \cdot \text{C}^{-2}$ ;  $1\text{Mev} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{J}$ .

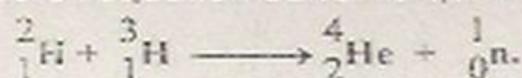
✓ Masse d'un noyau de l'uranium 234 :  $m_1 = 233,9904\text{u}$ .

✓ Masse d'un noyau de thorium :  $m_2 = 229,9737\text{u}$ .

✓ Masse d'un noyau d'hélium4 ( $\alpha$ ) :  $m_3 = 4,0015\text{u}$ .

✓  $1\text{an} = 365,25$  jours.

III/ On considère l'équation suivante qui traduit une réaction nucléaire :



1°/ Quel est le nom et le type de cette réaction ?

2°/ Etablir l'expression de l'énergie  $W$  libérée par cette réaction en fonction des énergies de liaison des noyaux de deutérium ( ${}^2_1\text{H}$ ), de tritium ( ${}^3_1\text{H}$ ) et d'hélium ( ${}^4_2\text{He}$ ).

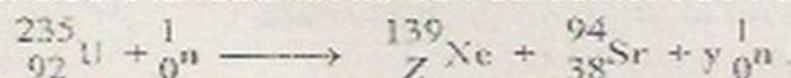
3°/ Calculer en Mev l'énergie libérée par cette réaction.

4°/ Classer ses noyaux par ordre de stabilité croissante.

On donne :

Noyau	Deutérium	Tritium	Hélium
Energie de liaison par nucléon (Mev.nucléon <sup>-1</sup> )	1,1	2,83	7,07

III/ On considère la réaction de bombardement de l'uranium 235 par un neutron thermique, suivante :



1°/ Compléter cette équation en calculant  $Z$  et  $y$  en précisant les lois utilisées.

2°/ Déterminer, en joules, l'énergie libérée  $W$  par la fission d'un gramme d'uranium 235.

On donne :

$m_1 = m({}^{235}\text{U}) = 235,044\text{u}$  ;  $m_2 = m({}^{139}\text{Xe}) = 138,918\text{u}$  ;  $m_3 = m({}^{94}\text{Sr}) = 93,915\text{u}$  et  $m_4 = m({}^1_0\text{n}) = 1,00866\text{u}$ .

Exercice N°3 : ( 3 points )

Texte documentaire

Le carbone 14 est produit dans la haute atmosphère par suite du bombardement de l'azote  $^{14}\text{N}$  par les neutrons cosmiques. La proportion de carbone 14 par rapport au carbone 12 reste quasiment constante au cours du temps : dans l'atmosphère, la proportion est de 1 noyau de carbone 14 pour  $3,33 \cdot 10^{11}$  noyaux de carbone 12. Cette proportion est la même dans toute la nature. Le carbone 14 produit est rapidement oxydé pour donner du gaz carbonique puis est absorbé par les plantes au cours de la photosynthèse. Tant que le bois est vivant, les échanges avec le milieu extérieur maintiennent constante sa teneur en carbone 14, égale à celle de l'atmosphère : chaque gramme de carbone contient suffisamment d'isotopes  $^{14}\text{C}$  pour qu'un détecteur enregistre 13,6 désintégrations par minute et par gramme de carbone (L'abondance respective des deux isotopes  $^{12}\text{C}$  (98,89%) et  $^{14}\text{C}$  ( $1,2 \cdot 10^{-10}$ %) est la même dans les composés carbonés des êtres vivants). Lorsqu'un arbre est abattu, le bois cesse de vivre, le processus de photosynthèse s'arrête, et il n'y a plus absorption de gaz carbonique. L'isotope  $^{14}\text{C}$  se désintègre alors sans compensation ( le carbone 14 est radioactif  $\beta^-$  ). Au bout d'une durée caractéristique de l'isotope, il ne reste que la moitié des noyaux  $^{14}\text{C}$  initialement présents. Ce temps, appelé temps de demi-vie, est de 5570 ans pour l'isotope 14 du carbone. Grâce à cette propriété, il est possible par exemple de déterminer l'âge d'un sarcophage en mesurant l'activité d'un échantillon de sarcophage et en la comparant à l'activité d'un bois fraîchement coupé, de même nature et de même masse

Questions :

- 1/ Dégager du texte la définition de la période radioactive T ( ou  $t_{1/2}$  ).
- 2/ Comment expliquer que la quantité moyenne de carbone 14 par gramme de matière (ou teneur) reste constante pour tous les organismes en vie ?
- 3/ Comment évolue la teneur en carbone 14 quand un organisme meurt ? Justifier la réponse
- 4/ On date par la méthode du carbone 14 un morceau de sarcophage en bois trouvé dans une tombe . Dans cet échantillon, on mesure en moyenne 1,7 désintégrations par minute et par gramme de carbone . Proposer un âge pour le bois de ce sarcophage

Bon travail