

Série corrigés Physique nucléaire smp s5 :

Physique Nucléaire (2 points)

1.- a) Calculer en MeV l'énergie correspondant à une variation de 1u (u : unité de masse atomique). (0,25 pt)

b) Calculer en MeV l'énergie de liaison par nucléon du noyau de carbone $^{14}_6\text{C}$. (0,50 pt)

c) Le nucléide $^{14}_6\text{C}$ est radioactif β^- . Ecrire l'équation traduisant la désintégration en indiquant les lois utilisées. (0,25 pt)

2.- Dans un laboratoire, on a enrichi un échantillon en $^{14}_6\text{C}$, celui-ci contient actuellement 10^{-6} g de $^{14}_6\text{C}$. Sachant que la période ou demi-vie du carbone $^{14}_6\text{C}$ est de $T = 5570$ ans.

a) Quelle masse m de carbone $^{14}_6\text{C}$ contiendra l'échantillon à $t = 22280$ ans ? (0,50 pt)

b) Calculer l'activité A(t) de cet échantillon après cet instant. (0,50 pt)

Données : $1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J
 $c = 3 \cdot 10^8$ ms $^{-1}$ $\ln 2 = 0,69$ $N = 6 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$
 masse du proton : $m_p = 1,00728$ u $m_n = 1,00866$ u
 masse du noyau de $^{14}_6\text{C}$: $14,00324$ u $m_{\text{atome}} = 14$ g mol $^{-1}$

Extrait du tableau de classification périodique :

Numéro atomique	4	5	6	7	8
Symbole	Be	B	C	N	O

- 2 -

Corrigé

1-a/ $1\text{MeV} = 10^6 \text{eV} = 10^6 * 1,6 * 10^{-19} = 1,6 * 10^{-13} \text{J}$

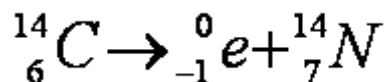
Energie de masse de l'unité de masse atomique u :

(Ce type de calcul nécessite des données beaucoup plus précises que celles données dans l'énoncé !)

b/Energie de liaison par nucléon du noyau de carbone 14 :

$$E_l = (Zm_p + (A-Z)m_n - m_C) \cdot c^2 / A = (6 * 1,00728 + 8 * 1,00866 - 14,00324) * 931,5 / 14 = 7,3 \text{MeV}$$

c/L'équation nucléaire de désintégration satisfait à la conservation du nombre de charge et du nombre de nucléons, soit :



2-a/ $t = 22280 \text{ans} = 4 * T$,

Au bout d'une demi-vie, la masse est divisée par deux, puis une demi-vie plus tard encore par deux soit divisée par quatre etc...Au bout de 4T, la masse est divisée par 16.

$$\text{Soit : } m = (1/16) * 10^{-6} = 6,25 * 10^{-8} \text{g}$$

b/ Calcul de l'activité à T=22280ans :

Le nombre de noyau N(t) restants à la date t est :

On montre que la constante λ s'exprime en fonction de la demi-vie T par la relation :

Exprimons N en fonction de la masse molaire atomique M du carbone 14 et de la masse m de l'échantillon restant à $t=4T$

(Le nombre d'Avogadro sera noté N_A et la quantité de matière n.)

$$N(t) = N_A \cdot n = N_A \cdot (m/M)$$

Finalement :

Dans ce calcul T doit être transformé en secondes !

III) **Physique Nucléaire** (2 points)

1°) On considère les 2 variétés ${}_{92}^{235}\text{U}$ et ${}_{92}^{238}\text{U}$ du radioélément d'Uranium.
Que peut-on dire de ces 2 variétés ?
Calculer l'énergie de liaison par nucléon de l'uranium 235 en MeV/nucléon. (0,75 pt)

2°) On considère la réaction suivante : ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{39}^{95}\text{Y} + {}_{53}^{139}\text{I} + 2({}_0^1\text{n})$
Donner le nom de ce type de réaction puis déterminer A et Z en précisant les lois utilisées. (0,25 pt)

3°) La période radioactive de ${}_{39}^{95}\text{Y}$ est de 10 minutes. Un échantillon contient 10^6 noyaux de ${}_{39}^{95}\text{Y}$ à l'instant $t = 0$. Combien en restera-t-il au bout d'une heure ? (1,00 pt)

On donne :

	$1\text{u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2}$
Masse d'un proton :	$m_p = 1,00727 \text{ u}$.
Masse d'un neutron :	$m_n = 1,00865 \text{ u}$.
Masse d'un noyau d'uranium :	$m({}_{92}^{235}\text{U}) = 234,9934 \text{ u}$.

Corrigé

1°/ Les deux noyaux ont même n° atomique Z mais diffèrent par le nombre de neutrons ($235-92=143$ pour « l'uranium 235 » et $238-92=146$ pour « l'uranium 238 »): ils sont **isotopes**.

$$\text{pour le noyau } {}_Z^A\text{X} \Rightarrow \frac{El}{A} (\text{MeV}) = \frac{1}{A} [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{noyau}}] \cdot c^2$$

Calculons la variation de masse en unité de masse atomique(u)

$$\text{soit : } El/A = \Delta m(u) \cdot 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}/u$$

$$E_L/A = \frac{1}{235} [92 \cdot 1,00727 + 143 \cdot 1,00865 - 234,9934] \cdot 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2} \cdot c^2 = 7,58 \text{ MeV}$$

Cette grandeur caractérise la stabilité du noyau.

2°/ C'est une réaction de fission.

Au cours de la transformation, le nombre de nucléons est conservé :

$$235 + 1 = 95 + A + 2 \cdot 1 \quad \text{et donc } A = 139$$

...et le nombre de charge : $92 + 0 = 39 + Z + 2 \cdot 0$ et donc $Z = 53$. L'élément formé est bien l'iode I

3°/ Au bout d'une heure (soit $t=6.T$), le nombre de noyaux restants est : $N/2^6 = N/64 = 10^6/64 = 1.56.10^4$ noyaux

PHYSIQUE NUCLEAIRE (2 points)

L'isotope 210 du Polonium Po (Z=84) est un élément radioactif du type α .

1) Ecrire l'équation de désintégration produite en précisant les lois utilisées. (0,5 pt)

2) La période du Polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ est $T=138$ jours. A l'instant $t=0$, on considère un échantillon de masse $m_0 = 42\text{g}$ de Polonium 210

a- Calculer l'activité A_0 à l'instant $t=0$ du $^{210}_{84}\text{Po}$ de cet échantillon. (1 pt)

b- A l'instant t_1 , l'activité sera $A_1 = \frac{A_0}{10}$. Calculer t_1 . (0,5 pt)

Voici un extrait du tableau périodique des éléments :

81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Ra	87 Fr
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

La masse molaire du Polonium $M=210\text{g.mol}^{-1}$
 Le nombre d'Avogadro : $N = 6.10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 $\ln 10 = 2,302$; $\ln 2 = 0,693$.

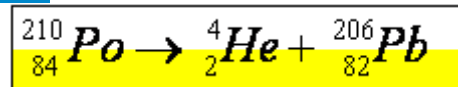
Corrigé proposé par Mr Ranaboson Frédéric

1°) Equation de la désintégration produite

Au cours de la réaction de la désintégration, il y a :

- conservation du nombre de nucléons
- conservation du nombre de charge **Z**

L'équation de désintégration s'écrit alors:



2°) a- Calcul de l'activité A_0 à l'instant $t=0$ du de cet échantillon

L'activité A_0 du polonium est le nombre de la désintégration par unité de temps ; celle-ci est proportionnelle au nombre de noyau N_0 non désintégrés à cette date, soit :

$$A_0 = \lambda N_0$$

Cherchons une relation entre le nombre de noyau N_0 et la masse de l'échantillon m_0 :

La quantité de matière n_0 (à $t=0$) est

$$n_0 (\text{mol}) = \frac{N_0}{N(\text{mol}^{-1})} = \frac{m_0 (\text{g})}{M(\text{g.mol}^{-1})} \Rightarrow N_0 = \frac{N.m_0}{M}$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{T} \times \frac{m_0 N}{M} = \frac{0,693 \times 42 \times 6.10^{23}}{(138 \times 24 \times 3600) \times 210} = 1,46.10^{10} \text{ Bq}$$

b- Calcul de t_1

A l'instant t_1 , l'activité sera $A_1 =$
D'après la formule de l'activité:

$$A(t_1) = A_0 \cdot e^{-\lambda t_1}$$

$$\frac{A_0}{10} = A_0 \cdot e^{-\lambda t_1} \Rightarrow \frac{1}{10} = e^{-\lambda t_1}$$

Prenons le log de cette expression :

$$\lambda t_1 = \ln 10 \Rightarrow t_1 = \frac{\ln 10}{\lambda} = \frac{\ln 10}{\ln 2} \times T = \frac{2,3}{0,693} \times 138 \text{ j} = 458 \text{ j}$$