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 $^{14}_{6}C$. (0,50 pt)

c) Le nucléide $^{14}_{6}C$ 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 $^{14}_{6}C$, celui-ci contient actuellement 10^{-6} g de $^{14}_{6}C$. Sachant que la période ou demi-vie du carbone $^{14}_{6}C$ est de T = 5570 ans.

a) Quelle masse m de carbone $^{14}_{6}C$ 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 : $1u = 1{,}66.10^{-27}$ kg $\quad 1eV = 1{,}6.10^{-19}$ J

$c = 3.10^8\ ms^{-1}$ $\quad \ln 2 = 0{,}69$ $\quad \mathcal{N} = 6.10^{23}\ mol^{-1}$

masse du proton : $m_p = 1{,}00728$ u $\quad$ masse du neutron : $m_n = 1{,}00866$ u

masse du noyau de $^{14}_{6}C$: 14,00324 u $\quad$ masse atomique molaire du $^{14}_{6}C$: 14 $gmol^{-1}$

Extrait du tableau de classification périodique :

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

Corrigé

1-a/ 1Mev=10^6eV=10^6*1,6*10^{-19}=1.6*10^{-13}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 :

$E_l=(Zm_p+(A-Z)m_n-m_C).c^2/A$=.(6*1,00728+8*1,00866-14,00324)*931.5/14=7,3MeV

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

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{14}_{7}N$$

2-a/ t=22280ans=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.

Soit :m=(1/16)*10^{-6}=6.25*10^{-8}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 $\mathbf{N_A}$.et la quantité de matière **n**.)

$$N(t)=N_A.n = N_A.(m/M)$$

Finalement :

Dans ce calcul T doit être transformé en secondes !

III) Physique Nucléaire (2 points)

1°) On considère les 2 variétés ${}^{235}_{92}U$ et ${}^{238}_{92}U$ 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 : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{95}_{39}Y + {}^{A}_{Z}I + 2({}^{1}_{0}n)$

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

On donne : $1u = 931{,}5\ MeV.C^{-2}$

Masse d'un proton : $m_P = 1{,}00727$ u.

Masse d'un neutron : $m_n = 1{,}00865$ u.

Masse d'un noyau d'uranium : $m({}^{235}_{92}U) = 234{,}9934$ 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.

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

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

soit :El/A=Δm(u).931,5MeV.c^{-2}/u

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

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*1 et donc A=139

…et le nombre de charge : 92+0=39+Z+2*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 $^{210}_{84}Po$ est T= 138 jours. A l'instant t=0, on considère un échantillon de masse m_o = 42g de Polonium 210

a-. Calculer l'activité A_o à l'instant t=0 du $^{210}_{84}Po$ 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=210g.mol^{-1}

Le nombre d'Avogadro : $N = 6.\ 10^{23}$ 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:

$$\boxed{^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb}$$

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

L'activité A_O du polonium est le nombre de la désintégration par unité de temps ; celle-ci est proportionnelle au nombre de noyau No non désintégrés à cette date, soit :.

$$A_O = \lambda N_O$$

Cherchons une relation entre le nombre de noyau N_O et la masse de l'échantillon m_O:

La quantité de matière no (à t=0) est

$$n_o(mol) = \frac{N_o}{N(mol^{-1})} = \frac{m_o(g)}{M(g.mol^{-1})} \Rightarrow No = \frac{N.mo}{M}$$

$$Ao = \frac{\ln 2}{T} \, x \, \frac{m_O N}{M} = \frac{0,693 \times 42 \times 6.10^{23}.}{(138 \times 24 \times 3600) \times 250} = 1,46.10^{10}\,Bq$$

b- Calcul de t_1

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

$$A(t_1) = A_o.e^{-\lambda t_1}$$

$$\frac{A_O}{10} = A_o.e^{-\lambda t_1} \Rightarrow \frac{1}{10} = e^{-\lambda t_1}$$

Prenons le log de cette expression :

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