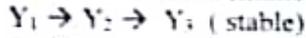


S5 : MODULE : Physique Nucléaire

Contrôle FINAL durée 1h, 30mn

Ière Partie : Questions de cours

1/ On considère la filiation radioactive suivante



On désigne par $N_1(t)$, $N_2(t)$ et $N_3(t)$ respectivement les nombres de noyau des espèces Y_1 , Y_2 et Y_3 présent à l'instant t , on suppose qu'à l'instant $t = 0$ a $N_1(0) = N_0$ et $N_2(0) = N_3(0) = 0$.

- 1- Etablir les équations décrivant l'évolution en fonction du temps des nombres $N_1(t)$, $N_2(t)$ et $N_3(t)$.
- 2- Montrer que $N_2(t)$ passe par un maximum à l'instant t_m , donner l'expression de t_m en fonction des constantes de désintégration λ_1 et λ_2 et en fonction des périodes T_1 et T_2 .
- 3- Représenter et interpréter l'évolution temporelle des substances.

2/ En utilisant les équations de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement dans une collision Compton entre un photon et un électron peu lié, retrouvez et calculez l'expression de l'énergie du rayonnement diffusé à $\theta=90^\circ$ et l'énergie du rayonnement diffusé vers l'arrière $\theta=180^\circ$.

IIème Partie : Problème

A/ En partant de la masse atomique $M(A,Z) C^2$ qui égale à la masse nucléaire $M'(A,Z)C^2$ plus la masse des électrons qui gravitent autour du noyau $Zme C^2$ diminuée de l'énergie de liaison des électrons dans l'atome soit : $M(A,Z) C^2 = M'(A,Z) C^2 + Zme C^2 - b(Ze)$,

Montrer, en utilisant les unités de masse atomique moyennant une certaine approximation (en considérant que les énergies de liaison électroniques dans les atomes n'excèdent jamais une dizaine de keV) que l'énergie de liaison B d'un noyau (A,Z) peut être écrite sous la forme :

$$B(A,Z) = ZM_H C^2 + NM_n C^2 - M_{at} C^2$$

B/ On donne l'expression de la formule semi empirique donnant la masse de l'atome neutre correspondant au noyau (A,Z) considéré dans l'état fondamental :

$$M(A,Z) = ZM_H + (A-Z)M_n - a_v A + a_s A^{2/3} + a_c Z^2/A^{1/3} + a_a (A/2 - Z)^2/A + \delta(A,Z) \quad (I)$$

$$a_p A^{-3/4} \text{ pour } A \text{ pair et } Z \text{ impair}$$

$$\text{Avec } \delta = \begin{cases} 0 & \text{pour } A \text{ impair} \\ -a_p A^{-3/4} & \text{pour } A \text{ pair et } Z \text{ pair} \end{cases}$$

1/ Montrer que dans les isobares de A impair, la masse atomique (M_A) peut se mettre sous la forme :

$$M(A,Z) = a + bZ + cZ^2 \quad (II)$$

et donner les expressions de a, b et c.

2/ On considère la série de noyaux isobare A=127 dont les excès de masse en MeV sont donnés par le tableau suivant :

Element	A_ZX	$\Delta = \text{Excès de masse (MeV)}$
Tellure	${}^{127}_{52}\text{Te}$	-88,286
Iode	${}^{127}_{53}\text{I}$	-88,984
Xénon	${}^{127}_{54}\text{Xe}$	-88,323

NB : On rappelle que l'Excès de masse $\Delta = M_A - A u$

Calculer les valeurs numériques de a_c et a_a en MeV, décrites dans l'expression de la formule semi empirique donnant la masse relation (I)

$$[M(\text{neutron}) - M(\text{Hydrogène})] = 0,782 \text{ MeV}$$

3/ Déterminer le noyau le plus stable de la série A=127. Justifier votre réponse

4/ Pour A impair donnée, montrer que $M(A,Z)$ passe par un minimum pour un nombre Z_0 dont on donnera la valeur numérique en fonction de A.

5/ Que peut-on alors déduire quand à la stabilité β du noyau ${}^A_{Z_0}X$ où Z_0 est le nombre le plus proche de Z_0

6/ calculer numériquement Z_0 pour A= 17 ; 207 . Les noyaux stables correspondant sont

A	17	207
élément	O	Pb

On prendra: $a_a = 76 \text{ MeV}$; $a_c = 0,596 \text{ MeV}$;

7/ En supposant une densité de charge nucléaire uniforme, montrer que l'énergie de répulsion coulombienne W_c d'un noyau de rayon R et de charge Q peut s'écrire sous la forme :

$$W_c = (1/4\pi\epsilon_0)(3/5)(Q^2/R)$$

8/ Deux noyaux miroirs sont deux noyaux isobares tels que le nombre de protons de l'un égale au nombre de neutrons de l'autre. En déduire la différence d'énergie coulombienne entre deux isobares de nombre de charge Z et Z-1. Que pouvez-vous conclure ?

9/ Exprimer la différence d'énergie au repos ΔM entre deux noyaux miroirs X(Z,A) et Y(Z-1,A) en fonction des masses M_p et M_n du proton et du neutron et des énergies de liaison B_x et B_y .

On donne :

$$e^2/4\pi\epsilon_0\hbar c = 1/137 ; \hbar c = 197 \text{ MeV Fermi} ; M_p c^2 = 938,25 \text{ MeV} ; M_n c^2 = 939,55 \text{ MeV}$$

MODULE PHYSIQUE NUCLEAIRE
SESSION AUTOMNE RATTRAPAGE 2017-2018
FILIERE SMP- S5 ; DUREE : 1 HEURE

I- Question de cours

- 1-Décrire brièvement les différents processus d'interactions des particules chargées avec la matière.
- 2-Donner la définition de la section efficace de réaction.
- 3- Pour fabriquer une source radioactive de 3700 MBq de $^{60}_{27}\text{Co}$ à partir d'une cible de 0,1 g de $^{59}_{27}\text{Co}$, on utilise un flux de neutrons thermiques $\Phi = 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Sachant que la période $T = 5,26$ années pour le $^{60}_{27}\text{Co}$ et que la section efficace de la réaction $\sigma = 36$ barns, **en déduire le temps de l'irradiation en jours**. On donne $N_A = 6,02 \times 10^{23}$.
On rappelle qu' 1barn = 10^{-24} cm^2

II- Exercice

On considère la réaction $X(a,b)Y$ et l'on se propose d'étudier la variation de l'énergie cinétique de la particule légère de la voie de sortie b, en fonction de son angle d'émission θ dans le laboratoire et en fonction de l'énergie cinétique de la particule incidente, T_a .

On supposera que :

- « a » est la particule légère de la voie d'entrée
- « a » et « b » ne sont pas des photons
- toutes les particules interviennent dans leur état fondamental.
- Les énergies cinétiques ne justifient pas l'emploi du formalisme relativiste.

Notation :

- énergies cinétiques dans le laboratoire $T (T_a, T_b, T_x = 0, T_y)$.
 - Angles d'émission de « b » et de « y » dans le laboratoire, évaluées par rapport à la direction de la particule incidente : θ et φ respectivement.
 - Masse au repos des particules : (m_a, m_x, m_b, m_y) .
- 1- En éliminant φ et T_y entre les équations de conservation de l'énergie et de l'impulsion, montrer que l'on obtient une équation de second degré en $x = (T_b)^{1/2}$.
Exprimer les valeurs des racines de cette équation.
 - 2- Réaction exoénergétique ($Q > 0$). Montrer que quelque soit T_a . La particule « b » peut être émise dans n'importe quelle direction θ . Quelle est la valeur de l'énergie cinétique T_b associée à chaque angle d'émission ?
 - 3- On considère la réaction $^{10}_3\text{B}(\alpha, p)^{13}_6\text{C}$, les α incidents ayant une énergie de 5,3 MeV. Le spectre énergétique des protons émis à 90° présente des raies pour les énergies de 7,69 ; 4,84 ; 4,28 et 4,08 MeV. En supposant que les protons les plus énergiques (soit 7,69 MeV) correspondent à l'état fondamental du ^{13}C , déterminer le Q de la réaction ainsi que l'énergie de trois niveaux du ^{13}C . On prendra les valeurs entières pour les masses.