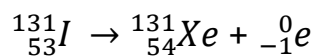


CORRIGES DES EXERCICES : Physiques atomiques nucléaires

EXERCICE 1

1. L'équation de la réaction de désintégration est :

Comme l'iode est radioactif du type β^- , donc la particule émise est l'électron.



2. Le nombre d'atomes radioactifs dans la dose ingérée est :

$$\frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = \frac{m \times N_A}{M}$$

$$N = \frac{1,31 \cdot 10^{-9} \times 6 \cdot 10^{23}}{131} = 6 \cdot 10^{12} \text{ atomes}$$

3. La relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est :

$$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

4. Définition de l'activité

L'activité est le nombre de désintégrations par seconde.

1. La relation entre l'activité A et le nombre de noyaux N est :

$$A = \lambda N$$

2. Calcul de l'activité initiale d'un échantillon radioactif :

$$A_0 = \lambda \times N_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times N_0$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{8,1 \times 24 \times 3600} \times 6 \cdot 10^{12} = 5,9 \cdot 10^6 \text{ Bq}$$

$$A_0 = 5,9 \cdot 10^6 \text{ Bq}$$

3. Le temps au bout duquel l'activité résiduelle est égale à 1,5 % de l'activité initiale est :

$$\frac{1,5}{100} A_0 = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow -\lambda t = \ln \frac{1,5}{100}$$

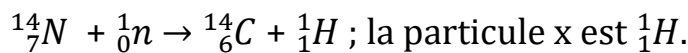
$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{1,5}{100} = 49 \text{ jours}$$

$$t = 49 \text{ jours}$$

EXERCICE 2

- 1) Dans la haute atmosphère, sous l'effet du bombardement neutronique des noyaux d'azote ${}^{14}_7N$, on obtient des noyaux de carbone ${}^{14}_6C$ et une autre particule x.

L'équation de la réaction nucléaire puis l'identification de la particule x.



- 2) Le carbone ${}^{14}_6C$ est radioactif de période $T = 5600$ ans.

- a) On considère un échantillon contenant initialement une masse $m_0 = 7$ mg de carbone ${}^{14}_6C$.

L'activité de l'échantillon à la date $t = 11200$ ans est :

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \text{ avec } A_0 = \lambda \times N_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times \frac{m_0 \times N_A}{M}$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times \frac{m_0 \times N_A}{M}$$

$$A = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times \frac{m_0 \times N_A}{M} e^{-\lambda t}$$

$$= \frac{\ln 2}{5600 \times 365 \times 24 \times 3600} \times \frac{7 \cdot 10^{-3} \times 6 \cdot 10^{23}}{14} \exp\left(-\frac{\ln 2 t}{5600} \times 11200\right) = 3 \cdot 10^8 \text{ Bq}$$

$$A = 3 \cdot 10^8 \text{ Bq}$$

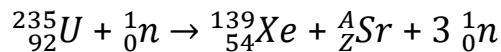
- b) Les plantes assimilent le dioxyde de carbone provenant de ${}^{14}_6C$ ou ${}^{12}_6C$. Quand une plante meurt, le processus d'assimilation s'arrête et la teneur en ${}^{14}_6C$ diminue. On mesure l'activité d'un échantillon de bois trouvé dans une grotte préhistorique et d'un échantillon de bois fraîchement coupé de même nature et de même masse. On constate que l'activité de l'échantillon de bois préhistorique est 7 fois plus faible que celle de l'échantillon de bois fraîchement coupé.

L'âge approximatif du bois préhistorique est : 15 712 ans.

EXERCICE 3

Le projet Krusty (Kilopower Reactor Stirling Technology) de l'agence spatiale américaine (NASA) consiste à concevoir un petit réacteur nucléaire à fission d'une puissance de quelques kilowatts pour alimenter en énergie une future base sur la planète Mars.

Une réaction possible dans ce réacteur est la suivante :



Donnée : masse d'un noyau d'uranium 235 : $3,9 \cdot 10^{-25} \text{kg}$

1. Il s'agit d'une réaction de fission car le noyau d'uranium s'éclate pour donner deux noyaux plus petits.

2. **Les valeurs de A et Z pour le strontium sont :**

En utilisant les lois de conservation, $235 + 1 = 139 + A + 3 \Rightarrow A=94$

et $92 = 54 + Z \Rightarrow Z= 38$.

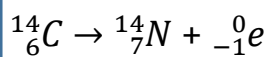
3. La fission d'un noyau d'uranium 235 libère une énergie

$$\Delta E = 2,87 \cdot 10^{-11} \text{J}.$$

L'énergie $\Delta E'$ échangée par la réaction pour une masse $m=1,0 \text{kg}$ d'uranium 235 est : $7,4 \cdot 10^{13} \text{J}$.

EXERCICE 4

1. **L'équation de la désintégration du carbone 14 :**



2. Au bout de 5715 ans, la quantité de carbone 14 a diminué de moitié. **La constante radioactive en année⁻¹ est :**

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{\ln 2}{5715} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{année}^{-1}$$

$$\lambda = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{année}^{-1}$$

3. La mesure de l'activité du carbone 14 contenus dans des fragments d'os anciens donne 110 désintégrations par heure. Un fragment d'os actuel, de même masse, donne 880 désintégrations par heure.

a) Le nombre de noyaux du fragment d'os actuel :

$$\text{On sait que : } A = \lambda \times N \text{ donc } N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A \times T}{\ln 2} = \frac{880 \times 5715 \times 365 \times 24}{\ln 2} = 6,4 \times 10^{10}$$

noyaux

$$N = 6,4 \times 10^{10} \text{ noyaux}$$

b) L'âge du fragment d'os ancien est :

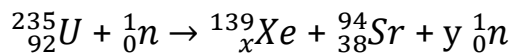
$$A = A_0 e^{-\lambda t} \text{ alors } -\lambda t = \ln 0,125$$

$$\text{donc } t = \frac{-T \times \ln 0,125}{\ln 2} = 17 \text{ 100 ans}$$

$$t = 17 \text{ 100 ans}$$

EXERCICE 5

1. Dans une centrale nucléaire le combustible utilisé est de l'uranium enrichi en ${}^{235}_{92}\text{U}$. Un noyau peut absorber un neutron. Parmi les réactions nucléaires qui peuvent se produire on observe la réaction d'équation :



- a) Il s'agit d'une réaction de fission car le noyau s'éclate pour donner deux noyaux plus légers.

b) Les valeurs de x et de y :

D'après les lois de conservations, $92 = x + 38$ alors $x = 54$ et $235 + 1 = 139 + 94 + y$ alors $y = 3$.

$$x = 54 \text{ et } y = 3$$

c) Calcul en MeV, l'énergie libérée par cette réaction :

$$E_i = \Delta m C^2$$

$$E_i = (\Sigma m_{\text{produits}} - \Sigma m_{\text{réactifs}}) C^2$$

$$E_i = (m({}^{139}_x\text{Xe}) + m({}^{94}_{38}\text{Sr}) + 2 m({}^1_0\text{n}) - m({}^{235}_{92}\text{U})) C^2$$

$$E_i = -3,5 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \times C^2$$

$$\text{Or } 1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV} \cdot C^{-2}$$

$$E_l = - 200 \text{ MeV}$$

d) L'énergie ainsi libérée se trouve sous forme de chaleur.

2. Une tranche de la centrale fournit une puissance électrique de 900 MW.
On considère que 33 % de l'énergie libérée par les réactions nucléaires est transformée en énergie électrique.

a) Calcul, en MeV, de l'énergie libérée par les réactions nucléaires en une journée.

$$E_{\text{électrique}} = 0,33 E_{\text{libérée}} \text{ alors } E_{\text{libérée}} = \frac{E_{\text{électrique}}}{0,33}$$

Calcul de l'énergie électrique

$$E_{\text{électrique}} = P \times t = 9 \times 10^8 \text{ W} \times 24 \times 3600 = 7,8 \times 10^{13} \text{ J}$$

$$\text{Or } 1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J} \text{ donc } E_{\text{électrique}} = 4,9 \times 10^{26} \text{ MeV}$$

$$\text{Finalement, } E_{\text{libérée}} = 1,5 \times 10^{27} \text{ MeV}$$

- b) En supposant qu'en moyenne chaque noyau d'uranium libère une énergie de 200 MeV, **le nombre de réactions qui ont lieu chaque jour est de** $\frac{1,5 \times 10^{27} \text{ MeV}}{200 \text{ MeV}} = 7,5 \times 10^{24}$.

- c) La masse journalière d'uranium 235 consommée dans cette tranche de la centrale :

$$m_{\text{journalière}} = 7,5 \times 10^{24} \times 3,902 \cdot 10^{-25} \text{ kg} = 2,93 \text{ kg}$$

$$m_{\text{journalière}} = 2,93 \text{ kg}$$