

P15 : REACTION NUCLEAIRE (TS2)

EXERCICE : 1

Données: Unité de masse atomique: $1u = 1,66.10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV.C}^{-2}$; $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$; vitesse de la lumière dans le vide $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; constante de Planck: $h = 6,62.10^{-34} \text{ J.s}$; constante d'Avogadro $N = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $M(\text{Po}) = 210,04821u$; $M(\text{Pb}) = 206,03854u$; $M(\text{He}) = 4,0026u$; masse du proton $m_p = 1,007276u$; masse du neutron $m_n = 1,008665u$

Le polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ est émetteur α et sa désintégration s'accompagne d'une émission de photon.

- 1/ Faire l'équation de sa réaction de désintégration sachant que le noyau fils formé est $^{206}_{82}\text{Pb}$.
- 2/ Donner la composition (nature et nombre de nucléons) du noyau fils dans cette réaction nucléaire.
- 3/ Rappeler la définition de l'énergie de liaison d'un nucléide, puis calculer en MeV celle de chacun des nucléides intervenant dans la réaction nucléaire précédente. Conclure.
- 4/ Calculer (en MeV) l'énergie ΔE libérée lors de la désintégration d'un noyau de polonium 210. Sous quelles formes cette énergie est-elle libérée ?
- 5/ Sachant que la longueur d'onde du photon émis est $\lambda = 0,564 \text{ pm}$, calculer (en MeV) l'énergie du photon émis et en déduire en négligeant l'énergie cinétique du noyau fils celle de la particule α émise.
- 6/ La demi-vie du polonium 210 est $T = 140$ jours. On dispose d'une masse $m_0 = 2,00 \text{ g}$ de polonium 210 à la date $t = 0$, quel sera à la date $t = 280$ jours, le volume d'hélium formé dans des conditions où le volume molaire est 24 L.mol^{-1} ?

EXERCICE : 2

Le laboratoire de physique de votre établissement vient d'acquérir une source radioactive contenant du césium 137. Celui-ci est radioactif de type β^- et sa période est $T = 30,2$ ans.

L'activité initiale de cette source radioactive est $A_0 = 1,5.10^5 \text{ Bq}$.

- 1/ Ecrire l'équation bilan de la réaction de désintégration radioactive du césium 137.
- 2/ Définir la période radioactive de cette source, puis calculer sa constante radioactive.
- 3/ Calculer la masse de césium 137 présente dans cette source.
- 4/ Rappeler l'expression de l'activité de cette source, en fonction du temps. En déduire son activité un an plus tard.
- 5/ La source n'est plus utilisable lorsque son activité est inférieure à $0,3.10^5 \text{ Bq}$. Déterminer la durée pendant laquelle elle est utilisable par votre établissement.

Données: $^{137}_{55}\text{Cs}$; $M(\text{Cs}) = 136,9 \text{ g.mol}^{-1}$; $^{137}_{54}\text{Xe}$; $^{137}_{56}\text{Ba}$; Constante d'Avogadro: $N = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

EXERCICE : 3

Données : $m_p = 1,00728 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; $m_\alpha = 4,0015 \text{ u}$; $m_e = 5,486 \cdot 10^{-4} \text{ u}$; $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; **1 an = 365 jours.**

1. Le noyau de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ a une masse $m = 225,97701 \text{ u}$.

1.1. Quelle est la signification des nombres 88 et 226 ?

1.2. Donner la composition du noyau.

1.3. En déduire la masse des nucléons séparés en unités de masse atomique (u).

2. Calculer, en unité de masse atomique, le défaut de masse relatif au noyau de radium.

3. 3.1. Calculer, en MeV, l'énergie de liaison du noyau de radium 226.

3.2. En déduire, en MeV, la valeur de l'énergie de liaison par nucléon du même noyau.

4. L'énergie de liaison de l'uranium 238 est $E_l = 1801,5 \text{ MeV}$. Montrer que l'uranium 238 est moins stable que le radium 226 bien que son énergie de liaison soit plus grande.

EXERCICE : 4

Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se désintègre en émettant une particule α et un noyau de radon Rn.

1. Écrire l'équation de la désintégration et donner la composition du noyau fils obtenu.

2. Le noyau de Rn est lui-même radioactif. À une date $t = 0$ on dispose d'un échantillon de masse m_0 de ce nucléide. À la date t cette masse devient m . On obtient les résultats consignés dans le tableau ci-contre :

t (h)	50	100
m (g)	68,56	47,00

2.1. Établir la relation entre N (nombre de noyaux restant à la date t) et N_0 (nombre de noyaux initialement présents). Que représente cette relation ?

2.2. Déterminer à partir des résultats du tableau : a) la constante radioactive du radon ainsi que sa période ; b) la masse m_0 de ce nucléide présent à $t = 0$.

3. En supposant que l'énergie libérée $W = 5,4 \text{ MeV}$ se transforme totalement sous forme d'énergie cinétique emportée par la particule α , calculer la vitesse de cette particule.

4. En réalité le phénomène de désintégration est accompagné de l'émission d'une radiation électromagnétique (rayonnement γ) de longueur d'onde $\lambda = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$. Calculer la valeur exacte de l'énergie cinétique de la particule α .

EXERCICE : 5

Données: $1u = 1,66.10^{-27} \text{ Kg} = 931,5 \text{ MeV.C}^{-2}$; $1\text{MeV} = 1,6.10^{-13} \text{ J}$.

Noyau ou particule	Radon	radium	Hélium	Proton	Neutron
Symbole	$^{222}_{86}\text{Rn}$	$^{226}_{88}\text{Ra}$	^4_2He	^1_1p	^1_0n
Masse (en u)	221,970	226,977	4,00150	1,00728	1,00866

L'air contient l'isotope du radon 222 en quantité plus ou moins importante. Ce gaz radioactif naturel provient des roches qui contenaient de l'uranium et du radium.

1/ A un instant pris comme origine du temps ($t=0$), l'activité d'un échantillon de radon 222 est A_0 . A une date ultérieure t , cette activité devient A .

La mesure de l'activité A de cet échantillon à différents instants t a permis de tracer la courbe de la figure ci-contre représentant les variations de $\ln(A)$ en fonction du temps t où $\ln$ désigne le logarithme népérien et A est l'activité de l'échantillon à l'instant t , exprimée en Bq.

a/ Définir: l'activité d'un élément radioactif ; la période d'un élément radioactif.

b/ Donner l'expression de la loi de décroissance radioactive en fonction de A .

c/ Déduire graphiquement la valeur de la période radioactive du radon 222.

d/ Calculer le nombre N de noyau de radon 222 désintégrés pendant 50 jours.

2/

a/ Donner l'expression littérale du défaut de masse Δm du noyau de radon 222.

b/ Calculer, en MeV, l'énergie de liaison du noyau de radon 222.

c/ En déduire l'énergie de liaison par nucléon du noyau de radon 222.

3/ Le noyau de radon 222 se forme par désintégration du noyau de radium 226.

Cette désintégration s'accompagne par l'émission d'une particule ^a_bx .

a/ Préciser, en justifiant, la nature de la particule ^a_bx .

b/ Calculer en MeV l'énergie libérée au cours de cette désintégration.

4/ Dans une centrale nucléaire à neutrons lents, le combustible est l'uranium enrichi. Lors de la fission d'un noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$, un grand nombre de réactions nucléaires sont possibles parmi celles-ci, il y en a une qui donne les noyaux de zirconium

et de tellure, dont les symboles des noyaux sont $^{99}_{40}\text{Zr}$ et $^{134}_{52}\text{Te}$.

a/ Ecrire l'équation de la fission nucléaire du noyau d'uranium 235 bombardé par un neutron.

b/ A l'aide de la courbe d'Aston, on a relevé les valeurs du tableau suivant:

Noyau	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{99}_{40}\text{Zr}$	$^{134}_{52}\text{Te}$
Energie de liaison par nucléons (MeV)	7,3	8,7	8,5

A partir de ce tableau dégager l'intérêt énergétique de cette réaction de fission.

5/ Le noyau de zirconium $^{99}_{40}\text{Zr}$ est instable, il se désintègre en donnant un noyau de niobium ^A_ZNb et une particule β^- .

a/ Ecrire l'équation de la réaction de désintégration du noyau en précisant la valeur du nombre de masse A et du nombre de charge Z du noyau de niobium ^A_ZNb

b/ Expliquer l'origine d'émission de β^- .

