



Noyaux atomiques – Réactions nucléaires - Energie

Exercice n°1 :

Complète les équations des réactions nucléaires suivantes :

	Émission α	Émission β^+	Émission β^-
1	${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow \dots\text{Pb} + \dots$	${}_{7}^{12}\text{N} \rightarrow \dots\text{C} + \dots$	${}_{6}^{14}\text{C} \rightarrow \dots\text{B} + \dots$
2	${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow \dots\text{Th} + \dots$	$\dots\text{Fe} \rightarrow {}_{25}^{53}\text{Mn} + \dots$	$\dots\text{P} \rightarrow {}_{16}^{32}\text{S} + \dots$

Exercice n°2 :

On donne la réaction nucléaire par l'équation suivante : ${}_{1}^{2}\text{H} + {}_{1}^{3}\text{H} \longrightarrow {}_{Z}^{A}\text{He} + {}_{0}^{1}\text{n}$.

Données :

Particule	deutérium	tritium	hélium	neutron
masse (u)	2,01355	3,01550	4,00150	1,00866

- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; - constante de Planck : $h = 6,626.10^{-34} \text{ J.s}$;
- $1\text{u} = 931,5 \text{ MeV.c}^{-2}$; - $1\text{MeV} = 1,6.10^{-13} \text{ J}$.

- Déterminer les nombres A et Z du noyau d'hélium.
- Calculer, en MeV, l'énergie libérée E_{lib} lors de cette réaction nucléaire.
- On suppose que toute l'énergie libérée s'est transformée en rayonnement électromagnétique. Déterminer la longueur d'onde λ associée à ce rayonnement.
- Un échantillon de sol contient du tritium radioactif. A la date $t = 0$, l'activité de cet échantillon est $a_0 = 2,0.10^6 \text{ Bq}$. A l'instant de date $t_1 = 4\text{ans}$, cette activité devient égale à $a_1 = 1,6.10^6 \text{ Bq}$. Déterminer l'activité a_2 de cet échantillon à l'instant de date $t_2 = 12,4\text{ans}$.

Exercice n°3 :

Le noyau de polonium ${}_{84}^{210}\text{Po}$ se désintègre spontanément pour se transformer en un noyau de plomb ${}_{Z}^{206}\text{Pb}$ avec émission d'une particule α .

Cet exercice se propose d'étudier le bilan énergétique de cette transformation ainsi que l'évolution de cette dernière au cours du temps.

Données :

☒ Energie de liaison du noyau de polonium 210 : $E_l({}^{210}\text{Po}) = 1,6449.10^3 \text{ MeV}$,

☒ Energie de liaison du noyau de plomb 206 : $E_l({}^{206}\text{Pb}) = 1,6220.10^3 \text{ MeV}$,

☒ Energie de liaison de la particule α : $E_l(\alpha) = 28,2989 \text{ MeV}$,

☒ On désigne par $t_{1/2}$ la demi-vie du noyau de polonium 210.

- Ecrire l'équation de cette transformation nucléaire en déterminant le nombre Z.
 - Déterminer en MeV l'énergie $|\Delta E|$ produite lors de la désintégration d'un noyau de ${}_{84}^{210}\text{Po}$.
 - Soient $N_0(\text{Po})$ le nombre de noyaux de polonium dans un échantillon à l'instant de date $t=0$ et $N(\text{Po})$ le nombre de noyaux restant dans le même échantillon à un instant de date t.
- a. On désigne par N_D le nombre de noyaux de polonium désintégrés à l'instant de date $t = 4.t_{1/2}$.

Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :

☐ $N_D = \frac{N_0(\text{Po})}{8}$ ☐ $N_D = \frac{N_0(\text{Po})}{16}$ ☐ $N_D = \frac{N_0(\text{Po})}{4}$ ☐ $N_D = \frac{15N_0(\text{Po})}{16}$.



b. La courbe ci-dessous représente les variations de

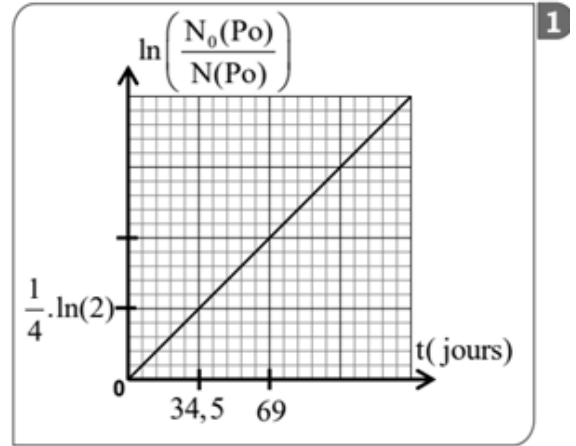
$$\ln\left(\frac{N_0(\text{Po})}{N(\text{Po})}\right) \text{ en fonction du temps .}$$

A l'aide de cette courbe, déterminer en jour la demi-vie $t_{1/2}$.

c. Sachant que l'échantillon ne contient pas du plomb à $t=0$, déterminer en jour, l'instant t_1 pour lequel :

$$\frac{N(\text{Pb})}{N(\text{Po})} = \frac{2}{5}, \text{ où } N(\text{Pb}) \text{ est le nombre de noyaux de plomb}$$

formés à cet instant.



Exercice n°4 :

1- Décroissance Radioactive :

Le lait de vache contient du césium ^{137}Cs dont l'activité la demi-vie est égale à environ 30 ans.

On considère que la radioactivité du lait de vache est due uniquement à la présence de césium 137.

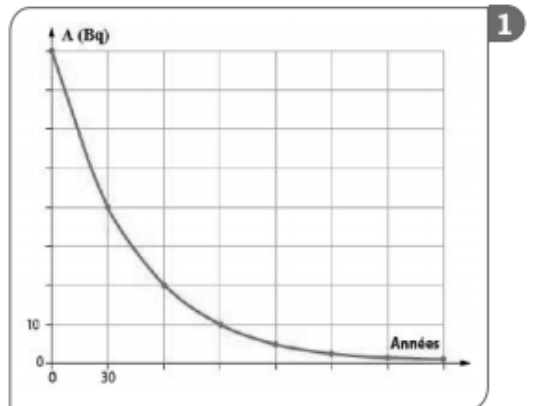
- ① Qu'est-ce qu'une particule α ? Donner sa représentation symbolique sous la forme A_ZX
- ② Qu'est-ce qu'une particule β^- ? Qu'est-ce qu'une particule β^+ ?
- ③ Le césium 137 est radioactifs β^- , expliquer ce que cela signifie et écrire l'équation qui le montre.

Le document ci contre donne la courbe représentant les variations de l'activité A du litre de lait en fonction de

- ① Donner la loi de décroissance radioactive.
- ② Définir $t_{1/2}$ le temps de demi-vie, d'un élément radioactif.
- ③ Avec la courbe déterminer le temps de demi-vie du césium 137 et le comparer à la valeur donnée dans l'énoncé, conclure.
- ④ A l'aide des réponses aux questions 4 et 5, démontrer la relation suivante : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$, où λ représente la constante radioactive d'un élément radioactif.
- ⑤ En déduire la constante radioactive du césium 137 en an^{-1} , puis en s^{-1} .

2- La Radioactivité :

- ① Définir l'activité A et donner son unité dans le système international.
- ② On rappelle que l'on peut définir l'activité A par la relation : $A = -\frac{dN(t)}{dt}$, utiliser celle-ci et la loi de décroissance pour retrouver la relation entre A et N.
- ③ Déterminer le nombre de noyaux radioactifs de césium 137 présents dans un litre de lait à la date $t = 0$.
- ④ En déduire la concentration molaire volumique en césium 137 du lait de vache.
- ⑤ Au bout de combien de temps ne restera-t-il plus que 1% des noyaux de césium 137 radioactifs ?



Exercice n°5 :

La radioactivité est utilisée dans plusieurs domaines comme la médecine où l'on peut diagnostiquer la maladie par imagerie médicale en utilisant des substances radioactives comme le fluorodéoxyglucose (en abrégé FDG) qui contient du fluor radioactif $^{18}_9\text{F}$.

Après avoir injecté le FDG par voie intraveineuse à un patient, on peut suivre les rayonnements émis à l'aide d'une camera spéciale.

Données:

Noyau	$^{14}_7\text{N}$	$^{16}_8\text{O}$	$^{18}_9\text{F}$	$^{20}_{10}\text{Ne}$
Énergie de liaison par nucléon $\frac{E}{A}$ (MeV / nucléon)	7,473	7,765	6,629	7,338
Demi vie du fluor $^{18}_9\text{F}$: $t_{1/2} = 110 \text{ min}$				



I. Désintégration du noyau de fluor ${}^{18}_9F$

Le fluor ${}^{18}_9F$ est radioactif β^+ .

- Écrire l'équation de désintégration du fluor ${}^{18}_9F$ en précisant le noyau fils.
- Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la seule proposition vraie parmi:

a	Le noyau de fluor ${}^{18}_9F$ est constitué de 18 neutrons et 9 protons
b	La masse du noyau ${}^{18}_9F$ est inférieure à la somme des masses de ses nucléons
c	L'unité de l'énergie de liaison d'un noyau est le (MeV / nucléon)
d	La constante radioactive s'exprime par la relation $\lambda = t_{1/2} \cdot \ln 2$

- Déterminer, en justifiant votre réponse, le noyau le plus stable parmi ${}^{14}_7N$; ${}^{18}_8O$; ${}^{18}_{10}Ne$.

II. Injection du FDG à un patient

Pour réaliser un examen d'imagerie médicale à un patient, on lui injecte une dose de FDG d'activité $a = 5,0 \cdot 10^8$ Bq.

La dose du FDG a été préparée dans le bloc de médecine nucléaire d'un hôpital à 5 heures du matin pour l'injecter au patient à 10 heures du même jour. L'activité du ${}^{18}_9F$ à 5 heures est a_0 .

Vérifier que $a_0 \approx 3,3 \cdot 10^9$ Bq.

Exercice n°6 :

Un réacteur nucléaire fonctionne avec l'uranium enrichie qui est constitué de $p = 3\%$ de ${}^{235}U$ fissible et $p' = 97\%$ de ${}^{238}U$ non fissible.

La production de l'énergie au sein de cette centrale nucléaire est basée sur la fission de l'uranium ${}^{235}U$ bombardé par des neutrons.

Donnés : $m({}^{140}Xe) = 139,8920$ u ; $m({}^{94}Sr) = 93,8945$ u ; $m({}^{235}U) = 234,9935$ u ; $m({}^1_0n) = 1,0087$ u

$$1MeV = 1,6 \cdot 10^{-13} J ; 1u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg = 931,5 MeV \cdot c^{-2}.$$

Le noyau ${}^{235}U$ subit une fission selon l'équation : ${}^1_0n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + x {}^1_0n$.

- Déterminer x et z .
 - Calculer en joule (J) l'énergie $|\Delta E_0|$ libérée par la fission de $m_0 = 1g$ de ${}^{235}U$.
 - Pour produire une quantité d'énergie électrique $W = 3,73 \cdot 10^{16} J$, un réacteur nucléaire de rendement $r = 25\%$ consomme une masse m de l'uranium enrichi.
- Exprimer m en fonction de W , $|\Delta E_0|$, m_0 , r et p . Calculer m .

- Dans ce réacteur nucléaire se trouve aussi une faible quantité du nucléide ${}^{234}U$ qui est radioactif α .

La mesure de l'activité radioactive, à l'instant $t=0$, d'un échantillon de l'uranium ${}^{234}_{92}U$ a donné la valeur $a_0 = 5,4 \cdot 10^8$ Bq. Calculer la valeur de l'activité nucléaire de cet échantillon à l'instant $t = \frac{t_{1/2}}{4}$.