

Exercices chapitres 24 : Transformations nucléaires.

Exercice 1 : Donnée : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Le noyau de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se désintègre spontanément en donnant un noyau de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ lui-même radioactif. Cette désintégration s'accompagne de l'émission d'un rayonnement γ .

On rappelle que la variation ΔN de noyaux père d'un échantillon pendant une durée Δt s'écrit : $\Delta N = -\lambda \cdot N \cdot \Delta t$

On mesure la radioactivité d'un corps avec une grandeur nommée activité du corps, notée A et définie ainsi :

$$A = - \frac{dN}{dt} \quad N \text{ est le nombre de noyaux pères étudiés.}$$

L'activité A correspond au nombre de désintégrations par seconde \rightarrow unité de A : désintégration/s ou Bq (becquerel).

On dispose de 1,00 g de radium 226, son activité à la date $t=0$ s, vaut $3,70 \cdot 10^{10}$ Bq.

1. Donner la composition du noyau de radium.
2. Ecrire l'équation de la réaction de désintégration du radium et préciser le type de radioactivité.
3. Quelle information le rayonnement γ fournit-il concernant le noyau de radon ?
- 4.a. Etablir d'équation différentielle régissant le nombre de noyaux N contenus dans un échantillon étudié à un date t .
- 4.b. Résoudre l'équation différentielle (Exprimer la fonction $N=f(t)$).
- 4.c. Etablir l'expression de la demi-vie $t_{1/2}$ en fonction de λ .
- 4.d. A partir de la définition de l'activité, établir l'expression de l'activité A en fonction du temps t (fonction $A = g(t)$).
- 4.e. En déduire l'expression de l'activité A_0 à la date $t=0$ en fonction de N_0 et λ .
- 4.f. Calculer la valeur de la constante radioactive λ du radium.
- 4.h. Calculer la valeur de la demi-vie $t_{1/2}$ du radium.
5. Au bout de combien de temps, les $3/4$ des noyaux de radium seront-ils désintégrés ?

Exercice 2 :

On peut créer la synthèse du phosphore 30 ($^{30}_{15}\text{P}$), isotope radioactif du phosphore 31 ($^{31}_{15}\text{P}$).

Le phosphore 30, produit artificiellement, se transforme spontanément par désintégration β^+ en silicium 30 ($^{30}_{14}\text{Si}$), noyau obtenu directement dans son état fondamental (donc stable).

La diversité des radioéléments artificiels a permis leur utilisation dans les domaines de la médecine, la biologie, l'astrophysique, la géophysique, la radiothérapie, la datation...

1. Pourquoi le phosphore 30 est-il dit isotope du phosphore 31 ?
2. Donner le nom et le symbole de la particule émise lors d'une désintégration β^+ .
3. Ecrire l'équation de la désintégration du phosphore 30.
4. Y a-t-il émission d'un rayonnement lors de la désintégration du phosphore 30 ? Justifier.
- 5.a. Tracer l'allure du diagramme $N = f(Z)$ pour les noyaux stables ayant un petit nombre de nucléons.
- 5.b. Placer la transformation β^+ étudiée dans ce diagramme.

Exercice 3 :

La datation d'un objet au carbone 14 est une technique utilisée pour connaître « l'âge » d'un objet ancien. L'objet peut être un meuble trouvé dans les pyramides d'Égypte mais cela peut être aussi des défenses d'éléphant en ivoire, la seule condition pour utiliser cette technique, c'est que l'objet étudié contienne des atomes de carbone.

Tous les corps vivants (animaux, végétaux) contiennent un mélange d'atomes de carbone 14 ($^{14}_6\text{C}$) et d'atomes de carbone 12 ($^{12}_6\text{C}$). La proportion de C14 et C12 est constante dans la matière (il y a beaucoup plus de C12).

Le carbone 14 est radioactif, sa période $t_{1/2}$ vaut 3700 ans.

Bien que le carbone 14 soit radioactif et donc se désintègre, cet atome est constamment présent sur Terre car il est renouvelé par une transformation nucléaire qui a lieu dans la haute atmosphère entre des atomes d'azote et des neutrons qui proviennent du soleil.

Immédiatement formé, le carbone 14 s'oxyde en se combinant à l'oxygène pour former du dioxyde de carbone qui se mélange avec le reste de l'atmosphère.

Les végétaux assimilent le CO_2 , les animaux herbivores se nourrissent de végétaux, les animaux carnivores se nourrissent d'animaux. Animaux et végétaux rejettent ensuite le carbone par la respiration et/ou les excréments (animaux). Par conséquent tous les êtres vivants possèdent :

1. Du carbone 14
2. Un nombre d'atomes de carbone 14 constant dans le temps pour chaque être vivant (tant qu'il est vivant).
3. Dans les mêmes proportions (C12/C14) pour tous les végétaux et animaux.

On enregistre en moyenne un activité A de 13,5 désintégrations par minute et par gramme de carbone (mélange C12 et C14) provenant d'un être vivant (animaux ou végétaux).

Lorsqu'un arbre, par exemple, est abattu, le bois cesse de vivre, le processus de photosynthèse s'arrête et il n'y a plus absorption de dioxyde de carbone. Le carbone 14 se désintègre mais sans compensation, il n'est pas régénéré. On peut donc dater l'âge de la mort de l'organisme (au moment où cesse tout échange de CO₂ avec l'atmosphère).

1. Un meuble en teck a été trouvé dans une pyramide en Égypte.

Actuellement, une masse de 1,00 g de carbone (C12 et C14) prélevé dans du teck contient $5,0 \cdot 10^{10}$ atomes de carbone 14.

On prélève un 1,00 g de bois du meuble étudié, il contient $2,3 \cdot 10^{10}$ atomes de carbone 14.

Quel est l'âge du meuble ? (question ouverte).

2. L'activité d'un corps radioactif est défini ainsi :

$$A = - \frac{dN}{dt} \quad N \text{ est le nombre de noyaux pères étudiés.}$$

L'activité A correspond au nombre de désintégrations par unité de temps → unité de A : désintégration/unité de temps

Un bijou ancien contient de l'ivoire. On mesure l'activité de l'ivoire, elle est de 8,4 désintégrations par minute.

Quel est l'âge du bijou ? (question ouverte).