

Décroissance Radioactive

Exercice 1 :Le cobalt 60

Le cobalt ${}^{60}_{27}\text{Co}$ est un radionucléide émetteur β^- .

1. Préciser la nature de la radioactivité β^- .
 2. Écrire l'équation de la réaction de désintégration du cobalt 60. Préciser les règles utilisées.
 3. L'activité A d'un échantillon est le nombre de désintégrations par seconde.
 - 3.1 Sachant que cette activité A est proportionnelle au nombre N de noyaux non désintégrés qu'il contient, montrer que cette grandeur varie au cours du temps selon la loi $\ln(\frac{A_0}{A}) = \lambda.t$
 - 3.2 Préciser le nom de la constante λ .
 4. Calculer la période du cobalt 60, sachant qu'au bout d'un an, l'activité a diminué de 12%.
- On donne : ${}_{28}\text{Ni}$; ${}_{26}\text{Fe}$; ${}_{29}\text{Cu}$

Exercice 2 : La radioactivité et la datation géologique

Lors de l'éruption d'un volcan il se forme des roches volcaniques qui contiennent parfois du potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$ radioactif, sa désintégration spontanée conduit à la formation de l'argon ${}^{40}_{18}\text{Ar}$.

1. Donner la composition du noyau du potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$.
2. Écrire l'équation de la désintégration du noyau du potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$ en précisant la nature de la particule émise.
3. Déterminer λ la constante radioactive du potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$, sachant que le temps de demi-vie de ${}^{40}_{19}\text{K}$ est $t_{1/2} = 1,3.10^9 \text{ans}$
4. Un échantillon de roches volcaniques formées à un instant considéré comme origine des temps ($t = 0$) contient N_0 noyaux du potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$ et ne contient pas d'argon ${}^{40}_{18}\text{Ar}$.
L'analyse d'un même échantillon de ces roches à un instant t montre qu'il contient $N_k = 4,49.10^{19}$ noyaux de potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$ et $N_{Ar} = 1,29.10^{17}$ noyaux d'argon ${}^{40}_{18}\text{Ar}$, $N_0 = N_k + N_{Ar}$
-Déterminer la valeur de t l'âge des roches volcanique de l'échantillon.

Exercice 3 : Datation au carbone 14

Lorsque, dans la haute atmosphère, un neutron appartenant au rayonnement cosmique rencontre un noyau d'azote ${}^{14}_7\text{N}$, il donne naissance à du carbone 14, isotope de carbone ${}^{12}_6\text{C}$.

1. Écrire l'équation de la réaction en précisant la nature de la particule apparue avec le carbone 14.
2. Le noyau de carbone 14 se désintègre en émettant un rayonnement β^- Écrire le bilan de cette réaction nucléaire.
3. Des végétaux absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère provenant indifféremment du carbone 14 et de carbone 12. La proportion de ces deux isotopes est la même dans les végétaux vivants et dans l'atmosphère. Mais lorsque la plante meurt, elle cesse d'absorber le dioxyde de carbone ; le carbone 14 qu'elle contient se désintègre alors, sans être renouvelé, avec une demi-vie $t_{1/2} = 5570 \text{ans}$.
 - 3.1 Quelle sera l'activité d'un échantillon de végétal au bout d'une durée $t = n.t_{1/2}$ après sa mort ?
 - 3.2 On a comparé l'activité a_1 d'un échantillon de bois trouvé dans une tombe égyptienne en 1998 avec l'activité a_2 d'un échantillon de référence dont l'activité était a_0 en 1985. Le rapport est $\frac{a_2}{a_1} = 1,85$.
Calculer l'ordre de grandeur de la date de la coupe du bois trouvé dans la tombe

Exercice 4 : Datation d'une nappe phréatique

Le chlore 36 est créé régulièrement dans la haute atmosphère et se trouve dans l'eau. Il est radioactif β^- . Les eaux de surface ont une teneur en chlore 36 constante malgré sa radioactivité. Leur contact avec l'atmosphère et les mouvements de l'eau permettent d'en garantir la teneur. Les nappes phréatiques d'écoulement lent en sous-sol voient leur teneur en chlore 36 diminuer. Ainsi, un forage réalisé dans une telle nappe indique que celle-ci ne contient plus que 33% de chlore 36 par rapport à une eau

courante. La demi-vie du chlore 36 est $t_{1/2} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ans}$.

1. Écrire l'équation nucléaire de radioactivité du chlore 36.
2. Calculer l'âge de la nappe d'eau trouver par forage.
3. Est-il possible d'utiliser le silicium 32 pour réaliser cette datation, sachant que sa demi-vie est $t_{1/2} = 6,5 \cdot 10^2 \text{ans}$

Exercice 5 : La radioactivité au service de la médecine

La médecine est l'un des domaines qui a connu l'application de la radioactivité en utilisant des noyaux radioactifs pour diagnostiquer et traité des maladies, l'un des noyaux utilisés est le rhénium 186 dans le but de soulager les malades atteints de polyarthrite rhumatoïde

Les données : La constante radioactive du rhénium $^{186}_{75}\text{Re}$ est $\lambda = 2,2 \cdot 10^{-6} = 0,19 \text{jour}^{-1}$

1. La désintégration d'un noyau de rhénium $^{186}_{75}\text{Re}$.
 - 1.1 Donner la composition du noyau du rhénium $^{186}_{75}\text{Re}$.
 - 1.2 La désintégration du noyau de rhénium $^{186}_{75}\text{Re}$ donne un noyau d'osmium $^{186}_{76}\text{Os}$. Ecrire l'équation de désintégration du rhénium et déterminer la nature de cette désintégration
2. Injection locale d'une solution contenant du rhénium 186. Le produit injectable se présente sous la forme d'une solution contenue dans un flacon de volume $V_0 = 10 \text{mL}$ ayant une activité $a_0 = 4 \cdot 10^9 \text{Bq}$ à la date $t = 0$, c'est-à-dire à la sortie du laboratoire pharmaceutique.
 - 2.1 Déterminer en jours la valeur de demi-vie $t_{1/2}$ du rhénium $^{186}_{75}\text{Re}$
 - 2.2 Trouver, à l'instant $t_1 = 4,8 \text{jours}$, le nombre N_1 de noyau de rhénium contenu dans le flacon
- 3.2 À l'instant t_1 on prélève du flacon de volume $V_0 = 10 \text{mL}$ une injection de volume V contenant $N = 3,65 \cdot 10^{13}$ noyaux de rhénium 186, on l'injecte à un malade dans l'articulation de l'épaule, trouver la valeur de V .

Exercice 6 : Datation d'une roche volcanique

Le magma terrestre contient de potassium, dont l'un des isotopes, ^{40}K , est radioactif. Dans 12% des cas, celui-ci se désintègre en argon 40, un gaz. Lors d'une éruption volcanique, les roches en fusion laissent échapper les gaz dans l'atmosphère. Une fois refroidies, les roches gardent l'argon 40 prisonnier. La mesure du rapport $\frac{N_{\text{Ar}}}{N_{\text{K}}}$ permet de déterminer l'âge de la roche. La demi-vie du potassium 40 est $t_{1/2} = 1,3 \cdot 10^9 \text{ans}$

1. Écrire l'équation nucléaire de désintégration du potassium 40.
2. En inspirant des lois de conservation, écrire la relation qui existe entre N_{K_0} , N_K et N_{Ar} , où N_{K_0} est N_K à $t=0$.
3. Rappeler la relation entre N_K et t .
4. Exprimer le rapport Ar en fonction de t . N_k
5. Déterminer l'âge de la roche si le rapport précédent est égal à 0,033.

Exercice 7:

1. Par une série de transformations radioactives, l'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ se transforme en plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$. Certaines étapes correspondent à une radioactivité α , les autres à une radioactivité β^- . Écrire l'équation-bilan globale et déterminer le nombre de particules α et β^- émises.
2. Un noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ bombardé par un neutron noté ^1_0n donne du xénon $^{140}_{54}\text{Xe}$ et du strontium Sr dont le nombre de masse est 94. Écrire l'équation-bilan correspondant à cette réaction nucléaire et déterminer le nombre de charge du strontium ainsi que le nombre de neutrons formés.

Exercice 8:

1. Écrire l'équation-bilan de la désintégration correspondante et donner la composition du noyau fils ainsi que son symbole.
2. Que vaut le nombre N_0 de noyaux radioactifs contenus dans une masse $m_0 = 10^{-5}$ g d'astate ${}^{211}_{85}\text{At}$

Données :

- $Z(\text{Pb}) = 82$; $Z(\text{Bi}) = 83$; $Z(\text{Po}) = 84$; $Z(\text{Rn}) = 86$; $Z(\text{Fr}) = 87$; $Z(\text{Ra}) = 88$
- $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $m_{\text{nucléon}} \approx 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Exercice 9:

Le polonium se désintègre en émettant des particules α . La réaction nucléaire correspondante a pour équation-bilan : ${}^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{206}_{82}\text{Pb}$

1. À la date $t = 0$, on considère une masse $m_0 = 1$ g de polonium. Quelle est, à la date $t' = 277$ jours, la masse d'hélium obtenue ?
2. Quelle masse de polonium reste-t-il au bout de deux ans ?

Données :

- Masse de la particule $\alpha \approx 4 \text{ g.mol}^{-1}$
- $(M(\text{Po}) \approx 210 \text{ g.mol}^{-1})$
- $t_{1/2}(\text{Po}) = 138.5 \text{ jours}$
- $1 \text{ an} = 365.25 \text{ jours}$
- $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Exercice 10:

Les isotopes ${}^{235}\text{U}$ et ${}^{238}\text{U}$ représentent actuellement respectivement 0,72% et 99,28% de cet élément.

1. Exprimer le rapport actuel du nombre de noyaux de l'isotope ${}^{238}\text{U}$ et de l'isotope ${}^{235}\text{U}$.
2. Donner l'ordre de grandeur de l'âge de l'élément uranium.

Données :

- $\lambda_{235} = 1,02 \times 10^{-9} \text{ an}^{-1}$
- $\lambda_{238} = 1,55 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$
- Les deux isotopes sont supposés formés en abondance égale.