

Exercices Transformations nucléaires

Série sciences expérimentales : Option sciences physique PC

Exercice N° 1 :

Un noyau radioactif a un temps de demi-vie 12 s.

- Calculer sa constante de temps et sa constante radioactive.
- A un instant t_1 , un échantillon de cette substance radioactive a une activité de $1,11 \cdot 10^8$ Bq. Calculer le nombre de noyaux présents à cet instant.

Exercice N° 2 :

Dans certains cas très rares, certains noyaux comme le molybdène 100 peuvent subir une double désintégration $\bar{\nu}$.

- Ecrire l'équation de cette transformation pour le noyau $^{100}_{42}\text{Mo}$.
- Représenter cette transition dans le diagramme (N, Z).

On donne : $_{40}\text{Zr}$; $_{41}\text{Nb}$; $_{42}\text{Mo}$; $_{43}\text{Tc}$; $_{44}\text{Ru}$; $_{45}\text{Rh}$

Exercice N° 3 :

Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ conduit au radon Rn par désintégration α .

- Ecrire l'équation de désintégration en déterminant A le nombre de masse et Z le numéro atomique du radon.
- Radon est lui-même émetteur α avec un temps de demi-vie égal à 3,825 jours. on considère une masse m_0 de radon à une date choisie pour origine des temps.

Calculer la durée nécessaire pour désintégrer les 9/10 de cette masse m_0 .

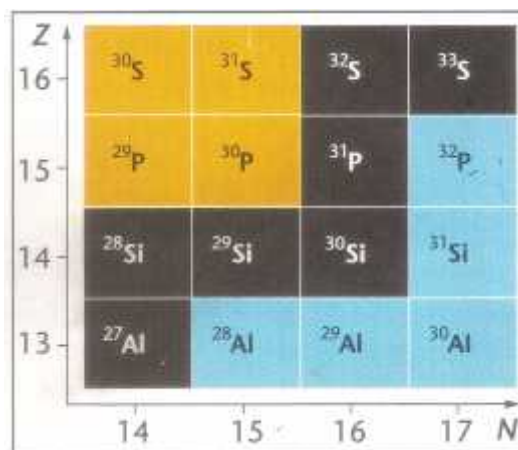
Exercice N° 4 :

- Définir la demi-vie d'une source radioactive.
- Quelle relation relie la demi-vie et la constante radioactive d'un échantillon ?
- La demi-vie d'un échantillon radioactif est $3,8 \cdot 10^5$ ans.
 - Calculer la valeur de la constante radioactive (en S.I).
 - Au bout de quelle durée la quantité initiale de noyaux radioactifs-a-t-elle été divisée par 8?

Exercice N° 5 :

Le phosphore naturel contient l'isotope ^{31}P stable. En revanche, son isotope ^{32}P obtenu artificiellement, radioactif, est utilisé comme marqueur en biologie. Le résultat de sa désintégration est un noyau de soufre accompagné de l'émission d'un électron, sa demi-vie est de 14,26 jours.

- A l'aide du diagramme ci-contre, donner le symbole ainsi que la composition du noyau de phosphore ^{32}P .
- Ecrire l'équation de désintégration en citant les lois utilisées. De quel type de radioactivité s'agit-il.
- Le phosphore ^{30}P est lui aussi radioactif.
 - peut-on prévoir le type de radioactivité du ^{30}P ?



3-2/ en utilisant les informations du diagramme précédent, représenter dans un diagramme (N,Z) les désintégrations subies par ces 2 isotopes radioactifs

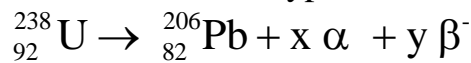
Exercice N° 6 :

Le francium existe en quantité infinitésimale sur terre. L'isotope le plus connu est ${}^{223}_{87}\text{Fr}$ son temps de demi-vie est égal à 22 minutes.

- Exprimer la loi de décroissance radioactive d'un nombre moyen de noyaux radioactifs.
- Retrouve la relation entre la constante de temps et le temps de demi-vie.
- Au moment de l'obtention de cet isotope, on dispose d'une masse $m = 1,0 \cdot 10^{-13}$ g. quelle est la masse restante au bout d'une heure ?

Exercice N° 7 :

Le nucléide ${}^{238}_{92}\text{U}$ se transforme en nucléide ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ par une chaîne de désintégrations spontanées et successives de type α et β^- selon l'équation bilan :



- Identifier les deux particules α et β^- .
- Trouver les valeurs de x et y.
- Une roche minérale et ancienne contient à l'instant t_1 , $m = 1$ g de l'uranium 238 et $m' = 100$ mg du plomb 206. On suppose que toute la matière du plomb qui forme la roche minérale est due à la désintégration de l'uranium 238 au cours du temps à partir de l'instant $t = 0$ qui correspond à l'instant du début de la formation de la roche minérale. Trouver l'âge de la roche minérale.

Données :

Demi-vie de l'uranium ${}^{238}\text{U}$: $t_{1/2} = 4,5 \times 10^9$ ans.

$M({}^{238}\text{U}) = 238 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M({}^{206}\text{Pb}) = 206 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Exercice N° 8 :

Le césium ${}^{137}\text{Cs}$ est un émetteur β^- et sa demi-vie a pour valeur $t_{1/2} = 30,2$ ans. Un échantillon a une activité de $1,1 \times 10^3$ Bq à une date prise pour origine des temps.

- Donner la définition de la demi-vie radioactive.
- Calculer la valeur de la constante radioactive λ du césium 137.
- Calculer les valeurs de l'activité au bout des durées $t_1 = t_{1/2}$, $t_2 = 2t_{1/2}$ (constante de temps du phénomène), $t_3 = 60,4$ ans.
- En déduire le nombre de noyaux de césium 137 restant à la date t_3

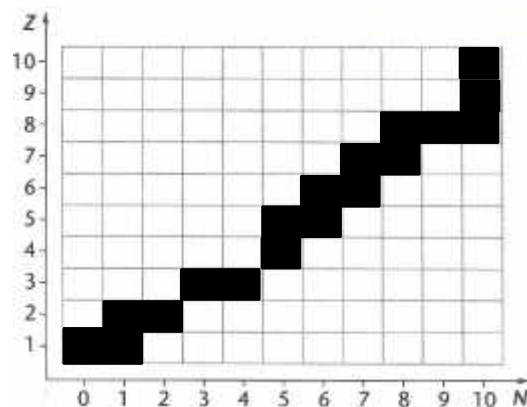
Exercice N° 9 :

L'oxygène 15 (${}^{15}\text{O}$) est radioactif, de demi-vie 122s.

- Calculer sa constante radioactive λ .
- Un échantillon d'oxygène 15 subit $4,5 \times 10^3$ désintégrations par seconde à un instant $t_0 = 0$. Quelle est la valeur de l'activité de cet échantillon à la date t_0 ?
- Exprimer le nombre de noyaux $N(t)$ à l'instant t en fonction du nombre de noyaux initial N_0 , de λ la constante radioactive et de t.
- A quelle date t_1 le nombre de noyaux restant sera-t-il inférieur à 0,1% du nombre de noyaux initial $N_0(t_0)$?
- Calculer le nombre de noyaux restant à la date $t_2 = 1,0$ heure.

Exercice N° 10 :

1- À l'aide d'une classification périodique, donner le symbole et le nombre de masse des noyaux stables figurant dans les cases sombres qui appartiennent au tableau ci-contre (les cases sombres correspondent à la vallée de stabilité).



2- Etude du noyau d'azote de nombre de masse $A=17$.

2-1/ Placer cet isotope dans le tableau.

2-2/ Quelle est la cause de son instabilité ?

2-3/ En déduire le type de radioactivité dont il est responsable.

2-4/ Ecrire l'équation de sa transformation et symboliser cette dernière par une flèche dans le tableau.

3- Etude du noyau de fluor de nombre de masse $A=18$; Reprendre la question 2 pour cet isotope.

Exercice N° 11 :

Un noyau de polonium ${}_{84}^{210}\text{Po}$ se désintègre en émettant une particule α . Une masse $m = 9,3$ g de polonium émet $5,7 \cdot 10^{18}$ particules lors de la première heure de désintégration « cette durée est très faible devant le temps de demi-vie du polonium »

Données : $M(\text{Po})=210$ g.mol $^{-1}$; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$

- Déterminer la quantité de matière de noyaux de polonium présents dans l'échantillon à l'instant initial.
- Déterminer le nombre de noyaux de polonium à l'instant initial.
- Quelle est l'activité de cet échantillon ?
- Exprimer l'activité en fonction du nombre de noyaux et de la constante de temps.
- Exprimer la demi-vie en fonction de la constante de temps.
- Déterminer le temps de demi-vie du polonium.

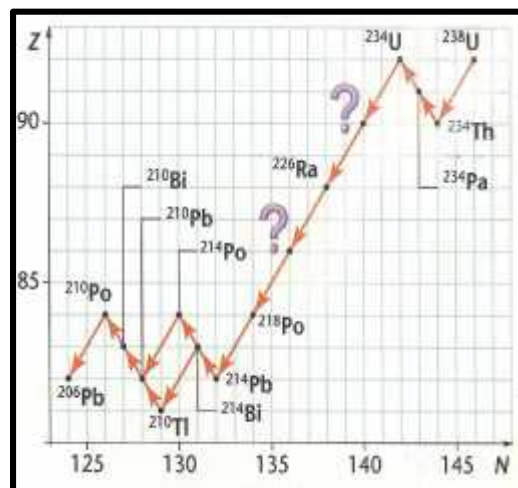
Exercice N° 12 :

Le produit de désintégration ultime de l'uranium 238 est le plomb 206. La quantité de plomb dans la roche ainsi que le rapport $\frac{{}^{208}\text{Pb}}{{}^{238}\text{U}}$ augmentent avec l'âge de la roche. Il est donc possible de déterminer l'âge des roches anciennes par la mesure de rapport plomb 206/ uranium 238 à condition de connaître la quantité de plomb à l'origine.

Données:

Demi-vie de l'uranium 238: 4,47 milliards d'années.

- Identifier le type de radioactivité correspondant à chacune des flèches indiquées ci-dessous :
- Compléter la figure ci-contre donnant la famille radioactive de l'uranium 238.
- Ecrire les deux équations correspondant aux deux transformations possibles du bismuth 214.
- Pourquoi le plomb 206 est-il le dernier noyau de cette famille radioactive ?



Exercice N° 13 :

Au tour d'une expérience visant à estimer le volume V_{sang} de sang contenu dans le corps humain, on injecte une petite quantité d'une solution de substance radioactive dans le sang d'un patient. On fait l'hypothèse que cette substance est diffusée de manière homogène dans tout le volume sanguin.

L'activité a_0 de la solution radioactive introduite est égale à 960 kBq. La demi-vie de la substance radioactive est de 15 heures. 30 heures après l'injection, on mesure l'activité a_p d'un prélèvement sanguin le volume $V_p = 10$ mL: on obtient une valeur de 480 Bq.

- 1) Quelle est l'activité a de l'ensemble de la substance radioactive au moment de la mesure ?
- 2) A l'instant t , les concentrations molaires de la substance radioactive dans le volume prélevé et le volume total sont égales. Pourquoi ?
- 3) En déduire une relation entre le nombre de noyaux radioactifs N_{sang} contenu dans le volume sanguin total et le nombre N_p de noyaux contenus dans le prélèvement.
- 4) Etablir la relation qui lie a , a_p , V_{sang} et V_p .
- 5) Calculer le volume total de sang dans le corps du patient.

Exercice N° 14 : Datation au carbone 14

La proportion entre le carbone 14 et le carbone 12 dans les tissus organiques et le squelette demeure la même tout au long de la vie de l'organisme : cette proportion est égale à celle qui se trouve dans le dioxyde de carbone atmosphérique, qui est supposé constante depuis environ 40 000 ans. Cette proportion étant très faible, l'activité du carbone 14 est très faible : pour un gramme de carbone d'un organisme vivant aujourd'hui, elle correspond à 13,6 désintégration par minute.

Une fois mort, l'organisme ne fixe plus du carbone atmosphérique et la quantité de carbone 14 qu'il contient diminue selon la loi de décroissance radioactive du carbone 14, de demi-vie 5 730 ans.

- 1) Un échantillon de bois mort de masse 1,0 g a une activité de 5,5 désintégration par minute. Calculer l'âge de cet échantillon ?
- 2) Combien d'atomes de carbone 14 reste-t-il dans cet échantillon « pour 1 g de carbone »