

Exercice n° 1.2

(Activité)

L'isotope $^{11}_6\text{C}$ a une période T égale à 20,4 minutes.

1. Qu'appelle-t-on période radioactive ?
2. Etablir la relation entre la période et la constante radioactive λ .
3. Calculer λ et préciser son unité.

Nous voulons trouver l'activité d'un échantillon de cet isotope.

4. Rappeler la définition et l'expression définissant l'activité.
5. Combien de noyaux y a-t-il dans un échantillon de $6,2\mu\text{g}$ de cet isotope ?
6. En déduire son activité. On utilisera une valeur approchée de la masse de l'atome-gramme de l'isotope.
7. Combien de noyaux reste-t-il une heure plus tard (Trouver d'abord l'ordre de grandeur puis la valeur exacte) ?
8. Quelle est alors l'activité de l'échantillon à cet instant ?

Exercice n° 1.3

(Activité)

Un échantillon de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ a eu son activité divisée par 16 en 32 jours.

1. Tracer qualitativement sur un graphe à deux échelles linéaires la décroissance de l'activité en fonction du temps : l'unité de temps sera la période T de l'isotope ; on indiquera $a(t=0) = a_0$; ainsi que les valeurs de $a(t = n T)$ pour $n = 1, 2, 3$ et 4 , en fonction de a_0 , n et des puissances de 2 .
2. En déduire la période T de $^{131}_{53}\text{I}$
3. Retrouver la période à partir de la loi de décroissance $a(t)$.
4. Quelle est la masse du radio-isotope $^{131}_{53}\text{I}$ correspondant à une activité de $1,85 \cdot 10^8 \text{ Bq}$?

Exercice n° 1.4

(Effet de dilution. Détermination du volume sanguin)

La découverte de la radioactivité artificielle a permis d'associer à chaque élément un certain nombre de radio-isotopes possédant les mêmes propriétés chimiques que l'élément stable. Ces radioéléments sont souvent utilisés en médecine.

1. On obtient du sodium 24 en bombardant par des neutrons du sodium $^{23}_{11}\text{Na}$. Ecrire la réaction de formation du sodium 24.
2. Le sodium 24 est radioactif par émission β^- et sa période est de 15h. Ecrire l'équation de désintégration du sodium 24.
3. On injecte dans le sang d'un individu 10 cm^3 d'une solution contenant initialement du sodium 24 à la concentration de $10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$. Quel est le nombre de moles de sodium 24 introduites dans le sang ? Combien en restera-t-il au bout de 6h ?
4. Au bout de 6h, on prélève 10 cm^3 du sang du même individu. On trouve alors $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$ de sodium 24. En supposant que le sodium 24 est réparti uniformément dans le sang et que l'on peut négliger la décroissance par élimination biologique, calculer le volume sanguin.

Exercice n° 1.5**(Datation par le carbone 14)**

Le carbone 14 est émetteur β^- . Sa période est de 5 570 ans.

Il apparaît dans la haute atmosphère au cours de chocs de neutrons, (présents dans le rayonnement cosmique), avec les noyaux d'azote ^{14}N . On fait l'hypothèse que la proportion de l'isotope radioactif ^{14}C par rapport à l'isotope stable ^{12}C (rapport $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$) est demeuré constant dans l'atmosphère au cours des 100 000 dernières années.

Les plantes assimilent du dioxyde de carbone contenant les deux isotopes ^{14}C et ^{12}C . Au cours de leur vie, les végétaux vivants (comme les êtres vivants consommant des plantes) ont un rapport $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ identique à celui existant dans l'atmosphère.

Par contre, quand la plante meurt, le processus d'assimilation du carbone atmosphérique s'arrête. La teneur en ^{14}C dans le végétal va décroître au cours du temps en raison de la désintégration radioactive. Dans le végétal mort, la distribution isotopique entre ^{14}C et ^{12}C évolue au fil des années.

1. Ecrire les réactions :

- de formation de l'isotope ^{14}C à partir de ^{14}N ,
- de désintégration de ^{14}C .

Une des manières de dater les habitats préhistoriques (comme les grottes de Lascaux), consiste à mesurer la radioactivité des échantillons de bois, trouvés dans les différentes strates du sol.

Pour cela, on compare la valeur de l'activité de ces échantillons à celle d'échantillons actuels, de même nature et de même masse.

- Donner l'expression de la variation de l'activité d'un échantillon de bois en fonction du temps (a_0 = activité de l'échantillon au moment de la mort du végétal).
- Calculer l'âge d'un charbon de bois provenant d'une grotte préhistorique, sachant que le nombre de désintégrations mesuré est de 1,6 par minute, alors qu'il est de 11,5 par minute pour un échantillon de charbon de bois de même masse, produit actuellement.
- Hypothèse : on considère que les datations obtenues par cette méthode sont fiables lorsque la valeur de l'activité a_e de l'échantillon étudié diffère d'au moins 10% de celle a_0 de l'échantillon comparable actuel, et que cette valeur a_e est supérieure à $0,1 \ a_0$.
- Déterminer les limites de la période durant laquelle des datations par le carbone 14 sont possibles.

Exercice n° 1.6**(Atténuation et dispersion)**

Une source radioactive ponctuelle, localisée à 2 cm de profondeur dans le tissu musculaire, émet de façon isotrope des photons.

- Combien de photons sortiraient par seconde d'une sphère de muscle centrée sur la source de 2 cm de rayon si $x_{1/2} = 4$ cm et si l'activité de la source correspond à l'émission de $N_0 = 37000$ photons s^{-1} ;
- Un détecteur de fenêtre de surface 5 cm^2 , est placé à 20 cm de la source. Calculer le nombre de photons qui arrivent chaque seconde sur la fenêtre du détecteur (on négligera l'atténuation des photons dans l'air).

Exercice n° 1.7**(Période physique, période biologique)**

L'iode $^{131}_{53}\text{I}$ a une période de décroissance radioactive $T_p = 8$ jours.

L'activité initiale d'une source radioactive constituée de $^{131}_{53}\text{I}$ est $a_0 = 400 \mu\text{Ci}$.

1. Pour que l'activité de la source s'abaisse à $100 \mu\text{Ci}$, combien de temps faut-il attendre ?
2. Donner l'expression (en fonction de T_p et a_0) de l'évolution de l'activité de la source en fonction du temps.

La totalité de l'iode de la source précédente est en fait injectée dans la thyroïde d'un patient. La diminution de l'activité de l'iode contenu dans la thyroïde résulte alors à la fois de la décroissance radioactive et de l'élimination biologique (qui satisfait elle aussi à une loi exponentielle caractérisée par une période de décroissance T_b).

La période effective de décroissance de l'iode dans la thyroïde est alors T .

3. La période effective T est-elle supérieure ou inférieure à T_p ? Justifier votre réponse.
4. Donner l'expression de la variation du nombre de noyaux pendant dt .
5. Donner l'expression (en fonction du temps, de T_b , T_p et de a_0), de l'évolution de l'activité de l'iode contenue dans la thyroïde.
6. L'activité de l'iode dans la thyroïde mesurée 6 jours après l'injection est $200 \mu\text{Ci}$. Calculer la période T_b d'élimination biologique.

Exercice n° 1.8**(Datation par la méthode potassium-Argon)**

Les roches volcaniques contiennent du potassium dont un isotope, le $^{40}_{19}\text{K}$ est radioactif. 10,72% du $^{40}_{19}\text{K}$ se désintègre en $^{40}_{18}\text{Ar}$ par capture électronique, le reste de potassium $^{40}_{19}\text{K}$ subit une désintégration β^- en $^{40}_{20}\text{Ca}$. La période du $^{40}_{19}\text{K}$ résultant de ces deux modes de désintégration est $T = 1,3 \cdot 10^9$ ans.

On fera l'hypothèse que les masses nucléaires de $^{40}_{19}\text{K}$ et $^{40}_{18}\text{Ar}$ sont égales.

1. Expliquer le mécanisme de capture électronique.
2. Ecrire la réaction de capture subie par le $^{40}_{19}\text{K}$ et conduisant au $^{40}_{18}\text{Ar}$.

Lors d'une éruption volcanique, la lave au contact de l'air perd l' $^{40}_{18}\text{Ar}$ (c'est le dégazage). A la date de l'éruption, la lave ne contient plus d'argon, celui-ci réapparaissant dans le temps, suivant le mécanisme de capture décrit plus haut.

L'analyse d'un échantillon de basalte de masse 1 kg montre qu'il contient 1,4900 mg de $^{40}_{19}\text{K}$ et 0,0218 mg de $^{40}_{18}\text{Ar}$.

3. Ecrire la loi d'évolution dans le temps de la masse de $^{40}_{19}\text{K}$, et en déduire la loi d'évolution dans le temps régissant la masse d'argon ; on appellera $m_{\text{K}}(0)$ la masse initiale du potassium.
4. Quelle était la masse totale de $^{40}_{19}\text{K}$ par kg de basalte à la date de l'éruption volcanique ?
5. Quelle est la date approximative de l'éruption ?