

Série 4 : Décroissance radioactive



EXERCICE 1:

Données : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $M(^{12}\text{C}) = M = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 1 an = 365 jours.

On peut dater l'âge d'une matière animale ou végétale grâce aux éléments radioactifs. L'isotope $^{14}_6\text{C}$ du carbone, radioactif β^- , de demi-vie $t_{1/2} = 5730$ ans, est présent dans l'atmosphère sous forme de dioxyde

de carbone, en proportion infime mais constante par rapport à l'isotope $^{12}_6\text{C}$ ($r_0 = \frac{N_0(\text{carbone } 14)}{N_0(\text{carbone } 12)} \approx 10^{-12}$)

Les végétaux absorbent le dioxyde de carbone atmosphérique et fixent l'isotope 14 du carbone dans leur tissu. Tous les êtres vivants consommant des plantes absorbent également cet isotope. Au cours de leur vie, végétaux, animaux et humains en contiennent une proportion constante ($r_0 \approx 10^{-12}$). Après la mort, l'isotope $^{14}_6\text{C}$ n'est plus absorbé. Sa teneur diminue au rythme des désintégrations radioactives. La mesure de l'activité d'un Échantillon permet d'évaluer le rapport r , donc la date de sa mort.

Pour déterminer l'âge t d'une momie des pharaons, trouvée en 1980, des chercheurs ont prélevé une masse $m = 100\text{mg}$ de matière organique de cette momie. Les analyses effectuées ont montré que cette masse contient la proportion $\rho = 10\%$ de carbone et que son activité radioactive vaut $a = 1,16\text{mBq}$.

1- Montrer que le nombre N_0 de noyaux $^{14}_6\text{C}$ dans la masse m , à la date t_0 où le pharaon meurt est

$$N_0 = \frac{r_0 \cdot m \cdot \rho \cdot N_A}{M}$$

2-En déduire a_0 l'activité de l'échantillon le pharaon était en vie

3-Calculer l'âge de la momie.

EXERCICE 2:

Pour déterminer l'âge de cailloux lunaires rapportés par les astronautes d'Apollo XI, on mesure les quantités relatives de potassium 40 et de son produit de désintégration, l'argon 40, qui est retenu à l'intérieur de la roche. Un échantillon de masse 10,00 g de roche contient un volume $v = 82 \text{ mm}^3$ d'argon 40 et une masse $m = 16,6\mu\text{g}$ de potassium 40. Le volume du gaz est donné dans les conditions normales et on rappelle que l'argon est un gaz monoatomique et que l'argon 40 est stable.

Données : Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Volume molaire $V_m = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Masse molaire atomique de l'isotope de potassium 40: $M_k = 40,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le temps de demi-vie de l'isotope $^{40}_{19}\text{K}$ est: $t_{1/2} = 1,26 \times 10^9$ ans.

1- Ecrire l'équation de désintégration du potassium 40 en argon $^{40}_{18}\text{Ar}$.

2-Etablir la relation entre la constante de désintégration λ et la période de demi-vie $t_{1/2}$. Calculer λ .

3- On pose N_{Ar} le nombre de noyaux d'argon 40 et N_K le nombre de noyaux de potassium 40

présents dans l'échantillon au moment de l'analyse. Calculer le rapport $r = \frac{N_{Ar}}{N_K}$.

4- On pose N_{K0} le nombre de noyaux de potassium 40 à la formation de la roche. Exprimer le rapport

$\frac{N_K}{N_{K0}}$ en fonction de r . Exprimer l'âge t de la roche analysée. Calculer cette date.

EXERCICE 3:

Les roches volcaniques contiennent du potassium ^{40}K radioactif qui transforme en argon 40 avec une demi-vie de $1,3 \cdot 10^9$ ans. Au cours des siècles l'argon 40 s'accumule alors que le potassium disparaît.

Lors d'une éruption volcanique, la lave dégaze : l'argon présent dans la lave s'échappe. A la date t de l'éruption, la lave solidifiée ne contient alors plus que l'argon antérieur à l'événement.

L'analyse d'un échantillon de basalte trouvé près d'un ancien volcan montre qu'il contient $m_1 = 2,9800\text{mg}$ de potassium et $m_2 = 8,6\mu\text{g}$ d'argon 40.

Données : $M(^{40}\text{K}) \approx M(^{40}\text{Ar}) = M$

1 Exprimer le nombre de noyaux de potassium 40 juste après l'éruption en fonction des nombres de noyaux de potassium 40 et d'argon 40 à la date d'analyse.

2 Montrer que la date t de l'éruption s'exprime : $t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1} \right)$

3 Calculer t .