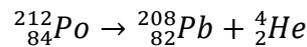


Effet tunnel et radioactivite alpha : corrigé :

1. Un tableau périodique montre que l'élément de numéro atomique $Z = 82$ est le Plomb. L'équation de désintégration s'écrit donc :



2. La période radioactive est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux s'est désintégrée. D'après le document 2, on lit pour le Po 212 (dernier point en bas à droite) :

$$\text{Log}_{10}T = -14 \Rightarrow T = 10^{-14} \text{ ans} = 3.10^{-7} \text{ s.}$$

3. D'après le document 1, l'énergie des α est $E_\alpha = 9,0 \text{ MeV}$.

4. L'énergie des α à l'extérieur du noyau est de l'énergie cinétique. En supposant qu'ils sont non-relativistes :

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 2,1.10^7 \text{ m. s}^{-1}$$

On vérifie à posteriori leur caractère non-relativiste.

5. Méthode 1 : on calcule la longueur d'onde de de Broglie de la particule :

$$\lambda_{\text{DB}} = h/mv = 4,7.10^{-15} \text{ m.}$$

Cette longueur d'onde étant de l'ordre de la taille du noyau, le traitement doit être quantique.

Méthode 2 : on calcule une action L caractéristique du phénomène, $L = m.v.r$, en prenant pour longueur caractéristique le rayon du noyau de Po, ou directement r_0 , les OG étant identiques.

On obtient : $L = 10^{-33} \text{ J.s}$. Même conclusion.

6. $V(r)$ est l'énergie potentielle électrostatique d'une particule ponctuelle de charge $2e$ dans le potentiel d'une charge $Z_Y e$, avec $Z_Y = 208$.

7. Pour entrer dans le noyau, la particule α doit se rapprocher à une distance R_Y du noyau, avec :

$$R_Y = 208^{1/3}.r_0 = 7,1 \text{ fm.}$$

A cette distance, le potentiel vaut (calcul numérique simple) :

$$V_0 = 33 \text{ MeV}$$

8. On a $E_\alpha < V_0$, la particule rentre donc par effet tunnel.

9. On doit chercher à quelle distance de l'origine (environ le centre du noyau), nommée b sur le schéma de la figure 3, l'énergie E_α est égale à $V(b)$.

On obtient facilement :

$$b = 2,6.10^{-14} \text{ m}$$

La largeur de la barrière de potentiel est donc :

$$L = b - R_Y = 19 \text{ fm}$$

10. On est dans un cas de barrière épaisse si :

$$\frac{\sqrt{2m(V_0 - E_\alpha)} L}{\hbar} \gg 1$$

On calcule facilement :

$$\frac{\sqrt{2m(V_0 - E_\alpha)} L}{\hbar} \frac{L}{2} = 21$$

On peut donc considérer que la barrière est épaisse.

11. Le coefficient de transmission vaut alors :

$$T \approx \frac{16E(V_0 - E_\alpha)}{V_0^2} \exp\left(-2 \frac{\sqrt{2m(V_0 - E_\alpha)} L}{\hbar}\right) = 1,4 \cdot 10^{-37}$$

12. La durée d'une traversée du noyau, à la vitesse calculée en 3 (mais ce n'est pas la bonne valeur !) est de l'ordre de :

$$\Delta t = 2R_Y/v \approx 10^{-22} \text{ s}$$

Le coefficient de transmission T donne la probabilité pour que la particule sorte ; on pourrait attendre une période $T_{1/2}$ de l'ordre de :

$$T_{1/2} = \Delta t/T = 10^{-22} / 10^{-37} = 10^{15} \text{ s.}$$

Cette valeur n'est pas du tout la valeur mesurée, car notre valeur de V_0 est trop approchée , et le coefficient de transmission est **très sensible** à cette valeur.

En réalité, le noyau n'est pas sphérique, et le rayon d'interaction R_Y est en réalité plus grand (de l'ordre de 13,5 fm), ce qui abaisse la barrière de potentiel à $V_0 = 14 \text{ MeV}$, avec une largeur de 12,5 fm.

On calcule alors :

$$\frac{\sqrt{2m(V_0 - E_\alpha)} L}{\hbar} = 13 \text{ (non - épaisse)}$$

et :

$$T = \frac{1}{1 + \frac{V_0^2}{4E(V_0 - E)} \text{sh}^2\left(\frac{\sqrt{2m(V_0 - E)} L}{\hbar}\right)} = 2 \cdot 10^{-11}$$

On obtient cette fois une valeur de $T_{1/2}$ de l'ordre de 10^{-11} s , on voit que le modèle est très insuffisant.