

Tp ϕ 5 LE RADON: UN DANGER MECONNU.

A°) ETUDE D'UN TEXTE.

Voici un extrait d'un article du journal Ouest-France du 18 septembre 2006 à propos du radon 222 :

« Ce gaz radioactif, inodore et incolore, issu des entrailles de la Terre, est la deuxième cause d'apparition du cancer du poumon, après le tabac.[...]

Qu'est-ce que le radon ? C'est un gaz radioactif, sans odeur ni couleur, présent à l'état naturel. Il est issu de la désintégration de l'uranium 238. On peut le trouver partout à la surface de la Terre, principalement dans les régions granitiques. Quelques notions de chimie : l'uranium 238 se transforme en thorium, puis en proactinium et enfin en radon.[...]

Comment mesure-t-on sa concentration ? On la calcule en Becquerel (Bq) par mètre cube d'air (unité de mesure de la radioactivité). Le seuil de précaution est de 400 Bq/m³ et le seuil d'alerte de 1000 Bq/m³. [...]

Pourquoi est-il dangereux ? Radioactif, le radon laisse des traces parfois indélébiles dans l'organisme. Son inhalation augmente le risque de contracter un cancer. »

Données : Le tableau ci-dessous donne le nom, le symbole et le numéro atomique de quelques éléments.

Z	92	91	90	89	88	87	86	85
Symbole	U	Pa	Th	Ac	Ra	Fr	Rn	At
Nom	uranium	proactinium	thorium	actinium	radium	francium	radon	astate

Données : Le tableau ci-dessous donne la masse de quelques particules.

Nom du noyau ou de la particule	polonium 214	bismuth 214	électron
masse en u	$m_{Po} = 213,995176$	$m_{Bi} = 213,998691$	$m_e = 5,49 \cdot 10^{-4}$

Données : Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs utiles

Unité de masse atomique : u	$1u = 1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
Électronvolt : eV	$1\text{eV} = 1,60210 \cdot 10^{-19} \text{J}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

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

Masse molaire du radon 222 : $M = 222,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

Le radon dont il est question dans le texte est le radon 222.

1. De l'uranium 238 au radon 222

1. Donner la définition d'un noyau radioactif.
2. Écrire le symbole et donner la composition d'un noyau d'uranium 238.
3. L'uranium 238 présent dans le granit se désintègre naturellement. En vous aidant du texte et des données, écrire l'équation de désintégration. Montrer qu'il s'agit d'une radioactivité α .
4. Le thorium 234 est radioactif β^- . Écrire l'équation de cette désintégration.
5. Le noyau fils créé est lui-même émetteur β^- formant ainsi de l'uranium 234.
6. Montrer ensuite qu'une série de désintégrations α , conduit de l'uranium 234 au radon 222.

7. On peut assimiler l'ensemble à une réaction unique: ${}^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + x \alpha + y \beta^-$.

Déterminer les coefficients x et y dans l'équation donnée ci-dessus.

8. Commenter alors la phrase « Quelques notions de chimie : l'uranium 238 se transforme en thorium, puis en proactinium et enfin en radon ».

2. Bilan énergétique des descendants du radon 222

9. L'équation de désintégration du bismuth 214 est : ${}^{214}_{83}\text{Bi} \longrightarrow {}^{214}_{84}\text{Po} + {}^0_{-1}\text{e}$

Donner l'expression de la variation d'énergie lors de la désintégration du bismuth 214 ; préciser les unités des grandeurs dans le Système International.

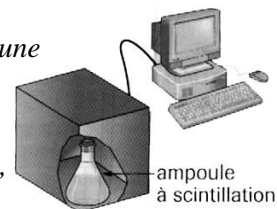
10. Calculer l'énergie émise, en MeV, lors de cette désintégration. Toutes les étapes du calcul devront apparaître.

B°) L'AMPOULE SCINTILLANTE - LE RADON 220.

L'échantillon de radon 220, prélevé au moyen d'une pompe à vide manuelle, est récolté au sein d'une fiole scintillante. La fiole scintillante est tapissée de sulfure de zinc dopé à l'argent et associée à chaque particule α émise par le radon une scintillation (brève émission d'énergie lumineuse).

La fiole est introduite dans un appareil qui permet, en détectant les émissions d'énergie lumineuse, proportionnelles au nombre de noyaux désintégrés, de compter les particules α émises par l'échantillon pendant une durée choisie.

Le temps de comptage est fixé à 20s. L'opération de comptage est répétée en continu pendant moins de 10 minutes.



ampoule à scintillation
photomultiplicateur relié à un compteur et à un ordinateur

Les relevés expérimentaux.

11. Relevez les valeurs données par le compteur sur des durées successives de 20 s.
12. Représentez le nombre de désintégrations en fonction du temps en prenant des comptages toutes les 20 s
13. Commentez la courbe obtenue.

1. De la courbe à la constante radioactive λ et la constante de temps τ .

La forme de la courbe suggère une équation du type : $N = C.e^{-\lambda t}$.

On rappelle $e^0 = 1$.

14. Déterminez la valeur de la constante C.

Pour trouver la valeur de D, on peut "linéariser" la courbe, c'est à dire opérer un changement de variable conduisant à une droite.

15. Effectuez les calculs nécessaires et représentez graphiquement la nouvelle variable en fonction du temps.
16. Déduisez-en la valeur et l'unité de D. Cette constante appelée constante radioactive est notée λ .

En réalité, on utilise souvent l'inverse de λ , notée τ , et appelée constante de temps de la désintégration.

17. Justifiez cette appellation et donnez la nouvelle forme de l'équation de la courbe.

On définit τ , comme le temps nécessaire pour que $N_{(t = \tau)} = \frac{N_0}{3}$

18. Déterminer graphiquement τ à partir de cette définition.

τ peut être déterminée par une autre méthode graphique en traçant la tangente à la courbe de décroissance à $t = 0$.

19. Déterminez alors graphiquement la valeur de τ .

2. De la courbe à la notion de demi-vie.

20. Cherchez, à partir de plusieurs points, la durée nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux présents.
21. Cette durée dépend-elle du nombre initial de noyaux ?
22. A partir de l'équation de la courbe modélisée, calculez en fonction de λ la durée $t_{1/2}$ pour laquelle la moitié des noyaux présents a disparu.
23. Vérifiez alors la valeur de la demi-vie déterminée graphiquement.

3. Notion d'activité.

L'activité de l'échantillon compare le nombre de désintégrations de l'échantillon à la durée de désintégration. Elle s'exprime en becquerels (Bq) : 1 Bq correspond à 1 désintégration par seconde.

24. Donner l'expression de l'activité A d'un échantillon en fonction du nombre de noyaux radioactifs qu'il contient.
25. Calculer l'activité initiale de cette ampoule.
26. Calculez l'activité de l'échantillon à $t = 1$ et 3 min.