Inde 10 - **Le polonium 210** - 6 points

Calculatrice autorisée - $1\,h\,15$

A propos du polonium 210, on peut trouver dans l'encyclopédie WIKIPEDIA le texte suivant :

« C'est le premier élément découvert par Pierre et Marie Curie en 1889 dans leurs recherches sur la radiocativité [...]. Ce n'est que plus tard qu'ils découvrirent le radium. Le mot polonium a été choisi en hommage aux origines polonaises de Marie Sklodowska-Curie.

[...] C'est un émetteur de rayonnement alpha. Le ^{210}Po *a une demi-vie de* 138 *jours.*

[...] Il se désintègre en émettant des particules alpha dont l'énergie est de $5,3$ *millions d'électrons volts.*

[...] L'exposition aux rayonnements ionisants augmente le risque de cancer, d'anomalies génétiques, et pourrait avoir de nombreuses conséquences sanitaires autres que les cancers.

Le polonium 210 *présente une forte activité [...].*

Un seul gramme de polonium 210 *présente une activité de* 166 000 *milliards de becquerels et par conséquent émet* 166 000 *milliards de particules alpha par seconde. »*

Données :

Quelques éléments : $_{81}Tl$; $_{82}Pb$; $_{83}Bi$; $_{85}At$; $_{86}Rn$.

Masses de quelques noyaux ou particules : $m(^{9}_{4}Be) = 9,009\,98\,u$; $m(^{4}_{2}He) = 4,001\,51\,u$; $m(^{12}_{6}C) = 11,996\,71\,u$; $m(^{1}_{0}n) = 1,008\,66\,u$.

Masse molaire atomique : $M(^{210}Po) = 210\,g.mol^{-1}$.

Quelques constantes et unités :

- célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,997\,92.\,10^{8}\,m.s^{-1}$;
- nombre d'Avogadro : $N_A = 6,022.\,10^{23}\,mol^{-1}$;
- unité de masse atomique : $1\,u = 1,660\,5.\,10^{-27}\,kg$.

1 Indiquer la composition d'un noyau de polonium 210 ($^{210}_{84}Po$).

2 Ecrire l'équation de désintégration d'un noyau $^{210}_{84}Po$ en précisant les lois de conservation utilisées (on supposera que le noyau fils formé est à l'état fondamental).

3 L'élément polonium possède entre autres isotopes le noyau de $^{212}_{84}Po$.
Définir la notion de noyaux isotopiques

4 Définir le temps de demi-vie, $t_{1/2}$, d'un noyau radioactif.

5

5.1. Enoncer la loi de décroissance radioactive, en précisant la signification de chacun des termes.

5.2. Sachant que l'activité $A(t)$ d'une source radioactive vérifie : $A(t) = -\dfrac{dN(t)}{dt}$, montrer que l'activité $A(t)$ d'une source radioactive est proportionnelle au nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs présents dans cette source.

5.3. Ecrire la relation entre la constante radioactive et le temps de demi-vie puis calculer la valeur de la constante radioactive en s^{-1} du $^{210}_{84}Po$.

6

6.1. Calculer le nombre N de noyaux présents dans une masse $m = 1,00\,g$ de polonium 210.

6.2. Justifier, par un calcul, la phrase « un seul gramme de polonium 210 présente une activité de 166 000 milliards de becquerels ».

7 Le polonium 210 est l'un de sproduits issus des désintégrations successives de l'uranium 238 lesquelles conduisent à l'isotope stable $^{206}_{82}Pb$ du plomb.
Ces désintégrations sont de type α et β^-.
On peut assimiler l'ensemble à une réaction unique :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow ^{206}_{82}Pb + x\,^{4}_{2}He + y\,^{0}_{-1}e \quad \text{où } x \text{ et } y \text{ sont des entiers.}$$

Déterminer le nombre x de désintégrations α et le nombre y de désintégrations β^-.
Pour effectuer ce calcul, la connaissance de l'ordre des désintégrations n'est pas nécessaire.

8 Emetteur α, le polonium a de nombreuses utilisations.
Il a été employé comme source de rayonnement α par Irène et Frédéric Joliot-Curie dans les expériences qui ont conduit à la découverte de la radioactivité artificielle en 1934.
Associé au béryllium, il constitue une source de neutrons produits par la réaction nucléaire :

$$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

8.1. Exprimer l'énergie de cette récation, E, à partir des données.

8.2. Calculer sa valeur en joules.

8.3. Commenter le signe de la valeur obtenue pour E.