Pondichéry 2010 Exercice 1 : Le polonium 210 (6 points)
Correction © http://labolycee.org

1. (0,25) Composition d'un noyau de polonium 210, ${}^{210}_{84}Po$: Z = 84 donc **84 protons,**
N = A –Z = 210 – 84 = **126 neutrons.**

2 (1 pt) Équation de désintégration α de ${}^{210}_{84}Po$: ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \alpha$

La particule α est un noyau d'hélium : ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$

- conservation du nombre de nucléons : 210 = A + 4 $\Rightarrow$ **A = 206**
- conservation du nombre de charge : 84 = Z + 2 $\Rightarrow$ **Z = 82**

Le noyau fils formé est ${}^{206}_{82}Pb$ et l'équation de désintégration est : $\boxed{{}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He}$

3 (0,25) Deux noyaux isotopes ont le même numéro atomique Z, donc le même nombre de protons ; mais des nombres de nucléons A différents (donc des nombres de neutrons A – Z, différents).

4 (0,25) Le temps de demi-vie, $t_{1/2}$, d'un noyau radioactif est la durée pour laquelle une population de noyaux radioactifs a été divisée par deux.

5.1 (0,25) Loi de décroissance radioactive : $\boxed{N(t) = N_0 \,.\, e^{-\lambda.t}}$

Avec : N(t) : nombre de noyaux radioactifs présents dans la source à la date t
N_0 : nombre de noyaux radioactifs présents dans la source à la date t = 0
λ : constante radioactive du noyau considéré, exprimée en s^{-1}.

5.2 (0,5) $A(t) = -\dfrac{dN(t)}{dt} = -\dfrac{d\left(N_0.e^{-\lambda t}\right)}{dt} = N_0.\lambda.e^{-\lambda t} = \lambda.N(t)$

L'activité A(t) d'une source radioactive est bien proportionnelle au nombre N(t) de noyaux radioactifs présents dans cette source.

5.3(0,5) Relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$: $\boldsymbol{\lambda \,.\, t_{1/2} = \ln 2}$, donc :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$\lambda = \dfrac{\ln 2}{138 \times 24 \times 3600}$ = $\mathbf{5{,}81 \times 10^{-8}}$ s^{-1} avec $t_{1/2}$ = 138 jours exprimé en secondes.

6.1 (0,75) Nombre de noyaux N, dans une masse m = 1,00 g de polonium 210 :

$$N = n \,.\, N_A = \frac{m.N_A}{M}$$

$N = \dfrac{1{,}00 \times 6{,}022 \times 10^{23}}{210}$ = $\mathbf{2{,}87 \times 10^{21}}$ noyaux

6.2 (0,75) L'activité d'un gramme de polonium 210 est : $A = \lambda.N$

A = $5{,}81 \times 10^{-8} \times 2{,}87 \times 10^{21} = \mathbf{1{,}67 \times 10^{14}}$ **Bq**

Or l'énoncé indique une activité de « 166 000 milliards de becquerels » :

$166\,000 \times 10^9$ Bq = $\mathbf{1{,}66 \times 10^{14}}$ **Bq** *(avec 3 chiffres significatifs)*

Les deux valeurs étant égales à moins de 1% près, on peut considérer que la phrase proposée est correcte : Un seul gramme de polonium 210 présente bien une activité de 166 000 milliards de becquerels.

7 (0,5) On a : $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\ {}^{4}_{2}He + y\ {}^{0}_{-1}e$ où x et y sont des entiers.

- loi de conservation du nombre de nucléons: $238 = 206 + 4.x + 0.y \Rightarrow 4.x = 32$ soit **x = 8**
- loi de conservation du nombre de charge : $92 = 82 + 2.x - 1.y \Rightarrow y = 2.x - 10$, $y = 2\times8 - 10$ soit **y = 6**

Ainsi, **8 désintégrations α** et **6 désintégrations β⁻** sont nécessaires pour passer de l'uranium 238 au plomb 206.

8.1 (0,25) Énergie libérée par la réaction nucléaire $^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$

$E = (m_{après} - m_{avant}).c^2$

$\mathbf{E = [\ m({}^{12}_{6}C) + m({}^{1}_{0}n) - m({}^{9}_{4}Be) - m({}^{4}_{2}He)]\ .\ c^2}$

8.2 (0,5) $E = [\ 11{,}99671\ u + 1{,}00866\ u - 9{,}00998\ u - 4{,}00151\ u]\ .\ c^2$

$E = -\ 0{,}00612 \times u \times c^2$

$\mathbf{E} = -\ 0{,}00612 \times 1{,}6605 \times 10^{-27} \times (2{,}99792 \times 10^{8})^2 = \mathbf{-\ 9{,}13\times10^{-13}\ J}$

8.3. (0,25) E est de **signe négatif**, car le système {béryllium + particule α} cède de l'énergie au milieu extérieur, donc ce système perd de l'énergie au cours de la réaction.