Exercices sur la radioactivité α

EXERCICE 5: Radioactivité α

On rappelle que la radioactivité d'un sel de radium est due à la destruction spontanée des atomes de radium et que, en moyenne, il se détruit un atome sur 2300 au cours d'une année.

A – Calculer le nombre des atomes détruits chaque seconde dans une masse de radium de 10^{-9}g. Nombre d'Avogadro: N = $6{,}02.10^{23}$, Ra = 226g.

B – A la suite de réactions nucléaires n'intervenant pas ici, un atome de radium en se détruisant donne naissance à quatre particules α , de masse m et de charge q. Expérimentant sur 1g de radium, on constate que les particules convenablement recueillies à un courant de $4{,}6.10^{-8}$A. En déduire la charge q d'une particule α .

SOLUTION

A – Nombre d'atomes de radium dans 10^{-9}g:

$$N_0 = \frac{10^{-9}}{226}.\,6{,}02.\,10^{23} \approx 2{,}66.\,10^{12}.$$

En 1s, il se détruit 1 atome sur: n = 2300.365,25.24.3600.

Donc, ici le nombre d'atomes détruits en 1s est:

$$\frac{N_0}{n} = 36{,}7 \;\simeq 37$$

B – En 1s, le nombre des particules α émises est:

$$4.36{,}7.10^{9} \simeq 1{,}47.10^{11}$$

Si q est la charge d'une de ces particules, la charge totale vaut $1{,}47.10^{11}$ q ou $4{,}6.10^{-8}$C; d'où:

$$q = \frac{4{,}6.10^{-8}}{1{,}47.10^{11}} \simeq 3{,}13.10^{-19}C\ (q \simeq 2e)$$

EXERCICE 6: Radioactivité α . Scintillations sur une sphère

Par radioactivité α , le radium $^{226}_{88}Ra$ se transforme en radon $^{222}_{86}Rn$ avec émission d'une particule α .

1° - Calculer la charge q, la masse m et la charge massique q/m de la particule á émise. On considérera que la masse du proton et celle du neutron sont égales à 1u et on négligera la diminution de masse.

On donne: 1u = $1,66.10^{-27}$kg, charge du proton: e = $1,6.10^{-19}$C.

2° - On place un petit fragment de radium, de masse 3.10^{-5}g au centre d'une sphère de verre creuse, de rayon r = 0,12m, recouverte sur sa paroi interne d'une pellicule de sulfure de zinc. Les particules α sont émises uniformément dans toutes les directions et, chaque fois que l'une d'elles frappe l'écran au sulfure de zinc, une scintillation se produit. On fait le vide dans la sphère et on dénombre 75 scintillations en 200s sur une surface de 0,015 mm^2 (observation avec un microscope). En déduire le nombre moyen de particules α émises par s et par g de Ra.

(Surface d'une sphère: S = $4\pi R^2$)

3° - La vitesse d'émission des particules α est $10^4 km.s^{-1}$. Calculer en J et en MeV l'énergie cinétique d'une particule et l'énergie libérée par s par la désintégration de la source de radium considérée.

SOLUTION

1° $^{4}_{2}He \rightarrow m = 4u = 6,64.10^{-27}\,kg; \quad q = 2e \simeq 3,2.10^{-19}C$

$$\frac{q}{m} = 4,82.10^{7}\,C.kg^{-1}$$

2° - Les particules $\propto$ sont émises uniformément dans toutes les directions, donc le nombre de scintillations est proportionnel à la surface considérée sur la sphère donc, en notant N le nombre total de désintégration, on a (en 200 secondes):

N. à S = 4πr^2 n = 75 à s = 0,015mm^2

$$\longrightarrow N = n.\frac{S}{s} \rightarrow N = 75\,\frac{4\pi.(0{,}12)^2}{0{,}015.10^{-6}} \simeq 9{,}05.10^8$$

D'où le nombre de désintégrations par s et par g de Ra:

$$N' = \frac{N}{t.m} = \frac{9{,}05.10^8}{200.3.10^{-5}} = 1{,}51.10^{11}$$

3° - La mécanique classique est utilisable:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}6{,}64.10^{-27}.10^{14} = 3{,}32.10^{-13}J \simeq 2{,}08MeV$$

Le nombre de désintégration par s est 4,525.10^6 à

Énergie libérée: ***w = 1,5.10^{-6}J = 9,4.10^{6}MeV***

EXERCICE 7: Radioactivité α

Le plutonium $^{239}_{94}Pu$ est radioactif et émetteur α .

Sa période (demi-vie) est T $\simeq$ 24000ans.

1° - Écrire l'équation de la transformation radioactive.

2° - Calculer la masse d'uranium 235 et d'hélium formés au bout de 10 ans à partir d'une masse de 10g de plutonium 239.

SOLUTION

1° - $^{239}_{94}Pu \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{235}_{92}U$

2° - ● Nombre initial d'atomes de plutonium: $N_0 = \frac{10}{239}.N$

● Nombre d'atomes de plutonium au bout de 10ans:

$$n = N_0e^{-\lambda t} = N_0e^{-2{,}888.10^{-5}.10} \simeq 0{,}9997N_0$$

● Nombre d'atomes désintégrés en 10ans:

$$n' = N_0 - n = N_0(1-0{,}9997) \simeq 2{,}888.10^{-4}N_0$$

- Ce nombre est aussi le nombre d'atomes d'uranium est d'hélium formés.

On en déduit:

- la masse d'uranium:

$$m_u = \frac{2{,}888.10^{-4}.N_0}{N}.235 = 10.2{,}888.10^{-4}.\frac{235}{239} \simeq 2{,}84.10^{-3}g$$

- la masse d'hélium: il se fait 1 atome d'hélium pour 1 atome d'uranium

$$\longrightarrow \frac{m_{He}}{4} = \frac{m_u}{235} \longrightarrow m_{He} = \frac{4}{235}.m_u \simeq 4{,}83.10^{-5}g.$$

<u>EXERCICE 8</u>: Désintégration de courte période

Le bismuth $^{212}_{83}Bi$ est radioactif et émetteur α .

1°- Écrire l'équation de désintégration. Quel est l'élément formé?

Extrait du tableau périodique des éléments:

$$_{80}Hg; _{81}Tl; \ _{82}Pb; \ _{83}Bi; \ _{84}Po; \ _{85}At; \ _{86}Rn.$$

2° - Soit une source radioactive contenant initialement 0,1g de bismuth radioactif. Grâce à un compteur, on a montré qu'il produit, à partir de l'instant initial, $4{,}484.10^{19}$ désintégrations en 15 minutes. Calculer la période radioactive (demi-vie) du $^{212}_{83}Bi$

(Nombre d'Avogadro: $N = 6{,}02.10^{23}$)

3° - Calculer le volume d'hélium produit en 30 minutes (volume mesuré dans les conditions normales) par cette source radioactive.

SOLUTION

1° - $^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{208}_{81}Tl\,(thallium)$

2° - Cherchons le nombre d'atomes de bismuth 212:

$$N_0 = \frac{0{,}1}{212}.6{,}02.10^{23} \simeq 2{,}84.10^{20}$$

En 15min, le nombre de désintégration est $4{,}484.10^{19}$ (16% de N_0), la période radioactive est donc courte, de l'ordre du quart d'heure.

En t = 15min, le nombre n de désintégrations est:

$$n = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} \longrightarrow e^{-\lambda t} = \frac{N_0 - n}{N_0} = 1 - \frac{n}{N_0}$$

$$T = \frac{Log2}{\lambda} = \frac{-t.Log2}{Lo\,(1-\frac{n}{N_0})} = \frac{-15.Log2}{Log\,(1-0{,}158)} \simeq 60{,}5min$$

3° - Au bout de 30min, le nombre des atomes de bismuth restant est:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 2{,}84.10^{20}.e^{-0{,}0115.30} \simeq 2{,}014.10^{20}$$

D’où le nombre de désintégrations qui est égal au nombre d’atomes d’hélium produit:

$$n' = 2{,}84.10^{20} - 2{,}014.10^{20} \simeq 8{,}257.10^{19}$$

On en déduit immédiatement

- le nombre de moles d’hélium:

$$\frac{n'}{N} = \frac{8{,}257.10^{19}}{6{,}02.10^{23}} \simeq 1{,}37.10^{-4}$$

- le volume d’hélium (1mole à 22400cm^3)

$$v = 1{,}37.10^{-4}.22\,400 \simeq 3{,}07cm^3$$