

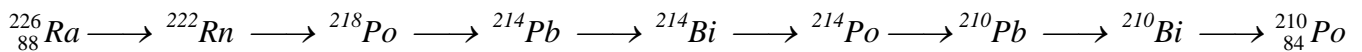
## Polonium 210

Le polonium est le premier élément chimique découvert par *Pierre et Marie Curie en 1898* dans leurs recherches sur la radioactivité de la pechblende.

### I - Sources de polonium 210

- 1) Quelles sont les particules élémentaires contenues dans un *noyau* de polonium  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  ?
- 2) Le polonium 210 existe à l'état naturel mais il est très rare et présent à de très faibles concentrations. Il peut être extrait à partir des sels de radium, car le polonium et le radium sont des descendants de la famille de l'uranium 238. La teneur est de 0,2 mg de polonium 210 par gramme de sels de radium.

- a) Compléter cette suite de réactions nucléaires en donnant le type de la désintégration ( $\alpha$  ou  $\beta^-$ ) et le nombre de charge  $Z$  des différents noyaux.



- b) Quel est le nombre total de désintégrations de type  $\alpha$  et de désintégrations de type  $\beta^-$  pour passer de  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  à  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  ?
- c) Dans cette chaîne, on observe du polonium  ${}^{218}\text{Po}$  et du polonium  ${}^{214}\text{Po}$ . Quelle est leur différence avec le polonium  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  ?

- 3) Compte tenu des très faibles quantités de polonium présentes dans la nature, la production de quantités significatives est réalisée de *façon artificielle* au sein de réacteurs nucléaires.

- a) Un flux de neutrons transforme un isotope stable du bismuth  ${}^A_Z\text{Bi}$  en bismuth  ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ , isotope radioactif de courte période (5 jours).
  - Ecrire la réaction nucléaire. Quel est l'isotope stable  ${}^A_Z\text{Bi}$  du bismuth ?

- b) Le bismuth  ${}^{210}_{83}\text{Bi}$  se désintègre spontanément pour donner un noyau de  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  dans son *état fondamental*.
  - Ecrire la réaction nucléaire et donner le schéma de désintégration.

- c)  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  se désintègre spontanément par émission  $\alpha$  pour donner un noyau de plomb dans son *état fondamental*.
  - Ecrire la réaction nucléaire et donner le schéma de désintégration.

- d) Montrer que l'énergie totale libérée au cours de cette désintégration est :  $E = 5,41 \text{ MeV}$ .

$$m({}^{210}\text{Po}) = 209,982859 \text{ u}$$

$$m({}^{206}\text{Pb}) = 205,974449 \text{ u}$$

$$m({}^4\text{He}) = 4,002603 \text{ u}$$

$$m_e = 5,4858 \cdot 10^{-4} \text{ u}$$

$$1 \text{ u} = 931,49 \text{ MeV} \cdot c^{-2} \quad e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad 1 \text{ u} = 1,660 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- e) L'énergie de la particule  $\alpha$  émise est :  $E_\alpha = 5,41\text{MeV}$ .  
 • Tracer son spectre d'énergie.
- f) Au cours de cette fabrication artificielle, y a-t-il eu émission de photons  $\gamma$  ? Pourquoi ?
- g) Les particules  $\alpha$  sont ralenties dans l'air qu'elles ionisent. La perte d'énergie est :  $E'' = 137\text{ eV}$  par micromètre d'air. Calculer le *parcours*  $P$  d'une particule  $\alpha$  dans l'air.
- h) Expliquer pourquoi il est quasiment impossible de détecter le polonium 210 avec un *détecteur Geiger*.
- i) Commenter cette phrase : « *C'est une bien faible matière radioactive... dont la plupart des radiations sont stoppées par une feuille de papier. Elle est donc bien inoffensive* ». Extrait de l'article " *Le polonium : un élément radioactif au pouvoir mystérieux* ", page 54 de l'Almanach Hachette de 1952



## II - Radioactivité du polonium 210

Le polonium  $^{210}_{84}\text{Po}$  a une période radioactive :  $T_{1/2} = 138\text{ jours}$ .

- 1) Que signifie « *période radioactive  $T_{1/2}$*  » ?
- 2) Vérifier qu'une masse :  $m_o = 10\ \mu\text{g}$  de polonium 210 contient initialement :  $N_o = 2,87\ 10^{16}$  noyaux.
- 3) Vérifier que l'activité  $A_o$  d'une masse :  $m_o = 10\ \mu\text{g}$  de polonium 210 est :  $A_o = 1,67\ 10^9\ \text{Bq}$ .  
 • Que signifie :  $\text{Bq}$  ?
- 4) Montrer que l'activité de cette source diminue de 0,5 % en 24 heures.
- 5) Quelle est l'activité  $A$  de cette source après  $138\text{ jours}$  ?  
 • Peut-on conserver très longtemps une source de polonium 210 ?

### III - Utilisations du polonium 210

- 1) **Source de neutrons** : les particules  $\alpha$  produites par le polonium 210 réagissent avec du béryllium  ${}^9_4\text{Be}$  pour donner un neutron et du carbone.
- Ecrire la réaction nucléaire.
  - Ce système peut être utilisé comme source primaire de neutrons au démarrage des réacteurs nucléaires, et a été utilisé comme détonateur dans les premières bombes nucléaires.  
Pourquoi faut-il des neutrons pour faire démarrer un réacteur nucléaire à uranium enrichi ?
- 2) **Poison** : c'est avec cette substance qu'a été empoisonné l'ancien espion russe, *Alexandre Litvinenko*, mort à Londres le 23 novembre 2006. Le coût de la dose de polonium 210 qui l'aurait tué est estimé à 25 millions de dollars US ...
- a) On suppose que l'activité  $A_0$  de l'échantillon reste constante le premier jour de la contamination et vaut :  $A_0 = 1,67 \cdot 10^9 \text{ Bq}$ .  
En supposant que chaque désintégration  $\alpha$  soit "efficace" et détruise une cellule de l'organisme (globule rouge, cellule de l'estomac...), calculer combien de cellules ont été détruites le premier jour de la contamination.
- b) Quelle a été l'énergie totale  $E$  délivrée par les particules  $\alpha$  dans son corps au cours de cette première journée ?
- c) Quelle est, en *Gray (Gy)*, la dose absorbée :  $D = \frac{E}{m}$  au cours de cette journée si sa masse est :  
 $m = 80 \text{ kg}$  ?
- d) Quelle est l'équivalent de dose, en *Sievert (Sv)*, si le facteur de qualité  $Q$  des rayonnements  $\alpha$  est égal à :  $Q = 20$  ?
- e) Comparer cette dose à la valeur maximale admissible pour le grand public. Pourquoi cette substance est-elle un « *poison violent* » qui a provoqué le décès d'*Alexandre Litvinenko* en 3 semaines ?



### ***Polonium 210: L'assassin qui dévore les globules rouges.***

*Le Polonium 210 est mille fois plus toxique que le plutonium et un million de fois plus que le cyanure : un seul centième de milligramme (10 microgrammes) suffit à tuer en quelques semaines un homme de poids moyen; une dose évidemment invisible à l'œil nu, indétectable par la police ou les douanes - la radioactivité alpha est arrêtée par une simple feuille de papier, ou quelques centimètres d'air. Mais une dose à manipuler avec moult précautions quand on souhaite s'en servir pour éliminer quelqu'un comme l'ex-espion russe Alexandre Litvinenko, qui succomba à une ingestion de Polonium 210 l'an dernier.*

*Il faut de plus faire vite car le Polonium perd la moitié de sa radioactivité tous les 138 jours, il s'achète au rayon des poisons frais. C'est-à-dire que pour une efficacité optimale (de l'échantillon) il doit avoir été récemment fabriqué par irradiation du bismuth dans un réacteur nucléaire.*

*Après l'ingestion du poison, il passe de l'estomac dans la circulation sanguine. Chaque atome de Polonium est alors porteur d'un projectile alpha expulsé à grande vitesse : de quoi littéralement griller toutes les cellules de l'organisme, les globules rouges en premier, et causer une mort dite "multifactorielle".*

*Ce redoutable métal est pourtant omniprésent dans la nature, produit en permanence par la désintégration de l'uranium et du thorium, qui abondent dans la croûte terrestre. Si bien qu'on le trouve à l'état de traces dans tout organisme humain.*

*D'après Fabien Gruhier- Nouvel Observateur 11-17 Janvier 2007*