

Exercice 1 A propos du polonium 210

Le polonium 210 Erreur ! Liaison incorrecte.. Il se désintègre en émettant des particules alpha dont l'énergie est de 5,3 millions d'électrons volt. Le ²¹⁰Po a une demi-vie de 138 jours et il 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 : ⁸¹Tl ; ⁸²Pb ; ⁸³Bi ; ⁸⁵At ; ⁸⁶Rn

$m(^9_4\text{Be}) = 9,00998 \text{ u}$; $m(^4_2\text{He}) = 4,00151 \text{ u}$; $m(^{12}_6\text{C}) = 11,99671 \text{ u}$; $m(^1_0\text{n}) = 1,00866 \text{ u}$;
 $m(^1_1\text{p}) = 1,00728 \text{ u}$. Masse molaire atomique : $M(^{210}\text{Po}) = 210 \text{ g.mol}^{-1}$

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3. 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,022 .10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,6605. 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ Mev}/c^2$; $1\text{ev} = 1,6.10^{-19}\text{J}$.

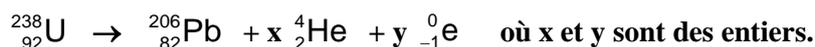
1)

- a- Écrire l'équation de désintégration d'un noyau ²¹⁰PO en précisant les lois de conservation utilisées (on supposera que le noyau fils formé est à l'état fondamental).
- b- Définir le temps de demi-vie (Période radioactive), T, d'un noyau radioactif.
- c- Écrire la loi de décroissance radioactive, en précisant la signification de chacun des termes.
- d- Sachant que l'activité A(t) d'une source radioactive vérifie $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$, montrer que l'activité A(t) d'une source radioactive est proportionnelle au nombre N(t) de noyaux radioactifs présents dans cette source.
- e- Écrire la relation entre la constante radioactive et le temps de demi-vie puis calculer la valeur de la constante radioactive en s⁻¹ du ²¹⁰PO .

2)

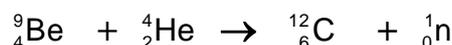
- a- Montrer que le nombre de noyaux présents dans un échantillon de masse m de polonium est $N = \frac{m}{M} N_A$ avec M masse molaire du polonium et N_A nombre d'Avogadro. Calculer le nombre N de noyaux présents dans une masse m = 1 g de polonium 210.
- b- Justifier, par un calcul, la phrase « un seul gramme de polonium 210 présente une activité de 166 000 milliards de becquerels ».

3) Le polonium 210 est l'un des produits issus des désintégrations successives de l'uranium 238 lesquelles conduisent à l'isotope stable ²⁰⁶Pb du plomb. Ces désintégrations sont de type α et β⁻. On peut assimiler l'ensemble à une réaction unique :



Déterminer le nombre x de désintégrations α et le nombre y de désintégrations β⁻.

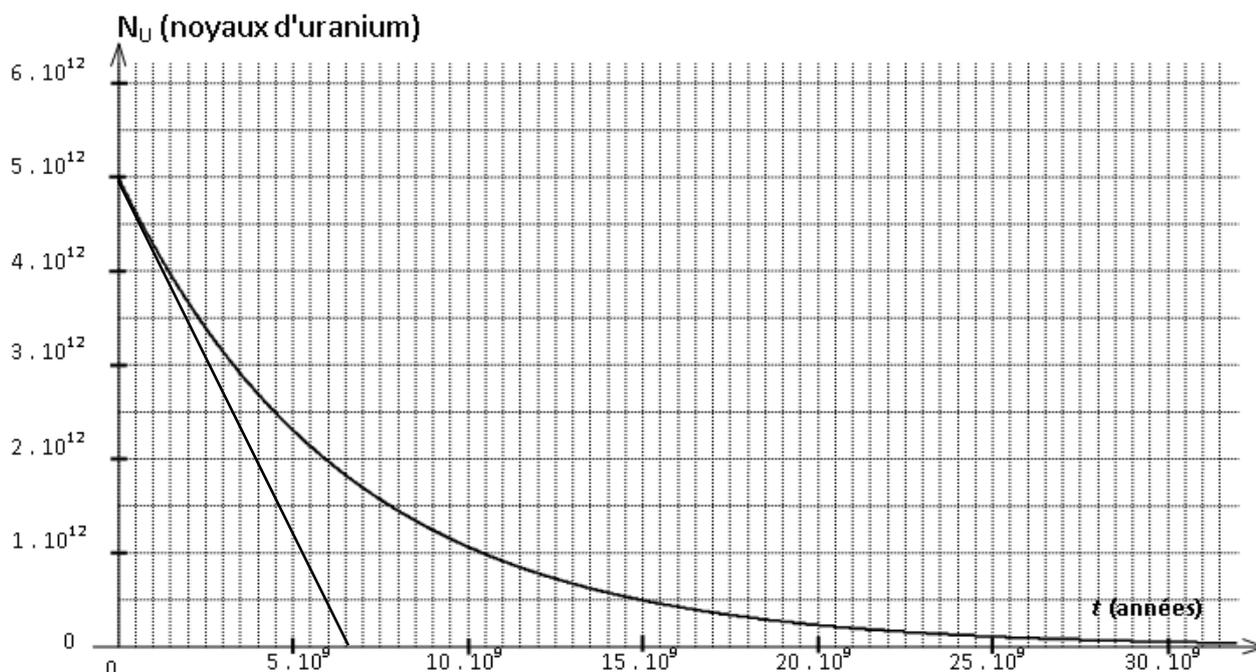
- 4) Émetteur α, le polonium a de nombreuses utilisations. Il a été employé comme source de rayonnement α par Irène et Frédéric Joliot-Curie dans les expériences qui ont conduit à la découverte de la radioactivité artificielle en 1934. Associé au béryllium, il constitue une source de neutrons produits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



- Exprimer l'énergie E absorbée ou libérée au cours de cette réaction nucléaire.
- Calculer sa valeur en joules. Commenter le signe de la valeur obtenue pour E .
- Comparer la stabilité des deux noyaux $^{12}_6\text{C}$ et ^9_4Be .

Exercice 2

L'ÂGE DE LA TERRE.



La détermination de l'âge de la Terre a commencé vers le XVI^e siècle, on l'estimait alors autour de 5 000 ans. Au XIX^e siècle, des scientifiques admettaient un âge d'environ 100 millions d'années.

La découverte de la radioactivité, par H. Becquerel en 1896, bouleversa toutes les données connues.

La datation à l'uranium - plomb permet de déterminer assez précisément l'âge de la Terre.

Nous proposons de comprendre cette technique de datation.

I. Étude de la famille uranium 238 – plomb 206

Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives. Nous allons étudier ce processus.

(On ne tiendra pas compte de l'émission γ).

1. Dans la première étape, un noyau d'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ subit une radioactivité α . Le noyau fils est du thorium (symbole Th).

a- Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

b- Écrire l'équation de la réaction nucléaire en précisant les règles utilisées.

c- Calculer l'énergie libérée au cours de cette désintégration en joule puis en Mev. On donne :

Symbole du noyau	$^{238}_{92}\text{U}$	^4_2He	^A_ZTh
Masse du noyau (en)	238,0508	4,0015	234,0436

u)			
----	--	--	--

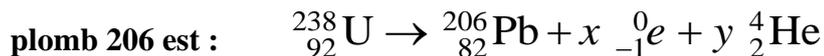
$$1u = 1,66.10^{-27} \text{ Kg} \quad \text{et} \quad 1 \text{ ev} = 1,6.10^{-19} \text{ J.}$$

2. Dans la deuxième étape, le noyau de thorium 234 se transforme en un noyau de protactinium



a- Donner le type de radioactivité correspondant à cette transformation et préciser son origine.

b- L'équation globale du processus de transformation d'un noyau d'uranium 238 en un noyau de



Déterminer, en justifiant, le nombre de désintégrations α et β^- de ce processus.

II. Géochronologie :

On a constaté d'une part, que les minéraux d'une même couche géologique, donc du même âge, contiennent de l'uranium 238 et du plomb 206 en proportions remarquablement constantes, et d'autre part que la quantité de plomb dans un minéral augmente proportionnellement à son âge relatif.

Si on mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche ancienne, en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral à partir de la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux d'uranium 238.

Étudions un échantillon de roche ancienne dont l'âge, noté t_{Terre} , correspond à celui de la Terre.

1. On considère la courbe de décroissance radioactive du nombre $N_U(t)$ de noyaux d'uranium 238 dans un échantillon de roche ancienne. (figure 1). sachant que $-dN_U$ est le nombre de noyaux qui se désintègrent pendant l'intervalle de temps dt .

a- Prélever à partir du graphe, la quantité initiale $N_U(0)$ de noyaux d'uranium.

b- Montrer que $N_U(t)$ vérifie l'équation différentielle $\frac{dN_U}{dt} + \lambda N_U = 0$ avec λ est la constante radioactive de l'uranium 238.

c- Sachant que la solution de l'équation différentielle précédente s'écrit sous la forme $N_U(t) = B.e^{-t/\tau}$,

montrer que $B = N_U(0)$ et que $\lambda = \frac{1}{\tau}$.

d- Déterminer à partir du graphe la constante de temps τ de l'uranium 238.

e- Définir la demie-vie T et établir une relation entre T et τ . Calculer T . retrouver la valeur de T graphiquement.

2. La détermination du nombre de noyaux d'uranium 238 est effectuée à l'aide d'un compteur de geiger muller qui mesure l'activité d'un échantillon d'une substance radioactive.

a- Définir l'activité radioactive. Calculer, en becquerel, l'activité initiale de l'uranium 238. (une année = 365,25.24.3600 s = 3,15.10⁷ s.)

b- Déterminer graphiquement et par calcul l'activité de l'uranium à $t = 15.10^9$ années.

3. La quantité de plomb mesurée dans la roche à la date t_{Terre} , notée $N_{\text{pb}}(t_{\text{Terre}})$, est égale à 2,5.10¹² atomes.

- a- Établir la relation entre $N_U(t_{\text{Terre}})$, $N_U(0)$ et $N_{\text{pb}}(t_{\text{Terre}})$. Calculer la quantité $N_U(t_{\text{Terre}})$ de noyaux d'uranium.
 b- Déterminer l'âge t_{Terre} de la Terre.

Exercice 3

A/ Le plutonium ${}^{241}_{94}\text{Pu}$ est radioactif β^- , il donne l'américium ${}^A_Z\text{Am}$

- 1- Ecrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante. Préciser les lois utilisées.
- 2- Déterminer la composition de chacun des deux noyaux (Pu et Am). Déduire l'origine de la particule émise (β^-).

B/ le noyau ${}^A_Z\text{Am}$ d'américium est radioactif α . Il se désintègre en donnant un noyau de neptunium (Np) dans son état fondamental.

- 1- Ecrire l'équation de cette désintégration.
- 2- Montrer que cette réaction libère une énergie W . Calculer (en Mev) l'énergie W libérée par la désintégration d'un noyau d'américium.

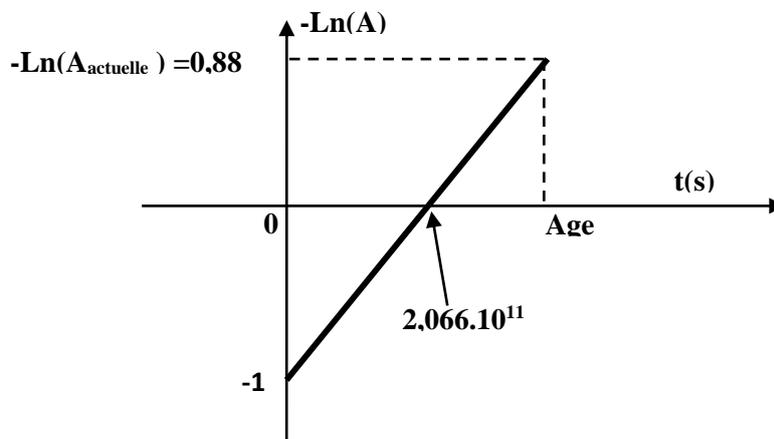
On donne : $m_\alpha = 4.0015\text{u}$, $m_{\text{Am}} = 241.0567\text{u}$, $m_{\text{Np}} = 237.0480\text{u}$, $1\text{u} = 931.5\text{Mev } c^{-2}$

3- Des expériences ont montré que : $m_\alpha \cdot E_{C\alpha} = m_{\text{Np}} \cdot E_{C\text{Np}}$

On admet que l'énergie W libérée par cette désintégration est communiquée totalement aux particules formées sous forme d'énergie cinétique. $W = E_{C\alpha} + E_{C\text{Np}}$. Calculer (en Mev) $E_{C\alpha}$ et $E_{C\text{Np}}$.

4- A une date $t_0 = 0\text{s}$, on dispose d'un échantillon contenant N_0 noyaux d'américium ${}^{241}_{95}\text{Am}$. A différentes dates t , on mesure, à l'aide d'un compteur de Geiger, son activité A . On obtient la courbe représentée ci-dessous : $-\text{Ln}(A) = f(t)$

- a) Définir l'activité d'une substance radioactive, donner son unité.
- b) En utilisant la loi de décroissance radioactive : $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, Montrer $-\text{Ln}(A) = \lambda t - \text{Ln}(A_0)$.
- c) Déterminer graphiquement :
 - La valeur de la constante radioactive λ de ${}^{241}_{95}\text{Am}$. Déduire sa période T .
 - L'activité A_0 de l'échantillon d'américium ${}^{241}_{95}\text{Am}$. Déduire N_0 .
 - L'activité actuelle. Calculer l'âge de l'échantillon d'américium.



Exercice 4

On donne pour tout l'exercice : $m(\text{Bi}) = 210,0535\text{U}$

$M(\text{Po}) = 210,0362 \text{ u}$; $M(\text{Pb})206,0295 \text{ u}$; $m_\alpha = 4,0015\text{u}$; $m_n = 1,0086\text{u}$; $m_p = 1,0072\text{u}$

$1\text{Mev} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{J}$; $1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ Mev}$; $1 \text{ jour} = 86400 \text{ s}$.

Les parties A et B sont indépendantes.

A/- un isotope du bismuth ${}^A_Z\text{Bi}$ est radioactif émetteur β^- sa désintégration donne un noyau de polonium ${}^{210}_{84}\text{Po}$.

1-/a-/ Écrire l'équation de la réaction nucléaire de désintégration du bismuth en précisant les lois utilisées.

b-/ Cette désintégration est elle provoquée ou spontanée ? justifier la réponse.

c-/ Quelle est l'origine de la particule β^- émise.

2-/a--/Calculer, en Mev.nucléon^{-1} , l'énergie de liaison par nucléon E_1 du noyau de bismuth utilisé.

b-/Sachant que l'énergie de liaison du noyau de polonium est $E_{l2}=1539,02 \text{ Mev}$, comparer la stabilité des noyaux de ${}^A_Z\text{Bi}$ et de ${}^{210}_{84}\text{Po}$.

3-/ A l'instant initial $t=0$, on considère un échantillon de bismuth de masse $m_0 = 1\text{g}$, soit $m(t)$ la masse du bismuth restant à la date t (t exprimée en jours).

a/ donner l'expression du nombre de noyaux N existant dans un échantillon de masse m de bismuth en fonction de m , M (masse molaire du bismuth) et N_A (nombre d'Avogadro).

b-/En appliquant la loi de décroissance radioactive, exprimer $m(t)$ en fonction de m_0 , de la constante de désintégration radioactive λ et de t .

c-/Donner la définition de la période radioactive T du bismuth puis calculer sa valeur (en jours) sachant que $m(t + 10) = \frac{m(t)}{4}$ (t : en jours).

d-/Quelle est la masse restante de bismuth à la date $t=18$ jours.

e-/Définir l'activité d'une substance radioactive. Déterminer l'activité radioactive A_0 de l'échantillon à la date $t=0$, puis déduire l'activité A à la date $t=18$ jours (il faut donner A et A_0 en Bq)

B-/ Le polonium ${}^{210}_{84}\text{Po}$ est radioactif émetteur α .

1) Écrire l'équation de la réaction de désintégration α du ${}^{210}_{84}\text{Po}$ sachant qu'il conduit à un isotope du plomb Pb.

2) Calculer, en Mev, l'énergie E libérée par cette réaction nucléaire.

3) En admettant que l'énergie E libérée est répartie entre la particule α et le noyau de plomb sous forme d'énergie cinétique et que le rapport des énergies cinétiques de α et de Pb est égal à l'inverse du rapport de

leurs masses
$$\frac{E_C(\alpha)}{E_C(\text{Pb})} = \frac{m(\text{Pb})}{m(\alpha)}$$

Calculer en Mev l'énergie cinétique de la particule α émise et celle $E_{C_{\text{Pb}}}$ du noyau de plomb, puis déduire la vitesse v_α de la particule α .

4-/ En réalité, la particule α émise possède une énergie cinétique E'_{C_α} tel que $E'_{C_\alpha} < E_{C_\alpha}$.

a--/ Expliquer brièvement cette différence.

b-/ Sachant que l'énergie du photon γ émis est $W_\gamma = 0,918$ Mev, déduire la valeur de E'_{C_α} et la longueur d'onde du photon γ .