Autour du radium

Bac S 2003 Métropole (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1 Vrai ou faux : le noyau de polonium $^{208}_{84}\mathrm{Po}$ est composé de 84 neutrons et 124 protons.

Dans l'écriture $^{A}_{Z}\mathrm{X}$, Z est le nombre de protons et A le nombre de nucléons.

Ici $Z = 84$ protons et $N = A - Z = 208 - 84 = 124$ neutrons : les deux nombres sont inversés dans l'affirmation.

FAUX : le noyau contient 84 protons et 124 neutrons.

PIÈGE
Les nombres 84 et 124 sont justes, c'est leur attribution qui est fausse. Lire l'affirmation jusqu'au bout avant de répondre.

2 Vrai ou faux : la masse d'un noyau de radium est égale à la somme des masses de ses nucléons.

Données utiles $m(^{226}\mathrm{Ra}) = 3{,}752\,438 \times 10^{-25}$ kg ; $m_p = 1{,}672\,621 \times 10^{-27}$ kg ; $m_n = 1{,}674\,927 \times 10^{-27}$ kg

Le noyau $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ contient 88 protons et $226 - 88 = 138$ neutrons.

Masse des nucléons séparés : $m = 88\,m_p + 138\,m_n$

$m = (88 \times 1{,}672\,621 + 138 \times 1{,}674\,927) \times 10^{-27} = 3{,}783\,306 \times 10^{-25}$ kg

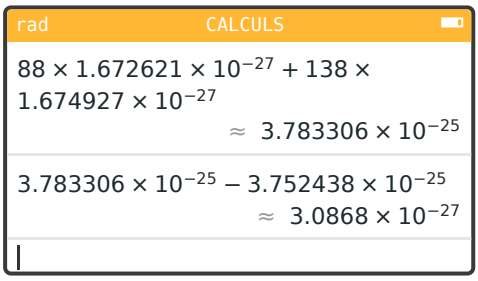
Cette somme est supérieure à la masse du noyau, $3{,}752\,438 \times 10^{-25}$ kg.

FAUX : la masse du noyau est inférieure à celle de ses nucléons séparés (écart de $3{,}087 \times 10^{-27}$ kg).

PIÈGE
Garder tous les chiffres des masses : l'écart ne représente que 0,8 % de la masse du noyau, un arrondi à trois chiffres le ferait disparaître.

COMPRENDRE
Cet écart est le défaut de masse du noyau. Il correspond à l'énergie de liaison $E_\ell = \Delta m\, c^2$ qu'il faudrait fournir pour séparer tous les nucléons.

À LA CALCULATRICE



3 Vrai ou faux : l'équation de désintégration du radium est $^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{222}_{86}\mathrm{Rn}$.

Le radium 226 est émetteur α : il émet un noyau d'hélium $^{4}_{2}\mathrm{He}$ et le noyau fils est un isotope du radon ($Z = 86$).

Conservation du nombre de nucléons : $226 = 4 + 222$.

Conservation du nombre de charge : $88 = 2 + 86$.

VRAI : l'équation respecte les deux lois de conservation.

MÉTHODE
Pour valider une équation nucléaire, vérifier séparément la somme des A (en haut) et la somme des Z (en bas) de chaque côté de la flèche, puis l'élément associé à Z.

4 Vrai ou faux : le radium $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ et le radon $^{226}_{86}\mathrm{Rn}$ sont isotopes.

Deux noyaux isotopes ont le même nombre de protons Z (même élément) et des nombres de nucléons A différents.

Ici $Z = 88$ pour le radium et $Z = 86$ pour le radon : ce sont deux éléments différents, qui ont seulement le même $A = 226$.

FAUX : ces deux noyaux n'ont pas le même numéro atomique.

PIÈGE
Même A ne veut pas dire isotopes. Des isotopes portent le même symbole chimique : $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ et $^{228}_{88}\mathrm{Ra}$, par exemple.

5 Vrai ou faux : le radium 228 étant radioactif β^-, son noyau fils est un noyau de francium.

Données utiles francium $Z = 87$; radium $Z = 88$; actinium $Z = 89$

Une désintégration β^- émet un électron ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$. Avec un noyau fils ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$:

Conservation du nombre de nucléons : $228 = A + 0$, donc $A = 228$.

Conservation du nombre de charge : $88 = Z - 1$, donc $Z = 89$: c'est l'actinium.

$$^{228}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{228}_{89}\mathrm{Ac} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

FAUX : le noyau fils est un noyau d'actinium ${}^{228}_{89}\mathrm{Ac}$.

PIÈGE
Oublier le signe de la charge de l'électron conduit à $Z = 87$, le francium. En β^-, Z augmente d'une unité.

6 Vrai ou faux : au bout de 11,4 jours, il reste 12,5 % des noyaux de radon 222 initialement présents.

Données utiles $t_{1/2} = 3{,}8$ jours

$\dfrac{11{,}4}{3{,}8} = 3$: la durée écoulée vaut trois demi-vies.

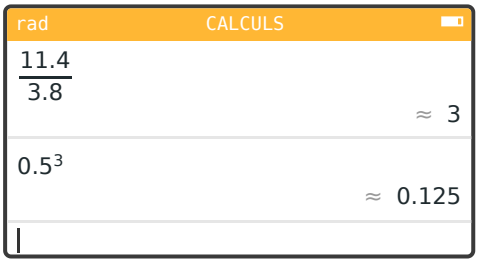
À chaque demi-vie, le nombre de noyaux restants est divisé par deux :

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8} = 0{,}125$$

VRAI : il reste 12,5 % des noyaux initiaux.

MÉTHODE
Si la durée est un multiple entier n de la demi-vie, $N = N_0/2^n$ suffit. Sinon, utiliser $N = N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t}$ avec $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$.

À LA CALCULATRICE



7 Vrai ou faux : lors des désintégrations α et β^- successives menant de l'uranium 238 au radium 226, deux particules α et trois électrons sont émis.

Bilan avec x particules α et y électrons :

$$^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{226}_{88}\mathrm{Ra} + x\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} + y\,{}^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

Conservation du nombre de nucléons : $238 = 226 + 4x$, donc $x = 3$.

Conservation du nombre de charge : $92 = 88 + 2x - y$, donc $y = 88 + 6 - 92 = 2$.

FAUX : trois particules α et deux électrons sont émis.

MÉTHODE
Commencer par les nucléons : seules les particules α changent A, ce qui donne x directement. La conservation de la charge fournit ensuite y.

8 Vrai ou faux : dans un échantillon de radium 226 d'activité $6{,}0 \times 10^5$ Bq, $2{,}0 \times 10^4$ noyaux se sont désintégrés en une minute.

Données utiles $A = 6{,}0 \times 10^5$ Bq ; $\Delta t = 60$ s

L'activité est le nombre de désintégrations par seconde : 1 Bq correspond à une désintégration par seconde. Le nombre de noyaux désintégrés pendant Δt est donc

$$A \times \Delta t = 6{,}0 \times 10^5 \times 60 = 3{,}6 \times 10^7$$

L'activité reste constante sur une minute, durée très courte devant la demi-vie du radium 226.

FAUX : $3{,}6 \times 10^7$ noyaux se sont désintégrés en une minute.

PIÈGE
La valeur proposée s'obtient en divisant par 30 au lieu de multiplier par 60. Une minute contient 60 secondes, donc 60 fois plus de désintégrations qu'une seconde.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme l'activité donnée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$6.0 \times 10^5 \times 60$

$\approx 3.6 \times 10^7$

9 Vrai ou faux : l'énergie libérée par la réaction $^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{222}_{86}\mathrm{Rn}$ est égale à 8 MeV.

Données utiles $m(^4\mathrm{He}) = 6{,}644\,65 \times 10^{-27}$ kg ; $m(^{222}\mathrm{Rn}) = 3{,}685\,904 \times 10^{-25}$ kg ; $m(^{226}\mathrm{Ra}) = 3{,}752\,438 \times 10^{-25}$ kg ; $c = 2{,}998 \times 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$; $1\ \mathrm{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}$ J

Perte de masse au cours de la réaction : $|\Delta m| = m(\mathrm{Ra}) - m(\mathrm{He}) - m(\mathrm{Rn})$

$$|\Delta m| = (375{,}243\,8 - 6{,}644\,65 - 368{,}590\,4) \times 10^{-27} = 8{,}75 \times 10^{-30}\ \mathrm{kg}$$

Énergie libérée :

$$E = |\Delta m|\, c^2 = 8{,}75 \times 10^{-30} \times (2{,}998 \times 10^8)^2 = 7{,}86 \times 10^{-13}\ \mathrm{J}$$

$$E = \frac{7{,}86 \times 10^{-13}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 4{,}91 \times 10^6\ \mathrm{eV}$$

FAUX : l'énergie libérée vaut $4{,}91$ MeV, et non 8 MeV.

PIÈGE
La masse de l'hélium est donnée en 10^{-27} kg, les deux autres en 10^{-25} kg. Mettre les trois masses à la même puissance de dix avant de soustraire.

COMPRENDRE
La soustraction ne laisse que trois chiffres significatifs à $|\Delta m|$: le résultat s'écrit donc avec trois chiffres au plus.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$3.752438 \times 10^{-25} - 6.64465 \times 10^{-27} - 3.685904 \times 10^{-25}$

$\approx 8.75 \times 10^{-30}$

$8.75 \times 10^{-30} \times (2.998 \times 10^8)^2$

$\approx 7.864503 \times 10^{-13}$

$\dfrac{7.864503500 \times 10^{-13}}{1.602 \times 10^{-19}}$

≈ 4909178

10 Vrai ou faux : la quantité de matière de radon 222 responsable de l'activité mesurée dans 1 m³ de gaz du sol est d'environ 3×10^{-15} mol.

Données utiles $A = 3{,}75 \times 10^{3}$ Bq pour 1 m³ ; $\lambda = 2{,}10 \times 10^{-6}\ \text{s}^{-1}$; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

$A = \lambda N$, donc le nombre de noyaux de radon dans 1 m³ est $N = \dfrac{A}{\lambda}$.

La quantité de matière est $n = \dfrac{N}{N_A}$, soit

$$n = \frac{A}{\lambda N_A} = \frac{3{,}75 \times 10^{3}}{2{,}10 \times 10^{-6} \times 6{,}02 \times 10^{23}} = 2{,}97 \times 10^{-15}\ \text{mol}$$

VRAI : $n = 2{,}97 \times 10^{-15}\ \text{mol} \approx 3 \times 10^{-15}$ mol.

PIÈGE

Sans parenthèses au dénominateur, la calculatrice multiplie par N_A au lieu de diviser. S'arrêter à $N = 1{,}79 \times 10^{9}$ noyaux ne répond pas non plus : on demande des moles.

À LA CALCULATRICE

