

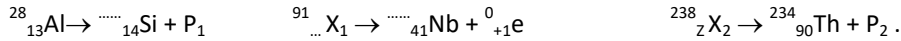
« Réactions nucléaires » (10 pts)

Données :

- ${}^4_2\text{He}$; ${}_{40}\text{Zr}$; ${}_{41}\text{Nb}$; ${}_{42}\text{Mo}$; ${}_{88}\text{Ra}$; ${}_{90}\text{Th}$; ${}_{92}\text{U}$;
- Masse des noyaux (en kg) : ${}^4_2\text{He} = 6,6446 \times 10^{-27}$; ${}^8_4\text{Be} = 1,32931 \times 10^{-26}$; ${}^{12}_6\text{C} = 1,99210 \cdot 10^{-26}$
- Célérité de la lumière dans le vide : $c \approx 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- 1 électronVolt (eV) = $1,60 \times 10^{-19}$ Joules
- 1 mégaélectronVolt (MeV) = $1,60 \times 10^{-13}$ Joules

Radioactivité naturelle :

Les réactions, dont les équations sont les suivantes, sont des désintégrations radioactives naturelles :

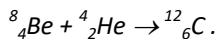


- 1) Recopier ces équations sur votre feuille et les compléter en appliquant les lois de conservation. Identifier les particules P_1 et P_2 émises (et leurs nombres A et Z) ainsi que les éléments X_1 et X_2 .
- 2) Préciser le type de radioactivité pour chaque équation (vous rédigerez dans les termes suivants : la première réaction est une radioactivité de type).
- 3) Expliquer l'émission de rayonnement gamma γ lors d'une désintégration nucléaire.
- 4) A quel niveau se situent les rayons gamma γ dans l'échelle énergétique des ondes électromagnétiques ?

Réactions nucléaires provoquées :

Dans les étoiles appelées « géantes rouges », la température est voisine de 100 millions de degrés. Ces étoiles ont épuisé leur hydrogène initial ; c'est au tour de l'hélium de se transformer en carbone, oxygène, néon, magnésium... .

La nucléosynthèse du carbone peut être simplifiée par la réaction d'équation :



- 5) Calculer la perte de masse associée à cette réaction.
- 6) Calculer en Joules (J) puis en mégaélectron-Volts (Mev) l'énergie libérée lors de cette réaction.
- 7) Cette énergie est libérée lors de la fusion d'un noyau de béryllium et d'un noyau d'hélium En déduire l'énergie E_{GR} libérée par un kilogramme de matière contenant autant d'atomes de béryllium que d'hélium dans une géante rouge (exprimer le résultat en Joules (J)).
- 8) L'énergie libérée par la combustion d'un kilogramme d'essence est d'environ $E_{\text{ess}} \approx 4,7 \cdot 10^7 \text{ J}$. Calculer le rapport $E_{\text{GR}} / E_{\text{ess}}$ et l'exprimer dans le langage courant en utilisant des termes comme milliers, milliards,
- 9) En examinant le nombre de nucléons et le nombre de charge du béryllium, proposer une réaction de fusion qui forme des noyaux de béryllium et écrire son équation.

En réalité le noyau de béryllium 8 est peu stable ; il se décompose facilement en deux particules ☐.

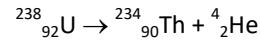
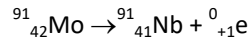
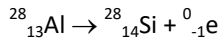
- 10) La formation du carbone dans les géantes rouges est appelée « processus triple-alpha ». Expliquer ce terme.

Correction

Réactions nucléaires. (10 pts)

Radioactivité naturelle :

1. P_1 est un électron : ${}^0_{-1}e$, et P_2 une particule α : ${}^4_2\text{He}$. Les nombres A et Z inconnus se déterminent facilement et on en déduit que $X_1 = Mo$ et $X_2 = U$.



2. La première réaction est une radioactivité de type β^- , la seconde est de type β^+ et la dernière de type α .

3. L'émission de rayonnement gamma γ lors d'une désintégration nucléaire provient de l'énergie libérée par la réaction et correspond à la perte de masse.

4. Les rayons gamma γ sont les plus énergétiques des ondes électromagnétiques.

Réaction nucléaire provoquée : ${}^8_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C}$

$$\Delta m = m({}^{12}_6\text{C}) - [m({}^8_4\text{Be} + {}^4_2\text{He})] = 1,99210 \cdot 10^{-26} - (1,32931 \cdot 10^{-26} + 6,6446 \cdot 10^{-27}) = -1,67 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

$$\text{Donc : } |\Delta m| = 1,67 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

$$6. E = |\Delta m| \cdot c^2 = 1,67 \cdot 10^{-29} \times (3,00 \cdot 10^8)^2 = 1,50 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 1,50 \cdot 10^{-12} / 1,60 \cdot 10^{-13} = 9,39 \text{ MeV.}$$

7. $m({}^8_4\text{Be} + {}^4_2\text{He}) = 1,99 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, ce qui libère $1,50 \cdot 10^{-12} \text{ J}$, on procède par proportions :

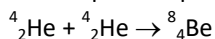
$$1,99 \cdot 10^{-26} \text{ kg de } ({}^8_4\text{Be} + {}^4_2\text{He}) \text{ libère une énergie égale à : } 1,50 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$1 \text{ kg de } ({}^8_4\text{Be} + {}^4_2\text{He}) \text{ libère une énergie égale à : } E_{\text{GR}}$$

$$\text{donc } E_{\text{GR}} = 1 \times 1,50 \cdot 10^{-12} / 1,99 \cdot 10^{-26} = 7,53 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

8. $E_{\text{GR}} / E_{\text{ess.}} = 7,53 \cdot 10^{13} / 4,7 \cdot 10^7 = 1,6 \cdot 10^6$ c'est-à-dire que l'énergie libérée par 1 kg de matière dans l'étoile est environ 2 millions de fois plus importante que celle libérée par 1 kg d'essence.

9. La réaction la plus simple consiste à faire fusionner 2 noyaux d'hélium pour obtenir un noyau de béryllium :



10. L'appellation triple α vient de ce qu'un noyau de béryllium n'est pas stable et peut se casser en 2 noyaux d'hélium. Donc la synthèse du carbone peut aussi s'écrire : $3 \times ({}^4_2\text{He}) \rightarrow {}^{12}_6\text{C}$.

La synthèse du carbone se réalise donc à partir de 3 noyaux d'hélium, d'où l'appellation.