

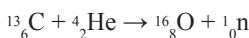


Thème : Réactions nucléaires

Fiche 4 : Énergie du noyau

► Exercice n°1

On considère la réaction nucléaire suivante d'équation :



- 1) De quel type de réaction s'agit-il ?
- 2) Déterminer l'énergie libérée par la réaction.

Données :

$$E_i(\text{C}) = 7,6 \text{ MeV / nucléon} ; E_i(\text{O}) = 8,0 \text{ meV / nucléon} ; E_i(\text{He}) = 7,1 \text{ MeV / nucléon.}$$

► Exercice n°2

L'uranium est constitué de deux isotopes $^{235}_{\text{92}}\text{U}$ et $^{238}_{\text{92}}\text{U}$.

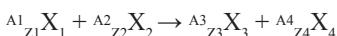
- 1) Quel est l'isotope le plus fissile ?
- 2) Déterminer l'énergie libérée par 1 g d'uranium $^{235}_{\text{92}}\text{U}$ sachant que la réaction produit en moyenne 160 MeV.

Donnée :

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

► Exercice n°3

On considère la réaction nucléaire d'équation :



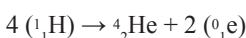
L'énergie de cette réaction est définie par :

$$\Delta E = [E_i(X_1) + E_i(X_2)] - [E_i(X_3) + E_i(X_4)]$$

Exprimer ΔE en fonction de $m(X_1)$, $m(X_2)$, $m(X_3)$ et $m(X_4)$

► Exercice n°4

La transformation de 1 g d'hydrogène en hélium 4 selon la réaction :



s'accompagne de la libération de $4,1 \times 10^{32}$ eV.

- 1) Exprimer l'énergie libérée en joules (J) puis en kilowattheures (kWh).
- 2) Calculer l'énergie libérée par la réaction : résultats en MeV.

Données :

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J.s}^{-1} ; N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

► Exercice n°5

On considère la réaction de fission nucléaire d'équation : $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{140}_{54}\text{Xe} + ^{95}_{38}\text{Sr} + 2 (^1_0\text{n})$.

Déterminer l'énergie de réaction ΔE et en déduire le caractère (exothermique, endothermique ou athermique) de cette réaction.

Données :

Masse de $^{235}_{92}\text{U}$ = 234,9935 u ; masse de $^{140}_{54}\text{Xe}$ = 139,8920 u ;

Masse de $^{95}_{38}\text{Sr}$ = 93,8945 u ; masse de ^1_0n = 1,0087 u ;

1 u correspond à 931,5 MeV.

► Exercice n°6

On considère la réaction de fission nucléaire d'équation :

$^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{148}_{57}\text{La} + ^{85}_{35}\text{Br} + 3 (^1_0\text{n})$.

1) Déterminer l'énergie de réaction ΔE pour 1 mole de noyau fissonné.

2) Comparer cette énergie à l'énergie de combustion du carbone (-390 kJ.mol⁻¹).

Données :

$E_l(^{235}_{92}\text{U}) = 1\ 785,89\text{ MeV}$; $E_l(^{148}_{57}\text{La}) = 1\ 210,21\text{ MeV}$; $E_l(^{85}_{35}\text{Br}) = 733,81\text{ MeV}$.

► Exercice n°7

On considère trois noyaux de bore : $^8_{5}\text{B}$, $^{10}_{5}\text{B}$ et $^{11}_{5}\text{B}$ présentant les caractéristiques suivantes :

- pour le noyau de $^8_{5}\text{B}$: énergie de liaison par nucléon = 3,76 MeV ;

- pour le noyau de $^{10}_{5}\text{B}$: masse du noyau = 9,326 MeV / c² ;

- pour le noyau de $^{11}_{5}\text{B}$: défaut de masse = 75,06 MeV / c².

Classer ces trois noyaux par ordre de stabilité croissant.

Données :

$m_p = 938,26\text{ MeV / c}^2$; $m_N = 939,55\text{ MeV / c}^2$

► Exercice n°8

On considère les réactions nucléaires d'équations :

(1) : $^{12}_6\text{C} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^1_1\text{H} + ^{A1}_{Z1}\text{X}_1$

(2) : $^{A1}_{Z1}\text{X}_1 \rightarrow ^{A2}_{Z2}\text{X}_2 + ^0_1\text{e}$

(3) : $^{A2}_{Z2}\text{X}_2 + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{A3}_{Z3}\text{X}_3$

(4) : $^{A3}_{Z3}\text{X}_3 + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{A4}_8\text{O}$

(5) : $^{A4}_8\text{O} \rightarrow ^{15}_7\text{N} + ^0_1\text{e}$

1) Identifier tous les noyaux inconnus et le nombre de masse A4.

2) Préciser pour chaque réaction s'il s'agit d'une fission ou d'une fusion.

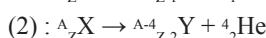
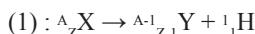
Données :

$Z(\text{C}) = 6$; $Z(\text{N}) = 7$; $Z(\text{O}) = 8$

► Exercice n°9

Soit un noyau ${}^A_Z X$ avec $A \gg 4$ et $Z \gg 2$.

On considère les réactions nucléaires d'équations :



1) Montrer que la réaction (1) n'est possible que si $E_i(A, Z) \ll E_i(A-1, Z-1)$

Montrer également que la réaction (2) n'est possible que si $E_i(A, Z) \ll E_i(A-4, Z-2) + E_i(4, 2)$

2) Un noyau de ${}^{238}_{92} U$ peut-il émettre spontanément un proton ? une particule α ?

Données :

$$E_i({}^4_2 He) = 28,303 \text{ MeV} ; E_i({}^{237}_{91} Pa) = 1\,797,148 \text{ MeV} ;$$

$$E_i({}^{234}_{90} Th) = 1\,780,390 \text{ MeV} ; E_i({}^{238}_{92} U) = 1\,804,171 \text{ MeV}.$$

► Exercice n°10

1) Calculer la perte de masse du Soleil liée à la réaction nucléaire d'équation : $4({}^1_1 H) \rightarrow {}^4_2 He + 2({}^0_1 e)$

2) Calculer la perte de masse du Soleil par unité de temps.

Données :

$$M_{\text{Soleil}} = 2 \times 10^{30} \text{ kg} ; m(H) = 1,007284 \text{ u} ; m(He) = 4,001502 \text{ u} ;$$

$$m(e) = 5,486 \times 10^{-4} \text{ u} ; \text{puissance totale rayonnée par le Soleil} : P = 3,7 \times 10^{26} \text{ W} ;$$

$$1 \text{ u correspond à } 931,5 \text{ MeV} ; N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

► Exercice n°11

1) La demi-vie du carbone ${}^{14}_6 C$ est de 5 590 années. Un échantillon de bois trouvé dans une grotte préhistorique donne 212 désintégrations par minute. Un même échantillon contenant la même masse de carbone et préparé à partir d'un jeune bois donne 1 350 désintégrations par minute.

Quel est l'âge du bois ancien ?

2) Dans les êtres vivants, le rapport $r = \text{nombre d'atomes de carbone } 14 / \text{nombre d'atomes de carbone } 12$ est égal à 10^{-12} . Après leur mort, ce rapport décroît et atteint pour un cas d'étude la valeur $0,25 \times 10^{-12}$.

Combien de temps s'est écoulé depuis la mort de l'être vivant ?

3) La demi-vie du potassium ${}^{40}_{19} K$ vaut $1,5 \times 10^9$ années.

Calculer sa constante radioactive.

4) Pour déterminer l'âge des cailloux lunaires rapportés par les astronautes, on mesure les quantités relatives de potassium ${}^{40}_{19} K$ et de son produit par décomposition, l'argon ${}^{40}_{18} Ar$.

Un échantillon de 1 g de cailloux lunaires contient $8,2 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$ d'argon et 1,66 g de potassium.

Déterminer l'âge des cailloux.

Données :

$$V_M = 22,4 \text{ L.mol}^{-1} ; N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

► Exercice n°12

Un noyau d'uranium ${}^{235}_{92} U$ bombardé par un neutron ${}^1_0 n$ donne du xénon ${}^{140}_{54} Xe$ et du strontium Sr dont le nombre de masse est de 94.

1) Ecrire l'équation-bilan correspondant à cette réaction nucléaire sachant qu'il se forme des neutrons.

2) Calculer en MeV l'énergie fournie par la réaction nucléaire.

3) On utilise de l'uranium enrichi en $^{235}_{92}\text{U}$. Une partie du combustible $^{235}_{92}\text{U}$ se retrouve après consommation dans le réacteur nucléaire. Les étapes sont les suivantes :

- un noyau $^{235}_{92}\text{U}$ subit une fission qui libère des neutrons ;
- un noyau $^{238}_{92}\text{U}$ capte un de ces neutrons ;
- le noyau obtenu subit une désintégration β^- ;
- le nouveau noyau subit une désintégration β^- ;
- enfin, le dernier noyau obtenu subit une désintégration α .

Ecrire la suite des quatre dernières réactions nucléaires et vérifier que $^{235}_{92}\text{U}$ se reforme.

4) Les réactions nucléaires qui se produisent dans le Soleil libèrent une énergie de $3 \times 10^{31} \text{ J}$ par jour.

On considère que toute l'énergie solaire a pour origine la fusion de l'hydrogène. L'énergie libérée lors d'une réaction élémentaire est de 25,7 MeV. Chaque réaction élémentaire produit un noyau ^4_2He .

Calculer la diminution de masse du Soleil en une journée puis en une année et estimer la durée de vie probable du Soleil.

5) Calculer la masse d'hélium produite dans l'astre en une journée.

Données : énergies de liaison par nucléon :

7,5 MeV pour l'uranium ; 8,2 MeV pour le xénon ; 8,5 MeV pour le strontium.

$Z(\text{Np}) = 93$ avec Np = neptunium ; $Z(\text{Pu}) = 94$ avec Pu = plutonium.

$M_{\text{Soleil}} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$; $M_{\text{He}} = 4 \text{ g.mol}^{-1}$

$c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; 1 an ≈ 365 jours