

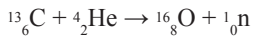


Thème : Réactions nucléaires

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 :

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

► Exercice n°2

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

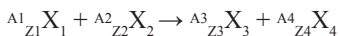
- 1) Quel est l'isotope le plus fissile ?
- 2) Déterminer l'énergie libérée par 1 g d'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$ sachant que la réaction produit en moyenne 160 MeV.

Donnée :

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

► Exercice n°3

On considère la réaction nucléaire d'équation :



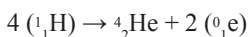
L'énergie de cette réaction est définie par :

$$\Delta E = [E_f(\text{X}_1) + E_f(\text{X}_2)] - [E_f(\text{X}_3) + E_f(\text{X}_4)]$$

Exprimer ΔE en fonction de $m(\text{X}_1)$, $m(\text{X}_2)$, $m(\text{X}_3)$ et $m(\text{X}_4)$

► Exercice n°4

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



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

- 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 :

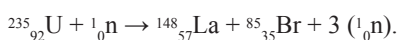
Masse de ${}^{235}_{92}\text{U} = 234,9935 \text{ u}$; masse de ${}^{140}_{54}\text{Xe} = 139,8920 \text{ u}$;

Masse de ${}^{95}_{38}\text{Sr} = 93,8945 \text{ u}$; masse de ${}^1_0\text{n} = 1,0087 \text{ u}$;

1 u correspond à 931,5 MeV.

► **Exercice n°6**

On considère la réaction de fission nucléaire d'équation :



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

2) Comparer cette énergie à l'énergie de combustion du carbone ($-390 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$).

Données :

$E_1({}^{235}_{92}\text{U}) = 1\,785,89 \text{ MeV}$; $E_1({}^{148}_{57}\text{La}) = 1\,210,21 \text{ MeV}$; $E_1({}^{85}_{35}\text{Br}) = 733,81 \text{ MeV}$.

► **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 = $9,326 \text{ MeV} / c^2$;

- pour le noyau de ${}^{11}_5\text{B}$: défaut de masse = $75,06 \text{ MeV} / c^2$.

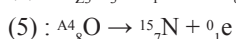
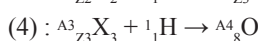
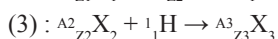
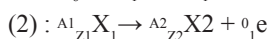
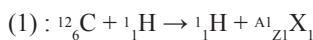
Classer ces trois noyaux par ordre de stabilité croissant.

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) 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.

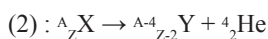
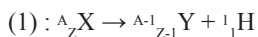
Données :

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

► **Exercice n°9**

Soit un noyau A_ZX 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 $E_1(A, Z) \ll E_1(A-1, Z-1)$

Montrer également que la réaction (2) n'est possible que si $E_1(A, Z) \ll E_1(A-4, Z-2) + E_1(4, 2)$

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

Données :

$$E_1({}^4_2He) = 28,303 \text{ MeV} ; E_1({}^{237}_{91}Pa) = 1\,797,148 \text{ MeV} ;$$

$$E_1({}^{234}_{90}Th) = 1\,780,390 \text{ MeV} ; E_1({}^{238}_{92}U) = 1\,804,171 \text{ MeV}.$$

► **Exercice n°10**

1) Calculer la perte de masse du Soleil liée à la réaction nucléaire d'équation : $4({}^1_1H) \rightarrow {}^4_2He + 2({}^0_1e)$

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 ${}^{14}_6C$ 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 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 :

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

► **Exercice n°12**

Un noyau d'uranium ${}^{235}_{92}U$ bombardé par un neutron 1_0n 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 neutron ;
 - 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 3×10^{31} 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.

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

$c = 3 \times 10^8$ m.s⁻¹ ; 1 an \approx 365 jours