

Série 2 : Noyaux, masse et énergie



EXERCICE 1 :

Un noyau de carbone 14 a une masse de $13,9999 \mu$. L'isotope 14 est noté $^{14}_6\text{C}$.

1. Donner la composition du noyau de carbone $^{14}_6\text{C}$.
2. Calculer en unité de masse atomique μ , la masse théorique du noyau.
3. En déduire le défaut de masse Δm .
4. Calculer en MeV, l'énergie de liaison du noyau de carbone 14.
5. En déduire l'énergie moyenne de liaison par nucléon ξ du carbone 14.
6. L'énergie de liaison par nucléon du carbone 12 est : $\xi' = 7,68 \text{ MeV/nucléon}$. Parmi les deux noyaux, lequel est le plus stable ? Justifier votre réponse.

Données : $1\mu = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; $m_n = 1,00866 \mu$; $m_p = 1,00727 \mu$

EXERCICE 2 :

On considère trois noyaux de bore : ^8_5B , $^{10}_5\text{B}$ et $^{11}_5\text{B}$ présentant les caractéristiques suivantes :

- pour le noyau de ^8_5B : énergie de liaison par nucléon = $3,76 \text{ MeV}$;
- pour le noyau de $^{10}_5\text{B}$: masse du noyau = $9326 \text{ MeV} / c^2$;
- 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 3 :

Le fer 59 est radioactif β selon l'équation : $^{59}_{26}\text{Fe} \rightarrow ^{59}_{27}\text{Co} + ^0_{-1}\text{e}$

1. Déterminer, en les justifiant, les valeurs de Z et A.
2. Calculer l'énergie libérée par cette transformation nucléaire en MeV.
3. Calculer l'énergie libérée lors de la désintégration de 1g de $^{59}_{26}\text{Fe}$.
4. Dresser un diagramme d'énergie correspondant à cette transformation spontanée.

Données : $1\mu = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

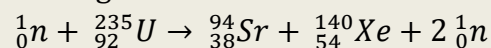
Masse des noyaux : $m(\text{Fe}) = 58,9206 \mu$; $m(\text{Co}) = 58,9184 \mu$; $m(\beta^-) = 5.49 \cdot 10^{-4} \mu$

EXERCICE 4 :

La réaction d'une centrale nucléaire fonctionne à l'aide de l'uranium enrichi constitué d'un mélange de $P = 3\%$ de l'uranium ^{235}U fissile et de $P' = 97\%$ de l'uranium ^{238}U non fissile.

P et P' sont des pourcentages massiques.

L'énergie thermonucléaire dans ce réacteur est produite par la réaction suivante :



Donnés : $m(^{140}\text{Xe}) = 139,8920u$; $m(^{94}\text{Sr}) = 93,8945u$; $m(^{235}\text{U}) = 234,9935u$

$m(n) = 1,0087u$; $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$; $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5\text{MeV} \cdot c^{-2}$.

Avec un rendement $r = 25\%$, cette centrale fournit une puissance électrique moyenne $P_s = 295\text{MW}$.

- 1- Calculer en MeV et en Joule, l'énergie nucléaire $|\Delta E_0|$ libérée par la fission de $m_0 = 1\text{g}$ de ^{235}U .
- 2- Montrer que la masse m d'uranium enrichi, consommée par le réacteur pendant une durée $\Delta t = 24h$ peut s'écrire : $m = \frac{m_0 P_e \cdot \Delta t}{r \cdot P \cdot |\Delta E_0|}$. Calculer m .

EXERCICE 5 :

On étudie dans cet exercice la désintégration d'un échantillon radioactif du cobalt ayant une fiche technique portant les indications suivantes : **Données :**

- Cobalt 60: $^{60}_{27}\text{Co}$.
- Masse molaire atomique : $M = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- Radioactivité : β^- .
- Constante de temps : $\tau = 2,8 \times 10^3$ jours.
- Constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- Une année solaire : $1\text{an} = 365,25$ jours;
- Energie de liaison du nucléide ${}^A_Z\text{X}$: $E_\ell = 588,387\text{MeV}$;
- $m({}^{60}_{27}\text{Co}) = 59,8523\text{u}$
- $m({}^1_0\text{n}) = 1,00866\text{u}$; $m({}^1_1\text{p}) = 1,00728\text{u}$; $m({}^0_{-1}\text{e}) = 5,486 \times 10^{-4}\text{u}$; $1\text{u} = 931,5\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2}$.

- Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :
 - a) La constante radioactive a la dimension du temps.
 - b) L'activité d'un échantillon s'exprime en seconde.
 - c) Pour les noyaux lourds et selon la courbe d'Aston, plus un noyau est lourd, moins il est stable.
 - d) Le défaut de masse s'exprime en MeV.
- Définir la radioactivité β^- .
- Le noyau issu de la désintégration de ${}^{60}_{27}\text{Co}$ est $({}^A_Z\text{X})$. En se basant sur les énergies de masse, calculer en MeV l'énergie $|\Delta E|$ libérée par la réaction de désintégration du ${}^{60}_{27}\text{Co}$.
- La masse initiale de l'échantillon radioactif à l'instant de sa réception par un laboratoire spécialisé est $m_0 = 50\text{mg}$. On considère l'instant de réception de cet échantillon comme origine des dates ($t = 0$). La mesure de l'activité de l'échantillon étudié à un instant t_1 donne la valeur $a_1 = 5,18 \times 10^{11} \text{ Bq}$. Montrer que $t_1 = \tau \cdot \ln \left(\frac{N_A \cdot m_0}{\tau \cdot M \cdot a_1} \right)$. Calculer, en année, sa valeur.

EXERCICE 6 :

Les réactions de fusion et de fission sont considérées parmi les réactions qui produisent une grande énergie qu'on peut exploiter dans divers domaines.

Données :

- $1\text{MeV} = 1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
- $m({}^1_1\text{H}) = 1,00728\text{u}$; $m({}^4_2\text{He}) = 4,00151\text{u}$; $m({}^0_{-1}\text{e}) = 5,48579 \cdot 10^{-4}\text{u}$
- $1\text{u} = 931,494\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- On prend la masse du soleil : $m_s = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.
- On considère que la masse de l'hydrogène ${}^1_1\text{H}$ représente 10% de la masse du soleil.

1-On donne dans le tableau ci-dessous les équations de quelques réactions nucléaires :

A	${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
B	${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}\text{e}$
C	${}^{233}_{92}\text{U} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{234}_{99}\text{Th}$
D	${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{139}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 3 {}^1_0\text{n}$

- 1.1- Identifier, parmi ces équations, celle correspondant à la réaction de fusion.
- 1.2- En utilisant le diagramme d'énergie ci-contre, calculer :
 - 1.2.1- L'énergie de liaison par nucléon du noyau ${}^{235}_{92}\text{U}$.
 - 1.2.2- L'énergie $|\Delta E_0|$ produite par la réaction D.
- 2-Il se produit dans le soleil des réactions nucléaires dues essentiellement à la transformation de l'hydrogène selon l'équation bilan : $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_{-1}\text{e}$
 - 2.1-Calculer, en joule, l'énergie $|\Delta E|$ produite par cette transformation.
 - 2.2 - Trouver, en ans, la durée nécessaire à la consommation de tout l'hydrogène présent dans le soleil, sachant que l'énergie libérée chaque année par le soleil selon cette transformation est $E_s = 10^{34} \text{ J}$.