

Série 4 : Noyaux, masse et énergie



EXERCICE 1 : production de l'énergie nucléaire

Un réacteur nucléaire fonctionne avec l'uranium enrichie qui est constitué de $p = 3\%$ de ^{235}U fissile et $p = 97\%$ de ^{238}U non fissile. La production de l'énergie au sein de cette centrale nucléaire est basée sur la fission de l'uranium ^{235}U bombardé par des neutrons.

Données :

$$m(^{140}\text{Xe}) = 139,8920\text{u};$$

$$m(^{94}\text{Sr}) = 93,8945\text{u};$$

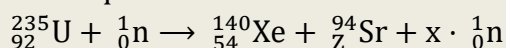
$$m(^{235}\text{U}) = 234,9935\text{u};$$

$$m(^1_0\text{n}) = 1,0087\text{u}$$

$$1\text{MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J};$$

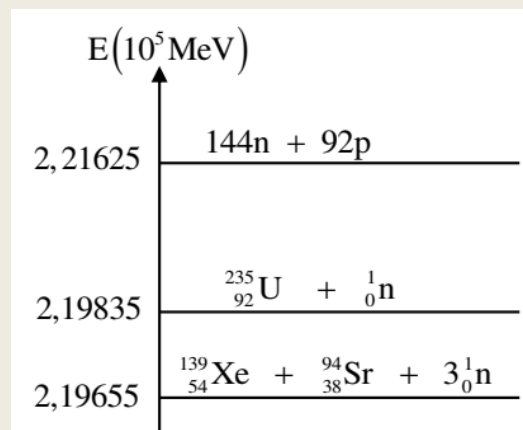
$$1\text{u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}.$$

Le noyau ^{235}U subit une fission selon l'équation :



- Déterminer x et z .
- Calculer en joule (J) l'énergie $|\Delta E_0|$ libérée par la fission de $m_0 = 1 \text{ g}$ de ^{235}U .
- Pour produire une quantité d'énergie électrique $W = 3,73 \times 10^{16} \text{ J}$, un réacteur nucléaire de rendement $r = 25\%$ consomme une masse m de l'uranium enrichi. Exprimer m en fonction de W , $|\Delta E_0|$, m_0 , r et p . Calculer m .
- Dans ce réacteur nucléaire se trouve aussi une faible quantité du nucléide $^{234}_{92}\text{U}$ qui est radioactif α . La mesure de l'activité radioactive, à l'instant $t = 0$, d'un échantillon de l'uranium $^{234}_{92}\text{U}$ a donné la valeur $a_0 = 5,4 \times 10^8 \text{ Bq}$.

Calculer la valeur de l'activité nucléaire de cet échantillon à l'instant $t = \frac{t_{1/2}}{4}$.

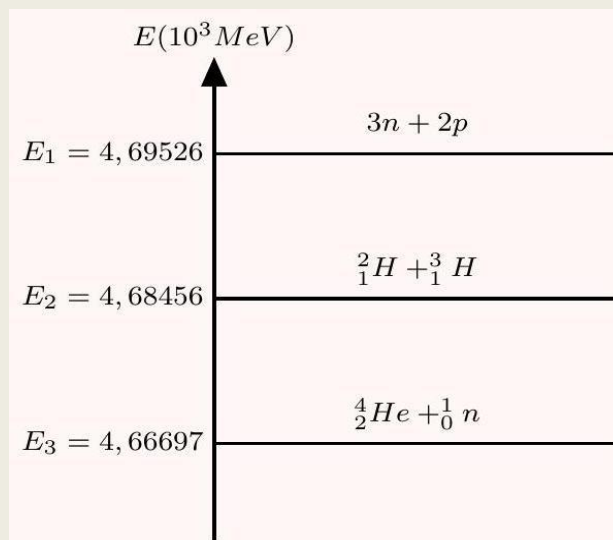


Exercice 2 : Transformations nucléaires :

On se propose dans cet exercice d'étudier la radioactivité α du radium ainsi que le mouvement d'une particule α dans un champ magnétique uniforme.

C'est en 1898 que Marie et Pierre Curie annoncèrent la découverte de deux éléments radioactifs : le polonium et le radium. Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ qui se transforme en radon $^{222}_{86}\text{Rn}$, est considéré comme l'un des exemples historiques de la radioactivité α . L'activité d'un échantillon radioactif était alors calculée par rapport au radium considéré comme étalon. Elle fut exprimée en curie (Ci) pendant des années, avant d'utiliser le Becquerel (Bq) comme unité.

Le curie (1Ci) est l'activité d'un échantillon d'un gramme (1g) de radium 226.



Données :

- Masse molaire du radium : $M = 226 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
 - Energie de liaison du noyau de radium : $E_\ell(^{226}_{88}\text{Ra}) = 1,7311 \times 10^3 \text{ MeV}$;
 - Energie de liaison du noyau de radon : $E_\ell(^{222}_{86}\text{Rn}) = 1,7074 \times 10^3 \text{ MeV}$;
 - Energie de liaison du noyau de l'hélium : $E_\ell(^4_2\text{He}) = 28,4 \text{ MeV}$;
 - Constante radioactive du radium : $\lambda = 1,4 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$; $1 \text{ an} = 365,25 \text{ jours}$;
1. Donner la définition de l'énergie de liaison d'un noyau.
 2. Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :
 - a) Le radium et le radon sont deux isotopes.
 - b) Le noyau du radium est constitué de 88 neutrons et de 138 protons.
 - c) Après une durée égale à $3 \cdot t_{1/2}$ ($t_{1/2}$ demi-vie du radium), il reste 12,5% des noyaux initiaux.
 - d) La relation entre la demi-vie et la constante radioactive est : $t_{1/2} = \lambda \cdot \ln 2$.
 3. Montrer que $1 \text{ Ci} \approx 3,73 \times 10^{10} \text{ Bq}$.
 4. Quelle serait, en Becquerel (Bq), en juin 2018, l'activité d'un échantillon de masse 1 g de radium dont l'activité en juin 1898 était de 1 Ci.
 5. Calculer, en MeV, l'énergie $|\Delta E|$ produite par la désintégration d'un noyau de radium.

Exercice 3 :

Le combustible des réactions de fusion dans les futures centrales nucléaires est un mélange de deutérium ^2_1H et de tritium ^3_1H . On étudie la formation d'hélium ^4_2He à partir de la réaction de fusion de deutérium et du tritium, cette réaction nucléaire libère aussi un neutron.

Données :

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$.

1. Écrire l'équation de la réaction de cette fusion.
2. Parmi les affirmations suivantes combien y en a-t-il d'exactes ? (Donner seulement le nombre)
 - a) L'énergie de liaison d'un noyau est égale au produit du défaut de masse du noyau et de la célérité de la lumière dans le vide.
 - b) La masse du noyau est inférieure à la somme des masses des nucléons constituant ce noyau.
 - c) La fission nucléaire concerne uniquement les noyaux légers dont le nombre de masse $A < 20$.
 - d) La réaction $^4_2\text{He} + ^8_4\text{Be} \rightarrow ^{12}_6\text{C}$
 - e) La fission nucléaire est une réaction nucléaire spontanée.
3. En utilisant le diagramme d'énergie ci-contre, calculer, en unité MeV :
 - 3.1. L'énergie de liaison E_ℓ du noyau d'hélium.
 - 3.2. L'énergie libérée $|\Delta E|$ par cette réaction de fusion.
4. En déduire, en unité MeV, l'énergie libérée que l'on pourrait obtenir si on réalisait la réaction de fusion d'une mole de noyaux de deutérium avec une mole de noyaux de tritium.
5. La tonne d'équivalent pétrole (tep) est une unité d'énergie utilisée dans l'industrie et en économie. Elle sert à comparer les énergies obtenues à partir de sources différentes.

Une tonne d'équivalent pétrole (1tep) représente $4,2 \times 10^{10} \text{ J}$, c'est-à-dire l'énergie libérée en moyenne par la combustion d'une tonne de pétrole.

Soit n le nombre de tonne de pétrole à brûler pour obtenir une énergie équivalente à celle libérée par la fusion de 2 g (une mole) de deutérium et de 3 g (une mole) de tritium. Trouver n .