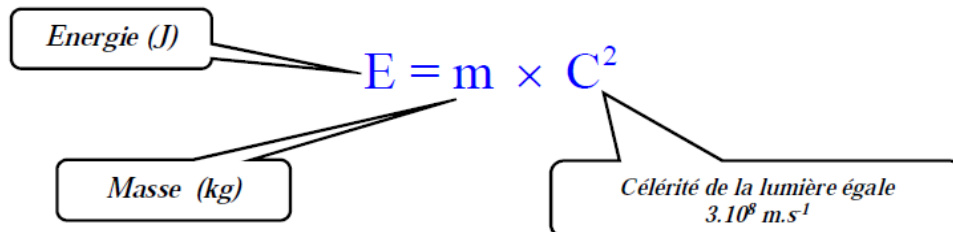


Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	Noyaux, masse et énergie (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Bac français / 1 ^{ère} et 2 ^{ème} Bac International SM

I) Equivalence : Masse – Energie.

Il y a une équivalence entre la masse m d'un système, quand il est au repos, et son énergie E qui s'appelle *énergie de masse*.



C'est la relation d'Einstein

En physique nucléaire, *l'unité convenable de la masse* s'appelle unité de masse atomique symbolisée par u , elle représente $\frac{1}{12}$ de la masse d'un atome du carbone $^{12}_6\text{C}$

$$1u = \frac{m(^{12}_6\text{C})}{12} = \frac{M(^{12}_6\text{C})}{12 \times N_A} = 1,66.10^{-27} \text{ kg}$$

En physique nucléaire, *l'unité convenable de l'énergie* est électronvolt et ces multiples comme mégaélectronvolt **MeV**

$$1\text{eV} \cong 1,6.10^{-19} \text{ J} \quad ; \quad 1\text{MeV} = 1,6.10^{-13} \text{ J}$$

$$1u = 931,5 \text{ MeV}/C^2$$

Démonstration

II) Energie de liaison d'un noyau :

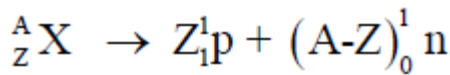
1) Défaut de masse

Le défaut de masse d'un noyau de symbole est **la différence** entre la **masse des nucléons** isolés au repos est **la masse du noyau** au repos

$$\Delta m = Z \times m_p + (A - Z) \times m_n - m\left(^A_Z\text{X}\right)$$

2) Energie de liaison

L'énergie de liaison *d'un noyau* noté E_l est l'énergie qu'il faut apporter à un noyau au repos pour le dissocier en ses nucléons « protons et neutrons » isolés et au repos



$$E_I = \Delta m \times C^2 = \left[Z \times m_p + (A - Z) \times m_n - m({}_Z^AX) \right] \times C^2$$

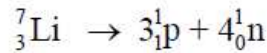
Δm est défaut de masse

Application 1

Calculer, en Mev, l'énergie de liaison du noyau de Lithium ${}_3^7\text{Li}$

On donne : $m_p = 1,0073 \text{ u}$; $m_N = 1,0087 \text{ u}$; $m({}_3^7\text{Li}) = 7,0160 \text{ u}$ et $1 \text{ u} = 1,66.10^{-27} \text{ kg}$.

Réponse :



On donne : $m_p = 1,0073 \text{ u}$; $m_N = 1,0087 \text{ u}$; $m({}_3^7\text{Li}) = 7,0160 \text{ u}$ et $1 \text{ u} = 1,66.10^{-27} \text{ kg}$.

$E_I = \Delta m \times C^2$ avec $\Delta m = 3 \times m_p + 4 \times m_n - m({}_3^7\text{Li}) = 0,0407 \text{ u}$ donc $E_I = 0,0407 \times C^2$ or

$$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/C^2 \Rightarrow E_I = 0,0407 \times 931,5 \text{ MeV}/C^2 \times C^2 = 37,9 \text{ MeV}$$

3) Energie de liaison par nucléon

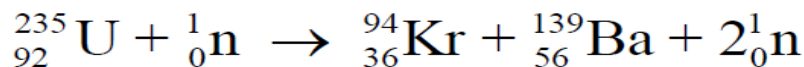
L'énergie de liaison par nucléon est défini par la relation

$$E = \frac{E_I}{A}$$

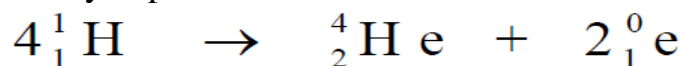
Plus l'énergie de liaison par nucléon est grande plus le noyau est stable.

III) les réactions nucléaires:

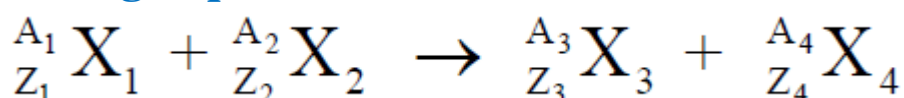
La fission nucléaire est une réaction nucléaire dont laquelle un noyau *lourd* « $A > 190$ » est scindé, sous l'impact d'un neutron, en deux noyaux plus légers.



La fusion nucléaire est le fusionnement de deux noyaux légers « $A < 20$ » pour donner naissance à un noyau plus lourd.



IV) Bilan énergétique des réactions nucléaires:



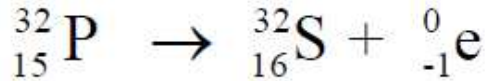
$$\Delta m = (m(\text{X}_4) + m(\text{X}_3)) - (m(\text{X}_2) + m(\text{X}_1))$$

$$\Delta E = \Delta m \times C^2 = \left[(m(X_4) + m(X_3)) - (m(X_2) + m(X_1)) \right] \times C^2$$

$$E_{\text{libérée}} = |\Delta E|$$

$$\Delta E = \left[E_1(X_1) + E_1(X_2) \right] - \left[E_1(X_3) + E_1(X_4) \right]$$

Application 2



Calculer l'énergie libérée par cette transformation.

On donne :

$$m(\text{S}) = 5,30763 \cdot 10^{-26} \text{ kg} ; m(\text{P}) = 5,30803 \cdot 10^{-26} \text{ kg} ; m(\text{e}) = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} .$$

Réponse :

$$E_{\text{libérée}} = |\Delta E| \text{ avec } \Delta E = \Delta m \times C^2 \text{ calculons } \Delta m \text{ la variation de masse :}$$

$$\Delta m = m(\text{S}) + m(\text{e}) - m(\text{P})$$

A.N :

$$\Delta m = 5,30763 \cdot 10^{-26} + 9,1 \cdot 10^{-31} - 5,30803 \cdot 10^{-26} = -3,09 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$\text{et } \Delta E = \Delta m \times C^2 = -3,09 \cdot 10^{-30} \times (3 \cdot 10^8)^2 = -2,781 \cdot 10^{-13} \text{ J} = -1,73 \text{ Mev}$$

$$E_{\text{libérée}} = |\Delta E| = 1,73 \text{ Mev}$$

Application 3

Définir les réactions nucléaires suivantes (Utiliser les termes suivants, en justifiant : fusion, fission, provoquée, spontanée, α, β^+, β^-)

1. ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$
2. ${}_{53}^{124}\text{I} \rightarrow {}_{54}^{124}\text{Xe} + {}_{-1}^0\text{e}$
3. ${}_{53}^{124}\text{I} \rightarrow {}_{52}^{124}\text{Te} + {}_1^0\text{e}$
4. ${}_2^3\text{He} + {}_2^3\text{He} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2{}_1^1\text{H}$
5. ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{39}^{94}\text{Y} + {}_{53}^{139}\text{I} + 3{}_0^1\text{n}$

Correction

1. Fusion provoquée (N'existe pas dans les conditions habituelles) **1pt**
2. β^- spontanée (le noyau se désintègre seul, et il produit un électron) **1pt**
3. β^+ spontanée (le noyau se désintègre seul, et il produit un électron) **1pt**
4. Fusion provoquée **1pt**
5. Fission (rupture d'un noyau lourd en noyau plus légers) provoquée (sous l'effet d'un neutron) **1pt**

Application 4

Soit la réaction nucléaire suivante : ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^{139}_{54}\text{Xe} + 3{}^1_0\text{n}$

1. Quelles sont les règles qui permettent de déterminer A et Z ? Calculer ces valeurs, déterminer ${}^A_Z\text{X}$
2. Définir et calculer le défaut de masse Δm de la réaction.
3. En déduire l'énergie libérée par 1 noyau d'Uranium puis pour un kilogramme
4. La combustion d'une tonne de charbon libère $2,5 \cdot 10^{10}$ J. Quelle masse de charbon libère, en théorie, autant d'énergie qu'un kilo d'uranium ?

Données : ${}^{94}_{38}\text{Sr}$; ${}^{95}_{38}\text{Sr}$; ${}^{94}_{37}\text{Rb}$; ${}^{93}_{39}\text{Y}$; $M({}^{235}_{92}\text{U}) = 234 \text{ g/mol}$

$m({}^{235}_{92}\text{U}) = 235,013 \text{ u}$; $m({}^1_0\text{n}) = u$; $m({}^A_Z\text{X}) = 93,8946 \text{ u}$; $m({}^{139}_{54}\text{Xe}) = 138,888 \text{ u}$; $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 $C = 299792458 \text{ m.s}^{-1}$; $N_{\text{av}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Correction

1. A et Z se conservent **0,5pt** $A = 236 - 139 - 3 = 94$ et $Z = 38$ c'est donc ${}^{94}_{38}\text{Sr}$ **0,5pt**
2. Le défaut de masse représente la diminution de la masse des noyaux produits par rapport à la masse des noyaux initiaux. $|\Delta m| = |m({}^{235}_{92}\text{U}) + m({}^1_0\text{n}) - (m({}^{94}_{38}\text{Sr}) + m({}^{139}_{54}\text{Xe}) - 3m({}^1_0\text{n}))| = 3,82464 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$ **1pt**
3. $E_l = |\Delta m| \cdot c^2 = 3,4374 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ pour 1 kg $N = n \cdot N_{\text{av}} = m/M \cdot N_{\text{av}} = 4,273 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ noyaux.
 $E = 8,836 \cdot 10^{13} \text{ J}$ **2 pt**
4. $E/2,5 \cdot 10^{10} = 3535$ tonnes de charbon **1pt**

Application 5

Le potassium 40 (${}^{40}_{19}\text{K}$) est un atome radioactif présent dans la nature.

Le corps humain contient 4,2 mol de potassium, dont seulement 0,01167 % est du potassium 40 radioactif.

1. Quelle est la masse de potassium dans le corps humain ? Quelle est la masse de potassium radioactif dans le corps humain ?
2. Le potassium 40 se désintègre en subissant une désintégration β^- . Ecrire cette désintégration
3. L'activité d'un gramme de potassium 40 vaut $263 \cdot 10^3 \text{ Bq}$. Que signifie cette donnée ?
4. La période radioactive du potassium 40 vaut 1,248 milliards d'années. Que signifie cette période ?

Données : ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ et ${}^{40}_{18}\text{Ar}$; $M({}^{40}_{19}\text{K}) = 40 \text{ g/mol}$ (potassium radioactif) ; $M({}^{39}_{19}\text{K}) = 39 \text{ g/mol}$ (potassium radioactif et non radioactif)

Correction

1. Masse de potassium dans le corps $m = n \cdot M = 4,2 \cdot 39 = 163,8 \text{ g}$; masse du potassium radioactif : $n' = 0,01167/100 \cdot 4,2 = 4,9014 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ donc $m' = 4,9014 \cdot 10^{-4} \cdot 40 = 1,96 \cdot 10^{-2} \text{ g}$ de potassium radioactif **1,5pt**
2. ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{20}\text{Ca} + {}^0_{-1}\text{e}$ **1,5pt**
3. L'activité représente le nombre de désintégration par seconde d'un gramme de potassium 40 **1pt**
4. La période est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux initialement présents se sont désintégrés **1pt**