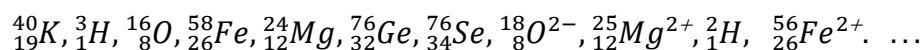


Série de TD n°2, Structure de la Matière

Principaux constituants de la matière

Exercice 1

- a) Donner sous forme d'un tableau le nombre de masse, les nombres de protons, de neutrons et d'électrons des nucléides et ions suivants :



- b) Indiquer les différentes familles d'isotopes, d'isobares et d'isotones.

Exercice 2

Le fer naturel ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ est constitué de quatre isotopes stables (n°1 à n°4) dont les abondances naturelles sont indiquées ci-dessous :

Isotope	n°1	n°2	n°3	n°4
Masse atomique (u)	53,9399	55,9349	56,9350	57,9330
Abondance (%)	5,84	91,75	2,12	0,28

- Donner la constitution de chacun de ces isotopes.
- Trouver la masse moyenne naturelle du fer.
- Calculer le défaut de masse en (u) du noyau ${}^{56}_{26}\text{Fe}$.
- Calculer l'énergie de liaison par nucléon de ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ en J et en MeV.
- Classer par ordre de stabilité croissante (ou décroissante) les noyaux ${}^{56}\text{Fe}$, ${}^{120}\text{Sn}$ et ${}^{238}\text{U}$. Les situer sur la courbe d'Aston.

Données : $m_n = 1,0086 \text{ u}$, $m_p = 1,0073 \text{ u}$, $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Exercice 3

La masse du noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$ vaut 4, 0026 u. Sachant que les masses du proton et du neutron valent : $m_n = 1,0086 \text{ u}$, $m_p = 1,0073 \text{ u}$.

- Calculer le défaut de masse et l'énergie de liaison (en J et en MeV) du noyau d'Hélium ${}^4_2\text{He}$.
- Calculer, en kJ/mol, l'énergie libérée au cours de la formation d'une mole de ${}^4_2\text{He}$. Comparer cette valeur à celle de l'énergie d'une réaction chimique.

Remarque : l'énergie d'une réaction chimique est de l'ordre de quelques dizaines de kJ/mol.

Exercice 4

Considérant les deux atomes suivants : ${}^{235}_{92}\text{U}$ et ${}^{140}_{54}\text{Xe}$

- Comparer la stabilité du noyau de l'uranium (${}^{235}_{92}\text{U}$) à celle du noyau de Xénon (${}^{140}_{54}\text{Xe}$).

Données : $m_n = 1,0086 \text{ u}$, $m_p = 1,0073 \text{ u}$, $m_U = 234,9942 \text{ u}$ et $m_{Xe} = 139,9252 \text{ u}$

Corrigé

Exercice 1

a) Constitution des entités atomiques

Symbole	Electrons	Protons	Neutrons	Nombre de masse
${}^{40}_{19}K$	19	19	21	40
3_1H	1	1	2	3
${}^{16}_8O$	8	8	8	16
${}^{58}_{26}Fe$	26	26	32	58
${}^{24}_{12}Mg$	12	12	12	24
${}^{76}_{32}Ge$	32	32	44	76
${}^{76}_{34}Se$	34	34	42	76
${}^{18}_8O^{2-}$	10	8	10	18
${}^{25}_{12}Mg^{2+}$	10	12	13	25
2_1H	1	1	1	2
${}^{56}_{26}Fe^{2+}$	24	26	30	56

C) Les différentes familles d'isotopes sont : (3_1H et 2_1H) ; (${}^{16}_8O$ et ${}^{18}_8O^{2-}$) ;

((${}^{58}_{26}Fe$ et ${}^{56}_{26}Fe^{2+}$) ; (${}^{24}_{12}Mg$ et ${}^{25}_{12}Mg^{2+}$) ;

Familles d'isobares : (${}^{76}_{32}Ge$ et ${}^{76}_{34}Se$)

Familles d'isotones : Aucune

Exercice 2

1. Constitution des isotopes

$$Z = 26$$

Isotopoe	n°1	n°2	n°3	n°4
A	54	56	57	58
N	28	30	31	32

2. Masse moyenne naturelle de Fe : A(Fe_{nat})

$$A(Fe) = 0,0584 \cdot 53,9399 + 0,9175 \cdot 55,9349 + 0,0212 \cdot 56,9350 + 0,0028 \cdot 57,9330$$

$$A(Fe_{nat}) = 55,8396 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

3. Calcul du défaut de masse (Δm)

$$\Delta m = 26 \times m_p + 30 \times m_n - 55,9349$$

$$\Delta m = 0,5129 \text{ u}$$

4. Calcul de l'énergie de liaison par nucléon

$$\frac{E_L}{A} ({}^{56}_{26}Fe) = \frac{\Delta m \times c^2}{A} = \frac{0,5129 \times 931,5}{56} = 8,53 \text{ MeV} = 13,65 \times 10^{-13} \text{ J}$$

5. Classement par ordre de stabilité croissante des nucléides

$${}^{56}Fe > {}^{120}Sn > {}^{238}U$$

Le nucléide ${}^{56}_{26}Fe$ ainsi que ses voisins ($A \approx 60$) sont connus pour leur grande stabilité et sont placés

selon Aston sur le minimum (ou le maximum si les valeurs de E_i sont comptées positivement) de la courbe $\frac{E_L}{A} = f(A)$. Les noyaux lourds sont à l'extrémité droite de la courbe d'Aston induisant une forte instabilité et entraînant des réactions de fission par désintégration neutronique.

Exercice n°3 :

Comparaison de la stabilité des deux noyaux :

L'énergie de liaison par nucléon ($\frac{E_L}{A}$) d'un noyau est donnée par la relation :

$$\frac{E_L}{A} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{A} \text{ avec } \Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m(\text{noyau})$$

- Pour l'uranium: $\Delta m = 1,9139 \text{ u}$ et $\frac{E_L}{A} = 1,22 \cdot 10^{-12} \text{ J}$
- Pour le Xénon: $\Delta m = 1,2127 \text{ u}$ et $\frac{E_L}{A} = 1,3019 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

$\left(\frac{E_L}{A}\right)_{Xe} > \left(\frac{E_L}{A}\right)_U$, le noyau de Xénon est donc plus stable que le noyau d'uranium

Exercice 4

- 1) Calcul du défaut de masse du noyau ${}^4_2\text{He}$ et de l'énergie correspondante en MeV.

$$\Delta m = 2m_p + 2m_n - m({}^4_2\text{He}) = 0,02986 \text{ u}$$

D'après la relation d'Einstein : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

$$\Delta E = 0,02986 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 4,46 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

Par ailleurs, $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

D'où :
$$\Delta E = \frac{4,46 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 27,8 \text{ MeV}$$

- 2) L'énergie ΔE libérée au cours de la formation d'une mole de ${}^4_2\text{He}$ est de :

$$\Delta E = 4,46 \cdot 10^{-12} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 2,6 \cdot 10^9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Conclusion : pour une réaction chimique, ΔE est de l'ordre de quelques dizaines de kJ/mol ; soit une énergie 10^8 fois plus faible. Cet exemple illustre tout l'intérêt, du point de vue énergétique, des réactions nucléaires.