

Réactions nucléaires

I. NOYAU ATOMIQUE

1 Composition du noyau d'un atome

Le noyau atomique est composé de protons et de neutrons. L'ensemble protons et neutrons constituent les nucléons.

Le nombre de protons dans le noyau est noté Z il est appelé numéro atomique ou nombre de charge. Le nombre de neutrons est noté N.

Le nombre de nucléons appelé aussi nombre de masse est noté $A = Z + N$

Le noyau d'un élément chimique appelé aussi nucléide est ${}^A_Z X$, X étant le symbole de l'élément.

Exemple : ${}^1_1 H$; ${}^{12}_6 C$; ${}^{27}_{13} Al$; ${}^{238}_{92} U$; ${}^{14}_6 C$

Remarque

* Des noyaux sont dits isotopes s'ils ont le même numéro atomique Z mais des nombres de masse différents A. ${}^{12}_6 C$ et ${}^{14}_6 C$

* Des noyaux sont dits isobares s'ils ont le même nombre de masse A mais des numéros atomiques différents Z.

2 Dimension du noyau

Le noyau d'un élément chimique est assimilé à une sphère de rayon proportionnel à la racine cubique de son nombre de masse A.

$$R = R_0 \sqrt[3]{A} ; R_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} m = 1,2 \text{ fm} ; 1 \text{ fermi (f.m)} = 10^{-15} m$$

3 Masse du noyau : défaut de masse

La masse du noyau est inférieure à la somme des masses de ses constituants (protons et neutrons) On appelle défaut de masse du noyau la quantité :

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_X = Zm_p + (A - Z)m_n - m_X$$

4 Equivalence masse énergie

D'après Einstein, la masse est une forme d'énergie. Tout corps de masse m au repos, possède une énergie E telle que $E = mc^2$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

5 Unité de masse atomique : u

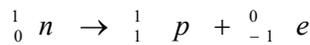
L'unité de masse atomique **u** est le $\frac{1}{12}$ de la masse d'un atome de carbone 12 (${}^{12}_6 C$)

$$M({}^{12}_6 C) = 12 \text{ g.mol}^{-1} ; \quad 1u = \frac{1}{12} \times \frac{M({}^{12}_6 C)}{N_A} \cdot 10^{-3} \text{ A.N}$$

Equation équilibrée: ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + {}^0_0 \bar{\nu}$

Remarque:

Tout se passe comme si un neutron du noyau se transforme en proton et en électron selon l'équation.



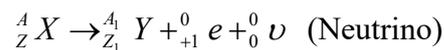
neutron proton électron

Exemple : ${}^{210}_{82} Bi \rightarrow {}^{210}_{84} Y + {}^0_{-1} e + {}^0_0 \bar{\nu}$ avec ${}^{210}_{84} Y = {}^{210}_{84} Po$

*Bilan énergétique : $[m_x - (m_y + m_{\beta^-})]c^2$

5.3 Radioactivité β^+ (${}^0_1 e$)

*Equation de la réaction :



*Equilibrons : $A = A_1$ et $Z = Z_1 + 1 \Rightarrow A_1 = A$ et $Z_1 = Z - 1$

*Equation équilibrée : ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e + {}^0_0 \nu$

*Bilan énergétique.

$$E = [m_x - (m_y + m_{\beta^+})]c^2$$

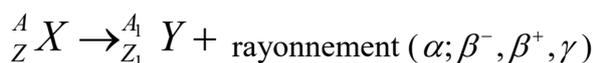
5.4 Radioactivité γ

La radioactivité gamma accompagne les radioactivités α , β^+ et β^- . Le noyau fils est obtenu dans un état excité. Cet état instable, le noyau se désexcite en évacuant cette énergie excédentaire sous forme d'un rayonnement électromagnétique

5 Loi de décroissance radioactive

5.1 Expression du nombre de noyaux restant en fonction du temps

Soit ${}^A_Z X$ un noyau instable qui subit de manière spontanée une réaction nucléaire d'équation



à $t = 0$ N_0 0

$t \neq 0$ $N_0 - x$ x

$Nr = N(t) = N_0 - x$ x : nombre de noyaux désintégrés.

L'expérience a montré que la variation du nombre de noyaux restants par rapport au temps est proportionnelle au nombre de noyaux restants au même instant.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \Rightarrow dN = -\lambda N dt \Rightarrow \frac{dN}{N} = -\lambda dt \Rightarrow \int \frac{dN}{N} = -\int \lambda dt \Rightarrow +\ln N = -\lambda t + cte$$

$$\Rightarrow N = e^{-\lambda t + cte} = e^{cte} \times e^{-\lambda t} \text{ OR } e^{cte} = C \Rightarrow N = C e^{-\lambda t}$$

3-a Calculer l'activité A_0 de cet échantillon. L'exprimer en becquerel puis en curie.

3-b Quelle est l'activité de cet échantillon au bout de 69 jours ?

3-c Quelle masse de cet échantillon se désintègre-t-il au bout de 552 jours ?

3-b Calculer l'énergie dégagée au bout de 552 jours

Application 2

- 1- Le premier nucléide radioactif a été obtenu en bombardant des noyaux d'aluminium 27 par des particules α . Ecrire l'équation de la réaction nucléaire sachant qu'il se forme un neutron en plus du noyau fils. Identifier ce noyau.
- 2- Ce noyau formé est radioactif β^+ . Ecrire l'équation de sa désintégration nucléaire : préciser le nucléide formé.
- 3- Le noyau radioactif a une période de 150s. Au bout de combien de temps, 90% des noyaux de l'échantillon initial sont désintégrés ?

Eléme	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Z	11	12	13	14	15	16	17

Application3 :

1- L'isotope ${}^{40}_{19}\text{K}$ est radioactif et se désintègre pour donner l'argon ${}^{40}_{18}\text{Ar}$

a- Ecrire l'équation de la désintégration.

b- Préciser la nature de la désintégration.

2- La période radioactif du potassium ${}^{40}\text{K}$ est égale à $1,5 \cdot 10^9$ années. Calculer sa constante radioactive puis en déduire sa durée de vie moyenne.

3- Pour déterminer l'âge d'un caillou lunaire rapporté par les astronautes d'Appollo VI, on mesure les quantités relatives de ${}^{40}\text{K}$ et de sa décomposition (${}^{40}\text{Ar}$ est en générale, retenu dans la roche).

Un échantillon de 1kg contient $8,2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$ d'argon ${}^{40}\text{Ar}$ dans les CNTP et $1,6610^{-6} \text{ g}$ de potassium ${}^{40}\text{K}$ radioactif. En déduire l'âge de la pierre.