



nucléaire leçon n:1

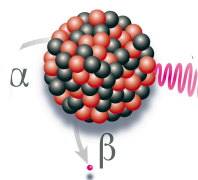
Décroissance radioactive

2 bac

PC

SVT

SM



1- Le noyau atomique

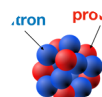
1- Composition du noyau d'un atome.



Le noyau est constitué de particules appelées nucléons (les protons et les neutrons).

La représentation symbolique du noyau (ou nucléide) d'un atome est : ${}^A_Z X$

- Avec ➤ X le symbole de l'élément chimique
 ➤ A : Le nombre de nucléons aussi le nombre de masse
 ➤ Z : Le nombre de protons aussi Le nombre de charges
 ➤ N : Le nombre de neutrons, $N = A - Z$

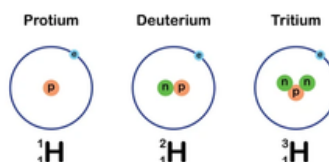


Exemple Le carbone 14 ➡ Le symbole ${}^{14}_6 C$ ➡ $A=14 ; Z=6$ et $N=8$

2 - Isotopes:

Deux noyaux isotopes ont le même nombre de protons mais des nombres de neutrons différents (Z identique mais A différents).

Exemple



3 - Noyau radioactif (ou noyau instable)

Un noyau radioactif (appelé noyau-père) est un noyau instable qui se désintègre spontanément en donnant un noyau différent plus stable (appelé noyau-fils) avec émission d'une ou plusieurs particules

4 - Stabilité et instabilité des noyaux : diagramme (N, Z) (Diagramme de Segré)

Le diagramme de Segré contient tous les noyaux stables et les noyaux radioactifs existants répartis de la façon suivante: le nombre de neutrons en abscisse et le nombre de protons en ordonnée: c'est le diagramme (N, Z)

- Diagramme de Segré, permet de distinguer deux familles de noyaux :
 a - Noyaux stables :

Certains noyaux gardent indéfiniment la même composition : ce sont des noyaux stables.

➤ Pour $Z < 20$, les noyaux stables se situent au voisinage de la droite d'équation $N = Z$. Ils comportent à peu près autant de protons que de neutrons.

➤ Pour $Z > 20$, le nombre de neutrons augmente plus vite que le nombre de protons ; les points se répartissent au-dessus de la droite $N=Z$

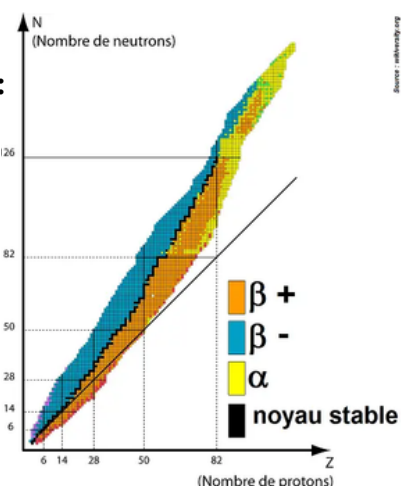
b - Noyaux instables :

L'instabilité du noyau a lieu si :

Le noyau-père possède trop de neutrons par rapport au nombre de protons.

Le noyau-père possède trop de protons par rapport au nombre de neutrons.

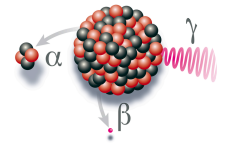
Le noyau-père possède un grand nombre de nucléons ($A > 208$).



II - La radioactivité

Un noyau radioactif est un noyau instable dont la désintégration (destruction) provoque l'apparition d'un nouveau noyau, avec émission d'une particule notée α , β^- ou β^+ , et fréquemment l'émission d'un rayonnement électromagnétique noté γ .

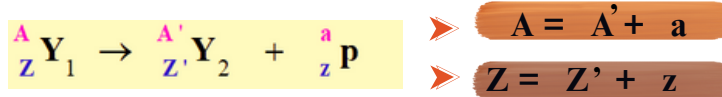
La désintégration radioactive est un phénomène **aléatoire, spontané**



1 - Lois de conservation (lois de Soddy)

Lors d'une transformation nucléaire, le nombre de nucléons: A et la charge électrique: Z, se conservent.

Appliquons la loi de Soddy à l'équation générale de désintégration suivante:



Prof ELZAAR

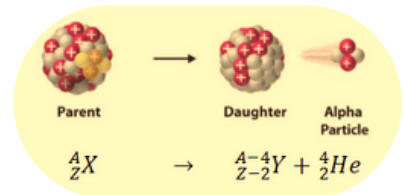
2 - Les différents types d'émissions radioactives :

a - La radioactivité α :

La radioactivité α est une transformation naturelle et spontanée d'un noyau ${}^A_Z X$ instable en un noyau ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ plus stable avec émission d'un noyau d'Hélium ${}^4_2 He$

✓ l'équation de désintégration α : ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He$

Exemples

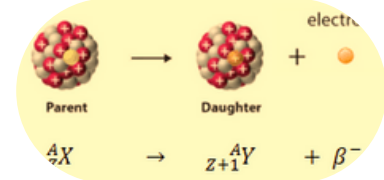


b - La radioactivité β^- :

La radioactivité β^- est une désintégration nucléaire naturelle, spontanée au cours de laquelle un noyau père ${}^A_Z X$ transforme en un noyau fils ${}^A_{Z+1} Y$ plus stable avec émission d'un électron ${}^0_{-1} e$ appelé particule plus stable β^-

✓ l'équation de désintégration β^- : ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$

Exemples

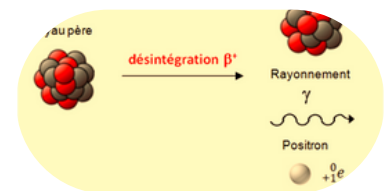


c - La radioactivité β^+ :

La radioactivité β^+ est une désintégration nucléaire naturelle, spontanée au cours de laquelle un noyau père ${}^A_Z X$ transforme en un noyau fils ${}^A_{Z-1} Y$ plus stable avec émission d'un positron ${}^0_{+1} e$ appelé particule plus stable β^+

✓ l'équation de désintégration β^+ : ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e$

Exemples



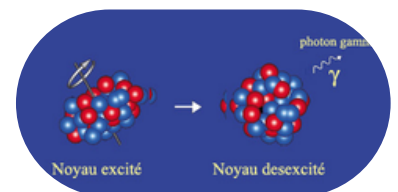
d - Le rayonnement γ :

La désintégration gamma est une désintégration nucléaire naturelle, spontanée qui accompagne les radioactivités β^+ , β^- et α

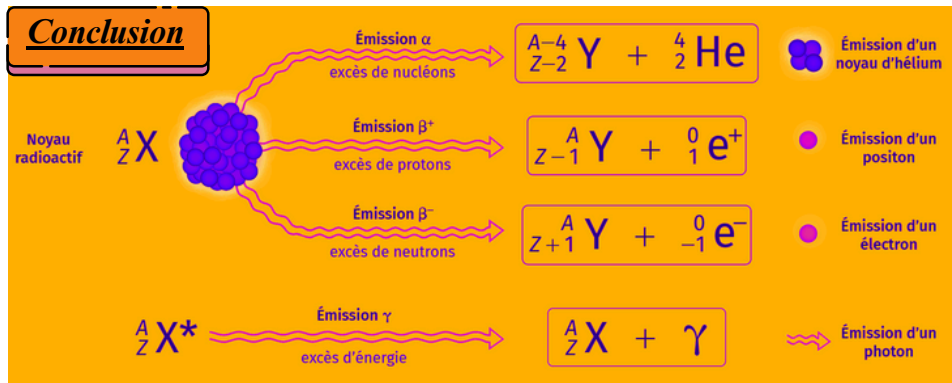
En effet, lors des désintégrations si le noyau fils est à l'état excité on le note : ${}^A_Z Y^*$ ce noyau instable perd son excitation en émettant un rayonnement gamma pour se transformer en un noyau : ${}^A_Z Y$ plus stable.

✓ l'équation de désintégration γ : ${}^A_Z Y^* \rightarrow {}^A_Z Y + \gamma$

Exemple



prof elzaar

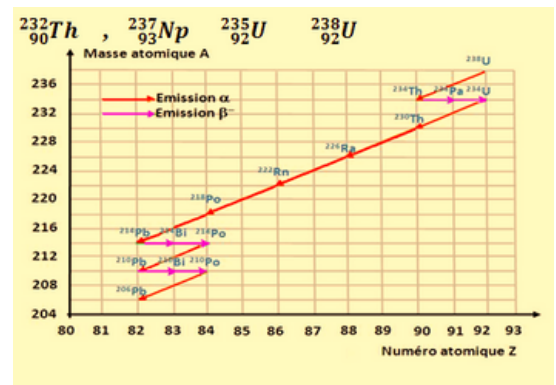


prof
elzaur

3 - La famille radioactive

Le noyau fils obtenu après désintégration d'un noyau père peut parfois, à son tour, se désintégrer en un nouveau noyau fils, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on obtient un noyau stable. L'ensemble de ces noyaux forme ce qu'on appelle une famille radioactive du noyau de départ.

Il existe quatre familles radioactives naturelles provenant des noyaux suivants : $^{235}_{92}\text{U}$, $^{238}_{92}\text{U}$, $^{232}_{90}\text{Th}$, $^{237}_{93}\text{Np}$



III - La décroissance radioactive

1- La loi de décroissance radioactive :

La décroissance radioactive est la réduction du nombre de noyaux d'un isotope instable par radioactivité dans un échantillon. La décroissance radioactive se produit jusqu'à ce que tous les noyaux radioactifs de l'échantillon deviennent stables

On ne peut pas prévoir l'instant de la désintégration et le nombre de noyaux non désintégrés d'un échantillon radioactif suit la loi de décroissance radioactive suivante:

$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$$

Avec

N_0

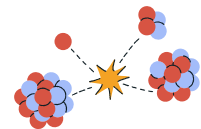
: est le nombre de noyaux présents à la date $t=0$

$N(t)$

: le nombre de noyaux encore présents à l'instant t .

λ

: une constante radioactive en (s⁻¹)



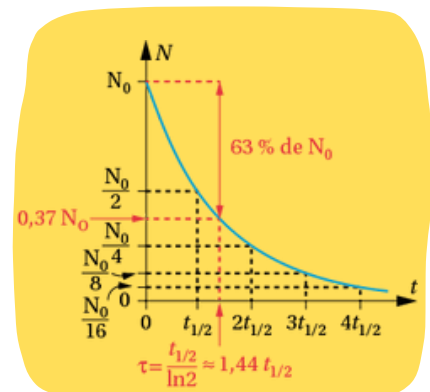
2- Constante de temps d'un échantillon radioactif :

On définit la constante de temps τ par l'expression : $\tau = \frac{1}{\lambda}$
 τ est caractéristique de la désintégration (τ en s).

À l'instant $t = \tau$ la valeur de $N(t)$ est :

$$N(t = \tau) = N_0 \times e^{-\lambda \cdot \tau} = N_0 \times e^{-1} = 0,37 \times N_0$$

Et qui représente une diminution du nombre du noyau initial N_0 avec un pourcentage de 63% .



3 - Demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif

La demi-vie $t_{1/2}$ d'une substance radioactive est le temps mis pour perdre la moitié des noyaux N_0 de cette substance initialement présents (à la date $t=0$).

prof
elzaur

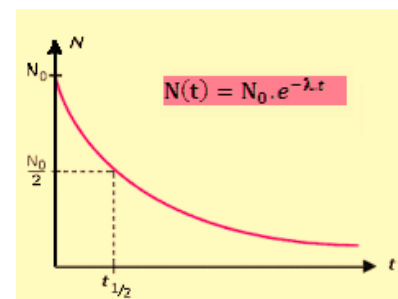
À $t = t_{1/2}$ on a $N(t_{1/2}) = N_0/2$
D'après la loi de décroissance radioactive

$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$$

$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} \Rightarrow N_0 e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \Rightarrow e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow -\lambda \cdot t_{1/2} = \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\ln 2$$

Alors

$$t_{1/2} = -\frac{\ln(2)}{\lambda} = -\tau \cdot \ln(2)$$



4 - Activité d'une source radioactive a

On appelle activité a d'un échantillon radioactif, le nombre de désintégrations qu'il produit par seconde.

Alors

$$a(t) = -\frac{dN}{dt}$$

✓ L'activité se mesure en becquerels (Bq) : 1Bq correspond à une désintégration par seconde.

On a $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ c-à-d $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

Donc $a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N(t)$

Alors

$$a = \lambda \cdot N$$

✓ A l'instant $t=0$ l'activité d'un échantillon radioactif est $a_0 = \lambda \cdot N_0$

$$a(t) = a_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$$

En conclusion l'activité est donnée par l'une des relations suivantes:

$$a_0 = \lambda \cdot N_0$$

On peut aussi exprimer la loi de décroissance radioactive par la masse m en fonction de m_0 la masse initiale d'un échantillon radioactif

$$m(t) = m_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$$

Ou par la quantité de matière $n(t)$ en fonction de la quantité initiale d'un échantillon :

$$n(t) = n_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$$

prof elzaar

5 - La datation par la radioactivité :

➡ La datation par la radioactivité est une méthode utilisée pour estimer l'âge d'objets tels que des œuvres d'art, des roches et des fossiles

➡ En mesurant l'activité $a(t)$ de l'échantillon que l'on souhaite dater et l'activité a_0 d'un échantillon vivant de même nature.

➡ Lorsque l'organisme meurt, le carbone 14 n'est plus renouvelé. Il se désintègre alors selon la loi de décroissance radioactive $a(t) = a_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Leftrightarrow \frac{a}{a_0} = e^{-\lambda \cdot t} \Leftrightarrow \ln\left(\frac{a}{a_0}\right) = -\lambda \cdot t \Leftrightarrow \ln\left(\frac{a_0}{a}\right) = \lambda \cdot t$$

Avec $t_{1/2} = -\frac{\ln(2)}{\lambda}$

donc $t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{a_0}{a(t)}\right)$

On peut mesurer a , si l'on connaît l'activité a_0 de l'échantillon, alors on peut connaître la date d'origine t de l'objet



prof elzaar



حكمة اليوم

• هنالك طريقة واحدة للنجاح في أي شيء، وهي أن نعطي هذا الشيء كل ما لدينا من القوة