IPhO : Physique nucléaire (fiche)

1 Physique nucléaire

Noyau

Un **noyau** comporte Z protons, N neutrons et A = Z + N nucléons.
Il s'écrit sous la forme : ${}^{A}_{Z}X$.
Z est nommé le **numéro atomique**, il est caractéristique de l'élément chimique. A est le **nombre de masse**.

Isotopes

Les noyaux ayant le même nombre de protons (Z) s'appellent des **isotopes**.

2 Réactions nucléaires

2.1 Radioactivité

Désintégration α

$${}^{A}_{Z}X_N \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}X_{N-2} + {}^{4}_{2}\alpha_2$$

Désintégration β^+

$${}^{A}_{Z}X_N \rightarrow {}^{A}_{Z-1}X_{N+1} + e^+ + \nu_e$$

Désintégration β^-

$${}^{A}_{Z}X_N \rightarrow {}^{A}_{Z+1}X_{N-1} + e^- + \overline{\nu}_e$$

Capture électronique

$${}^{A}_{Z}X_N + e^- \rightarrow {}^{A}_{Z-1}X_{N+1} + \nu_e$$

Emission γ

$${}^{A}_{Z}X_N^+ \rightarrow {}^{A}_{Z}X_N + \gamma$$

2.2 Fusion et fission

Fusion nucléaire

Processus par lequel deux noyaux atomiques légers s'unissent pour en former un seul plus lourd en libérant une grande quantité d'énergie.

Fusion des éléments légers : **exo-énergétique**

Fission nucléaire

Processus par lequel un noyau atomique lourd est scindé en deux ou en quelques nucléides plus légers conjointement à l'émission de neutrons.

Fusion des éléments lourds : **exo-énergétique**

Réaction en chaîne

Si un neutron, produit secondaires d'une première fission est absorbé par un noyau fissile, il peut y déclencher une seconde fission, source de nouveaux neutrons.

2.3 Masse et énergie

Différence de masse

$$\Delta m = \sum_{\text{Particules formées}} m_{\text{particules}} - \sum_{\text{Particules initiales}} m_{\text{particules}}$$

Propriété 1 : Équivalence masse-énergie

Tout corps au repos, du fait de sa masse, possède une **énergie de masse**, donnée par :

$$E_{\text{masse}} = mc^2$$

où c est la vitesse de la lumière.

Propriété 2 : Défaut de masse

Le **bilan d'énergie de masse** de la désintégration : $Q = \Delta m \times c^2$, où c est la célérité de la lumière dans le vide.

3 Évolution d'une population de noyaux

Constante radioactive

Probabilité que présente un noyau radioactif de se désintégrer pendant l'unité de temps, notée λ (inverse d'un temps).

Propriété 3 : Décroissance radioactive

Nombre de noyaux, $N(t)$, décroît au cours du temps selon une loi exponentielle décroissante :

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

Période radioactive

La **période radioactive**, T, ou le temps de demi-vie, est le temps au bout duquel le nombre de noyaux initialement présent a été divisé par un facteur 2.

$$N(T) = \frac{N_0}{2}$$

Propriété 4 : Activité d'une source

L'activité est le produit du nombre de noyau par la probabilité qu'un noyau se désintègre par unité de temps λ :

$$a(t) = \lambda N(t) = a_0 \mathrm{e}^{-\lambda t}$$

avec $a_0 = N_0 \lambda$

4 Analyse dimensionnelle

Les dimensions sont la longueur (L), la durée (T), la température (θ), la masse (M), l'intensité du courant électrique (I), l'intensité lumineuse (J) et la quantité de matière (N).

Propriété 5 : Calcul aux dimensions

On ne peut additionner ou soustraire que des grandeurs ayant la même dimension.
La dimension du produit est le produit des dimensions.

Méthode 1 : Obtenir la forme générale par analyse dimensionnelle

Nous voulons obtenir la loi de la gravitation, c'est à dire l'expression de la force qui s'exerce entre deux corps massifs (m_A et m_B) séparés d'une distance r.

1. On commence par lister les grandeurs susceptibles d'intervenir dans le problème. C'est ici qu'intervient notre sens physique dans le choix des grandeurs pertinentes. On commence toujours par la grandeur qu'on souhaite exprimer et on ajoute les paramètres du problème : m_A, m_B et r. Ensuite, on se questionne sur d'autres grandeurs qui pourraient avoir un impact sur notre équation, notamment les constantes universelles (gravitation, gaz parfait, célérité de la lumière dans le vide)
2. On indique ensuite toutes les dimensions des quantités utiles dans un tableau.
3. On compte ensuite le nombre de grandeurs (n+1) et le nombre de dimensions (k). Nombre de nombre sans dimension : $n + 1 - k$
4. On cherche à construire des nombres sans dimension.
5. Le plus souvent, nous avons un seul nombre sans dimension. On définit donc une constante auquel il est égal. Sinon, on écrit $\Pi_1 = f(\Pi_2, \Pi_3)$