

Objectifs : Ecrire des réactions nucléaires et déterminer les énergies mises en jeu



I- Equivalence masse-énergie

1- Le postulat d'Einstein

En 1905, Einstein postule qu'une particule au repos, du fait de sa masse, possède une énergie appelée énergie de masse notée E, telle que : $E = m.c^2$

avec E : en joule (J), m : masse de la particule (en kg) et c : célérité de la lumière dans le vide $\approx 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

2- Unités de masse et d'énergie

A l'échelle des nucléons, on utilise l'unité de masse atomique de symbole u : Conversion : $1 \text{ u} = 1,66054.10^{-27} \text{ kg}$

L'énergie correspondant à 1 u correspond donc à $E = 1,66054.10^{-27} . (3.10^8)^2 = 1,49.10^{-10} \text{ J}$

Le joule n'est donc pas une unité adaptée. On utilise l'électronvolt (noté eV) et son multiple, le mégaelectronvolt

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} \text{ Conversion : } 1 \text{ eV} = 1,602.10^{-19} \text{ J}$$

L'énergie correspondant à 1 u correspond à $E = 1,66054.10^{-27} . (3.10^8)^2 / (1,602.10^{-19}) = 9,33.10^8 \text{ eV}$ donc $1 \text{ u} = 933 \text{ MeV}$

II- Défaut de masse et énergie

Une variation de masse Δm correspond donc à une variation d'énergie ΔE telle que $\Delta E = \Delta m.c^2$

Les noyaux des atomes sont une source d'énergie. Accéder à la balance virtuelle par le lien suivant http://www.ostralo.net/3_animations/swf/masses_noyaux.swf

Poser sur le plateau de droite les nucléons contenus dans le noyau d'hélium 4 et sur le plateau de gauche le noyau d'hélium 4.

- 1- Qu'observe-t-on ? Quelle est la différence de masse notée Δm observée ?
- 2- Calculée l'énergie notée ΔE correspond à cette différence de masse ?
- 3- Faut-il fournir de l'énergie pour former ou pour casser le noyau d'hélium ?

On appelle **défaut de masse d'un noyau** la différence entre la masse des nucléons isolés et au repos et la masse du noyau au repos calculé selon la relation : $\Delta m = [(A - Z) . m({}_0^1\text{n}) + Z . m({}_1^1\text{p})] - m({}_2^A\text{X})$

Ce défaut de masse correspond à une énergie appelée énergie de liaison du noyau : c'est l'énergie qu'il faudrait fournir pour séparer tous les nucléons constituant le noyau.

III- Energie libérée au cours d'une réaction nucléaire

Lors d'une réaction nucléaire, de l'énergie est libérée : la masse des produits obtenus est inférieure à celle des réactifs mis en jeu. Dans ce cas, la variation de masse est donnée par la relation : $|\Delta m| = |m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}|$

L'énergie libérée est donc l'énergie correspondant à cette variation donnée par la relation : $E_{\text{libérée}} = |\Delta m| . c^2$

1- Cas d'une réaction nucléaire spontanée

Ecrire la réaction de désintégration de type α d'un noyau de radon 222 en polonium 218.

a- Calculer la variation de masse notée $|\Delta m|$.

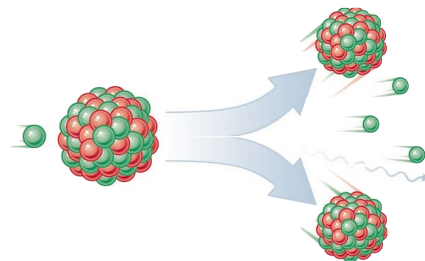
b- En déduire l'énergie libérée notée $E_{\text{libérée}}$ correspondante ?

Un gramme de radon 222 contient $2,7.10^{21}$ noyaux.

c- Calculer l'énergie libérée, en MeV puis en joule, par un gramme de radon.

2- Cas d'une réaction nucléaire provoquée : la fission

La fission nucléaire est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau se scinde en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron lent ; elle libère de l'énergie.



Voir l'animation CEA "La fission"

<http://portail.cea.fr/multimedia/Pages/animations/radioactivite/fission.aspx>

Dans un réacteur nucléaire, par exemple, la fission d'un noyau d'uranium 235 sous l'impact d'un neutron donne lieu à la formation d'un noyau de césium 140 (produit de fission 1). Ecrire la réaction de cette fission. Justifier votre réponse.

Voir l'animation CEA "La réaction en chaîne"

<http://portail.cea.fr/multimedia/Pages/animations/radioactivite/reaction-en-chaine.aspx>

Quel est le rôle des barres de contrôle dans un réacteur nucléaire ?

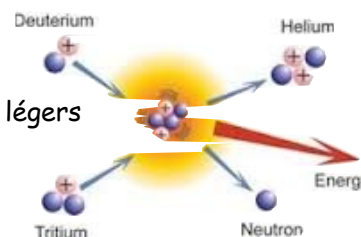
- Calculer la variation de masse notée $|\Delta m|$.
- En déduire l'énergie libérée notée $E_{\text{libérée}}$ correspondante ?

Un gramme d'uranium 235 contient $2,6 \cdot 10^{21}$ noyaux.

- Calculer l'énergie libérée, en MeV puis en joule, par un gramme d'uranium 235.

3- Cas d'une réaction nucléaire provoquée : la fusion

Une réaction de fusion est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers fusionnent pour former des noyaux plus lourds. Elle libère de l'énergie.



Voir l'animation CEA "La fusion" :

<http://portail.cea.fr/multimedia/Pages/animations/radioactivite/reaction-de-fusion.aspx>

Ecrire l'équation de fusion nucléaire présentée dans l'animation CEA. Quelle interaction fondamentale oblige à un apport d'énergie pour réaliser une fusion nucléaire ? Sous quelle forme est apportée cette énergie ?

- Calculer la variation de masse notée $|\Delta m|$.
- En déduire l'énergie libérée notée $E_{\text{libérée}}$ correspondante ?

Un gramme d'hydrogène contient $7 \cdot 10^{22}$ noyaux.

- Calculer l'énergie libérée, en MeV puis en joule, par un gramme d'hydrogène.

IV- Conclusion

La tonne d'équivalent pétrole (tep) est une unité d'énergie utilisée dans l'industrie et en économie. Elle sert à comparer les énergies obtenues à partir de sources différentes. 1 tep représente $4,2 \cdot 10^{10} \text{J}$, c'est-à-dire l'énergie libérée en moyenne par la combustion d'une tonne de pétrole.

- Comparer les énergies libérées dans les différentes réactions. Conclure.
- En quoi ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) est-il un progrès et un espoir ?

<http://portail.cea.fr/multimedia/Pages/videos/activites-du-cea/projet-labo-installation/projet-iter-fusion-thermonucleaire-nucleaire-du-futur.aspx>

<http://portail.cea.fr/multimedia/Pages/videos/activites-du-cea/projet-labo-installation/iter-naissance-projet-et-objectifs.aspx>