Correction exercice fusion nucléaire des éléments chimiques

Source ;http://www.chimix.com/an6/bac/fra92.htm

1. Les premiers éléments présents dans l'univers

1.1 Composition des noyaux des atomes d'hélium

$^{4}_{2}He$ et $^{3}_{2}He$ ainsi que celle de l'ion hélium $^{4}_{2}He^{2+}$:

$^{4}_{2}He$: 2 protons et 4-2 = 2 neutrons ;

$^{3}_{2}He$: 2 protons et 3-2 = 1 neutron ;

$^{4}_{2}He^{2+}$: 2 protons et 4-2 = 2 neutrons.

1.2 La synthèse des éléments chimiques

La synthèse des éléments chimiques plus lourds se fait par des réactions nucléaires dans lesquelles la composition du noyau est modifiée.Une réaction chimique met en jeu quelques électrons externes, sans modifier la structure du noyau.

2.Fusion de l'hydrogène

$$4\,^{1}_{1}H \rightarrow \,^{4}_{2}He + 2\,^{0}_{1}e$$

2.1 Expression littérale de l'énergie

$|\Delta E|$ libérée lors de cette réaction de fusion des 4 noyaux d'hydrogène.

variation de masse $|\Delta m| = m_{He} + 2me - 4\ m_P$;

$|\Delta E| = |\Delta m|\ c^2 = (m_{He} + 2m_e - 4\ m_P)\ c^2 = 4\ 10^{-12}$ J

:

2.2 Cas du soleil

Seul un dixième de sa masse $M_S = 2\ 10^{30}$ kg est constituée d'hydrogène suffisamment chaud pour être le siège de réactions de fusion soit une masse d'hydrogène égale à : $m = 2\ 10^{29}$ kg.

Or la fusion de 4 noyaux d'hydrogène, soit d'une masse de $4 \times 1{,}67\ 10^{-27}$ kg d'hydrogène, libère $4\ 10^{-12}$ J.

L'énergie totale E_T pouvant être produite par ces réactions de fusion est voisine de :

$4\ 10^{-12} \times 2\ 10^{29} / (4 \times 1{,}67\ 10^{-27}) = 2 / 1{,}67\ 10^{44}$ J $= 1{,}2\ 10^{44}$ J.

Des physiciens ont mesuré la quantité d'énergie reçue par la Terre et en ont déduit l'énergie E_S libérée par le Soleil en une année : 10^{34} J.an^{-1} . La durée Δt nécessaire pour que le Soleil consomme toutes ses réserves d'hydrogène est voisine de :

$10^{44} / 10^{34} = 10^{10}$ ans.

3. Un produit de la fusion de l'hélium

$${}_{2}^{4}He + {}_{2}^{4}He \rightarrow {}_{4}^{8}Be$$

On s'intéresse à la radioactivité du "béryllium 8". Soit N(t) le nombre de noyaux de "béryllium 8" présents dans l'échantillon à l'instant de date t, et N_0 celui à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

La loi de décroissance radioactive s'écrit : $N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$ ou encore $\ln (N_0 / N(t) = \lambda.t$.

à t½ , N(t½) = ½N_0 d'où : ln2 =λ.T . avec t1/2 = T la période ou demi-vie.

3.1 Calculer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du "béryllium 8"

$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ avec la constante radioactive du "béryllium 8", $\lambda = 1\ 10^{16}\ s^{-1}$

$T = \frac{0,16}{10^{16}}$ = $7\ 10^{-17}$ s.

3.2.Valeur du rapport $N_0/N(t_1)$ à l'instant de date $t_1 = 1,4\ 10^{-16}$ s

$$\ln\left(\frac{N_0}{N(t_1)}\right) = \lambda t_1 = 10^{16} x 1,4.10^{-16} = 1,4 = 2 x 0,7 = \ln 2^2 \quad \text{d'où} \quad \frac{N_0}{N(t_1)} = 4$$

4. Vers des éléments plus lourds

4.1 Expression littérale de l'énergie de liaison par nucléon E_ℓ/A

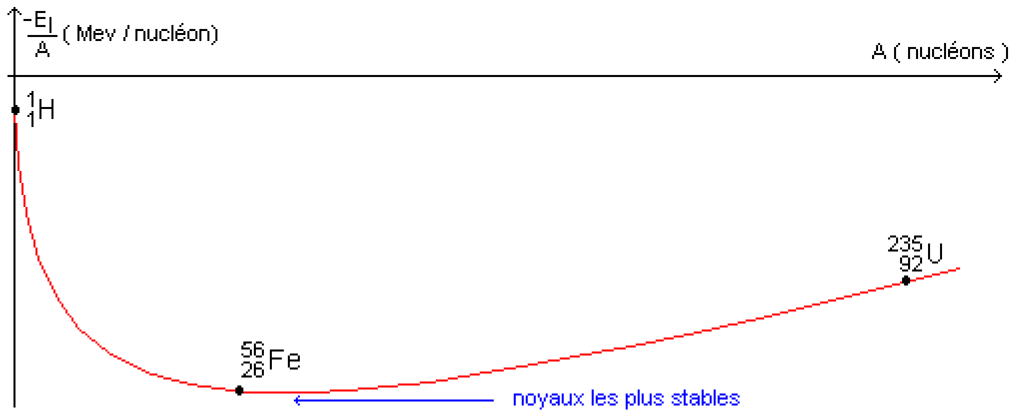
Expression littérale de l'énergie de liaison par nucléon E_ℓ/A d'un noyau de fer ${}_{26}^{56}Fe$, en fonction des masses du neutron m_n, du proton m_p, du noyau de "fer 56" m_{Fe} et de la célérité c de la lumière .

4.2 Courbe d'Aston

On appelle énergie de liaison notée E_ℓ d'un noyau l'énergie que doit fournir le milieu extérieur pour séparer ce noyau au repos en ses nucléons libres au repos. ${}_{26}^{56}Fe$ compte 26 protons et 56-26 = 30 neutrons.

$E_\ell = [\ m_{Fe} - 26m_P - 30m_n\ ].c^2$ donc :

$$\frac{E_l}{A} = \frac{[m_{Fe} - 26\,m_P - 30\,m_n].\,c^2}{56}$$



Les noyaux d'hydrogène (et ces isotopes), d'hélium, capables de libérer de l'énergie lors d'une réaction de fusion se situent sur la partie gauche de la courbe ci-dessus.

5. L'élément fer

Lors de la désintégration radioactive du noyau de cobalt $^{56}_{27}Co$ il se forme, en plus du fer $^{56}_{26}Fe$, une autre particule.

5.1 Équation de désintégration :

L'équation de cette désintégration s'écrit :

$$^{56}_{27}Co \rightarrow \ ^{56}_{26}Fe^{*} + \ ^{0}_{1}e \quad \text{(positrons)}$$

suivi de la désexcitation du noyau de fer : $^{56}_{26}Fe^{*} \rightarrow \ ^{56}_{26}Fe + \ ^{0}_{0}\gamma$ (photon)

5.2 Énergie du noyau de fer :

Ce rayonnement a une énergie bien déterminée : en conséquence les niveaux d'énergie du noyau de fer sont quantifiés.

E= 1238 keV = $1{,}238\ 10^{6}$ eV

Exprimer cette énergie en joule : $1{,}238\ 10^{6} \times 1{,}6\ 10^{-19} = 1{,}238 \times 1{,}6\ 10^{-13}$ J

De plus $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$ soit $\lambda = \frac{hc}{E}$ application numérique :

$$\lambda = \frac{6{,}63.10^{-34} \times 3.10^{8}}{1{,}238 \times 1{,}6.10^{-13}} = 10^{-12}\,m$$

Ce rayonnement est **un rayonnement gamma** γ d'après la gamme de longueur d'onde donnée.