

Corrigé type :

Exercice 1

a. L'énergie de liaison d'un isobare A_ZX est donnée par :

$$B(A, Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c Z^2 A^{-1/3} - \frac{a_a (A - 2Z)^2}{A} + \delta a_p A^{-3/4}$$

Qu'on peut écrire en fonction des masses :

$$\begin{aligned} B(A, Z) &= (ZM_H + (A - Z)m_n - M(A, Z))c^2 \\ &= a_v A - a_s A^{2/3} - a_c Z^2 A^{-1/3} - \frac{a_a (A - 2Z)^2}{A} + \delta a_p A^{-3/4} \end{aligned}$$

On trouve :

$$M(A, Z)c^2 = \left[\frac{a_c}{A^{1/3}} + \frac{4a_a}{A} \right] Z^2 + [(M_H - m_n)c^2 - 4a_a] Z + \left[Am_n - a_v A + a_s A^{2/3} + a_a A - \delta a_p A^{-3/4} \right] \quad (0.1)$$

Qui peut s'écrire sous la forme :

$$M(A, Z)c^2 = \alpha Z^2 + \beta Z + \gamma$$

$$\text{Avec : } \alpha = \left[\frac{a_c}{A^{1/3}} + \frac{4a_a}{A} \right]; \beta = (M_H - m_n)c^2 - 4a_a$$

$$\text{et } \gamma = Am_n - a_v A + a_s A^{2/3} + a_a A - \delta a_p A^{-3/4} \quad (0.1)$$

$$\text{A.N. } \alpha = 1.64126; \beta = -92.7824; \gamma = 59958.4 \text{ en MeV.}$$

b. L'élément le plus stable correspond à $\frac{dM(A, Z)}{dz} = 0$ ce qui donne le nombre atomique de cet élément : $Z_{stab} = -\beta/2\alpha \quad (0.5)$

pour $A = 63$ on trouve $Z_{stab} = -\frac{\beta}{2\alpha} = 28.26 \approx 28$, donc l'élément le plus stable de cette série isobarique est le Nickel 28 : ${}^{63}_{28}\text{Ni} \quad (0.5)$

c. Les excès de masse de ces différents éléments :

$$\delta({}^{63}_{26}\text{Fe}) = M(63, 26) - 63 = -0.0311 \text{ u}$$

$$\delta({}^{63}_{27}\text{Co}) = M(63, 27) - 63 = -0.0373 \text{ u}$$

$$\delta({}^{63}_{28}\text{Ni}) = M(63, 28) - 63 = -0.040 \text{ u}$$

$$\delta({}^{63}_{29}\text{Cu}) = M(63, 29) - 63 = -0.0392 \text{ u} \quad (0.1)$$

$$\delta({}^{63}_{30}\text{Zn}) = M(63, 30) - 63 = -0.0348 \text{ u}$$

$$\delta({}^{63}_{21}\text{Ga}) = M(63, 31) - 63 = -0.0269 \text{ u}$$

d. L'élément le plus stable est : ${}^{63}_{28}\text{Ni}$

Les désintégrations radioactives qui peuvent se produire entre ces différents éléments sont :

Deux β^- entre les éléments : ${}^{63}_{26}\text{Fe} \rightarrow {}^{63}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{63}_{28}\text{Ni}$ excès de neutrons

Les deux sont permises parce que $M(\text{Fe}) < M(\text{Co}) < M(\text{Ni}) \quad (0.5)$

Trois (β^+ et CE) entre les éléments : ${}^{63}_{29}\text{Cu} \rightarrow {}^{63}_{30}\text{Zn} \rightarrow {}^{63}_{21}\text{Ga} \rightarrow {}^{63}_{28}\text{Ni}$ excès de protons.

Les β^+ sont permises si $(M(\text{noyau père}) - M(\text{noyau fils}))c^2 > 2m_e c^2 = 1.022 \text{ MeV} \quad (0.5)$

Les CE sont permises si $M(\text{noyau père}) - M(\text{noyau fils}) > 0 \quad (0.5)$

e. L'énergie cinétique maximale des particules émises pour chacune des désintégrations :

Pour les deux β^- permises :

$$- T_{\beta \max 1} = (M(63, 26) - M(63, 27))c^2 = 5.77 \text{ MeV} \quad (0.5)$$

$$- T_{\beta \max 2} = (M(63, 27) - M(63, 28))c^2 = 2.51 \text{ MeV} \quad (0.5)$$

Pour les β^+ et CE : On néglige B_K l'énergie de liaison de l'électron.

$$- T_{CE \max 3} = (M(63,31) - M(63,30)) c^2 = 7.35 \text{ MeV}$$

$$- T_{\beta \max 3} = (M(63,31) - M(63,30) - 2m_e c^2) c^2 = 7.35 \text{ MeV}$$

0.5

$$- T_{CE \max 4} = (M(63,30) - M(63,29)) c^2 = 4.09 \text{ MeV}$$

$$- T_{\beta \max 4} = (M(63,30) - M(63,29) - 2m_e c^2) c^2 = 4.09 \text{ MeV}$$

0.25

$$- T_{CE \max 5} = (M(63,29) - M(63,28)) c^2 = 0.74 \text{ MeV}$$

Dans ce β^+ cas n'est pas permise puisque :

$$(M(63,29) - M(63,28)) c^2 = 0.74 \text{ MeV} < 2m_e c^2 = 1.022 \text{ MeV}$$

0.25

Exercice 2

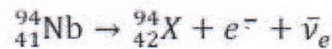
L'irradiation du Niobium ${}^{93}_{41}\text{Nb}$ par neutrons donne deux isomères du Niobium ${}^{94g}_{41}\text{Nb}$ et ${}^{94m}_{41}\text{Nb}$

de périodes 210^4 ans et 6,3 min respectivement. Avec, g= état fondamental, m = état métastable.

- Le premier isomère se désintègre par émission β^- avec une énergie maximale $E_{\beta_{\max}} = 0,61 \text{ MeV}$, l'émission en cascade de deux gammas d'énergie 0,702 MeV et 0,871 MeV.

- Le second isomère produit un spectre d'énergie β^- d'énergie maximale $E_{\beta_{\max}} = 1,35 \text{ MeV}$ suivi de l'émission d'un gamma d'énergie 0,871 MeV.

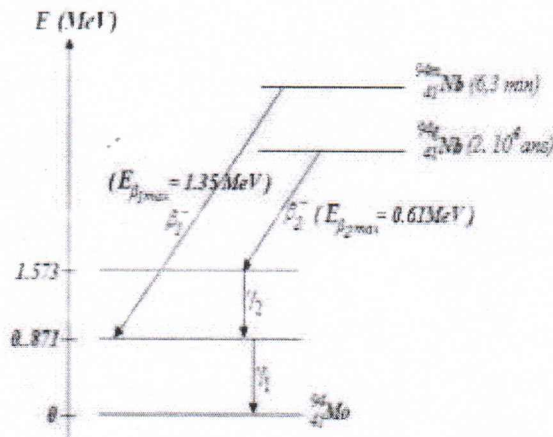
1- La désintégration β^- du Niobium :



-1

Le noyau fils est celui du Molybdène.

2- Spectre de la désintégration du Niobium.



5

4- A partir du digramme on peut déduire la différence d'énergie entre les deux états du Niobium.

$$\Delta E = E_{\beta_1} - E_{\beta_2} - E_{\gamma_2} = 1.35 - 0.61 - 0.702$$

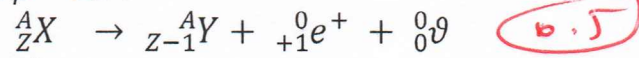
-1

$$\Delta E = 0.038 \text{ MeV}$$

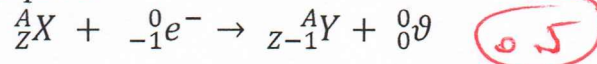
0.1

Exercice 3

La réaction de la désintégration β^+ est :



La réaction de la capture électronique est :



La première est possible si :

$$(M(\text{noyau père}) - M(\text{noyau fils}))c^2 > 2m_e c^2 = 1.022 \text{ MeV} \quad (0,1)$$

La deuxième est possible si :

$$M(\text{noyau père}) - M(\text{noyau fils}) > B_K = 150 \text{ KeV} \quad (0,1)$$

Donc : Si l'émission β^+ est permise la capture K l'est également, mais l'inverse n'est pas dans le cas ou

$$2m_e c^2 > M(\text{noyau père}) - M(\text{noyau fils}) > B_K = 150 \text{ KeV} \quad (0,1)$$