

النوى، الكتلة و الطاقة Noyau, masse et énergie

I - التكافؤ: كتلة الطاقة

1 - علاقة أينشتاين: Einstein

تمتلك كل مجموعة كتلتها m ، في حالة سكون، طاقة E تسمى طاقة الكتلة تعبيرها هو: $E = m.C^2$

$C = 3.10^8 m.s^{-1}$: سرعة الضوء؛

m : كتلة المجموعة يعبر عنها بـ kg ؛

E : طاقة المجموعة يعبر عنها بالجول.

عندما تتغير كتلة المجموعة بـ Δm خلال تحول ما، يكون تغير الطاقة الكتلية لهذه المجموعة هو: $\Delta E = \Delta m.C^2$ ($\Delta m > 0$).

2 - وحدات الطاقة والكتلة.

أ - وحدة الكتلة الذرية u : Unité atomique

تساوي وحدة الكتلة الذرية u ، $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون 12 : $1u = \frac{M(C)}{12.N_A}$

أي: $1u = 1,66054.10^{-27} Kg$

مثال: كتلة البروتون: $m_p = 1,00727u$

كتلة النيوترون: $m_n = 1,00867u$

ب - وحدة الطاقة: الإلكترون - فولت: Electron - volt

في الفيزياء النووية، الجول J وحدة غير ملائمة للطاقة، لذلك يفضل استعمال الإلكترون - فولت (eV) ومضاعفتها

ميغالإلكترون - فولت (MeV) بحيث: $1eV = 1,602177.10^{-19} J$

$1MeV = 10^6 eV = 1,602177.10^{-13} J$

ج - الطاقة المكافئة لوحدة الكتلة الذرية u

نستعمل وحدة عملية أخرى للكتلة: $\frac{MeV}{C^2}$

بحيث: $1u = 931,5 MeV/C^2$

II - طاقة الربط: Energie de liaison

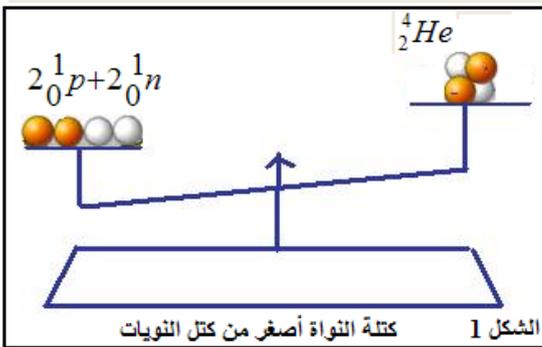
1 - النقص الكتلي: Défaut de masse

النقص الكتلي Δm لنواة رمزها ${}_Z^A X$ هو الفرق بين مجموع كتلة النويات وكتلة النواة.

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m({}_Z^A X)$$

($\Delta m > 0$)

أمثلة:



النواة	كتلتها (Kg)	مجموع كتل نوياتها
${}_2^4 He$	$6,6447.10^{-27}$	$6,6950.10^{-27}$
${}_6^{12} C$	$1,9921.10^{-26}$	$1,0085.10^{-26}$
${}_8^{17} O$	$2,8220.10^{-26}$	$2,8455.10^{-26}$

2 - طاقة الربط

طاقة الربط E_l لنواة ${}_Z^A X$ هي الطاقة التي يجب إعطاؤها لنواة في حالة سكون لفصل نوياتها وتبقى هذه الأخيرة في سكون.

$$E_l = \Delta m.C^2$$

Δm : النقص الكتلي؛

C : سرعة انتشار الضوء في الفراغ.

تطبيق:

احسب طاقة الربط لنواة الكلور $^{35}_{17}\text{Cl}$

نعطي:

✓ كتلة البروتون: $m_p = 1,00727\text{u}$

✓ كتلة النيوترون: $m_n = 1,00867\text{u}$

✓ كتلة نواة الكلور: $m(\text{Cl}) = 35,27132\text{u}$

✓ $1\text{u} = 931,5\text{MeV}/c^2$

3 - طاقة الربط بالنسبة لنوية

$$\xi = \frac{E_\ell}{A}$$

تعرف طاقة الربط بالنسبة لنوية بالعلاقة:

E_ℓ : طاقة الربط للنواة؛

A: عدد النويات.

وحدة طاقة الربط بالنسبة لنوية هي: MeV/nucleon

تطبيق:

احسب طاقة الربط لنوية نواة ذرة الكلور: $^{35}_{17}\text{Cl}$

4 - منحنى أسطون: (Aston)

منحنى أسطون هو تمثيل تغيرات مقابل طاقة الربط بالنسبة لنوية بدلالة عدد النويات $\xi = f(A)$ أي: $-\xi = f(A)$

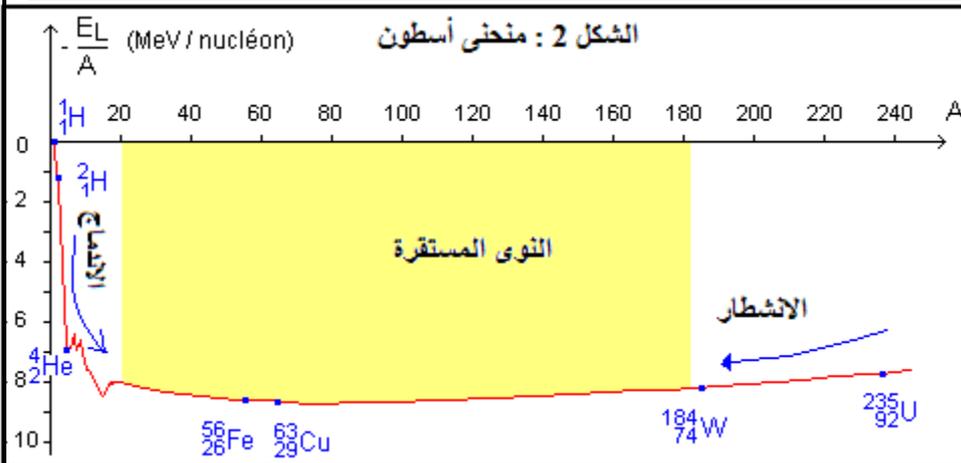
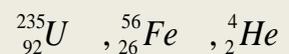
تمكن هذه الدالة من مقارنة استقرار النوى حيث توجد النوى

الأكثر استقرارا في الأسفل.

استثمار:

1 - حدد منطقة النوى الأكثر استقرارا.

2 - رتب النوى التالية حسب استقرارها:



بالنسبة لـ:

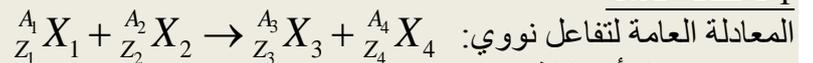
➤ $A < 20$ تتناقص قيم ξ - بحدّة كلما زادت قيمة A .

➤ $20 < A < 195$ يضم هذا الجزء من المنحنى قيما دنيا لـ ξ - ويقابل النوى الأكثر استقرارا مثل الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ والنوى المحيطة.

➤ $A > 195$ تزداد قيم ξ - ببطء كلما زادت قيمة A وتكون النويدات المقابلة أقل استقرارا.

III - الحصلة الكتلية والطاقة لتفاعل نووي.

1 - الحالة العامة



X: رمز نواة أو دقيقة.

$$\Delta E = E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2) - E_\ell(X_3) - E_\ell(X_4)$$

$E_\ell(X_i)$: طاقة الربط للنواة X_i .

✓ $\Delta E < 0$: يكون التفاعل ناشرا للحرارة.

✓ $\Delta E > 0$: يكون التفاعل ماصا للحرارة.

حسب تعبير طاقة الربط، يصبح تعبير ΔE على الشكل التالي:

$$\Delta m = m(X_3) + m(X_4) - m(X_1) - m(X_2)$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [m(\text{النواتج}) - m(\text{المتفاعلات})] \cdot c^2$$

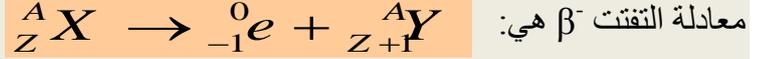
2- تطبيقات على التحولات النووية التلقائية.

بالنسبة للتحولات النووية التلقائية تكون $\Delta E < 0$ ونرمز لها ب E وتسمى الطاقة المحررة.
أ - النشاط الإشعاعي α :



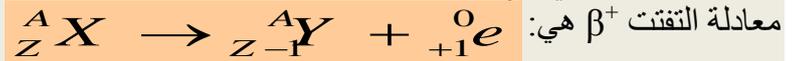
$$\Delta E = [m(Y) + m(He) - m(X)]c^2$$

أ - النشاط الإشعاعي β^- :



$$\Delta E = [m(Y) + m(e^-) - m(X)]c^2$$

أ - النشاط الإشعاعي β^+ :



$$\Delta E = [m(Y) + m(e^+) - m(X)]c^2$$

تمرين تطبيقي:

من بين نظائر الكربون نجد: ${}^{12}_6 C$ و ${}^{14}_6 C$

1 - احسب بالنسبة لنواة ${}^{14}_6 C$:

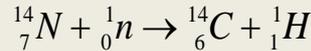
أ - النقص الكتلي Δm .

ب - طاقة الربط E_b (ب MeV).

ج - طاقة الربط بالنسبة لنوية ${}^{14}_6 C$ (ب MeV).

2 - طاقة الربط بالنسبة لنوية للنواة ${}^{12}_6 C$ هي $7,68 \text{ MeV}$ ، استنتج النواة الأكثر استقرارا من بين ${}^{12}_6 C$ و ${}^{14}_6 C$

3 - يتكون الكربون 14 في الطبقات العليا للغلاف الجوي بعد اصطدام نوترون بالأزوت حسب المعادلة التالية:



احسب طاقة هذا التفاعل.

4 - الكربون 14 إشعاعي النشاط β^- .

أ - اكتب معادلة تفتت الكربون 14.

ب - احسب الطاقة المحررة خلال هذا التفاعل.

نعطي:

$$m_n = 1,00866u \text{ كتلة النوترون}$$

$$m_e = 0,000549u \text{ كتلة الإلكترون}$$

$$m({}^{14}_7 N) = 13,9992u \text{ كتلة نواة } {}^{14}_7 N$$

$$m({}^{14}_6 C) = 13,9999u \text{ كتلة نواة } {}^{14}_6 C$$

$$m({}^{12}_6 C) = 11,9967u \text{ كتلة نواة } {}^{12}_6 C$$

$$m_p = 1,00728u \text{ كتلة البروتون}$$

$$1u = 931,5 \text{ MeV}c^{-2}$$