

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : التحويلات النووية	الدرس : ((V النوى – الكتلة والطاقة
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية – تمارة	

1. التكافؤ "كتلة – طاقة" :

1.1) علاقة أينشتاين: في سنة 1905، وضع أينشتاين علاقة تحمل اسمه (أو علاقة التكافؤ : كتلة – طاقة): كل جسم كتلته m في سكون، يتوفر على طاقة E تسمى طاقة الكتلة تعبيرها:

$$E = m \times c^2$$

$$J \quad kg \quad m.s^{-1}$$

ملحوظة:

* عندما تتغير كتلة مجموعة بالمقدار Δm خلال تحول ما، فإن طاقتها تتغير بالمقدار: $\Delta E = \Delta m c^2$.
* إذا انخفضت كتلة مجموعة $\Delta m = m_2 - m_1 < 0$ ، فإن طاقتها تنخفض $\Delta E < 0$ ، وبالتالي فإن المجموعة تمنح الطاقة للوسط الخارجي.

2.1) وحدات الكتلة و الطاقة:

أ – وحدة الكتلة الذرية u :

* علاقة بين u و kg :

في مجال الفيزياء النووية نهتم أكثر بالدقيقة عوض مجموعة دقائق (مول من الدقائق)، فتكون كتلتها صغيرة جدا، ويعبر عنها بوحدة ملائمة تسمى وحدة الكتلة الذرية u ، حيث:

$$1u = \frac{1}{12} m({}^{12}_6C) = \frac{1}{12} \frac{M({}^{12}_6C)}{N_A} = \frac{1}{12} \frac{12(g.mol^{-1})}{6,02.10^{23}(mol^{-1})}$$

$$\underline{\underline{1u = 1,66.10^{-27} kg}}$$

* مثال:

- كتلة الإلكترون بوحدة u :

$$m_{e^-} = 9,11.10^{-31} kg = \frac{9,11.10^{-31}}{1,66.10^{-27}} u = 5,5.10^{-4} u$$

$$\underline{\underline{m_{e^-} = 0,00055 u}}$$

- كتلة البروتون بوحدة u :

$$m_p = 1,672.10^{-27} kg = \frac{1,672.10^{-27}}{1,66.10^{-27}} u$$

$$\underline{\underline{m_p = 1,0072 u}}$$

ب - وحدة الطاقة : الإلكترون- فولط:

* مثال: طاقة كتلة إلكترون هي : $E_{e^-} = m_{e^-} \times c^2 = 9,11.10^{-31} \times (3.10^8)^2 = 8,2.10^{-14} J$ ، فهي قيمة صغيرة جدا. لهذا نستعمل وحدة للطاقة أكثر ملائمة للسلم الميكروسكوبي تسمى الإلكترون- فولط (eV) :

يتبع ...

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : التفاعلات النووية	الدرس : ((V النوى – الكتلة والطاقة
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية – تمارة	

$$1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

* مضاعفات الإلكترون – فولط : $1keV = 10^3 eV$ و $1MeV = 10^6 eV$ و $1GeV = 10^9 eV$

$$E_{e^-} = \frac{8,2 \cdot 10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,1 \cdot 10^5 eV \Rightarrow \underline{E_{e^-} = 0,51 MeV}$$

تكون طاقة كتلة إلكترون هي:

ج - الطاقة المكافئة لوحدة الكتلة الذرية:
حسب علاقة أينشتاين:

$$E_u = u \times c^2 = 1,66 \cdot 10^{-27} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 1,49 \cdot 10^{-14} J$$

$$= \frac{1,49 \cdot 10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} eV = 9,315 \cdot 10^4 eV = 931,5 MeV$$

$$\underline{E_u = 1u \times c^2 = 931,5 MeV}$$

$$1u \times c^2 = 931,5 MeV \Leftrightarrow \underline{1u = 931,5 MeV \cdot c^{-2}}$$

(3.1) النقص الكتلي لنواة - طاقة الربط:

(1-3-1) النقص الكتلي :

* تعريف :

نسمي النقص الكتلي Δm لنواة ${}^A_Z X$ الفرق بين مجموع كتل النويات وكتلة النواة :

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

* مثال:

حساب النقص الكتلي لنواة الأورانيوم: ${}^{235}_{92}U$

المعطيات : $m_p = 1,00727u$; $m_n = 1,00867u$; $m({}^{235}_{92}U) = 234,9935u$

$$\Delta m = 92m_p + (235 - 92)m_n - m({}^{235}_{92}U)$$

$$\Delta m = 92 \times 1,00727 + 143 \times 1,00867 - 234,9935$$

$$\Delta m = 1,915u$$

(2-3-1) طاقة الربط :

* تعريف :

طاقة الربط E_ℓ لنواة ${}^A_Z X$ هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة في حالة سكون لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون:

$$E_\ell = \Delta m \times c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m({}^A_Z X)] \times c^2$$

طاقة الربط طاقة موجبة $E_\ell > 0$ ، لأنها مكتسبة من طرف النواة.

* مثال:

حساب طاقة الربط E_ℓ لنواة الأورانيوم: ${}^{238}_{92}U$

يتبع ...

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : التفاعلات النووية	الدرس : ((V النوى – الكتلة والطاقة
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأسيسية – تمارة	

$$E_{\ell} = \Delta m \times c^2 = (1,915u) \times c^2 = 1,915(u \times c^2)$$

$$E_{\ell} = 1,915 \times 931,5 \text{ MeV}$$

$$E_{\ell} = 1783 \text{ MeV}$$

3-3-1) طاقة الربط بالنسبة لنوية :
* تعريف:

نعرف طاقة الربط E_{ℓ} بالنسبة لنوية بالعلاقة: $E_{\ell} = \xi A$ ،

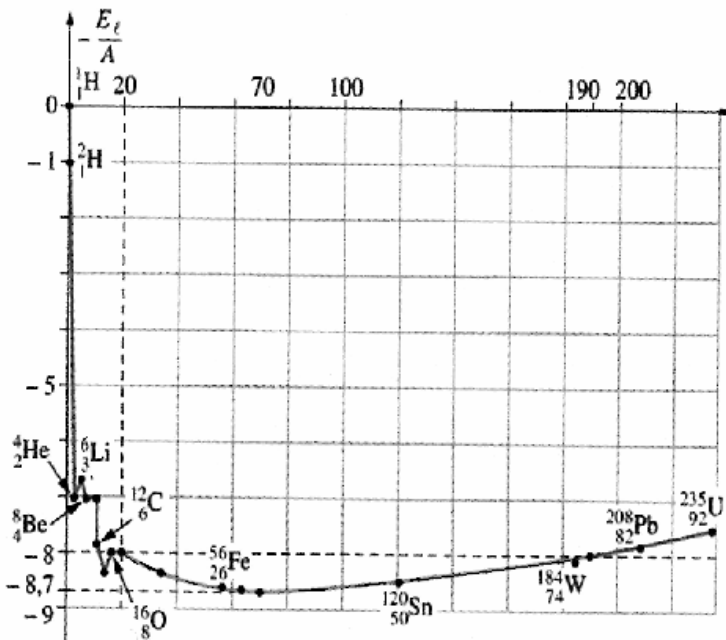
حيث E_{ℓ} طاقة الربط للنواة و A عد النويات. وحدة ξ هي : $\text{MeV}/\text{nucléon}$.
* مثال:

$$\xi(^{235}_{92}\text{U}) = \frac{E_{\ell}}{A} = \frac{1783}{235} = 7,6 \text{ MeV} / \text{nucléon} \quad : \quad ^{238}_{92}\text{U} \quad \text{طاقة الربط } \xi \text{ بالنسبة لنوية لنواة الأورانيوم}$$

4.3.1) منحنى أسطون :

* تعريف: منحنى أسطون هو المنحنى الممثل لتغير الدالة: $-\frac{E_{\ell}}{A} = f(A)$.

يمكن منحنى أسطون من مقارنة مدى استقرار النوى، ومن إمكانية تحول بعض النوى إلى نوى أخرى.



- بالنسبة لـ : $20 < A < 195$ ، نلاحظ على المنحنى قيم

دنيا لـ $-\frac{E_{\ell}}{A}$ تقارب القيمة $8 \text{ MeV} / \text{nucléon}$ ، وبالتالي

تضم هذه المنطقة النوى الأكثر استقرارا.

- بالنسبة لـ : $A < 20$ و $A > 195$ ، تكون طاقة الربط

بالنسبة لنوية لهذه النوى ضعيفة، وبالتالي تضم هذه المنطقة نوى غير مستقرة ، قد تتحول إلى نوى أكثر استقرارا وفق تفاعلين نوويين:

* $A < 20$: نوى خفيفة تتحد فيما بينها لتعطي نواة أكثر

ثقلا : الاندماج النووي.

* $A > 195$: نوى ثقيلة تنتشر إلى نواتين خفيفتين :

الانشطار النووي.

2.الحصيلة الكتلية و الطاقةية لتحول نووي

1.2) حالة عامة:

نعتبر المعادلة العامة لتفاعل نووي : $^A_1X_1 + ^A_2X_2 \rightarrow ^A_3X_3 + ^A_4X_4$ ، حيث X رمز نواة أو دقيقة.

يتبع ...

تعبير الطاقة المتحررة ΔE عن هذا التحول النووي هو :

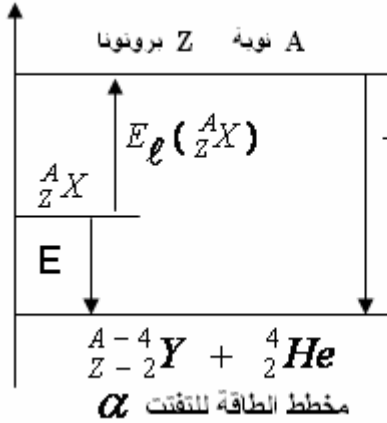
المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : التفاعلات النووية	الدرس : ((V) النوى – الكتلة والطاقة
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية – تمارة	

- باستعمال طاقات الربط للنوى : $\Delta E = [E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2)] - [E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4)]$

- باستعمال تغيرات الكتلة : $\Delta E = \Delta m c^2 = [m(X_3) + m(X_4) - m(X_1) - m(X_2)] \times c^2$
ملحوظة : * $\Delta E > 0$ التفاعل ماص للطاقة - $\Delta E < 0$ التفاعل ناشر للطاقة

2.2 التحولات النووية التلقائية:

النشاط الإشعاعي α :



* الطاقة المتحررة خلال هذا التحول :

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

* ملحوظة : النشاط الإشعاعي α ناشر للطاقة $\Delta E < 0$ ، وتظهر هذه الطاقة على شكل طاقة حركية للدقيقة α .
* مثال:

نويده الراديوم ${}^{226}_{88} Ra$ إشعاعية النشاط α ، يتولد عن تفتتها نويده الرادون ${}^A_Z Rn$.

1. أكتب معادلة هذا التفتت النووي محددا قيمتي A و Z.

2. أحسب بوحدة MeV ، الطاقة المتحررة عن تفتت مول واحد لنويدات الراديوم.

نعطي : $m({}^4_2 He) = 4,0015 u$; $m({}^A_Z Rn) = 221,9702 u$; $m({}^{226}_{88} Ra) = 225,9770 u$

$$1 u = 935,1 \text{ MeV} / c^2 ; N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$E' = [m(Rn) + m(\alpha) - m(Ra)] \times c^2$$

$$= -4,94 \text{ MeV} \text{ (pour un seul noyau)}$$

الحل:

$$E = -4,94 \text{ MeV} \times 6,02.10^{23} = -2,97.10^{24} \text{ MeV}$$

النشاط الإشعاعي β^- :



* الطاقة المتحررة خلال هذا التحول : $E = [m(Y) + m(e^-) - m(X)] \times c^2$

* ملحوظة : النشاط الإشعاعي β^- ناشر للطاقة $\Delta E < 0$ ، وتظهر هذه الطاقة على شكل طاقة حركية للإلكترونات e^- .

النشاط الإشعاعي β^+ :



* الطاقة المتحررة خلال هذا التحول : $E = [m(Y) + m(e^+) - m(X)] \times c^2$

* ملحوظة : النشاط الإشعاعي β^- ناشر للطاقة $\Delta E < 0$.

يتبع ...

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : التفاعلات النووية	الدرس : ((V النوى – الكتلة والطاقة
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية – تمارة	

3.المفعول البيولوجي للنشاط الإشعاعي:

تحدث الدقائق الناتجة عن الأنشطة الإشعاعية تأينا في مسارها ويمكنها أن تتفاعل مع المادة المكونة لجسم الإنسان، إذ يمكنها انتزاع إلكترونات ذرات خلايا بعض الأعضاء محدثة تشوهات بيوكيميائية. وحسب جرعة الإشعاعات التي يتلقاها كائن حي، يمكن أن يتوفى في الحال أو يصاب بحروق أو يزداد احتمال إصابته بالسرطان. يستعمل النشاط الإشعاعي في ميادين مختلفة منها: الصناعة (إنتاج الطاقة الكهربائية)، والفلاحة (مقاومة الحشرات) والطب (معالجة الأورام السرطانية).