

النحو - الكاتبة - الطاقة

Noyaux – masse – énergie

5

I- التكافؤ كتلة - طاقة :

١ - علاقة اشتاين :

طاقة الكتلة : هي التي تمتلكها مجموعة كتلتها m في حالة سكون :

$$E = m.c^2$$

٣: سرعة الضوء

يتبيّن من خلال العلاقة أن كل تغيير في الكتلة Δm يقابل تغيير في الطاقة ΔE :

حيث إذا تناقصت الكتلة $(\Delta m < 0)$ خلal تحول فإن $\Delta E < 0$ أي أن مجموعة تحرر الطاقة إلى الوسط الخارجي.

إذا تزايدت الكتلة $(\Delta m > 0)$ خلal تحول فإن $\Delta E > 0$ أي أن مجموعة تكتسب الطاقة إلى الوسط الخارجي.

2 - وحدات الكتلة و الطاقة :

أ - وحدة الكتلة الذرية :

بما أن النوى و الدقائق صغيرة جداً لهذا نستعمل في الفيزياء النووية وحدة تسمى وحدة الكتلة الذرية // و تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة

الكربون ${}_{6}^{12}C$

$$1u = \frac{m(^{12}_{\text{6}}C)}{12} = \frac{12}{12 \times 6,023.10^{23}}$$

$$1u = 1,66054 \cdot 10^{-27} kg$$

الكترون	نوترون	بروتون	الدقيقة
0,00055	1,00866	1,00728	الكتلة (u)
0,5	939,565	938,272	الطاقة (MeV)

ب - وحدة الطاقة : إلكترون - فولط

في الفيزياء النووية الجول (J) وحدة غير ملائمة للطاقة لهذا نستعمل الكترون - فولط

$$1eV = 1,602177.10^{-19} J$$

حیث

$$1MeV = 10^6 eV = 1,602177 \cdot 10^{-13} J$$

جــ الطاقة المكافئة لوحدة الكتلة الذرية u :

$$E = m.c^2 = 1.66054 \cdot 10^{-27} \times (299792458)^2$$

$$E = 1492,42 \cdot 10^{-13} J$$

سوق أرباعي الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

الأستاذ: خالد المكاوي

$$E = \frac{1492,42 \cdot 10^{-13}}{1,602177 \cdot 10^{-13}} MeV$$

$$E = 931,5 MeV$$

$$1u = 931,5 MeV / c^2$$

II - طاقة الربط:

1 - النقص الكتلي:

نسمى النقص الكتلي Δm لنواة ${}^A_Z X$ الفرق بين مجموع كتل النويات و كتلة النواة :

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

مقدار موجب $\Delta m > 0$

❖ مثال: النقص الكتلي لنواة الهيليوم ${}^4_2 He$

بينت قياسات دقيقة أن كتلتها هي : $m({}^4_2 He) = 4,00154u$

$$2 \cdot m_p + 2 \cdot m_n = 2 \times 1,00728 + 2 \times 1,00866 = 4,03232u$$

$$\Delta m = 4,03232 - 4,0015 \quad \text{إذن :}$$

$$\Delta m = 0,0305u > 0$$

2 - طاقة الربط لنواة:

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

$$E_l = \Delta m \cdot c^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m({}^A_Z X)] \cdot c^2$$

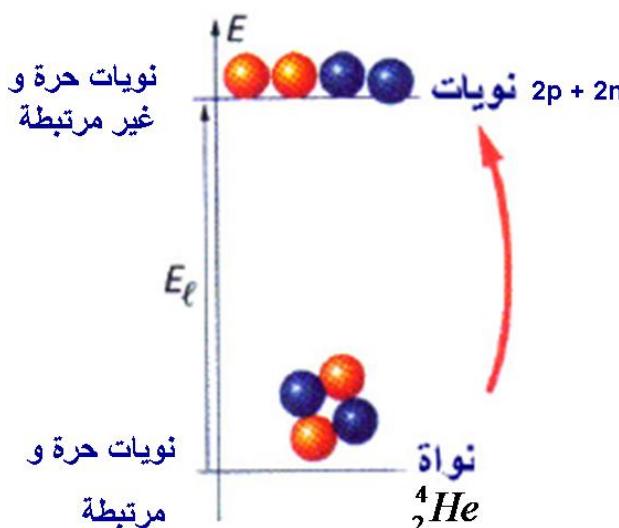
❖ مثال: طاقة الربط لنواة الهيليوم ${}^4_2 He$

$$E_l = \Delta m \cdot c^2 = 0,0305 \times 931,5$$

$$E_l = 28,41 MeV$$

بما أن $0 < \Delta m$ فإن $E_l > 0$

❖ مخطط الطاقة لنواة الهيليوم:



- تكون النواة يتم بطاقة : $\Delta E = -E_l < 0$

- فصل نويات نواة يتم بطاقة : $\Delta E = E_l > 0$

سوق أرباع الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

الأستاذ: خالد المكاوي

يعزى تماسك النواة إلى وجود قوى تجاذبية بين النويات و تسمى **قوى التأثيرات البنية** القوية شدتها كبيرة جدا مقارنة مع **قوى التناول الكهر ساكن بين البروتونات**.

3 - طاقة الربط بالنسبة لنوية :

$$\text{هي طاقة الربط المتوسطة لنوية يعبر عنها بالعلاقة : } \xi = \frac{E_l}{A}$$

وحتها E_l : طاقة الربط و A : عدد النويات

تمكن طاقة الربط بالنسبة لنوية من إعطاء فكرة عن مدى استقرار النواة حيث كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة كلما كانت النواة أكثر استقرارا.

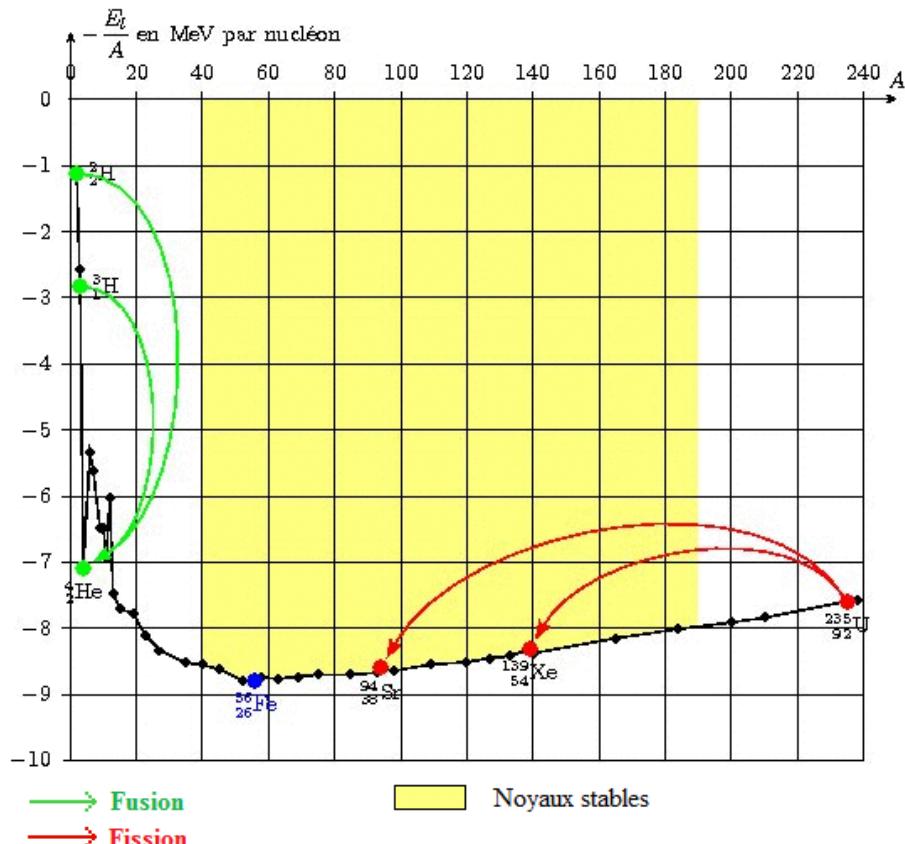
$$\text{مثال : طاقة الربط لنوية : } \xi \left({}_2^4 He \right) = \frac{E_l}{A} = \frac{28,4}{4} = 7,1 \text{ MeV / nucléon}$$

${}_{92}^{238} U$	${}_{26}^{56} Fe$	${}_{2}^4 He$	${}_{1}^2 H$	النواة
$1,8 \cdot 10^3$	$4,9 \cdot 10^2$	28	2,2	$E_l = (\text{MeV})$
7,6	8,8	7,1	1,1	$\frac{E_l}{A} (\text{MeV / nucléon})$

- نواة الهيليوم ${}_{2}^4 He$ أكثر استقرار من نواة دوتريوم ${}_{1}^2 H$

4 - منحنى أسطون : Aston

يمثل منحنى أسطون تغيرات مقابل طاقة الربط بالنسبة لنوية A بدلالة عدد النويات A :



نلاحظ على المنحنى فيما دنیا $\frac{E_i}{A}$ - تقارب قيمتها المطلقة 8 MeV / nucleon و تضم هذه المنطقة النوى الأكثر استقرار.

❖ بالنسبة ل $20 < A < 195$

نلاحظ أن طاقة الربط بالنسبة لنوية لهذه النوى ضعيفة أي أن هذه النوى غير مستقرة :

❖ بالنسبة ل $20 < A < 195$

هي نوى خفيفة غير مستقرة تتحدد فيما بينها لتعطي نواة أكثر ثقلًا وأكثر استقرارًا و تسمى بالاندماج النووي.

❖ بالنسبة ل $195 < A < 20$

هي نوى ثقيلة غير مستقرة تتشتت إلى نوى خفيفة أكثر استقرارًا و تسمى بالانشطار النووي.

❖ ملحوظة :

- النواة الأكثر استقرارًا هي نواة الحديد لهذا توجد في الكون بوفرة.

- الانشطار والاندماج تفاعلان نوويان محظيان (يتدخل فيهما الإنسان)

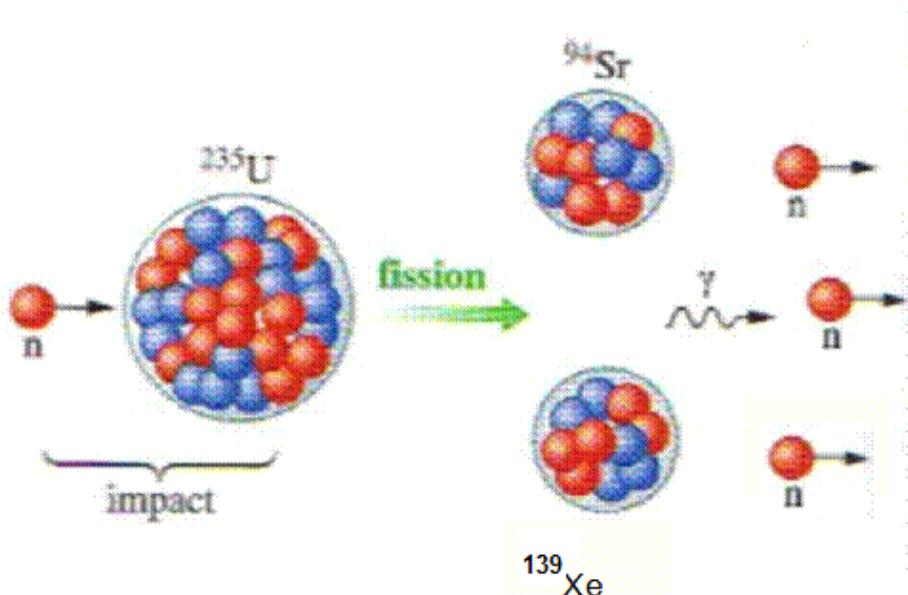
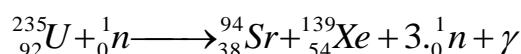
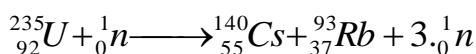
III - الانشطار والاندماج النوويان :

1 - الانشطار النووي :

أ - تعريف :

الانشطار النووي تفاعل نووي محظي تنقسم خلاله نواة ثقيلة شطورة بعد قذفها بنوترون حراري إلى نواتين خفيفتين :

❖ مثال : انشطار الأورانيوم

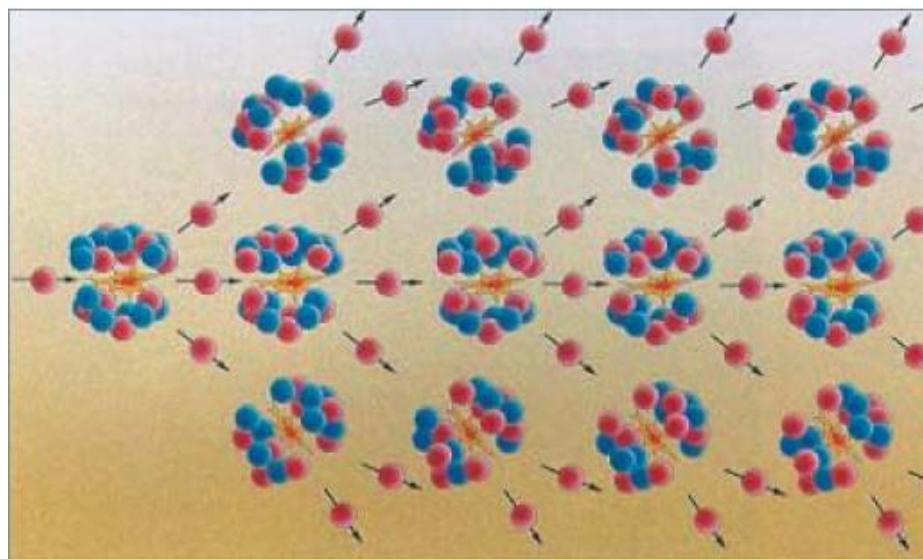


ب - تفاعل متسلسل :

يمكن للنوترونات المنبعثة خلال انشطار أن تحدث انشطار نوى آخر محدثًا تفاعل متسلسل.

يستخدم الانشطار النووي في

- القبلة النووية A : تفاعل انشطار متحكم فيه

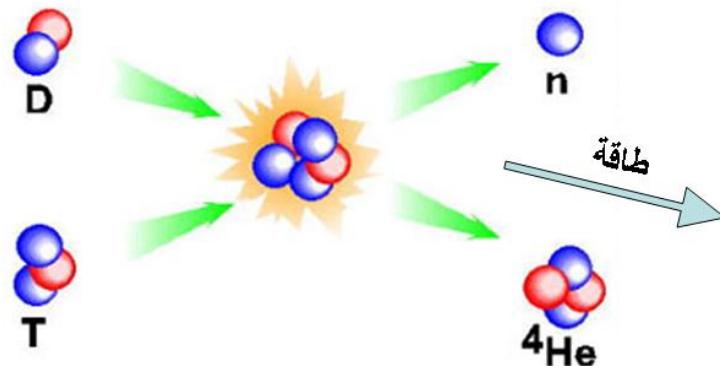
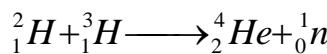


2 - الاندماج النووي:

أ - تعريف:

الاندماج النووي تفاعل نووي محضر تتحد خلاه نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلاً :

❖ مثال : اندماج نظائر الهيدروجين



❖ ملحوظة :

- الاندماج النووي تفاعل ناشر للطاقة يستعمل في القنابل الهيدروجينية.
- يحدث هذا التفاعل داخل الشمس.

ب - شروط تحقق الاندماج النووي:

يتطلب الاندماج النووي طاقة للنواتين تمكنها من التغلب على قوى التأثيرات التنافية و يتطلب توفير الطاقة درجة حرارة عالية ة لهذا السبب ينبعث الاندماج **بالتفاعل النووي الحراري**.

IV - الحصيلة الكتلة و الطاقة لتفاعل نووي :

1 - الحالة العامة :

نعتبر التحول النووي التالي :



سوق أربعاء الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

الأستاذ: خالد المكاوي
X_i: تمثل النوى أو الدفانق

$$\Delta E = [E_l(X_1) + E_l(X_2)] - [E_l(X_3) + E_l(X_4)]$$

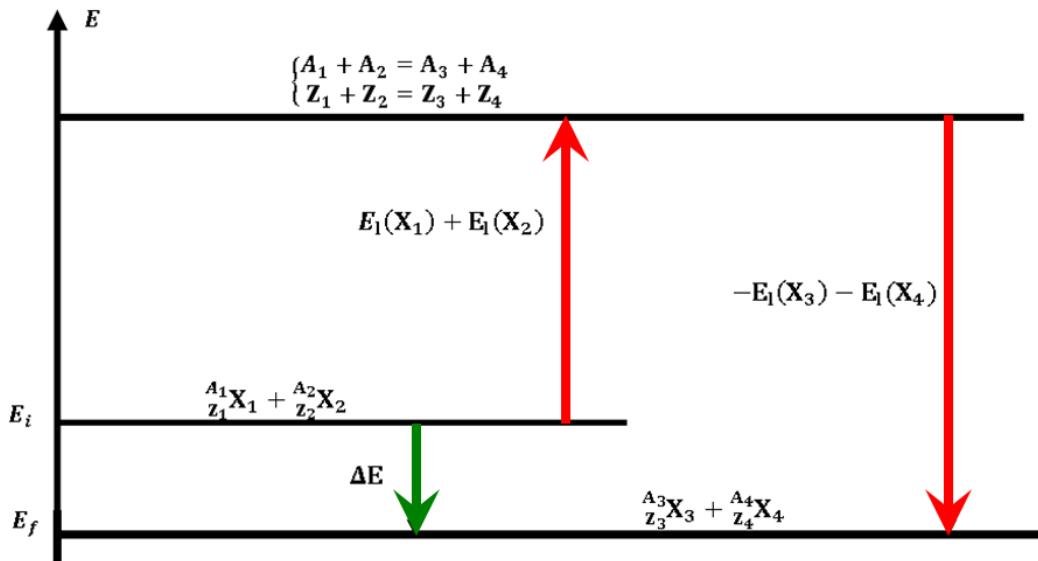
الحصيلة الطافية لهذا التفاعل:

E_l(X_i): تمثل طاقة الربط للنواة أو الدقيقة.

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = [\sum m(\text{نواتج}) - \sum m(\text{متفاعلات})]c^2$$

حسب تعبير طاقة الربط يصبح:

❖ مخطط الطاقة:



E_i: الطاقة البدئية للمجموعة (المتفاعلات).

E_f: الطاقة النهائية للمجموعة (النواتج).

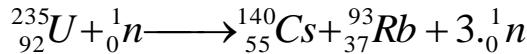
+: الطاقة التي تكتسبها المجموعة لتفكيك النواتين X₁ و X₂ إلى نواتين.

-: الطاقة التي تحررها المجموعة عند تكوين النواتين X₃ و X₄ انطلاقاً من نويات.

2- تطبيقات على الانشطار والاندماج النووي:

أ- الانشطار النووي:

نعتبر الانشطار النووي التالي:



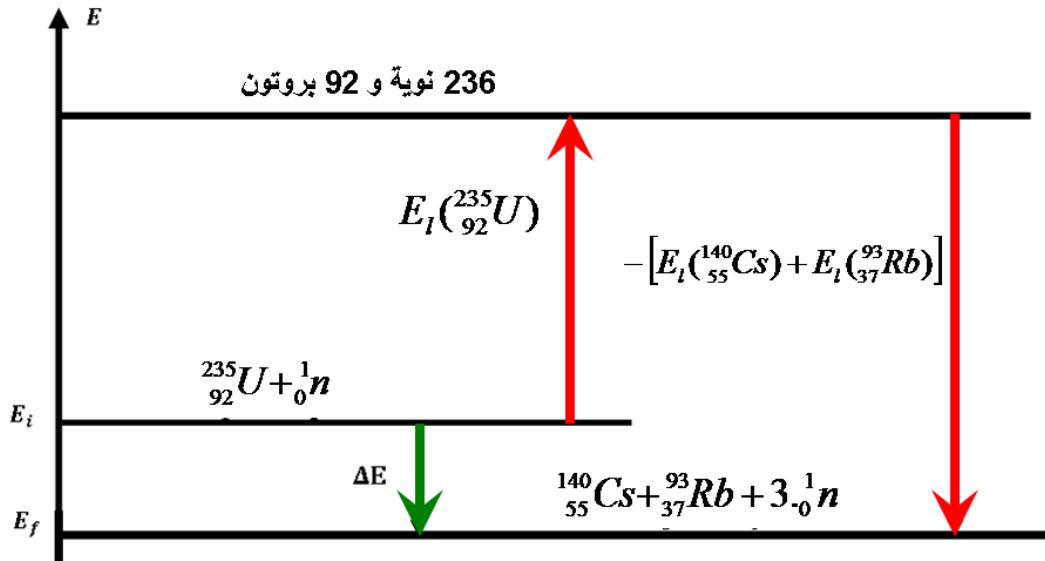
$$\Delta E = \Delta m.c^2 = [m({}^{140}_{55}Cs) + m({}^{93}_{37}Rb) + 3.m({}^1_0n) - m({}^{235}_{92}U) - m({}^1_0n)]c^2$$

$$\Delta E = [139,88711 + 92,90174 + 2 \times 1,00866 - 234,99346] (3 \cdot 10^8)^2$$

$$\Delta E = -2,7952 \cdot 10^{-11} J = -174,46 MeV$$

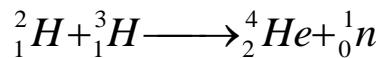
هذا يعني أن انشطار نواة واحد من الأورانيوم 235 تحرر طاقة E₀ = 174,46 MeV

❖ مخطط الطاقة:



ب - الاندماج النووي :

نعتبر الاندماج النووي التالي :

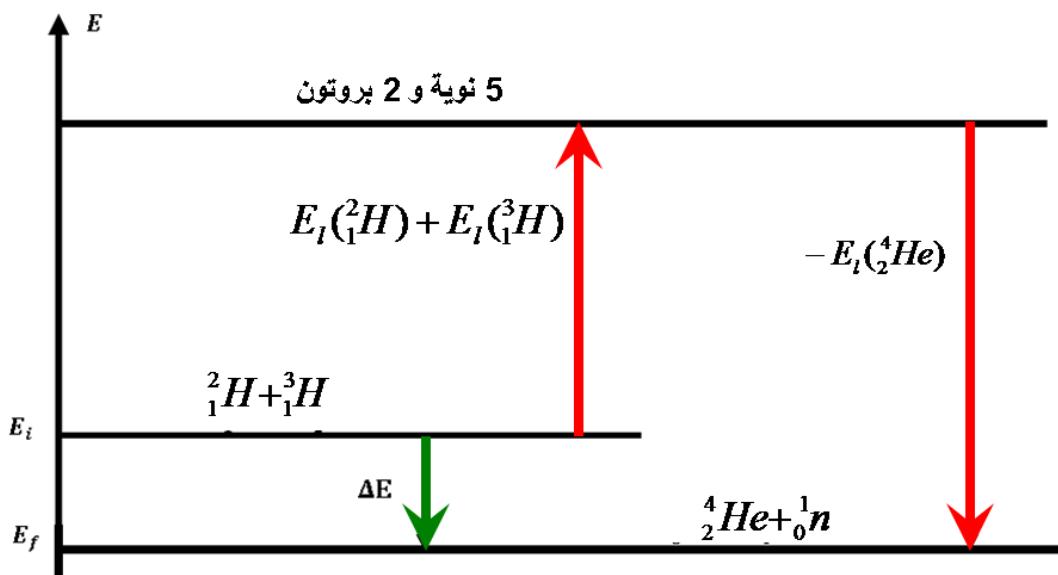


$$\Delta E = \Delta m.c^2 = [m({}_2^4He) + m({}_0^1n) - m({}_1^2H) - m({}_1^3H)]c^2$$

$$\Delta E = [4,0015 + 1,00866 - 2,01355 - 3,0155] \times 931,5$$

$$\Delta E = -17,585 MeV$$

❖ مخطط الطاقة :



❖ ملحوظة :

- تفاعلات الاندماج تنتج طاقة أكبر من تفاعلات الانشطار.
- الانشطار النووي تؤدي إلى تكون نوافج نوافج مشعة تشكل خطراً على البيئة.
- تفاعل الاندماج لم يتمكن الإنسان التحكم فيه.

3 - تطبيقات على التحولات النووية الثقافية :

✓ بالنسبة للتحولات المحرضة (الانشطار و الاندماج) :

سوق أرباعي الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

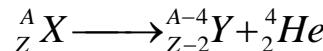
الأستاذ: خالد المكاوي

إذا كان $\Delta E < 0$: تحرر الطاقة إلى المحيط الخارجي.

إذا كان $\Delta E > 0$: تكتس الطاقة من المحيط الخارجي.

✓ بالنسبة للتحولات التلقائية تكون $\Delta E < 0$ دائمًا سالبة و تسمى الطاقة المحررة و نرمز لها بـ E :

أ - النشاط الإشعاعي :

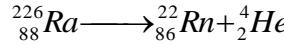


معادلة التفتق :

$$E = [m({}_{Z-2}^{A-4}Y) + m({}_{2}^{4}He) - m({}_{Z}^{A}X)]c^2$$

الطاقة المتحررة :

❖ مثال :

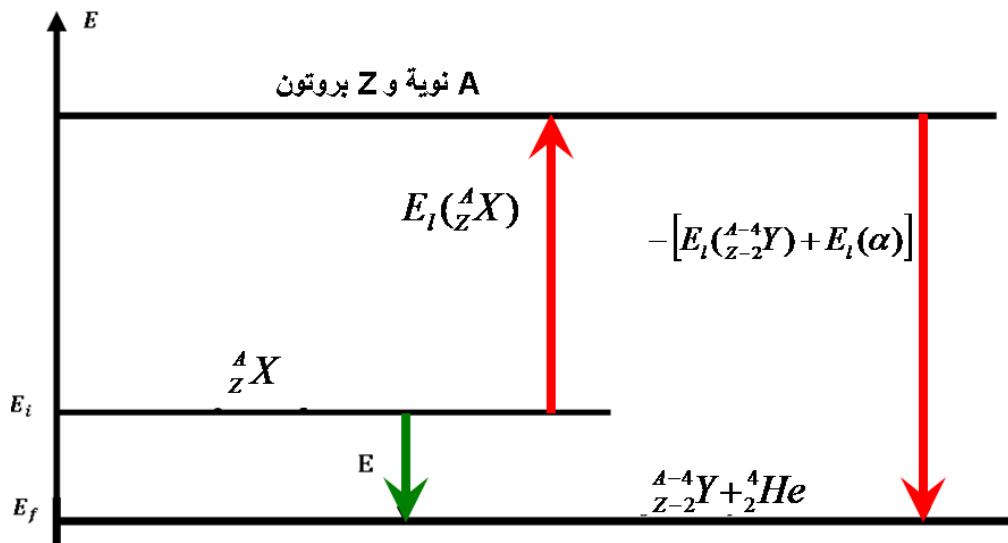


$$m({}_{88}^{226}Ra) = 225,977u \quad \text{و} \quad m({}_{86}^{222}Rn) = 221,9702u \quad \text{و} \quad m({}_{2}^{4}He) = 4,0015u$$

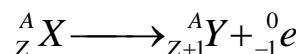
$$E = [221,9702 + 4,0015 - 225,977] \times 931,5$$

$$E = -4,94MeV$$

❖ مخطط الطاقة :



ب - النشاط الإشعاعي - β^- :

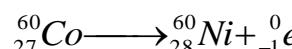


معادلة التفتق :

$$E = [m({}_{Z+1}^{A}Y) + m({}_{-1}^0e) - m({}_{Z}^{A}X)]c^2$$

الطاقة المتحررة :

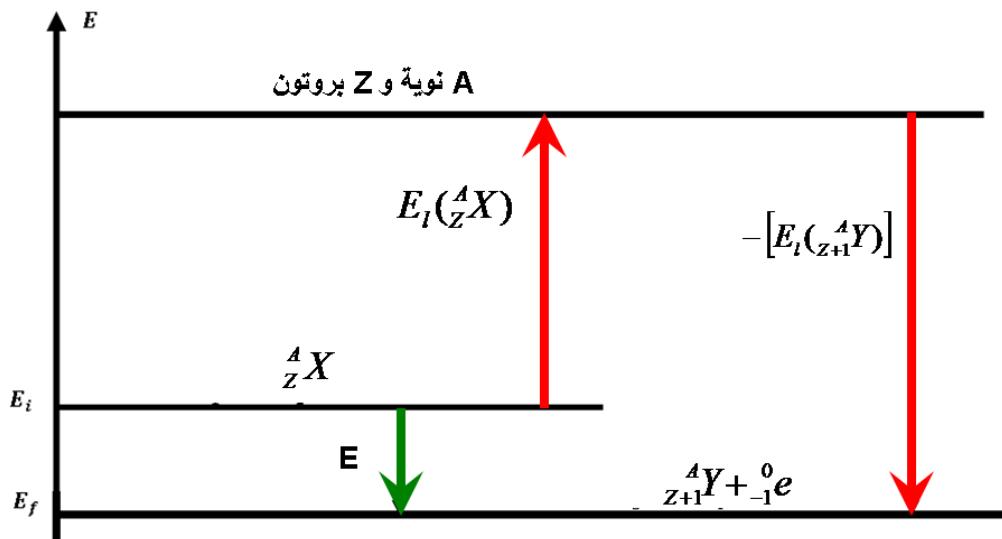
❖ مثال :



$$m({}_{27}^{60}Co) = 59,9190u \quad \text{و} \quad m({}_{28}^{60}Ni) = 59,915u \quad \text{و} \quad m({}_{-1}^0e) = 5,49 \cdot 10^{-4}u$$

$$E = [59,915 + 5,49 \cdot 10^{-4} - 59,9190] \cdot 931,5$$

$$E = -3,214MeV$$

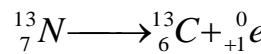


ج - النشاط الاشعاعي β^+ :



$$E = [m({}_{Z-1}^AY) + m({}_{+1}^0e) - m({}_Z^AX)]c^2 \quad \text{الطاقة المتحركة:}$$

❖ مثال :

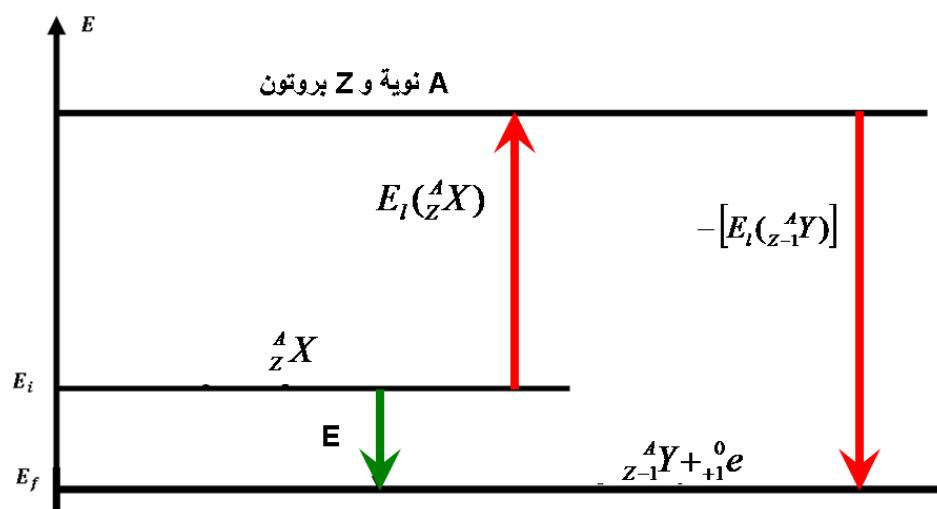


$$m({}_7^{13}N) = 13,001898u \quad \text{و} \quad m({}_6^{13}C) = 13,000062u \quad \text{و} \quad m({}_{+1}^0e) = 5,49 \cdot 10^{-4}u$$

$$E = [13,000062 + 5,49 \cdot 10^{-4} - 13,001898]931,5$$

$$E = -1,1988 MeV$$

❖ مخطط الطاقة :



V - استعمالات و التأثيرات البيولوجية للنشاط الاشعاعي :

❖ المجال الطبيعي :

تستعمل كميات ضئيلة جدا من الإشعاعات النووية في ميدان الطب كعنصر استشفائي إما لتشخيص الأمراض أو معالجتها كالسرطان.

الأستاذ : خالد المكاوي
سوق أربيعاء الغرب
الفيزياء و الكيمياء 2 bac
تشكل كمية الاشعاعات النووية ذات الطاقة العالية خطاً على الإنسان لأنها تتفاعل مع المادة المكونة لجسمه إذ يمكنها انتزاع إلكترونات
ذرات خلايا بعض الأعضاء محدثة تشوّهات بيوكيميائية على الجلد و الجهاز التنفسي و الغدة الدرقية التي تساعد على إنتاج هرمون النمو و
الخصيتيين و المبيضين و الاصابة بالسرطان و التشوّه الخلقي للأطفال المولودين من أبواء و أمهات تعرضوا لهذه الاشعاعات.
وتتعلق خطورة هذه الاشعاعات بطبيعة الأشعة و بالكمية التي يمتصها الجسم.

❖ المجال الصناعي :

تنتج محطات الطاقة النووية الحديثة طاقة كهربائية هائلة جداً و بدون نفايات و إشعاعات قد تضر الإنسان و الطبيعة حيث تلبي ما يزيد عن 16%
من احتياجات الطاقة الكهربائية في العالم.

بمقارنة الطاقة الكهربائية الناتجة عن الأورانيوم مع الطاقة الكهربائية الناتجة عن احتراق البترول و الفحم نجد أنها أكبر بـ ملايين المرات
حيث :

- ينتج عن انشطار نويدة واحدة من الأورانيوم طاقة $E = 184,93 \text{ MeV}$
- ينتج عن احتراق ذرة واحد من الفحم (الكربون) طاقة $E = 4 \text{ eV}$
- ينتج عن احتراق 5g من الأورانيوم طاقة $J = 3,79 \cdot 10^{11} \text{ J}$ و لانتاج نفس الطاقة يجب حرق 9tonnes من البترول, علماً أن احتراق
1kg من البترول ينتج طاقة تساوي 42MJ