هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

5

النـــوى – الكتلـــة – الطاقـــة

Noyaux – masse – énergie

I – التكافؤ كتلة – طاقة :

1 – علاقة انشتاين :

توصل انشتاين سنة 1905 من خلال الميكانيك النسبية أن هناك تكافؤ بين الطاقة (تمثل الكتلة شكلا من أشكال الطاقة) .

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

$$E = m.c^2$$

(J) (kg) $(m.s^{-1})$

c : سرعة الضوء

يتبين من خلال العلاقة أن كل تغير في الكتلة Δm يقابله تغير في الطاقة ΔE : $\Delta E = \Delta m.c^2$

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

إذا تزايدت الكتلة ($\Delta m > 0$) خلال 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 جدا لهذا نستعمل في الفيزياء النووية وحدة تسمى و حدة الكتلة الذرية u و تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون $^{12}_{6}C$:

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

$$1u = 1{,}66054.10^{-27}\,kg$$

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

ب – وحدة الطاقة : إلكترون – فولط

في الفيزياء النووية الجول (J) وحدة غير ملائمة للطاقة لهذا نستعمل إلكترون – فولط

حيث : $1eV = 1{,}602177.10^{-19}\,J$

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

ج – الطاقة المكافئة لوحدة الكتلة الذرية u :

$$E = m.c^2 = 1{,}66054.10^{-27} \times (299792458)^2$$

$$E = 1492{,}42.10^{-13}\,J$$

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

$$E = \frac{1492,42.10^{-13}}{1,602177.10^{-13}} MeV$$

$$E = 931,5MeV$$

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

II – طاقة الربط :

1 – النقص الكتلي :

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

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

$\Delta m > 0$ مقدار موجب

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

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

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

إذن :

$$\Delta m = 4,03232 - 4,0015$$

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

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 :

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

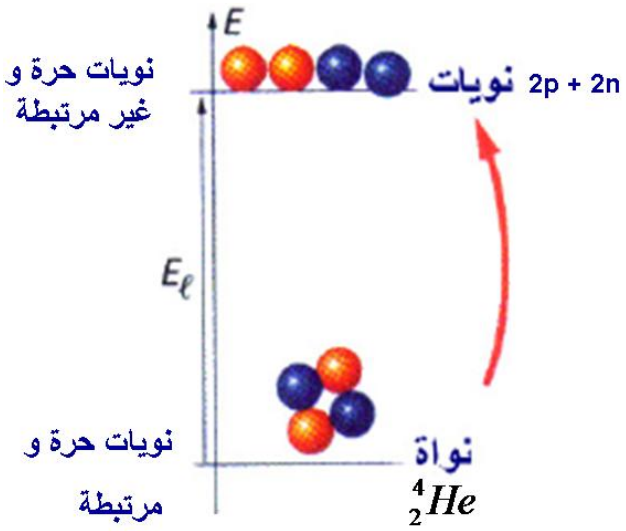
❖ مثال : طاقة الربط لنواة الهيليوم ${}^4_2 He$

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

$$E_l = 28,41MeV$$

بما أن $\Delta m > 0$ فإن $E_l > 0$

❖ مخطط الطاقة لنواة الهيليوم :



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

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

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

3 – طاقة الربط بالنسبة لنوية :

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

وحدتها $MeV / nucléon$ حيث 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 استقرار .

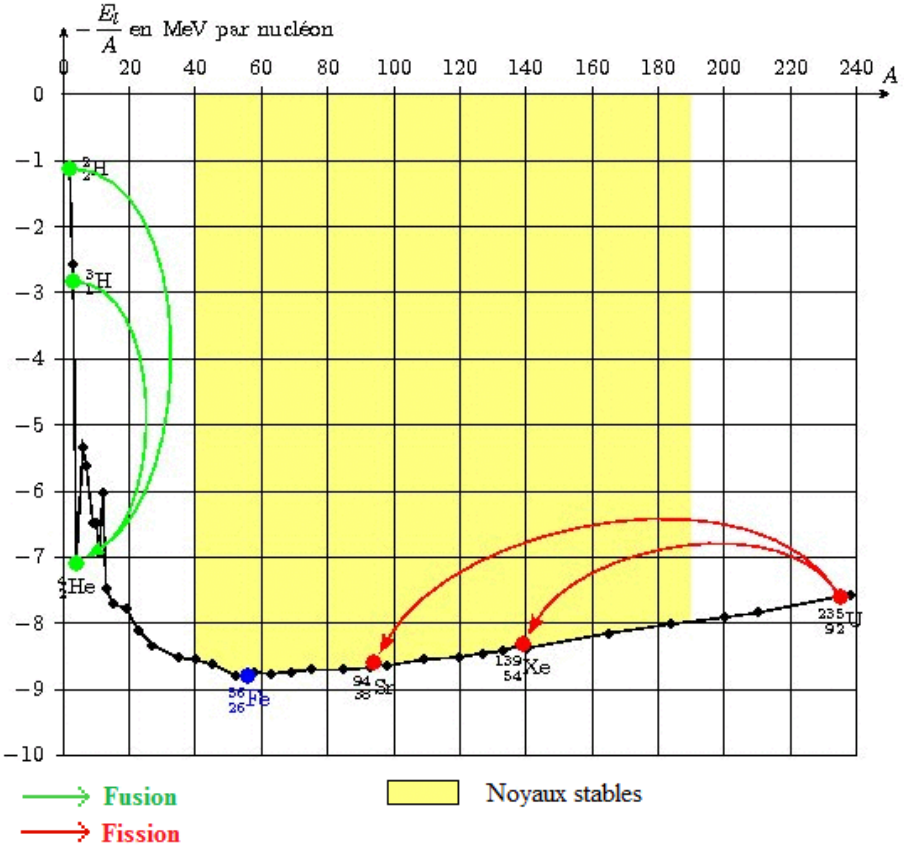
❖ مثال : طاقة الربط لنوية : $\xi\left({}^{4}_{2}He\right) = \frac{E_l}{A} = \frac{28,4}{4} = 7,1MeV / nucléon$

النواة	${}^{2}_{1}H$	${}^{4}_{2}He$	${}^{56}_{26}Fe$	${}^{238}_{92}U$
$E_l = (MeV)$	**2,2**	**28**	$4,9.10^{2}$	$1,8.10^{3}$
$\frac{E_l}{A}(MeV / nucléon)$	**1,1**	**7,1**	**8,8**	**7,6**

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

4 – منحنى أسطون Aston :

يمثل منحنى أسطون تغيرات مقابل طاقة الربط بالنسبة لنوية $\left(-\frac{E_l}{A}\right)$ بدلالة عدد النويات A :



للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

❖ بالنسبة ل $20 < A < 195$

نلاحظ على المنحنى قيما دنيا ل $\frac{E_l}{A}$ – تقارب قيمتها المطلقة $8MeV/nucléon$ و تضم هذه المنطقة النوى الأكثر استقرار .

❖ بالنسبة ل $A < 20$, $A > 195$

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

❖ بالنسبة ل $A < 20$

هي نوى خفيفة غير مستقرة تتحدد فيما بينها لتعطي نواة أكثر ثقلا و أكثر استقرار و تسمى بالاندماج النووي.

❖ بالنسبة ل $A > 195$

هي نوى ثقيلة غير مستقرة تنشطر إلى نوى خفيفة أكثر استقرار و تسمى بالانشطار النووي.

❖ ملحوظة :

- النواة الأكثر استقرار هي نواة الحديد لهذا توجد في الكون بوفرة.
- الانشطار و الاندماج تفاعلان نوويان محرَضان (يتدخل فيهما الانسان)

III – الانشطار و الاندماج النوويان :

1 – الانشطار النووي :

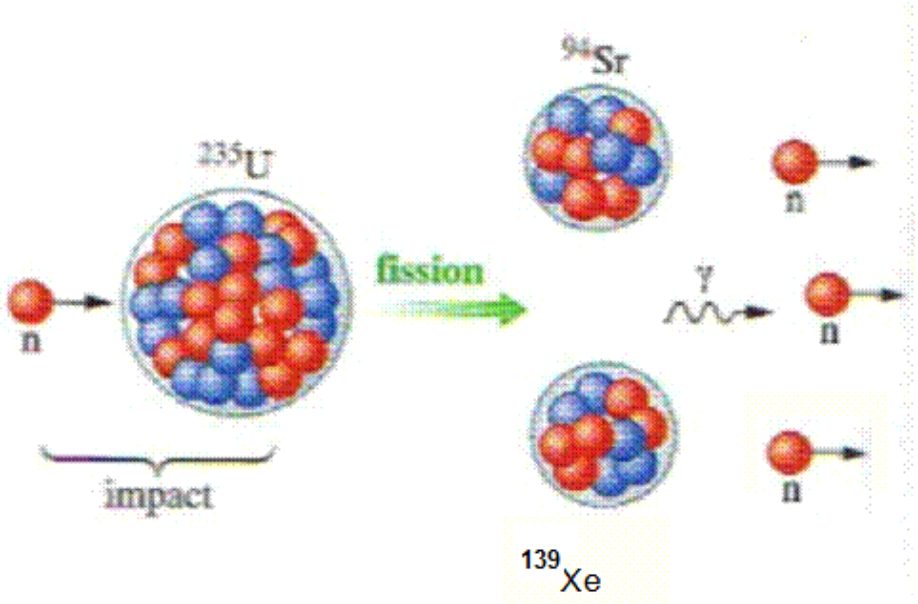
أ – تعريف :

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

❖ مثال : انشطار الأورانيوم

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{140}_{55}Cs + ^{93}_{37}Rb + 3.^{1}_{0}n$$

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{139}_{54}Xe + 3.^{1}_{0}n + \gamma$$



ب – تفاعل متسلسل :

يمكن للنوترونات المنبعثة خلال انشطار أن تحدث انشطار نوى آخرى محدثا تفاعل متسلسل.

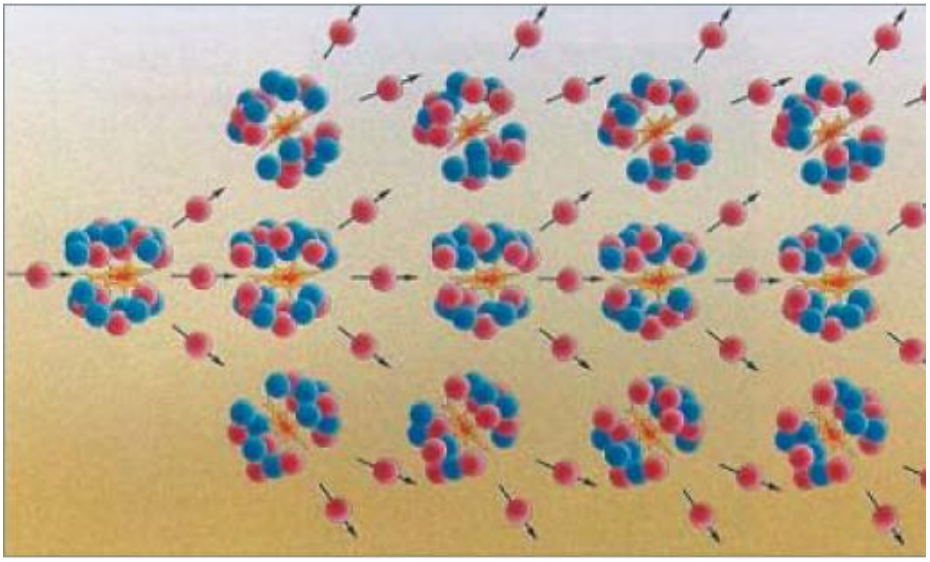
يستعمل الانشطار النووي في

- القنبلة النووية A : تفاعل انشطار متحكم فيه

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

- المفاعلات النووية : انشطار متحكم فيه (انتاج الطاقة الكهربائية)



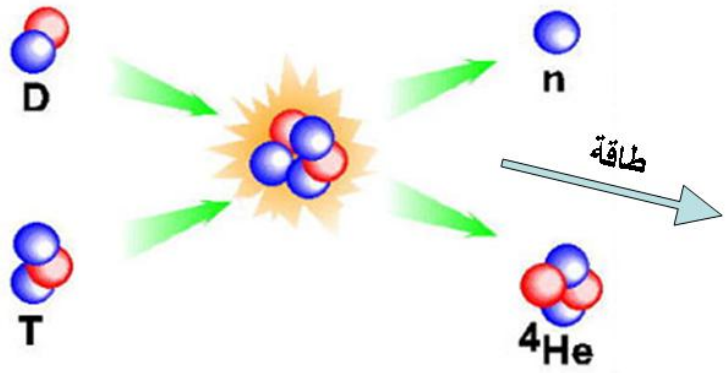
2 – الاندماج النووي :

أ – تعريف :

الاندماج النووي تفاعل نووي محرَض تتحد خلاله نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلا :

❖ مثال : اندماج نظائر الهيدروجين

$$^{2}_{1}H+^{3}_{1}H\longrightarrow^{4}_{2}He+^{1}_{0}n$$



❖ 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 تمكنهما من التغلب على قوى التأثيرات التنافرية و يتطلب توفير الطاقة درجة حرارة عالية ة لهذا السبب ينعث الاندماج بالتفاعل النووي الحراري.

IV – الحصيلة الكتلية و الطاقية لتفاعل نووي :

1 – الحالة العامة :

نعتبر التحول النووي التالي :

$$^{A_1}_{Z_1}X_1+^{A_2}_{Z_2}X_2\longrightarrow^{A_3}_{Z_3}X_3+^{A_4}_{Z_4}X_4$$

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

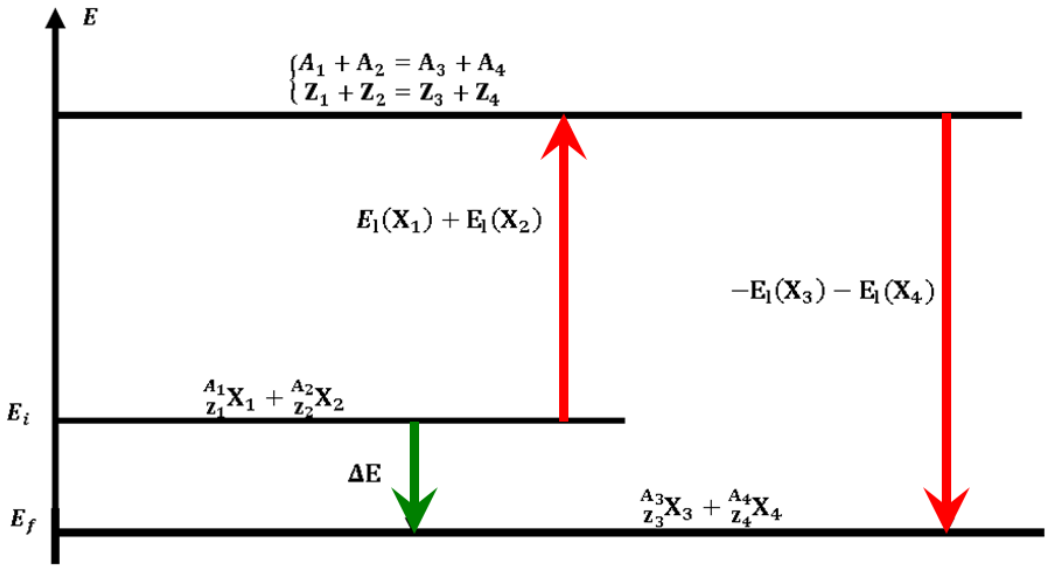
X_i : تمثل النوى أو الدقائق

الحصيلة الطاقية لهذا التفاعل : $\Delta E = [E_l(X_1) + E_l(X_2)] - [E_l(X_3) + E_l(X_4)]$

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

حسب تعبير طاقة الربط يصبح : $\Delta E = \Delta m.c^2 = [\Sigma m(\text{نواتج}) - \Sigma m(\text{متفاعلات})]c^2$

❖ مخطط الطاقة :



E_i : الطاقة البدئية للمجموعة (المتفاعلات).

E_f : الطاقة النهائية للمجموعة (النواتج).

$[E_l(X_1) + E_l(X_2)]$: الطاقة التي تكتسبها المجموعة لتفكيك النواتين X_1 و X_2 إلى نواتين.

$-[E_l(X_3) + E_l(X_4)]$: الطاقة التي تحررها المجموعة عند تكوين النواتين X_3 و X_4 انطلاقا من نويات .

2 – تطبيقات على الانشطار و الاندماج النوويين :

أ – الانشطار النووي :

نعتبر الانشطار النووي التالي :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{140}_{55}Cs + ^{93}_{37}Rb + 3.^{1}_{0}n$$

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = [m(^{140}_{55}Cs) + m(^{93}_{37}Rb) + 3.m(^{1}_{0}n) - m(^{235}_{92}U) - m(^{1}_{0}n)]c^2$$

$$\Delta E = [139,88711 + 92,90174 + 2 \times 1,00866 - 234,99346].(3.10^8)^2$$

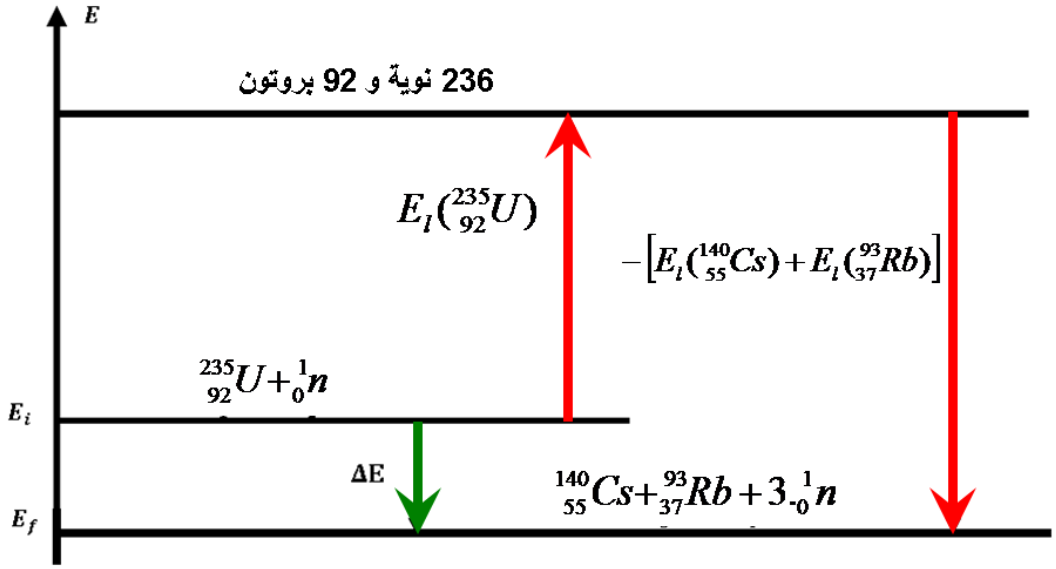
$$\Delta E = -2,7952.10^{-11} J = -174,46 MeV$$

هذا يعني أن انشطار نواة ةاحد من الأورانيوم 235 تحرر طاقة $E_0 = 174,46 MeV$

❖ مخطط الطاقة :

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma



ب – الاندماج النووي :

نعتبر الاندماج النووي التالي :

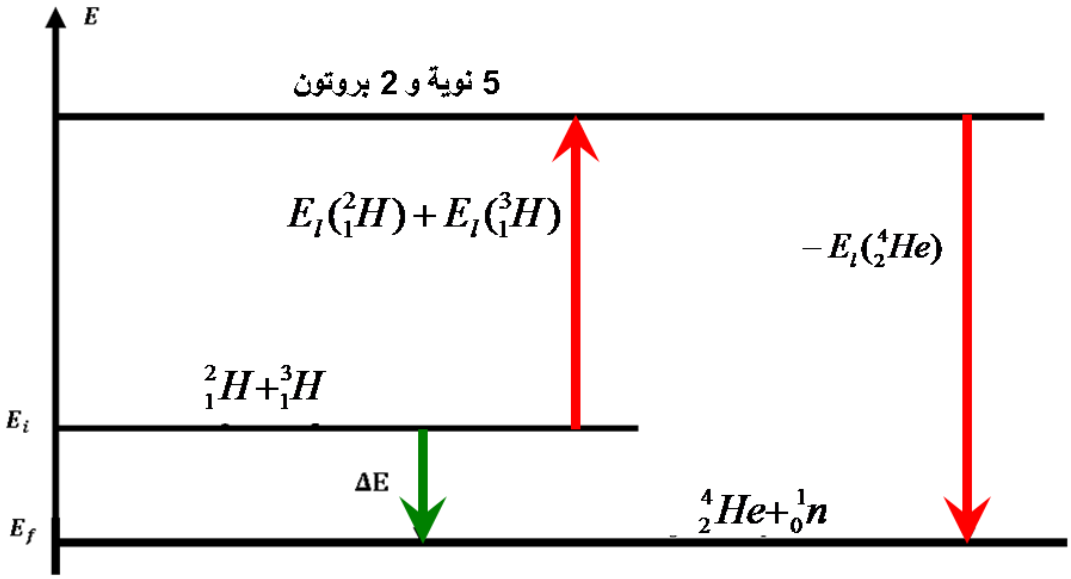
$$^{2}_{1}H+^{3}_{1}H\longrightarrow ^{4}_{2}He+^{1}_{0}n$$

$$\Delta E=\Delta m.c^2=\left[m(^{4}_{2}He)+m(^{1}_{0}n)-m(^{2}_{1}H)-m(^{3}_{1}H)\right]c^2$$

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

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

❖ مخطط الطاقة :



❖ ملحوظة :

- تفاعلات الاندماج تنتج طاقة أكبر من تفاعلات الانشطار.
- الانشطار النووي تؤدي إلى تكون نواتج مشعة تشكل خطر على البيئة.
- تفاعل الاندماج لم يتمكن الانسان التحكم فيه.

3 – تطبيقات على التحولات النووية التلقائية :

✓ بالنسبة للتحولات المحرضة (الانشطار و الاندماج) :

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

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

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

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

أ – النشاط الاشعاعي α :

معادلة التفتت :

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He$$

الطاقة المتحررة :

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

❖ مثال :

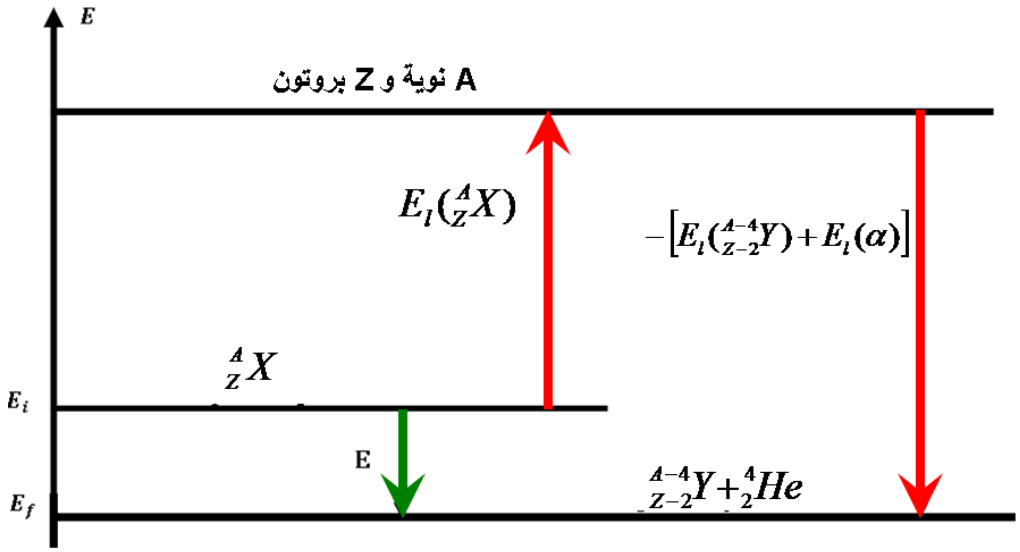
$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{22}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$$

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

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

$$E = -4,94MeV$$

❖ مخطط الطاقة :



ب – النشاط الاشعاعي β^- :

معادلة التفتت :

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$$

الطاقة المتحررة :

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

❖ مثال :

$$^{60}_{27}Co \longrightarrow ^{60}_{28}Ni + ^{0}_{-1}e$$

$$m(^{60}_{27}Co) = 59,9190u \quad \text{و} \quad m(^{60}_{28}Ni) = 59,915u \quad \text{و} \quad m(^{0}_{-1}e) = 5,49.10^{-4}u$$

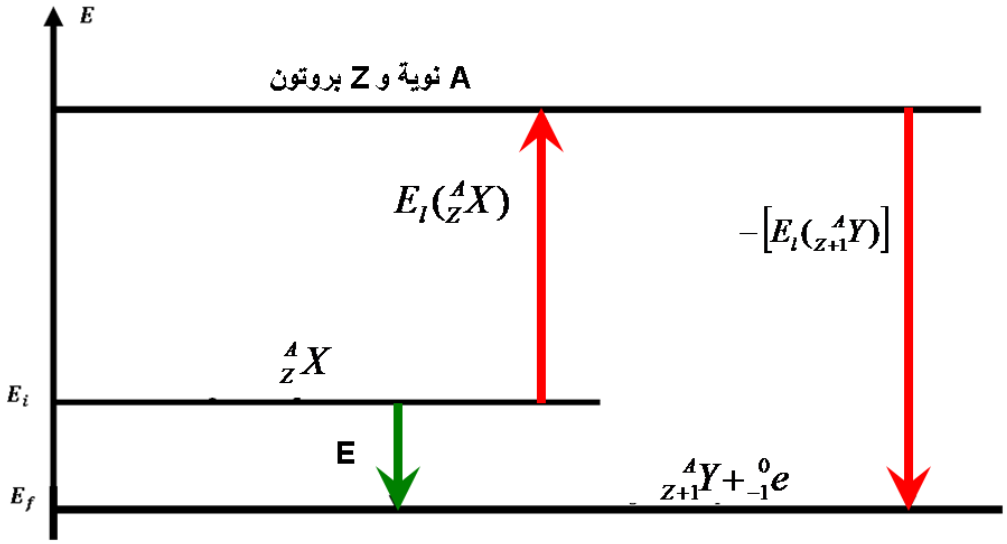
$$E = \left[59,915 + 5,49.10^{-4} - 59,9190\right]931,5$$

$$E = -3,214MeV$$

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

❖ مخطط الطاقة :



ج – النشاط الاشعاعي β^+ :

معادلة التفتت : $$^A_ZX \longrightarrow ^A_{Z-1}Y + ^0_{+1}e$$

الطاقة المتحررة : $$E = \left[m(^A_{Z-1}Y) + m(^0_{+1}e) - m(^A_ZX)\right]c^2$$

❖ مثال :

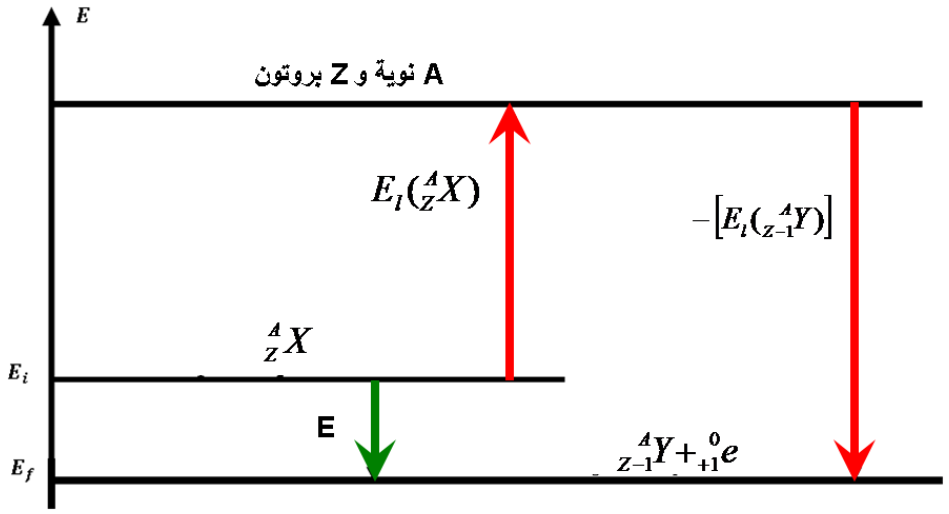
$$^{13}_7N \longrightarrow ^{13}_6C + ^0_{+1}e$$

$m(^{13}_7N) = 13{,}001898u$ و $m(^{13}_6C) = 13{,}000062u$ و $m(^0_{+1}e) = 5{,}49.10^{-4}u$

$$E = \left[13{,}000062 + 5{,}49.10^{-4} - 13{,}001898\right]931{,}5$$

$$E = -1{,}1988MeV$$

❖ مخطط الطاقة :



V – استعمالات و التأثيرات البيولوجية للنشاط الاشعاعي :

❖ المجال الطبي :

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

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

تشكل كمية الاشعاعات النووية ذات الطاقة العالية خطرا على الانسان لأنها تتفاعل مع المادة المكونة لجسمه إذ يمكنها انتزاع إلكترونات ذرات خلايا بعض الأعضاء محدثة تشوهات بيوكيميائية عل الجلد و الجهاز التنفسي و الغدة الدرقية التي تساعد على انتاج هرمون النمو و الخصيتين و المبيضين و الاصابة بالسرطان و التشوه الخلقي للأطفال المولودين من أباء و أمهات تعرضا لهذه الاشعاعات.

وتتعلق خطورة هذه الاشعاعات بطبيعة الأشعة و بالكمية التي يمتصها الجسم.

❖ **المجال الصناعي :**

تنتج محطات النووية الحديثة طاقة كهربائية هائلة جدا و بدون نفايات و إشعاعات قد تضر الانسان 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 بملايين المرات حيث :

- ينتج عن انشطار نويدة واحدة من الأورانيوم طاقة $E = 184,93MeV$

- ينتج عن احتراق ذرة واحد من الفحم (الكربون) طاقة $E = 4eV$

- ينتج عن انشطار 5g من الأورانيوم طاقة $E = 3,79.10^{11} J$ و لانتاج نفس الطاقة يجب حرق 9tonnes من البترول, علما أن احتراق 1kg من البترول ينتج طاقة تساوي 42MJ

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma