

النواة ، الكتلة والطاقة

I. التكافؤ كتلة – طاقة

1. علاقة أينشتاين

توصل العالم أينشتاين سنة 1905 من خلال الميكانيك النسبية الى أن هناك تكافؤ بين الطاقة والكتلة ، وهذا يعني أن الكتلة يمكن أن تتحول إلى طاقة والعكس صحيح .
تمتلك كل مجموعة كتلتها m ، طاقة E تسمى طاقة الكتلة تعبیرها $E = mc^2$.
حيث c سرعة الضوء

هام :

عندما تتغير كتلة مجموعة بالمقدار Δm خلال تحول ما يكون تغير الطاقة الكتلية لهذه المجموعة هو:
$$\Delta E = \Delta m * c^2$$

2. وحدة الكتلة ووحدة الطاقة في الفيزياء النووية :

أ. وحدة الكتل الذرية

في الفيزياء النووية ، نعبر عن الكتلة بوحدة الكتل الذرية u و تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون $^{12}_6C$

$$1u = \frac{1}{12} \cdot m(^{12}_6C) = \frac{M(^{12}_6C)}{12 \cdot N_A} = \frac{12}{12 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}} = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$$

مثال كتلة الإلكترون

$$m(e^-) = 9,11 \cdot 10^{-31} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31}}{1,66 \cdot 10^{-27} kg} u = 0,00055u$$

ب. وحدة الطاقة

في الفيزياء النووية ، نعبر عن الطاقة بالإلكترون فولط eV حيث:

$$\begin{cases} 1ev = 1,602177 \cdot 10^{-19} j \\ 1Mev = 1,602177 \cdot 10^{-13} j \end{cases}$$

$$1Gev = 10^9 ev ; \quad 1Mev = 10^6 ev ; \quad 1kev = 10^3 ev \quad \text{مضاعفات } ev$$

ج. الطاقة المكافئة لوحدة الكتلة الذرية

حسب علاقة أينشتاين $E = mc^2$

$$E = 1,66054 \cdot 10^{-27} * (299792458)^2 = 1492,42 \cdot 10^{-13} j$$

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

$$E = 1492,42 \cdot 10^{-13} j = \frac{1492,42 \cdot 10^{-13}}{1,602177 \cdot 10^{-13} j} = 931,5Mev$$

و منه فإن

$$1u = \frac{931,5Mev}{c^2} \quad \text{أي} \quad E = 931,5Mev = 1u * c^2$$

II. إستقرار النواة :

1. النقص الكتلي

النقص الكتلي Δm لنواة A_ZX هو الفرق بين مجموع كتل النويات و كتلة النواة

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m(^A_ZX)$$

إذن:

2. طاقة الربط

طاقة الربط للنواة هي الطاقة اللازم إعطائها لنواة في حالة سكون لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون وحثها الجول J أو الإلكترون فولط eV

النواة ، الكتلة والطاقة

$$E_1 = \Delta m . C^2 = [Z . m_p + (A - Z)m_n - m({}_Z^AX)] * C^2$$

3. طاقة الربط بالنسبة لنوية

وهي خارج قسمة طاقة الربط للنواة على عدد نويات النواة .

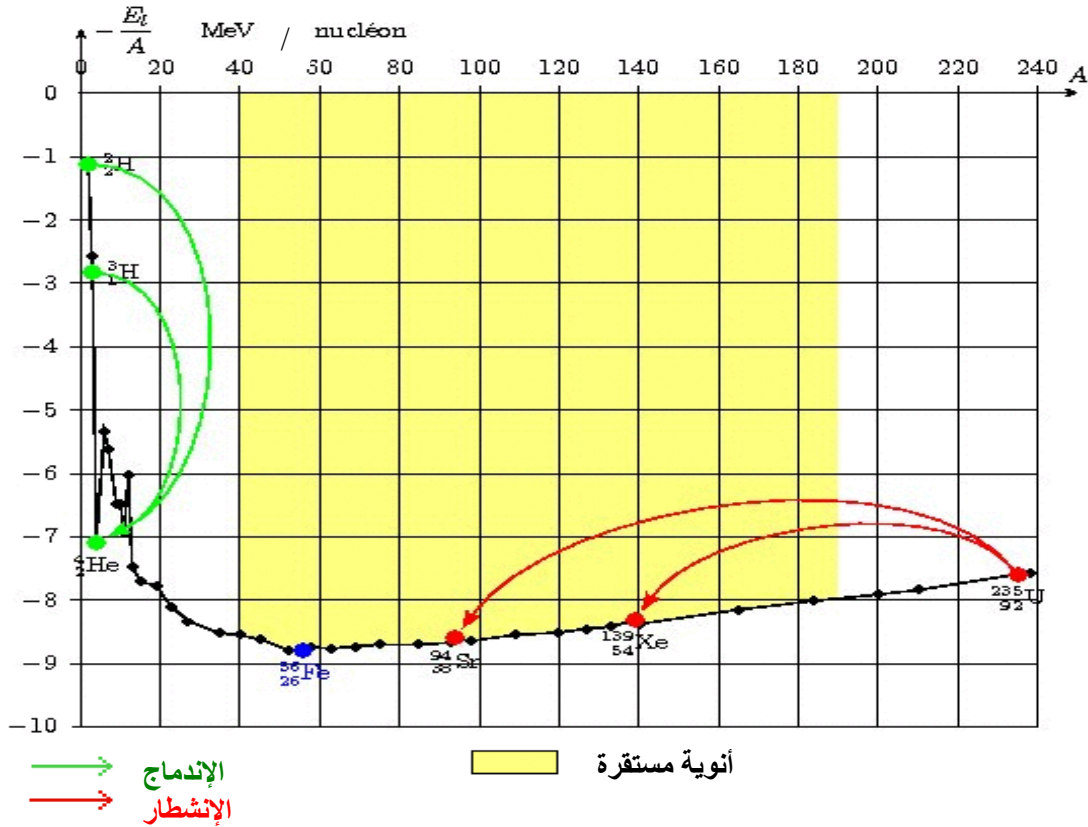
$$\varepsilon = \frac{E_1}{A}$$

وحداتها في النظام العالمي للوحدات هي: MeV/nucleon

تسمح طاقة الربط بنسبة لنوية من إعطاء فكرة عن مدى إستقرار النواة ، فكلما كانت طاقة الربط بنسبة لنوية أكبر ، كانت النواة أكثر إستقرار

4. منحنى أستون

يمثل تغير مقابل طاقة الربط $-\frac{E_1}{A}$ بالنسبة لنوية بدلالة عدد النويات A



بالنسبة لـ $20 < A < 195$

للمنحنى قيمة دنيا لـ $-\frac{E_1}{A}$ ، تقارب قيمتها القيمة 8 MeV/nucleon و تضم هذه المنطقة النوى الأكثر إستقرار

بالنسبة لـ $A > 195$

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

$A < 20$

النوى الخفيفة غير مستقرة تتحد فيما بينها لتعطي نواة أكثر ثقلا وأكثر إستقرارا تفاعل الاندماج

$A > 195$

النوى الثقيلة غير مستقرة تنشط إلى نوى خفيفة أكثر إستقرار تفاعل الانشطار

هام :

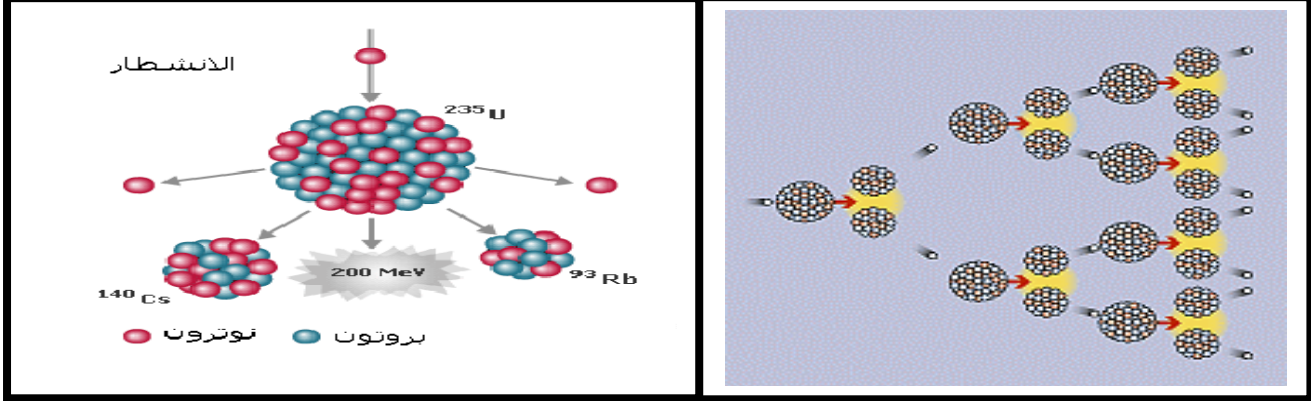
النواة الأكثر إستقرار هي نواة الحديد .

الانشطار و الاندماج تفاعلات محرزان .

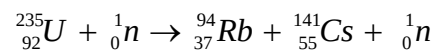
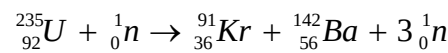
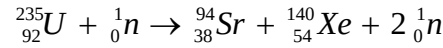
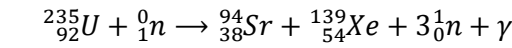
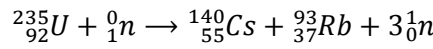
III. الانشطار و الاندماج النووي

1. الانشطار النووي

الانشطار النووي تفاعل نووي تنقسم خلاله نواة ثقيلة شظورة بعد دفنها بنيوترون حراري إلى نواتين خفيفتين



مثال



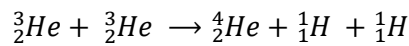
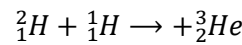
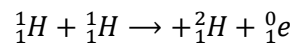
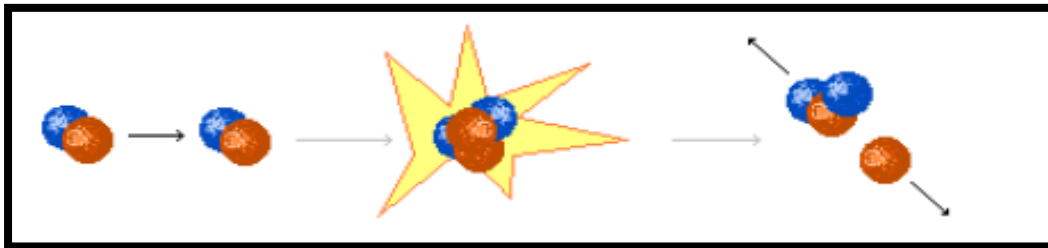
هام

يمكن لنوترونات الناتجة عن الانشطار النووي أن تتسبب في إنشطار نووي آخر مساهمة في حدوث تفاعل متسلسل قد يتم بكيفية تفجيرية

2. الاندماج النووي

الاندماج النووي تفاعل نووي يتم خلاله إنضمام نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلا

مثال

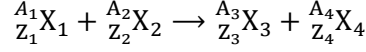


هام : لا يتحقق الاندماج النووي إلا إذا كان للنواتين طاقة كبيرة جدا

IV. الحصيلة الكتلية و الطاقة لتفاعل نووي

1. الحالة العامة

نعتبر التفاعل النووي التالي :



الطاقة الناتجة عن التحول النووي

$$\Delta E = [E_1(X_1) + E_1(X_2)] - [E_1(X_3) + E_1(X_4)]$$

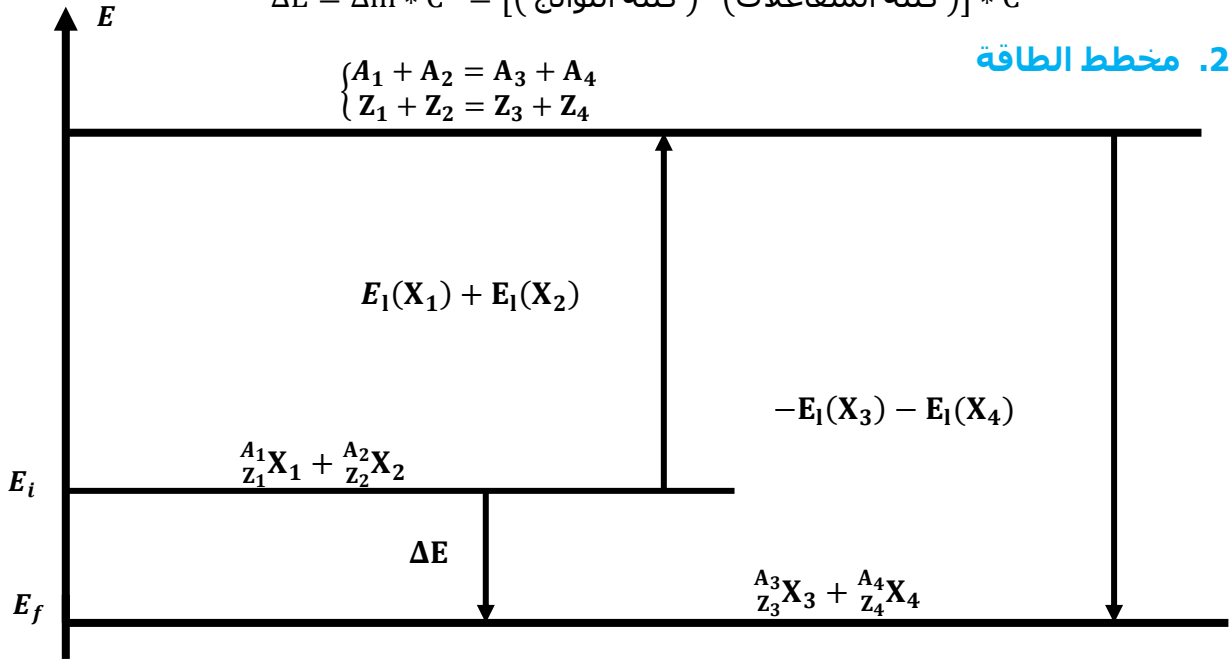
حيث: $E_1(X_i)$ طاقة الربط بالنسبة للنواة X_i

بتعويض تعبير طاقة الربط في تعبير ΔE نجد:

$$\Delta E = [(m(X_3) + m(X_4)) - (m(X_1) + m(X_2))] * C^2$$

$$\Delta E = \Delta m * C^2 = [(\text{كتلة المتفاعلات}) - (\text{كتلة التواتج})] * C^2$$

2. مخطط الطاقة



E_i الطاقة البدئية للمجموعة

E_f الطاقة البدئية للمجموعة

$E_1(X_1) + E_1(X_2)$ الطاقة التي تكتسبها المجموعة من اجل تفكيك النواتين X_1 و X_2

$-E_1(X_3) - E_1(X_4)$ الطاقة التي تحررها المجموعة من اجل تكوين النواتين X_3 و X_4

V. تطبيقات

1. الانشطار النووي

نعتبر التفاعل التالي: ${}_{92}^{235}U + {}_0^1n \rightarrow {}_{55}^{140}Cs + {}_{37}^{93}Rb + 3{}_0^1n$

- أحسب الطاقة الناتجة عن هذا التحول هل التفاعل ماص أم ناشر للحرارة
- مثل الحصيلة الطاقة باستعمال مخطط الطاقة

2. الاندماج النووي

النواة ، الكتلة والطاقة

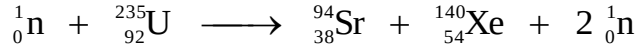
- نعتبر التحول التالي : ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$
- أحسب الطاقة الناتجة عن هذا التحول هل التفاعل ماص أم ناشر للحرارة
 - مثل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة
 - قارن الطاقة الناتجة عن تفاعل الانشطار والطاقة الناتجة عن تفاعل الاندماج بالنسبة لنوية ماذا تستنتج

3. التحولات النووية التلقائية

إعط مخطط الطاقة للتحولات التلقائية في الحالة العامة

تطبيق 1

أحسب الطاقة المتحررة عن إنشطار 1g من اليورانيوم حسب المعادلة .



تعطى لك كتل الأنوية وكتلة النيوترون .

$$m_{{}^1_0n} = 1,0087u , m_{{}^{235}_{92}U} = 235,0439u , m_{{}^{94}_{38}Sr} = 94,8731u , m_{{}^{140}_{54}Xe} = 138,9185u$$

الجواب:

الطاقة المحررة عن إنشطار نواة يورانيوم واحدة :

$$E = [m_u + m_n - (m_{Sr} + m_{Xe} + 2m_n)] \cdot c^2$$

$$= [235,0439 + 1,0087 - (94,8731 + 138,9185 + 2 \cdot 1,0087)] \cdot 931,5 \text{ MeV} / c^2 \cdot c^2$$

$$E = 238 \text{ MeV}$$

الطاقة المحررة عن إنشطار 1g من اليورانيوم :

عدد النويات في 1g من اليورانيوم :

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_a = \frac{1}{235} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$$

$$N = 2,6 \cdot 10^{21} \text{ noyaux}$$

الطاقة المحررة :

$$E = 238 \cdot 2,6 \cdot 10^{21}$$

$$E = 6,2 \cdot 10^{23} \text{ MeV}$$

هام

- تفاعلات الاندماج تنتج طاقة أكبر من تفاعلات الانشطار .
- 1g من اليورانيوم يحرر طاقة تعادل إحتراق 1.8 tonnes من البترول .
- 1g من التريسيوم يحرر طاقة تعادل إحتراق 13.5 tonnes من البترول .
- الإنسان لم يتمكن بعد من التحكم في تفاعل الاندماج .
- يتطلب إندماج نواتين ، حدوث تصادم بينها ويتحقق ذلك عند إعطاء للنواتين طاقة حركية كافية لمقاومة التنافر بينهما وهذا يوافق على سطح الكرة الأرضية درجة حرارة $10^{18} K$.
- في النجوم وبسبب الجاذبية يتم الاندماج عند درجة حرارة $15 \cdot 10^6 K$.
- إذا كانت طاقة الربط للنوات أكبر من طاقة الربط للمتفاعلات فإن التفاعل يحرر طاقة ، و العكس صحيح .
- الإنشطار : النواتان الناتجتان تشعان β^- وتكونان في حالة إثارة

VI. منافع ومخاطر النشاط الإشعاعي :

بدأت الفكرة في استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية في شهر ديسمبر 1953 حيث تم في عام 1956م استخدام عنصر الكوبالت المشع والإبر الذهبية المشعة في الاستخدامات الطبية وبالأخص في علاج الانسجة السرطانية ؛ وخطت هذه الاستخدامات خطوات عديدة لتخدم البشرية في عدة مجالات نذكر منها

مجال الطاقة :

عند مقارنة الطاقة الناتجة عن الفحم مع الطاقة الناتجة عن اليورانيوم وجد أن انشطار ذرة يورانيوم 235 ينتج عنها طاقة مقدارها 200.10^6 ev بينما احتراق ذرة من الكربون (الفحم) ينتج عنها طاقة مقدارها 4 ev . أي أن طاقة ذرة اليورانيوم تعادل خمسين مليون ضعف طاقة ذرة الكربون لذلك تم استخدامها في مجالات عديدة كبديل عن البترول والغاز الطبيعي.

تنتج محطات الطاقة النووية جيدة التشغيل أقل كمية من النفايات بالمقارنة مع أي طريقة أخرى لتوليد الطاقة، فهي لا تطلق غازات ضارة في الهواء مثل غاز ثاني أكسيد الكربون أو أكسيد النتروجين أو ثاني أكسيد الكبريت التي تسبب الاحترار الإحتباس الحراري .

يوجد أكثر من 440 مفاعلاً نووياً سلمياً على مستوى العالم و30 آخرون قيد الإنشاء وتزود الطاقة النووية دول العالم بأكثر من 16% من الطاقة الكهربائية، فهي تلبي ما يقرب من 35% من احتياجات دول الاتحاد الأوروبي .

فرنسا وحدها تحصل على 77% من طاقتها الكهربائية من المفاعلات النووية، أما اليابان فتحصل على 30% من احتياجاتها من الكهرباء من الطاقة النووية، بينما بلجيكا وبلغاريا والمجر واليابان وسلوفاكيا وكوريا الجنوبية والسويد وسويسرا وسلوفينيا وأوكرانيا فتعتمد على الطاقة النووية لتزويد ثلث احتياجاتها من الطاقة على الأقل.

المجال الطبي

- من انجازات استخدام النظائر المشعة في المجال الطبي مايلي:
 - بواسطة التحليل الإشعاعي أمكن للأطباء تقدير الهرمونات في الجسم بدقة وسهولة كما أمكن أيضاً تقدير تركيز الدواء بالدم وتقدير نسبة جرعة السم التي تحدث الوفاة.
 - في التشخيص وفقد وصل استخدام الطب النووي الى 99% من الأمراض المستعصية حيث يتم تصوير عضلة القلب باستخدام عنصر الثاليوم المشع لتشخيص ضيق الشريان ومدى التعرض للذبحة الصدرية.
 - أمكن مراقبه وظيفة القلب باستخدام الإبر المشعة للكرات الحمراء
 - امكن تحديد التهابات المفاصل والانسجه ومعرفه مكان الكسور ومدى التئامها وكذلك تحديد الالتهابات في البطن وخصوصا بعد العمليات الجراحية.
 - امكن بواسطه التشخيص النووي معرفه مكان الجلطة في الجهاز العصبي والمخ ومدى تقبلها للعلاج وكيفية انتقالها او إزالتها

المجال العسكري

- بعد ظهور فكره الانشطار النووي سارعت بعض الدول إلى إمكانيه استخدام النشاط الإشعاعي في القوة العسكرية .ومن امثله استخداماتها العسكرية ما يلي:
- صناعه ما يزيد عن 50 ألف رأس نووي قادرة على إبادة 240 ألف مليون نسمة أي ما يعادل تعداد سكان العالم اربعين مرة
 - صناعه الصواريخ العابره للقارات والمحمله برؤؤس نوويه

مخاطر النشاط الإشعاعي :

يؤدي استخدام الطاقة النووية إلى إنتاج النفايات ذات الفعالية الإشعاعية العالية؛ وإن الخطط المقترحة للتخلص من النفايات عالية الإشعاعية وتخزينها لا تضمن حماية كافية للأفراد أو للمياه الجوفية من التلوث الإشعاعي .

تأثير الاشعاع على جسم الانسان :

تحمل الاشعة المؤينة طاقة تفوق طاقه ربط الالكترونات بالذرات ولذلك عند سقوط هذه الاشعة على جسم ما فإن إلكترونيات ذرات هذا الجسم تتأين أي تنقسم الى نوعين سالبة وموجبة وهذا ما يحدث لجسم الإنسان عند تعرضه لهذه الإشعاعات حيث تتفاعل هذه الاشعة مع الأحماض النووية في الجسم مؤدية الى تفكك الروابط الكيميائية للخلية مما يؤدي إلى اضطراب في نشاطها وتظهر آثار الإشعاع على الجلد والجهاز التنفسي والغدة الدرقية والخصيتين والمبيضين كما يؤدي إلى الإصابة بالسرطان والتشوه الخلقي للأطفال المولودين من أبناء وامهات تعرضوا للإشعاع.