Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

النوى ، الكتلة و الطاقة

1) الطاقة و كتلة النوى .

1 - 1) طاقة الربط .

نماثل نواة ذرة بكرية شعاعها r يتغير مع عدد الكتلة A وفق العلاقة : $r = r_0 . A^{1/3}$ مع $r_0 = 1,2.10^{-15}\,m$ و حجمها $V = \frac{4}{3}.\pi.r^3$

الكتلة التقريبية لنوية واحدة (نوترون أو بروتون) هي : $m_p = 1,67.10^{-27}\,kg$ و بالتالي فإن الكتلة الحجمية ρ لنواة هي :

$$\rho = \frac{A.m_p}{\frac{4}{3}.\pi.r^3} = \frac{3m_pA}{4.\pi.r_0^3.A} = \frac{3.1,67.10^{-27}}{4.\pi.(1,2.10^{-15})^3} = 2,3x10^{17}\,kg.m^{-3} = 2,3.10^8\,tonne.cm^{-3}$$

و هذا يعني أن 1 سنتيمتر مكعب من المادة النووية به 230 مليون طن ، مما يدل على أن المادة النووية شديدة الكثافة .
حيث أن النويات مرتبطة فيما بينها بسبب تواجد قوى نووية بينية شديدة . لفصل هذه النويات عن بعضها البعض ، يجب إعطاء طاقة .

طاقة الربط ، التي نرمز لها ب E_ℓ ، هي الطاقة التي
يجب إعطاؤها لنواة في حالة سكون
من أجل تفكيكها إلى نوياتها منفصلة
و في حالة سكون . و هي مقدار دائما موجب .

*** ملاحظات حول وحدة الطاقة النووية .**

في النظام العالمي للوحدات ، وحدة الطاقة هي الجول **(J)** ، هذه الوحدة غير ملاءمة بالنسبة لذرة أو نواة . لذلك للتعبير عن طاقة الربط، نستعمل الإلكترون ـ فولط **(eV)** المعرف كالتالي : $1eV = 1,60218.10^{-19}\,J$

أو الميغاإلكترون ـ فولط **(MeV)** : $1MeV = 1,60218.10^{-13}\,J$

الإلكترون ـ فولط هو الطاقة المكتسبة من طرف إلكترون مسرع بواسطة فرق جهد توتره $1V$.

تحليل بعدي يبيِّن أن هناك توافق بين الإلكترون ـ فولط و الجول ، انطلاقا من تعريف الطاقة الكهربائية :

$$E = U.I.\Delta t$$

و شدة التيار : $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

اذن : $[E] = [U]\,[I\,\Delta t] = [U]\,[\Delta Q]$

أي : $1\,J = 1\,C.V$

و بما أن $e = -1,602\,18.10^{-19}\,C$ فإن :

$$1\,J = \frac{1}{|e|}|e|\,V$$

$$1\,eV = e\,J = 1,602\,18.10^{-19}\,J$$

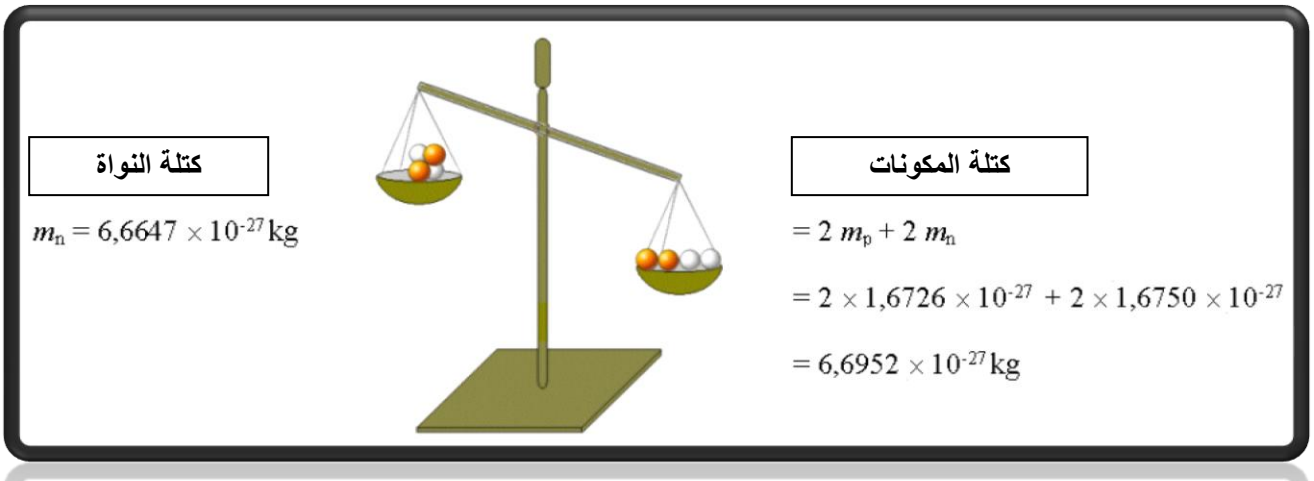
Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

1 - 2) النقص الكتلي .

لنأخذ مثال : نواة الهيليوم ^4_2He تضم بروتونين و نوترونين . في المختبر تم قياس كتلة النواة $m(^4_2He) = 6,6447.10^{-27}\,kg$

بينما كتلة مكوناتها منفصلة هي $m_p + 2\,m_n = 2 \times 1,67265.10^{-27} + 2 \times 1,67496.10^{-27} = 6,69522.10^{-27}$ kg

نلاحظ أن : $m(^4_2He) < m(2\,protons + 2\,neutrons)$



بصفة عامة ، تبيِّن القياسات أن كتلة نواة دائما أصغر من كتلة مكوناتها منفصلة

النقص الكتلي لنواة ^A_ZX هو الفرق الحاصل بين كتلة النويات منعزلة و في حالة سكون و كتلة النواة و هي في حالة سكون :

$$\Delta m = \left[Z \times m_{proton} + (A-Z) \times m_{neutron}\right] - m_{noyau} > 0$$

*** ملاحظات حول وحدة الكتلة الذرية .**

في الفيزياء النووية ، غالبا الكتل معبر عنها بوحدة الكتلة الذرية ، التي نرمز لها ب **u** ، حيث : $1\,u = 1,660\,54.10^{-27}$ kg

و هي تمثل $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون 12 : $1\,u = \frac{1}{12} \times \frac{\mathcal{M}(C)}{\mathcal{N}_A} \approx \frac{1}{\mathcal{N}_A}$ **en grammes**

مع الكتلة المولية للكربون 12 : $\mathcal{M}(C) = 12,011\ g.mol^{-1}$

و ثابتة أفوكادرو : $\mathcal{N}_A = 6,02142.10^{23}\ mol^{-1}$

و في هذا الإطار :

$m_{proton} = m_p = 1,007\,28\,u$

$m_{neutron} = m_n = 1,008\,66\,u$

بالنسبة لنواة الهيليوم ، النقص الكتلي يكتب على الشكل :

$\Delta m = 6,6952.10^{-27} - 6,6447.10^{-27} = 0,0505.10^{-27}\ kg = 5,05.10^{-29}\ kg$

$$\Delta m = \frac{5,05.10^{-29}}{1,66054.10^{-27}} = 3,04.10^{-2}\,u$$

1 - 3) علاقة التكافؤ بين الكتلة و الطاقة .

في إطار النظرية النسبية لألبير إينشتاين (1879 - 1955) سلِم منذ بداية القرن العشرون أن كل كتلة توافقها طاقة تسمى طاقة الكتلة . كل مجموعة في حالة سكون و لها الكتلة **m** تملك طاقة كتلة **E** تعبيرها :

$$E = m.c^2$$

بحيث **E** بوحدة الجول **(J)** إذا كانت **m** بالكيلوغرام **(kg)** و $c = 299\,792\,458\ m.s^{-1}$ (سرعة الضوء في الفراغ)

و بذلك فإن كتلة ضعيفة جدا توافقها طاقة هائلة (c^2 لها رتبة قدر $10^{17}\,m^2.s^{-2}$) . مثلا طاقة الكتلة لبروتون في حالة سكون هي :

$$E(p) = m_p.c^2 = 1,673.10^{-27}.(3.10^8)^2 = 1,506.10^{-10}\,J$$

$$E(p) = \frac{1,506.10^{-10}}{1,602.10^{-19}} = 940,0.10^6\,eV = 940,0\,MeV$$

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

Le problème aujourd'hui n'est pas l'énergie atomique, mais le coeur des hommes.
(Albert EINSTEIN)

في سنة 1905 طرح إينشتاين بشكل جريئ بأن النقص الكتلي راجع إلى التأثيرات البينية بين النويات الموجودة داخل النواة ، ووافق ذلك بطاقة الربط للنواة . حيث جزء من كتلة النويات يتحول إلى طاقة خلال تكون النواة . و هذا ماسمي بمبدأ التكافؤ بين الكتلة و الطاقة .
حسب علاقة التكافؤ بين الكتلة و الطاقة ، النقص الكتلي يوافق الطاقة التي يجب إعطائها لفصل نويات النواة ، أي طاقة الربط :

طاقة الربط ⟵ $E_\ell = \Delta m \cdot c^2$ ⟵ **سرعة الضوء في الفراغ** $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$

Δm : **النقص الكتلي**

بالنسبة لنواة الهيليوم ، قمنا سابقا بقياس النقص الكتلي : $\Delta m = 5{,}05.10^{-29}\ kg = 3{,}04.10^{-2}\ u$
و بذلك فطاقة الربط لنزاة الهيليوم هي : $E_l = \Delta m.c^2 = 5{,}05.10^{-29} \times (3{,}0.10^8)^2 = 4{,}55.10^{-12}\ J = 28{,}4\ MeV$

لم يتم البرهنة التجريبية عن علاقة التكافؤ بين الكتلة و الطاقة إلا سنة 1932 من طرف بريطانيين هما : John Cockcroft et Ernest Walton
حيث أنجزا أول انشطار و كان لليثيوم .

2) الحصيلة الطاقية .

لإنجاز الحصيلة الطاقية لتفاعل نووي نقارن بين طاقة الكتلة للمجموعة قبل و بعد التفاعل .

إذا كان تغير طاقة المجموعة ΔE خلال التفاعل سالبا فإن الطاقة محررة إلى الوسط الخارجي $E_{محرر} = -\Delta E > 0$

2 - 1) أمثلة لتفاعلات نووية تلقائية .

لنأخذ مثال تفتت السيزيوم 137 ، هذا التفاعل النووي من نوع β^- معادلته هي : $^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}e$
معطيات :

النوع	$^{137}_{55}Cs$	$^{137}_{56}Ba$	$^{0}_{-1}e$
الكتلة (u)	136,876 92	136,875 11	$5{,}485\ 80.10^{-4}$

تغير الكتلة Δm خلال تفتت نواة السيزيوم 137 :

$$\Delta m = m_{finale} - m_{initiale} = \left[m\left({}^{137}_{56}Ba\right) + m\left({}^{0}_{-1}e\right)\right] - \left[m\left({}^{137}_{55}Cs\right)\right]$$

$$\Delta m = \left[136,875\ 11 + 5,485\ 80.10^{-4}\right] - \left[136,87\ 692\right] = -1,26.10^{-3}\ u$$

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

أي :

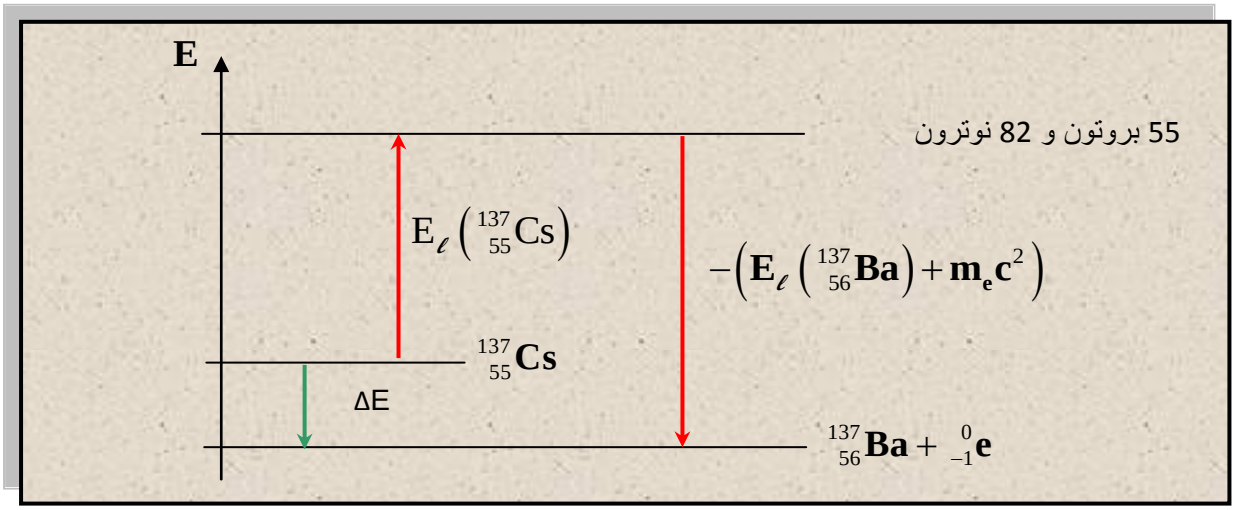
$$\Delta m = -2,09.10^{-30}\,kg$$

تغير الكتلة Δm للمجموعة تغير سالب ، اذن التفتت مصحوب بضياع للكتلة . تغير الطاقة الموافق هو :

$$\Delta E = \Delta m c^2 = -2,09.10^{-30} \times \left(299792458\right)^2 = -1,88.10^{-13}\,J$$

أي : $$\Delta E = \frac{-1,88.10^{-13}}{1,602\,18.10^{-19}} = -1,17MeV$$

نلاحظ أن $\Delta E < 0$ ، اذن نواة السيزيوم 137 خلال تفتتها تحرر إلى الوسط الخارجي طاقة نووية قيمتها 1,17 MeV .
بصفة عامة كل التفاعلات النووية التلقائية تحرر طاقة .



$$\Delta E = \left(E_\ell\left({}^{137}_{56}Ba\right)+m_e c^2\right) - E_\ell\left({}^{137}_{55}Cs\right) = -1,17MeV$$

بالنسبة لنوية (بروتون أو نوترون) ، هذا يمثل : $\frac{1,17}{137} = 8,54.10^{-3}\,MeV/nucléon = 8,54\,keV/nucléon$

بالنسبة لطن من النوى ، قيمة الطاقة المحررة هي :

$$\Delta E = 1,17 \times N = 1,17 \times \frac{m}{\mathcal{M}} \times \mathcal{N}_a = 1,17 \times \frac{1.10^6}{137} \times 6,02.10^{23} = 5.10^{27}\,MeV/t = 8.10^{14}\,J/t$$

2 - 2) التفاعلات النووية المحرضة المحررة للطاقة .

2 - 2 - 1) منحنى أسطون (Aston)

النوى الثقيلة ، كنوى الأورانيوم ، لها طاقة ربط كبيرة ، لكن نوياتها مرتبطة فيما بينها بشكل ضعيف مقارنة مع نويات نواة الحديد ، لأن طاقة الربط بالنسبة لنوية بالنسبة لنواة الحديد $\left(\frac{E_\ell}{A}\right)$ أكبر من طاقة الربط بالنسبة لنوية بالنسبة لنواة الأورانيوم .

اذن طاقة الربط بالنسبة لنوية ، تمكن من المقارنة بين مختلف النويات فيما يخص مدى تماسكها أي استقرارها .

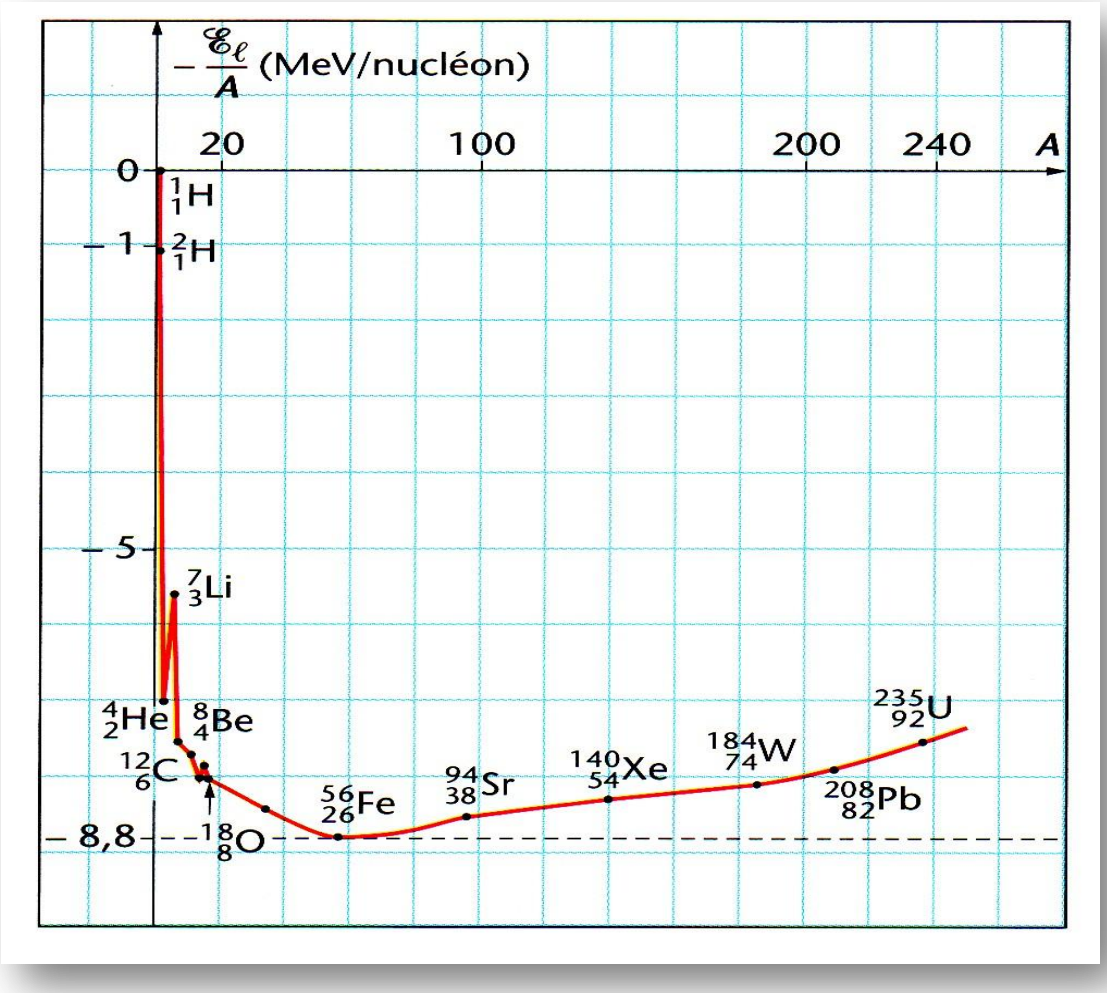
منحنى أسطون يمثل مقابل طاقة الربط بالنسبة لنوية $\left(-\frac{E_\ell}{A}\right)$ للنوى (المشعة أو المستقرة) بدلالة A عدد النويات .

النوى المستقرة هي النوى التي لها أكبر طاقة ربط بالنسبة لنوية ، و هي توجد في الجزء الأسفل من منحنى أسطون .
حيث طاقة ربطها بالنسبة لنوية لها رتبة قدر أكبر من $8MeV/nucléon$. و عدد نوياتها $20 < A < 190$

يمكن للنوى الموجودة خارج هذا المجال أن تتطور حسب نوعين من التفاعل و اللذان يؤديان إلى نوى مستقرة :

- الانشطار بالنسبة لبعض النوى الثقيلة
- الاندماج بالنسبة لبعض النوى الخفيفة

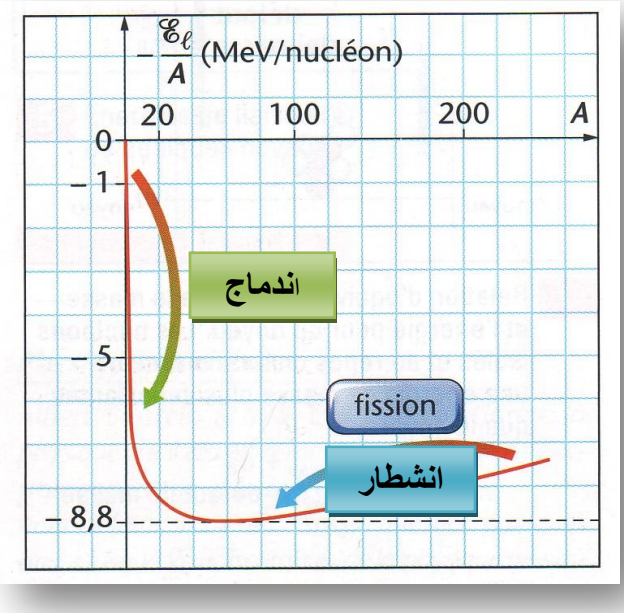
Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع



*** ملحوظة :**

الحديد 56 هي النوى الأكثر تماسكا و بذلك طاقة ربط بالنسبة لنوية أكبر .

3) الانشطار و الاندماج .



عندما يحرر تفاعل نووي طاقة ، فإن النوى المتكونة لها طاقة ربط بالنسبة لنوية أكبر من طاقة الربط بالنسبة لنوية للنوى البدئية :
النوى المتكونة تتموقع في الجزء الأسفل من منحنى أسطون لأن نوياتها أكثر تماسكا .

منحنى أسطون يظهر شكلين من أشكال تحرير الطاقة النووية :

- **انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين خفيفتين : الانشطار النووي**
- **تكون نواة أثقل انطلاقا من نواتين خفيفتين : الاندماج النووي**

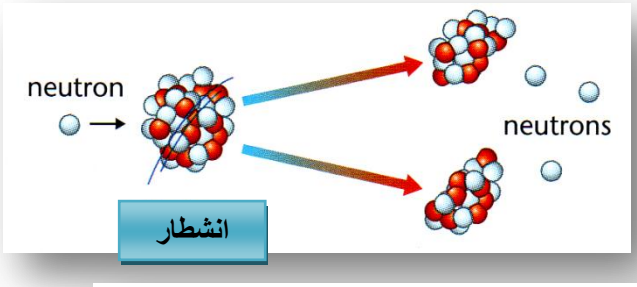
عندما تحدث هذه التفاعلات فإنها تؤدي إلى تزايد الاسقرار النووي .

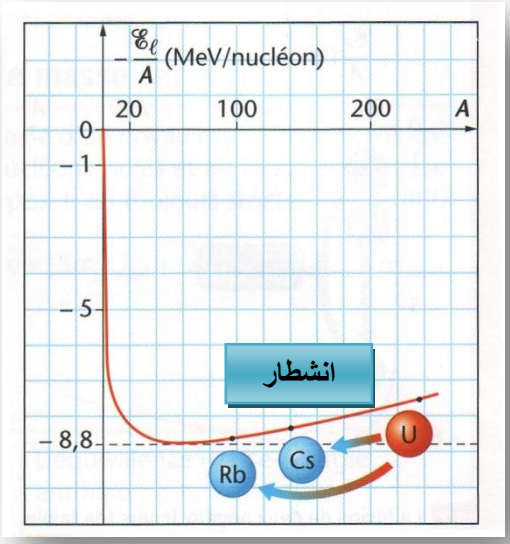
3 - 1) الانشطار النووي .

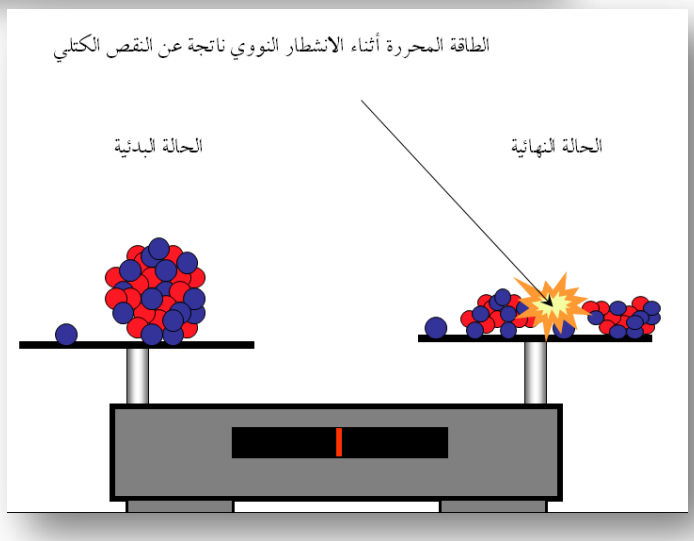
الانشطار تفاعل نووي محرض تنقسم خلاله نواة ثقيلة إلى نواتين خفيفتين بعد اصطدامها بنوترون ، مع انعاث نوترونات و تحرير طاقة كبيرة .

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

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







*** ملحوظة :**

نلاحظ دائما انحفاظ الشحنة و انحفاظ عدد النويات .

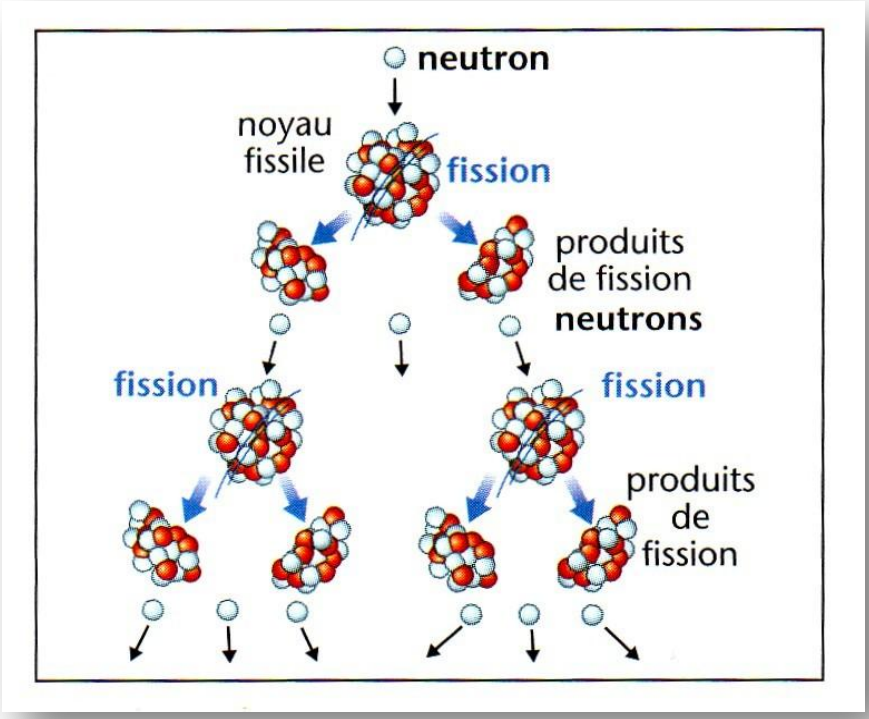
هناك تفاعلات انشطار أخرى للأورانيوم :

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + 2\,^{1}_{0}n$$

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{91}_{36}Kr + ^{142}_{56}Ba + 3\,^{1}_{0}n$$

*** الانشطارات المتسلسلة :**

إن الانشطار النووي تفاعل متسلسل ينتج نوترونات أكثر ما يستهلك ، يحرر طاقة هائلة في وقت وجيز جدا .



Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

* إذا كانت كل النوترونات المحررة " فعالة " فإن عدد تفاعلات الانشطار تزداد بسرعة ، الطاقة المحررة في هذه الحالة تؤدي إلى حدوث انفجار : إنه مبدأ القنبلة الذرية (أورانيوم 235 أو البلوتونيوم 239 ، الكتل الحرج هي 52 و 10kg)
في الصورة جانبه ، أول تجربة القنبلة A في ولاية نيفادا 1951.

* إذا كان صبيب النوترونات متحكم فيه (تعطيل أو امتصاص النترونات الفائضة باستعمال الماء الثقيل أو الغرافيت) ، و إذا كان المحروق يحتوي على عدد كاف من النوى الشطور ، الطاقة المحررة بالنسبة للزمن ثابتة : نقول بأن التفاعل المتسلسل متحكم فيه .

*** الحصيلة الطاقية .**

لنأخذ مثال : تفاعل انشطار الأورانيوم دي المعادلة :

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

معطيات :

النوع	$^{235}_{92}\mathrm{U}$	$^{140}_{55}\mathrm{Cs}$	$^{93}_{37}\mathrm{Rb}$	$^{1}_{0}\mathrm{n}$
الكتلة (u)	234,99346	139,88711	92,90174	1,00866

النقص الكتلي الناتج هو :

$$\Delta m = \left[m\left(^{140}_{55}\mathrm{Cs}\right) + m\left(^{93}_{37}\mathrm{Rb}\right) + 3\,m\left(^{1}_{0}\mathrm{n}\right)\right] - \left[m\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right) + m\left(^{1}_{0}\mathrm{n}\right)\right]$$

$$\Delta m = m\left(^{140}_{55}\mathrm{Cs}\right) + m\left(^{93}_{37}\mathrm{Rb}\right) - m\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right) + 2\,m\left(^{1}_{0}\mathrm{n}\right)$$

$$= 139,88711 + 92,90174 - 234,99346 + 2\times 1,00866$$

$$= -0,18729\,u$$

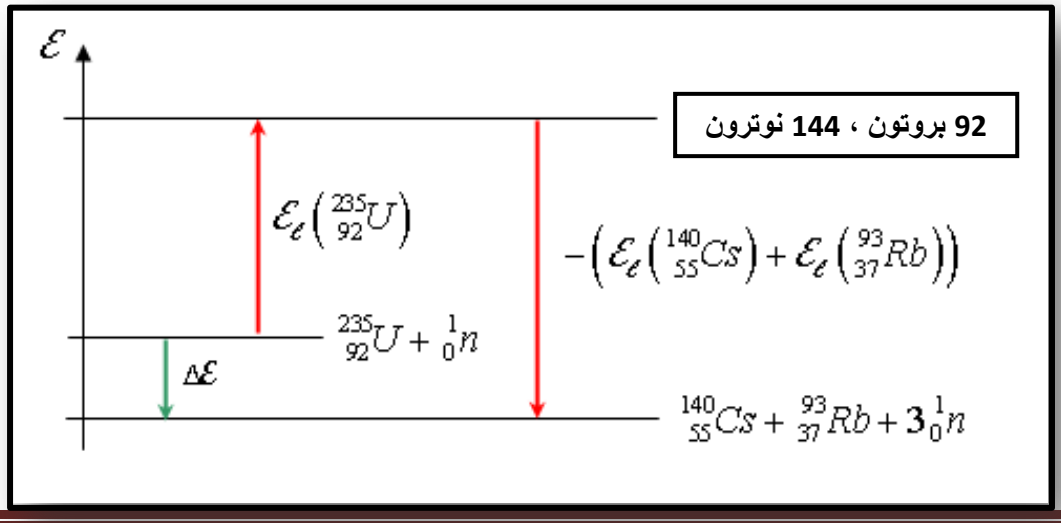
$$= -3,11000.10^{-28}\,kg$$

أي أن حصيلة الطاقة هي :

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

المجموعة اذن تحرر طاقة قيمتها 174,46 MeV بالنسبة لانشطار نواة واحدة ، و هذه الطاقة تساوي تقريبا 10 مرات طاقة تفتت تلقائي .

مخطط الطاقة للتفاعل السابق :



Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

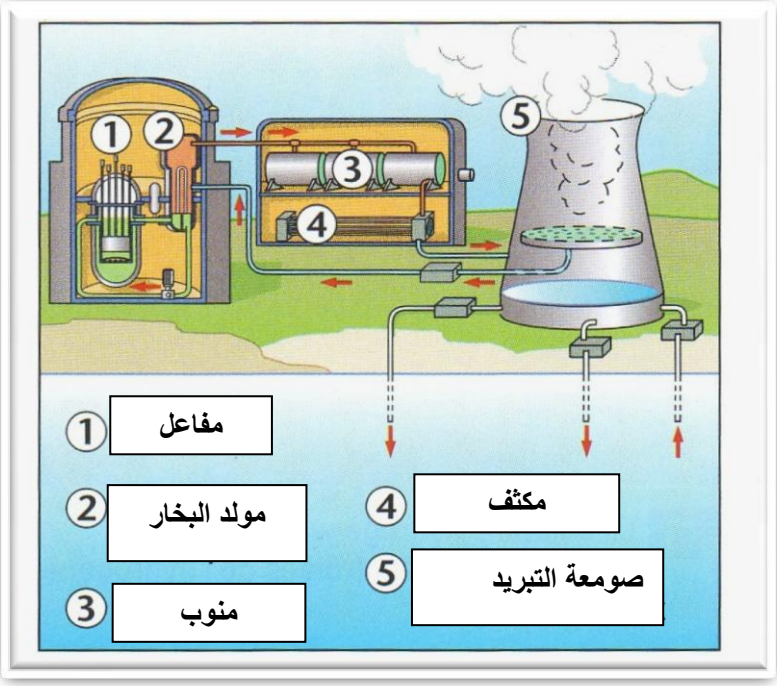
$$\Delta E = \left(E_\ell\left({}^{140}_{55}Cs\right) + E_\ell\left({}^{93}_{37}Rb\right) + 2m_n c^2\right) - E_\ell\left({}^{235}_{92}U\right) = -174,46MeV$$

بالنسبة لنوية ، الطاقة المحررة هي : $\frac{174,46}{235} = 0,742MeV / nucléon$

بالنسبة ل 1 tonne من النوى :

$$\Delta E = 174,46 \times N = 174,46 \times \frac{m}{\mathcal{M}} \times \mathcal{N}_a = 174,46 \times \frac{1.10^6}{235} \times 6,02.10^{23} = 4,5.10^{29} MeV / t = 7.10^{16}\ J / t$$

(1 tep = $4,2.10^{10}$ J, ΔE ~ 2.10^6 tep.)



في المفاعلات النووية ، تبدأ تفعلات الانشطار بواسطه منبع للنوترونات مع خليط من الأميريكيوم - بيريليوم ؛ بعد ذلك يتم التحكم في هذه التفاعلات لكي لا تتطور نحو الانفجار باستعمال قضبان من البور و الكادميوم

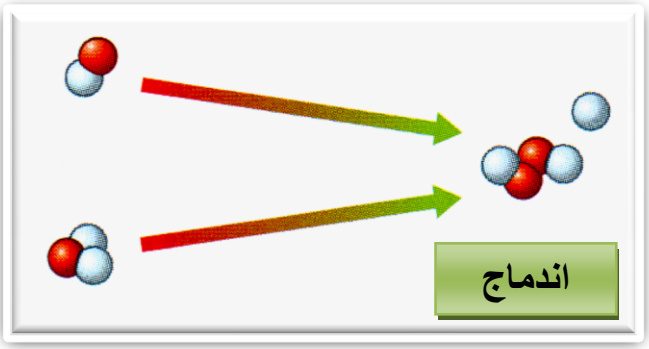
3 - 2) الاندماج النووي .

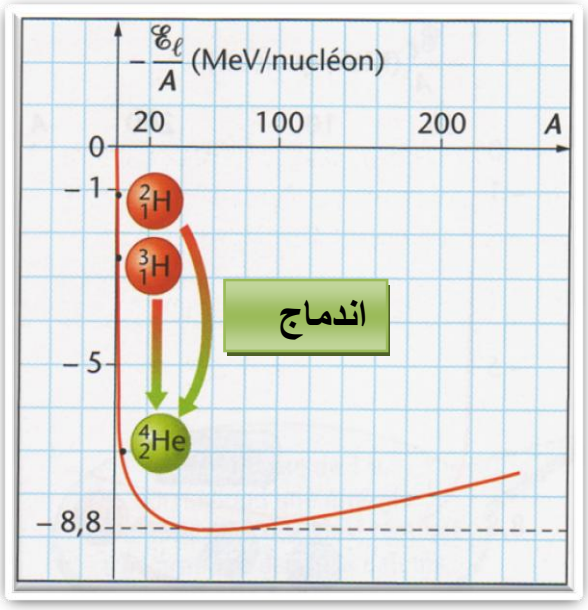
الاندماج النووي هو تكون نواة أثقل انطلاقا من نواتين خفيفتين .

مثلا ، بالوسائل المتاحة يمكن اعتبار اندماج الهيدروجين

$${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + 2\,{}^1_0n$$

و محاولة إنتاج الطاقة بالنسبة للمفاعلات النووية من الجيل الجديد . لحد الساعة ، يصعب التحكم بمفاعلات الاندماج .





Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

في النجوم ، الرج الحراري جد مرتفع حيث درجة الحرارة تقريبا عدة ملايين من درجات سلسيوس ، هذا يسمح بحدوث تصادمات و اندماج نوى مشحونة بشحنة موجبة . خاصة ، في الشمس ، نوى الهيدروجين (بروتونات) تندمج فيما بينها لتكون نوى الهيليوم .

حصيلة التحول له المعادلة : $4\,{}_1^1\mathrm{H} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + 2\,{}_1^0\mathrm{e}$

عندما يستنفد نجم الهيدروجين الذي يتوفر عليه ، فإن تفاعلات أخرى تحدث مؤدية إلى تكون عناصر كيميائية أثقل . و بذلك فإن تفاعلات اندماج التي تحدث في قلب النجوم هي نقطة انطلاق تكون كل العناصر الكيميائية الموجودة في الكون .

أول تجربة حققت على الأرض للاندماج غير المتحكم فيه (القنبلة H) كان سنة 1952 من الولايات المتحدة في جزر مرشال . النفجار استبق بقنبلة للانشطار النووي ، لكي تكون درجة الحرارة كافية للتغلب على التنافر الكهرسان بين النوى .

*** الحصيلة الطاقية .**

الاندماج المنجز في المفاعل ITER يحرر طاقة تقدر ب 18MeV بينما الانشطار يحرر تقريبا 200MeV . لكن عندما نلاحظ عدد النويات المتدخلة في كل تفاعل (5 بالنسبة للاندماج و 236 بالنسبة للانشطار) ، يظهر أن الاندماج يحرر طاقة 5 مرات أكبر من الانشطار .

حصيلة الطاقة في المركز النووي ITER

التفاعل المستثمر في المفاعل هو للديتريوم و التريسيوم $ {}_1^2\mathrm{H} + {}_1^3\mathrm{H} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + {}_0^1\mathrm{n}$

النوع	${}_1^2H$ (deutérium)	${}_1^3H$ (tritium)	${}_2^4He$	${}_0^1n$
الكتلة(u)	2,01355	3,01550	4,00151	1,00866

تغير الكتلة في هذه الحالة هو : $\Delta m = m(He) + m_n - m_D - m_T$

$= 4{,}00151 + 1{,}008\,66 - 3{,}015\,50 - 2{,}013\,55 = -0{,}018\,88$ u

نستنتج تغير الطاقة :

$\Delta E = \Delta m\, c^2 = -0{,}018\,88 \times 931{,}4944 = -17{,}59$ MeV

ملحوظة : لكي نحسب مباشرة الطاقة المحررة بوحدة MeV

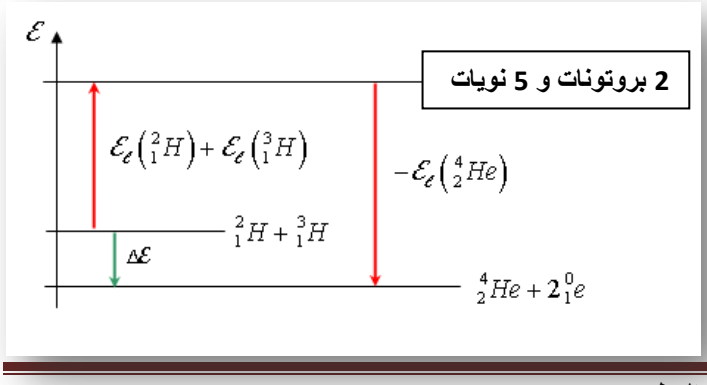
$$\Delta E_{(MeV)} = \Delta m_{(u)} \times \frac{\overbrace{1{,}660\,539.10^{-27}}^{u \rightarrow kg} \times (299\,792\,458)^2}{\underbrace{1{,}602\,176.10^{-13}}_{J \rightarrow MeV}} = 931{,}4944 \times \Delta m_{(u)}$$

الدوتريوم اللازم يستخرج من ماء البحر ، لكن التريسيوم وجوده في الطبيعة تقريبا منعدم لذا يتم تصنيعه داخل المفاعل بالقذف النوتروني لليثيوم 6

$$ {}_3^6\mathrm{Li} + {}_1^0\mathrm{n} \rightarrow {}_1^3\mathrm{H} + {}_2^4\mathrm{He}$$

يتم الحصول على النوترونات انطلاقا من الاندماج . هذا التفاعل الأخير له تغير طاقة الكتلة $-4{,}78$ MeV و بذلك فهي تساهم في إنتاج الطاقة بالنسبة للمفاعل ITER

$$E_\ell\left({}_2^4\mathrm{He}\right) + 2m_e c^2 - \left(E_\ell\left({}_1^2\mathrm{H}\right) + E_\ell\left({}_1^3\mathrm{H}\right)\right) = -17{,}59\mathrm{MeV}$$



بالنسبة لنوية الطاقة المحررة هي :

$$\frac{17{,}59}{5} = 3{,}5\mathrm{Mev/nucléon}$$

باستعمال كمية كتلتها طن نحصل على $3{,}4.10^{17}$ J

أي 8.10^6 tep

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

4) مقارنة بين الانشطار و الاندماج .

4 - 1) تفاعل الانشطار : حصيلة الطاقة لمفاعل نووي تقليدي .

المفاعل النووي يشتغل باستعمالف الأورانيوم المخصب (3% من الأورانيوم 235 الشطور بالنسبة ل 97% من الأورانيوم 238 غير الشطور) . بالتقاط نوترون بطيء ، نواة $^{235}_{92}\mathbf{U}$ تنشطر حسب المعادلة : $^{1}_{0}\mathbf{n} + {}^{235}_{92}\mathbf{U} \rightarrow {}^{94}_{38}\mathbf{Sr} + {}^{139}_{54}\mathbf{Xe} + 3\,{}^{1}_{0}\mathbf{n}$

المعطيات هي كالتالي :

النواة	Xénon 139(كزينون)	Strontium (سترونتيوم) 94	Uranium (اورانيوم) 235	Neutron(نوترون)
الكتلة(u) m	138,888 2	93,894 6	235,013 4	1,008 66

النقص الكتلي للتفاعل هو :

$$\Delta m = m(n) + m(U) - \left(m(Sr) + m(Xe) + 3m(n)\right) = 235,0134 - 138,8882 - 93,8946 - 2\times 1,00866$$

$$\Delta m = 0,21238\ u$$

الطاقة الموافقة لهذا النقص الكتلي هي قيمة الطذاقة المحررة خلال انشطار نواة من الأورانيوم .

$$E = \Delta m'.c^2 = \frac{\Delta m}{\mathcal{N}_A}c^2 = \frac{0,21328}{6,02214.10^{23}}.10^{-3}\times\left(299\,792\,458\right)^2 = 3,183.10^{-11}\,J$$

$$E = \frac{3,183.10^{-11}}{1,60218.10^{-19}} = 198,7.10^{6}\,eV \approx 198,7MeV$$

اذن كل نواة من الأورانيوم تحرر طاقة تساوي تقريبا 200 MeV

بالنسبة ل 1g من الأورانيوم ، حيث كل نواة لها الكتلة : $235,0134\ u = 3,9.10^{-22}\ g$

1g من الأورانيوم يحتوي اذن عدد النوى $^{235}_{92}\mathbf{U}$: $\frac{1}{3,9.10^{-22}} = 2,6.10^{21}$

و تقوم بتحرير :

$$E = 2,6.10^{21} \times 3,183.10^{-11} = 8,3.10^{10}\ J = 83\ GJ$$

في نفس السياق ، طن من الأورانيوم يحرر الطاقة 83.10^5 GJ ، عادة يعبر عن إنتاج الطاقة النووية بوحدة tep و التي تعني طن من البترول الموافق (tonnes équivalent pétrole) : $1tep=4,2.10^{10}J$.

بالنسبة للأورانيوم المستعمل في المفاعل التقليدي ، لدينا 20.10^4tep . و بذلك فإن 1t من الأورانيوم 20.10^4 أكثر طاقة من 1t من البترول .

لنفترض أن المركز النووي يمنح قدرة كهربائية تساوي **900MW** و أن كل الطاقة النووية تحول إلى طاقة كهربائية (أي أن المردود يساوي 100% و هذا بالطبع غير وارد):

$$P = \frac{E}{t}$$

اذن خلال سنة : $E = P \times t = 900.10^6 \times (365 \times 24 \times 3600) = 2,74.10^{16}\ J$

و منه عدد النوى المستهلكة هي :

$$\frac{2,74.10^{16}}{3,183.10^{-11}} = 8,61.10^{26}$$

أي كتلة من الأورانيوم 235 تساوي : $8,61.10^{26} \times 3,9.10^{-22} = 340\ 000\ g = 340\ kg$

أي أكبر بقليل من 10 طن من الأورانيوم المخصب (3% من الأورانيوم 235) لكي يتم تشغيل المركز النووي خلال سنة .

*** ملحوظة : تخصيب الأورانيوم .**

1kg من الأورانيوم الطبيعي به 993g من الأورانيوم 238 و 7g من الأورانيوم 235 . فقط الأورانيوم 235 هو الشطور لكن لا يوجد بنسبة كافية لكي يستعمل في المفاعلات . اذن من الضروري تخصيبه بحيث يصبح يحتوي على 30g أو 50g .

عندما يخصب الأورانيوم ، يحول إلى مسحوق أسود . بعد ذلك يتم ضغطه و تمريره في فرن ، للحصول على أسطوانات صغيرة كتلة الواحدة تقريبا 7g و ارتفاعها 1cm . يمكن لكل أسطوانة أن تحرر طاقة تساوي الطاقة الناتجة عن طن من الفحم (1tec = 0,69 tep) .

تبقى الأسطوانات ما بين 4 و 5 سنوات في المفاعل و تخضع لتفاعلات انشطار نووي .

مع مرور الزمن ، يستنفد الأورانيوم 235 و يجب تعويضه . تنجزهذه العملية في الماء لأنه يحصر الإشعاعات النووية . المحروق المستهلك يبقى خلال 3 سنوات في مسابح للتبريد ، لكي يضيع شيئا فشيئا جزءا من نشاطه الإشعاعي .

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

4 - 2) تفاعل الاندماج : حصيلة الطاقة لمركز من نوع ITER .

اندماج نواة $^{2}_{1}\mathbf{H}$ و نواة $^{3}_{1}\mathbf{H}$ تحرر الطاقة 17,59 MeV . الكتلة المولية ل $^{2}_{1}\mathbf{H}$ هي $2,00\ g.mol^{-1}$ و الكتلة المولية ل $^{3}_{1}\mathbf{H}$ هي $3,00\ g.mol^{-1}$. و بذلك فإن 1kg من خليط من هذين النوعين من نظائر الهيدروجين تضم 200mol من كل نظير . أي $1,204.10^{26}$ نواة من كل نظير .

و منه فإن 1kg من الخليط السابق يحرر الطاقة :

$$\underbrace{\left(17,59.10^{6}\times 1,60218.10^{-19}\right)}_{\mathbf{MeV\rightarrow J}}\times 1,204.10^{26}=3,393.10^{14}\,\mathbf{J}$$

أي $3,393.10^{17}$J بالنسبة ل طن من الخليط ، و هذا يمثل :

$$\frac{3,393.10^{17}}{4,2.10^{10}}=8,0.10^{6}\,tep$$

اندماج طن من نوى الهيدروجين يحرر طاقة 8 ملايين أكبر من الطاقة المحررة خلال احتراق طن من البترول .

لكن ، رغم أن الاندماج يحرر طاقة 10 مرات أكبر من تلك المحررة من انشطار نفس الكتلة ، فإن المشكل يكمن في أن الاندماج صعب التحكم فيه .