

## الجزء الثالث

## التمرين 25

1 - البولونيوم هو  ${}_{84}Po$

يحتاج التمرين للمعلومة :  $m_{He} = 4,0015u$

لدينا معادلة التفكك :  ${}_{84}^{210}Po \rightarrow {}_{82}^{206}Pb + {}_2^4He$

2 - الطاقة المحررة :  $E_{lib} = (m_i - m_f)c^2 = (209,98286 - 205,97445 - 4,0015)931,5 = 6,43MeV$

3 - لا ينتج فوتون معناه أن نواة الرصاص نتجت في حالتها المستقرة ، وبالتالي تكون الطاقة الحركية المعطاة للجسيم  $\alpha$  هي :

$$E_c = 6,43MeV$$

4 - في هذه الحالة تكون الطاقة المقدمة للجسيم  $\alpha$   $E_c' = 6,43 - 2,2 = 4,23MeV$  ، لأن القيمة  $2,2MeV$  هي الطاقة المقدّمة لانبعاث الفوتون (طاقة إشعاعية) .

5 - المقصود هو السؤالان 3 و 4 ، وليس جـ و د .

المقصود في هذا التمرين أن هناك منبعاً للبولونيوم يصدر الإشعاعات  $\alpha$  ، بحيث تسقط هذه الإشعاعات على ورقة من الألمنيوم ، ويتم امتصاصها من طرف الورقة ، وبالتالي تكون الإشعاعات  $\alpha$  قد قدّمت طاقة لورقة الألمنيوم ، وهي الطاقة الحركية التي اكتسبتها ، مع افتراض أن الفوتونات لا يتم امتصاصها من طرف الورقة .

هناك أنوية من الرصاص تنتج في حالتها المستقرة والبعض الآخر ينتج في حالة مثارة ، بحيث أن نسبتي الحالتين هي 50% ، وبالتالي تكون

$$E = \left( \frac{50}{100} \times 6,43 + \frac{50}{100} \times 4,23 \right) \times 3 \times 10^{15} = 16 \times 10^{15} MeV$$

حيث أن عدد الجسيمات  $\alpha$  المنبعثة إلى ورقة الألمنيوم هو  $3 \times 10^{15}$  .

## التمرين 26

في المعطيات نكتب :  $1u = 1,66054 \times 10^{-27} kg = 931,5MeV / c^2$

1 - نحسب طاقة الربط لنواة النظير  ${}^{127}I$  : نحول كتلة النظير لواحدة الكتل الذرية ،

$$m_{127I} = \frac{2,106831 \times 10^{-25}}{1,66054 \times 10^{-27}} = 126,87625u = 126,87625 \times 931,5MeV / c^2$$

$$E_I = (53 \times 1,00728 + 74 \times 1,00866 - 126,87625) \times 931,5 = 1071MeV$$

نحسب طاقة الربط لنواة النظير  $^{131}I$  : نحول كتلة النظير لوحدة الكتل الذرية ،

$$m_{^{131}I} = \frac{2,17329 \times 10^{-25}}{1,66054 \times 10^{-27}} = 130,8785 u = 130,8785 \times 931,5 \text{ MeV} / c^2$$

$$E'_l = (53 \times 1,00728 + 74 \times 1,00866 - 130,8785) \times 931,5 = 1102 \text{ MeV}$$

$$\frac{E'_l}{A} = \frac{1102}{131} = 8,41 \text{ MeV} \quad , \quad \frac{E_l}{A} = \frac{1071,6}{127} = 8,44 \text{ MeV} : \text{ طاقة الربط لكل نوكلون} :$$

3 - النظير الأكثر استقرارا هو النظير الذي يملك طاقة تماسك لكل نوية  $\frac{E_l}{A}$  (نوكلون) أكبر ، وبالتالي  $^{127}I$  هو الأكثر استقرارا .

## التمرين 27

$$1 - \text{ معادلة التفاعل : } {}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{p} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He}$$

$$2 - \text{ ضياع الكتلة في هذا التفاعل : } m_i - m_f = 7,01435 + 1,00728 - 2 \times 4,0015 = 0,01863 u$$

3 - مبدأ انحفاظ الطاقة : نستغل هذه الفرصة لنوضح هذا المبدأ لكثرة الأسئلة حوله :

ليكن التحول النووي التالي سواء كان تلقائيا أو مفتعلا :  $X_1 + X_2 \rightarrow X_3 + X_4$  ، حيث  $X$  أنوية أو جسيمات .

الطاقة المحفوظة في مثل هذه التفاعلات هي طاقة الكتلة  $mc^2$  والطاقة الحركية للأنوية أو الجسيمات .

$X_1$  و  $X_2$  يمكن أن يكونا في حركة أو أحدهما ساكن والآخر متحرك (مثلا قذف نواة بواسطة نوترون) .

$$\text{الطاقة محفوظة في التحول ، أي } m_1c^2 + E_{c1} + m_2c^2 + E_{c2} = m_3c^2 + E_{c3} + m_4c^2 + E_{c4}$$

$$\left[ (m_1 + m_2) - (m_3 + m_4) \right] c^2 = (E_{c3} + E_{c4}) - (E_{c1} + E_{c2})$$

الرمز  $\Delta$  معناه التغير ، أي القيمة الأخيرة ناقص الأولى .

$$(1) \quad \Delta mc^2 = -\Delta E_c \quad , \quad \text{ومنه } \Delta mc^2 = \Delta E_c$$

♦ إذا كان  $\Delta m > 0$  ، أي كتلة النواتج أكبر من كتلة المتفاعلات ، فهذا معناه حسب العلاقة (1) أن  $\Delta E_c < 0$  ، وبالتالي في هذا

التفاعل تحولت الطاقة الحركية إلى طاقة كتلة ، أو بقول آخر : الطاقة تحولت إلى كتلة حسب علاقة التكافؤ طاقة - كتلة .

### هذا التفاعل ماص للحرارة

♦ إذا كان  $\Delta m < 0$  ، أي كتلة النواتج أصغر من كتلة المتفاعلات ، فهذا معناه حسب العلاقة (1) أن  $\Delta E_c > 0$  ، وبالتالي في

هذا التفاعل تحولت طاقة الكتلة إلى طاقة حركية ، أو بقول آخر : الكتلة تحولت إلى طاقة حسب علاقة التكافؤ طاقة - كتلة .

### هذا التفاعل يُحرر الطاقة

هذه الحالة الأخيرة هي التي نصادفها عندما يُطلب منا حساب الطاقة المحررة في تفاعل نووي .

$$(2) \quad E_{lib} = (m_i - m_f) c^2 : \text{ العلاقة التي نطبقها هي :}$$

لأن  $m_i - m_f = -\Delta m$  ، أي أنه عندما يكون  $m_i - m_f > 0$  يكون  $\Delta m < 0$  (أي أن الطاقة تتحرر) .

**ملاحظة :** يمكن أن نستعمل العلاقة  $E_{lib} = \Delta mc^2$  ، في هذه الحالة نجد  $E_{lib}$  سالبة ، ونقول كذلك أن الطاقة تحررت ، لأن

$\Delta m$  ما زالت دائما سالبة .

نرجع للتمرين

لتكن :  $E_{c1}$  : الطاقة الحركية للبروتون

$E_{c2}$  : الطاقة الحركية لنواة الليثيوم

$E_{c3} + E'_{c3}$  : الطاقة الحركية للجسيمتين  $\alpha$

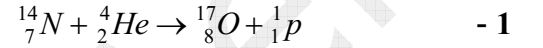
مبدأ انحفاظ الطاقة يُعطي :  $m_{Li}c^2 + E_{c1} + m_p c^2 + E_{c2} = E_{c3} + E'_{c3} + 2 m_{He}c^2$

$E_{c2} = 0$  ، حيث نعتبر أن نواة الليثيوم قُذفت وهي في حالة الراحة ، وبالتالي  $(E_{c3} + E'_{c3}) = m_{Li}c^2 + m_p c^2 + E_{c1} - 2 m_{He}c^2$

$$E_{c1} = 600 \text{ keV} = 6 \times 10^5 \text{ eV} = 0,6 \text{ MeV}$$

$$(E_{c3} + E'_{c3}) = (m_{Li} + m_p - 2 m_{He}) c^2 + E_{c1} = (7,01435 + 1,00728 - 2 \times 4,0015) \times 931,5 + 0,6 = 17,95 \text{ MeV}$$

## التمرين 28



2 - تغير الكتلة معناه  $\Delta m = m_f - m_i$  ، وبالتالي :

$$\Delta m = m_O + m_p - m_N - m_{He} = 16,9947 + 1,00866 - 13,9992 - 4,0015 = 2,66 \times 10^{-3} u$$

3 - تغير الطاقة : إذا كان المقصود هو طاقة الجملة ، فإن طاقة الجملة لا تتغير (محفوطة) . أما إذا كان المقصود هو الطاقة الحركية التي تحولت إلى طاقة كتلة ، نجد كما يلي :

$$E_1 = E_{c1} + m_N c^2 + E_{c2} + m_{He} c^2 \text{ : حيث}$$

$$E_2 = E_{c3} + m_O c^2 + E_{c4} + m_p c^2 \text{ : حيث}$$

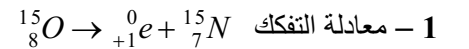
$$E_2 - E_1 = E_{c3} + m_O c^2 + E_{c4} + m_p c^2 - E_{c1} - m_N c^2 - E_{c2} - m_{He} c^2 \text{ هو}$$

$$E_2 - E_1 = (E_{c4} + E_{c3}) - (E_{c2} + E_{c1}) + [(m_O + m_p) - (m_N + m_{He})] c^2 = \Delta E_c + 2,66 \times 10^{-3} \times 931,5$$

$$\Delta E_c = -2,66 \times 10^{-3} \times 931,5 = -2,47 \text{ MeV} \text{ : وبالتالي}$$

4 - في هذا التفاعل تحولت الطاقة الحركية للجسيمات  $\alpha$  إلى طاقة كتلة ، والتي ظهرت في النواتج ، لأن كتلة النواتج أكبر من كتلة المتفاعلات ، أي  $\Delta m > 0$  .

## التمرين 29

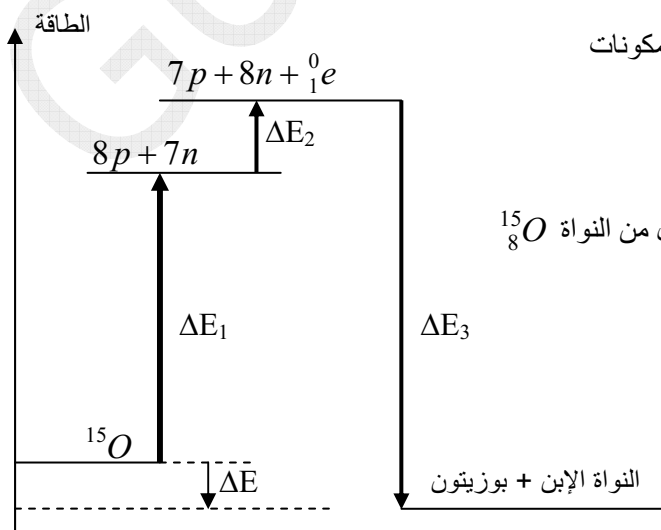


2 - طاقة الربط للنواة  $E_l$  هي الطاقة التي يجب صرفها لتفكيك مكونات النواة وبقاء هذه المكونات في حالة الراحة .

3 - حساب  $\Delta E_1$  : هي طاقة تماسك النواة  $^{15}_8O$  ، أي الانتقال من النواة  $^{15}_8O$

إلى مكونات هذه النواة .

$$\Delta E_1 = 7 \times 7,463 = 111,9 \text{ MeV}$$



4 - حساب  $\Delta E_2$  : هي الطاقة اللازمة للانتقال من  $(8p + 7n)$  إلى  $(7n + 8p + 1e^+)$  ، أي الطاقة اللازمة ليتحول بروتون

$${}_1^1p \rightarrow {}_0^1n + {}_{+1}^0e$$

$$\Delta E_2 = \left[ (7m_p + 8m_n + m_e) - (8m_p + 7m_n) \right] \times c^2 = (m_n + m_e - m_p) c^2$$

$$\Delta E_2 = [1,008665 + 0,000548 - 1,007276] \times 931,5 = 1,8 \text{ MeV}$$

5 - استنتاج  $\Delta E$  :

$$\Delta E = \Delta E_3 + \Delta E_1 + \Delta E_2 = -115,5 + 111,9 + 1,8 = -1,8 \text{ MeV}$$

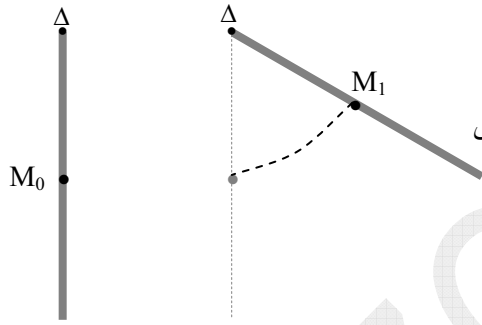
### التمرين 30

1 - يشمل منحنى أستون على الترتيب  $-\frac{E_l}{A}$  وعلى الفواصل العدد الكتلي  $A$  .

الأنوية الموجودة على هذا المنحنى هي أنوية طبيعية .

**ملاحظة :** مثل أستون على الترتيب  $-\frac{E_l}{A}$  وليس  $\frac{E_l}{A}$  ، فقط لمشابهة الاستقرار النووي بالتوازن المستقر لجسم قابل للدوران حول

محور (مثلا ساق معدنية متجانسة قابلة للدوران حول محور أفقي  $\Delta$  يمر من إحدى نهايتيها) ، بحيث يكون الجسم في توازن مستقر



عندما يكون مركز ثقله في أقرب نقطة لسطح الأرض .

الاستقرار يكون في  $M_0$  وليس في  $M_1$  .

كل الأجسام **تريد** أن يكون لها أصغر طاقة كامنة ثقالية لكي تستقر ، وبالتالي تحاول

الاقتراب من سطح الأرض .

- منحنى أستون يقارن استقرار الأنوية فيما بينها .

- طاقة الربط لكل نوية المتوسطة بين كل الأنوية هي حوالي  $8 \text{ MeV}$  .

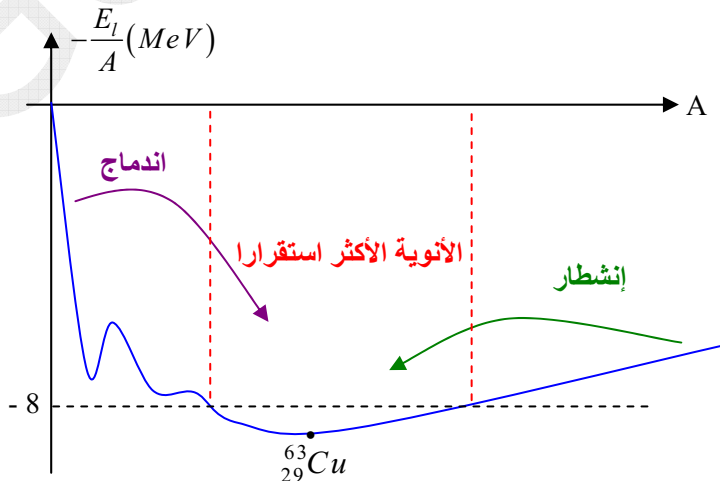
2 - كان من الأحسن طرح السؤال بالصيغة التالية : أين تقع الأنوية الأكثر استقرار .

مثلا : الأنوية  ${}^3_2\text{He}$  ،  ${}^4_2\text{He}$  ،  ${}^6_3\text{Li}$  ،  ${}^9_4\text{Be}$  كلها تقع في وادي الاستقرار في مخطط سقري ، وهي موجودة على منحنى

أستون وطاقة الربط لكل نوكلين فيها على الترتيب هي  $2,56 \text{ MeV}$  ،  $7,07 \text{ MeV}$  ،  $5,33 \text{ MeV}$  ،  $6,46 \text{ MeV}$  .

$$\text{هذه القيم كلها توافق } -\frac{E_l}{A} > -8 \text{ MeV} \text{ ، أي } \frac{E_l}{A} < 8 \text{ MeV} .$$

إذن الهدف من هذا المنحنى هو مقارنة الاستقرار وليس الاستقرار وعدم الاستقرار .



### 3 – طاقات الربط لكل نوية :

$$\frac{E_l}{A} = \frac{(4 \times 1,00728 + 6 \times 1,00866 - 10,01133) \times 931,5}{10} = 6,49 \text{ MeV} \quad : \quad {}^{10}_4\text{Be}$$

$$\frac{E_l}{A} = \frac{(3 \times 1,00728 + 3 \times 1,00866 - 6,01347) \times 931,5}{6} = 5,33 \text{ MeV} \quad : \quad {}^6_3\text{Li}$$

$$\frac{E_l}{A} = \frac{(82 \times 1,00728 + 126 \times 1,00866 - 207,93162) \times 931,5}{208} = 7,86 \text{ MeV} \quad : \quad {}^{208}_{82}\text{Pb}$$

$$\frac{E_l}{A} = \frac{(28 \times 1,00728 + 32 \times 1,00866 - 59,91547) \times 931,5}{60} = 8,78 \text{ MeV} \quad : \quad {}^{60}_{28}\text{Ni}$$

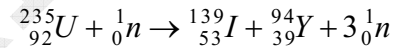
$$\frac{E_l}{A} = \frac{(92 \times 1,00728 + 146 \times 1,00866 - 238,00018) \times 931,5}{238} = 7,57 \text{ MeV} \quad : \quad {}^{238}_{92}\text{U}$$

- 4

Li      Be      U      Pb      Ni

استقرار متزايد

### التمرين 31



1 – الطاقة المحررة :  $E_{lib} = (m_i - m_f) c^2$

$$m_i = 234,99332 + 1,00866 = 236,00198u$$

$$m_f = 138,897 + 93,89014 + 3 \times 1,00866 = 235,81312u$$

$$E_{lib} = (236,00198 - 235,81312) \times 931,5 = 175,8 \text{ MeV}$$

2 – التفاعل التسلسلي :

عند قذف نواة اليورانيوم بواسطة نوترون تنتج أنوية أخف ، ويتحرر عادة 2 نوترون أو 3 نوترونات ، حيث بإمكان هذه النوترونات أن تصدم أنوية أخرى من اليورانيوم ، ثم تتحرر نوترونات أخرى وتتواصل هكذا العملية ، لذا يسمى التفاعل تفاعلا تسلسليا .

3 – حوالي 85 % من الطاقة المحررة تذهب على شكل طاقة حركية مجهرية تُعطى لأنوية اليورانيوم والنواتج . أما 15 % من الطاقة المحررة تصدر على شكل طاقة كهرومغناطيسية (طاقة إشعاعية) .

$$4 – \text{عدد الأنوية في } 1 \text{ kg من اليورانيوم} : N = N_A \frac{m}{M} = 6,023 \times 10^{23} \times \frac{1000}{235} = 2,56 \times 10^{24}$$

الطاقة المحررة من 1 kg هي :

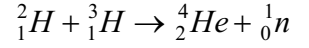
$$E_{lib(T)} = E_{lib} \times N = 2,56 \times 10^{24} \times 175,8 = 4,5 \times 10^{26} \text{ MeV} = 7,21 \times 10^{13} \text{ J} = 72 \times 10^6 \text{ MJ}$$

$$\text{لأن : } 1 \text{ MeV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J} \text{ و } 1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$$

5 - كتلة البترول المطلوبة : 1 kg يحترق 42 MJ ، وبالتالي الطاقة  $72 \times 10^6 \text{ MJ}$  تنتج عن كتلة قدرها (بالقاعدة الثلاثية) :

$$m = \frac{72 \times 10^6}{42} = 1,71 \times 10^6 \text{ kg} = 1771 \text{ t}$$

### التمرين 32



1 - الطاقة المحررة :  $E_{lib} = (m_i - m_f)c^2 = (2,0136 + 3,0155 - 4,0015 - 1,00866) \times 931,5 = 17,64 \text{ MeV}$

2 - تظهر الطاقة المحررة على شكل طاقة حركية في النواتج وطاقة إشعاعية .

$$3 - m({}^2_1H + {}^3_1H) = 2,0136 \times 1,66 \times 10^{-27} + 3,0155 \times 10^{-27} = 8,35 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

يمكن مباشرة تطبيق القاعدة الثلاثية :

$$\begin{array}{ccc} 8,35 \times 10^{-27} \text{ kg} & \rightarrow & 17,64 \text{ MeV} \\ 1 \text{ kg} & \rightarrow & E \end{array}$$

$$\text{ومنه : } E = \frac{17,64}{8,35} \times 10^{27} = 2,11 \times 10^{27} \text{ MeV} = 2,11 \times 10^{27} \times 1,602 \times 10^{-13} = 3,38 \times 10^{14} \text{ J} = 3,38 \times 10^8 \text{ MJ}$$

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ kg} & \rightarrow & 42 \text{ MJ} \\ m & \rightarrow & 3,38 \times 10^8 \text{ MJ} \end{array}$$

4 - كتلة البترول المطلوبة :

$$\text{ومنه : } m = \frac{8,38 \times 10^8}{42} = 2 \times 10^7 \text{ kg} = 20000 \text{ t}$$

5 - رأينا في التمرين 31 في السؤال الرابع أن الطاقة المحررة من 1 kg من اليورانيوم 235 هي  $72 \times 10^6 \text{ MJ}$  ، أما الطاقة

المحررة هنا عن 1 kg من  $({}^2_1H + {}^3_1H)$  هي حوالي  $3,4 \times 10^8 \text{ MJ}$  ، وهي أكبر بحوالي 5 أضعاف من الأولى .

الطاقة المحررة في الاندماج أكبر من الطاقة المحررة في الانشطار عموما .

### التمرين 33

$$\text{تصحيح : } m({}^3_2He) = 3,01493 \text{ u}$$

1 - طاقة الربط لكل نوية

$$\frac{E_l}{A} = \frac{(2 \times 1,00728 + 1 \times 1,00866 - 3,01493) \times 931,5}{3} = 2,57 \text{ MeV} \quad : \quad {}^3_2He$$

$$\frac{E_l}{A} = \frac{(2 \times 1,00728 + 2 \times 1,00866 - 4,0015) \times 931,5}{4} = 7,07 \text{ MeV} \quad : \quad {}^4_2He$$

الهيليوم 4 أكثر استقرارا من الهيليوم 3 لأن طاقة الارتباط لكل نوية بالنسبة للأول أكبر من الثاني .

دليل آخر خارج عن التمرين :

انبعاث  $\alpha$  ( ${}^4_2He$ ) في التفككات التلقائية وعدم انبعاث  ${}^3_2He$  دليل على أن  ${}^4_2He$  أكثر إستقرارا من  ${}^3_2He$  .

$$2 - \text{معادلة التفاعل الناتج : } {}^3_2He + {}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + 2 {}^1_1H$$

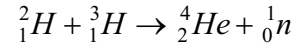
$$3 - \text{الطاقة المحررة : } E_{lib} = (m_i - m_f)c^2 = (2 \times 3,01493 - 4,0015 - 2 \times 1,00728) \times 931,5 = 12,85 \text{ MeV}$$

$$\text{نحسب عدد الأنوية في } 1 \text{ t من الهيليوم 3 : } N = N_A \times \frac{m}{M} = 6,023 \times 10^{23} \times \frac{10^6}{3} = 2 \times 10^{29}$$

4 - الطاقة المحرّرة من 1 t هي :  $E'_{lib} = \frac{2 \times 10^{29}}{2} \times 12,85 \approx 1,3 \times 10^{30} \text{ MeV}$

المقصود بالطاقة المسترجعة الطاقة التي نلتقطها ، أي الطاقة المحرّرة .

### التمرين 34



1- الطاقة المحرّرة :  $E_{lib} = (m_i - m_f)c^2 = (2,0136 + 3,0155 - 4,0015 - 1,00866) \times 931,5 = 17,64 \text{ MeV}$

2 - 17,64 MeV هي الطاقة المحرّرة عندما تتشكل نواة واحدة من الهيليوم .

نواة واحدة من الهيليوم كتلتها  $m = 4,0015 \times 1,66 \times 10^{-24} = 6,64 \times 10^{-24} \text{ g}$

$$\begin{array}{ccc} 6,64 \times 10^{-24} \text{ g} & \rightarrow & 17,64 \text{ MeV} \\ 1 \text{ g} & \rightarrow & E'_{lib} \end{array}$$

ومنه :  $E'_{lib} = \frac{1 \times 17,64}{6,64 \times 10^{-24}} = 2,65 \times 10^{24} \text{ MeV}$

3 - الطاقة المحرّرة من الشمس هي :  $E = Pt = 3,9 \times 10^{26} \times 1 = 3,9 \times 10^{26} \text{ J}$

هذه الطاقة تكافيء كتلة  $m$  ، حيث  $m = \frac{E}{c^2} = \frac{3,9 \times 10^{26}}{9 \times 10^{16}} = 4,3 \times 10^9 \text{ kg}$

4 - خلال ثانية واحدة (1s) تفقد الشمس كتلة قدرها  $m = 4,3 \times 10^9 \text{ kg}$

خلال  $4,6 \times 10^9 \times 365 \times 24 \times 3600 = 1,45 \times 10^{17} \text{ s}$  تفقد الشمس كتلة قدرها  $m'$

$m' = 1,45 \times 10^{17} \times 4,3 \times 10^9 = 6,23 \times 10^{26} \text{ kg}$

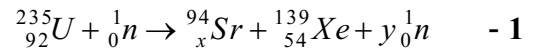
- 5

$$2 \times 10^{30} \text{ kg} \rightarrow 100\%$$

$$6,23 \times 10^{26} \text{ kg} \rightarrow x$$

وبالتالي  $x = \frac{6,23 \times 10^{26} \times 100}{2 \times 10^{30}} = 0,03\%$

### التمرين 35



$$236 = 94 + 139 + y \Rightarrow y = 3$$

$$92 = x + 54 \Rightarrow x = 38$$

2 - الطاقة المحرّرة :

$E_{lib} = (m_i - m_f)c^2 = (234,99345 + 1,00866 - 93,89451 - 138,88917 - 3 \times 1,00866) \times 931,5 = 179 \text{ MeV}$

3 - عندما يتم استخراج اليورانيوم من باطن الأرض ، نجد في عينة النظير 238 بنسبة عالية جدا أما اليورانيوم 235 لا يتعدى في العينة

النسبة 0,7% .

تخصيب اليورانيوم معناه رفع نسبة النظير 235 في العينة .

يتم التخصيص بواسطة أجهزة الطرد المركزي المستعملة في هذا المجال ، حيث يتم إيصال نسبة النظير 235 إلى حوالي 5% بالنسبة للمجال السلمي ، وتصل النسبة إلى حوالي 90% بالنسبة للمجال العسكري (صناعة الأسلحة النووية) .  
هذا ما يحدث حاليا في المفاعلات النووية للجمهورية الإسلامية الإيرانية حسب ما يقوله الدكتور البرادعي .

$$m = \frac{1 \times 3,7}{100} = 0,037 g \text{ : من اليورانيوم المخصَّب في 1 g من النظير 235}$$

$$N = 6,023 \times 10^{23} \times \frac{0,037}{235} = 9,5 \times 10^{19} \text{ : عدد أنوية النظير 235 في هذه العينة}$$

$$E'_{lib} = 9,5 \times 10^{19} \times 179 = 17 \times 10^{21} MeV \text{ هي الطاقة المحرّرة}$$

$$4 - \text{ نحسب الطاقة المحوَّلة إلى كهرباء سنويا : } E = P t = 900 \times 10^6 \times 365 \times 24 \times 3600 = 2,8 \times 10^{16} J$$

$$m = \frac{27 \times 10^6 \times 3,7}{100} = 10^6 g \text{ : من اليورانيوم المخصَّب في 27 طن (27 t) من النظير 235}$$

$$N = 6,023 \times 10^{23} \frac{10^6}{235} = 2,5 \times 10^{27} \text{ : هذه الكمية}$$

$$\text{نحسب الطاقة المحرّرة من استهلاك 27 t من اليورانيوم المخصَّب (أي 1 t من النظير 235) :}$$

$$E' = 2,56 \times 10^{27} \times 179 = 4,58 \times 10^{29} MeV = 7,34 \times 10^{16} J$$

$$\eta = \frac{E}{E'} = \frac{2,8 \times 10^{16}}{7,34 \times 10^{16}} = 0,38 \text{ : المردود هو النسبة بين الطاقة المحوَّلة إلى كهرباء والطاقة المحرّرة}$$

المردود هو 38%

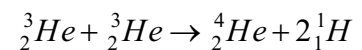
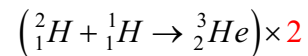
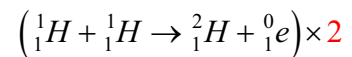
### التمرين 36

1 – القانونان هما : انحفاظ عدد النوكليونات وانحفاظ الشحنة الكهربائية .

2 – البوزيترون جسيم له نفس كتلة الإلكترون (0,000548 u) وشحنة كهربائية مماثلة لشحنة البروتون .

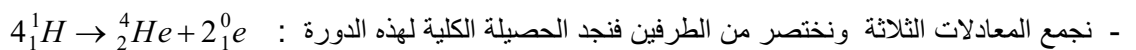
يتحرّر البوزيترون عندما يتحول بروتون إلى نوترون .

3 -



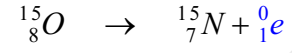
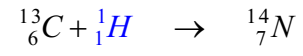
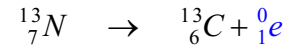
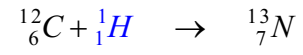
ضربنا المعادلة الثانية في 2 لتحقيق نواتين من  ${}_2^3He$  لأن المعادلة الثالثة تحتاج نواتين ، وضربنا المعادلة الأولى في 2 لتحقيق نواتين

من  ${}_1^2H$  ، لأن في المعادلة الثانية أصبح عدد هذه الأنوية إثنان بعد ضربها في 2 .



$$- \text{ الطاقة المحرّرة في هذه الدورة } E_{lib} = (m_i - m_f) c^2 = (4 \times 1,0073 - 4,0015 - 2 \times 0,000548) \times 931,5 = 24,8 MeV$$





ب) بجمع هذه المعادلات كما هي طرفا لطرف والقيام بالاختصارات نجد الحصلة الكلية للدورة :  $4 {}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + 2 {}^0_1e$

تسمى هذه الدورة دورة ( Bethe – von Weizsäcker )