الجزْء الثـالث

التمرين 25

1 – البولونيوم هو $_{84}Po$ وليس $_{82}Po$.

يحتاج التمرين للمعلومتين التاليتين : $m_{He} = 4,0015u$ ، زمن نصف عمر البولونيوم $t_{1/2} = 138,4\ jrs$

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$$

2 – الطـاقة المحرّرة : $E_{lib} = \left(m_i - m_f\right)c^2 = \left(209,98286 - 205,97445 - 4,0015\right) \times 931,5 = 6,43\,MeV$

3 – لا ينتج فوتون معناه أن نواة الرصاص نتجت في حالتها المستقرّة ، وبالتالي تكون الطاقة الحركية المعطاة للجسيم α هي :

$E_c = 6,43$ MeV

4 – في هذه الحالة تكون الطـاقة المقدّمة للجسيم α : $E'_c = 6,43 - 2,2 = 4,23$ MeV ، لأن القيمة 2,2 MeV هي الطاقة المقدّمة لانبعاث الفوتون (طاقة إشعاعية) .

5 – المقصود هو السؤالان 3 و 4 ، ليس جـ و د .

نحسب الثابت الإشعاعي للبولونيوم : $\lambda = \dfrac{0,69}{t_{1/2}} = \dfrac{0,69}{138,4 \times 24 \times 3600} = 5,77 \times 10^{-8}\ s^{-1}$

نحسب عدد أنوية البولونيوم عندما كان نشاط العينة $A = 3 \times 10^{15}$ Bq : $N = \dfrac{A}{\lambda} = \dfrac{3 \times 10^{15}}{5,77 \times 10^{-8}} = 52 \times 10^{21}$

كل نواة من هذه الأنوية لما تتفكك تُعطي جسيما واحدا α ، إذن الطاقة التي تتحرر هي الطاقة المتحرّرة عن نواة واحدة من البولونيوم مضروبة في عدد الأنوية .

المقصود في هذا التمرين أن هناك منبعا للبولونيوم يُصدر الإشعاعات α ، بحيث تسقط هذه الإشعاعات على ورقة من الألمنيوم ، ويتم امتصاصها من طرف الورقة ، وبالتالي تكون الإشعاعات α 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 المستقرّة والبعض الآخر ينتج في حالة مثارة ، بحيث أن نسبتي الحالتين هي 50 % ، وبالتالي تكون الطاقة التي تستقبلها ورقة الألمنيوم هي : $E = \left(\dfrac{50}{100} \times 6,43 + \dfrac{50}{100} \times 4,23\right) \times 52 \times 10^{21} = 2,77 \times 10^{23}\,MeV$

التمرين 26

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

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

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

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

نحسب طاقة الربط لنواة النظير ^{131}I : نحوّل كتلة النظير لواحدة الكتل الذرية ،

$$m_{^{131}I}=\frac{2,17329\times10^{-25}}{1,66054\times10^{-27}}=130,8785\,u=130,8785\times931,5\,MeV/c^2$$

$$E'_l=\left(53\times1,00728+74\times1,00866-130,8785\right)\times931,5=1102\,MeV$$

2 – طاقة الربط لكل نوكليون : $\frac{E_l}{A}=\frac{1071,6}{127}=8,44\,MeV$ ، $\frac{E'_l}{A}=\frac{1102}{131}=8,41\,MeV$

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

التمرين 27

1 – معادلة التفاعل : $^{7}_{3}Li+^{1}_{1}p\rightarrow2\,^{4}_{2}He$

2 – ضياع الكتلة في هذا التفاعل : $m_i-m_f=7,01435+1,00728-2\times4,0015=0,01863u$

3 – مبدأ انحفاظ الطاقة : نستغلّ هذه الفرصة لنوضح هذا المبدأ لكثرة الأسئلة حوله :

ليكن التحوّل 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 متحرّك (مثلا قذف نواة بواسطة نوترون) .

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

$\left[\left(m_1+m_2\right)-\left(m_3+m_4\right)\right]c^2=\left(E_{c3}+E_{c4}\right)-\left(E_{c1}+E_{c2}\right)$ ، الرمز Δ معناه التغيّر ، أي القيمة الأخيرة ناقص الأولى .

$-\Delta mc^2=\Delta E_c$ ، ومنه $\Delta mc^2=-\Delta E_c$ (1)

- 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 **تحوّلت الطاقة الحركية إلى طاقة كتلة** ، أو بقول آخر : الطاقة تحوّلت إلى كتلة حسب علاقة التكافؤ طاقة – كتلة .

هذا التفاعل مـــاص 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 **تحوّلت طاقة الكتلة إلى طاقة حركية** ، أو بقول آخر : الكتلة تحوّلت إلى طاقة حسب علاقة التكافؤ طاقة – كتلة .

هذا التفاعل يُحرّر الطاقة

هذه الحالة الأخيرة هي التي نصادفها عندما يُطلب منّا حساب الطاقة المحرّرة في تفاعل نووي .

العلاقة التي نطبّقها هي : $E_{lib}=\left(m_i-m_f\right)c^2$ (2)

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

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

نرجع للتمرين

GUEZOURI Aek

لتكن : E_{c1} : الطاقة الحركية للبروتون

E_{c2} : الطاقة الحركية لنواة الليثيوم

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

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 $\left(E_{c3} + E'_{c3}\right) = m_{Li}c^2 + m_p c^2 + E_{c1} - 2\,m_{He}c^2$

$$E_{c1} = 600\,keV = 6\times10^5\,eV = 0,6\,MeV$$

$$\left(E_{c3} + E'_{c3}\right) = \left(m_{Li} + m_p - 2\,m_{He}\right)c^2 + E_{c1} = \left(7,01435 + 1,00728 - 2\times4,0015\right)\times931,5 + 0,6 = 17,95\,MeV$$

التمرين 28

1 - $^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}p$

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

$$\Delta m = m_O + m_p - m_N - m_{He} = 16,9947 + 1,00866 - 13,9992 - 4,0015 = 2,66\times10^{-3}u$$

3 – تغيّر الطاقة : إذا كان المقصود هو طاقة الجملة ، فإن طاقة الجملة لا تتغير (محفوظة) . أما إذا كان المقصود هو الطاقة الحركية التي تحوّلت إلى طاقة كتلة ، نجدها كما يلي :

E_1 : طاقة المتفاعلات ، حيث : $E_1 = E_{c1} + m_N c^2 + E_{c2} + m_{He}c^2$

E_2 : طاقة النواتج ، حيث : $E_2 = E_{c3} + m_O c^2 + E_{c4} + m_p c^2$

التغير في طاقة الجملة هو $E_2 - E_1 = E_{c3} + m_O c^2 + E_{c4} + m_p c^2 - E_{c1} - m_N c^2 - E_{c2} - m_{He}c^2$

$$E_2 - E_1 = \left(E_{c4} + E_{c3}\right) - \left(E_{c2} + E_{c1}\right) + \left[\left(m_O + m_p\right) - \left(m_N + m_{He}\right)\right]c^2 = \Delta E_c + 2,66\times10^{-3}\times931,5$$

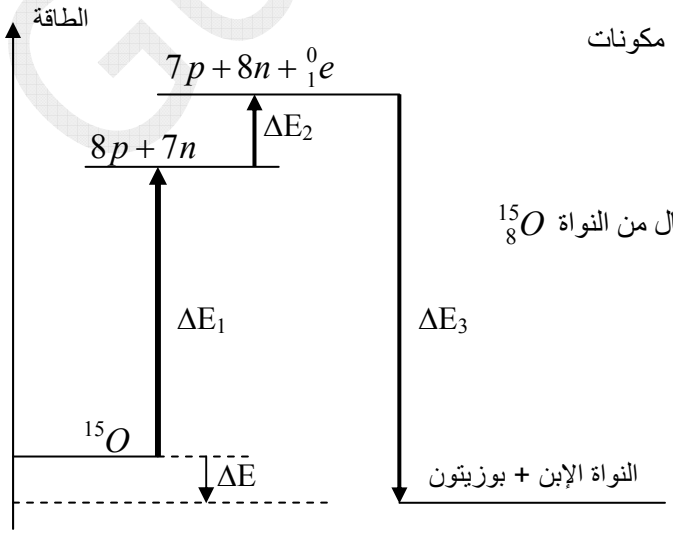
ونعلم أن $E_2 - E_1 = 0$ لأن طاقة الجملة محفوظة ، وبالتالي : $\Delta E_c = -2,66\times10^{-3}\times931,5 = -2,47\,MeV$

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

التمرين 29

1 – معادلة التفكك $^{15}_{8}O \rightarrow {}^{0}_{+1}e + {}^{15}_{7}N$

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



3 - حساب ΔE_1 : هي طاقة تماسك النواة $^{15}_{8}O$ ، أي الانتقال من النواة $^{15}_{8}O$ إلى مكوّنات هذه النواة .

$$\Delta E_1 = 7\times7,463 = 111,9\,MeV$$

GUEZOURI AEK

4 - حساب ΔE_2 : هي الطاقة اللازمة للانتقال من (8 p + 7 n) إلى ($7\,n + 8\,p + 1\,e^+$) ، أي الطاقة اللازمة ليتحوّل بروتون إلى نوترون حسب المعادلة : ${}_1^1p \rightarrow {}_0^1n + {}_{+1}^0e$

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

$\Delta E_2 = \left[1,008665 + 0,000548 - 1,007276\right] \times 931,5 = 1,8\,MeV$ ، حيث الكتل مقاسة بـ u .

5 - استنتاج ΔE :

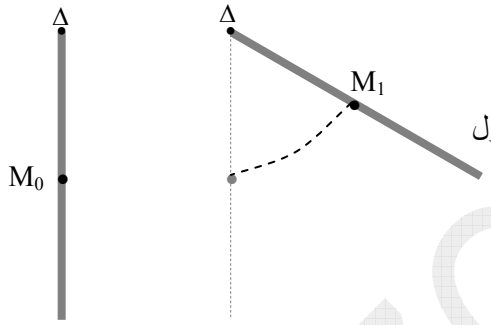
من المخطط لدينا : $\Delta E_3 = \Delta E - \Delta E_1 - \Delta E_2$ ، ومنه $\Delta E = \Delta E_3 + \Delta E_1 + \Delta E_2 = -115,5 + 111,9 + 1,8 = -1,8\,MeV$

التمرين 30

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

الأنوية الموجودة على هذا المنحني هي أنوية طبيعية .

ملاحظة : مثّل أستون على التراتيب $-\frac{E_l}{A}$ 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 Δ 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 .

- منحني أستون يقارن استقرار الأنوية فيما بينها .

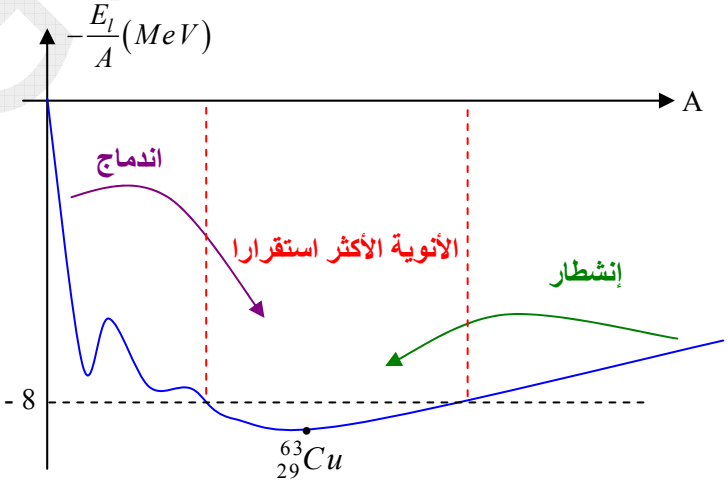
- طاقة الربط لكل نوية المتوسطة بين كل الأنوية هي حوالي 8 MeV .

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

مثلا : الأنوية ${}_2^3He$ ، ${}_2^4He$ ، ${}_3^6Li$ ، ${}_4^9Be$ كلها تقع في وادي الاستقرار في مخطط سوقري ، وهي موجودة على منحني أستون وطاقة الربط لكل نوكليون فيها على الترتيب هي 2,56 MeV ، 7,07 MeV ، 5,33 MeV ، 6,46 MeV .

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

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



GUEZOURI Abdelkader

3 – طاقات الربط لكل نوية :

$$\frac{E_l}{A}=\frac{(4\times1,00728+6\times1,00866-10,01133)\times931,5}{10}=6,49\,MeV \quad : \ {}^{10}_{4}Be$$

$$\frac{E_l}{A}=\frac{(3\times1,00728+3\times1,00866-6,01347)\times931,5}{6}=5,33\,MeV \quad : \ {}^{6}_{3}Li$$

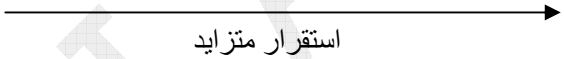
$$\frac{E_l}{A}=\frac{(82\times1,00728+126\times1,00866-207,93162)\times931,5}{208}=7,86\,MeV \quad : \ {}^{208}_{82}Pb$$

$$\frac{E_l}{A}=\frac{(28\times1,00728+32\times1,00866-59,91547)\times931,5}{60}=8,78\,MeV \quad : \ {}^{60}_{28}Ni$$

$$\frac{E_l}{A}=\frac{(92\times1,00728+146\times1,00866-238,00018)\times931,5}{238}=7,57\,MeV \quad : \ {}^{238}_{92}U$$

- 4

Li Be U Pb Ni



استقرار متزايد

التمرين 31

$${}^{235}_{92}U+{}^{1}_{0}n\rightarrow{}^{139}_{53}I+{}^{94}_{39}Y+3\,{}^{1}_{0}n$$

1 – الطـاقة المحرّرة : $E_{lib}=\left(m_i-m_f\right)c^2$

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

$$m_f=138,897+93,89014+3\times1,00866=235,81312u$$

$$E_{lib}=(236,00198-235,81312)\times931,5=175,8\,MeV$$

2 – التفاعل التسلسلي :

عند قذف نواة اليورانيوم بواسطة نوترون تنتج أنوية أخف ، ويتحرّر 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 المحرّرة تذهب على شكل طاقة حركية مجهرية تُعطى لأنوية اليورانيوم والنواتج . أما 15 % من الطاقة المحرّرة تصدر على شكل طاقة كهرومغناطيسية (طاقة إشعاعية) .

4 – عدد الأنوية في 1 kg من اليورانيوم : $N=N_A\frac{m}{M}=6,023\times10^{23}\times\frac{1000}{235}=2,56\times10^{24}$

الطاقة المحرّرة من 1 kg هي :

$$E_{lib_{(T)}}=E_{lib}\times N=2,56\times10^{24}\times175,8=4,5\times10^{26}\,MeV=7,21\times10^{13}J=72\times10^{6}\,MJ$$

لأن : $1MeV=1,602\times10^{-13}J$ و $1MJ=10^{6}J$

5 - كتلة البترول المطلوبة : 1 kg يحرّر 42 MJ ، وبالتالي الطاقة 72×10^{6} MJ تنتج عن كتلة قدرها (بالقاعدة الثلاثية) :

$$m=\frac{72\times10^{6}}{42}=1,71\times10^{6}\,kg=1771\,t$$

GUEZOURI Aek

التمرين 32

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

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

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

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

يمكن مباشرة تطبيق القاعدة الثلاثية :

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

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

4 - كتلة البترول المطلوبة :

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

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

5 - رأينا في التمرين 31 في السؤال الرابع أن الطاقة المحرّرة من 1 kg من اليورانيوم 235 هي $72 \times 10^{6}\,MJ$ ، أما الطاقة المحرّرة هنا عن 1 kg من $\left(^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H\right)$ هي حوالي $3,4 \times 10^{8}\,MJ$ ، وهي أكبر بحوالي 5 أضعاف من الأولى .

الطاقة المحرّرة في الاندماج أكبر من الطاقة المحرّرة في الإنشطار عموما .

التمرين 33

تصحيح : $m\left(^{3}_{2}He\right) = 3,01493u$

1 – طاقة الربط لكل نوية

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

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

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

دليل آخر خارج عن التمرين :

انبعاث α $\left(^{4}_{2}He\right)$ في التفككات التلقائية وعدم انبعاث $^{3}_{2}He$ دليل على أن $^{4}_{2}He$ أكثر إستقرارا من $^{3}_{2}He$.

2 - معادلة التفاعل الناتج : $^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + 2\,^{1}_{1}H$

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

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

GUEZOURI Aek

4 - الطاقة المحرّرة من $1\ t$ هي : $E'_{lib}=\dfrac{2\times10^{29}}{2}\times12,85\approx1,3\times10^{30}\,MeV$

المقصود بالطاقة المسترجعة الطاقة التي نلتقطها ، أي الطاقة المحرّرة .

التمرين 34

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

1- الطاقة المحرّرة : $E_{lib}=\left(m_i-m_f\right)c^2=\left(2,0136+3,0155-4,0015-1,00866\right)\times931,5=17,64\,MeV$

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

نواة واحدة من الهليوم كتلتها $m=4,0015\times1,66\times10^{-24}=6,64\times10^{-24}g$

$$6,64\times10^{-24}g\ \rightarrow\ 17,64MeV$$
$$1g\ \rightarrow\ E'_{lib}$$

ومنه : $E'_{lib}=\dfrac{1\times17,64}{6,64\times10^{-24}}=2,65\times10^{24}\,MeV$

3 – الطاقة المحرّرة من الشمس هي : $E=Pt=3,9\times10^{26}\times1=3,9\times10^{26}J$

هذه الطاقة تكافيء كتلة m ، حيث $m=\dfrac{E}{c^2}=\dfrac{3,9\times10^{26}}{9\times10^{16}}=4,3\times10^{9}\,kg$

4 – خلال ثانية واحدة $(1s)$ تفقد الشمس كتلة قدرها $m=4,3\times10^{9}\,kg$

خلال $4,6\times10^{9}\times365\times24\times3600=1,45\times10^{17}s$ تفقد الشمس كتلة قدرها m'

$$m'=1,45\times10^{17}\times4,3\times10^{9}=6,23\times10^{26}\,kg$$

5 –

$$2\times10^{30}kg\ \rightarrow\ 100\%$$
$$6,23\times10^{26}kg\ \rightarrow\ x$$

وبالتالي $x=\dfrac{6,23\times10^{26}\times100}{2\times10^{30}}=0,03\%$

التمرين 35

1 - $^{235}_{92}U+{}^{1}_{0}n\rightarrow{}^{94}_{x}Sr+{}^{139}_{54}Xe+y\,{}^{1}_{0}n$

$$236=94+139+y\ \Rightarrow\ y=3$$
$$92=x+54\ \Rightarrow\ x=38$$

2 – الطاقة المحرّرة :

$$E_{lib}=\left(m_i-m_f\right)c^2=\left(234,99345+1,00866-93,89451-138,88917-3\times1,00866\right)\times931,5=179\,MeV$$

3 – عندما يتم استخراج اليورانيوم من باطن الأرض ، نجد في عينة النظير 238 بنسبة عالية جدا أما اليورانيوم 235 لا يتعدّى في العيّنة النسبة $0,7\%$.

تخصيب اليورانيوم معناه رفع نسبة النظير 235 في العينة .

GUEZOURI Aek

يتم التخصيب 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 .

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

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

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

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

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

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

نحسب الطاقة المحررة من استهلاك 27 t من اليورانيوم المخصب (أي 1 t من النظير 235) :

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

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

المردود هو 38%

التمرين 36

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

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

يتحرّر البوزيتون عندما يتحول بروتون إلى نوترون .

- 3

$$\left({}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + {}_1^0e\right) \times 2$$

$$\left({}_1^2H + {}_1^1H \rightarrow {}_2^3He\right) \times 2$$

$${}_2^3He + {}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + 2\,{}_1^1H$$

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 .

- نجمع المعادلات الثلاثة ونختصر من الطرفين فنجد الحصيلة الكلية لهذه الدورة : $4\,{}_1^1H \rightarrow {}_2^4He + 2\,{}_1^0e$

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

- 4

أ)

$$^{12}_{6}C + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{13}_{7}N$$
$$^{13}_{7}N \rightarrow ^{13}_{6}C + ^{0}_{1}e$$
$$^{13}_{6}C + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{14}_{7}N$$
$$^{14}_{7}N + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{15}_{8}O$$
$$^{15}_{8}O \rightarrow ^{15}_{7}N + ^{0}_{1}e$$
$$^{15}_{7}N + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{4}_{2}He$$

ب) بجمع هذه المعادلات كما هي طرفا لطرف والقيام بالاختصارات نجد الحصيلة الكليّة للدورة : $4\,^{1}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + 2\,^{0}_{1}e$

تسمى هذه الدورة دورة (Bethe – von Weizsäcker)

GUEZOURI Aek