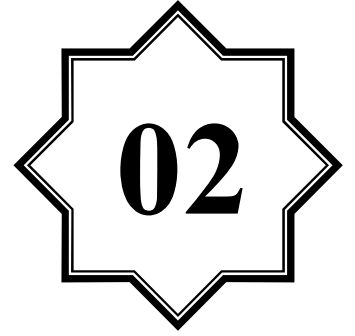


عمر بنظري و تمارين

التطورات الرتبة ٤

دراسة تحولات نووية



الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

www.sites.google.com/site/faresfergani

السنة الدراسية : 2015/2014

المحتوى المفاهيمي : 03

التفاعلات النووية المستحدثة

الانشطار النووي

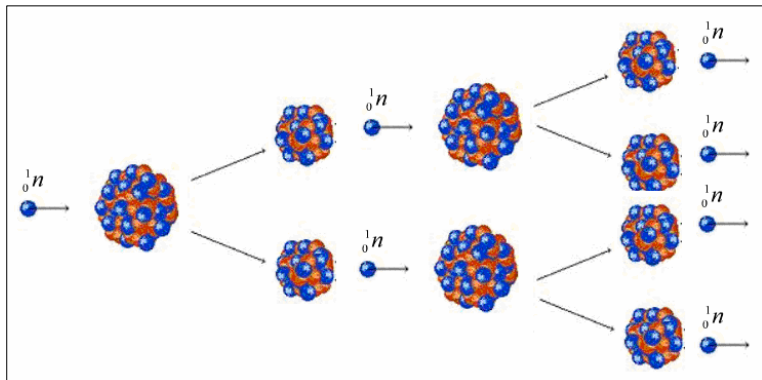
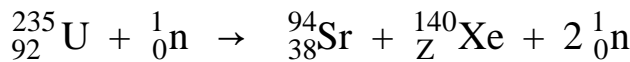
• تعريف الانشطار النووي :

- الانشطار النووي هو تفاعل نووي مفتعل ، تنشط فيه نواة ثقيلة نسبيا ، لتعطي نواتين خفيفتين نسبيا ، تكونان أكثر استقرارا من النواة المنشطرة .

- ينتج عادة تفاعل الانشطار من تصادم نوترون بطيء مع نواة ثقيلة ، و سبب اختيار النوترون هو أن النوترون جسيم متعادل كهربائيا ما يجعله لا يتنافر مع النواة ، كما أنه بطيء لكي لا يتمكن من اختراق النواة الثقيلة ، فبقائه في النواة يجعلها مثارة قبل انشطارها (تصبح نواة ^{236}U بدل ^{235}U) ، أما تم اختراقها لا تنشط النواة .

مثال :

تنشط نواة اليورانيوم 235 ، عند قذفها بنوترون بطيء ، و وفق التفاعل ذي المعادلة :



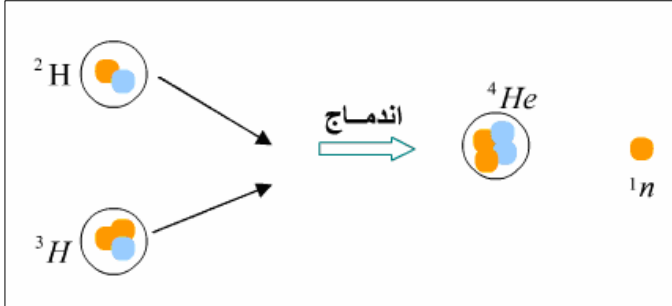
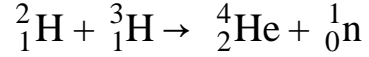
- النوترونات المنبعثة في كل تفاعل انشطار تحدث تفاعلات أخرى ، معنى ذلك أن النيترون الابتدائي يفتعل انشطار نواة اليورانيوم ، و النوترونات المنبعثة تحدث انشطارات أخرى و هكذا تتضاعف الآلية بشكل متسلسل كما في الشكل التالي :

- يقال عن التفاعل في هذه الحالة أنه تسلسلي مغذى ذاتيا .

الاندماج النووي

• الاندماج النووي :

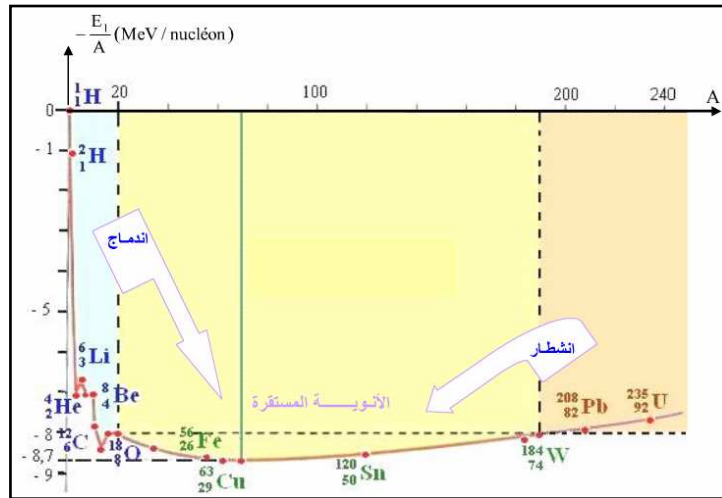
- الاندماج النووي هو تفاعل نووي مفتعل ، تندمج فيه نواتين خفيفتين نسبيا ، لتعطي نواة ثقيلة نسبيا أكثر استقرار .
مثال :



إن هذا التفاعل هو الأكثر احتمالا في مفاعلات الاندماج مستقبلا نظرا للإمكانيات الفيزيائية و التكنولوجية مقارنة بالتفاعلات الأخرى .

• ملاحظة :

الأنوية غير المستقرة يمكن أن تتحول بطريقتين :
- الأنوية الثقيلة ($A < 190$) قابلة للإنشطار .
- الأنوية الخفيفة ($A > 20$) قابلة للاندماج .



• الطاقة المحررة من تفاعل نووي :

- أثبتت الدراسات أن كتلة النواتج في التفاعل النووي أقل من كتلة المتفاعلات (عكس التفاعل الكيميائي الذي تكون فيه كتلة المتفاعلات مساوية لكتلة النواتج حسب لافوازيه) ، بعبارة أخرى يحدث نقصان في الكتلة Δm أثناء حدوث التحول النووي ، هذا النقصان في الكتلة يكافئ حسب علاقة انشتاين $E = \Delta m \cdot c^2$ ، طاقة تحررها الجملة النووية إلى الوسط الخارجي ، فإذا رمزنا لهذه الطاقة بـ E_{lib} يكون :

$$E_{lib} = \Delta m \cdot c^2$$

$$E_{lib} = (m_{\text{نواتج}} - m_{\text{متفاعلات}})$$

التمرين (1) :

تتسطر نواة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ عند قذفها بـ نوترون ، لينتج إثر ذلك نواتين $^{94}_{39}\text{Y}$ ، $^{139}_{53}\text{I}$ بالإضافة إلى انبعاث نوترونات .

- 1- أكتب معادلة التفاعل النووي الحادث .
- 2- أحسب بالرجوع ثم بـ MeV الطاقة المحررة في هذا التفاعل .
- 3- أحسب بالميغا جول (MJ) حيث $1\text{MJ} = 10^6\text{J}$ ، كمية الطاقة المحررة من انشطار 2kg من اليورانيوم 235 .
- 4- أحسب كتلة البترول المنتجة لنفس كمية الطاقة بمعرفة أن 1kg من البترول ينتج 42MJ من الطاقة .

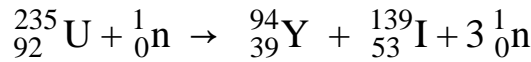
المعطيات :

$$c = 3.10^8\text{ m/s} , m_n = 1.00866\text{ (u)} , m_p = 1.00728\text{ (u)} , 1\text{ u} = 1.66.10^{-27}\text{ Kg}$$

$$m(^{139}\text{I}) = 138.89700\text{u} , m(^{94}\text{Y}) = 93.89014\text{u} , m(^{235}\text{U}) = 234.99332\text{u}$$

الأجوبة :

1- معادلة التفاعل النووي :



2- الطاقة المحررة من التفاعل :

$$E_{\text{lib}} = (m(\text{U}) + m(\text{n}) - m(\text{Y}) - m(\text{I}) - 3m(\text{n})) c^2$$

$$E_{\text{lib}} = (234.99332 + 1.00866 - 93.89014 - 138.89700 - (3 \cdot 1.00866)) \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} (3 \cdot 10^8)^2$$

$$E_{\text{lib}} = 2.82157 \cdot 10^{-11}\text{ J} = 176.35\text{ MeV}$$

3- الطاقة المحررة من انشطار 2Kg من اليورانيوم 235 :

الطاقة السابقة E_{lib} هي الطاقة المحررة من انشطار نواة يورانيوم واحدة ، و عليه لحساب الطاقة المحررة من انشطار 2kg من اليورانيوم نحسب عدد الأنوية المتواجدة في هذه الكتلة ($2\text{kg} = 2 \cdot 10^3\text{ g}$) .

$$\frac{N(\text{U})}{N_A} = \frac{m}{M} \rightarrow N(\text{U}) = \frac{N_A m}{M}$$

$$N(\text{U}) = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 10^3}{235} = 5.12 \cdot 10^{24}$$

و عليه الطاقة المحررة من انشطار 2Kg من اليورانيوم 235 هي :

$$E'_{\text{lib}} = 5.12 \cdot 10^{24} E_{\text{lib}}$$

$$E'_{\text{lib}} = 5.12 \cdot 10^{24} \cdot 2.82156 \cdot 10^{-11} = 1.44 \cdot 10^{14}\text{ J} = 1.44 \cdot 10^8\text{ MJ}$$

4- كتلة البترول المنتجة لنفس الطاقة السابقة :

بالاعتماد على القاعدة الثلاثية

$$\begin{cases} 1\text{ kg} \rightarrow 42\text{ MJ} \\ m \rightarrow 1.44 \cdot 10^8\text{ MJ} \end{cases}$$

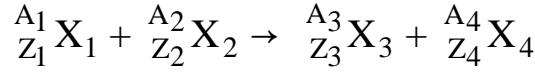
$$m = \frac{1.44 \cdot 10^8}{42} = 3.43 \cdot 10^6\text{ kg}$$

و هي كتلة البترول التي تحرر نفس الطاقة التي تحررها 2kg من اليورانيوم 235 .

الحصلة الطاقوية لتفاعل نووي

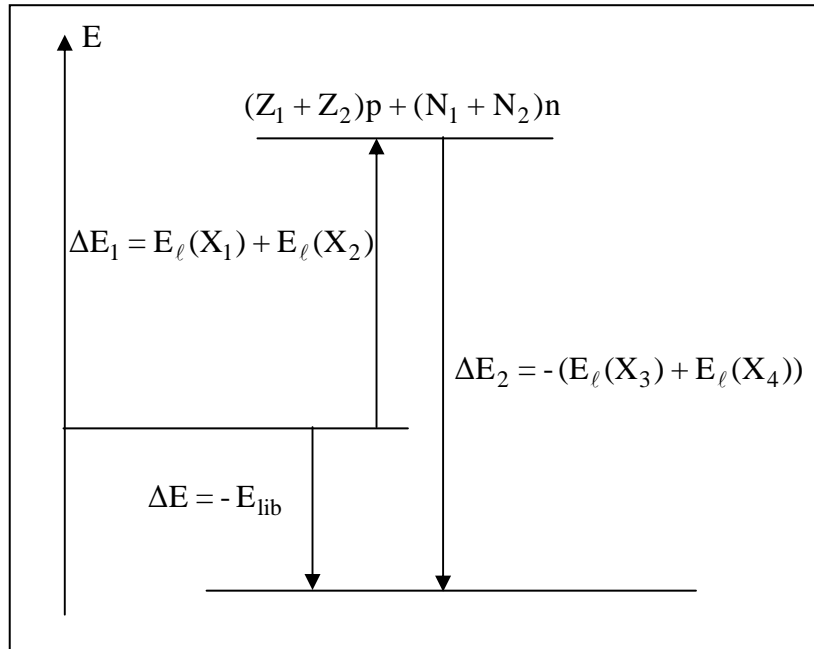
• الحصلة الكتلية و الطاقوية لتفاعل نووي :

ليكن التحول الطاقوي الممنذج بالمعادلة النووية التالية :



- أثناء التفاعل النووي تتفكك الأنوية المتفاعلة إلى نوياتها و بعدها تتشكل من جديد مكونة أنوية جديدة المتمثلة في النواتج .

- بما أن كتلة النواة اقل من كتلة مكوناتها فهذا يعني أن الجملة المتكونة من النواتين (X_2, X_1) يلزمها إكتساب طاقة لكي تتفكك ، هذه الطاقة تتمثل في طاقتي تفكك النواتين المتفاعلتين $(E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2))$ ، و بالمثل فإن الجملة المتكونة من نكليونات النواتين (X_1, X_2) (نكليونات X_1 ، نكليونات X_2) يلزمها تقديم طاقة لكي تشكل الأنوية الناتجة (X_3, X_4) هذه الطاقة تتمثل في طاقة تماسك النواتين الناتجتين $(E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4))$.
- يمكن تمثيل الحصلة الطاقة للتفاعل السابق على ضوء ما قلناه كما يلي :



من هذا المخطط يمكن استنتاج العلاقتين :

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2$$

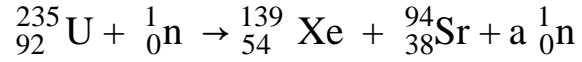
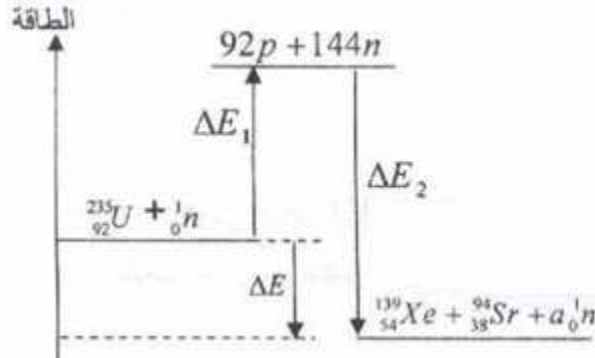
$$E_{ib} = |\Delta E|$$

$$E_{ib} = (E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4) - E_\ell(X_1) - E_\ell(X_2))$$

علما أن : ΔE ، ΔE_1 ، ΔE_2 هي مقادير جبرية .

التمرين (2) :

المخطط الطاقوي المبين في الشكل التالي يمثل الحصلة الطاقوية لتفاعل الإنشطار المعبر عنه بالمعادلة النووية التالية :



- 1- أحسب بـ MeV كلا من : ΔE_1 و ΔE_2 و ΔE .
- 2- استنتج قيمة الطاقة المحررة من التفاعل .

يعطى :

$$E_{\ell}({}_{38}^{94}\text{Sr}) = 810.28 \text{ MeV} , E_{\ell}({}_{54}^{139}\text{Xe}) = 1159.26 \text{ MeV} , E_{\ell}({}_{92}^{235}\text{U}) = 1790.70 \text{ MeV}$$

الأجوبة :

1- حساب ΔE_1 ، ΔE_2 ، ΔE :

- $\Delta E_1 = + E_{\ell}(\text{U}) = 1790.7 \text{ MeV}$
- $\Delta E_2 = - (E_{\ell}(\text{Xe}) + E_{\ell}(\text{Sr})) = - (1159.26 + 810.28) = - 1969.54 \text{ MeV}$
- $\Delta E_3 = \Delta E_1 + \Delta E_2 = 1790.70 - 1969.54 = -178.84 \text{ MeV}$

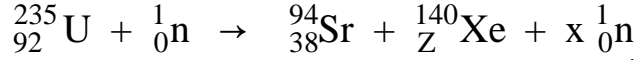
2- الطاقة المحررة من التفاعل :

$$E_{\text{lib}} = |\Delta E| = 178.84 \text{ MeV}$$

تمارين مقترحة

التمرين (3): (بكالوريا 2011 - رياضيات) (الحل المفصل : تمرين مقترح 19 على الموقع)

تنشط نواة اليورانيوم 235 ، عند قذفها بـ نوترون بطيء ، و وفق التفاعل ذي المعادلة :



- 1- تستخدم النوترونات عادة في قذف أنوية اليورانيوم . لماذا ؟
- 2- أكمل معادلة التفاعل النووي المبينة أعلاه .
- 3- فسر الطابع التسلسلي لهذا التفاعل ، مستعينا بمخطط توضيحي .
- 4- أ- أحسب النقص في الكتلة Δm خلال هذا التحول .
ب- أحسب بالرجوع الطاقة E_{lib} المحررة من انشطار نواة واحدة من اليورانيوم 235 .
ج- استنتج الطاقة المحررة من انشطار $m = 2.5 \text{ g}$ من اليورانيوم 235 .
د- على أي شكل تظهر هذه الطاقة ؟
- 5- ما هي كتلة غاز المدينة (غاز الميثان CH_4) اللازم الحصول على طاقة تعادل الطاقة المتحررة من انشطار $m = 2.5 \text{ g}$ من اليورانيوم 235 ؟ علما أن احتراق 1 mol من غاز الميثان يحرر طاقة مقدارها $8.0 \cdot 10^5 \text{ J}$.

المعطيات :

$$m({}^{140}\text{Xe}) = 139.89194 \text{ u} , m({}^{94}\text{Sr}) = 93.89446 \text{ u} , m({}^{235}\text{U}) = 234.99332 \text{ u}$$

$$c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1} , 1 \text{ u} = 1.66.10^{-27} \text{ kg} , m({}_0^1\text{n}) = 1.00866 \text{ u}$$

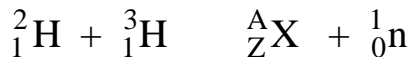
$$M(\text{CH}_4) = 16 \text{ g.mol}^{-1} , N_A = 6.02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

أجوبة مختصرة :

- 1) نستخدم النوترونات عادة في قذف أنوية اليورانيوم لأنها متعادلة كهربائيا (شحنتها معدومة) .
- 2) ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{140}\text{Xe} + 2 {}_0^1\text{n}$
- 3) انشطار النواة الأولى لليورانيوم يعطي نوترونات تؤدي بدورها إلى انشطار أنوية جديدة و هكذا يتسلسل تفاعل الانشطار .
- 4- أ) $\Delta m = m(\text{U}) + m(\text{n}) - m(\text{Sr}) - m(\text{Xe}) - 2 m(\text{n}) = 0.19826 \text{ u}$
ب) $E_{\text{lib}} = \Delta m \cdot c^2 = 2.962 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ ، ج) $E'_{\text{lib}} = 1.896 \cdot 10^{11} \text{ J}$
ج) الطاقة المحررة تظهر على شكل طاقة حرارية بشكل أساسي ، ترافقها الطاقة الحركية لمختلف الجسيمات و كذلك الطاقة المحررة على شكل إشعاعات كهرومغناطيسية .
- 5) $m(\text{CH}_4) = 3.79.10^6 \text{ g} = 3.79 \text{ Tn}$

التمرين (4): (بكالوريا 2013 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 04 على الموقع)

الوقود المستقبلي سيعتمد على تفاعلات الاندماج النووي وفق المعادلة :



- 1- جد قيمتي العددين A و Z باستعمال قانوني الإنحفاظ .
- 2- عرف تفاعل الاندماج النووي .

3- رتب الأنوية ${}^2_1\text{H}$ ، ${}^3_1\text{H}$ و ${}_Z^AX$ من الأقل إلى الأكثر استقرارا مع التعليل .

4- احسب بـ MeV الطاقة المحررة من اندماج نواتي ${}^3_1\text{H}$ ، ${}^2_1\text{H}$.

5- مثل مخطط الحويلة الطاقوية لهذا التفاعل .

المعطيات :

$$E_\ell({}^2_1\text{H}) = 2.23 \text{ MeV} , E_\ell({}^3_1\text{H}) = 8.57 \text{ MeV} , E_\ell({}_Z^AX) = 28.41 \text{ MeV}$$

أجوبة مختصرة :

1) $Z = 2$ ، $A = 4$

2) تفاعل الاندماج هو تفاعل نووي تندمج فيه نواتين خفيفتين ، لتعطي نواة ثقيلة نسبيا أكثر استقرارا .

3) تكون النواة أكثر استقرار كلما كان $\frac{E_\ell}{A}$ أكبر ، و بعد حساب

$\frac{E_\ell}{A}$ لكل نواة ، نجد أن النواة الأقل استقرار هي ${}^2_1\text{H}$ تليها ${}^3_1\text{H}$

ثم ${}^4_2\text{He}$.

$$E_{\text{lib}} = E_\ell({}^4_2\text{He}) - E_\ell({}^3_1\text{H}) - E_\ell({}^2_1\text{H}) = 17.52 \text{ MeV} \quad (4)$$

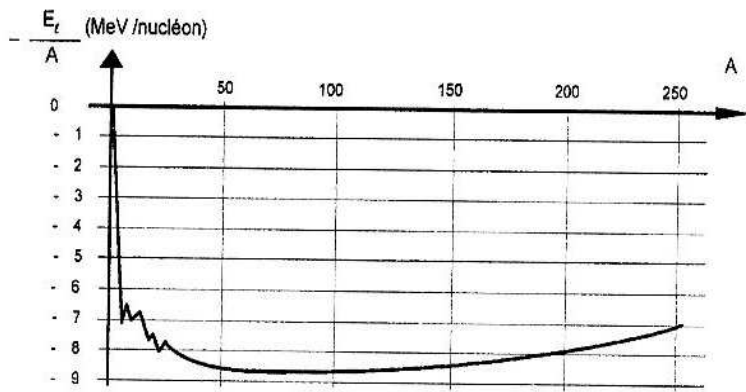
التمرين (5) : بكالوريا 2012 - رياضيات (الحل المفصل : تمرين مقترح 03 على الموقع)

1- التفاعل بين الدوتريوم و التريتيوم ينتج نواة ${}^4_2\text{He}$ و نيوترون و تحرير طاقة .

أ- ما نوع التفاعل الحادث ؟ عرفه .

ب- اكتب معادلة التفاعل الحادث .

2- أ- منحنى أستون (الشكل-2) ماذا يمثل ؟



الشكل-2

ب- حدد من (شكل-2) مجالات الأنوية القابلة للإنشطار ، الأنوية القابلة للاندماج و الأنوية المستقرة .

3- أ- اكتب عبارة طاقة الربط النووي E_ℓ للنواة

${}_Z^AX$.

ب- الطاقة المحررة $|\Delta E|$ بدلالة طاقات الربط النووي تعطى بالعلاقة:

$$|\Delta E| = |E_\ell({}^4_2\text{He}) - E_\ell({}^2_1\text{H}) - E_\ell({}^3_1\text{H})|$$

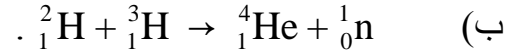
احسب قيمة الطاقة المحررة بـ MeV .

المعطيات :

النواة	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$
طاقة الربط (MeV)	2.22	8.48	28.29

أجوبة مختصرة :

1- أ) هو تفاعل اندماج ، تفاعل الاندماج هو التحام (أو انضمام) نواتين خفيفتين لتشكيل نواة ثقيلة نسبيا مع تحرير طاقة كبيرة جدا .



2- أ) منحني أستون هو منحني يمثل تغيرات القيمة السالبة لطاقة الربط لكل نكليون $(-\frac{E_\ell}{A})$ بدلالة العدد الكتلي A .

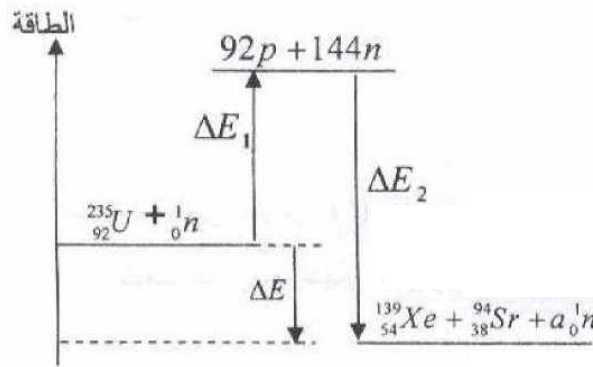
ب) الأنوية القابلة للإنشطار : $A > 180$ ، الأنوية القابلة للاندماج : $A < 50$ ، الأنوية المستقرة : $50 < A < 180$

3- أ) $E_\ell (Zm_p + (A - Z)m_n - m({}^A_Z\text{X}))c^2$

ب) $|\Delta E| = |E_\ell({}^4_2\text{He}) - E_\ell({}^2_1\text{H}) - E_\ell({}^3_1\text{H})| = 17.59 \text{ MeV}$

التمرين (6) : (بكالوريا 2011 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 01 على الموقع)

المخطط الطاقوي (الشكل-1) يمثل الحويلة الطاقوية لتفاعل انشطار نواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}\text{U}$ إلى ${}^{139}_{54}\text{Xe}$ و ${}^{94}_{38}\text{Sr}$ و ${}^1_0\text{n}$ إثر قذفها بنيترون ${}^1_0\text{n}$.



الشكل-1

- 1- أ- عرف طاقة الربط E_ℓ للنواة و أكتب عبارتها الحرفية .
ب- أعط عبارة طاقة الربط لكل نوية .
- 2- أ- أكتب معادلة انشطار نواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}\text{U}$.
ب- يعرف التفاعل السابق على أنه تفاعل تسلسلي مغذى ذاتيا . لماذا ؟
- 3- أحسب بـ MeV كلا من : ΔE_1 و ΔE_2 و ΔE .
- 4- أ- أحسب بالجول مقدار الطاقة المحررة عن انشطار 1g من ${}^{235}_{92}\text{U}$.
ب- على أي شكل تظهر الطاقة المحررة ؟

المعطيات : $\frac{E_\ell}{A}({}^{139}_{54}\text{Xe}) = 8.34 \text{ MeV/nucleon}$ ، $\frac{E_\ell}{A}({}^{235}_{92}\text{U}) = 7.62 \text{ MeV/nucleon}$

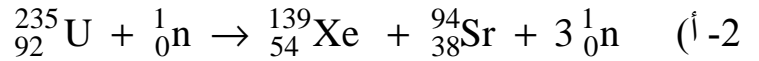
$N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ، $1 \text{ MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ ، $\frac{E_\ell}{A}({}^{94}_{38}\text{Sr}) = 8.62 \text{ MeV/nucleon}$

أجوبة مختصرة :

1- أ) هي الطاقة الواجب تقديمها لنواة الذرة الساكنة لتفكيكها إلى مكوناتها المعزولة و الساكنة ،

$$E_{\ell} = \Delta m \cdot c^2 = (Z m_p + (A - Z) m_n - m(X)) c^2$$

$$\text{ب) } \frac{E_{\ell}}{A} = \frac{(Z m_p + (A - Z) m_n - m(X)) c^2}{A}$$



ب- التفاعل تسلسلي لأن النترونات المنبعثة تحدث تفاعلات انشطار أخرى و هكذا تتضاعف الآلية .

$$\Delta E_2 = - (E_{\ell}(^{139}_{54}\text{Xe}) + E_{\ell}(^{94}_{38}\text{Sr})) = -1969.54 \text{ MeV} , \Delta E_1 = + E_{\ell}(^{235}_{92}\text{U}) = 1790.70 \text{ MeV} \quad (3)$$

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 = -178.84 \text{ MeV}$$

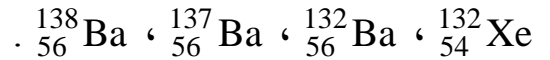
$$\text{أ-4) } E'_{\text{lib}} = 4.58 \cdot 10^{23} \text{ MeV} = 7.32 \cdot 10^{10} \text{ J} , N = \frac{1.6 \cdot 0.2 \cdot 10^{23}}{235} = 2.56 \cdot 10^{21}$$

ب) تظهر الطاقة المحررة على شكل طاقة حركية للجسيمات و طاقة حرارية .

التمرين (7) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 07 على الموقع)

أثناء كارثة تشيرنوبيل تم تحرير السيزيوم 134 و السيزيوم 137 في الهواء .

1- إن نواة السيزيوم $^{137}_{55}\text{Cs}$ تصدر الجسيمة β^- . أكتب معادلة التفكك مبينا رمز النواة الابن من بين الأنوية التالية :

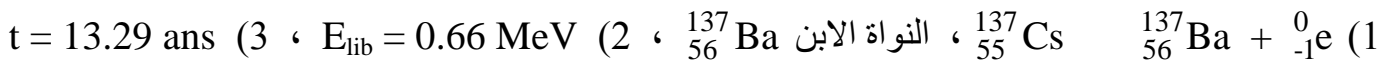


2- أحسب الطاقة المحررة من تفكك نواة السيزيوم $^{137}_{55}\text{Cs}$.

3- للسيزيوم 134 زمن نصف عمر $t_{1/2} = 2 \text{ ans}$. ما هو الزمن اللازم لضياع 99% من السيزيوم المحرر ؟
يعطى :

$$m(^{137}_{55}\text{Cs}) = 136.90707 \text{ u} , m(^{137}_{56}\text{Ba}) = 136.90581 \text{ u} , m_{(e)} = 0.0005486 \text{ u}$$

$$1 \text{ u} = 931.5 \text{ MeV}/c^2$$

أجوبة مختصرة :**التمرين (8) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 08 على الموقع)**

أجريت أبحاث على أحد المعالم التاريخية الشاهدة على قصر قديم في منطقة تاغيت (ولاية بشار) السياحية سنة 2010 . لمعرفة الفترة التاريخية التي يعود إليها هذا القصر ، أخذت قطعة خشب من جذع نخلة بني بها سقف أحد منازل القصر ثم قيس نشاطها الإشعاعي فكان $A = 95 \text{ Bq}$ ثم أخذت قطعة مماثلة لها من جذع نخلة حديثة و قيس نشاطها الإشعاعي فكان مقداره $A_0 = 102 \text{ Bq}$. باعتبار هذا النشاط ناتج عن تفكك أنوية الكربون 14

$(^{14}_6\text{C})$ المشع إلى أزوت 14 $(^{14}_7\text{N})$ و أن زمن نصف عمر الكربون 14 هو $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$.

1- اكتب معادلة تفكك الكربون 14 محدد نمط التفكك .

2- عرف زمن نصف العمر $t_{1/2}$ و ثابت التفكك λ (ثابت النشاط الإشعاعي) .

- 3- أوجد العلاقة بين ثابت التفكك λ و زمن نصف العمر $t_{1/2}$ ، ثم أحسب قيمة λ مقدرا ذلك بـ ans^{-1} .
 4- عبر عن الزمن t تاريخ بناء المنزل بدلالة المقادير A_0 ، A ، λ .
 5- أحسب عمر القصر ثم حدد تاريخ بنائه .

أجوبة مختصرة :

- (1) ${}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$ ، التفكك من النمط β^- .
 (2) زمن نصف العمر هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية ، ثابت التفكك هو احتمال تفكك نوية واحدة خلال وحدة الزمن (ثانية s) .
 (3) $\lambda = \frac{\ln}{t_{1/2}}$ ، $\lambda = 1.244 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$
 (4) $t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\lambda} \cdot t_{1/2}$
 (5) $t = 571 \text{ ans}$ ، أي القصر بني سنة 1439 ميلادي .