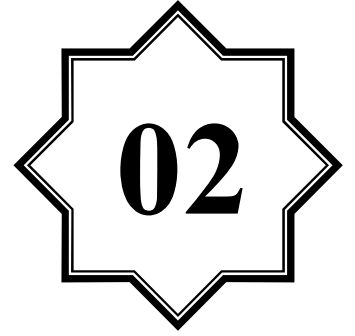


عمر بنظري و تمارين

من التطورات الرتبة ٥

دراسة تحولات نووية



الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

www.sites.google.com/site/faresfergani

السنة الدراسية : 2015/2014

02

المحتوى المفاهيمي :

التناقص الإشعاعي

قانون التناقص الإشعاعي

● مفهوم التناقص الإشعاعي :

- إن تفكك الأنوية هي ظاهرة عشوائية محضة ، حيث لا يمكن التنبؤ باستمرار تفكك نواة أو توقفها عن ذلك ، لذا لا يمكن دراسة الأنوية انفراديا كما تعودنا ذلك في دراسة تطور حركة نقطة مادية .
- لدراسة تفكك الأنوية ندرسها دراسة إحصائية أي ندرس عينة من الأنوية و نعمم الدراسة على كل الأنوية مجتمعة رغم أن تفكك هذه الأنوية انفراديا لم يكن متماثلا على الإطلاق .
- يتناقص عدد الأنوية لعينة مشعة بطريقة أسية حسب قانون يدعى قانون التناقص الإشعاعي الذي يعبر عنه بالعلاقة التالية :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_0 هو عدد الأنوية الابتدائية (عند اللحظة $t = 0$) .

N هو عدد الأنوية المتبقية غير المتفككة في اللحظة t .

λ هو ثابت يدعى ثابت التفكك الإشعاعي يتعلق بالنواة و لا يتعلق بالزمن ، يمثل احتمال التفكك في الثانية الواحدة ، وحدته s^{-1} في جملة الوحدات الدولية ، يعبر عنه بالعلاقة التالية :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$t_{1/2}$ هو زمن نصف العمر وحدته الثانية s ، يمثل الزمن الذي تتفكك خلاله نصف عدد الأنوية المشعة الابتدائية ، يمكن توضيح ذلك كما يلي :

$$t = 0 \rightarrow N = N_0$$

$$t = t_1 = t_{1/2} \rightarrow N = N_1 = \frac{N_0}{2}$$

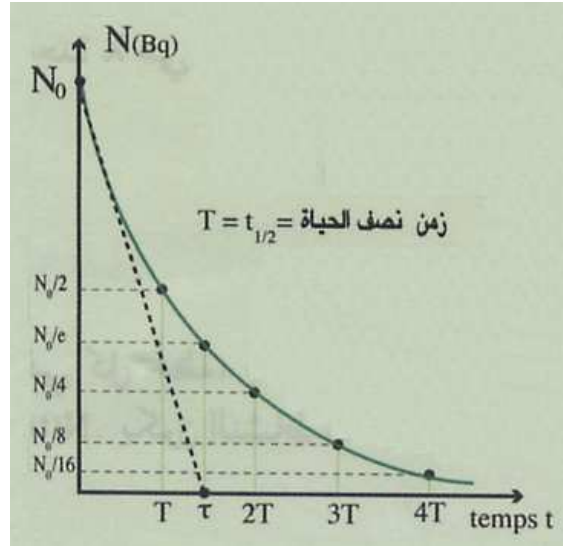
$$t = t_2 = 2 t_{1/2} \rightarrow N = N_2 = \frac{N_1}{2} = \frac{N_0}{(2)^2}$$

$$t = t_3 = 3 t_{1/2} \rightarrow N = N_3 = \frac{N_2}{2} = \frac{N_0}{(2)^3}$$

....

$$t = t_n = n t_{1/2} \rightarrow N = N_n = \frac{N_0}{(2)^n}$$

و هندسيا يكون :



- تعرف النسبة $\frac{1}{\lambda}$ بثابت الزمن يرمز له ب τ و نكتب :

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

و هندسيا يمثل τ تقاطع مماس البين $N = f(t)$ عند اللحظة $t = 0$ مع محور الأزمنة (الشكل) .

النشاط الإشعاعي

● النشاط الإشعاعي :

- النشاط الإشعاعي الذي يرمز له بـ A ووحدته في جملة الوحدات الدولية البكريل (Bq) لعينة هو عدد التفككات التي تحدث في الثانية الواحدة ، يعبر عنه بالعلاقة :

$$A = - \frac{dN}{dt}$$

- يقاس النشاط الإشعاعي بجهاز يدعى **جيغر** .

- حسب قانون التناقص الاشعاعي لدينا : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ و منه :

$$A = - \frac{d}{dt} (N_0 e^{-\lambda t}) = - N_0 \frac{d}{dt} (e^{-\lambda t})$$

$$A = - N_0 (-\lambda e^{-\lambda t}) = N_0 \lambda e^{-\lambda t} = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

و حيث أن : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ يمكن كتابة :

$$A_{(t)} = \lambda N_{(t)}$$

- عند اللحظة $t = 0$ يكون :

$$A_0 = \lambda N_0$$

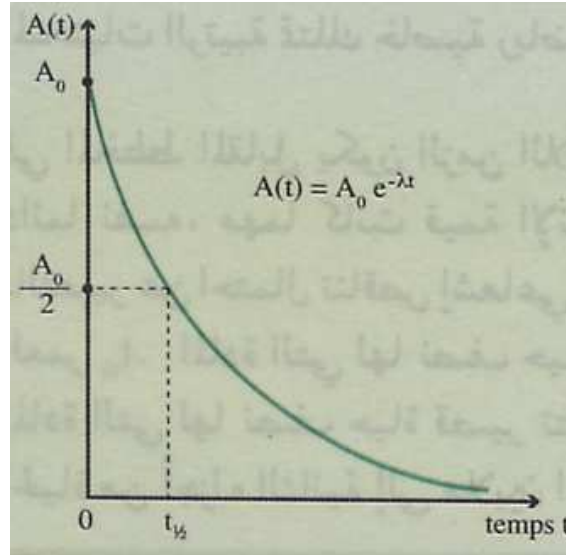
- مما سبق لدينا :

$$A = - \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

و حيث أن : $A_0 = \lambda N_0$ يمكن كتابة :

$$A_{(t)} = A_0 e^{-\lambda t}$$

و هندسيا يكون :



• يمكن استنتاج :

$$t = nt_{1/2} \rightarrow A = \frac{A_0}{(2)^n}$$

التمرين (1) :

- يوجد في مخبر عند لحظة $t = 0$ عينة من الأزوت 13 المشع النقي كتلتها $1.49 \mu\text{g}$ و الذي نصف عمره 10 دقائق (600 ثانية) . (يعطى $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$)
- 1- أحسب ثابت التفكك λ مقدرا بالثانية .
 - 2- عند اللحظة $t = 0$ أوجد :
 - عدد أنوية الأزوت الابتدائية .
 - النشاط الابتدائي .
 - 3- بعد ساعة (عند اللحظة $t = 1\text{h} = 3600\text{s}$) أوجد :
 - قيمة النشاط الإشعاعي .
 - عدد الأنوية المتبقية في العينة (بطريقتين) .
 - نسبة الأنوية المتفككة .
 - 4- أوجد اللحظة التي يصبح فيها النشاط مساوي لـ 1Bq .

الأجوبة :

- 1- أحسب ثابت التفكك λ مقدرا بالثانية :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{600} = 1.16 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

- 2- • عدد أنوية الأزوت الابتدائية :

$$\frac{m(^{13}\text{N})}{M} = \frac{N_0}{N_A} \rightarrow N_0 = \frac{m(^{13}\text{N}) \cdot N_A}{M}$$

$$M(^{13}\text{N}) = 13 \text{ g/mol}$$

$$N_0 = \frac{1.49 \cdot 10^{-6} \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{13} = 6.90 \cdot 10^{16}$$

• النشاط الابتدائي :

$$A_0 = \lambda N_0$$

$$A_0 = 1.16 \cdot 10^{-3} \cdot 6.90 \cdot 10^{16} = 8.00 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

3- • قيمة النشاط الإشعاعي عند اللحظة $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ لدينا :

$$A_{(3600)} = A_0 e^{-\lambda t}$$

إذا اعتبرنا $A_{(3600)}$ هو النشاط بعد ساعة ($t_1 = 3600 \text{ s}$) . أي :

$$t = t_1 = 1 \text{ h} = 3600 \rightarrow A = A_{(3600)}$$

بالتعويض في العبارة السابقة نجد :

$$A_{(3600)} = A_0 e^{-\lambda t_1}$$

$$A_{(3600)} = 8.00 \cdot 10^{13} e^{-1.16 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} = 1.23 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

• عدد الأنوية المتبقية في العينة عند اللحظة $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ الطريقة (1) :

$$A_{(3600)} = \lambda N_{(3600)} \rightarrow N_{(3600)} = \frac{A_{(3600)}}{\lambda}$$

$$N_{(3600)} = \frac{1.23 \cdot 10^{12}}{1.16 \cdot 10^{-3}} = 1.06 \cdot 10^{15}$$

الطريقة (2) :

$$N_{(3600)} = N_0 e^{-\lambda (3600)}$$

$$N_{(3600)} = 6.90 \cdot 10^{16} e^{-(1.16 \cdot 10^{-3} \cdot 3600)} = 1.06 \cdot 10^{15}$$

• نسبة الأنوية المتفككة عند اللحظة $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$:

- نحسب أولاً عدد الأنوية المتفككة .

- إذا اعتبرنا $N'_{(3600)}$ هو عدد أنوية الأزوت المتفككة عند اللحظة $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ ، مع الأخذ بعين الاعتبار أن $N_{(3600)}$ هي عدد أنوية الأزوت المتبقية في العينة و التي حسبت سابقاً يكون :

$$N'_{(3600)} = N_0 - N_{(3600)} = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

- إذا اعتبرنا P هي نسبة الأنوية المتفككة عند اللحظة $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ يكون :

$$P = \frac{N'_{(3600)}}{N_0} \cdot 100 = \frac{N_0 (1 - e^{-\lambda t})}{N_0} \cdot 100 = (1 - e^{-\lambda t}) \cdot 100$$

$$P = (1 - e^{-1.16 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}) \cdot 100 \approx 98 \%$$

4- اللحظة التي يكون فيها $A = 1 \text{ Bq}$:
لدينا :

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

إذا اعتبرنا $A_2 = 1 \text{ Bq}$ و الزمن اللازم لبلوغه هو t_2 يكون :

$$A_2 = A_0 e^{-\lambda t_2}$$

$$e^{-\lambda t_2} = \frac{A_2}{A_0} \rightarrow -\lambda t_2 = \ln \frac{A_2}{A_0} \rightarrow t_2 = -\frac{\ln \frac{A_2}{A_0}}{\lambda}$$

$$t_2 = -\frac{\ln \frac{1}{8 \cdot 10^{13}}}{1.16 \cdot 10^{-3}} = 2.76 \cdot 10^4 \text{ s}$$

تطبيق النشاط الإشعاعي في مجال التأريخ

- يمكن بواسطة الإشعاع تقدير عمر المواد العضوية مثل البقايا الحيوانية أو النباتية ذات عمر يقارب 40000 سنة باستعمال الكربون 14 .

- المكون الأساسي للمركبات العضوية هو عنصر الكربون ، و هذا الأخير من بين نظائره الكربون 14 المشع ، ذو زمن نصف عمر يقارب 5600 سنة .

- مبدأ التأريخ بواسطة الكربون 14 يستند على النظرية القائلة بأن النسبة $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}$ ثابتة في الكون و في العالم الحي

عموما لأجل 20000 سنة الأخيرة ، ثم هذا بفضل التبادلات مثل التحليل الضوئي و التغذية التي تحدث باستمرار و التي تؤدي إلى تجدد الكربون 14 المتفكك ، لكن عند موت عضو نباتي أو حيواني مثلا فإن نسبة الكربون 14 تبدأ في التناقص بسبب التناقص الإشعاعي للكربون 14 و الذي لا يتجدد في هذه الحالة ، نشير إلى أن أنوية الكربون 12 لا تتناقص أثناء ذلك .

ملاحظة-1 :

- عادة عندما يكون عمر العينة (عظم مثلا) آلاف السنين لا يمكن الرجوع آلاف السنين لحساب A_0 ، لذلك لحساب A_0 في هذه الحالة نأخذ عينة حديثة (عظم حيوان مات حديثا) و نقوم بحساب نشاطها الإشعاعي ، فانشاط الإشعاعي للعينة الحديثة هو بمثابة النشاط الإشعاعي للعينة القديمة في اللحظة $t = 0$.

- عدد الأنوية الابتدائية في عينة ما مساوي لمجموع عدد الأنوية المتفككة مضاف إليها عدد الأنوية المتبقية ، فبمعرفة عدد الأنوية المتبقية غير المتفككة N و عدد الأنوية المتفككة يمكن حساب عدد الأنوية الابتدائية N_0 (عند $t = 0$) و بالتالي تتوفر كل المعطيات لتحديد عمر العينة من خلال العلاقة : $N = N_0 e^{-\lambda t}$.

ملاحظة-2 :

عند تأريخ عينات أكبر من 40000 سنة كالصخور مثلا ، لا يمكن استخدام الكربون 14 ، و في هذه الحالة نستخدم أنوية مشعة نصف عمرها أطول ، مثل اليورانيوم 238 ($t_{1/2} = 4.468 \cdot 10^9 \text{ ans}$) ، الروبيديوم 87 ($t_{1/2} = 4.468 \cdot 10^9 \text{ ans}$)

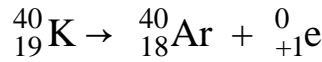
التمرين (2) :

تحتوي صخور القمر على البوتاسيوم $^{40}_{19}\text{K}$ المشع و الذي يتحول إلى الأرجون $^{40}_{18}\text{Ar}$.

- 1- اكتب معادلة التحول النووي الحادث .
- 2- من أجل تعيين تاريخ تشكيل صخور من القمر التي أتى بها رواد الفضاء أعطى التحليل لعينة منها حجما قدره $8.1 \cdot 10^{-3} \text{ mL}$ من غاز الأرجون في الشروط النظامية و $1.67 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ من البوتاسيوم .
- أ- أحسب عدد أنوية غاز الأرجون الناتجة عن تحليل العينة و كذا عدد أنوية $^{40}_{19}\text{K}$ ، ثم استنتج عدد أنوية $^{40}_{19}\text{K}$ الابتدائية عند اللحظة $t = 0$ باعتبار أن العينة المأخوذة تتكون فقط من الأرجون Ar و البوتاسيوم K .
- ب- أوجد عمر الصخر . علما أن : حيث : $t_{1/2} = 1.3 \cdot 10^9 \text{ ans}$ ، $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$.

الأجوبة :

1- معادلة التحول النووي الحادث :



2-أ- عدد أنوية Ar ، K عند تحليل العينة :

$$\frac{N(\text{Ar})}{N_A} = \frac{V(\text{Ar})}{V_M} \rightarrow N(\text{Ar}) = \frac{N_A \cdot V(\text{Ar})}{V_M}$$

$$N(\text{Ar}) = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \times 8.1 \cdot 10^{-6}}{22.4} = 2.18 \cdot 10^{17}$$

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

$$N(\text{K}) = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 1.67 \cdot 10^{-6}}{40} = 2.51 \cdot 10^{16}$$

■ عدد أنوية K الابتدائية :

كون أن العينة المأخوذة تحتوي فقط على الأرجون Ar و البوتاسيوم K ، و الأرجون ناتج عن تفكك البوتاسيوم K يكون عدد أنوية البوتاسيوم الابتدائية مساوي لمجموع عدد أنوية البوتاسيوم المتبقية و الأرجون الناتجة لحظة تحليل العينة و عليه :

$$N_0(\text{K}) = N(\text{Ar}) + N(\text{K})$$

$$N_0(\text{K}) = 2.17 \cdot 10^{17} + 2.51 \cdot 10^{16} = 2.42 \cdot 10^{17}$$

ب- عمر الصخرة :

حسب قانون التناقص الاشعاعي :

$$N(\text{K}) = N_0(\text{K}) e^{-\lambda t}$$

$$e^{-\lambda t} = \frac{N(\text{K})}{N_0(\text{K})}$$

$$-\lambda t = \ln \frac{N(\text{K})}{N_0(\text{K})} \rightarrow t = -\frac{\ln \frac{N(\text{K})}{N_0(\text{K})}}{\lambda} \rightarrow t = -\frac{\ln \frac{N(\text{K})}{N_0(\text{K})}}{\ln 2} \rightarrow t = -\frac{\ln \frac{N(\text{K})}{N_0(\text{K})}}{\ln 2} \cdot t_{1/2}$$

$$t = - \frac{\ln \frac{2.51 \cdot 10^{16}}{2.42 \cdot 10^{17}}}{\ln 2} \cdot 1.3 \cdot 10^9 = 4.25 \cdot 10^9 \text{ ans}$$

التمرين (3):

إن يخضور النباتات الحية يمتص الكربون في وجود الضوء ، عند موتها تتوقف عملية الإمتصاص ، و تتناقص كمية الكربون $^{14}_6\text{C}$ فيها . نحاول تعيين عمر خشبة من العصر ما قبل التاريخ ، و من أجل ذلك ، نقيس النشاط الإشعاعي لـ $^{14}_6\text{C}$ لقطعة من الخشب مقطوعة حديثا و لقطعة الخشب القديمة لهما نفس الكتلة ، نلاحظ أن النشاط الإشعاعي للخشبة الحديثة يكون 7 مرات مما هو عليه في الخشبة القديمة .
أحسب العمر التقريبي للخشبة القديمة إذا علمت أن نصف عمر الكربون $^{14}_6\text{C}$ هو : $t_{1/2} = 5600 \text{ ans}$.

الأجوبة :

العمر التقريبي للخشبة :
لدينا :

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

- نشاط الخشبة الجديدة هو بمثابة نشاط الخشبة القديمة عند اللحظة $t = 0$ و الذي يمثل A_0 .
- إذا كان A هو نشاط الخشبة القديمة المقاس يكون :

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

حيث t هو عمر الخشبة القديمة :

و كون أن نشاط الخشبة الحديثة 7 مرات من نشاط الخشبة القديمة يكون :

$$A_0 = 7A$$

بالتعويض في العلاقة $A = A_0 e^{-\lambda t}$ يكون :

$$A = 7A e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{A}{7} = A e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{1}{7} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{1}{7} = \ln e^{-\lambda t} \rightarrow -\ln 7 = -\lambda t \rightarrow t = \frac{\ln 7}{\lambda}$$

و حيث أن : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ يمكن كتابة :

$$t = \frac{\ln 7}{\frac{\ln 2}{t_{1/2}}} \cdot \lambda \rightarrow t = \frac{\ln 7}{\ln 2} \cdot t_{1/2} \rightarrow t = \frac{\ln 7}{\ln 2} \cdot 5600 = 15721 \text{ ans}$$

إستقرار الأنوية**• وحدة الكتلة الذرية u :**

إن الكتل الفردية المستخدمة في التفاعلات النووية صغيرة جدا ، لذا يستخدم الفيزيائيون وحدة أخرى لقياس الكتلة تدعى وحدة الكتلة الذرية يرمز لها (u) و يعبر عنها بالعلاقة :

$$1u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

تعرف أيضا وحدة الكتلة الذرية على أنها $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون 12 و التي نعتبرها m_C حيث يكون :

$$1u = \frac{1}{12} m_C = \frac{1}{12} \frac{M(C)}{N_A} = \frac{1}{12} \frac{12}{6.02 \cdot 10^{23}} = \frac{1}{6.02 \cdot 10^{23}} \approx 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

• طاقة الكتلة :

- في إطار النظرية النسبية اقترح أنشتاين في بداية القرن العشرين أن كل كتلة تصحبها طاقة تدعى طاقة الكتلة يعبر عنها بعلاقة تكافؤ بين الكتلة و الطاقة كما يلي :

$$E_0 = mc^2$$

- $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$: سرعة الضوء في الفراغ ، m : الكتلة (kg) ، E_0 : طاقة الكتلة (J)
- في السلم الذري توجد وحدات أخرى للطاقة أهمها ، الإلكترون فولط eV و الميغا إلكترون فولط MeV حيث :

$$\begin{aligned} 1\text{eV} &= 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ 1\text{MeV} &= 10^6 \text{ eV} \\ 1\text{MeV} &= 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J} \end{aligned}$$

• ملاحظة :

يمكن حساب طاقة الكتلة التي تكافئ كتلة ذرية u حيث نجد :

$$E = \frac{1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2}{1.6 \times 10^{-13}} \approx 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

• النقص الكتلي و عبارة طاقة التماسك :

- إن كتلة النواة X أقل من كتلة مكوناتها و الفرق بين الكتلتين يدعى **النقص الكتلي** ، يرمز له بـ Δm و يعبر عنه بالعلاقة :

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m(X)$$

حيث m_p : كتلة البروتون ، m_n : كتلة النوترون ، $m(X)$: كتلة النواة .

- طاقة التماسك (أو طاقة الربط) هي الطاقة اللازمة لتماسك النويات ، و هي نفسها الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى مكوناتها (النكليونات) ساكنة و منعزلة ، يعبر عنها بالعلاقة :

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

• طاقة التماسك لكل نكليون و استقرار الأنوية :

- لا يرتبط استقرار النواة بطاقة تماسكها ، و إنما يرتبط بطاقة التماسك لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$ الذي يعبر عنه بالعلاقة :

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

- تعرف طاقة التماسك لكل نكليون على أنها الطاقة اللازمة لنزع نكليون واحد من النواة .

- تكون النواة أكثر استقرار كلما كانت طاقة التماسك لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$ أكبر .

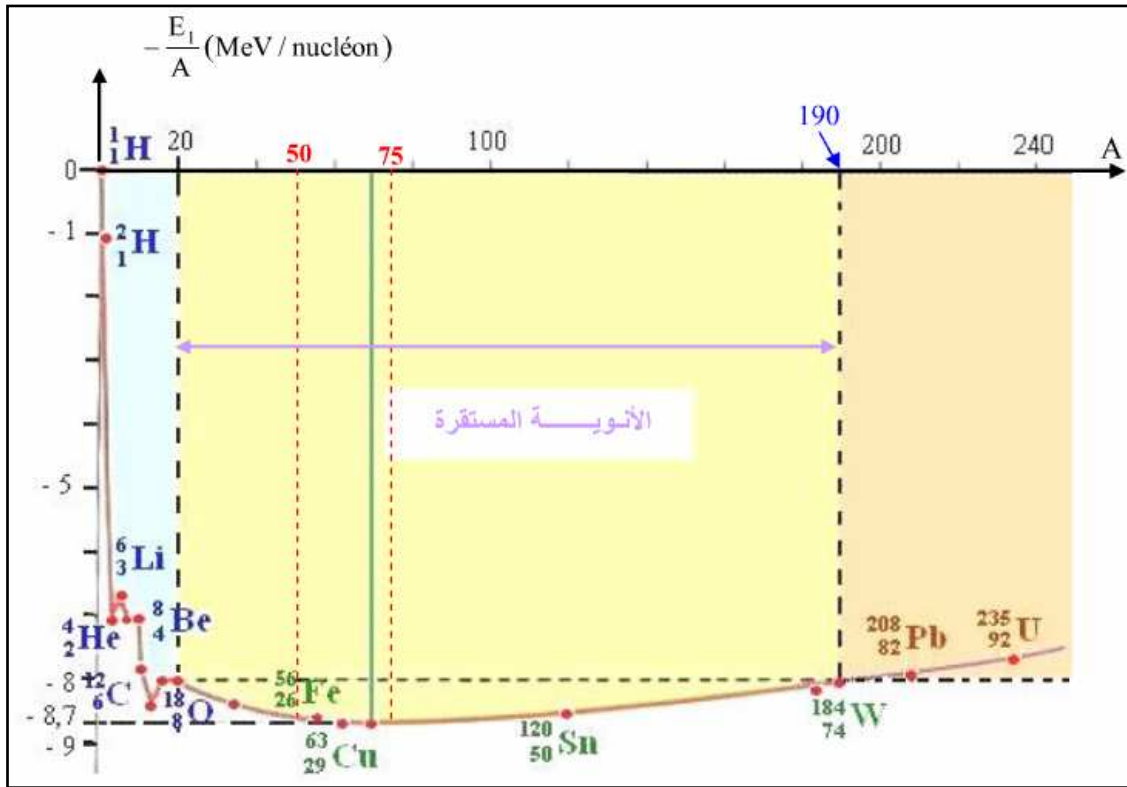
مثال :

الحديد ^{56}Fe أكثر استقرار من اليورانيوم ^{235}U رغم أن طاقة الربط لنواة اليورانيوم أكبر طاقة الربط لنواة الحديد لكن : $\frac{E_\ell}{A}(^{56}\text{Fe}) > \frac{E_\ell}{A}(^{235}\text{U})$.

● **منحنى أستون (Aston) :**

- منحنى أستون هو منحنى يعبر عن طاقة تماسك لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$ بالقيمة السالبة لنواة بدلالة عددها الكتلي A .
- من منحنى أستون يمكن تمييز ثلاث مجالات :

- $A \leq 20$: يشمل أنوية غير مستقرة و خفيفة ، مثل الديترديوم ^2H و التريتيوم ^3H .
- $A \geq 190$: يشمل أنوية غير مستقرة و ثقيلة ، مثل الرصاص 208 و اليورانيوم 235 .
- $20 \leq A \leq 190$: يشمل أنوية مستقرة ، مثل النحاس 63 و الحديد 56 .



التمرين (4) :

- 1- كتلة نواة أحد نظائر الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ الناتجة عن تفكك اليورانيوم 238 $m(^{226}_{88}\text{Ra}) = 225.97709\text{u}$.
أ- عين مكونات النواة الراديوم 226 .
ب- أحسب كتلة مكونات هذه النواة انطلاقاً من كتل مكوناتها . ماذا تلاحظ .
ج- أحسب النقص الكتلي لنواة الراديوم 226 مقدرة بوحدة الكتلة الذرية (u) ثم بالكيلوغرام (kg) .
د- أحسب بالجول ثم بالميغا إلكترون فولت (MeV) طاقة الربط لهذه النواة

- هـ- أحسب بالميغا إلكترون فولط (MeV) طاقة الربط لكل نوية .
 2- الجدول المرفق يعطي طاقة الربط لكل نوية لمجموعة من الأنوية مقدرة بـ MeV .

العنصر	رمز النواة	طاقة الربط لكل نوية $\frac{E_\ell}{A} \text{ (MeV)}$
الليثيوم	${}^6_3\text{Li}$	5.33
البريليوم	${}^{10}_4\text{Be}$	6.5
النيكل	${}^{60}_{28}\text{Ni}$	8.78
الرصاص	${}^{208}_{82}\text{Pb}$	7.87
اليورانيوم	${}^{238}_{92}\text{U}$	7.57

رتب هذه الأنوية من الأقل إلى الأكثر استقرارا .
المعطيات :

$$m_n = 1.00866 \text{ (u)} , m_p = 1.00728 \text{ (u)} , 1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} , 1 \text{ MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

الأجوبة :

1- أ- مكونات النواة :

$${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow A = 226 , Z = 88 , N = A - Z = 226 - 88 = 138$$

عدد البروتونات = $88 = Z$

عدد النيوترونات = $138 = N$

ب- كتلة مكونات النواة :

$$m = Zm_p + Nm_N$$

$$m = (88 \cdot 1.00728) + (138 \cdot 1.00866) = 227.83572 \text{ u}$$

نلاحظ أن $m({}^{226}\text{Ra}) < m$ أي أن كتلة النواة أقل من مكوناتها .

ج- النقص في الكتلة :

$$\Delta m = m - m({}^{226}\text{Ra})$$

$$\Delta m = 227.83572 - 225.97709 = 1.85863 \text{ u} = 3.08533 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

د- طاقة الربط :

$$E_\ell = \Delta m c^2$$

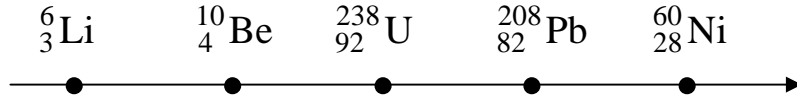
$$E_\ell = 3.08533 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2.77680 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 1735.50 \text{ MeV}$$

هـ- طاقة الربط لكل نوية :

$$\frac{E_\ell}{A} = \frac{1735.50}{226} = 7.68 \text{ MeV}$$

2- ترتيب الأنوية حسب استقرارها :

تكون النواة أكثر استقرارا كلما كان $\frac{E_\ell}{A}$ أكبر (طاقة الربط لكل نوية أكبر) و عليه ترتيب الاستقرار حسب تزايد الاستقرار يكون كما يلي :



تمارين مقترحة

التمرين (5): (بكالوريا 2009 – علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 10 على الموقع)

البولونيوم عنصر مشع ، نادر الوجود في الطبيعة ، رمزه الكيميائي Po و رقمه الذري 84 . اكتشف أول مرة سنة 1898 م في أحد الخامات . لعنصر البولونيوم عدة نظائر لا يوجد منها في الطبيعة سوى البولونيوم 210 . يعتبر البولونيوم مصدر لجسيمات α لأن أغلب نظائره تصدر أثناء تفككها هذه الجسيمات .

1- ما المقصود بالعبرة :

أ- عنصر مشع . ب- للعنصر نظائر .

2- يتفكك البولونيوم 210 معطيا جسيمات α و نواة ابن هي ${}^A_Z\text{Pb}$.

أكتب معادلة التفاعل المنذج للتحول النووي الحاصل محدا كل من Z ، A .

3- إذا علمت أن زمن نصف حياة البولونيوم 210 هو $t_{1/2} = 138$ j و أن نشاط عينة منه في اللحظة $t = 0$ هو $A_0 = 10^8$ Bq . أحسب :

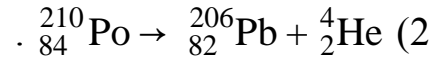
أ/ ثابت النشاط الإشعاعي (ثابت التفكك) .

ب/ N_0 عدد أنوية البولونيوم 210 الموجودة في العينة في اللحظة $t = 0$.

ج/ المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد أنوية العينة مساوي ربع ما كان عليه في اللحظة $t = 0$.

أجوبة مختصرة :

1- أ) المقصود بالعبرة عنصر مشع ، هو نواة ذرته غير مستقرة ، حيث تصدر جسيمات مثل α ، β^- ، β^+ أو تصدر إشعاع γ ، ب) المقصود أن للعنصر نظائر هو أن للعنصر ذرات تتفق في العدد الذري Z (الشحني) و تختلف في العدد الكتلي A .



$$3- \text{ أ) } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 5.10^{-3} \text{ jours}^{-1} = 5.8.10^{-8} \text{ s}^{-1} \quad \text{نذكر : } 1 \text{ Jour}^{-1} = \frac{1}{\text{jour}} = \frac{1}{3600 \times 24} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{ب) } N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = 1.72.10^{15} \quad \text{ج) } t_1 = 2.138 = 276 \text{ jours}$$

التمرين (6): (بكالوريا 2008 – رياضيات) (الحل المفصل : تمرين مقترح 11 على الموقع)

1/ لعنصر البولونيوم (Po) عدة نظائر مشعة ، أحدهما فقط طبيعي .

أ/ ما المقصود بكل من : النظير و النواة المشعة ؟

ب/ نعتبر أحد النظائر المشعة ، نواته $({}^A_Z\text{Po})$ و التي تتفكك إلى نواة الرصاص $({}^{206}_{82}\text{Pb})$ و تصدر جسيما α .

أكتب معادلة التفاعل المنذج لتفكك نواة النظير $({}^A_Z\text{Po})$ ثم استنتج قيمتي A و Z .

2/ ليكن N_0 عدد الأنوية المشعة الموجودة في عينة من النظير $({}^A_Z\text{Po})$ في اللحظة $t = 0$ ، عدد الأنوية

المشعة غير المتفككة الموجودة فيها في اللحظة t .

باستخدام كاشف لإشعاعات (α) مجهز بعداد رقمي تم الحصول على جدول القياسات التالي :

t(jours)	0	20	50	80	100	120
$\frac{N(t)}{N(t_0)}$	1.00	0.90	0.78	0.67	0.61	0.55
$-\ln \frac{N(t)}{N(t_0)}$						

أ/ أملأ الجدول السابق .

ب/ أرسم على ورقة ميليمترية البيان : $-\ln \frac{N(t)}{N(t_0)} = f(t)$.

يعطى سلم الرسم : على محور الفواصل : $1 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ jours}$ ، على محور الترتيب : $1 \text{ cm} \rightarrow 0.1$.
ج/ أكتب قانون التناقص الإشعاعي و هل يتوافق مع البيان السابق . برر إجابتك .

د/ انطلاقا من البيان ، استنتج قيمة λ ، ثابت التفكك (ثابت الإشعاعي) المميز للنظير ${}^A_Z\text{Po}$.

هـ/ أعط عبارة زمن نصف عمر ${}^A_Z\text{Po}$ و احسب قيمته .

أجوبة مختصرة :

1- أ) المقصود بالنظير أو النظائر بصفة عامة ، هي أفراد كيميائية لنفس العنصر الكيميائي تتفق في العدد الذري Z و تختلف في العدد الكتلي ، المقصود بنواة مشعة ، نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا لتعطي نواة أخرى ابن و جسيمات α أو β أو إشعاع γ .

ب) ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$.

2- أ) إكمال الجدول :

t(jours)	0	20	50	80	100	120
$\frac{N(t)}{N(t_0)}$	1.00	0.90	0.78	0.67	0.61	0.55
$-\ln \frac{N(t)}{N(t_0)}$	0	0.10	0.25	0.40	0.50	0.60

ج) من قانون التناقص الإشعاعي ، يمكن إيجاد العلاقة : $-\ln \frac{N}{N_0} = \lambda t$ ، هي من الشكل $-\ln \frac{N}{N_0} = a t$

و هي توافق البيان الذي عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ .

د) $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 138.6 \text{ jours}$ (هـ ، $\lambda = 5.10^{-3} \text{ jours}^{-1}$)

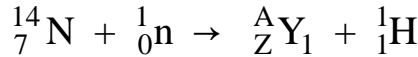
التمرين (7) : (بكالوريا 2010 – علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 12 على الموقع)

يوجد عنصر الكربون في دورته الطبيعية على شكل نظيرين مستقرين هما الكربون 12 و الكربون 13 و نظير مشع (غير مستقر) هو الكربون 14 ، و الذي يبلغ زمن نصف عمره $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$.
المعطيات :

الكربون 12 : $^{12}_6\text{C}$ ، الكربون 13 : $^{13}_6\text{C}$ ، الآزوت 14 : $^{14}_7\text{N}$.

1- أعط تركيب نواة الكربون 14 .

2-أ/ إن قذف نواة الآزوت بنترون هو تحول نووي يعبر عنه بالمعادلة التالية :



بتطبيق قانوني الانحفاظ حدد النواة ${}^A_Z\text{Y}_1$.

ب/ إن تفكك الكربون 14 يعطي نواة ${}^A_Z\text{Y}_2$ و جسيم β^- . أكتب معادلة التفاعل النووي الموافق و اذكر اسم العنصر Y_2 .

3- يعطى قانون التناقص الإشعاعي بالعلاقة : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

أ/ ماذا تمثل المقادير التالية : $N(t)$ ، N_0 ، λ ؟

ب/ بين أن : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

ج/ أوجد وحدة λ باستعمال التحليل البعدي .

د/ أحسب القيمة العددية للمقدار λ المميز للكربون 14 .

4- سمح تأريخ قطعة من الخشب القديم كتلتها $m(g)$ اكتشفت عام 2000 ، بمعرفة النشاط A لهذه العينة و الذي قدر بـ 11.3 تفككا في الدقيقة ، في حين قدر النشاط A_0 لعينة حية ماثلة بـ 13.6 تفككا في الدقيقة .
أكتب عبارة $A(t)$ بدلالة : A_0 و λ و t ثم أحسب عمر قطعة الخشب القديم ، و ما هي سنة قطع الشجرة التي انحدرت منها .

أجوبة مختصرة :

1) عدد البروتونات $Z = 6$ ، عدد النيوترونات $N = (A - Z) = 8$.

2- أ) النواة ${}^A_Z\text{Y}_1$ هي : $^{14}_6\text{C}$ ، و المعادلة : $^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$.

ب) $^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$.

3- أ) $N(t)$: عدد الأنوية غير المتفككة في العينة في اللحظة t ، N_0 : عدد الأنوية الابتدائية غير المتفككة في العينة عند اللحظة $t = 0$ ، λ : ثابت التفكك الإشعاعي .

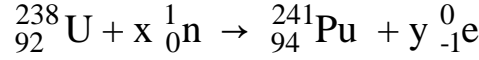
ج) $[\lambda] = \frac{1}{[T]} = \text{s}^{-1}$ (د) ، $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 1.244 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$.

4) $t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\lambda} = 1489.28 \text{ ans}$ ، و هي المدة الزمنية منذ قطع الشجرة ، و بما أن نشاط الخشب تمت قياسه في

سنة 2000 تكون سنة قطع الشجرة : $2000 - 1489 \approx 511$ ، أي الشجرة قطعت حوالي سنة 511 من السنة الميلادية .

التمرين (8) : (بكالوريا 2010 – رياضيات) (الحل المفصل : تمرين مقترح 14 على الموقع)

لا يوجد البلوتونيوم $^{241}_{94}\text{Pu}$ في الطبيعة ، و للحصول على عينة من أنويته يتم قذف نواة $^{238}_{92}\text{U}$ في مفاعل نووي بعدد x من النيوترونات ، حيث يمكن نمذجة هذا التحول النووي بتفاعل معادلته :



1- أ- بتطبيق قانوني الانحفاظ عين قيمتي x و y .

ب- تصدر نواة البلوتونيوم $^{241}_{94}\text{Pu}$ أثناء تفككها جسيمات β^- و نواة الأمريكيوم ^A_ZAm .
أكتب معادلة التفكك النووي للبلوتونيوم و حدد قيمتي A و Z .

ج- أحسب قيمة طاقة الربط لكل نيوكليون (نوية) مقدرة بـ MeV لنواتي $^{241}_{94}\text{Pu}$ و ^A_ZAm ثم استنتج أيهما أكثر استقرار .

2- تحتوي عينة من البلوتونيوم ^{241}Pu المشع في اللحظة $t = 0$ على N_0 نواة .

بدراسة نشاط هذه العينة في أزمنة مختلفة تم الحصول على النسبة $\frac{A(t)}{A_0}$ حيث $A(t)$ نشاط العينة في اللحظة t و A_0 نشاطها في اللحظة $t = 0$ فحصلنا على النتائج التالية :

t (ans)	0	3	6	9	12
$\frac{A(t)}{A_0}$	1.00	0.85	0.73	0.62	0.53

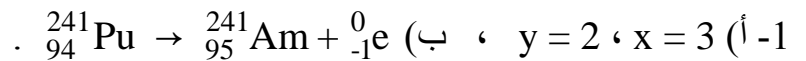
أ- ارسم ، على ورقة مليمتريّة ، البيان : $\ln \frac{A(t)}{A_0} = f(t)$.

ب- اكتب عبارة المقدار $\ln \frac{A(t)}{A_0}$ بدلالة λ و t .

ج- عين بيانيا قيمة ثابت التفكك λ و استنتج $t_{1/2}$ قيمة زمن نصف عمر البلوتونيوم ^{241}Pu .

المعطيات : $m(^{241}\text{Pu}) = 241.00514 \text{ u}$ ، $m(^A_Z\text{Am}) = 241.00457 \text{ u}$ ، $m(\text{p}) = 1.00728 \text{ u}$ ،

$$m(\text{n}) = 1.00866 \text{ u} \quad , \quad 1 \text{ u} = \frac{931.5}{c^2} \text{ MeV}$$

أجوبة مختصرة :

جـ (—) $\frac{E_\ell(\text{Pu})}{A} = 7.5455 \text{ MeV}$ ، $\frac{E_\ell(\text{Am})}{A} = 7.5424 \text{ MeV}$ ، Pu أكثر استقرار من النواة Am ، لأن

$$\frac{E_\ell(\text{Pu})}{A} > \frac{E_\ell(\text{Am})}{A}$$

$$2- \text{ب} \quad \ln \frac{A}{A_0} = -\lambda t \quad (\text{ج} \quad , \quad \lambda = 0.05 \text{ ans}^{-1} \quad , \quad t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 13.9 \text{ ans})$$

التمرين (9) : (بكالوريا 2012 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 17 على الموقع)

في يوم 2012/04/01 بمخبر الفيزياء ، قرأنا من البطاقة التقنية المرفقة لمنبع مشع المعلومات الآتية :

- السيزيوم $^{137}_{55}\text{Cs}$: الإشعاعات : β^- و γ

- نصف العمر : $t_{1/2} = 30.15 \text{ ans}$ - الكتلة الابتدائية : $m_0 = 5.02 \cdot 10^{-2} \text{ g}$

بينما لاحظنا تاريخ صنع المنبع غائبا عن هذه البطاقة .

لإيجاد عمر هذا المنبع نقيس باستعمال عداد Geiger النشاط A للمنبع فنجد $A = 14.97 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$.

1- اكتب معادلة تفكك نواة السيزيوم ، ثم عرف الإشعاعين β^- و γ .

2- احسب العدد الابتدائي N_0 لأنوية السيزيوم التي كانت موجودة بالمنبع لحظة صنعه .

3- احسب ثابت النشاط الإشعاعي λ ب s^{-1} .

4- اكتب العبارة الحرفية التي تربط النشاط A بعدد الأنوية المتبقية في المنبع ، ثم احسب النشاط A_0 المميز للعينة لحظة صنعه .

5- استنتج بالحساب تاريخ صنع العينة .

المعطيات : ثابت أفوغادور : $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ، عدد أيام السنة : 365.5 jour .

من الجدول الدوري : ^{53}I ، ^{54}Xe ، ^{55}Cs ، ^{56}Ba .

أجوبة مختصرة :

(1) $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\gamma$ ، الإشعاع β^- : عبارة عن انبعاث إلكترونات $^0_{-1}\text{e}$ من النواة المشعة ، الإشعاع γ : عبارة عن انبعاث موجة كهرومغناطيسية γ من النواة المشعة .

(2) $N_0 = \frac{N_A \cdot m_0}{M} = 2.21 \cdot 10^{20} \text{ noyaux}$ (3 ، $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 7.28 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$)

(4) $A = \lambda N$ ، $A_0 = \lambda N_0 = 1.6 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$ (5 ، $t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\lambda} = 91401818 \text{ s} = 2.89 \text{ ans}$)

التمرين (10) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 05 على الموقع)

مصباح يحتوي عند اللحظة $t = 0$ على حجم $V = 2 \text{ cm}^3$ من غاز الرادون المشع ، نصف عمره $t_{1/2} = 3.8 \text{ jours}$ يعطى :

• الضغط في المصباح $P = 10^4 \text{ Pa}$.

• درجة الحرارة $\theta = 30^\circ\text{C}$

• ثابت الغازات المثالية $R = 8,31 \text{ SI}$.

• عدد أفوقادرو : $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

1- باستعمال قانون الغازات المثالية تأكد من أن كمية المادة الموجودة في المصباح هي : $n_0 = 7.94 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$.

2- استنتج عدد الأنوية المشعة N_0 .

3- أوجد النشاط الإشعاعي عند اللحظة الابتدائية A_0 .

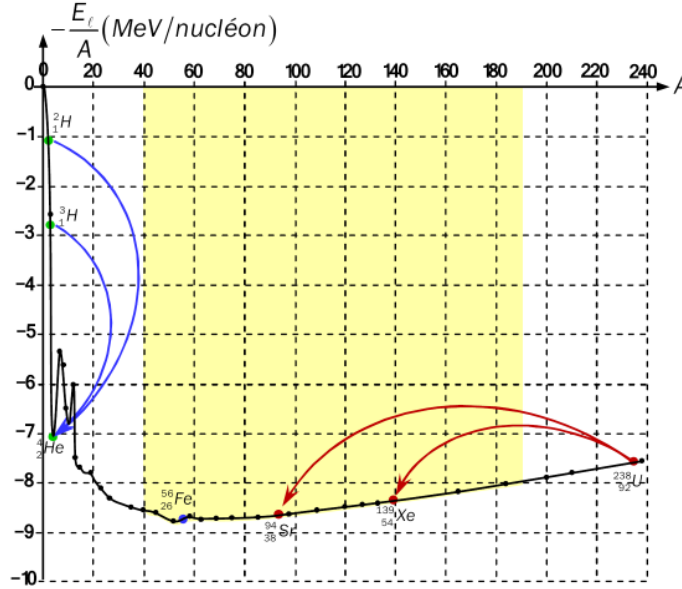
4- أوجد النشاط الإشعاعي عند 100 jours .

أجوبة مختصرة :

(2) $N_0 = 4.78 \cdot 10^{18}$ (3 ، $A_0 = 10^{13} \text{ Bq}$ (4 ، $A_{(100)} = 1.20 \cdot 10^5 \text{ Bq}$

التمرين (11) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 06 على الموقع)

- 1- عرف النقص الكتلي للنواة ${}^A_Z X$.
- 2- عرف طاقة الربط E_b لنواة ${}^A_Z X$.
- 3- ماذا يمثل منحنى أستون المبين في الشكل التالي :



4- اعتمادا على هذا المنحنى :

- أ- عين مجال الأنوية المستقرة ، بماذا تتميز قيمة $\frac{E_b}{A}$ في هذا المجال ؟
- ب- عين مجال الأنوية القابلة للإندماج ، بماذا تتميز الأنوية في هذا المجال ؟ أعط مثال عن تفاعل الإندماج .
- ج- عين مجال الأنوية القابلة للإنشطار ، بماذا تتميز الأنوية في هذا المجال ؟ أعط مثال عن تفاعل الإنشطار .
- د- ما هي القيمة المتوسطة لطاقة الربط لكل نكليون للأنوية في حالة الإستقرار .

أجوبة مختصرة :

- 1) النقص الكتلي هو الفرق بين كتلة النواة و كتلة نكليوناتها منعزلة .
- 2) طاقة الربط هي الطاقة اللازمة لتماسك النواة و هي نفسها الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى نكليوناتها الساكنة و المعزولة .
- 3) يمثل منحنى أستون تغيرات طاقة الربط لكل نكليون بالقيمة السالبة بدلالة العدد الكتلي A .
- 4- (أ) مجال الأنوية المستقرة هو $40 < A < 190$ و عندها تكون $\frac{E_b}{A}$ كبيرة نسبيا ، (ب) مجال الأنوية القابلة للإندماج $A < 40$ و في هذا المجال تكون الأنوية خفيفة ، مثل اندماج 1_1H و 3_1H ، (ج) مجال الأنوية القابلة للإنشطار $A > 190$ و في هذا المجال تكون الأنوية ثقيلة نسبيا ، مثل انشطار ${}^{238}_{92}U$ ، (د) 8.7 MeV .