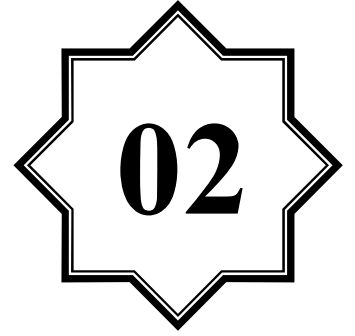


# عمر بنظري و تمارين

من التطورات الحديثة

دراسة تحولات نووية



الشعب : علوم تجريبية  
رياضيات ، تقني رياضي

\*\*\*\*\*

[www.sites.google.com/site/faresfergani](http://www.sites.google.com/site/faresfergani)

السنة الدراسية : 2015/2014

## المحتوى المفاهيمي : 04

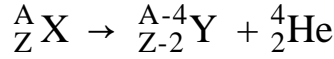
### سلسلة تمارين-2 (مستوى 02)

#### التمرين (1) :

- 1- عرف النظائر .
- 2- اذكر قانوني الانحفاظ .
- 3- عرف النواة المشعة .
- 4- عرف التفكك  $\alpha$  (الإشعاع  $\alpha$ ) و أكتب معادلته العامة .
- 5- فسر اصدار النواة للإشعاع  $\gamma$  .
- 6- عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  و عبر عنه بدلالة ثابت الزمن  $\tau$  .
- 7- عرف ثابت التفكك  $\lambda$  ، ثم أوجد وحدته بالتحليل البعدي .

#### الأجوبة :

- 1- تعريف النظائر :  
النظائر هي أنوية لنفس العنصر الكيميائي تتفق في العدد الشحني  $Z$  و تختلف في العدد الكتلي  $A$  .
- 2- قانوني الانحفاظ ( قانوني صوي ) :  
• قانون انحفاظ العدد الكتلي  $A$  ، • قانون انحفاظ العدد الشحني  $Z$  .
- 3- تعريف النواة المشعة :  
هي نواة غير مستقرة تصدر جسيمة  $\alpha$  أو  $\beta^-$  أو  $\beta^+$  ، أو إشعاع كهرومغناطيسي  $\gamma$  ، لتعطي نواة ابن أكثر استقرار .
- 4- التفكك  $\alpha$  و معادلته العامة :  
هو تفكك نووي تصدر فيه نواة أب مشعة جسيمة  $\alpha$  و التي هي عبارة عن نواة الهيليوم  ${}^4_2\text{He}$  ، لتعطي نواة ابن أكثر استقرار ، وفق المعادلة :



5- تفسير إصدار النواة للإشعاع  $\gamma$  :

في تفكك نووي ، إذا كانت النواة الابن الناتجة في حالة مثارة أي لها فائض في الطاقة ، فإنها تصدر هذا الفائض في الطاقة عن طريق إصدار اشعاع  $\gamma$  الذي يحمل هذه الطاقة .

6- تعريف زمن نصف العمر :

زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية أي :

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

● عبارة  $t_{1/2}$  بدلالة  $\tau$  :  
لدينا :

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

و حيث أن :  $\lambda = \frac{1}{\tau}$  يصبح :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\frac{1}{\tau}} \rightarrow t_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$$

7- تعريف ثابت التفكك :

هو احتمال التفكك في الثانية الواحدة .

وحدة  $\lambda$  بالتحليل البعدي :  
لدينا :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \rightarrow [\lambda] = \left[ \frac{1}{t_{1/2}} \right] = \frac{1}{s} \rightarrow [\lambda] = s^{-1}.$$

## التمرين (2) :

بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي أثبت أن :

1- ثابت التفكك  $\lambda$  يعبر عنه بدلالة زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  بالعلاقة :  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  .

2- عند اللحظة  $t = n t_{1/2}$  يكون :  $N = \frac{N_0}{2^n}$  .

**الأجوبة :**

$$1- \text{إثبات } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} :$$

حسب قانون التناقص الإشعاعي :

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

و حسب تعريف  $t_{1/2}$  :

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

بالتعويض :

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\lambda t_{1/2}$$

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

$$2- \text{ إثبات أنه عند اللحظة } t = n t_{1/2} \text{ يكون : } N = \frac{N_0}{2^n}$$

حسب قانون التناقص الإشعاعي :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$$

بتعويض  $t = n.t_{1/2}$  يكون :

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} . n t_{1/2}} \rightarrow N = N_0 e^{-\ln 2 . n} \rightarrow N = N_0 e^{-n . \ln 2}$$

$$N = N_0 e^{-\ln 2^n} \rightarrow N = N_0 e^{\ln \frac{1}{2^n}} \rightarrow N = N_0 \cdot \frac{1}{2^n} \rightarrow N = \frac{N_0}{2^n}$$

### التمرين (3) :

- 1- عرف النشاط الإشعاعي  $A$  (المقدار و ليس الظاهرة) .
- 2- البيكريل Bq هي وحدة القياس المستعملة في النشاط الإشعاعي ، عرف البيكريل .
- 3- كيف يدعى الجهاز الخاص بقياس النشاط الإشعاعي .
- 4- يعبر عن النشاط الإشعاعي في لحظة  $t$  بالعلاقة :  $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$  حيث :  $N(t)$  هو عدد الأنوية غير المتفككة في اللحظة  $t$  . اعتماد على هذه العلاقة :
  - أ- أكتب عبارة النشاط الإشعاعي  $A(t)$  في لحظة  $t$  بدلالة  $N(t)$  عدد الأنوية المتفككة في هذه اللحظة و ثابت التفكك  $\lambda$  ، ثم استنتج عبارة النشاط الإشعاعي  $A_0$  في اللحظة  $t = 0$  .
  - ب- أكتب عبارة النشاط الإشعاعي  $A$  في لحظة  $t$  بدلالة  $A_0$  ،  $\lambda$  ،  $t$  .
  - ج- نعتبر النشاط معدوما عندما يصبح مساويا لـ 1% من قيمته الابتدائية  $A_0$  . أكتب بدلالة ثابت الزمن  $\tau$  المدة الزمنية اللازمة لانعدام النشاط الإشعاعي .

### الأجوبة :

- 1- تعريف النشاط الإشعاعي :  
هو عدد التفككات في الثانية .
- 2- تعريف البيكريل (Bq) :  
نشاط إشعاعي قدره 1Bq ، يوافق تفكك في كل ثانية .
- 3- الجهاز الخاص بقياس النشاط الإشعاعي يدعى مقياس جيجر (Geiger) .

4- أ- عبارة  $A_{(t)}$  بدلالة  $N_{(t)}$  ،  $\lambda$  :

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

$$A = - N_0 (-\lambda e^{-\lambda t}) = N_0 \lambda e^{-\lambda t} = \lambda \underbrace{N_0 e^{-\lambda t}}_{N_{(t)}} \rightarrow A_{(t)} = \lambda N_{(t)}$$

و عند اللحظة  $t = 0$  يكون :

$$A_0 = \lambda N_0$$

ب- عبارة  $A$  بدلالة  $A_0$  ،  $\lambda$  ،  $t$  :  
لدينا سابقا :

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

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

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

ج- اللحظة التي ينعدم فيها النشاط الإشعاعي :

باعتبار النشاط الإشعاعي ينعدم عندما يكون النشاط الإشعاعي مساوي 1% من قيمته الابتدائية (كما ذكر) ، أي لحظة

انعدام النشاط الإشعاعي يتحقق :  $A = \frac{1}{100} A_0 = \frac{A_0}{100}$  ، بالتعويض في العبارة  $A = A_0 e^{-\lambda t}$  نجد :

$$\frac{A_0}{100} = A_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{1}{100} = e^{-\lambda t} \rightarrow 10^{-2} = -\lambda t \rightarrow \ln 10^{-2} = -\lambda t \rightarrow \ln 10^{-2} = -\frac{1}{\tau} t$$

$$t = -\ln 10^{-2} \cdot \tau \rightarrow t \approx 5\tau$$

و هي اللحظة التي ينعدم فيها النشاط الإشعاعي ، باعتبار أنه ينعدم عندما يصبح مساوي لـ 1% من قيمته الأعظمية ،  
و نلاحظ أن هذه اللحظة لا تتعلق بطبيعة النواة المشعة ، أي أن هذه اللحظة تتحقق في كل الأنوية المشعة .**التمرين (4) :**

- 1- أكتب الصيغة الشهيرة لأنشتاين التي تعبر عن علاقة التكافؤ كتلة- طاقة .
- 2- عرف وحدة الكتلة الذرية  $u$  .
- 3- عرف طاقة الربط  $E_p$  للنواة و أكتب عبارتها .
- 4- عرف طاقة الربط لكل نوية (نكليون) ، و بين كيف يمكن من خلالها المقارنة بين نواتين من حيث الاستقرار .
- 5- عرف تفاعل الاندماج .
- 6- عرف تفاعل الانشطار .

**الأجوبة :**

1- علاقة أنشتاين التي تعبر عن علاقة التكافؤ كتلة طاقة :

$$E = mc^2$$

حيث :  $c$  هي سرعة الضوء في الخلاء (  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s ) .2- تعريف وحدة الكتلة الذرية  $u$  :هي  $\frac{1}{12}$  من كتلة ذرة الكربون 12 ، أي :

$$1u = \frac{1}{12} m(^{12}\text{C}) = \frac{1}{12} \frac{M(^{12}\text{C})}{N_A}$$

$$1u = \frac{1}{12} \frac{12}{6.02 \cdot 10^{23}} = 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

3- تعريف طاقة الربط :

هي الطاقة اللازمة لتماسك النواة X ، و هي نفسها الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى مكوناتها ساكنة و منعزلة ، عبارتها كما يلي :

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

4- تعريف طاقة الربط لكل نكليون :

- طاقة الربط لكل نكليون  $\frac{E_\ell}{A}$  هي الطاقة اللازمة لنزع نكليون واحد من النواة .

- يمكن الاعتماد على طاقة الربط لكل نكليون  $\frac{E_\ell}{A}$  في المقارنة بين نواتين من حيث الاستقرار ، حيث تكون النواة

أكثر استقرار كلما كان  $\frac{E_\ell}{A}$  أكبر .

5- تعريف تفاعل الاندماج :

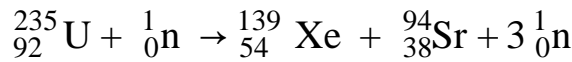
هو تفاعل نووي مفتعل تندمج فيه نواتين خفيفتين نسبيا لتنتج نواة ثقيلة نسبيا تكون أكثر استقرار .

6- تفاعل الانشطار :

هو تفاعل نووي مفتعل يحدث فيه انشطار نواة ثقيلة نسبيا إلى نواتين خفيفتين نسبيا تكونان أكثر استقرار .

### التمرين (5) :

تنشطر نواة اليورانيوم 235 عند قذفها بـ نيوترون بطيء وفق المعادلة :



حيث a عدد النيوترونات المنبعثة .

1- تستخدم النيوترونات عادة في قذف أنوية اليورانيوم ، لماذا ؟

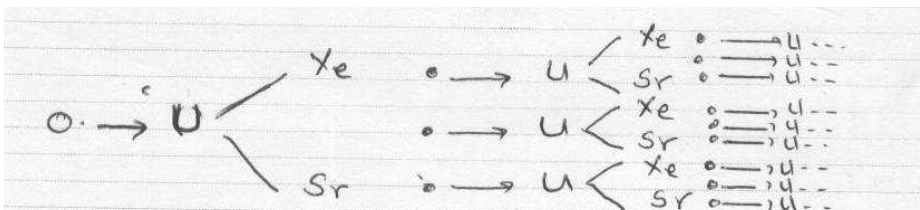
2- يعرف هذا التفاعل على أنه تفاعل تسلسلي مغذى ذاتيا . لماذا ؟ وضح ذلك بمخطط .

3- على أي شكل تظهر الطاقة المحررة .

### الأجوبة :

1- تستخدم عادة النيوترونات في قذف أنوية اليورانيوم لأنها عديمة الشحنة (شحنتها معدومة) .

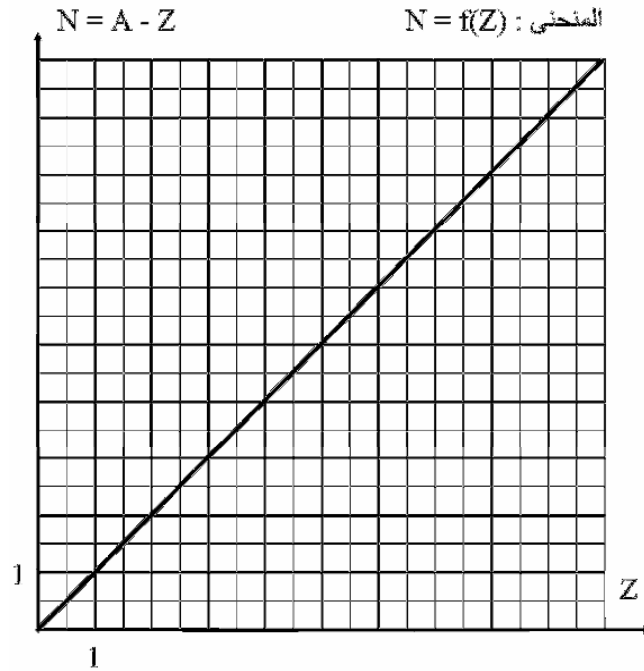
2- يعرف هذا التفاعل أنه تسلسلي مغذى ذاتيا ، لأن عدد النيوترونات الناتجة يؤدي إلى انشطار أنوية أخرى ، و هكذا تتكرر العملية كما مبين في المخطط التالي :



3- تظهر الطاقة المحررة على شكل حركة للجسيمات .

**التمرين (6) :**

يمثل المخطط المرفق  $N = f(Z)$  منطقة الاستقرار ذات الرقم الذري المحصور بين  $Z = 1$  ،  $Z = 10$  .



يعطى :

X	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

أ- بالنسبة لهذا المخطط أين تقع :

- الأنوية المستقرة

- الأنوية الباعثة للجسيمة  $\beta^-$

- و الأنوية الباعثة للجسيمات  $\beta^+$

ب- نعتبر أنوية الكربون  $^{14}_6\text{C}$  و الأزوت  $^{12}_7\text{N}$  و الأكسجين  $^{18}_8\text{O}$  . أوجد معادلة التفكك النووي لكل نواة ثم مثل على المخطط هذه التفككات النووية برسم سهم يعبر عن كل تحول .

**الأجوبة :**

6-أ- موقع الأنوية :

كون أن  $Z \leq 10$  يكون وادي الاستقرار منطبق تقريبا على الخط  $(N = Z)$  ، و عليه فالأنوية المستقرة تقع على هذا الخط  $(N = Z)$  و فوق هذا الخط  $(N > Z)$  تقع الأنوية الباعثة للجسيمات  $\beta^-$  و تحته  $(N < Z)$  تقع الأنوية الباعثة للجسيمات  $\beta^+$

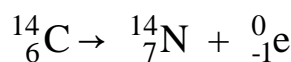
ب- معادلة التفكك :

النواة  $^{14}_6\text{C}$  :

$$Z = 6$$

$$N = 14 - 6 = 8 \rightarrow N > Z$$

هذا يعني أن النواة  $^{14}_6\text{C}$  تقع فوق الخط  $(N = Z)$  ، و عليه فهي باعثة للجسيمة  $\beta^-$  وفق معادلة التفكك التالية :

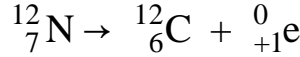


النواة  $^{12}_7\text{N}$  :

$$Z = 7$$

$$N = 12 - 7 = 5 \rightarrow N < Z$$

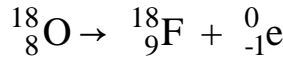
هذا يعني أن النواة  $^{12}_7\text{N}$  تقع تحت الخط ( $N = Z$ ) ، و عليه فهي باعثة للجسيمة  $\beta^+$  وفق معادلة التفكك التالية :

النواة  $^{18}_8\text{O}$  :

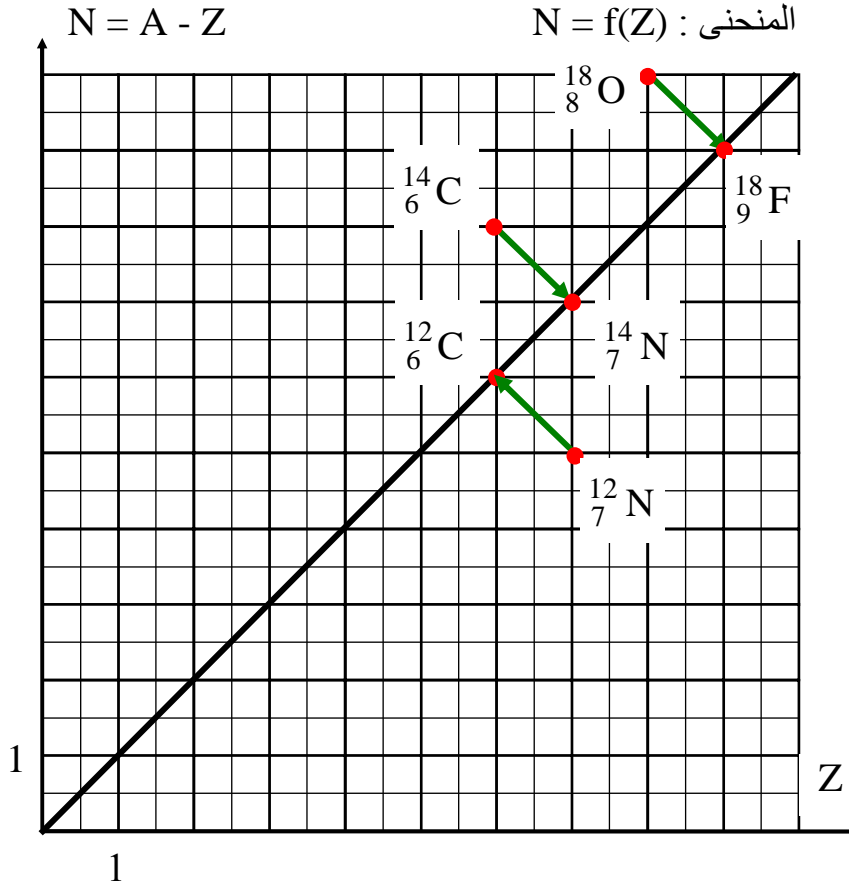
$$Z = 8$$

$$N = 18 - 8 = 10 \rightarrow N > Z$$

هذا يعني أن النواة  $^{18}_8\text{O}$  تقع فوق الخط ( $N = Z$ ) ، و عليه فهي باعثة للجسيمة  $\beta^-$  وفق معادلة التفكك التالية :



تمثيل التفككات :

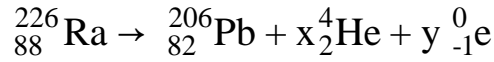


### التمرين (7) :

يمكن لنواة الراديوم  $^{226}_{88}\text{Ra}$  التحول ، من خلال مجموعة من التفككات  $\alpha$  ،  $\beta^-$  إلى نواة الرصاص  $^{206}_{82}\text{Pb}$  .  
- عين عدد التفككات  $\alpha$  و عدد التفككات  $\beta^-$  التي تسمح بذلك .

### الأجوبة :

- عدد التفككات  $\alpha$  ،  $\beta^-$  :  
إذا اعتبرنا x هو عدد التفككات  $\alpha$  و y هو عدد التفككات  $\beta^-$  يمكن كتابة معادلة التفكك كما يلي :



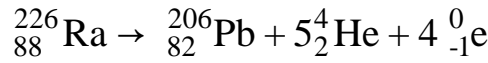
- حسب قانوني الانحفاظ يكون :

$$\begin{cases} 226 = 206 + 4x + 0y \\ 88 = 82 + 2x + y \\ 4x = 226 - 206 \\ 2x - y = 88 - 82 \\ 4x = 20 \dots\dots\dots (1) \\ 2x - y = 6 \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

من (1) يكون  $x = 5$  بالتعويض في (2) نجد :

$$(2 \cdot 5) - y = 6 \rightarrow y = 10 - 6 = 4$$

إذن عدد التفككات  $\alpha$  هو 5 و عدد التفككات  $\beta^-$  هو 4 و معادلة سلسلة التفككات تصبح كما يلي :



### التمرين (8) :

1- لدينا التحولات النووية التالية :

التحول النووي	نوع التحول النووي
A	يتحول ${}_{6}^{14}\text{C}$ إلى ${}_{7}^{14}\text{N}$
B	ينتج ${}_{2}^4\text{He}$ من نواتين لنظير الهيدروجين ${}_{1}^2\text{H}$ .
C	قذف ${}_{92}^{235}\text{U}$ بـ نوترون يعطي ${}_{54}^{140}\text{Xe}$ ، ${}_{38}^{94}\text{Sr}$ ، و نوترونين

أ- أكتب معادلة التفاعل النووي لكل تحول .

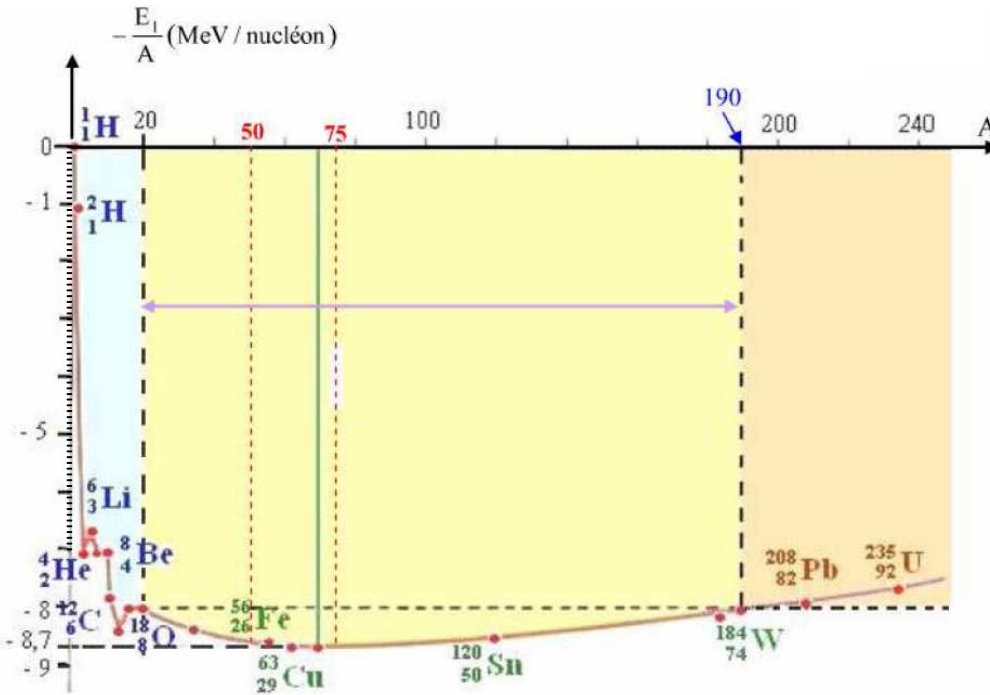
ب- صنف التحولات النووية التالية إلى انشطارية أو تفككية أو اندماجية .

ج- مثل مخطط الحصيلة

الطاقوية للتفاعل B .

2- الشكل التالي هو مخطط

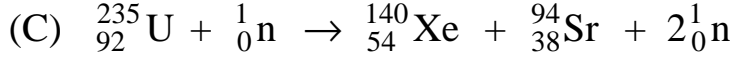
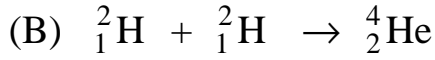
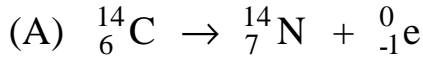
أستون .





**الأجوبة :**

1- أ- معادلة التفكك النووي لكل تحول :



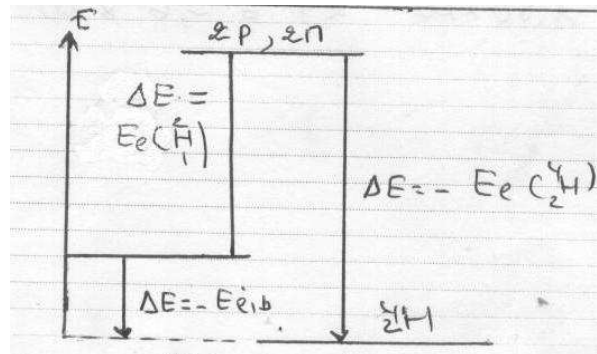
ب- تصنيف التحولات النووية :

(A) ← تفككي .

(B) ← اندماجي .

(C) ← انشطاري .

ج- مخطط الحصيلة الطاقوية :



2- أ- يمثل مخطط أستون تغيرات القيمة السالبة لطاقة الربط لكل نكليون بدلالة العدد الكتلي A .

ب- القيمة المتوسطة لطاقة الربط لكل نكليون في حالة الاستقرار هي : 8.7 MeV .

3- مجالات الأنوية :

- الأنوية القابلة للإنشطار ←  $A > 190$  .- الأنوية القابلة للإندماج ←  $A < 20$  .- الأنوية المستقرة ←  $20 < A < 190$  .4- طاقة الربط للنواتين  ${}^4_2\text{He}$  ،  ${}^2_1\text{H}$  :

من منحني أستون :

$$\square -\frac{E_\ell}{A}({}^2_1\text{H}) = -1.1 \rightarrow \frac{E_\ell}{A}({}^2_1\text{H}) = 1.1 \rightarrow E_\ell({}^2_1\text{H}) = 1.1 \cdot A = 1.1 \cdot 2 = 2.2 \text{ MeV}$$

$$\square -\frac{E_\ell}{A}({}^4_2\text{He}) = -7.1 \rightarrow \frac{E_\ell}{A}({}^4_2\text{He}) = 7.1 \rightarrow E_\ell({}^4_2\text{He}) = 7.1 \cdot A = 7.1 \cdot 4 = 28.4 \text{ MeV}$$

5- الطاقة المحررة من التفاعل (B) :

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

$$E_{\text{lib}} = 28.4 - (2 \cdot 2.2) = 24 \text{ MeV}$$

6- الطاقة المحررة من اندماج 1kg من الديتريوم  ${}^2_1\text{H}$  :

نحسب أولا عدد الأنوية في 1 kg من الديتريوم .

$$\frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \rightarrow N = \frac{N_A \cdot m}{M}$$

$$N = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 1000}{2} = 3.01 \cdot 10^{26}$$

في كل تفاعل نووي تندمج نواتين ، و عليه في 1kg من الديتريوم يحدث عدد من تفاعلات الاندماج قدره :

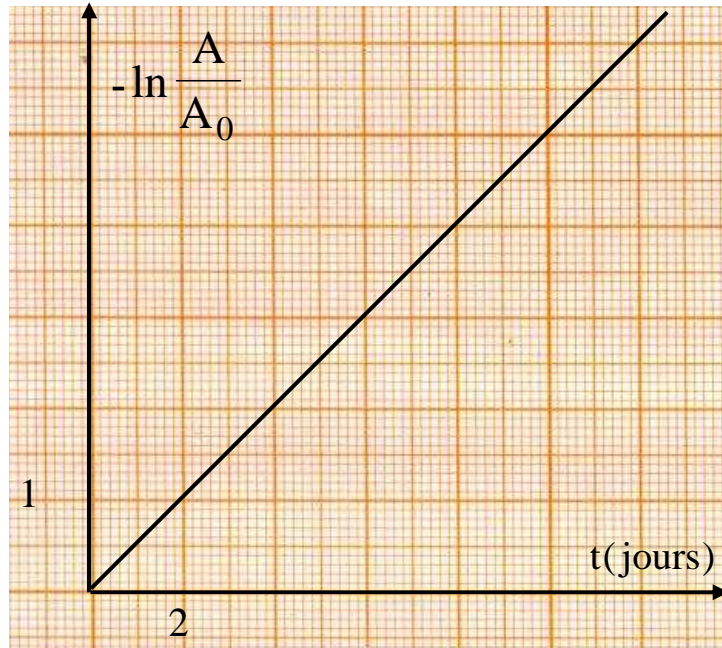
$$\frac{3.01 \cdot 10^{26}}{2} = 1.50 \cdot 10^{26}$$

و منه الطاقة المحررة نتيجة هذه التفاعلات تقدر بـ :

$$E_{\text{lib T}} = 1.50 \cdot 10^{26} \cdot 24 = 3.6 \cdot 10^{27} \text{ MeV} = 5.76 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

### التمرين (9) :

ليكن A نشاط عينة مشعة من نظير ( ${}^A_Z X$ ) في اللحظة t و  $A_0$  نشاطها عند اللحظة  $t = 0$  ، باستخدام تجهيز خاص تم الحصول على قيمة  $\frac{A}{A_0}$  في لحظات مختلفة ، و من ثم حصلنا على البيان التالي و الذي يمثل تغيرات  $-\ln \frac{A}{A_0}$  ، بدلالة الزمن .



- 1- انطلاقا من البيان ، استنتج قيمة  $\lambda$  (مقدرة بـ  $s^{-1}$ ) ، ثابت التفكك (ثابت الإشعاعي) المميز للنظير  ${}^A_Z X$  .
- 2- النشاط الابتدائي هو  $A_0 = 2 \text{ Bq}$  ، اعتمادا على البيان أوجد عند اللحظة  $t = 4 \text{ jours}$  النشاط الإشعاعي A .
- 3- أحسب مقدار التغير النسبي  $\frac{|\Delta A|}{A}$  للنشاط الإشعاعي بين اللحظتين  $t_1 = 0$  و  $t_2 = 4 \text{ jours}$  ، علما أنه يعبر بالعلاقة :  $\frac{|\Delta A|}{A} = \frac{A_2 - A_1}{A_0}$  .
- 4- أوجد اللحظة التي يكون فيها النشاط مساوي لربع ما كان عليه في اللحظة  $t = 0$  .

**الأجوبة :**1- قيمة  $\lambda$  :

من البيان :

المنحنى  $-\ln \frac{A}{A_0} = f(t)$  عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل :

$$-\ln \frac{A}{A_0} = a t \quad \dots\dots\dots (1)$$

حيث  $a$  هو ميل المنحنى (المستقيم) .

نظريا :

حسب قانون التناقص الإشعاعي :

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

$$-\ln \frac{A}{A_0} = \lambda t \quad \dots\dots\dots (2)$$

بمطابقة العلاقتين البيانية (1) و النظرية (2) نجد :

$$\lambda = a$$

من البيان :

$$a = \frac{5 \times 1}{5 \times 2 \cdot 24 \cdot 3600} = 5.79 \cdot 10^{-6}$$

إذن :

$$\lambda = 5.79 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

2- قيمة  $A$  عند  $t = 4$  jours :

من البيان و عند اللحظة  $t = 4$  jour يكون بالإسقاط :

$$-\ln \frac{A}{A_0} = 2 \rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -2 \rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-2} \rightarrow \frac{A}{A_0} = 0.13$$

$$A = 0.13 A_0 = 0.13 \cdot 2 = 0.26 \text{ Bq}$$

3- التغير النسبي :

$$\frac{|\Delta A|}{A_0} = \frac{|A - A_0|}{A_0}$$

$$\frac{|\Delta A|}{A_0} = \frac{|2 - 0.26|}{2} = 0.87$$

4- اللحظة التي يصبح فيها النشاط مساوي لربع قيمته الابتدائية :

أي اللحظة التي يصبح فيها :  $A = \frac{A_0}{4}$  ، بالتعويض في علاقة النشاط الإشعاعي :  $A = A_0 e^{-\lambda t}$  ، نجد :

$$\frac{A_0}{4} = A_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{1}{4} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{1}{4} = -\lambda t \rightarrow -\ln 4 = -\lambda t \rightarrow t = \frac{\ln 4}{\lambda}$$

$$t = \frac{\ln 4}{5.79 \cdot 10^{-6}} = 2.40 \cdot 10^5 \text{ s} = 2.77 \text{ jours}$$

**التمرين (10) :**

- الدراسة التجريبية لتغيرات  $\ln A$  أعطت البيان  $\ln A = f(t)$  التالي :



استنتج من البيان :

- قيمة ثابت النشاط الإشعاعي  $\lambda$  للبولونيوم .
- قيمة النشاط الابتدائي .

**الأجوبة :**

قيمتي  $\lambda$  ،  $A_0$  :

- من البيان :

$$A = a t + b \dots\dots\dots (1)$$

و نظريا لدينا :

$$\begin{aligned} A &= A_0 e^{-\lambda t} \\ \ln A &= \ln(A_0 e^{-\lambda t}) \\ \ln A &= \ln(A_0) + \ln(e^{-\lambda t}) \\ \ln A &= \ln(A_0) - \lambda t \\ \ln A &= -\lambda t + \ln(A) \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

بمطابقة العلاقتين (1) ، (2) نجد :

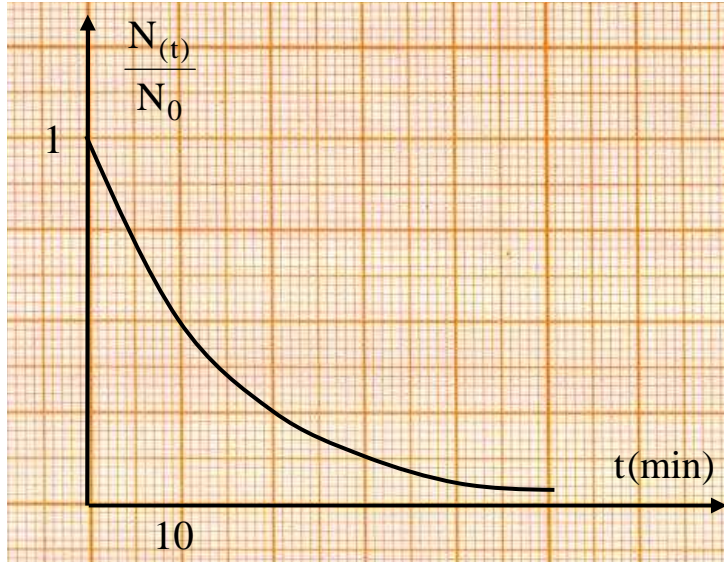
$$\begin{aligned} \lambda &= -a \rightarrow \lambda = -a \\ \ln(A_0) &= b \rightarrow e^{\ln A_0} = e^b \rightarrow A_0 = e^b \end{aligned}$$

من البيان :

$$a = -\frac{20}{8.5 \cdot 4 \cdot 10^7} = -5.88 \cdot 10^{-8} \rightarrow \lambda = -(-5.88 \cdot 10^{-8}) = 5.88 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

$$b = 20 \rightarrow A_0 = e^{20} = 4.85 \cdot 10^8 \text{ Bq}$$

### التمرين (11):



سمحت متابعة النشاط الإشعاعي لعينة من  ${}^A_ZX$  برسم

$$\text{المنحنى } \frac{N(t)}{N_0} = f(t) \text{ الموضح بالشكل التالي :}$$

حيث :  $N_0$  عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة في اللحظة  $t = 0$

$N(t)$  عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة في اللحظة  $t$ .

1- عين قيمة زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  للنواة  ${}^A_ZX$  ببيانها ، ثم أحسب قيمة  $\lambda$ .

2- عدد أنوية  ${}^A_ZX$  في اللحظة  $t = 0$  هو  $N_0 = 64 \cdot 10^{14}$  ، أوجد عند اللحظة  $t = 60 \text{ min}$  عدد الأنوية غير المتفككة بطريقتين مختلفتين .

### الأجوبة :

1- قيمة  $t_{1/2}$  من البيان :

حسب تعريف  $t_{1/2}$  :

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

بالإسقاط نجد :  $t_{1/2} = 10 \text{ min}$ .

• قيمة  $\lambda$  :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{10 \cdot 60} \rightarrow \lambda = 1.15 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

2- عدد الأنوية غير المتفككة عند اللحظة  $t = 60 \text{ min}$  :

طريقة 1 :

حسب قانون التناقص الإشعاعي :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = 64 \cdot 10^{14} e^{-1.15 \cdot 10^{-3} t}$$

عند اللحظة  $t = 10 \text{ min}$  يكون :

$$N_{(60)} = 64 \cdot 10^{14} e^{-1.15 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} = 10^{14}$$

طريقة-2 :

نعلم أنه عند اللحظة  $t = nt_{1/2}$  ، يكون  $N = \frac{N_0}{2^n}$  .  
و لدينا :

- $t = 60 \text{ min}$
- $t_{1/2} = 10 \text{ min} \rightarrow t = 6 t_{1/2} \rightarrow n = 6$

إذن :

$$N_{(60)} = \frac{64 \cdot 10^{14}}{2^6} = 10^{14}$$

**التمرين (12) :**

1- بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي أثبت أن كتلة العينة المشعة النقية غير المتفككة في لحظة  $t$  يعبر عنها بالعلاقة :

$$m = m_0 e^{-\lambda t}$$

2- أثبت أنه في اللحظة  $t = nt_{1/2}$  يكون :  $m = \frac{m_0}{2^n}$  .

- في لحظة  $t = 0$  لدينا عينة مشعة كتلتها  $m = 200 \mu \text{ g}$  . أكمل الجدول التالي :

t (jours)	0	$t_{1/2}$	$2t_{1/2}$	$3t_{1/2}$
m ( $\mu \text{g}$ )				

4- أرسم البيان  $m = f(t)$  الذي يعبر عن تغيرات كتلة الأنوية غير المتفككة بدلالة الزمن ، مع توضيح كيفية تعيين قيمة ثابت الزمن  $\tau$  .

**الاجوبة :**

1- إثبات أن  $m = m_0 e^{-\lambda t}$  :

حسب قانون التناقص الإشعاعي :

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

لدينا :

$$\frac{m_{(t)}}{M} = \frac{N_{(t)}}{N_A} \rightarrow N_{(t)} = \frac{N_A}{M} m_{(t)} , \quad N_0 = \frac{N_A}{M} m_0$$

بالتعويض :

$$\frac{N_A}{M} m_{(t)} = \frac{N_A}{M} m_0 e^{-\lambda t} \rightarrow m_{(t)} = m_0 e^{-\lambda t}$$

2- إثبات أنه عند اللحظة  $t = n t_{1/2}$  يكون :  $m = \frac{m_0}{2^n}$

مما سبق :

$$m = m_0 e^{-\lambda t} = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$$



بتعويض  $t = n.t_{1/2}$  يكون :

$$m = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot n t_{1/2}} \rightarrow m = m_0 e^{-\ln 2 \cdot n} \rightarrow m = m_0 e^{-n \cdot \ln 2}$$

$$m = m_0 e^{-\ln 2^n} \rightarrow m = m_0 e^{\ln \frac{1}{2^n}} \rightarrow m = m_0 \cdot \frac{1}{2^n}$$

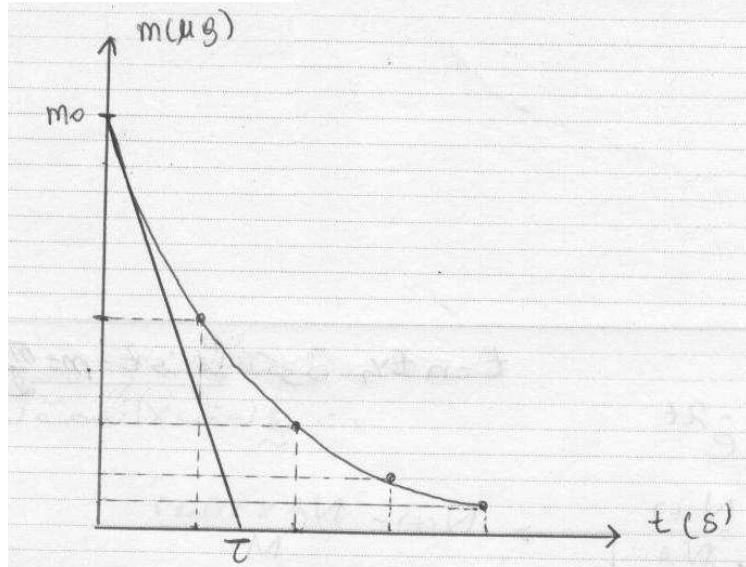
إذن :

$$t = n t_{1/2} \rightarrow m = \frac{m_0}{2^n}$$

3- إكمال الجدول :

بناءا على العلاقة السابقة  $m = \frac{m_0}{2^n}$  من أجل  $t = n t_{1/2}$  ، نكمل الجدول فنجد :

t (jours)	0	$t_{1/2}$	$2t_{1/2}$	$3t_{1/2}$
m (μg)	200	100	50	25

4- البيان  $m = f(t)$  :يتم تحديد ثابت الزمن  $\tau$  من خلال تقاطع مماس المنحنى  $m = f(t)$  عند اللحظة  $t = 0$  مع محور الأزمنة (الشكل)**التمرين (13) :**

سمح تأريخ قطعة من الخشب القديم كتلتها  $m(g)$  اكتشفت عام 2000 ، بمعرفة نشاط الكربون 14 في عينة والذي قدر بـ 12.0 تفككا في الدقيقة ، في حين قدر النشاط  $A_0$  في عينة حية مماثلة بـ 15.0 تفككا في الدقيقة .

1- عبر عن قيمة كل من  $A$  و  $A_0$  بالبكريل Bq .

2- إذا علمت أن زمن نصف عمر الكربون 14 هو  $t_{1/2} = 5570$  ans . أوجد عمر قطعة الخشب القديم ، و ما هي سنة قطع الشجرة التي انحدرت منها .

**الأجوبة :**1- قيمة  $A$  ،  $A_0$  بالبكريل :

النشاط الإشعاعي هو عدد التفككات في الثانية ، و عليه باستعمال القاعدة الثلاثية يمكن كتابة :

- النشاط في قطعة الخشب القديم هو :

$$A = \frac{12.0}{60} = 0.20 \text{ Bq}$$

- نشاط قطعة الخشب الحديثة (العينة الحية) هو :

$$A_0 = \frac{15.0}{60} = 0.25 \text{ Bq}$$

2- عمر قطعة الخشب القديم :

من العلاقة  $A = A_0 e^{-\lambda t}$  نجد :

$$t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\ln 2} \cdot t_{1/2} \rightarrow t = -\frac{\ln \frac{0.20}{0.25}}{\ln 2} \cdot 5570 \text{ (ans)} = 1793 \text{ ans}$$

و هو عمر قطعة الخشب القديم ، و منه تكون سنة قطع الشجرة هي :

$$2000 - 1793 = 207$$

أي ، الشجرة قطعة في السنة 207 الميلادية .

**التمرين (14) :**

لتشخيص مرض السلطان عند مريض عن طريق حقنه بجرعة (عينة) D تحتوي على أنوية الفلور 18 والتي تتميز بزمان نصف عمر قدره  $t_{1/2} = 110 \text{ min}$  ، حضر تقنيون التصوير الطبي في الساعة " الثامنة " صباحا الجرعة D ليتم حقن المريض بها على الساعة "التاسعة" صباحا .

• نرمز بـ  $A_{(8)}$  و  $N_{(8)}$  للنشاط الإشعاعي و عدد أنوية الفلور 18 عند  $t_{(8)}$  لحظة تحضير الجرعة على الساعة "الثامنة" صباحا ، كما نرمز بـ  $A_{(9)}$  و  $N_{(9)}$  للنشاط الإشعاعي و عدد أنوية الفلور 18 عند  $t_{(9)}$  لحظة حقن المريض على الساعة "التاسعة" صباحا .

• نشاط العينة لحظة الحقن  $A_{(9)} = 2.6 \cdot 10^8 \text{ Bq}$  .

1- أحسب ثابت التفكك  $\lambda$  .

2- أحسب عدد أنوية الفلور 18 في العينة (D) عند  $t_{(9)}$  لحظة حقن المريض على الساعة "التاسعة" صباحا .

3- أثبت أن :  $N_{(9)} = N_{(8)} e^{-\lambda \Delta t}$  .

حيث  $\Delta t = t_{(9)} - t_{(8)} = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$  هو الزمن الفاصل بين لحظة تحضير الجرعة و لحظة حقن المريض .

4- أحسب عدد أنوية الفلور 18 عند  $t_{(8)}$  لحظة تحضير العينة D على الساعة الثامنة صباحا .

**الأجوبة :**

1- ثابت التفكك :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{110 \cdot 60} = 1.05 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$



2- عدد أنوية الفلور 18 عند  $t_{(9)}$  :

$$A_{(9)} = \lambda N_{(9)} \rightarrow N_{(9)} = \frac{A_{(9)}}{\lambda}$$

$$N_{(9)} = \frac{2.6 \cdot 10^8}{1.05 \cdot 10^{-4}} = 2.48 \cdot 10^{12}$$

3- إثبات أن  $N_{(9)} = N_{(8)} e^{-\lambda \Delta t}$  :  
حسب قانون التناقص الإشعاعي :

$$\begin{aligned} \bullet N_{(9)} &= N_0 e^{-\lambda \cdot t_{(9)}} \\ \bullet N_{(8)} &= N_0 e^{-\lambda \cdot t_{(8)}} \end{aligned}$$

بقسمة  $N_{(9)}$  على  $N_{(8)}$  طرف إلى طرف نجد :

$$\frac{N_{(9)}}{N_{(8)}} = \frac{N_0 e^{-\lambda \cdot t_{(9)}}}{N_0 e^{-\lambda \cdot t_{(8)}}} \rightarrow \frac{N_{(9)}}{N_{(8)}} = \frac{e^{-\lambda \cdot t_{(9)}}}{e^{-\lambda \cdot t_{(8)}}} \rightarrow \frac{N_{(9)}}{N_{(8)}} = e^{-\lambda (t_{(9)} - t_{(8)})}$$

$$\frac{N_{(9)}}{N_{(8)}} = e^{-\lambda \Delta t} \rightarrow N_{(9)} = N_{(8)} e^{-\lambda \Delta t}$$

4- عدد أنوية الفلور 18 عند  $t_{(8)}$  لحظة تحضير الجرعة على الساعة الثامنة صباحا :  
من العلاقة السابقة :

$$N_{(9)} = N_{(8)} e^{-\lambda \Delta t} \rightarrow N_{(8)} = \frac{N_{(9)}}{e^{-\lambda \Delta t}}$$

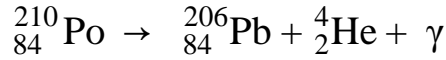
$$N_{(8)} = \frac{2.48 \cdot 10^{12}}{e^{-1.05 \cdot 10^{-4} \cdot 3600}} = 3.62 \cdot 10^{12}$$

### التمرين (15) :

يعطى :  $m({}^4_2\text{He}) = 4.00150\text{u}$  ،  $m({}^{210}_{84}\text{Po}) = 209.98286\text{u}$  ،  $m({}^{206}_{84}\text{Pb}) = 205.97445\text{u}$   
 $1\text{MeV} = 10^6 \text{eV}$  ،  $1 \text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{joule}$  ،  $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$  ،  $1 \text{u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{Kg}$   
 عدد أفوادر (  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$  ) .

يصدر البولونيوم  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  جسيمات  $\alpha$  ، ليعطي نواة إين من الرصاص  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$  ، يرافق التفاعل إصدار إشعاع كهرومغناطيسي  $\gamma$  .

- 1- أكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول التلقائي الحادث للبولونيوم .
- 2- أحسب بالميغا إلكترون فولط (MeV) الطاقة المحررة من هذا التفاعل .
- 3- سرعة النواة الابن منعدمة تقريبا ، إذا كانت طاقة الإشعاع  $\gamma$  المنبعث هي  $2.20 \text{MeV}$  . أوجد :  
 أ- الطاقة الحركية للجسيم  $\alpha$  .  
 ب- سرعة انبعاث الجسيم  $\alpha$  من نواة البولونيوم 210 في التفاعل النووي السابق .

**الأجوبة :****1- - معادلة التفاعل :****2- الطاقة المحررة من التفاعل :**

$$E_{\text{lib}} = (m(\text{Po}) - m(\text{Pb}) - m(\text{He})) c^2$$

$$E_{\text{lib}} = (209.98286 - 205.97445 - 4.00150) \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} (3 \cdot 10^8)$$

$$E_{\text{lib}} = 1.03 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 6.45 \text{ MeV}$$

**3-أ- الطاقة الحركية للجسيم  $\alpha$  :**

من مبدأ انحفاظ الطاقة :

$$E_{\text{نهائية}} = E_{\text{مقدمة}} - E_{\text{مكتسبة}} + E_{\text{ابتدائية}}$$

$$m(\text{Po}) C^2 - 0 - E_{\gamma} = m(\text{Pb}) C^2 + m(\text{He}) C^2 + E_C$$

$$\underbrace{m(\text{Po}) C^2 - m(\text{Pb}) C^2 - m(\text{He}) C^2}_{E_{\text{lib}}} = E_C + E_{\gamma}$$

$$E_{\text{lib}} = E_C + E_{\gamma} \rightarrow E_C = E_{\text{lib}} - E_{\gamma}$$

$$E_C = 6.45 - 2.20 = 4.25 \text{ MeV}$$

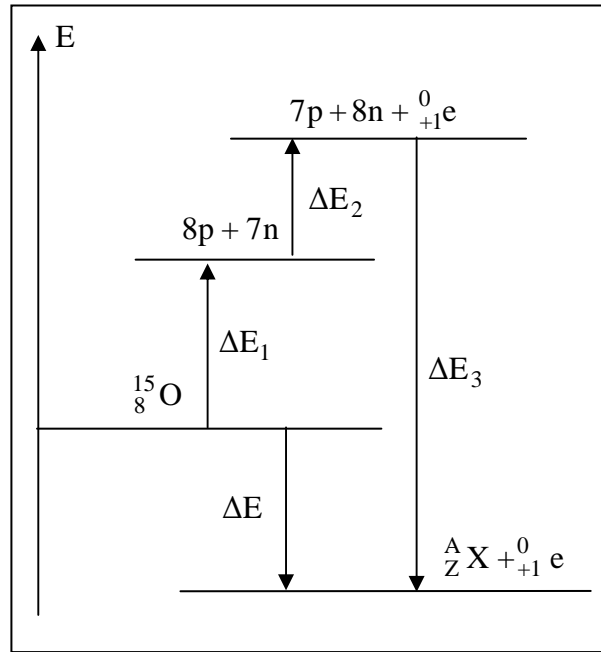
**ب- سرعة الجسيم  $\alpha$  :**

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_C}{m}}$$

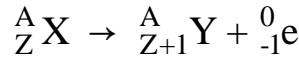
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 4.25 \cdot 1.6 \cdot 10^{-13} (\text{J})}{4.00150 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} (\text{kg})}} = 1.43 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

**التمرين (16) :**

الشكل التالي يمثل مخطط الطاقة الموافق لتفكك نواة الأكسجين  $^{15}_8\text{O}$  وفق النمط  $\beta^+$ .



- 1- أكتب معادلة التفكك  $\beta^+$  لنواة الأكسجين 15 . محددًا رمز النواة الابن بتطبيق قانوني الإنحفاظ .
- 2- عرف طاقة الربط  $E_\ell$  للنواة ؟
- 3- أحسب بـ MeV المقادير  $\Delta E_1$  ،  $\Delta E_2$  ،  $\Delta E_3$  المبينة في الشكل .
- 4- استنتج من النتائج السابقة قيمة التغير في الطاقة  $\Delta E$  للجملة بـ MeV أثناء التفكك .
- 5- مثل مع الشرح بشكل كيفي مخطط الحويلة الطاقوية للتفكك  $\beta^+$  النمذج بالمعادلة .



يعطى :

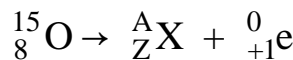
$$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} , m_p = 1.67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg} , m_n = 1.67492 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ 1\text{MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J} , c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} ,$$

$$, \frac{E_\ell(^{15}_7\text{N})}{A} = 7.699 \text{ MeV} , \frac{E_\ell(^{15}_9\text{F})}{A} = 6.483 \text{ MeV} , \frac{E_\ell(^{15}_8\text{O})}{A} = 7.463 \text{ MeV}$$

$$\frac{E_\ell(^{12}_6\text{C})}{A} = 6.676 \text{ MeV}$$

**الأجوبة :**

1- معادلة التفكك  $\beta^+$  :

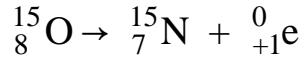


حسب قانوني الانحفاظ :

$$15 = A + 0 \rightarrow A = 15$$

$$8 = Z + 1 \rightarrow Z = 7$$

إذن :  ${}^A_ZX$  هي  ${}^{15}_7N$  و المعادلة تصبح :



2- تعريف طاقة الربط :

هي الطاقة اللازمة لتماسك النواة و هي نفسها الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى نكليونات الساكنة و المعزولة .

3- حساب قيم  $\Delta E_1$  ،  $\Delta E_2$  ،  $\Delta E_3$  :

$$\Delta E_1 = +E_\ell({}^{15}O) = \frac{E_\ell({}^{15}O)}{A} \cdot A$$

$$\Delta E_1 = 7.463 \cdot 15 = 111.9 \text{ MeV}$$

$$\Delta E_2 = (7m_p + 8m_n + m_e - 8m_n - 7m_n) c^2 = (-m_p + m_n + m_e) c^2$$

$$\Delta E_2 = -1.67262 \cdot 10^{-27} + 1.67492 \cdot 10^{-27} + 9.109 \cdot 10^{-31} (3 \cdot 10^8)^2$$

$$= 2.89 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 1.80 \text{ MeV}$$

$$\Delta E_3 = -E_\ell({}^{15}N) = \frac{E_\ell({}^{15}N)}{A} \cdot A$$

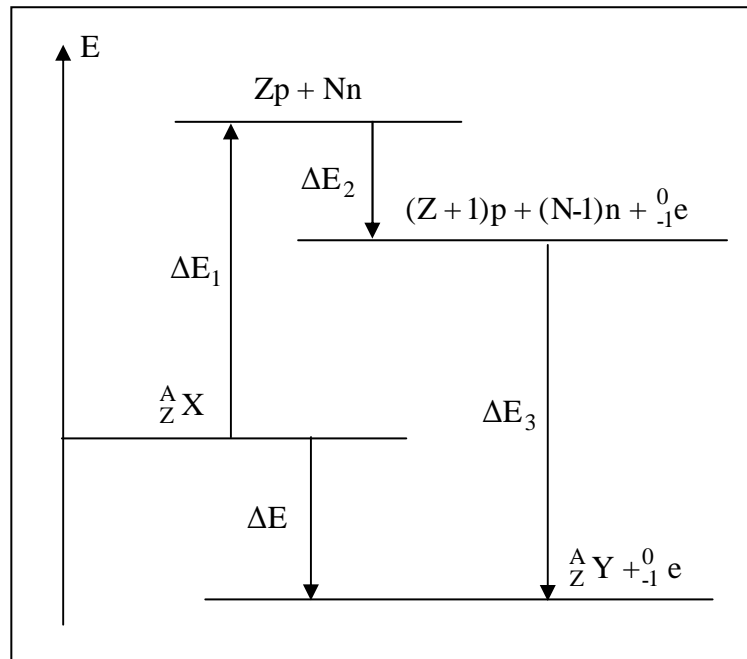
$$\Delta E_3 = -7.699 \cdot 15 = -115.5 \text{ MeV}$$

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3$$

$$\Delta E = 111.9 + 1.8 - 115.5 = -1.8 \text{ MeV}$$

5- مثل بشكل كيفي مخطط الحصىلة الطاقوية للتفكك  $\beta^-$  :

في هذا التفكك يتحول النترون إلى بروتون و حيث أن كتلة النترون أكبر من كتلة البروتون ، يحدث نقصان في طاقة كتلة الجملة بعد أن تتفكك النواة الأب إلى نكليوناتها ، و عليه يكون مخطط الحصىلة الطاقوية للتفكك  $\beta^-$  كما يلي .



## تمارين مقترحة

**التمرين (17):** ( بكالوريا 2009 – علوم تجريبية ) (الحل المفصل : تمرين مقترح 09 على الموقع)

المعطيات :  
 $m_n = 1.0087 \text{ u}$  ,  $m_p = 1.0073 \text{ u}$   
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  $m_e = 0.00055 \text{ u}$  ;  $1 \text{ u} = 931 \text{ MeV/c}^2$

I- إليك جدول لمعطيات عن بعض أنوية الذرات :

أنوية العناصر	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$	${}^{14}_6\text{C}$	${}^{14}_7\text{N}$	${}^{94}_{38}\text{Sr}$	${}^{140}_{54}\text{Xe}$	${}^{235}_{92}\text{U}$
$M(u)$ (كتلة النواة)	2,0136	3,0155	4,0015	14,0065	14,0031	93,8945	139,8920	234,9935
$E(\text{MeV})$ (طاقة ربط النواة)	2,23	8,57	28,41	99,54	101,44	810,50	1164,75	.....
$E/A(\text{MeV})$ (طاقة الربط لكل نيوكليون)	1,11	.....	7,10	.....	7,25	8,62	.....	.....

- 1- ما المقصود بالعبرة التالية : أ/ طاقة ربط النواة ، ب/ وحدة الكتلة (u) .
  - 2- أكتب عبارة طاقة ربط النواة لنواة عنصر بدلالة كل من  $m_X$  كتلة النواة و  $m_n$  و  $m_p$  و  $A$  و  $Z$  و سرعة الضوء في الفراغ (C) .
  - 3- أحسب طاقة ربط النواة لليورانيوم 235 بالوحدة (MeV) .
  - 4- أكمل فراغات الجدول السابق .
  - 5- ما اسم النواة ( من بين المذكورة في الجدول السابق ) الأكثر استقرارا ؟ علل .
- II- إليك التحولات النووية لبعض العناصر من الجدول السابق .
- أ/ يتحول  ${}^{14}_6\text{C}$  إلى  ${}^{14}_7\text{N}$  .

- ب/ ينتج  ${}^4_2\text{He}$  و نترون من نظيري الهيدروجين .
- ج/ قذف  ${}^{235}_{92}\text{U}$  بنترون يعطي  ${}^{140}_{54}\text{Xe}$  ،  ${}^{94}_{38}\text{Sr}$  ، و نترونين .
- 1- عبر عن كل تحول نووي بمعادلة نووية كاملة و موازنة .
  - 2- صنف التحولات النووية السابقة إلى ، انشطارية أو تفككية ، إندماجية .
  - 3- أحسب الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار ومن تفاعل الاندماج بالوحدة (MeV) .

### أجوبة مختصرة :

- I- 1- أ) المقصود بطاقة ربط النواة ، هو الطاقة اللازمة لتماسك النويات .
- ب)  $1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ←  $m(\text{C}) = \frac{12}{6.02 \cdot 10^{23}}$  ،  $1 \text{ u} = \frac{1}{12} m({}^{12}\text{C})$
- 2)  $\text{MeV} 7E_\ell = 1789.5$  ،  $E_\ell = (Zm_p + (A - Z)m_n - m_X)C^2$

(4) إكمال فراغات الجدول :

نواة العنصر	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$	${}^{14}_6\text{C}$	${}^{14}_7\text{N}$	${}^{94}_{38}\text{Sr}$	${}^{140}_{54}\text{Xe}$	${}^{235}_{92}\text{U}$
$\frac{E_\ell}{A}$ (MeV)	1.11	2.86	7.10	7.11	7.25	8.62	8.32	7.60

(5) تكون النواة أكثر استقرارا كلما كان  $\frac{E_\ell}{A}$  أكبر ، و عليه فمن بين الأنوية المذكورة في الجدول ، النواة الأكثر استقرارا هي  ${}^{94}_{38}\text{Sr}$  .

(II-1) المعادلات النووية :

التفاعل	المعادلة النووية
(أ)	${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$
(ب)	${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
(ج)	${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0\text{n}$

(2) تصنيف التحولات النووية :

التفاعل	صنف التفاعل
(أ)	إشعاعي (تفككي)
(ب)	اندماج
(ج)	انشطار

(3) التحول (ب)  $\leftarrow E_{\text{lib}} = 17.6 \text{ MeV}$  ، التحول (ج) :  $E_{\text{lib}} = 184.6 \text{ MeV}$ **التمرين (18) :** ( بكالوريا 2010 - رياضيات ) (الحل المفصل : تمرين مقترح 13 على الموقع)

جهاز مخبر بمنبع إشعاعي يحتوي على السيزيوم 137 المشع الذي يتميز بزمان نصف العمر  $t_{1/2} = 30.2 \text{ ans}$  . يبلغ النشاط الإشعاعي الابتدائي لهذا المنبع  $A_0 = 3.0 \cdot 10^5 \text{ Bq}$  .

1- تتفكك أنوية السيزيوم  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  مصدرا جسيمات  $\beta^-$  .

أ/ أكتب معادلة التفاعل النووي المنمذج لتفكك السيزيوم 137 .

ب/ أحسب قيمة  $\lambda$  ثابت التفكك لنواة السيزيوم .

ج/ أحسب  $m_0$  كتلة السيزيوم 137 الموجودة في المنبع لحظة استلامه .

2- أ/ أكتب عبارة قانون النشاط الإشعاعي  $A(t)$  للمنبع .

ب/ كم تصبح قيمة نشاط المنبع بعد سنة ؟

ج/ ما قيمة التغير النسبي للنشاط الإشعاعي خلال سنة واحدة ؟

3- يصبح المنبع غير صالح للاستعمال عندما يصبح لنشاطه الإشعاعي قيمة حدية تساوي عشر قيمته الابتدائية أي

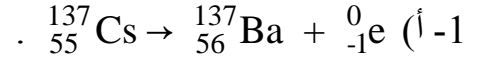
$A(t) = \frac{A_0}{10}$  ، كم يدوم استغلال المنبع ؟

المعطيات :

$_{53}\text{I}$	$_{54}\text{Xe}$	$_{55}\text{Cs}$	$_{56}\text{Ba}$	$_{57}\text{La}$
-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------

$$M(^{137}\text{Cs}) = 136.9 \text{ g/mol} , N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

أجوبة مختصرة :



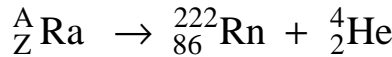
$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 7.27 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1} = 0.023 \text{ ans}^{-1} \quad (\text{ب) باعتبار السنة تتكون من 365 يوم يكون :}$$

$$m_0 = \frac{A_0 M}{\lambda \cdot N_A} = 9.4 \cdot 10^{-8} \text{ g} \quad (\text{ج})$$

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \quad (\text{ب) باعتبار السنة تتكون من 365 يوم يكون : } A_{(1\text{an})} = 2.93 \cdot 10^5 \text{ Bq} \quad (2-)$$

$$\frac{|\Delta A|}{A_0} = \frac{|A_{(1\text{an})} - A_0|}{A_0} = 0.023 \quad (2.3\%) \quad (\text{ج})$$

$$A = \frac{A_0}{10} \quad \text{و بالتعويض في العبارة } A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \text{ يكون : } t = 100.32 \text{ ans} \quad (\text{د) هي المدة التي تجعل}$$

**التمرين (19):** (بكالوريا 2011 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 15 على الموقع)يعتبر الرادون  $^{222}\text{Rn}$  غاز مشع . ينتج بتفكك الراديوم  $\text{Ra}$  وفق المعادلة المنمذجة :

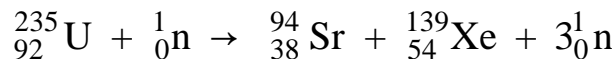
1- أ- ما هو نمط الإشعاع الموافق لهذا التحول النووي ؟

ب- أوجد كل من  $A$  و  $Z$  .2- أ- أحسب النقص الكتلي  $\Delta m$  لنواة  $^{226}_{88}\text{Ra}$  معبرا عنها بوحدة الكتل الذرية  $u$  .

ب- أعط الصيغة الشهيرة لأنشتاين التي تعبر عن علاقة التكافؤ كتلة- طاقة .

3- باعتبار أن قيمة طاقة الربط  $E_b$  لنواة الرادون  $^{222}\text{Rn}$  تساوي القيمة  $27.36 \cdot 10^{-11} \text{ J}$  .أ- عرف طاقة الربط  $E_b$  للنواة .ب- أحسب النقص الكتلي  $\Delta m$  لنواة الرادون  $^{222}\text{Rn}$  .ج- عرف طاقة الربط لكل نوية ، ثم استنتج قيمتها بالنسبة لنواة الرادون  $^{222}\text{Rn}$  .

4- في المفاعلات النووية يستعمل اليورانيوم المخصب كوقود ، حيث تحدث له تفاعلات انشطار من بينها التحول المنمذج بالمعادلة :



أ- عرف تفاعل الانشطار .

ب- احسب الطاقة المحررة من جراء هذا التحول مقدرة بالـ  $\text{MeV}$  و الجول (J) .**المعطيات :**  $1\text{MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$  ،  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ،  $1u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ 

$$m(\text{U}) = 234.994 \text{ u} ; m(\text{Sr}) = 93.894 \text{ u} ; m(\text{Xe}) = 138.889 \text{ u} ; m(\text{Rn}) = 221.970 \text{ u}$$

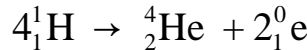
$$m(\text{Ra}) = 225.977 \text{ u} ; m(^1_1\text{P}) = 1.007 \text{ u} ; m(^1_0\text{n}) = 1.009 \text{ u}$$

**أجوبة مختصرة :**

- 1- أ) الإشعاع الموافق لهذا التحول هو من النمط  $\alpha$  ، ب)  $Z = 88$  ،  $A = 226$  .  
 2- أ)  $E = m.c^2$  ، ب)  $\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m(Ra) = 1.881 \text{ u}$  .  
 3- أ) طاقة الربط  $E_\ell$  هي الطاقة الواجب تقديمها للنواة لأجل تفكيكها إلى مكوناتها المعزولة و الساكنة أو هي طاقة تماسك النواة .  
 ب)  $\Delta m = (Z m_p + (A - Z) m_n - m(Rn) = 1.856 \text{ u}$  .  
 ج) هي حاصل قسمة طاقة الربط للنواة على عدد النكليونات  $A$  ،  $\frac{E_\ell(Rn)}{A} = 7.8 \text{ MeV/nucleon}$  .  
 4- أ) هو تفاعل انشطار نواة ثقيلة إلى أنوية خفيفة نسبيا مع تحرر طاقة و نترونات .  
 ب)  $E_{lib} = (m(U) + m(n) - m(Sr) - m(Xe) - 3m(n)) c^2 = 2.88 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 180.21 \text{ MeV}$

**التمرين (20) : (بكالوريا 2012 - رياضيات) (الحل المفصل : تمرين مقترح 16 على الموقع)**

- 1- النشاط الإشعاعي ظاهرة عفوية لتفاعل نووي .  
 أ- البيكرال هي وحدة القياس المستعملة في النشاط الإشعاعي ، عرف البيكرال .  
 ب- تفكك نواة الإيريديوم  $^{192}_{77}\text{Ir}$  يعطي نواة البلاتين  $^{192}_{87}\text{Pt}$  المشعة أيضا . يصاحب هذا التفكك إصدار للإشعاع  $\gamma$  .  
 - اكتب معادلة تفكك نواة الإيريديوم ، موضحا النمط الإشعاعي الموافق لهذا التحول النووي .  
 - فسر إصدار الإشعاع  $\gamma$  خلال هذا التحول .  
 ج- النشاط الإشعاع لـ  $1 \text{ g}$  من الإيريديوم هو  $A = 3.4 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$  .  
 - جد عدد أنوية الإيريديوم  $N$  الموجودة في  $m = 1 \text{ g}$  من العينة .  
 - احسب  $t_{1/2}$  نصف العمر للإيريديوم .  
 2- إن الاندماج النووي هو مصدر الطاقة كما في الشمس و النجوم . تحدث تفاعلات متسلسلة في الشمس و التي يمكن نمذجتها بالمعادلة التالية :



- احسب النقص الكتلي  $\Delta m$  لهذا التفاعل بوحدة الكتل الذرية  $u$  و كذا الطاقة المحررة لتشكل الهيليوم بـ  $\text{MeV}$  .  
**المعطيات :** - وحدة الكتل الذرية :  $1u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ، سرعة الضوء في الفراغ :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  .  
 - ثابت أفوقادرو :  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ،  $1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  .

النواة	$^4_2\text{He}$	$^1_1\text{p}$	$^1_0\text{n}$	$^0_1\text{e}$
الكتلة بـ (u)	4.0015	1.0073	1.0087	0.0005

**أجوبة مختصرة :**

- 1) النشاط الإشعاعي الذي يقدر بالبيكرال يوافق تفكك واحد في الثانية .  
 ب)  $^{192}_{77}\text{Ir} \rightarrow ^{192}_{78}\text{Pt} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\gamma$  ، النمط الإشعاعي الموافق لهذا التحول النووي هو  $\beta^-$  .  
 تفسير إصدار الإشعاع  $\gamma$  : خلال تفكك نواة الإيريديوم ( $\text{Ir}$ ) تنتج نواة البلاتين في حالة مثارة ( $\text{Pt}^*$ ) أي تحمل طاقة إضافية ، و للعودة إلى حالتها الأساسية تصدر هذه الطاقة الإضافية عن طريق بعث الإشعاع  $\gamma$  الذي يحمل هذه الطاقة  
 ج)  $t_{1/2} = \frac{N \cdot \ln 2}{A} = 6.40 \cdot 10^6 \text{ s} = 74 \text{ jours}$  ،  $N = 3.13 \cdot 10^{21} \text{ noyaux}$

$$\Delta m = 4 m(^1_1\text{H}) - m(^4_2\text{He}) - 2 m(^0_{-1}\text{e}) = 2.67 \cdot 10^{-2} \text{ u}$$



**التمرين (21):** (بكالوريا 2012 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 18 على الموقع)

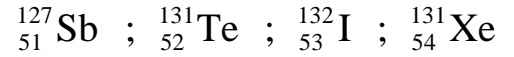
يستخدم اليود  $^{131}_{53}\text{I}$  أساسا في معالجة سرطان الغدة الدرقية .

1- أعط تركيب نواة اليود  $^{131}_{53}\text{I}$  .

2- احسب  $E_\ell$  طاقة الربط لنواة اليود  $^{131}_{53}\text{I}$  .

3- إن اليود 131 يصدر  $\beta^-$  .

اكتب معادلة التفكك الحاصلة لنواة اليود 131 ، علما أن نواة البنت الناتجة  $^A_Z\text{X}$  تكون واحدة من الأنوية التالية :



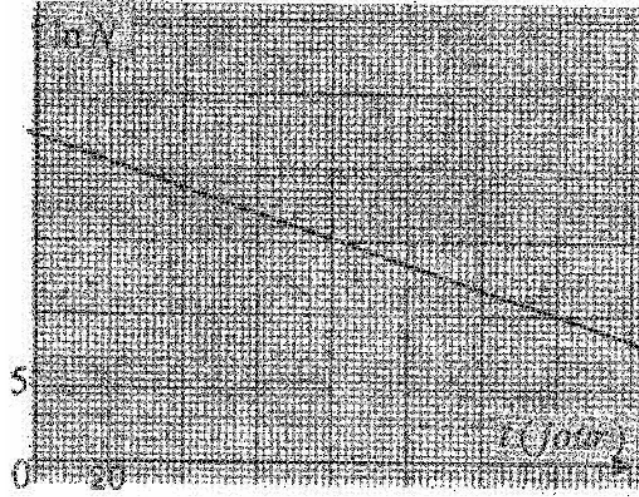
4- عينة من اليود 131 كتلتها  $m_0 = 0.696 \text{ g}$  .

أ- اكتب قانون التناقص الإشعاعي .

ب- يمثل (الشكل-1) منحنى تطور  $\ln N$  بدلالة الزمن  $t$  . استنتج منه قيمة  $\lambda$  ثابت التفكك و  $t_{1/2}$  نصف العمر لليود

131

ج- ما كتلة اليود 131 المتفككة بعد 16 jour ؟



**المعطيات :**

$$m(^1_1\text{H}) = 1.00728u ; m(^{131}_{53}\text{I}) = 130.97851u \quad m(n) = 1.00866u ; 1u = 931.5 \text{ MeV}/c^2$$

**أجوبة مختصرة :**

(1) عدد البروتونات  $Z = 53$  ، عدد النوترونات  $N = 78$  .

$$(2) E_\ell = (Z m_p + (A - Z) m_n - m(\text{I})) c^2 = 1009 \text{ MeV}$$

$$(3) N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (4-1) \quad ^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}$$

$$(ب) \lambda = 8.6 \cdot 10^{-2} \text{ jour}^{-1} , t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 8 \text{ jour} , m = m_0 (1 - e^{-\frac{\ln 2}{\lambda} t}) = 0.522 \text{ g}$$

**التمرين (22):** (بكالوريا 2008 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 20 على الموقع)

يستوجب استعمال الأنديموم 192 أو السيزيوم 137 في الطب ، وضعهما في أنابيب بلاستيكية قبل أن توضع على ورم المريض قصد العلاج .

1- نواة السيزيوم  $^{137}_{55}\text{Cs}$  مشعة ، تصدر جسيمات  $\beta^-$  و اشعاعات  $\gamma$  .

أ- ما المقصود بالعبارة : (تصدر جسيمات  $\beta^-$  و إشعاعات  $\gamma$ ) . ما سبب إصدار النواة لإشعاعات  $\gamma$  ؟  
 ب- أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الذي يحدث للنواة " الأب " مستنتجا رمز النواة " الإبن "  ${}^A_ZY$  من بين الأنوية التالية :  ${}^{138}_{57}\text{La}$  ،  ${}^{137}_{56}\text{Ba}$  ،  ${}^{131}_{54}\text{Xe}$  .

2- يحتوي أنبوب على عينة من السيزيوم  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  كتلتها  $m = 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ g}$  عند اللحظة  $t = 0$  . أحسب :  
 أ- عدد الأنوية  $N_0$  الموجودة في العينة .  
 ب- قيمة النشاط الإشعاعي لهذه العينة .  
 3- تستعمل هذه العينة بعد ستة (06) أشهر من تحضيرها :  
 أ- ما مقدار النشاط الإشعاعي للعينة حينئذ .  
 ب- ما هي النسبة المئوية لأنوية السيزيوم المتفككة ؟  
 4- نعتبر نشاط هذه العينة معدوما عندما يصبح مساويا لـ 1% من قيمته الابتدائية .  
 - أحسب بدلالة ثابت الزمن  $\tau$  المدة الزمنية اللازمة لانعدام النشاط الإشعاعي للعينة ، و هل يمكن تعميم هذه النتيجة على أي نواة مشعة ؟  
 يعطى :

- ثابت أفوقادرو :  $N_A = 6.023 \cdot 10^{23}$  .
- ثابت الزمن للسيزيوم  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  :  $\tau = 43.3 \text{ ans}$  .
- الكتلة المولية الذرية للسيزيوم 137 :  $M({}^{137}_{55}\text{Cs}) = 137 \text{ g.mol}^{-1}$  .

### أجوبة مختصرة :

1- أ) المقصود (تصدر جسيمات  $\beta^-$  و إشعاعات  $\gamma$ ) هو تفككها حسب النمط  $\beta^-$  ، أي إصدار جسيم  $\beta^-$  و إعطاء نواة ابن في حالة إثارة تصدر إشعاع  $\gamma$  ، سبب إصدار النواة المثارة للإشعاع  $\gamma$  هو التخلص من الطاقة الزائدة لتنتقل النواة المثارة إلى حالتها الأساسية .

ب)  $(\text{Ba} + e + \gamma)$   $(\text{Cs} , -2)$  ،  $N_0 = \frac{N_A \cdot m}{M} = 4.40 \cdot 10^{15}$

ب) لدينا  $A_{(t)} = \lambda N_{(t)}$  ، و عند اللحظة  $t = 0$  يكون :  $A_0 = \frac{N_0}{\tau} = 3.22 \cdot 10^6 \text{ Bq}$  ، (باعتبار السنة تتكون من 365.25 يوم)

3- أ) نعتبر  $t = 6 \text{ mois} = 0.5 \text{ an}$  ،  $A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{1}{\tau} t}$  ،  $A_{(6)} = A_0 e^{-\frac{1}{\tau} t(6)} = 3.18 \cdot 10^6 \text{ Bq}$  .

ب)  $P = 100(1 - e^{-\frac{t(6)}{\tau}}) = 1.15 \%$  .

4) نعم يمكن تعميم هذه النتيجة على كل الأنوية لأن النتيجة المتحصل عليها غير متعلقة بالمقادير المميزة للأنوية و هي العدد الكتلي  $A$  و العدد الشحني  $Z$  .

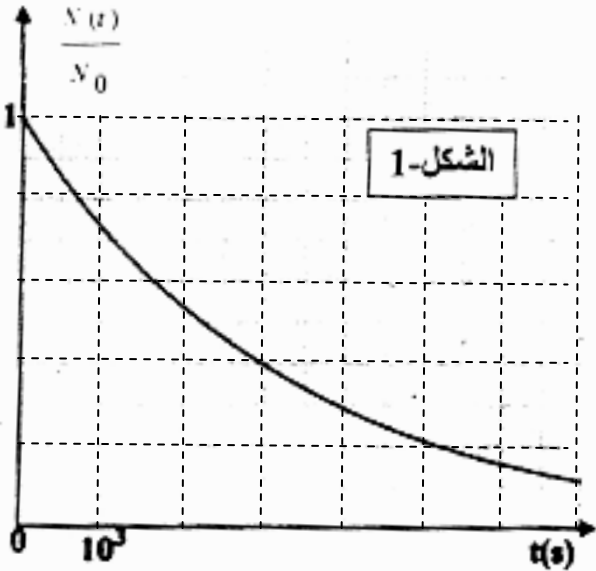
**التمرين (23):** ( بكالوريا 2008 – علوم تجريبية ) (الحل المفصل : تمرين مقترح 30 على الموقع)

تقذف عينة من نظير الكلور  $^{35}_{17}\text{Cl}$  المستقر (غير المشع) بالنيوترونات ، تلتقط النواة  $^{35}_{17}\text{Cl}$  نيوترونات لتتحول إلى نواة مشعة  $^A_Z\text{X}$  توجد ضمن قائمة الأنوية المدونة في الجدول أدناه .

	$^{38}_{17}\text{Cl}$	$^{39}_{17}\text{Cl}$	$^{31}_{14}\text{Si}$	$^{31}_{14}\text{F}$	$^{13}_7\text{N}$
زمن نصف العمر: $T_{1/2}(\text{s})$	2240	3300	9430	6740	594

سمحت متابعة النشاط الإشعاعي لعينة من  $^A_Z\text{X}$  برسم المنحنى  $\frac{N(t)}{N_0} = f(t)$  الموضح بالشكل-1 .

حيث :  $N_0$  عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة في اللحظة  $t = 0$   
 $N(t)$  عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة في اللحظة  $t$  .



1-أ/ عرف زمن نصف العمر  $(t_{1/2})$  .

ب/ عين قيمة زمن نصف العمر للنواة  $^A_Z\text{X}$  ببيانها .

2-أ/ أوجد العبارة الحرفية التي تربط  $(t_{1/2})$  بثابت التفكك  $\lambda$  .

ب/ أحسب قيمة  $\lambda$  ثابت التفكك للنواة  $^A_Z\text{X}$  .

3- بالاعتماد على النتائج المتحصل عليها و القائمة الموجودة في الجدول عين النواة  $^A_Z\text{X}$  ؟

4- اكتب معادلة التفاعل المنذج لتحول النواة  $^{35}_{17}\text{Cl}$  إلى النواة  $^A_Z\text{X}$  .

5- أحسب بالإلكترون فولط و بالميغا إلكترون فولط :

أ/ طاقة الربط للنواة  $^A_Z\text{X}$  .

ب/ طاقة الربط لكل نوية .

المعطيات :

$1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$	وحدة الكتلة الذرية
$m_p = 1.00728 \text{ (u)}$	كتلة البروتون
$m_n = 1.00866 \text{ (u)}$	كتلة النيوترون
$m_x = 37.96011 \text{ (u)}$	كتلة النواة $^A_Z\text{X}$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	سرعة الضوء في الفراغ
$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$	1 إلكترون- فولط

**أجوبة مختصرة :**

1- أ) هو الزمن اللازم لتفكك نصف الأنوية الابتدائية ، ب)  $t_{1/2} = 2250 \text{ s}$  .

$$-2) \left( t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \right) \text{ (ب) } \lambda = 3.09 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1} \text{ (3) } {}^{38}_{17}\text{Cl} \text{ (4) } {}^{38}_{17}\text{Cl} + 3 {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{35}_{17}\text{Cl}$$

$$-5) \left( \frac{E_\ell}{A} = 8.49 \text{ MeV} \right) \text{ (ب) } E_\ell = 5.16190 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 3.226 \cdot 10^8 \text{ eV} = 322.6 \text{ MeV}$$

### التمرين (24): (بكالوريا 2013 - رياضيات) (الحل المفصل : تمرين مقترح 31 على الموقع)

انطلق برنامج البحث ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) بفرنسا لدراسة الاندماج النووي لنظيري الهيدروجين  ${}^2_1\text{H}$  ،  ${}^3_1\text{H}$  و ذلك من أجل التأكد من الإمكانية العلمية لإنتاج الطاقة عبر الاندماج النووي .

1- أ- أكتب معادلة الاندماج النووي بين الديوتريوم  ${}^2_1\text{H}$  و التريتيوم  ${}^3_1\text{H}$  ، علما أن التفاعل ينتج نواة  ${}^A_Z\text{X}$  و نيوترونا .

ب- يتعلق زمن نصف العمر ب :

• عدد الأنوية الابتدائية  $N_0$  للنظير المشع .

• درجة حرارة العينة المشعة .

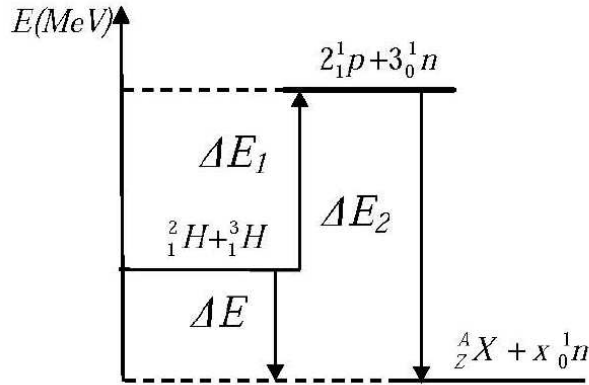
• نوع النظير المشع .

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات السابقة .

2- أ- عرف طاقة الربط للنواة  ${}^A_Z\text{X}$  ،  $E_\ell$  ، ثم اكتب عبارتها .

ب- احسب طاقة الربط للنواة و طاقة الربط لكل نوية :  ${}^2_1\text{H}$  ،  ${}^3_1\text{H}$  ،  ${}^A_Z\text{X}$  بـ MeV ، ثم استنتج النواة الأكثر استقرارا .

3- المخطط الطاقوي (شكل-1) يمثل الحصلة الطاقوية لتفاعل اندماج نظيري الهيدروجين  ${}^2_1\text{H}$  ،  ${}^3_1\text{H}$  .



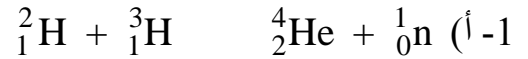
أ- أحسب الطاقة المحررة من تفاعل الاندماج الحادث .

ب- احسب مقدار الطاقة المحررة عن اندماج 1 g من  ${}^2_1\text{H}$  و 1.5 g من  ${}^3_1\text{H}$  .

يعطى :

$$m({}^1_0\text{n}) = 1.00866 \text{ u} ; m({}^1_1\text{p}) = 1.00728 \text{ u} ; m({}^2_1\text{H}) = 2.01355 \text{ u} ; m({}^3_1\text{H}) = 3.0155 \text{ u}$$

$$m({}^4_2\text{He}) = 4.00150 \text{ u} ; 1 \text{ u} = 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2} ; N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

**أجوبة مختصرة :**

(ب) يتعلق زمن نصف العمر بنوع النظير المشع .

(2- أ) طاقة الربط هي الطاقة اللازمة لتماسك النواة ، و هي نفسها الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى نوياتها

الساكنة و المنعزلة ، يعبر عنها بالعلاقة :  $E_\ell = (Zm_p + (A - Z)m_n - M(X)) c^2$  .

$$\text{ب) } E_\ell(^3_1\text{H}) = 8.477 \text{ MeV} , \quad \frac{E_\ell(^2_1\text{H})}{A} = 1.113 \text{ MeV/nuc} , \quad E_\ell(^2_1\text{H}) = 2.226 \text{ MeV}$$

$$\frac{E_\ell(^4_2\text{He})}{A} = 7.075 \text{ MeV/nuc} , \quad E_\ell(^4_2\text{He}) = 28.30 \text{ MeV} , \quad \frac{E_\ell(^1_1\text{H})}{A} = 2.826 \text{ MeV/nuc}$$

- تكون النواة أكثر استقرار كلما كان  $\frac{E_\ell}{A}$  أكبر ، و عليه النواة الأكثر استقرار من بين الأنوية المذكورة هي نواة

الهيليوم  $^4_2\text{He}$  .

$$(3- أ) E_{\text{lib}} = 17.60 \text{ MeV} , \text{ ب) } E_{\text{libTot}} = 5.30 \cdot 10^{24} \text{ MeV}$$

**التمرين (25): ( بكالوريا 2010 – علوم تجريبية ) (الحل المفصل : تمرين مقترح 37 على الموقع)**

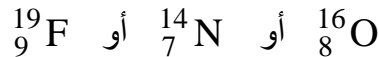
عثر العمال أثناء الحفريات الجارية في بناء مجمعات سكنية على جمجمتين بشريتين إحداهما (a) سليمة و الثانية (b) مهشحة جزئيا ، اقترح العمال فرضيتان :

- يرى الفريق الأول أن الجمجمتين لشخصين عاشا في نفس الحقبة الزمنية .
- يرى الفريق الثاني أن العوامل الطبيعية كانهراف التربة و الانكسارات الصخرية جمعت الجمجمتين ، رغم أنهما لشخصين عاشا في حقبتين مختلفتين ( تقدر الحقبة بـ 70 سنة ) .

تدخل فريق ثالث (خبراء علم الآثار) للفصل في القضية معتمدا النشاط الإشعاعي للكربون  $^{14}\text{C}$  .

علما أن المادة الحية يتجدد فيها الكربون  $^{14}\text{C}$  المشع لجسيمات  $(\beta^-)$  باستمرار ، و بعد الوفاة تتوقف هذه العملية . أخذ الفريق الثالث عينة من كل جمجمة (العينتان متساويتان في الكتلة) و قاس نشاطهما الإشعاعي حيث كانت النتيجة على الترتيب  $A_{(a)} = 5000 \text{ Bq}$  ،  $A_{(b)} = 4500 \text{ Bq}$  . علما أن نشاط عينة حديثة مماثلة لهما هو  $A_0 = 6000 \text{ Bq}$  ، و نصف عمر  $^{14}\text{C}$  هو  $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$  .

1/ أكتب معادلة تفكك الكربون  $^{14}\text{C}$  ، و تعرف على النواة الابن (غير المثارة) من بين الأنوية التالية :



2/ أكتب علاقة النشاط  $A(t)$  للعينة بدلالة :  $A_0$  ،  $t$  ،  $t_{1/2}$  .

3/ كيف حسم الفريق الثالث في القضية ؟

4/ أحسب بالإلكترون فولط و بالجول طاقة ربط نواة الكربون 14 .

يعطى :

$$m_p = 1.00728 \text{ u} , \quad 1 \text{ MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J} , \quad 1 \text{ u} = 931.5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2}$$

$$m_n = 1.00866 \text{ u} , \quad 1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} , \quad m(^{14}_6\text{C}) = 14.00324 \text{ u}$$

**أجوبة مختصرة :**

$$A = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t} \quad (2 , \quad ^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e} \quad (1)$$

- (3) حسم الفريق الثالث القضية بحساب عمر كل جمجمة ،  $t_a = 1465.10 \text{ ans}$  ،  $t_b = 2311.75 \text{ ans}$  ،  $|t_a - t_b| = 846.66 \text{ ans} > 70 \text{ ans}$  ، و عليه المجممتان لا تنتميان لنفس الحقبة الزمنية .
- (4)  $E_\ell = (Z m_p + (A - Z) m_n - m(^{14}\text{C})) c^2 = 102.2 \cdot 10^6 \text{ eV}$

### التمرين (26): (بكالوريا 2013 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 38 على الموقع)

- من بين نظائر عنصر الكلور الطبيعية نظيران مستقران هما :  $^{35}\text{Cl}$  و  $^{37}\text{Cl}$  و نظير آخر هو  $^{36}\text{Cl}$  . يتفكك الكلور 36 إلى الأرجون 36 . نصف عمر  $^{36}\text{Cl}$  تقدر بـ  $301 \cdot 10^3 \text{ ans}$  .
- 1- ماذا تمثل القيمتان 35 و 37 لنظيري الكلور المستقرين ؟ أكتب رمز نواة الكلور 36 .
- 2- احسب طاقة الربط لنواة الكلور 36 بـ MeV .
- 3- اكتب معادلة التفكك النووي للكلور 36 ، مع ذكر القوانين المستعملة و نمط التفكك .
- 4- في المياه السطحية يتجدد الكلور 36 باستمرار مما يجعل نسبته ثابتة ، و العكس صحيح بالنسبة للمياه الجوفية ، حيث أن الذي يتفكك لا يتجدد . هذا ما يجعله مناسباً لتأريخ المياه الجوفية القديمة .
- وجد في عينة من مياه جوفية أن عدد أنوية الكلور 36 تساوي 38% من عددها الموجودة في الماء السطحي . أحسب عمر الماء الجوفي :
- المعطيات : سرعة الضوء في الفراغ :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  ،  $1 \text{ MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$  .

	البروتون	النيوترون	الكلور 36	الأرجون 36
الكتلة ( $10^{-27} \text{ kg}$ )	1.67262	1.67492	59.71128	
العدد الشحني Z	1	0	17	18

### أجوبة مختصرة :

- (1) القيمتان 35 ، 36 هما العددان الكتليان لنظيري الكلور و يمثلان عدد النكليونات (بروتونات + نوترونات) في نواة كل نظير .
- (2)  $E_\ell(^{36}_{17}\text{Cl}) = 307.54125 \text{ MeV}$  .
- (3)  $^{36}_{17}\text{Cl} \rightarrow ^{36}_{18}\text{Ar} + ^0_{-1}\text{e}$
- (4) المياه السطحية التي يتجدد بها الكلور هي بمثابة المياه الجوفية عند اللحظة  $t = 0$  ، و بما أن عدد أنوية الكلور 36 في المياه الجوفية يساوي 38% من عددها الموجود في المياه السطحية يمكن كتابة  $N = \frac{38}{100} N_0$  ، و بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي نجد في النهاية :  $t = 4.20 \cdot 10^5 \text{ ans}$  .

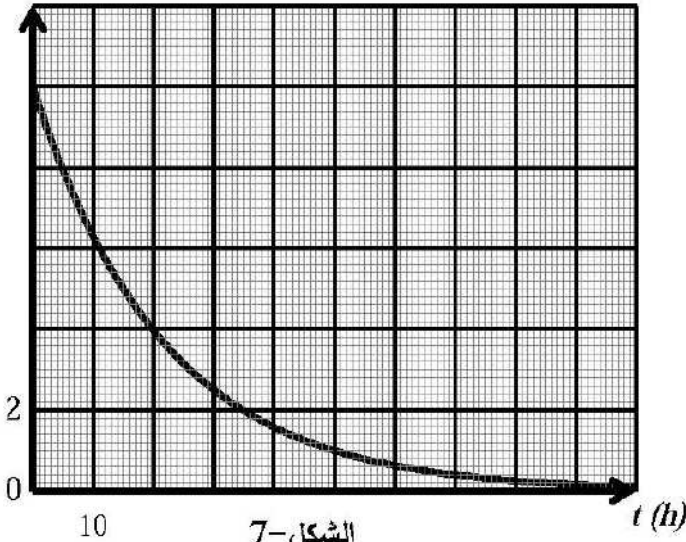
### التمرين (27): (بكالوريا 2013 - رياضيات) (الحل المفصل : تمرين مقترح 39 على الموقع)

- مع اكتشاف النشاط الإشعاعي الاصطناعي ، أصبح من الممكن الحصول على أنوية مشعة اصطناعيا ، و من بينها نواة الصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$  ، نحصل على الصوديوم 24 بقذف النظير  $^{23}_{11}\text{Na}$  الطبيعي بـ نوترون .
- 1- أ- ما المقصود بما يلي :
- نواة مشعة .
  - النظائر .
- ب- أكتب المعادلة النووية للحصول على النواة  $^{24}_{11}\text{Na}$  .

2- إن نواة الصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$  المشعة تصدر الجسيمات  $\beta^-$  .

- أكتب معادلة تفكك نواة الصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$  ، محددًا النواة البنت من بين الأنوية التالية :  
 $^{10}_{10}\text{Ne}$  ،  $^{12}_{12}\text{Mg}$  ،  $^{13}_{13}\text{Al}$  ،  $^{14}_{14}\text{Si}$

$n(10^{-6} \text{ mol})$



الشكل-7

3- يحقن مريض حجما :  $V_1 = 10 \text{ mL}$  من محلول يحتوي على الصوديوم 24 في اللحظة  $t = 0 \text{ h}$  . (الشكل) يمثل تغيرات كمية مادة الصوديوم 24 بدلالة الزمن .

اعتمادا على البيان حدد :

أ- كمية مادة الصوديوم 24 التي تم حقنها للمريض .

ب- عرف زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  ، ثم حدد قيمته .

4- إن دم المريض لا يحتوي على الصوديوم 24 قبل اللحظة  $t = 0 \text{ h}$  .

أ- أثبت أن كمية مادة الصوديوم 24 في لحظة

زمنية  $t$  ، تكتب بالعلاقة :  $n(t) = n_0 e^{-\lambda t}$  .

ب- بين أن كمية مادة الصوديوم 24 المتبقية في دم

المريض في اللحظة  $t_1 = 6 \text{ h}$  هي :  $n_1 = 7.6 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$  .

5- في اللحظة  $t_1 = 6 \text{ h}$  ، نأخذ عينة من دم المريض حجمها :  $V_2 = 10 \text{ mL}$  ، فنجد أنها تحتوي على كمية مادة

الصوديوم 24 :  $n_2 = 1.5 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$  .

- جد  $V$  حجم دم المريض ، علما أن الصوديوم 24 موزع بانتظام .

### أجوبة مختصرة :

1) النواة المشعة هي نواة غير مستقرة تصدر جسيمة  $\alpha$  أو  $\beta^-$  أو  $\beta^+$  ، مصحوب ذلك أحيانا بإصدار إشعاع كهرومغناطيسي  $\gamma$  .

- النظائر هي أنوية لنفس العنصر الكيميائي تختلف في العدد الكتلي  $A$  و تتفق في العدد الذري  $Z$

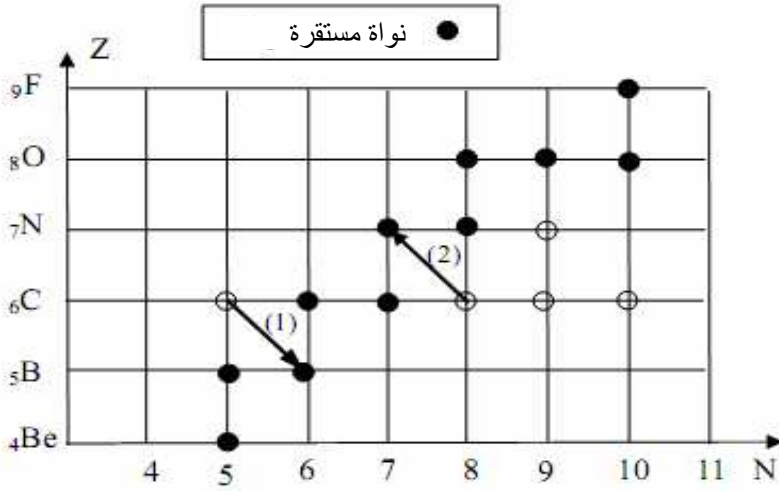
(2)  $^{24}_{12}\text{Mg} + ^0_{-1}\text{e} \rightarrow ^{24}_{11}\text{Na}$  ،  $n_0 = 10^{-5} \text{ mol}$  ،  $n_3 = 10^{-5} \text{ mol}$

(ب) زمن نصف العمر هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية ، قيمته :  $t_{1/2} = 15 \text{ h}$  .

(5)  $V \approx 5 \cdot 10^3 \text{ mL} = 5 \text{ L}$  .



**التمرين (28) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 22 على الموقع)**



- 1- نرمز للنواة بالرمز  ${}^A_Z X$   
 أ- سم المقادير A و Z و ماذا تمثل .  
 ب- عرف النظائر .  
 ج- اكتب التمثيل الرمزي لكل أنوية نظائر عنصر الكربون الممثلة في الوثيقة المقابلة .
- 2- من بين هذه النظائر اثنان مستقرة و الباقية مشعة .  
 أ- ما معنى نواة مشعة .  
 ب- ما نوع التفككين (1) ، (2) المبيينين في الوثيقة المقابلة . أكتب معادلة التفكك لكل منهما .  
 ج- التحولين (1) و (2) يصاحبهما إشعاع  $\gamma$  . ما سبب إصدار النواة للإشعاع  $\gamma$  .
- 3- النواة التي يحدث لها التحول (2) زمن نصف عمرها سنة  $t_{1/2} = 5570$  ؟  
 أ- عرف زمن نصف العمر .

- ب- تمثل  $N_0$  عدد الأنوية المشعة لعينة من هذا النظير في اللحظة  $t = 0$  ، عبر عن N عدد الأنوية المتبقية غير المتفككة بدلالة  $N_0$  في اللحظات التالية :  $t_1 = t_{1/2}$  ،  $t_2 = 2t_{1/2}$  ،  $t_3 = 3t_{1/2}$  ،  $t_4 = 4t_{1/2}$  ،  $t_5 = 5t_{1/2}$  ، .....  
 $t_n = nt_{1/2}$  .
- ج- ارسم المنحنى الممثل لتغيرات N بدلالة الزمن .

- د- معادلة المنحنى السابق هي من الشكل :  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$  . أوجد العلاقة التي تربط زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  و ثابت التفكك  $\lambda$  ، ثم أحسب بالثانية قيمة هذا الأخير ( $\lambda$ ) . (1ans = 365.25 jours)

**أجوبة مختصرة :**

- 1- أ) - يسمى A العدد الكتلي و يمثل عدد النكليونات (بروتونات + نيوترونات) ، يسمى Z العدد الشحني و يمثل عدد البروتونات .  
 ب) النظائر هي أفراد كيميائية تتفق في العدد الشحني Z و تختلف في العدد الكتلي A .  
 ج) التمثيل الرمزي لأنوية الكربون :

Z	6	6	6	6	6	6
N	5	6	7	8	9	10
A	11	12	13	14	15	16
${}^A_Z X$	${}^{11}_6 C$	${}^{12}_6 C$	${}^{13}_6 C$	${}^{14}_6 C$	${}^{15}_6 C$	${}^{16}_6 C$

- 2- أ) نواة مشعة هي نواة غير مستقرة تصدر جسيمات مثل  $\alpha$  ،  $\beta^-$  ،  $\beta^+$  أو إشعاع  $\gamma$  .  
 ب) التفكك (1) من النمط  $\beta^+$  و المعادلة :  ${}^{11}_6 C \rightarrow {}^{11}_5 B + {}^0_{+1} e$  ،  
 التفكك (2) من النمط  $\beta^-$  و المعادلة :  ${}^{14}_6 C \rightarrow {}^{14}_7 N + {}^0_{-1} e$  .  
 ج) سبب إصدار نواة إشعاع  $\gamma$  هو تشكل نواة ابن مثارة (تحتل طاقة إضافية) و تصدر هذه الطاقة عن طريق بعث إشعاع  $\gamma$  .

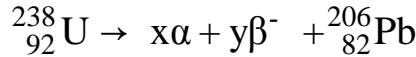


3- أ) زمن نصف العمر هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية .

$$N = \frac{N_0}{2^n} \quad (د) \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 3.94 \cdot 10^{-12} \text{ s}$$

### التمرين (29) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 24 على الموقع)

1- إن نظير اليورانيوم  $^{238}_{92}\text{U}$  يشكل العائلة الإشعاعية التي تؤدي إلى نظير الرصاص المستقر  $^{206}_{82}\text{U}$  مع ملاحظة عدة تفككات متتالية بالإشعاعين  $(\alpha)$  ،  $(\beta)$  . يمكن كتابة معادلة التفكك كما يلي :



نرمز لأنوية اليورانيوم في اللحظة  $(t = 0)$  بـ  $N_{0U}$  و في اللحظة  $(t)$  بـ  $N_U(t)$  على الترتيب و بفرض أن العينة لا تحتوي في البداية سوى على أنوية اليورانيوم .  
أ- أكمل معادلة التفاعل السابقة معطياً قيمة كل من  $(x)$  و  $(y)$  .  
ب- أكتب قانون التناقص الإشعاعي .

ج- أثبت أن الزمن الذي يكون فيه عدد الأنوية المتبقية  $N_U = \frac{N_{0U}}{16}$  هو :  $t = 4t_{1/2}$  .

د- بين أن عدد أنوية الرصاص المتشكلة في اللحظة  $(t)$  يمكن حسابها وفق العلاقة :

$$N_{\text{Pb}}(t) = N_{0U} \cdot (1 - e^{-\lambda t})$$

2- تشتغل محركات إحدى الغواصات النووية بالطاقة الناشئة عن التحول المنمذج لتفاعل اليورانيوم المعبر عنه بالمعادلة السابقة .  
- أحسب الطاقة المتحررة من التفاعل السابق بـ MeV .  
يعطى :

$$m_U = 238.0003u \quad , \quad m_{\text{Pb}} = 205.9294u \quad , \quad m_{\text{He}} = 4.0015u$$

$$1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2 \quad , \quad m_e = 0.00054u$$

### أجوبة مختصرة :

$$^{238}_{92}\text{U} \rightarrow 8^4_2\text{He} + 6^0_1\text{e}^- + ^{206}_{82}\text{Pb} \quad (أ- 1) \quad N_U(t) = N_{0U}e^{-\lambda t} \quad (ب) \quad E_{\text{lib}} = 51.8 \text{ MeV} \quad (2)$$

### التمرين (30) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 25 على الموقع)

1- البولونيوم Po هو معدن مشع نادر في الطبيعة رقمه الذري 84 . اكتشف هذا العنصر سنة 1898 من قبل الكيميائي الفرنسي Pierre Curie و أعطاه اسم بولونيا ، بلد منشأ زوجته Maria .  
البولونيوم 210 هو النظير الوحيد الذي نجده في الطبيعة . إن أغلب نظائر البولونيوم تتفكك إلى الرصاص Pb حسب النمط  $\alpha$  .

أ- ما المقصور بنواة مشعة .

ب- أكتب معادلة تفكك البولونيوم 210 .

ج- أحسب بـ MeV طاقة الربط و كذا طاقة الربط لكل نوية لنواة البولونيوم .

2- ليكن  $N$  عدد الأنوية في عينة من البولونيوم 210 في اللحظة  $t$  و  $N_0$  هو عدد الأنوية في اللحظة  $t = 0$  ، باستعمال كاشف إشعاعي للتفككات  $\alpha$  حصلنا على قيم  $\frac{N}{N_0}$  في لحظات مختلفة ثم قمنا بقياس القيمة  $\ln(\frac{N}{N_0})$  في كل لحظة ، و منها تحصلنا على العلاقة :

$$\left( -\ln \frac{N}{N_0} = 5.8 \cdot 10^{-8} t \right)$$

حيث تقدر  $t$  بالثانية (s) .  
أ- اعتمادا هذا هذه العلاقة استنتج قيمة  $\lambda$  و أحسب زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  بالثانية و باليوم (jours).  
ب- بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي أوجد العلاقة التي تعبر عن كتلة الأنوية المستعملة بدلالة  $t$  ،  $\lambda$  ،  $m_0$  حيث  $m_0$  هي الكتلة الابتدائية (عند اللحظة  $t = 0$ ) .  
ج- بعد كم من الوقت تصبح كتلة البولونيوم 210 ، عشر قيمتها الابتدائية .  
د- نعتبر عند اللحظة  $t = 0$  عينة من البولونيوم 210 كتلتها  $m_0 = 1 \text{ g}$  . أحسب  $A_0$  نشاط العينة عند هذه اللحظة ( $t = 0$ ) .  
المعطيات:

$$1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} ; m_p = 1.00728 \text{ (u)} ; m_n = 1.00866 \text{ (u)} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

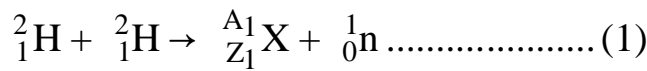
$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ joule} ; m(^{210}\text{Po}) = 210.04820 \text{ u} ; N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$$

### أجوبة مختصرة :

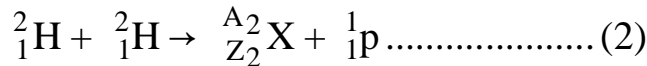
- 1- أ) المقصود بنواة مشعة هو نواة غير مستقرة تصدر جسيمات مثل  $\alpha$  ،  $\beta^-$  ،  $\beta^+$  و يكون هذا الإصدار أحيانا مرفق بانبعثات إشعاع  $\gamma$  .  
ب)  $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$  ،  $E_\ell = 1544.9 \text{ MeV}$  ،  $\frac{E_\ell}{A} = 7.36 \text{ MeV}$  .  
2- أ)  $\lambda = 5.8 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$  ،  $t_{1/2} = 138.3 \text{ jours}$  ،  $m = m_0 e^{-\lambda t}$  ،  $t_1 = 3.97 \cdot 10^7 \text{ s}$  .  
د)  $A_0 = 1.66 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$

### التمرين (31) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 26 على الموقع)

تهتم الدراسات الحالية بالتحولات النووية الممكن حدوثها لمزيج من النظيرين (ديتريوم - تريتيوم) . فمن هذه التحولات نجد أنه انطلاقا من نواتي ديتريوم يمكن الحصول على التفاعل :



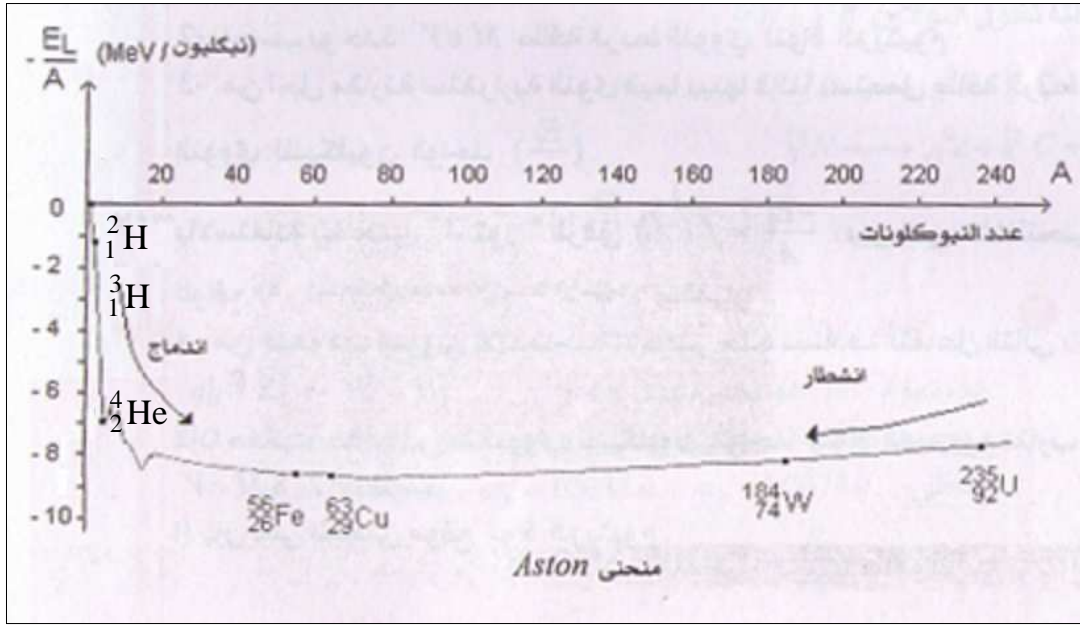
و كما يمكن الحصول على التفاعل :



يعطى :  $m(^1_1\text{H}) = 3.01550 \text{ u}$  ،  $m_n = 1.00866 \text{ u}$  ،  $m_p = 1.00728 \text{ u}$  ،

$$1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} , C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

يمثل المنحنى التالي منحنى "أستون" :



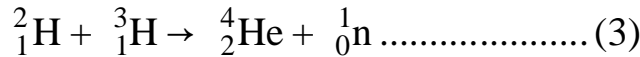
1- أعط من أجل التفاعلين (1) ، (2) اسم و رمز النواتين الناتجتين  ${}_{Z_2}^{A_2}X$  ،  ${}_{Z_1}^{A_1}X$  .

2- أحسب بوحدة MeV طاقة الربط النووي لنواة التريتيوم  ${}^3_1\text{H}$  .

3- من أجل مقارنة استقرار النوى فيما بينها فإننا نستعمل طاقة الربط النووي للنكليون الواحد  $(\frac{E_L}{A})$  .

بالاستعانة بمنحنى "أستون" المرفق  $-\frac{E_L}{A} = f(A)$  ، بين على هذا المنحنى المواقع التي تصادف فيها الأنوية الأكثر استقرارا .

4- من التحولات النووية الاندماجية الأكثر حدة تصادف التفاعل النووي التالي :



بالاعتماد على منحنى أستون السابق استنتج طاقة الربط للنكليون الواحد لكل من النواة  ${}^4_2\text{He}$  و النواتين  ${}^3_1\text{H}$  ،  ${}^2_1\text{H}$  .  
علما أن طاقة الربط للنكليون الواحد لنواة الديتريوم  ${}^3_1\text{H}$  تقارب 2.8 MeV .

5- أحسب الطاقة المتحررة من التفاعل (3) .

### أجوبة مختصرة :

(1) التفاعل (1) ← النواة  ${}_{Z_1}^{A_1}X$  عبارة عن  ${}^3_2\text{He}$  و هي إحدى نظائر الهيليوم .

التفاعل (2) ← النواة  ${}_{Z_2}^{A_2}X$  عبارة عن  ${}^3_1\text{H}$  و هي إحدى نظائر الهيدروجين .

$$E_L({}^3_1\text{H}) = 1.36 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 8.5 \text{ MeV} \quad (2)$$

(3) تكون الأنوية أكثر استقرارا كلما كان  $(\frac{E_L}{A})$  أكبر و بالتالي كلما كان  $(-\frac{E_L}{A})$  أقل ، و عليه تقع الأنوية الأكثر

استقرارا في النقاط الدنيا من البيان  $(-\frac{E_L}{A} = f(A))$  .

$$E_{\text{lib}} = 17.4 \text{ MeV} \quad (5) \quad \frac{E_L}{A}({}^3_1\text{H}) = 2.8 \text{ MeV} \quad , \quad \frac{E_L}{A}({}^2_1\text{H}) = 1.1 \text{ MeV} \quad , \quad \frac{E_L}{A}({}^4_2\text{He}) = 7.0 \text{ MeV} \quad (4)$$

**التمرين (32) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 27 على الموقع)**

ينتج الثوريوم 230 المتواجد في الصخور البحرية عن التفكك التلقائي لليورانيوم 234 بمرور الزمن ، لذلك يتواجد الثوريوم واليورانيوم بنسب مختلفة في جميع الصخور البحرية حسب تاريخ تكونها .  
تتوفر عينة من صخرة بحرية كانت تحتوي عند لحظة تكونها التي نعتبرها مبدأ الأزمنة  $t = 0$  على عدد قدره  $N_0$  من أنوية اليورانيوم  $^{234}_{92}\text{U}$  فقط ( لا وجود لأنوية الثوريوم  $^{230}_{90}\text{Th}$  ) ، أظهرت دراسة هذه العينة عند لحظة  $t$  أن نسبة عدد أنوية الثوريوم على عدد أنوية اليورانيوم (غير متفككة) هو :

$$r = \frac{N(^{230}_{90}\text{Th})}{N(^{234}_{92}\text{U})} = 0.40$$

1- أعطي تركيب نواة اليورانيوم 234 .

2- أحسب بالـ MeV طاقة الربط  $E_l$  للنواة  $^{234}_{92}\text{U}$  .

3- أكتب معادلة تفكك نواة اليورانيوم  $^{234}_{92}\text{U}$  إلى نواة الثوريوم  $^{230}_{90}\text{Th}$  ، مع ذكر القوانين المستعملة و نمط التفكك .

4- عبر عن عدد أنوية الثوريوم  $^{230}_{90}\text{Th}$  عند اللحظة  $t$  بدلالة  $N_0$  و ثابت الزمن  $\lambda$  لنواة اليورانيوم  $^{234}_{92}\text{U}$  .

5- أوجد عبارة اللحظة  $t$  بدلالة  $r$  و  $t_{1/2}$  ، ثم أحسب  $t$  إذا علمت أن زمن نصف العمر نواة اليورانيوم  $^{234}_{92}\text{U}$  هو :  
 $t_{1/2} = 2.455 \cdot 10^5 \text{ ans}$

يعطى :

$$m(\text{U}) = 234.04094 \text{ u} , 1\text{u} = 931.5 \text{ MeV}/c^2 , m_n = 1.00866 \text{ u} , m_p = 1.00728 \text{ u}$$

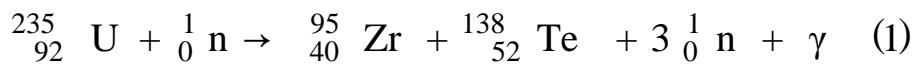
**أجوبة مختصرة :**

$$(1) \quad ^{234}_{92}\text{U} \quad ^{230}_{90}\text{Th} + ^4_2\text{He} \quad (3) \quad E_l = 1731.23 \text{ MeV} \quad (2) \quad 142 \text{ نوترون} , \quad (3) \quad E_l = 1731.23 \text{ MeV}$$

$$(4) \quad N(\text{Th}) = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \quad (5) \quad t = \frac{\ln(r+1)}{\ln 2} t_{1/2} \quad t = 1.1917 \cdot 10^5 \text{ ans}$$

**التمرين (33) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 28 على الموقع)**

أرادت مجموعتين من التلاميذ دراسة مدة اشتغال غواصة نووية يستهلك مفاعلها استطاعة قيمتها 25MW و ذلك بفضل تحويله لكتلة  $m = 897\text{g}$  من اليورانيوم 235 حيث يحدث فيه التفاعل النووي المنمذج بالمعادلة التالية :



حيث  $t(\text{jours})$  هي مدة اشتغال هذه الغواصة ، نلخص نتائج كل مجموعة في الجدول التالي :

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	
$10.6150 \cdot 10^{25}$	$40.5171 \cdot 10^{25}$	الطاقة المحررة $\Delta E_{\text{totale}}(\text{Mev})$
2	30	مدة التشغيل $t(\text{jours})$

المعطيات :

$$m(^{95}_{40}\text{Zr}) = 94.88604 \text{ u} , m(^{138}_{52}\text{Te}) = 137.90067 \text{ u} , m(^{95}_{41}\text{Nd}) = 94.88429 \text{ u}$$

$$m(^{235}_{92}\text{U}) = 234.99333 \text{ u} , m(^1_0\text{n}) = 1.00866 \text{ u}$$

$$1 \text{ u} = 931.5 \text{ Mev}/c^2 , N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

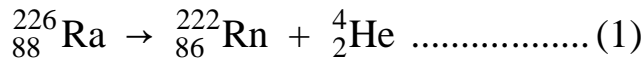
- 1- إن نظير الزركونيوم  $^{95}_{40}\text{Zr}$  مشع للإشعاع  $\beta^-$  .  
 أ- ماذا يمثل العددان 95 و 40 ؟  
 ب- ما معنى كلمة عنصر مشع ؟  
 ج- أكتب معادلة تفكك هذه النواة .
- 2- إحدى المجموعتين وصلت إلى نتائج صحيحة ، لمعرفة من هي هذه المجموعة عليك بالإجابة على الأسئلة التالية :  
 أ- ما هو نوع التفاعل (1) ؟  
 ب- أحسب الطاقة المحررة بـ MeV إثر تحول نواة من اليورانيوم .  
 ج- أحسب بـ MeV ثم بالجول الطاقة المحررة الكلية من تحول 897 g من اليورانيوم 235 .  
 د- على أي شكل تظهر هذه الطاقة ؟  
 هـ- أحسب المدة الزمنية t لاشتغال الغواصة .  
 و- استنتج من المجموعة التي وصلت إلى النتائج الصحيحة ؟ .

### أجوبة مختصرة :

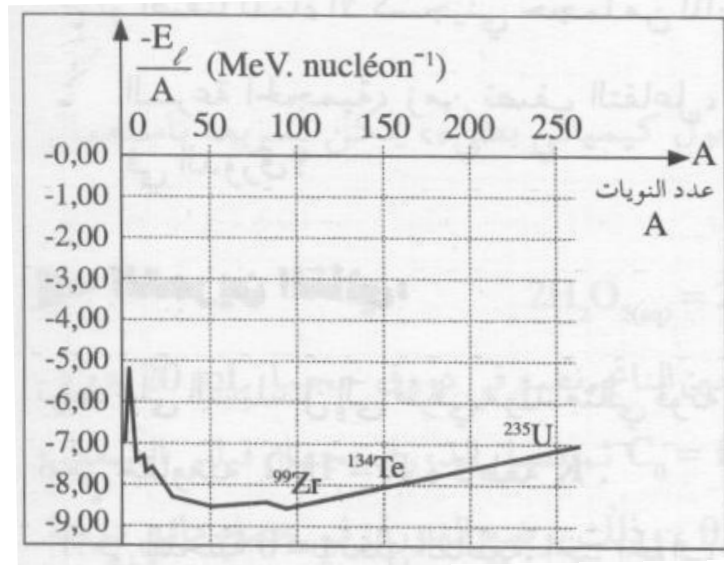
- 1- أ) 95 هو العدد الكتلي و يمثل عدد النكليونات ، 40 هو العدد الشحني و يمثل عدد البروتونات ،  
 ب) كلمة عنصر مشع تعني أن أنوية هذا العنصر غير مستقرة تصدر جسيمة  $\alpha$  أو  $\beta^-$  أو  $\beta^+$  و يكون مصحوب ذلك أحيانا بإصدار إشعاع كهرومغناطيسي  $\gamma$  ، (ج-  $^{95}_{40}\text{Zr} \rightarrow ^{95}_{41}\text{Nd} + ^0_{-1}\text{e}$  ،  
 2- أ) التفاعل (1) هو تفاعل انشطار ، ب)  $E_{\text{lib}} = 176.33 \text{ MeV}$  ، ج)  $E_{\text{libT}} = 4.05 \cdot 10^{26} \text{ MeV}$  ،  
 د) تظهر هذه الطاقة على شكل حرارة ، هـ)  $t = 60 \text{ jour}$  ، و) المجموعة التي وصلت إلى النتيجة الصحيحة هي المجموعة الثانية .

### التمرين (34) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 29 على الموقع)

- I- الرادون 222 غاز مشع طبيعيا ، يتولد عن الصخور التي تحتوي على اليورانيوم و الراديوم . يتشكل الرادون من تفكك الراديوم طبقا لمعادلة التفاعل النووي التالية :



- 1- ما هو نمط هذا التفكك .
  - 2- أحسب النقص الكتلي  $\Delta m$  لنواة الراديوم  $^{226}_{88}\text{Ra}$  بوحدة الكتلة الذرية u .
  - 3- النقص في الكتلة لنواة الرادون  $^{222}_{86}\text{Rn}$  هو  $3.04 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  : عرف طاقة الربط  $E_\ell$  للنواة ثم احسبها بالنسبة لنواة الرادون . تحقق من أنها تساوي 1710 MeV .
  - 4- استنتج بـ MeV طاقة الربط لكل نكليون لنواة الرادون .
  - 5- أحسب الطاقة المتحررة من التفاعل في المعادلة النووية (1) مقدرا ذلك بالجول .
- II- تنشط نواة اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$  عند قذفها بـ نوترون فتعطي أنوية الزركونيوم  $^{99}_{40}\text{Zr}$  و التيلور  $^{134}_{52}\text{Te}$  و نوترونات .
- 1- أكتب معادلة الانشطار لنواة اليورانيوم 235 .
  - 2- الأنوية  $\text{Zr}$  ،  $\text{U}$  ،  $\text{Te}$  موضوعة على المنحنى المرفق . انطلاقا من هذا المنحنى استخرج الطاقة المتحررة من تفاعل الانشطار .



يعطى :

$$m_p = 1.007 \text{ u} , m_n = 1.009 \text{ u} , u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} , c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$m({}_2^4\text{He}) = 4.001 \text{ u} , m({}_{88}^{226}\text{Ra}) = 225.977 \text{ u} , m({}_{86}^{222}\text{Rn}) = 221.970 \text{ u}$$

**أجوبة مختصرة :**

I- (1) التفكك من النمط  $\alpha$  ،  $\Delta m = 1.881 \text{ u}$  .  
 (3) طاقة الربط هي الطاقة اللازم تقديمها للنواة كي تتفكك إلى مكوناتها أو العكس ،  
 قيمتها :  $E_\ell = 2.736 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 1710 \text{ MeV}$

$$E_{\text{lib}} = 8.964 \cdot 10^{-13} \text{ J} \text{ (5) , } \frac{E_\ell}{A}({}_{86}^{222}\text{Rn}) = 7.703 \text{ MeV (4)}$$

$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{40}^{99}\text{Zr} + {}_{52}^{134}\text{Te} + 3{}_0^1\text{n} \text{ (1-II)}$$

$$E_{\text{lib}} = E_\ell(\text{Zr}) + E_\ell(\text{Te}) - E_\ell(\text{U}) = 2009 \text{ MeV (2)}$$

**التمرين (35) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 32 على الموقع)**

يعتبر الطب أحد المجالات الرئيسية التي عرفت تطبيقات عدة للنشاط الإشعاعي حيث يستعمل لهذا الغرض أنوية مشعة لتشخيص الأمراض و من ثم معالجتها ، و من بين هذه الأنوية أحد نظائر الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  الذي يمكن من تتبع مجرى الدم في الجسم .

1- يعطي نظير الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  المشع عند تفككه نواة المغنيزيوم  ${}_{12}^{24}\text{Mg}$  .

أ- اكتب معادلة تفكك نواة الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  ، حدد نوع النشاط الإشعاعي .

ب- احسب قيمة  $\lambda$  ثابت التفكك ، علما بأن زمن نصف عمر  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  هو  $t_{1/2} = 15 \text{ h}$  .

2- في حادث مرور تعرض شخص لنزيف فقد من خلاله كمية من الدم ، و لمعرفة حجم هذه الكمية المفقودة تم حقنه في اللحظة  $t_0 = 0$  بحجم  $V = 5 \text{ mL}$  من محلول يحتوي على الصوديوم المشع  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  بتركيز مولي  $C_0 = 1.0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  .

أ- احسب  $n_1$  كمية مادة  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  التي تبقى في دم المصاب بعد ثلاث ساعات  $t_1 = 3 \text{ h}$  من حقنه

ب- احسب عند نفس اللحظة نشاط هذه العينة .

ج- في هذه اللحظة  $t_1 = 3 \text{ h}$  تم تحليل 2 mL من دم المصاب فوجد أنها تحتوي على  $n_2 = 2.1 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$  ، استنتج حجم الدم المفقود ، علما بأن كمية الدم التي يحتويها جسم إنسان سليم هي 5 L وأن  $^{24}\text{Na}$  موزع بكيفية منتظمة و متجانسة في الدم .  
يعطى : ثابت أفوقادور :  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  .

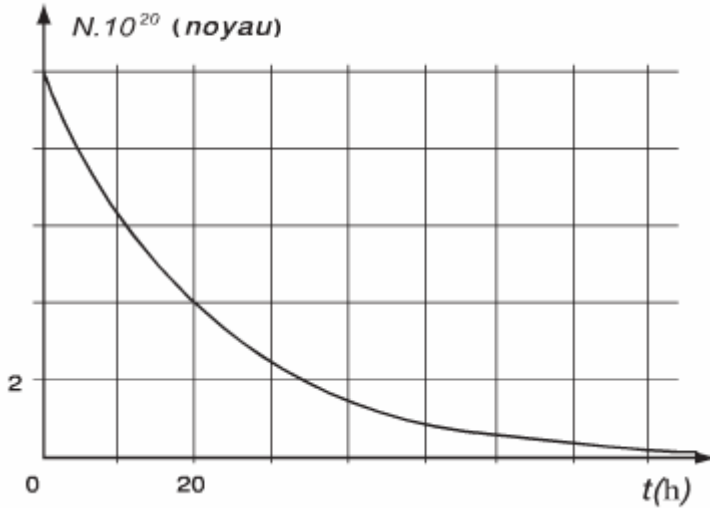
**أجوبة مختصرة :**

$$1- \text{ أ) } ^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + ^0_{-1}\text{e} \quad \beta^- \text{ ، النشاط الإشعاعي من النمط } \beta^- \text{ ، ( ب) } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 1.25 \cdot 10^5 \text{ s}$$

$$2- \text{ أ) } n_1 = 4.35 \cdot 10^{-6} \text{ Bq} \text{ ، ( ب) } A = 3.35 \cdot 10^{-13} \text{ Bq} \text{ ، ( ج) } V = 0.86 \text{ L}$$

**التمرين (36) :** (الحل المفصل : تمرين مقترح 33 على الموقع)

لدينا في اللحظة  $t = 0$  كتلة  $m_0$  من نظير الصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$  ، و هي نواة مشعة ، يمثل المنحنى البياني التالي تطور عدد الأنوية  $N$  المتبقية (غير المتفككة) بدلالة الزمن .



1- عرف النواة المشعة .

2- أعط تركيب نواة الصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$  .

3- أحسب  $m_0$  بالاعتماد على البيان .

4- تصدر نواة الصوديوم إشعاعا من النوع  $\beta^-$  معطية نواة أخرى غير مثارة .

أ- أكتب معادلة هذا التفكك علما أنه يؤدي إلى أحد الأنوية التالية :  $^{24}_{11}\text{Na}$  ،  $^{24}_{12}\text{Mg}$  ،  $^{20}_{10}\text{Ne}$  ،  $^{27}_{13}\text{Al}$  .

ب- هل يمكن أن يكون للنواة  $^{24}_{11}\text{Na}$  نشاط إشعاعي  $\alpha$  ؟ علل .

5- عرف زمن نصف العمر للنواة المشعة و حدد قيمته بالنسبة للنواة  $^{24}_{11}\text{Na}$  .

6- أكتب علاقة التناقص الإشعاعي ، ثم أثبت العلاقة التالية :  $m = m_0 e^{-\lambda t}$  .

حيث :  $m_0$  : كتلة العينة المشعة في اللحظة  $t = 0$  .

$m$  : كتلة العينة المشعة المتبقية (غير المتفككة) في اللحظة  $t$  .

7- أثبت أن كتلة الأنوية المتبقية في لحظة  $t = n \cdot t_{1/2}$  هو :  $m = \frac{m_0}{2^n}$  ، أوجد قيمتها عند  $t = 45 \text{ h}$  .



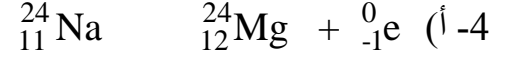
8- احسب قيمة نشاط هذه العينة المشعة في اللحظة  $t_1$  .

يعطى :  $M(^{24}_{11}\text{Na}) = 24 \text{ g/mol}$  ،  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  .

### أجوبة مختصرة :

(1) النواة المشعة هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا إلى نواة أكثر استقرارا مع إصدار إشعاعات .

$$m_0 = \frac{M \cdot N_0}{N_A} = 0.04 \text{ g} \quad (2) \quad 11 \text{ بروتون ، } 13 \text{ نوترون ، } (3)$$

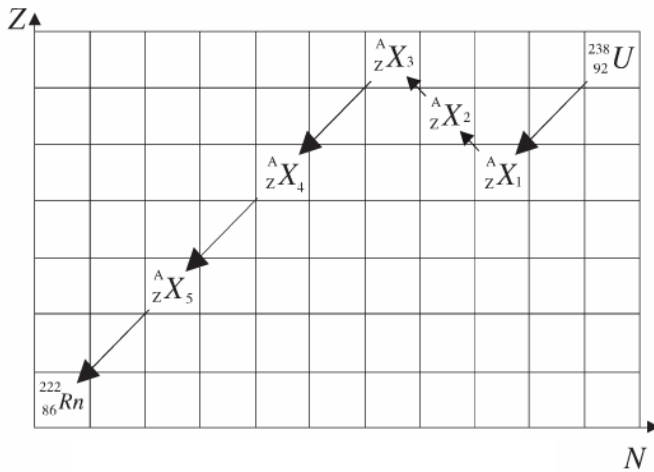


(ب) لا يمكن للنواة  $^{24}_{11}\text{Na}$  أن تتفكك وفق النمط  $\alpha$  لأن هذا التفكك خاص بالأنوية الثقيلة أين يكون  $A > 200$  .

(5) زمن نصف العمر  $t_{1/2}$  هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية ، قيمته :  $t_{1/2} = 15 \text{ h}$  .

$$A = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \frac{N_A \cdot m_1}{M} = 1.60 \cdot 10^{15} \text{ Bq} \quad (8) \quad m = 5 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

### التمرين (37) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 34 على الموقع)



تتفكك نواة اليورانيوم  $^{238}_{92}\text{U}$  المشعة وفق عدة تفككات

متتالية لتنتج في النهاية نواة الرادون  $^{222}_{86}\text{Rn}$  ، يعبر المخطط  $(N, Z)$  المبين في الشكل المقابل عن مجموعة هذه التفككات .

1- إن الراديوم هو آخر عنصر مشع ناتج عن مجموعة هذه التفككات .

أ- كيف تفسر وجود اليورانيوم  $^{238}$  حتى الآن على الأرض ؟

ب- بالإعتماد على المخطط  $(N, Z)$  السابق حدد :

- قيم  $A$  ،  $Z$  لكل نواة  $^A_Z\text{X}$  ناتجة عن التفككات المتتالية لليورانيوم  $^{238}$  المدرجة في المخطط .

- طبيعة الإشعاع الصادر عن كل تفكك .

2- علما أن نصف عمر الراديوم  $^{226}$  هو  $t_{1/2} = 1600 \text{ an}$  و عدده الذري هو  $Z = 88$  .

أ- من بين الأنوية السابقة  $X_1$  ،  $X_2$  ،  $X_3$  ،  $X_4$  ،  $X_5$  من هي التي تمثل نواة الراديوم  $^{226}$  .

ب- اكتب معادلة تفكك نواة الراديوم  $^{226}$  .

ج- عرف ثابت التفكك  $\lambda$  ، أحسب قيمته بالنسبة لـ الراديوم  $^{226}$  مقدرة بـ  $\text{s}^{-1}$  .

د- عرف النشاط الإشعاعي لعينة مشعة .

هـ- أحسب الطاقة المحررة من تفكك نواة واحدة للراديوم  $^{226}$  .

و- إذا علمت أن النشاط الابتدائي (عند اللحظة  $t = 0$ ) هو  $A_0 = 3.7 \cdot 10^{10}$  . أحسب الطاقة المحررة لعينة من الراديوم  $^{226}$  عند اللحظة  $t = 1 \text{ h}$  مقدرة بـ  $(\text{MeV})$  ثم بالجول  $(\text{J})$  .

يعطى :

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} , \quad 1 \text{ u} = 931.5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2} , \quad N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$m(^4\text{He}) = 4.0015 \text{ u} , \quad m(^{222}\text{He}) = 221.9704 \text{ u} , \quad m(^{226}\text{Ra}) = 225.9771 \text{ u}$$



**أجوبة مختصرة :**

1- أ) يفسر وجود اليورانيوم 238 على الأرض حتى الآن بكون أن زمن نصف عمره كبير جدا إذ أنه من رتبة  $10^9$  ans .

ب) النواة  $X_1 \leftarrow$  تفكك  $\alpha$  ،  $A = 234$  ،  $Z = 90$  .

النواة  $X_2 \leftarrow$  تفكك  $\beta^-$  ،  $A = 234$  ،  $Z = 91$  .

النواة  $X_3 \leftarrow$  تفكك  $\beta^-$  ،  $A = 234$  ،  $Z = 92$  .

النواة  $X_4 \leftarrow$  تفكك  $\alpha$  ،  $A = 230$  ،  $Z = 90$  .

النواة  $X_5 \leftarrow$  تفكك  $\alpha$  ،  $A = 226$  ،  $Z = 88$  .

2- أ) النواة التي تمثل  $^{226}\text{Ra}$  هي  $X_5$  ، ب)  $^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} + ^4\text{He}$

ج) ثابت التفكك هو احتمال التفكك في الثانية الزمن (الثانية s) ، و يقدر بـ  $s^{-1}$  ، قيمته :  $\lambda = 1.37 \cdot 10^{-11} s^{-1}$  .  
د) النشاط الإشعاعي لعينة مشعة هو عدد التفككات في وحدة الزمن (الثانية s) .

هـ)  $E_{\text{lib}} = 4.844 \text{ MeV}$

و) يمكن اعتبار النشاط الإشعاعي في هذه الحالة ثابتا ، كون أن الفترة المحصورة بين  $t = 0$  و  $t = 1 \text{ h}$  صغيرة جدا أمام نصف عمر الراديوم 226 (المقدر بـ 1600 ans) ، وبالتالي : نحسب عدد التفككات و الذي يمثل أيضا عدد الأنوية المتفككة من خلال العلاقة :  $\Delta N = A \cdot \Delta t$  فنجد :  $\Delta N = 1.33 \cdot 10^{14} \text{ noyau}$  ، و بما أن الطاقة المحررة من تفكك واحد هي  $E_{\text{lib}} = 4.844 \text{ MeV}$  تكون الطاقة المحررة الكلية :  $E_{\text{lib}} = 6.45 \cdot 10^{14} \text{ MeV} = 103.2 \text{ J}$  .

**التمرين (38) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 35 على الموقع)**

يستعمل الكربون 14 ذو زمن نصف عمر  $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$  لتأريخ قطع من النباتات أو الحيوانات وجدت في أماكن أثرية . إن النباتات و الحيوانات تمتص ثنائي أكسيد الكربون الذي يحتوي على نظيرين من الكربون 12 و 14 أثناء حياتهما ، لذلك تبقى النسبة بين النظيرين ثابتة حيث يكون :

$$r = \frac{N(^{14}\text{C})}{N(^{12}\text{C})} = 10^{-12}$$

عند الممات ، تتوقف النباتات و الحيوانات عن امتصاص ثنائي أكسيد الكربون . يبدأ عندئذ الكربون 14 المشع المتواجد في أنسجتها بالتفكك إلى أزوت 14 بدون أن يتجدد .

- 1- أكتب معادلة تفكك نواة الكربون  $^{14}_6\text{C}$  إلى نواة الأزوت  $^{14}_7\text{N}$  ، ما هو نمط التفكك مع ذكر قانوني الإنحفاظ .
- 2- ما هو الزمن اللازم لتتناقص كمية الكربون 14 للنصف بعدد ممات النبتة .
- 3- لتأريخ عينة من الخشب القديم نقوم بمقارنة النشاط A لعينة من هذا الخشب القديم بالنشاط  $A_0$  لعينة حالية بنفس الكتلة . ما هي العلاقة الموجودة بين عمر صفيحة الخشب t و A ،  $A_0$  ،  $t_{1/2}$  .
- 4- أخذنا من تابوت مصري قديم قطعة من الخشب تنتج 70 تفككا في الثانية ، بينما تنتج قطعة من نفس الخشب مقطوع حاليا 102 تفككا في الثانية تحتوي على نفس الكمية من الكربون . عين عمر التابوت .

**أجوبة مختصرة :**

$$\ln \frac{A}{A_0} = -\lambda t \quad (1) \quad ^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e} \quad \text{نمط التفكك هو } \beta^- \quad (2) \quad t = 5570 \text{ ans} \quad (3) \quad t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\ln 2} \cdot t_{1/2} \quad (4) \quad t = 3025.3 \text{ ans}$$

**التمرين (39) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 36 على الموقع)**

أثناء عملية ترميم بالثانوية عثر العمال على قطعة خشبية تحت البناء ، فأستغلها تلاميذ القسم النهائي لمعرفة عمر الثانوية .

- 1- الكربون  $^{14}_6\text{C}$  نظير إشعاعي لعنصر الكربون ينتج عنه الإشعاع  $\beta^-$  . أكتب معادلة التحول النووي .  
• يعطى الجدول التالي :

${}_4\text{Be}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$
-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

- 2- إن نسبة الكربون 14 في الكائنات الحية ثابتة وتتناقص هذه لنسبة في جسم ميت بسبب تفكك  $^{14}\text{C}$  ، نصف عمر الكربون 14 هو  $t_{1/2} = 5600 \text{ ans}$  .  
- نعرف النسبة  $a(t)$  في لحظة  $t$  كما يلي :

$$a(t) = \frac{N(t)(^{14}\text{C})}{N(^{12}\text{C})}$$

بطريقة معينة قمنا بقياس هذه النسبة في لحظات معينة فتحصلنا على الجدول التالي :

t (ans)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{a(t)}{a_0}$		0.71		0.35		0.18	

- أ- عبر عن النسبة  $\frac{a(t)}{a_0}$  بدلالة  $t$  ،  $t_{1/2}$  زمن نصف عمر الكربون 14 ، ثم أكمل الجدول .

- ب- أرسم المنحنى البياني :  $\frac{a(t)}{a_0} = f(t)$  .

- ج- لاحظ التلاميذ أن النسبة  $\frac{a(t)}{a_0}$  تساوي 0.99 . أوجد عمر الثانوية .

**أجوبة مختصرة :**

t (ans)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{a(t)}{a_0}$	1	0.71	0.50	0.35	0.25	0.18	0.125

$$\frac{a(t)}{a_0} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t} \quad (أ-2)$$

ج-  $t = 81.0 \text{ ans}$  .

**التمرين (40) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 40 على الموقع)**

تم اكتشاف بقايا باخرة في سنة 1983 في وحل ميناء روسكاد غرب كوبنهاغن ، للتحقق من الفرضية التي تقول أن الباخرة تنتمي إلى عهد الفيكنغ ، استخدمت طريقة التأريخ بالكربون 14.

أخذت عينة من خشب بقايا الباخرة، وجد النشاط الإشعاعي لهذه العينة  $A(t)$  هو 12.0 تفككا في الدقيقة لكل غرام من الكربون ، بينما يكون النشاط الإشعاعي لـ 1g من الكربون المساهم في دورة ثاني أكسيد الكربون في الجو مساوية إلى :  $A_0 = 13.6$  تفككا في كل دقيقة . نصف عمر الكربون 14 هو 5570 ans

- 1- ذكر بتعريف نصف العمر . أعط العلاقة بين نصف العمر و ثابت النشاط  $\lambda$  .
- 2- عبر عن الزمن  $t$  بدلالة المقادير :  $A(t)$  ،  $A_0$  ،  $t_{1/2}$  .
- 3- أحسب الزمن الموافق للفترة الممضاة بين تاريخ صنع الباخرة و تاريخ اكتشاف بقاياها . حدد سنة صنع الباخرة .
- 4- تمتد فترة الفيكينغ (Les Vikings) من القرن الثامن إلى القرن الحادي عشر ( بين 700 إلى 1000 سنة) . هل الفرضية السابقة صحيحة ؟

### أجوبة مختصرة :

$$(1) \text{ زمن نصف العمر هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية ، } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$(2) \quad t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\ln 2} \cdot t_{1/2} \quad (3) \quad t = 1006 \text{ ans} \quad (4) \text{ نعم الفرضية صحيحة .}$$