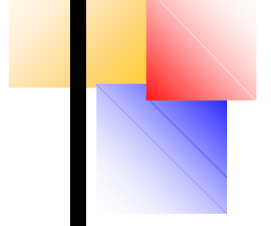


سلاسل المنجد - دروس و تمارين



السلسلة 3-05-1

دراسة تحولات نووية

عرض نظري و تمارين

يمكن تحميل نسخة من هذا الملف من الموقع :

www.sites.google.com/site/faresfergani

للمزيد (عرض نظري مفصل - تمارين - فيديوهات)
يرجى زيارتنا على صفحة الوحدة في الموقع الإلكتروني

لكي يصلك جديد الموقع تابع صفحة الفايسبوك التالية :

الأستاذ فرقاني فارس أستاذ العلوم الفيزيائية Fergani Fares

الأستاذ فرقاني فارس

ثانوية مولود قاسم نابت بلقاسم - الخروب - قسنطينة

fares_fergani@yahoo.fr

الإصدار : أبريل/2022

فيزياء نووية



دراسة تلوّات نووية

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

السلسلة 3 – 05 – 01

عرض نظري و تمارين

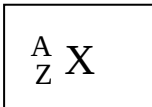
1- التفكك الإشعاعي

● بنية النواة والنظائر :

- تتكون النواة من دقائق صغيرة جدا تدعى النكليونات و هي نوعان البروتونات و النوترونات ، تمتاز بالخواص التالية :

الجسيم	الكتلة	الشحنة
البروتون	$m_p \approx 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$q = + e = + 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ c}$
النوترون	$m_n \approx 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	0

- يرمز لنواة العنصر X بالرمز التالي :



A : يدعى العدد الكتلي و يمثل عدد النكليونات (بروتونات + نوترونات) في النواة .

Z : يدعى العدد الشحني و يمثل عدد البروتونات في النواة .

- إذا كان N هو عدد النوترونات في النواة يكون :

$$N = A - Z$$

- النظائر هي أنوية تنتمي لنفس العنصر الكيميائي ، تتفق في العدد الشحني Z و تختلف في العدد الكتلي A .
- العنصر الكيميائي في الطبيعة يتكون من نظائره بنسب مختلفة .

- مفهوم العنصر الكيميائي في الفيزياء النووية .

أمثلة :

- نظائر الهيدروجين : ^1_1H ، ^2_1H (الدوتريوم) ، ^3_1H (التريتيوم) .
- للكlor Cl في الطبيعة نظيرين ، الأول $^{35}_{17}\text{Cl}$ بنسبة 75% و الثاني $^{37}_{17}\text{Cl}$ بنسبة 25% .

ملاحظة :

قيمة الكتلة المولية للنظير مساوية للعدد الكتلي A و نكتب :

$$M(^A_Z\text{X}) = A \text{ g/mol}$$

مثلا : $M(^{35}_{17}\text{Cl}) = 35 \text{ g/mol}$.

• التفكك الإشعاعي الطبيعي :

- التفكك الإشعاعي هو تفاعل نووي تتحول أثناءه نواة مشعة (غير مستقرة) تدعى النواة الأب إلى نواة أخرى تدعى النواة الابن تكون أكثر استقرار ، و ذلك بإصدار النواة الأب لأحد الجسيمات التالية α ، β^- ، β^+ أو إشعاع كهرومغناطيسي γ .

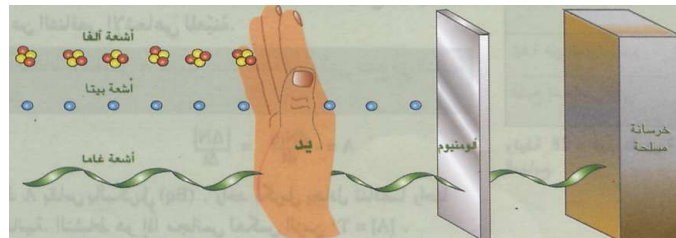
- الجسيمة α : هي عبارة عن نواة الهيليوم ^4_2He ، تنبعث من النواة بسرعة تصل إلى 20000 km/s ، يتم إيقافها بسهولة بواسطة حاجز ورقي أو يد إنسان (الشكل-1) .

- الجسيمة β^- : هي عبارة عن إلكترون سالب $^0_{-1}\text{e}$.

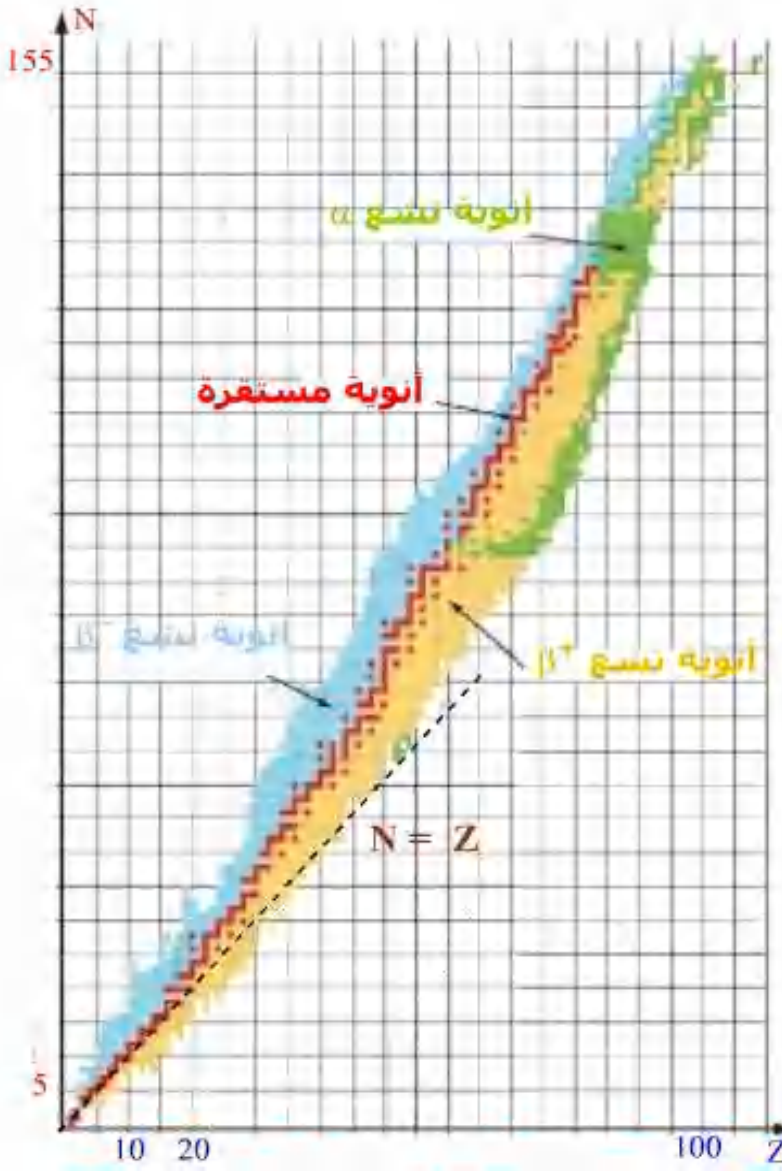
- الجسيمة β^+ : هي عبارة عن إلكترون موجب يسمى البوزيتون $^0_{+1}\text{e}$.

- تنبعث الجسيمات β^- ، β^+ من النواة بسرعة تصل إلى 280000 km/s . يتم إيقافها بواسطة صفيحة من الألمنيوم سمكها عدة ملليمترات .

الإشعاع γ : هو إشعاع كهرومغناطيسي ذو طاقة عالية ليس له كتلة و لا شحنة يرافق التفككات السابقة (α ، β^- ، β^+) و ينبعث من النواة بسرعة $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ، له القدرة على اختراق الأجسام بسهولة حيث يمكنه اختراق صفيحة من الرصاص سمكها 20 cm ، يتم إيقافه بواسطة حائط سميك من الاسمنت المسلح ، و هو إشعاع خطير .



● المخطط (N,Z) :



- من المخطط جميع الأنوية المستقرة و غير المستقرة موزعة في المخطط بحزم ذات ألوان مختلفة و خارج هذه الحزم الملونة لا يوجد مثل هذه الأنوية إطلاقاً .

- إن الشق الأحمر الفاصل بين الأزرق و الأصفر على المخطط يشمل الأنوية المستقرة ، هذا الفصل يدعى وادي الاستقرار .

- الحزمة ذات اللون الأزرق تشمل الأنوية المشعة الباعثة للجسيمة (β^-) و الحزمة ذات اللون الأصفر تشمل الأنوية الباعثة للجسيمة (β^+) و الحزمة ذات اللون الأخضر تشمل الأنوية الباعثة للجسيمة α .

- وادي الاستقرار في المجال $[0 \rightarrow Z = 20]$ يكون منطبق تقريباً على المنصف $N = Z$ و الأنوية الموجودة على هذا المنصف تمتاز بـ $N = Z$ و فوق هذا المنصف $N > Z$ توجد الأنوية المشعة لـ β^- و تحت هذا المنصف $N < Z$ توجد الأنوية المشعة لـ β^+ .

- الأنوية التي تنتمي إلى واد الاستقرار هي الأنوية الأكثر استقراراً وكلما ابتعدنا على واد الاستقرار كلما كان استقرار الأنوية أقل .

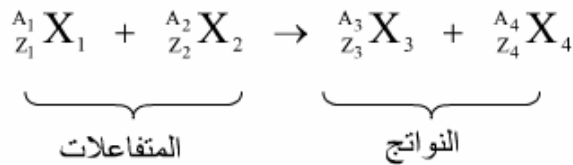
● قانوني الانحفاظ (قانوني صودي)

في كل تفاعل نووي يتحقق قانوني الانحفاظ التاليين :

- قانون انحفاظ العدد الكتلي A .

- قانون انحفاظ العدد الشحني Z .

مثال :



بتطبيق قانوني الانحفاظ (قانوني صودي) يكون :

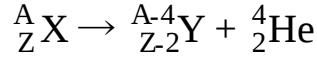
$$\begin{aligned} A_1 + A_2 &= A_3 + A_4 \\ Z_1 + Z_2 &= Z_3 + Z_4 \end{aligned}$$

ملاحظة : يمكن لـ X أن يكون جسيما مثل (بروتون 1_1p ، نوترون 1_0n ، جسيم α (^4_2He) ، جسيم β^- ($^0_{-1}e$) ، جسيم β^+ ($^0_{+1}e$) .

• أنواع التفككات ومعادلاتها العامة :

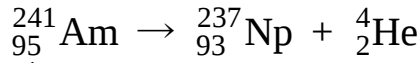
■ التفكك α :

- المعادلة العامة للتفكك α تكون من الشكل :

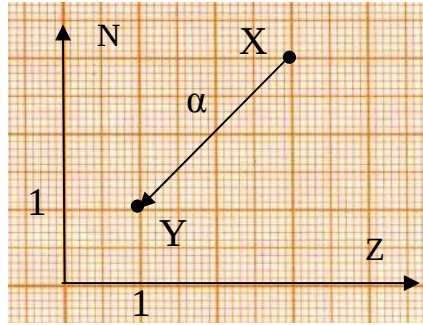


- هذا التفكك خاص بالأنوية الثقيلة .

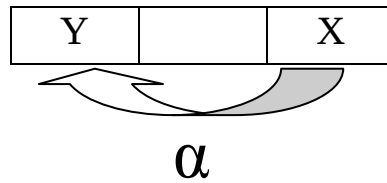
■ مثال :



- يمكن تمثيل التفكك النووي بسهم في المخطط (N,Z) ، ففي التفكك α أين ينقص عدد البروتونات Z بـ 2 و عدد النوترونات N بـ 2 نتيجة بعث الجسيم α (نواة الهيليوم ^4_2He) التي تحتوي على بروتونين و نوترونين ، يكون :

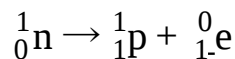


و في الجدول الدوري :

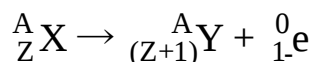


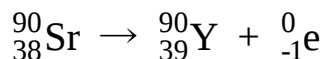
■ التفكك β^- :

- في التفكك β^- يتحول النيوترون 1_0n إلى بروتون 1_1p مرفق بانبعث جسيم β^- وفق المعادلة النووية التالية :

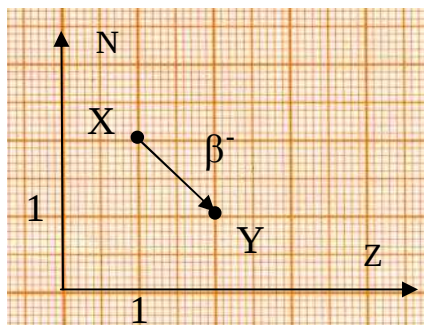


- المعادلة العامة للتفكك β^- تكون من الشكل :

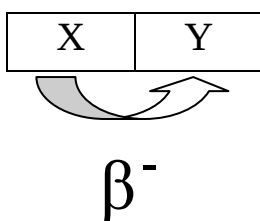


مثال :

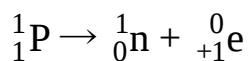
- في المخطط (N,Z)، أين يزداد Z بـ 1 و ينقص N بـ 1 في التفكك β^- نتيجة تحول نوترون إلى بروتون يكون :



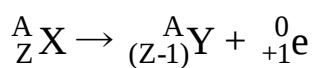
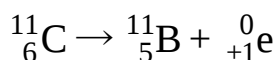
و في الجدول الدوري :

التفكك β^+ :

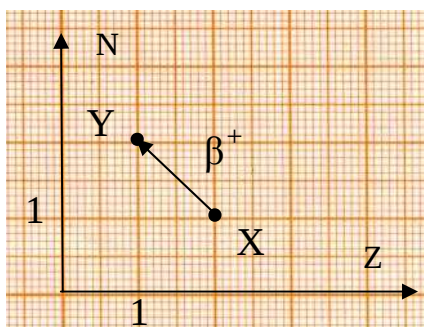
- في التفكك β^+ يتحول البروتون ${}^1_1\text{p}$ إلى نوترون ${}^1_0\text{n}$ مرفق بانبعث جسيم β^+ وفق المعادلة النووية التالية :



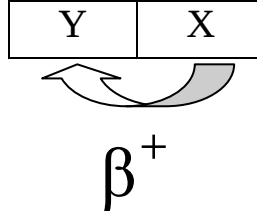
- المعادلة العامة للتفكك β^+ تكون من الشكل :

مثال :

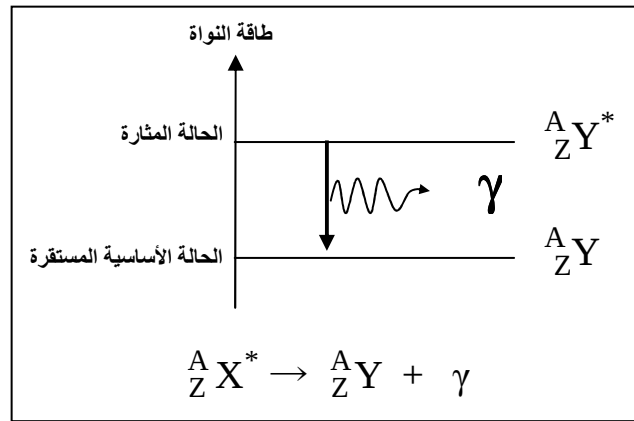
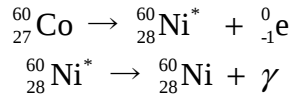
- في المخطط (N,Z)، أين ينقص Z بـ 1 و يزداد N بـ 1 في التفكك β^+ نتيجة تحول بروتون إلى نوترون يكون :



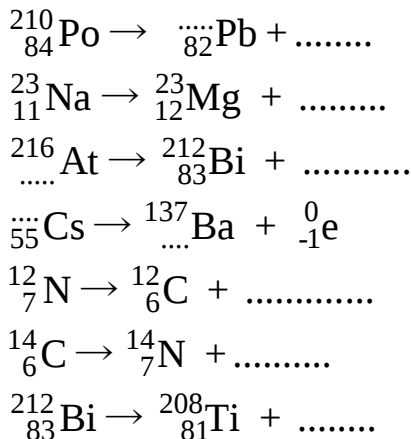
و في الجدول الدوري :

ملاحظة :- التفكك β^+ يتواجد في الطبيعة بقلّة ، و لكن اصطناعيا يمكن الحصول عليه بوفرة .■ الاصدار γ :

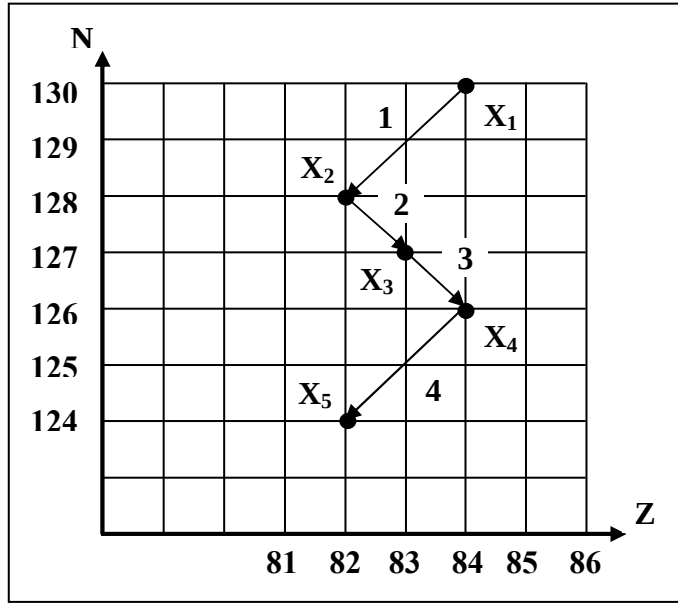
- في أحد التفككات النووية السابقة (α ، β^- ، β^+) ، إذا كانت النواة الابن ${}^A_Z Y$ الناتجة عن التفكك في حالة مثارة يرمز لها بـ ${}^A_Z Y^*$ ، أي لها فائض في الطاقة ، فإنها تصدر هذا الفائض في الطاقة عن طريق بعث الاشعاع γ الذي يحمل هذه الطاقة ، و عندها تعود النواة إلى حالتها الأساسية المستقرة (الشكل) .

مثال :**التمرين (1) :** (التمرين : 003 في بنك التمارين على الموقع) (*)

1- أكمل معادلات التفكك النووية التالية :



2- اعتمادا على المخطط (N,Z) المقابل :



يعطى :

العنصر	الرمز	Z
الرصاص	Pb	82
البيزموت	Bi	83
البولونيوم	Po	84

أ- أكمل الجدول التالي بعد كتابة رموز الأنوية (X_1) ، (X_2) ، (X_3) ، (X_4) ، (X_5) :

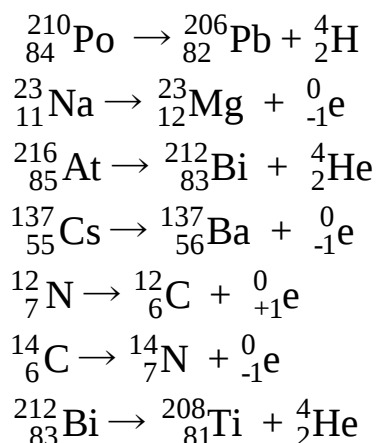
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Z					
N					
A					
A_ZX					

ب- أكتب على الجدول التالي نمط التفككات (1) ، (2) ، (3) ، (4) مع كتابة معادلة التفكك :

رقم التفكك	نمط التفكك	معادلة التفكك
(1)		
(2)		
(3)		
(4)		

الأجوبة :

1- إكمال المعادلات :



2-أ- رموز الأنوية :

يرمز بصفة عامة لنواة العنصر X بالرمز ^A_ZX حيث : $A = Z + N$ ، و من المخطط (N,Z) يكون :

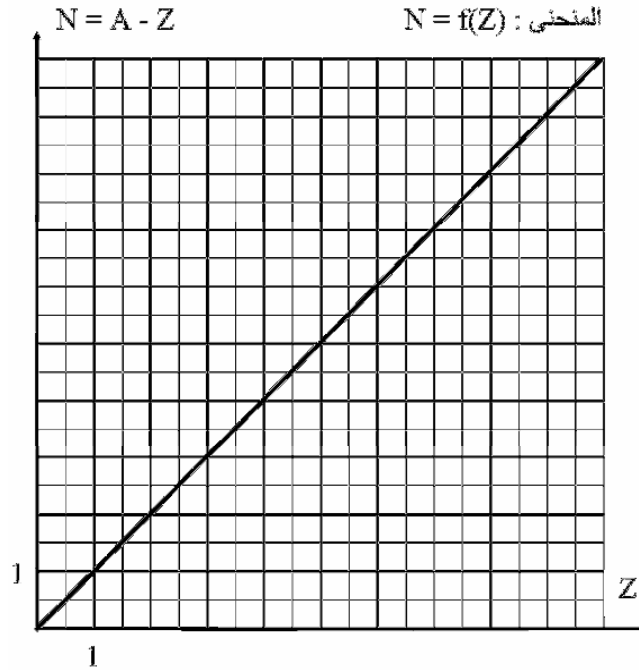
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Z	84	82	83	84	82
N	130	128	127	126	124
A	214	210	210	210	206
^A_ZX	$^{214}_{84}\text{Po}$	$^{210}_{82}\text{Pb}$	$^{210}_{83}\text{Bi}$	$^{210}_{84}\text{Po}$	$^{206}_{82}\text{Pb}$

ب- نمط التفككات (1) ، (2) ، (3) ، (4) : مع كتابة معادلة التفكك :

رقم التفكك	نمط التفكك	معادلة التفكك
(1)	α	$^{214}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{210}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$
(2)	β^-	$^{210}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{210}_{83}\text{Bi} + ^0_{-1}\text{e}$
(3)	β^-	$^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po} + ^0_{-1}\text{e}$
(4)	α	$^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$

التمرين (2) : (التمرين : 014 في بنك التمارين على الموقع) (*)

يمثل المنحنى $N = f(Z)$ في الشكل التالي 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

1- بالنسبة لهذا المخطط أين تقع :

- الأنوية المستقرة .

- الأنوية الباعثة للجسيمة β^- .

- و الأنوية الباعثة للجسيمات β^+ .

2- 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 β^- و تحته $(N < Z)$ تقع الأنوية الباعثة للجسيمات β^+

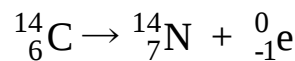
ب- معادلة التفكك :

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 β^- وفق معادلة التفكك التالية :

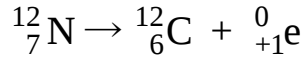


النواة $^{12}_7\text{N}$:

$$Z = 7$$

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

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

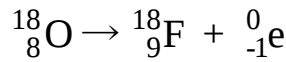


النواة $^{18}_8\text{O}$:

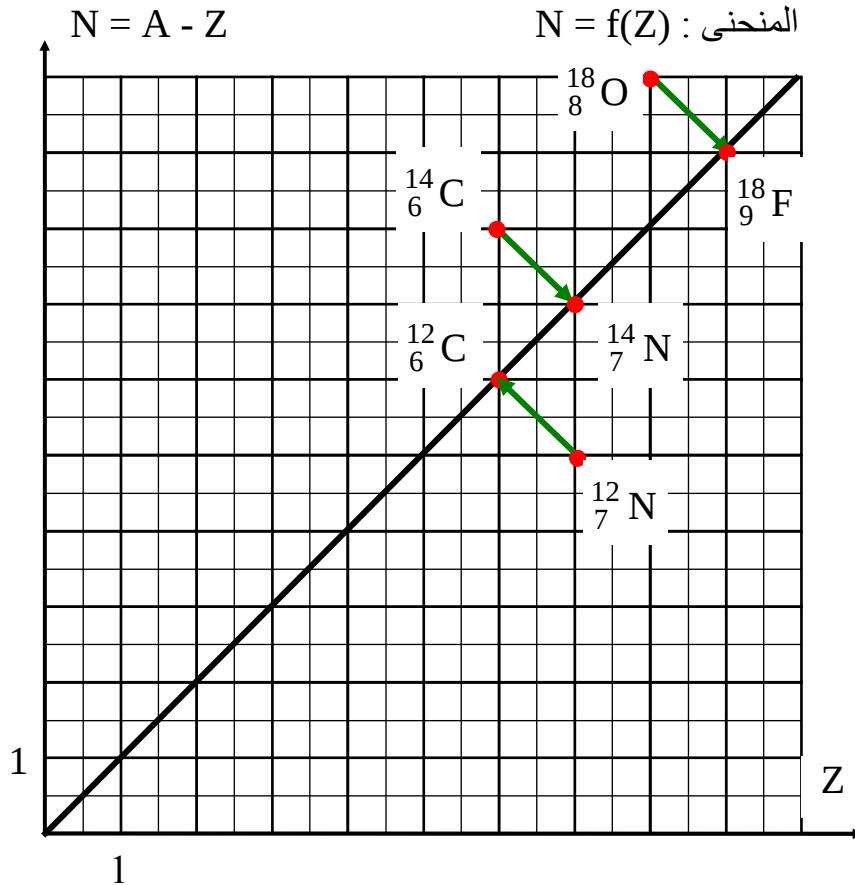
$$Z = 8$$

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

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



تمثيل التفككات :



2- التناقص الإشعاعي

• تذكير ببعض خواص الدالة اللوغارتمية والأسية :

- $\ln(A.B) = \ln A + \ln B$
- $\ln\left(\frac{A}{B}\right) = \ln A - \ln B$
- $\ln\left(\frac{1}{A}\right) = -\ln A$
- $\ln(A^n) = n.\ln A$

- $e^{A+B} = e^A . e^B$
- $e^{A-B} = \frac{e^A}{e^B}$
- $e^{-A} = \frac{1}{e^A}$
- $(e^{f(x)})' = f'(x) . e^{f(x)}$

- $A = B \Leftrightarrow \ln A = \ln B$
- $A = B \Leftrightarrow e^A = e^B$
- $\ln e^x = x$
- $e^{\ln x} = x$

حل المعادلات :

- $e^x = a \rightarrow \ln e^x = \ln a \rightarrow x = \ln a$
- $\ln x = a \rightarrow e^{\ln x} = e^a \rightarrow x = e^a$

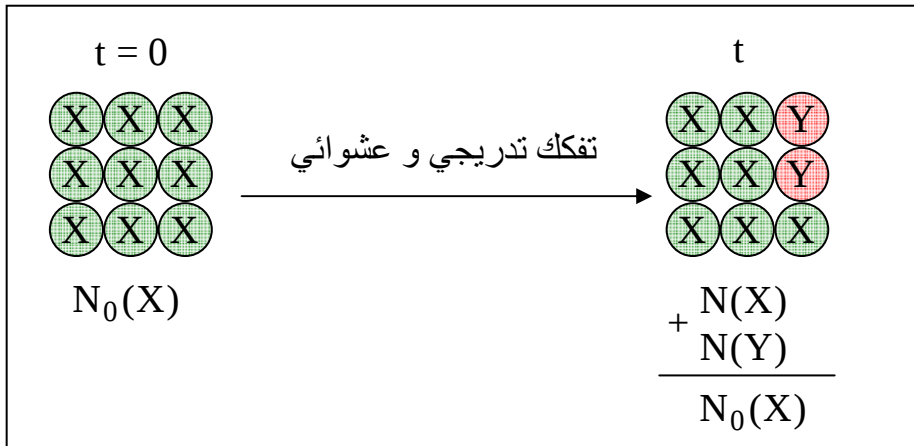
حساب e^x حساب $\ln x$

أمثلة :

$$\ln 1 = 0, \ln 2 = 0.69, e^2 = 7.39, e^{-2} = 0.13$$

• مفهوم التناقص الإشعاعي :

- إن تفكك الأنوية هي ظاهرة عشوائية محضة ، حيث لا يمكن التنبؤ باستمرار تفكك نواة أو توقفها عن ذلك .



- 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 .

• قانون التناقص الإشعاعي :

- يتناقص عدد الأنوية لعينة مشعة بطريقة أسية حسب قانون يدعى قانون التناقص الإشعاعي الذي يعبر عنه بالعلاقة التالية :

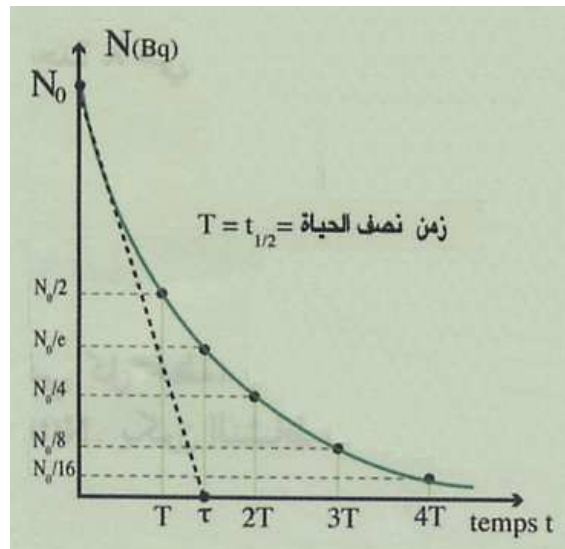
$$N_{(t)} = N_0 e^{-\lambda t}$$

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 بالمثال التالي الذي نعتبر فيه $N_0 = 4000$ و $t_{1/2} = 10 \text{ min}$

$$\begin{aligned} t_{1/2} \left\{ \begin{array}{l} t = 0 \rightarrow N = 40000 \\ t = t_1 = t_{1/2} \rightarrow N = N_1 = \frac{40000}{2} = 20000 \\ t = t_2 = 2 t_{1/2} \rightarrow N = N_2 = \frac{N_1}{2} = \frac{20000}{2} = 10000 \\ t = t_3 = 3 t_{1/2} \rightarrow N = N_3 = \frac{10000}{2} = 5000 \end{array} \right. \end{aligned}$$



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

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

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

- يمكن أن نعبّر عن عدد الأنوية المتفككة N_d في كل لحظة زمنية بالعلاقة :

$$N_{d(t)} = N_0 - N(t)$$

و حسب قانون التناقص الإشعاعي $N(X) = N_0(X) e^{-\lambda t}$ يمكن كتابة :

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

$$N_{d(t)} = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

و هي عبارة عن عدد الأنوية غير المتفككة في كل لحظة زمنية t .

● 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 :

$$A_{(t)} = - \frac{dN}{dt}$$

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

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

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

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

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

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

- عند اللحظة $t = 0$ يكون :

$$A_0 = \lambda N_0$$

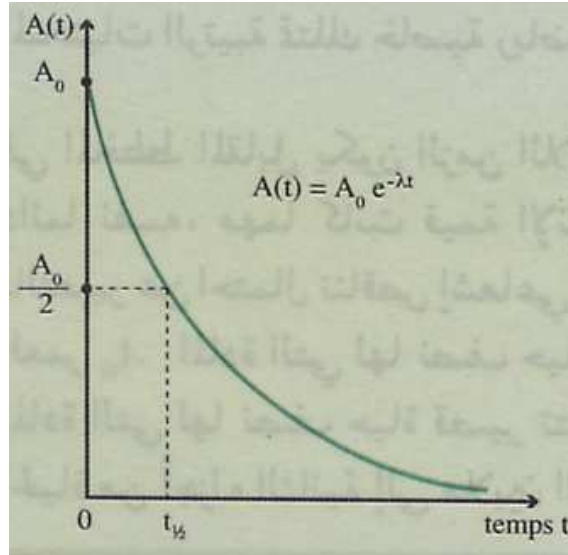
- مما سبق لدينا :

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

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

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

و بيانيا يكون :



• يمكن إثبات أن :

$$t = t_{1/2} \rightarrow A_{1/2} = \frac{A_0}{2}$$

يمكن أيضا إثبات :

$$n_{1/2} = \frac{n_0}{2} , m_{1/2} = \frac{m_0}{2} , \dots$$

• تطبيق النشاط الإشعاعي في التأريخ :

- 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 ، تم هذا بفضل التبادلات مثل التحليل الضوئي و التغذية التي تحدث باستمرار و التي تؤدي إلى تجدد الكربون 14 المتفكك ، لكن عند توقف هذه التبادلات يموت الكائن الحي 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 .
- يمكن بواسطة الإشعاع تقدير عمر المواد العضوية (بقايا الكائنات الحية : إنسان ، حيوان ، نبات) ، الصخور ، المياه الجوفية
- المكون الأساسي للمركبات العضوية هو عنصر الكربون ، و هذا الأخير من بين نظائره الكربون 14 المشع ، ذو زمن نصف عمر يقارب 5600 سنة .
- بالنسبة للمواد العضوية التي يقارب عمرها 40000 سنة ، يعتمد التأريخ على الكربون 14 المشع ، ذو زمن نصف عمر قدره $t_{1/2} = 5600$ و الذي يتوقف نشاطه الإشعاعي بعد زمن قدره $t_f \approx 7 t_{1/2} \approx 40000$ an .
- بالنسبة للمواد التي عمرها أكبر بكثير من 40000 سنة مثل الصخور التي يقدر عمرها عادة بملايير السنين ، لا يمكن استخدام الكربون 14 لأن زمن نصف عمره أقل بكثير من زمن نصف عمر الصخور ، و بالتالي نستعمل في هذه الحالة عناصر مشعة ذات زمن نصف عمر طويل مثل اليورانيوم 238 ($t_{1/2} = 4.468 \cdot 10^9$ ans) ، الروبيديوم 87 ($t_{1/2} = 4.468 \cdot 10^9$ ans) (محذوف استثنا

التمرين (3) : (التمرين : 004 في بنك التمارين على الموقع) (*)

- 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 ذلك بـ s^{-1}
 - 2- عند اللحظة $t = 0$ أوجد :
 - عدد أنوية الأزوت الابتدائية N_0 .
 - النشاط الابتدائي A_0 .
 - 3- بعد ساعة (عند اللحظة $t = 1\text{h} = 3600\text{s}$) أوجد :
 - قيمة النشاط الإشعاعي A .
 - عدد الأنوية المتبقية N غير المتفككة في العينة (بطريقتين) .
 - عدد الأنوية المتفككة N_d و نسبة الأنوية المتفككة P .
 - 4- أوجد اللحظة التي يصبح فيها النشاط مساوي لـ 1Bq .
 - 5- نعتبر النشاط الإشعاعي يكون معدوما عندما يصبح مساويا لـ 1% من قيمته الابتدائية A_0 . عبر عن المدة الزمنية اللازمة لانعدام النشاط الإشعاعي بدلالة ثابت الزمن τ ثم بدلالة زمن نصف العمر $t_{1/2}$.

الاجوبة :

- 1- أحسب ثابت التفكك λ مقدرا بالثانية :

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

- 2- • عدد أنوية الأزوت الابتدائية N_0 :

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

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

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

- النشاط الابتدائي A_0 :

$$A_0 = \lambda N_0 \rightarrow A_0 = 1.16 \cdot 10^{-3} \cdot 6.90 \cdot 10^{16} = 8.00 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

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

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

- عند اللحظة $t = 3600 \text{ s}$ يكون :

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

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

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

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

عند اللحظة $t = 3600$ s يكون :

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

الطريقة (2) :

بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي :

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

عند اللحظة $t = 3600$ s يكون :

$$N_{(3600)} = N_0 e^{-\lambda (3600)} \rightarrow N_{(3600)} = 6.90 \cdot 10^{16} e^{-(1.16 \cdot 10^{-3} \cdot 3600)} = 1.06 \cdot 10^{15}$$

• عدد الأنوية المتفككة N_d عند اللحظة $t = 1h = 3600s$:

$$N_d = N_0 - N$$

عند اللحظة $t = 3600$ s :

$$N_d (3600) = N_0 - N_{(3600)} \rightarrow N_d (3600) = 6.90 \cdot 10^{16} - 1,6 \cdot 10^{15} = 6,79 \cdot 10^{16}$$

- نسبة الأنوية المتفككة عند اللحظة $t = 3600$ s :

$$P_{(t)} = \frac{N_d}{N_0} \cdot 100$$

عند اللحظة $t = 3600$ s يكون :

$$P_{(3600)} = \frac{6.79 \cdot 10^{16}}{6.90 \cdot 10^{16}} \cdot 100 \approx 98\%$$

4- اللحظة التي يكون فيها $A = 1$ Bq :

لدينا :

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

و منه :

$$e^{-\lambda t_2} = \frac{A_2}{A_0} \rightarrow -\lambda t_2 = \ln \frac{A_2}{A_0} \rightarrow t_2 = -\frac{\ln \frac{A_2}{A_0}}{\lambda} \rightarrow t_2 = -\frac{\ln \frac{1}{8 \cdot 10^{13}}}{1.16 \cdot 10^{-3}} = 2.76 \cdot 10^4 \text{ s}$$

5- اللحظة التي ينعدم فيها النشاط الإشعاعي بدلالة τ :

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 :

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

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

- اللحظة التي ينعدم فيها النشاط الإشعاعي بدلالة $t_{1/2}$:

مما سبق :

$$10^{-2} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln 10^{-2} = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t \rightarrow t = -\frac{\ln 10^{-2}}{\ln 2} t_{1/2} \rightarrow t \approx 7t_{1/2}$$

التمرين (4) : (بكالوريا 2009 - علوم تجريبية) (التمرين : 025 في بنك التمارين 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 بالعبارة :

أ- عنصر مشع . ب- للعنصر نظائر .

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

أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل النووي الحاصل محددًا كل من A ، Z .

3- إذا علمت أن زمن نصف حياة البولونيوم 210 هو $t_{1/2} = 138$ ج 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 $t = 0$.

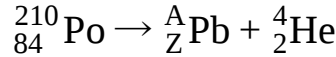
ج/ المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد أنوية العينة مساوي ربع ما كان عليه في اللحظة $t = 0$.

الأجوبة :

1- أ- المقصود بالعبارة عنصر مشع ، هو نواة ذرته غير مستقرة ، حيث تصدر جسيمة α أو β^- أو β^+ و يكون هذا لإصدار مرفق أحيانا بإشعاع γ .

ب- المقصود أن للعنصر نظائر هو أن للعنصر أنوية تتفق في العدد الذري Z (الشحني) و تختلف في العدد الكتلي A .

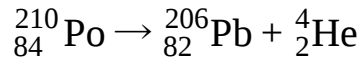
2- معادلة التفاعل :



من قانوني الانحفاظ :

$$A + 4 = 210 \rightarrow A = 206 \quad , \quad Z + 2 = 84 \rightarrow Z = 82$$

تصبح المعادلة :



3- أ- ثابت التفكك λ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{38.24.3600} = 5.81.10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

ب- عدد الأنوية في اللحظة $t = 0$:

لدينا :

$$A_0 = \lambda N_0 \rightarrow N_0 = \frac{A_0}{\lambda} \rightarrow N_0 = \frac{10^8}{5.81.10^{-8}} = 1.72.10^{15} \text{ nouveaux}$$

ج- المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد الأنوية مساوي ربع ما كانت عليه عند اللحظة $t = 0$:

- حسب قانون التناقص الإشعاعي :

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

- إذا كانت t_1 هي المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد الأنوية مساوي ربع ما كانت عليه عند اللحظة $t = 0$ نكتب :

$$t = t_1 \rightarrow N = \frac{N_0}{4}$$

بالتعويض في عبارة التناقص الإشعاعي :

$$\frac{N_0}{4} = N_0 e^{-\lambda t_1} \rightarrow e^{-\lambda t_1} = \frac{1}{4} \rightarrow \ln e^{-\lambda t_1} = \ln \frac{1}{4} \rightarrow -\lambda t_1 = -\ln 4 \rightarrow t_1 = \frac{\ln 4}{\lambda}$$

$$t_1 = \frac{\ln 4}{5,8 \cdot 10^{-8}} = 2,39 \cdot 10^7 \text{ s} = 277 \text{ jours}$$

التمرين (5): (التمرين : 007 في بنك التمارين على الموقع) (*)

إن يخضور النباتات الحية يمتص الكربون في وجود الضوء ما يؤدي 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 والذي لا يتجدد في هذه الحالة ، نشير إلى أن أنوية الكربون 12 لا تتناقص أثناء ذلك .
يعطى : نصف عمر الكربون $^{14}_6\text{C}$ هو : $t_{1/2} = 5600 \text{ ans}$.

- 1- نحاول تعيين عمر خشبة من العصر ما قبل التاريخ ، و من أجل ذلك ، نقيس النشاط الإشعاعي لـ $^{14}_6\text{C}$ للخشبة القديمة و لقطعة من الخشب مقطوعة حديثا لهما نفس الكتلة ، نلاحظ أن النشاط الإشعاعي للخشبة الحديثة يكون مساوي 7 مرات لنشاط الخشبة القديمة .
- أحسب العمر التقريبي للخشبة القديمة .
- 2- سمح تأريخ قطعة من الخشب القديم كتلتها $m(\text{g})$ اكتشفت عام 2000 ، بمعرفة النشاط A للكربون 14 في عينة و الذي قدر بـ 12.0 تفككا في الدقيقة ، في حين قدر النشاط A_0 في عينة حية مماثلة بـ 15.0 تفككا في الدقيقة .
أ- عبر عن قيمة كل من A و A_0 بالبكريل Bq .
ب- أوجد عمر قطعة الخشب القديم ، و ما هي سنة قطع الشجرة التي انحدرت منها .

الأجوبة :

1- العمر التقريبي للخشبة :

لدينا :

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

- نشاط الخشبة الحديثة 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 :

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

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

2- أ- 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 الحديث (العينة الحية) هو :

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

ب- عمر قطعة الخشب القديم :

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

$$t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\ln 2} \cdot t_{1/2} \rightarrow t = -\frac{\ln \frac{0.20}{0.25}}{\ln 2} \cdot 5600 \text{ (ans)} = 1802 \text{ ans}$$

و هو عمر الخشب القديمة ، و منه تكون سنة قطع الشجرة التي انحدرت منها الخشب القديمة هي :

$$2000 - 1802 = 198$$

أي أن الشجرة قطعت في سنة 198 ميلادي .

التمرين (6) : (التمرين : 006 في بنك التمارين على الموقع) (*)

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

1- أكتب 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 $^{40}_{18}\text{Ar}$ الناتجة عن تحليل العينة و كذا عدد أنوية $^{40}_{19}\text{K}$ غير المتفككة في العينة ،

ثم استنتج عدد أنوية البوتاسيوم $^{40}_{19}\text{K}$ الابتدائية عند اللحظة $t = 0$ باعتبار أن العينة المأخوذة تتكون فقط من الأرجون Ar و البوتاسيوم K .

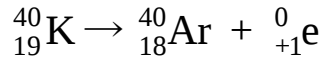
ب- أوجد عمر الصخر . علما

ج- هل يمكن التأريخ بواسطة الكربون 14 ؟ علل .

يعطى : $t_{1/2}(\text{K}) = 1.3 \cdot 10^9 \text{ ans}$ ، $t_{1/2}(^{14}\text{C}) = 5600 \text{ ans}$ ، عدد أفوقادرو $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$.

الأجوبة :

1- معادلة التحول النووي الحادث :



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

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

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

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

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

■ 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 :

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

$$N_0(K) = 2.18 \cdot 10^{17} + 2.51 \cdot 10^{16} = 2.43 \cdot 10^{17}$$

ب- عمر الصخرة :

حسب قانون التناقص الإشعاعي :

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

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

$$t = -\frac{\ln \frac{2.51 \cdot 10^{16}}{2.43 \cdot 10^{17}}}{\ln 2} \cdot 1.3 \cdot 10^9 = 4.26 \cdot 10^9 \text{ ans}$$

ج- لا يمكن التأريخ بالكربون لأن نشاطه ينعدم حواي بعد 40000 سنة ($7t_{1/2}$ أو 5τ) و هي مدة زمنية قصيرة جدا مقارنة بعمر الصخرة الذي يقدر بملايير السنين .

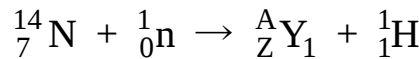
التمرين (7) : (بكالوريا 2010 - علوم تجريبية) (التمرين : 027 في بنك التمارين على الموقع) (**)

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 بـ نوترون هو تحول نووي يعبر عنه بالمعادلة التالية :



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

ب/ إن تفكك الكربون 14 يعطي نواة ابن ${}^A_Z\text{Y}_2$ 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 ؟

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

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 مماثلة 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 .

الأجوبة :

1- تركيب نواة الكربون 14 :

$$^{14}_6\text{C} \rightarrow A = 14, Z = 6 \rightarrow N = A - Z = 14 - 6 = 8$$

عدد البروتونات $6 = Z$

عدد النيوترونات $8 = (A - Z) = N$

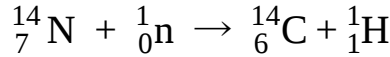
2- أ- تحديد النواة $^A_Z Y_1$:

حسب قانوني الانحفاظ :

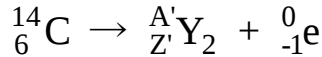
$$14 + 1 = A + 1 \rightarrow A = 14$$

$$7 + 0 = Z + 1 \rightarrow Z = 6$$

إذن النواة $^A_Z Y_1$ هي : $^{14}_6\text{C}$. ومنه المعادلة تصبح كما يلي :



ب- معادلة التفاعل النووي :

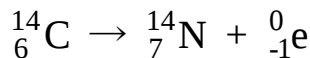


حسب قانوني الانحفاظ :

$$14 = A' + 0 \rightarrow A' = 14$$

$$6 = Z' - 1 \rightarrow Z' = 7$$

إذن النواة $^{A'}_{Z'} Y_2$ هي : $^{14}_7\text{N}$. (الآزوت 14) و المعادلة تصبح كما يلي :



3- أ- ما تمثله المقادير التالية :

$N(t)$: 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 .

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

لدينا قانون التناقص الإشعاعي :

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

من تعريف زمن نصف العمر $t_{1/2}$ الذي يمثل الزمن اللازم لتفكك نصف الأنوية أي :

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

بالتعويض في قانون التناقص الإشعاعي :

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

ج- وحدة λ بالتحليل البعدي :

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

د/ قيمة λ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5570} = 1.244 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$$

4- سنة تقطيع الخشبة :

لدينا $A = A_0 e^{-\lambda t}$ ، ومنه :

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = \ln e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -\lambda t \rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \rightarrow t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\ln 2} t_{1/2}$$

النشاط الإشعاعي هو عدد التفككات في الثانية ، و قيمته أعطيت بالتفككات في الدقيقة ، يمكن تحويلها إلى عدد التفككات في الثانية (Bq) بالقسمة على 60 و منه نكتب :

$$t = -\frac{\ln \frac{11.3}{60}}{\ln 2} 5570 = \frac{\ln \frac{11.3}{13.6}}{\ln 2} 5570 = 1489 \text{ ans}$$

و هي المدة الزمنية منذ قطع الشجرة ، و بما أن نشاط الخشبة 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 2012 - علوم تجريبية) (التمرين : 029 في بنك التمارين على الموقع)

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

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

- 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 .

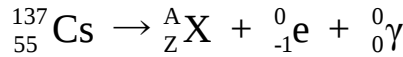
3- احسب ثابت النشاط الإشعاعي λ بـ s^{-1} .

- 4- اكتب العبارة الحرفية التي تربط النشاط A بعدد الأنوية المتبقية في المنبع ، ثم احسب النشاط A_0 المميز للعينة لحظة صنعها .
- 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 و الشهر : 30 jours .
من الجدول الدوري : $^{53}_{54}\text{I}$ ، $^{54}_{55}\text{Xe}$ ، $^{55}_{56}\text{Cs}$ ، $^{56}_{56}\text{Ba}$.

الأجوبة :

1- معادلة تفكك نواة السيزيوم Cs :

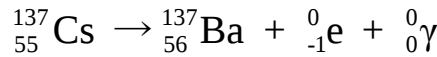


حسب قانوني الانحفاظ :

$$137 = A + 0 \rightarrow A = 137$$

$$55 = Z - 1 \rightarrow Z = 56$$

إذن النواة ^A_ZX عبارة عن $^{137}_{56}\text{Ba}$ و المعادلة تصبح :



• تعريف الإشعاعين γ ، β^- :

- الإشعاع β^- : هو إصدار نواة مشعة لإلكترون $^0_{-1}\text{e}$.
- الإشعاع γ : هو إصدار نواة مثارة الفائض في الطاقة على شكل إشعاع γ .

2- قيمة N_0 :

$$\frac{m_0}{M} = \frac{N_0}{N_A} \rightarrow N_0 = \frac{N_A \cdot m_0}{M} \rightarrow N_0 = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 5.02 \cdot 10^{-2}}{137} = 2.21 \cdot 10^{20} \text{ noyaux}$$

3- قيمة λ :

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

$$\lambda = \frac{\ln 2}{30.15 \cdot 365.5 \cdot 24 \cdot 3600} = 7.28 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$$

4- عبارة A بدلالة عدد الأنوية المتبقية :

$$A = \lambda N$$

- قيمة A_0 :

اعتمادا على العلاقة السابقة يمكن كتابة عند $t = 0$ العلاقة التالية :

$$A_0 = \lambda N_0$$

$$A_0 = 7.28 \cdot 10^{-10} \cdot 2.21 \cdot 10^{20} = 1.6 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$

5- تاريخ صنع العينة :

لدينا :

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

$$-\lambda t = \ln \frac{A}{A_0} \rightarrow \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \ln \frac{A}{A_0} \rightarrow t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\ln 2} \cdot t_{1/2}$$

$$t = -\frac{\ln \frac{14.97 \cdot 10^{10}}{1.6 \cdot 10^{11}}}{\ln 2} \cdot 30,15 = 2.89 \text{ ans}$$

$$t = 2 \text{ ans} + 0,98 \text{ ans}$$

$$t = 2 \text{ ans} + (0,98 \cdot 12 \text{ jours})$$

$$t = 2 \text{ ans} + 10,68 \text{ mois}$$

$$t = 2 \text{ ans} + 10 \text{ mois} + 0,68 \text{ mois}$$

$$t = 2 \text{ ans} + 10 \text{ mois} + (0,68 \cdot 30 \text{ jours})$$

$$t = 2 \text{ ans} + 10 \text{ mois} + 20,4 \text{ jours}$$

$$t = 2 \text{ ans} + 10 \text{ mois} + 20 \text{ jours} + (0,4 \text{ jours})$$

$$t = 2 \text{ ans} + 10 \text{ mois} + 20 \text{ jours} + (0,4 \cdot 24 \text{ h})$$

$$t = 2 \text{ ans} + 10 \text{ mois} + 20 \text{ jours} + 9,6 \text{ h}$$

و منه تاريخ الصنع : 2009/05/10 .

التمرين (9) : (بكالوريا 2014 - رياضيات) (التمرين : 044 في بنك التمارين على الموقع)

التمرين الثاني : (2,75 نقطة)

$^{20}_{\text{Ca}}$	$^{82}_{\text{Pb}}$	$^{22}_{\text{Ti}}$	$^{23}_{\text{V}}$	$^{84}_{\text{Po}}$	$^{25}_{\text{Mn}}$
---------------------	---------------------	---------------------	--------------------	---------------------	---------------------

إليك مستخرج من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية:

تتفكك نواة البزموت ($^{210}_{83}\text{Bi}$) بنشاط إشعاعي β^- ويرافقه إشعاع γ .

1- اكتب المعادلة المُعبّرة عن التحول النووي الحادث و بين كيف نتج الإلكترون المرافق للإشعاع.

2- نعتبر عيّنة من البزموت 210 عدد أنويتها $N(t)$ عند اللحظة t .

عبر عن عدد الأنوية المتبقية $N_d(t)$ بدلالة كل من :

الزمن t ، N_0 (عدد الأنوية عند $t=0$)، λ ثابت النشاط

الإشعاعي.

3- بواسطة برنامج خاص تم رسم المنحنى $\ln A = f(t)$ ،

حيث A مقدار النشاط الإشعاعي للعيينة في اللحظة t .

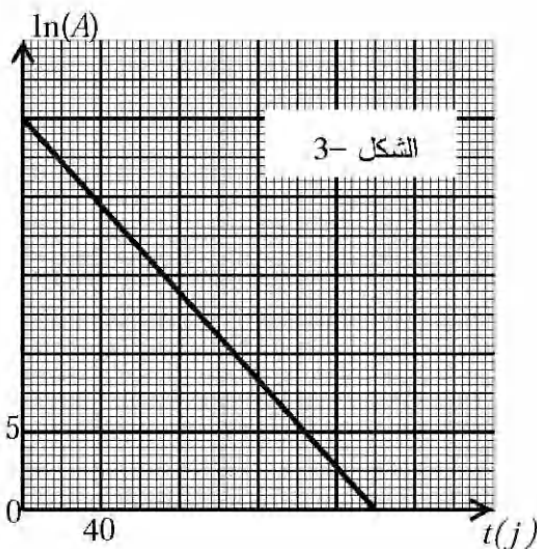
أ - عرّف النشاط الإشعاعي وحدّد وحدته.

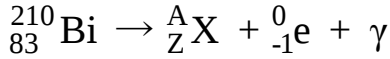
ب- عبر عن $\ln A(t)$ بدلالة λ ، A_0 ، t .

ج - استنتج من المنحنى (الشكل-3):

- قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ للبزموت 210.

- قيمة النشاط الإشعاعي الابتدائي A_0 .

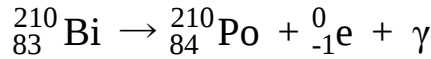


الأجوبة :**1- معادلة التفكك :**

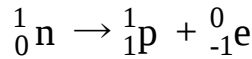
حسب قانوني الانحفاظ :

$$210 = A$$

$$83 = Z - 1 \rightarrow Z = 84$$

إذن ${}_Z^A\text{X}$ هو ${}_{84}^{210}\text{Po}$ و المعادلة النووية تصبح :

1- مصدر الإلكترون هو تحول نيترون إلى بروتون وفق المعادلة :

2- عبارة عدد الأنوية المتفككة عند اللحظة t :

$$N_d = N_0 - N$$

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

$$N_d = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow N_d = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

3- أ- تعريف النشاط الإشعاعي :

هو عدد التفككات في الثانية ، وحدته البكريل Bq .

ب- عبارة $\ln A$ بدلالة λ ، N_0 ، t :

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

ج- قيمة λ :بيانيا : المنحنى $\ln A = f(t)$ هو مستقيم معادلته من الشكل :

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

نظريا و مما سبق :

$$\ln A = -\lambda t + \ln A_0$$

$$\ln A = -\lambda t + \ln A_0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

بمطابقة العلاقتين (1) ، (2) :

$$\lambda = -a \rightarrow \lambda = -a$$

من البيان :

$$a = -\frac{5 \times 5}{4,5 \times 40} = -0,139$$

إذن :

$$\lambda = -(-0,139) = 0,139 \text{ jours}^{-1}$$

- قيمة A_0 :

بمطابقة العلاقتين (1) ، (2) أيضا :

$$\ln A_0 = b \rightarrow A_0 = e^b$$

من البيان :

$$b = 5 \times 5 = 25$$

إذن :

$$A_0 = e^{25} = 7,20 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

التمرين (10) (التمرين : 005 في بنك التمارين على الموقع)

1- النشاط الإشعاعي ظاهرة عفوية لتفاعل نووي :
أ- عرف البيكرال .

ب- عرف ثابت التفكك λ .

ج- عرف العائلة الإشعاعية .

2- بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي أثبت أنه عند اللحظة $t = n t_{1/2}$ يكون : $N = \frac{N_0}{2^n}$.

3- أكتب المعادلة التفاضلية بدلالة عدد الأنوية غير المتفككة $N(t)$ ، ثم بين أن العلاقة السابقة $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ هي حل لها .

5- بين أن المعادلة التفاضلية التي تخضع لها عدد الأنوية المتفككة $N_d(t)$ هي من الشكل :

$$\frac{dN_d}{dt} + \lambda N_d = \lambda N_0$$

- حل هذه المعادلة التفاضلية هو $N_d = A e^{-\alpha t} + B$ ، حيث α ، B ، A ثوابت يطلب كتابة عباراتها ، ما هو المدلول الفيزيائي لـ α و B .

الأجوبة :

1- أ- تعريف البيكرال :

البيكرال Bq هو وحدة القياس المستعملة في النشاط الإشعاعي ، حيث أن 1Bq يوافق تفكك في كل ثانية واحدة .

ب- تعريف ثابت التفكك :

هو احتمال التفكك في الثانية الواحدة .

ج- تعريف العائلة الإشعاعية :

هي مجموعة الأنوية افبن الناتجة عن تفكك الأنوية الأصلية .

2- إثبات أنه عند اللحظة $t = n t_{1/2}$ 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 $t = n \cdot t_{1/2}$ يكون :

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

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

3- المعادلة التفاضلية بدلالة عدد الأنوية غير المتفككة $N(t)$:
لدينا من جهة :

$$A_{(t)} = - \frac{dN_{(t)}}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

و من جهة أخرى :

$$A_{(t)} = \lambda N_{(t)} \dots\dots\dots (2)$$

من (1) ، (2) :

$$\lambda N_{(t)} = - \frac{dN_{(t)}}{dt} \rightarrow \frac{dN_{(t)}}{dt} + \lambda N_{(t)} = 0$$

- التحقق من الحل :

$$\begin{aligned} \blacksquare N_{(t)} &= N_0 e^{-\lambda t} \\ \blacksquare \frac{dN_{(t)}}{dt} &= -\lambda N_0 e^{-\lambda t} \end{aligned}$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية :

$$-\lambda N_0 e^{-\lambda t} + \lambda N_0 e^{-\lambda t} = 0 \rightarrow 0 = 0$$

إذن الحل المعطى هو فعلا حل للمعادلة التفاضلية .

4- المعادلة التفاضلية التي تخضع لها عدد الأنوية المتفككة $N_d(t)$:
لدينا :

$$\blacksquare A_{(t)} = - \frac{dN_{(t)}}{dt} = - \frac{d(N_0 - N_{d(t)})}{dt} = \frac{dN_{d(t)}}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

و من جهة أخرى :

$$\blacksquare A_{(t)} = \lambda N_{(t)} = \lambda (N_0 - N_{d(t)}) \dots\dots\dots (2)$$

من (1) ، (2) :

$$\begin{aligned} \frac{dN_{d(t)}}{dt} &= \lambda (N_0 - N_{d(t)}) \\ \frac{dN_{d(t)}}{dt} &= \lambda N_0 - \lambda N_{d(t)} \rightarrow \frac{dN_{d(t)}}{dt} + \lambda N_{d(t)} = \lambda N_0 \end{aligned}$$

- عبارة A ، B ، α :

$$\begin{aligned} \blacksquare N_d &= A e^{-\alpha t} + B \\ \blacksquare \frac{dN_d}{dt} &= -\alpha A e^{-\alpha t} \end{aligned}$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية :

$$\begin{aligned} -\alpha A e^{-\alpha t} + \lambda (A e^{-\lambda t} + B) &= \lambda N_0 \\ -\alpha A e^{-\alpha t} + \lambda A e^{-\lambda t} + \lambda B &= \lambda N_0 \\ A e^{-\alpha t} (-\alpha + \lambda) + \lambda B &= \lambda N_0 \end{aligned}$$

الحل المعطى هو حل للمعادلة التفاضلية بمعنى أن المعادلة محققة حتما و لكي تتحقق المساواة يجب أن يكون :

$$\alpha + \lambda = 0 \rightarrow \alpha = \lambda$$

$$\lambda B = \lambda N_0 \rightarrow B = N_0$$

عند اللحظة $t = 0$ لم تتشكل أي نواة بعد ($N_d = 0$) بمعنى :

$$t = 0 \rightarrow N_d = 0$$

بالتعويض في العبارة $N_d(t)$ (الحل المعطى) يكون :

$$0 = Ae^{-\alpha(0)} + B \rightarrow A + B = 0 \rightarrow A = -B = -N_0$$

3- استقرار الأنوية

• طاقة الكتلة :

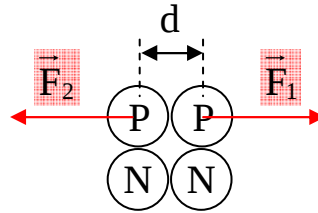
- في إطار النظرية النسبية اقترح أنشتاين في بداية القرن العشرين أن كل كتلة تكافئها طاقة تدعى طاقة الكتلة يعبر عنها بعلاقة تكافؤ كتلة- طاقة كما يلي :

$$E_0 = mc^2$$

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$: سرعة الضوء في الفراغ ، m : الكتلة (kg) ، E_0 : طاقة الكتلة (J)

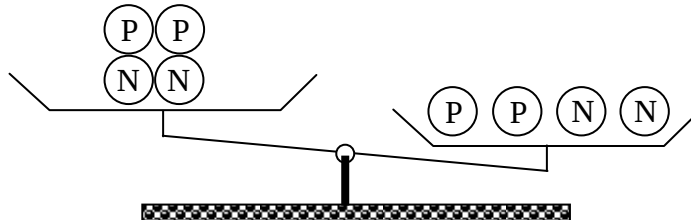
• طاقة الربط (طاقة التماسك) :

- تتكون النواة من بروتونات ذات الشحنة الموجبة و النيوترونات عديمة الشحنة ، هذا يعني أنه يوجد تنافر بين البروتونات داخل النواة .



و حسب قانون كولوم : $F_1 = F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{e^+ \cdot e^+}{d^2}$ ، حيث e^+ هي شحنة البروتون .

- من عبارة القوة حسب قانون كولوم ، نلاحظ أن القوة تتناسب عكسيا مع البعد بين البروتونين (البعد d في المقام) ، نستنتج أن قوى التنافر بين البروتونات في النواة كبيرة جدا ، رغم ذلك لا يحدث التنافر و النواة تبقى متماسكة ، و لكي تتغلب النواة على قوى التنافر تلزمها طاقة ، هذه الطاقة تسمى **طاقة الربط** يرمز لها بـ E_ℓ تقدر بالجول (J) - وجد أن كتلة النواة أقل من كتلة مكوناتها :



هذا يعني أن هناك نقص في الكتلة ، يرمز له بـ Δm ، يمثل الفرق بين كتلة النواة ${}^A_Z X$ و كتلة مكوناتها (البروتونات و النيوترونات) لذا نكتب :

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

- حسب علاقة انشتاين النقص الكتلي Δm تكافئه طاقة الربط E_ℓ و نكتب :

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

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

حيث ، m_p : كتلة البروتون ، m_n : كتلة النيوترون ، A : العدد الكتلي ، Z : العدد الشحني ، c سرعة الضوء في الخلاء .

- طاقة الربط هي الطاقة اللازمة لتماسك النواة و تساوي الطاقة اللازمة لتفكك نواة ساكنة إلى نكليونات ساكنة و منعزلة .

• طاقة الربط لكل نكليون واستقرار الأنوية :

- لا يرتبط استقرار النواة بطاقة ربطها ، و إنما يرتبط بطاقة الربط 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 الربط لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$ بأنها الطاقة اللازمة لنزع نكليون واحد من النواة .

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

مثال :

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

• وحدة الكتلة الذرية u والإلكترون فولط eV :

- إن الكتل الفردية المستخدمة في التفاعلات النووية صغيرة جدا ، لذا يستخدم الفيزيائيون وحدة أخرى لقياس الكتلة تدعى وحدة الكتلة الذرية ويرمز لها اختصارا ب (u) .

- وحدة الكتلة الذرية u هي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون 12 ، أي :

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

إذن :

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

- في السلم الذري توجد وحدة أخرى لقياس الطاقة تدعى الإلكترون فولط ويرمز لها ب eV و نستعمل أيضا الميغا إلكترون فولط MeV حيث :

$$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$1\text{MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

$$1\text{MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

ملاحظة :

يمكن حساب طاقة الكتلة التي تكافئ وحدة كتلة ذرية u كما يلي :

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

و نكتب أيضا :

$$1u \approx 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

التمرين (11) : (التمرين : 009 في بنك التمارين على الموقع) (*)

1- عرف ما يلي :

أ- وحدة الكتلة الذرية u .

ب- النقص الكتلي Δm .

ج- طاقة الربط (التماسك) E_ℓ .

د- طاقة الربط لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$.

2- كتلة نواة أحد نظائر الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ تساوي : $m(^{226}_{88}\text{Ra}) = 225.97709u$.

أ- عين مكونات النواة الراديوم 226 (عدد البروتونات و عدد النوترونات) .

ب- أحسب كتلة مكونات هذه النواة (كتلة النكليونات) انطلاقا من كتل مكوناتها . ماذا تلاحظ .

ج- أحسب النقص الكتلي Δm في نواة الراديوم 226 مقدرا ذلك بوحدة الكتلة الذرية (u) ثم بالكيلوغرام (kg) .

د- أحسب بالجول ثم بالميغا إلكترون فولط (MeV) طاقة الربط E_ℓ لهذه النواة

هـ- أحسب (MeV/nuc) طاقة الربط لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$.

3- طاقة الربط لكل نكليون بالنسبة لنواة اليورانيوم 235 هي : $\frac{E_\ell(^{235}_{92}\text{U})}{A} = 7,60 \text{ MeV/nuc}$ ، قارن بين نواتي

الراديوم $(^{226}_{88}\text{Ra})$ و اليورانيوم $(^{235}_{92}\text{U})$ من حيث الاستقرار معللا إجابتك .

المعطيات : $1u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ ، $1\text{MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ ، $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ، $m_n = 1.00866 (u)$ ، $m_p = 1.00728 (u)$

الاجوبة :

1- التعاريف :

- وحدة الكتلة الذرية هي وحدة لقياس الكتلة تمثل $\frac{1}{12}$ من كتلة الكربون 12 .

- النقص الكتلي هو الفرق بين كتلة النواة ساكنة و كتلة نكليوناتها ساكنة و منعزلة .

- طاقة الربط هي الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى نكليوناتها ساكنة و منعزلة .

- طاقة الربط لكل نكليون هي الطاقة اللازمة لنزع نكليون واحد من النواة .

2- أ- مكونات النواة :

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

▪ عدد البروتونات $Z = 88$.

▪ عدد النوترونات $N = 138$.

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 (النكليونات) .

ج- النقص الكتلي Δm :

قيمتة :

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

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

د- طاقة الربط (التماسك) E_ℓ :

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

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

هـ- طاقة الربط لكل نكليون (نوية) $\frac{E_\ell}{A}$:

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

3- المقارنة النواتين ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ ، ${}_{92}^{235}\text{U}$ من حيث الاستقرار :

تكون النواة أكثر استقرارا كلما كانت طاقة الربط لكل نكليون أكبر ، و حيث أن :

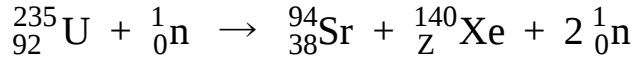
$$\frac{E_\ell({}_{92}^{235}\text{U})}{A} = 7.60 \text{ MeV/nuc} , \frac{E_\ell({}_{88}^{226}\text{Ra})}{A} = 7.68 \text{ MeV/nuc} , \text{ فنواة الراديوم } {}_{88}^{226}\text{Ra} \text{ أكثر استقرارا}$$

من نواة اليورانيوم ${}_{92}^{235}\text{U}$.

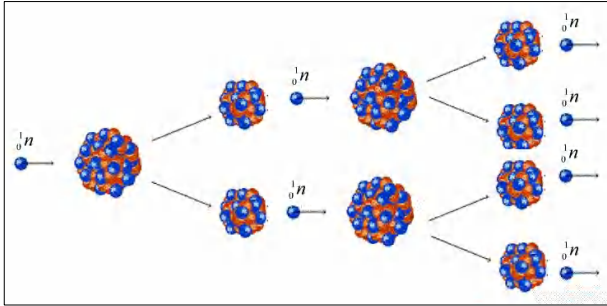
4- التفاعلات النووية المستحدثة

● الانشطار النووي:

- الانشطار النووي هو تفاعل نووي مفتعل (مستحدث) ، تنشط فيه نواة ثقيلة ، لتعطي نواتين خفيفتين نسبيا ، تكونان أكثر استقرارا من النواة المنشطرة .
- ينتج عادة تفاعل الانشطار من خلال قذف نواة ثقيلة بـ نوترون بطيء كما مبين في المثال التالي :



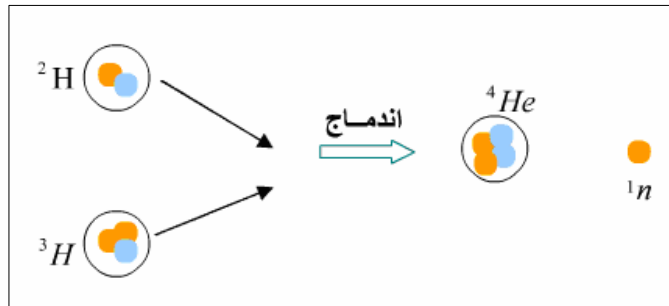
- سبب اختيار النوترون هو أنه متعادل كهربائيا كي لا يتنافر مع النواة موجبة الشحنة عند قذفها به ، و جُعل بطيئا كي لا يخترق النواة ، فبقائه في نواة اليورانيوم 235 يؤدي إلى تشكل نواة اليورانيوم 236 التي تنشط بمجرد تشكلها .
- النوترون الابتدائي يفتعل انشطار النواة الأولى و النوترونات المنبعثة من هذا الانشطار تفتعل انشطارات أخرى و هكذا تتضاعف الآلية بشكل متسلسل (الشكل) ، يقال عن التفاعل في هذه الحالة أنه تسلسلي مغذى ذاتيا .



● الاندماج النووي:

- الاندماج النووي هو تفاعل نووي مفتعل (مستحدث) ، تندمج فيه نواتين خفيفتين ، لتعطي نواة ثقيلة نسبيا أكثر استقرار .

مثال :



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

● الطاقة المحررة من تفاعل نووي :

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

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

$$E_{lib} = (m_{\text{نواتج}} - m_{\text{متفاعلات}}) \cdot c^2$$

• مردود و استطاعة مفاعل نووي :

- المفاعل النووي هو جهاز يستخدم في توليد الكهرباء أو دفع السفن و الغواصات عن طريق تحويل الطاقة النووية المتحررة من تحول نووي .
- إذا كانت كتلة العينة النووية المتفاعلة خلال فترة زمنية Δt هي m و $N_{\text{Réc}}$ هو عدد التفاعلات النووية التي تحدث في هذه العينة ، نعبر عن الطاقة النووية الكلية E_{libT} التي يستقبلها المفاعل النووي نتيجة التحول النووي خلال الفترة الزمنية Δt كما يلي :

$$E_{\text{libT}} = N_{\text{Réc}} \cdot E_{\text{lib}}$$

- حيث : E_{lib} هي الطاقة المحررة من تفاعل نووي واحد .
- في تفاعل الانشطار ، تنتشر نواة واحدة في كل تفاعل نووي و عليه يمكن كتابة عبارة الطاقة النووية التي يستقبلها المفاعل النووي نتيجة تفاعل الانشطار النووي خلال الفترة الزمنية Δt كما يلي :

$$E_{\text{libT}} = N \cdot E_{\text{lib}}$$

حيث :

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

- $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ هو عدد أفوقادرو .
- m كتلة العينة المتفاعلة .
- الكتلة المولية للنظير المشكل للعينة .

- الطاقة النووية المتحررة من تفاعل العينة النووية ذات الكتلة m خلال الفترة الزمنية Δt لا يحولها المفاعل النووية كلها إلى طاقة كهربائية بل جزء منها يضيع على شكل حرارة ، لذلك ندخل مفهوم جديد يسمى المردود الطاقوي لمفاعل النووي و الذي يمثل النسبة بين الطاقة الكهربائية E_e التي ينتجها المفاعل النووي على الطاقة النووية المحررة الكلية E_{libT} من التحول النووي ، يرمز له بـ ρ و نكتب :

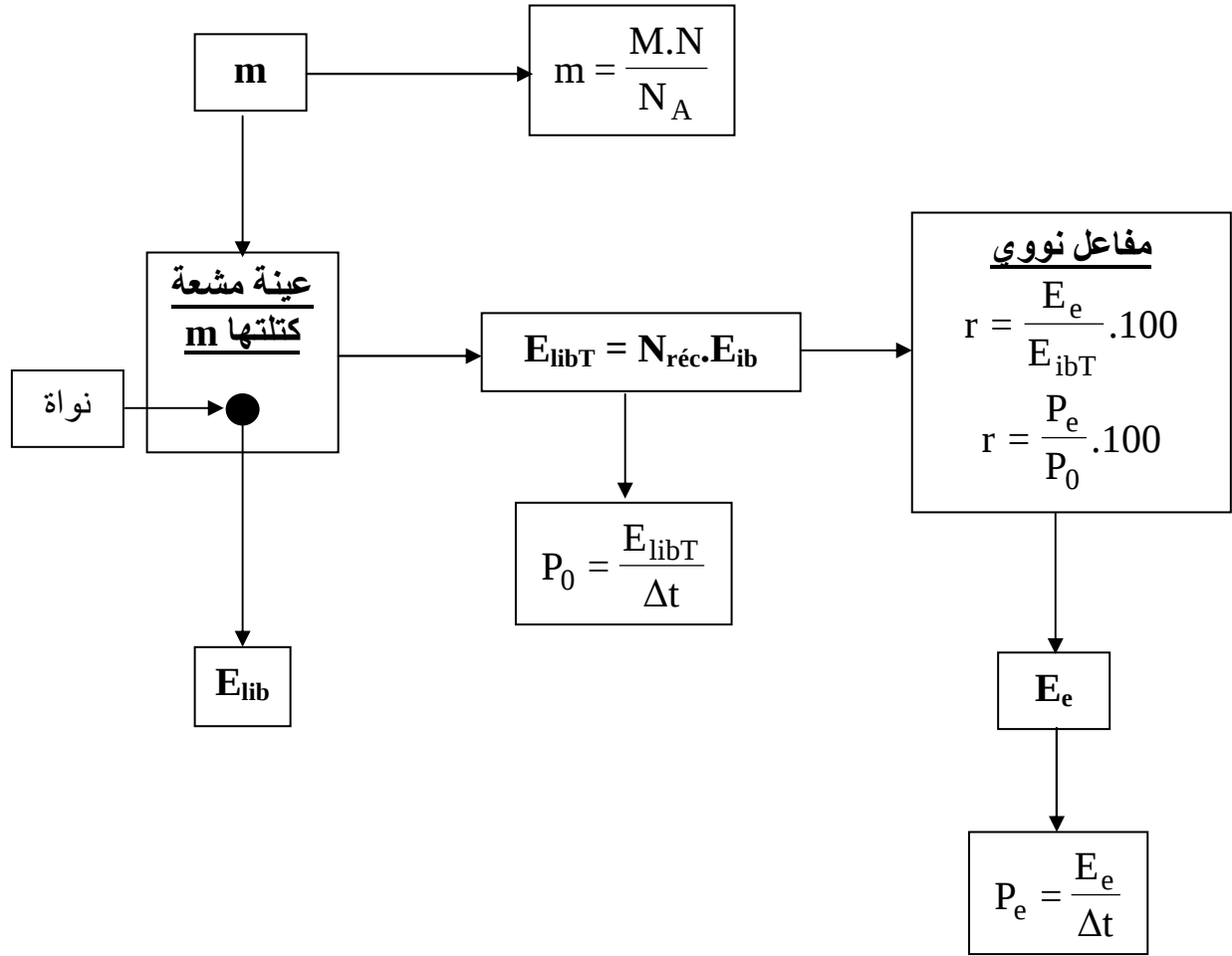
$$\rho = \frac{E_e}{E_{\text{libT}}} \cdot 100$$

و نكتب أيضا :

$$\rho = \frac{P}{P_0} \cdot 100$$

حيث :

- $P = \frac{E_e}{\Delta t}$ هي الاستطاعة الكهربائية التي ينتجها المفاعل النووي و تسمى أيضا استطاعة المفاعل النووي .
- $P = \frac{E_{\text{libT}}}{\Delta t}$ هي الاستطاعة النووية التي يستقبلها المفاعل النووي و الناتجة عن التفاعل النووي للعينة m .

خلاصة :**• منافع و مخاطر النشاط النووي****■ تمهيد :**

يعتبر إنريكو فيرمي عالم في الفيزياء من إيطاليا والذي حاز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1938 وغادر إيطاليا بعد صعود الفاشية على سدة الحكم واستقر في نيويورك في الولايات المتحدة من أوائل من اقترحوا بناء مفاعل نووي حيث اشرف مع زميله ليو زيلارد Leó Szilárd الذي كان يهوديا من مواليد هنغاريا على بناء أول مفاعل نووي في العالم عام 1942 وكان الغرض الرئيسي من هذا المفاعل هو تصنيع الأسلحة النووية.

■ المفاعل النووي:

- المفاعلات النووية عبارة عن منشآت ضخمة تعمل على مبدأ الانشطار النووي وذلك من خلال انشطار نواة الذرة ، مما يؤدي إلى إطلاق طاقة حرارية كبيرة ، وتعتبر مادة اليورانيوم 235 الوقود الرئيسي المستخدم في المفاعلات النووية، ويحدث الانشطار النووي لأنوية اليورانيوم بإطلاق النيوترونات عليها ، وعندما تنتشر بعض الأنوية فإنها تطلق النيوترونات، واصطدام هذه النيوترونات مع أنوية أخرى يسبب انشطارها فيتم تحرير المزيد من النيوترونات، وهكذا ويستمر التفاعل المتسلسل مسبباً توليد كمية هائلة من الطاقة الحرارية .

- ثمة نوعان من المفاعلات النووية: مفاعلات للبحث وأخرى لتوليد للطاقة.

- تُستخدم مفاعلات البحث لإجراء الأبحاث العلمية، وإنتاج النظائر لأهداف طبية وصناعية ، وهي لا تستخدم لإنتاج الطاقة ، أما مفاعلات الطاقة فيتم استخدامها لتوليد الطاقة الكهربائية ، وتستخدم المفاعلات النووية أيضا كمصانع

لإنتاج الأسلحة في البلدان التي تمتلك برامج حرب نووية ؛ فيمكن استخدام المفاعلات النووية السلمية لإنتاج الأسلحة النووية وإجراء الأبحاث المتعلقة بها .

• مكونات المفاعل النووي :

يتم التفاعل النووي في قلب المفاعل والذي ينتج حرارة عالية ، يتم نقلها عبر المبادلات الحرارية (والتي تعمل عادة بالماء الثقيل وللتحكم في التفاعل توجد قضبان التحكم التي يتم عن طريقها تخفيض سرعة التفاعل بدفعها داخل قلب المفاعل . ولهذه القضبان القدرة على امتصاص النيوترونات لتوقيف التفاعل .

• العالم بين منافع ومخاطر النشاط الإشعاعي :

■ الاستخدام السلمي للطاقة النووية :

• في مجال الطاقة :

تزود الطاقة النووية دول العالم بأكثر من 16% من الطاقة الكهربائية ، فهي تلبي ما يقارب 35% من احتياجات دول الاتحاد الأوروبي ، فرنسا وحدها تحصل على 77% من طاقتها الكهربائية من المفاعلات النووية .

• في المجال الطبي :

- من انجازات استخدام النظائر المشعة في المجال الطبي ما يلي :
- بواسطة التحليل الاشعاعي امكن للأطباء تقدير الهرمونات في الجسم بدقة وسهولة .
- في التشخيص فقد وصل استخدام الطب النووي الى 99% من الامراض المستعصية حيث يتم تصوير عضله القلب باستخدام عنصر الثاليوم المشع لتشخيص ضيق الشريان ومدى التعرض للذبحة الصدرية.
- امكن مراقبه وظيفه القلب باستخدام الابر المشعه للكرات الحمراء مع مادة التكنشيوم المشع وبذلك امكن علاج امراض القلب نتيجة التشخيص الدقيق .
- امكن تحديد التهابات المفاصل والانسجه ومعرفه مكان الكسور وكذلك تحديد الالتهابات في البطن وخصوصا بعد العمليات الجراحية .
- امكن بواسطة التشخيص النووي معرفه مكان الجلطة في الجهاز العصبي والمخ ومدى تقبلها للعلاج وكيفيه انتقالها او ازلتها .

• في المجال الزراعي :

امكن استخدام النظائر المشعه في :

- معرفه أي العناصر يحتاجها النبات ليزيد المحصول .
- أي الفترات مناسبة لتكون اكثر ملائمة لزراعه نوع من النبات
- مكافحة الافات التي تصيب النباتات

■ الاستخدام العسكري للطاقة النووية :

بعد ظهور فكره الانشطار النووي تحفزت بعض الدول على امكانيه استخدام النشاط الاشعاعي في القوة العسكريه القنبلتين النووييتين اللتين القيتا على هيروشيما وناجازاكي

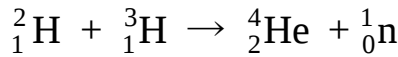
■ مخاطر النشاط الإشعاعي :

- يؤدي استخدام الطاقة النووية إلى إنتاج النفايات ذات الفعالية الإشعاعية العالية ، وإن الخطط المقترحة للتخلص من النفايات عالية الإشعاعية وتخزينها لا تضمن حماية كافية للأفراد أو للمياه الجوفية من التلوث الإشعاعي .
- تأثير الاشعاع على جسم الانسان ، مما يسبب عاهات وتشوهات .
- بعض الحوادث التي حدثت في محطات الطاقة النووية : كارثة تشيرنوبل في اوكرانيا 1986 انفجر قلب المفاعل رقم 4 مخلفا اثارا شديدة منها :
- قتل 31 شخص لحظيا نتيجة الانفجار .
- أصيب الآلاف من الناس بمرض شديد من التسمم الإشعاع .

التمرين (12) : (التمرين : 010 في بنك التمارين على الموقع)

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

- 1- أكتب معادلة التفاعل النووي الحادث .
- 2- تستخدم النوترونات في قذف أنوية اليورانيوم ، لماذا ؟
- 3- يعرف هذا التفاعل على أنه تفاعل تسلسلي مغذى ذاتيا . لماذا ؟ وضح ذلك بمخطط .
- 4- على أي شكل تظهر الطاقة المحررة .
- 5- أحسب بال جول ثم بـ MeV الطاقة المحررة E_{lib} في هذا التفاعل .
- 6- أحسب بالميغا جول (MJ) حيث $1\text{MJ} = 10^6 \text{ J}$ ، الطاقة المحررة E_{linT} الناتجة عن انشطار 2kg من اليورانيوم 235 .
- 7- البترول و مشتقاته هو مصدر الطاقة الشائع في حياتنا اليومية :
أ- أحسب كتلة البترول المنتجة لنفس كمية الطاقة التي تحصلنا عليها سابقا نتيجة انشطار 2 kg من اليورانيوم 235
علمنا أن 1kg من البترول ينتج 42MJ من الطاقة .
ب- قارن بين النتيجتين ، ماذا تستنتج .
ج- في رأيك أي مصدر الطاقة أفضل ، تفاعل الانشطار أو البترول .
8- نعتبر تفاعل الاندماج المنمذج بالمعادلة التالية :

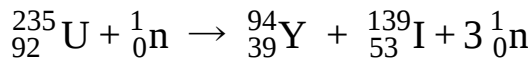


الطاقة المحررة لكل نكليون (نوية) من هذا التفاعل النووي هي : $E_{\text{lib/nuc2}} = 3,53 \text{ MeV/nuc}$

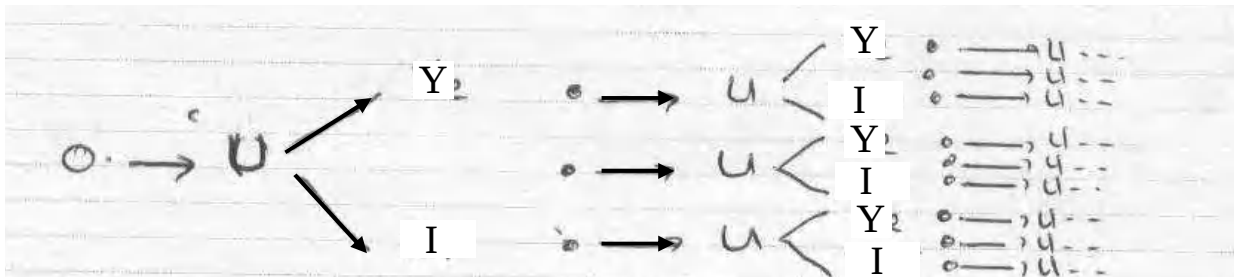
- أحسب النسبة : $\frac{E_{\text{lib/nuc2}}}{E_{\text{lib/nuc1}}}$. استنتج أي التفاعلين : الانشطار أو الاندماج يكون أفضل من حيث المنتج الطاقوي .
المعطيات :

$$c = 3.10^{+8} \text{ m/s} , m_n = 1.00866 \text{ (u)} , m_p = 1.00728 \text{ (u)} , 1 \text{ u} = 1.66 . 10^{-27} \text{ Kg}$$

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

الأجوبة :**1- معادلة التفاعل النووي :**

- 2- تستخدم النوترونات في قذف أنوية اليورانيوم لأنها عديمة الشحنة (شحنتها معدومة) .
- 3- يعرف هذا التفاعل أنه تسلسلي مغذى ذاتيا ، لأن النوترونات الناتجة في الانشطار الأول تؤدي إلى انشطار أنوية أخرى ، و هكذا تتكرر العملية بشكل مستمر كما مبين في المخطط التالي :



- 4- تظهر الطاقة المحررة على شكل حركة للجسيمات .

5- الطاقة المحررة من التفاعل :

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

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

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

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

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

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

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

$$E_{libT} = 5.12 \cdot 10^{24} E_{lib}$$

$$E_{libT} = 5.12 \cdot 10^{24} \cdot 2.82156 \cdot 10^{-11} = 1.44 \cdot 10^{14} \text{ J} = 1.44 \cdot 10^8 \text{ MJ}$$

7- أ- كتلة البترول المنتجة لنفس الطاقة السابقة :

بالاعتماد على القاعدة الثلاثية

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

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

ب- المقارنة بين النتيجتين :

نلاحظ أن الطاقة الناتجة عن الانشطار كبيرة جدا أمام الطاقة الناتجة عن احتراق البترول أو أحد مشتقاته ، نستنتج الانشطار النووي مصدر غني جدا بالطاقة .

- المصدر الأهم للطاقة :

الانشطار النووي يوفر طاقة هائلة كما رأينا ، لكن نظرا للمخاطر التي يمكن أن يسببها على الإنسان و البيئة يعتبر البترول أفضل مصدر طاقة نظيف و ملائم للإنسان و البيئة .

$$8- \text{ أ- النسبة : } \frac{E_{lib/nuc2}}{E_{lib/nuc1}}$$

$$\bullet E_{lib1} = 176,53 \text{ MeV} \rightarrow E_{lib/nuc1} = \frac{176,53}{235+1} = 0,75 \text{ MeV/nuc}$$

$$\bullet E_{lib/nuc2} = 3,53 \text{ MeV/nuc}$$

إذن :

$$\frac{E_{lib/nuc2}}{E_{lib/nuc1}} = \frac{3,53}{0,75} \approx 5$$

نستنتج أن تفاعل الاندماج أفضل من تفاعل الانشطار من حيث المنتج الطاقوي .

التمرين (13) : (التمرين : 013 في بنك التمارين على الموقع)

1- لدينا التحولات النووية التالية :

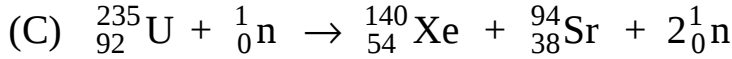
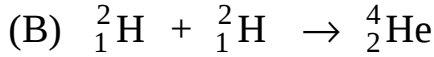
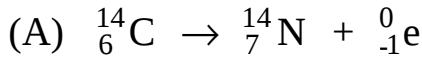
التحول النووي	نوع التحول النووي
A	يتحول $^{14}_6\text{C}$ إلى $^{14}_7\text{N}$
B	ينتج ^4_2He من نواتين لنظير الهيدروجين ^2_1H .
C	قذف $^{235}_{92}\text{U}$ بـ نوترون يعطي $^{140}_{54}\text{Xe}$ ، $^{94}_{38}\text{Sr}$ ، و نوترونين

أ- أكتب معادلة التفاعل النووي لكل تحول .

ب- صنف التحولات النووية المدونة في الجدول إلى انشطارية أو تفككية أو اندماجية .

3- إذا علمت أن الطاقة المحررة من التفاعل (B) هي 24 MeV أحسب الطاقة المحررة من تفاعل 1kg من الديتريوم ^2_1H بـ MeV ثم بالجول J .**الأجوبة :**

1- أ- معادلة التفكك النووي لكل تحول :



ب- تصنيف التحولات النووية :

(A) ← تفككي ، (B) ← اندماجي ، (C) ← انشطاري .

4- الطاقة المحررة من اندماج 1kg من الديتريوم ^2_1H :

نحسب أولاً عدد الأنوية في 1 kg من الديتريوم .

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

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

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

و منه الطاقة المحررة نتيجة هذه التفاعلات تقدر بـ :

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

التمرين (14): (بكالوريا 2013 - رياضيات - بتصرف) (التمرين : 040 في بنك التمارين على الموقع)

انطلق برنامج البحث ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) بفرنسا لدراسة الاندماج النووي لنظيري الهيدروجين ^2_1H ، ^3_1H و ذلك من أجل التأكد من الإمكانية العلمية لإنتاج الطاقة عبر الاندماج النووي .

1- أ- أكتب معادلة الاندماج النووي بين الديوتريوم ^2_1H و التريتيوم ^3_1H ، علما أن التفاعل ينتج نواة ^A_ZX 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_ZX ، E_ℓ ، ثم اكتب عبارتها .

ب- احسب طاقة الربط للنواة و طاقة الربط لكل نوية : ^2_1H ، ^3_1H ، ^A_ZX بـ MeV ، ثم استنتج النواة الأكثر استقرارا .

3- الطاقة المحررة من تفاعل الاندماج الحادث هي $E_{\text{lib}} = 17,60 \text{ MeV}$. احسب مقدار الطاقة المحررة عن اندماج

1 g من ^2_1H و 1.5 g من ^3_1H .

يعطى :

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

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

الإجابة :

1- ا- معادلة الاندماج بين ^3_1H ، ^2_1H :



حسب قانوني الانحفاظ :

$$2 + 3 = A + 1 \rightarrow A = 4$$

$$1 + 1 = Z + 0 \rightarrow Z = 2$$

اذن ^A_ZX هو ^4_2He واطعارة تصبح 2



ب- نعلق فرض نصف العمر بنوع النظير المستع
2- طاقة الربط هي الطاقة اللازمة لتفاسك النواة، وهي نفسها الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى نوياتها (نكليوناتها) الساكنة والمفصلة يعبر عنها بالعلاقة

$$E_b = (Zm_p + (A-Z)m_n - m(X))c^2$$

ب- طاقة الربط وطاقة الربط لكل نوية :

$$• E_b(^2_1\text{H}) = (m_p + m_n - m(^2_1\text{H}))c^2$$

$$= (1,00728 + 1,00866 - 2,01355) 931,5$$

$$= 2,226 \text{ MeV}$$

$$• \frac{E_b(^2_1\text{H})}{A} = \frac{2,226}{2} = 1,113 \text{ MeV/nuc}$$

$$• E_b(^3_1\text{H}) = (m_p + 2m_n - m(^3_1\text{H}))c^2$$

$$= (1,00728 + (2 \times 1,00866) - 3,0155) 931,5$$

$$= 8,477 \text{ MeV}$$

$$• \frac{E_b(^3_1\text{H})}{A} = \frac{8,477}{3} = 2,826 \text{ MeV/nuc}$$

$$\begin{aligned}
 E_e(^4\text{He}) &= (2m_{\text{ce}} + m(n) - m(^4\text{He})) c^2 \\
 &= ((2 \times 1,00728) + (2 \times 1,00866) - 4,0015) \times 931,5 \\
 &= 28,30 \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

$$E_e(^4\text{He})/A = \frac{28,30}{4} = 7,075 \text{ MeV/nuc}$$

النواة الأكثر استقراراً تكون النواة الأكثر استقراراً كلما كان E_e/A أكبر وعلى هذا الأساس يكون :



ب- الطاقة المحررة من اندماج 1g من ^2_1H و 1,5g من ^3_1H - لدينا

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

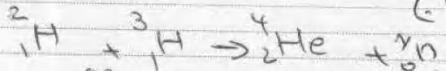
- عدد النوية ^2_1H في 1g :

$$N(^2_1\text{H}) = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 1}{2} = 3,01 \times 10^{23}$$

- عدد النوية ^3_1H في 1,5g :

$$N(^3_1\text{H}) = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 1,5}{3} = 3,01 \times 10^{23}$$

انتماءً على معادلة تفاعل الاندماج

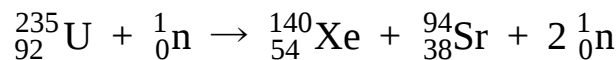


يكون عدد تفاعلات الاندماج التي يمكن أن تحدث بين $3,01 \times 10^{23}$ نواة ^2_1H و $3,01 \times 10^{23}$ نواة ^3_1H هو $3,01 \times 10^{23}$ تفاعل ، وبما أن الطاقة المحررة من تفاعل اندماج هي $E_{\text{lib}} = 17,60 \text{ MeV}$ تكون الطاقة المحررة الكلية هي :

$$E_{\text{lib Tot}} = 3,01 \times 10^{23} E_{\text{lib}} = 3,01 \times 10^{23} \times 17,60 = 5,30 \times 10^{24} \text{ MeV}$$

التمرين (15) : (التمرين : 069 في بنك التمارين على الموقع)

تستخدم المفاعلات النووية لانتاج الطاقة الكهربائية عن طريق تفاعلات إنشطار بعض الأنوية الثقيلة ، في مفاعل نووي يحدث إنشطار نواة اليورانيوم حيث يتم قذفها ببترون ^1_0n فتعطي نواة $^{94}_{38}\text{Sr}$ و $^{140}_{54}\text{Xe}$ مع تحرير عدد من النيوترونات وفق المعادلة :



1- أحسب الطاقة المحررة خلال هذا الانشطار ب MeV ثم بالجول J .

2- لكي نتحصل على نترون بطيء لاستعماله في قذف اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ ، نستعمل مزيجا من الأميريكيوم $^{243}_{95}\text{Am}$ و البيريليوم ^9_4Be . حيث يشع الأميريكيوم حسب نمط إشعاعي واحد و يعطى $^{239}_{93}\text{Nd}$ ثم يستعمل الجسم الناتج لقذف أنوية البيريليوم و الحصول على نترون و نواة $^{12}_6\text{C}$.

أ- أكتب المعادلتين الموافقتين .

ب- نستعمل هذا المنبع فقط من أجل اقلاع التفاعل. لماذا ؟

3- ينتج المفاعل النووي استطاعة كهربائية $P = 9 \cdot 10^9 \text{ W}$ و يستهلك 27 طن من اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ سنويا .

أ- أحسب بالمول الطاقة المحررة من التفاعل النووي خلال سنة .

ب- أحسب الطاقة الكهربائية التي ينتجها المفاعل النووي خلال سنة .

ج- أحسب مردود المفاعل النووي r .

يعطى : $m(^{140}_{54}\text{Xe}) = 139,89194 \text{ u}$ ، $m(^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,89446 \text{ u}$ ، $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,99332 \text{ u}$ ،

$1 \text{ an} = 365 \text{ Jours}$ ، $1 \text{ u} = 931,5 \frac{\text{MeV}}{\text{C}^2}$ ، $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ، $m(^1_0\text{n}) = 1,00866 \text{ u}$

الأجوبة :

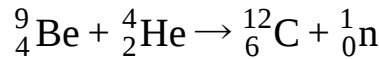
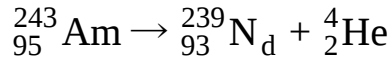
1- الطاقة المحررة :

$$E_{\text{lib}} = (m(\text{U}) + m(\text{n}) - m(\text{Xe}) - m(\text{Sr}) - 2m(\text{n})) c^2$$

$$E_{\text{lib}} = (234,99332 + 1,00866 - 139,89194 - 93,89446 - (2 \cdot 1,00866))931,5$$

$$E_{\text{lib}} = 184,68 \text{ MeV} = 2,95 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

2- أ- المعادلتين الموافقتين :



ب- نستعمل هذا المنبع فقط من أجل الإقلاع لأن الانشطارات الأخرى تحدث نتيجة قذف أنوية اليورانيوم بالنترونات المنبعثة من الانشطار الأول .

3-أ- الطاقة المحررة خلال سنة :

- نحسب أولا عدد الانشطارات التي تحدث خلال سنة و المساوية لعدد الأنوية الموجودة في الكتلة 27 طن المستهلكة خلال سنة .

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \rightarrow N = \frac{N_A \cdot m}{M} \rightarrow N = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 27 \cdot 10^6}{235} = 6,92 \cdot 10^{28}$$

و منه :

$$E_{\text{lib(a)}} = N \cdot E_{\text{lib}} = 6,92 \cdot 10^{28} \cdot 2,95 \cdot 10^{-11} = 2,04 \cdot 10^{18} \text{ J}$$

ب- الطاقة الكهربائية التي ينتجها المفاعل النووي :

$$E_e = P_e \cdot \Delta t = 9 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 2,83 \cdot 10^{17} \text{ J}$$

ج- مردود المفاعل النووي :

$$r = \frac{2,83 \cdot 10^{17}}{2,04 \cdot 10^{18}} \cdot 100 = 13,87 \%$$

التمرين (16): (بكالوريا 2016 - رياضيات - بتصرف) (التمرين : 022 في بنك التمارين على الموقع) ()****المعطيات :**

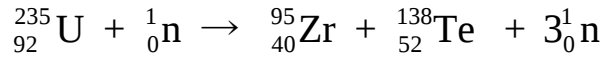
$$m_p = 1.00728u , m(^{95}\text{Zr}) = 94.8861u , m(^{138}\text{Te}) = 137.9007u , m(^{235}\text{U}) = 234.9935u$$

$$N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} , 1\text{MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J} , 1u = 931.5\text{MeV}/c^2 , m_n = 1.00866u$$

^{53}I	^{54}Xe	^{55}Cs	^{56}Ba
-----------------	------------------	------------------	------------------

المردود الطاقوي : $\rho = \frac{E_e}{E} \cdot 100$ (E_e الطاقة الكهربائية ، E الطاقة المتحررة) .

تحرر مختلف الانشطارات الممكنة لليورانيوم 235 ، نيوترونات و يرافق ذلك تحرير طاقة حرارية معتبرة توظف لتوليد الطاقة الكهربائية ، غير أن ذلك يُتبع بانتاج نفايات إشعاعية مضرّة للإنسان و البيئة .
يمثل أحد تفاعلات الانشطار لليورانيوم ^{235}U بالمعادلة التالية :



- 1- احسب الطاقة المتحررة عن تفاعل انشطار نواة اليورانيوم ^{235}U .
- 2- ينتج مفاعل نووي يعمل باليورانيوم 235 استطاعة كهربائية $P = 30 \text{ MW}$ بمردود طاقي $\rho = 30\%$.
ما هي كتلة اليورانيوم المستهلكة خلال المدة $\Delta t = 30 \text{ jour}$.
- 3- تتميز النواة الناتجة $^{138}_{52}\text{Te}$ بنشاط إشعاعي β^- .
أ- ما المقصود بالنشاط الإشعاعي β^- ؟
ب- اكتب معادلة تفكك $^{138}_{52}\text{Te}$.
- 5- اذكر على الأقل خطرين من مخاطر هذه الظاهرة على الإنسان و البيئة .

الأجوبة :

1- الطاقة المتحررة الناتجة عن تفاعل انشطار نواة اليورانيوم :

$$E_{\text{lib}} = (m(\text{U}) + m(\text{n}) - m(\text{Zr}) + m(\text{Te}) - 3m(\text{n})).c^2$$

$$E_{\text{lib}} = (234.9935 + 1.00866 - 94.8861 - 137.9007 - (3 \cdot 1.00866)) \cdot 931.5 = 176.41 \text{ MeV}$$

2- كتلة اليورانيوم المستهلكة خلال $\Delta t = 30 \text{ jour}$:

- نحسب الطاقة الكهربائية التي ينتجها المفاعل النووي خلال 30 jours :

$$E_{e(30)} = P \cdot \Delta t$$

$$E_{e(30)} = 30 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600 = 7.78 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

- نحسب الطاقة النووية التي يستقبلها المفاعل النووي خلال 30 jours :

$$\rho = \frac{E_e}{E} \cdot 100 \rightarrow E = \frac{E_e \cdot 100}{\rho}$$

$$E_{\text{lib}(30)} = \frac{7.78 \cdot 10^{13} \cdot 100}{30} = 2.59 \cdot 10^{14} \text{ J} = 1.62 \cdot 10^{27} \text{ MeV}$$

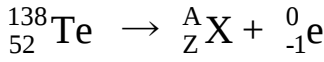
- نحسب عدد تفاعلات الانشطار التي حدثت خلال 30 J و المساوية لعدد أنوية اليورانيوم ^{235}U المنشطرة .

$$N = \frac{E_{\text{lib}(30)}}{E_{\text{lib}}} = \frac{1.62 \cdot 10^{27}}{176.41} = 9.18 \cdot 10^{24}$$

- نحسب الآن كتلة اليورانيوم المستهلكة الموافقة لعدد الأنوية المحسوبة :

$$\frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \rightarrow m = \frac{M \cdot N}{N_A} \rightarrow m = \frac{235 \cdot 9.18 \cdot 10^{24}}{6.02 \cdot 10^{23}} = 3.58 \cdot 10^3 \text{ g} \approx 3.6 \text{ kg}$$

3- أ- المقصود بالنشاط الإشعاعي β^- هو إصدار إلكترون من نواة مشعة .
ب- معادلة التفكك :

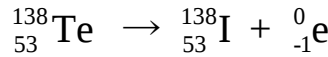


حسب قانوني الانحفاظ (قانوني صودي) :

$$138 = A + 0 \rightarrow A = 138$$

$$52 = Z - 1 \rightarrow Z = 53$$

إذن ${}_Z^AX$ هو ${}_{53}^{138}\text{I}$ و المعادلة تصبح :

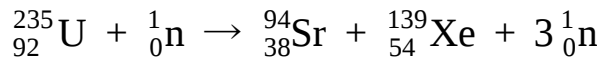


5- أخطار الإشعاع النووي :

- مختلف الأمراض و التشوهات التي تصيب الكائنات الحية .
- الأضرار الناتجة عن التلوث الإشعاعي للبيئة .

التمرين (17) : (التمرين : 066 في بنك التمارين على الموقع) (**)

- عندما يتم استخراج اليورانيوم U من باطن الأرض تكون نسبة النظير ${}^{238}\text{U}$ في عينة منه كبيرة جدا مقارنة مع النظير ${}^{235}\text{U}$ و هذا الأخير (${}^{235}\text{U}$) لا تتعدى نسبته في العينة القيمة 0.7% .
- تخصيب اليورانيوم معناه رفع نسبة النظير 235 في العينة إلى أكبر قيمة ممكنة .
- يتم التخصيب بواسطة أجهزة تدعى أجهزة الطرد المركزي حيث يتم بواسطة هذه الأجهزة إيصال نسبة النظير ${}^{235}\text{U}$ إلى حوالي 20 % و هذا عند استعمال اليورانيوم المخصب في المجال السلمي كتوليد الطاقة الكهربائية ، كما يمكن بنفس الأجهزة إيصال النسبة إلى حوالي 90% عند استعمال اليورانيوم المخصب في المجال العسكري كاستعماله في صناعة القنبلة النووية .
- يعمل مفاعل نووي لتوليد الطاقة الكهربائية باليورانيوم المخصب بنسبة 37% . وأحد التفاعلات النووية الممكنة في هذا المفاعل هو تفاعل الانشطار النووي الذي يحدث عند قذف نواة يورانيوم 235 بـ نوترون بطيء وفق المعادلة :



يحرر هذا التفاعل طاقة قدرها : $E_{\text{lib}} = 179,3 \text{ MeV}$.

- 1- لماذا تستعمل المبطئات modérateurs في المفاعلات النووية ؟
- 2- تعطى عبارة استطاعة مفاعل نووية بالعلاقة :

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

بين بالتحليل البعدي أن وحدة الاستطاعة هي : $\text{kg.m}^2/\text{s}^3$.

- 3- يحول المفاعل النووي الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار النووي السابق إلى كهرباء بمردود طاقي 30% ، إذا علمت أن هذا المفاعل النووي يستهلك 3.48 طن من اليورانيوم المخصب بنسبة 37% خلال سنة ، أحسب استطاعته الكهربائية .

المعطيات : ، $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ ، $1\text{an} = 365.25 \text{ jours}$ ، $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$

الأجوبة :

- 1- تستعمل المبطنات لتخفيض سرعة النترونات الناتجة عن الانشطارات ، لأنها ستلعب دور النترون البطيء الذي تُقذف به نواة اليورانيوم خلال الانشطارات المتسلسلة التي تلي الانشطار الأول .
- 2- وحدة الاستطاعة :

$$P = \frac{E}{\Delta t} \rightarrow [P] = \frac{[E]}{[T]}$$

و حسب علاقة انشتاين :

$$E = mc^2 \rightarrow [E] = [M].[c]^2$$

يصبح لدينا :

$$[P] = \frac{[M].[c]^2}{[T]} = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{s}} \rightarrow [P] = \text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3$$

3- الاستطاعة الكهربائية للمفاعل النووي :

- نحسب كتلة اليورانيوم 235 في 27 طن من اليورانيوم المخصب بنسبة 37% .
- حسب تعريف اليورانيوم المخصب بنسبة 37% يكون :

$$m(^{235}_{92}\text{U}) = \frac{37}{100} m = \frac{37}{100} \cdot 3,48 \cdot 10^6 = 1,29 \cdot 10^6 \text{ g}$$

- نحسب عدد أنوية اليورانيوم 235 في 27 طن من اليورانيوم المخصب :

$$\frac{N(^{235}_{92}\text{U})}{N_A} = \frac{m(^{235}_{92}\text{U})}{M} \rightarrow N(^{235}_{92}\text{U}) = \frac{N_A \cdot m(^{235}_{92}\text{U})}{M}$$

$$N(^{235}_{92}\text{U}) = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,29 \cdot 10^6}{235} = 3,30 \cdot 10^{27} \text{ noyaux}$$

و منه الطاقة المحررة خلال سنة :

$$E_{\text{libT}} = 3,30 \cdot 10^{27} \cdot 179,3 = 5,91 \cdot 10^{29} \text{ MeV} = 9,46 \cdot 10^{16} \text{ J}$$

نحسب الطاقة الكهربائية التي ينتجها المفاعل النووي خلال سنة :

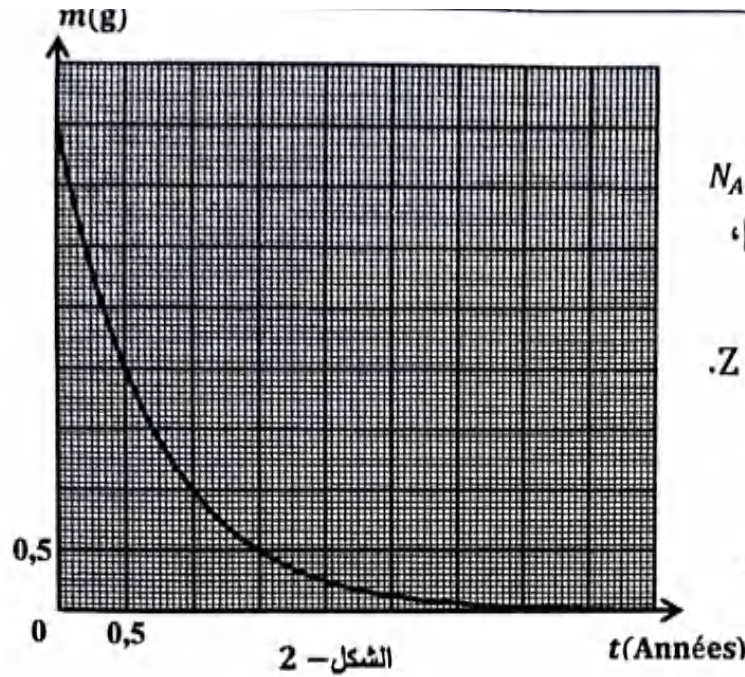
$$\rho = \frac{E_e}{E_{\text{libT}}} \cdot 100 \rightarrow E_e = \frac{\rho \cdot E_{\text{libT}}}{100} \rightarrow E_e = \frac{30 \cdot 9,46 \cdot 10^{16}}{100} = 2,84 \cdot 10^{16} \text{ J}$$

نحسب الآن استطاعة المفاعل النووي :

$$P = \frac{E_e}{\Delta t} = \frac{2,84 \cdot 10^{16}}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 9 \cdot 10^8 \text{ W} = 900 \text{ MW}$$

5- تمارين متنوعة

التمرين (18): (بكالوريا 2016 - علوم تجريبية) (التمرين : 051 في بنك التمارين على الموقع) (**)



التمرين الثاني: (04 نقاط)

المعطيات : ${}^6_6\text{C}$; ${}^5_5\text{B}$; ${}^4_4\text{Be}$; ${}^3_3\text{Li}$

$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $1 \text{ an} = 365,25 \text{ jours}$

نواة البيريليوم ${}^{10}_4\text{Be}$ هي نواة مشعة تصدر الإشعاع β^- ، وينتج عن تفككها نواة ${}^A_Z\text{X}$.

1- أ- اكتب معادلة التفكك النووي محددا قيمتي Z و A .

ب - كيف تفسر انبعاث جسيمات β^- .

2- مكنت المتابعة الزمنية لتطور الكتلة m لعينة من البيريليوم كتلتها الابتدائية m_0 من رسم المنحنى البياني الموضح بالشكل -2 .

أ- اكتب عبارة قانون التناقص الإشعاعي بدلالة

N_0 (عدد الأنوية الابتدائية) وثابت التفكك λ .

ب- استنتج عبارة الكتلة $m(t)$ للعينة المتبقية من البيريليوم عند اللحظة t بدلالة m_0 (الكتلة الابتدائية للعينة) وثابت التفكك λ .

3 - أ- عرف زمن نصف العمر $t_{1/2}$ ثم اوجد عبارته بدلالة ثابت التفكك λ .

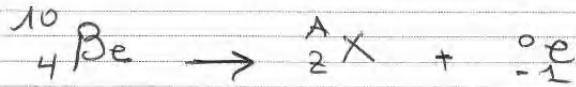
ب- عين بيانيا زمن نصف عمر البيريليوم واستنتج قيمة ثابت التفكك λ بالوحدة s^{-1} .

ج- احسب عدد الأنوية المتفككة عند $t = 1 \text{ année}$.

4. قسنا بواسطة عداد جيجر النشاطية A لعينة من البيريليوم 10 فوجدنا $A = 1,06 \times 10^{15} \text{ Bq}$.

أ- احسب الكتلة m للبيريليوم 10 المتسببة في هذه النشاطية .

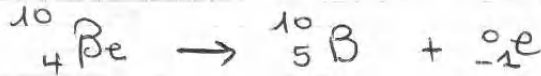
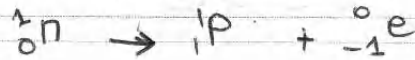
ب- استنتج عمر هذه العينة إذا علمت أن كتلة البيريليوم الابتدائية هي $m_0 = 4 \text{ g}$.

الأجوبة :1-2. معادلة التآكل :

حسب قانوني الانحفاظ :

$$10 = A + 0 \rightarrow A = 10$$

$$4 = Z - 1 \rightarrow Z = 5$$

اذن ${}^A_Z\text{X}$ هو ${}^{10}_5\text{B}$ ومعادلة التآكل تكون كما يلي :ب- التفسير: انبعاث B^- من تحول نيترون إلى بروتون وفق المعادلة :3-2. عبارة قانون التناقص الاستعاري :

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

ب- عبارة الكتلة m المتبقية عند اللحظة t بدلا من m_0 :

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \rightarrow \begin{cases} N = \frac{N_A \cdot m}{M} \\ N_0 = \frac{N_A \cdot m_0}{M} \end{cases}$$

بالتعويض في عبارة قانون التناقص الاستعاري :

$$\frac{N_A \cdot m}{M} = \frac{N_A \cdot m_0}{M} e^{-\lambda t}$$

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

3- تعريف زمن نصف العمر $t_{1/2}$:
هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الانوية الابتدائية
ح- عبارة $t_{1/2}$ بدلالة λ و
حسب تعريف $t_{1/2}$:

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

بالتعويض في عبارة قانون التناقص الاستعادي :

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

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}}$$

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

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

ب- قيمة $t_{1/2}$:

$$t = t_{1/2} \rightarrow N = \frac{N_0}{2} \rightarrow m = \frac{m_0}{2}$$

$$t_{1/2} = 0,5 \text{ ans}$$

للاستقالات :

- قيمة λ :

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

$$\lambda = \frac{\ln 2}{0,5 \times 365,25 \times 24 \times 3600} = 4,39 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

ب- عدد الانوية المتفككة عند $t = 1 \text{ ans}$:

$$N_d = N_0 - N$$

وحيث أن $N = N_0 e^{-\lambda t}$ يصبح :

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

$$N_d = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

$$N_d = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t} \right)$$

3- تعريف زمن نصف العمر $t_{1/2}$:
هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الانوية الابتدائية
ح- عبارة $t_{1/2}$ بدلالة λ
حسب تعريف $t_{1/2}$:

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

بالتعويض في عبارة قانون التناقص الاستعادي :

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

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}}$$

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

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

ب- قيمة $t_{1/2}$:

$$t = t_{1/2} \rightarrow N = \frac{N_0}{2} \rightarrow m = \frac{m_0}{2}$$

$$t_{1/2} = 0,5 \text{ ans}$$

للاستقالات :

ج- قيمة λ :

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

$$\lambda = \frac{\ln 2}{0,5 \times 365,25 \times 24 \times 3600} = 4,39 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$$

د- عدد الانوية المتفككة عند $t = 1 \text{ ans}$:

$$N_d = N_0 - N$$

وحيث أن $N = N_0 e^{-\lambda t}$ يصبح :

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

$$N_d = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

$$N_d = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t} \right)$$

$$\frac{N_0}{N} = \frac{m_0}{M} \rightarrow N_0 = \frac{N_A \cdot m_0}{M}$$

$$N_d = \frac{N_A \cdot m_0}{M} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t} \right) \quad \text{ومنه}^1$$

مُد البَيَان :

$$m_0 = 8 \times 0,5 = 4 \text{ g}$$

$$N_d = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \times 4}{10} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{0,5} \times 1} \right) = 1,81 \cdot 10^{23} \quad \text{ومنه}^2$$

4- P - قِيَمَة m :

$$A = 2N$$

$$\text{وحيث أن : } N = \frac{N_A \cdot m}{M} \quad \text{نكتب :}$$

$$A = \frac{2N_A \cdot m}{M} \rightarrow m = \frac{A \cdot M}{2N_A}$$

$$m = \frac{1,06 \cdot 10^{15} \times 10}{4,39 \cdot 10^{-8} \times 6,02 \cdot 10^{23}} = 0,40 \text{ g}$$

ب- عمر النصف :

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

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

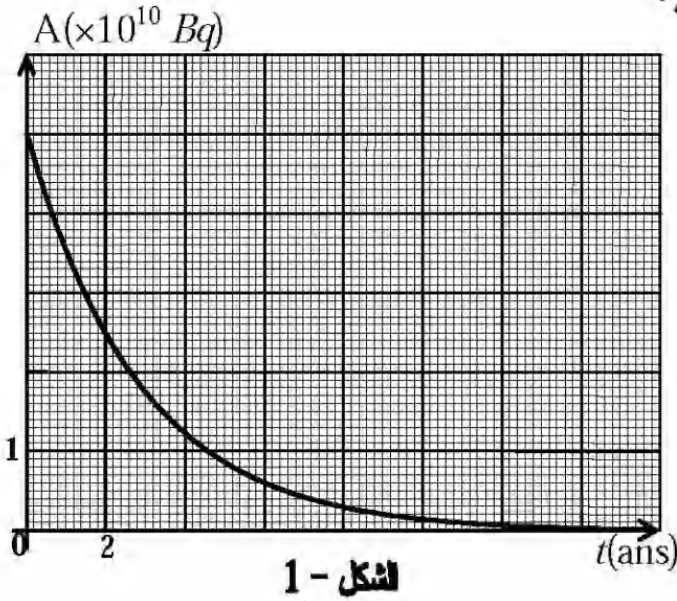
$$-\lambda t = \ln \frac{m}{m_0}$$

$$-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t = \ln \frac{m}{m_0} \rightarrow t = - \frac{\ln \left(\frac{m}{m_0} \right)}{\ln 2} \cdot t_{1/2}$$

$$t = - \frac{\ln \left(\frac{0,4}{4} \right)}{\ln 2} \times 0,5 = 1,66 \text{ ans}$$

التمرين (19): (بكالوريا 2014 - علوم تجريبية) (التمرين : 043 في بنك التمارين على الموقع) (**)

منبع مشع يحتوي على نظير السيزيوم ^{134}Cs المشع لـ: β^- .



الشكل - 1

(1) عرّف ما يلي:

- النظير المشع.

- الإشعاع β^- .

(2) اكتب معادلة النشاط الإشعاعي للسيزيوم ^{134}Cs .

(3) من إحدى الموسوعات العلمية الخاصة بالبحث العلمي

في الفيزياء النووية تم استخراج المنحنى $A = f(t)$

(الشكل-1) والذي يعبر عن تطور النشاط الإشعاعي A

لمنبع مشع من السيزيوم 134 مماثل للمنبع السابق

كتلته m_0 .

أ- استنتج من المنحنى قيمة النشاط الإشعاعي A_0 في اللحظة $t = 0$.

ب- ما هي قيمة النشاط الإشعاعي في اللحظة $t = \tau$ ؟ استنتج قيمة ثابت الزمن τ .

ج- بين أن نصف العمر لنظير السيزيوم $^{134}_{55}\text{Cs}$ يعطى بالعلاقة: $t_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$ واحسب قيمته.

د- احسب كتلة العينة m_0 ثم بين أن الكتلة المتفككة $m'(t)$ من السيزيوم 134 تعطى بالعلاقة:

$$m'(t) = m_0(1 - e^{-\lambda t})$$

هـ- مثل كيفاً تطور الكتلة $m'(t)$ بدلالة الزمن t .

العنصر	Xe	Cs	Ba	La
Z	54	55	56	57

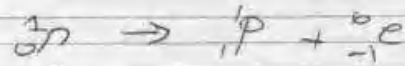
يعطى الجدول المقابل والمستخرج من الجدول الدوري:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

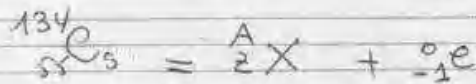
الأجوبة :

1- التعاريف :

- التضمير المنتع هو كل نظير غير مستقر يتفكك تلقائياً ليعطي جسيمات α أو β^- أو انشعاع كهرومغناطيسي γ .
- الانشعاع β^- ، يقصد به الجسيم β^- وهو عبارة عن إلكترون منبعث من نواة مشعة نتيجة تحول نرون إلى بروتون وفق المعادلة :



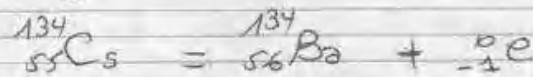
2- معادلة التفاعل :



حسب قانوني الانحفاظ :

$$134 = A + 0 \rightarrow A = 134$$

$$55 = Z - 1 \rightarrow Z = 56$$

اذن النواة $^{134}_{56}\text{Ba}$ هي $^{134}_{56}\text{Ba}$ ومنه المعادلة تصبح :3- P- قيمة A_0 :

من البيانات :

$$A_0 = 5 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

ب- قيمة A عند $t = \tau$:

حسب قانون التناقص الأسعالي :

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

$$t = \tau \rightarrow A = 5 \cdot 10^{10} e^{-\frac{\tau}{\tau}} = 5 \cdot 10^{10} e^{-1} = 1,84 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

4- قيمة τ :

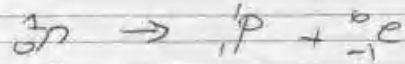
$$t = \tau \rightarrow A = 1,84 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

الاستنتاج :

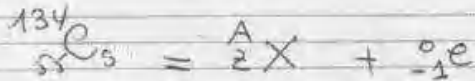
$$\tau = 1,45 \times 2 = 2,9 \text{ ans}$$

1- التعريف :

- التضمير المشع هو كل تظير غير مستقر يتفكك تلقائياً ليعطي جسيمات α أو β^- أو انشعاع كهرومغناطيسي γ .
 - الانشعاع β^- ، يقصد به الجسيم β^- وهو عبارة عن إلكترون منبعث من نواة مشعة نتيجة تحول نوترون إلى بروتون وفقاً لمعادلة :



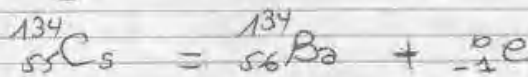
2- معادلة التفاعل :



حسب قانوني الانحفاظ :

$$134 = A + 0 \rightarrow A = 134$$

$$55 = Z - 1 \rightarrow Z = 56$$

اذن النواة ${}^A_Z\text{X}$ هي ${}^{134}_{56}\text{Ba}$ ومنه لمعادلة تصبح :3- P- قيمة A_0 :

من البيانات :

$$A_0 = 5 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

ب- قيمة A عند $t = \tau$:حسب قانون التناقص الاستعالي 2 : $A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$t = \tau \rightarrow A = 5 \cdot 10^{10} e^{-\frac{\tau}{\tau}} = 5 \cdot 10^{10} e^{-1} = 1,84 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

قيمة τ :

$$t = \tau \rightarrow A = 1,84 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

الاستعالي 2 :

$$\tau = 1,45 \times 2 = 2,9 \text{ ns}$$

حالات $t_{1/2} = \tau \ln 2$ لدينا ما سبق

حسب تعريف $t_{1/2}$: $A = A_0 e^{-t/\tau}$

بالتعويض : $t = t_{1/2} \rightarrow N = \frac{N_0}{2} \rightarrow A = \frac{A_0}{2}$

$\frac{A_0}{2} = A_0 e^{-\frac{t_{1/2}}{\tau}} \rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\frac{t_{1/2}}{\tau}}$

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

د- كتلة العينة : $\frac{N_0}{N_A} = \frac{m_0}{M} \rightarrow m_0 = \frac{M \cdot N_0}{N_A}$ ولدنيا

$A_0 = \lambda N_0 \Rightarrow \frac{N_0}{\tau} \rightarrow N_0 = \tau A_0$ يصبح

$m_0 = \frac{M \cdot A_0 \cdot \tau}{N_A}$

$m_0 = \frac{134 \times 5 \times 10^{10} \times 2.9 \times 365 \times 24 \times 3600}{6.02 \times 10^{23}} \approx 10^{-3} \text{ g} = 1 \text{ mg}$

هـ- اثبات $m = m_0(1 - e^{-\lambda t})$

في اللحظة $t=0$ تكون كتلة العينة هي m_0 وعند اللحظة t تبقى في العينة كتلة $m(t)$ دون تفكك ، اذا كانت $m'(t)$ هي كتلة العينة المتفككة تكون :

$m'(t) = m_0 - m(t) \quad (*)$

حسب قانون التناقص الاشعاعي :

$$N_{(Cs)} = N_{0(Cs)} e^{-\lambda t}$$

و لدينا :

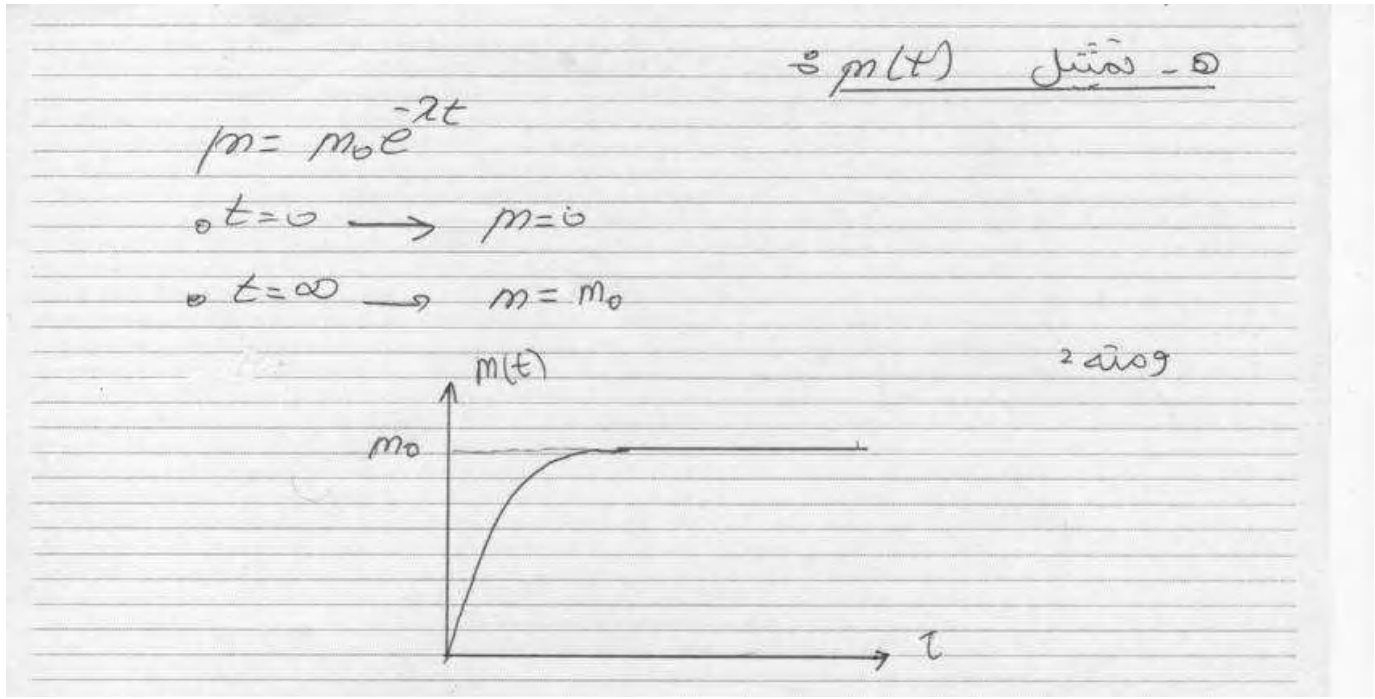
$$\frac{N_{(Cs)}}{N_A} = \frac{m_{(Cs)}}{M(Cs)} \rightarrow N_{(Cs)} = \frac{N_A}{M(Cs)} m_{(Cs)} , \quad N_{0(Cs)} = \frac{N_A}{M(Cs)} m_{0(Cs)}$$

و منه :

$$\frac{N_A}{M(Cs)} m_{(Cs)} = \frac{N_A}{M(Cs)} m_{0(Cs)} e^{-\lambda t} \rightarrow m = m_0 e^{-\lambda t}$$

و هي عبارة كتلة العينة غير المتفككة ، بالتعويض في العلاقة (*) :

$$m = m_0 - m_0 e^{-\lambda t} \rightarrow m' = m_0(1 - e^{-\lambda t})$$



التمرين (20): (بكالوريا 2008 - رياضيات) (التمرين : 026 في بنك التمارين 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 (${}^A_Z Po$) و التي تتفكك إلى نواة الرصاص (${}^{206}_{82} Pb$) و تصدر جسيما α .
 أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك نواة النظير (${}^A_Z Po$) ثم استنتج قيمتي Z و A .
- 2/ ليكن N_0 عدد الأنوية المشعة الموجودة في عينة من النظير (${}^A_Z Po$) في اللحظة $t = 0$ ، $N(t)$ عدد الأنوية المشعة غير المتفككة الموجودة فيها في اللحظة t .
 باستخدام كاشف لإشعاعات (α) مجهز بعدد 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 : $-\ln \frac{N(t)}{N(t_0)} = f(t)$.

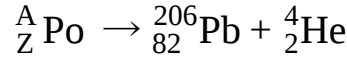
يعطى سلم الرسم : على محور الفواصل : $1 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ jours}$ ، على محور الترتيب : $1 \text{ cm} \rightarrow 0.1$.
 ج/ أكتب قانون التناقص الإشعاعي و هل يتوافق مع البيان السابق . برر إجابتك .

د/ انطلاقا من البيان ، استنتج قيمة λ ، ثابت التفكك (ثابت الإشعاعي) المميز للنظير ${}^A_Z Po$.
 هـ/ أعط عبارة زمن نصف عمر ${}^A_Z Po$ و احسب قيمته .

الأجوبة :

- 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 .

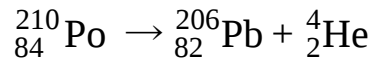
ب- معادلة التفاعل :



بتطبيق قانوني الانحفاظ :

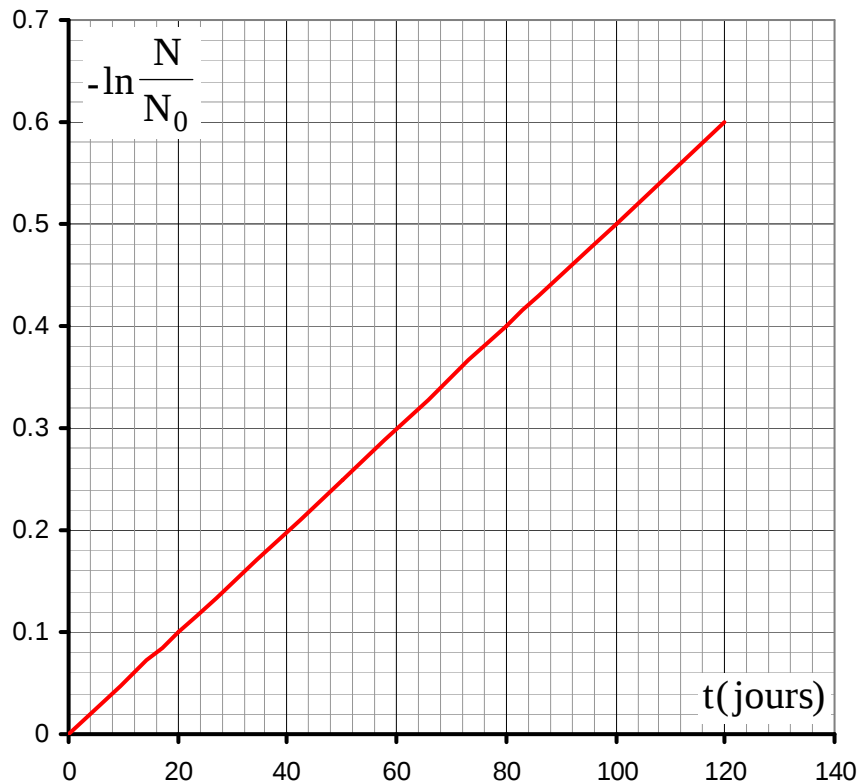
$$A = 206 + 4 = 210$$

$$Z = 82 + 2 = 84$$

إذن النواة هي ${}^{210}_{84}\text{Po}$ و المعادلة تصبح كما يلي :

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

ب- البيان $-\ln \frac{N}{N_0} = f(t)$:

ج- قانون التناقص الإشعاعي و موافقته مع البيان :
لدينا قانون التناقص الإشعاعي :

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

العلاقة من الشكل $-\ln \frac{N}{N_0} = a t$ و هي توافق البيان الذي عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ .

د- تعيين قيمة λ من البيان :

البيان عبارة عن مستقيم معادلته من الشكل :

$$-\ln \frac{N}{N_0} = a t$$

حيث a ميل هذا المستقيم .

نظريا و حسب قانون التناقص الإشعاعي تحصلنا سابقا على العلاقة :

$$-\ln \frac{N}{N_0} = \lambda t$$

بمطابقة العلاقتين نجد :

$$\lambda = a$$

من البيان :

$$a = \tan \alpha = \frac{0.60 - 0}{120 - 0} = 5.10^{-3} \rightarrow \lambda = 5.10^{-3} \text{ jours}^{-1}$$

هـ- عبارة زمن نصف عمر Po و قيمته :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{5.10^{-3}} = 138.6 \text{ jours}$$

التمرين (21) : (التمرين : 079 في بنك التمارين على الموقع) (**))

نظير الصوديوم $^{24}_{11}\text{Na}$ نشاط إشعاعي حيث يتفكك إلى مغزنيوم $^{24}_{12}\text{Mg}$ ، لدينا في اللحظة $t = 0$ عينة من النظير $^{24}_{11}\text{Na}$ كتلتها m_0 .

1- أ- اذكر ثلاث خصائص لظاهرة التفكك النووي الطبيعي (النشاط الإشعاعي الطبيعي) .

ب- أكتب معادلة تفكك الصوديوم $^{24}_{11}\text{Na}$ مبينا نمط التفكك .

ج- هل يمكن للنواة $^{24}_{11}\text{Na}$ أن تتفكك وفق النمط α . علل .

2- المنحنيان الممثلان في الشكل المقابل يمثلان تغيرات عدد أنوية $^{24}_{11}\text{Na}$ و عدد أنوية $^{24}_{12}\text{Mg}$ بدلالة الزمن .

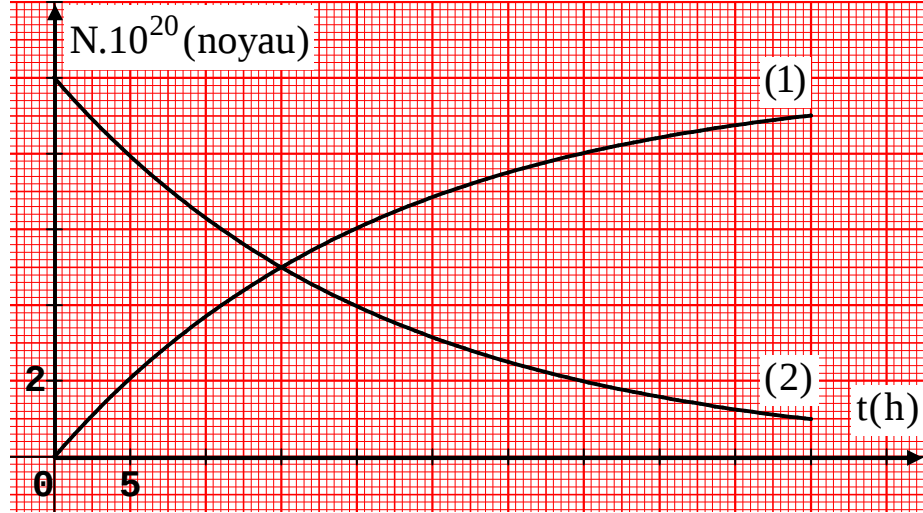
أ- أي المنحنيين يمثل تغيرات عدد أنوية $^{24}_{11}\text{Na}$ و أيهما يمثل تغيرات عدد أنوية $^{24}_{12}\text{Mg}$ مع التعليل .

ب- ما هو المقدار الذي تمثله لحظة تقاطع المنحنيين مع التعليل ، عرفه و حدد قيمته من البيان .

ج- أحسب قيمة الكتلة الابتدائية m_0 للنظير $^{24}_{11}\text{Na}$ و كذا النشاط الابتدائي A_0 .

3- لتعيين حجم الدم في أرنب نحضر من العينة السابقة محلول يحتوي على نظير الصوديوم المشع $^{24}_{11}\text{Na}$ ، نحقن الأرنب بـ 1.0 mL من هذا المحلول حيث يقدر النشاط الابتدائي لهذه الحقنة بـ $A_0 = 2 \cdot 10^3 \text{ Bq}$ ، تركنا الأرنب

يستريح لمدة خمس ساعات ثم نزعنا عينة من دمه و قسنا نشاط 1.0 mL منه فوجدناه يساوي $A_1 = 8 \text{ Bq}$. نعتبر كمية النظير $^{24}_{11}\text{Na}$ محفوظة في الدم و موزعة فيه بانتظام .
 أ- أحسب A_2 نشاط محتوى الحقنة بعد 5 ساعات من لحظة الحقن .
 ب- أحسب حجم الدم في الأرنب .

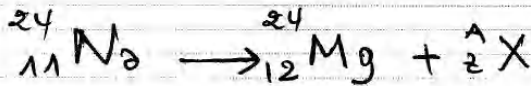


الأجوبة :

1- 2- ثلاث خصائص لمُظهرة التفتك النووي :

- تلقائي
- عشوائي
- آلي

3- معادلة التفتك :

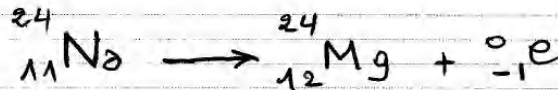


وسب قانوني الاحتفاظ :

$$24 = 24 + A \rightarrow A = 0$$

$$11 = 12 + Z \rightarrow Z = -1$$

اذن ^A_ZX هو $^0_{-1}\text{e}$ ومنه التفتك من النمط β^- والمعادلة تكون كمايلي :



ج- لا يمكن لبؤاة الصوديوم أن تفتك وفق النمط α لان التفتك α يخص الانوية الثقيلة والنواة $^{24}_{11}\text{Na}$ ليست كذلك .

2- 3- امكنني اموافق لكل نواة :

اثناء تفتك $^{24}_{11}\text{Na}$ ونحولها الى $^{24}_{12}\text{Mg}$ يتناقص عدد انوية $^{24}_{11}\text{Na}$ ويزداد عدد انوية $^{24}_{12}\text{Mg}$ وعليه :

المنحنى (1) $\leftarrow N(Mg)$ المنحنى (2) $\leftarrow N(Na)$

ب- المقدار الذي تمثله نقطة التقاطع :

$$N(Na) + N(Mg) = N_0(Na) \quad \text{لدينا}$$

عند نقطة التقاطع يكون $N(Na) = N(Mg)$ ومنه

$$N(Na) + N(Na) = N_0(Na)$$

$$2 N(Na) = N_0(Na) \rightarrow N(Na) = \frac{N_0(Na)}{2}$$

وهذا يتفق مع تعريف زمن نصف العمر $t_{1/2}$ ، إذن نقطة تقاطع المنحنيين تمثل زمن نصف عمر النواة ^{24}Na

- تعريف زمن نصف العمر : هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الانوية الابتدائية

- قيمة $t_{1/2}$:

$$t_{1/2} = 15 \text{ h} \quad \text{باسقاط نقطة التقاطع :}$$

- قيمة m_0 :

$$N_0(^{24}Na) = 5 \times 2 \cdot 10^{20} = 10^{21} \text{ noyaux} \quad \text{من البيانات :}$$

$$\frac{m_0}{M} = \frac{N(^{24}Na)}{N_A} \rightarrow m_0 = \frac{M \cdot N_0(^{24}Na)}{N_A} \quad \text{ولدينا}$$

$$m_0 = \frac{24 \times 10^{21}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,04 \text{ g} = 40 \text{ mg}$$

- قيمة A_0 :

$$A_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} N_0(^{24}Na)$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{15 \times 3600} \cdot 10^{21} = 1,28 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$$

3- نشاط الحفنة بعد 5 ساعات :

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$$

$$A = 2 \cdot 10^3 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{15} \cdot 5} = 1,59 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$$

ب- حجم دم الأرنب :
بعد 5 ساعات وجدنا $A = 159.1089$ وهي القيمة النظرية التي
من المفترض أن تكون في دم الأرنب كله وعندما سحبنا
1ml من دم الأرنب وجدنا $A_1 = 889$ إذن :

$$\begin{cases} 1\text{ml (دم)} \longrightarrow 889 \\ V \text{ (دم)} \longrightarrow 159.1089 \end{cases}$$

$$V = \frac{159.1089 \cdot 10^3}{8} \approx 200\text{ml} \quad (\text{وحجم دم الأرنب})$$

التمرين (22) : (بكالوريا 2016 - علوم تجريبية) (التمرين : 053 في بنك التمارين على الموقع) (**)

البلوتونيوم Pu عنصر مُشع، نادر الوجود في الطبيعة، يتم اصطناع أحد نظائره $^{241}_{94}Pu$ في المفاعلات النووية بقذف

نواة يورانيوم $^{238}_{92}U$ بنيترونات. يُمَدَّج هذا التحول بتفاعل ذي المعادلة: $^{238}_{92}U + x \text{ } ^1_0n \rightarrow ^{241}_{94}Pu + y \beta^-$

1- عَرِّف ما يلي: النظائر، النواة المشعة، جسيمات β^- .

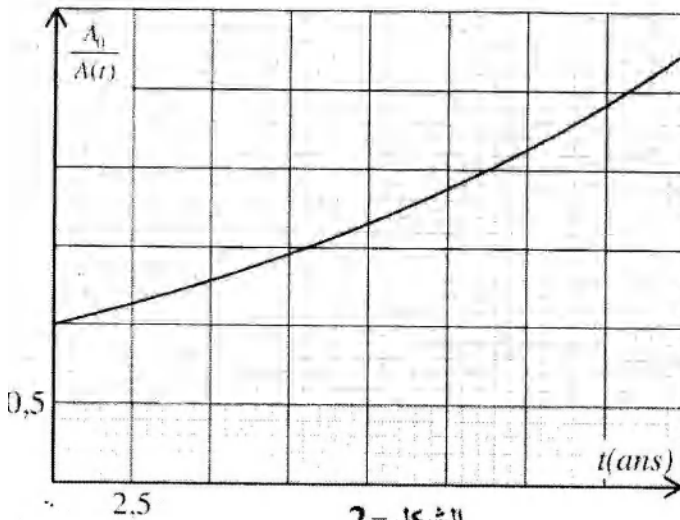
2- جد قيمة كل من x و y بتطبيق قانوني الإنحفاظ.

3- تتفكك نواة البلوتونيوم $^{241}_{94}Pu$ تلقائياً معطية نواة أميريكيوم $^{241}_{95}Am$ وجسيمات β^- .

اكتب معادلة التفكك المنمذج لهذا التحول النووي، وعين قيمة كل من A و Z .

4- قياس نشاط عينة من هذا النظير $^{241}_{94}Pu$ ، مكننا من رسم بيان تغيرات النسبة $\frac{A_0}{A(t)}$ بدلالة الزمن t $f(t) = \frac{A_0}{A(t)}$

في اللحظة t ، A_0 يمثل نشاط العينة في اللحظة $t = 0$. الشكل-2.



أ. اكتب عبارة النسبة $\frac{A_0}{A(t)}$ بدلالة λ و t حيث:

λ ثابت التفكك.

ب. حدّد من البيان قيمة $t_{1/2}$ نصف عمر $^{241}_{94}Pu$

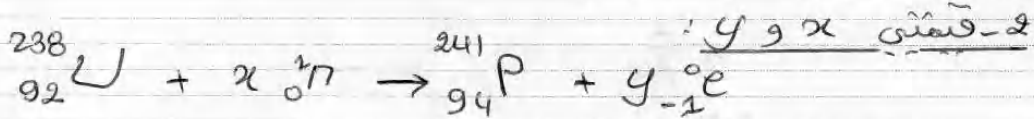
واستنتج عندئذ قيمة λ .

ج. مثل كيفياً البيان: $\frac{A(t)}{A_0} = g(t)$.

الأجوبة :

1- التعاريف :

- النواة : هي أفراد كيميائية لنفس العنصر الكيميائي تختلف في العدد الذري Z وتختلف في العدد الكتلي A .
- النواة المشعة : هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائياً لتعطي نواة أكثر استقراراً.
- المسيمات β^- : هي عبارة عن إلكترونات ناتجة من تحول بروتونات إلى بروتونات.

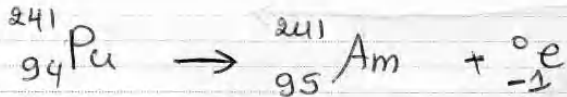


حسب قانوني الانحفاظ :

$$238 + \alpha = 241 \rightarrow \alpha = 3$$

$$92 = 94 - \gamma \rightarrow \gamma = 2$$

ومنه المعادلة تصبح :

4- معادلة $\frac{A_0}{A}$ بدلالة t :

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

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

ب- قيمة C_0 :

$$t = t_{1/2} \text{ عند اللحظة } \left(\frac{A}{A_0} \right)_{t_{1/2}}$$

- من المعادلة السابقة نكتب :

$$\frac{A_0}{A} = e^{\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$$

$$t = t_{1/2} \rightarrow \left(\frac{A_0}{A} \right)_{t_{1/2}} = e^{\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t_{1/2}} = e^{\ln 2} \rightarrow \left(\frac{A_0}{A} \right)_{t_{1/2}} = 2$$

بالاستقار في البيان نجد :

$$t_{r2} = 5,5 \times 2,5 = 13,75 \text{ ans}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{r2}} = \frac{\ln 2}{13,75} = 0,05 \text{ ans}^{-1} \quad \text{قيمة } \lambda$$

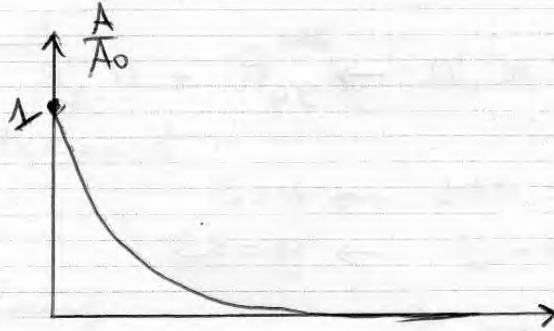
حـ تمثيل البيان $\frac{A}{A_0} = g(t)$

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

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

$$t=0 \rightarrow \frac{A}{A_0} = 1$$

$$t=\infty \rightarrow \frac{A}{A_0} = 0$$

**التمرين (23) : (التمرين : 067 في بنك التمارين على الموقع) (**)**

إن الأغذية التي نتناولها تحمل لنا البوتاسيوم المشع $^{40}_{19}\text{K}$ الذي يعتبر المصدر الأساسي للنشاط الإشعاعي لجسم الإنسان ، ثابت تفكك البوتاسيوم 40 هو $\lambda = 1.7 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1}$.

1- أكتب معادلة تفكك نواة البوتاسيوم $^{40}_{19}\text{K}$ علما أن تفككها من النمط β^- وتعطي نواة الكالسيوم $^{40}_{20}\text{Ca}$.

2- إذا علمت أن علبة شوكولاتة تحتوي عند اللحظة $t = 0$ على $44 \mu\text{g}$ بوتاسيوم ، أحسب عدد أنوية $^{40}_{19}\text{K}$ التي تحتويها $44 \mu\text{g}$ من البوتاسيوم عند هذه اللحظة .

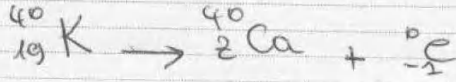
3 - عين نشاطها الإشعاعي عند اللحظة $t = 0$ مقدرا بالبيكريل (Bq) . و ما هو عدد الجسيمات β^- المنبعثة من علبة الشوكولاتة مدة ساعة من الزمن ؟ بفرض أن النشاط يبقى ثابتا خلال ساعة باعتبار أن فترة نصف العمر لهذا العنصر المشع أكبر بكثير من ساعة .

4 - إن تعرض شخص وزنه 70Kg لأكثر من 10^{15} من الجسيمات β^- مدة ساعة يمكن أن يعرضه لمخاطر بيولوجية أكيدة . هل استهلاك علبة شوكولاتة يمكن أن يسبب مثل هذه المخاطر من وجهة نظر النشاط الإشعاعي طبعا ؟

$$\text{يعطى : } N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$$

الأجوبة :

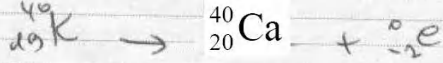
1- معادلة التفاعل



وحسب قانوني الحفظ :

$$19 = Z - 1 \rightarrow Z = 20$$

ومنه المعادلة تصبح :

2- عدد انوية ${}_{19}^{40}\text{K}$ في 44g من اليوتاسيوم :

$$\frac{m}{M} = \frac{N_0}{N_A} \rightarrow N_0 = \frac{N_A \times m}{M}$$

$$N_0 = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 44 \times 10^{-4}}{40} = 6,62 \times 10^{17}$$

3- السنتاط الاشتعاعي الابتدائي لعينة الشكلاط :

$$A_0 = 2N_0$$

$$A_0 = 1,4 \times 10^{14} \times 6,62 \cdot 10^{17} = 11,25 \text{ Bq}$$

- العدد المتوسط للجسيمات B^- المنبعثة من عينة الشكلاط مرآ ساعة :بما أن A ثابت خلال ساعة يكون عدد الجسيمات B^- المنبعثة خلال ساعة (3600s) هو :

$$N(B^-) = A \times \Delta t$$

$$N(B^-) = 11,26 \times 3600 = 40500$$

4- امكانية تشكل خطر بسبب أكل عينة الشكلاط :

نلاحظ أن عدد الجسيمات B^- التي يتعرض لها شخص وزنه 70kg

من عينة الشكلاط هو 40500 ، هذا العدد بعيد كل

البعد عن عدد الجسيمات B^- المتسببة للخطر البيولوجيوالمقدر بـ (10^5) ، إذن استهلاك الشكلاط لا يسبب

خطر بيولوجي .

التمرين (24) : (التمرين : 086 في بنك التمارين على الموقع) (**)

أصبح الطب النووي من بين أهم الاختصاصات في عصرنا الحالي. فهو يستعمل في تشخيص الأمراض وفي العلاج من بين التقنيات المعتمدة العلاج بالإشعاع النووي (Radiothérapie) ، يستعمل الإشعاع النووي في تدمير الأورام السرطانية . حيث يقذف الورم المصاب بالإشعاع المنبعث من الكوبالت ${}_{27}^{60}\text{Co}$. يفسر النشاط الإشعاعي لنواة

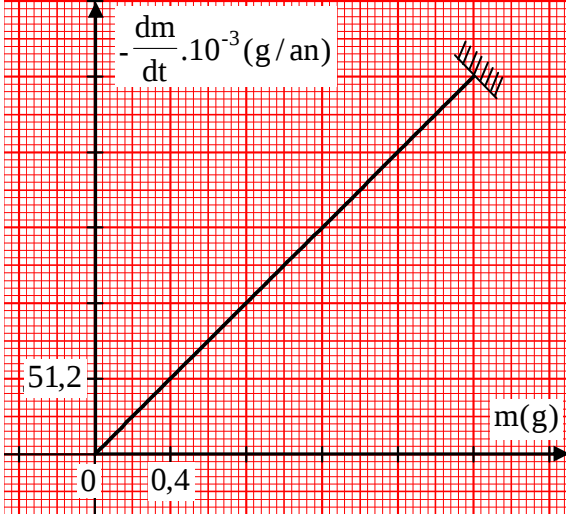
الكوبالت ${}_{27}^{60}\text{Co}$ بتحول النوترون ${}_0^1\text{n}$ الى بروتون ${}_1^1\text{p}$

1- حدد معطى جوابك نمط النشاط الإشعاعي لنواة الكوبالت.

2- أكتب معادلة التفكك النووي و تعرف على النواة الناتجة من بين النواتين ${}_{26}^{60}\text{Fe}$ ، ${}_{28}^{60}\text{Ni}$.3- أكتب المعادلة التفاضلية التي تخضع لها كتلة الأنوية غير المتفككة $m(t)$ للكوبالت .

- 4- بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي بين أنه يمكن التعبير عن كتلة الكوبالت غير المتفككة في لحظة t بالعلاقة $m = m_0 e^{-\lambda t}$ ، حيث m_0 هي كتلة عينة الكوبالت الابتدائية (عند اللحظة $t = 0$) .
- 5- أثبت أن المعادلة $m = m_0 e^{-\lambda t}$ هي حل للمعادلة التفاضلية السابقة .

6- نمثل $\frac{dm}{dt} = f(m)$ ، حيث m هي كتلة الكوبالت غير المتفككة فنحصل على البيان (الشكل)



باستغلال هذا البيان استنتج ثابت التفكك λ ، زمن نصف العمر $t_{1/2}$ ، كتلة الكوبالت الابتدائية m_0 .

7- تصبح عينة الكوبالت غير فعالة عندما يصبح : $\frac{A(t)}{A_0} = 0,25$ ،

حيث $A(t)$ نشاط عينة الكوبالت عند اللحظة t و A_0 نشاط العينة عند اللحظة الابتدائية :

أ- أحسب قيمة النشاط الابتدائي A_0 عند اللحظة $t = 0$.

ب- حدد المدة الزمنية التي يجب فيها تزويد المستشفى بعينة جديدة من الكوبالت $^{60}_{27}\text{Co}$.

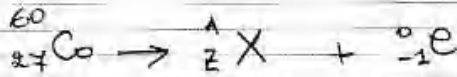
يعطى : الكتلة المولية للكوبالت : $M(\text{Co}) = 60 \text{ g/mol}$ و $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ ، $1\text{an} = 365.25 \text{ jours}$.

الأجوبة :

1- لمط النشاط الإشعاعي : هو B^- لأن تحول النيوترون 1_0n إلى بروتون 1_1p ينتج عنه إلكترون سالب (B^-) وفق المعادلة :



2- معادلة التفاعل النووي :

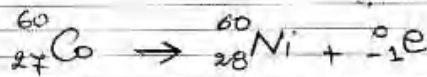


حسب قانوني الانحفاظ :

$$60 = A + 0 \rightarrow A = 60$$

$$27 = Z - 1 \rightarrow Z = 28$$

اذن ^A_ZX هو $^{60}_{28}\text{Ni}$ و المعادلة هي :



3- المعادلة التفاضلية بدلالة $m(t)$:

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

لدينا :

$$A = \lambda N$$

ولدينا :

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

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N_A}{M} \frac{dm}{dt}$$

ومنه

$$\bullet A = - \frac{N_A}{M} \frac{dm}{dt} \quad \text{----- (1)}$$

$$\bullet A = \lambda \frac{N_A}{M} m \quad \text{----- (2)}$$

من (1) و (2) :

$$\lambda \frac{N_A}{M} m = - \frac{N_A}{M} \frac{dm}{dt}$$

$$\frac{dm}{dt} + \lambda m = 0$$

$$4- \text{إثبات } m = m_0 e^{-\lambda t}$$

حسب قانون التناقص الإشعاعي :

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

لدينا سابقا $N = \frac{N_A}{M} m$ ومنه

$$\frac{N_A}{M} m = \frac{N_A}{M} m_0 e^{-\lambda t} \rightarrow m = m_0 e^{-\lambda t}$$

5- إثبات أن $m = m_0 e^{-\lambda t}$ هو حل للمعادلة التفاضلية :

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

$$\bullet \frac{dm}{dt} = - \lambda m_0 e^{-\lambda t}$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية :

$$- \lambda m_0 e^{-\lambda t} + \lambda m_0 e^{-\lambda t} = 0 \rightarrow 0 = 0$$

إذاً الحل المقترح هو فعلاً حل للمعادلة التفاضلية .

6- قيمة λ :- بيانياً المنحنى $-\frac{dm}{dt} = f(m)$ هو مستقيم يمر من مبدأ معادلتها :

$$-\frac{dm}{dt} = \lambda m$$

- نظرياً ومن المعادلة التفاضلية :

$$-\frac{dm}{dt} = \lambda m$$

$$\lambda = \theta$$

بالطريقة :

من البيانات :

$$\theta = \frac{5 \times 51,2 \cdot 10^{-3}}{5 \times 0,4} = 0,128$$

$$\lambda = 0,128$$

إذن :

- قيمة m_0
 للمنحنى قيمة جردية وعندما تنسقط هذه القيمة الجردية على محور
 الكتلة m نحصل على القيمة الأعظمية للكتلة والتي تكون عند $t=0$
 إذن:

$$m_0 = 5 \times 0,4 \rightarrow m_0 = 2 \text{ g}$$

7- قيمة A_0 :

$$A_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{t_{r2}} \cdot N_0$$

و جردنا سابقاً : $N_0 = \frac{N_A}{M} m_0$ ومنه يصبح :

$$A_0 = \frac{\ln 2}{t_{r2}} \cdot \frac{N_A}{M} m_0$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{5,4 \times 365,25 \times 24 \times 3600} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{60} \cdot 2 = 8 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

ب- اطرة الزمنية التي يبرود فيها الطينسقي بعينه أخرى :

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

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow e^{-\lambda t} = 0,25 \rightarrow -\lambda t = \ln 0,25$$

$$-\frac{\ln 2}{t_{r2}} t = \ln 0,25 \rightarrow t = -\frac{\ln 0,25}{\ln 2} \cdot t_{r2}$$

$$t = -\frac{\ln 0,25}{\ln 2} \times 5,4 = 10,8 \text{ ans}$$

التمرين (25): (التمرين : 109 في بنك التمارين على الموقع) (**)

يتطرق هذا التمرين إلى مخاطر الإشعاع النووي كما يتطرق إلى تفاعلين مشهورين في المجال النووي و هما
 الاندماج و الانشطار النوويين و كذا الطاقة الشمسية .

1- مخاطر الإشعاع النووي :

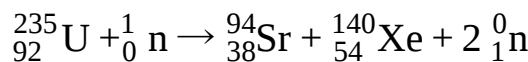
تسببت حادثة تشورنوبيل سنة 1986 في تلويث الأرض و الغلاف الجوي بسبب زيادة تركيز العناصر المشعة مثل

السيزيوم $^{134}_{55}\text{Cs}$ و $^{137}_{55}\text{Cs}$ ، نصف عمر $^{134}_{55}\text{Cs}$ هو 2 ans و نصف عمر $^{137}_{55}\text{Cs}$ هو 30 ans .

- حدد النظير المشع للسيزيوم الناجم عن هذه الحادثة الذي مازال يتواجد إلى يومنا هذا (سنة 2021) ؟ علل

2- الانشطار النووي :

يحدث في المفاعلات النووية تفاعل انشطار اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ ، حيث يتم قذفه ببترون بطيء حسب المعادلة :



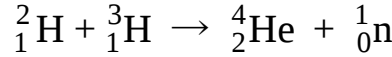
▪ الطاقة المحررة من هذا التفاعل هي : $E_{\text{lib}} = 181,36 \text{ MeV}$.

▪ تتزود غواصة بالطاقة الناتجة عن هذا الانشطار في مفاعلها الذي يقدم استطاعة $P = 25 \text{ MW}$ بمردود قدره 30% ، تستهلك هذه الغواصة كمية من أكسيد اليورانيوم $^{235}\text{UO}_2$ كتلتها $m = 2,27 \text{ kg}$ للقيام بمهمة .

- أحسب عدد الأيام التي استهلك فيها هذه الكمية من أكسيد اليورانيوم $^{235}\text{UO}_2$. يعطى : $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$

3- الاندماج النووي :

مستقبل الطاقة النظيفة في العالم هو اندماج الديتريوم ${}^2_1\text{H}$ مع التريتيوم ${}^3_1\text{H}$ وفق المعادلة :

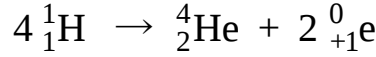


الطاقة المحررة من هذا التفاعل هي : $E_{\text{lib}} = 17,55 \text{ MeV}$. أحسب بالجول الطاقة المحررة من مزيج متساوي

الأنوية من ${}^2_1\text{H}$ و ${}^3_1\text{H}$ كتلته : $m = 1 \text{ kg}$.

4- الطاقة الشمسية :

تحدث في الشمس تحولات نووية ترجع أساسا إلى الهيدروجين و ذلك وفق المعادلة التالية :



- الطاقة E'_{lib} المحررة عن هذا التحول هي : $E_{\text{lib}} = 24,70 \text{ MeV} = 3,95 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

- علما أن الطاقة المحررة كل سنة من طرف الشمس نتيجة هذا التحول هي $E_s = 10^{34} \text{ J}$. استنتج عدد السنوات

اللازمة لاستهلاك كل الهيدروجين الموجود في الشمس باعتبار كتلة الهيدروجين ${}^1_1\text{H}$ تمثل 10% من كتلة الشمس

المعطيات :

▪ عدد أفوادر : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

▪ كتلة الشمس : $m_s = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

▪ $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.

الأجوبة :**1- مخاطر الإشعاع النووي :**

النظير الذي يتواجد في يومنا هذا :

يتوقف نشاط عينة مشعة بعد مدة زمنية قدرها $t_f = 7 t_{1/2}$ و عليه :

$$\bullet t_f ({}^{134}\text{Cs}) = 7 \cdot 2 = 14 \text{ ans}$$

و عليه يتوقف نشاط ${}^{134}\text{Cs}$ سنة :

$$1986 + 14 = 2000$$

أي يتوقف نشاط ${}^{134}\text{Cs}$ سنة 2000 ميلادي و بالتالي هو غير موجود يومنا هذا .

$$\bullet t_f ({}^{137}\text{Cs}) = 7 \cdot 30 = 210 \text{ ans}$$

و عليه يتوقف نشاط ${}^{137}\text{Cs}$ سنة :

$$1986 + 210 = 2196$$

أي يتوقف نشاط ${}^{134}\text{Cs}$ سنة 2196 ميلادي ، و بالتالي هو موجود يومنا هذا .

2- الانشطار النووي :

المدة التي استهلكت فيها كمية أكسيد اليورانيوم :

نحسب عدد الانشطارات التي تحدث عند استهلاك الكتلة m و المساوية لعدد جزيئات UO_2 في هذه الكتلة .

$$\frac{N_{\text{Réc}}}{N_A} = \frac{m}{M(\text{UO}_2)} \rightarrow N_{\text{Réc}} = \frac{N_A \cdot m}{M(\text{UO}_2)}$$

$$N_{\text{Réc}} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2,27 \cdot 10^3}{(235 + (2 \cdot 16))} = 5,12 \cdot 10^{24}$$

- نحسب الطاقة المحررة الكلية E_{libT} من انشطار الكتلة m :

$$E_{\text{libT}} = N_{\text{Réc}} \cdot E_{\text{lib}}$$

$$E_{\text{libT}} = 5,12 \cdot 10^{24} \cdot 181,36 = 9,29 \cdot 10^{26} \text{ MeV} = 1,49 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

- نحسب الاستطاعة النووية :

$$\rho = \frac{P}{P_0} \cdot 100 \rightarrow P_0 = \frac{P \cdot 100}{\rho} \rightarrow P_0 = \frac{25 \cdot 10^6 \cdot 100}{30} = 8,33 \cdot 10^7 \text{ W}$$

من جهة أخرى :

$$P_0 = \frac{E_{\text{libT}}}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{1,49 \cdot 10^{14}}{8,33 \cdot 10^7} = 1,79 \cdot 10^6 \text{ s} \approx 20,7 \text{ jours}$$

3- الانشطار النووي :

الطاقة المحررة من مزيج متساوي الأنوية من ${}^2_1\text{H}$ ، ${}^3_1\text{H}$ كتلته $m = 1 \text{ kg}$:

$$m({}^2_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H}) = m \quad \dots\dots\dots (1)$$

لدينا :

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

$$\bullet N = \frac{N_A \cdot m({}^2_1\text{H})}{M({}^2_1\text{H})}$$

$$\bullet N = \frac{N_A \cdot m({}^3_1\text{H})}{M({}^3_1\text{H})}$$

كون أن المزيج متساوي عدد الأنوية :

$$\frac{N_A \cdot m({}^2_1\text{H})}{M({}^2_1\text{H})} = \frac{N_A \cdot m({}^3_1\text{H})}{M({}^3_1\text{H})} \rightarrow \frac{m({}^2_1\text{H})}{M({}^2_1\text{H})} = \frac{m({}^3_1\text{H})}{M({}^3_1\text{H})} \rightarrow \frac{m({}^2_1\text{H})}{2} = \frac{m({}^3_1\text{H})}{3}$$

$$\frac{3}{2} m({}^2_1\text{H}) = m({}^3_1\text{H}) \rightarrow m({}^3_1\text{H}) = 1,5 m({}^2_1\text{H})$$

بالتعويض في (1) :

$$m({}^2_1\text{H}) + 1,5 m({}^2_1\text{H}) = m$$

$$2,5 m({}^2_1\text{H}) = m \rightarrow m({}^2_1\text{H}) = \frac{m}{2,5} = \frac{1 \text{ kg}}{2,5} = 0,4 \text{ kg} = 400 \text{ g}$$

$$m({}^3_1\text{H}) = 1 - 0,4 = 0,6 \text{ kg} = 600 \text{ g}$$

نحسب عدد أنوية ${}^3_1\text{H}$ ، ${}^2_1\text{H}$:

$$\bullet N({}^2_1\text{H}) = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 400}{2} = 1,204 \cdot 10^{26} \text{ noyaux}$$

$$\bullet N({}^3_1\text{H}) = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 600}{3} = 1,204 \cdot 10^{26} \text{ noyaux}$$

نحسب الآن الطاقة المحررة الكلية :

$$E_{\text{libT}} = N_{\text{RéC}} \cdot E_{\text{lib}}$$

حيث أن $N_{\text{RéC}}$ هو عدد تفاعلات الاندماج .

- لدينا في المزيج $1,204 \cdot 10^{26}$ نواة من ${}^2_1\text{H}$ و $1,204 \cdot 10^{26}$ نواة من ${}^3_1\text{H}$ و في كل تفاعل اندماج تستهلك نواة من ${}^2_1\text{H}$ و نواة من ${}^3_1\text{H}$ ، إذن في المزيج يكون عدد تفاعلات الاندماج هو :

$$N_{\text{Réc}} = 1,204 \cdot 10^{26}$$

و عليه :

$$E_{\text{libT}} = 1,204 \cdot 10^{26} \cdot 17,55 = 2,11 \cdot 10^{27} \text{ MeV}$$

4- الطاقة الشمسية :

عدد السنوات اللازمة لاستهلاك كل هيدروجين الشمس :

نحسب الطاقة المحررة عند استهلاك كل هيدروجين الشمس باعتبار كتلة الهيدروجين تمثل 10% من كتلة الشمس ، و لحساب ذلك نحسب أولا عدد أنوية ${}^1_1\text{H}$ في هيدروجين الشمس :

$$m({}^1_1\text{H}) = \frac{10}{100} m_{\text{S}} = \frac{10}{100} \cdot 2 \cdot 10^{30} = 2 \cdot 10^{29} \text{ kg} = 2 \cdot 10^{32} \text{ g} .$$

$$\frac{N({}^1_1\text{H})}{N_{\text{A}}} = \frac{m({}^1_1\text{H})}{M} \rightarrow N({}^1_1\text{H}) = \frac{N_{\text{A}} \cdot m({}^1_1\text{H})}{M({}^1_1\text{H})}$$

$$N({}^1_1\text{H}) = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 10^{32}}{1} = 1,204 \cdot 10^{56} \text{ nouveaux}$$

في كل تفاعل اندماج تستهلك 4 ذرات هيدروجين و عليه عدد التفاعلات النووية عندما يستهلك كل هيدروجين الشمس هو :

$$N_{\text{Réc}} = \frac{N({}^1_1\text{H})}{4} = \frac{1,204 \cdot 10^{56}}{4} = 3,01 \cdot 10^{55}$$

- في كل تفاعل تتحرر طاقة قدرها $E_{\text{lib}} = 24,70 \text{ MeV} = 3,95 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ و عليه الطاقة المحررة الكلية عند استهلاك كل هيدروجين الشمس هي :

$$E_{\text{libT}} = 3,01 \cdot 10^{55} \cdot 3,95 \cdot 10^{-12} = 1,19 \cdot 10^{44} \text{ J}$$

و بما أن الطاقة المحررة من طرف الشمس خلال سنة هي $E_{\text{S}} = 10^{34} \text{ J}$ يكون :

$$1 \text{ an} \rightarrow 10^{34} \text{ J}$$

$$\Delta t \rightarrow 1,19 \cdot 10^{44} \text{ J}$$

و عليه :

$$\Delta t = \frac{1,19 \cdot 10^{44}}{10^{34}} = 1,19 \cdot 10^{10} \text{ ans} \quad (\text{و الله أعلم})$$

**** الأستاذ : فرقاني فارس ****
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذا الملف و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ :

www.sites.google.com/site/faresfergani