سلاسل المنجد - دروس و تمارين

السلسلة 3-05-1

علوم فيزيائية

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 نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
fares_fergani@yahoo.fr

الإصدار : أفريل/2022

العلوم الفيزيائية

سلاسل المنجد في العلوم الفيزيائية – ثالثة ثانوي – الوحدة 05

دراسة تحولات 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 و النظائر :

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

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

- يرمز لنواة العنصر X بالرمز التالي :

$$^{A}_{Z}X$$

A : يدعى العدد الكتلي و يمثل عدد النكليونات (بروتونات + نترونات) في النواة .
Z : يدعى العدد الشحني و يمثل عدد البروتونات في النواة .
- إذا كان N هو عدد النترونات 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 : ${}_1^1H$ ، ${}_1^2H$ (الديتريوم) ، ${}_1^3H$ (التريتيوم) .
- للكلور Cl في الطبيعة نظيرين ، الأول ${}_{17}^{35}Cl$ بنسبة 75% و الثاني ${}_{17}^{37}Cl$ بنسبة 25% .

ملاحظة :

قيمة الكتلة المولية للنظير مساوية للعدد الكتلي A و نكتب :

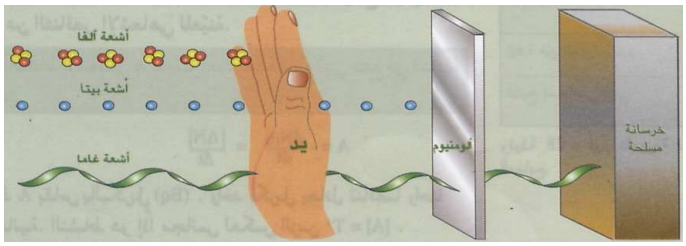
$$M({}_Z^A X) = A\ g/mol$$

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

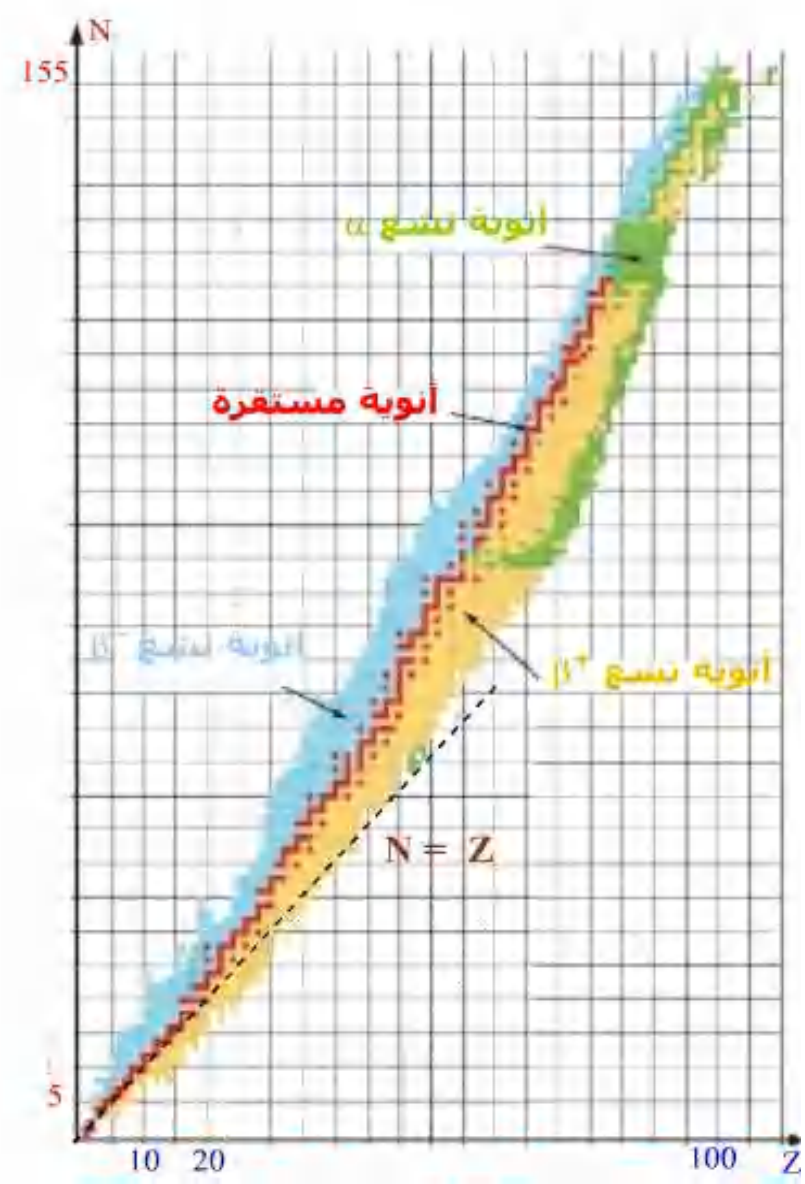
● التفكك الإشعاعي الطبيعي :

- 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 ${}_2^4He$ ، 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 ${}_{-1}^0e$.
- الجسيمة β^+ : هي عبارة عن إلكترون موجب يسمى البوزيتون ${}_{+1}^0e$.
- تنبعث الجسيمات β^- ، β^+ من النواة بسرعة تصل إلى 280000 km/s . يتم إيقافها بواسطة صفيحة من الألمنيوم سمكها عدة مليمترات .

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 $3 . 10^8$ 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 اطلاقا .
- 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 تقريبا على المنصف $N = Z$ و الأنوية الموجودة على هذا المنصف تمتاز بـ $N = Z$ و وفوق 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 الإستقرار هي الأنوية الأكثر استقرارا 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 :

$$^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4$$

المتفاعلات — النواتج

بتطبيق قانوني الإنحفاظ (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 $^{1}_{1}p$ ، نترون $^{1}_{0}n$ ، جسيم α ($^{4}_{2}He$) ، جسيم β^- ($^{0}_{-1}e$) ، جسيم β^+ ($^{0}_{+1}e$) .

● أنواع التفككات و معادلاتها العامة :

▪ التفكك α :

- المعادلة العامة للتفكك α تكون من الشكل :

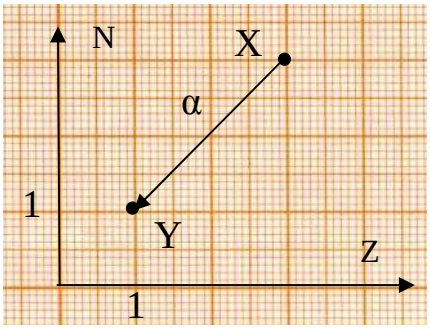
$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

- هذا التفكك خاص بالأنوية الثقلية .

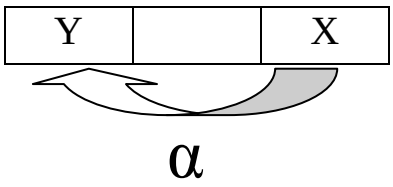
مثال :

$$^{241}_{95}Am \rightarrow {}^{237}_{93}Np + {}^{4}_{2}He$$

- يمكن تمثيل التفكك النووي بسهم في المخطط (N,Z) ، ففي التفكك α أين ينقص عدد البروتونات Z بـ 2 و عدد النترونات N بـ 2 نتيجة بعث الجسيم α (نواة الهيليوم $^{4}_{2}He$) التي تحتوي على بروتونين و نترونين ، يكون :



و في الجدول الدوري :



▪ التفكك β^- :

- في التفكك β^- يتحول النيترون $^{1}_{0}n$ إلى بروتون $^{1}_{1}p$ مرفق بانبعاث جسيم β^- وفق المعادلة النووية التالية :

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{1-}e$$

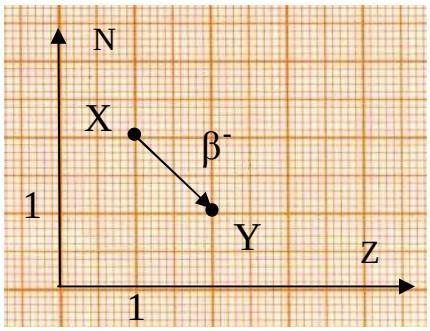
- المعادلة العامة للتفكك β^- تكون من الشكل :

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{(Z+1)}Y + {}^{0}_{1-}e$$

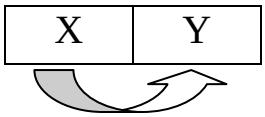
مثال :

$$^{90}_{38}Sr \rightarrow {}^{90}_{39}Y + {}^{0}_{-1}e$$

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



و في الجدول الدوري :



β^-

▪ التفكك β^+ :

- في التفكك β^+ يتحول البروتون $^{1}_{1}p$ إلى نترون $^{1}_{0}n$ مرفق بانبعاث جسيم β^+ وفق المعادلة النووية التالية :

$$^{1}_{1}P \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e$$

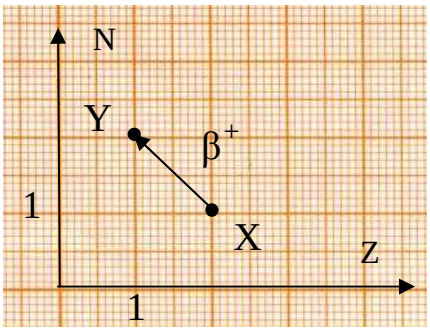
- المعادلة العامة للتفكك β^+ تكون من الشكل :

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{(Z-1)}Y + {}^{0}_{+1}e$$

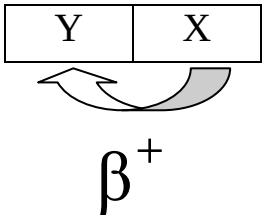
مثال :

$$^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1}e$$

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



و في الجدول الدوري :

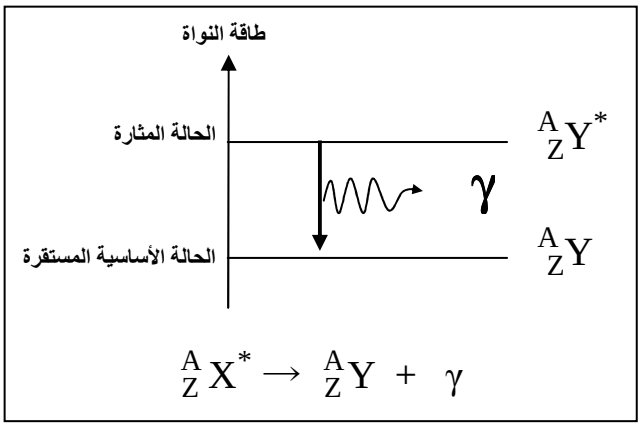


ملاحظة :

- التفكك β^+ يتواجد في الطبيعة بقلة ، 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 :

$$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni^* + {}^{0}_{-1}e$$
$$^{60}_{28}Ni^* \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + \gamma$$
$$\overline{\qquad\qquad\qquad\qquad}$$
$$^{60}_{27}C \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e + \gamma$$

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

1- أكمل معادلات التفكك النووية التالية :

$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{.....}_{82}Pb + ...$

$^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{23}_{12}Mg + ...$

$^{216}_{.....}At \rightarrow {}^{212}_{83}Bi + ...$

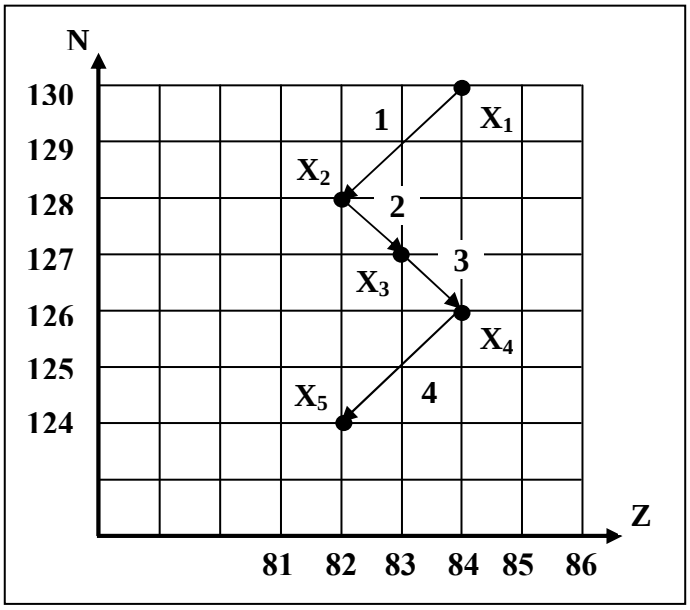
$^{....}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{....}Ba + {}^{0}_{-1}e$

$^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + ...$

$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + ...$

$^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{208}_{81}Ti + ...$

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					
${}^{A}_{Z}X$					

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 :

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

$^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{23}_{12}Mg + {}^{0}_{-1}e$

$^{216}_{85}At \rightarrow {}^{212}_{83}Bi + {}^{4}_{2}He$

$^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}e$

$^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{+1}e$

$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$

$^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{208}_{81}Ti + {}^{4}_{2}He$

2-أ- رموز الأنوية :

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

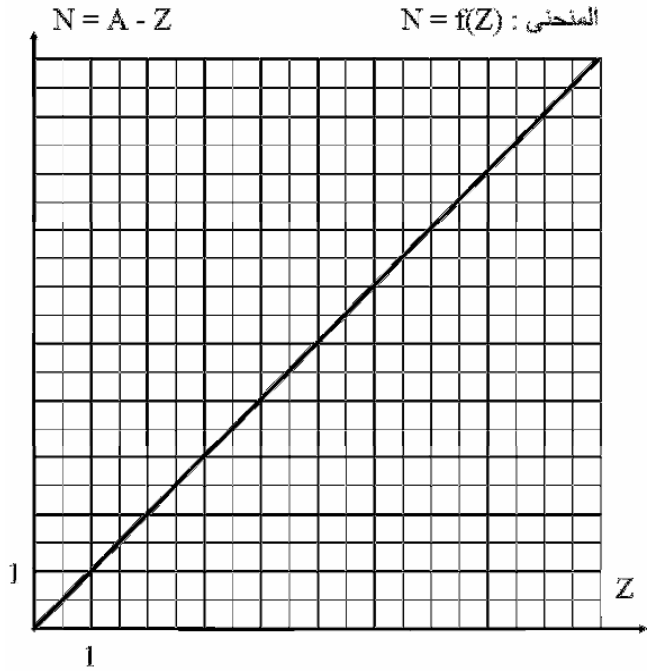
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Z	84	82	83	84	82
N	130	128	127	126	124
A	214	210	210	210	206
$^{A}_{Z}X$	$^{214}_{84}Po$	$^{210}_{82}Pb$	$^{210}_{83}Bi$	$^{210}_{84}Po$	$^{206}_{82}Pb$

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

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

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 للجسمات β^+ .

2- نعتبر أنوية الكربون $^{14}_{6}C$ و الآزوت $^{12}_{7}N$ و الأكسجين $^{18}_{8}O$. 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 $^{14}_{6}C$:

$Z = 6$

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

هذا يعني أن النواة $^{14}_{6}C$ تقع فوق الخط $(N = Z)$ ، و عليه فهي باعثة للجسيمة β^- وفق معادلة التفكك التالية :

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$$

النواة $^{12}_{7}N$:

$Z = 7$

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

هذا يعني أن النواة $^{12}_{7}N$ تقع تحت الخط $(N = Z)$ ، و عليه فهي باعثة للجسيمة β^+ وفق معادلة التفكك التالية :

$$^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{+1}e$$

النواة $^{18}_{8}O$:

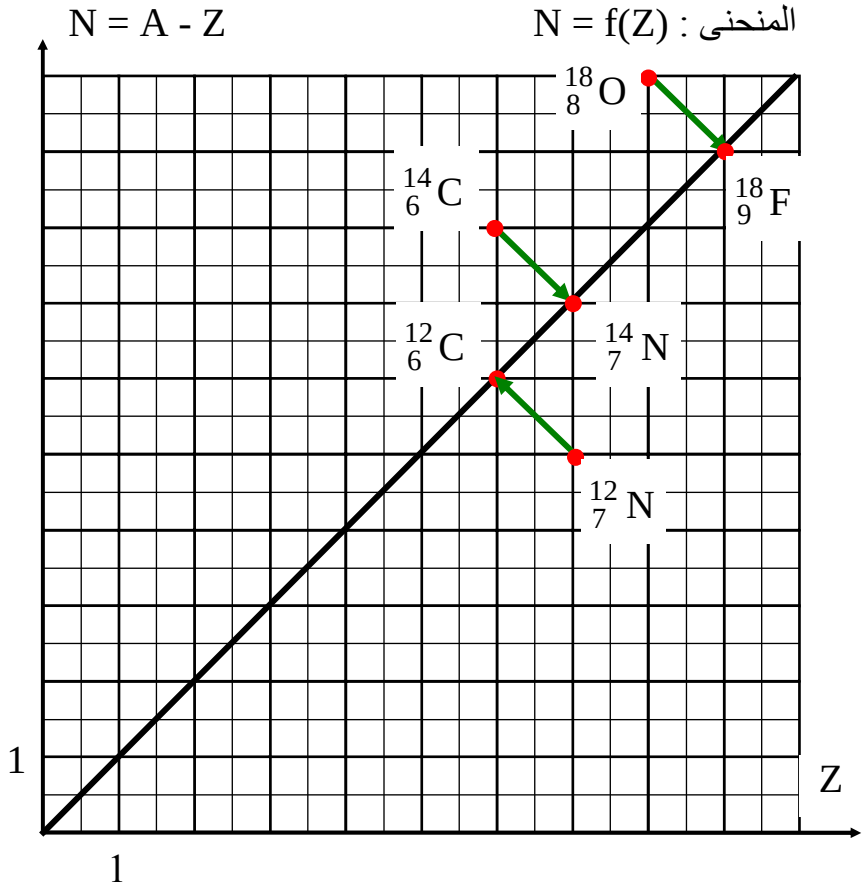
$Z = 8$

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

هذا يعني أن النواة $^{18}_{8}O$ تقع فوق الخط $(N = Z)$ ، و عليه فهي باعثة للجسيمة β^- وفق معادلة التفكك التالية :

$$^{18}_{8}O \rightarrow {}^{18}_{9}F + {}^{0}_{-1}e$$

تمثيل التفككات :



2- التناقص الإشعاعي

● تذكير ببعض خواص الدالة اللوغارثمية و الأسية :

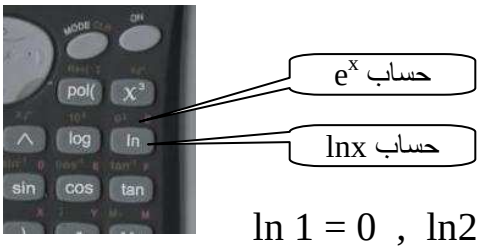
- $\ln(A.B) = \ln A + \ln B$
- $\ln(\frac{A}{B}) = \ln A - \ln B$
- $\ln(\frac{1}{A}) = -\ln A$
- $\ln(A^n) = n.\ln A$

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

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

حل المعادلات :

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

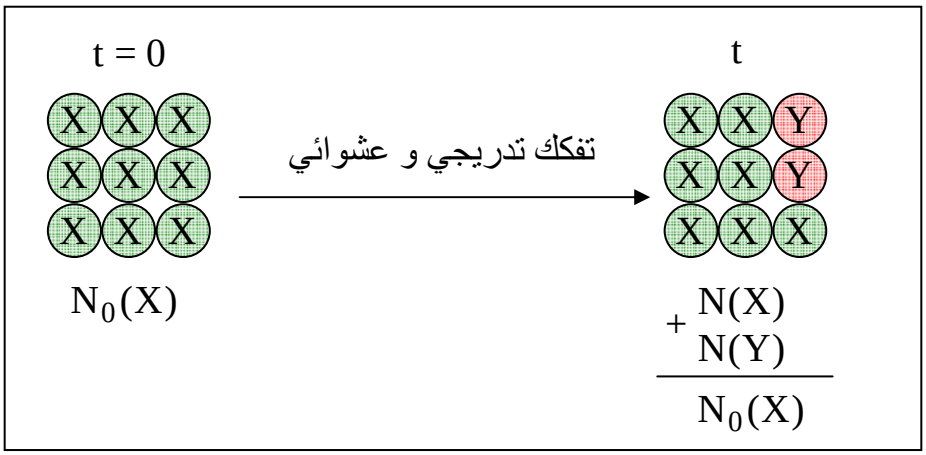


أمثلة :

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

● 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 $t_{1/2} = 10\ min$

$t = 0 \rightarrow N = 40000$

$t_{1/2}$

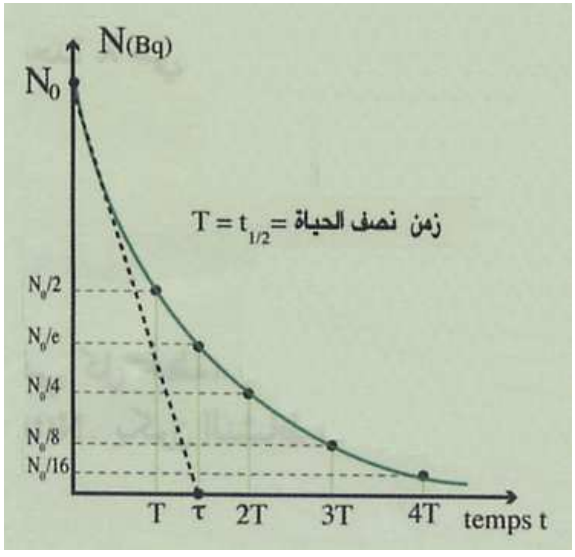
$t = t_1 = t_{1/2} \rightarrow N = N_1 = \frac{40000}{2} = 20000$

$t_{1/2}$

$t = t_2 = 2\ t_{1/2} \rightarrow N = N_2 = \frac{N_1}{2} = \frac{20000}{2} = 10000$

$t_{1/2}$

$t = t_1 = 3\ t_{1/2} \rightarrow N = N_3 = \frac{10000}{2} = 5000$



- تعرف النسبة $\frac{1}{\lambda}$ بثابت الزمن يرمز له بـ 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 نعبر 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 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 **جيجر** .

- حسب قانون التناقص الاشعاعي 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 :

$$A_0 = \lambda N_0$$

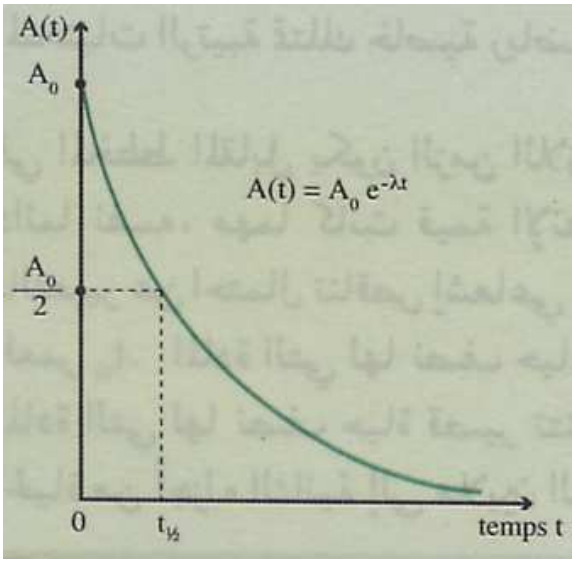
- مما سبق لدينا :

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

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 :

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

● تطبيق النشاط الإشعاعي في التأريخ :

- مبدأ التأريخ بواسطة الكربون 14 يستند على النظرية القائلة بأن النسبة $\frac{^{14}C}{^{12}C}$ 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 ($t_{1/2} = 4.468 \ . \ 10^9$ ans) ، الروبيديوم 87 ($t_{1/2} = 4.468 \ . \ 10^9$ 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 µg 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 = 1h = 3600s) 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 $t_{1/2}$.

الأجوبة :

1- أحسب ثابت التفكك λ مقدرا بالثانية :

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

2- • عدد أنوية الأزوت الابتدائية N_0 :

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

- $M(^{13}N) = 13\ g/mol$
- $N_0 = \frac{1.49.10^{-6}.6.02.10^{23}}{13} = 6.90.10^{16}$

• النشاط الابتدائي A_0 :

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

3- • قيمة النشاط الإشعاعي عند اللحظة t = 1h = 3600s :

لدينا :

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

عند اللحظة t = 3600 s يكون :

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

$$A_{(3600)} = 8.00.10^{13}\ e^{-1.16.10^{-3}.3600} = 1.23.10^{12}\ Bq$$

• عدد الأنوية المتبقية في العينة عند اللحظة t = 1h = 3600s :

الطريقة (1) :

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

عند اللحظة t = 3600 s يكون :

$$A_{(3600)} = \lambda\, N_{(3600)} \rightarrow N_{(3600)} = \frac{A_{(3600)}}{\lambda} \rightarrow N_{(3600)} = \frac{1.23.10^{12}}{1.16.10^{-3}} = 1.06\ .10^{15}$$

الطريقة (2) :

بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي :

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

عند اللحظة t = 3600 s يكون :

$$N_{(3600)} = N_0\, e^{-\lambda\,(3600)} \rightarrow N_{(3600)} = 6.90.10^{16}\, e^{-(1.16.10^{-3}\,.\,3600)} = 1.06.10^{15}$$

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

$$N_d = N_0 - N$$

عند اللحظة t = 3600 s :

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

- نسبة الأنوية المتفككة عند اللحظة t = 3600 s :

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

عند اللحظة t = 3600 s يكون :

$$P_{(3600)} = \frac{6.79.10^{16}}{6.90.10^{16}}.100 \approx 98\%$$

4- اللحظة التي يكون فيها A = 1 Bq :

لدينا :

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

و منه :

$$e^{-\lambda t_2} = \frac{A_2}{A_0} \rightarrow -\lambda t_2 = \ln\frac{A_2}{A_0} \rightarrow t_2 = -\frac{\ln\frac{A_2}{A_0}}{\lambda} \rightarrow t_2 = -\frac{\ln\frac{1}{8.10^{13}}}{1.16.10^{-3}} = 2.76.10^{4}\ s$$

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 :

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

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

- 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 $^{A}_{Z}Pb$.
أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الحاصل محددا كل من A ، Z .

3- إذا علمت أن زمن نصف حياة البولونيوم 210 هو $t_{1/2} = 138\ j$ و أن نشاط عينة منه في اللحظة $t = 0$ هو $A_0 = 10^8\ Bq$. أحسب :
أ/ λ ثابت النشاط الإشعاعي (ثابت التفكك) .
ب/ N_0 عدد أنوية البولونيوم 210 الموجودة في العينة في اللحظة $t = 0$.
جـ/ 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 :

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}Pb + {}^{4}_{2}He$$

من قانوني الانحفاظ :

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

تصبح المعادلة :

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

3- أ- ثابت التفكك λ :

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

ب- عدد الأنوية في اللحظة $t = 0$:
لدينا :

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

جـ- المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد الأنوية مساوي لربع 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 لربع ما كانت عليه عند اللحظة $t = 0$ نكتب :

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

بالتعويض في عبارة التناقص الإشعاعي :

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

$$t_1 = \frac{\ln 4}{5{,}8.10^{-8}} = 2{,}39.10^{7}\ s = 277\ jours$$

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 و الذي لا يتجدد في هذه الحالة ، نشير إلى أن أنوية الكربون 12 لا تتناقص أثناء ذلك .

يعطى : نصف عمر الكربون $^{14}_{6}C$ هو : $t_{1/2} = 5600\ ans$.

1- نحاول تعيين عمر خشبة من العصر ما قبل التاريخ ، و من أجل ذلك ، نقيس النشاط الإشعاعي لـ $^{14}_{6}C$ 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(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 :

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

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

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 :

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

- نشاط قطعة الخشب الحديث (العينة الحية) هو :

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

ب- عمر قطعة الخشب القديم :

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

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

و هو عمر الخشب القديمة ، و منه تكون سنة قطع الشجرة التي انحدرت منها الخشبة 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 $^{40}_{19}K$ المشع و الذي يتحول إلى الأرغون $^{40}_{18}Ar$.

1- أكتب معادلة التحول النووي الحادث .

2- من أجل تعين تاريخ تشكيل صخور من القمر التي أتى بها رواد الفضاء أعطى التحليل لعينة منها حجما قدره $8.1 . 10^{-3}\,mL$ من غاز الأرغون في الشروط النظامية و $1.67 . 10^{-6}\,g$ من البوتاسيوم .

أ- أحسب عدد أنوية غاز الأرغون $^{40}_{18}Ar$ الناتجة عن تحليل العينة و كذا عدد أنوية $^{40}_{19}K$ غير المتفككة في العينة ، ثم استنتج عدد أنوية البوتاسيوم $^{40}_{19}K$ الابتدائية عند اللحظة $t = 0$ باعتبار أن العينة المأخوذة تتكون فقط من الأرغون Ar و البوتاسيوم K .

ب- أوجد عمر الصخر . علما

جـ- هل يمكن التأريخ بواسطة الكربون 14 ؟ علل .

يعطى : $t_{1/2}(K) = 1.3.10^9\,ans$ ، $t_{1/2}(^{14}C) = 5600\,ans$ ، عدد أفوقادرو $N_A = 6.02 . 10^{23}$.

الأجوبة :

1- معادلة التحول النووي الحادث :

$$^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^{0}_{+1}e$$

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

- $\frac{N(Ar)}{N_A} = \frac{V(Ar)}{V_M} \rightarrow N(Ar) = \frac{N_A . V(Ar)}{V_M} \rightarrow$

$$N(Ar) = \frac{6.02.10^{23} \times 8.1.10^{-6}}{22.4} = 2.18.10^{17}$$

- $\frac{N(K)}{N_A} = \frac{m(K)}{M(K)} \rightarrow N(K) = \frac{N_A . m(K)}{M(K)}$

$$N(K) = \frac{6.02.10^{23} \ . \ 1.67.10^{-6}}{40} = 2.51.10^{16}$$

▪ عدد أنوية K الابتدائية :

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

$N_0(K) = N(Ar) + N(K)$

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

ب- عمر الصخرة :

حسب قانون التناقص الاشعاعي :

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

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

$$t = -\frac{\ln\frac{2.51.10^{16}}{2.43.10^{17}}}{\ln 2}.1.3.10^{9} = 4.26.10^{9} \text{ ans}$$

جـ- 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 $t_{1/2} = 5570$ ans .

المعطيات :

الكربون 12 : ${}^{12}_{6}C$ ، الكربون 13 : ${}^{13}_{6}C$ ، الآزوت 14 : ${}^{14}_{7}N$.

1- أعط تركيب نواة الكربون 14 .

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

$${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{A}_{Z}Y_1 + {}^{1}_{1}H$$

بتطبيق قانوني الانحفاظ حدد النواة ${}^{A}_{Z}Y_1$.

ب/ إن تفكك الكربون 14 يعطي نواة إبن ${}^{A'}_{Z'}Y_2$ و جسيم β^- . أكتب معادلة التفاعل النووي الموافق و اذكر اسم العنصر Y_2 .

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

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

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

جـ/ 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 :

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

عدد البروتونات $= Z = 6$

عدد النيتورنات $= N = (A - Z) = 8$

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 : $^{14}_{6}C$. ومنه المعادلة تصبح كما يلي :

$$^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}H$$

ب- معادلة التفاعل النووي :

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{A'}_{Z'}Y_2 + {}^{0}_{-1}e$$

حسب قانوني الانحفاظ :

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

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

إذن النواة $^{A'}_{Z'}Y_2$ هي : $^{14}_{7}N$. (الآزوت 14) و المعادلة تصبح كما يلي :

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$$

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 .

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 :

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

جـ- وحدة λ بالتحليل البعدي :

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

د/ قيمة λ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5570} = 1.244.10^{-4}\ ans^{-1}$$

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 الاشعاعي 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 :

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

و هي المدة الزمنية منذ قطع الشجرة ، و بما أن نشاط الخشبة تمت قياسه في سنة 2000 تكون سنة قطع الشجرة :

$$2000 - 14898 \approx 511$$

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 : $^{137}_{55}Cs$ - الإشعاعات : β^- و γ
- نصف العمر : $t_{1/2} = 30.15\ ans$ - الكتلة الإبتدائية : $m_0 = 5.02 . 10^{-2}\ g$

بينما لاحضنا تاريخ صنع المنبع غائبا عن هذه البطاقة .

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

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 صُنعها .

5- استنتج بالحساب تاريخ صُنع العينة .

المعطيات : ثابت أفوغادرو : $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$ ، عدد أيام السنة : 365.5 jour و الشهر : 30 jours .

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

الأجوبة :

1- معادلة تفكك نواة السيزيوم Cs :

$$^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\gamma$$

حسب قانوني الانحفاظ :

$$137 = A + 0 \rightarrow A = 137$$
$$55 = Z - 1 \rightarrow Z = 56$$

إذن النواة $^{A}_{Z}X$ عبارة عن $_{56}Ba$ و المعادلة تصبح :

$$^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\gamma$$

• تعريف الإشعاعين β^- ، γ :

- الإشعاع β^- : هو إصدار نواة مشعة لإلكترون $^{0}_{-1}e$.

- الإشعاع γ : هو إصدار نواة مثارة الفائض في الطاقة على شكل إشعاع γ .

2- قيمة N_0 :

$$\frac{m_0}{M} = \frac{N_0}{N_A} \rightarrow N_0 = \frac{N_A \cdot m_0}{M} \qquad \rightarrow N_0 = \frac{6.02.10^{23} \cdot 5.02.10^{-2}}{137} = 2.21.10^{20}\ noyaux$$

3- قيمة λ :

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

$$\lambda = \frac{\ln 2}{30.15.365.5.24.3600} = 7.28.10^{-10}\ s^{-1}$$

4- عبارة A بدلالة عدد الأنوية المتبقية :

$$A = \lambda N$$

- قيمة A_0 :

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

$$A_0 = \lambda N_0$$
$$A_0 = 7.28 \cdot 10^{-10} \cdot 2.21 \cdot 10^{20} = 1.6 \cdot 10^{11}\ Bq$$

5- تاريخ صنع العينة :

لدينا :

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

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

$$t = -\frac{\ln\frac{14.97.10^{10}}{1.6.10^{11}}}{\ln 2}30,15 = 2.89\ ans$$

t = 2ans + 0,98ans
t = 2ans + (0,98 . 12 jours)
t = 2ans + 10,68 mois
t = 2ans + 10 mois + 0,68 mois
t = 2ans + 10 mois + (0,68 . 30 jours)
t = 2ans + 10 mois + 20,4 jours
t = 2ans + 10 mois + 20 jours + (0,4 jours)
t = 2ans + 10 mois + 20 jours + (0,4 . 24 h)
t = 2ans + 10 mois + 20 jours + 9,6 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)

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

إليك مستخرج من الجدول الدوري للعناصر الكيميائية:

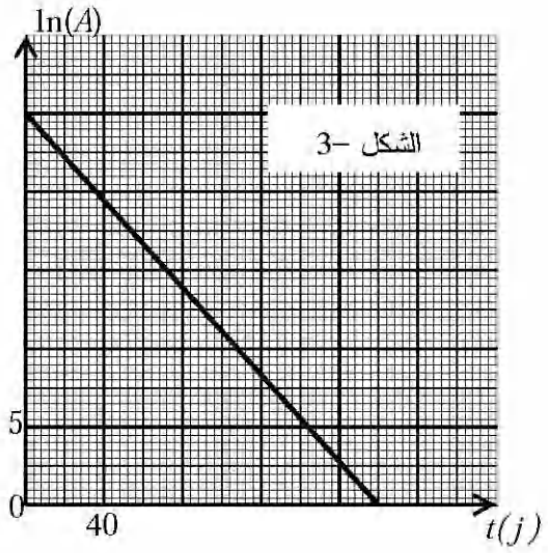
تتفكك نواة البزموث $(^{210}_{83}Bi)$ بنشاط إشعاعي β^- ويرافقه إشعاع γ.

1- اكتب المعادلة المُعبِّرة عن التحول النووي الحادث و بيِّن كيف نتج الإلكترون المرافق للإشعاع.

2- نعتبر عيِّنة من البزموث 210 عدد أنويتها $N(t)$ عند اللحظة t .

عبّر عن عدد الأنوية المتفككة $N_d(t)$ بدلالة كل من :

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



3- بواسطة برنامج خاص تم رسم المنحنى $lnA = f(t)$ ،

حيث A مقدار النشاط الإشعاعي للعينة في اللحظة t.

أ - عرِّف النشاط الإشعاعي وحدِّدْ وحدته.

ب- عبّر عن $lnA(t)$ بدلالة λ ، A_0 ، t.

جـ - استنتج من المنحنى (الشكل-3):

- قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ للبزموث 210.

- قيمة النشاط الإشعاعي الابتدائي A_0.

الأجوبة :

1- معادلة التفكك :

$$^{210}_{83}Bi \rightarrow ^{A}_{Z}X + ^{0}_{-1}e + \gamma$$

حسب قانوني الانحفاظ :

$210 = A$

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

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

$$^{210}_{83}Bi \rightarrow ^{210}_{84}Po + ^{0}_{-1}e + \gamma$$

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

$$^{1}_{0}n \rightarrow ^{1}_{1}p + ^{0}_{-1}e$$

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 الاشعاعي :

هو عدد التفككات في الثانية ، وحدته البكريل Bq .

ب- عبارة lnA بدلالة λ ، N_0 ، t :

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \rightarrow lnA = lnA_0 - \lambda t \rightarrow lnA = -\lambda t + lnA_0$$

جـ- قيمة λ :

بيانيا : المنحنى $lnA = f(t)$ هو مستقيم معادلته من الشكل :

$lnA = a\,t + b$ ..... (1)

نظريا و مما سبق :

$lnA = -\lambda t + lnA_0$

$lnA = -\lambda t + lnA_0$ ..... (2)

بمطابقة العلاقتين (1) ، (2) :

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

من البيان :

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

إذن :

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

- قيمة A_0 :

بمطابقة العلاقتين (1) ، (2) أيضا :

- $lnA_0 = b \rightarrow A_0 = e^{b}$

من البيان :

- $b = 5 \times 5 = 25$

إذن :

- $A_0 = e^{25} = 7{,}20 \cdot 10^{10}$ 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 .
جـ- عرف العائلة إشعاعية .

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 $N_d = Ae^{-\alpha t} + B$ ، 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 .
جـ- تعريف العائلة الإشعاعية :
هي مجموعة الإنوية 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 $t = n.t_{1/2}$ يكون :

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

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

3- المعادلة التفاضلية بدلالة عدد الأنوية غير المتفككة N(t) :

لدينا من جهة :

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

و من جهة أخرى :

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

من (1) ، (2) :

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

- التحقق من الحل :

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

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 :

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

و من جهة أخرى :

- $A_{(t)} = \lambda N_{(t)} = \lambda (N_0 - N_{d(t)}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$

من (1) ، (2) :

$$\frac{dN_{d(t)}}{dt} = \lambda(N_0 - N_{d(t)})$$

$$\frac{dN_{d(t)}}{dt} = \lambda N_0 - \lambda N_{d(t)} \quad \rightarrow \quad \frac{dN_{d(t)}}{dt} + \lambda N_{d(t)} = \lambda N_0$$

- عبارة α ، B ، A :

- $N_d = Ae^{-\alpha t} + B$
- $\frac{dN_d}{dt} = -\alpha A e^{-\alpha t}$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية :

$$-\alpha A e^{-\alpha t} + \lambda(Ae^{-\lambda t} + B) = \lambda N_0$$

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

$$Ae^{-\alpha t}(-\alpha + \lambda) + \lambda B = \lambda N_0$$

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 :

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

3- استقرار الأنوية

• طاقة الكتلة :

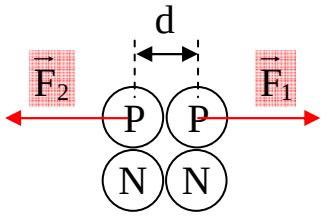
- في إطار النظرية النسبية اقترح أنشتاين في بداية القرن العشرين أن كل كتلة تكافئها طاقة تدعى طاقة الكتلة يعبر عنها بعلاقة تكافؤ كتلة- طاقة كما يلي :

$$E_0 = mc^2$$

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

• طاقة الربط (طاقة التماسك) :

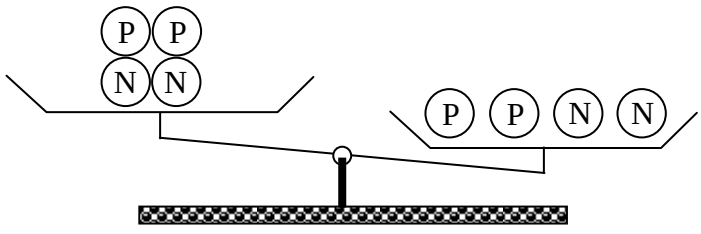
- تتكون النواة من بروتونات ذات الشحنة الموجبة و النترونات عديمة الشحنة ، هذا يعني أنه يوجد تنافر بين البروتونات داخل النواة .



و حسب قانون كولوم : $F_1 = F_2 = 9.10^9 \cdot \dfrac{e^+.e^+}{d^2}$ ، 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 النترونات) 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 :

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

حيث ، m_p : كتلة البروتون ، m_n : كتلة النترون ، 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 نكليوناتها ساكنة و منعزلة .

● طاقة الربط لكل نكليون و استقرار 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 : $\frac{E_\ell}{A}(^{56}Fe) > \frac{E_\ell}{A}(^{235}U)$.

● وحدة الكتلة الذرية u و الإلكترون فولط eV :

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

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

$$1\,u = \frac{1}{12}\,m_C = \frac{1}{12}\,\frac{M(C)}{N_A} = \frac{1}{12}\,\frac{12}{6.02.10^{23}} = \frac{1}{6.02.10^{23}} \approx 1.67.10^{-24}\,g = 1.67.10^{-27}\,kg$$

إذن :

$$1u = 1.66.10^{-27}\,kg$$

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

$$1eV = 1.6\ .\ 10^{-19}\ J$$
$$1MeV = 10^6\ eV$$
$$1MeV = 1.6\ .\ 10^{-13}\ J$$

ملاحظة :

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

$$E = \frac{1.66\times10^{-27}\times(3\times10^{8})^{2}}{1.6\times10^{-13}} \approx 931.5\,MeV$$

و نكتب أيضا :

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

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

1- عرف ما يلي :

أ- وحدة الكتلة الذرية u .

ب- النقص الكتلي Δm .

جـ- طاقة الربط (التماسك) E_ℓ .

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

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

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

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

جـ- 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 : $\frac{E_\ell(^{235}_{92}U)}{A} = 7{,}60\ Mev/nuc$ ، قارن بين نواتي الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) و اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) من حيث الاستقرار معللا إجابتك .

المعطيات : $1\,u = 1.66\,.\,10^{-27}\,Kg$ ، $1MeV = 1.6\,.\,10^{-13}\,J$ ، $c = 3.\,10^{+8}\,m/s$.

$m_p = 1.00728\,(u)$ ، $m_n = 1.00866\,(u)$.

الأجوبة :

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 :

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

- عدد البروتونات = $Z = 88$.
- عدد النترونات = $N = 138$

ب- كتلة مكونات النواة :

$m = Zm_P + Nm_N$

$m = (88 . 1.00728) + (138 . 1.00866) = 227.83572 \ u$

نلاحظ أن $m > m(^{226}Ra)$ أي أن كتلة النواة أقل من مكوناتها (النكليونات) .

جـ- النقص الكتلي Δm :

قيمته :

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

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

د- طاقة الربط (التماسك) E_ℓ:

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

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

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

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

3- المقارنة النواتين $^{26}_{88}Ra$ ، $^{235}_{92}U$ من حيث الاستقرار :

تكون النواة أكثر استقرارا كلما كانت طاقة الربط لكل نكليون أكبر ، و حيث أن : $\frac{E_\ell(^{226}_{88}Ra)}{A} = 7,68 \ Mev/nuc$ ، $\frac{E_\ell(^{235}_{92}U)}{A} = 7,60 \ Mev/nuc$ ، فنواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$ أكثر استقرار من نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$.

4- التفاعلات النووية المستحدثة

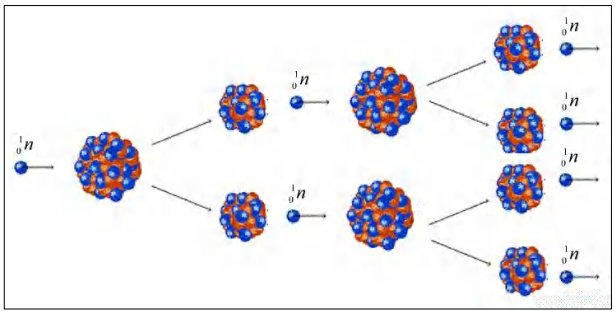
● الانشطار النووي :

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

- ينتج عادة تفاعل الانشطار من خلال قذف نواة ثقيلة بنترون بطيء كما مبين في المثال التالي :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{Z}Xe + 2\,^{1}_{0}n$$

- سبب اختيار النترون هو أنه متعادل كهربائيا كي لا يتنافر مع النواة موجبة الشحنة عند قذفها به ، و جُعل بطيئا كي لا يخترق النواة ، فبقاءه في نواة اليورانيوم 235 يؤدي إلى تشكل نواة اليورانيوم 236 التي تنشطر بمجرد تشكلها .



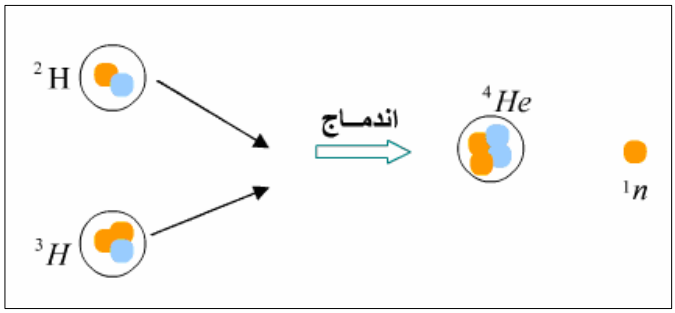
- النترون الابتدائي يفتعل انشطار النواة الأولى و النترونات المنبعثة من هذا الانشطار تفتعل انشطارات أخرى و هكذا تتضاعف الآلية بشكل متسلسل (الشكل) ، يقال عن التفاعل في هذه الحالة أنه تسلسلي مغذى ذاتيا .

● 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 إحتمالا في مفاعلات الاندماج مستقبلا نظرا للإمتيازات الفيزيائية و التكنولوجية مقارنة بالتفاعلات الأخرى .



● الطاقة المحررة من تفاعل نووي :

- أثبت 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 $E = \Delta m.c^2$ ، طاقة تحررها الجملة النووية إلى الوسط الخارجي ، فإذا رمزنا لهذه الطاقة بـ E_{lib} يكون :

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

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

● 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 $N_{Réc}$ 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 :

$$E_{libT} = N_{Réc} \cdot E_{lib}$$

حيث : E_{lib} هي الطاقة المحررة من تفاعل نووي واحد .

- في تفاعل الانشطار ، تنشطر 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 :

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

حيث :

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

- $N_A = 6;02 \cdot 10^{23}$ 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 :

$$\rho = \frac{E_e}{E_{libT}} . 100$$

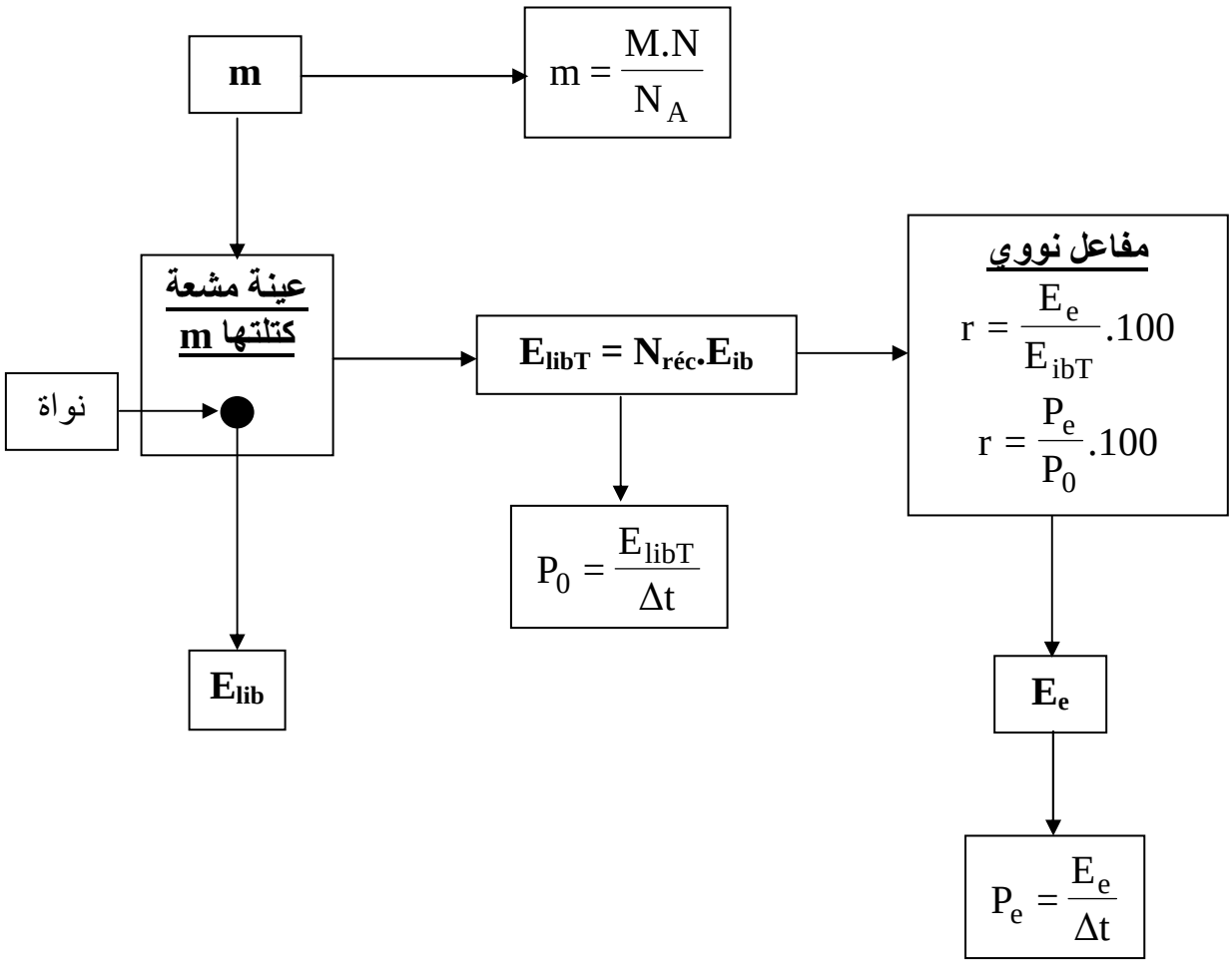
و نكتب أيضا :

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

حيث :

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

- تُستخدَم 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 النيترونات لتوقيف التفاعل .

• العالم بين منافع ومخاطر النشاط الإشعاعي:

▪ الاستخدام السلمي للطاقه النووية :

• في مجال الطاقه :

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 المشعه في المجال الطبي ما يلي :

- بواسطه التحليل الاشعاعي امكن للاطباء تقدير الهرمونات في الجسم بدقه وسهوله .
- في التشخيص فقد وصل استخدام الطب النووي الى 99% من الامراض المستعصيه حيث يتم تصوير عضله القلب باستخدام عنصر الثاليوم المشع لتشخيص ضيق الشريان ومدى التعرض للذبحه الصدريه.
- امكن مراقبه وظيفه القلب باستخدام الابر المشعه للكرات الحمراء مع مادة التكنشيوم المشع وبذلك امكن علاج امراض القلب نتيجه التشخيص الدقيق .
- امكن تحديد التهابات المفاصل والانسجه ومعرفه مكان الكسور وكذلك تحديد الالتهابات في البطن وخصوصا بعد العمليات الجراحيه .
- امكن بواسطه التشخيص النووي معرفه مكان الجلطه في الجهاز العصبي والمخ ومدى تقبلها للعلاج وكيفيه انتقالها او ازالتها .

• في المجال الزراعي :

امكن استخدام النظائر المشعه في :

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

▪ الاستخدام العسكري للطاقه النوويه :

بعد ظهور فكره الانشطار النووي تحفزت بعض الدول على امكانيه استخدام النشاط الاشعاعي في القوة العسكريه القنبلتين النوويتين 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 التى حدثت فى محطات الطاقة النووية : كارثة تشيرنوبل في اوكرانيا 1986 إنفجر قلب المفاعل رقم 4 مخلفا اثارا شديدة منها:
  - قتل 31 شخص لحظيا نتيجة الإنفجار .
  - أصيب الآلاف من الناس بمرض شديد من التسمم الإشعاع .

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

تنشطر نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ عند قذفها بنترون ، لينتج إثر ذلك نواتين $^{94}_{39}Y$ ، $^{139}_{53}I$ بالاضافة إلى انبعاث نترونات .

1- أكتب معادلة التفاعل النووي الحادث .

2- تستخدم النترونات 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 بالجول ثم بـ MeV الطاقة المحررة E_{lib} في هذا التفاعل .

6- أحسب بالميغا جول (MJ) حيث $1MJ = 10^6\ J$ ، 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 علما أن 1kg من البترول ينتج 42MJ من الطاقة .

ب- قارن بين النتيجتين ، ماذا تستنتج .

جـ- في رأيك أي مصدر الطاقة أفضل ، تفاعل الانشطار أو البترول .

8- نعتبر تفاعل الاندماج المنمذج بالمعادلة التالية :

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

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

- أحسب النسبة : $\frac{E_{lib/nuc2}}{E_{lib/nuc1}}$. استنتج أي التفاعين : الإنشطار أو الاندماج يكون أفضل من حيث المنتوج الطاقوي .

المعطيات :

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

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

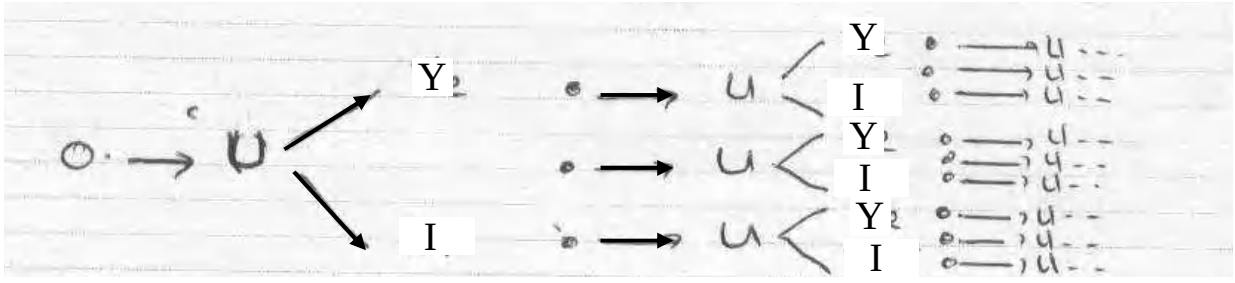
الأجوبة :

1- معادلة التفاعل النووي :

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

2- تستخدم النترونات في قذف أنوية اليورانيوم لأنها عديمة الشحنة (شحنتها معدومة) .

3- يعرف هذا التفاعل أنه تسلسلي مغذى ذاتيا ، لأن النترونات الناتجة في الإنشطار الأول تؤدي إلى انشطار أنوية أخرى ، و هكذا تتكرر العملية بشكل مستمر كما مبين في المخطط التالي :



4- تظهر الطاقة المحررة على شكل حركة للجسميات .

5- الطاقة المحررة من التفاعل :

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

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

$E_{lib} = 2.82157 . 10^{-11}$ J = 176.35 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 ($2kg = 2 . 10^3$ g) .

$$\frac{N(U)}{N_A} = \frac{m}{M} \rightarrow N(U) = \frac{N_A m}{M} \qquad \rightarrow N(U) = \frac{6.02.10^{23} . 2.10^3}{235} = 5.12.10^{24}$$

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

$E_{libT} = 5.12 . 10^{24} E_{lib}$

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

7- أ- كتلة البترول المنتجة لنفس الطاقة السابقة :

بالاعتماد على القاعدة الثلاثية

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

$$m = \frac{1.44.10^8}{42} = 3.43.10^6\ kg$$

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 للانسان و البيئة .

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

- $E_{lib1} = 176,53$ MeV $\rightarrow$ $E_{lib/nuc1} = \frac{176,35}{235+1} = 0,75$ MeV/nuc
- $E_{lib/nuc2} = 3,53$ 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 المنتوج الطاقوي .

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

1- لدينا التحولات النووية التالية :

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

أ- أكتب معادلة التفاعل النووي لكل تحول .
ب- صنف التحولات النووية المدونة في الجدول إلى انشطارية أو تفككية أو إندماجية .
3- إذا علمت أن الطاقة المحررة من التفاعل (B) هي 24 MeV أحسب الطاقة المحررة من تفاعل 1kg من الديتريوم $^{2}_{1}H$ بـ MeV ثم بالجول J .

الأجوبة :

1- أ- معادلة التفكك النووي لكل تحول :

(A) $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$

(B) $^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He$

(C) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2{}^{1}_{0}n$

ب- تصنيف التحولات النووية :

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

4- الطاقة المحررة من اندماج 1kg من الديتريوم $^{2}_{1}H$:

نحسب أولا عدد الأنوية في 1 kg من الديتريوم .

$$\frac{m}{M}=\frac{N}{N_A} \rightarrow N=\frac{N_A.m}{M} \rightarrow N=\frac{6.02.10^{23}\ .\ 1000}{2}=3.01\ .10^{26}$$

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

$$N_{Réc}=\frac{3.01\ .10^{26}}{2}=1.50.10^{26}$$

و منه الطاقة المحررة نتيجة هذه التفاعلات تقدر بـ :

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

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

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

1- أ- أكتب معادلة الإندماج النووي بين الديوتريوم ${}_1^2H$ و التريتيوم ${}_1^3H$ ، علما أن التفاعل ينتج نواة ${}_Z^AX$ و نيترونا .

ب- يتعلق زمن نصف العمر بـ :

- عدد الأنوية الإبتدائية N_0 للنظير المشع .
- درجة حرارة العينة المشعة .
- نوع النظير المشع .

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات السابقة .

2-أ- عرف طاقة الربط للنواة $E_\ell({}_Z^AX)$ ، ثم اكتب عبارتها .

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

3- الطاقة المحررة من تفاعل الإندماج الحادث هي $E_{lib} = 17{,}60\ MeV$. احسب مقدار الطاقة المحررة عن اندماج 1 g من ${}_1^2H$ و 1.5 g من ${}_1^3H$.

يعطى :

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

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

الإجابة :

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

$$^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^A_Z X + {}^1_0n$$

حسب قانوني الانحفاظ :

$$2+3 = A+1 \rightarrow A=4$$
$$1+1 = Z+0 \rightarrow Z=2$$

إذن $^A_Z X$ هو ^4_2He والمعادلة تصبح :

$$^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$$

ب- تتفتت أرض نصف العمر نوع النظير المنتج .

2- أ- طاقة الربط هي الطاقة اللازمة لتماسك النواة ، وهي نفسها الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى نوياتها (نكليوناتها) الساكنة والمنعزلة يعبر عنها بالعلاقة :

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

ب- طاقة الربط و طاقة الربط لكل نوية :

- $E_l(^2_1H) = (m_{(p)} + m_{(n)} - m(^2_1H))c^2$
  $= (1,00728 + 1,00866 - 2,01355)931,5$
  $= 2,226\ MeV$
- $\frac{E_l(^2_1H)}{A} = \frac{2,226}{2} = 1,113\ MeV/nuc$
- $E_l(^3_1H) = (m_{(p)} + 2m_{(n)} - m(^3_1H))c^2$
  $= (1,00728 + (2\times 1,00866) - 3,0155)931,5$
  $= 8,477\ MeV$
- $\frac{E_l(^3_1H)}{A} = \frac{8,477}{3} = 2,826\ MeV/nuc$

- $E_e(^4_2He) = (2m_{(p)} + m_{(n)} - m(^4_2He))c^2$

$= ((2 \times 1,00728) + (2 \times 1,00866) - 4,0015) \times 931,5$

$= 28,30$ MeV

- $\frac{E_e(^4_2He)}{A} = \frac{28,30}{4} = 7,075$ MeV/nuc

- النواة الأكثر استقرارا :

تكون النواة أكثر استقرارا كلما كان $\frac{E_e}{A}$ أكبر وعلى هذا الأساس يكون :

^2_1H ← ^3_1H ← ^4_2He

ب- الطاقة المحررة من اندماج 1g من ^2_1H مع 1,5g من ^3_1H :

- لدينا

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

- عدد النوية في 1g من ^2_1H :

$N(^2_1H) = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 1}{2} = 3,01 \times 10^{23}$

- عدد النوية في 1,5g من ^3_1H :

$N(^3_1H) = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 1,5}{3} = 3,01 \times 10^{23}$

انطلاقا من معادلة تفاعل الاندماج

$^2_1H + ^3_1H \rightarrow ^4_2He + ^1_0n$

يكون عدد تفاعلات الاندماج التي يمكن أن تحدث بين $3,01 \times 10^{23}$ نواة من ^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 $E_{eib} = 17,60$ MeV تكون الطاقة المحررة الكلية هي :

$E_{eib}^{Tot} = 3,01 \times 10^{23}$ $E_{eib} = 3,01 \times 10^{23} \times 17,60 = 5,30 \times 10^{24}$ 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 بنترون ^1_0n فتعطي نواة $^{94}_{38}Sr$ و $^{140}_{54}Xe$ مع تحرير عدد من النترونات وفق المعادلة :

$$^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2\,^1_0n$$

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

2- لكي نتحصل على نترون بطيء لاستعماله في قذف اليورانيوم $^{235}_{92}U$ ، نستعمل مزيجا من الأميريكيوم $^{243}_{95}Am$ و البيريليوم $^{9}_{4}Be$. حيث يشع الأميريكيوم حسب نمط إشعاعي واحد و يعطى $^{239}_{93}Nd$ ثم يستعمل الجسيم الناتج لقذف أنوية البريليوم و الحصول على نترون و نواة $^{12}_{6}C$.

أ- أكتب المعادلتين الموافقتين .

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

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

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

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

جـ- أحسب مردود المفاعل النووي r .

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

$m(^{1}_{0}n) = 1,00866\,u$ ، $N_A = 6,023 . 10^{23}\,mol^{-1}$ ، $1u = 931,5\frac{MeV}{C^2}$ ، $1an = 365\ Jours$

<u>الأجوبة :</u>

<u>1- الطاقة المحررة :</u>

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

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

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

<u>2- أ- المعادلتين الموافقتين :</u>

$$^{243}_{95}Am \rightarrow {}^{239}_{93}N_d + {}^{4}_{2}He$$

$$^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$$

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

<u>3-أ- الطاقة المحررة خلال سنة :</u>

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

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \rightarrow N = \frac{N_A.m}{M} \rightarrow N = \frac{6,02.10^{23} . 27.10^6}{235} = 6,92.10^{28}$$

و منه :

$$E_{lib(a)} = N.E_{lib} = 6,92.10^{28} . 2,95.10^{-11} = 2,04.10^{18}\ J$$

<u>ب- الطاقة الكهربائية التي ينتجها المفاعل النووي :</u>

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

<u>جـ- مردود المفاعل النووي :</u>

$$r = \frac{2,83.10^{17}}{2,04.10^{18}} . 100 = 13,87\,\%$$

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

المعطيات :

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

$N_A = 6.02 .10^{23} mol^{-1}$ ، $1MeV = 1.6 .10^{-13} J$ ، $1u = 931.5MeV/c^2$ ، $m_n = 1.00866u$

$_{53}I$	$_{54}Xe$	$_{55}Cs$	$_{56}Ba$

المردود الطاقوي : $\rho = \frac{E_e}{E}.100$ (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 مضرة للإنسان و البيئة .

يمثل أحد تفاعات الانشطار لليورانيوم ^{235}U بالمعادلة التالية :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{95}_{40}Zr + ^{138}_{52}Te + 3^{1}_{0}n$$

1- احسب الطاقة المتحررة عن تفاعل انشطار نواة اليورانيوم ^{235}U .

2- ينتج مفاعل نووي يعمل باليورانيوم 235 استطاعة كهربائية $P = 30\ MW$ بمردود طاقوي $\rho = 30\%$.

ما هي كتلة اليورانيوم المستهلكة خلال المدة $\Delta t = 30\ jour$.

3- تتميز النواة الناتجة $^{138}_{52}Te$ بنشاط إشعاعي β^- . ى

أ- ما المقصود بالنشاط الإشعاعي β^- ؟

ب- اكتب معادلة تفكك $^{138}_{52}Te$.

5- اذكر على الأقل خطرين من مخاطر هذه الظاهرة على الإنسان و البيئة .

الأجوبة :

1- الطاقة المتحررة الناتجة عن تفاعل انشطار نواة اليورانيوم :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- نحسب الآن كتلة اليورانيوم المستهلكة الموافقة لعدد الأنوية المحسوبة :

$$\frac{m}{M}=\frac{N}{N_A} \rightarrow m=\frac{M.N}{N_A} \qquad \rightarrow m=\frac{235\ .\ 9.18\ .10^{24}}{6.02.10^{23}}=3.58\ .10^{3}\ g\ \approx 3.6\ kg$$

3- أ- المقصود بالنشاط الإشعاعي β^- هو إصدار إلكترون من نواة مشعة .

ب- معادلة التفكك :

$$^{138}_{52}Te \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$$

حسب قانوني الانحفاظ (قانوني صودي) :

$$138 = A + 0 \rightarrow A = 138$$
$$52 = Z - 1 \rightarrow Z = 53$$

إذن $^{A}_{Z}X$ هو $^{138}_{53}I$ و المعادلة تصبح :

$$^{138}_{53}Te \rightarrow {}^{138}_{53}I + {}^{0}_{-1}e$$

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}U في عينة منه كبيرة جدا مقارنة مع النظير ^{235}U و هذا الأخير (^{235}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}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 بنترون بطيء وفق المعادلة :

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{139}_{54}Xe + 3\,{}^{1}_{0}n$$

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

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 : $kg.m^2/s^3$.

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

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

الأجوبة :

1- تستعمل المبطئات 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 :

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

و حسب علاقة انشتاين :

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

يصبح لدينا :

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

3- الاستطاعة الكهربائية للمفاعل النووي :

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

$$m(^{235}_{92}U) = \frac{37}{100}m = \frac{37}{100}.3{,}48.10^6 = 1.29.10^6\ g$$

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

$$\frac{N(^{235}_{92}U)}{N_A} = \frac{m(^{235}_{92}U)}{M} \rightarrow N(^{238}_{29}U) = \frac{N_A.m(^{235}_{92}U)}{M}$$

$$N(^{235}_{92}U) = \frac{6.02.10^{23}.1{,}29.10^6}{235} = 3{,}3010^{27}\ \text{noyaux}$$

و منه الطاقة المحررة خلال سنة :

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

نحسب الطاقة الكهربائية التي ينتجها المفاعل النووي خلال سنة :

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

نحسب الآن استطاعة المفاعل النووي :

$$P = \frac{E_e}{\Delta t} = \frac{2{,}84\ .\ 10^{16}}{365.25.\ 24\ .\ 3600} = 9\ .\ 10^8\ W = 900\ MW$$

5- تمارين متنوعة

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

التمرين الثاني: (04 نقاط)

المعطيات : ${}_6C$; ${}_5B$; ${}_4Be$; ${}_3Li$

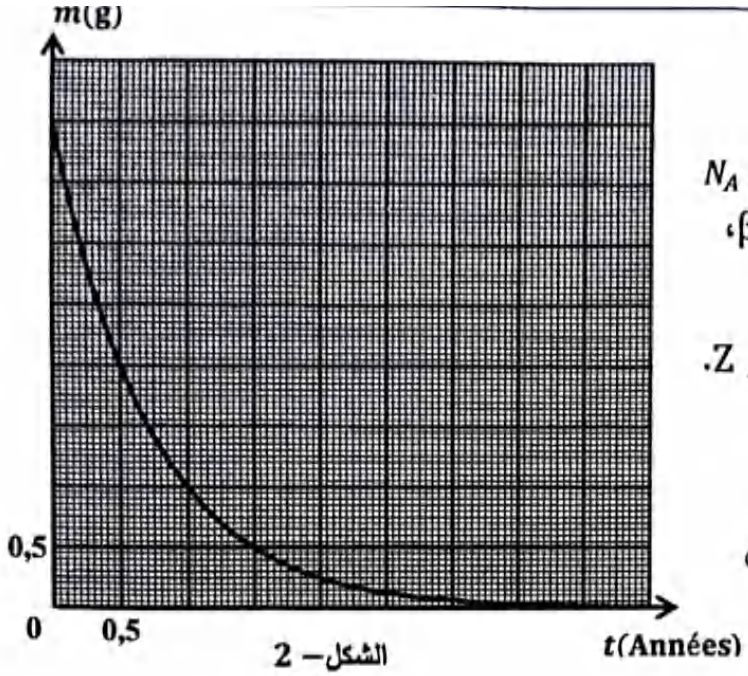
$N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$, $1\ an = 365{,}25$ jours

نواة البيريليوم ${}^{10}_4Be$ هي نواة مشعة تصدر الاشعاع β^-، وينتج عن تفككها نواة ${}^{A}_{Z}X$.

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

ب - كيف نفسر انبعاث جسيمات β^-.

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



الشكل- 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} .

جـ- احسب عدد الأنوية المتفككة عند $t = 1$ année.

4. قسنا بواسطة عداد جيجر النشاطية $\mathbf{A}$ لعينة من البيريليوم10 فوجدنا $\mathbf{A} = 1{,}06 \times 10^{15}$ Bq .

أ- احسب الكتلة m للبيريليوم10 المتسببة في هذه النشاطية.

ب- استنتج عمر هذه العينة إذا علمت أن كتلة البيريليوم الابتدائية هي $mo = 4$g.

الأجوبة :

1- P- معادلة التفكك :

$$^{10}_{4}Be \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$$

حسب قانوني الانحفاظ :

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

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

اذن $^{A}_{Z}X$ هو $^{10}_{5}B$ ومعادلة التفكك تكون كما يلي :

$$^{10}_{4}Be \rightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{0}_{-1}e$$

ب- التفسير: انبعاث β^- من تحول نترون إلى بروتون وفق المعادلة:

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$$

ج- P- عبارة قانون التناقص الاشعاعي :

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

ب- عبارة الكتلة m المتبقية عند اللحظة t بدلالة m_0 :

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

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

بالتعويض في عبارة قانون التناقص الاشعاعي :

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

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

3- تعريف زمن نصف العمر $t_{1/2}$:

هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الانوية الابتدائية

جـ عبارة $t_{1/2}$ بدلالة λ:

حسب تعريف $t_{1/2}$:

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

بالتعويض في عبارة قانون التناقص الاشعاعي:

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

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

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

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

ب- قيمة $t_{1/2}$:

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

الاستنتاج: $t_{1/2} = 0,5$ ans

- قيمة λ:

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

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

ب- عدد الانوية المتفككة عند $t = 1$ 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

ج- عبارة $t_{1/2}$ بدلالة λ:

حسب تعريف $t_{1/2}$:

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

بالتعويض في عبارة قانون التناقص الاشعاعي:

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

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

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

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

ب- قيمة $t_{1/2}$:

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

الاسقاط: $t_{1/2} = 0,5$ ans

- قيمة λ:

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

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

ب- عدد الانوية المتفككة عند $t = 1$ ans:

$$N_d = N_0 - N$$

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

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

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

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

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

ومنه:

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

من البيان:

$$m_0 = 8 \times 0,5 = 4\ g$$

ومنه:

$$N_d = \frac{6.02 . 10^{23} \times 4}{10}\left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{0,5} \times 1}\right) = 1,81 . 10^{23}$$

4- ب- قيمة m:

$$A = \lambda N$$

وحيث أن: $N = \frac{N_A . m}{M}$ نكتب:

$$A = \frac{\lambda N_A . m}{M} \rightarrow m = \frac{A . M}{\lambda N_A}$$

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

ب- عمر العينة:

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

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

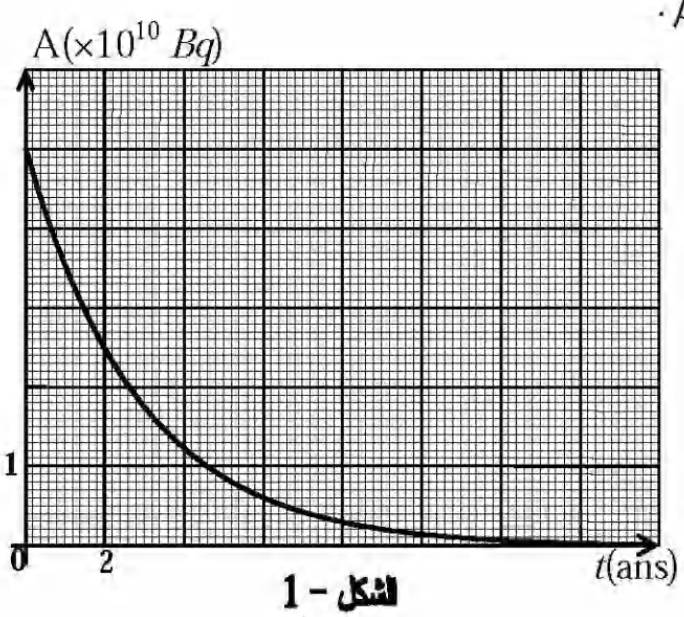
$$-\lambda t = \ln \frac{m}{m_0}$$

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

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

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

منبع مشع يحتوي على نظير السيزيوم ^{134}Cs المشع لـــ: 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 يعبّر 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 .

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

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

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

هـ- مثّل كيفياً تطور الكتلة $m'(t)$ بدلالة الزمن t .

يعطى الجدول المقابل والمستخرج من الجدول الدوري:

العنصر	Xe	Cs	Ba	La
Z	54	55	56	57

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

الأجوبة :

1- التعاريف :

- النظير المشع هو كل نظير غير مستقر يتفكك تلقائيا ليعطي جسيمات α أو β^- أو اشعاع كهرومغناطيسي γ.
- الاشعاع β^- يقصد به الجسيم β^- وهو عبارة عن الكترون منبعث من نواة مشعة نتيجة تحول نترون إلى بروتون وفق المعادلة :

$$_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0e$$

2- معادلة التفكك :

$$^{134}_{55}Cs = {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$$

حسب قانوني الانحفاظ :

$$134 = A + 0 \rightarrow A = 134$$
$$55 = Z - 1 \rightarrow Z = 56$$

اذن النواة X هي $^{134}_{56}Ba$ ومنه المعادلة تصبح :

$$^{134}_{55}Cs = {}^{134}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}e$$

3- P : قيمة A_0 :

من البيان :

$$A_0 = 5.10^{10}\ Bq$$

ب- قيمة A عند $t = \tau$:

حسب قانون التناقص الاشعاعي :

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

$$t = \tau \rightarrow A = 5.10^{10} e^{-\frac{\tau}{\tau}} = 5.10^{10} e^{-1} = 1,84.10^{10}\ Bq$$

قيمة τ :

$$t = \tau \rightarrow A = 1,84.10^{10}\ Bq$$

الانحفاظ

$$\tau = 1,45 \times 2 = 2,9\ ans$$

1- التعاريف :

- التشع المشع هو كل نظير غير مستقر يتفكك تلقائيا ليعطي جسيمات α أو β^- أو اشعاع كهرومغناطيسي γ.

- الاشعاع β^- ، يقصد به الجسيم β^- وهو عبارة عن الكترون منبعث من نواة مشعة نتيجة تحول نترون إلى بروتون وفق المعادلة :

$$_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0e$$

2- معادلة التفكك :

$$_{55}^{134}Cs = {}_Z^AX + {}_{-1}^0e$$

حسب قانوني الاحفاظ :

$$134 = A + 0 \rightarrow A = 134$$
$$55 = Z - 1 \rightarrow Z = 56$$

اذن النواة $_Z^AX$ هي $_{56}^{134}Ba$ وعليه المعادلة تصبح :

$$_{55}^{134}Cs = {}_{56}^{134}Ba + {}_{-1}^0e$$

3- P_ قيمة A_0 :

من البيان :

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

ب- قيمة A عند $t = \tau$:

حسب قانون التناقص الاشعاعي :

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

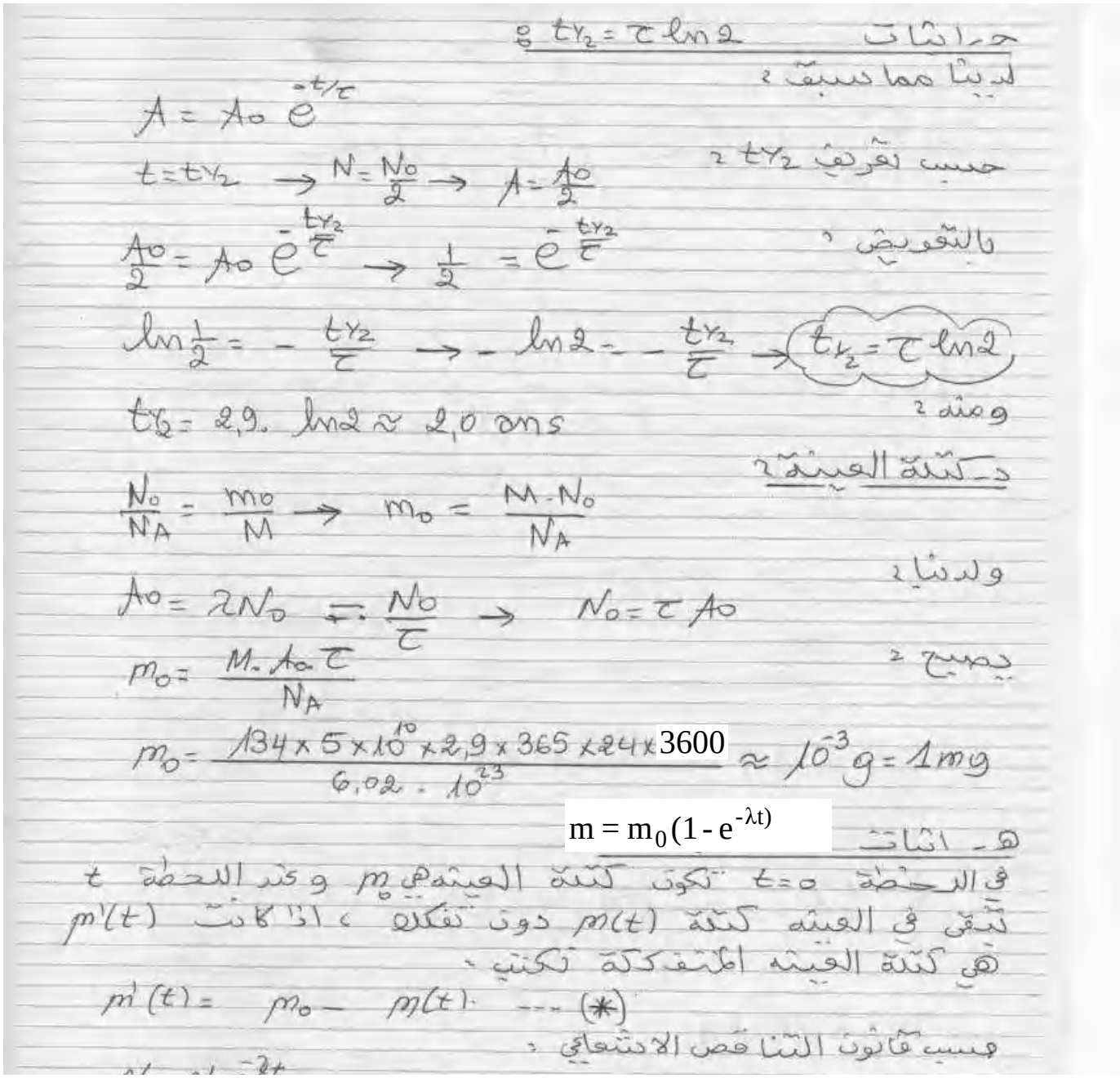
$$t = \tau \rightarrow A = 5 \cdot 10^{10} e^{-\frac{\tau}{\tau}} = 5 \cdot 10^{10} \cdot e^{-1} = 1{,}84 \cdot 10^{10} Bq$$

ج- قيمة τ :

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

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

د- الاستنتاج :



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

و لدينا :

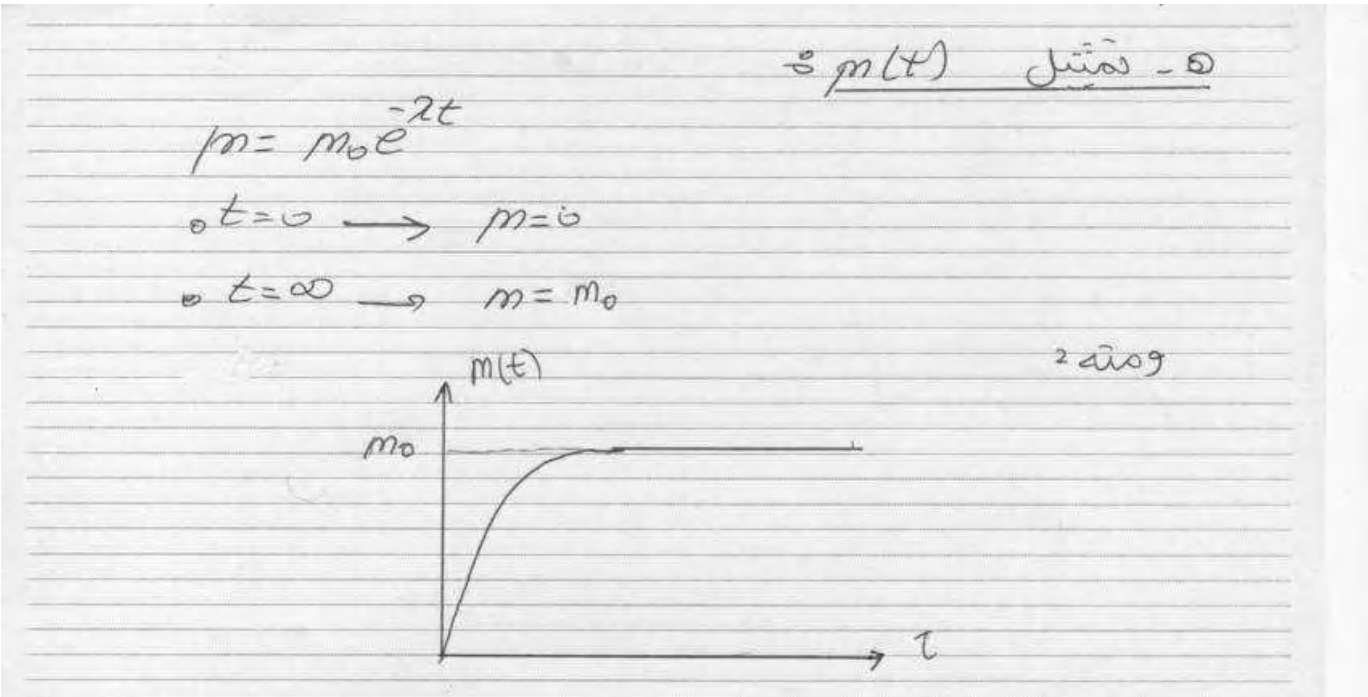
$$\frac{N_{(Cs)}}{N_A} = \frac{m_{(Cs)}}{M(Cs)} \rightarrow N_{(Cs)} = \frac{N_A}{M(Cs)} m_{(Cs)} \quad , \quad N_{0(Cs)} = \frac{N_A}{M(Cs)} m_{0(Cs)}$$

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 A و Z .

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 بعداد رقمي تم الحصول على جدول القياسات التالي :

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

أ/ أملأ الجدول السابق .
ب/ أرسم على ورقة ميليمترية البيان : $-\ln\frac{N(t)}{N(t_0)} = f(t)$.
يعطى سلم الرسم : على محور الفواصل : 1 cm → 20 jours ، على محور التراتيب : 1 cm → 0.1 .
جـ/ 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 :

$$^{A}_{Z}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$$

بتطبيق قانوني الانحفاظ :

$A = 206 + 4 = 210$

$Z = 82 + 2 = 84$

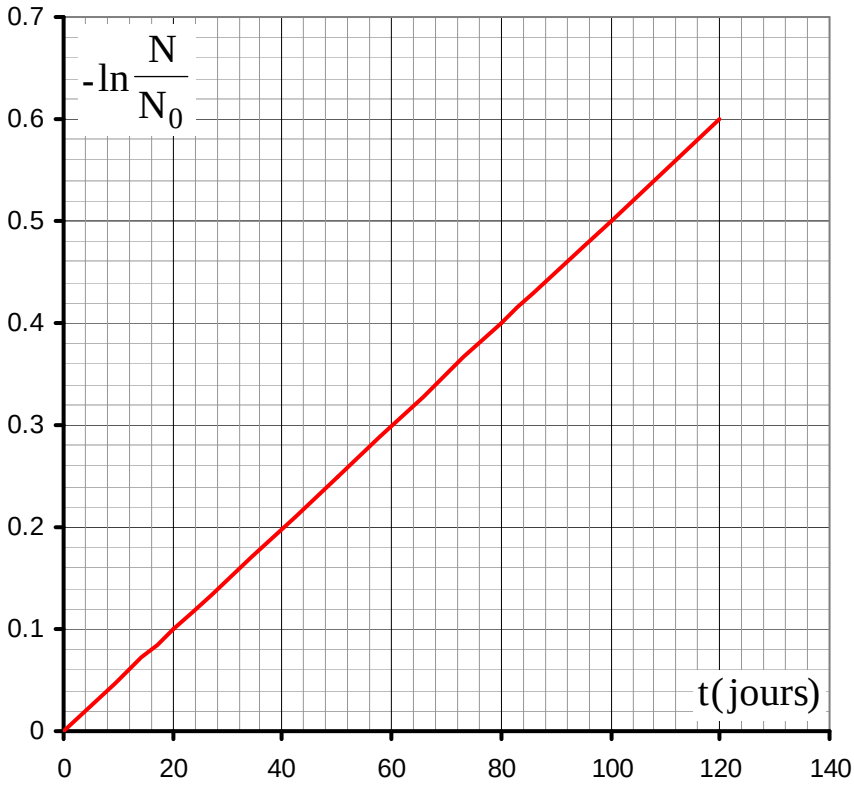
إذن النواة هي $^{210}_{84}Po$ و المعادلة تصبح كما يلي :

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

2- أ- إكمال الجدول :

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

ب- البيان $-\ln\frac{N}{N_0} = f(t)$:



جـ- قانون التناقص الاشعاعي 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 :

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

هـ- عبارة زمن نصف عمر Po و قيمته :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

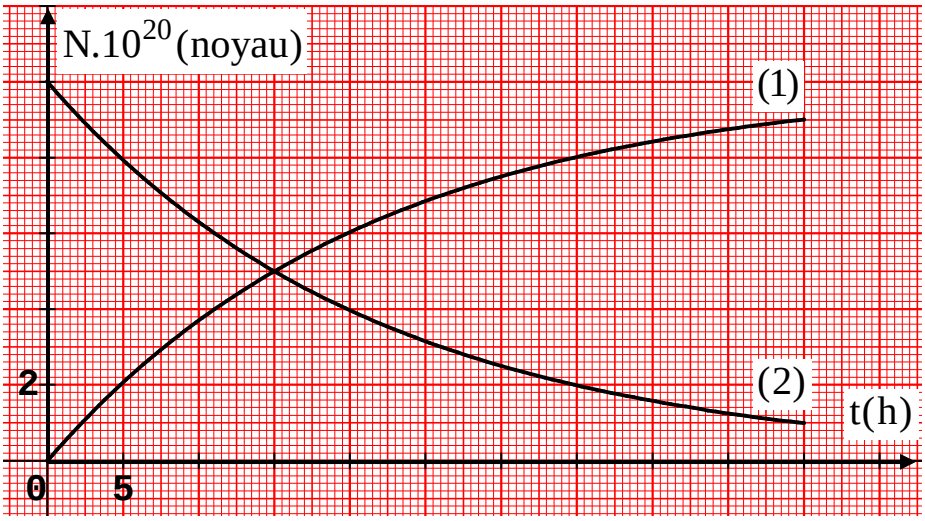
جـ- أحسب قيمة الكتلة الابتدائية m_0 للنظير $^{24}_{11}Na$ و كذا النشاط الابتدائي A_0 .

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

يستريح لمدة خمس ساعات ثم نزعنا عينة من دمه و قسنا نشاط 1.0 mL منه فوجدناه يساوي $A_1 = 8$ Bq . نعتبر كمية النظير $^{24}_{11}Na$ 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- أ- ثلاث خصائص لظاهرة التفكك النووي :

- تلقائي
- عشوائي
- آني .

ب- معادلة التفكك :

$$^{24}_{11}Na \longrightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{A}_{Z}X$$

حسب قانوني الانحفاظ :

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

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

اذن $^{A}_{Z}X$ هو $^{0}_{-1}e$ ومنه التفكك من النمط β^-

والمعادلة تكون كمايلي :

$$^{24}_{11}Na \longrightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e$$

ج- لا يمكن لنواة الصوديوم أن تتفكك وفق النمط α لان التفكك α يخص الأنوية الثقيلة و النواة ^{24}Na ليست كذلك .

د- أ- اقترن إحداث كل نواة :

أثناء تفكك $^{24}_{11}Na$ تتحولها إلى $^{24}_{12}Mg$ يتناقص عدد أنوية $^{24}_{11}Na$ ويزداد عدد انوية $^{24}_{12}Mg$ وعليه :

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

ب- المقدار الذي تمثله نقطة التقاطع :

لدينا : $N(Na) + N(Mg) = N_0(Na)$

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

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

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

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 لتتفكك نصف عدد الانوية الابتدائية

- قيمة $t_{1/2}$: بإسقاط نقطة التقاطع :

$$t_{1/2} = 15\ h$$

جـ- قيمة m_0 :

من البيان : $N_0(^{24}Na) = 5 \times 2.10^{20} = 10^{21}$ noyaux

ولدينا :

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

$$m_0 = \frac{24 \times 10^{21}}{6,02.10^{23}} = 0,04\ g = 40\ mg$$

- قيمة A_0 :

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

$$A_0 = \frac{\ln 2}{15 \times 3600} . 10^{21} = 1,28 . 10^{16}\ Bq$$

3- p- نشاط الحقنة بعد 5 ساعات :

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

$$A = 2.10^3 . e^{\frac{-\ln 2}{15} . 5} = 1,59.10^3\ Bq$$

ب- حجم دم الأرنب :

بعد 5 ساعات وجدنا $A=1,59.10^3 Bq$ وهي القيمة النظرية التي من المفترض أن تكون في دم الارنب كله وعندما سحبنا 1ml من دم الارنب وجدنا $A_1=8Bq$ اذن :

$$\begin{cases} 1ml\ (\text{دم}) \longrightarrow 8Bq \\ V\ (\text{دم}) \longrightarrow 1,59.10^3 \end{cases}$$

$$V=\frac{1,59.10^3}{8}\approx 200ml$$ (وهو حجم دم الأرنب)

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

البلوتونيوم Pu عنصر مُشِع، نادر الوجود في الطبيعة، يتم اصطناع أحد نظائره $^{241}_{94}Pu$ في المفاعلات النووية بقذف نواة يورانيوم $^{238}_{92}U$ بنيترونات. يُنمْذَجُ هذا التحول بتفاعل ذي المعادلة: $^{238}_{92}U + x\ ^1_0n \rightarrow ^{241}_{94}Pu + y\ \beta^-$

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

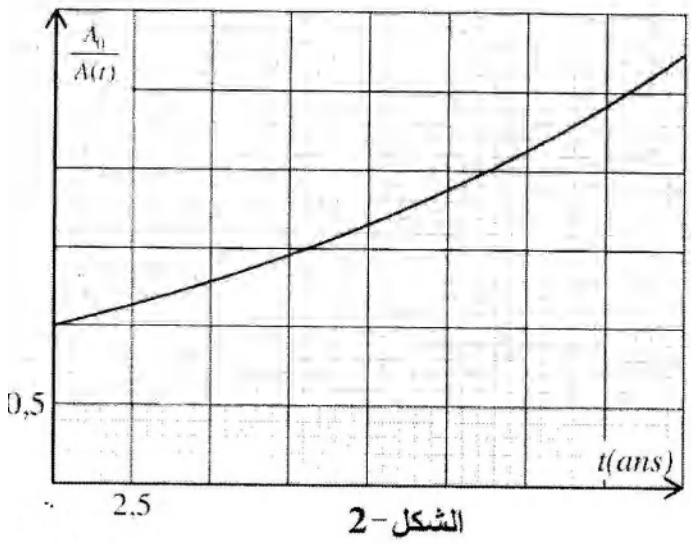
2- جد قيمة كل من x و y بتطبيق قانوني الإنحفاظ.

3- تتفكك نواة البلوتونيوم $^{241}_{94}Pu$ تلقائياً معطيةً نواة امريكيوم $^{A}_{Z}Am$ وجسيمات β^- .

اكتب معادلة التفكك المنمذج لهذا التحول النووي، وعيّن 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 $\frac{A_0}{A(t)}=f(t)$

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



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 .

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

الأجوبة :

1- التعاريف :

- النظائر : هي افراد كيميائية لنفس العنصر الكيميائي تتفق في العدد الذري Z وتختلف في العدد الكتلي A .

- النواة المشعة : هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا لتعطي نواة أكثر استقرارا .

- الجسيمات β^- : هي عبارة عن الكترونات ناتجة من تحول نيترونات إلى بروتونات .

2- قيمتي x و y :

$$^{238}_{92}U + x\,^{1}_{0}n \rightarrow ^{241}_{94}P + y\,^{0}_{-1}e$$

حسب قانوني الانحفاظ :

$$238 + x = 241 \rightarrow x = 3$$
$$92 = 94 - y \rightarrow y = 2$$

ومنه المعادلة تصبح :

$$^{241}_{94}Pu \rightarrow ^{241}_{95}Am + ^{0}_{-1}e$$

4- عبارة $\frac{A_0}{A}$ بدلالة λ ، 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 :

نحسب $\left(\frac{A}{A_0}\right)_{t_{Y_2}}$ عند اللحظة $t = t_{Y_2}$

- من العلاقة السابقة نكتب :

$$\frac{A_0}{A} = e^{\frac{\ln 2}{t_{Y_2}} t}$$

$$t = t_{Y_2} \rightarrow \left(\frac{A_0}{A}\right)_{t_{Y_2}} = e^{\frac{\ln 2}{t_{Y_2}} \cdot t_{Y_2}} = e^{\ln 2} \rightarrow \left(\frac{A_0}{A}\right)_{t_{Y_2}} = 2$$

بالاسقاط في البيان نجد:

$t_{r_2} = 5,5 \times 2,5 = 13,75 \text{ ans}$

- قيمة λ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{r_2}} = \frac{\ln 2}{13,75} = 0,05 \text{ ans}^{-1}$$

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

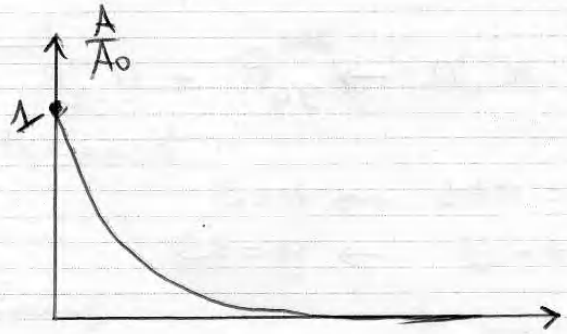
لدينا:

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

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

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

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



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

إن الأغذية التي نتناولها تحمل لنا البوتاسيوم المشع $^{40}_{19}K$ الذي يعتبـــر المصـــدر الأساسي للنشاط الإشعاعي لجسم الإنسان ، ثابت تفكك البوتاسيوم 40 هو $\lambda = 1.7.10^{-17} s^{-1}$.

1- أكتب معادلة تفكك نواة البوتاسيوم $^{40}_{19}K$ علما أن تفككها من النمط β^- و تعطي نواة الكالسيوم $^{40}_{Z}Ca$.

2- إذا علمت أن علبة شوكولاطة تحتوي عند اللحظة $t = 0$ على $44\mu g$ بوتاسيوم ، أحسب عدد أنوية $^{40}_{19}K$ التـي تحتويـها $44\mu g$ 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 الشوكولاطة 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 شوكولاطة يمكن أن يسبب مثل هذه المخاطر من وجهة نظر النشاط الإشعاعي طبعا ؟ .

يعطى : $N_A = 6.02 . 10^{23}$

الأجوبة :

1- معادلة التفكك :

$^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{Z}Ca + {}^{0}_{-1}e$

وحسب قانوني الاحفاظ :

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

ومنه المعادلة تصبح :

$^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{20}Ca + {}^{0}_{-1}e$

2- عدد انوية $^{40}_{19}K$ في 44mg من البوتاسيوم :

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

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

3- النشاط الاشعاعي الابتدائي لعينة الشكولاطة :

$A_0 = \lambda N_0$

$A_0 = 1,7 \times 10^{-17} \times 6.62 \cdot 10^{17} = 11.25\ Bq$

- العدد المتوسط للجسيمات β^- المنبعثة من عينة الشكولاطة مرة ساعة :

بما أن A ثابت خلال ساعة يكون عدد الجسيمات β^- المنبعثة خلال ساعة (3600s) هو :

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

$N(\beta^-) = 11.26 \times 3600 = 40500$

4- امكانية تشكل خطر بسبب أكل عينة الشكولاطة :

نلاحظ أن عدد الجسيمات β^- التي يتعرض لها شخص وزنه 70kg من عينة الشكولاطة هو 40500 ، هذا العدد بعيد كل البعد على عدد الجسيمات β^- المشكلة للخطر البيولوجي والمقدر بـ (10^5) ، إذن استهلاك الشكولاطة 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 بالاشعاع النووي (Radiothérapie) ، يستعمل الإشعاع النووي في تدمير الأورام السرطانية . حيث يقذف الورم المصاب بالاشعاع المنبعث من الكوبالت $^{60}_{27}Co$. يفسر النشاط الاشعاعي لنواة الكوبالت $^{60}_{27}Co$ بتحول النترون $^{1}_{0}n$ الى بروتون $^{1}_{1}p$

1- حدد معللا جوابك نمط النشاط الاشعاعي لنواة الكوبالت.

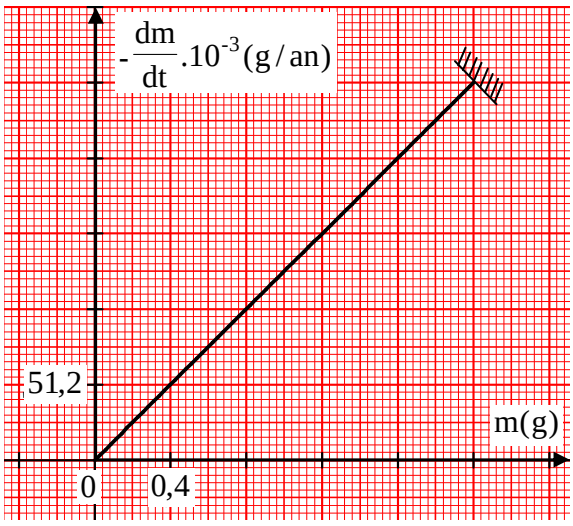
2- أكتب معادلة التفكك النووي و تعرف على النواة الناتجة من بين النواتين $_{26}Fe$, $_{28}Ni$.

3- أكتب المعادلة التفاضلية التي تخضع لها كتلة الأنوية غير المتفككة m(t) للكوبالت .

4- بتطبيق قانون التناقص الاشعاعي 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) 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 $^{60}_{27}Co$.

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

الأجوبة :

1- نمط النشاط الاشعاعي : هو β^- لأن تحول النترون ^1_0n إلى بروتون ^1_1P ينتج عنه الكترون سالب (β^-) وفق المعادلة :

$$^1_0n \longrightarrow {}^1_1P + {}^0_{-1}e$$

2- معادلة التفكك النووي :

$$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^A_ZX + {}^0_{-1}e$$

حسب قانوني الانحفاظ :

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

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

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

$$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^0_{-1}e$$

3- المعادلة التفاضلية بدلالة $m(t)$:

لدينا :

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

ولدينا :

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

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

ومنه:

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

$\bullet\ A = \lambda \frac{N_A}{M} m$ ------ (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- اثبات أن : $m = m_0 e^{-\lambda t}$

حسب قانون التناقص الاشعاعي:

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

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

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

5- اثبات 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:

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

إذن الحل المقترح هو فعلا حل للمعادلة التفاضلية .

6- قيمة λ :

- بيانيا المنحنى $-\frac{dm}{dt} = f(m)$ هو مستقيم يمر من المبدأ معادلته:

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

- نظريا وفق المعادلة التفاضلية :

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

$\lambda = \theta$

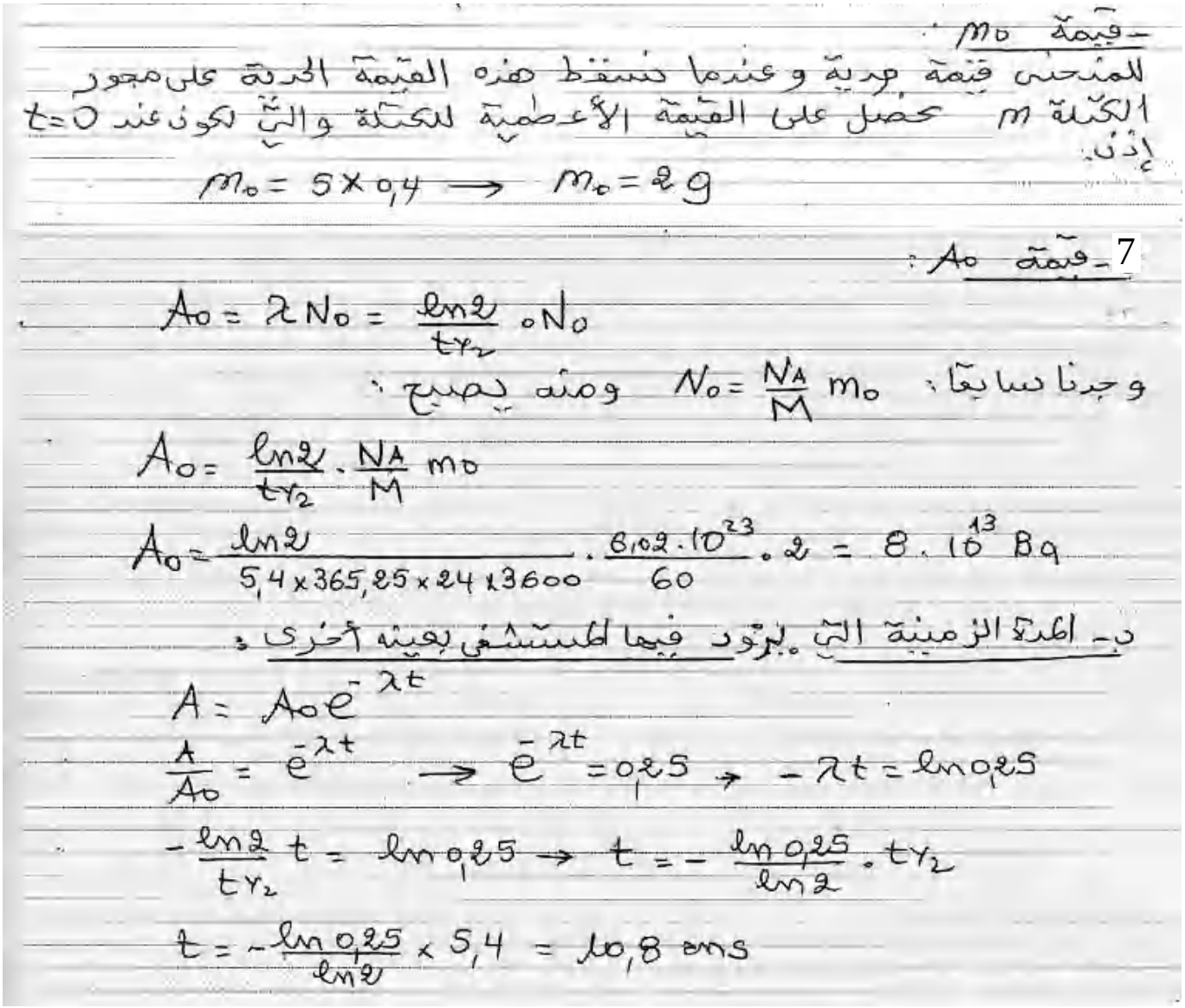
بالمطابقة :

من البيان :

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

إذن:

$\lambda = 0{,}128$



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 الإندماج و الإنشطار النووين 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 $^{134}_{55}Cs$ و $^{137}_{55}Cs$ ، نصف عمر $^{134}_{55}Cs$ هو 2 ans و نصف عمر $^{137}_{55}Cs$ 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 $^{235}_{92}U$ ، حيث يتم قذفه بنترون بطيء حسب المعادلة :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + 2\,^{0}_{1}n$$

- الطاقة المحررة من هذا التفاعل هي : $E_{lib} = 181,36$ MeV .
- تتزود غواصة بالطاقة الناتجة عن هذا الانشطار في مفاعلها الذي يقدم استطاعة P = 25MW بمردود قدره 30% ، تستهلك هذه الغواصة كمية من أكسيد اليورانيوم 235 (UO_2) كتلتها m = 2,27 kg للقيام بمهمة .
- أحسب عدد الأيام التي استهلكت فيها هذه الكمية من أكسيد اليورانيوم (UO_2) . يعطى : M(O) = 16 g/mol

3- الاندماج النووي :

مستقبل الطاقة النظيفة في العالم هو اندماج الديتريوم $^{2}_{1}H$ مع التريتيوم $^{3}_{1}H$ وفق المعادلة :

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

الطاقة المحررة من هذا التفاعل هي : $E_{lib} = 17,55\ MeV$. أحسب بالجول الطاقة المحررة من مزيج متساوي الأنوية من $^{2}_{1}H$ و $^{3}_{1}H$ كتلته : $m = 1\ kg$.

4- الطاقة الشمسية :

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

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

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

- علما أن الطاقة المحررة كل سنة من طرف الشمس نتيجة هذا التحول هي $E_S = 10^{34}\ J$. استنتج عدد السنوات اللازمة لاستهلاك كل الهيدروجين الموجود في الشمس باعتبار كتلة الهيدروجين $^{1}_{1}H$ تمثل 10% من كتلة الشمس

المعطيات :

- عدد أفوقادرو : $N_A = 6,02 . 10^{23}\ mol^{-1}$.
- كتلة الشمس : $m_S = 2 . 10^{30}\ kg$.
- $1MeV = 1,6 . 10^{-13}\ J$.

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 :

- $t_f\ (^{134}Cs) = 7 . 2 = 14\ ans$

و عليه يتوقف نشاط ^{134}Cs سنة :

$1986 + 14 = 2000$

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

- $t_f\ (^{137}Cs) = 7 . 30 = 210\ ans$

و عليه يتوقف نشاط ^{137}Cs سنة :

$1986 + 210 = 2196$

أي يتوقف نشاط ^{134}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 في هذه الكتلة .

$$\frac{N_{Réc}}{N_A} = \frac{m}{M(UO_2)} \rightarrow N_{Réc} = \frac{N_A . m}{M(UO_2)}$$

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

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

$E_{libT} = N_{Réc} . E_{lib}$

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

- نحسب الاستطاعة النووية :

$$\rho = \frac{P}{P_0}.100 \quad \rightarrow \quad P_0 = \frac{P.100}{\rho} \quad \rightarrow P_0 = \frac{25.10^6.100}{30} = 8{,}33.10^7 \text{ W}$$

من جهة أخرى :

$$P_0 = \frac{E_{libT}}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{1{,}49.10^{14}}{8{,}33.10^7} = 1{,}79.10^6 \text{ s} \approx 20{,}7 \text{ jours}$$

3- الانشطار النووي :

الطاقة المحررة من مزيج متساوي الأنوية من ^2_1H ، ^3_1H كتلته m = 1 kg :

$$m(^2_1H) + m(^3_1H) = m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

لدينا :

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad N = \frac{N_A.m}{M}$$

- $N = \dfrac{N_A.m(^2_1H)}{M(^2_1H)}$
- $N = \dfrac{N_A.m(^3_1H)}{M(^3_1H)}$

كون أن المزيج متساوي عدد الأنوية :

$$\frac{N_A.m(^2_1H)}{M(^2_1H)} = \frac{N_A.m(^3_1H)}{M(^3_1H)} \rightarrow \frac{m(^2_1H)}{M(^2_1H)} = \frac{m(^3_1H)}{M(^3_1H)} \rightarrow \frac{m(^2_1H)}{2} = \frac{m(^3_1H)}{3}$$

$$\frac{3}{2}m(^2_1H) = m(^3_1H) \quad \rightarrow \quad m(^3_1H) = 1{,}5\, m(^2_1H)$$

بالتعويض في (1) :

$$m(^2_1H) + 1{,}5\, m(^2_1H) = m$$

$$2{,}5\, m(^2_1H) = m \quad \rightarrow \quad m(^2_1H) = \frac{m}{2{,}5} = \frac{1\,kg}{2{,}5} = 0{,}4\,kg = 400\,g$$

$$m(^3_1H) = 1 - 0{,}4 = 0{,}6\,kg = 600\,g$$

نحسب عدد أنوية ^2_1H ، ^3_1H :

- $N(^2_1H) = \dfrac{6{,}02.10^{23}.400}{2} = 1{,}204.10^{26}$ noyaux
- $N(^2_1H) = \dfrac{6{,}02.10^{23}.600}{3} = 1{,}204.10^{26}$ noyaux

نحسب الآن الطاقة المحررة الكلية :

$$E_{libT} = N_{Réc} \,.\, E_{lib}$$

حيث أن $N_{Réc}$ هو عدد تفاعلات الاندماج .

- لدينا في المزيج $1,204 . 10^{26}$ نواة من ^2_1H و $1,204 . 10^{26}$ نواة من ^3_1H و في كل تفاعل اندماج تستهلك نواة من ^2_1H و نواة من ^3_1H ، إذن في المزيج يكون عدد تفاعلات الاندماج هو :

$$N_{Réc} = 1,204 . 10^{26}$$

و عليه :

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

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_1H في هيدروجين الشمس :

- $m(^1_1H) = \frac{10}{100} m_S = \frac{10}{100} . 2 . 10^{30} = 2 . 10^{29} \text{ kg} = 2 . 10^{32} \text{ g}$.
- $\frac{N(^1_1H)}{N_A} = \frac{m(^1_1H)}{M} \rightarrow N(^1_1H) = \frac{N_A . m(^1_1H)}{M(^1_1H)}$

$$N(^1_1H) = \frac{6,02 . 10^{23} . 2 . 10^{32}}{1} = 1,204 . 10^{56} \text{ nouyaux}$$

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

$$N_{Réc} = \frac{N(^1_1H)}{4} = \frac{1,204 . 10^{56}}{4} = 3,01 . 10^{55}$$

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

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

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

$$1 \text{ an} \rightarrow 10^{34} \text{ J}$$
$$\Delta t \rightarrow 1,19 . 10^{44} \text{ J}$$

و عليه :

$$\Delta t = \frac{1,19 . 10^{44}}{10^{34}} = 1,19 . 10^{10} \text{ ans}$$ (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