

تصحيح تمارين حول التناقص الإشعاعي والنوى والكتلة والطاقة

التمرين 10 أو التمرين 2 في السلسلة 2

1 - التعرف على الدقيقتين α و β : دقيقة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$
 β^- إلكترون : ${}^0_{-1}e$

حسب قانون سودي :

$$238 = 206 + 4x + 0 \Rightarrow x = 8$$

$$92 = 82 + 2x - y \Rightarrow y = 6$$

2 - عمر الصخرة بالسنين :

حسب المعادلة الحصيلة للتفاعل أنه في اللحظة تحتوي الصخرة على 1g من الأورانيوم وهذه

الكتلة تمثل نوى الأورانيوم المتبقية عند اللحظة t . أي أن $N(U) = \frac{N_A}{M(U)} \cdot m(U)$ وتحتوي على

10mg من الرصاص 206 ، هذه الكتلة تمثل $N'(Pb)$ النوى المتكونة خلال اللحظة t أي أن

$$N'(Pb) = \frac{N_A}{M(Pb)} \cdot m'(Pb) \quad \text{وبالتالي فإن عدد النوى الموجودة في اللحظة } t=0 \text{ هي :}$$

$$N_0(U) = N_r(U) + N_{desin}(U)$$

$$N_{desin}(U) = N_r(Pb)$$

$$N_0(U) = N_r(U) + N_r(Pb)$$

$$N_0(U) = \frac{N_A}{M(U)} \cdot m + \frac{N_A}{M(Pb)} \cdot m'$$

$$N_0(U) = N_A \left(\frac{m}{M(U)} + \frac{m'}{M(Pb)} \right)$$

بالنسبة للأورانيوم 238 المتبقي نطبق قانون التناقص الإشعاعي :

$$N(t) = N_0(U)e^{-\lambda t} \Rightarrow N(t) = \left(\frac{N_A}{M(U)} \cdot m + \frac{N_A}{M(Pb)} \cdot m' \right) e^{-\lambda t}$$

$$N_A \frac{m}{M(U)} = N_A \left(\frac{m}{M(U)} + \frac{m'}{M(Pb)} \right) e^{-\lambda t}$$

$$\frac{m}{M(U)} = \left(\frac{m}{M(U)} + \frac{m'}{M(Pb)} \right) e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow \frac{m}{M(U)} = \left(\frac{m}{M(U)} + \frac{m'}{M(Pb)} \right) e^{-\left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\right)t}$$

$$\frac{\frac{m}{M(U)}}{\left(\frac{m}{M(U)} + \frac{m'}{M(Pb)} \right)} = e^{-\left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\right)t} \Rightarrow \ln \frac{\frac{m}{M(U)}}{\left(\frac{m}{M(U)} + \frac{m'}{M(Pb)} \right)} = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t$$

$$t = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times \left(\ln \frac{\left(\frac{m}{M(U)} + \frac{m'}{M(Pb)} \right)}{\frac{m}{M(U)}} \right) \Rightarrow t = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times \left(\ln \left(1 + \frac{m' M(U)}{m M(Pb)} \right) \right)$$

تطبق عددي :

$$t = 7,45 \cdot 10^7 \text{ans}$$

التمرين 12 : تطبيقات في مجال الطب بكالوريا 2008 أو التمرين 5 السلسلة 1



نطبق قانون سودي :



نطبق قانون سودي :

طبيعة التحول النووي : β^-

1 - 2 حساب ثابتة النشاط الإشعاعي λ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 1,28 \cdot 10^{-5} \text{s}^{-1}$$

2 - حساب حجم الدم المفقود إثر حادثة سير :

1 - 2 تحديد n_1 كمية الصوديوم ${}^{24}_{11}\text{Na}$ المتبقية في دم الشخص المصاب :

حسب قانون التناقص الإشعاعي ، عند اللحظة $t_1 = 3\text{h}$ عدد النوى المتبقية في دم الشخص هي :

$$N_1 = N_0 e^{-\lambda t_1} \quad \text{حيث } N_0 \text{ عدد النوى عند اللحظة } t=0 \text{ ونعلم أن } N_0 = n_0 N_A = C_0 V_0 N_A \text{ أي أن :}$$

$$n_1 = n_0 e^{-\lambda t_1} = C_0 V_0 e^{-\lambda t_1}$$

$$n_1 = 4,35 \cdot 10^{-6} \text{mol} \quad \text{تطبيق عددي :}$$

2 - 2 نشاط العينة a_1

$$\text{نعلم أن } a_1 = \lambda N_1 = \lambda N_A n_1$$

$$a_1 = 3,35 \cdot 10^{13} \text{Bq}$$

2 - 3 استنتاج حجم V_p للدم المفقود :

التحولات النووية

عند اللحظة t_1 لدينا حسب السؤال السابق: $n_1 = C_1 \cdot V_1$ بحيث أن $V_1 = V_0 + V_{\text{reste}}$ ولدينا كذلك $n_2 = C_2 \cdot V_2$ بحيث أن V_2 حجم الدم الذي تم تحليله وبما أننا استعملنا نفس الدم فإن

$$V_{\text{reste}} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right) V_2 - V_0 \quad \text{وبالتالي لدينا:} \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{V_0 + V_{\text{reste}}}{V_2} \quad \text{أي أن} \quad C_1 = C_2$$

$$V_{\text{reste}} = 4,135\ell$$

$$V_p = V_T - V_{\text{reste}} = 0,865\ell \quad \text{حجم الدم المفقود}$$

التمرين 14 : بكالوريا 2009 الدورة العادية مسلك العلوم الفيزيائية أو التمرين 4 في السلسلة 2

1 – تفتت نويدة الكلور 36

$$1 - 1 \text{ تركيب نويدة الكلور } {}^{36}_{17}\text{Cl}$$

عدد البروتونات : $Z=17$

عدد النوترونات : $A = Z + N$ أي أن $N = A - Z$ وبالتالي فإن $N = 19$

1 – 2 حساب بال MeV طاقة الربط لنواة الكلور :

$$E_\ell = (Zm_p + Nm_n - m(\text{Cl})).c^2$$

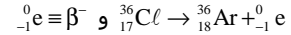
تطبيق عددي :

$$E_\ell = (17 \times 1,0073 + 19 \times 1,0087 - 35,9590) \times c^2$$

$$E_\ell = 0,330u \times c^2$$

ونعلم أن $1u = 931,5 \text{ MeV} / c^2$ أي أن $E_\ell = 308 \text{ MeV}$

1 – 3 معادلة التفتت :



طبيعة النشاط β^-

2 – تأريخ فرشاة مائية ساكنة

النشاط الإشعاعي عند اللحظة t لعينة من المياه الطبيعية السطحية : $a_1 = 11,6 \cdot 10^{-6} \text{ Bq}$

النشاط الإشعاعي لعينة أخرى لها نفس الحجم من المياه الجوفية الساكنة : $a_2 = 1,19 \cdot 10^{-6} \text{ Bq}$

حسب المعطيات فإن النشاط الإشعاعي للمياه الطبيعية السطحية ثابت أي أن $a_0 = a_1$ عند اللحظة $t = 0$

النشاط الإشعاعي لعينة من المياه الجوفية يخضع للقانون التناقص الإشعاعي بحيث أن :

عند اللحظة t_2 بحيث أن $t_2 - t_0 = t_2$ وهي عمر الفرشاة المائية الجوفية

المدرسة :

$$a_2 = a_1 e^{-\lambda t_2} \quad \text{بحيث أن} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \text{أي أن} \quad a_2 = a_1 e^{-\frac{t_2 \ln 2}{t_{1/2}}}$$

التحولات النووية

$$\frac{a_2}{a_1} = e^{-\frac{t_2 \ln 2}{t_{1/2}}} \Rightarrow \ln \left(\frac{a_2}{a_1} \right) = -\frac{t_2 \ln 2}{t_{1/2}}$$

$$t_2 = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{a_1}{a_2} \right)$$

$$t_2 = \frac{3,01 \cdot 10^5}{\ln 2} \ln \left(\frac{11,7 \cdot 10^{-6}}{1,19 \cdot 10^{-6}} \right) = 992540 \text{ ans} \quad \text{تطبيق عددي :}$$

التمرين 16 بكالوريا الدورة العادية 2008 علوم رياضية أو التمرين 6 في السلسلة 2

1 – دراسة نواة الأورانيوم 234

1 – 1 تركيب نواة الأورانيوم 234 : $Z=92$ و $N=A-Z=142$

1 – 2 حساب طاقة الربط E_ℓ لنواة الأورانيوم 234

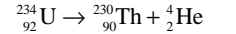
$E_\ell = \Delta m c^2$ حيث Δm تمثل النقص الكتلي لنواة الأورانيوم :

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m({}^{234}\text{U}) = 1,85858u$$

$$\Delta m = 1,85858 \times 931,5 = 1731,267 \text{ MeV} / c^2$$

$$E_\ell = 1731,267 \text{ MeV}$$

1 – 3 معادلة التفتت لنويدة الأورانيوم 234



طبيعة النشاط الإشعاعي α

2 – دراسة التناقص الإشعاعي

2 – 1 عدد نوى الطوريوم 230 عند اللحظة t

عند اللحظة $t=0$ تتوفر الصخرة على N_0 نويدة من الأورانيوم 234 .

عند اللحظة t تعتبر N_1 عدد النويدات المتبقية في الصخرة و N_2 عدد النوى المتفتتة من الأورانيوم 234.

$$N_0 = N_1 + N_2 \Rightarrow N_2 = N_0 - N_1$$

حسب معادلة التفتت فإن كل نواة الأورانيوم خلال تفتتها تعطي نواة الطوريوم أي أن عدد النوى

المتفتتة من الأورانيوم هو نفسه عدد النوى الطوريوم المتكونة . إذن $N_2 = N(\text{Th})$

$$N(\text{Th}) = N_0 - N_1(U) \Rightarrow N(\text{Th}) = N_0 - N_0 \exp(-\lambda t)$$

$$N(\text{Th}) = N_0 (1 - \exp(-t \ln 2 / t_{1/2}))$$

2 – 2 تعبير t بدلالة r و t_{1/2}

التحولات النووية

$$m_0 = \frac{5 \times 10^3 \times 3,9 \times 86400 \times 222}{6,02 \times 10^{23} \times \text{Ln}2} = 8,96 \times 10^{-13} \text{ g} \quad \text{تطبيق عددي}$$

2 - حساب عدد الأيام اللازمة لكي تصبح قيمة النشاط الإشعاعي تساوي الحد الأقصى
: $a_{\max} = 300 \text{ Bq/m}^3$

حسب قانون التناقص الإشعاعي لدينا : $a_{\max} = a_0 e^{-\lambda \Delta t}$ بحيث أن Δt المدة الزمنية التي سيصل فيها النشاط الإشعاعي قيمته القصوى

$$\frac{a_{\max}}{a_0} = e^{-\lambda \Delta t}$$

$$\ln \left(\frac{a_{\max}}{a_0} \right) = -\frac{\ln 2 \times \Delta t}{t_{1/2}}$$

$$\Delta t = -\frac{t_{1/2}}{\text{Ln}2} \ln \left(\frac{a_{\max}}{a_0} \right)$$

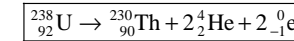
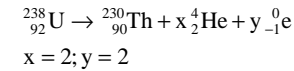
$$\Delta t = -\frac{3,9}{\text{Ln}2} \ln \left(\frac{300}{5000} \right) = 15,83 \text{ jours} \quad \text{تطبيق عددي}$$

التمرين 20: تاريخ الترسبات الجيرية أو التمرين 6 السلسلة 1

1 -

1 - معادلة التحول النووي :

نطبق قانون صودي :



1 - 2 نبيين أن $\frac{N({}^{230}\text{Th})}{N({}^{238}\text{U})}$ تكون ثابتة :

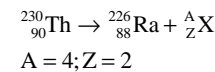
حسب المعطيات للعينتين من الأورانيوم والثوريوم نفس النشاط ، أي أن

$$a({}^{230}\text{Th}) = a({}^{238}\text{U})$$

$$\lambda \cdot N({}^{230}\text{Th}) = \lambda' \cdot N({}^{238}\text{U})$$

$$\frac{N({}^{230}\text{Th})}{N({}^{238}\text{U})} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \text{Cte}$$

2 - معادلة التفاعل النووي :



أي أن كبيعة الإشعاع المنبعث : نوى الهيليوم ، دقائق α وبالتالي فالمعادلة النووية هي كالتالي :

التحولات النووية

$$r = \frac{N(\text{Th})}{N(\text{U})} = \frac{N_0(1 - \exp(-t \cdot \text{Ln}2 / t_{1/2}))}{N_0 \exp(-t \cdot \text{Ln}2 / t_{1/2})} = \frac{1}{\exp(-t \cdot \text{Ln}2 / t_{1/2})} - 1$$

$$r + 1 = \frac{1}{\exp(-t \cdot \text{Ln}2 / t_{1/2})} \Rightarrow \exp(-t \cdot \text{Ln}2 / t_{1/2}) = \frac{1}{r + 1}$$

$$\text{Ln}(\exp(-t \cdot \text{Ln}2 / t_{1/2})) = -\text{Ln}(r + 1)$$

$$t \cdot \text{Ln}2 / t_{1/2} = \text{Ln}(r + 1) \Rightarrow t = \frac{t_{1/2}}{\text{Ln}2} \cdot \text{Ln}(r + 1)$$

تطبيق عددي : $t = 120000 \text{ ans}$

التمرين 19 : بكالوريا 2010 الدورة العادية مسلك العلوم الفيزيائية أو التمرين 8 السلسلة 2

1 - نغنت نويذة الأورانيوم 238

1 - 1 تركيب نويذة ${}_{86}^{222}\text{Rn}$:

عدد البروتونات : $Z = 86$

عدد النوترونات : $N = A - Z = 136$

1 - 2 حساب طاقة الربط لنواة ${}_{86}^{222}\text{Rn}$

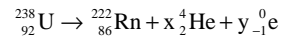
$$E_c = \left[(Zm_p + Nm_n) - m({}^{222}\text{Rn}) \right] \times c^2$$

$$E_c = \left[(86 \times 1,0073 + 136 \times 1,0087) - 221,970 \right] \times 931,5 \text{ MeV}$$

$$\boxed{E_c = 1715 \text{ MeV}}$$

1 - 3 تحديد عدد التفتتات من نوع α ومن نوع β^- :

نطبق قانون صودي بالنسبة للمعادلة النووية :



$$238 = 222 + 4x \Rightarrow \boxed{x = 4}$$

$$92 = 86 + 8 - y \Rightarrow \boxed{y = 2}$$

2 - التحقق من جودة الهواء داخل مسكن

1 - 2 حساب كتلة الرادون في كل متر مكعب عند t_0 :

$$\text{لدينا } a_0 = \lambda N_0 \text{ و } \frac{N_0}{N_A} = \frac{m_0}{M} \text{ أي أن } \frac{N_0}{\lambda \times N_A} = \frac{m_0}{\lambda \times N_A}$$

من جهة أخرى : $\lambda = \frac{\text{Ln}2}{t_{1/2}}$ ومنه فإن كتلة الرادون عند اللحظة t_0 في المتر المكعب هي :

$$\boxed{m_0 = \frac{a_0 \times t_{1/2} \times M}{N_A \times \text{Ln}2}}$$

2 _ نشاط عينة من البولونيوم 210

1 _ 2 عرف بنشاط عينة مشعة وأعط وحدتها في النظام العالمي للوحدات .
2 _ 2 يعطي قياس عدد التفتتات الناتجة عن عينة من التبغ (tabac) خلال 10min ، والذي يكافئ سيجارة واحدة، 60 تفتت . أحسب a نشاط هذه العينة .

3 _ عمر نصف عنصر البولونيوم 210

عمر نصف عنصر البولونيوم 210 : $t_{1/2} = 138 \text{ jour}$

1 _ 3 عرف بعمر نصف لعنصر إشعاعي النشاط

2 _ 3 أحسب الثابتة الإشعاعية لعنصر البوبونيوم 210 باليوم والثانية

3 _ 3 عند تدخين سيجارة يكون المدخن قد استهلك N_0 نواة من البولونيوم 210 .

أ _ أحسب N_0 عدد النوى المستهلكة عند تدخين سيجارة واحدة .

ب _ بالنسبة لشخص يدخن سيجارة واحدة في اليوم ، أحسب المدة الزمنية اللازمة لكي يصبح فيها عدد نوى البولونيوم 210 المتبقية 21500 .

3 _ 4 تعتبر أن البولونيوم 210 يكون عديم النشاط عندما تصبح $a = 9,66.10^{-7} \times a_0$. ما هي المدة الزمنية اللازمة لكي يصبح فيها البولونيوم 210 عديم النشاط ؟ أعط النتيجة باليوم والسنة . نعطي : $(1 \text{ an} = 365 \text{ jour})$

3 _ 5 ما هو استنتاجك بالنسبة لشخص يدخن عشر سجائر في اليوم ؟

4 _ تأثير البولونيوم على صحة الإنسان

يتفتت البولونيوم 210 المستهلك عن طريق السجائر في جسم الإنسان . ما هو تأثير دقائق α على الخلايا الحية في جسم الإنسان ؟

التصحيح:

1 _ 1 تفتت نواة البولونيوم 210 :

1 _ 1 تركيب نواة البولونيوم 210 : عدد لبروتونات $Z = 84$ وعدد النوترونات $N = A - Z = 176$

1 _ 2 تعريف بظاهرة النشاط الإشعاعي : النشاط الإشعاعي تحول نووي تلقائي غير مرتقب في الزمن ، تتحول خلاله نواة الأصل إلى نواة متولدة أو إلى حالة إثارة أقل طاقة .

المعادلة النووية للتفتت : ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$ ، طبيعة الدقيقة المنبعثة هي نوى الهيليوم

2 _ 2 نشاط عينة من البولونيوم 210 :

2 _ 1 تعريف بنشاط عينة : نشاط عينة $a(t)$ هو عدد النوى المتفتتة في وحدة الزمن .

وحدتها في النظام العالمي للوحدات : السيمنس (S)

2 _ 2 حساب نشاط العينة a من التبغ والذي يكافئ سيجارة واحدة :

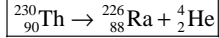
$$a = \frac{|\Delta N|}{\Delta t} \text{ بحيث أن } |\Delta N| \text{ هو عدد التفتتات خلال } \Delta t : a = \frac{60}{10 \times 60} = 0,1 \text{ Bq}$$

3 _ 3 عمر نصف البولونيوم 210

3 _ 1 تعريف لعمر النصف لنشاط إشعاعي : هو المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف عدد نوى العينة .

3 _ 2 حساب الثابتة الإشعاعية λ : لدينا $\lambda = \frac{\text{Ln}2}{t_{1/2}}$ أي أن $\lambda = 5,81 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1} = 5,02 \times 10^{-3} \text{ jour}^{-1}$

3 _ 3 حساب عدد النوى البولونيوم 210 الموجودة في سيجارة واحدة :



3 _ لتتحقق مبيانيا من أن عمر نصف الثوريوم 230 هو $t_{1/2} = 7,5 \times 10^4 \text{ ans}$

نعلم أن $t_{1/2}$ هي المدة الزمنية اللازمة لكي تفتت نصف العينة عند $t = 0$ حسب المنحنى فإن

$$\frac{N(t)}{N_0} = f(t) \text{ وأن } f(0) = 1 \text{ لكي تفتت نصف العينة } f(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2N_0} = \frac{1}{2}$$

$$t_{1/2} = 75 \times 10^3 \text{ ans} = 7,5 \times 10^4 \text{ ans}$$

4 _ حساب عمر الجزء المأخوذ من القاعدة السفلى للأسطوانة :

بما ان تركيز الثوريوم 230 يتناقص حسب العمق داخل الترسب وذلك بتفتته حسب قانون التناقص

الإشعاعي : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ وبما أن $N = \frac{m}{M} N_A$ كذلك $N = m_0 e^{-\lambda t}$ بحيث أن $m_0 = m_s$ كتلة التوريوم

الموجودة في الطبقة العليا للأسطوانة فإن هذه العينة تصبح كتلتها في القاعدة السفلى

$m_p = m_s e^{-\lambda \Delta t}$ بحيث أن $\Delta t = t - t_0$ هي المدة الزمنية اللازمة لهذا التفتت وهي عمر هذا الجزء :

$$m_p = m_s e^{-\lambda \Delta t}$$

$$\frac{m_p}{m_s} = e^{-\lambda \Delta t}$$

$$\text{Ln} \left(\frac{m_p}{m_s} \right) = -\lambda \Delta t$$

$$\Delta t = -\frac{1}{\lambda} \text{Ln} \left(\frac{m_p}{m_s} \right)$$

$$\Delta t = -\frac{t_{1/2}}{\text{Ln}(2)} \text{Ln} \left(\frac{m_p}{m_s} \right)$$

تطبيق عددي :

$$\Delta t = 3,0 \times 10^5 \text{ ans}$$

التمرين 23 : التدخين وصحة الإنسان

بينت دراسات تجريبية أن السجائر يحتوي دخانها ، إضافة إلى المكونات السامة *toxique* ، على عنصر البولونيوم 210 . البولونيوم 210 عنصر مشع مسؤول على نسبة 1% من أمراض سرطان الرئة الذي يصيب عدد من المدخنين .

1 _ تفتت نواة البولونيوم 210

1 _ 1 رمز نواة البولونيوم 210 : ${}^{210}_{84}\text{Po}$ أعط تركيب هذه النواة

1 _ 2 البولونيوم 210 إشعاعي النشاط α :

أكتب المعادلة النووية لهذا التفتت . ما طبيعة الدقيقة المنبعثة ؟

التحولات النووية

البولوتونيوم 241 نشاط الإشعاعي β^- نعب عنه بالتفاعل التالي : ${}_{94}^{241}\text{Pu} \rightarrow {}_{95}^{241}\text{Am} + \beta^-$
أ - عرف بطاقة الربط لنواة ${}^A_Z\text{X}$.

ب - أحسب بال MeV طاقة الربط E_l لنواة ${}_{55}^{141}\text{Cs}$ و E'_l لنواة البولوتونيوم واستنتج طاقة الربط لنوية $({}_{55}^{141}\text{Cs})$ و $({}_{94}^{241}\text{Pu})$. أيهما أكثر استقرارا ؟ علل جوابك
ج - أحسب بال MeV قيمة الطاقة الناتجة E_D عن تفتت نواة واحدة من البولوتونيوم 241 خلال النشاط الإشعاعي β^- .

2 - 3 قارن بين E_F و E_D وذلك بحساب النسبة $|E_F|/|E_D|$. ما هو استنتاجك ؟

معطيات عامة

m(p)	m(β^-)	m(n)
1,00728u	0,00055u	1,00866u

m(Cs) = 140,79352u	m(Pu) = 241,00514u	m(Am) = 241,00457u	m(Y) = 97,90070u
--------------------	--------------------	--------------------	------------------

c = 3×10^8 m/s	1eV = $1,602 \times 10^{-19}$ J	$N_A = 6,0221 \times 10^{23}$ / mol	1u = $931,5$ MeV / c^2
-------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	--------------------------

التصحيح : التمرين 23

1_1 تعريف الكلمات التالية :

النظير : نويدات تحتوي على نفس عدد البروتونات وتختلف من حيث عدد النيوترونات
الانشطار النووي : ظاهرة نووية محرضة تنتج عن قذف نوى ثقيلة شظورة ببترونات بطيئة فتنتشر إلى نواتين خفيفتين .

النوى الشظورية : النوى الثقيلة قابلة الانشطار

1_2 تحديد قيمتي x و y

نطبق قانون صودي :

$$92 = 94 - y \Rightarrow y = 2 \quad \text{و} \quad 238 + x = 241 + 0 \Rightarrow x = 3$$

2_ تحديد الطاقة الناتجة :

2_1 أ - تفاعل محرض تم قذفه ببترونات فهو تفاعل الانشطار .

ب - حساب الطاقة الناتجة عن انشطار نواة واحدة من البولوتونيوم 241 :

$$E_F = \Delta M.c^2 = (m(\text{Cs}) + m(\text{Y}) + 2m(n) - m(\text{Pu})).c^2$$

$$E_F = (140,79352 + 97,9007 + 2 \times 1,00866 - 241,00514) \times (931,5 \text{ MeV} / c^2) \times c^2$$

$$E_F = -273,5 \text{ MeV}$$

ج - حساب الطاقة الناتجة عن انشطار مول واحد من البولوتونيوم 241 :

نعلم أن مول واحد يحتوي على N_A نواة من البولوتونيوم 241 أي أن

$$E'_F = N_A \times E_F = -6,0221 \cdot 10^{23} \times 273,5 = -1,65 \cdot 10^{26} \text{ MeV}$$

التحولات النووية

$$N_0 = \frac{a_0}{\lambda} = \frac{0,1}{5,81 \times 10^{-8}} = 1721170 \text{ أن } a_0 = \lambda N_0$$

3_ 4 حساب المدة الزمنية اللازمة لكي يصبح عدد النوى 21500 :

نطبق قانون التناقص الإشعاعي : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ بحيث أن $t = \Delta t$

$$\lambda t = \text{Ln} \left(\frac{N_0}{N} \right) \Rightarrow \lambda t = \text{Ln} \left(\frac{N_0}{N} \right) \text{ أي أن } t = \Delta t = \frac{1}{\lambda} \text{Ln} \left(\frac{N_0}{N} \right)$$

سنتان و 143 يوم

3_ 5 المدة الزمنية لكي يصبح البولونيوم 210 عديم النشاط :

نطبق قانون التناقص الإشعاعي : $a = a_0 e^{-\lambda t}$ لدينا $a = a_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow 9,6 \cdot 10^{-7} = e^{-\lambda t} a_0 = 9,6 \cdot 10^{-7}$ أي أن

$$\Delta t = 2759 \text{ jour} = 7,56 \text{ ans} \quad \text{ومنه} \quad \text{Ln}(9,66 \cdot 10^{-7}) = -\lambda \Delta t$$

3_ 6 بالنسبة لشخص يستهلك عشر سجائر في اليوم سيكون أماله في الحياة جد ضعيف وهو معرض لأمراض جد خطيرة .

التمرين 24 : التحولات النووية في المفاعلات النووية

يحتوي معدن الأورانيوم (U) أساسا على نظيرين : 99,3% من الأورانيوم 238 و 0,7% من الأورانيوم 235

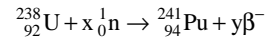
الأورانيوم 235

يتكون وقود المفاعلات النووية من خليط غني بالأورانيوم 235 أي أن نسبة النظير 235 أكبر من

0,7% (نسبة النظير 238 أصغر من 99,3%) بحيث أن نوى الأورانيوم 235 الوحيدة الشظورية .

البولوتونيوم (Pu) غير موجود في الطبيعة . البولوتونيوم 241 من النواتج المحصل عليها في المفاعلات

النووية انطلاقا من الأورانيوم 238 حسب التفاعل النووي الممنهج بالمعادلة النووية التالية :



البولوتونيوم بدوره شظور و إشعاعي النشاط β^- عمر نصفه يقارب عشر سنوات .

1_ عموميات

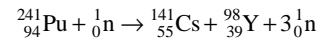
1_1 أعط تعريف الكلمات التالية : النظير _ الانشطار النووي _ نوى شظورية

1_2 حدد قيمتي x و y في المعادلة النووية (1)

2_ تحديد الطاقة الناتجة خلال التحول النووي للبولوتونيوم 241

2_1 انشطار النووي للبولوتونيوم 241

تكتب المعادلة النووية لهذا الانشطار على الشكل التالي :



أ - هل هذا التفاعل محرض أم تلقائي ؟ علل الجواب

ب - أحسب ب MeV قيمة الطاقة الناتجة E_F عن انشطار نواة واحدة من البولوتونيوم 241 .

ج - استنتج الطاقة الناتجة E'_F عن مول واحد من نوى البولوتونيوم 241 بال MeV وبالجول J .

د - في بعض الأحيان ينتج عن هذا التفاعل ، تفاعل متسلسل عرف بهذا النوع من التفاعل .

2_2 النشاط الإشعاعي β^- للبولوتونيوم 241

4 - أكتب تعبير الطاقة المحررة خلال انشطار نواة واحدة من الأورانيوم 235 واحسب قيمتها بال MeV

5 - داخل المفاعل النووي تحدث عدة تفاعلات نووية أخرى . حيث النقض الكتلي ، متوسطه يقدر ب 0,200u بالنسبة لكل نواة

5 - 1 أحسب بال MeV الطاقة المتوسطة المحررة خلال انشطار نواة واحدة . هل هذه النتيجة توافق نتيجة السؤال 4 .

5 - 2 أحسب بال جول الطاقة المتوسطة المحررة خلال انشطار مول واحد من النوى الأورانيوم 235

6 - داخل المفاعل النووي تتحول الطاقة النووية إلى طاقة كهربائية . ينتج مفاعل نووي قدرة كهربائية متوسطة تقدر ب $\mathcal{P}_{elec} = 1000MW$ بمردود $r = 25\%$. تعرف مردود المفاعل النووي ب

$$r = \frac{\mathcal{P}_{elec}}{\mathcal{P}_{nucl}}$$

6 - 1 أحسب القدرة النووية \mathcal{P}_{nucl} المستهلكة من طرف المفاعل النووي .

6 - 2 أحسب الطاقة النووية المستهلكة خلال كل سنة واستنتج كتلة الأورانيوم بالطن المستهلكة سنويا .

معطيات : ثابتة أفوكادرو : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$$m(^{235}_{92}\text{U}) = 253,0134u$$

$$\mathcal{E}(^{144}_{57}\text{La}) = 8,28\text{MeV} / \text{nucl}, \mathcal{E}(^{88}_{35}\text{Br}) = 8,56\text{MeV} / \text{nucl}$$

الحل :

1 - طاقة الربط لنواة هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنوية عند وجودها في حالة السكون ، لفصل نوياتها نهائيا .

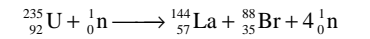
$$E_b = \left[Zm(p) + Nm(n) - m\left(\frac{A}{Z}X\right) \right] \times c^2$$

2 - حساب طاقة الربط لنواة الأورانيوم :

$$E_b = 1772\text{MeV}$$

$$\mathcal{E}(^{235}_{92}\text{U}) = \frac{E_b}{A} = 7,540\text{MeV} / \text{nucl}$$

3 - المعادلة النووية لتفاعل الانشطار :



4 - تعبير الطاقة المحررة خلال انشطار نواة الأورانيوم :

$$\Delta E = \left[E_b(^{235}\text{U}) - E_b(^{144}\text{La}) - E_b(^{88}\text{Br}) \right]$$

حسب المعطيات :

بالجول : $E'_F = -2,64.10^{13} \text{ J}$

د - تعريف بالتفاعل المتسلسل :

عندما تتحول نواة أصلية غير مستقرة إلى نواة أخرى إذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة كذلك ، فإنها بدورها تتحول إلى نواة أخرى وهكذا إلة أن نحصل على نواة مستقرة ، يسمى هذا التفاعل بالتفاعل المتسلسل .

2 - 2 النشاط الإشعاعي β^-

أ - تعريف بطاقة الربط : هي الطاقة اللازم إعطاؤها إلى نوية لفصل نوياتها .

ب - حساب طاقة الربط لنواة السيزيوم Cs :

$$E_b(\text{Cs}) = (55m_p + 86m_n - m(\text{Cs})) \times c^2$$

$$E_b(\text{Cs}) = 1,35164 \times 931,5 = 1259,052\text{MeV}$$

$$\mathcal{E}(\text{Cs}) = \frac{E_b}{A} = 8,93\text{MeV} / \text{nucleon}$$

- حساب طاقة الربط لنواة البلوتونيوم 241

$$E_b(\text{Pu}) = (94m_p + 147m_n - m(\text{Pu})) \times c^2$$

$$E_b(\text{Pu}) = 1818,4743\text{MeV}$$

$$\mathcal{E}(\text{Pu}) = \frac{E_b}{A} = 7,545\text{MeV} / \text{nucleon}$$

نستنتج أن نواة السيزيوم 141 أكثر استقرارا من نواة البلوتونيوم 241

ج - حساب الطاقة الناتجة E_D

$$E_D = (m(\text{Am}) + m(e) - m(\text{Pu})) \times c^2$$

$$E_D = -0,01863\text{MeV}$$

2 - 3 حساب النسبة $|E_F|/|E_D|$:

$$\frac{|E_F|}{|E_D|} = \frac{273,5}{0,01863} = 14680$$

من التحول التلقائي لهذه النواة .

التمرين 21 : دراسة تفاعلات الانشطار النووي

داخل مفاعل نووي تخضع نوى الأورانيوم 235 ($^{235}_{92}\text{U}$) إلى ظاهرة الإنشطار نتيجة اصطدامها مع

نوترون بطيء ، من التحولات النووية الممكنة داخل المفاعل تؤدي إلى تكون نواة اللنتان ($^{144}_{57}\text{La}$)

ونواة البروم ($^{88}_{35}\text{Br}$) وعدد من النوترونات .

1 - أعط تعريف طاقة الربط لنواة وتعبيرها الذي يمكن من حساب قيمتها .

2 - أحسب بال MeV طاقة الربط لنواة اللنتان ($^{144}_{57}\text{La}$) واستنتج قيمة طاقة الربط لنوية لهذه النواة .

3 - أكتب المعادلة النووية لتفاعل الانشطار المدروس

التحولات النووية

$$\Delta E = [E_f(^{235}\text{U}) - E_f(^{144}\text{La}) - E_f(^{88}\text{Br})]$$

$$\Delta E = [235 \times \mathcal{E}(\text{U}) - 144 \times \mathcal{E}(\text{La}) - 88 \times \mathcal{E}(\text{Br})]$$

$$\Delta E = 235 \times 7,54 - 144 \times 8,28 - 88 \times 8,56$$

$$\Delta E = -174 \text{ MeV}$$

5 _ 1 الطاقة المحررة من طرف نواة واحدة : $Q = 0,200 \times 931,5 = 186 \text{ MeV}$ هذه النتيجة قريبة من النتيجة المحصلة في السؤال 4

5 _ 2 الطاقة المحررة من طرف مول واحد من الأورانيوم :

$$E_{\text{mol}} = N_A \times Q$$

$$E_{\text{mol}} = 6,02 \times 10^{23} \times 186 \times 10^6 \times 1,602 \times 10^{-19} = 1,80 \times 10^{13} \text{ J / mol}$$

6 _ 1 القدرة النووية للمفاعل النووي :

$$r = \frac{\mathcal{P}_{\text{elec}}}{\mathcal{P}_{\text{nuc}}} \Rightarrow \mathcal{P}_{\text{nuc}} = \frac{\mathcal{P}_{\text{elec}}}{r}$$

$$\mathcal{P}_{\text{nuc}} = \frac{1000}{0,25} = 4000 \text{ MW}$$

6 _ 2 الطاقة المستهلكة سنويا هي : $E_{\text{an}} = \mathcal{P}_{\text{nuc}} \times \Delta t$ بحيث أن $\Delta t = 1 \text{ an} = (365 \times 86400) \text{ s}$

$$E_{\text{an}} = 1,26 \times 10^{17} \text{ J}$$

6 _ 3 كتلة الأورانيوم المستهلكة خلال سنة :

$$n = \frac{E_{\text{an}}}{E_{\text{mol}}} = \frac{m}{M} \Rightarrow m = \frac{E_{\text{an}}}{E_{\text{mol}}} \times M(^{235}\text{U})$$

نعلم أن كتلة نواة واحدة من الأورانيوم $m(^{235}\text{U})$ أي أن كتلة مول من الأورانيوم هي $M(^{235}\text{U})$ أي أن

$$\frac{M(^{235}\text{U})}{m(^{235}\text{U})} = \frac{N_A}{1} \Rightarrow M(^{235}\text{U}) = N_A \times m(^{235}\text{U})$$

$$m = \frac{E_{\text{an}}}{E_{\text{mol}}} \times m(^{235}\text{U}) \times N_A$$

تطبيق عددي : $m = 1,65 \times 10^3 \text{ kg} = 1,65 \text{ t}$