السلسة الثانية التحولات النووية

✓ التمرين الأول:

I. يتنبأ علماء الذرة حاليا أن وقود المفاعلات النووية المستقبلية في تفاعلات الاندماج هو خليط مكون من الدوتيريوم ^2_1H و التريسيوم ^3_1H وفق معادلة التفاعل النووي $^2_1H + ^3_1H \longrightarrow ^A_ZX + ^1_0n$

1- باستخدام قوانين الإنحفاظ حدد قيمتي كل من A و Z ثم حدد رمز النواة ^A_ZX

2- عرف تفاعل الاندماج وماهي الاسباب التي تجعله صعب التحقيق في المفاعلات النووية؟

3- رتب الأنوية ^A_ZX و ^3_1H و ^2_1H من الأقل استقرارا الى الاكثر استقرارا مع التعليل

4- أحسب ب (MeV) الطاقة المحررة من اندماج نواتي ^2_1H و ^3_1H

5- أحسب الطاقة المحررة من تشكل $1mol$ من النواة ^A_ZX

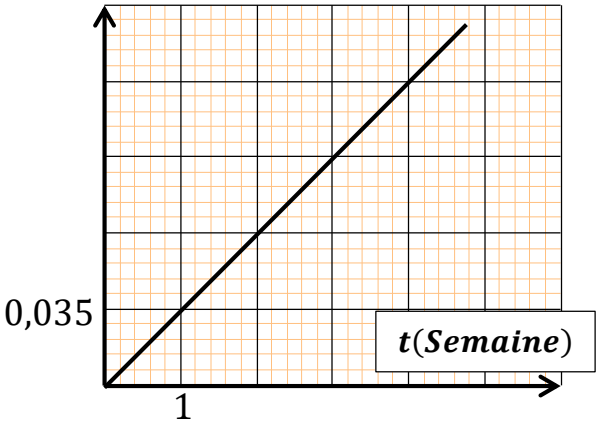
المعطيات:

$N_A = 6{,}023.10^{23}mol^{-1}$ ، $E_l(^2_1H) = 2{,}23MeV$ ، $E_l(^3_1H) = 8{,}57MeV$ ، $E_l(^A_ZX) = 28{,}41MeV$.

✓ التمرين الثاني:

I. يعد البولونيوم $^{210}_{84}Po$ أحد العناصر قليلة الاستخدام لفائدة البشر باستثناء استخدامه لبعض الغايات الخطيرة إذ استخدم في تسميم بعض الوفيات البارزة. تكمن خطورته في الاشعاعات α الصادرة عن تفككه لو تم ابتلاعه، حيث ان ابتلاع كتلة قدرها $10\mu m$ وما فوق منه تسبب دمار الانسجة الداخلية (هلاك الشخص).

من أجل دراسة خطورة هذه المادة اشترى بعض الباحثين 10^5 قطعة من البولونيوم حيث كتلة قطعة واحدة منه هي $3 \times 10^{-4}\mu m$ باعتبار ان عدد جسيمات α المنبعثة في لحظة م هو n (جسيمات عدد $n = \alpha$)تمكنا من رسم المنحنى الموضح في الشكل التالي حيث $ln\left(\frac{N_0}{N_0-N}\right) = f(t)$



1- أكتب معادلة تفكك $^{210}_{84}Po$ مبينا النواة البنت الناتجة.

2- أحسب عدد أنوية البولونيوم الابتدائية N_0 التي اشتراها الباحثون.

3- أكتب العلاقة النظرية التي تربط بين n، N_0 و t

ثم أكتبها من الشكل $ln\left(\frac{N_0}{N_0-N}\right) = a.t$

4- باستغلال البيان والعلاقة السابقة جد نصف عمر $t_{1/2}$ للبولونيوم $^{210}_{84}Po$ بوحدة $jours$

5- أحسب عدد الاشعاعات α المنبعثة بعد مرور 30 أسبوع من تاريخ الشراء، هل مازالت خطورة ابتلاع البولونيوم قاتلة؟ علل

المعطيات: $N_A = 6{,}023.10^{23}mol^{-1}$

النواة	^4_2He	$^{210}_{84}Po$	$^{209}_{83}Bi$	$^{206}_{82}Pb$
الكتلة (u)	4,0026	209,9368	208,9804	205,9295

✓ التمرين الثالث:

الاندماج النووي، ظاهرة كونية وهي مصدر الطاقة في الشمس (النجوم). للحصول على تفاعل الاندماج يجب تقريب نواتين بما فيه الكفاية (حتى يتم الالتحام) وعليه فان الطاقة معتبر وضرورية لتجاوز هذا الحاجز.

إن التفاعل الاكثر توقعا في مفاعلات الاندماج هو التفاعل بين أنوية الديتريوم D و أنوية التريسيوم T .

1- تتألف نواة الديتريوم D من بروتون ونترون وتتألف نواة التريسيوم T من بروتون ونترونيين.

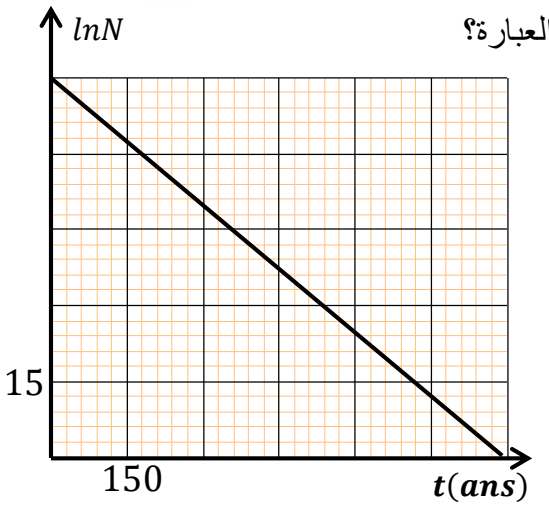
أ- باستعمال الترميز ^A_ZX أعط رمز كل نواة. إلى أي عنصر ينتميان؟

ب- التريسيوم T مشع من النوع β^- أكتب معادلة تفككه.

ج- التريسيوم T له نصف عمر $t_{1/2} = 12{,}05\ ans$ ماذا تعني هذه العبارة؟

د- باستعمال قانون التناقص الاشعاعي اثبت أن:

$$lnN = lnN_0 - \frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t$$



2- لدينا عينة مشعة من أنوية التريسيوم T تحتوي على N_0 من الأنوية عند اللحظة $t = 0$، ليكن N عدد أنوية التريسيوم T عند اللحظة t.

يمثل المنحنى المقابل تغيرات lnN بدلالة الزمن t

اعتمادا على البيان حدد:

أ- حدد عدد الأنوية الابتدائية N_0

ب- أكِد على قيمة $t_{1/2} = 12{,}05\ ans$ عن طريق الحساب ثم استنتج قيمة ثابت التفكك λ

3- يتحقق تفاعل الاندماج بين الديتريوم D و التريسيوم T فيعطي ^4_2He

أ- لماذا يسمى تفاعل الاندماج بالتفاعل النووي الحراري؟

ب- أكتب معادلة تفاعل الاندماج مستنتجا الجسيم الناتج.

4- أحسب طاقة الربط لكل من أنوية الديتريوم D و التريسيوم T والهيليوم ^4_2He

أ- أحسب مقدار الطاقة المحررة من إندماج الديتريوم D و التريسيوم T

ب- أحسب الطاقة المحررة من إندماج $1g$ من الديتريوم D و $1{,}5g$ من التريسيوم T

ت- أحسب الطاقة المحررة من اندماج مزيج متساوي الأنوية كتلته $2{,}5g$ من الديتريوم D و التريسيوم T

المعطيات: $N_A = 6{,}023.10^{23} mol^{-1}$ $\quad 1u = 931{,}5 MeV/C^2$

اسم الجسيم والنواة	الهيدروجين	الهيليوم 3	الهيليوم 4	الديتريوم D	التريسيوم T	الالكترون	النيترون	البروتون
الرمز	^1_1H	^3_2He	^4_2He			$^0_{-1}e$	^1_0n	^1_1p
الكتلة (u)			4,0015	2,01355	3,0155		1,00866	1,00728

حل السلسة الثانية التحولات النووية

✓ حل التمرين الأول:

1- تحديد قيمتي كل من A و Z ثم تحدد رمز النواة ${}^{A}_{Z}X$

لدينا معادلة التفاعل النووي ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{1}_{0}n$

بتطبيق قانون صودي:

$$2 + 3 = A + 1 \Leftrightarrow A = 4 \quad \Leftrightarrow {}^{4}_{2}X$$
$$1 + 1 = Z \Leftrightarrow Z = 2$$

ومنه رمز النواة ${}^{A}_{Z}X$ هو ${}^{4}_{2}He$ تصبح المعادلة ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

2- تعريف تفاعل الاندماج: هو تفاعل نووي مفتعل يتم خلاله التحام نواتين خفيفتين لتشكيل نواة واحدة أثقل وتحرير كمية هائلة من الطاقة، يتم الاندماج في درجة حرارة عالية جدا.

الاسباب التي تجعله صعب التحقيق في المفاعلات النووية: يحتاج الى درجة حرارة عالية جدا وضغط كبير حتى يتم التغلب على قوة التنافر الكهربائي الحادث بين النواتين

3- ترتيب الأنوية ${}^{A}_{Z}X$ و ${}^{3}_{1}H$ و ${}^{2}_{1}H$ من الأقل استقرارا الى الاكثر استقرارا.

${}^{2}_{1}H$ اقل استقرار من ${}^{3}_{1}H$ وبدوره اقل استقرار من ${}^{4}_{2}He$

التعليل

$$\frac{E_l({}^{2}_{1}H)}{A} = \frac{2{,}23}{2} = 1{,}115\left(\frac{MeV}{nucléon}\right) \quad ، \quad \frac{E_l({}^{3}_{1}H)}{A} = \frac{8{,}57}{3} = 2{,}85\left(\frac{MeV}{nucléon}\right) \quad ، \quad \frac{E_l({}^{4}_{2}He)}{A} = \frac{28{,}41}{4} = 7{,}10\left(\frac{MeV}{nucléon}\right)$$

لأن: $\frac{E_l({}^{4}_{2}He)}{A} > \frac{E_l({}^{3}_{1}H)}{A} > \frac{E_l({}^{2}_{1}H)}{A}$

4- أحسب ب (MeV) الطاقة المحررة من اندماج نواتي ${}^{2}_{1}H$ و ${}^{3}_{1}H$

$$E_l = E_{lf} - E_{li} = E_l({}^{4}_{2}He) - E_l({}^{3}_{1}H) - E_l({}^{2}_{1}H) = 28{,}41 - 8{,}57 - 2{,}23$$
$$E_l = 17{,}61\ MeV$$

5- حساب الطاقة المحررة من تشكل $1mol$ من النواة ${}^{A}_{Z}X$

$$\begin{cases} E_T = E_l \times N \\ N = n.N_A \end{cases} \Leftrightarrow E_T = E_l \times n.N_A = 17{,}61 \times 1 \times 6{,}023.10^{23} \Rightarrow E_T = 1{,}06.10^{25} MeV$$

✓ حل التمرين الثاني:

1- معادلة تفكك ${}^{210}_{84}Po$

$${}^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$$

بتطبيق قانون صودي:

$$210 = A + 4 \Leftrightarrow A = 206 \quad \Leftrightarrow {}^{206}_{82}X$$
$$84 = Z + 2 \Leftrightarrow Z = 82$$

النواة البنت الناتجة هي ${}^{206}_{82}Pb$ إذن ${}^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{206}_{82}Pb$

2- حساب عدد أنوية البولونيوم الابتدائية N_0

$$\begin{cases} N_0 = \dfrac{m_0}{M({}^{210}_{84}Po)} \\ m_0 = \text{عدد القطع} \times \text{كتلة قطعة} \end{cases} \Leftrightarrow N_0 = \frac{10^5 \times 3 \times 10^{-4} \times 10^{-6}}{210} 6{,}023.10^{23} \Rightarrow$$

$$N_0 = 8{,}604.10^{16} Noyaux$$

3- العلاقة النظرية التي تربط بين n، N_0 و t

$$\begin{cases} n = N_d = N_0 - N(t) \\ N(t) = N_0.e^{-\lambda.t} \end{cases} \Leftrightarrow n = N_0 - N_0.e^{-\lambda.t} \Rightarrow \boxed{n = N_0\left(1 - e^{-\lambda.t}\right)}$$

كتابتها من الشكل $ln\left(\frac{N_0}{N_0-n}\right) = a.t$

$$n = N_0\left(1 - e^{-\lambda.t}\right) \Leftrightarrow \frac{n}{N_0} = 1 - e^{-\lambda.t} \Leftrightarrow \frac{n}{N_0} - 1 = -e^{-\lambda.t} \Leftrightarrow$$

$$ln\left(1 - \frac{n}{N_0}\right) = -\lambda.t \Leftrightarrow ln\left(\frac{N_0 - n}{N_0}\right) = -\lambda.t \Leftrightarrow \boxed{ln\left(\frac{N_0}{N_0 - n}\right) = \lambda.t}$$

ملاحظة: في التمرين يجب تغيير العلاقة $ln\left(\frac{N_0}{N_0-N}\right) = a.t$ ب $ln\left(\frac{N_0}{N_0-n}\right) = a.t$ أي تغيير N ب n

4- نصف عمر $t_{1/2}$ للبولونيوم $^{210}_{84}Po$

علاقة البيان $\boxed{ln\left(\frac{N_0}{N_0-n}\right) = a.t}$ بالمطابقة مع العلاقة النظرية $\boxed{ln\left(\frac{N_0}{N_0-n}\right) = \lambda.t}$ نجد

$$\begin{cases} \lambda = a = \frac{0{,}035}{1} = 0{,}035\ (Semaine^{-1}) = \frac{0.035}{7} = 0{,}005\ Jour^{-1} \\ t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda} \end{cases} \Leftrightarrow \boxed{t_{1/2} = \frac{ln2}{0{,}005} = 138{,}63\ Jour}$$

5- عدد الاشعاعات α المنبعثة بعد مرور 30 أسبوع

$$N_d = N_0\left(1 - e^{-\lambda.t}\right) = N_0(1 - e^{-0.035\times 30}) \Leftrightarrow \boxed{N_d = N_0 \times 0{,}65}$$

$$n = N_d = N_0 \times 0{,}065 = 8{,}604.10^{16} \times 0{,}65 \Leftrightarrow \boxed{n = 5{,}5926 \times 10^{16}}$$ إشعاع

نحسب الكتلة m المتبقية لمعرفة زوال خطورته من عدمه

$$\begin{cases} N(t) = N_0.e^{-.0.035\times 30} \\ m(t) = \frac{N(t)}{N_A} \times M(^{210}_{84}Po) \end{cases} \Leftrightarrow m(t) = \frac{8{,}604.10^{16} \times e^{-.0.035\times 30}}{6{,}023.10^{23}} \times 210 \Rightarrow \boxed{m(t) = 10{,}496\mu g}$$

ومنه الخطر مازال قائم لان $\boxed{10{,}496\mu g > 10\mu g}$

✓ حل التمرين الثالث:

1- أ- رمز كل نواة

الديتريوم D	التريسيوم T
$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$
تنتمي النواتان الى عنصر الهيدروجين	

1- ب كتابة معادلة تفكك التريسيوم T

$$^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$$

بتطبيق قانون صودي:

$$\begin{matrix} 3 = A + 0 \Leftrightarrow A = 3 \\ 1 = Z - 1 \Leftrightarrow Z = 2 \end{matrix} \Leftrightarrow {}^{3}_{2}X$$

النواة البنت الناتجة هي $^{3}_{2}He$ إذن $^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{0}_{-1}e$

1- ج- تعني عبارة التريسيوم T له نصف عمر $t_{1/2} = 12,05\ ans$ أنه يتفكك منه كل $12,05\ ans$ نصف الكمية التي كان عليها.

1- د- اثبات أن: $lnN = lnN_0 - \frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t$

$$\begin{cases} N(t) = N_0.e^{-\lambda.t} \\ \lambda = \dfrac{ln2}{t_{1/2}} \end{cases} \Leftrightarrow N(t) = N_0.e^{-\frac{ln2}{t_{1/2}}.t} \Leftrightarrow lnN = ln\left(N_0.e^{-\frac{ln2}{t_{1/2}}.t}\right) = lnN_0 + ln\left(e^{-\frac{ln2}{t_{1/2}}.t}\right)$$

$$lnN = lnN_0 - \frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t$$

2- أ- تحديد عدد الأنوية الابتدائية N_0

معادلة البيان من الشكل $lnN = a.t + b$ حيث a معامل توجيه البيان و b نقطة التقاطع مع محور التراتيب

$$\begin{cases} b = 50 \\ a = \dfrac{50-0}{0-870} = -0,0575\ ans^{-1} \end{cases} \Leftrightarrow lnN = -0,0575 + 50$$

بالمطابقة مع العلاقة في السؤال 1- د نجد

$$b = 50 = lnN_0 \Leftrightarrow N_0 = e^{50} \Leftrightarrow N_0 = 5,18 \times 10^{21} Noyaux$$

2- ب- التأكيد على قيمة $t_{1/2} = 12,05$ ans وحساب λ

$$a = -\lambda = -0,0575\ ans^{-1} \Leftrightarrow \lambda = 0,0575\ ans^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda} = \frac{ln2}{0,0575} = 12,05\ ans$$

3- أ - يسمى تفاعل الاندماج بالتفاعل النووي الحراري: لان تفاعل الاندماج يحتاج الى درجة حرارة عالية جدا في حدود $(10^8\ k)$وهذا للتغلب على التنافر الكهربائي بين النواتين المندمجتين.

3- ب-كتابة معادلة تفاعل الاندماج

$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$$

بتطبيق قانون صودي:

$$\begin{matrix} 2+3 = 4+A \Leftrightarrow A = 1 \\ 1+1 = 2+Z \Leftrightarrow Z = 0 \end{matrix} \Leftrightarrow {}^{1}_{0}X$$

ومنه الجسيم الناتج هو هي $^{1}_{0}n$ إذن $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

4- حساب طاقة الربط لكل من أنوية الديتريوم D و التريسيوم T والهيليوم $^{4}_{2}He$

$$E_l(^{A}_{Z}X) = \left[Z_{mp} + (A-Z)m_n - m(^{A}_{Z}X)\right]C^2$$

$$E_l(^{3}_{1}H) = [1 \times 1,00728 + (3-1) \times 1,00866 - 3,0155]931,5 = 8,47665\ MeV$$

$$E_l(^{2}_{1}H) = [1 \times 1,00728 + (2-1) \times 1,00866 - 2,01355]931,5 = 2,22628\ MeV$$

$$E_l(^{4}_{2}He) = [2 \times 1,00728 + (4-2) \times 1,00866 - 4,0015]931,5 = 28,29897\ MeV$$

4- أ- حساب مقدار الطاقة المحررة من إندماج الديتريوم D و التريسيوم T

$$E_l = E_{lf} - E_{li}$$

$$E_l = E_l(^4_2He) - E_l(^3_1H) - E_l(^2_1H)$$

$$E_l = 28{,}29897 - 8{,}47665 - 2{,}22628$$

$$E_l = 17{,}59604\ MeV$$

4- ب- الطاقة المحررة من إندماج $1g$ من الديتريوم D و $1{,}5g$ من التريسيوم T

الطاقة المحرر من العينة هي $E_T = NE_{lib}$

حساب N

- عدد أنوية ^2_1H نجد $N_1 = \frac{m_1}{M(^2_1H)}N_A \Leftrightarrow N_1 = \frac{1}{2}6{,}023.10^{23} = 3{,}0115.10^{23}$ نواة
- عدد أنوية ^3_1H نجد $N_2 = \frac{m_2}{M(^3_1H)}N_A \Leftrightarrow N_1 = \frac{1{,}5}{3}6{,}023.10^{23} = 3{,}0115.10^{23}$ نواة

ومنه

$$E_T = 3{,}0115.10^{23} \times 17{,}59604 = 53.10^{23}MeV$$

5- ت- حساب الطاقة المحررة من اندماج مزيج متساوي الأنوية كتلته $2{,}5g$ من الديتريوم D و التريسيوم T

عدد الأنوية هو $N = \frac{m.N_A}{M(^2_1H)+M(^3_1H)}$

الطاقة الكلية $E_T = NE_{lib}$

$$E_T = \frac{m.N_A}{M\left(^2_1H\right) + M\left(^3_1H\right)}E_{lib}$$

$$E_T = \frac{2{,}5.6{,}023.10^{23}}{2+3} \times 17{,}59604$$

$$E_T = 53.10^{23}MeV$$