

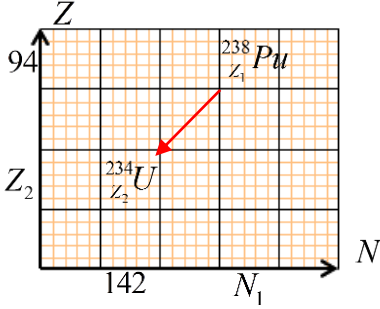
BAC 2021

سلسلة وحدة التحولات النووية

BAC 2021

التمرين رقم 01 :

الجزء الأول: نواة البلوتونيوم ($^{238}_{94}\text{Pu}$) مشعة تتميز بثابت نشاط اشعاعي ($\lambda = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$) تتفكك تلقائيا لتنتج نواة اليورانيوم ($^{234}_{92}\text{U}$)



الدراسة النظرية مكنتنا من رسم المخطط ($N-Z$) المبين في الشكل المقابل.

1- حدد خصائص النشاط الاشعاعي.

2- اعتمادا على مخطط الشكل المقابل أ- حدد التركيب النووي لكل نواة.

ب- ما نمط التفكك النووي الحادث. ج- استنتج معادلة التفكك للتحويل النووي التلقائي الحادث

3- لدينا في اللحظة ($t = 0$) عينة من البلوتونيوم ($^{238}_{94}\text{Pu}$) نشاطها الاشعاعي $A_0 = 6,34 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

أ- أكتب قانون التناقص الاشعاعي $N(t)$ ثم بين أن قانون النشاط الاشعاعي $A(t)$ يكتب

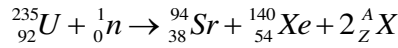
بالشكل $A(t) = \lambda N(t)$ حيث $N(t)$ عدد الأنوية المشعة المتبقية عند اللحظة (t)

ب- أحسب كتلة العينة المشعة الابتدائية (m_0)

ج- أحسب كتلة العينة المتبقية بعد ساعة.

د- بين أن عبارة زمن نصف العمر تكتب من الشكل ($t_{1/2} = 0,69 \cdot \lambda^{-1}$) ثم جد قيمة ($t_{1/2}$)

الجزء الثاني: من نظائر اليورانيوم نجد ($^{235}_{92}\text{U}$) الذي تحدث له عملية انشطار نووي حسب معادلة التفاعل النووية التالية:



1- عرف الانشطار النووي. وماذا تتوقع حدوثه لو لا يتم مراقبة التحويل بفصل أو توقيف النيوترونات المحررة

2- جد قيمة كل من (A) و (Z) ثم حدد الجسيم ${}^A_Z\text{X}$

3- احسب النقص في الكتلة $|\Delta m|$ لهذا التحويل، ثم استنتج الطاقة المحررة E_{lib} من هذا الانشطار

4- أحسب قيمة الطاقة المحررة عن انشطار كتلة قدرها 1 kg من اليورانيوم.

$$M(^{238}\text{Pu}) = 238 \text{ g/mol}, m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,9159 \text{ u}, M(^{235}_{92}\text{U}) = 235 \text{ g/mol}, N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$m(^{140}_{54}\text{Xe}) = 139,8920 \text{ u}, m({}^1_0\text{n}) = 1,0086 \text{ u}, 1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

$$m(^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,8934 \text{ u}, m({}^1_1\text{p}) = 1,0073 \text{ u}, 1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

معطيات

التمرين رقم 02 :

لعنصر الصوديوم عدة نظائر منها ($^{24}_{11}\text{Na}$) نظير مشع نعتبر في

اللحظة ($t = 0$) عينة منه كتلتها (m_0).

1- ما المقصود بالنظائر - النواة المشعة.

2- سمحت متابعة النشاط الاشعاعي لعينة من النواة ($^{24}_{11}\text{Na}$) من

رسم المنحنى $N(^{24}_{11}\text{Na}) = f(t)$ الموضح في الشكل المقابل حيث

$N(^{24}_{11}\text{Na})$ يمثل عدد الأنوية المتبقية الموجودة في العينة في

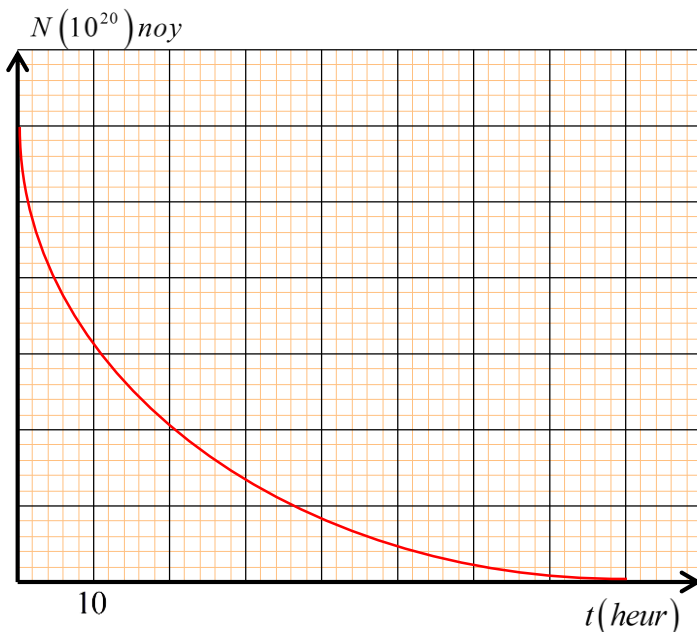
اللحظة (t)

أ- بالاعتماد على البيان أوجد المقادير التالية:

$$m_0, \lambda, t_{1/2}, N_0(^{24}_{11}\text{Na})$$

ب- أحسب نشاط العينة عند اللحظة ($t = 30 \text{ h}$).

3- ان تفكك النواة ($^{24}_{11}\text{Na}$) يعطي نواة ابن (${}^A_Z\text{X}$) وجسيم (β^-)



أ- أكتب معادلة التفكك النووي وتعرف على $(^A_Z X)$ من بين الأنوية التالية: $(^{12}_{12}Mg, ^{10}_{10}Ne, ^{13}_{13}Al)$

ب- هل يمكن أن يحدث لنواة الصوديوم التفكك ألفا؟ علل.

4-أ- ذكر بقانون التناقص الإشعاعي ثم بين أنه يمكن كتابة عبارة كتلة العينة في أي لحظة بالشكل: $(m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t})$

ب- ماهي المدة الزمنية اللازمة لتفكك (80%) من كتلة العينة الابتدائية. يعطى لك $(N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1})$

التمرين رقم 03 :

I- تنشطر نواة اليورانيوم 235 عند قذفها بنيوترون بطيء، وفق التفاعل ذي المعادلة: $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^A_{40}Zr + ^{138}_ZTe + 3^1_0n$

بهدف دراسة هذا التفاعل النووي نأخذ عينة من اليورانيوم 235 كتلتها $(m = 1g)$

1- أعط تركيب نواة اليورانيوم.

2- عرف تفاعل الانشطار.

3- حدد قيمة كل من Z, A مبرزا قوانين الإنحفاظ المستعملة في ذلك ثم أعد كتابة المعادلة السابقة.

4- تستخدم عادة النيوترونات في قذف أنوية اليورانيوم بدل البروتونات، علل.

5- فسر الطابع التسلسلي لهذا التفاعل، مستعينا بمخطط توضيحي.

6- أحسب طاقة الربط لكل من النواتين $^{235}_{92}U$ و $^{A}_{40}Zr$. أيهما أكثر استقرارا؟

7- أحسب قيمة الطاقة المحررة E_{lib} من انشطار نواة واحدة من اليورانيوم 235. ثم استنتج الطاقة المحررة لانشطار $(m = 1g)$

II- يستعمل اليورانيوم $^{235}_{92}U$ كوقود في محركات غواصة حيث يعمل مفاعلها النووي على إنتاج الطاقة من انشطار اليورانيوم حسب

التفاعل السابق وذلك بمردود (30 %) ، تقدر استطاعة هذا المفاعل النووي $P = 20 \text{ MW}$.

- احسب كتلة اليورانيوم 235 التي يستهلكها مفاعل الغواصة خلال أسبوع دون انقطاع.

المعطيات:

$$; m_p = 1,0073u \quad ; m_n = 1,0087u \quad ; m(^A_{40}Zr) = 94,8861u \quad ; m(^{138}_ZTe) = 137,9007u \quad ; m(^{235}_{92}U) = 234,9935u$$

$$. 1MeV = 1,6 \times 10^{-13} \text{ joule} \quad ; N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad ; 1u = 931,5 \text{ MeV} / c^2$$

حلول سلسلة التحولات النووية

التمرين رقم 01 :

الجزء الأول:

1- خصائص النشاط الإشعاعي: تلقائي (لا يتأثر بالشروط الخارجية) وعشوائي (لا يمكن توقع معدل التفكك) وحتى (لا يمكن إيقاف التفكك لعينة مشعة)

2- تحديد التركيب النووي لكل نواة.

بالنسبة لنواة البلوتونيوم (${}_{84}^{238}\text{Pu}$) العدد الكتلي $A_1 = 238$ والرقم الذري $Z_1 = 94$ معناه أن عدد النيوترونات

$$N_1 = A_1 - Z_1 = 238 - 94 = 144 \quad \text{ونكتب } ({}_{94}^{238}\text{Pu})$$

بالنسبة لنواة اليورانيوم (${}_{92}^{234}\text{U}$) العدد الكتلي $A_2 = 234$ والرقم الذري $Z_2 = 92$ معناه أن عدد النيوترونات

$$N_2 = A_2 - Z_2 = 234 - 92 = 142 \quad \text{ونكتب } ({}_{92}^{234}\text{U})$$

ب- نمط التفكك النووي الحادث هو (α) لأن كل من عدد النيوترونات وعدد البروتونات نقصت بـ 2 وأيضا النواة ثقيلة ($A > 82$)

ج- استنتاج معادلة التفكك للتحول النووي التلقائي الحادث بالاعتماد على قانون الانحفاظ ${}_{94}^{238}\text{Pu} \rightarrow {}_{92}^{234}\text{U} + {}_2^4\text{He}$

3- أ- قانون التناقص الإشعاعي $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ حيث $N(t)$ عدد الأنوية المتبقية في لحظة (t) و N_0 عدد الأنوية الابتدائية

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = -\frac{d(N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t})}{dt} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N(t) \quad \text{إيجاد قانون النشاط الإشعاعي } A(t)$$

$$\text{ب- حساب كتلة العينة المشعة الابتدائية } (m_0) \quad m_0 = \frac{N_0 \cdot M}{N_A} = \frac{A_0 \cdot M}{\lambda \cdot N_A} = \frac{6,34 \cdot 10^{10} \cdot 238}{2,5 \cdot 10^{-10} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 0,1 \text{ g} = 10^{-1} \text{ g}$$

$$m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow m(1h) = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$m(1h) = 0,1 \cdot e^{-2,5 \cdot 10^{-10} \cdot 3600 \text{ s}} = \dots \text{ g}$$

ج- حساب كتلة العينة المتبقية بعد ساعة

د- عبارة زمن نصف العمر $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ وعند اللحظة ($t = t_{1/2}$) نجد $N(t_{1/2}) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$

$$\text{ونعلم أن } N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} \text{ ومنه } \left(\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} \right) \text{ بعد التبسيط نجد أن } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 0,69 \cdot \lambda^{-1}$$

$$\text{قيمة } (t_{1/2}) \text{ من العلاقة السابقة } t_{1/2} = 0,69 \cdot \lambda^{-1} = 0,69 \cdot (2,5 \cdot 10^{-10})^{-1} = 2,76 \cdot 10^9 \text{ s}$$

الجزء الثاني:

1- تعريف الانشطار النووي هو تحول نووي مفتعل يتم فيه قذف نواة ثقيلة انشطارية بنيوترون بطيء لتنتج نواتين أخف منها وانبعث نيوترونات و طاقة كبيرة وإذا لم نراقب التحول فانه يحدث سلسلة انشطارات وتنتهي بانفجارات خطيرة

2- إيجاد قيمة كل من A و Z ثم حدد الجسم (${}_Z^AX$)

باستعمال قانون الانحفاظ ($Z = 0$) و ($A = 1$) الجسم عبارة عن نيوترون ${}_0^1n$

3- احسب النقص في الكتلة $|\Delta m|$ لهذا التحول

$$|\Delta m| = [m({}_{92}^{235}\text{U}) + m({}_0^1n)] - [m({}_{38}^{94}\text{Sr}) + m({}_{54}^{140}\text{Xe}) + 2m({}_0^1n)]$$

$$|\Delta m| = [234,9159 + 1,0086] - [93,8934 + 139,8920 + 2,1,0086] = 235,9245 - 235,8026 = 0,1219 \text{ u}$$

استنتاج قيمة الطاقة المحررة E_{lib} عن انشطار نواة واحدة من اليورانيوم.

$$E_{lib} = |\Delta E| = |\Delta m| \cdot 931 = 0,1219 \cdot 931 = 113,54 \text{ Mev}$$

4- قيمة الطاقة المحررة عن انشطار كتلة قدرها 1 kg من اليورانيوم.

$$E_{lib}(1 \text{ kg}) = N \cdot E_{lib} = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot E_{lib} = \frac{1000}{235} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 113,54 = 2,90 \cdot 10^{26} \text{ Mev}$$

التمرين رقم 02 :

1-تعريف النظائر: هي مجموعة الأنوية من نفس النوع التي تتشابه في العدد الذري Z وتختلف في العدد الكتلي A
النواة المشعة: هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا لتتحول الى نواة أكثر استقرارا بواسطة النشاط الإشعاعي

2-أ- إيجاد المقادير بيانيا:

حساب $N_0(^{24}_{11}\text{Na})$ من خلال البيان وعند الزمن $(t = 0)$ نجد $N_0(^{24}_{11}\text{Na}) = 6.10^{20} \text{ noy}$

حساب زمن نصف العمر $(t_{1/2})$ من البيان هو زمن نصف القيمة الابتدائية $t_{1/2} = t \left(\frac{N_0}{2} \right) = t \left(\frac{6.10^{20}}{2} \right) = t (3.10^{20}) = 11h$

حساب (λ) من خلال القانون نجد $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,69}{11.3600} = 1,74.10^{-5} s$

حساب m_0 من القانون $m_0 = \frac{N_0 \cdot M}{N_A} = \frac{6.10^{20} \cdot 24}{6,02.10^{23}} = 0,023g$

ب- أحسب نشاط العينة عند اللحظة $t = 30h$.

باستعمال القانون $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ معناها أن $A(30h) = \lambda \cdot N(30h)$ وباستعمال البيان نجد قيمة $N(30h) = 1.4.10^{20} \text{ noy}$

اذن $A(30h) = N(30h) \cdot \lambda = 1,4.10^{20} \cdot 1,74.10^{-5} = 2,43.10^{15} Bq$

3-أ- كتابة معادلة التفكك النووي نكتب من الشكل $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^A_Z\text{X} + ^0_{-1}e$ حيث باستعمال قانونا الانحفاظ نجد أن

$^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + ^0_{-1}e$ اذن $A = 24, Z = 12$ هي النواة $^{24}_{12}\text{Mg}$

ب- هل يمكن أن يحدث لنواة الصوديوم التفكك ألفا؟ علل. لا لأنها تعتبر من الأنوية الخفيفة ($Z < 82$)

4-أ- قانون التناقص الإشعاعي $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ حيث $N(t)$ عدد الانوية المتبقية و N_0 الابتدائية و λ ثابت التفكك

برهان العلاقة $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$ من خلال قانون التناقص الإشعاعي $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

ونعلم أن $N_0 = \frac{m_0}{M} \cdot N_A$ و $N(t) = \frac{m(t)}{M} \cdot N_A$ بالتعويض نجد $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$

ب- المدة الزمنية اللازمة لتفكك 80% من كتلة العينة الابتدائية:

تفكك 80% من كتلة العينة الابتدائية يعني أنه يتبقى 20% منها أي $m(t) = 20\% m_0$ يعني $\frac{m(t)}{m_0} = 20\% = 0,02$

من خلال العلاقة $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$ نجد:

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

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln \frac{m(t)}{m_0} = -\frac{8}{0,69} \cdot \ln 0,02 = 45,3h$$

التمرين رقم 03 :

1-تركيب نواة اليورانيوم: 92 بروتون و 143 نيوترون

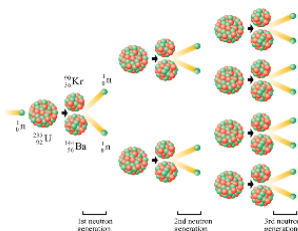
2-تعريف تفاعل الانشطار: الانشطار هو تفاعل نووي يحدث عند قذف نواة ثقيلة غير مستقرة بنيوترون فيحولها إلى نواتين أخف وأكثر استقرارا مع تحرير طاقة كبيرة.

3-تحديد قيمة كل من Z, A بتطبيق قانونا الانحفاظ نجد: $(Z = 52, A = 95)$ ونكتب $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0n \rightarrow ^{95}_{40}\text{Zr} + ^{138}_{52}\text{Te} + 3^1_0n$

4-التعليق: تستخدم النيوترونات لأنها متعادلة كهربائيا.

5-تفسير الطابع التسلسلي لتفاعل الانشطار:

انشطار النواة الأولى اليورانيوم يعطي نيوترونات تؤدي بدورها إلى انشطار أنوية جديدة، وهكذا يتسلسل تفاعل الانشطار.



6- حساب طاقة الربط لكل من النواتين $^{235}_{92}\text{U}$ و $^{95}_{40}\text{Zr}$

$$E_l(^{235}_{92}\text{U}) = \Delta m \times c^2 = \left[(92 \times m_p + 143 \times m_n) - m(^{235}_{92}\text{U}) \right] \times 931,5 = 1790,53 \text{ MeV}$$

$$E_l(^{95}_{40}\text{Zr}) = \Delta m \times c^2 = \left[(40 \times m_p + 55 \times m_n) - m(^{95}_{40}\text{Zr}) \right] \times 931,5 = 823,82 \text{ MeV}$$

$$\frac{E_l(^{235}_{92}\text{U})}{235} = 7,62 \text{ MeV / nuc}, \frac{E_l(^{95}_{40}\text{Zr})}{95} = 8,67 \text{ MeV}$$

ومنه $^{95}_{40}\text{Zr}$ أكثر استقرارا من $^{235}_{92}\text{U}$

7- حساب قيمة الطاقة المحررة (E_{lib}) من انشطار نواة واحدة من اليورانيوم 235:

أولا حساب التغير في الكتلة Δm خلال هذا التحول:

$$\Delta m = \left[3m_n + m(^{138}_{52}\text{Te}) + m(^{95}_{40}\text{Zr}) \right] - \left[m(^{235}_{92}\text{U}) + m_n \right] = -0,1893u$$

$$E_{lib} = |\Delta m| \times 931,5 = 176,33 \text{ MeV}$$

اذن

8- استنتاج الطاقة المحررة من انشطار (1g)

$$E_{Lib}(T) = N \times E_{lib} = \frac{m}{M} \times N_A \times E_{lib} = \frac{1}{235} \times 6,02 \times 10^{23} \cdot 176,33 = 4,52 \times 10^{23} \text{ MeV}$$

حساب كتلة اليورانيوم 235 التي يستهلكها مفاعل الغواصة خلال أسبوع دون انقطاع.

أولا حساب الطاقة التي استهلكها مفاعل الغواصة بوحدة (MeV) : من القانون $P = \frac{E_e}{t} \Rightarrow E_e = P \times t$

$$E_e = P \times t = 20 \times 10^6 \times 7 \times 24 \times 3600 = 1,2096 \times 10^{13} \text{ joule} = 7,56 \times 10^{25} \text{ MeV} \quad \text{اذن}$$

ثانيا نحسب الطاقة الكلية: لدينا من خلال قانون المردود $\rho = \frac{E_e}{E_T} \times 100$ اذن $E_T = \frac{E_e \cdot 100}{\rho}$

$$E_T = \frac{E_e \cdot 100}{\rho} = \frac{7,56 \times 10^{25} \cdot 100}{30} = 2,52 \cdot 10^{26} \text{ MeV} \quad \text{اذن}$$

في الأخير نستنتج الكتلة

$$1g \rightarrow 4,52 \times 10^{23} \text{ MeV}$$

$$m_T \rightarrow 2,52 \times 10^{26} \text{ MeV}$$

$$m_T = 557,52g$$