

جزء التحولات النووية

(1) مكونات نواة الذرة:

تتكون نواة ذرة من بروتونات ونيوترونات وهذه المكونات يطلق عليها اسم **النويات**. عدد البروتونات الذي تتوفر عليه النواة يرمز إليه بـ Z ويسمى **بالعدد الذري** أو عدد الشحنة. يرمز لعدد النويات بالحرف A ويسمى **عدد الكتلة**.

تمثل نواة ذرة لعنصر كيميائي X بالرمز ${}^A_Z X$: A عدد الكتلة Z العدد الذري
عدد النيوترونات المكونة للنواة يرمز إليه بالحرف N حيث $N = A - Z$

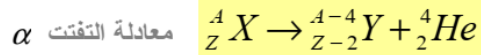
(2) قانون الانحفاظ: (قانون سودي Soddy)

خلال تحول نووي يحفظ عدد الشحنة Z . وكذلك العدد الإجمالي للنويات A .

(3) أنواع الأنشطة الإشعاعية:

النشاط الإشعاعي α :

النشاط الإشعاعي α تفتت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية ${}^A_Z X$ إلى نواة متولدة ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ ببعث نواة الهيليوم ${}^4_2 He$.



معادلة التفتت α

**

النشاط الإشعاعي β^- :

النشاط β^- تفتت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية ${}^A_Z X$ إلى نواة متولدة ${}^A_{Z+1} Y$ ببعث إلكترون ${}^0_{-1} e$ يسمى دقيقة β^- الإشعاعي



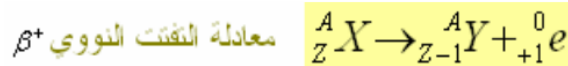
معادلة التفتت النووي β^-

ملحوظة: الإشعاع β^- ناتج عن تحول نوترون إلى بروتون داخل نواة، ويعبر عنه بما يلي: ${}^1_0 n \rightarrow {}^1_1 p + {}^0_{-1} e$

**

النشاط الإشعاعي β^+ :

النشاط الإشعاعي β^+ تفتت نووي طبيعي وتلقائي، يظهر عموماً لدى العناصر الإشعاعية الاصطناعية تتحول خلاله نواة أصلية ${}^A_Z X$ إلى نواة متولدة ${}^A_{Z-1} Y$ ببعث بوزيترون ${}^0_{+1} e$ يسمى دقيقة β^+ .



معادلة التفتت النووي β^+

ملحوظة: الإشعاع β^+ ناتج عن تحول بروتون إلى نوترون داخل نواة، ويعبر عنه بما يلي: ${}^1_1 p \rightarrow {}^1_0 n + {}^0_{+1} e$.

**

النشاط الإشعاعي γ :

موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة كبيرة، وهو يواكب الأنشطة الإشعاعية α و β^- و β^+ حيث تكون النواة المتولدة في إثارة فتفقد طاقة إثارتها ببعث إشعاع γ .

(4) الفصيلة المشعة:

تتحول نواة غير مستقرة إلى نواة أخرى. وإذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة، فإنها تتحول بدورها إلى نواة أخرى، وهكذا إلى أن نحصل على نواة مستقرة وغير مشعة. نسمي مجموع النوى الناتجة عن نفس النواة الأصلية **فصيلة مشعة**.

(5) التناقص الإشعاعي: تطور المادة المشعة (قانون النشاط الإشعاعي)

النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائياً وبدون سبق إشعار ويخضع عدد النوى $N(t)$ المتبقية في عينة مشعة لقانون التناقص

الإشعاعي التالي: $N(t) = N_0 e^{-\lambda \cdot t}$ عدد النوى المتبقية عند اللحظة t .

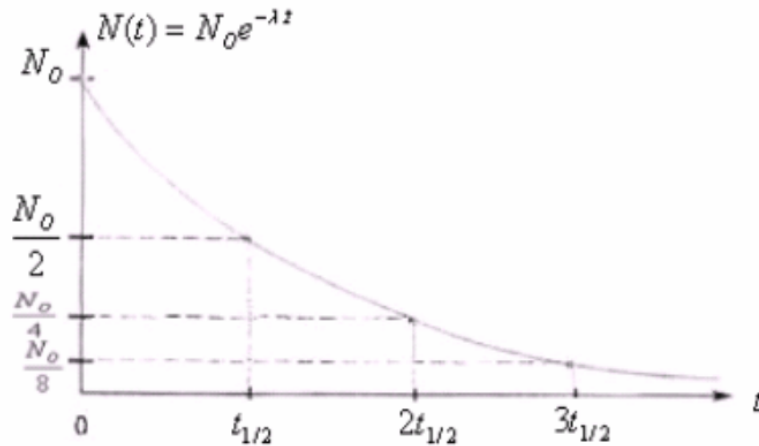
N_0 : عدد نوى العينة المشعة عند اللحظة $t = 0$.

λ : ثابتة النشاط الإشعاعي وهي ثابتة تميز النوييدة المعينة ووحدها في ن.ع. للوحدات (s^{-1})

(6) ثابتة الزمن τ : زمن مميز لنويدة مشعة معينة نرسم لها ب: τ وهي مرتبطة بثابتة النشاط الإشعاعي λ بالعلاقة: $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ووحدة ثابتة الزمن في النظام العالمي للحدات هي الثانية: (s).

(7) عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدة مشعة:

نسمي عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدة معينة المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف نوى العينة $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$



(8) نشاط عينة مشعة:

نشاط عينة تحتوي على عدد $N(t)$ من النوى المشعة ، هو عدد النوى المتفتتة في وحدة الزمن ، ونرمز إليه ب: $a(t)$ وتعطيه العلاقة التالية:

$$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} \text{ ووحده هي البكريل الذي نرسم إليه ب: } (Bq) \text{ مع } N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$a(t) = -\lambda \cdot N(t) \quad \text{إذن}$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \text{ و } a_0 = -\lambda \cdot N_0 \quad \text{عند اللحظة } t = 0 \text{ لدينا:}$$

$$a(t) = a_0 e^{-\lambda t} \quad \text{وبذلك لدينا العلاقة:}$$

(9) التأريخ بالنشاط الإشعاعي:

يمكن التناقص الإشعاعي لبعض العناصر المشعة ، الموجودة في الصخور أوفي الكائنات الميتة ، من ايجاد عدة تقنيات للتأريخ. فبمقارنة قياس نشاط (أو كمية مادة) عينة ميتة مع قياس عينة شاهدة من نفس الطبعة ، نتمكن من تقدير عمر العينة.

$$a = a_0 e^{-\lambda t} \quad \Leftrightarrow \quad t = \frac{\ln \frac{a_0}{a}}{\lambda} \quad \text{مع } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \text{العمر يحدد باستعمال العلاقة:}$$

بحيث a_0 يمثل نشاط العينة الشاهدة و a نشاط العينة الميتة.

(10) التكافؤ "كتلة- طاقة" علاقة أينشتاين:

$$E = mc^2 \quad \text{تسمى بعلاقة أينشتاين} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

وتبين هذه العلاقة أن كل تغير لكتلة مجموعة ما بالمقدار Δm يوافق تغير للطاقة الكتلية لهذه المجموعة بالمقدار

ووحدة الطاقة الكتلية في الفيزياء النووية هي **الإلكترون- فولط (eV)** الذي تربطه بالجول العلاقة التالية: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

ومن مضاعفاته الميغا إلكترون فولط $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$

(11) وحدة الكتلة في الفيزياء النووية:

في الفيزياء النووية نستعمل كوحدة للكتلة إما: ال: u أو ال: MeV/c^2
 نظرا لكون كتل النوى والدقائق صغيرة جدا، يعبر عنها في الفيزياء النووية بوحدة ملانمة تسمى ب: وحدة الكتلة الذرية
 'Unité de masse atomique' والتي يرمز إليها ب: $u.m.a.$ ومن أجل التبسيط نرمز إليها فقط ب: u .

$$1u = 1,66 \times 10^{-27} Kg$$

كما نستعمل كوحدة للكتلة في الفيزياء النووية الوحدة التالية: MeV/c^2

$$1u = 931,5 MeV/c^2$$

(12) النقص الكتلي:

نسمي النقص الكتلي Δm لنواة ${}^A_Z X$ الفرق بين مجموع كتل النويات وكتلة النواة:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m({}^A_Z X)$$

وهو مقدار موجب.

(13) طاقة الربط للنواة:

طاقة الربط E_ℓ لنواة ${}^A_Z X$ هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة في حالة سكون لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون.

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = [Z.m_p + (A - N)m_n - m({}^A_Z X)]c^2$$

(14) طاقة الربط بالنسبة لنوية:

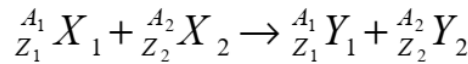
نستعمل أحيانا طاقة الربط بالنسبة لنوية وتعطى العلاقة التالية: $\xi = \frac{E_\ell}{A}$ حيث E_ℓ هي طاقة الربط للنواة و A عدد النويات.

ووحدها: $MeV / nucleon$.

كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة كلما كانت النواة أكثر استقرارا.

(15) الحصيلة الكتلية والطاقة لتفاعل نووي:

نعتبر تفاعلا نوويا معادلته:

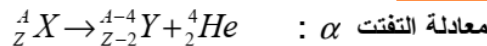


تكتب الحصيلة الطاقةية المقرونة بهذا التفاعل كما يلي:

$$\Delta E = [\sum m(\text{نواتج}) - \sum m(\text{متفاعلات})] \times c^2$$

$$\Delta E = [m_{(Y_1)} + m_{(Y_2)} - m_{(X_1)} - m_{(X_2)}] \times c^2$$

(16) الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي α :



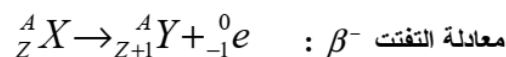
معادلة التفتت α :

الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي α هي:

$$E = [m_{({}^{A-4}_{Z-2} Y)} + m_{({}^4_2 He)} - m_{({}^A_Z X)}] \times c^2$$

وهي سالبة.

(17) الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^- :



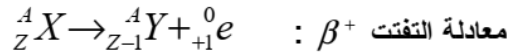
معادلة التفتت β^- :

الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^- هي:

$$E = [m_{({}^A_{Z+1} Y)} + m_{({}^0_{-1} e)} - m_{({}^A_Z X)}] \times c^2$$

وهي سالبة.

18) لطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+ هي:

$$E = [m_{{}^A_{Z-1} Y} + m_{{}^0_{+1} e} - m_{{}^A_Z X}] \times c^2 \text{ وهي سالبة}$$

تمارين حول التحولات النووية

1) نواة الكزنيون ${}^{135}_{54} Xe$ إشعاعية النشاط β^- ، يتولد عن تفتتها نويدة السيزيوم ${}^A_Z Cs$ و عمر النصف لنواة ${}^{135}_{54} Xe$ هو: $t_{1/2} = 9,2h$.

- 1- 1- اكتب معادلة هذا التفتت محددا Z و A .
- 1- 2- كتلة عينة من الكزنيون ${}^{135}_{54} Xe$ عند اللحظة $t = 0$ هي: m_0 ونشاطها الإشعاعي هو a_0 . عند اللحظة $t = 9h$ يصبح النشاط الإشعاعي لهذه العينة $a = 284Bq$.

- أ) عرف عمر النصف لنويدة إشعاعية.
- ب) أعط تعبير a بدلالة a_0 و t و $t_{1/2}$ ، ثم احسب a_0 واستنتج قيمة الكتلة m_0 .
- ج) حدد اللحظة t_1 التي تفتت عندها 75% من الكتلة m_0 (معبرا عنها بالسنوات).
- نعطي: كتلة نواة الكزنيون: $m({}^{135}_{54} Xe) = 2,24 \times 10^{-25} Kg$.

2) لكربون ${}^{14}_6 C$ نظير إشعاعي النشاط β^- .

- 1) اكتب معادلة تفتته. (نعطي: ${}_5 B$ و ${}_7 N$).
- 2) تبقى نسبة الكربون 14 في الفضاء ثابتة مع مرور الزمن. توجد هذه النسبة في الكائنات الحية ، في حين أن هذه النسبة تتناقص في جسم "ميت" بسبب تفتت نوى الكربون 14.
- نسمي النسبة: $\frac{a(t)}{a_0}$ نسبة الكربون ${}^{14}_6 C$ المتبقية عند تأريخ كائن "ميت" في اللحظة t .
- نعتبر الجدول التالي:

t(années)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{a(t)}{a_0}$			0,5				

- أ) استنتج ثابتة النشاط الإشعاعي λ وعمر النصف للكربون ${}^{14}_6 C$ (معبرا عنهما على التوالي ب: ans^{-1} و ans).
- ب) انقل الجدول السابق وأتمم ملأه.

- ج) أرسم المنحنى الذي يمثل تغيرات: $\frac{a(t)}{a_0}$ بدلالة الزمن.

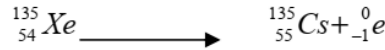
- المسلم: محور الأفاصيل: 1 cm يمثل 2000 سنة محور الأرتيب كل 1 سم يمثل 0,2.
- 3) أثناء ثوران بركان ، اختفت غابة مجاورة له تحت الأنقاض. تمكن الجيولوجيون من إيجاد قيمة نسبة الكربون ${}^{14}_6 C$ في

كربون الخشب الأحفوري $\frac{a(t)}{a_0} = 0,49$ متى حدث البركان ؟

- 4) تمتص النباتات الحية الكربون الموجود في الغلاف الجوي ، وعند موتها يتوقف تطور هذا الامتصاص . تعطي عينة من خشب قديم 150 تفتت في الدقيقة وتعطي عينة من خشب حديث ، لها نفس كتلة العينة السابقة ، 1350 تفتت في الدقيقة أوجد عمر الخشب القديم.
- a_0 هو نشاط العينة الشاهدة).

التصحيح

1-1) معادلة التفتت:



2-1) $a = a_0 e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$ (أ) عمر النصف هي المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف نوى العينة البدئية، ونرمز إليه بـ $t_{1/2}$.

(ب) $a = a_0 e^{-\lambda t}$ مع $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

$$a_0 = \frac{a}{e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}} = \frac{284}{e^{-\frac{\ln 2}{9.2} \times 9}} = 560 \text{ Bq}$$

*معظم التلاميذ لم يستطيعوا الإجابة على هذا السؤال رغم أنه غالبا ما نجده في مواضيع البكالوريا (انظر موضوع السنة الماضية

2007/2006)

تحديد الكتلة m_0 : يجب الانتباه، لأنه لم تعط لنا كتلة العينة عند اللحظة $t = 9h$ بينما أعطيت لنا كتلة نواة الكزنيون

$m({}^{135}_{54}\text{Xe}) = 2,24 \times 10^{-25} \text{ Kg}$ (انظر نهاية النص). ولم تعط ثابتة أفوكادرو كذلك.

إذن عدد نوى العينة البدئية هو: $N_0 = \frac{m_0}{m(\text{Xe})}$ ونعلم أن: $a_0 = \lambda \cdot N_0$ مع $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

$$m_0 = \frac{a_0 \times m(\text{Xe})}{\ln 2} \times t_{1/2} = \frac{560 \text{ Bq} \times 2,24 \times 10^{-25} \text{ Kg}}{\ln 2} \times 9,2 \times 3600 \text{ s} \approx 6 \times 10^{-18} \text{ Kg}$$

إذن: $a_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times \frac{m_0}{m(\text{Xe})}$ ومنه:

(ج) لنحدد اللحظة t_1 التي يتفتت عندها 75% من الكتلة m_0 (معبّر عنها بالسنوات). وهي توافق اللحظة التي يتبقى عندها 25% من الكتلة البدئية.

وبما أن كتلة العينة المتبقية عند لحظة t تعطى بالعلاقة التالية: $m = m_0 e^{-\lambda t}$ أي: $0,25 m_0 = m_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t_1}$

ومنه: $0,25 = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t_1}$ أي: $t_1 = -\frac{\ln 0,25}{\ln 2} \times t_{1/2} = -\frac{\ln 0,25}{\ln 2} \times 9,2h = 18,4h$

1-2) معادلة التفتت: ${}^{14}_6\text{C} \longrightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}e$

(2) نعم أن: $a = a_0 e^{-\lambda t}$ مع: $\lambda = \frac{a}{a_0} = e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \lambda = \frac{-\ln \frac{a}{a_0}}{t}$

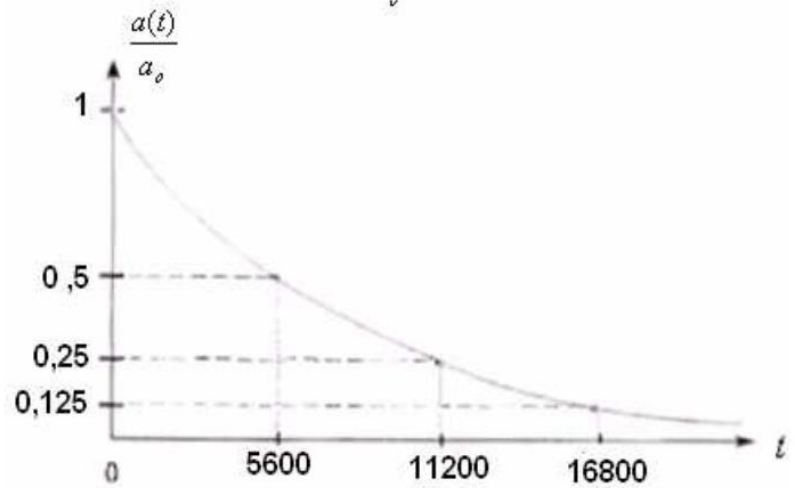
من خلال الجدول لدينا بالنسبة لـ: $t = 5600 \text{ ans}$ ، $\frac{a}{a_0} = 0,5$ إذن: $\lambda = \frac{-\ln 0,5}{5600 \text{ ans}} \approx 1,24 \times 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$

عمر النصف للكربون ${}^{14}_6\text{C}$: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{-\ln 0,5} \times 5600 = 5600 \text{ ans}$

(ب)

16800	14000	11200	8400	5600	2800	0	t(années)
0,125	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	$\frac{a(t)}{a_0}$

(ج) لنرسم المنحنى الذي يمثل تغيرات $\frac{a(t)}{a_0}$ بدلالة الزمن.



$$t = \frac{-\ln \frac{a}{a_0}}{\ln 2} \times t_{1/2}$$

(3) لدينا: $\frac{a(t)}{a_0} = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t}$ إذن:

$$t = \frac{-\ln 0,49}{\ln 2} \times 5600 = 5763 \text{ ans } 80 \text{ j } 3 \text{ h } 7 \text{ mn } 58 \text{ s} \approx 5763 \text{ ans}$$

ت.ع : حدث البركان منذ المدة الزمنية:

(4) نعلم أن نشاط عينة هو عدد النوى المفتتة في الثانية، ومن خلال المعطيات لدينا نشاط العينة المراد تحديد عمرها

$$a = \frac{150}{60 \text{ s}} = 2,5 \text{ Bq} \quad \text{إذن: } a = 2,5 \text{ Bq}$$

ومن خلال المعطيات نشاط العينة الشاهدة هو 1350 تفتت في الدقيقة .

$$a_0 = \frac{1350}{60 \text{ s}} = 22,5 \text{ Bq}$$

$$-\ln \frac{a_0}{a} = -\lambda \cdot t$$

$$\Leftrightarrow \ln \frac{a}{a_0} = -\lambda \cdot t$$

$$\Leftrightarrow \frac{a}{a_0} = e^{-\lambda \cdot t} \quad \text{ولدينا :}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \text{مع :} \quad t = \frac{\ln \frac{a_0}{a}}{\lambda} \quad \text{عمر الخشب القديم:}$$

$$t = \ln \frac{a_0}{a} \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = \ln \frac{22,5}{2,5} \times \frac{5600 \text{ ans}}{\ln 2} = 17751 \text{ ans } 21 \text{ j } 16 \text{ h } 52 \text{ mn } 14 \text{ s} \approx 17751,5 \text{ ans} \quad \text{أي:}$$