

جزء التحولات النووية

١) مكونات نواة الذرة:

ت تكون نواة ذرة من بروتونات ونوترتونات وهذه المكونات يطلق عليها اسم **النيوبيات**.
عدد البروتونات الذي تتوفر عليه النواة يرمز إليه Z ويسمى **العدد الذري** أو **عدد الشحنة**.
يرمز لعدد النيوبيات بالحرف A ويسمى **عدد الكلة**.

تمثل نواة ذرة لعنصر كيميائي X بالرمز :

$$A \xrightarrow{\text{عدد الكلة}} X \quad Z \xrightarrow{\text{العدد الذري}} N = A - Z$$

 عدد نوترتونات المكونة للنواة يرمز إلى N بالحرف N حيث :

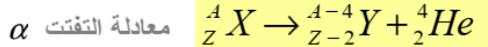
٢) قانون الانفاظ: (قانون سودي Soddy)

خلال تحول نووي ينحفظ عدد الشحنة Z . وكذلك العدد الإجمالي للنيوبيات A .

٣) أنواع الأنشطة الإشعاعية :

النشاط الإشعاعي α :

النشاط الإشعاعي α تفت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاه نواة أصلية X إلى نواة متولدة Y ببعث نواة الهيليوم He_2^4 .



**

النشاط الإشعاعي β^- :

النشاط β^- تفت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاه نواة أصلية X إلى نواة متولدة Y ببعث إلكترون e^- يسمى دقيقة β^- الإشعاعي.

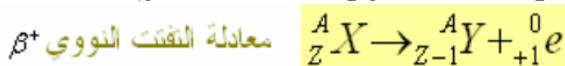


ملحوظة: الإشعاع β^- ناتج عن تحول نوترتون إلى بروتون داخل نواة، ويعبر عنه بما يلي: $_0^1n \rightarrow _1^1p + _{-1}^0e$

**

النشاط الإشعاعي β^+ :

النشاط الإشعاعي β^+ تفت نووي طبيعي وتلقائي، يظهر عموماً لدى العناصر الإشعاعية الإصطناعية تتحول خلاه نواة أصلية X إلى نواة متولدة Y ببعث بوزيترون e^+_1 يسمى دقيقة β^+ .



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

**

النشاط الإشعاعي γ :

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

٤) الفصيلة المشعة :

تحلول 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 نسمى مجموع النوى الناتجة عن نفس النواة الأصلية **فصيلة مشعة**.

٥) التناقض الإشعاعي: تطور المادة المشعة (قانون النشاط الإشعاعي)

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

$$\text{الإشعاعي التالي: } N_{(t)} = N_0 e^{-\lambda t}$$

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

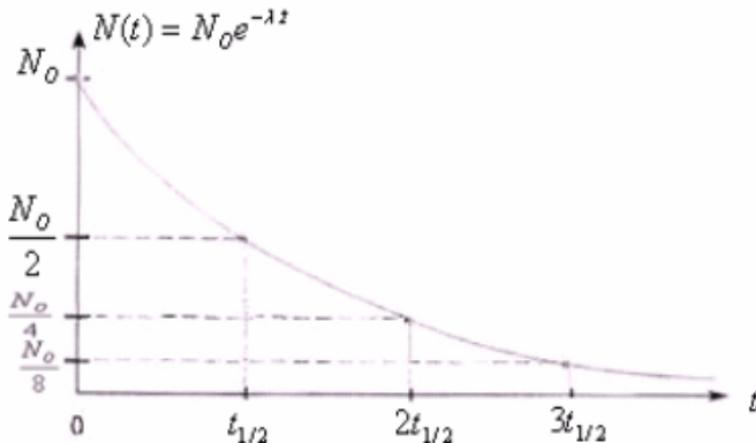
λ : تابثة النشاط الإشعاعي وهي تابثة تميز النويدية المعينة ووحدتها في ن.ع. للوحدات (s^{-1})

6) تابثة الزمن τ : زمن مميز لنويدة مشعة معينة نرمز لها بـ τ وهي مرتبطة بتاثير النشاط الإشعاعي λ بالعلاقة: $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ووحدة تاثير الزمن في النظام العالمي للحداث هي الثانية: (s).

7) عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدة مشعة:

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

نسمى عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدة معينة المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف نوى العينة



8) نشاط عينة مشعة:

نشاط عينة تحتوي على عدد $N_{(t)}$ من النوى المشعة ، هو عدد النوى المتفتته في وحدة الزمن ، ونرمز إليه بـ $a(t)$ وتعطيه العلاقة التالية:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{مع } a(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

إذن

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

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

9) التأريخ بالنشاط الإشعاعي:

يمكن التناقض الإشعاعي لبعض العناصر المشعة ، الموجودة في الصخور أوفي الكائنات الميتة ، من إيجاد عدة تقديرات للتاريخ. فبمقارنة قياس نشاط (أو كمية مادة) عينة ميتة مع قياس عينة شاهدة من نفس الطبيعة ، نتمكن من تقدير عمر العينة.

$$\text{العمر يحدد باستعمال العلاقة: } t = \frac{\ln \frac{a_0}{a}}{\lambda} \quad \Leftarrow \quad a = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

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

10) التكافؤ "كتلة- طاقة" علاقه أينشتاين:

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

$\uparrow \quad \uparrow$
J Kg

وتبيّن هذه العلاقة أن كل تغير لكتلة مجموعة ما بالمقدار Δm يوافقه تغير للطاقة الكتيلية لهذه المجموعة بالمقدار

وحدة الطاقة الكتيلية في الفيزياء النووية هي **الإلكترون- فولط** (eV) الذي تربطه بالجouل العلاقة التالية:

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ومن مصادفاته الميغا إلكترون فولط $J = 1,6 \times 10^{-13}$

11) وحدة الكتلة في الفيزياء النووية:

في الفيزياء النووية نستعمل كوحدة للكتلة إما: ال: u أو ال: MeV/c^2 نظراً لكون كتل النوى والدقائق صغيرة جداً، يعبر عنها في الفيزياء النووية بوحدة ملائمة تسمى بـ: **وحدة الكتلة الذرية** $u.m.a.$ والتي يرمز إليها بـ: u . **Unité de masse atomique**.

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

كما نستعمل وحدة للكتلة في الفيزياء النووية الوحدة التالية :

$$1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

12) النقص الكتلي:

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

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

وهو مقدار موجب.

13) طاقة الرابط للنواة:

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

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

14) طاقة الرابط بالنسبة لنوية:

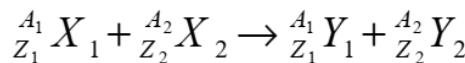
نستعمل أحياناً طاقة الرابط بالنسبة لنوية وتعطيها العلاقة التالية: $E_\ell = \frac{E_\ell}{A}$ حيث: E_ℓ هي طاقة الرابط للنواة و A عدد النويات.

ووحدتها: $MeV/nucleon$

كلما كانت طاقة الرابط بالنسبة لنوية كبيرة كلما كانت النواة أكثر استقراراً.

15) الحصيلة الكتالية والطاقة لتفاعل نووي:

نعتبر تفاعلاً نووياً معادله:

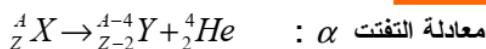


تكتب الحصيلة الطافية المفرونة بهذا التفاعل كما يلي:

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

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

16) الطاقة المترحة خلال النشاط الإشعاعي α :



معادلة التفتت α

الطاقة المترحة خلال النشاط الإشعاعي α هي:

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

17) الطاقة المترحة خلال النشاط الإشعاعي β^- :

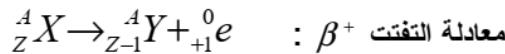


معادلة التفتت β^-

الطاقة المترحة خلال النشاط الإشعاعي β^- هي:

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

18) إطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+ هي:

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

تمارين حول التحولات النووية

نواة الكزينون $^{135}_{54}Xe$ إشعاعية النشاط β^- ، يتولد عن تفتها نويدة السيزيوم $^{41}_{Z}Cs$ و عمر النصف لنواة

$$\cdot t_{1/2} = 9,2h \quad . \quad ^{135}_{54}Xe$$

1- اكتب معادلة هذا التفتت محدداً A و Z .

2- كتلة عينة من الكزينون $t = 9h$ هي m_o ونشاطها الإشعاعي هو a . عند اللحظة $t = 135_{54}Xe$ يصبح النشاط الإشعاعي لهذه العينة $a = 284Bq$

(أ) عرف عمر النصف لنويدة إشعاعية.

(ب) أعط تعبير a بدلالة a_0 و t ، ثم احسب a واستنتج قيمة الكتلة m_o .

(ج) حدد اللحظة t_1 التي يتفتت عنها 75% من الكتلة m_o (معبراً عنها بالسنوات).

نعطي: كتلة نواة الكزينون : $m(^{135}_{54}Xe) = 2,24 \times 10^{-25} Kg$

2) للكربون $^{14}_6C$ نظير إشعاعي النشاط β^- .

(1) اكتب معادلة تفتها . (نعطي: B_5 و N_7).

(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 تفتها نوى الكربون 14% .

نسمي النسبة: $\frac{a(t)}{a_0}$ نسبة الكربون $^{14}_6C$ المتبقية عند تاريخ كائن "ميت" في اللحظة t .

نعتبر الجدول التالي:

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

(أ) استنتاج ثابتة النشاط الإشعاعي λ و عمر النصف للكربون $^{14}_6C$ (معبراً عندهما على التوالي بـ ans^1 و ans^1).

(ب) انقل الجدول السابق وأتمه ملأه.

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

السلم: محور الأفاسيل : $1 cm$ يمثل 2000 سنة محور الأرaticip كل 1 سم يمثل $0,2$.

(3) أثناء ثوران بركان ، اختفت غابة مجاورة له تحت الأنقاض. تمكن الجيولوجيون من إيجاد قيمة نسبة الكربون $^{14}_6C$ في

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

(4) تمتلك النباتات الحية الكربون الموجود في الغلاف الجوي ، وعند موتها يتوقف تطور هذا الامتصاص . تعطي عينة من خشب قديم 150 تفتها في الدقيقة وتعطي عينة من خشب حديث ، لها نفس كتلة العينة السابقة ، 1350 تفتها في الدقيقة

أوجد عمر الخشب القديم.

(a_0) هو نشاط العينة الشاهدة).

التصحيح

معادلة التفتت: (1-1) (1)



٢-١: (أ) عمر النصف هي المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف نوى العينة البدئية، ونرمز إليه بـ $t_{1/2}$.

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

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

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

(2007/2006)

تحديد الكتلة m : يجب الانتباه ، لأنه لم تُعط لنا كتلة العينة عند اللحظة $t = 9h$ بينما أعطيت لنا كتلة نواة الكريزينون $m(^{135}_{54} Xe) = 2,24 \times 10^{-25} Kg$ (انظر نهاية النص). ولم تُعط ثابتة أفووكادرو كذلك.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \text{مع} \quad a_0 = \lambda N_O \quad \text{وعلم أن:} \quad N_O = \frac{m_o}{m(Xe)} \quad \text{اذن عدد نوى العينة البدئية هو:}$$

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

ج) لنحدد اللحظة t_1 التي يتفتت عندها 75% من الكتلة m_o (معبّر عنها بالسنوات).

وهي توافق اللحظة التي يتبقى عندها 25% من الكتلة البدئية.

وبما أن كتلة العينة المتبقية عند لحظة t تعطيها العلاقة التالية: $m = m_o e^{-\lambda t}$ أي:

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

معادلة التفتت: (1-2)

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

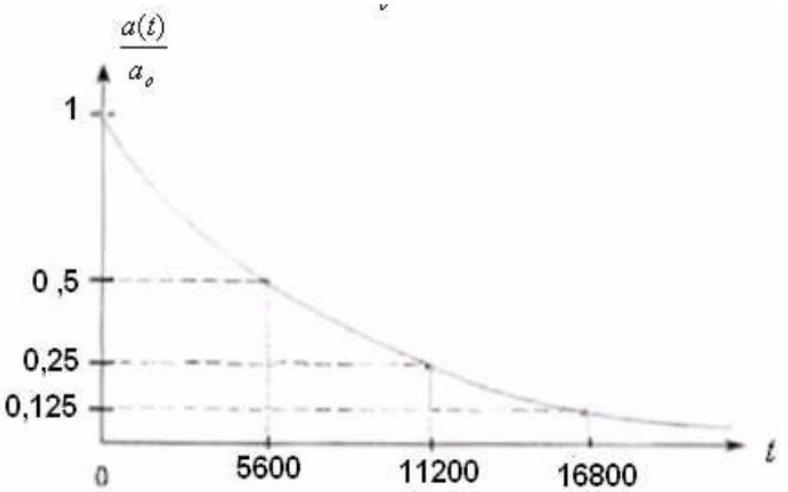
من خلال الجدول لدينا بالنسبة لـ $t = 5600 ans$:

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

	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.

(ب)



$$t = \frac{-\ln \frac{a}{a_o}}{\ln 2} \times t_{1/2} \quad \text{إذن:} \quad \frac{a(t)}{a_o} = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t} \quad (3)$$

ت.ع : حدث البرkan منذ المدة الزمنية:

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

$$a = \frac{150}{60s} = 2,5Bq$$

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

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

$$-\ln \frac{ao}{a} = -\lambda \cdot t \quad \Leftarrow \quad \ln \frac{a}{a_o} = -\lambda \cdot t \quad \Leftarrow \quad \frac{a}{a_o} = e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} : \quad t = \frac{\ln \frac{a_o}{a}}{\lambda}$$

$$t = \ln \frac{a_o}{a} \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = \ln \frac{22,5}{2,5} \times \frac{5600 ans}{\ln 2} = 17751 ans 211 j 16 h 52 mn 14 s \approx 17751,5 ans \quad \text{أي:}$$