

## ما يجب أن أعرف حتى أقول : إنني استوعبت هذا الدرس

- ♦ يجب أن أعرف مدلول الرمز  ${}^A_ZX$  وإعطاء تركيب النواة الموافقة .
- ♦ يجب أن أعرف معنى النظير وأحفظ بعض الأمثلة .
- ♦ يجب أن أتعرف على الأنوية المستقرة وغير المستقرة اعتمادا على مخطط سيجري (Segrè)
- ♦ يجب أن أعرف ما معنى نواة مشعة .
- ♦ يجب أن أتعرف كل الجسيمات التي نصادفها في هذا الدرس
- ♦ يجب أن أعرف قانون الإنحفاظ .
- ♦ يجب أن أعرف الإشعاعات  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  وأكتب معادلة تحول نووي وأطبق فيها قانون الإنحفاظ .
- ♦ يجب أن أعرف قانون Soddy والتمكن من استغلال منحنى التناقص  $N = f(t)$  .
- ♦ يجب أن أعرف معنى النشاط الإشعاعي وأهميته ووحدة قياسه .
- ♦ يجب أن أعرف معنى الثابت الزمني وزمن نصف العمر وكيفية استنتاجهما من منحنى التناقص .
- ♦ يجب أن أعرف كيفية استعمال النشاط الإشعاعي في التأريخ .

## ملخص الدرس

## النشاط الإشعاعي

- النشاط الإشعاعي هو ظاهرة سببها تحول نووي تلقائي لأنوية غير مستقرة لإعطاء أنوية أكثر استقرارا وانبعاث إشعاع .
- كل تحول نووي يخضع إلى انحفاظ الشحنة الكهربائية وعدد النوكليونات والطاقة .

## أنواع الإشعاعات

يوجد ثلاثة أنواع رئيسة للإشعاعات هي :

- الإشعاع  $\alpha$  (أنوية الهيليوم  ${}^4_2\text{He}$ ) :  ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$  . هذا لإشعاع خاص عادة بالأنوية الثقيلة جدا .
  - الإشعاع  $\beta^-$  :  ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e$  . هذا الإشعاع خاص بالأنوية التي تحتوي على عدد أكبر من النوترونات بالنسبة لبروتوناتها .
  - الإشعاع  $\beta^+$  :  ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_1e$  . هذا الإشعاع خاص بالأنوية التي تحتوي على عدد أكبر من البروتونات بالنسبة لنوتروناتها .
  - الإشعاع  $\gamma$  : هو إشعاع يرافق عادة الإشعاعات السابقة ( $\beta$  ،  $\alpha$ ) ، بحيث تكون النواة الناتجة عن هذه الإشعاعات مثارة طاقويا فتشع  $\gamma$  (أي تتخلص من الطاقة الزائدة على شكل إشعاع كهرومغناطيسي لكي تستقر) .  ${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZY + \gamma$  .
- (\* تدل على أن النواة مثارة)

## التناقص

• النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية ، لا يمكن دراسة تطورها إنفراديا ، بل نستعمل مجموعة كبيرة من الأنوية لتتكلم عن المتوسط .

• التغير  $\Delta N(t)$  لعدد الأنوية المشعة بين اللحظتين  $t$  و  $\Delta t$  هو :  $\Delta N = -\lambda N \Delta t$

• قانون التناقص هو  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  ، حيث  $N_0$  هو عدد الأنوية في اللحظة  $t = 0$

• النشاط  $A$  لمادة مشعة هو العدد المتوسط للتفككات في وحدة الزمن  $A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N$

النشاط عدد موجب يُقاس بـ ( Becquerel ) رمزه Bq

## الثابت الإشعاعي ( $\lambda$ )

يتعلق بطبيعة النواة ، ولا يتعلّق بالزمن . يُقاس بـ  $s^{-1}$  .

الثابت الزمني (أو ثابت الزمن)

هو الزمن المتوسط لعمر نواة ، مع العلم أن بعض الأنوية تتفكك في مدة زمنية طويلة وبعضها يتفكك في مدة زمنية قصيرة .  $\tau = \frac{1}{\lambda}$

## زمن نصف العمر

هو الزمن اللازم لتفكك نصف العدد المتوسط للأنوية المشعة .  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

## بطاقة رياضية

### الدالة الأسية

هي دالة معرفة بالعلاقة  $f(x) = a^x$  ، يسمى  $a$  الأساس ، وهو عدد حقيقي أكبر تماما من 1 من أجل الدالة متزايدة و  $0 < a < 1$  متناقصة.

إذا كان  $a = e$  نسميه الأساس النيبيري ، حيث  $e = 2,718..$  ، ونكتب  $f(x) = e^x$

مشتق الدالة الأسية : إذا كانت  $f(x) = e^{bx}$  ، حيث  $b$  عدد حقيقي فإن  $f'(x) = b e^{bx}$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} e^x = 0 \quad , \quad \lim_{x \rightarrow \infty} e^x = +\infty$$

### الدالة اللوغاريتمية

هي الدالة التي تتميز بالعلاقة  $f(x) = \log_a x$  ، حيث  $a$  هو أساس اللوغاريتم

إذا كان  $a = e$  نسمي اللوغاريتم نيبيريا ونكتب :  $f(x) = \ln x$

خواص اللوغاريتم :

$$\ln(a \times b) = \ln a + \ln b \quad , \quad \ln 1 = 0$$

$$\ln e^b = b \ln e = b \quad , \quad \ln \frac{a}{b} = \ln a - \ln b \quad , \quad \ln e = 1$$

**log**

لحساب اللوغاريتم النيبيري لعدد وليس الزر

**ln**

على الآلة الحاسبة نستعمل الزر

## 1 - استقرار وعدم استقرار الأنوية

### أ) نواة الذرة

تتألف نواة ذرة من جسيمات تسمى النوكليونات (nucléons) ، هي البروتونات والنيوترونات ، عدد هذه النوكليونات هو العدد A .  
نمثلة نواة بالشكل  ${}^A_Z X$  ، حيث X هي النواة ، Z : عدد البروتونات (الرقم الذري) ، A العدد الكتلي ، أما عدد النيوترونات فهو

$$N = A - Z$$

مثال : النواة  ${}^{23}_{11} Na$  تحتوي على 11 بروتون و 12 نيوترون .

ب) النظائر : مجموعة من الذرات تشترك في الرقم الذري Z وتختلف في العدد الكتلي A .

بعض نظائر الأكسجين هي  ${}^{16}_8 O$  ،  ${}^{17}_8 O$  ،  ${}^{18}_8 O$  . بعض نظائر الكلور هي :  ${}^{35}_{17} Cl$  ،  ${}^{36}_{17} Cl$  ،  ${}^{37}_{17} Cl$

الجسيمات التي نصادفها في هذا الدرس :

البوزيتون ${}^0_+1 e$	الإلكترون ${}^0_-1 e$	النيوترون ${}^0_0 n$	البروتون ${}^1_1 p$	الجسيم
$9,1 \times 10^{-31}$	$9,1 \times 10^{-31}$	$1,675 \times 10^{-27}$	$1,673 \times 10^{-27}$	الكتلة (kg)
$1,602 \times 10^{-19}$	$-1,602 \times 10^{-19}$	0	$1,602 \times 10^{-19}$	الشحنة (C)

ينبعث البوزيتون جرّاء التحول المتواصل داخل النواة للبروتونات إلى نيوترونات :  ${}^1_1 p \rightarrow {}^0_0 n + {}^0_+1 e$

أما عندما يتحول نيوترون إلى بروتون ينبعث إلكترون :  ${}^0_0 n \rightarrow {}^1_1 p + {}^0_-1 e$

يوجد حوالي 350 نواة طبيعية ، منها حوالي 60 نواة غير مستقرة . أما الأنوية الاصطناعية فكلها غير مستقرة

### ج) نصف قطر النواة

يُعطى نصف قطر النواة بالعلاقة :  $R = r_0 \sqrt[3]{A}$  ، حيث R هو نصف قطر النواة .

$\sqrt[3]{x}$  : هو الجذر التكعيبي للعدد x ، إذا كان  $y = \sqrt[3]{x}$  ، فإن  $x = y^3$

$r_0$  هو ثابت بالنسبة لكل الأنوية . يُعطى  $r_0 \approx 1,3 fm$

Fermi هو وحدة لقياس المسافات الصغيرة جدا . (1 fermi =  $10^{-15} m$ ) .

مثال : نصف قطر نواة الصوديوم  ${}^{23}_{11} Na$  هو :  $R = 1,3 \sqrt[3]{23} = 3,7 fm$

## 2 - النشاط الإشعاعي

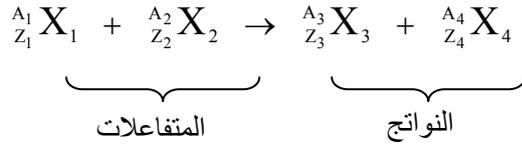
النواة النشيطة إشعاعيا هي نواة غير مستقرة ، وهي نواة تتفكك عاجلا أو آجلا عشوائيا وتلقائيا بواسطة تحوّل نووي تلقائي لإعطاء نواة

أكثر استقرارا . أثناء هذا التحول تصدر النواة إشعاعات أهمها :  $\alpha$  ،  $\beta^-$  ،  $\beta^+$  ،  $\gamma$  .

نسمي النواة المتفككة : النواة الأب ، ونسمي النواة الناتجة : النواة الابن

### أ) قانون الانحفاظ

في كل تحوّل نووي يُحفظ ما يلي :

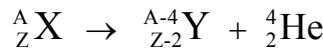


- الشحنة الكهربائية
- عدد النوكليونات
- الطاقة

في هذا التحوّل يمكن أن يكون  $X$  نواة أو جسيما (بروتون ، نوترون ...) ، بحيث يتحقق الانحفاظ :

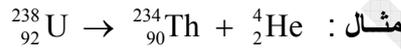
$$\begin{aligned} A_1 + A_2 &= A_3 + A_4 \\ Z_1 + Z_2 &= Z_3 + Z_4 \end{aligned}$$

### ب) الإشعاع $\alpha$



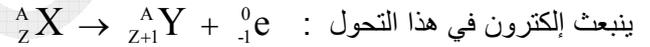
عبارة عن أنوية الهيليوم ( ${}^4_2\text{He}$ )

في هذا التحوّل ينقص عدد البروتونات بـ 2 ، ولدينا : عدد النوترونات قبل التحوّل هو  $N = A - Z$  ، أما بعد التحوّل فيكون عدد النوترونات  $N' = A - 4 - (Z - 2) = A - Z - 2 = N - 2$  ، إذن عدد النوترونات نُفصَ بـ 2 كذلك .



في التفكك  $\alpha$   
تفقد النواة 2 نوترون و 2 بروتون

### ج) الإشعاع $\beta^-$ ( ${}^0_{-1}e$ )



ينبعث إلكترون في هذا التحوّل :  $N' = A - (Z + 1) = N - 1$  ، أي أن عدد النوترونات نُفصَ بـ 1 .

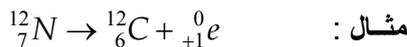


في التفكك  $\beta^-$   
يتحوّل 1 نوترون إلى 1 بروتون

### د) الإشعاع $\beta^+$ ( ${}^0_{+1}e$ )



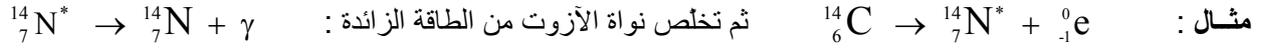
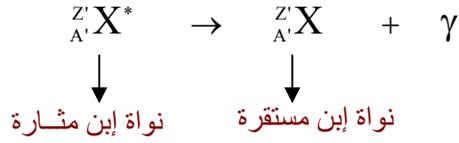
ينبعث بوزيتون في هذا التحوّل :  $N' = A - (Z - 1) = N + 1$  ، ولدينا : أي يزداد عدد النوترونات بـ 1 .



في التفكك  $\beta^+$   
يتحوّل 1 بروتون إلى 1 نوترون

### هـ) الإشعاع $\gamma$

يرافق هذا الإشعاع عادة كل الإشعاعات السابقة ، بحيث لما تشعُّ نواة إشعاعا  $\alpha$  ،  $\beta^-$  ،  $\beta^+$  تكون النواة الابن (الناجمة) في حالة طاغوية مثارة ، فتريد التخلص من الطاقة الزائدة فتصدر إشعاعا  $\gamma$  لتستقر . نمثل النواة المثارة بإضافة (نجمة)  $X^*$  .  
الإشعاع  $\gamma$  عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية عالية التواتر ( أكبر من  $10^{18}$  Hz ) .

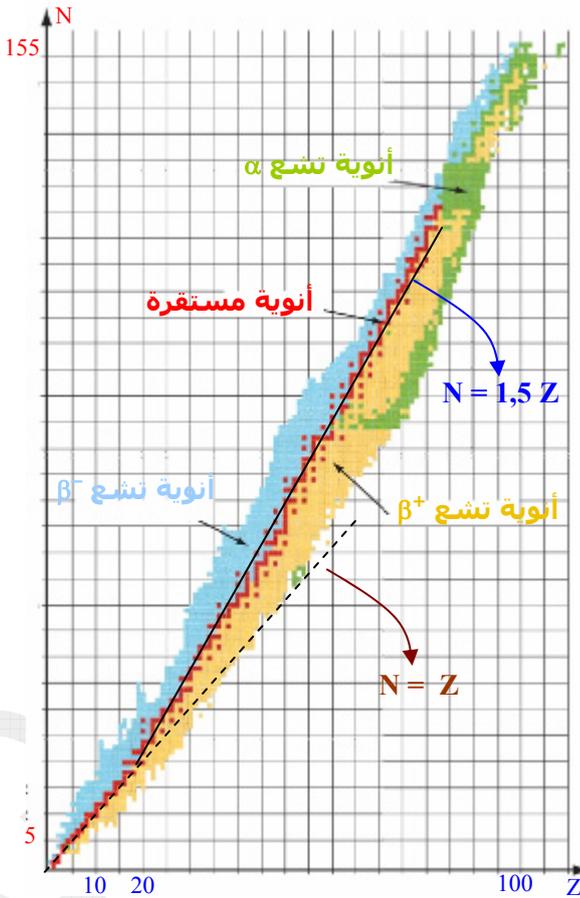


### 3 - مخطط Segrè

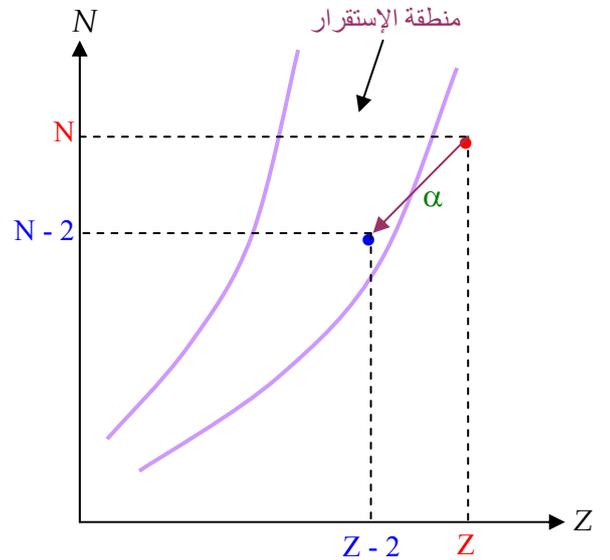
في هذا المخطط نجد على الفواصل الرقم الذري  $Z$  (عدد البروتونات في النواة) وعلى الترتيب عدد النوترونات  $N$ .  
**ملاحظة:** يمكن في التمارين أن تصادف  $Z$  أو  $A$  على الترتيب.

المستقيم الذي معادلته  $N = Z$  ، والذي يمثل المنصف الأول يسمى مستقيم الإستقرار ، معنى هذا أن الأنوية القريبة من هذا المستقيم بعدد بروتوناتها وعدد نوتروناتها تكون أكثر إستقرارا . (يوجد توازن في العدد بين البروتونات والنوترونات) لكي تستقر نواة يجب أن يوجد توازن بين عدد بروتوناتها ونوتروناتها .

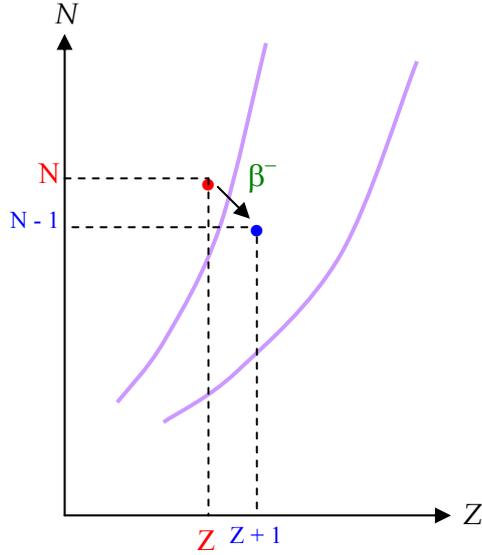
- الأنوية التي عدد نوكلوناتها مرتفع تشع  $\alpha$
- الأنوية التي فيها النوترونات كثيرة بالنسبة لنظائرها المستقرة تشع  $\beta^-$
- الأنوية التي فيها البروتونات كثيرة بالنسبة لنظائرها المستقرة تشع  $\beta^+$



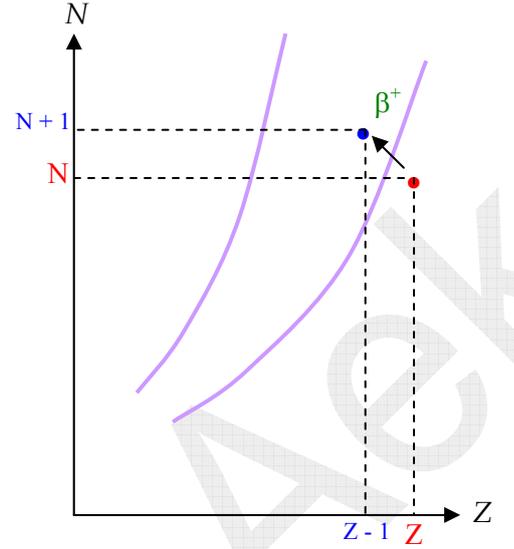
مخطط Segrè - صورة عن Bordas



دخول الأنوية إلى منطقة الإستقرار بعد إصدارها لـ  $\alpha$



دخول الأنوية إلى منطقة الاستقرار بعد إصدارها لـ  $\beta^-$



دخول الأنوية إلى منطقة الاستقرار بعد إصدارها لـ  $\beta^+$

#### 4 - قانون التناقص الإشعاعي

إن تفكك الأنوية هي ظاهرة عشوائية محضة ، حيث لا يمكن التنبؤ باستمرار تفكك نواة أو توقفها عن ذلك . لهذا لا يمكن دراسة الأنوية انفراديا كما تعودنا ذلك في دراسة تطور حركة نقطة مادية .  
 إذن دراسة تفكك الأنوية هي دراسة إحصائية ، معنى هذا أنها تعتمد على القيم المتوسطة ، أي ندرس عينة من الأنوية ونعمم الدراسة على كل الأنوية مجتمعة رغم أن تفكك هذه الأنوية انفراديا لم يكن متماثلا على الإطلاق .

#### (أ) قانون Soddy

ليكن  $N_0$  عدد الأنوية في عينة مشعة في اللحظة  $t = 0$  . يصبح هذا العدد  $N$  في اللحظة  $t$  .  
 يمكن بواسطة جهاز يلتقط الإشعاعات الصادرة من تفكك الأنوية أن نتابع تطور تفكك هذه الأنوية .  
 ليكن  $N$  متوسط الأنوية في اللحظة  $t$  و  $\Delta N$  التغير في عدد الأنوية في المدة الزمنية  $\Delta t$  . إن هذا التغير يتناسب مع :

$$N : \text{عدد الأنوية في اللحظة } t$$

$$\lambda \Delta t : \text{احتمال التفكك في المجال الزمني } \Delta t .$$

$\lambda$  هو الثابت الإشعاعي ، يتعلق بطبيعة النواة ولا يتعلق بالزمن .

عدد الأنوية يتناقص خلال الزمن ، وبالتالي  $\frac{dN}{dt}$  تمثل سرعة التناقص ، وهذه السرعة سالبة طبعاً (تذكر سرعة اختفاء المتفاعلات) .

$$(1) \quad \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$(2) \quad \frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

إن الدالة التي نشقها ونجد  $\frac{f'(x)}{f(x)}$  هي الدالة  $\ln f(x) + C$  ، حيث  $C$  : عدد حقيقي .

$$(3) \quad \ln N = -\lambda t + C$$

تحديد الثابت  $C$  :

نعلم أن في اللحظة  $t = 0$  يكون عدد الأنوية  $N_0$  ، وهو عددها قبل بدء التفكك . بالتعويض في العلاقة (3) نجد :

$$C = \ln N_0 \text{ وبالتالي}$$

$$(4) \quad \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \text{ أو } \ln N - \ln N_0 = -\lambda t : (3) \text{ في العلاقة}$$

إذا كان  $\ln x = a$  ، فإن  $x = e^a$  ، وبالتالي نكتب العلاقة (4)  $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$  ، ومنه العلاقة النهائية :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

**وحدة قياس  $\lambda$  :** بما أن  $N$  و  $N_0$  من نفس الجنس (عدد أنوية) إذن  $e^{-\lambda t}$  مجرد من الوحدة ، يعني  $\lambda t$  ليس له وحدة ، إذن يجب أن تكون وحدة  $\lambda$  هي مقلوب الثانية ( $s^{-1}$ ) .

(ب) زمن نصف العمر (الدور)  $t_{1/2}$

هو الزمن اللازم لكي يتغير عدد الأنوية من  $N_0$  إلى  $\frac{N_0}{2}$  .

بالتعويض في العلاقة (2) نكتب :  $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t}$  ، ومنه :  $\frac{1}{2} = e^{-\lambda t}$  ، وبإدخال اللوغاريتم على طرفي المعادلة :

$$-\ln 2 = -\lambda t \text{ ، ومنه العلاقة :}$$

$$\ln 2 = 0,69 \text{ ولدينا}$$

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

زمن نصف العمر يميز فقط النواة ويقاس بالثانية . ونعتبر عنه كذلك بالساعات والأيام والشهور والسنوات .  
 $^{210}Po$  : 138 يوم ،  $^{210}Bi$  : 5 أيام ،  $^{232}Th$  : حوالي 14 مليار سنة .

(ج) الثابت الزمني  $\tau$

هو مقلوب الثابت الإشعاعي ،

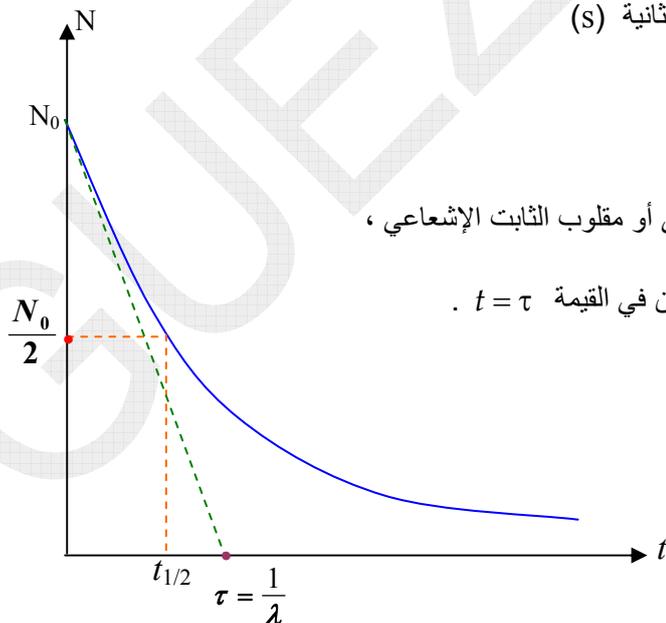
$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

ويُقاس بالثانية (s)

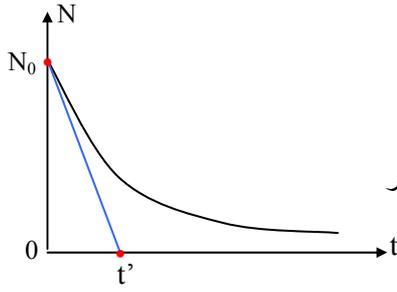
استنتاج  $t_{1/2}$  و  $\tau$  و  $\lambda$  من البيان  $N = f(t)$  :

زمن نصف العمر هو فاصلة الترتيب  $\frac{N_0}{2}$  ، أما بالنسبة للثابت الزمني أو مقلوب الثابت الإشعاعي ،

نرسم مماس البيان في النقطة  $(0, N_0)$  ، فيقطع هذا المماس محور الزمن في القيمة  $t = \tau$  .



البرهان الرياضي لتقاطع المماس عند  $t=0$  مع محور الزمن في  $t' = \frac{1}{\tau}$  :



$$(1) \quad a = -\frac{N_0}{t'} \quad , \quad \text{حيث } a \text{ ، وليكن } a$$

نعلم أن ميل المماس عند  $t=0$  هو كذلك مشتق الدالة  $N = f(t)$  وتعويض  $t$  بالقيمة صفر لأن فاصلة التماس هي  $t=0$

$$(2) \quad a = \frac{dN}{dt} = -N_0 \times \lambda$$

نساوي بين العلاقتين (1) و (2) :  $-\frac{N_0}{t'} = -N_0 \times \lambda$  ، وبالتالي  $t' = \frac{1}{\lambda}$  ، وهو المطلوب .

**تنبيه :** ثابت الزمن دائما أكبر من زمن نصف العمر :

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad , \quad \text{ولدينا } \lambda = \frac{0,69}{t_{1/2}} \quad , \quad \text{وبالتالي : } \tau = \frac{1}{0,69} \times t_{1/2} \quad \tau = 1,45 \times t_{1/2}$$

## 5 - النشاط A

$$(3) \quad A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} \quad . \quad \text{يمثل النشاط عدد التفككات في الثانية ، وهو عدد موجب (لأن } \Delta N \text{ سالب) .}$$

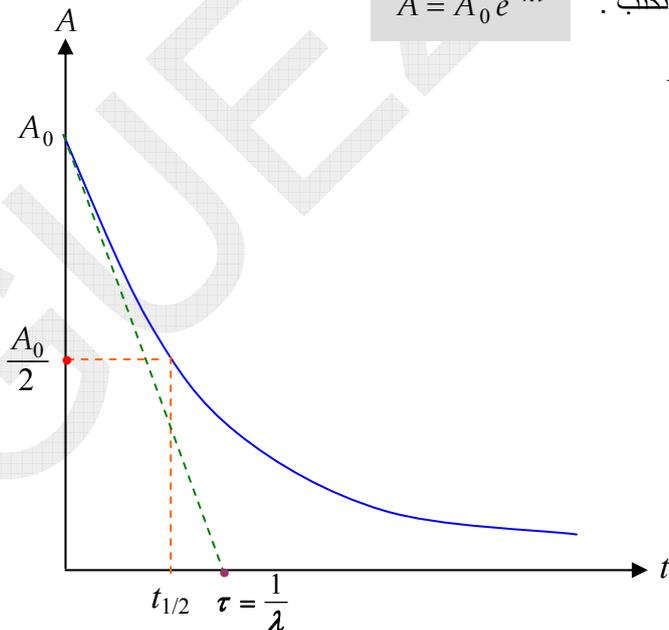
ويُقاس بـ *Becquerel* (*Bq*) . توجد وحدة أخرى هي *Curie* (*Ci*) غير مستعملة في البرنامج .  $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

يُقاس النشاط الإشعاعي بواسطة مقياس يسمى مقياس جيجر (*Geiger*) ، حيث لما تقرب هذا الجهاز من عينة مشعة تحدث الإشعاعات المنبعثة منها أصواتا داخل الجهاز ، فيعتمد عدّ هذه الصوات في تحديد نشاط العينة .

$$\text{نعوض في العلاقة (3) } \Delta N \text{ بعبارتها : } A = \frac{\lambda N \Delta t}{\Delta t} = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} .$$

نضع  $A_0 = \lambda N_0$  ونسميه النشاط عند اللحظة  $t=0$  ، وبالتالي نكتب :  $A = A_0 e^{-\lambda t}$

بنفس الطريقة نستنتج  $A = f(t)$  من البيان  $\tau$  ،  $\lambda$  ،  $t_{1/2}$



## 6 - تأثير الإشعاعات على المادة الحية

باستطاعة الإشعاعات ، إذا كانت معتبرة أن تؤثر على خلايا الجسم ، حيث بإمكانها أن تشرّد المادة وتخرّب الخلايا وتحويلها إلى خلايا سرطانية ، ويزداد هذا الخطر كلما كان منبع الإشعاع أكثر نشاط ، وخاصة بالطاقة التي تحملها الإشعاعات .

## 7 - في المجال الطبي

يمكن استغلال طاقة النشاط الإشعاعي في تدمير الخلايا السرطانية في الجسم . يُستعمل عادة اليود  $^{131}\text{I}$  الذي يُشع  $\beta^-$  والذي يوافق زمن نصف عمر يقدر بـ 8 أيام .

## 8 - في مجال التاريخ

يُستعمل النشاط الإشعاعي في تحديد عمر الكواكب والصخور والآثار (مثلا عمر مومياء) والبحيرات الجوفية ، وذلك بقياس النسبة بين عدد الأنوية الأب والأنوية الابن .

### تقدير عمر الصخور

نجد النسبة بين عدد أنوية البوتاسيوم  $^{40}\text{K}$  والأرغون  $^{40}\text{Ar}$  .

بواسطة عمر الصخور نستطيع بالتقريب معرفة تاريخ آخر انفجار بركان ، كيف ذلك ؟

نعلم أن الصخور تحتوي على النوكليد المشع  $^{40}\text{K}$  ، حيث يتفكك هذا النوكليد بمرور الزمن لإعطاء النوكليد المستقر  $^{40}\text{Ar}$  وذلك بواسطة التفكك التالي :  $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar} + \beta^+$  ، ونعلم أن الأرغون عبارة عن غاز أحادي الذرة .

لما ينفجر البركان وتذوب الصخور فإن غاز الأرغون ينطلق في الجو ، لكن بمجرد أن يخدم البركان وتبرد الصخور وتصبح صلبة فإن كل غاز الأرغون الناتج عن تفكك البوتاسيوم يبقى محجوزا داخل مسامات الصخور .

عندما نحلل عينة من صخرة موجودة أمام بركان قديم جدا (إذا قلت لي كيف عرفت أنه قديم ، أقول لك : لم أعرف أنه حديث ) .

نزع الشوائب من العينة ونزن كتلة البوتاسيوم  $^{40}\text{K}$  وحجم غاز الأرغون  $^{40}\text{Ar}$  ونقوم بالحسابات التالية :

عدد أنوية البوتاسيوم  $^{40}\text{K}$  في اللحظة  $t$  :  $N_K = \frac{m_K}{40} N_A$  ، حيث  $m_K$  هي كتلة  $^{40}\text{K}$  و  $N_A$  هو عدد أفوقادرو .

عدد أنوية الأرغون  $^{40}\text{Ar}$  في اللحظة  $t$  :  $N_{Ar} = \frac{V_{Ar}}{V_M} N_A$  ، حيث  $V_{Ar}$  هو حجم  $^{40}\text{Ar}$  و  $N_A$  هو عدد أفوقادرو .

عدد أنوية البوتاسيوم عند اللحظة  $t=0$  : ( أي تاريخ آخر انفجار للبركان ) ، مع العلم أن المدة التي يبقى فيها البركان ثائرا لا نأخذها

بعين الاعتبار في التاريخ ، لأن أولا هذه المدة قصيرة وثانيا أن التاريخ تقريبي .

هذا العدد هو  $N_{0,K} = N_K + N_{Ar}$  ، وبتطبيق علاقة التناقص نكتب (1)  $N_K = (N_K + N_{Ar}) e^{-\lambda t}$

حيث  $\lambda$  هو الثابت الإشعاعي للبوتاسيوم  $^{40}\text{K}$  .

ندخل اللوغاريتم النيبيري على طرفي العلاقة (1) ونحسب قيمة الزمن  $t$  . إن هذا الزمن هو عمر الصخرة التي أخذنا منها العينة ،

وبذلك نستطيع إيجاد تاريخ آخر انفجار لهذا البركان ( $t'$ ) بالعملية التالية :  $t' = 2012 - t$

### تحديد عمر مادة حيّة بعد موتها (مثلا عظم حيوان)

وجد علماء الآثار قطعة من عظم حيوان في مغارة قديمة وأرادوا أن يتعرفوا على تاريخ وفاة هذا الحيوان .

العمل الذي نقوم به :

نقوم بتقيّة عيّنة من العظم ونحتفظ فقط بالفحم الموجود فيها (هذه العملية كيميائية بحثة) . لتكن كتلة العيّنة النقيّة هي  $m$  .

يجب أن نعلم أن في هذه العينة يوجد النظائر  $^{12}C$  ;  $^{13}C$  ;  $^{14}C$  ، حيث أن  $^{12}C$  ;  $^{13}C$  مستقرّان أما  $^{14}C$  فهو نظير مشعّ

حيث أنه يتفكك كالتالي :  $^{14}C \rightarrow ^{14}N + \beta^-$  .

نحسب عدد أنوية  $^{12}C$  في العيّنة ، حيث نهمل عدد أنوية  $^{13}C$  و  $^{14}C$  بسبب ندرة وجودها في العيّنة ونكتب  $N_{12} = \frac{m}{12} N_A$

ونعلم أن في أنسجة الكائن الحي توجد كل نظائر الكربون السابقة الذكر ، فكلما تناقص النظير  $^{14}C$  من هذه الأنسجة يعوّضه الكائن عن

طريق التنفس وعمليات معقّدة أخرى ، فهناك نسبة ثابتة في كل الكائنات الحيّة بين عدد أنوية  $^{14}C$  و  $^{12}C$  وهي :

$$(1) \quad \frac{N_{14}}{N_{12}} \approx 1,3 \times 10^{-12}$$

بمجرّد أن يموت الكائن الحي تشرع هذه النسبة في التناقص (انقطاع التنفس) ، لأن  $^{14}C$  يشرع في التفكك بدون أن يُعوّض ، أما النظير  $^{12}C$  عدد أنويته لا يتغيّر لأنه مستقر إشعاعيا .

باستعمال النسبة (1) نستنتج عدد أنوية  $^{14}C$  في العيّنة في اللحظة التي وجدنا فيها العظم ، والتي كُنّا قد أهملناها أمام عدد أنوية

$$^{12}C \text{ عندما قمنا بحساب } N_{12} \text{ ، حيث : } N_{14} = 1,3 \times 10^{-12} \times N_{12}$$

كيف نحسب عدد أنوية  $^{14}C$  التي كانت في العيّنة لحظة وفاة الحيوان ؟

نأتي بعيّنة مماثلة من عظم حديث ونقرّب منها مقياس جيّج فيعطينا قيمة نشاط  $^{14}C$  في اللحظة  $t = 0$  ، ونستنتج عدد أنوية  $^{14}C$

$$\text{بواسطة العلاقة } N_{0,14} = \frac{A_0}{\lambda} .$$

والآن لكي نجد عمر العظم نطبّق علاقة التناقص الإشعاعي  $N_{14} = N_{0,14} e^{-\lambda t}$

$$\frac{N_{14}}{N_{0,14}} = e^{-\lambda t} \text{ ، وبإدخال اللوغاريتم النّبيري على طرفي العلاقة وتعويض } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \text{ نجد :}$$

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln \frac{N_{0,14}}{N_{14}}$$

حيث  $t_{1/2}$  هو زمن نصف عمر  $^{14}C$  و  $t$  هو عمر العظم .

**ملاحظة :** يمكن أن نحسب عمر العظم إذا كانت لدينا قيمتا النشاط الابتدائي ( $A_0$ ) والنشاط لحظة وجود العظم ( $A$ ) وذلك بالعلاقة :

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln \frac{A_0}{A}$$

## تحديد عمر بحيرة جوفية

أثناء التنقيب عن البترول صادف المهندسون بحيرة مائية تحت سطح الأرض ، فأراد علماء الفيزياء معرفة عمر هذه البحيرة ، أي الزمن الفاصل بين تشكل البحيرة إلى أن عثر عليها مهندسوا البترول (طبعا التاريخ تقريبي) .

نعلم أن الماء يحتوي على الكلور ، ومن بين نظائر الكلور المشعة هو  $^{36}_{17}\text{Cl}$  ، حيث يتفكك عادة حسب المعادلة  $^{36}_{17}\text{Cl} \rightarrow ^{36}_{18}\text{Ar} + \beta^-$  ، لأن هذا النوكليد يتجدد بفعل تلامسه الدائم مع الجو . ولكن بمجرد أن يصبح الماء محجوزا في البحيرة فإن  $^{36}_{17}\text{Cl}$  لا يتجدد لأنه لا يلامس الجو .

**العمل الذي نقوم به :**

نأخذ عينة من ماء البحيرة ونكشف بواسطة مقياس جيجر عن نشاط  $^{36}_{17}\text{Cl}$  فيها ، وليكن هذا النشاط هو  $A$  .  
نأخذ عينة مماثلة من ماء سطحي بجوار البحيرة ونقوم بقياس نشاط  $^{36}_{17}\text{Cl}$  فيها . إن هذا النشاط هو النشاط الابتدائي لعينة ماء البحيرة .  
ليكن  $t_{1/2}$  هو زمن نصف عمر النوكليد  $^{36}_{17}\text{Cl}$  .  
نجد عمر البحيرة من العلاقة :

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln \frac{A_0}{A}$$