

## التناقص الإشعاعي La décroissance Radioactive

### 1. مكونات النواة:

#### بنية النواة:

- تتكون نواة ذرة من نويات ( بروتونات و نوترونات )
- نرّمز للذرة بالرمز  ${}^A_Z X$  حيث  $A$ : عدد الكتلة أو عدد النويات
- $Z$ : عدد البروتونات أو عدد الشحنة
- $A-Z$ : عدد النوترونات

#### العنصر الكيميائي:

يعرف العنصر الكيميائي بأنه مجموع الدقائق ( ذرات ، أيونات ) التي تتميز بنفس عدد البروتونات  $Z$ .

نرّمز لنواة ذرة تنتمي لعنصر كيميائي  $X$  ب:  ${}^A_Z X$

مثال:  ${}^1_1 H$  ،  ${}^{235}_{92} U$  ،  ${}^{14}_6 C$  ،  ${}^{12}_6 C$

#### النويدات:

يطلق اسم النويدات على مجموعة من النوى (جمع نواة) لها نفس عدد النوترونات و نفس عدد البروتونات و رمزها  ${}^A_Z X$

مثال:  ${}^{12}_6 C$ : نويدة الكربون  $Z=6$  و  $A=12$ .

${}^{14}_6 C$ : نويدة الكربون  $Z=6$  و  $A=14$ .

#### النظائرية:

نسمي نظائر عنصر كيميائي النويدات التي لها نفس العدد الذري  $Z$  و تختلف في عدد الكتلة  $A$ .

مثال:  ${}^{12}_6 C$  و  ${}^{14}_6 C$  نظيران لنفس العنصر الكيميائي: الكربون.

${}^{235}_{92} U$  و  ${}^{238}_{92} U$  نظيران لنفس العنصر الكيميائي: الاورانيوم.

#### ابعاد الذرة:

- النواة عبارة عن كرية شعاعها  $r$  مرتبط بعدد النويات  $A$

$$r = r_0 \cdot A^{\frac{1}{3}} \text{ مع } A \text{ عدد الكتلة للنواة و } r \text{ شعاع النواة و } r_0 = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

- بنية المادة ثغرية: توجد فراغات كبيرة حول النواة

- الكتلة الحجمية للنواة جد كبيرة و بالتالي فالمادة النووية شديدة الكثافة ( $d=2.10^{17} \text{ Kg/m}^3$ )

- يعبر عن الكتلة الحجمية لنواة بالعلاقة:  $\rho = \frac{m}{v}$  حيث  $m$  كتلة النواة و  $v$  حجمها.

مثال: الكتلة الحجمية لنواة الاورانيوم  ${}^{238}_{92} U$ :

$$v = \frac{4\pi r^3}{3} \text{ و } r = r_0 \cdot 238^{\frac{1}{3}}$$

كتلة النواة هي:  $m = 238,051u$  إذن  $\rho = 1,8 \cdot 10^{17} \text{ kg.m}^{-3}$

ملحوظة: توجد بعض النجوم التي لها كتلة حجمية مماثلة للكتلة الحجمية النووية ، و تسمى النجوم النوترونية .

#### وحدة الكتلة الذرية

- تساوي وحدة الكتلة الذرية  $u$ :  $\frac{1}{12}$  من كتلة ذرة الكربون  ${}^{12}_6 C$

- نعلم أن مول واحد من ذرات الكربون يساوي  $12g=12 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$  و يحتوي على  $N_A=6.02 \cdot 10^{23}$  ذرة من الكربون و بالتالي:

$$1u = \frac{1}{12} m(C) = \frac{1}{12} \cdot \frac{M(C)}{N_A} = \frac{1}{12} \cdot \frac{12 \cdot 10^{-3}}{6.02 \cdot 10^{23}} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

$N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ثابتة أفوكادرو

$$1u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

مثال:	بروتون	نوترون	إلكترون	u
الكتلة (Kg)	$1.672510^{-27}$	$1.675010^{-27}$	$9.110 \cdot 10^{-31}$	$1.6606 \cdot 10^{-27}$
الكتلة (u)	1.0073	1.0087	$5.4858 \cdot 10^{-4}$	1

## 2. تماسك النواة: مخطط الاستقرار:

- النظائر توجد على المستقيم المواز لمحور الأرتيب
- بالنسبة للنوى الخفيفة ف  $N$  و  $Z$  متقاربتين
- بتزايد  $Z$  نلاحظ بأن استقرار النواة لا يحصل إلا إذا كان  $N > Z$

### النوى المشعة:

النواة المشعة هي كل نواة غير مستقرة تنفثت تلقائيا لتعطي نواة مختلفة مع انبعاث دقائق و غالبا إشعاعا.

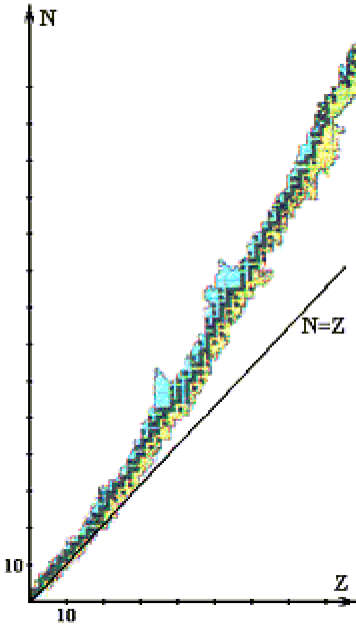
مثال :  ${}^{12}_6\text{C}$  و  ${}^{14}_6\text{C}$  نظيران ليس لهما نفس الخواص :

${}^{12}_6\text{C}$  مستقر يحتفظ دائما بنفس المكونات.

${}^{14}_6\text{C}$  غير مستقر ينحل تلقائيا ليعطي نواة أخرى مختلفة ، مع انبعاث دقيقة أو عدة دقائق تكون إشعاعات نشيطة.

### مخطط (N,Z) (مخطط سوكري Segré) :

يمكن مخطط (N,Z) من دراسة استقرار نوى الذرات بدلالة عدد بروتوناتها  $Z$  و عدد نوتروناتها  $N = A - Z$ .



#### 1.2.2. مجال الاستقرار:

يتكون مخطط سوكري من عدة مناطق ، من بينها منطقة مركزية (باللون الأسود) تسمى مجال الاستقرار ، تضم النوى المستقرة .

- حالة  $Z \leq 20$  : يضم مجال الاستقرار المستقيم ذي المعادلة  $Z=N$  ، و يكون للنوى المستقرة غالبا نفس عدد النوترونات و البروتونات .

أمثلة:  ${}^4_2\text{He}$  ،  ${}^{12}_6\text{C}$  ،  ${}^{16}_8\text{O}$  ،  ${}^{14}_7\text{N}$

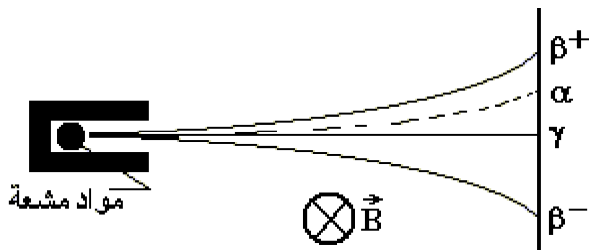
- حالة  $Z \geq 20$  : يتزايد عدد النوترونات بسرعة مقارنة مع عدد البروتونات ( $N > Z$ ) و يكون مجال الاستقرار تحت المستقيم ذي المعادلة  $Z=N$  .

- كل النوى التي عددها الذري أكبر من 83 غير مستقرة.

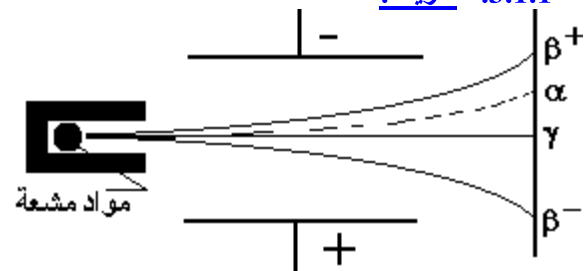
## 3. التحولات النووية التلقائية-النشاط الإشعاعي:

### 3.1. النشاط الإشعاعي:

#### 3.1.1. تعريف:



فصل الإشعاعات المنبعثة من خليط مواد مشعة بواسطة المجال المغناطيسي



فصل الإشعاعات المنبعثة من خليط مواد مشعة بواسطة المجال الكهربائي

النشاط الإشعاعي تفتت نووي طبيعي و تلقائي ( لكن غير مرتقب في الزمن) لنواة غير مستقرة X (النواة الأصلية ) إلى نواة أكثر استقرارا ( النواة المتولدة) Y مع انبعاث دقيقة أو عدة دقائق تكون إشعاعية النشاط (  $\alpha, \beta^+, \beta^-, \gamma$  ).

### 3.1.2. طبيعة النشاط الإشعاعي:

تبين تجربة فصل الإشعاعات المنبعثة من خليط مواد مشعة بواسطة مجال مغناطيسي أن هناك ثلاث أنواع للنشاط الإشعاعي:

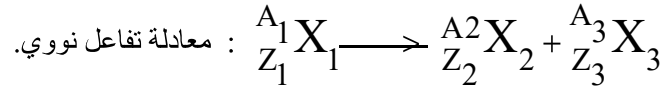
- النشاط الإشعاعي  $\alpha$ : انبعاث نوى الهيليوم  ${}^4_2\text{He}$  التي تسمى بالدقائق  $\alpha$  و يكون التفاعل تلقائيا و يهيم النوى الثقيلة ( $A > 200$ ).
- النشاط الإشعاعي  $\beta$ : نحدد نوعين النشاط الإشعاعي  $\beta^-$  تلقائي و يتم خلاله انبعاث إلكترون  $e^-$  و النشاط الإشعاعي  $\beta^+$  اصطناعي و يتم خلاله انبعاث بوزيترون  $e^+$
- النشاط الإشعاعي  $\gamma$ : انبعاث فوتونات ذات أطوال موجة صغيرة جدا

### 3.1.3. الحصيلة النووية لمختلف التفتتات

#### الخصائص العامة للنشاط الإشعاعي:

- لا يحدث النشاط الإشعاعي إلا للنويدات غير المستقرة أو المشعة.
- ظاهرة النشاط الإشعاعي تلقائية ( تحدث من تلقاء نفسها و غير مرتقبة في الزمن).
- لا يرتبط النشاط الإشعاعي لنويده بالعوامل الفيزيائية ( كالضغط و درجة الحرارة) و لا بالحالة الكيميائية للنويده ( حرة أو تدخل في تركيب).

#### قوانين الانحفاظ:



إن تفتت نواة غير مستقرة هو تحول نووي يخضع لقانوني الانحفاظ التاليين ( قانونا صودي Soddy ) :  
قانون انحفاظ عدد الشحنة :

يساوي مجموع عدد الشحنة للنواة المتولدة و للدقائق المتكونة عدد شحنة النواة الأصلية

$$Z_1 = Z_2 + Z_3$$

قانون انحفاظ عدد النويات :

يساوي مجموع عدد النويات للنواة المتولدة و للدقائق المتكونة عدد نويات النواة الأصلية

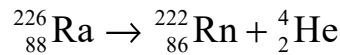
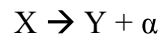
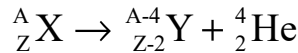
$$A_1 = A_2 + A_3$$

### 3.2. النشاط الإشعاعي $\alpha$ :

- تعريف:

النشاط الإشعاعي  $\alpha$  هو تفتت نووي طبيعي و تلقائي حيث تتحول لنواة الأصلية X إلى نواة متولدة Y ببعث نواة الهيليوم  ${}^4_2\text{He}$  التي تسمى الدقيقة  $\alpha$

- معادلة التفاعل النووي:



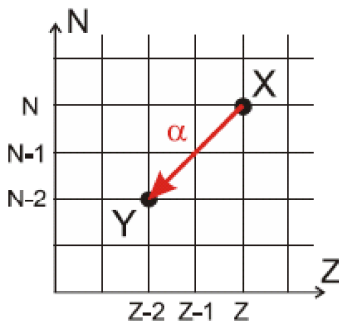
خصائص إشعاعات  $\alpha$ :

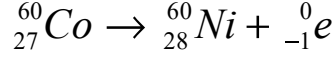
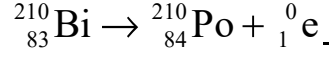
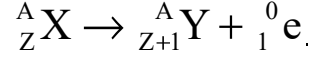
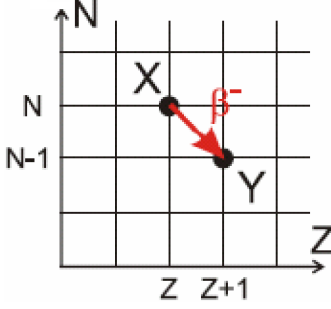
- تحمل شحنتين موجبتين.
- تسبب تأين الهواء الذي تمر به .
- لها طاقة كبيرة .
- قوة الاختراق ضعيفة ، يمكن إيقافها باستعمال ورق عادي.
- سرعتها تقارب  $2 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$ .

### 3.3. النشاط الإشعاعي $\beta^-$ :

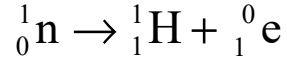
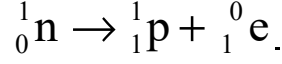
- تعريف:

النشاط الإشعاعي  $\beta^-$  تفتت نووي طبيعي و تلقائي تتحول خلاله النواة الأصلية X إلى نواة متولدة Y أكثر استقرارا مع انبعاث إلكترون  $e^-$  الذي يسمى  $\beta^-$



- معادلة النشاط الإشعاعي  $\beta^-$ 

أثناء الإشعاع  $\beta^-$  لا يتغير عدد الكتلة  $A$ ، في حين يزداد عدد البروتونات، داخل النواة، بوحدة و ينقص عدد النيوترونات بوحدة، ومنه فالإشعاع  $\beta^-$  يقابله تحول نوترون إلى بروتون



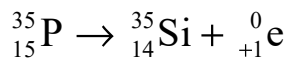
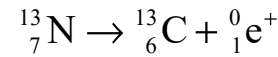
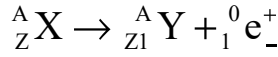
يلاحظ الإشعاع  $\beta^-$  غالبا عند النويدات ذات وفرة في النيوترونات

خصائص  $\beta^-$ :

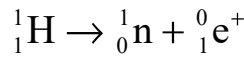
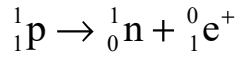
- شحنتها سالبة ( $-e$ ) وكتلتها هي كتلة الإلكترون .
- تسبب تأين الغاز الذي يمر به .
- سرعتها كبيرة جدا تقارب  $2,8.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .
- قوة الاختراق تعادل 100 مرة قوة اختراق الدقائق  $\alpha$ .
- يمكن إيقافها باستخدام صفائح من الرصاص.
- طاقتها عالية.

3.4. النشاط الإشعاعي  $\beta^+$ :تعريف:-

النشاط الإشعاعي  $\beta^+$  تفتت نووي طبيعي و تلقائي تتحول خلاله النواة الأصلية  $X$  إلى نواة متولدة  $Y$  أكثر استقرارا مع انبعاث بوزيترون  $e^+$  الذي يسمى  $\beta^+$

- معادلة التفاعل النووي للنشاط الإشعاعي  $\beta^+$ :

أثناء الإشعاع  $\beta^+$  لا يتغير عدد الكتلة  $A$ ، في حين يتحول، داخل النواة، بروتون إلى نوترون مع بعث بوزيترون



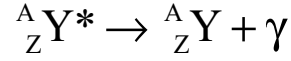
يلاحظ الإشعاع  $\beta^+$  غالبا عند النويدات ذات وفرة في البروتونات

خصائص  $\beta^+$ :

- شحنتها موجبة ( $+e$ ) وكتلتها هي كتلة الإلكترون .
- تسبب تأين الغاز الذي يمر به .
- سرعتها كبيرة جدا تقارب  $2,8.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .
- قوة الاختراق تعادل 100 مرة قوة اختراق الدقائق  $\alpha$ .
- يمكن إيقافها باستخدام صفائح من الرصاص.
- طاقتها عالية.

3.5. النشاط الإشعاعي  $\gamma$ :

تكون أحيانا النواة المتولدة  $Y$  في حالة طاقة غير مستقرة ( حالة إثارة ) و يرمز لها ب  $Y^*$ ، و سرعان ما تفقد إثارتها لتعود إلى حالة طاقة مستقرة و ذلك بانبعاث إشعاعات تسمى إشعاعات  $\gamma$  ( فوتونات ) . و هي إشعاعات كهرومغناطيسية عالية الطاقة ( ترددها كبير ) .



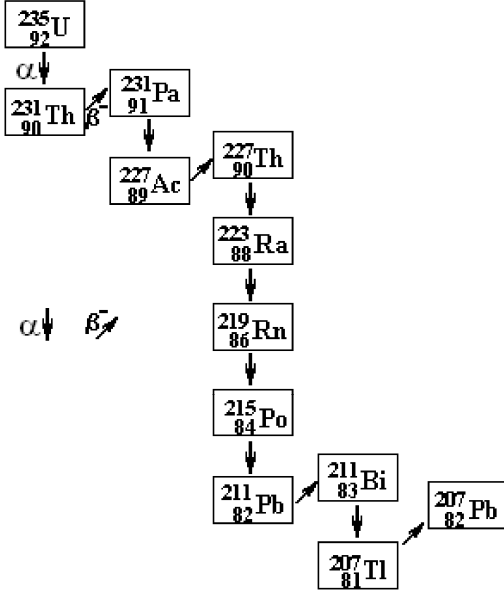
بعض خصائص الإشعاع  $\gamma$  :

- طول موجتها يقارب ( $10^{-4} \text{ nm}$  إشعاعات غير مرئية).
- سرعتها تعادل سرعة الضوء.
- قوة اختراقها كبيرة تقارب 100 مرة قوة اختراق  $\beta$ .
- تحتاج لإيقافها إلى سمك كبير من الإسمنت المسلح أو عدة سنتيمترات من سمك صفيحة من الرصاص.
- غالباً ما يواكب النشاطات الإشعاعية الأخرى ( $\alpha$ ,  $\beta^+$ ,  $\beta^-$ ).

#### 4. الفصيلة المشعة:

إن النشاط الإشعاعي ظاهرة تلقائية خاصة بالعناصر المشعة. و يستمر النشاط الإشعاعي إلى أن نحصل على عنصر مستقر (غير مشع) تنتهي عنده الظاهرة.

نسمى فصيلة مشعة مجموع النويدات الناتجة عن نفس النويذة الأصلية



مثال: الفصيلة المشعة للأورانيوم  ${}^{235}_{92}\text{U}$

#### 5. قانون التناقص الإشعاعي

- تبين التجارب أن نويذة إشعاعية لا تتغير بمرور الزمن، فهي تبقى على أصلها إلى أن تتحلل إشعاعياً. غير أن الفترة ما قبل النشاط الإشعاعي غير متوقعة ولا يمكن أن نتنبأ مسبقاً باللحظة التي يبدأ فيها تفتت النويذة.
- إن النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائياً وبدون سابق إشعار.

##### 5.1 مفهوم التناقص

لنعتبر عينة تحتوي على  $N_0$  نويذة مشعة في اللحظة التي تاريخها  $t=0$  ونظراً إلى أن بعضها يتفتت مع مرور الزمن، فإن عدد النويدات التي لازالت لم تشع، يتناقص:

##### 5.2 تطور المادة المشعة

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

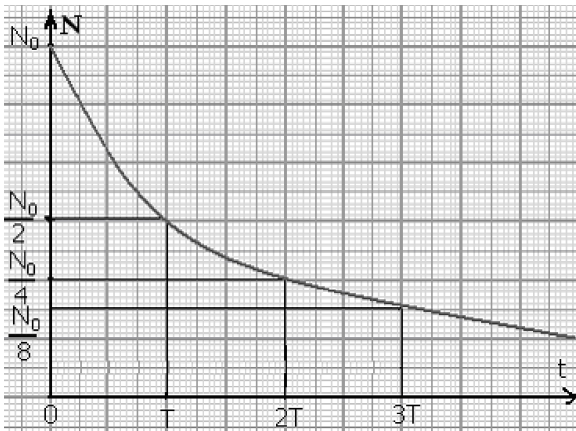
مع

- $N$ : عدد النوى غير المتفتتة (المتبقية من  $N_0$ ) في التاريخ  $t$ .
- $N_0$ : عدد النوى المشعة في اللحظة  $t=0$
- $\lambda$  ( $\text{s}^{-1}$ ): ثابتة إشعاعية تميز النويذة و مستقلة عن الزمن

هام:

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

يعبر عنها بنسبة مئوية



##### تعبير آخر للتناقص الإشعاعي:

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

مع  $m$ : كتلة عينة من النوى غير المتفتتة في التاريخ  $t$ .  
 $m_0$ : كتلة عينة من النوى المشعة في اللحظة  $t=0$

هام:

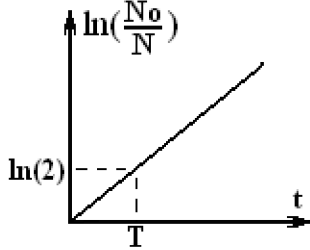
نحدد  $\tau$  تميز العينة المشعة، و تسمى ثابتة الزمن و يرمز لها ب  $\tau$  حيث  $\tau = \frac{1}{\lambda}$  و وحدتها الثانية ( s ).

$$N(\tau) = 0.367.N_0 \text{ و بالتالي: } N(\tau) = N_0.e^{-1} \text{ و منه } N = N_0.e^{-\lambda.t} = N_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$$

### 5.3. الدور الإشعاعي T:

الدور الإشعاعي أو عمر النصف : خاصية تميز النويدة و هو المدة الزمنية اللازمة لاختفاء (أو تفتت) نصف نوى العينة .

$$\text{عند } t=T \text{ تكون } N = \frac{N_0}{2} \text{ و بالتالي: } N = \frac{N_0}{2} = N_0.e^{-\lambda.t} \text{ و منه: } T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$



هام :

$$* \text{ دالة خطية معاملها الموجه } (-\lambda) : \ln \frac{N_0}{N} = -\lambda.t$$

$$\text{أو دالة خطية معاملها الموجه } (\lambda) : \ln \frac{N_0}{N} = \lambda.t$$

$$* \frac{N}{N_0} < 1 : \text{ يمكن التعبير عنها أيضا بنسبة مئوية أو بعدد كسري.}$$

### 5.4. نشاط عينة مشعة a :

يكتب تعبير النشاط  $A(t)$  للعينة عند كل لحظة على الشكل التالي :

$$A(t) = \frac{-dN(t)}{dt} = \lambda N(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{مع } A_0 = \lambda N_0 \text{ نشاط العينة عند اللحظة } t=0$$

نشاط عينة مشعة هو عدد التفتتات في الثانية و وحدته البيكورييل (Bq)

ملحوظة:

$$\text{للنشاط الإشعاعي وحدة أخرى هي الكوري Ci بحيث: } 1\text{Ci} = 3.7 \cdot 10^{10}\text{Bq}$$

### 5.5. العلاقة بين المقادير المميزة للتناقص الإشعاعي :

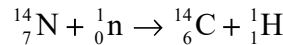
$$\text{نعرف أن } N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \text{ و أن } N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \text{ ، إذن } e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2} \text{ أي } -\lambda t_{1/2} = \ln \frac{1}{2}$$

$$\text{و بالتالي: } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

## 6. تطبيقات:

### 6.1. التأريخ بالكربون $^{14}\text{C}$ :

يستخدم الباحثون في العلوم الذرات النشطة إشعاعيا لتحديد أعمار المواد التي كانت يوما ما جزءا من كائنات حية، حيث يمكن تقدير أعمار مثل هذه المواد بقياس كمية الكربون 14 المشع في المادة، بالعملية المسماة التأريخ بالكربون 14 المشع. و يرتكز التأريخ بالكربون  $^{14}\text{C}$  على قانون التناقص الإشعاعي للنظير  $^{14}\text{C}$  للكربون، و هو إشعاعي النشاط  $\beta^-$  و عمر النصف هو حوالي 5730ans.



بعد موت الكائنات الحية أو ترسب الصخور فإن نسبة الكربون 14 لا تتجدد، و بالتالي تتناقص وفق قانون التناقص الإشعاعي. ليكن  $A_0$  نشاط عينة الكربون 14 عند اللحظة  $t=0$  (لحظة موت الكائن). لتحديد العمر  $t$  بعد موت الكائن نطبق قانون التناقص

الإشعاعي:  $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$  مع  $A(t)$  نشاط العينة عند اللحظة  $t$ .

$$\text{لدينا: } \ln \frac{A(t)}{A_0} = -\lambda t \text{ إذن } t = \frac{-\ln A(t)}{\lambda A_0} \text{ و لدينا } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \text{ و بالتالي } t = \frac{t_{1/2} \ln \frac{A_0}{A(t)}}{\ln 2}$$

$$\text{بالنسبة لـ } ^{14}\text{C} \text{ } t(\text{ans}) = 8,22 \cdot 10^3 \ln \frac{A_0}{A(t)} \text{ و } t_{1/2} = 5,70 \cdot 10^3 \text{ans}$$

### 6.2. التأثيرات البيولوجية للنشاط الإشعاعي :

عندما يتعرض أي كائن حي إلى الإشعاعات النووية يحدث تأين للذرات المكونة لجزيئات جسم هذا الكائن مما يؤدي إلى دمار هذه الأنسجة معرضة حياته للخطر .

و تختلف درجة الخطورة الناتجة عن هذه الإشعاعات مع اختلاف نوعها و كمية الطاقة الناتجة عنها و مدة التعرض لها .  
و لهذه الإشعاعات نوعان من الآثار البيولوجية :

**الآثار الجسدية**، و تظهر غالبا على الإنسان حيث يصاب ببعض الأمراض الخطيرة مثل سرطان الجلد و الدم، و إصابة العيون **الآثار الوراثية** ، و الذي تظهر آثاره على الأجيال المتعاقبة .

و لا ننسى في هذا الصدد تعرض الإنسان للأشعة الكونية المنبعثة من الفضاء الخارجي وكذلك تعرضه للإشعاعات الضارة خلال تعامله مع النظائر المشعة سواء في مجالات الطب أو الصناعة أو الزراعة ، و تعرض العاملين في المفاعلات النووية و العاملين في المناجم التي تستخرج منها العناصر المشعة مثل الراديوم و الأورانيوم .

### 6.3. بعض استعمالات النشاط الإشعاعي :

إن النشاط الإشعاعي ليس كله مخاطر و أضرار تصيب البشر، بل له فوائد متعددة في مختلف المجالات .

- ففي المجال الطبي : تستخدم المواد المشعة في عدة استعمالات من بينها :
  - تقدير نسبة الهورمونات و بعض المواد الأخرى في الدم حيث يستخدم جهاز يسمى العداد الوميضي ،
  - المسح الإشعاعي لأعضاء كثيرة من جسم الإنسان،
  - تعقيم الوسائل و الأدوات الطبية.
- و في المجال الفلاحي : تستعمل أشعة  $\gamma$  لتخليق أنواع جديدة من النباتات بالتحويل الوراثي ، أو للقضاء على الحشرات ، و لدراسة فعالية الأسمدة ...
- وفي المجال الصناعي : حفظ الأغذية مثلا.