التناقص الإشعاعي
La décroissance Radioactive

1. مكونات النواة:

بنية النواة:

- تتكون نواة ذرة من نويات (بروتونات و نوترونات)
- نرمز 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 .

نرمز لنواة ذرة تنتمي لعنصر كيميائي X ب: ${}^{A}_{Z}X$

مثال: ${}^{12}_{6}C$ ، ${}^{14}_{6}C$ ، ${}^{235}_{92}U$ ، ${}^{1}_{1}H$

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

$r = r_0.A^{\frac{1}{3}}$ مع A عدد الكتلة للنواة و r شعاع النواة و $r_o = 1,3.10^{-15}\,m$

- بنية المادة ثغرية: توجد فراغات كبيرة حول النواة
- الكتلة الحجمية للنواة جد كبيرة و بالتالي فالمادة النووية شديدة الكثافة $(d=2.10^{17}Kg/m^3)$
- يعبر عن الكتلة الحجمية لنواة بالعلاقة : $\rho = \frac{m}{v}$ حيث : m كتلة النواة و v حجمها .

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

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

كتلة النواة هي: $m = 238,051u$ إذن $\rho = 1,8.10^{17}\,kg.m^{-3}$.

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 $12g=12.10^{-3}Kg$ و يحتوي على $N_A=6.02\ 10^{23}$ ذرة من الكربون و بالتالي:

$$1u = \frac{1}{12}m(C) = \frac{1}{12}.\frac{M(C)}{N_A} = \frac{1}{12}.\frac{12.10^{-3}}{6.02.10^{23}} = 1.66.10^{-27}\,Kg$$

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

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

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

2. تماسك النواة:

مخطط الاستقرار:

- النظائر توجد على المستقيم المواز لمحور الأراتيب
- 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 تتفتت تلقائيا لتعطي نواة مختلفة مع انبعاث دقائق و غالبا إشعاعا.

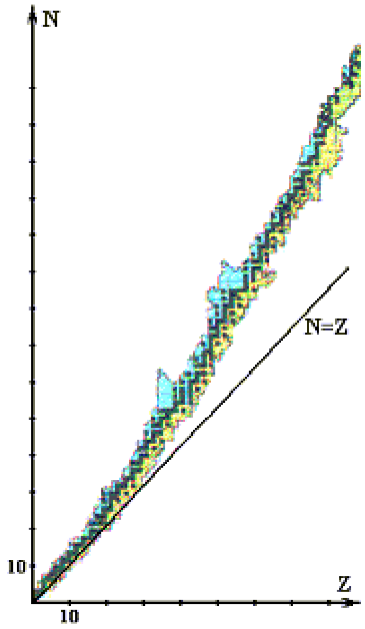
مثال : $^{12}_{6}C$ و $^{14}_{6}C$ نظيران ليس لهما نفس الخواص :

$^{12}_{6}C$ مستقر يحتفظ دائما بنفس المكونات.

$^{14}_{6}C$ غير مستقر ينحل تلقائيا ليعطي نواة أخرى مختلفة ، مع انبعاث دقيقة أوعدة 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≤20 : يضم مجال الاستقرار المستقيم ذي المعادلة Z=N ، و يكون للنوى المستقرة غالبا نفس عدد النوترونات و البروتونات .

أمثلة: $^{4}_{2}He$ ، $^{12}_{6}C$ ، $^{16}_{8}O$ ، $^{14}_{7}N$

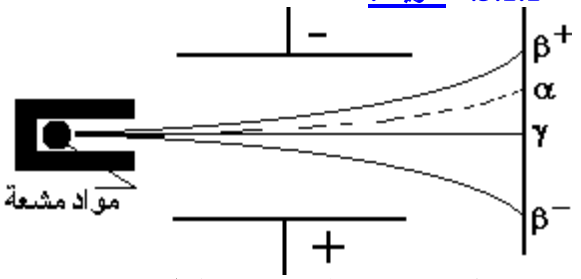
- حالة Z≥20 : يتزايد عدد النوترونات بسرعة مقارنة مع عدد البروتونات (N>Z) و يكون مجال الاستقرار تحت المستقيم ذي المعادلة Z=N .

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

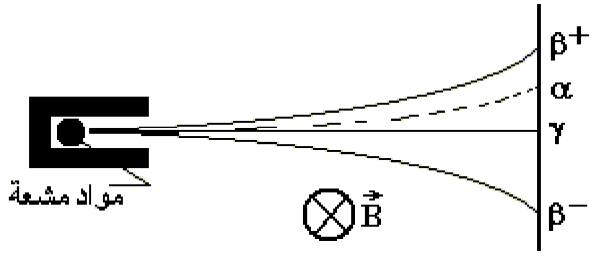
3. التحولات النووية التلقائية-النشاط الإشعاعي:

3.1.النشاط الإشعاعي:

3.1.1. تعريف:



فصل الإشعاعات المنبعثة من خليط مواد مشعة بواسطة المجال الكهرساكن



فصل الإشعاعات المنبعثة من خليط مواد مشعة بواسطة المجال المغناطيسي

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

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 α:**
انبعاث نوى الهيليوم ^4_2He التي تسمى بالدقائق α و يكون التفاعل تلقائيا و يهم النوى الثقيلة (A>200).
- **النشاط الإشعاعي β:**
نحدد نوعين النشاط الإشعاعي β^- تلقائي و يتم خلاله انبعاث إلكترون e^- و النشاط الإشعاعي β^+ اصطناعي و يتم خلاله انبعاث بوزيترون e^+
- **النشاط الإشعاعي γ:**
انبعاث فوتونات ذات أطوال موجة صغيرة جدا

3.1.3. الحصيلة النووية لمختلف التفتتات

الخاصيات 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 لنويدة بالعوامل الفيزيائية (كالضغط و درجة الحرارة) و لا بالحالة الكيميائية للنويدة (حرة أو تدخل في تركيب).

قوانين الانحفاظ :

معادلة تفاعل نووي. : $^{A_1}_{Z_1}X_1 \longrightarrow {}^{A_2}_{Z_2}X_2 + {}^{A_3}_{Z_3}X_3$

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

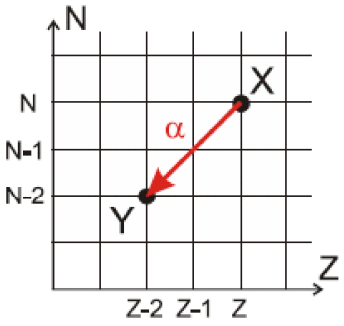
$$Z_1 = Z_2 + Z_3$$

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 α :



ـ تعريف:

النشاط الإشعاعي α هو تفتت نووي طبيعي و تلقائي حيث تتحول لنواة الأصلية X إلى نواة متولدة Y ببعث نواة الهيليوم ^4_2He التي تسمى الدقيقة α

ـ معادلة التفاعل النووي:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

$$X \rightarrow Y + \alpha$$

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

خصائص إشعاعات α :

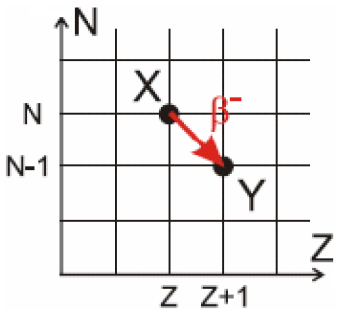
- تحمل شحنتين موجبتين.
- تسبب تأين الهواء الذي تمر به .
- لها طاقة كبيرة .
- قوة الاختراق ضعيفة ، يمكن إيقافها باستعمال ورق عادي.
- سرعتها تقارب $2.10^7\ ms^{-1}$.

3.3.النشاط الإشعاعي β^-:

ـ تعريف:

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

ـ معادلة النشاط الإشعاعي β^-



$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{1}e$$

$$^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + {}^{0}_{1}e$$

$$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e$$

أثناء الإشعاع β^- لا يتغير عدد الكتلة A ، في حين يزداد عدد البروتونات ، داخل النواة ، بوحدة و ينقص عدد النوترونات بوحدة ، و منه فالإشعاع β^- يقابله تحول نوترون إلى بروتون

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{1}e$$

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{0}_{1}e$$

يلاحظ الإشعاع β^- غالبا عند النويدات ذات وفرة في النوترونات

خصائص β^- :

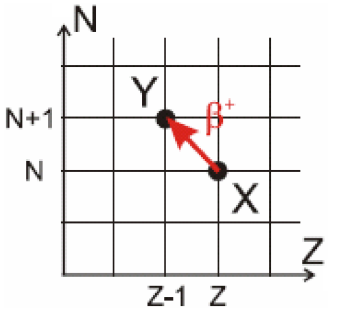
- شحنتها سالبة (e–) و كتلتها هي كتلة الإلكترون .
- تسبب تأين الغاز الذي تمر به .
- سرعتها كبيرة جدا تقارب $2,8.10^{8}\ m.s^{-1}$.
- قوة الاختراق تعادل 100 مرة قوة اختراق الدقائق α.
- يمكن إيقافها باستخدام صفائح من الرصاص.
- طاقتها عالية.

3.4. النشاط الإشعاعي β^+ :

ـ تعريف:

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

ـ معادلة التفاعل النووي للنشاط الإشعاعي +β:



$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z1}Y + {}^{0}_{1}e^{+}$$

$$^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{0}_{1}e^{+}$$

$$^{35}_{15}P \rightarrow {}^{35}_{14}Si + {}^{0}_{+1}e$$

أثناء الإشعاع β^+ لا يتغير عدد الكتلة A ، في حين بتحول ، داخل النواة ، بروتون إلى نوترون مع بعث بوزيترون

$$^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e^{+}$$

$$^{1}_{1}H \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e^{+}$$

يلاحظ الإشعاع β^+ غالبا عند النويدات ذات وفرة في البروتونات

خصائص β^+ :

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

3.5. النشاط الإشعاعي γ :

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

$$ {}^{A}_{Z}Y^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma $$

بعض خصائص الإشعاع γ :

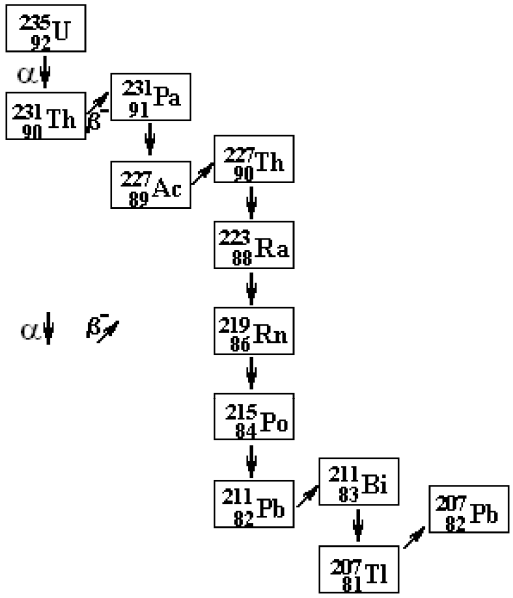
- طول موجتها يقارب ($10^{-4}\,nm$ إشعاعات غير مرئية) .
- سرعتها تعادل سرعة الضوء .
- قوة اختراقها كبيرة تقارب 100 مرة قوة اختراق β .
- نحتاج لإيقافها إلى سمك كبير من الإسمنت المسلح أو عدة سنتيميترات من سمك صفيحة من الرصاص .
- غالبا ما يواكب النشاطات الإشعاعية الأخرى (β^{-} , β^{+} , α).

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.

نسمي فصيلة مشعة مجموع النويدات الناتجة عن نفس النويدة الأصلية

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



5. قانون التناقص الإشعاعي

- تبين التجارب أن نويدة إشعاعية لا تتغير بمرور الزمن ، فهي تبقى على أصلها إلى أن تنحل إشعاعيا . غير أن الفترة ما قبل النشاط الإشعاعي غير متوقعة ولا يمكن أن نتنبأ مسبقا باللحظة التي يبدأ فيها تفتت النويدة.
- إن النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائيا وبدون سابق إشعار.

5.1.مفهوم التناقص

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

5.2.تطور المادة المشعة

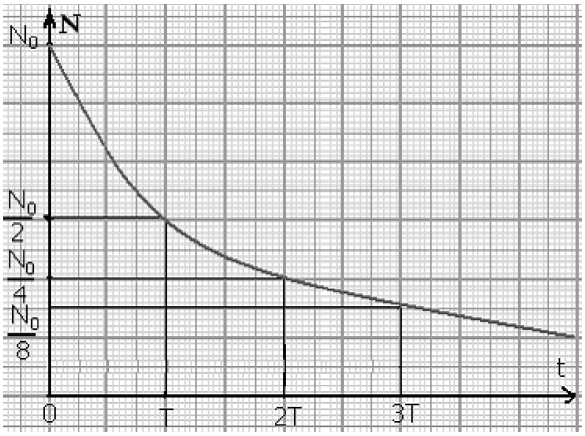
$$ N = N_0 . e^{-\lambda t} $$

مع

N : عدد النوى غير المتفتتة (المتبقية من N_0) في التاريخ t.

N_0 : عدد النوى المشعة في اللحظة t=0

λ (s^{-1}) : ثابتة إشعاعية تميز النويدة و مستقلة عن الزمن



هام :

$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda . t}$ يعبر عنها بنسبة مئوية

تعبير آخر للتناقص الإشعاعي :

$$ m = m_0 . e^{-\lambda t} $$ مع m : كتلة عينة من النوى غير المتفتتة في التاريخ t.

m_0 : كتلة عينة من النوى المشعة في اللحظة t=0

هام:

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

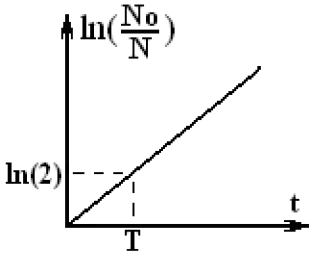
$N(\tau)=0.367.N_0$ و بالتالي: $N(\tau)=N_0.e^{-1}$ و منه $N=N_0.e^{-\lambda.t}=N_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$

5.3.الدور الإشعاعي T:

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

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

هام :



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

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

* $\frac{N}{N_0}<1$: 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 :

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

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

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

ملحوظة:

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

5.5.العلاقة بين المقادير المميزة للتناقص الإشعاعي :

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

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

6. تطبيقات:

6.1.التأريخ بالكربون 14 ( ) $^{14}_{6}C$:

يستخدم الباحثون في العلوم الذرات النشيطة إشعاعيا لتحديد أعمار المواد التي كانت يوما ما جزءا من كائنات حية، حيث يمكن تقدير أعمار مثل هذه المواد بقياس كمية الكربون14 المشع في المادة، بالعملية المسماة التأريخ بالكربون14 المشع .و يرتكز التأريخ بالكربون $^{14}_{6}C$ على قانون التناقص الإشعاعي للنظير $^{14}_{6}C$ للكربون، و هو إشعاعي النشاط β^- و عمر النصف هو حوالي 5730ans.

$$^{14}_{7}N+{}^{1}_{0}n\rightarrow{}^{14}_{6}C+{}^{1}_{1}H$$

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

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

بالنسبة ل ^{14}C $t(ans)=8,22.10^3\ln\frac{A_0}{A(t)}\Rightarrow t_{1/2}=5,70.10^3 ans$

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

الأثر الوراثي ، 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 γ لتخليق أنواع جديدة من النباتات بالتحويل الوراثي ، أو للقضاء على الحشرات ، و لدراسة فعالية الأسمدة... .
- وفي المجال الصناعي : حفظ الأغذية مثلا.