

البطاقة التربوية

المستوى : السنة الثالثة ت ر - ر - ع ت

المجال : التطورات الرتبية

رقم المذكرة : 01

الوحدة : دراسة تحولات نووية

الموضوع: النشاط الإشعاعي

<u>الأسئلة الأساسية</u>	<u>مؤشرات الكفاءة</u>
<u>الوسائل المستعملة والطرائق</u> ❖ المحاكاة باستعمال جهاز الإعلام الآلي	<u>المحتوى</u> I. استقرار وعدم استقرار النواة. (1) مميزات النواة. (2) النيوكليدات و النظائر. (3) مجال استقرار الأنوية. II. النشاط الإشعاعي: $\alpha, \beta^+, \beta^-, \gamma$. (1) تعاريف. (2) خصائص النشاط الإشعاعي . (3) قانون الانحفاظ. (4) أنواع النشاط الإشعاعي. أ- النشاط الإشعاعي α . ب- النشاط الإشعاعي β^-, β^+ . ج- النشاط الإشعاعي γ . III. التناقص الإشعاعي. (1) المعادلة التفاضلية للتطور. أ- نشاط: التفسير بالاحتمال (عمل مخبري) ب- قانون التناقص الإشعاعي. (2) نصف العمر $t_{1/2}$ (3) النشاط الإشعاعي (4) تطبيق في مجال التاريخ.
<u>أمثلة للنشاطات</u>	<u>التقويم</u>
<u>النقد الذاتي</u>	<u>المراجع</u> ❖ منهاج العلوم الفيزيائية و الوثيقة المرفقة ❖ Physique T ^{erm} S Bordas ❖ Physique T ^{erm} S Nathan ❖ وثائق من الانترنت

I- استقرار و عدم استقرار النواة

1) مميزات النواة :

تتكون النواة من جسيمات تدعى النيوكليونات و هي نوعان:
 a. البروتون (p) : يحمل شحنة عنصرية موجبة e
 b. النيوترون (n) : غير مشحون

تمثل رمزيا نواة ذرة بـ: ${}^A_Z X$

X: رمز العنصر الكيميائي الذي رقمه الذري Z .
 Z: الرقم الذري و هو عدد البروتونات في النواة و يدعى أيضا العدد الشحني.
 A: العدد الكتلي و هو عدد الإجمالي النيوكليونات (البروتونات + النيوترونات) في النواة.

أمثلة: ${}^1_1 H$; ${}^3_1 H$; ${}^{56}_{26} Fe$; ${}^{235}_{92} U$

إذا كان N هو عدد النيوترونات الموجودة في النواة فإنه يحسب بالعلاقة التالية: $N = A - Z$

2) النيوكليدات و النظائر: (Isotopes, Nucléides)

a. النيوكليدات : هي مجموعة الأنوية التي لها نفس الرقم الذري (Z) و نفس العدد الكتلي (A).
 b. النظائر: هي أنوية لذرات نفس العنصر الكيميائي التي تحتوي على نفس عدد البروتونات و تختلف في عدد النيوترونات، فالنظائر اذن تتوافق في Z و تختلف في A .
 c. تتألف العناصر الطبيعية عموما من خليط من النظائر بنسب مختلفة.
 أمثلة:

نظائر الكربون	نظائر الهيدروجين
98,93% ${}^{12}_6 C$	99,985% ${}^1_1 H$
1,07% ${}^{13}_6 C$	0,015% ${}^2_1 H$ دوتيريوم
آثار ${}^{14}_6 C$	آثار ${}^3_1 H$ تريتيوم

3) مجال استقرار الأنوية:

كيف يمكن للنيوكليونات أن تبقى متماسكة بينما تخضع البروتونات القوة تنافر كهربائي؟
 إن الإجابة على هذا السؤال تجعلنا نسلم بوجود قوة تماسك كبيرة بين النيوكليونات تؤثر على مدى جد قصير تمنع تنافر البروتونات و تضمن تماسك النواة، ندعوها : الفعل المتبادل القوي (القوى النووية القوية).
 عن هذا التماسك النووي لا يفي وجود أنوية غير مستقرة يحدث لهل تفكك تلقائي يكون مصحوبا بانبعثات جسيمات و إصدار إشعاعات كهرومغناطيسية تسمى الأنوية المشعة.
 يوجد حوالي 112 عنصرا كيميائيا يوافقها تقريبا 350 نواة طبيعية من بينها 60 نواة غير مستقرة، كما يوجد أكثر من 1500 نواة اصطناعية كلها غير مستقرة.
 المخطط (N,Z) مخطط سيغري (Segré) الشكل (1): يمثل تغيرات عدد النيوترونات N بدلالة عدد البروتونات Z لكل الأنوية حيث كل نقطة فيه تمثل نواة. إن مجموع الأنوية المستقرة تشكل على هذا المخطط ما يعرف بـ: وادي الاستقرار (مجال الاستقرار).

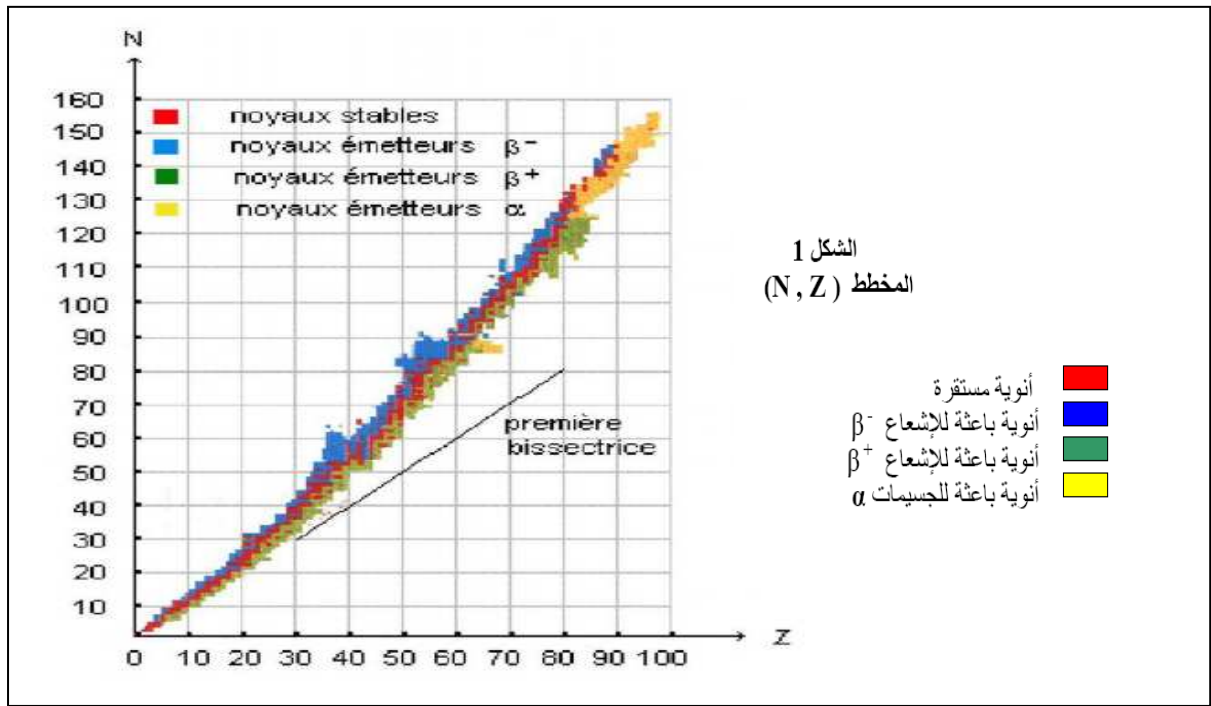
إن ملاحظة المخطط (N,Z) تبرز ما يلي:

❖ بالنسبة للأنوية المستقرة:

- الأنوية الخفيفة ($A < 50$) تتوزع بجوار المستقيم $N = Z$.
 - الأنوية الثقيلة تنحرف عن المستقيم $N = Z$ ، أنها أنوية مستقرة يكون فيها عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات.

❖ بالنسبة للأنوية غير المستقرة:

- الأنوية الثقيلة أعلى وادي الاستقرار تفككها ينتج عنه انبعثات جسيمات α .
 - فوق وادي الاستقرار يكون للأنوية غير المستقرة نشاط إشعاعي β^- .
 - تحت وادي الاستقرار يكون للأنوية غير المستقرة نشاط إشعاعي β^+ .



II- النشاط الإشعاعي : $\alpha, \beta^+, \beta^-, \gamma$

(1) تعاريف:

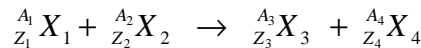
- النواة المشعة هي نواة غير مستقرة يحدث لها تفكك عشوائي يحولها إلى نواة أخرى أكثر استقراراً.
- النشاط الإشعاعي هو تحول نووي تلقائي يحدث على مستوى الأنوية و يكون مرفوقاً بانبعثات إشعاعية.

(2) خصائص النشاط الإشعاعي :

- النشاط الإشعاعي: عشوائي، لا يمكن توقع لحظة تفكك النواة.
- تلقائي، يحدث دون أي تدخل خارجي.
- حتمي، تتفكك النواة غير المستقرة عاجلاً أم آجلاً.
- مستقل عن التركيب الكيميائي الذي يحتوي على هذه النواة المشعة.
- مستقل عن عملي الضغط و درجة الحرارة على عكس التفاعل الكيميائي.

(3) قانون الإنحفاظ (قانونا صودي) :

خلال كل تفاعل نووي يتحقق إنحفاظ للعدد الكتلي وكذلك إنحفاظ للرقم الذري بين طرفي المعادلة



$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

قانون إنحفاظ A:

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

قانون إنحفاظ Z:

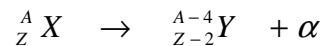
(4) أنواع النشاط الإشعاعي:

أ) النشاط الإشعاعي α :

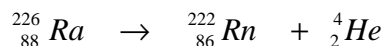
تصدر خلاله النواة المشعة جسيمة α عبارة عن نواة هيليوم 4_2He وفق معادلة التفكك الإشعاعي التالية:



أي:



مثال:

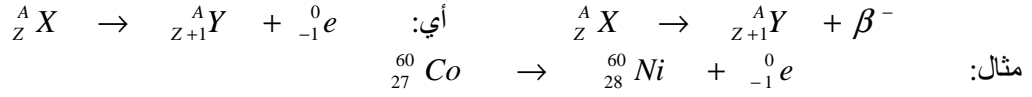


تدعى النواة المشعة المتفككة A_ZX بالنواة الأم و النواة الناتجة A_ZY بالنواة البنت

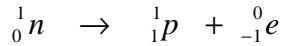
يميز النشاط الإشعاعي α الأنوية الثقيلة ($A > 200$) و هو ضعيف النفاذية إذ يمكن توقيفه بورق أو بورقة من الألمنيوم بسماك $10^{-2}mm$ لكنه جد مؤين.

ب) النشاط الإشعاعي β^- :

تصدر خلاله النواة المشعة جسيمة β^- عبارة عن إلكترون ${}^0_{-1}e$ وفق معادلة التفكك الإشعاعي التالية:



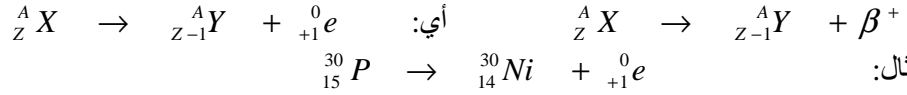
ملاحظة: ينبعث الإلكترون من النواة أثناء تحول نيوترون إلى بروتون وفق:



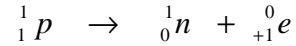
يميز النشاط الإشعاعي β^- الأنوية الغنية بالنيوترونات .

(ج) النشاط الإشعاعي β^+ :

تصدر خلاله النواة المشعة جسيمة β^+ عبارة عن بوزيتون ${}^0_{+1} e$ وفق معادلة التفكك الإشعاعي التالية:



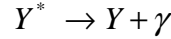
البوزيتون عبارة عن إلكترون موجب (له نفس كتلة الإلكترون و شحنته موجبة $+e$).
ملاحظة: ينبعث البوزيتون من النواة أثناء تحول بروتون إلى نيوترون وفق:



الإشعاع β بنوعيه له نفاذية معتبرة إذ يمكن توقيفه بوضع سنتيمترات من الألمنيوم.

(د) النشاط الإشعاعي γ :

هو إشعاع غير مشحون له طبيعة كهرومغناطيسية (نفس طبيعة الضوء) يرافق النشاطات الإشعاعية α و β ، شديد النفاذية و يصعب توقيفه، حيث يحتاج حوالي 20cm من الرصاص أو 1m من الإسمنت المسلح للوقاية من أخطاره .
النواة البنت غالباً ما يحصل عليها في حالة مثارة، يشار إليها بالرمز: Y^* . إزالة الإثارة و بالتالي مرورها إلى حالة أكثر استقرار هو الذي ينتج الإشعاع γ وفق ما يلي:



III- تناقص النشاط الإشعاعي:

(1) المعادلة التفاضلية للتطور:

(أ) نشاط: التفسير بالاحتمال (عمل مخبري)

محاكاة: كل نواة مشعة تكون ممثلة في نرد لعب

- 1- لندرس التصرف العياني لعينة أنوية مشعة بحيث يكون التصرف الفردي لكل نواة عشوائي، يحضر كل فوج من التلاميذ مجموعة من 100 نرد يمثل كل واحد نواة مشعة نفترض أنه إذا أعطى نرد الرقم 6، فمعنى ذلك أنه حدث تفكك لنواة، فيسحب من المجموعة ولا يشارك في الرمية الموالية، لأنه لا يمكن لنواة تفككت أن يحدث لها تفكك آخر مماثل.
- تتم عملية رمي النرد في آن واحد و نسند لكل عملية رمي نفس المدة الزمنية.
- 2- من أجل كل عملية رمي للنرد، سجل عدد الرقم 6 المحصل علي، أسحب النرد الموافقة من المجموعة، ثم أحسب عدد النرد المتبقية (أنوية غير متفككة).
- 3- كرر عملية الرمي حتى النهاية ثم دون النتائج في الجدول التالي:

t	عدد الرقم 6 الموافق لكل رمية (0)	عدد النرد المتبقية
0		
1		
2		
		0

فكر فيما يلي:

- 1- هل للحظ دور في خروج الرقم 6؟
- 2- هل يؤثر خروج الرقم 6 لنرد على نتيجة النرد المجاورة؟
- 3- هل للنرد نفس الاحتمال في إعطاء الرقم 6؟
- 4- هل خروج الرقم 6 في نهاية الأمر هي عملية حتمية لمجموعة النرد؟

إستغلال و تحليل النتائج:

- ❖ أرسم المنحنى $N(t)$ الممثل لتناقص النورود المتبقية و قارن بين أشكال المنحنيات المتحصل عليها من كل الأفواج؟ هل في ذلك ما يشد الإنتباه؟
- ❖ عين بيانيا المدة الزمنية اللازمة للمرور من 100 نرد إلى 50، من 80 إلى 40 ، من 60 إلى 30 ، ، من N إلى $N/2$. ماذا تستنتج؟
- * دعم في الرياضيات:
- ❖ الدالة الأسية:

شكلها: $f(x) = a.e^{bx}$ حيث e : الأساس النيبيري $e \approx 2,71$ a, b : عدنان حقيقيان.

$$D_f =]-\infty, +\infty[$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} e^x = 0 \quad ; \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} e^x = +\infty \quad f'(x) = a.b.e^{bx}$$

مشتقتها: $f'(x) = a.b.e^{bx}$ خواصها: لكل عدد x و y و عدد حقيقي α :

$$e^{x-y} = \frac{e^x}{e^y} \quad ; \quad e^{x+y} = e^x \times e^y \quad ; \quad e^{\alpha x} = (e^x)^\alpha$$

❖ الدالة اللوغارتمية النيبيرية:

$$D_f =]0, +\infty[\quad f(x) = \ln x$$

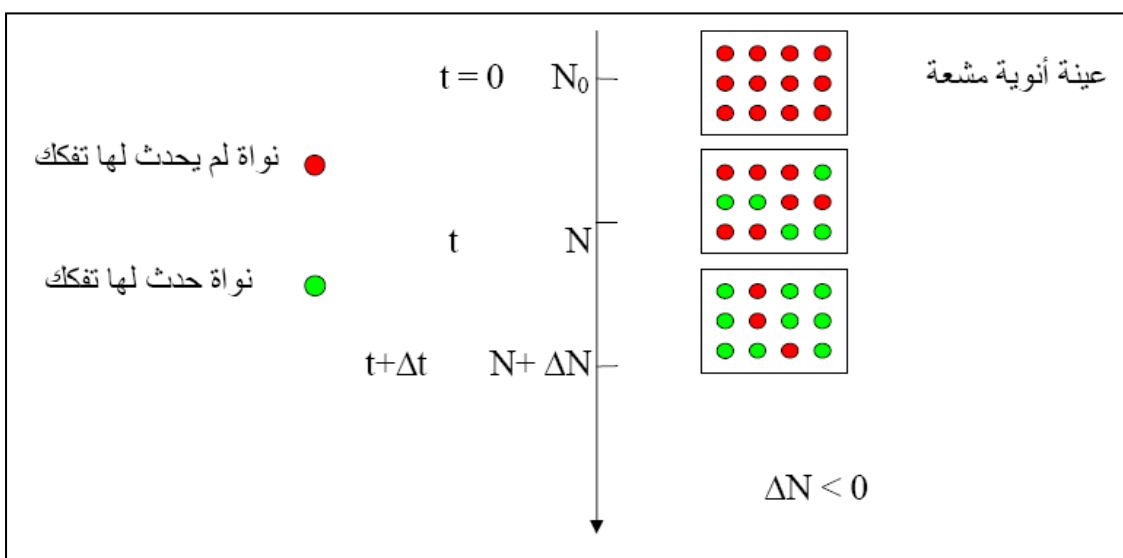
$$f'(x) = \frac{x'}{x}$$

خواص اللوغاريتم: $\ln e = 1$; $\ln 1 = 0$

لكل الأعداد الحقيقية $a, x > 0$, $y > 0$

$$\ln \frac{x}{y} = \ln x - \ln y \quad ; \quad \ln(x \times y) = \ln x + \ln y \quad ; \quad \ln x^a = a \ln x$$

(ب) قانون تناقص النشاط الإشعاعي:



N_0 : عدد الأنوية المشعة عند اللحظة الابتدائية المختارة

N : عدد الأنوية المشعة المتبقية (غير المتفككة) عند اللحظة t .

$N + \Delta N$: عدد الأنوية المشعة المتبقية عند اللحظة $t + \Delta t$

يكون عدد الأنوية المتفككة خلال المدة Δt هو: $N_i - N_f = N - (N + \Delta N) = -\Delta N$ إن هذا العدد يتناسب طرذا مع كل من N و Δt وعليه نكتب العلاقة:

$$-\Delta N = \lambda.N.\Delta t \quad \text{ومنه} \quad \frac{-\Delta N}{N} = \lambda.\Delta t \quad (1) \dots\dots\dots$$

حيث λ مقدار ثابت يتعلق فقط بطبيعة النواة المشعة ، يسمى : ثابت النشاط الإشعاعي، وحدته الدولية s^{-1}

❖ ثابت الزمن : تتميز النواة المشعة بالمقدار: $\tau = \frac{1}{\lambda}$ و الذي يدعى ثابت الزمن، وحدته الدولية s.

$$(1) \Rightarrow \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda \cdot N \dots \dots \dots (2)$$

من أجل Δt صغير جدا $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{dN}{dt}$ حيث $\frac{dN}{dt} = N'(t)$ يمثل مشتق N بالنسبة للزمن t. تصبح المعادلة (2) :

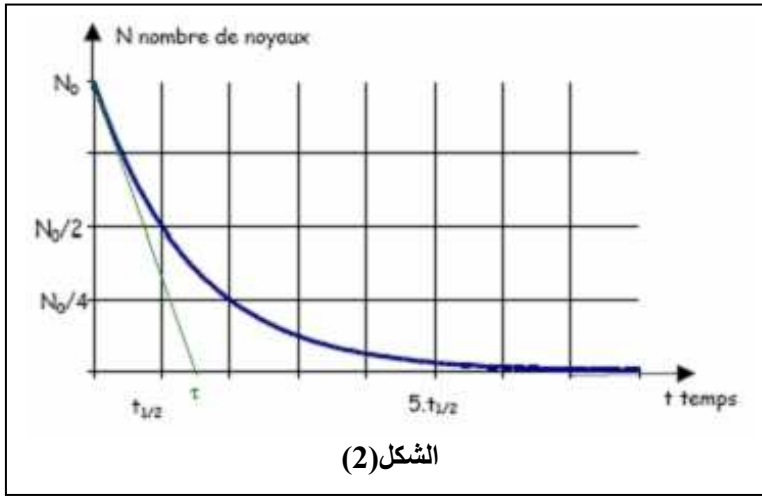
$$\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N \Rightarrow \frac{dN}{dt} + \lambda \cdot N = 0 \dots \dots \dots (3)$$

المعادلة (3) معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى حلها من الشكل:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \dots \dots \dots (4)$$

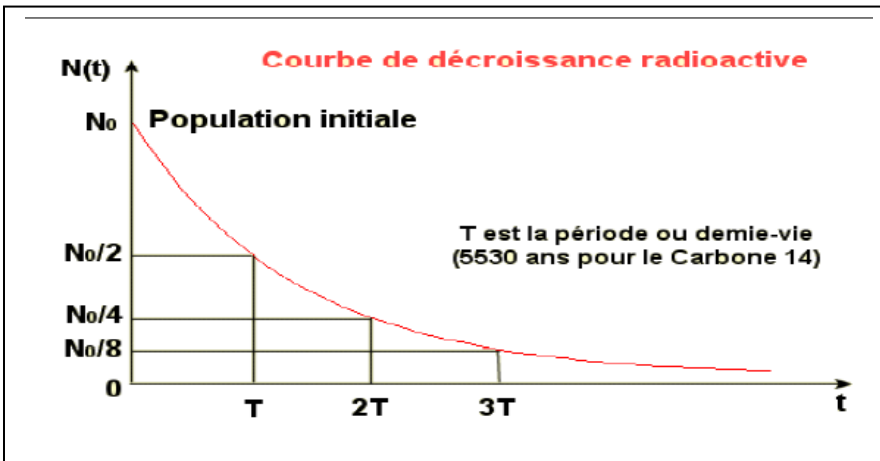
تمثل العلاقة (4) قانون التناقص الإشعاعي.

تتناقص N بتطور الزمن يمثل بيانيا بالشكل (2).



(2) نصف العمر $t_{1/2}$:

(أ) تعريف: نصف العمر $t_{1/2}$ لعينة أنوية مشعة يساوي المدة الزمنية اللازمة لكي نصف عدد الأنوية الموجودة عند اللحظة t ، يسمى أيضا الدور ويرمز له ب: T.



(ب) عبارة $t_{1/2}$ بدلالة λ أو τ :

$$\text{بوضع } t = t_{1/2} \text{ و } N = \frac{N_0}{2} \text{ في المعادلة (4)}$$

$$e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \lambda t_{1/2} = \ln 2 \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \times \ln 2$$

(3) النشاط الإشعاعي:

$$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} \text{ (أ) تعريف: نشاط منبع مشع } A \text{ يساوي عدد التفككات الحادثة خلال كل ثانية (وحدة الزمن).}$$

يعبر عن النشاط الإشعاعي A في جملة الوحدات الدولية بوحدة البيكرال ورمزها Bq، حيث واحد بيكرال = تفكك واحد خلال ثانية واحدة.

(ب) قانون تناقص النشاط الإشعاعي:

$$A = \lambda \cdot N \text{ من العلاقة (2) نستنتج:}$$

$$A = \lambda \cdot N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t} \Leftrightarrow N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \text{ بما أن}$$

$$\lambda \cdot N_0 = A_0 \text{ مع}$$

النشاط الإشعاعي A يتناقص أسياً بتطور الزمن، حيث يتناقص بالنصف كل نصف عمر المادة المشعة (أو خلال كل دور) يمكن التعبير عن A بدلالة N و $t_{1/2}$

$$\left. \begin{aligned} A &= \lambda \cdot N \\ t_{1/2} &= \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow A = \frac{N \cdot \ln 2}{t_{1/2}}$$

ملاحظة: الكيري (Curie) يوافق نشاط 1 غرام من الراديوم 226 الذي نصف عمره 1620 سنة

$$A = \frac{\ln 2}{1620 \times 365 \times 24 \times 3600} \times \frac{1}{226} \times 6,02 \times 10^{23} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$\Rightarrow 1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

(4) تطبيق في مجال التأريخ

(أ) مبدأ التأريخ بالنشاط الإشعاعي:

إن تطور عينة من مادة مشعة يخضع إلى قانون التناقص في النشاط الإشعاعي: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

إن تحديد قيمة اللحظة t يستوجب معرفة كل من:

N_0 : عدد الأنوية المشعة الموجودة عند اللحظة الابتدائية.

N : عدد الأنوية المشعة الحاضرة عند اللحظة t .

λ : ثابت النشاط الإشعاعي للمادة المشعة المستعملة.

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

(ب) التأريخ بالفحم 14 (^{14}C):

تعتمد الطريقة على فرضيتين:

❖ نسبة الفحم 14 في المواد الفحمية الحالية هي تقريبا نفسها التي كانت موجودة قديما في عضويات الكائنات الحية.

❖ توزيع الفحم 14 في الجو هو توزيع متجانس.

على ضوء هذان الشرطان يكون للعضويات في الكائنات الحية نفس التركيب النظيري بالفحم 14 مع الجو، وعليه يكون التركيب الابتدائي معلوما.

عند موت العينة يتوقف التبادل مع الجو ولا يتجدد فيها الفحم 14، وعليه تتناقص نسبة الفحم 14 فيه تناقصا أسياً بحيث تنقسم هذه النسبة على 2 كل 5570 عاما.

إن قياس نشاط الفحم 14 في عينة ميتة يسمح أذن بتعيين عمرها.

تطبيق: قياس النشاط الإشعاعي للفحم 14 في حطب تفحم تبعا لانفجار بركاني حدث قديما في منطقة جبلية تمتد من وسط فرنسا إلى جنوبها (Massif central)، أعطى وسيطا لكل غرام 4,8 تفكك في الدقيقة الواحدة (dpm)، بينما يعطى حطب حي وسيطا لكل غرام 13,5 تفكك في الدقيقة الواحدة - أوجد عمر الانفجار البركاني.

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{\lambda N_0}{\lambda N}\right) = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{A_0}{A}\right): 14$$

تمرين حول الموضوع

يدخل اليود في تركيب هرمونات الغدة الدرقية مثل (la tri-iodothyromine) ، وحاجة جسم الإنسان إلى اليود هي أكثر من ضرورة. يكتسبه جسم الإنسان على شكل شوارد (I) على مستوى الغدة الدرقية (la glande thyroïde) . لليود نظير طبيعي واحد هو: $^{127}_{53}I$ وهو غير مشع، على عكس نظيره الاصطناعي $^{131}_{53}I$ المشع وذي النشاط الإشعاعي β^- والذي يكون موجودا في كل حادثة نووية ، كما يستعمل بكثرة في مجال الطب. يقدر نصف عمره $t_{1/2}$ بـ: 8,1 يوم.

- (1) أكتب معادلة تفكك اليود 131.
 - (2) ما هي الغدة المسؤولة عن تثبيت اليود في جسم الإنسان؟ هل هو تحول نووي أو كيميائي؟
 - (3) الجماهير الفرنسية القاطنة بجوار المحطات النووية تسلمت أقراص من اليود 127 (على شكل يود البوتاسيوم) تؤخذ في حالة تسرب إشعاعات اليود 131. علل هذا الغرض؟
 - (4) عرف نصف عمر نواة ، بأي مقادير يتعلق؟
 - (5) أحسب نشاط 1g من اليود 131. علما أن التسجيل بأشعة غاما (Gammagraphie) للغدة فوق الغدتين يحتاج إلى محلول اليود 131 ذي النشاط 37MBq، أحسب كتلة اليود 131 المستعملة.
- انطلاقا من نقاط مختارة بعناية، أرسم المنحنى الممثل لتناقص نشاط اليود المستعمل بدلالة الزمن ثم استنتج بيانيا المدة t الموافقة لعشر (1/10) النشاط الابتدائي.