

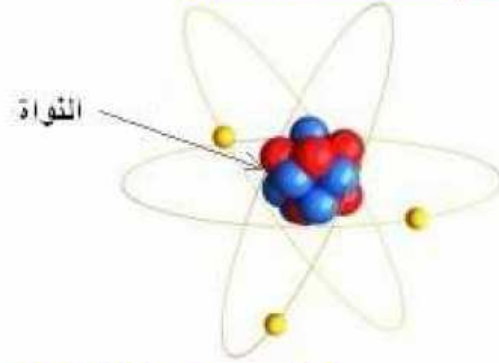
# التناقص الإشعاعي

## التحولات النووية

### I نواة الذرة:

#### (1) مكونات نواة الذرة:

تتكون النواة من بروتونات ونيوترونات ، وهذه المكونات يطلق عليها اسم **النويات** (les nucléons) . عدد البروتونات التي تحتوي عليه النواة نرمز إليه بـ **Z** ويسمى **بالعدد الذري** أو عدد الشحنة . **numéro atomique** ويرمز لعدد النويات بالحرف **A** ويسمى **بعدد الكتلة** . **nombre de masse**



وتمثل نواة ذرة لعنصر كيميائي **X** بالرمز **X** : **Z** عدد الشحنة (= عدد البروتونات) **A** عدد الكتلة (= عدد النويات) **N = A - Z** : يمثل عدد النيوترونات الموجودة في النواة.

**مثال:** رمز نواة ذرة الكلور  $^{35}_{17}Cl$  : تحتوي على 17 بروتونا و18 نيوترونا.

#### (2) النويدات :

يطلق اسم النويدات في الفيزياء الذرية على مجموعة النوى التي تتميز بعدد معين من البروتونات ومن النيوترونات. أي أن نواة نويدة معينة لها نفس عدد الكتلة **A** ونفس عدد الشحنة **Z** .

**فمثلا:**  $^1_1H$  نويدة .  $^2_1H$  نويدة اخرى . و  $^3_1H$  نويدة اخرى . و  $^{16}_8O$  نويدة اخرى .

وبالتالي كل نويدة تتميز بعدد معين من النويات، وبتغير **A** تتغير النويدات ولو تعلق الأمر بنفس العنصر الكيميائي. فرغم أن هناك 92 عنصرا كيميائيا طبيعيا فقط فهناك 350 نويدة طبيعية في المقابل لأننا نجد أحيانا لدى نفس العنصر الكيميائي عدة نويدات يطلق عليها اسم **النظائر الكيميائية** .

#### (3) النظائر الكيميائية لعنصر كيميائي :

نظائر عنصر كيميائي هي النويدات التي لها نفس العدد الذري وتختلف بعدد كتلتها **A** . فهي إذن تنتمي لنفس العنصر الكيميائي لكنها تختلف باختلاف عدد نيوترونها .

**مثال:** نظائر عنصر  $^1_1H$  ،  $^2_1H$  و  $^3_1H$  .

كما أن النظائر تختلف من حيث وفارتها في الطبيعة:

#### أمثلة:

النظير	$^{16}_8O$	$^{17}_8O$	$^{18}_8O$
الوفرة الطبيعية %	99,759	0,037	0,204

#### (4) كثافة المادة النووية:

$$r = r_o A^{\frac{1}{3}}$$

$$m = 1,7 \times 10^{-27} Kg$$

للنواة شكل كروي شعاعها **r** يتغير بتغير عدد الكتلة وفق العلاقة التالية:

و الكتلة التقريبية لنوية :  $r_o = 1,2 \times 10^{-15} m$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{m.A}{\frac{4}{3}\pi.r^3} = \frac{3m.A}{4\pi.r_o^3} = \frac{3.m}{4\pi.r_o^3} \approx 2.10^{17} \text{ Kg} / \text{m}^3$$

وبذلك تكون القيمة التقريبية للكثافة الحجمية للنواة  $\rho = 2.10^8 \text{ tonne} / \text{cm}^3$  ومنه يتضح أن المادة النووية شديدة الكثافة، لأن كتلة  $1\text{cm}^3$  من المادة النووية 200 تساوي مليون طن .

## II- استقرار ومحدد استقرار النواة :

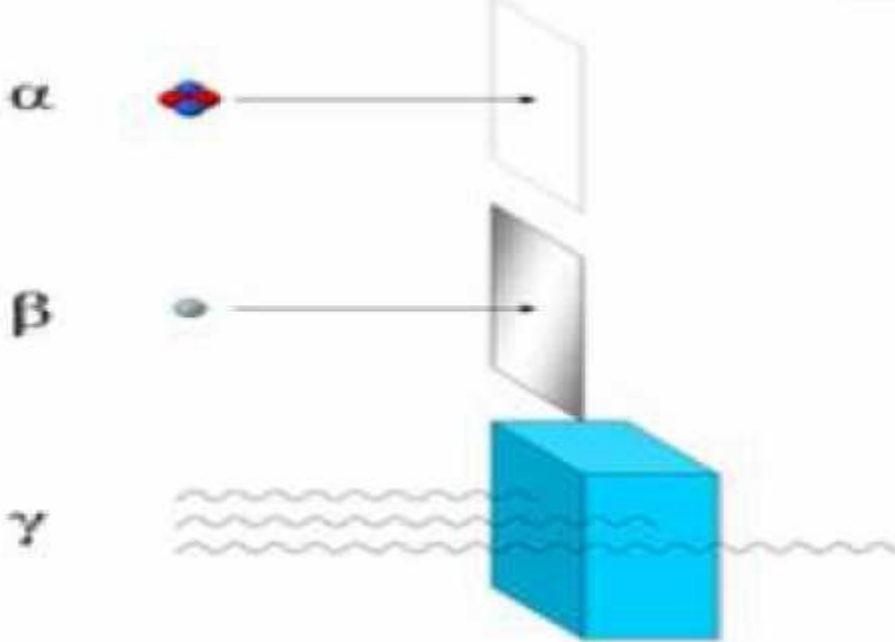
### (1) لمحة تاريخية حول اكتشاف النشاط الإشعاعي:

في سنة 1896 م اكتشف العالم الفيزيائي بيكوريل النشاط الإشعاعي الطبيعي صدفة حينما كان يقوم بأبحاث على الأشعة السينية الحديثة الاكتشاف آنذاك حيث لاحظ أن أملاح الأورانيوم تبعث إشعاعا قادرا على التأثير على صحيفة فوتوغرافية.

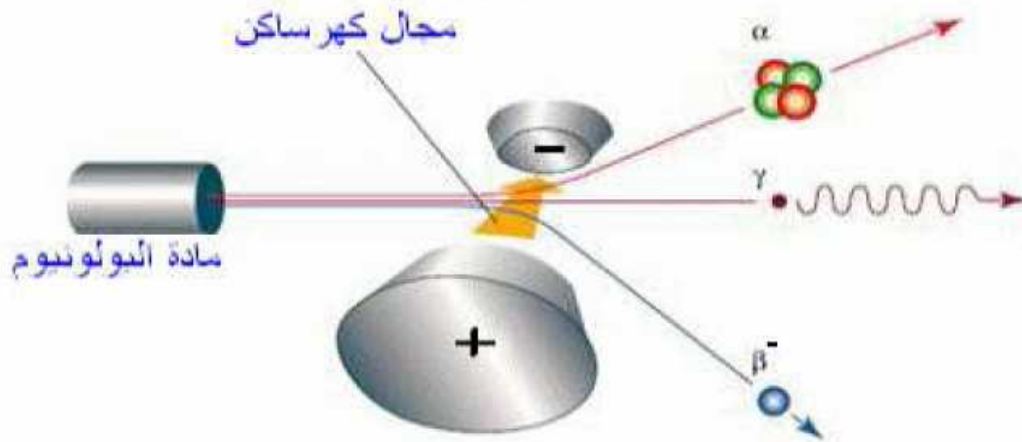
– الإشعاعات  $\alpha$ : (دقائق مادية ذات شحنات موجبة) هي عبارة عن نويات الهيليوم  $\text{He}$  و يمكن توقيفها بواسطة ورقة عادية. كل دقيقة  $\alpha$  تحمل شحنة موجبة  $q = +2e = +2.(1,6.10^{-19} \text{ C})$ .

– الإشعاعات  $\beta$ : إما الكترونات أو بوزيترونات و هي أكثر نفوذا من الإشعاعات  $\alpha$  و تحتاج ورقة من الألومنيوم أو الزجاج لتوقيفها.

– الإشعاعات gamma: (دقائق غير مادية) هي فوتونات ذات طاقة عالية ، لها سرعة الضوء و هي أكثر نفوذا من الإشعاعات السابقة تتطلب حائط من الاسمنت أو الرصاص لتوقيفها.



وبعد إخضاع الإشعاع المنبعث لمجال كهرومغناطيسي تم التعرف على أنواع الإشعاعات المنبعثة من المادة المشعة:



### (2) تعريفه:

النشاط الإشعاعي تفتت طبيعي تلقائي (غير مرتقب في الزمن)، تتحول خلاله نواة غير مستقرة إلى نواة متولدة أكثر استقرارا مع انبعاث دقيقة أو عدة دقائق.

### 3) المخطط (N,Z): مخطط سيغري:

تحتفظ بعض النوى دائما بنفس التركيب، نقول أنها مستقرة، بينما بعض النوى تتحول تلقائيا إلى نوى أخرى بعد بعثها لإشعاعات، نقول أنها غير مستقرة أو إشعاعية النشاط.

يبين مخطط سيغري مواقع النوى لمستقرة والنوى المشعة.

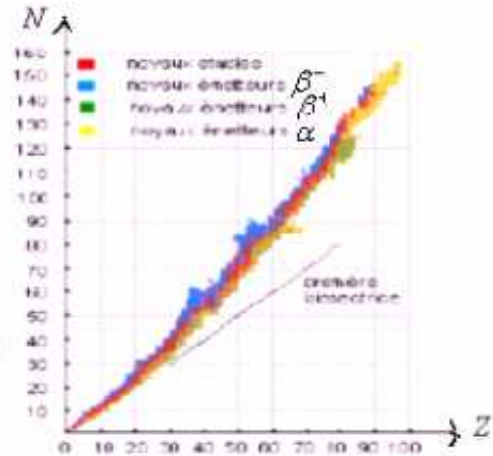
تستنتج من هذا المخطط ما يلي:

توجد مختلف النظائر لنفس العنصر الكيميائي على نفس المستقيم الموازي لمحور الأرتيب.

يكون N و Z متقاربين بالنسبة للنوى الخفيفة.

عندما يكبر Z يكون عدد النوترونات N أكبر من عدد البروتونات وبذلك تنزاح منطقة الاستقرار فوق لمحور N = Z وكذلك مواقع النوى غير المستقرة، فلكي تعود الذرة إلى منطقة الاستقرار تبعث إما إشعاعا

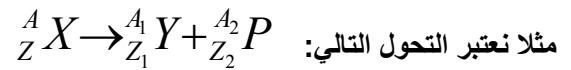
.  $\beta^-$  أو  $\beta^+$  أو  $\alpha$



## III-التحويلات النووية التلقائية - الأنشطة الإشعاعية:

### 1) قانون الإنحفاظ: ( قانون سودي Soddy )

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



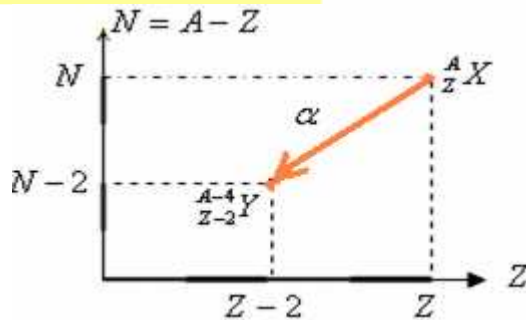
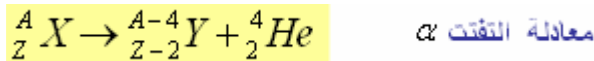
$$Z = Z_1 + Z_2 \quad \leftarrow \text{انحفاظ عدد الشحنة } Z$$

$$A = A_1 + A_2 \quad \leftarrow \text{انحفاظ عدد الكتلة } A$$

### 2) أنواع الأنشطة الإشعاعية

\* **النشاط الإشعاعي  $\alpha$** : تتميز به النويدات الثقيلة ذات عدد الكتلة  $A > 200$ .

النشاط الإشعاعي  $\alpha$  تفتت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^{A-4}_{Z-2} Y$  ببعث نواة الهيليوم  ${}^4_2 He$ .



مثال: البولونيوم إشعاعي النشاط  $\alpha$  معادلة تفتته هي:



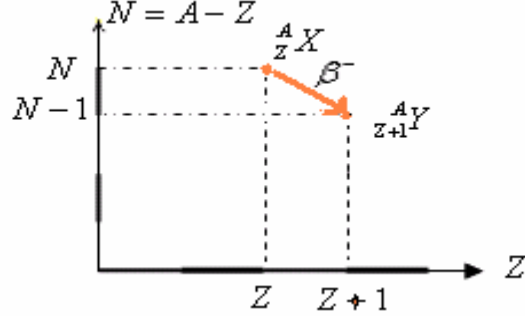
**ملحوظة:** النشاط الإشعاعي  $\alpha$  تتميز به النويدات الثقيلة ذات عدد الكتلة  $A > 200$ .

\* **النشاط الإشعاعي  $\beta^-$** : تتميز به النويدات ذات:  $N > Z$

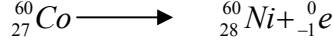
النشاط الإشعاعي  $\beta^-$  تفتت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^{A}_{Z+1} Y$

ببعث إلكترون  ${}^0_{-1} e$  يسمى دقيقة  $\beta^-$ .





**مثال:** الكوبالت إشعاعي النشاط  $\beta^-$  معادلة تفتته هي :

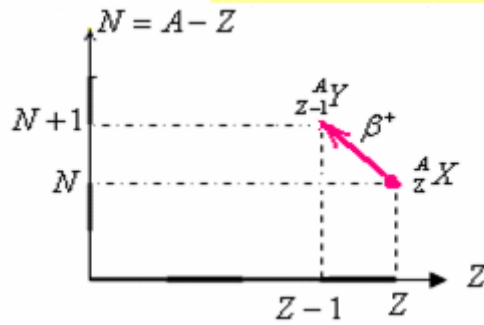
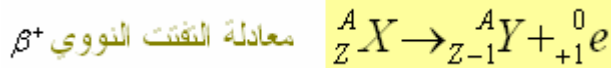


**ملحوظة:** الإشعاع  $\beta^-$  ناتج عن تحول نوترون إلى بروتون داخل نواة، ويعبر عنه بما يلي:  ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$

\* **النشاط الإشعاعي  $\beta^+$**  : تتميز به النويدات الاصطناعية.

النشاط الإشعاعي  $\beta^+$  تفتت نووي طبيعي وتلقائي، يظهر عموماً لدى العناصر الإشعاعية الاصطناعية .

تتحول خلاله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^A_{Z-1} Y$  ببعث بوزيترون  ${}^0_{+1}e$  يسمى دقيقة  $\beta^+$ .



**مثال:** الفوسفور الاصطناعي إشعاعي النشاط  $\beta^+$  معادلة تفتته هي :



**ملحوظة:** الإشعاع  $\beta^+$  ناتج عن تحول بروتون إلى نوترون داخل نواة، ويعبر عنه بما يلي:  ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e$

\* **النشاط الإشعاعي  $\gamma$**  :

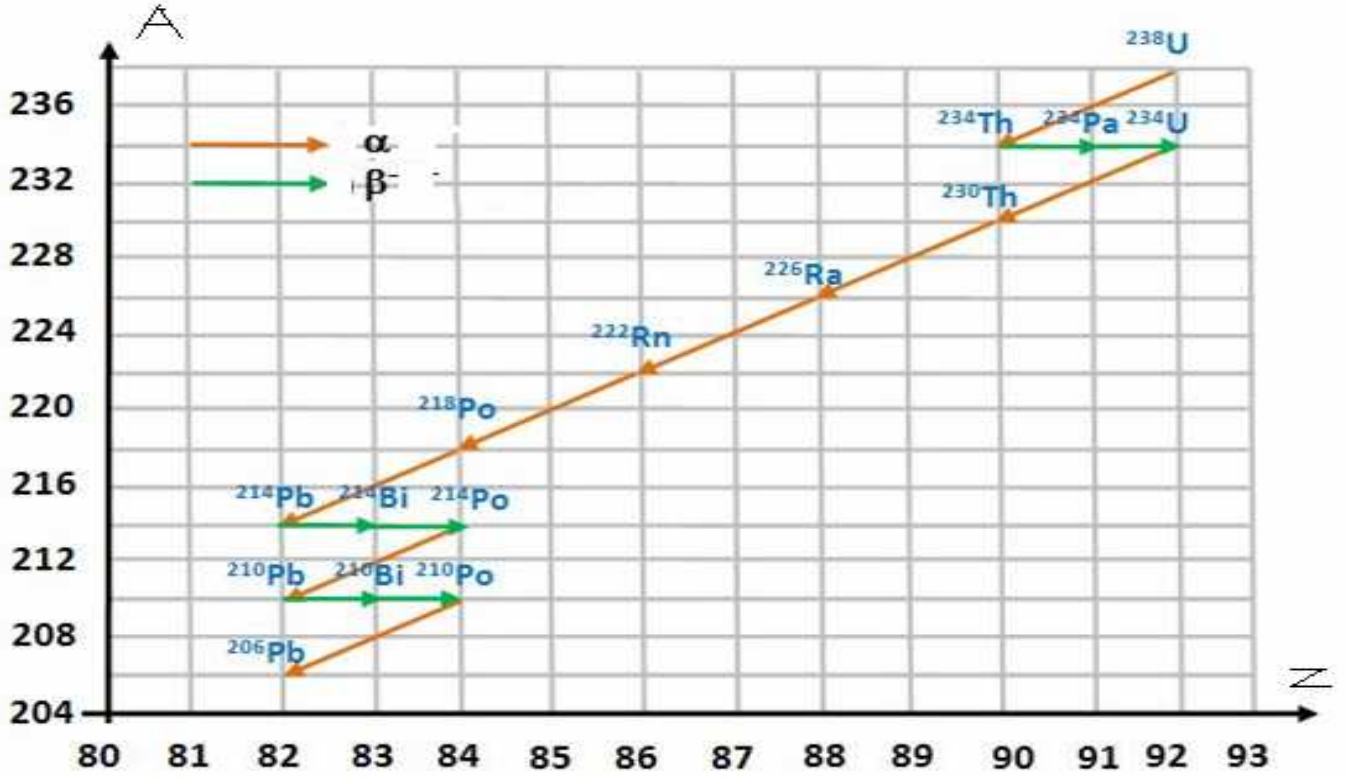
عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة كبيرة، وهو يواكب الأنشطة الإشعاعية  $\alpha$  و  $\beta^-$  و  $\beta^+$ .

حيث تكون النواة المتولدة في إثارة فتفقد طاقة إثارتها ببعث إشعاع  $\gamma$ . ويرمز للنوييدة المثارة ب:  $Y^*$ .

### (3) **الفصيلة المشعة** هي مجموعة من النويدات المنحدرة من نفس النوييدة الأصل بعد سلسلة من تفتتات متتالية.

تتحول 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. نسمي مجموع النوى الناتجة عن نفس النواة الأصلية فصيلة مشعة.

**مثال:** فصيلة الأورانيوم المشع  ${}^{238}_{92}\text{U}$



## IV التناقص الإشعاعي:

### (1) النويذة المشعة:

النويذة المشعة نويذة غير مستقرة تتفتت تلقائيا لتتحول إلى نويذة أكثر استقرا مع بعث دقيقة أو عدة دقائق .

### (2) تطور المادة المشعة (قانون النشاط الإشعاعي)

النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائيا وبدون سبق إشعار ويخضع عدد النوى  $N(t)$  المتبقية في عينة مشعة لقانون التناقص

الإشعاعي التالي:  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$  عدد النوى المتبقية عند اللحظة  $t$  .

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

$\lambda$  : ثابتة النشاط الإشعاعي وهي ثابتة تميز النويذة المشعة ووحدتها في النظام العالمي للوحدات  $(s^{-1})$  .

### (3) ثابتة الزمن $\tau$

زمن مميز لنويذة مشعة معينة نرسم إليها ب  $\tau$  ومرتبطة بثابتة النشاط الإشعاعي  $\lambda$

بالعلاقة  $\tau = \frac{1}{\lambda}$  ووحدتها (s) . وبذلك تصبح العلاقة السابقة كما يلي:  $N(t) = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

و عدد النوى المتبقية عند اللحظة  $t = \tau$  هو:  $N_{(t=\tau)} = N_0 e^{-\frac{\tau}{\tau}} = N_0 e^{-1} = 0,37N_0$

إذن عند اللحظة  $t = \tau$  يتبقى من العينة 37% وهو ما يمثل نقصانا في عدد نوى العينة البدنية بنسبة 67% .

### (4) عمر النصف لنويذة مشعة:

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

عند اللحظة  $t = t_{1/2}$  لدينا:  $N_{(t_{1/2})} = \frac{N_0}{2}$

وبما أن:  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$  فإن:  $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$

إن:  $\frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$  وبإدخال دالة  $Ln$  على طرفي هذه المتساوية نحصل على:

عمر النصف لنويدة مشعة →

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

$$\text{ومنه } -\ln 2 = -\lambda \cdot t_{1/2}$$

## 5 ( رسم المنحنى )

يمكن التعبير عن عمر النصف بدلالة ثابتة الزمن  $\tau$  فإن:  $\tau = \frac{1}{\lambda}$  ، بما أن:  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \cdot \ln 2$

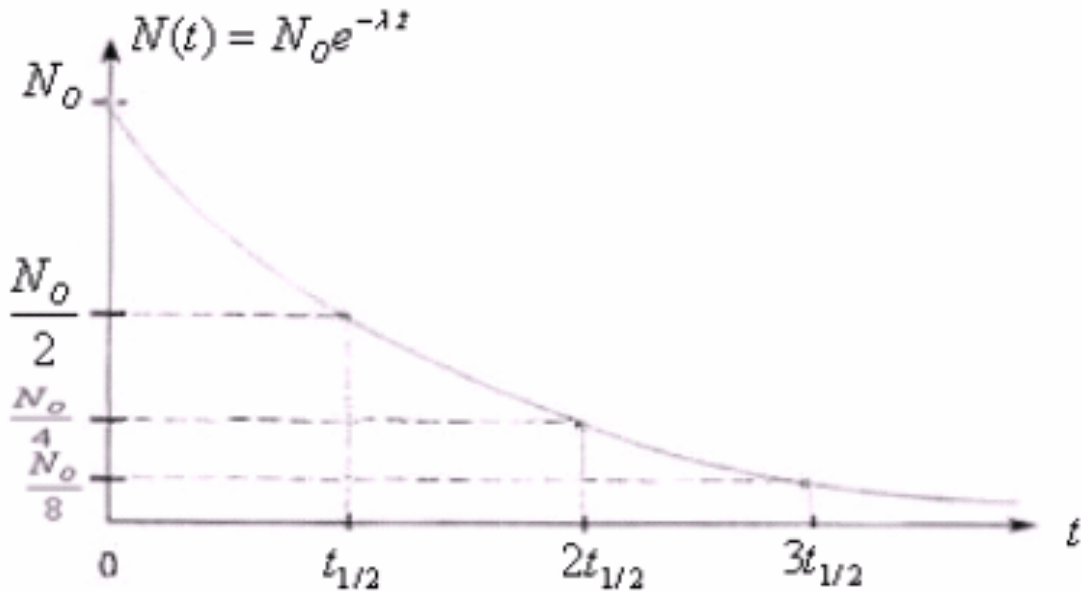
(1) من أجل رسم المنحنى  $N = f(t)$  للدالة  $N(t) = N_0 e^{-\lambda \cdot t}$

نعتبر لحظات تتناسب مع عمر النصف  $t = n \cdot t_{1/2}$  مع:  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  العلاقة (1) تصبح كما يلي:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda \cdot n \cdot t_{1/2}} = N_0 e^{-n \ln 2} = N_0 e^{-\ln 2^n} = N_0 e^{\ln \frac{1}{2^n}} = N_0 \times \frac{1}{2^n} = \frac{N_0}{2^n}$$

$$N(t) = \frac{N_0}{2^n} \text{ مع } t = n \cdot t_{1/2}$$

$N(t) = \frac{N_0}{2^0} = N_0$	$\Leftarrow$	$t = 0$	$\Leftarrow$	$n = 0$
$N(t) = \frac{N_0}{2}$	$\Leftarrow$	$t = t_{1/2}$	$\Leftarrow$	$n = 1$
$N(t) = \frac{N_0}{4}$	$\Leftarrow$	$t = 2t_{1/2}$	$\Leftarrow$	$n = 2$
$N(t) = \frac{N_0}{8}$	$\Leftarrow$	$t = 3t_{1/2}$	$\Leftarrow$	$n = 3$
$N(t) = \frac{N_0}{16}$	$\Leftarrow$	$t = 4t_{1/2}$	$\Leftarrow$	$n = 4$
				-----
$N(t) = \frac{N_0}{2^\infty} \rightarrow 0$	$\Leftarrow$			$n \rightarrow +\infty$



## 6 ( نشاط عينة مشعة : )

(أ) تعريف:

نشاط عينة تحتوي على عدد  $N(t)$  من النوى المشعة ، هو عدد النوى المتفتتة في وحدة الزمن (أي عدد التفتتات في الثانية) ، ونرمز إليه ب:

$a(t)$  وتعطيه العلاقة التالية:  $a(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$  ووحدته هي البكورييل الذي نرمز إليه ب: (Bq)

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{بما أن :}$$

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

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{مع} \quad t \quad \text{نشاط عينة عند اللحظة} \quad a(t) = -\lambda N(t) \quad \text{إن}$$

$$(2) \quad a(t) = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{بالتعويض نجد :}$$

$$a_0 = -\lambda N_0 \quad \text{إن عند اللحظة} \quad t = 0 \quad \text{لدينا :}$$

$$a(t) = a_0 e^{-\lambda t} \quad \text{وبذلك العلاقة (2) تصبح :}$$

## ب) التأريخ بالنشاط الإشعاعي:

يمكن التناقص الإشعاعي لبعض العناصر المشعة ، الموجودة في الصخور أوفي الكائنات الميتة ، من ايجاد عدة تقنيات للتأريخ. فبمقارنة قياس النشاط  $a(t)$  لعينة ميتة (أي قديمة) مع قياس النشاط  $a_0$  لعينة شاهدة من نفس الطبعة ، نتمكن من تقدير عمر العينة. فعموما يكون نشاط العينة الحديثة مهما  $a_0 \gg a(t)$ .

## ملحوظة :

- في الفيزياء النووية يرمز للنويد ب:  ${}^A_Z X$  بحيث **A** يمثل الكتلة المولية . مثلا : بالنسبة  ${}^{24}_{11}Na$   $M(Na) = 24g/mol$  .
- عدد النويدات الموجودة في عينة مشعة كتلتها **m** تعطيه احدى العلاقتين التاليتين:

$$N = \frac{m}{x({}^A_Z X)} \quad \text{أو}$$

$$N = \frac{m}{M} \times N_A$$

**تذكير:** حول الدالة الأسية **exponentielle** نرمز إليها ب: **e**

هي الدالة العكسية لدالة اللوغاريثم النيبيري **Le logarithme népérien** ونرمز لهذا الأخير ب: **ln**

$$\text{لدينا: } f(x) = e^x \Leftrightarrow f^{-1}(x) = \ln x$$

تأكد مما يلي ، باستعمال الآلة الحاسبة:

$$e^0 = 1 \quad \text{اضغط على الزر Scift ثم ln ثم 0 ثم =}$$

$$e^1 = 2,718 \quad \text{اضغط على الزر Scift ثم ln ثم 1 ثم =}$$

$$e^{10} = 22 \quad \text{اضغط على الزر Scift ثم ln ثم 10 ثم =}$$

$$\text{تأكد مما يلي: } \ln 10 = 2,3$$

تحقق من كون:  $\ln e = 1$  من أجل ذلك اضغط على الزر **ln** ثم **Scift** من جديد ثم اضغط على الزر **ln**

وأتبعه الرقم 1 ( أي  $e^1$  ) ثم = فستحصل على  $\ln e = 1$  .

$$\ln e^x = x$$

بصفة عامة لدينا :

$$\ln e^5 = 5 \quad \text{بنفس الطريقة تأكد من كون:}$$

$$e^{\ln x} = x$$

بصفة عامة لدينا :

$$e^{(\ln 5)} = 5 \quad \text{تأكد من كون :}$$

وذلك ناتج عن كون

$$f^{-1}(f(x)) = x$$

$$e^{a+b} = e^a \times e^b$$

$$\frac{e^a}{e^b} = e^{a-b}$$

$$\ln \frac{a}{b} = \ln a - \ln b$$

$$\ln \frac{a}{b} = \ln a - \ln b$$

$$(e^{ax})' = a e^{ax}$$

$$\frac{1}{e^a} = e^{-a}$$

$$\ln \frac{1}{a} = -\ln a$$

$$\ln(x)^a = a \ln x$$