

## التناقص الإشعاعي La décroissance nucléaire

### نشاط وثائق:

#### وثيقة 1 : كيف اكتشف بيكريل النشاط الإشعاعي؟

اهتم الفيزيائي الفرنسي ( هنري بيكريل Henri Becquerel ) بدراسة ظاهرة استشعاع أملاح الأورانيوم، وهي ظاهرة تبعث خلالها هذه الأملاح أشعة مرئية، بعد تعريضها لفترة من الزمن لأشعة الشمس.

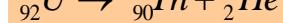
في 26 فبراير 1896 م، كانت سماء باريس غائمة. وتعد على بيكريل تعريض أملاح الأورانيوم لأشعة الشمس، فوضعها في درج مكتبه مع صفائح فوتografية مكسوّة بغشاء من ورق سميك أسود معتم.

وفي أول مارس من نفس السنة قام بيكريل بتحميص الصفائح الفوتografية فلاحظ بانبهار كبير أنها متآثر، رغم عدم تعريضها لأشعة الشمس. وهكذا اكتشف بيكريل أن أملاح الأورانيوم تبعث تلقائياً أشعة غير مرئية تترك آثاراً على صفائح فوتografية. وقد أثبت بعد ذلك أن قابلية بعث الأشعة، هي خاصية لعنصر الأورانيوم، وسمى هذه الأشعة "أشعة الأورانيوم".

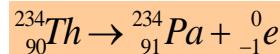
#### وثيقة 2 : اكتشافات أخرى

ابتداء من سنة 1898 م، لاحظ الفيزيائيان ( ببير كوري Pierre Curie ) وزوجته ( ماري كوري Marie Curie ) أن عنصر الطوريوم يبعث أيضاً أشعة الأورانيوم المكتشفة من طرف بيكريل.

تلقت ذلك عدة أبحاث أدت إلى تعرف وتصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة، حيث تعرف الفيزيائيان الإنجليزيان ( إرنست رذفورد Ernest Rutherford ) و ( فريديريك سودي Soddy ) على الأشعة المنبعثة من الأرانيوم 238، وبينما أنها عبارة عن نوى الهيليوم المتأينة، وسميت أشعة ألفا  $\alpha$ . ويعبر عن هذا الانبعاث بالمعادلة:



في سنة 1900 م تعرف بيكريل على نوع آخر من الإشعاعات النووية وهو الإشعاع  $\beta$ . وهو عبارة عن انبعاث إلكترونات  $^0_{-1}e$  من نوى الطوريوم Th وفق المعادلة:



بعد ذلك أبرز الفرنسي ( بول فيلار Paul Villard ) وجود الأشعة  $\gamma$  وهي عبارة عن موجات كهرمغنتيسية غير مرئية. أدت كل هذه الاكتشافات وتطبيقاتها إلى تطور وإغناء المعارف حول طبيعة نواة الذرة.

### I - استقرار و عدم استقرار النواة

#### 1 - تذكير لتركيب النواة

تتكون الذرات من نواة وإلكترونات تدور حول النواة.

وتكون النواة من دقائق تسمى **نوويات Nucléons** وهي **نوترونات وبروتونات**:

$$\begin{aligned} q_p &= +e & m_p &= 1,67265 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ q_n &= 0 & m_n &= 1,67496 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

يرمز إلى عدد النويات ( أو عدد الكتلة ) بالحرف **A** ، وإلى عدد البروتونات ( عدد الشحنة أو العدد الذري ) الحرف **Z** ، أما عدد النوترونات فيرمز له بالحرف **N** حيث  $N = A - Z$  وبالتالي  $A = Z + N$ .



\*مثال:

رمز نواة الأورانيوم:  $^{238}_{92}U$   
اعط تركيب نواة الأورانيوم 238.

## 2 - النويات: Les nucléides

في الفيزياء الذرية، يطلق اسم النويدة على مجموعة من النوى تتميز بعدد معين من النوترؤنات ومن البروتونات.

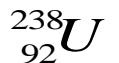
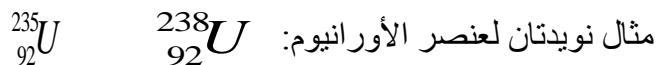
نرمز لنويدة كما يلي:



X : رمز العنصر الكيميائي.

Z : عدد الشحنة.

A : عدد الكتلة.



## 3 - النظائر: Les isotopes

النظائر هي نويـات لها نفس قيمة Z وقيـم مختـلـفة لـ A.

\* مثـال:



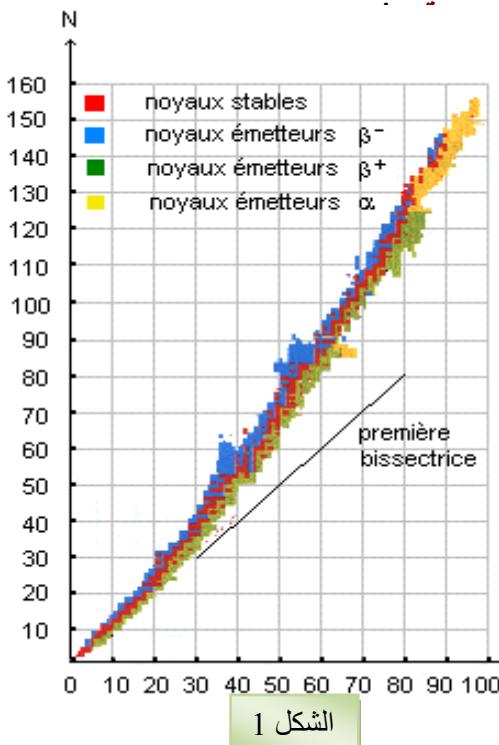
و



## II - النشاط الإشعاعي: Radioactivité

النشاط الإشعاعي تحول طبـيعـي ثـلـقـائـي وغـير مـرـتـقـبـ فيـ الزـمـنـ تـحـولـ خـالـلـهـ نـواـةـ غـيرـ مـسـتـقـرـةـ إـلـىـ نـواـةـ مـتـوـلـدـةـ أـكـثـرـ استـقـارـاـ معـ انـبـعـاتـ دـقـيقـةـ أـوـ عـدـدـ دـقـائقـ.

تـسـمـيـ النـواـةـ غـيرـ مـسـتـقـرـةـ نـواـةـ مـشـعـةـ أـوـ نـواـةـ إـشـعـاعـيـةـ وـالـدـقـائـقـ الـمـنـبـعـةـ إـشـعـاعـاتـ نـشـيـطـةـ.



1 - المخطط (N, Z): مخطط سـيـغـريـ (Segré) بين مخطط سـيـغـريـ أو المخطط (N, Z) موقع النـوىـ المـسـتـقـرـةـ، والنـوىـ المـشـعـةـ (الـشـكـلـ 1).

\* منطقة استقرار النـوىـ (Z = N) ، النـوىـ المـسـتـقـرـةـ تـوـجـدـ بـمـحـادـاتـ المـسـتـقـيمـ (Z = N) اي ان هذه النـوىـ المـسـتـقـرـةـ تـمـلـكـ عـدـدـ بـرـوـتـوـنـاتـ مـساـوـ لـ عـدـدـ نـوـتـرـوـنـاتـ.

- بالنسبة لـ Z = 20 (Z = N) ، النـوىـ المـسـتـقـرـةـ تـوـجـدـ فـوـقـ المـسـتـقـيمـ معـادـلـتـهـ (Z = N) تـحـتـويـ عـلـىـ عـدـدـ نـوـتـرـوـنـاتـ Nـ أـكـثـرـ مـاـنـ بـرـوـتـوـنـاتـ Zـ ومنـ تـمـ فـإـنـ اـسـتـقـارـ النـواـةـ لـاـ يـمـكـنـ أـنـ يـحـصـلـ إـلـاـ إـذـ كـانـ عـدـدـ نـوـتـرـوـنـاتـ أـكـبـرـ مـاـنـ عـدـدـ بـرـوـتـوـنـاتـ.

\* النـوىـ غـيرـ مـسـتـقـرـةـ (إـشـعـاعـيـةـ).

تنقسم النـوىـ غـيرـ مـسـتـقـرـةـ حـسـبـ مـوـقـعـهـ بـالـنـسـبـةـ لـ منـطـقـةـ الـاسـتـقـارـ إـلـىـ ثـلـاثـ أـنـوـاعـ.

- نـوىـ ثـقـيـلةـ وـتـحـتـويـ عـلـىـ Nـ وـ Zـ كـبـيرـانـ.

- نـوىـ تـقـعـ فـوـقـ مـنـطـقـةـ الـاسـتـقـارـ، وـتـحـتـويـ عـلـىـ فـائـضـ عـدـدـ نـوـتـرـوـنـاتـ.

- نـوىـ تـقـعـ تـحـتـ مـنـطـقـةـ الـاسـتـقـارـ، وـتـحـتـويـ عـلـىـ فـائـضـ عـدـدـ بـرـوـتـوـنـاتـ.

كلـ هـذـهـ النـوىـ تـنـقـتـ لـتـقـرـبـ مـنـ مـنـطـقـةـ الـاسـتـقـارـ بـاعـثـةـ دـقـائقـ.

2 - قـانـونـ الـاحـفـاظـ:

**قانون صودي (Soddy):** خلال تحول نـوىـ تـنـحـفـظـ الشـحـنةـ الـكـهـرـبـانـيـةـ Zـ وـالـعـدـدـ الإـجـمـالـيـ لـنـويـاتـ Aـ.



مـثـالـ: اـنـحـفـاظـ Z = Z<sub>1</sub> + Z<sub>2</sub>

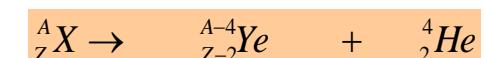
انـحـفـاظـ A = A<sub>1</sub> + A<sub>2</sub>

3 - الأـنـشـطـةـ إـلـيـةـ إـشـعـاعـيـةـ aـ،ـ bـ وـ gـ.

أـ النـشـاطـ إـلـيـةـ إـشـعـاعـيـةـ aـ.

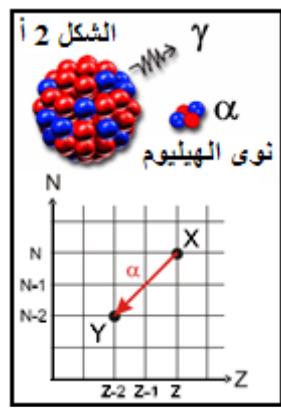
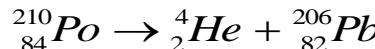
هو تـقـتـنـتـ نـوىـ طـبـيـعـيـ وـتـلـقـائـيـ تـحـولـ خـالـلـهـ نـواـةـ أـصـلـيـةـ X~ Z~ N~ بـعـثـ.

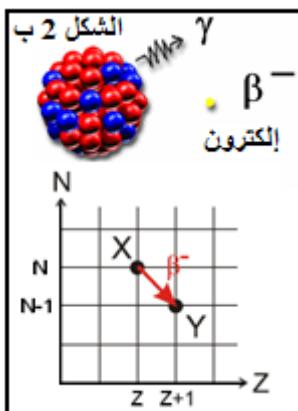
نـواـةـ الـهـيلـيـومـ (Z = 2) تـسـمـيـ الدـقـيقـةـ aـ،ـ وـيـهـمـ هـذـاـ النـوـعـ مـنـ النـشـاطـ نـوىـ ثـقـيـلةـ (ذـاتـ A = 4).



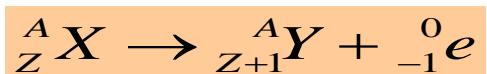
معـادـلـةـ النـشـاطـ إـلـيـةـ إـشـعـاعـيـةـ aـ هـيـ :

مـثـالـ: الـبـولـوـنـيـومـ (Z = 84) إـشـعـاعـيـ النـشـاطـ aـ،ـ مـعـادـلـةـ التـقـتـنـتـ:





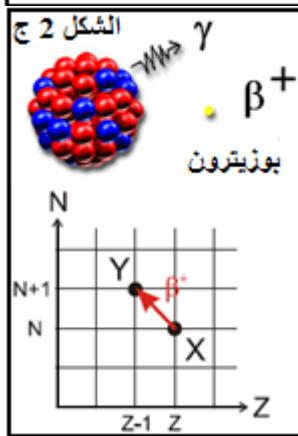
هو نفث طبيعي وتلقائي تحول خلله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^{A+1}_{Z+1} Y$  ببعث إلكترون  ${}^0_{-1} e^-$  نسميه دقيقة  $\beta^-$ . وبهم هذا النوع من النشاط نوى موجودة فوق منطقة الاستقرار.



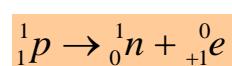
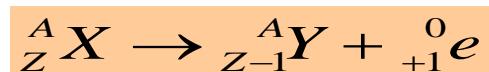
يقابل ذلك تحول نوترون إلى بروتون:

$${}^1_0 n \rightarrow {}^1_1 p + {}^0_{-1} e^-$$

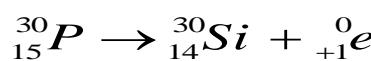
مثال: الكوبالت  ${}^{60}_{27} Co$  إشعاعي النشاط  $\beta^-$ , معادلة النفث:

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


هو نفث تتحول خلله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^{A-1}_{Z+1} Y$  ببعث بوزيترون  ${}^0_{+1} e^+$  يسمى دقيقة  $\beta^+$ . يظهر هذا النشاط عموماً بالنسبة للعناصر الإشعاعية الإصطناعية. البوزيترون دقيقة لا تختلف عن إلكترون إلا في إشارتها الكهربائية والتي هي موجبة:  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} C$ .



مثال: الفوسفور  ${}^{30}_{15} P$  إشعاعي النشاط  $\beta^+$ :



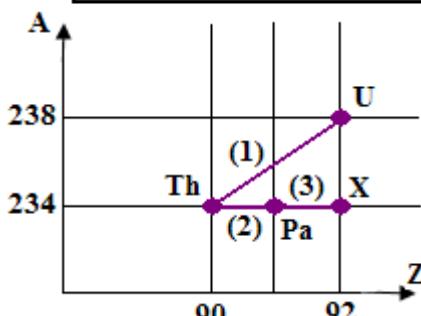
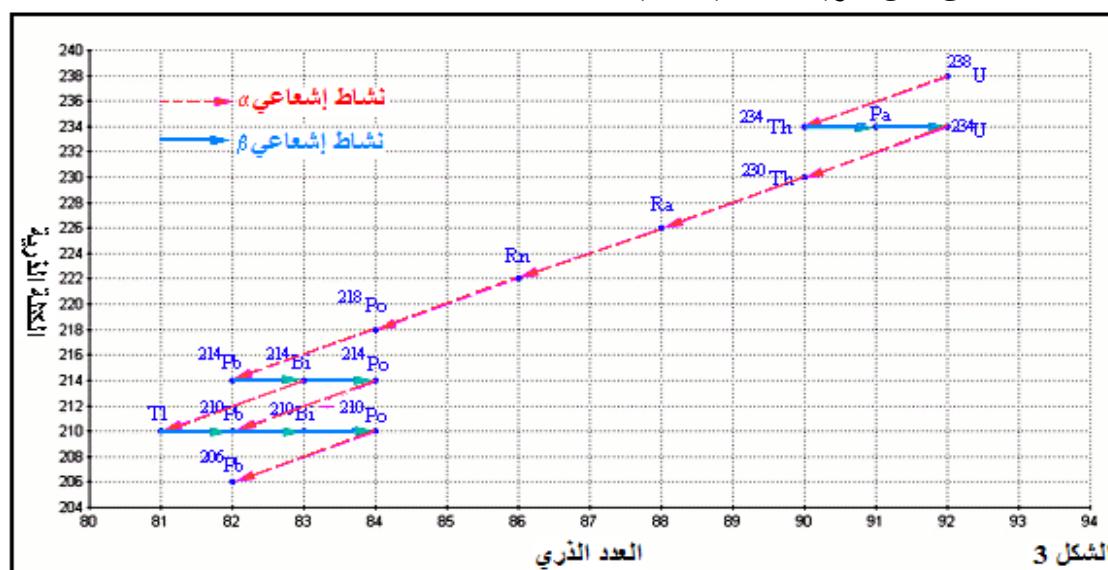
#### د - النشاط الإشعاعي $\gamma$ :

هو عبارة عن موجات كهرمغنتيسية ذات طاقة كبيرة جداً، وهو يواكب الأنشطة الإشعاعية  $\alpha$  ،  $\beta^-$  و  $\beta^+$  بحيث تكون النواة المتولدة في حالة إثارة  ${}^A_Z Y^*$  ، ولفقدان طاقة إثارتها ، فإنها تتخلص من فائض الطاقة هذا ببعث أشعة  $\gamma$ .



#### ملحوظة: الفصيلة المشعة Famille radioactive

تحول نويدة غير مستقرة إلى نويدة أخرى وإذا كانت دورها غير مستقرة فإنها تحول إلى أن تحصل على نويدة مستقرة؛ نسمى مجموع النويدات الناتجة عن نفس النويدة الأصلية فصيلة مشعة.



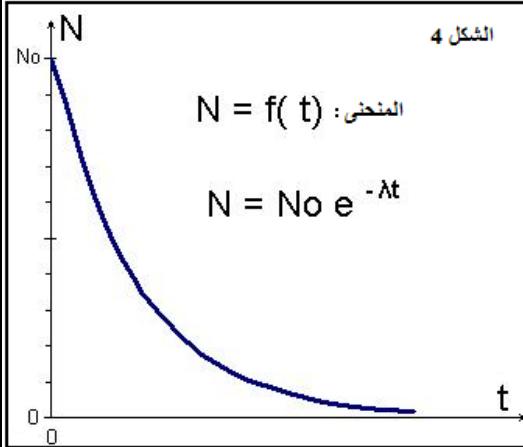
#### تطبيق:

- يعطي المخطط التالي النوى الأولى من فصيلة الأورانيوم 238 .
- اكتب معادلات النفاثات (1) و (2) و (3) ما رمز النواة X ؟
  - يصاحب النفاثة (1) انبعاث أشعة  $\gamma$  .
  - ما طبيعة الأشعة  $\gamma$  ؟
  - أكتب معادلة هذا النفاثة.

## III - قانون التناقص الإشعاعي: Loi de décroissance radioactive

1 - الصبغة العشوائية للنشاط الإشعاعي.

النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائيا، إذ لا يمكن التنبؤ مسبقاً بلحظة تفتق نواة محددة.



$N_0$ : عدد النوى (أو النويدات) المفقترة أو المشعة عند اللحظة  $t = 0$

$N(t)$ : عدد النوى (أو النويدات) غير المشعة أي المتبقية من عينة مشعة عند اللحظة  $t$ ؛

$\lambda$ : ثابتة إشعاعية وحدتها في النظام العالمي  $s^{-1}$ ، وهي تميز النويدة المشعة.

3 - ثابتة الزمن من لعينة مشعة.

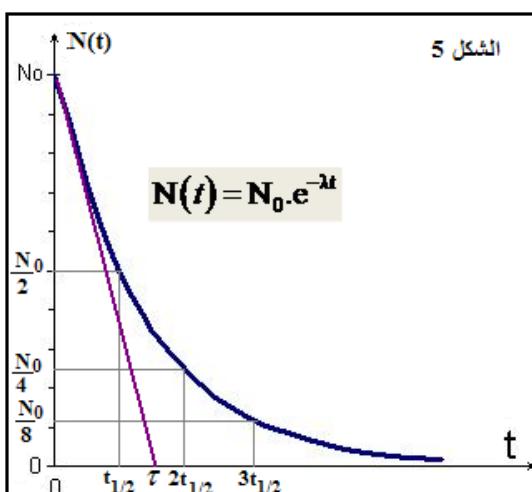
أ - ثابتة الزمن  $\tau$ :

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad \text{ثابتة الزمن لعينة مشعة هي مقلوب الثابتة الإشعاعية.}$$

$\tau$  s  $\lambda$  s $^{-1}$

عند اللحظة  $t = \tau$  من تعبير قانون التناقص الإشعاعي

$$N(t) = 0,37N_0 \quad \text{وبالتالي: } N = \frac{N_0}{e^{\frac{t}{\tau}}} \quad \text{أي } N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{يصبح } N = N_0 e^{-\lambda t}$$



$\tau$  : هي المدة الزمنية اللازمة لتفتت 63% من العدد البدئي  $N_0$  للنوى.

تحديد مبيانياً ثابتة الزمن  $\tau$ :

إن المماس للمنحنى  $N(t) = f(t)$  عند اللحظة  $t=0$  يقطع محور الأفاسيل عند التاريخ  $t = \tau$  (الشكل 5).

ب - عمر النصف  $t_{1/2}$  لنويدة مشعة:

عمر النصف المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف عدد نوى عينة

حسب قانون التناقص الإشعاعي:

$$N = \frac{N_0}{2} \quad \text{عند } t = t_{1/2} \quad \text{فإن } \tau = t_{1/2}$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \quad -\lambda t_{1/2} = -\ln 2 \quad \text{أي:}$$

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

ومنه فإن:

أمثلة:

النويدة	عمر النصف $t_{1/2}$
بولونيوم 212	$3.10^{-7} s$

4 - نشاط عينة مشعة  $a$ :

تعريف:

النشاط  $a$  لعينة مشعة هو عدد التفتقنات في وحدة الزمن وتعبيره هو:

$$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

وحدة  $(t)$  هي البيكرييل (Bq)

**1Bq** يمثل تفتنا واحداً في الثانية.

نعلم أن :  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  ومنه :

$$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

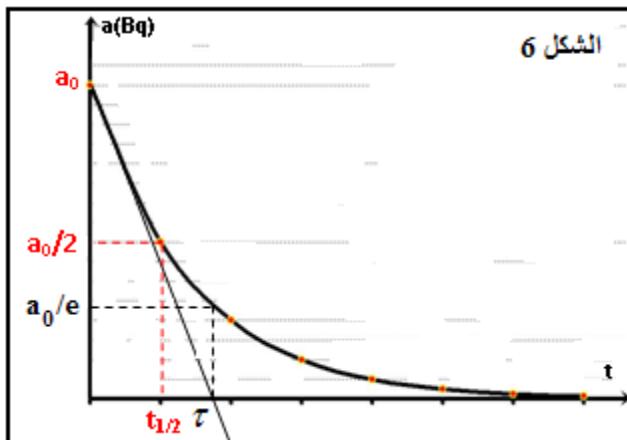
$$a(t) = -\frac{d}{dt} \left( N_0 e^{-\lambda t} \right) = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

إذن :  $a(t) = \lambda N(t)$

يكون نشاط عينة مشعة عند اللحظة  $t = 0$  هو :  $a_0 = \lambda N_0$

وبالتالي :  $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$

مبيانياً :



### III - التأريخ بالنشاط الإشعاعي

من بين التقنيات التي يلجأ إليها الجيولوجيون وعلماء الآثار لتحديد أعمار الحفريات والصخور هناك تقنيات تعتمد على النشاط الإشعاعي. إذ أن النويدات الإشعاعية الموجودة في هذه الصخور والحفريات يتناقص عددها مع الزمن وبالتالي يتناقص نشاطها **a**، بقياس النشاط الحالي للعينة القديمة ومقارنته مع نشاط عينة أخرى **شاهد** لها نفس كتلة العينة القديمة يمكن تحديد عمر العينة القديمة.

يتم اختيار العنصر المشع المناسب لتاريخ حدث معين حسب قدم ونوع العينة المراد تأريخها.

#### ć

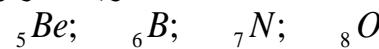
#### ć

النويدة  $C^{14}$  إشعاعية النشاط ونصف عمرها  $t_{1/2} = 5580$  ans. تبقى نسبة النويدة  $C^{14}$  ثابتة عند الكائنات الحية ولكن بعد وفاتها تتناقص هذه النسبة ويمكن بذلك تحديد تاريخ الوفاة.

اكتشف قبر الفرعون توت عنخ آمون سلیماً بوادي الملوك بالقرب من الأقصر بمصر، وكانت توجد قطعة جلدية بلحده.

نريد تحديد الحقبة التي حكم فيها هذا الفرعون.

1 - اكتب معادلة تفنت نويدة الكربون  $C^{14}$  الإشعاعي النشاط  $\beta$  ، ثم تعرف على النويدة المتولدة من بين النويدات التالية:



2 - اكتب تعبير قانون التناقص الإشعاعي.

3 - احسب الثابتة الإشعاعية  $\lambda$ .

4 - أوجد تعبير النشاط  $a$  بدلالة  $\lambda$  و  $t$  و  $a_0$  النشاط الإشعاعي عند اللحظة  $t = 0$ .

5 - قياس قيمة النشاط الإشعاعي لنويدة الكربون  $C^{14}$  لقطعة الجلد التي وُجدت في قبر توت عنخ آمون أعطى 0,138 نفتنا في الثانية لكل غرام واحد من الكربون، بينما تلك القيمة تساوي 0,209 بالنسبة لكتان حي.

1 - 5 - حدد بالسنوات عمر قطعة الجلد.

2 - 5 - علماً أن القياسات تمت سنة 1995 ، في أيَّة حقبة عاش الفرعون توت عنخ آمون؟