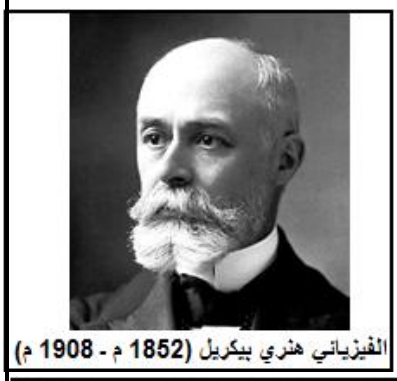
التناقص الإشعاعي
La décroissance nucléaire

نشاط وثائقي:

وثيقة 1 : كيف اكتشف بيكريل النشاط الإشعاعي؟


الفيزيائي هنري بيكريل (1852 م - 1908 م)

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. وتعذر على بيكريل تعريض أملاح الأورانيوم لأشعة الشمس، فوضعها في درج مكتبه مع صفائح فوتوغرافية مكسوة بغشاء من ورق سميك أسود معتم.

وفي أول مارس من نفس السنة قام بيكريل بتحميض الصفائح الفوتوغرافية فلاحظ بانبهار كبير أنها متأثرة، رغم عدم تعريضها لأشعة الشمس. وهكذا اكتشف بيكريل أن أملاح الأورانيوم تبعث تلقائيا أشعة غير مرئية تترك آثارا على صفائح فوتوغرافية. وقد أثبت بعد ذلك أن قابلية بعث الأشعة، هي خاصية لعنصر الأورانيوم، و سمى هذه الأشعة "الأشعة الأورانية".

بيير وماري كوري

وثيقة 2 : اكتشافات أخرى

ابتداء من سنة 1898 م، لاحظ الفيزيائيان (بيير كوري Pierre Curie) وزوجته (ماري كوري Marie Curie) أن عنصر الطوريوم يبعث أيضا الأشعة الأورانية المكتشفة من طرف بيكريل.

تلت ذلك عدة أبحاث أدت إلى تعرف وتصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة، حيث تعرف الفيزيائيان الإنجليزيان (إرنست رذرفورد Rutherford) و (فريدريك سودي Soddy) على الأشعة المنبعثة من الأرانيوم 238، وبينا أنها عبارة عن نوى الهيليوم المتأينة، وسميت أشعة ألفا α. ويعبر عن هذا الانبعاث بالمعادلة: $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

في سنة 1900 م تعرف بيكريل على نوع آخر من الإشعاعات النووية وهو الإشعاع β^- . وهو عبارة عن انبعاث إلكترونات $^{0}_{-1}e$ من نوى الطوريوم Th وفق المعادلة: $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$

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

I - استقرار وعدم استقرار النواة

1 - تذكير لتركيب النواة.

تتكون الذرات من نواة وإلكترونات تدور حول النواة.

وتتكون النواة من دقائق تسمى **نويات Nucléons وهي نوترونات وبروتونات**:

$$q_p = +e \qquad m_p = 1{,}67265.10^{-27}\,kg$$
$$q_n = 0 \qquad m_n = 1{,}67496.10^{-27}\,kg$$

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

نمثل نواة ذرة لعنصر كيميائي **X** بالرمز: $^{A}_{Z}X$

*مثال:

رمز نواة الأورانيوم: $^{238}_{92}U$

اعط تركيب نواة الأورانيوم 238 .

.....

.....

2 ـ النويدات: Les nucléïdes

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

نرمز لنويدة كما يلي: ${}^{A}_{Z}X$

X : رمز العنصر الكيميائي.

Z : عدد الشحنة.

A : عدد الكتلة.

مثال نويدتان لعنصر الأورانيوم: ${}^{238}_{92}U$ ${}^{235}_{92}U$

3 ـ النظائر : Les isotopes

النظائر هي نويدات لها نفس قيمة Z وقيم مختلفة ل A .

* مثال: ${}^{14}_{6}C$ ${}^{12}_{6}C$ و ${}^{235}_{92}U$ ${}^{238}_{92}U$ و ${}^{1}_{1}H$ ${}^{2}_{1}H$ ${}^{3}_{1}H$

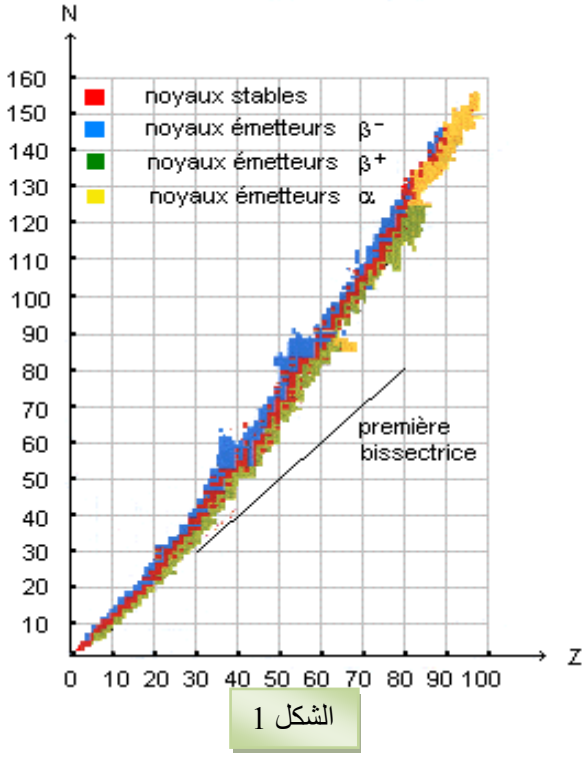
II ـ النشاط الإشعاعي: Radioactivité

النشاط الإشعاعي تحول طبيعي تلقائي وغير مرتقب في الزمن تتحول خلاله نواة غير مستقرة إلى نواة متولدة أكثر استقرارا مع انبعاث دقيقة أو عدة دقائق.

تسمى النواة غير المستقرة **نواة مشعة أو نواة إشعاعية** والدقائق المنبعثة **إشعاعات نشيطة**.

1 ـ المخطط (N , Z): مخطط سيغري (Segré)

يبين مخطط سيغري أو المخطط (N , Z) مواقع النوى المستقرة، والنوى المشعة (الشكل 1).



الشكل 1

* منطقة استقرار النوى.

ـ بالنسبة ل $Z \langle 20$ ، النوى المستقرة توجد بمحادات المستقيم $(Z = N)$ اي ان هذه النوى المستقرة تملك عدد بروتونات مساو لعدد النوترونات.

ـ بالنسبة ل $Z \rangle 20$ ، النوى المستقرة توجد فوق المستقيم معادلته $Z = N$ تحتوي على عدد النوترونات N أكثر من البروتونات Z، ومن تم فإن استقرار النواة لا يمكن أن يحصل إلا إذا كان عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات.

* النوى غير المستقرة (الإشعاعية).

تنقسم النوى غير المستقرة حسب موقعها بالنسبة لمنطقة الاستقرار إلى ثلاث أنواع:

ـ نوى ثقيلة وتحتوي على N و Z كبيران.

ـ نوى تقع فوق منطقة الاستقرار، وتحتوي على فائض عدد النوترونات

ـ نوى تقع تحت منطقة الاستقرار، وتحتوي على فائض عدد البروتونات.

كل هذه النوى تتفتت لتقترب من منطقة الاستقرار باعثة دقائق.

2 ـ قانون الانحفاظ:

قانون صودي (Soddy): خلال تحول نووي تنحفظ الشحنة الكهربائية Z والعدد الإجمالي للنويات A.

مثال:

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}Y + {}^{A_2}_{Z_2}P$$

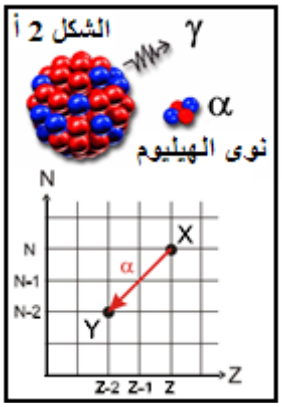
انحفاظ Z : $Z = Z_1 + Z_2$

انحفاظ A : $A = A_1 + A_2$

3 ـ الأنشطة الإشعاعية **α ، β و γ** .

أ ـ النشاط الإشعاعي α,

هو تفتت نووي طبيعي وتلقائي تتحول خلاله نواة أصلية ${}^{A}_{Z}X$ إلى نواة متولدة ${}^{A-4}_{Z-2}Y$ ببعث **نواة الهيليوم** ${}^{4}_{2}He$ تسمى الدقيقة **α** ، ويهم هذا النوع من النشاط نوى ثقيلة (ذات $A \rangle 200$).

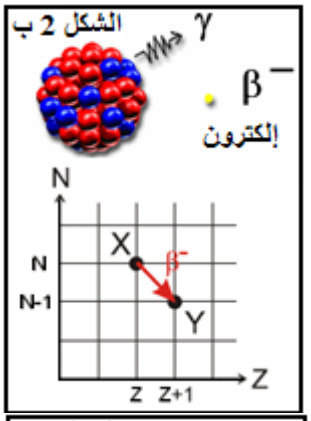


معادلة النشاط الإشعاعي α هي :

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

مثال: البولونيوم ${}^{210}_{84}Po$ إشعاعي النشاط α، معادلة التفتت :

$${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$$



ب ـ النشاط الإشعاعي β^-.

هو تفتت طبيعي وتلقائي تتحول خلاله نواة أصلية ${}^{A}_{Z}X$ إلى نواة متولدة ${}^{A}_{Z+1}Y$ ببعث إلكترون ${}^{0}_{-1}e$ نسميه دقيقة β^-. ويهم هذا النوع من النشاط نوى موجودة فوق منطقة الاستقرار.

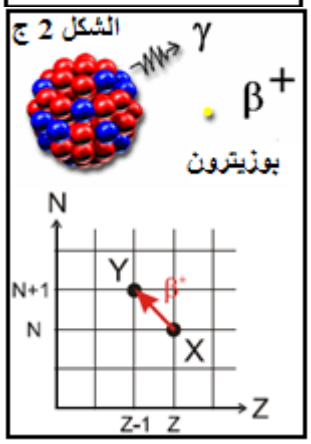
معادلة النشاط الإشعاعي β^- هي :

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

يقابله كذلك تحول نوترون إلى بروتون :

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

مثال: الكوبالت ${}^{60}_{27}Co$ إشعاعي النشاط β^-، معادلة التفتت: ${}^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e$



ج ـ النشاط الإشعاعي β^+.

هو تفتت تتحول خلاله نواة أصلية ${}^{A}_{Z}X$ إلى نواة متولدة ${}^{A}_{Z+1}Y$ ببعث **بوزيترون** ${}^{0}_{+1}e$ يسمى دقيقة β^+ . يظهر هذا النشاط عموما بالنسبة للعناصر الإشعاعية الإصطناعية.

البوزيترون دقيقة لا تختلف عن الإلكترون إلا في إشارتها الكهربائية والتي هي موجبة:
$e = 1{,}6.10^{-19}C$.

معادلة النشاط الإشعاعي β^+ هي :

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

يقابله كذلك تحول بروتون إلى نوترون:

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

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

$$ {}^{30}_{15}P \longrightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{+1}e $$

د ـ النشاط الإشعاعي γ:

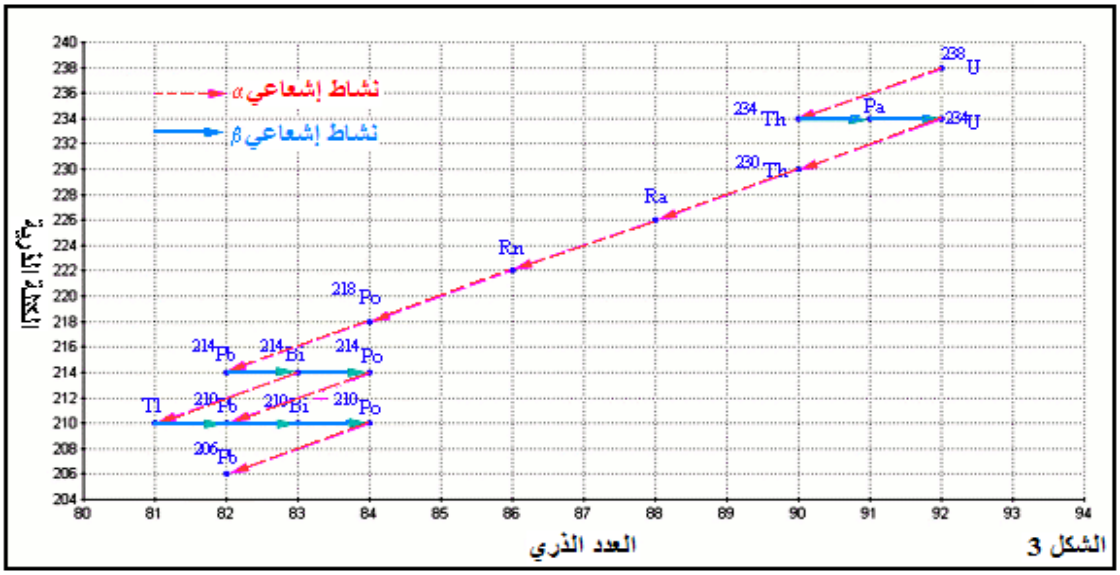
هو عبارة عن موجات كهرمغنطيسية ذات طاقة كبيرة جدا، وهو يواكب الأنشطة الإشعاعية **α** ، β^- و β^+ بحيث تكون النواة المتولدة في حالة **إثارة** ${}^{A}_{Z}Y^{*}$ ، ولفقدان طاقة إثارتها ، فإنها تتخلص من فائض الطاقة هذا ببعث **أشعة γ** .

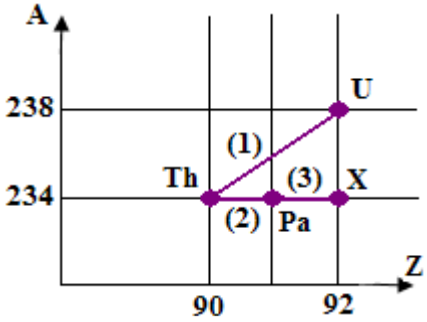
معادلة الإشعاع γ تكتب كالتالي:

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

ملحوظة: الفصيلة المشعة Famille radioactive

تتحول نويدة غير مستقرة إلى نويدة أخرى وإذا كانت بدورها غير مستقرة فإنها تتحول إلى أن نحصل على نويدة مستقرة؛ نسمي مجموع النويدات الناتجة عن نفس النويدة الأصلية الأصلية فصيلة مشعة .





تطبيق:

يعطي المخطط التالي النوى الأولى من فصيلة الأورانيوم 238 .

1 ـ اكتب معادلات التفتتات (1) و (2) و (3) ما رمز النواة X ؟

2 ـ يصاحب التفتت (1) انبعاث أشعة γ .

أ ـ ما طبيعة الأشعة γ؟

ب ـ أكتب معادلة هذا التفتت.

.....

.....

.....

.....

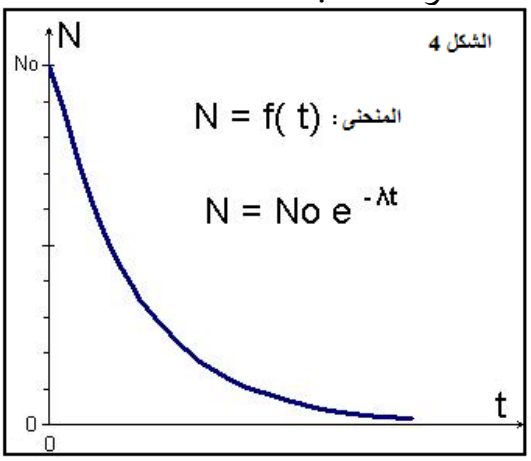
.....

III ـ قانون التناقص الإشعاعي: Loi de décroissance radioactive

1 ـ الصبغة العشوائية للنشاط الإشعاعي.

النشاط الإشعاعي **ظاهرة عشوائية** تحدث تلقائيا، إذ لا يمكن التنبؤ مسبقا بلحظة تفتت نواة محددة.

2 ـ قانون التناقص الإشعاعي.



$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad \xrightarrow{\text{التكامل}} \quad N(t) = N_0.e^{-\lambda t}$$

N_0 : عدد النوى (أو النويدات) المتفتتة أو المشعة عند اللحظة t = 0 ؛

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

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

3 ـ ثابتة الزمن لعينة مشعة.

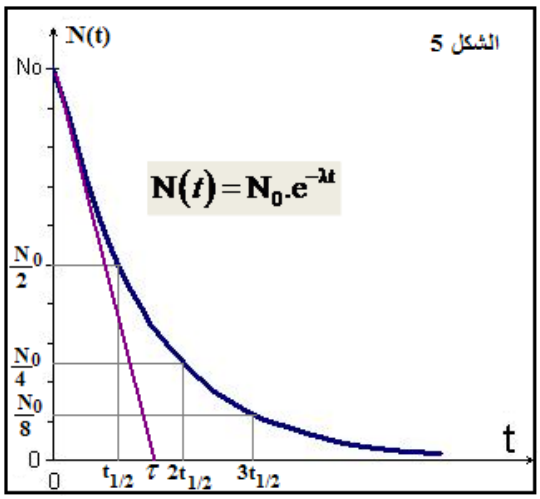
أ ـ ثابتة الزمن τ:

ثابتة الزمن لعينة مشعة هي مقلوب الثابتة الإشعاعية.

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

s ← s^{-1}

عند اللحظة **t=τ** من تعبير قانون التناقص الإشعاعي $N = N_0.e^{-\lambda t}$ يصبح $N = N_0 e^{-\frac{1}{\tau}.\tau}$ أي $N = \frac{N_0}{e}$ وبالتالي: $N(t) = 0,37 N_0$



τ : هي المدة الزمنية اللازمة لتفتت **63%** من العدد البدئي N_0 للنوى.

تحديد مبيانيا ثابتة الزمن τ:

إن المماس للمنحنى N(t) = f(t) عند اللحظة t=0 يقطع محور الأفاصيل عند التاريخ **t=τ** (الشكل 5).

ب ـ عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدة مشعة:

عمر النصف المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف عدد نوى عينة.

حسب قانون التناقص الإشعاعي:

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

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}$$

أي : $-\lambda t_{1/2} = -\ln 2$

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

أمثلة:

النويدة	أورانيوم 238	كربون 14	يود 131	بولونيوم212
عمر النصف $t_{1/2}$	$4,5.10^9$ ans	5600 ans	8,1 jours	3.10^{-7} s

4 ـ نشاط عينة مشعة a:

تعريف:

النشاط a لعينة مشعة هو عدد التفتتات في وحدة الزمن وتعبيره هو:

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

وحدة a(t) هي **البيكريل Bequerel (Bq)**

1Bq يمثل تفتتا واحدا في **الثانية**.

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

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

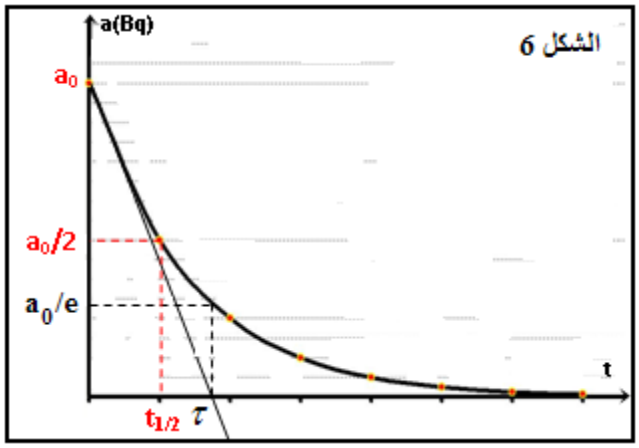
$$a(t) = -\frac{d}{dt}\left(N_0 e^{-\lambda t}\right) = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

إذن: $a(t) = \lambda N(t)$

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

وبالتالي: $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$

مبيانيا :



الشكل 6

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 **شاهدة** لها نفس كتلة العينة القديمة يمكن تحديد عمر العينة القديمة.

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

تمرين تطبيقي:

النويدة $^{14}_{6}C$ إشعاعية النشاط ونصف عمرها $t_{1/2}$ = 5580 ans . تبقى نسبة النويدة ^{14}C ثابتة عند الكائنات الحية ولكن بعد وفاتها تتناقص هذه النسبة ويمكن بذلك تحديد تاريخ الوفاة.

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

نريد تحديد الحقبة التي حكم فيها هذا الفرعون.

1 ـ اكتب معادلة تفتت نويدة الكربون ^{14}C الإشعاعي النشاط β^- ، ثم تعرف على النويدة المتولدة من بين النويدات التالية:

$_{5}Be$; $_{6}B$; $_{7}N$; $_{8}O$

2 ـ اكتب تعبير قانون التناقص اللإشعاعي.

3 ـ احسب الثابتة الإشعاعية λ.

4 ـ أوجد تعبير النشاط a بدلالة λ و t و a_0 النشاط الإشعاعي عند اللحظة t = 0 .

5 ـ قياس قيمة النشاط الإشعاعي لنويدة الكربون $^{14}_{6}C$ لقطعة الجلد التي وُجدت في قبر توت عنخ آمون أعطى 0,138 تفتتا في الثانية لكل غرام واحد من الكربون، بينما تلك القيمة تساوي 0,209 بالنسبة لكائن حي.

5 - 1 ـ حدد بالسنوات عمر قطعة الجليد.

5 - 2 ـ علما أن القياسات تمت سنة 1995 ، في أية حقبة عاش الفرعون توت عنخ آمون؟