الانحلال الإشعاعي : - Radioactive Decay

نظرية الانحلال الإشعاعي : -

تقدم رذرفورد وسودي سنة ١٩٠٥ بنظرية الانحلال لتفسير ظاهرة النشاط الإشعاعي الطبيعي . وتقضي النظرية بأن ذرات العناصر المشعة تنحل نتيجة لما ينبعث منها من جسيمات الفا أو بيتا التي هي في حد ذاتها جسيمات مادية ، أي أن جزءاً محدد من نواة الذرة ينطلق بسرعة فائقة تارك وراءه ذرات عنصر جديد يختلف تماماً في خواصه الطبيعية والكيميائية عن العنصر الأصلي . ويكون العنصر الجديد أو المولود مشعاً أيضاً فتنطلق من نوى ذراته جسيمات مادية ينتج عن انطلاقها أن تتحول ذرات هذا العنصر الجديد إلى ذرات عنصر ثالث جديد وهكذا نتابع عملية التحول من عنصر مشع إلى عنصر آخر مشع حتى ينتهي الانحلال عند عنصر مستقر وجدير بالذكر أنه فيما عدا حالات نادرة جداً فإن نوى عنصر معين تنحل بانبعاث نوع واحد من الجسيمات ، أما جسيمات ألفا أو جسيمات (بيتا) فلا تنبعث الجسيمات من نواة واحدة ، ومعنى هذا أن النواة التي يحدث انحلالها بجسيمات الفا لا ينبعث منها جسيمات بيتا ، ألا أن انبعاث جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا قد يكون مصحوباً بانبعاث أشعة كاما.

تعريف الانحلال الإشعاعي : -

يعرف الانحلال الإشعاعي بأنه عملية تلقائية يتحول فيها العنصر إلى عنصر آخر نتيجة إشعاع جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا و أشعة كاما. .

س / ما الفرق بين الانحلال الإشعاعي والتحول او التفاعل الكيميائي ؟

يختلف الانحلال الإشعاعي عن التحول او التفاعل الكيميائي في النقاط الآتية : -

١ - الانحلال الإشعاعي عملية تلقائية مستمرة .

٢ - يعتمد على نوع العنصر المشع ولا يرتبط بالمركب الكيميائي .

٣ - لا يتوقف على الظروف الفيزيائية (الضغط ، درجة الحرارة) .

٤ - تنطلق منه طاقة هائلة .

النواة غير المستقرة والتحلل الإشعاعي:

تعتبر اغلب العناصر هي عناصر مستقرة وتبقى كما هي إلى ما لا نهاية في حين أن بعضها غير مستقرة (مشعة) بسبب وجود طاقة داخلية زائدة.

تقوم النواة بعمل تغيرات تلقائية (التحلل الإشعاعي) حتى تصبح نواة مستقرة.
وذرات المادة المشعة تنحل بطريقة عشوائية ولكن بمعدل زمني ثابت ، وفترة نصف العمر هو الوقت اللازم لكي تنحل نصف ذرات المادة المشعة أو لكي ينخفض النشاط الإشعاعي إلى النصف وبعد مرور ضعفي فترة نصف العمر ينخفض النشاط للربع وبعد مرور ثلاثة أضعاف فترة نصف العمر ينخفض النشاط الإشعاعي للثمن وهكذا....

قانون الانحلال الإشعاعي : -

تعتبر ظاهر التفكك او الانحلال الإشعاعي ظاهرة إحصائية ، أي أنه لا يمكن التكهن بزمن انحلال نواة بعينها ، ولكن عند وجود عدد كبير جداً من أنويه النظير

المشع ، فإنه بمتابعة معدل تغير كمية الأشعة المنبعثة يمكن معرفة الكثير عن نوعية التحول .

ينص قانون الانحلال الإشعاعي على أن " عدد الانوية المتبقية من انحلال أي مادة مشعة هو دالة آسية سالبة مع الزمن "

تسير عملية التحلل بمعدل ثابت وكل عنصر من العناصر المشعة يتميز بمعدل تحلل خاص به ويسمى(λ). بثابت التحلل (decay constant) وهو يعد مقياساً لاحتمال تفكك نواة معينة ووحدة قياسه $(\frac{1}{\text{sec}})$

لتكن N عدد الانوية من المادة المشعة الموجودة في العينة في لحظة ما

$\frac{dN}{dt}$ متوسط معدل ما ينحل من الانوية بالنسبة للزمن (النشاطية الإشعاعية)

$\because -\frac{dN}{dt} \propto N$ تناسب طردي

الإشارة السالبة تدل على أن متوسط معدل ما ينحل يتناقص مع الزمن وذلك لأن

عدد الانوية N تتناقص مع الزمن

$$\therefore \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

حيث λ ثابت التناسب ويسمى ثابت الانحلال الإشعاعي (نسبة ما ينحل من المادة المشعة في الثانية) وهو ثابت للنظير الواحد ولا يعتمد عل حجم العينة ووحدة قياسه s^{-1}

بإجراء التكامل للمعادلة السابقة

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = \int_{0}^{t} -\lambda\, dt$$

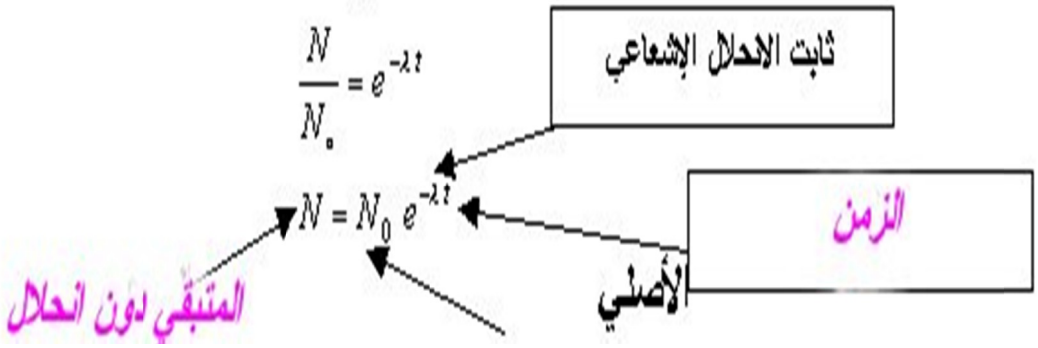
$$\ell n\left[N\right]_{N_0}^{N} = -\lambda\, dt$$

$$\ell n(N) - \ell n(N_0) = -\lambda\, t$$

$$\ell n \frac{N}{N_0} = -\lambda\, t$$

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

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



$$N(t) = N_0\, e^{-\lambda t} = N_0\, e^{-t/\tau}.$$

اما متوسط العمر (τ) لعينة مشعة فهو عبارة عن مجموع اعمار جميع النويات للعنصر المشع مقسوما على عددها.

وعلاقة متوسط العمر (τ) بثابت التفكك (λ) كالآتي :

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

$$\tau = \frac{1}{\frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}}$$

$$\tau = \frac{t_{\frac{1}{2}}}{0.693}$$

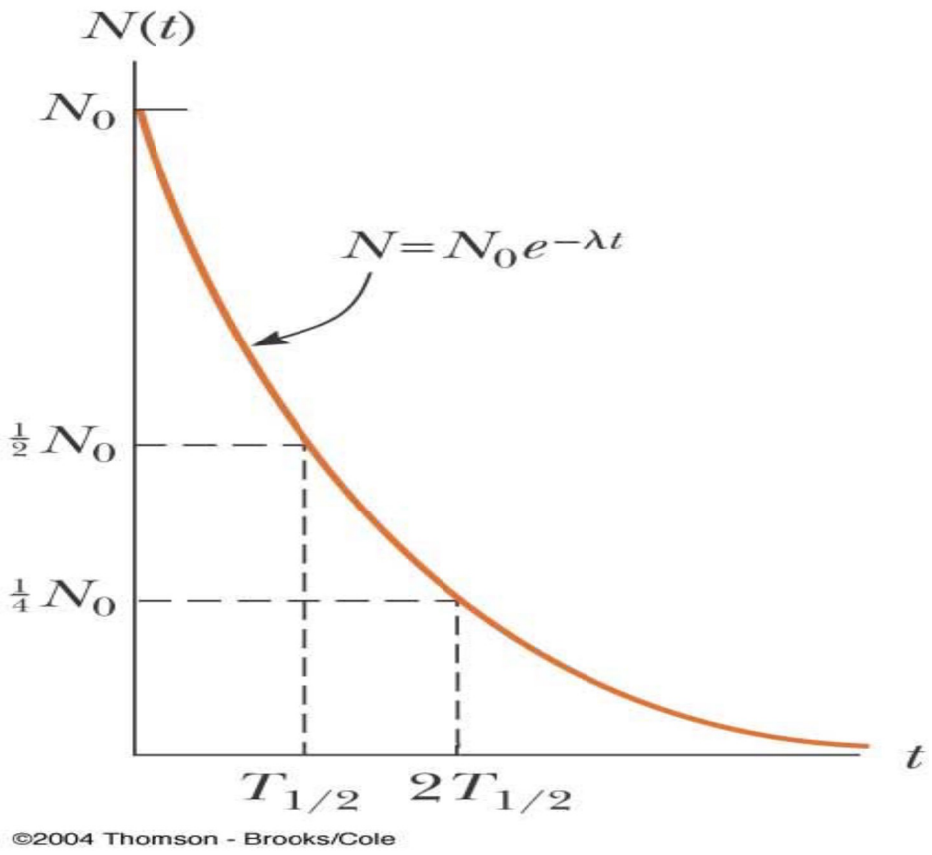
ولما كان نشاط عينة لمادة مشعة يساوي :-

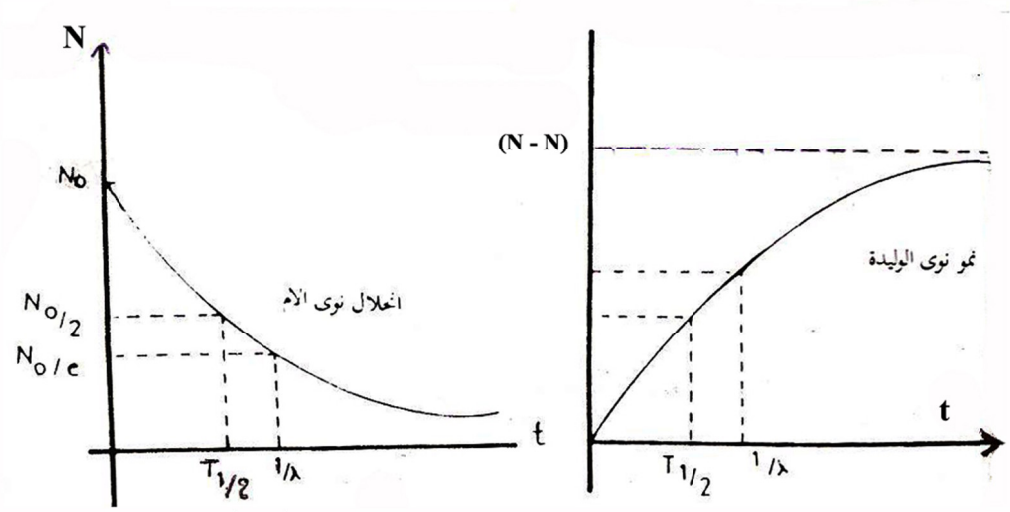
$$\varphi = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

فان النشاط الإشعاعي يكون قانونه هو :-

$$\varphi = \lambda N_{\circ} e^{-\lambda t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

وعلية فان النشاط الإشعاعي يتناقص أسيا مع الزمن وكما موضح بالشكل الأتي :-





(a) (b)

الشكل (3-1)(a)انحلال نوى الام المشعة
(b)نمو النوى الوليدة المستقرة

و يعرف معدل العمر (z) على انة معدل زمن التخلف للنوى المشعة ولذا فمن المعادلات أعلاه يكون :

$$Z = \frac{\int t dN}{\int dN} = \frac{\int_0^{\infty} tN0e^{-\lambda t}\lambda dt}{N0}$$

او

$$Z = \frac{1}{\lambda} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5\text{-}1)$$

وعادة ما يفضل التعامل مع العمر النصفي (halfe- thickness) للمادة المشعة بدلا من ثابت الانحلال حيث يعرف العمر النصفي بانه

الزمن الذي يحتاجه العنصر المشع لكي ينحل نصف عدد ذراته

او هو عبارة عن الفترة الزمنية التي تنخفض خلالها الشدة الإشعاعية للعنصر المشع إلى النصف وبمعنى آخر فإن عمر النصف هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد نوى العينة ، ويرمز له عموماً بالرمز ($t_{1/2}$) .

أي ان :-

$$N = \frac{N_\circ}{2}$$

$$\frac{N_\circ}{2} = N_\circ \ e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$$

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

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

وبحذف الإشارة السالبة من الطرفين ينتج :-

$$0.693 = \lambda t_{\frac{1}{2}}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

والمعادلة الأخيرة هي معادلة حساب نصف العمر للمواد المشعة .

والعمر النصفي لا يعتمد على العدد الأصلي للذرات ولا على النشاط الإشعاعي الابتدائي وكل نظير مشع يمتلك عمر نصفي معين .

أن الأعمار النصفية للعناصر المشعة تتراوح اقل من (10^{-6} sec) إلى أكثر من (10^{9} سنة) كما هو واضح في الجدول الأتي : -

العنصر	عمر النصف
٢٣٥ Uranium	٧٠٠٠٠٠٠٠٠ سنة
١٤ Carbon	٥٧٣٠ سنة
٢٢٦ Radium	١٦٢٢ سنة
٦٠ Cobalt	٥ سنة
١٣١ Iodine	٨ أيام
Sodium 24	١٥ ساعة
٢١٢ Polonium	١/١٠٠٠٠٠٠ ثانية

مثال /

أذا كان لديك غرام واحد من من النظير المشع ($^{90}_{38}sr$) الذي ينحل بعمر نصفي (28 سنة) بانبعاث جسيمات بيتا ، احسب

١ - ثابت التحلل.

٢ - نشاطه الإشعاعي .

الحل /

ان قانون ثابت الانحلال هو: -

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{28\ yr * 3.16 * 10^{7}\ \frac{sec}{yr}}$$

$$\lambda = 7.83 * 10^{-10}\ sec$$

ويمكن حساب عدد ذرات كيلو غرام واحد من أي نظير مشع من العلاقة الاتية : -

$$N = \frac{N_A}{A}$$

عندما: -

N_A / عدد افوكادرو ، A / العدد الكتلي للنظير المشع.

$$N = \frac{N_A}{A} = \frac{6.02 * 10^{26}}{90} = 6.69 * 10^{24} atoms/kgm$$

ومنه نجد عدد الذرات في غرام واحد ويساوي : -

$$N = 6.69 * 10^{24} * 10^{-3} = 6.69 * 10^{21} atoms/gm$$

أذن النشاط الإشعاعي الابتدائي هو : -

$$\varphi = \lambda N$$

$$\varphi = 7.83 * 10^{-10} * 6.69 * 10^{21}$$

$$\varphi = 5.23 * 10^{12}\ sec^{-1}$$

واجب بيتي / من أين جاء الرقم ($3.16 * 10^{7}$) في حل المثال اعلاه .

مثال / واجب بيتي /

احسب فعالية او نشاط غرام واحد من (266_{Ra}) اذا علمت ان نصف العمر له (1620 yr) .