الباب الثاني
النشاط الإشعاعي

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الثاني

النشاط الإشعاعي Radioactivity

يعرف النشاط الإشعاعي بأنه الأشعة الكهرومغناطيسية أو الجسيمات التي تخرج من الأنوية النشطة إشعاعياً ثم تتحول هذه الأنوية إلي أنوية أخري تكون مستقرة. ولقد أكتشف العالم الفرنسي بيكريل عام ١٩٨٦ م عندما وجد أن بعض أملاح اليورانيوم تصدر إشعاعاً بصورة تلقائية لا تعتمد علي حالة اليورانيوم الكيميائية والفيزيائية. ولقد تم ذلك الاكتشاف عندما وضع عنصر اليورانيوم في مكان واحد مع لوح فوتوغرافي، وبعض فترة من الزمن وجد خطوط سوداء علي اللوح مما يؤكد أن نوع من الإشعاع ينطلق من هذه المواد ويؤثر علي اللوح الفوتوغرافي ثم أكتشف بعد ذلك أن بعض المواد الطبيعية الأخرى مثل الراديوم تحدث نفس التأثير فأطلق علي هذه المواد أسم المواد المشعة وسميت هذه الظاهرة بالنشاط الإشعاعي.

٢-١ أنواع الإشعاعات

توجد ثلاثة أنواع من الإشعاعات مصدرها النواة وهي:

١- جسيمات ألفا ($particles$) وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم (^4_2He) والأنوية التي تخرج منها جسيمات ألفا تتحول إلي نواة أخري جديدة يقل عددها الكتلي بمقدار ٤ والعدد الذري بمقدار ٢ مثل التفاعل الأتي:

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^4_2He + Q \qquad (2\text{-}1)$$

٢- جسيمات بيتا($particles$) وهي عبارة عن إلكترونات سالبة (^{0}) وإلكترونات موجبة (^{0}). ، والأنوية التي تخرج منها جسيمات بيتا تتحول إلي نظير للنواة الأم ولا يتغير عددها الكتلي ولكن العدد الذري يزيد أو يقل بمقدار الوحدة مثل الحالات الآتية:

obeikandl.com

١- خروج جسيمات بيتا السالبة عندما تكون النواة تحتوي علي عدداً زائداً من النيوترونات وفيها يتحول النيوترون إلي بروتون داخل النواة ويخرج جسيم أولي يسمي ضديد النيوترينو $\bar{\nu}$ كتلته الساكنة تساوي صفر تقريباً. ونلاحظ أن العدد الذري يزيد بمقدار الوحدة.

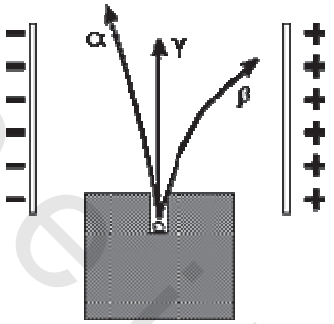
$$n \rightarrow p + \nu + (e^{-}) + \bar{\nu}$$
$$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + \nu + e^{-} + \bar{\nu} \qquad (2\text{-}2)$$

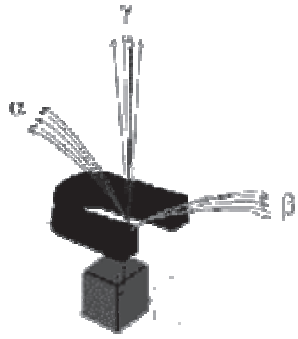
ب- خروج جسيمات بيتا الموجبة عندما تكون النواة تحتوي علي عدداً زائداً من البروتونات وفيها يتحول البروتون إلي النيوترون داخل النواة ويخرج جسيم أولي يسمي النيوترينو ν كتلته الساكنة تساوي صفر تقريباً. ونلاحظ أن العدد الذري يقل بمقدار الوحدة.مثل

$$p \rightarrow n + \nu + (e^{+}) + \nu$$
$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + \nu + e^{+} + \nu \qquad (2\text{-}3)$$

٣- أشعة جاما (γ *rays*) وهي أشعة كهرومغناطيسية ذات تردد عالي وتنطلق نتيجة لحركة الشحنات داخل النواة مثل انتقال البروتون بين القشور النووية والأنوية التي تخرج منها أشعة جاما لا تتحول إلي نواة جديدة ولكن تقل درجة أثارتها . شكل (١-٢) يوضح تأثير المجال المغناطيسي علي الأشعاعا ت النووية. وجدول (١-٢) يوضح قوة التأين والنفاذية النسبية لهذه الإشعاعات النووية وتعتبر هذه الإشعاعات إشعاعات مؤينة ionizing radiation آي أن طاقاتها قادرة على تأين ذرات الوسط التي تنتقل من خلاله ويتولد بالتالي أيونات موجبة الشحنة و إلكترونات . وشكل (٢-٢) يوضح قوة اختراق الأشعة النووية خلال الجسيمات.

openkanal.com



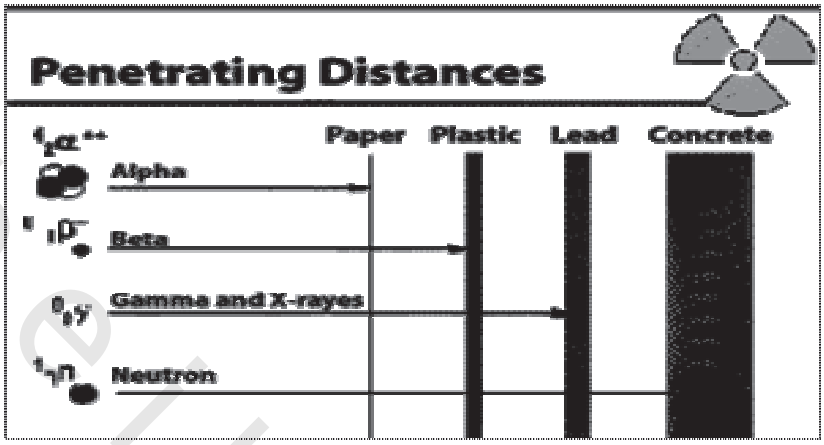


شكل (١-٢) يوضح تأثير المجال المغناطيسي علي الأشعاعا ت النووية

الإشعاعات النووية	قوة التأين النسبية	قوة النفاذية النسبية
جسيمات ألفـا (particles)	١٠٠٠٠	١
جسيمات بيتـــا (particles)	١٠٠	١٠٠
أشعة جامـــا(rays)	١	١٠٠٠٠

جـدول (١-٢) يوضح قوة التأين والنفاذية النسبية للإشعاعات النووية

obeikandl.com



شكل (٢-٢) يبين مرور الأشعاعا ت النووية في المواد المختلفة

٢-٢ قانون الانحلال (الاضمحلال) الإشعاعي
Law of Decay of Radioactivity

ظاهرة النشاط الإشعاعي ذات طبيعة إحصائية أي لا يتحلل نفس عدد الأنوية عند نفس الظروف ونفس الفترة الزمنية ولذلك لا يمكن التنبؤ عن نتيجة عملية الانحلال الإشعاعي مسبقاً وتعتمد هذه العملية علي الاحتمالات. ويعرف ثابت الانحلال الإشعاعي(λ) علي أنه احتمال انحلال نواة العنصر إشعاعياً في وحدة الزمن في الثانية الواحدة ووحدته ($\sec^{-1}$). ويعتبر ثابت الانحلال الإشعاعي مقدار ثابت لجميع أنوية العنصر الواحد ولا يعتمد علي درجة الحرارة والرطوبة والضغط ويعتمد فقط علي تركيب نواة العنصر ولا تعتمد علي الزمن أي لا تعتمد علي عمر النواة المشعة. فإذا كان (λ) هي احتمال انحلال النواة في الثانية الواحدة وبالتالي يكون احتمال انحلال النواة في فترة زمنية dt هو λdt. وإذا كان عدد الأنوية لنفس العنصر هو N فيمكن حساب عدد الأنوية التي تتحلل dN في الفترة الزمنية dt هو:

$$dN = -(\lambda dt)N = -\lambda N dt \qquad (2\text{-}4)$$

والإشارة السالبة تعني أن عدد الأنوية يقل بمرور الزمن. ويمكن كتابة المعادلة (2-4) علي الصورة الآتية:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \qquad (2\text{-}5)$$

بتكامل المعادلة (2-5) نحصل علي:

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \qquad (2\text{-}6)$$

حيث N_0 عدد الأنوية عند الزمن $t = 0$، N عدد الأنوية عند الزمن t.

ومن التكامل السابق نحصل علي:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \quad \Rightarrow \quad N = N_0 e^{-\lambda t} \qquad (2\text{-}7)$$

ويمكن تعريف النشاط الإشعاعي بأنه عدد الإنحلالات الناتجة من مادة مشعة في الثانية الواحدة.

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N \qquad (2\text{-}8)$$

عند $t = 0$ فإن $A_0 = \lambda N_0$ وبالتالي يمكن التعويض في (2-8) نحصل علي:

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t} \qquad (2\text{-}9)$$

حيث: A_0 هي النشاط الإشعاعي الابتدائي أي عند $t = 0$، A هي النشاط الإشعاعي بعد مرور فترة زمنية t.

٢-٣ نصف العمر الزمني Half Life Time

يعرف نصف العمر الزمني بأنه الزمن اللازم لتحلل نصف عدد الأنوية الموجودة في المادة المشعة ويرمز له ($t_{½}$) أي أنه عندما تكون $t = t_{½}$ فإن $N = \frac{N_0}{2}$ وبالتعويض في معادلة رقم (2-7) نحصل علي:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \qquad (2\text{-}10)$$

وعندما نأخذ لوغاريتم الطرفين نحصل علي:

$$\ln(\frac{1}{2}) = \ln(e^{-\lambda t_{1/2}}) = -\lambda t_{1/2} \qquad (2\text{-}11)$$

$$\ln(2) = \lambda t_{1/2} \quad \Rightarrow \quad t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} \qquad (2\text{-}12)$$

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} \qquad (2\text{-}13)$$

ويكون النشاط الإشعاعي للمادة المشعة هو:

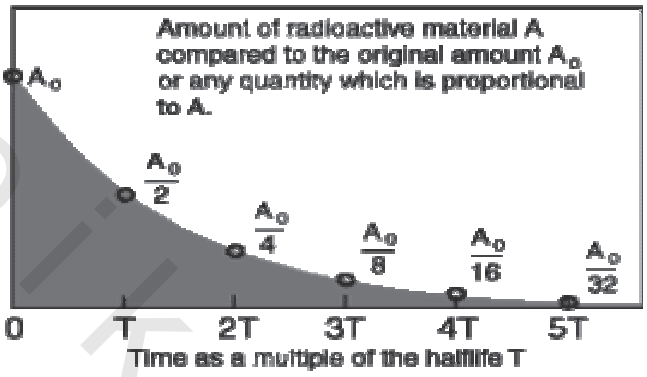
$$A = A_0 e^{-\frac{0.693}{t_{1/2}}} \qquad (2\text{-}14)$$

ونستنتج مما سبق أن نصف العمر الزمني ($t_{1/2}$) يتناسب عكسياً مع ثابت الانحلال الإشعاعي (λ). جدول (٢-٢) يوضح أعمار النصف لبعض العناصر النووية.

العنصر النووي	نصف العمر الزمني
اليورانيوم- ٢٣٨ ($^{238}_{92}U$)	451×10^7 سنة
اليورانيوم-٢٣٥ ($^{235}_{92}U$)	7×10^8 سنة
الثوريوم-٢٣٢ ($^{232}_{90}Th$)	139×10^8 سنة
الراديوم- ٢٢٦ ($^{226}_{88}Ra$)	١٥٩٠ سنة
الرادون-٢٢٢ ($^{222}_{86}Rn$)	٣,٨ يوم
الكربون-١٤ ($^{14}_{6}C$)	٥٧٣٠ سنة
الكوبالت-٦٠ (^{60}Co)	٥ سنة

obeikandl.com

ويبين شكل (٣-٢) تغير النشاط الإشعاعي (A) مع فترة نصف العمر الزمني (T).



٢-٤ متوسط العمر الزمني Mean Life Time

يعرف متوسط العمر الزمني بأنه مجموع أعمار كل الأنوية على عددها أو هو معدل الزمن الذي تبقي خلاله الأنوية بدون إنحلال أشعاعي ويرمز له بالرمز T_m ويمكن حسابه من:

$$T_m = \frac{\sum tdN}{\sum dN} \qquad (2\text{-}15)$$

ولأن الزمن كمية متصلة فيمكن أن نستخدم التكامل بدلاً من المجموع وتكون المعادلة كالأتي:

$$T_m = \frac{\int_0^{\infty} tdN}{\int_0^{\infty} dN} = \frac{\int_0^{\infty} t\lambda N_0 e^{-\lambda t} dt}{\int_0^{\infty} \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt} = \frac{\int_0^{\infty} te^{-\lambda t} dt}{\int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt} \qquad (2\text{-}16)$$

$$T_m = \frac{-\frac{d}{d\lambda}(\frac{1}{\lambda})}{\frac{1}{\lambda}} = \frac{1}{\lambda} \qquad (2\text{-}17)$$

أي أن متوسط عمر النواة الواحدة أكبر من عمر النصف للمادة المشعة كلية. ومن المعادلة (2-13) يمكن حساب ثابت الانحلال من:

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

وبالتعويض في المعادلة (2-17) يمكن حساب العلاقة بين عمر النصف الزمني ($t_{\frac{1}{2}}$) ومتوسط العمر الزمني T_m:

$$T_m = \frac{1}{\lambda} = \frac{t_{\frac{1}{2}}}{0.693} = 1.44 t_{\frac{1}{2}} \qquad (2\text{-}18)$$

٢-٥ الانحلال الإشعاعي المتزن

تكون بعض المواد الناتجة من عمليات الانحلال الإشعاعي هي مواد مشعة فتنحل بصورة تلقائية في حال تكوينها. ومثال علي ذلك اليورانيوم-٢٣٤ حيث يتحول إلي ثوريوم-٢٣٠ وجسيم ألفا والثوريوم يتحول بدوره إلي راديوم ٢٢٦ وجسيم ألفا وهكذا. نفرض أن النواة الأم هي X_1 ونصف العمر لها t_1 وثابت الانحلال لها λ_1 وقد تفككت ونتج عنها مادة جديدة تعرف بالنواة الابنة X_2 ونصف العمر لها t_2 وثابت الانحلال لها λ_2 ونفرض أن عدد ذرات المادة الأصلية عند $t = 0$ يساوي N_0 بينما عدد ذرات النواة الابنة يساوي الصفر عند $t = 0$ ويمكن كتابة عدد ذرات النواة الأم كدالة في الزمن علي الصورة:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \qquad (2\text{-}19)$$

وبعد فترة زمنية قدرها dt فإن عدد الأنوية المنحلة من النواة الأم X_1 ويتحول إلي النواة الابنة هو ($N_1 \lambda_1 dt$) والتي ينقص عددها في نفس

openkapar.com

الفترة الزمنية وبسبب التحلل بمقدار ($N_2\lambda_2 dt$) وبالتالي يكون عدد الأنوية المتبقية من X_2 يكون N_2 حيث:

$$dN_2 = N_1\lambda_1 dt - N_2\lambda_2 dt \qquad (2\text{-}20)$$

ويكون معدل إنتاج النواة الابنة:

$$\frac{dN_2}{dt} = N_1\lambda_1 - N_2\lambda_2 \qquad (2\text{-}21)$$

وتكون فترة نصف العمر الزمني للنواة الأم كبيرة جداً بالمقارنة بفترة نصف العمر الزمني للنواة الابنة أي $t_2 \gg t_1$ وفي هذه الحالة عند اعتبار الفترة الزمنية التي تكون متقاربة مع t_2 وهي بالتالي قصيرة جداً مقارنة مع فترة نصف العمر للنواة الأم فإنه يمكن اعتبار أن عدد ذرات الأم ثابت وكذلك عدد الذرات التي تتحلل في الثانية الواحدة. وبما أن معدل النواة الابنة كبير جداً فإن هذه النواة تتحلل بنفس معدل تكوينها ويبقى عدد ذراتها ثابتاً ويكون معدل إنتاجها معدوماً أي أن:

$$\frac{dN_2}{dt} = N_1\lambda_1 - N_2\lambda_2 = 0 \qquad (2\text{-}22)$$

$$N_1\lambda_1 = N_2\lambda_2 \qquad (2\text{-}23)$$

وفي حالة وجود عدة عمليات تحلل فيمكن تعميم النتيجة وتكون:

$$N_1\lambda_1 = N_2\lambda_2 = N_3\lambda_3 \qquad (2\text{-}24)$$

ويكون نشاط جميع الأنوية الموجودة متساوياً ويقال أن التحلل في هذه الحالة متزناً.

٦-٢ السلاسل الإشعاعية Radioactive Chain

يوجد في الطبيعة كثيراً من العناصر المشعة وخاصة العناصر ذات العدد الذري الكبير ($Z = 82$) لأن بها عدد كبير من البروتونات ويحدث بينها تنافر ونتيجة لقوة التنافر بينها ينشأ في النواة عدم استقرار وتصبح نواة مشعة وتقوم بإطلاق جسيمات ألفا وبيتا حتى تصل إلي عنصر مستقر ودائماً يكون الرصاص. وتوجد العناصر المشعة الطبيعية في ثلاث سلاسل

obeikandi.com

معروفة وتسمي السلسلة بأسم العنصر الأطول في العمر والسلاسل الثلاثة هي:

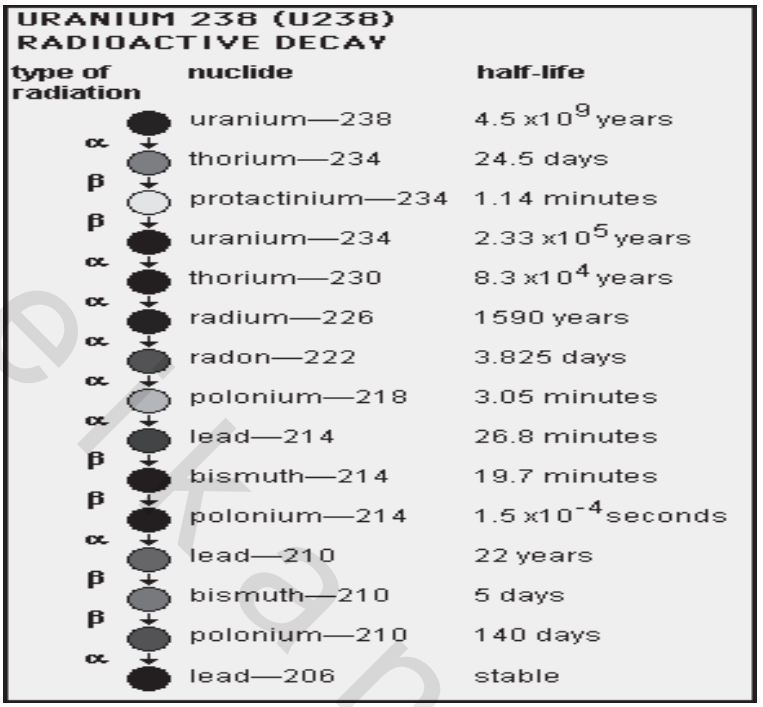
١- سلسلة الثوريوم $^{232}_{90}Th$ وتكون صيغة العدد الكتلي لها $4n$ حيث n عدد صحيح وتبدأ السلسلة بالثوريوم $^{232}_{90}Th$ الذي له فترة نصف العمر الزمني تساوي 139×10^{8} سنة وتنتهي بالرصاص $^{208}_{82}Pb$.

٢- سلسلة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ وتكون صيغة العدد الكتلي لها $4n+2$ حيث n عدد صحيح وتبدأ السلسلة باليورانيوم $^{238}_{92}U$ الذي له فترة نصف العمر الزمني تساوي 451×10^{7} سنة وتنتهي بالرصاص $^{206}_{82}Pb$ كما في شكل (٢-٤).

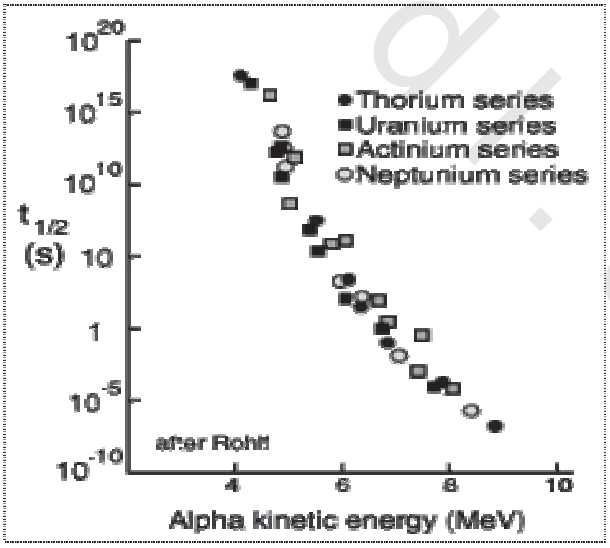
٣- سلسلة الاكتينيوم وهو أحد نظائر اليورانيوم $^{238}_{92}U$ وتكون صيغة العدد الكتلي لها $4n+3$ حيث n عدد صحيح وتبدأ السلسلة بالاكتينيوم الذي له فترة نصف العمر الزمني تساوي 707×10^{6} سنة وتنتهي بالرصاص $^{206}_{82}Pb$.

٤- سلسلة النبتونيوم $^{237}_{93}Np$ وهي سلسلة رابعة غير موجودة في الطبيعة ولكن يمكن تحضيرها في المفاعلات النووية. وتكون صيغة العدد الكتلي لها $4n+1$ حيث n عدد صحيح وتبدأ السلسلة بالنبتونيوم $^{237}_{93}Np$ الذي له فترة نصف العمر الزمني تساوي 225×10^{4} سنة وتنتهي بالبزموث $^{208}_{83}Bi$. شكل (٢-٥) يوضح طاقة الحركة لجسيم ألفا في السلاسل الأربعة. شكل (٢-٦) يوضح شكل السلاسل الإشعاعية الأربعة.

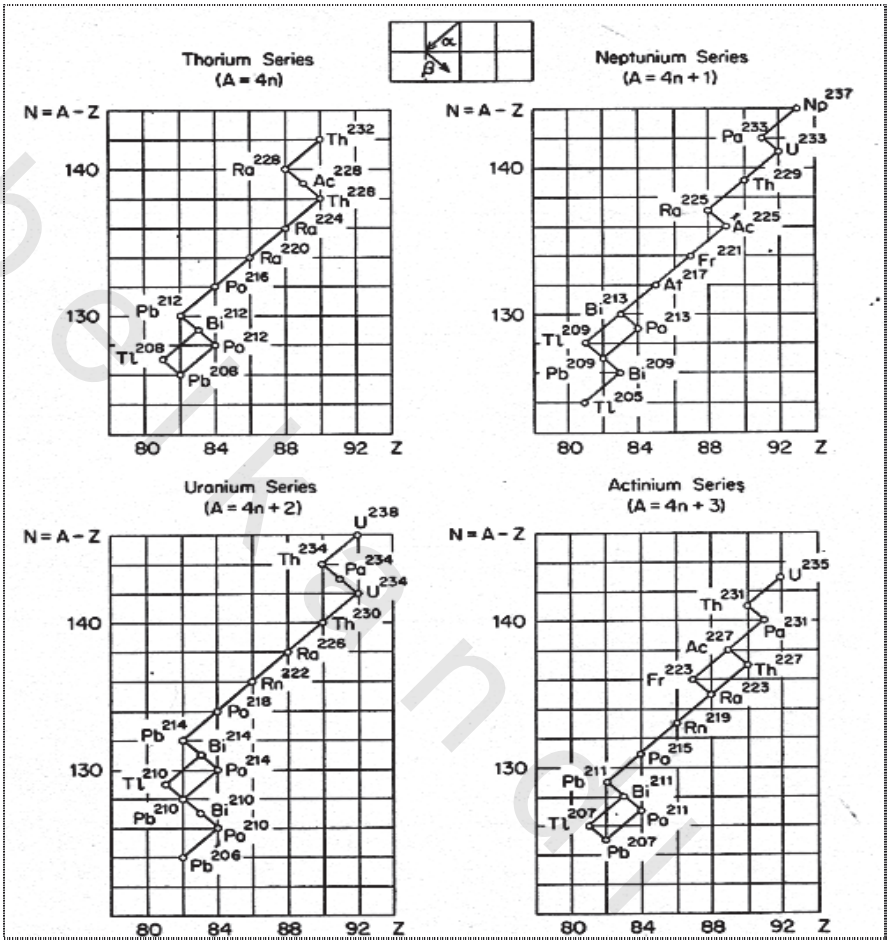
openkanal.com



شكل (٤-٢) يوضح سلسلة اليورانيوم $^{238}_{92}U$



شكل (٥-٢) يوضح طاقة الحركة لجسيم ألفا في السلاسل الأربعة.



شكل (٦-٢) يوضح السلاسل الإشعاعية الأربعة.

٢-٧ الانشطار الإشعاعي Radioactive Fission

ظاهرة النشاط الإشعاعي قد هزت دعائم قانون بقاء الطاقة عنداكتشافهاعام١٨٩٦. و قد فرض العالم الفيزيائي الألماني الأصل البرت أينشتين Albert Einstein في نظريته" النظرية النسبية الخاصة " أن الكتلة ما هي إلا صورة من صور الطاقة حيث ثبت صحة هذا الفرض بعد ذلك عملياً. وقد نال عليها جائزة نوبل في الفيزياء عام١٩٢١م . و المعادلة

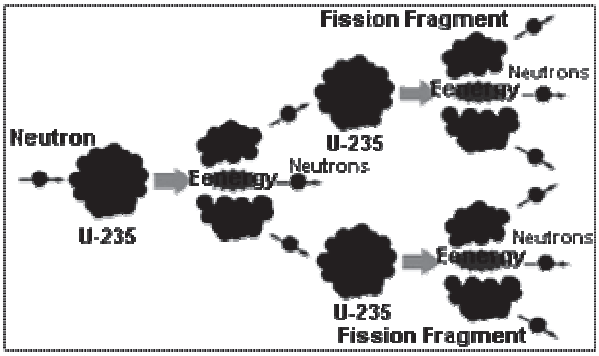
الشهيرة تتلخص في أن الطاقة E المنبعثة نتيجة تحول كتلة ما m تساوى عددياً حاصل ضرب قيمة هذه الكتلة في مربع سرعة الضوء في الفراغ أى أن $E = mc^2$ حيث $c = 3 \times 10^{10} cm \sec$ وهذا معناه أن كتلة صغيرة جداً قادرة على أن تعطى كمية هائلة من الطاقة. وعلى سبيل المثال فان جرام واحد من المادة يكافئ حوالي $E = 9 \times 10^{20}$ جول من الطاقة.

ولقد تم اكتشاف الانشطار النووي في ديسمبر ١٩٣٨ م أي بعد حوالي ٤٢ عاماً من اكتشاف النشاط الإشعاعي وذلك عندما حاول العلماء استحداث نظير لعنصر اليورانيوم ٢٣٥ ذو العدد الذرى ٩٢ والذي تحتوي نواته علي ١٤٣ نيوترون وذلك بإضافة نيوترون جديد إلى نواته ليصبح يورانيوم ٢٣٦. وهذا النظير غير مستقر فيتفتت إلى وحدات صغيرة لعناصر جديدة ويكون مصاحبا لانبعاث طاقة حرارية هائلة نتيجة نقص في مجموع كتل الوحدات الصغيرة بعد التفاعل عن تلك الكتلة الداخلة قبل التفاعل . وبتطبيق علاقة أينشتين قدرت الطاقة الحرارية المتولدة من انشطار نواة اليورانيوم ٢٣٦ بحوالي ٢٠ مليون ضعف الطاقة الحرارية المتولدة من اشتعال جزئ واحد من مادة الديناميت. ونظرا لخروج عدد ٣ نيوترونات بالإضافة إلي عنصر الأسترنشيوم-٩٠ والزينون-١٤٣ فإن هذا الانشطار يمكن أن يستمر كما هو مبين فى الشكل حيث تتكرر هذه العملية مع نويات يورانيوم أخرى فيما يسمى بالتفاعل المتسلسل Chain reaction كما في شكل (٧-٢) .وتوجد مشكلتان أساسيتان قابلت العلماء لإتمام التفاعل المتسلسل في اليورانيوم الطبيعي يمكن تلخيصهما فيما يلي,وهما أن كمية اليورانيوم-235 في اليورانيوم الطبيعى ضئيلة بالنسبة لنظيره يورانيوم-238 وذلك بنسبة ١ إلى ١٤٠ . وأن النيوترونات الناتجة من عملية انشطار اليورانيوم-235 تكون سريعة وتصل طاقتها إلى مليون إلكترون فولت ولذلك يقوم اليورانيوم-235 بأسر معظمها فلا يتم التفاعل المتسلسل. وللتغلب علي هذه المشاكل فكر العلماء في الأتي:

١- زيادة نسبة اليورانيوم-235 إلى اليورانيوم- 238 في عملية تعرف باسم الإثراء (Enrichment) وهي عملية تكنولوجية معقدة نظرا لأن نظيرا اليورانيوم لهما نفس الخواص الكيماوية. لذلك تعتمد طرق فصل اليورانيوم- 235 عن اليورانيوم-238 علي الاختلافات الطفيفة في خواصهما الطبيعية مثل الوزن الذري. كما تحتاج لتكنولوجيا رفيعة المستوى يتم فيها إحداث تأين لذرات اليورانيوم Ionizationثم يتم تعجيلها Acceleration واختيار أيونات ذات سرعات محددة .Velocity selection وعند التأثير عليها بمجال مغناطيسي تتحرك هذه الأيونات فى مسارات دائرية متعددة تختلف فيها أنصاف الأقطار r حسب كتلتها. وبذلك يمكن فصل نظيرى اليورانيوم وتتكرر هذه العملية حتى يتم زيادة نسبة النظير الأول بالنسبة للثاني .

٢ - إبطاء سرعة النيوترونات Moderation وذلك عن طريق تصادمها مع مادة لها وزن ذري صغير مثل الكربون أو الماء . و بذلك تفقد النيوترونات جزءا كبيرا من الطاقة حيث تصل طاقاتها إلى الطاقة الحرارية أقل من ٠,١ إلكترون فولت التي تكون فيها في اتزان حراري مع الوسط . عندئذ تكون النيوترونات قادرة على إحداث انشطار لنواة اليورانيوم- 235 وقد وجد أن النيوترون يحتاج إلى ١٢٣ اصطداما مع نوي الكربون ليصل إلى السرعة الحرارية. وكلما قل الوزن الذري لمهدئ Moderator انخفض عدد تصادمات النيوترون ليصل إلى السرعة الحرارية.

٣ـ الإبقاء علي النيوترونات الناتجة من الانشطار حتى لا تتسرب خارج كتلة اليورانيوم ويستمر التفاعل المتسلسل .ويعرف حجم اليورانيوم اللازم لذلك بالحجم الحرج. Critical Size



شكل (٧-٢) يوضح التفاعل المتسلسل

٢-٨ وحدات قياس النشاط الإشعاعي

وحدة قياس النشاط الإشعاعي المعروفة في الوقت الحاضر هي الكوري والذي يعرف بأنه النشاط الإشعاعي الناتج من انحلال واحد جرام من المادة. ولو اعتبرنا أنه لدينا واحد جرام من الراديوم-٢٢٦ المشع وله عمر نصف١٦٢٠سنة فيمكن حساب النشاط الإشعاعي في الثانية الواحدة من:

أولاً: نحسب ثابت الانحلال من المعادلة الآتية:

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{1620 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60} = 1.38 \times 10^{-11}\ \sec^{-1}$$

ثانيا: نحسب النشاط الإشعاعي من المعادلة:

$$A = \lambda N = \lambda(\frac{mN_A}{M})$$

حيث أن m كتلة واحد جرام من المادة، M الوزن الجزيئي للمادة، N_A عدد أفوجادرو. بالتعويض في المعادلة السابقة نحصل علي:

$$A = \lambda(\frac{mN_A}{M}) = 1.38 \times 10^{-11}(\frac{1 \times 10^{-3} \times 6.02 \times 10^{26}}{226}) = 0.0368 \times 10^{12}$$

$$A = 3.7 \times 10^{10}\ dis/\sec$$

أي أن النشاط الإشعاعي الناتج من واحد جرام من الراديوم تساوي تقريباً $3.7 \times 10^{10}\, dis/\sec$ وسميت هذه القيمة الكوري أي أن وحدات النشاط الإشعاعي هي:

١ – الكوري $1Ci = 3.7 \times 10^{10}\, dis/\sec(\sec^{-1})$

٢- الميللي كوري $1mCi = 3.7 \times 10^{7}\, dis/\sec(\sec^{-1})$

٣- الميكروكوري $1\mu Ci = 3.7 \times 10^{4}\, dis/\sec(\sec^{-1})$

وتوجد وحدة أخري حديثة في النظام العالمي للوحدات (SI) تسمي البيكريل لتكون وحدة قياس النشاط الإشعاعي ويعرف علي أنه تحلل نووي واحد في الثانية:

١- البيكريل $1Bq = 1dis/\sec$

٢- الكوري $1Ci = 3.7 \times 10^{10}\, Bq$

٢-٩ أمثلة محلولة

مثال(١-٢) إذا كانت فتره نصف العمر الزمني لعنصر الصوديوم يساوي ١٥ ساعة.ما الوقت اللازم لانحلال ٧٥و٩٣ % من عينه هذا النظير.

الحل: نسبة عنصر الصوديوم الكلية = ١٠٠ %

النسبة المتبقية بعد التحلل = ١٠٠ % - ٧٥و٩٣ % = ٢٥و٦ %

من قانون التحلل الإشعاعي وهو $N = N_0 e^{-\lambda t}$ حيث N_0 عدد الأنوية قبل التحلل، N عدد الأنوية بعد التحلل. نحسب ثابت الانحلال من المعادلة الآتية:

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{15} = 46.2 \times 10^{-3}\ \sec^{-1}$$

وعدد الأنوية المتبقية $\left(\frac{N}{N_0}\right)$ يحسب من:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = 6.25\% = e^{-\lambda t}$$

obeikandl.com

$$\frac{6.25}{100} = e^{-\lambda t} \quad \ln(\frac{6.25}{100}) = \ln(e^{-\lambda t}) = \ln(\frac{6.25}{100}) = -\lambda t$$

$$\ln(\frac{100}{6.25}) = \lambda t \quad \ln(16) = \lambda t \quad t = \frac{\ln(16)}{\lambda} = \frac{2.8}{46.2\times10^{-3}} = 0.1\times10^{3} = 100h$$

مثال(٢-٢) إذا كانت فتره نصف العمر الزمني لعنصر البوتاسيوم المشع-٤٠ والذي يعمل كمصدر مشع في جسم الإنسان يساوي($13\times10^{8}\ year$) ، فإذا كانت نسبته في البوتاسيوم الطبيعي تساوي (0.012%) وكانت نسبته في جسم الإنسان تساوي (0.2%). أحسب النشاط الإشعاعي للبوتاسيوم-٤٠ في جسم كتلته ٧٠ كجم.

الحل: كتلة البوتاسيوم في الجسم هي:

$$0.2\% \times 70 = \frac{0.2}{100} \times 70 = 0.14kg$$

كتلة البوتاسيوم-٤٠ المشع في الجسم هي:

$$0.012\% \times 0.14 = 1.68\times10^{-5}kg$$

يمكن حساب عدد ذرات البوتاسيوم-٤٠ المشع الموجودة في جسم الإنسان من:

$$N = (\frac{6.02\times10^{26}}{40})\times1.68\times10^{-5} = 2.53\times10^{20}\ atom$$

ويمكن حساب النشاط الإشعاعي من:

$$A = \lambda N = 2.53\times10^{20}(\frac{0.693}{13\times10^{8}\times365\times24\times3600}) = 4.28\times10^{3}\sec^{-1}(Bq)$$

$$A = 4.28\times10^{3}\sec^{-1}(Bq) \quad A = \frac{4.28\times10^{3}}{3.7\times10^{10}} = 1.16\times10^{-7}Ci$$

obeikandl.com

مثال(٣-٢) إذا كانت نسبة تواجد نظيري اليورانيوم ٢٣٨، ٢٣٥ قي صخور القشرة الأرضية في الوقت الحاضر هي (٣٧,٦ : ١) وعلي أن النسبة بينهما كانت في الأصل متساوية احسب عمر القشرة الأرضية علماً بأن فترة نصف العمر لليورانيوم -٢٣٨ يساوي ($45\times10^{8}\ year$) وفترة نصف العمر لليورانيوم -٢٣٥ يساوي ($713\times10^{6}\ year$).

الحل:من قانون التحلل الإشعاعي

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

في حالة اليورانيوم-٢٣٨ واليورانيوم-٢٣٥ تكون:

$$N_{U238} = N_0 e^{-\lambda t},\ N_{U235} = N_0 e^{-\lambda t},$$

وبقسمة الاثنين نحصل علي:

$$\frac{N_{U238}}{N_{U235}} = \frac{N_{0(U238)} e^{-\lambda_{238} t}}{N_{0(U235)} e^{-\lambda_{235} t}},= \frac{N_{0(U238)}}{N_{0(U235)}} e^{(\lambda_{235}-\lambda_{238})t}$$

ولكن نسبة الذرات في الأصل هي: $\frac{N_{U238}}{N_{U235}} = 1$ **وفي الوقت الحاضر هي:**

$\frac{N_{U238}}{N_{U235}} = 37.8$ **وبالتعويض في المعادلة السابقة نحصل علي:**

$$37.8 = e^{(\lambda_2-\lambda_1)t} \quad t = \frac{\ln 37.8}{\lambda_{235}-\lambda_{238}}$$

نحسب ثابت الانحلال لليورانيوم -٢٣٨ من المعادلة الآتية:

$$\lambda_{U238} = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{45\times10^{8}} = 0.154\times10^{-9}\ year^{-1}$$

نحسب ثابت الانحلال لليورانيوم -٢٣٥ من المعادلة الآتية:

$$\lambda_{U235} = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{713\times10^{6}} = 0.97\times10^{-9}\ year^{-1}$$

obeikandl.com

ويمكن حساب عمر القشرة الأرضية من:

$$t = \frac{\ln 37.8}{\lambda_{235} - \lambda_{238}} = \frac{3.6}{(0.97 - 0.154)\times 10^{-9}} = \frac{3.6}{0.816}\times 10^{9} = 4.5\times 10^{9}\ year$$

مثال(٤-٢) إذا كان عمر النصف للراديوم-٢٢٦ يساوي ($1590 year$) وعندما يتحلل ينتج منه رادون ($^{222}_{86}Rn$) فترة نصف العمر له تساوي ($3.8 days$). أحسب كتلة الرادون الموجودة في حالة أتزان مع ١ جم من الراديوم ثم أحسب نشاطها.

الحل: من قانون التحلل الإشعاعي المتزن ومن المعادلة (2-23)

$$N_1\lambda_1 = N_2\lambda_2 = \frac{N_1}{t_1} = \frac{N_2}{t_2}$$

ويمكن حساب عدد ذرات الراديوم من:

$$N_1 = \frac{6.023\times 10^{23}}{226} = 2.67\times 10^{21}\ atom,$$

$$t_1 = 1590\times 365 days \ \& \ t_2 = 3.8 days$$

ويمكن حساب عدد ذرات الرادون الموجودة في حالة أتزان مع الراديوم من:

$$N_2 = \frac{N_1 t_2}{t_1} = \frac{2.67\times 10^{21}\times 3.8}{5.8\times 10^{5}} = 1.75\times 10^{16}\ atom,$$

وتكون كتلة هذه الذرات هي:

$$m = \frac{222}{6.023\times 10^{23}}\times 1.75\times 10^{16}\ atom = 6.45\times 10^{-6}\ gm,$$

ويكون نشاط الرادون هو:

$$A = N\lambda = \frac{0.693}{3.8\times 24\times 3600}\times 1.75\times 10^{16} = 3.06\times 10^{10}\ Bq$$

obeikandl.com

مثال(٢-٥) إذا كان عمر النصف للاسترانشيوم-٩٠ يساوي ($28 year$) أحسب نسبة الاسترانشيوم المتبقية بعد ١٠٠ سنة من انفجار قنبلة نووية.

الحل: من قانون التحلل الإشعاعي: $N = N_0 e^{-\lambda t}$

حيث N_0 عدد الأنوية قبل التحلل، N عدد الأنوية بعد التحلل.

نحسب ثابت الانحلال من المعادلة الآتية:

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{28}$$

وعدد الأنوية المتبقية ($\frac{N}{N_0}$) يحسب من:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-(\frac{0.693}{28})\times 100} = e^{-(0693\times 3.6)} = e^{-2.5} = 0.09$$

مثال(٢-٦) إذا كان عمر النصف للكوبالت-٦٠ يساوي ($5.27 year$) أحسب النشاط الإشعاعي الناتج عن جرام واحد منه.

الحل: نحسب ثابت الإنحلال من المعادلة الآتية:

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{5.27\times 365\times 24\times 60\times 60} = \frac{0.693}{166\times 10^{10}} = 4.22\times 10^{-13}\ \sec^{-1}$$

ونحسب النشاط الإشعاعي من المعادلة: $A = \lambda N = \lambda(\frac{mN_A}{M})$

حيث أن m كتلة واحد جرام من المادة، M الوزن الجزيئي للمادة، N_A عدد أفوجادرو. بالتعويض في المعادلة السابقة نحصل علي:

$$A = \lambda(\frac{mN_A}{M}) = 4.22\times 10^{-13}(\frac{1\times 10^{-3}\times 6.02\times 10^{26}}{60}) = 0.4\times 10^{10}$$

$$A = 0.4\times 10^{10}\ dis/\sec$$

أي أن النشاط الإشعاعي الناتج من واحد جرام من الكوبالت تساوي تقريباً $0.4\times 10^{10}\ dis/\sec$

obeikandl.com

١٠- ٢ أسئلة عامة

١- أحسب ثابت الإنحلال للنظائر المشعة التالية:

أ- ^{232}Th إذا كان فترة نصف العمر الزمني له 1.4×10^{10} سنة.

ب- ^{32}P إذا كان فترة نصف العمر الزمني له 14.3 يوم.

٢- أوجد العلاقة بين ثابت الانحلال وفترة نصف العمر الزمني ومتوسط العمر الزمني.

٣- أحسب النشاط الإشعاعي الناتج عن البلوتونيوم بعد مرور عدة أسابيع إذا كانت العينة النقية في البداية من اليورايوم-٢٣٩ نشاطها الإشعاعي ٠,٥ كوري.

٤- نواة مشعة ثابت الانحلال لها λ وتنتج هذه النواة في مفاعل نووي بمعدل I أثبت أن عدد الأنوية الموجودة منها عند الزمن t يعطي من العلاقة $N = \frac{I}{\lambda}(1-e^{-\lambda t})$.

٥- إذا كانت كتلة ذرة الليثيوم $^{7}_{3}Li$ تساوي (٧,٠١٦) وحدة كتل ذرية وكتلة ذرة البريليوم $^{7}_{4}Be$ تساوي (٧,٠١٦٩٣) وحدة كتل ذرية. وضح أي من النواتين يمكن أن تتفكك منتجة النواة الأخرى ثم بين نوع العملية وأحسب طاقتها.

٦- يتحلل اليورانيوم ^{234}U والذي له فترة نصف العمر الزمني 247×10^{3} سنة إلي ثوريوم ^{230}Th و فترة نصف العمر الزمني له 8×10^{4} سنة والذي يتحلل إلي راديوم ^{226}Ra. أحسب كتلة كل من اليورانيوم والثوريوم التي تكون موجودة في عينة من اليورانيوم النقي كتلتها ٢٠ جرام وبعد مضي ١٥٠ سنة عليها.

obeikandi.com