بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا

كلية التربية

قسم العلوم / الفيزياء

بحث تكميلي لنيل درجة البكالريوس بعنوان :

النظائر المشعة وتطبيقاتها في الصناعة

إعداد الطلاب :

1. بخيت الطيب موسى محمد
2. عبد العزيز عبد الله عمر خاطر
3. معاوية الرحمة محمد بازنقر
4. أحمد جاد الفضيل علي المكي

إشراف :

د . أحمد محمد صالح

يوليو / 2014م

الآيـــــة

قال تعالي :

(قُلِ ادْعُوا الَّذِينَ زَعَمْتُم مِّن دُونِ اللَّهِ لَا يَمْلِكُونَ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ فِي السَّمَاوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَمَا لَهُمْ فِيهِمَا مِن شِرْكٍ وَمَا لَهُ مِنْهُم مِّن ظَهِيرٍ)

صدق الله العظيم

سورة سبأ الآية 22

الإهـــداء

أهدي إلي كل من ساهم في تعليمي ..

أهدي إلي كل من كان لهم الفضل عليّ ..

وإلي .. من سعى وشقيّ لأنعم بالراحة والهنا الذي لم يبخل بشئ من أجل ونعي إلي طريق النجاح الذي ساعرني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر ....

أبي العزيز ..

إلي من هي شمعة تذوب لتنير دروب الآخرين ،، لمن هي زهرة تزيل لتفوح برائحة الياسمين .. لمن هي العطاء الذي يفيض بلا حدود .. لمن هي رمز يجسد الكفاح والخلود ..

أمي العزيزة ..

إلي من علموني حروفاً من ذهب .. وكلمات من درر .. وعبارات أسمى وأجلى عبارات في العلم .. لمن صاغوا لنا علمهم حروفاً ومن فكرهم منارةً تنير لنا مسيرة العلم والنجاح ..

أساتذتي الأجلاء

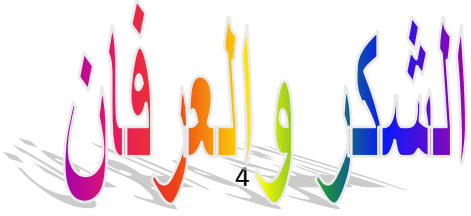
إلي الذين أحبهم ومن أجلهم تهون الصعاب وبقربهم تكتمل السعادة ..

إخوتي وأخواتي ..

إلي الذين كانوا معي وسيظلون في ذاكرتي طوال العمر ..

رفاق الدرب ..

إليكم جميعاً نهدي هذا الجهد المتواضع ....



الشكر أولاً وأخيراً لله رب العالمين ..

والشكر ..

للأستاذ القدير أحمد محمد صالح لعونه لنا في تجميع هذا البحث وترتيبه وتوجيهه لنا ،، بقبول شكرنا لك وتقديرنا الخاص بإشرافك علي هذا البحث فأصبحت فينا نموذجاً ومثالاً يُقتدى به وسنظل نروي سيرتك جيلاً بعد جيل ..

والشكر إلي ..

جامعة السودان أمناء مكتبة كلية العلوم ..

والشكر كذلك إلي مكتبة العلوم جامعة النيلين وأم درمان الإسلامية

والشكر لكل من ساعدني أثناء دراستي من أهلي وزملائي وأصدقائي ..

ولكم جميعاً حبنا وتقديرنا الوافي ....

المقدمة :

لإزالة الغموض الذي يحيط بموضوع الإشعاع والوقاية منه لابد من التطرق إلي المفاهيم العامة عن النشاط الإشعاعي وأنواعه والإنحلالات التي تحدث للذرات لنواة نظير معين مصحوب بإعطاء أو إصدار جسيمات نووية مثل جسيمات ألفا ، بيتا ، بروتون أو نيوترون وعملية التفكك أو الإنحلال لا تعتمد إطلاقاً علي الظروف الطبيعية مثل الحرارة وحالة النظير وغيرها .

وكذلك التفكك الإشعاعي لأشعة جاما الذي يتمثل في إصدار فوتونات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية وعموماً النشاط الإشعاعي هو خاصية كل نواة غير مستقرة فينبثق منها إشعاع تلقائي وتتحول الي نواة أكثر إستقراراً ويتوفق إستقرار النواة علي مجموعة النويات المترابطة من البروتونات والنيوترونات المكونة لها .

ونجد أن النظائر المشعة بأنواعها ومنها النظائر المستقرة والتي يبلغ عددها حوالي 40 نظيراً . أما الغير مستقرة يزيد عددها عن 1500 نظير مشع ، وتعتبر النظائر المشعة لها تطبيقات عديدة في الحياة في الزراعة والطب والصناعة وغيرها . ولقد إستخدمت في الصناعة في عدة مجالات مختلفة بإستخدام تقنيات عالية وحديثة وكذلك إتسع إستخدام الأشعة الصادرة من المعجلات والمفاعلات النووية وكذلك من النظائر المشعة كل فروع العلم والتطبيقات العملية والميدانية في حقول الطب وفي مجال الصناعة تستخدم النظائر المشعة في حل مشكلات القياس وفي ضبط جودة الإنتاج الصناعي بالإضافة الي الإستفادة من تقنية إختفاء الأثر للنظائر في مجالات الطب والزراعة فإن تطبيقاتها في الصناعة كثيرة . أما في مجال التعقيم يتم تشعيع الأغذية بجرعات محددة من أشعة جاما فتقضي علي الأشعة علي الميكروبات الضارة والتي تسبب تلف الأغذية .

مشكلة البحث :

ما هو أثر النشاط الإشعاعي عموماً وأثره في حفظ المواد الغذائية ؟

أسباب إختيار المشكلة :

- مدى الحاجة الي التعرف علي النشاط الإشعاعي واستخدامه الأمثل في الحياة اليومية .
- مدى إستخدام النشاط الإشعاعي في حفظ المواد الغذائية وإستبدالها بدلاً عن المواد الكيمائية .
- التعرف علي الكميات الإشعاعية وآثارها الإيجابية والسلبية علي حياة الفرد في الحياة العملية .

فروض البحث :

بعد الإنتهاء والتفرق من البحث يجب علي الدارس معرفة كل من :

1. النشاط الإشعاعي .
2. النظائر المشعة .
3. تطبيقات النظائر المشعة.
4. حفظ المواد الغذائية باستخدام أشعة جاما .

منهج الدراسة :

المنهج التجريبي الوصفي .

أهمية البحث :

هذا البحث هو دراسة نظرية وتطبيقية لتقديم معلومات كافية عن النظائر المشعة وتطبيقاتها في مجال الصناعة ومعرفة النوى المستقرة والغير مستقرة وكذلك معرفة النشاط الإشعاعي بصورة عامة و معرفة مدى حفظ المواد الغذائية بأشعة جاما والعملية التي تطبق بها أشعة جاما علي المواد الغذائية .

أهداف البحث :

تهدف هذه الدراسة الي :

- التعرف علي النشاط الإشعاعي بصورة عامة .
- التعرف علي النظائر المشعة الطبيعية في الصناعة .
- التعرف علي حفظ المواد الغذائية بأشعة جاما .

محتوى البحث :

هذا البحث يحتوي علي خمسة فصول ،في الفصل الأول يتناول الخطة العامة للبحث ، والفصل الثاني يحتوي علي النشاط الإشعاعي والفصل الثالث عبارة عن موضوع البحث ويضم النظائر المشعة والفصل الرابع تطبيقات النظائر المشعة وفي الفصل الخامس يتناول حفظ المواد الغذائية باستخدام أشعة جاما .

حدود البحث :

1. حدود زمانية : تمتد حدود الدراسة الزمانية في الفترة

من 10 مارس – 2 يوليو / 2014م .

2. حدود مكانية : تمتد الدراسة المكانية ابتداءاً من :
   - جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا .
   - حامعة النيلين كلية العلوم .
   - جامعة أم درمان الإسلامية .

مستخلص البحث :

هدفت هذه الدراسة إلي معرفة النشاط الإشعاعي بصورة عامة والنظائر المشعة بصورة خاصة وتطبيقاتها في مجال الصناعة .

وفي هذا البحث تم التعرف علي كيفية استخدام أشعة جاما في حفظ المواد الغذائية .

Abstract:

This study aims to investigate the radioactivity in General and Isotopes in particular، their application in Industry domain.

In this research knew to how use gamma Rays in protecting food stuff.

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
الآية	أ
الإهداء	ب
الشكر والعرفان	ج
المقدمة	و
مستخلص البحث	ز
الفصل الأول **الإطار النظـــري**	
المقدمة	1
النشاط الإشعاعي الطبيعي	2
الأشعة الكونية	2
النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية	3
النشاط الطبيعي داخل جسم الإنسان	3
الإنحلال الإشعاعي	4
التفكك الإشعاعي	5
النشاط الإشعاعي في التربة	14
الفصل الثاني **النظـائر المشعـة**	
المقدمة	20

أنواع النظائر المشعة	22
إنتاج النظائر المشعة	22
المعجلات	25
الفصل الثالث **تطبيقات النظائر المشعة**	
المقدمة	28
الإشعاع الذري في الصناعة	29
أجهزة القياس النووية	31
التصوير الإشعاعي	34
الإشعاع الذري في الزراعة	35
تطبيق الإشعاعات في الطبيعة	37
الفصل الرابع **إستخدام أشعة جاما في حفظ المواد الغذائية**	
مقدمة	39
التعقيم بالإشعاع	40
مفهوم حفظ الأغذية بالتشعيع	41
الخاتمة	46
التوصيات	49
المقترحات	50
المصادر والمراجع	51

الفصل الأول
الإطار النظري

النشـــــاط الإشعـــــاعي

(1-1) المقدمة :

إكتشاف النشاط الإشعاعي كان في عام 1896م عن طريق العالم الفرنسي هنري بيكريل بوضع لوحاً فوتوغرافياً مع معدن اليورانيوم في خزنة مظلمة ولاحظ بعد ذلك صورة علي اللوح الفوتوغرافي ، واستنتج أن اليورانيوم قام بإطلاق أشعة غير مرئية أثرت علي اللوح الفوتوغرافي وسميت ظاهرة إطلاق بعض العناصر للأشعة بظاهرة النشاط الإشعاعي . ثم توالت دراسة العلماء للنشاط الإشعاعي بعد ذلك قامت مدام كوري علي ضوء إكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي بالبحث عن مزيد من العناصر المشعة وأكتشفت عنصرين جديدين هما البلوتونيوم والراديوم .

وكذلك فإن نظائر العناصر المشعة التي يزيد عددها الذري عن 83 هي نظائر مشعة وقد إتسع نطاق إستعمال النظائر المشعة في العديد من مجالات الحياة الطبيعية والزراعية والصناعية . ويمكن أن نذكر منها بعض هذه الإستعمالات الآتي إتسع نطاق إستعمال النظائر المشعة في العديد من مجالات الحياة لذا إستخدمت النظائر في علاج السرطان حيث تخترق أشعة جاما الأنسجة الحية ولذلك يسلط علي الأورام السرطانية شعاع عالي التركيز من مصدر الكوبالت 60 والذي يعمل علي قتل الخلايا السرطانية في الورم كما استخدم الفسفور المشع في علاج سرطان الدم ، أما في مجال الزراعة تمكن العلماء الإيطاليون من إنضاج القمح في مدة لا تتجاوز 64عن يوماً بينما طبيعياً ينضج في 7 أشهر ، وكذلك أستخدم الكوبالت المسلط علي طعام الماشية لزيادة السمنة فيها وزيادة إدرارها اللبن .

(1-2) النشاط الإشعاعي الطبيعي :

إن الإلكترونات المدارية للذرة تستطيع أن تمتص الطاقة وتغير في مستواها وفي بعض الأحيان تكون الطاقة الممتصة كبيرة لدرجة تسمح للإلكترونات بعمل " قفزة نهائية" أي أن الذرة تفقد كل أو معظم الكتروناتها وتبقى عبارة عن نواة معزولة ولذلك فإن الذرات ليست قابلة للإنقسام فمهما يكن من أمر فإن التأين ليس مجرد ظاهرة عرضية فكل ذرة متأينة متصلة بالمادة ، ونجد أن المصادر الطبيعية للإشعاع

الذري موجودة من قبل معرفة الإنسان للأرض لأن الإشعاع الذري موجود قبل معرفة الإنسان للأرض وله مصادر رئيسية نذكر منها :

(1-2-1) الأشعة الكونية :

المصدر الرئيسي لهذه الأشعة ناتج من الحوادث النجمية في الفضاء الكوني البعيد ومنها ما يصدر عن الشمس خاصة خلال التوهجات الشمسية التي تحدث مرة أو مرتين كل 11 سنة مولدة جرعة إشعاعية كبيرة الي الغلاف الغازي للأرض وتتكون هذه الأشعة الكونية من 87% من البروتونات و 11% من جسيمات ألفا وحوالي 1% من النوى ذات العدد الذري ما بين 4-24% وحوالي 1% من إلكترونات ذات الطاقة العالية ، بالتالي فإن لهذه الأشعة مقدرة كبيرة علي الإختراق ويحتوي الغلاف الجوي علي كميات كبيرة من هذه الأشعة تصل الي الأرض كميات ضئيلة جداً لا تسبب ضرراً علي الإنسان وبيئته ولهذا يعتبر الغلاف الجوي واقياً من هذه الإشعاعات.

(2-2-1) النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية :

إن أهم العناصر المشعة في صخور اقشرة الأرضية هي (البوتاسيوم $-k^{40}$ والربيديوم Rb^{37}) وسلسلة العناصر المشعة المتولدة من تحلل اليورانيوم $-U^{238}$ والثوريوم Th^{232}) .

وهنالك عدد كبير من العناصر المشعة وأعمار النصف لها طويل جداً في صخور القشرة الأرضية .

نجد أن المواد المشعة طبيعياً موجودة في القشرة الأرضية منتشرة علي مدى واسع ولقد وجد أن الأنوية المشعة طبيعياً تتمركز في نوع الصخور مثل صخور الجرافيت اما الأحجار الجيرية والرملية فهي قليلة الإشعاع .

(3-2-1) النشاط الطبيعي داخل جسم الإنسان :

نجد ان جسم الإنسان يشع من الداخل عن طريق كل من الهواء الذي يستنشقه والغذاء والماء الذي يصل الي جوفه فالهواء هو المصدر الرئيسي للجرعة الإشعاعية

الطبيعية التي تصل الي داخل جسم الإنسان ومصدرها الأساسي غاز الرادون الموجود في جوف الأرض والمتولد عن التحلل التلقائي لنظير اليورانيوم U^{238} الموجود طبيعياً في صخور قشرة الأرض وكذلك فإن كل من الغذاء والماء فهي مصادر رئيسية للإشعاع الذي يدخل جسم الإنسان عن طريق النباتات او لحوم الحيوانات التي تتغذى علي النباتات وتتغير الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان من هذا المصدر بتغير موقعه علي الكرة الأرضية ، فالأشعة الكونية تقل عند خط الإستواء وتزداد بإتجاه القطبين وعند الإرتفاعات العالية من سطح البحر.

(1 3) **الإنحلال الإشعاعي** :

تقدم رزرخور سنة 1905م بنظرية الإنحلال لتفسير ظاهرة النشاط الإشعاعي الطبيعي ، وتقضي النظرية بأن ذرات العناصر المشعة تتحلل عندما تنبعث منها جسيمات ألفا أو بيتا التي هي في حد ذاتها جسيمات مادية . أي أن جزء محدداً من نواة الذرة ينطلق بسرعة فائقة تارك وراءه ذرات عنصر جديد يختلف تماماً في خواصه الطبيعية والكيمائية عن العنصر الأصلي ، ويكون للعنصر الجديد أو المولد مشعاً أيضاً فتنطلق من نوى ذراته جسيمات مادية ينتج عن إنطلاقها أن تتحول ذرات هذا العنصر الجديد إلي ذرات عنصر ثالث جديد.

(1 4) النواة غير المستقرة والتحلل الإشعاعي :

تعتبر الأنوية ذات أغلبية مستقرة حيث تبقى كما هي إلي ما لانهاية في حين أن بعضها غير مستقر "مشعة" بسبب وجود طاقة داخلية زائدة ، تقوم النواة بعمل تغيرات تلقائية "التحلل الإشعاعي" حتى تصبح نواة مستقرة .

ذرات المادة المشعة تتحلل بطريقة عشوائية ولكن بمعدل زمن ثابت ، فترة نصف العمر هو الوقت اللازم لكي تتحلل نصف ذرات المادة المشعة أو لكي ينخفض النشاط الإشعاعي الي النصف بعد مرور ضعفي نصف العمر ينخفض النشاط الإشعاعي للربع وبعد مرور ثلاث أضعاف نصف العمر ينخفض النشاط الإشعاعي للثمن وهكذا ...

(1-5) **التفكك الإشعاعي** :

(1-5-1) قانون التفكك الإشعاعي :

تعتبر ظاهرة التفكك الإشعاعي ظاهرة إحصائية أي أنه لا يمكن التكهن بزمن تحلل نواة بعينها ، ولكن عند وجود عدد كبير جداً من أنوية النظير المشع فإن بمتابعة معدل تغير كمية الأشعة المنبعثة يمكن معرفة الكثير عن أنوية التحلل ؛ هنالك إحتمال محدد للتفكك في وحدة الزمن لأي نظير مشع ، وهذا الإحتمال يعرف بثابت مميز لكل نظير مشع بغض النظر عن حالته الكيمائية أو الفيزيائية.

(1-5-2) **أنواع التفكك الإشعاعي** :

(أ) انحلال ألفا Alpha Decay :

تتميز نوى العناصر الثقيلة (الأثقل من الرصاص) بإنخفاض قيمة معدل طاقة الترابط لكل نوية في النواة . لذلك فإن هذه النوى غير المستقرة تتفكك الي نوى أخف وأكثر استقراراً من خلال ارتفاع معدل الطاقة الرابطة لها . فعلي سبيل المثال إنّ نواة اليورانيوم ($^{234}_{92}\mathrm{U}$) التي تتكون من 92 بروتوناً و 146 نيوتروناً تتفكك إلي نواة الثوريوم ($^{234}_{90}\mathrm{Th}$) المكونة من 90 بروتوناً و 144 نبوتروناً وينبعث نتيجة هذا التفكك جسيمة α التي هي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم والمكونة من بروتونين ونيوترونين . ويمكن تمثيل عملية التفكك هذه بالمعادلة الآتية :

$$^{238}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}He(\alpha)$$

وكذلك نجد ان نواة البولونيوم ($^{218}_{84}P$) تتفكك إلي نواة الرصاص ($^{214}_{82}Pb$) مع إصدار جسيمة ألفا α أي أن :

$$^{218}_{84}Po \rightarrow {}^{214}_{82}\mathrm{pb} + {}^{4}_{2}He(\alpha)$$

(وهي طريقة آخري لكتابة معادلة التفكك).

ولكي تكون النواة المركبة التي تعطي جسيم ألفا قادرة علي انبعاث هذه الجسيمة يجب أن تكون كتلتها أكبر من مجموع كتلتي النواة الوليدة وجسيم ألفا حيث يطلق اسم النواة الأم علي النواة المشعة الأصلية (parent nucleus) وهذا الشرط الطاقي للإنحلال موضح في أدناه :

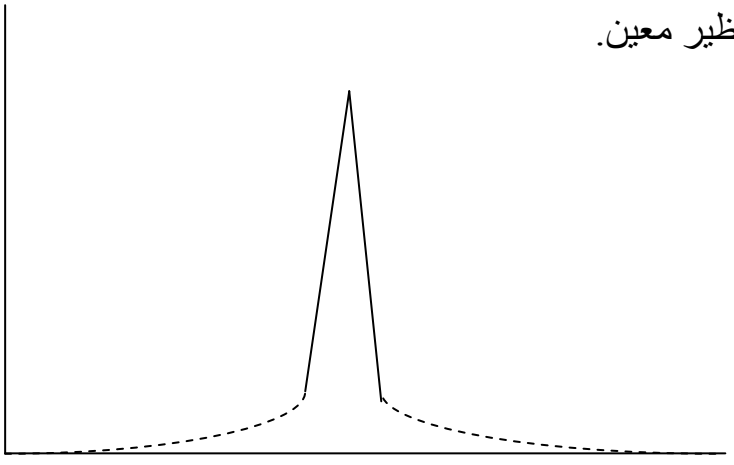
$$M_{\mathrm{p}} - (M_d + M_\alpha) > 0$$

حيث M_{p} كتلة النواة الأم و M_d كتلة النواة الوليدة و M_α كتلة جسيم ألفا .

ولا يتحقق هذا الشرط إلا لنوي بعض العناصر التي تكون أثقل من الرصاص . أما نوى العناصر الخف فإنها مستقرة بالنسبة إلي إصدار جسيمات ألفا . وتجدر الإشارة إلي أن طاقة جسيمات ألفا الصدارة عن نظير معين تتخذ قيمة واحدة ، ولكن اذا تكونت النواة الوليدة في حالات مختلفة من الإثارة فعندئذ تكون طاقة ألفا مختلفة ولكنها ذات قيم محددة . فمثلاً نجد أن طاقة جسيمات ألفا الصادرة عن نظير (البولونيوم - Po^{210}) تتخذ قيمة واحدة هي 5.305 ميجا إلكترون فولت . أما جسيمات ألفا الصادرة عن (اليورانيوم - U^{238}) فتتخذ قيمتين هما Mev 4.196 و Mev 4.149. والسبب في ذلك أن نواة (الثوريوم – Th^{234}) الوليدة قد تتكون في الحالة الأرضية فتتخذ جسيمات ألفا القيمة الكبرى للطاقة وقد تكون هذه النواة الوليدة في حالة مثارة فتتخذ جسيمات ألفا القيمة الصغرى للطاقة . ويمكن حساب طاقة جسيمات ألفا باستخدام علاقة آينشتاين لتكافؤ الكتلة والطاقة حيث أن الطاقة الناتجة عن التفكك هي :

$$\mathrm{E} = \{ M_p - (M_d + M_\alpha) \} C^2$$

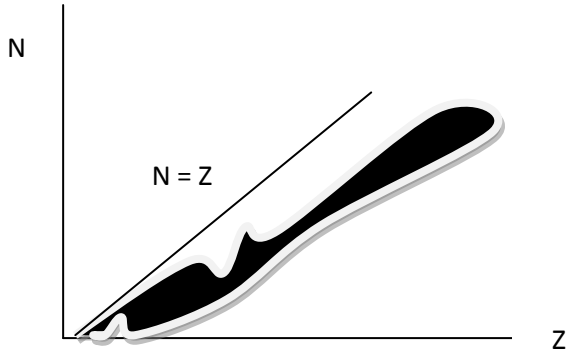
وتتوزع هذه الطاقة بين جسيم ألفا والنواة الوليدة بنسب معاكسة لكتلتها وذلك طبقاً لقانون بقاء الزخم (حفظ كمية الحركة) ، أي أن جسيم ألفا يحمل الجزء الاكبر من الطاقة الناتجة عن التفكك في حين تحمل النواة الوليدة جزءاً صغيراً جداً من هذه الطاقة لكبر كتلتها ، والشكل (1-1) يمثل التوزيع الطاقي لجسيمات ألفا الخارجة من انحلال نظير معين.



طاقة جسيمات ألفا

(ب) **انحلال بيتا العلاقة بين عدد جسيمات ألفا وطاقتها**

تصدر نويات بعض النظائر جسيمات اخرى تعرف باسم جسيمات بيتا($\beta- \ particles$) وهذه الجسيمات عبارة عن إلكترونات سالبة أو بوزيترونات موجبة . والبوزيترتون (positron) عبارة عن جسيم كتلته مساوية لكتلة الإلكترون ولكن شحنته موجبة ويحدث هذا النوع من التفكك (المعروف باسم تفكك بيتا) لنوي العديد من النظائر سواء أكانت ثقيلة أم خفيفة. ومن المعروف انه لكي يكون النظير مستقراً بالنسبة إلي إصدار جسيمات بيتا يجب أن تكون النسبة بين عدد النيترونات والبروتونات ($N/_{\mathrm{Z}}$) لهذا النظير نسبة معينة تتراوح بين 1 بالنسبة الي النظير الخفيف وتزداد حتى تصل الي حوالي 1.6 بالنسبة الي النظائر الثقيلة . فمثلاً يلاحظ أن نواة الكربون ($^{12}_{6}\mathrm{C}$) تكون مستقرة حيث أن هذه النسبة تصبح $\frac{N}{\mathrm{Z}} = \frac{6}{6} = 1$ ، وتعد هذه النواة من النوى الخفيفة أما نواة نظير الكربون ($^{14}_{6}\mathrm{C}$) فهي نواة غير مستقرة حيث أن هذه النسبة تصبح $\frac{N}{\mathrm{Z}} = \frac{8}{6}$ 1.33 ، ويوضح الشكل (1-2) منحنى الإستقرارية يالنسبة إلي تفكك بيتا . وهذا المنحنى عبارة عن العلاقة بين عدد النيترونات N وعدد البروتونات Z للنظائر المستقرة ، فإذا كانت النسبة بين عدد البروتونات والنيترونات الي االنظير المعين واقعة علي منحنى الإستقرارية كان النظير مستقراً بالنسبة الي تفكك بيتا . أما إذا خرجتهذه النسبة عن المنحنى فإن النظير يكون نشطاً بالنسبة إلي هذا التفكك . وكذلك يمكن أن يكون النظير المعين مستقراً بالنسبة الي تفكك ألفا ولكنه غير مستقر بالنسبة إلي تفكك بيتا والعكس صحيح.



فمثلاً تعد نو **منحنى الإستقرارية بالنسبة إلي تفكك بيتا** تفكك بيتا (أي لا تصدر جسيم بيتا) لتي تصدر جسيم ألفا) ونتيجة لإصدارها جسيمة ألفا تتكون نواة جديدة هي نواة (الثوريوم - Th^{234}) . وعند حساب $\frac{N}{\mathrm{Z}}$ لليورانيوم U^{238} نجدها تساوي $= \frac{146}{92}$ التي تساوي بدورها 1.587 ، أما بالنسبة للثوريوم Th^{238} نجد أن $\frac{N}{\mathrm{Z}} = \frac{144}{90}$ التي تساوي بدورها 1.60 . أي أن

نسبة النيترونات الي البروتونات خرجت عن منحنى الإستقرار ، لذا نجد ان نواة الثوريوم تصبح غير مستقرة لإصدار جسيم بيتا . ويعبر عن هذا التفكك بالآتي :

$$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + \beta^-$$

أي أن نواة (الثوريوم $-\ Th^{234}$) تفككت إلي نواة (بروتاكتينيوم - 234) مع إصدار إلكترون . ويلاحظ أن نتيجة هذا التفكك زاد عدد البروتونات بمقدار بروتون واحد في حين قل عدد النيوترونات بمقدار واحد فتصبح نسبة $\frac{N}{Z}$ في البروتاكتينيوم هي 1.571 وهذه النسبة تحقق الإستقرار بالنسبة إلي إصدار بيتا .

(1-6) أنواع إنحلال بيتا :

(1-6-1) انحلال بيتا السالبة (β^-) {الإنحلال الإلكتروني} :

يلاحظ أن إصدار إلكترون (جسيمة بيتا السالبة) من النواة ناتج عن تحول نيوترون من نيوترونات النواة إلي بروتون وذلك يحدث لكي تصبح النسبة بين النيوترونات والبروتونات أقرب إلي نسبة الإستقرار ، ويعبر عن هذا التفكك بالآتي :

حيث أن $\bar{\nu}$ يعرف بضديد النيوترينو (antineutrino) .

(1-6-2) انحلال بيتا الموجبة (β^+) {الإنحلال البوزيتروني} :

في بعض الأحيان تكون نسبة النيوترونات الي البروتونات في النظير المعين أقل من النسبة التي تحقق الإستقرار . في هذه الحالة يتحول أحد بروتونات النواة الي نيزترون وينطلق نتيجة لذلك بوزيترون يحمل شحنة البروتون الموجبة. ويعرف انحلال بيتا في هذه الحالة بالإنحلال البوزيتروني ويعبر عنه بالآتي :

$$^1_1P \rightarrow {}^1_0n + \beta^- + \nu$$

علماً أنه عند حدوث أي نوع من أنواع تفكك بيتا تنطلق من النواة جسيمات تعرف باسم النيوترينو (neutrino) ويرمز إليها بالرمز (ν) .

(1-7) الأسر الإلكتروني Electron capture :

يمكن أن يحدث تحول أحد بروتونات النواة الي نيوترون بطريقة آخرى . ويتم ذلك بأن تأسر النواة إلكتروناً من الإلكترونات المدارية القريبة من النواة (أي من

المدار k وفي أحياناً قليلة من المدار L) ويتحد هذا الإلكترون المأسور مع أحد البروتونات فيتكون النيترون . وتسمى في هذه الحالة بالأسر الإلكتروني ويعبر عنه كالآتي :

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

(1 &) تعريف النيوترينو :

النيوترينو عبارة عن جسيم متعادل الشحنة وكتلته السكونية صفر ($m_{\nu} = 0$) وعلي هذا يصبح التعبير عن الأنواع الثلاثة من الإنحلالات آنفة الذكر بالآتي :

$ {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}\mathrm{n} + \beta^{+} + v $ (تفكك بزيتروني)

$ {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + \beta^{-} + \bar{v} $ (تفكك إلكتروني)

$ {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n $ (أسر إلكتروني)

ويعرف ($\bar{v}$) باسم النيوترينو المضاد (antineutrino) وسمى أيضاً بضديد النيوترينو .

ويمكن معرفة ما اذا كان النظير المعين مستقراً أو غير مستقر بالنسبة الي أي نوع من أنواع تفكك بيتا أو الأسر الإلكتروني حسب الشروط أدناه ، فإذا تحقق الشرط:

حيث ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{M}$ ، ${}^{A}_{Z+1}M$ ، m_e هي كتل النواة الأم ، النواة الوليدة ، والإلكترون علي التوالي ، حيث ستكون النواة لهذه الحالة نشطة بالنسبة الي اصدار بيتا السالبة (الإلكترونات) .

وإذا تحقق الشرط :

فإن النواة تكون في هذه الحالة نشطة بالنسبة الي إصدار جسيمات بيتا الموجبة (البوزيترونات) ، حيث ${}^{A}_{Z-1}M$ هي كتلة النواة المركبة الوليدة في حالة التفكك البوزيتروني ، ولكي تكون النواة نشطة بالنسبة الي الأسر الإلكتروني يجب ان يتحقق الشرط :

فإذا تحقق الشرط في المعادلة السابقة نجد أن الشرط في المعادلة قد تحقق هو الآخر ، لذلك فإن أية نواة نشطة بالنسبة الي إصدار البوزيترونات تكون في الوقت نفسه نشطة بالنسبة الي الأسر الإلكتروني . عليه فإن التفكك البوزيتروني يصاحبه دائماً نسبة معينة من الأسر الإلكتروني والعكس غير صحيح ، حيث نجد أن النواة النشطة بالنسبة الي الأسر الإلكتروني غير نشطة بالنسبة الي إصدار البوزيترونات.

(9-1) طاقة جسيمات بيتا :

إن طاقة جسيمات ألفا الصادرة عن نظير معين تتخذ قيمة واحدة أو قيماً محددة من الطاقة أما بالنسبة الي جسيمات بيتا الصادرة عن اي نظير فإن طاقتها يمكن أن تتخذ أية قيمة ابتداء من الصفر وحتى قيمة قصوى معينة لكل نظير .
ويرجع السبب في ذلك إلي أنه بالإضافة الي جسيم بيتا الصادر عن النظير النشط يصدر جسيم آخر هو النيوترينو أو النيوترينو المضاد ، فطاقة التفكك الناتجة الناتجة تكون ثابتة ويمكن تحديدها بالعلاقة :

$$E = \{{}^{A}_{Z}M - ({}^{A}_{Z+1}M + m_e)\}\, C^2$$

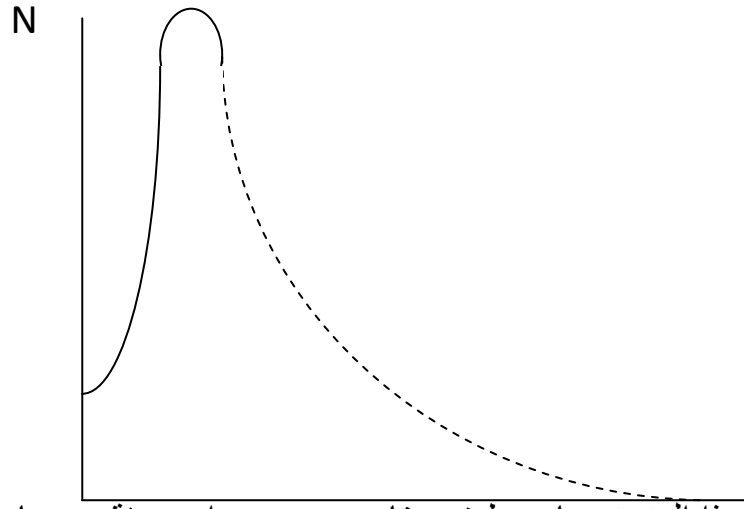
وفي حالة التفكك البوزيتروني تكون الطاقة ثابتة ايضاً ويمكن تحديدها بالعلاقة :

$$E = \{{}^{A}_{Z}M - ({}^{A}_{Z+1}M + m_e)\}\, C^2$$

وتتوزع طاقة التفكك في كلتا الحالتين بين الناتجين وهما الإلكترون والنيوترينو المضاد في حالة التفكك الإلكتروني ، وبين البوزيترون والنيوترينو في حالة التفكك البوزيتروني . أما في حالة الأسر الإلكتروني فإن الطاقة الناتجة عن التفكك تكون :

$$E = ({}^{A}_{Z}M - m_e - {}^{A}_{Z-1}M)C^2$$

عند قياس طاقة الإلكترونات الصادرة عن عدد كبير جداً من النويات النشطة ورسم العلاقة بين عدد الإلكترونات N وبين طاقاتها E يمكن الحصول علي منحنى كما في الشكل التالي ، وهذا يبين أن التوزيع الطاقي لجسيمات بيتا هو توزيع مستمر .



ويـرـــ هذا المنحنى باسم طيف بيتا وهو يوضح ان ـــنة جسيمات بيتا الصادرة يمكن ا **العلاقة بين عدد جسيمات بيتا وطاقتها** ، قيمة طاقة التفكك أو ما يعرف باسم نقطة النهاية . لذا فإنه يقال آن طيف جسيمات بيتا عبارة عن طيف مستمر علي عكس جسيمات ألفا الذي يتخذ قيمة أو قيماً محددة وتبلغ المتوسطة لطاقة جسيمات بيتا حوالي $\frac{1}{3}$ القيمة القصوى .

(1–10) **أشعة جاما** Gamma Rays :

في أغلب الأحيان تكون النوي الوليدة الناتجة عن تفكك ألفا أو تفكك بيتا (او النوى الناتجة عن أية عملية نووية كالتفاعلات النووية مثلاً في حالة مثارة أو متهيجة excited state) ، والحالة المثارة هذه تعني أن النواة تكون لها طاقة أعلى من طاقتها في الحالة الأرضية (المستقرة) . وللتخلص من طاقة الإثارة هذه تصدر الجسيمات أشعة كهرومغناطيسية تعرف باسم إشعاعات جاما . وتجدر الإشارة هنا إلي أن إزالة الإثارة من النواة تتم عن طريق إصدار إشعاعات كهرومغناطيسية (إشعاعات جاما) ويمكن أن يحدث ذلك بانتقال النواة من الحالة المثارة الي الحالة الأرضية إما بشكل مباشر (أي طفرة واحدة) أو علي شكل مراحل وعلي سبيل المثال عند حدوث تفكك بيتا لنواة الصوديوم – ($^{22}_{11}\mathrm{Na}$) سواء عن طريق التفكك البوزيتروني أم عن طريق الأسر الإلكتروني تتكون نواة عنصر جديد هو النيون $^{22}_{10}\mathrm{Ne}$ أي أن :

أو :

(والعلامة * معناها أن نواة النيون في حالة مثارة) ، نواة النيون ($^{22}_{10}Ne^{*}$) لاتلبث أن تعطي أشعة جاما للوصول الي حالة الإستقرار :

(1–11) **النشاط الإشعاعي في التربة** :

يعتمد النشاط الإشعاعي في التربة علي النشاط الإشعاعي في الصخور التي كونت التربة وعلي الفعاليات الكلية التي حدثت لتكوين التربة . وأعلي تركيز لليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم يكون في ترب ناشئة من صخور بركانية حامضية وطمية.

كم من المواد المشعة طبيعياً توجد في التربة وأجريت تجارب عديدة لقياس كمية الإشعاع الموجودة في التربة وأخذت من التربة مساحة كيلو متر واحد بعمق 50cm وحسب حجمها ومن ثم أخذت كثافة التربة 1.58g/cm . تم الحصول علي حجم مقداره 7.899×10^5 متر .

ومن خلال التجربة تم الحصول علي الأعداد القياسية الموضحة في الجدول التالي :

النواة	الفعالية المستخدمة في الحساب	كتلة النظير الموجودة في النموذج	الفعالية التي وجدت في التربة
اليورانيوم	0.7Bq / kg	2200kg	319 Bq
الثوريوم	40 q / kg	12000kg	529 Bq
البوتاسيوم	400 Bq / kg	2000kg	500 Bq
الراديوم	48Bq / kg	1.7 g	639 Bq
الرادون	10k Bq / kg	11 μg	7.49 Bq

المجموع الكلي للفعالية في التربة هو (653Bq) 17 ci

(1–11) **الإشعاع الطبيعي** :

اليورانيوم والثوريوم والراديوم معادن ثقيلة مشعة تنشأ طبيعياً في التربة ، حيث يمثل اليورانيوم النسبة الأكثر وجوداً في قشرة الأرض ويميل الي الإنتشار

خلال التربة لأن الصخور الموجودة في القشرة الخارجية أتت من عمليات التجوية وعوامل التعرية للمياه ، هواء ، نباتات ، حيوانات، ونتيجة لهذه العمليات والعوامل المختلفة الآخرى تكونت التربة ويعتبر المفهوم الأساس لتلوث التربة علي المعلومات المتعلقة بعمليات الإنتقال والتراكم بعيداً عن موقع التلوث لأن تراكم المواد المشعة وحركتها يعتمد علي تفاعل المواد والمركبات مع الجزء الصلب من التربة وان هذا االتفاعل يعكس قدرة التربة علي الإحتفاظ بالمواد المشعة ومن جهة آخرى فإن معدل سقوط الأمطار وكمية مياه الري ونوع النباتات المزروعة وعمليات إدارة التربة تؤول الي حركة الملوثات المشعة الي المياه الجوفية أو انتقالها الي النباتات او الأوساط الآخرى كالماء والهواء ويتضمن النشاط الإشعاعي نماذج التربة النويدات المشعة التي تعود الي سلسلة U^{238} أهمها Ra^{226} كذلك يبلغ تركيزه في التربة Bq112 (6-7) وهنالك كميات قليلة من Cs^{137} لا تتجاوز (10 Bq/kg).

وهنالك ثلاث سلاسل طبيعية تنشأ منها معظم النظائر المشعة طبيعياً هي :

1. سلاسل اليورانيوم (238) : ينحل النظير $^{238}_{206}U$ خلال سلسلة مكونة من (14) نويدة مشعة تنتهي الي نظير Pb^{206} المستقر .
2. سلسلة الثوريوم (232) : ينحل النظير $^{232}_{208}Th$ خلال سلسلة مكونة من 15 نويدة مشعة الي نظير pb^{208} المستقر .
3. سلسلة الأكتنيوم (235) : ينحل نظير U^{235} إنحلالاً متسلسلاً خلال سلسلة مكونة من (11) نويدة مشعة تنتهي الي نظير Pb^{207} المستقر . ونلاحظ أن كلاً من هذه السلاسل تبدأ بعنصر ذي عمر نصف طويل جداً وتضمحل في نهاية الأمر لتصل الي نظير الرصاص المستقر ويفترض ان سلسلة آخرى (البنتونيوم) قد وجدت علي الأرض في عصور سابقة لكنها إضمحلت بسرعة أكبر من أن تكتشف في وقتنا هذا .
4. سلسلة تحلل اليورانيوم U^{238} الي رصاص (206) . أول خطوات هذه السلسلة تتضمن تحول نظير اليورانيوم (238) الي نظير الثوريوم (234) وينتج بفعل هذا الإنحلال وإنطلاق دقائق ألفا ، وينتج بفعل هذا الإنحلال وإنطلاق دقائق ألفا ، ويتم هذا التفاعل النووي علي النحو التالي :

وكذلك تحول الثوريوم إلي نظير البوتاكتينيوم مطلقاً جسيمة بيتا :

وتمثل الخطوة الرابعة تحول نظير اليورانيوم الي نظير الثوريوم وتنطلق دقائق ألفا هذا التحول :

ثم يعود الثوريوم في الخطوة الخامسة للتحول الي نظير الراديوم وتنطلق دقائق ألفا :

والآن يمكن ملاحظة سبب وجود الرادويوم في خام اليورانيوم وفي الخطوة السادسة يتحول الراديوم الي نظير الرادون :

ثم يتحول الرادون في الخطوة السابعة الي نظير البولونيوم :

وهكذا تستمر سلسلة التحولات .

(12–1) **النشاط الإشعاعي في الماء** :

يكون تركيز اليورانيوم والثوريوم في الماء $10^3 - 10^4$ مرة أقل من تركيزهما في التربة والصخور ، كما ان تركيز اليورانيوم غالباً ما يغطي علي تركيز الثوريوم كما انه يوجد من الرادون كميات أكبر بصورة ملموسة من الراديوم في المياه . تكون نسبة اليورانيوم في المياه الطبيعية قليلة إلا أن ماء الحنفية قد يحوي في بعض المناطق تراكيز عالية جداً حيث وجد أن بعض انواع المياه في الإتحاد السوفيتي تحوي تراكيز عالية جداً 2.6kB لكل متر مكعب ، كما أن تركيز مياه الآبار في البلدان الآخرى فنلندا مثلاً قديصل الي 2×10^5 بكريل للمتر المكعب ،

ويعتقد ان السبب في ذلك يرجع الي وجود بعض المناطق الموضوعية الغنية باليورانيوم .

(1–13) **النشاط الإشعاعي في الهواء :**

يأتي النشاط الإشعاعي في الهواء من عدة مصادر وهي انبعاث من السلاسل المشبعة وبصورة رئيسية الرادون والثورون ونواتج اضمحلالهما حيث تمر الغازات المتحررة عن طريق الأوعية الشعرية للتربة.

كما أن النشاط الإشعاعي لطبقات الجو الدنيا التي يتراوح ارتفاعها من صفر لغاية 10 الي 15 كم يأتي من الرادون والثورون ومن نواتج اضمحلالهما وبالدرجة الأساس النظائر المشعة القصيرة العمر مثل البولونيوم po^{218} والرصاص pb^{218} والبزموث Bi^{214} وبينما تصنيف النظائر المشعة الطويلة العمر مثل الرصاص Pb^{210} والبزموث Bi^{210} أعداداً قليلة في المائة .

وتقل تراكيز المواد المشعة المنبعثة ونواتج اضمحلالهما القصيرة العمر كلما زاد الإرتفاع ، كما ان تراكيز العناصر المشعة المنبعثة في طبقة الهواء الأرضية تكون أكثر من 100 ضعف فوق اليابسة من سطح البجر وتتغير تراكيز العناصر المشعة في الجو باختلاف الوقت .

وأعلى تركيز للرادون يتم ملاحظته في ساعات النهار وأقل تركيز يكون في فصل الصيف وأعلى تركيز في فصلي الخريف والشتاء .

ويؤدي سقوط الأمطار بصورة كثيفة الي تنقية الجو نتيجة سحب الجزيئات المشعة العالقة من قبل قطرات المطر وجسيمات الثلج كما أن المصدر الرئيسي لليورانيوم الطبيعي والراديوم 226 في الجو هو تطاير ذرات الغبار من الأرض وإعادة تعلقهافي الجو ويقدر تركيز الفعالية لليورانيوم الطبيعي في الهواء الملامس لسطح الأرض بـ 1.2 MBq لكل متر مكعب .

(1–14) **النشاط الإشعاعي :**

يعرف النشاط الإشعاعي "A" بأنه معدل الأنوية المنحلة في الثانية .

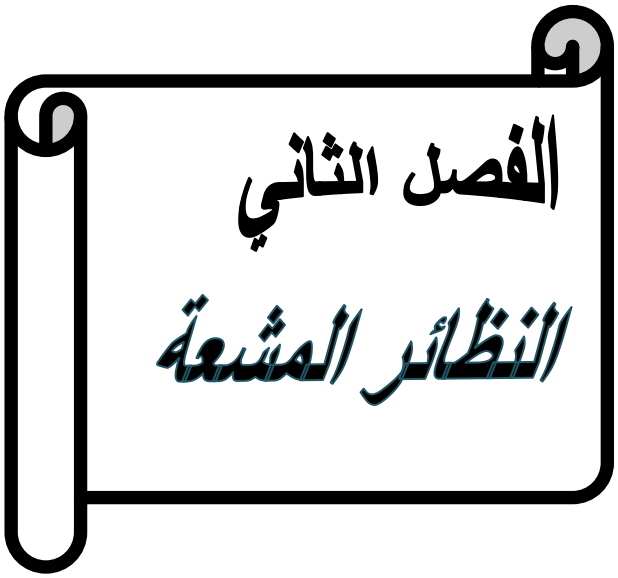
$$A = \frac{d\,N}{d\,t}$$

$$A = -\,\lambda\, N_{\circ}\, e^{-\lambda\, t}$$

$$A = - \lambda N$$

ونجد أن النشاط عند اللحظة t = 0

$$A = A_{\circ}\, e^{\lambda t}$$



النظـــائر المشعـــــة

(2-1) مقدمة :

النظائر المشعة هي ذرات تحتوي نوياتها علي نفس العدد من البروتونات "p" ولكنها تختلف في عدد النيترونات " n" للعنصر الواحد أي أن العدد الذري " Z" للعنصر الواحد لا يتغير بينما يتغير عدده الكتلي " A" . يبلغ عدد العناصر المتواجدة طبيعياً في صورة نقية 21 عنصراً . أما بقية العناصر فتحتوي علي نظائر طبيعية أي موجودة في الطبيعة منذ بدء الخلق أو نظائر هدى الله الإنسان لصنعها وإنتاجها . وقد يكون للعنصر نظير أو نظيرين وقد تزداد النظائر لبعض العناصر فتصل إلي أعداد كبيرة كما هو الحال خاصة في العناصر الثقيلة نجد أن المادة المكونة للطبيعة تحتوي علي إثنين وتسعين عنصراً طبيعياً نظمها العالم "مندليف" في الجدول الدوري ، ورتبها حسب رقمها الذري من الهيدروجين (1) إلي اليورانيوم (92) وأضيف إليها أكثر من عشرين عنصراً جرى ويجري تصنيفها وإكتشافها وتحديد مكانها في جدول العناصر بعد اليورانيوم . وقد كانت النظرية السائدة أن كل ذرات العنصر الواحد متماثلة في الخواص ، وتعطي النتائج نفسها في التفاعلات الكيمائية ثم تبين من خلال دراسة العناصر بطريقتي القطوع وبالمحلل الطيفي للكتلة ، إن أغلب العناصر تعطي أكثر من مقطع واحد ومن طيف واحد وهذا يتناقض مع نظرية التماثل والتجانس التي تستوجب وجود قطع واحد وطيف واحد ، واستنتج من التجارب أن ذرات العناصر الواحد غير متماثلة في الكتلة ، وبالتالي فهي مزيج ذو خاصيات كيمائية واحدة وفيزيائية مختلفة ، وبما أن الذرات متوازنة كهربياً فهي

تضم في مداراتها الإلكترونات ، ذات الشحنة السالبة ، التي يساوي عددها العدد نفسه من البروتونات ذات الشحنة الموجبة .

وبينت التجارب علي الأوكسجين الطبيعي أنه مزيج من ثلاث نظائر مستقرة O_8^{16} والأكسجين O_8^{17} و O_8^{18} ، وأن الزئبق مزيج من تسعة نظائر ..الخ وأطلق علي هذه النظائر اسم (Isotopic) من اليونانية ، ويعي المقطع iso (نفس) ، والمقطع (topic) تعني (مكان) ، للتذكير بأنها في المكان ذاته من جدول مندليف الدوري للعناصر .

وقد أعطى إكتشاف النيترون عام 1932 تفسيراً جديداً لتركيب النواة ، وصار التعريف الجديد للنظائر هو الذرات التي تضم العدد نفسه من الإلكترونات والبروتونات ، لكنها تختلف في عدد نيوتروناتها ، وكان لهذا الإختلاف في عدد النيوترونات نتائج هامة في الفيزياء النووية ، إذا تغيرت بنية النواة ، وتتبدل خصائصها وإستقرارها بإضافة نيوترونات واحد أو حزفه منها فتصبح فاقدة للإستقرار وفي حالة هيجان تصدر إشعاعات تختلف نوعيتها حسب درجة الإثارة وتسمى هذه الذرات الهائجة بالنظائر المشعة وتتكون الإشعاعات التي تصدرها الذرات المشعة طبيعياً ، أو الذرات المشعة التي حصل تهيجها وإثارتها في المفاعلات أو المسرعات من إشعاعات ذات طاقة مرتفعة "جاما" أو من جزئيات مادية مشحونة بالكهرباء السالبة والموجبة مثل "بيتا" وألفا وكذلك إشعاعات آخرى صنفت في مجموعات هي الفوتونات ، اللبتونات ، الميزونات والباريونات .

(2–2) **تعريف النظائر** :

النظائر هي ذرات تحتوي أنويتها علي نفس العدد من البروتونات ولكنها تختلف في عدد النيوترونات التي تحتويها . ويعني ذلك أن العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير في حين يتغير عدده الكتلي . ويوصف العنصر في تلك الحالة بأنه له عدة نظائر . وعموماً فإن لكل عنصر عدداً من النظائر قد يصل إلي خمسين نظير بالنسبة للعناصر الثقيلة . وللنظائر نفس الخواص الكيمائية وعادة ما توجد العناصر الكيمائية في الطبيعة علي هيئة مخاليط من نظائرها المتنوعة . وبعض النظائر لا توجد في الطبيعة بصفة عامة ولكنها تنتج صناعياً باستخدام المفاعلات والمعجلات النووية .

(2–3) **أنواع النظائر** :

تنقسم النظائر الي نوعين يعرف النوع الأول بالنظائر المستقرة بينما يعرف النوع الثاني بالنظائر غير المستقرة أو النظائر المشعة ، ويبلغ عدد النظائر المستقرة حوالي 300 في حين أنه قد تم الإنتاج الصناعي لما يزيد عن 1500 نظير مشع حتى الآن ، وهنالك 21 عنصراً متواجد طبيعياً في صورة نقية اي بدون اي نظائر.

وتنقسم النظائر المشعة الي نظائر طبيعية موجودة في الطبيعة وآخرى صناعية تمكن الإنسان من انتاجها ليستخدمها في الأغراض المختلفة .

ومن أمثلة النظائر المستقرة : H^{1} ، H^{2} ، C^{12} ، N^{14} ، N^{15} ، P^{31} .

ومن أمثلة النظائر غير المستقرة : U^{238} ، U^{235} ، Ra^{226} ، Po^{218} ، Th^{238}.

(2–4) **إنتاج النظائر المشعة :**

يتم انتاج النظائر المشعة المختلفة عن طريق تعريض "أي تشعيع" النظائر المستقرة لسيل من الجسيمات النووية كالنيوترونات أو الديوترونات "الديوترون عبارة عن نواة تتكون من بروتون ونيترون أو جسيمات ألفا وغيرها . وتستخدم لهذه الغرض المفاعلات النووية أو مولدات النيوترونات كمصدر للنيوترونات في حين تستخدم المعجلات النووية كمصدر للجسيمات المشحونة كالبروتونات والديوترونات وجسيات ألفا وغيرها .

يتم انتاج النظائر المشعة بواسطة ما يلي :

المفاعلات ومولدات النيوترونات :

تتكون النظائر المشعة عند التشعيع بالنيوترونات من خلال التفاعل المعروف باسم الأسر الإلكتروني حيث تأثر النواة المستقرة "النواة الهدف" من أحد النيوترونات الساقطة عليها فتتكون نواة النظير الجديد . ومن أمثلة هذا التفاعل اسر نواة الصوديوم 23 المستقر للنيوترون وتكون الصوديوم المشع 24 :

وأسر نواة الفسفور p^{31} المستقر النيوترون مكونة لنواة الفسفور المشع p^{32} :

وكذلك اسر نواة الكوبالت المستقر Co^{59} للنيوترون وتكون الكوبالت المشع Co^{60}:

ويتم انتاج عدة مئات من النظائر المشعة المختلفة بالتشعيع النيتروني لنظائر مستقرة .

ومن أمثلة النظائر المنتجة بهذا الأسلوب الصوديوم Na^{24} الفسفور p^{32} والكوبالت co^{60} ، البروم Br^{82} و الفضة Ag^{111} واليود I^{125} واليود I^{131} .

كذلك تستخدم المتفاعلات النووية المستحثة بالنيوترونات والتي تنطلق منها جسيمات مشحونة مثل البروتونات أو جسيمات ألفا وغيرها في الحصول علي العديد من النظائر المشعة ومن الأمثلة علي ذلك تجهيز نظير الصوديوم المشع Na^{24} نتيجة قصف المغنزيوم Mg^{23} بالنيترون وآسرها وانطلاق البروتون طبقاً للتفاعل الآتي :

وتنتج عشرات النظائر المشعة باستخدام المتفاعلات النووية المستحثة بالنيوترونات ، والتي تنتج عنها انطلاق جسيمات مشحونة . وفضلاً عن ذلك يستخدم التفاعل الإنشطاري للحصول علي عدد من النظائر المشعة ، فعند تعرض المواد الإنشطارية أو قابلة للإنشطار للنيوترونات تنشطر المادة الإنشطارية أو القابلة للإنشطار تحت ظروف معينة الي نواتين جديدتين متوسطتي الطاقة . ويتم إنتاج عدد من النظائر المشعة نتيجة لإنشطار نوي اليورانيوم والثوريوم عن اصطدامها بالنيوترونات . ومن أمثلة النظائر المنتجة بهذا الأسلوب (المولبيدويوم Mo^{99} الفضة Ag^{111} وغيرها .

$$^{235}_{92}U + n \rightarrow {}^{236}_{29}U + {}^{140}_{54}Xe + {}^{93}_{38}sr + 3n + \text{طاقة}$$

وتعد مفاعلات الأبحاث متوسطة القدرة والتي يتراوح الفيض النيتروني فيها بين (100000000000 – 100000000000000 نيترون /سم 2 .ت) . ومن أنسب المفاعلات من نوع البركة السابحة والمفاعلات المشابهة من أكثر المفاعلات الملائمة لإنتاج النظائر حيث تتميز تلك المفاعلات بسهولة عمليات إدخال وإخراج العينات الخاضعة للتشعيع وبالتالي سهولة التحكم في زمن التشعيع الذي يعد من العناصر الهامة في عملية إنتاج النظائر . إلا أنه في حالة إنتاج النظائر المشعة ذات النشاط النوعي المرتفع اللازمة لعمليات التعقيم والعلاج وبعض الأغراض الصناعية الآخرى فإن الأمر يتطلب وجود مفاعلات يصل الفيض النيتروني إلي (1000000000000000) نيترون/سم2.ث بل وأكثر من ذلك .

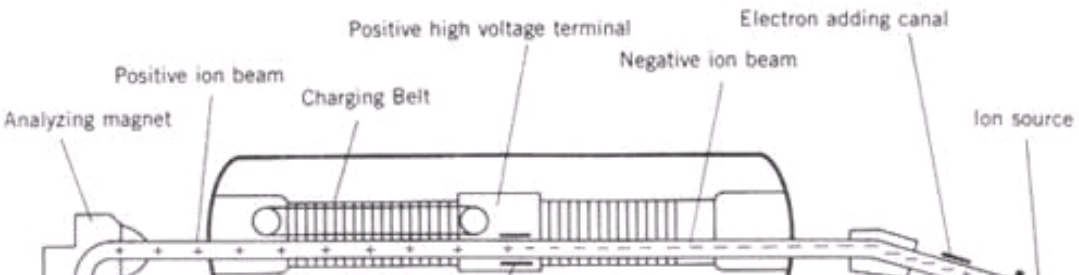
وفي بعض الأحيان تستخدم مولدات النيترونات بدلاً من المفاعلات كمصدر للنيترون وتعطي المولدات عدداً من النيترونات يصل إلي حوالي (100000000000 – 1000000000 نيترون / سم 2 .ث) لذا فإنه يمكن استخدام هذه المولدات في تشعيع النظائر المستقرة . التي تتميز بمقطع عرض كبير للتفاعل . ومعنى المقطع العرضي للتفاعل هو إحتمال حدوث هذا التفاعل عند سقوط جسيم واحد علي نواة هدف واحدة موجودة في وحدة المساحة.

(2–5) **المعجلات :**

تنتج العديد من النظائر المشعة بقصف النظائر المستقرة بحزمة من الجسيمات المشحونة المسرعة في المعجلات النووية لطاقة تتراوح ما بين 10 إلي 40 mevتبعاً لنوع النظير وللمقطع العرضي للتفاعل المعين . ويعد معجل السيكلترون متغير الطاقة من أنسب المعجنات لإنتاج أكبر عدد من النظائر المشعة بإستخدام عملية قصف النظائر المستقرة بالجسيمات المشحونة . ولزيادة معدل الإنتاج ينبغي أن يتميز المعجل بتيار كبير من الجسيمات المشحونة بحيث تصل الي حوالي 100 ميكرو أمبير بل ويزيد . وذلك لإمكانية الحصول علي النظائر التي تتميز المقاطع العرضية المؤدية لها بقيم صغيرة . وتجدر الإشارة الي أنه يمكن انتاج مئات العينات من نفس النظير أو من النظائر المختلفة في آن واحد داخل المفاعل وذلك بوضع جميع العينات المراد تشعيعها داخل المفاعل في نفس الوقت . إلا أنه بالنسبة للمعجلات لا يوجد سوى حزمة واحدة من الجسيمات المعجلة يتم توجيهها للنظير المستقر المطلوب تحضير نظير مشع منه .

يندر استخدام النظائر المشعة المنتجة علي المعجلات إلا في حالات الضرورة كعدم ملائمة الخصائص النووية للنظير المنتج في المفاعل للدراسة ، أو عدم إمكانية إنتاج المطلوب في المفاعل أو بعد المفاعل عن المكان الذي سوف يستخدم فيه النظير المشع خاصة اذا كان النظير من نوع ذي العمر النصفي القصير . ومن النظائر التي تنتج باستخدام المعجلات (الصوديوم Na^{24} المنجنيز Mn^{52} الكوبالت Co^{57}) .

صور لأشكال المعجلات النووية



الفصل الثالث
تطبيقات النظائر المشعة

تطبيقات النظائـــر المشعـــة

(3-1) المقدمة :

تستخدم النظائر المشعة في المجال الصناعية والعلمية والطبيعية والزراعية ، فهي تستخدم في حل مشكلات القياس وفي ضبط جودة الإنتاج الصناعي وتحويل المواد في دراسة التفاعلات الكيمائية كما تشمل مجالات الإشعاعات النووية والنظائر المشعة في نواحي آخرى مثل الكشف عن الجريمة ودراسة البيئة وغيرها من الإستخدامات . وفي الوقت الحالي تستخدم النظائر المشعة في عدة مجالات زراعية

تستهدف زيادة الدخل الزراعي وتنمية المحاصيل وحفظها ، وزيادة انتاجية الأرض الزراعية واستنباط أنواع جديدة من المحاصيل الزراعية السنوية علي نسب عالية من البروتينات وتساهم تقنيات التشعيع باستخدام النظائر المشعة في انتاج محاصيل لها القدرة علي مقاومة الآفات الزراعية وتتحمل التقلبات الجوية – كما تستخدم تلك التقنيات في زيادة إنتاجية اللحوم والألبان ، وفي منع وتقليل التلف الناتج من تخزين المحاصيل.

وتفيد التقنيات الإشعاعية كذلك في تحديد مصادر المياه الصالحة للري واستخدامها بكفاءة عالية ، مما يساعد علي التوصل الي أفضل الظروف الملائمة للتنمية الزراعية .

وتضاف بعض النظائر المشعة القابلة للذوبان في الماء الي السماد ثم يتبع النشاط الإشعاعي لتلك النظائر بعد أن يمتصها النبات وبذلك يمكن تحديد كمية السماد اللازمة للنبات بالإضافة الي أفضل المواضع التي يوضع فيها تحقيق لأكبر قدر من الإمتصاص وتقليلاً لتكلفة الإنتاج الزراعي ، قد تبين أن تشعيع المواد الزراعية يساهم في حفظها من التلف ، فإذا تعرضت تلك المنتجات الي جرعات إشعاعية معينة فإنها تصبح قادرة علي البقاء لمدة أطول دون أن تتسبب في أي ضرر صحي للبشر أو الحيوانات بعد تناولها .

(3–2) **إستخدام النظائر المشعة في الأغراض الصناعية** :

(3–2–1) **الإشعاع الذري في الصناعة** :

هنالك العديد من التطبيقات المفيدة للإشعاع والنظائر المشعة في الصناعة ، فهي تستخدم اليوم في كل الصناعات تقريباً ، فالنظائر تستعمل علي نطاق واسع في مراقبة العمليات مثل التهوية والمزج والجريان والتسرب ، وهنالك العديد من الأجهزة التي تستخدم الإشعاع في قياس سمك وكثافة وأطوال المنتجات خلال عمليات التصنيع ، كما تستخدم النظائر المشعة كمصدر للطاقة كما في المنافع الضوئية المستخدمة في بعض الساعات ، وكذلك البطاريات الذرية . وتستخدم كذلك في أجهزة الكشف عن الدخان في المصانع والمحال التجارية والمساكن ، ويستخدم الإشعاع في تحسين خصائص الكثير من المواد بمجرد تعريضها له .

(3-2-2) متابعة العمليات باستخدام النظائر المشعة :

تعتمد هذه الطريقة علي إضافة كميات صغيرة من النظائر المشعة الي المواد الخاضعة لعملية ما . ثم يتتبع سير إشعاع هذه النظائر عن بعد بواسطة الأجهزة المناسبة .

وهنالك شريحة عريضة من الصناعات المختلفة التي تستخدم تقنية النظائر الإقتفائية . ومن هذه صناعات الورق والحديد والنفط ، والغاز الطبيعي ، والفحم الحجري ، والبتروكيماويات ، والأسمنت والزجاج ومواد البناء ، ومعالجة الخامات وغيرها .

فالإشعاع يستخدم في مراقبة بعض العمليات لمعرفة معدل الجريان وسرعته ، وعمليات مزج كل من السوائل والغازات والمواد الصلبة لمتابعة عملية المزج ومعرفة مدتها ، وكيفية الحصول علي المزج الأمثل .

ولقد تمت زيارة بعض مصانع الجبيل للتعرف – عن قرب – علي تطبيقات التقانة النووية فيها ، ولأخذ بعض الصور لها ، فوجد ان استخدامها هناك واسع جداً ففي مصنع الحديد مثلاً تستخدم النظائر المشعة في قياس معدل جريان الحديد المنصهر – بأنواعه : الخام ، والمختزل والصلب في الأنابيب . أما في شركة كيما فتستخدم النظائر المشعة في قياس مستوى المواد في الخزانات ، وفي استشعار تصلب المادة في المفاعل . وفي شركة صدف يستخدم العديد من النظائر المشعة في مجالات مختلفة فهي تستخدم في مصنع الملح لقياس تركيزه في الماء ، وفي قياس الكثافة والوزن خلال الإنتاج كما تستخدم في قياس نسبة المعادن في المعدات التي تصل المصنع للتأكد من جودتها ، وفي مصنع الصودا الكاوية تستخدم النظائر المشعة لقياس درجة الحموضة والتحكم الآلي فيها . أما في مصنع البيوتيني في شركة بتروكيميا فتستخدم النظائر المشعة في قياس مستوى المواد في الخزانات .

وأيضاً تستعمل النظائر المشعة في مجالات الصيانة للكشف عن تسرب الغازات والسوائل ، وفي البحث عن مواطن العطل ، وفي دراسة ظاهرة التآكل او البلي (كما في تآكل المكائن وغيرها من المعدات) ، وفي دراسات التزليق (تحقيق الإحتكاك) ولقد أمكن توفير الكثير من المال والوقت علي سبيل المثال – في دراسة تآكل أجزاء المكائن وذلك بتعريضها للنترونات لتصبح مشعة بذاتها ومن ثم معرفة ما يتآكل من سطوحها عن طريق قياس شدة النشاط الإشعاعي في الزيوت المستخدمة فيها .

وعموماً يمكن القول بأن تقنية النظائر المشعة تستخدم اليوم في مختلف الصناعات ، وفي مجالات متنوعة لرفع كفاءة العمليات ، ولتوفير كل من الوقت

والجهد والمواد الأولية ، ولتقليل الزمن الضائع في إصلاح عطل المعدات ، وللتمكين من تطوير العمل .

(3–3) **أجهزة القياس النووية** :

تستعمل مقاييس الثخانة والكثافة ، والمستوى والأطوال ذات النظائر المشعة في صناعات الورق والبلاستيك والمعادن ، حيث يتم فحص هذه المواد عن بعد باستخدام الإشعاع دون ان يكون هناك تماس معها وهذه من مميزات الطريقة وخصوصاً عند ارتفاع درجة حرارة المواد أو الضغط الذي عليها ، أو عند وجود مواد تسبب التآكل . يستخدم مقياس الرطوبة النيتروني في انتاج كل من الزجاج والخرسانة وذلك لقياس نسب الرطوبة في الرمل ، كما طور مصدر للنترونات للكشف عن المتفجرات ولو كانت صغيرة ، وذلك بقياس الأشعة المنبعثة من ذرات النتروجين عند آسرها للنيوترونات ، بسبب وجود النتروجين في جميع المتفجرات ومن المزمع استخدام هذا الجهاز في فحص حقائب المسافرين في المطارات .

إن الأجهزة الحديثة للكشف عن الدخان (والمستخدمة في نطاق واسع في المصانع والمحلات والمكاتب والفنادق والمساكن) مبنية أساساً علي الإشعاع المنبعث من نظير مشع صغيرة مثل الثوريوم . حيث تولد جسيمات ألفا المنبعثة من هذا المصدر تياراً كهربائياً مستمراً في حجرة تأين صغيرة ، فتمسك ذرات الدخان عند وجودها بالإلكترونات المتولدة في حجرة التأين نتيجة جسيمات ألفا مما يقلل التيار الكهربائي ، وهذا التغيير في التيار هو الذي يقرع إنذار وجود الدخان . وتمتاز هذه الأجهزة بحساسيتها العالية فهي تستطيع الكشف عن كميات صغيرة جداً من الدخان ، وقد بدأ حديثاً استخدام غاز الكربتون kr^{85} المشع في هذه الأجهزة لكونه غاز يزول بسرعة في حالة تلف الجهاز ولا يضر بالصحة .

ومن المعروف أن "مينا" بعض أنواع من الساعات مضيئة ومصدر هذه الإضاءة كمية ضيئلة من نظير مشع (كالراديوم Ra^{226}) الذي يخلط مع مادة وميضة ، وقد استبدل هذا المصدر الطبيعي المشع بمصادر مصنعة مثل التريتيوم حيث تقل المخاطر الإشعاعية الي الصفر تقريباً . كما تستخدم مثل هذه المصادر في أجهزة الملاحة وفي إشارات مخارج النجاة من الحريق ، وفي قاعات الإجتماعات.

وتستعمل مصادر مشعة أكثر شدة لصنع بطريات ذرية تدوم طويلاً حيث أمكن الحصول علي بطاريات ذات قدرات فائقة (تزيد علي مئات الواطات) وتعمل علي مدى سنين عديدة دون الحاجة لأية صيانة ، وجدت لها تطبيقات كثيرة فهي تركب مثلاً في الأقمار الصناعية ، وتقوم محطات الإرصاد الجوية في المناطق

النائية ببث المعلومات التي تجمعها آخذة الطاقة اللازمة لعملها من تلك البطاريات الذرية ، وكذلك تستخدم بطاريات خفيفة الوزن (30- 100جرام) من هذا النوع في تغذية منظم نبضات القلب الذي يزرع في الجسم ويبقى مدى الحياة في جسم المريض .

ومن مزايا هذه التقنية :

1. إمكانية إجراء القياس دون تماس مباشر مع المادة المقيسة ، لأن الإشعاع له القدرة علي إختراق المواد .
2. إمكانية إجراء القياس أثناء التشغيل وحركة المواد كما أن القياس غير متلف للمواد .
3. ثبات مصادر الأشعة ، وعدم الحاجة إلا الي القليل من الصيانة .
4. إنخفاض نسبة تكلفة أجهزة الإشعاع مقارنة بفوائد استخدامها .

(3–4) **إستخدام الإشعاع الذري في الطب** :

(3-4-1) علاج الأورام بالنظائر المشعة :

هنالك طريقتان للعلاج بالأشعة ، وتسمى الأولى الطب النووي العلاجي حيث يعطى المريض المادة المشعة المناسبة التي تتجمع في العضو المصاب للعلاج بالإشعاع ، كما في بعض سرطان الغدة الدرقية . وتقوم الطريقة الثانية علي تعريض العضو المراد علاجه بالتشعيع المباشر وذلك بإدخال المصدر المشع داخل أنبوبة حافظة إلي مكان التشعيع داخل الجسم ، أو توضع المصادر المشعة المغلقة علي السطح المراد علاجه كما هو الحال في علاج سرطان عنق الرحم .

(3-4-2) العلاج بالنظائر المشعة للأمراض الآخرى :

هناك أمراض آخرى غير الأورام يمكن علاجها باستخدام النظائر المشعة ومن أهمها وأكثرها شيوعاً مرض فرط عمل الغدة الدرقية حيث يعطى المريض جرعة مناسبة من اليود المشع تبعاً لشدة المرض ، لتقليل عمل الغدة الدرقية إلي الحد الطبيعي المطلوب ، كما سبق أن أوضحنا . وهناك الفسفور المشع الذي يستخدم في معالجة الزيادة المفرطة لكريات الدم الحمراء ، كما أنه يوجد عدد من المواد المشعة المستخدمة في معالجة أمراض المفاصل ، وبخاصة أمراض المفاصل الروماتيزمية ، ولكن هذه الطريقة ليست شائعة الإستعمال.

(3–5) **التصوير الإشعاعي** :

إن طريقة التصوير بالأشعة السينية أو أشعة جاما من الطرق المستخدمة بشكل رتيب في الفحوصات غير المتلفة مثل فحص كل من اللحام والسبائك والمكائن المركبة مثل (محركات الطائرات) ، وتمتاز المصادر المشعة المستخدمة في التصوير بعدم حاجتها لمصدر كهربائي ، كما أن صغر حجمها يمكن من إستخدامها في الأجزاء او المكائن التي لا يمكن فحصها باستخدام أنابيب الأشعة السينية ومن التطورات الحديثة في هذا المجال إستخدام آلات تصوير تستطيع عمل صورة مباشرة بالأشعة السينية ، أو أشعة جاما دون الحاجة الي استخدام الفيلم الفوتوغرافي ، وتستخدم الحاسب الآلي لتكوين الصورة المتكاملة ، وميزة هذه الطريقة أنها تعطي الصورة بشكل مباشر دون الحاجة الي المعالجة الكيمائية .

إن التصوير بالأشعة السينية أو أشعة جاما يعتمد علي توهين هذه الأشعة عند مرورها في المادة . فكلما كانت المادة أكثر كثافة وسمكاً كانت أكثر توهيناً للأشعة ، أما التصوير النيتروني فيعتمد علي مبدأ مختلف فالنيترونات تتفاعل مع نوى الذرات وتتفاوت درجة تفاعلها (سواء بالأسر أو بالإستطارة المرنة او غير المرنة) من عنصر لآخر ، فبعض هذه العناصر تتفاعل مع النيوترونات البطيئة بشدة مما يمكن الكشف عنها بسهولة ، بواسط التصوير بالنيترونات البطيئة حيث يمكن الحصول علي مصادر النيوترونات للتصدير من التفاعلات الذرية ومن المسرعات ، ومن مصادر النترونات محكم الإغلاق مثل الكالفورنيوم 252 .

(3–6) **الإشعاع الذري في الزراعة** :

تساعد النظائر المشعة والإشعاع في حل كثير من المشاكل الزراعية وتطوير الكثير من القضايا مثل :

1 - تحديد الشروط اللازمة لرفع كفاءة استخدام كل من الأسمدة والماء وتثبيت النتروجين في التربة.

2 - إنتاج أصناف من المحاصيل الزراعية تمتاز بإنتاجية عالية ، تقاوم الأمراض والظروف البيئية .
3 - مكافحة الحشرات أو الحد منها باستخدام الحشرات العقيمة جنسياً أو التي غيرت حاملات الوراثة فيها باستخدام الإشعاع.
4 - تحسين إنتاج وتغذية الحيوانات وتحسين صحتها باستخدام الفحوصات الإشعاعية لجهاز المناعة والتقنية المتعلقة به بالإضافة الي النظائر التتبعية.
5 - تقليل الخسارة في المحاصيل أثناء التخزين بإيقاف التبرعم والتلوث وذلك باستخدام المعالجة الإشعاعية .
6 - تقليل الأمراض التي تلوث الغذاء طبيعياً وإطالة عمر صلاحيته باستخدام الإشعاع .
7 - دراسة طرق تقليل التلوث من المبيدات الحشرية والمواد الكيمائية المستخدمة في الزراعة.

إن البقوليات التي تثبت النتروجين "الأزوت" يمكن ان تعطي بروتينات عالية لاستهلاك كل من الإنسان والحيوان ، وتزيد نسبة الأزوت في التربة. والنظائر المشعة يمكن ان تستخدم لمعرفة كمية النتروجين التي يستطيع النبات تثبيتها وكيفية تحسين ذلك ، والتقنية النووية من الأدوات المثالية للتمييز بين النتروجين المأخوذ من الجو وذلك الذي من التربة أو من السماد المستخدم .

كذلك فإن الماء من العوامل المهمة التي تحدد وتقيد إنتاج المحاصيل في العديد من الأماكن في العالم ، خصوصاً في المنطقة الصحراوية مثل المملكة العربية السعودية وباقي دول الخليج ومعظم مناطق شمال افريقيا كما أنه ضروري لحياة الإنسان وتطوره وكذلك للإحتياجات الصناعية . من هنا كان ترشيد استخدام الماء في الزراعة يتطلب مراقبة مستمرة نسبة رطوبة التربة ، ويعد مقياس الرطوبة النتروني من الأجهزة المثالية لهذا الغرض ويساعد علي الإستغلال الأمثل لمصادر المياه المحدودة .

كما يمكن استعمال النظائر المشعة في دراسات كل من المياه السطحية والجوفية مثل قياس جريان الجداول والأنهار ، وتحديد إتجاه المياه تحت السطحية ، وتسرب الماء من الخزانات والسدود والبحيرات ، وكذلك معرفة حركة المياه في كل من البحيرات والخزانات وغير ذلك بطرق ميسورة وسريعة .

تحسين البذور :

إن من المنطلق أن يعتمد الإنسان الي تحسين محاصيله الزراعية كماً ونوعاً . ويحدث للنبات ولغيره من الأحياء طفرات يفضل بعضها بعض في عدد من الصفات وتمكن زيادة معدل الطفرات في نبات بالمعالجة الإشعاعية ، وبذلك يمكن اختيار أفضل الطفرات وفي الخمسين سنة الماضية أُجريت عشرات الآلآف من التجارب التي استعمل بقصد إحداث طفرات في البذور لتكسبها صفات مرغوبة ، وتستخدم لهذه الغرض الأشعة السينية أو أشعة جاما أو النيترونات ومن أهم الصفات المرغوبة التي يمكن الحصول عليها بالتشعيع هي تحسين مقاومة النبات للأمراض .

(3–7) **تطبيق الإشعاعات في الطبيعة** :

(3-7-1) إقتفاء الأثر :

تتضمن هذه الطريقة إستعمال النظائر المشعة كمقتضيات إشعاعية تضاف للوسط تحت الدراسة ومن بين التطبيقات مواقع التسرب من أنابيب النفط أو المياه أو غيرها من الوسائل والغازات وكذلك دراسة الإحتكاك في المحركات وغيرها من المجالات الآخرى .

(3-7-2) التطبيقات الصناعية :

تعتبر مصادر إشعاعات جاما كالكوبالت Co^{60} والسيزيوم Cs^{137} ومن أهم المصادر الشائعة الإستعمال في التطبيقات الصناعية حيث تستعمل لقياس سمك الصفائح المعدنية ، وقياس مناسيب المواد في الخزانات وكذلك قياس كثافة المواد داخل الأنابيب ، وقياس تركيز بعض العناصر .

وتستخدم إشعاعات بيتا في قياس سمك الصفائح الورقية والبلاستيك وكذلك تحديد نسبة الهيدروجين والكربون في المركبات الهيدروكربونية وأهمها المواد البترولية ومن مصادرها الإسترانشيوم Sr^{90} أما مصادر الإشعاعات النيوترونية مثل خليط البولونيوم – البريليوم فتستعمل في تحديد نسبة البورون في الزجاج وتحديد نسبة الرطوبة في التربة .

(3-7-3) تحسين خواص الألياف الصناعية :

تتغير بعض خواص الألياف المختلفة كيمائياً مثل الولي ايثلين اذا ما تم تصنيعها بالإلكترونات أو بإشعاعات جاما ، مما يجعلها تكتسب صفات افضل من حيث المتانة ، ومقاومة الحرارة وزيادة قدرتها علي العزل الكهربي ، وتستخدم

اشعاعات جاما في انتاج نوع جديد من الألواح الخشبية المغطاة بالبلاستيك مما يجعل السطح غير قابل للخدش أو الطرق . وهنالك العديد من الإستخدامات الآخرى للإشعاعات كالبحث عن مصادر المياه الجوفية وتحديد كمياتها وإتجاه سريانها ومقداره . وكذلك تحديد أعمار الآثريات المكتشفة وذلك لقياس النشاط الإشعاعي للكربون 140 الذي يتكون أثناء الحياة ، وقد ظهرت علي هذه الآثريات أنواع من البكتريا والفطريات تؤدي الي تحلل وتلف هذه الآثار وقد تصدى الدارسون لهذه المشكلة لدراسة إمكانية استخدام أشعة جاما في تعقيم هذه الآثار والمحافظة علي التراث القديم ، وقد أمكن عزل بعض الميكروبات المسببة للتلف والتحلل ودراسة تأثير الإشعاع عليها حتى يمكن تحديد الجرعات الإشعاعية المناسبة التي يمكن أن تعامل بها بهدف المحافظة علي الآثار .

ويمكن إيجاز إستخدامات النظائر المشعة :

- تقنية التحليل بالتنشيط النيوتروني .
- تقنية التصوير الإشعاعي .
- تقنية تحسين صفات المواد بالتشعيع.
- تقنية إستخدام الأشعة في التعقيم .
- تقنية تقدير عمر الآثار والصخور والمياه الجوفية.
- تقنية إقتفاء الأثر.

الفصل الرابع
التعقيم بواسطة أشعة جاما

التعقيم بواسطـة أشعـــة جاما

(4-1) مقدمة :

إشعاع جاما الكهرومغناطيسي يتولد من كوبالت Co^{60} وهو إحدى النظائر ذو النشاط الإشعاعي وعندما يتفتت يعطي إنبعاث كلي لكل تفتت مقداره 2.5 مليون إلكترون فولت ، وتنبعث الإشعاعات من كوبالت Co^{60} علي هيئة مجموعات ذرية عمرها النصفي حوالي خمس سنوات تقريباً . وهو الزمن الذي يهبط فيه النشاط

الإشعاعي ليصل الي نصف قيمته الأصلية ، وتتأثر في هذه المدة قوة التردد وكذلك تحتاج الي تجديد أو تزيد المصدر المشع ويمكن استبدال كوبالت Co^{60} بنظير آخر ذو نشاط إشعاعي أيضاً هو سيزيوم لفلز يشبه البوتاسيوم وينتج من تحلل اليورانيوم ويعتبر الأخير الجوهر الأساسي لقضبان الوقود من المفاعلات النووية ، وأشعة جاما نافذة جداً ، ولهذا تعقم بها المواد ذات الكثافة الموحدة بسمك مقداره 25cm في تعقيم الحقن البلاستيك عن التعرض للحزم الإلكترونية .

والتعقيم بأشعة جاما يعتمد علي الجرعة الكلية للتشعيع التي تختلف حسب كثافة الإشعاع ومدة تعريض المادة للإشعاع والجرعة الكافية من الإشعاع لإبادة جميع الكائنات الحية الدقيقة والخلايا الجرثومية هي 2.5 مليون راد (2.5×10^4 جراي) حيث الجراي يساوي 1 جول / كجم.

ومن الثابت علمياً التعقيم بالإشعاع يؤدي الي نتائج أفضل من التعقيم بالطرق الآخرى فمثلاً :

1. الخيوط الجراحية التي تعقم بالإشعاع تكون ذات قوة أكثر وتكون قابلة للثني وكذلك تقل درجة حرارتها .
2. وتستعمل طريقة التعقيم بالإشعاع للمواد التي تتأثر بالحرارة مثل الأجهزة والأدوات المصنوعة من البلاستيك وغيرها .
3. ويفضل أن تكون المواد المراد تعقيمها في الحالة الجافة لأن المواد في الحالة السائلة تكون معرضة للتلف وذلك لتأثر الإشعاع علي السوائل الحافظة ، وكذلك علي المادة نفسها . وفي حالة إستعمال التعقيم بالإشعاع للمواد السائلة يجب إجراء اختبارات لقوة المستحضر وخواصه الطبيعية والسمية .
4. وجد أن إشعاعات جاما يمكنها القضاء علي مسببات الأمراض مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات الضارة ، لذلك تستخدم إشعاعات جاما في العبوات الدوائية والغذائية والأدوات الجراحية والأبر والسرنجات و البلاستيك .

(4–2) **التعقيم بالإشعاع :**

الإشعاع عبارة عن موجات كهرومغناطيسية وتشمل عدة أنواع منها :
"راديو" ، تحت الحمراء ، مرئية ، فوق البنفسجية ، إكس ، جاما ، تكون علي هيئة موجات ، أما أشعة ألفا وبيتا تكون علي هيئة جسيمات .

تعتبر الأشعة تحت الحمراء من طرق التعقيم بالحرارة الجافة لأنها ترفع درجة حرارة الوسط المراد تعقيمه ، أما باقي الإشعاعات تعتبر معقمات إلكترونية أو

معقمات باردة ، وهذه تعمل علي رفع مستوى الطاقة للإلكترونات بالوسط . اما أشعة ألفا وبيتا وجاما وأشعة إكس تسمى إشعاعات مؤينة ، وهي التي تستعمل في التعقيم عن طريق الطاقة المنبعثة من الأشعة التي تطلق وتقاس الطاقة بملايين الرادات _ (وتعريف الراد هو كمية الأشعة التي تطلق 100 أرج من الطاقة لكل جرام من المادة المعرضة للأشعة) ، والجرعة الكافية للتعقيم تقدر بـ 2.5 مليون راد .

وتختلف قوة إختراق الإشعاعات فمثلاً أشعة جاما لها قوة إختراق كبيرة ولذلك فإن الكمية الممتصة منها تكون ضعيفة فيجب تعريض المادة لها أكثر من مرة بعكس الإشعاعات التي تخترق بسيط ويمكن التعقيم بها بتعريض المادة مرة واحدة فقط .

أما الأشعة فوق البنفسجية لا تستعمل عادة في التعقيم إلا في حالات قليلة نظراً لأن قوة إختراقها ضعيفة جداً ، وتستعمل لتعقيم بعض الطعوم أو تعقيم الهواء في غرفة العمليات وغرفة التعقيم للمستحضرات الصيدلية مثل الحقن حيث ان الهواء يكون تقريباً خالياً من الجزيئات المعلقة ، والتعقيم بالإشعاع يتم في درجة حرارة عادية ويمكن إجرائه حتى في درجة حرارة صفر ولكن في بعض الحالات يحدث تغيير في أوصاف المادة من حيث اللون والرائحة ودرجة الذوبان وفي بعض الحالات يكون له تأثير علي كفاءة المستحضر ، ولذلك يجب إجراء إختبار لكل مستحضر قبل تعقيمه من حيث درجة ثبات أو إستقرار المادة .

(4–3) **إستخدامات أشعة جاما في حفظ المواد الغذائية :**

مفهوم حفظ الأغذية بالتشعيع :

عملية التشعيع بالتعريف هي تعريض المنتجات الزراعية والغذائية الي الأشعة المؤينة عديمة المتلة وعديمة الأثر ، ذات الطاقة العالية في صورة جرعة مقننه مرخص بها ولفترة زمنية معينة داخل وحدة تشعيع محكمة عن طريق إدخال الغذاء المغلف بواسطة سير الي داخل غرفة ذات جدران أسمنتية سميكة حيث يتم تعريض المادة الغذائية وذلك حسب نوعها حيث تعرض أشعة جاما لفترة تتراوح ما بين 15- 45 دقيقة أو لأشعة الحزم الإلكترونية لبعض ثواني .

وخلال عملية التشعيع فإنه يجب أن يكون الغذاء أو مصدر الأشعة متحركين وذلك لضمان ان الأشعة اخترقت الغذاء بشكل كاف ، وبعد أن تنتهي عملية التشعيع بواسطة أشعة جاما يتم غمر القضبان المشعة في مسبح مائي تحت الأرض ، أما اذا

كانت عملية التشعيع بواسطة أشعة الحزم الإلكترونية فإنه يتم قفل المصدر الإلكتروني من الكهرباء.

(4-4) المصادر الإشعاعية وانواع الأشعة المستخدمة في التطبيقات السلمية :

توجد ثلاث أنواع من الأشعة المستخدمة علي نطاق واسع في التطبيقات التي تخدم المجتمع و البيئة هي :

1. أشعة جاما الصادرة من وحدات "مشععات" الكوبالت Co^{60} والتي تنتج طاقة عالية من أشعة جاما بشكل مستمر كما أن لها القدرة علي اختراق المواد الغذائية الي مدى أعمق .
2. أشعة بيتا الصادرة من المعجلات الإلكترونية التي لا تزيد طاقتها الكلية عن 0.1 مليون إلكترون فولت ، ولها القدرة علي اختراق إلي مسافة 1-2 بوصة .
3. أشعة إكس الصادرة من ماكينات توليد أشعة إكس والتي تزيد طاقتها عن 0.5 مليون الكترون فولت ، وعند التشعيع فإن لها قدرة التركيز علي مناطق صغيرة من المادة الغذائية .

(4-5) الهدف من عملية تشعيع الأغذية :

- ⊡ القضاء علي الأطوار الحشرية المختلفة في الحبوب المخزونة والبقوليات والتوابل .
- ⊡ خفض الحمولة الميكروبية والقضاء علي الميكروبات الممرضة في الأغذية ذات المصدر الحيواني ، وتخليص البهارات والنباتات الطبية من حمولتها الميكروبية .
- ⊡ منع الإنبات أو التزريع في البطاطس والبصل والثوم وإطالة فترة صلاحيته ، وتأخير النضج لبعض الفاكهة . وفي تعقيم بعض الوجبات الغذائية لمرضى نقص المناعة البيولوجية في المستشفيات وحتى معالجة الوجبات الغذائية لرواد الفضاء .

لقد ساهم التطوير الكبير في تطبيقات تقنية تشعيع الأغذية في تقليل نسبة الفواقد وتقليل الإعتماد علي المواد الكيمائية المستخدمة في حفظ المنتجات الغذائية

والزراعية ، كما ان له دور في الحد من أمراض التسمم الغذائي الناتجة عن الميكروبات الممرضة .

(4-6) إعداد المواد للتشعيع في محطة التشعيع :

يستخدم في المحطة نظير الكوبالت Co^{60} كمنبع لشعة جاما ، ويجب تعبئة المواد المراد معالجتها في صناديق أبعادها (30cm×49×39) مصنعة من طبقتين من الكرتون المقوي وبسماكة 6 مم ، علي ان لا يزيد وزن الصندوق الواحد عن 20 كيلوجرام ، ويمكن معالجة 220 صندوقاً في دفعة واحدة .

ويفضل من جهة نظر إقتصادية ان لا يقل عدد الصناديق في كل دفعة عن 150 صندوقاً .

(4–7) **شروط القبول والرفض** :

يجرى تنفيذ المعالجة الإشعاعية للمواد المذكورة سابقاً بناءاً علي التجارب والأبحاث العلمية المحلية والعالمية ، ويفترض أن يكون المنتج المراد معالجته بالأشعة ذا خصائص ومواصفات جيدة ويجري رفض التشعيع الي المادة في الحالات التالية :

- اذا تطلب المنتج جرعة إشعاعية تزيد عن الحد الأعلي المذكور في المواصفات المعتمدة .
- إذا كان للجرعة الإشعاعية المستعملة تأثير سلبي في الخصائص النوعية للمنتج المراد تشعيعه .
- عندما تكون الحمولة الميكروبية في عينات المنتج المراد تشعيعه غير متجانسة ، بحيث يصعب تحديد الجرعة المطلوبة للمعالجة .

وتتميز طريقة الحفظ بالإشعاع بكونها سريعة وقليلة النفقات ولا تسبب اي أثر ضار للإنسان كل ذلك بدون رفع درجة حرارة الغذاء ولهذا السبب يطلق عليه "بالتعقيم البارد" .

وتتألف عملية حفظ الأغذية بالتشعيع من مرحلتين أساسيتين :

- تعرف الأولى باسم **البسترة بالإشعاع** وتجرى باستخدام الجرعات المنخفضة من الإشعاع الذري لتأخير الفاسد في بعض الاغذية الطازجة السريعة التلف مثل الأسماك والقشريات والدواجن وتخفيض اعداد الأحياء الدقيقة في

البهارات والقضاء علي بعض البكتيريا والطفيليات وإطالة فترة صلاحية الفواكه مثل الفراولة بتأخير نمو الفطريات .

- تعرف المرحلة الثانية باسم **التعقيم** ، وهذه المرحلة تتطلب إستخدام جرعات مرتفعة للقضاء علي كافة الأحياء الدقيقة الموجودة في الغذاء وهذه العملية شبيهة بالتعليب الذي يستخدم فيه معاملات حرارية لحفظ الغذاء كما تشمل تطبيقات الحد من الإصابات الحشرية باستخدام جرعات منخفضة من التشعيع لقتل الحشرات في الحبوب والاغذية المخزنة الآخرى مثل التمور وغيرها .

(8-4) ملاحظات علي التعقيم بالإشعاع :

- ⊡ يمكن ان تكون المواد المراد تعقيمها موجودة ضمن عبوات محكمة السد ، لمنع دخول الكائنات الدقيقة ، فتخترق أشعة جاما العبوات لتبلغ كل أجزاء الجسم المراد تعقيمه ، وتبعاً لذلك يبقى مفعول التعقيم قائماً لأمر غير محدود عملياً اذا لم تفتح عبوة المادة المعقمة .
- ⊡ لا يحدث الإشعاع "في حدود الجرعات المستعملة عادة للتعقيم" أية زيادة محسوسة في درجة الحرارة ، الأمر الذي يسمح بتعقيم المواد الحساسة للحرارة كاللاستيك.
- ⊡ إن التعقيم بالأشعة يمكن أن يجري باستمرار و آلياً ، ولا يوجد سوى وسيط واحد ينبغي ضبطه ألا وهو زمن التعريض .

الخاتمـــــــة :

التعقيم هو مصطلح يعني عدم وجود الأحياء المجهرية .

- يتألف نظام عمليات التعقيم من مضخة توقيت ووسط لتسخين المنتجات وأنبوب حامل وسط لتبريد المنتوج .
- تنشأ وتدار منطقة التعقيم بواسطة ماكينات التغليف المعقمة والتي يتم فيها تعبئة العلب المعقمة وإغلاقها بإحكام .

- تعقيم الأغلفة أو سطوح الأجهزة بواسطة وسائل تعقيم مثل الحرارة أو المواد الكيمائية ، والأشعة ذات الطاقة العالية "أشعة جاما" وكذلك التعقيم هو عملية تعقيم كاملة للمادة الغذائية بواسطة الإشعاع وتحتاج جرعات إشعاعية مرتفعة (45 – 50 كيلو جراي) لتحطيم جميع الكائنات الدقيقة المفسدة للغذاء والضارة بصحة الإنسان .

أوضحت الدراسات والبحوث أن التشعيع لا يؤثر علي القيمة الغذائية بأكثر مما تحدثه طرق التصنيع والحفظ الآخرى .

مميزات التعقيم بالإشعاع :

1. من الممكن أن يعبأ المنتج في حالة جافة .
2. التشعيع من الممكن أن يستعمل لحفظ أنواع مختلفة من الأغذية في مدى من الأحجام والأشكال المختلفة مما يعطيه صفة المرونة .
3. يمكن أن يستخدم لتجهيز منتجات ذات درجة حفظ ثابتة مثل اللحوم المملحة
4. المحافظة علي الخصائص الحسية والقيمة الغذائية للعصائر الطبيعية أثناء عمليات التشعيع بدرجة عالية .
5. يؤدي إلي زيادة الإنتاج وتقليل التالف من الأغذية .

سلبياته :

1. في حالة تعريض المادة الغذائية لكمية كبيرة من الإشعاع قد تضر بصحة الإنسان .
2. يحتاج إلي تكلفة وتجهيز جيد جداً .
3. يحتاج إلي عاملين مدربين تدريب جيد .
4. في حالة خروج إشعاع علي جسم الإنسان أثناء التشعيع داخل غرفة التشعيع قد يسبب ضرر للإنسان .

ويعتبر التشعيع الجامي له القدرة علي إبادة الميكروبات ويساعد قدرة الإشعاع للنفاذ إلي أماكن نمو الميكروبات بين أنسجة المادة الغذائية . وقد كان حفظ الأغذية بالإشعاع تحت الدراسة والبحث المكثف لأكثر من أربعين سنة وتواصلت هذه الدراسات إلي أن عملية التشعيع "تحت ظروف محكمة" لا ينتج عنه تكوين مواد ذات فاعلية أو نشاط إشعاعي في الأغذية تؤدي إلي تكوين مركبات سامة أو لها تأثير سرطاني للأغذية .كما ثبت خلو هذه الأغذية المعالجة بالإشعاع من الميكروبات المرضية والسموم الميكروبية الضارة بصحة الإنسان .

وقد أولت منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO) والصحة العالمية (WHO) الإهتمام بنتائج هذه البحوث وأشارت إلي أن الغذاء المعالج بالإشعاع هو غذاء "آمن صحياً" بالإضافة أن القيمة الغذائية لتلك الأغذية وجد أنها جيدة مقارنة بالطرق الآخرى.

وقد قرر مجلس الخبرة المشتركة في مجال تشعيع الأغذية (JECFI) تحت إشراف منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية والوكالة الدولية للطاقة الذرية المنعقد في عام 1980م أن المعلومات العلمية والبيانات المتاحة لديه تثبت وتؤكد أن الأغذية المشعة حتى جرعة متوسطة (15 كيلو جراي) لا يترتب عليها مشاكل أو آثار سامة.

ولقد نجد أن الدول التي تستخدم التشعيع هي 41 دولة إضافة إلي جمهورية مصر التي إنضمت حديثاً .

التوصيات :

- ⊡ يجب معرفة نوع الإشعاع هل هو جسيمات أو موجات كهرومغناطيسية التي تستخدم في التعقيم .
- ⊡ يجب معرفة الجرعة الكلية للإشعاع التي تسلط علي المادة الغذائية .
- ⊡ التحكم في كمية الإشعاع الصادرة من المصدر المشع وضبط الزمن المناسب لها .
- ⊡ يجب الإهتمام بتشعيع الغذاء في السودان والإنضمام إلي الدول التي تستخدم التشعيع .
- ⊡ يجب مراقبة كل الغذاء المستورد من الخارج خاصة الدول التي تستخدم تشعيع الغذاء .
- ⊡ تطوير المصانع المحلية وتدريبها علي تشعيع الأغذية ومراقبتها .

المقترحات :

- ⬥ يجب مراقبة كل المصانع من قبل دائرة حماية المستهلك وتحديد الجرعة اللازمة للتشعيع .
- ⬥ فحص كل الأغذية المشعة وتحديد كمية الإشعاع فيها ونوعه .
- ⬥ إنشاء جانب متخصص في مجال تشعيع الأغذية .

- إبتعاث كوادر إلي الخارج لمواكبة عمليات التشعيع بصورة عامة وحفظ الأغذية بصورة خاصة .
- مراقبة كل الشركات الدولية التي تعمل في صنع الأغذية في السودان .
- فحص الغذاء الوارد من الخارج جيداً.

المصادر والمراجع :

1. محمد قاسم محمد الفخار وآخرون الفيزياء النووية والإشعاعية ، ليبيا / بنغازي ، 2006 ط 1 ، جامعة عمر المختار .
2. محمود حامد عطية وآخرون المخاطر الإشعاعية بين البيئة والتشريعات القانونية ، 2005 ، مصر ، القاهرة ، ط1 ، دار الفكر العربي للنشر.
3. محمد عبد الرحمن ال الشيخ وآخرون ، هندسة الإشعاع النووي ، 2004 ، ط1 السعودية ، الرياض ، جامعة الملك سعود ، المكتبة الوطنية.
4. بهاء الدين حسين معروف الوقاية من الإشعاعات المؤينة (1989م) العراق ، ط1 ، منظمة الطاقة الذرية .

5. عذاب طاهر الكناني ، الفيزياء الإشعاعية ، بغداد ، العراق ، دار الفجر ، ط 1 ، 2008م .
6. سحر مصطفى حافظ وآخرون ، المخاطر الإشعاعية بين البيئة والتشريعات القانونية ، ط1 ، 2005م ، دار الفكر العربي ، مصر القاهرة.
7. مقدمة في الفيزياء الحديث ، فخري إسماعيل حسن ، 2003م ، السعودية ، الرياض ، دار المريح للنشر / ط1 .
8. مجلة الضاد الإلكترونية .
9. ويكبيديا الموسوعة الحرة – منشورات للفيزياء النووية .