



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

# كواشف الأثر النووي الصلبة

مشروع بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة \_ قسم الفيزياء  
كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الفيزياء

من قبل الطالبة

**دعاء كاظم عبود محمد**

بإشراف

**أ.م.د. سلار حسين ابراهيم**

2024م

1445هـ

Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Babylon

College of Education for Pure Sciences

Department of Physics



# Solid Nuclear Trace Detectors

A research project submitted to the Council of the College of Education for Pure Sciences -  
Department of Physics as a part of the requirements for obtaining a bachelor's degree in physics

by

**Duaa Kazem Abboud Mohammed**

Supervisor

**Asst. Prof. Dr. Salar Hussein Ibrahim**

1445 A.H

2024 A.D

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

قال تعالى :

﴿ هُوَ الَّذِي بَعَثَ فِي الْأُمِّيِّينَ رَسُولًا مِّنْهُمْ يَتْلُو عَلَيْهِمْ آيَاتِهِ  
وَيُزَكِّيهِمْ وَيُعَلِّمُهُمُ الْكِتَابَ وَالْحِكْمَةَ وَإِنْ كَانُوا مِنْ قَبْلُ لَفِي  
ضَلَالٍ مُّبِينٍ ﴾

صدق الله العلي العظيم

﴿سورة الجمعة ، الآية : 2﴾

## اقرار المشرف

أشهد إن إعداد البحث الموسوم بعنوان ( **كواشف الأثر النووي الصلبة** ), من قبل الطالبة **(دعاء كاظم عبود محمد)** قد جرت تحت اشرافي في قسم الفيزياء – كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الفيزياء .

التوقيع :

المشرف :- أ.م. د. سلاّر حسين ابراهيم

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

التاريخ : 2024 / 4 /

## توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءً على التوصيات المتوفرة ارشح هذا البحث للمناقشة

التوقيع :

اسم رئيس القسم الفيزياء : ا.د. احمد هاشم

المرتبة العلمية : د . احمد

التاريخ : 2024 / 4 /

# الاهداء الاحياء

بسم الله والحمد لله والصلاة والسلام على حبيب الله محمد وال بيته الطيبين الطاهرين الحمد لله الذي وفقنا

لهذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية نهدي هذا الجهد المتواضع الى سيدنا ومولانا صاحب الزمان ارواحنا لتراب

مقدمه الفداء .

والى المضحين الذين اهدوا للعراق ارواحهم ليستمر ويمضي قدما والى الوالدين الكريمين حفظهما الله وادام

ظلمهم الوارف علينا والى من رافقني اثناء المسيرة الدراسية اخوتي واصدقائي

والى مربى الاجيال وبناءة المجتمع اساتذتي الكرام الافاضل

دعاء

# الشكر والعرفان

الحمد لله حمداً يليق بجلاله والشكر له على توفيقه وامتنانه، فالحمد لله الذي هدانا للإسلام وأرشدنا للعلم ووقفنا للخير والشكر لله سبحانه أن من علي بإتمام هذه الدراسة، والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى آله الطيبين الطاهرين...

فالشكر بعد شكر الله تعالى الى عائلتي وكل من ساعدني ولمن كانت له اليد في إنجاز هذا البحث واختص

بالذكر (الدكتورة : سلار حسين ابراهيم) المشرفة على هذا البحث

كما لا يسعني إلا أن أتقدم بجزيل الشكر ووافر التقدير للأساتذة في قسم الفيزياء على ما قدموه لي من توجيه وإرشاد في جميع مراحل الدراسة.

دعاء

## جدول المحتويات

الصفحة	العنوان	ت
الفصل الاول		
1	المقدمة	1-1
3-2	كواشف الأثر النووي الصلبة	2-1
6-3	أنواع كواشف الأثر النووي الصلبة	3-1
8-6	طريقة تكون الأثر	4-1
9-8	الدراسات السابقة	5-1
9	الهدف من البحث	6-1
الفصل الثاني		
11	النشاط الإشعاعي	1-2
18-11	مصادر الإشعاع	2-2
18	حالات التوازن الإشعاعي	3-2
20- 19	القياس الكمي للأشعاع	4-2
الفصل الثالث		
22	المقدمة	1-3
23-22	تكوين الإشعاعات	2-3
25-23	أنواع الإشعاع	3-3
26	اليورانيوم الطبيعي	4-3
27-26	اليورانيوم المنضب	5-3
27	اليورانيوم المخضب	6-3
28- 27	وسائل الوقاية من الإشعاعات	7-3
29-28	إجراءات السلامة في المعامل	8-3
33- 29	وحدات قياس الإشعاع	9-3
39- 34	المصادر	

# الفصل الاول

# الفصل الاول

## 1-1 المقدمة

نظرا لطبيعة الإشعاع غير المرئية كان لبد من إيجاد الطرق والأدوات الملائمة للكشف عن الإشعاع وقياسه كذاك بما أن الهدف الرئيسي للوقاية الإشعاعية هو معرفة الإشعاع وتوفير المعلومات اللازمة عنه ومعرفة مقدار ما قد يحدثه من آثار سلبية على الإنسان والبيئة بالإضافة إلى تقدير ضرورة إجراء هذه القياسات ودرجة ملائمة الأجهزة لنوع القياس وذلك لغايات تخفيض الجرعات الإشعاعية .

ومن هنا تم تطوير عدة تقنيات وأدوات لقياس الإشعاع وأكثرها شيوعا

1 - أجهزة المراقبة.

2- أجهزة المسح الإشعاعي.

3- أجهزة التحذير من الإشعاع .

وبناء على هذه الأهداف يمكن أن يتم تصنيف أجهزة الكشف و لقياس الإشعاع فئتين رئيسيتين :-

- أجهزة القياس الجرعات الإشعاعية وما يتعلق بها .
- أجهزة قياس النشاط الإشعاعي الناتج عن المواد المشعة سواء كانت طبيعية أو صناعية .

تستخدم الكواشف النووية لكشف الجسيمات و الفوتونات التي تنبعث من انويه المواد المشعة وهذه الكواشف تعتمد في عملها على عمليات التأين التي تحدثها الجسيمات والفوتونات المشعة أثناء اجتيازها للمادة وتتوقف على :-

1- نوع الإشعاع وطبيعته وشدته.

2- طبيعة المادة .

تسمى المواد التي تتأثر بالإشعاع بشكل يمكن معه الاستفادة من الأثر الناتج ( بكواشف الإشعاع radiation detectors ) .

تعرف الكواشف النووية بأنها مجموعة الأجهزة المستخدمة في الكشف عن الإشعاعات النووية المختلفة و لقياس طاقة تلك الإشعاعات . فعندما تتأثر الأشعة على اختلاف أنواعها سواء أكانت جسيمات مشحونة أم جسيمات غير مشحونة ، مثل النيوترونات ، أو حتى الأشعة الكهرومغناطيسية مع الكاشف النووي فإن الحصلة النهائية لتبادل التأثير بالنسبة لأغلب أنواع الكواشف هي تشكل كمية من الشحنات الكهربائية ضمن مادة الكشف أو ما يسمى بالحجم الفعال للكاشف التي تجمع عند قطب معاكس ) .

**SOLID STATE NUCLEAR TRACK DETECTORS**

تختلف أجهزة الكشف عن الأشعة الكهرومغناطيسية باختلاف نوع الإشعاع والتأثير الذي يحدثه في هذه الكواشف. فمنها الكواشف الغازية وتشتمل على ثلاثة أنواع رئيسية وهي كشاف حجرة التأين (Ionization chamber detector) وكشاف التناسب (Proportional detector) وعداد كايكر ميلر (Geiger) - Muller counter) وان مبدأ عمل هذه الكواشف يستند على التأين الذي يحدث للغاز في الكاشف نتيجة لتعرضه للجسيمات المشحونة ومن أجهزة الكشف الأخرى عن الجسيمات المشحونة هو العداد الوميضي (Scintillation counter) الذي يعمل على مبدأ تحويل الطاقة الحركية للجسيمات إلى ومضات ضوئية وذلك بالاعتماد على خواص المواد العضوية أو غير العضوية لمادة الكاشف التي تقوم بإطلاق ومضات ضوئية عندما تسقط عليها الجسيمات المشحونة.

وهناك أيضا كواشف أشباه الموصلات (Semiconductor detectors) التي تعمل وفق مبدأ إنتاج أزواج من الإلكترونات والفجوات نتيجة لسقوط الجسيمات المشحونة على منطقة الاستنزاف لهذه الكواشف كما في كاشف الحاجز السطحي (Surface - Barrier detector) والتي تعد من الكواشف الجيدة للكشف عن جسيمات ألفا وقد ظهرت في الآونة الأخيرة كواشف الأثر النووي الصلبة والتي هي مواد صلبة عازلة كهربائيا لها القابلية على خزن تأثير الإشعاعات الجسمية المؤبنة على شكل تلف (ضرر) في تركيبها الداخلي والاحتفاظ بها لفترات طويلة. إذ يمكن مشاهدة مناطق التلف أما باستخدام المجهر الإلكتروني مباشرة أو باستخدام المجهر الضوئي بعد معاملتها ببعض المحاليل الكيميائية الكاشطة. حيث إن هذه المواد الكاشطة تهاجم المناطق التي تعرضت للإشعاع التالفة بمعدل أكبر من المناطق السليمة لأن هذه المناطق أكثر هشاشة من المناطق التي لم تتعرض للإشعاع لامتلاكها طاقة حرة أكبر من المناطق السليمة بسبب سقوط الجسيمات المشحونة عليها. إذ يزداد معدل مهاجمة المواد الكيماوية للمادة كلما قل وزنها الجزيئي مما يؤدي إلى تحللها (Degrade) بشكل كبير.

إن هذه المواد الكاشطة تستطيع الكشف عن الجسيمات المشحونة الثقيلة والتي كتلتها أكبر من كتلة الإلكترونات مثل البروتونات وجسيمات ألفا وشظايا الانشطار وكذلك لها القابلية على الكشف عن النيوترونات من خلال قياس الآثار التي تحدثها البروتونات المرتدة عن سقوط النيوترونات على تلك الكواشف لقد اتسعت وتعددت مجالات استخدام كواشف الأثر النووي الصلبة بشكل كبير لما تمتلكه من خصائص وميزات أهمها :

- 1 - سهولة استعمالها وانخفاض كلفتها، كما أن عملية قشط الآثار وإظهارها عملية سهلة .
- 2 - عدم الحاجة إلى مصدر للطاقة الكهربائية مما يجعلها مناسبة تماماً لعمليات يتعدى استخدام الأجهزة الإلكترونية فيها كقلب المفاعل النووي والأبحاث الفضائية والكشف عن المستويات المنخفضة من الإشعاع ولفترات زمنية طويلة .

3 - لها القابلية على الاحتفاظ بالآثار عند خزنها لمدة طويلة من الزمن عند الدرجات الحرارية الاعتيادية أو درجة حرارة الغرفة، وبالمقابل فإن الدرجات الحرارية العالية تعمل على تلاشي عدد من الآثار المتكونة في هذه المواد مما يؤدي إلى نقصان عددها .

4 - لها حساسية وكفاءة عاليتين قد تصل إلى %100% كما في المايكا والكواشف البلاستيكية لذا فهي تستخدم في قياس الدفق النيتروني أو لقياس الجرع النيترونية وذلك بقياس الآثار التي تخلفها البروتونات المرتدة عن النيترونات أو عن طريق جسيمات ألفا الناتجة عن استخدام التفاعل (na) .

5 - لا تذوب في المحاليل الكيميائية بسبب تجانسها وتناظرها العالين إذ أن المحاليل الكيميائية الكاشطة لا تستطيع إذابتها ولكنها يمكن أن تقلل من سمكها عن طريق عملية التحلل .

6 - لها القابلية على قياس مدى عال من الجرعات.

7 - دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها من هذه الكواشف وسهولة تحليلها ولذلك استخدمت كمراجع شخصية لقياس الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان وكذلك استخدمت في الأقمار الصناعية.

8 - إن الجسيمات الثقيلة المشحونة كشظايا الانشطار النووي يمكن تسجيلها وتمييزها عن الجسيمات المشحونة الخفيفة مثل ( والنيترونات باستخدام هذه الكواشف.

إن الخصائص العملية لهذه الكواشف مثل توافرها وسهولة استخدامها وانخفاض كلفتها أدت إلى استخدامها بشكل كبير في الكثير من المختبرات ومن قبل العديد من الباحثين وفي مجالات تطبيقية مختلفة منها استخدامها في مجال الفيزياء النووية، وفيزياء البلازما الأرض. كما استخدمت في مجال الطب وعلوم الحياة ومجال فيزياء الفلك وعلم الفضاء ودراسة الأشعة الكونية القادمة من أعماق الفضاء إلى جو الأرض كما تعد من الأدوات المهمة في رصد الزلازل والبحث عن الإشارات التحذيرية من الهزات الأرضية .

### 3-1 أنواع كواشف الأثر النووي الصلبة

تقسم كواشف الأثر النووي إلى قسمين رئيسيين هما الكواشف اللاعضوية والكواشف العضوية فالكواشف اللاعضوية هي التي لا يدخل في تركيبها عنصري الكربون والهيدروجين، ومن أبرز أنواع هذه الكواشف المايكا، إذ يستخدم لتسجيل آثار النيترونات وشظايا الانشطار ويمتاز بحساسيته العالية للدقائق المشحونة ذات الكتلة الأكبر من 30 amu ويتميز باستقراره العالي عند تسجيله للدقائق المشحونة حتى درجة الحرارة C 400 فضلاً عن أن كاشف المايكا يحتوي على ذرات اليورانيوم والثاليوم بتركيز (  $10^8 - 10^{10}$  ) مما يسبب خلفية إشعاعية عالية بعد القشط إذ يستخدم محلول حامض الهيدروفلوريك HF بتركيز %48 ودرجة حرارة بحدود C° (20-25) في عملية القشط أما كاشف الزجاج فانه

يعد من الكواشف الجيدة في الكشف عن النيوترونات وبخاصة في المفاعلات النووية وذلك لتحمله درجات الحرارة العالية وقابليته على تحسس شظايا الانشطار ويمتاز بنفس المواصفات التي يمتلكها المايكا ويتم إظهار الآثار بالطريقة نفسها كما للمايكا.

أما الكواشف العضوية وهي عبارة عن مواد بوليمرية، والبوليمرات هي جزيئات كبيرة متكونة من وحدات صغيرة متكررة ومرتبطة مع بعضها تدعى مونومر (Monomer) وتتكون وحدات المونومر في معظم اللدائن من ذرات مرتبطة مع بعضها بأصرة تساهمية تغلب عليها أصرة هيدروجين كاربون (H-C) وتشتمل البوليمرات العضوية على مركبات تحتوي فضلا عن ذرات الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين على الكبريت والهالوجينات مع العلم أن اغلب الأواصر التي تربط بين هذه الذرات تكون سهلة الكسر عند تعرضها للإشعاع ان من ابرز أنواع الكواشف العضوية هي الكواشف السليلوزية إذ تتضمن أنواعاً متعددة منها نترات السليلوز واسينات السليلوز (CA 8-15) و (LR-115) بأنواعه المختلفة وتمتاز هذه الكواشف باحتوائها على النتروجين في تركيبها الكيميائي فكاشف نترات السليلوز (CN-85) تركيبه الكيميائي (His) وتعد اسينات السليلوز من الكواشف الجيدة في الكشف عن النيوترونات والجسيمات المشحونة مثل البروتونات وجسيمات ألفا وشظايا الانشطار والأيونات الثقيلة ويبلغ سمك هذه الكواشف (100 um) ويطلق من جانبيه طبقة رقيقة من رابع بورات الليثيوم (LIB<sub>4</sub>) القابل للذوبان بالماء. وتكمن أهمية وجود عنصر البورون B والليثيوم Li<sup>+</sup> في كونهما يمتلكان مقاطع عرضية كبيرة للتفاعل مع النيوترونات البطيئة ويستخدم هيدروكسيد الصوديوم بعبارة 4 ودرجة حرارة (50) ولمدة 3 القشط هذه الأنواع من الكواشف أما الكاشف LR-115 وتركيبه الكيميائي يكون على أنواع عدة (LR-115IIB و LR-115IB) ويقرب سمكه من (12-13) Aam ويتكون من طبقة رقيقة من نترات السليلوز مثبتة على شريحة أكبر سمكا من البوليستر. يتم قشط هذا الكاشف باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم Na OH بعبارة 2.5 ودرجة حرارة 60 ولمدة Shes، ويستخدم هذا الكاشف لقياس جرعات النيوترونات الحرارية والنيوترونات السريعة وجسيمات ألفا ويستخدم 18.1150 في حساب تراكيز الرادون واليورانيوم في التربة والماء وداخل المنازل والعينات الجيولوجية .

يعد كاشف الماكر وفول من الكواشف العضوية أيضاً وهو عبارة عن بولي كربونيت (Ploy) Carbonate وله التركيب الكيميائي (CH) ويقرب سمكه من Lam 300 وكثافته gm/cm 1.2 ولهذا الكاشف سطحان أحدهما أملس والآخر خشن ويجب أن يكون السطح الأملس مواجهاً للمصدر المشع وذلك لقلّة التشوهات مما يعطي أثراً واضحاً، تتم عملية القشط لهذا الكاشف عادة بمزج 80% من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH مع 20% من الايثانول عند درجة حرارة 40 ولمدة 4 hrs . ويعد هذا الكاشف من الكواشف الجيدة في تسجيل آثار النيوترونات وشظايا الانشطار ويستخدم في معايرة الرادون وقياس تراكيز اليورانيوم .

ومن الكواشف العضوية أيضاً كاشف الليكسان إذ يستخدم في الكشف عن شظايا الانشطار (Fission fragment) والجسيمات المشحونة ، وتركيبه الكيميائي (CH) وكثافته gm/cm<sup>3</sup> 1.2 ويشترك مع الماكر وفول في بعض الخصائص

الفيزيائية والكيميائية وله القدرة على التمييز بين الأيونات الثقيلة، ويمكن الاحتفاظ بالكاشف بعد تشيعه لفترة طويلة تحت ظروف مختلفة من ضغط وحرارة.

ومن الكواشف العضوية المهمة والتي تستخدم في العديد من المجالات لما يمتلكه من خصائص كشفية وتسجيلية جيدة للجسيمات المشحونة الكاشف النووي البلاستيكي الصلب CR-39 المستخدم في دراستنا الحالية وسنتطرق بالتفصيل إلى مواصفات وخصائص هذا الكاشف.

### 1-3-1 الكاشف CR-39

ظهر هذا الكاشف النووي البلاستيكي الصلب CR-39 المستخدم في دراستنا CR-39 عبارة عن مادة بوليمرية وهو مختصر من (Columbia Resin) يحضر هذا الكاشف من عملية البلمرة لكاربونات الأليد ايكول المتعدد (Play Allydiglycal Carbonate الصيغة الجزيئية له، CH<sub>3</sub>) وكثافته 3 gm/cm<sup>3</sup> يتميز هذا الكاشف بشفافيته البصرية وحساسيته العالية وتجانس وانتظام تركيبه. لقد أنجزت تجارب عدة من أجل تطوير وتحسين هذا الكاشف ، فقد تم إنتاج كاشف متطور من CR-39 هو كاشف SR-86 ذو حساسية أعلى من CR-39 كما تم إنتاج كاشف آخر متطور أيضاً هو كاشف PM-355 الذي يمتاز بحساسيته العالية للكشف عن البروتونات.

وبشكل عام، فإن كاشف CR-39 يعد من الكواشف الصلبة ذات الحساسية العالية للجسيمات المشحونة. ويعزى السبب الرئيسي إلى كون هذا الكاشف بوليمر ذو تركيب عضوي يحتوي على روابط الكربون في مونومر مادة الكاشف وهذه الروابط ضعيفة نسبياً وتتكسر بسهولة عند تعرضها للإشعاع ولزيادة هذه الحساسية يتم إدخال روابط أضعف من روابط الكربون إلى تركيبه الشبكي المترابط المقطع وبذلك أصبح كاشف CR-39 أكثر انتشاراً من الكواشف الأخرى، ومن أهم الخواص التي يتميز بها :

1- الشفافية البصرية والنقاوة العاليتين فضلاً عن تجانس مادته (Homogenous) وتمائل خواصه (Isotropic).

2 - حساسيته العالية للإشعاع (جسيمات ألفا والبروتونات والنيوترونات) وبطاقات مختلفة فضلاً عن قابليته في تسجيل آثار البروتونات المرتدة ولمدى واسع من الطاقة (0.1) Me - (20) والتي تجعل هذا الكاشف حساساً للنيوترونات السريعة.

3 - القدرة التحليلية العالية (High Resolution)

4 - لا يتأثر بالعوامل الجوية من درجة حرارة ورطوبة عند خزنه لفترات طويلة تحت الظروف الطبيعية، ولا يذوب في المحاليل الكيميائية الكاشطة بل يتحلل من خلال نقصان سمكه أثناء عملية القشط.

5 - له استقرارية حرارية (Thermost) مترابط المقطع (Cross-Linked) ومتبلور جزئياً (Amorphous With Crystalline) = 20% .

ونظراً للخصائص والمميزات التي يمتلكها الكاشف CR-39 فقد استخدم في الكثير من التطبيقات والعديد من المجالات، منها استخدامه في قياس تراكيز اليورانيوم والرادون والثورون في المنازل وفي مواد البناء وفي التربة والمياه والأغذية وفي معاجين الأسنان كما يستخدم في الكشف عن الجسيمات المشحونة كالبروتونات وجسيمات ألفا وأيونات أخرى وكذلك في تسجيل الآثار الناتجة عن الأشعة الكونية وإيجاد تراكيز اليورانيوم والثور يوم في النماذج الجيولوجية وفي حساب تراكيز الراديوم في الأسنان فضلاً عن حساب تركيز الرصاص pb في أسنان الأطفال.

ويعد هذا الكاشف مجسماً جيداً للتنبؤ عن الزلازل والهزات الأرضية من خلال قياس مقدار الزيادة في تركيز غاز الرادون المنبعث من التصدعات والشقوق الأرضية الواقعة على خط الزلازل في المدن التي تتعرض للزلازل والهزات .

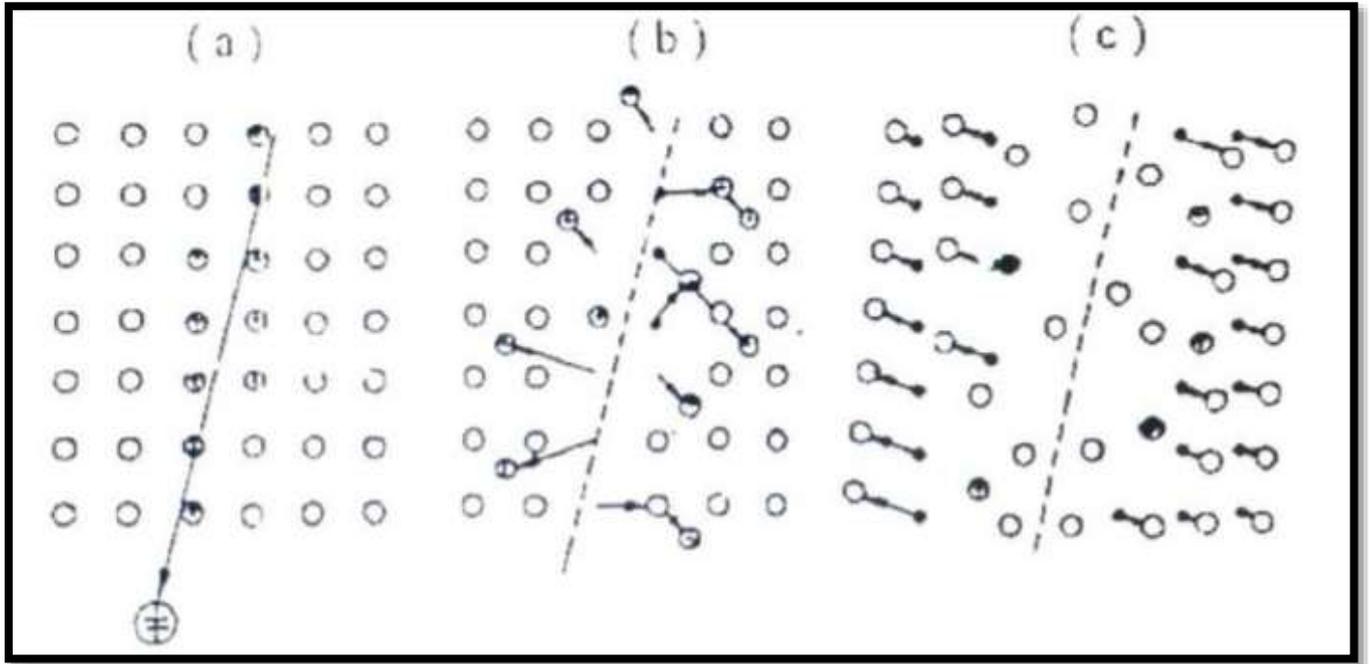
كما يستخدم الكاشف CR-39 كمرشح دقيق إذ تعرض قطعة رقيقة منه لحزمة من شظايا الانشطار وتغطى بمحلول كيميائي مناسب ولفترة زمنية معينة إذ يخترق هذا المحلول الآثار الكامنة مكوناً ثقباً دقيقة عبر الكاشف الصلب وبقطر يتراوح بين ( 10 - 30 ) حيث يستخدم هذا الكاشف الدقيق لفصل الخلايا السرطانية من الدم كما يستخدم الكاشف في التصوير الشعاعي الذاتي للجسم بعد حقنه بالنظائر المشعة.

#### 4-1 طريقة تكون الأثر

لقد وجد في المواد الصلبة العازلة (زجاجية، بلاستيكية) إن الجسيمات المشحونة الثقيلة تنتج أثراً عند مرورها في تلك المواد ويمكن ملاحظة المناطق الصغيرة التالفة إما باستخدام المجهر الإلكتروني مباشرة أو باستخدام المجهر الضوئي بعد معاملتها بمادة كيميائية تعمل على حفر وإظهار مناطق التلف المتكونة. وإن نوع وشكل المنطقة التالفة (المتضررة) لا يعتمد على متغيرات الجسيمات الساقطة كتلتها وطاقتها وشحنتها فحسب بل يعتمد على نوع المادة الكاشفة الصلبة أما حجم المناطق التالفة فيعتمد فضلاً عن العوامل في أعلاه، على نوع وتركيز ودرجة حرارة المحلول الكيميائي الكاشط وزمن القشط.

لقد وضعت نماذج ونظريات متعددة من قبل العديد من الباحثين لتفسير تكون الآثار في تلك المواد وإن النظرية السائدة لتفسير تكوين الأثر في المواد اللاعضوية هي نظرية في منطقة وخزة الانفجار الأيوني الضرر الأساسية إذ يتسبب مرور الجسيمات المتأينة في المادة في تكوين منطقة تحتوي على تركيز عال من الأيونات الموجبة، علماً أن زمن إعادة اتحاد الأيونات الموجبة مع الإلكترونات يكون طويلاً نسبياً بحدود 10-13 Sec مقارنة بزمن اهتزاز الشبكة البلورية وإن هذه الأيونات تضرب وبشدة إلكترونات الذرات المتصادمة الواقعة حول المناطق المجاورة لمسارها فتننتج منطقة إسطوانية مليئة بالأيونات الموجبة والتي تتنافر مع بعضها البعض بفعل القوة الكهروستاتيكية . فإذا كانت قوة التنافر أكبر من قوة تجاذب ذرات المادة الصلبة فإنه يحدث تشوه في الشبكة البلورية مخلفاً ورائها قلباً إسطوانياً فارغاً يمكن مشاهدته مباشرة بالمجهر الإلكتروني أو بالمجهر الضوئي بعد معالجته كيميائياً بعملية القشط.

والشكل (1-1) يمثل تتابع عملية تكوين الآثار حيث يمثل (a) عملية دخول الجسيمة الثقيلة المشحونة والتي تولد تأيناً ابتدائياً للذرات على طول مسار الجسيمة، يلي هذه العملية مرحلة ترتيب الأيونات الحشرية (البينية) والفجوات في مواقع الذرات نتيجة للقوة الكولومية الموجودة حول الأيونات الابتدائية التي تولدت كما في الشكل (b) واخيراً تحدث عملية القشط والتهديئة (c).

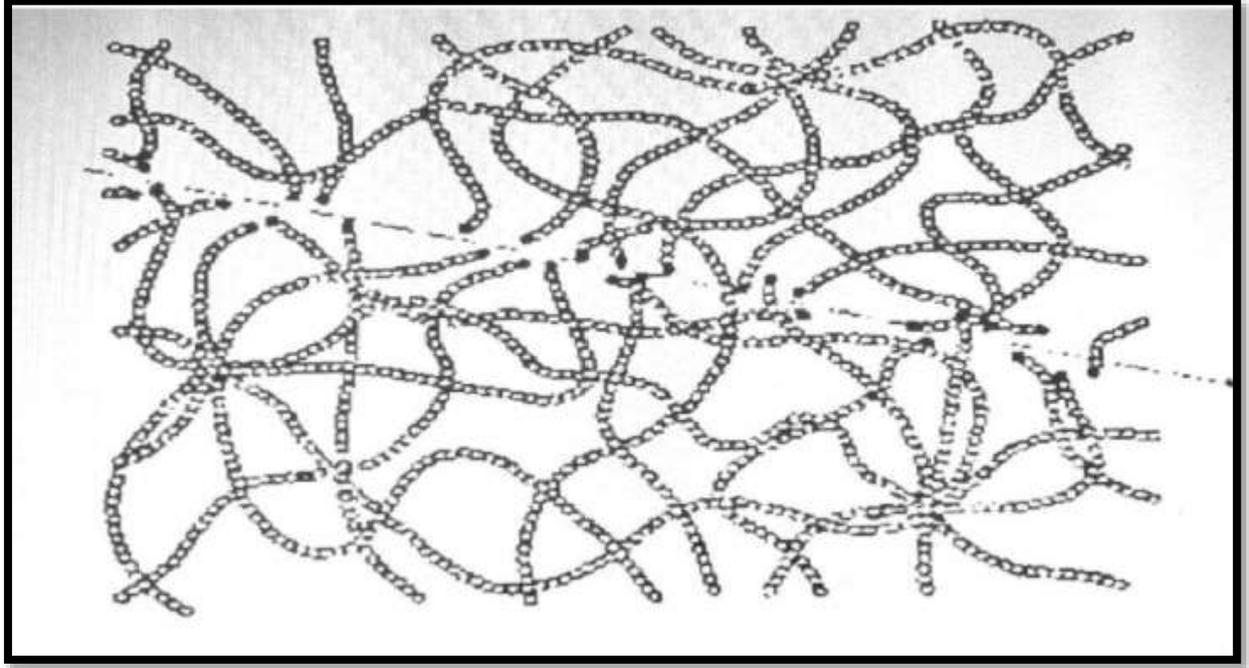


شكل (1-1) وخرة الانفجار الأيوني في تكوين الأثر في المواد الصلبة غير العضوي .

أما في البوليمرات والتي هي عبارة عن جزيئات كبيرة تتألف من وحدات متكررة ومرتبطة مع بعضها تدعى المونومير وهذه المونوميرات تكون مرتبطة مع بعضها في معظم اللدائن بأصرة تساهمية تغلب عليها أصرة هيدروجين - كاربون (H.C)، وهذه الأصرة سهلة الكسر عند تعرضها للإشعاع مما ينتج عنها سلاسل بوليمرية صغيرة ذات نهايات فعالة متأينة تسمى الجذور الحرة والتي لها القابلية على التفاعل فيما بينها أو مع الذرات الأخرى .

لذا فإن التأثير الرئيسي للإشعاع على البوليمرات هو انحلالها (Degradation) أو تشابك جزيئاتها بعضها مع بعض، وهذان التأثيران يمثلان التغييرات الرئيسية في خواص البوليمر. إن سقوط الإشعاع على هذه البوليمرات يؤدي إلى تهيج هذه الجزيئات وتأيينها وبالتالي قطع الروابط Bonds بينها وإحداث تلف (Damage) في مادة البوليمر ولا يزول في الظروف الاعتيادية، ويعرف هذا الأثر المخزون بالأثر الكامن Latent Track.

إن المناطق التالفة بتأثير الإشعاع المؤين تظهر قابلية أكبر على التفاعل مع المحاليل القلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH مقارنة بالمناطق السليمة وذلك بسبب امتلاك المناطق التالفة طاقة أكبر من المناطق السليمة، لذا فإن المحلول الكيميائي يخترق المناطق المشعة بسرعة محدثاً أثراً يزداد عمقه ويتسع قطره مع زيادة زمن القشط ويمكن مشاهدة الأثر الكامن (المخزون) للإشعاع المؤين بعد إظهاره تحت المجهر الضوئي .



الشكل (2-1) يوضح تأثير الإشعاع على السلاسل البوليمرية

#### 5-1 الدراسات السابقة

1- قام الباحث انيس الحمزاوي وآخرون باستخدام كواشف الأثر النووي CR-39 لقياس تراكيز اليورانيوم في نماذج دم الإنسان المصابين بأمراض اللوكيميا بجنوب العراق عن طريق تسجيل شظايا الانشطار في كاشف الأثر النووي الناتجة عن قصف نوى اليورانيوم بنيوترونات حرارية من المصدر النيوتروني  $Am^{214} - Be$  فقيض نيوتروني حراري مقداره  $103 \times n/cm^2$  حيث تراوحت تراكيز اليورانيوم بين 64,71 PP إلى 1.19 ppb للمرضى بينما كانت تراكيز اليورانيوم في دم الأصحاء 2.15 ppb إلى 0.86 ppb حيث أكدت الدراسة أن تراكيز اليورانيوم في دم المصابين باللوكيميا أكثر من الأصحاء . ودلت هذه الدراسة على كفاءة كواشف الأثر النووي على قياس التراكيز النادرة لليورانيوم في النماذج البالوجية .

2- قام الباحث انيس الحمزاوي وآخرون باستخدام الكواشف الأثر النووي CR-39 لقياس تراكيز اليورانيوم في نماذج الأنسجة السرطانية للمصابين في جنوب العراق عن طريق تسجيل شظايا الانشطار في كاشف الأثر النووي الناتجة عن قصف نوى اليورانيوم بنيوترونات حرارية من المصدر النيوتروني  $BeAm^{214}$  بفيض نيوتروني حراري مقداره  $5103 \times n/cm^3$  , في هذه الدراسة تم اختيار نموذج مصاب نموذج سليم لمقارنة النتائج النماذج شملت أربعة أنواع من الأنسجة الرخوة كلية ، ثدي ، معدة ، مبيض ( أشارت النتائج أن تراكيز اليورانيوم في الأنسجة السليمة تراوحت بين 1.4 mg/kg إلى 4.76 في حين تراكيز اليورانيوم في الأنسجة السرطانية تراوحت بين 3.37 mg/kg إلى 7.22 تراكيز

اليورانيوم في الأنسجة السليمة كانت أقل بكثير من الأنسجة المصابة ودلت هذه الدراسة على وجود علاقة بين الأورام السرطانية وتراكم اليورانيوم فيها .

3- قام الباحث انيس الحمزاوي وآخرون باستخدام الكواشف الأثر النووي العضوي ومن نوع CR-39 حيث تم قياس معدل القشط على طول سطح (Bulk Etch Rate) نتائج البحث بأن نسبت القشط على طول السطح VB تزداد تركيز محلول القشط ودرجة حرارة المحل ويعزى ذلك الى زيادة سمك الطبقات المزالة للكاشف .

4- قام الباحثون مسعود خليفة سعاد العرابي نجاة شهبون باستخدام كواشف الأثر النووي البلاستيكية لوصف الفقد الخطي لطاقة جسيمات ألفا في الهواء . باستخدام الكثافة العددية لأثار ألفا كوسيلة لقياس شدة الإشعاع استطعنا رسم منحنى الامتصاص وتحديد متوسط مدى ألفا في الهواء ، واستطعنا رسم منحنى براج وتعدد موضع القمة التي يحدث عندها أكبر فقد للطاقة جسيمات ألفا في الهواء ، دلت النتائج على إمكانية استخدام كواشف الأثر النووي البلاستيكية في تحديد عمق الجرعة الإشعاعية من حزمة جسيمات مشحونة مثل البروتونات في معالجة الأورام السرطانية وذلك عن طريق دراسة مكافئات النسيج البشري وتحديد العمق الذي يحدث عنده أكبر فقد خطي للطاقة الجسيمات المتعجلة .

5- قام الباحث ياسر يحيى قاسم بدراسة بعض معالم الأثر النووي تجريبيا ونظريا في كاشف CR-39 ذو سمك m250 استخدم برنامج حاسوبي (Track Test) في حساب بعض متغيرات الأثر النووي وقد اظهرت النتائج العملية والنظرية أن اعلى امتصاص للطاقة يكون MeV1.5 تقريبا، كذلك تبين أن قمة فتحة للأثر تكون كروية تقريبا عنده الطاقة ( MeV ) 1.5 , 1.0 حيث أن زمن قشط hr كافية لهاتين الطاقتين للوصول الى القشط في مرحلة ما بعد مدى الجسيم في الكاشف (Over Etched Steb) بينما تكون فتحت الأثر ذو شكل حاد للطاقات الأخرى كما تبين أن اعلى قيمة لعمق الاثار المحسوبة تضريا للطاقة MeV 2.5 فيما كانت اعلى قيمة لعمق الاثار المحسوبة عمليا للطاقة MeV 1.5 .

## 6-1 الهدف من البحث

التعرف على انواع الاشعة الضاره منها والمفيدة ومبدأ الكشف الاثر النووي (الصلبة) الذي تتركه وهم الاجهزة المستخدمة لذلك , وكذلك معرفه كيفيه تفاعل هذه الاشعة مع المادة .

# الفصل الثاني

## الفصل الثاني

### 1-2 النشاط الإشعاعي Radioactivity

توصف التحولات الذرية والنوية الباعثة للطاقة التي تشمل تغيراً في حالة النوى والذرات بالإشعاع المؤين (Ionizing Radiation) حيث يسبب هذا الإشعاع ، الذي يكون إما على شكل إشعاع جسيمي كجسيمات ألفا (  $\alpha$  ) وجسيمات بيتا بنوعيهما السالبة والموجبة (  $\beta^- , \beta^+$  ) أو إشعاع كهرومغناطيسي كفوتونات أشعة كاما (  $\gamma$  ) إلى إحداث تأثيرات في الوسط الذي تخترقه بتفاعلات تحدث بصور مختلفة .

ينبعث الإشعاع من النويدات المشعة (Radionuclides) وهي نظائر غير مستقرة متهيجة تمتلك مقدار من الطاقة الفائضة والتي تحاول أن تصل إلى حالة الاستقرار عن طريق فعالية الانحلال (decay) الباعثة للطاقة وبأعمار نصفية مختلفة (half-life) وفق القانون الآتي حيث :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \dots\dots\dots( 1-2 )$$

$$t_{1/2} = \text{عمر نصف النويذة المشعة}$$

$$\lambda = \text{ثابت الانحلال}$$

### 2-2 مصادر الإشعاع Radiation's Sources

توجد العديد من الإشعاعات الطبيعية والناجمة عن مساهمة العديد من النظائر المشعة في بناء وتكوين المادة المحيطة بنا علاوة على المصادر الخارجية للإشعاع والمواد المشعة صناعياً وعلية يمكن تقسم مصادر الإشعاع بشكل عام إلى :

أ- مصادر الإشعاع الطبيعي.

ب- المصادر الصناعية للإشعاع .

## 1-2-2 مصادر الإشعاع الطبيعي Natural Radiation Sources

يتكون النشاط الإشعاعي الطبيعي من مصادر من خارج الكرة الأرضية (Extraterrestrial) ومن العناصر المشعة المكونة لصخور القشرة الأرضية ، وتوجد ما يقارب من (340) نويدة في الطبيعة التي يكون (70) منها مشعا وأن جميع العناصر التي يكون عددها الذري أكبر من (80) تكون لها نظائر مشعة وجميع نظائر العناصر التي يكون عددها الذري أكبر من العدد (83) تكون مشعة . ويمكن تقسيم المصادر الطبيعية إلى :-

### 1-1-2-2 الأشعة الكونية Cosmic Ray

الأشعة الكونية هي عبارة عن جسيمات وفوتونات ذات طاقة عالية تأتي من الفضاء الخارجي و المصدر الرئيسي لها هو الشمس والمجرات الكونية الأخرى والتي تصطم بأعالي الغلاف الجوي للأرض. حيث إن 85% من الأشعة الكونية هي عبارة عن بروتونات ، ونحو 14% منها هي عبارة عن جسيمات ألفا (أي أنوية ذرات ال هيليوم) ونحو 1% هي جسيمات تحمل شحنة متفاوتة ، حيث إن الأشعة الكونية الساقطة والتي لم تتداخل مع جو الأرض تسمى بالأشعة الابتدائية (Primary) أما التي تداخلت مع جو الأرض فتسمى بالأشعة الثانوية (Secondary) الناتجة عن تصادم الأشعة الكونية مع نوى ذرات الهواء الجوي حيث تؤدي إلى إنتاج النيوترونات (Neutrons) والبروتونات نتيجة لتفاعلها مع الذرات الموجودة في جو الأرض .

### 2-1-2-2 النويدات المشعة الأرضية Terrestrial radionuclides

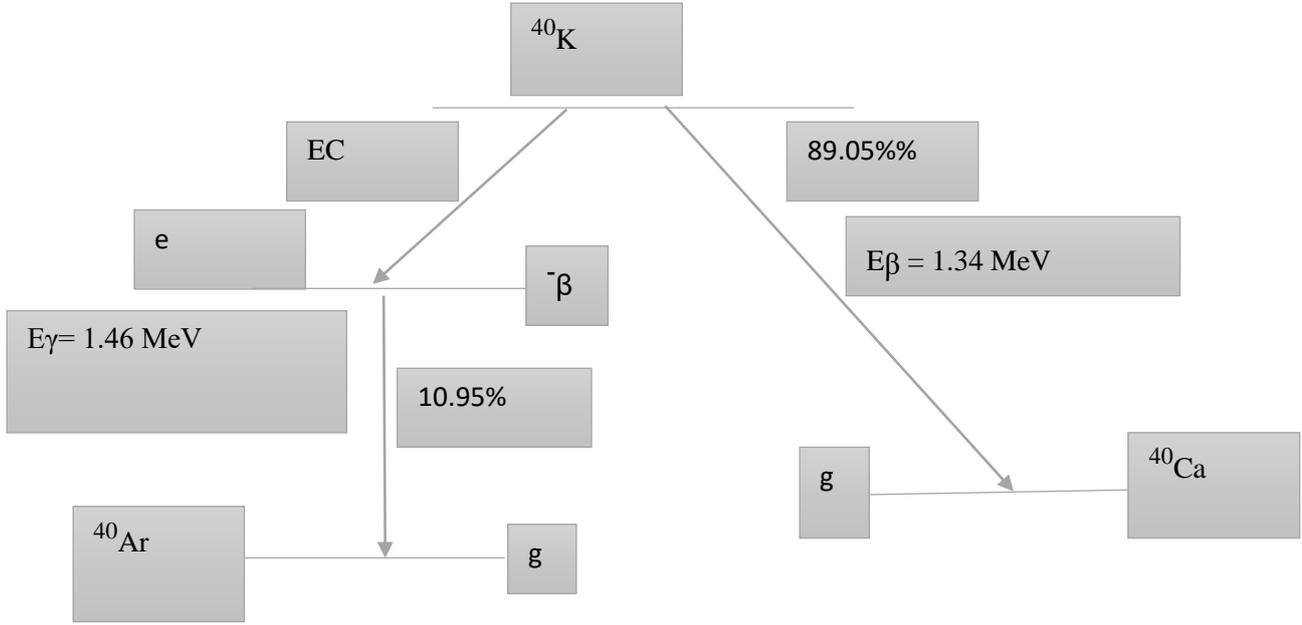
يمكن تقسيم النويدات المشعة ذات المنشأ الأرضي بالاعتماد على الصخور التي كونت التربة الحاوية عليها والتي تصنف إلى :-

أ- المصادر المنفردة

ب- السلاسل المشعة

#### أ - المصادر المنفردة Sources of single

يعد البوتاسيوم  $^{40}\text{K}$  من أهم العناصر المعدنية الأساسية المكونة لصخور القشرة الأرضية. إذ يوجد في الصخور بصورة مركبات وأهم مركباته معادن مجموعة المايكا ومعدن ( Alorthocles ) وهو من المعادن الأساسية في الصخور النارية الحامضية مثل الجرانيت والبيكيتات ، كما يوجد أيضاً في بعض الصخور المتحولة والرسوبية. والبوتاسيوم عنصر مهم لغذاء النباتات، فهو يعد بذلك عنصراً مهماً لغذاء الإنسان والحيوان. للبوتاسيوم الطبيعي ثلاث نظائر منها ( $^{41}\text{K}$  ،  $^{40}\text{K}$  ،  $^{39}\text{K}$ )، إذ يعد البوتاسيوم  $^{40}\text{K}$  نظيراً مشعاً عمره النصفى  $1.3 \times 10^9$  year وباعثاً لأشعة غاما ويتحول إلى نظير مستقر كما في الشكل ( 1-2 ) .



الشكل ( 1-2 ) مخطط انحلال نويدة  $^{40}\text{K}$

## ب- السلاسل المشعة Chains of radioactive

تتميز جميع العناصر الثقيلة التي لا يقل العدد الذري منها على العدد الذري للرصاص  $_{82}$  بأنها عناصر مشعة تتوزع على أربع سلاسل انحلال مستقلة بعضها عن البعض الآخر وبأعمار نصف مختلفة حيث يمكن ملاحظة النشاط الإشعاعي الطبيعي في النوى التي لها أعمار نصف يزيد على عمر الأرض أما إذا كان عمر النصف للسلسلة الواحدة اقل من عمر الأرض فلا يمكن ملاحظة النشاط الإشعاعي للسلسلة ونواتجها طبيعياً وان الأعداد الكتلية لهذه السلاسل المشعة الثقيلة هي  $(4n, 4n+1, 4n+2, 4n+3)$  حيث ان  $(n)$  هو عدد صحيح وعليه فأن جميع جسيمات ألفا المنبعثة من نوى العناصر الثقيلة يمكن أن تنبعث من هذه السلاسل , حيث يبين الجدول ( 1-2 ) السلاسل المشعة وخصائصها .

الجدول (1-2) يوضح السلاسل المشعة وخصائصها .

الرمز	عمر النصف بالسنوات	العنصر المستقر	السلسلة
$4n+2$	$4.51 \times 10^9$	الرصاص_206	اليورانيوم_238
$4n+3$	$7.13 \times 10^8$	الرصاص_207	اليورانيوم_235
$4n$	$1.39 \times 10^{10}$	الرصاص_208	الثوريوم_232
$4n+1$	$2.2 \times 10^6$	البزموت_209	النيبتونيوم_237

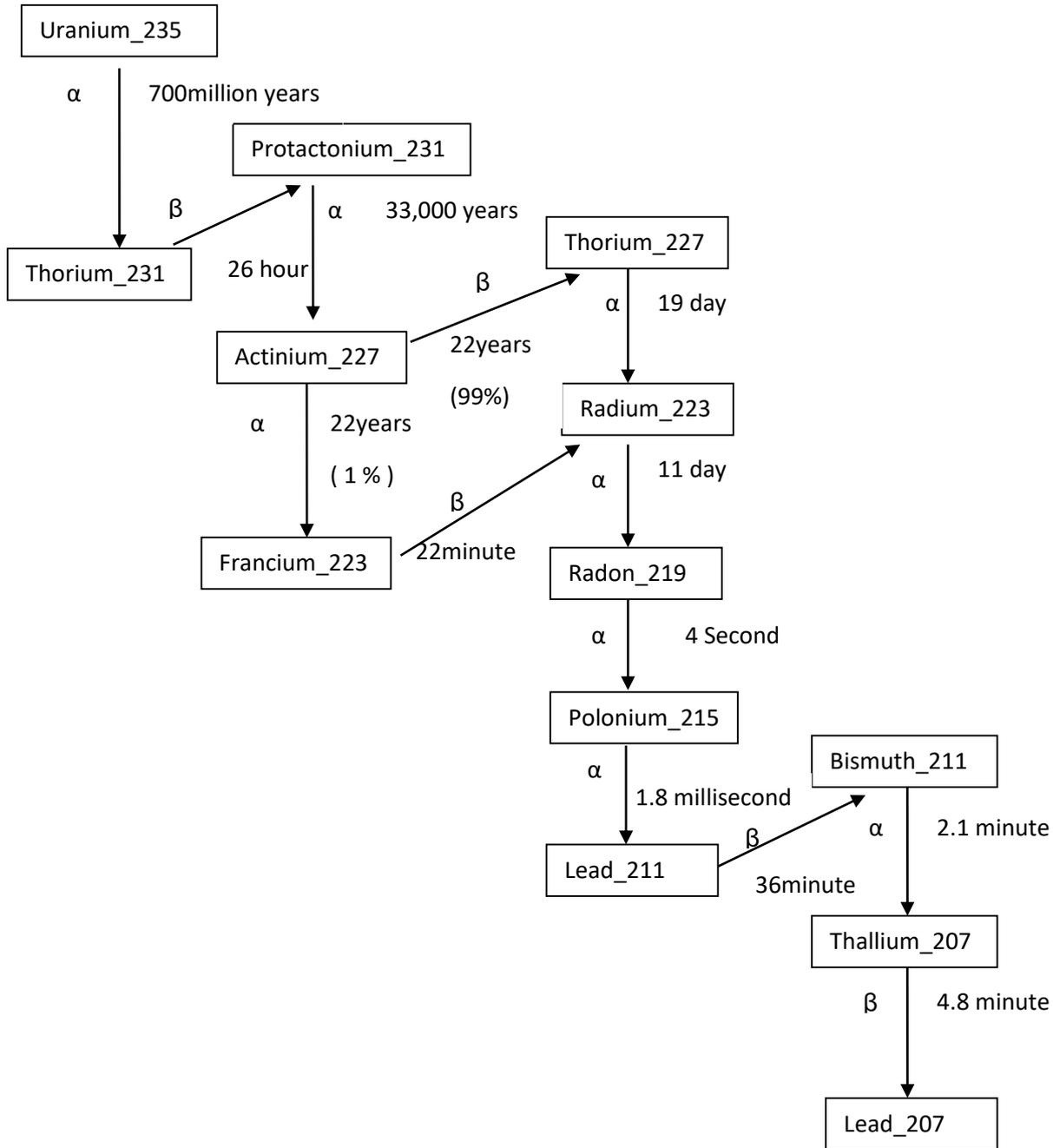
1-سلسلة اليورانيوم\_238

تعد هذه السلسلة من أطول السلاسل وأكثرها تواجدا في الطبيعة حيث يوجد اليورانيوم بصورة ثلاث نظائر في التربة الطبيعية , ومن بينها هو نظير اليورانيوم\_238 الذي يعد النواة الأم لهذه السلسلة وان نسبة تواجده نسبة إلى النظائر الأخرى هي (99.2745) والتي تنتهي بعنصر الرصاص المستقر\_206 اما رمز السلسلة هو  $(4n+2)$  حيث إن ( n ) عدد صحيح يأخذ القيم من ( 51 ) الى ( 59 ) , ويبين الشكل ( 2-2 ) الطريقة التي تنحل بها هذه السلسلة وصولا إلى نظير الرصاص المستقر\_206 .



## 2- سلسلة اليورانيوم \_ 235

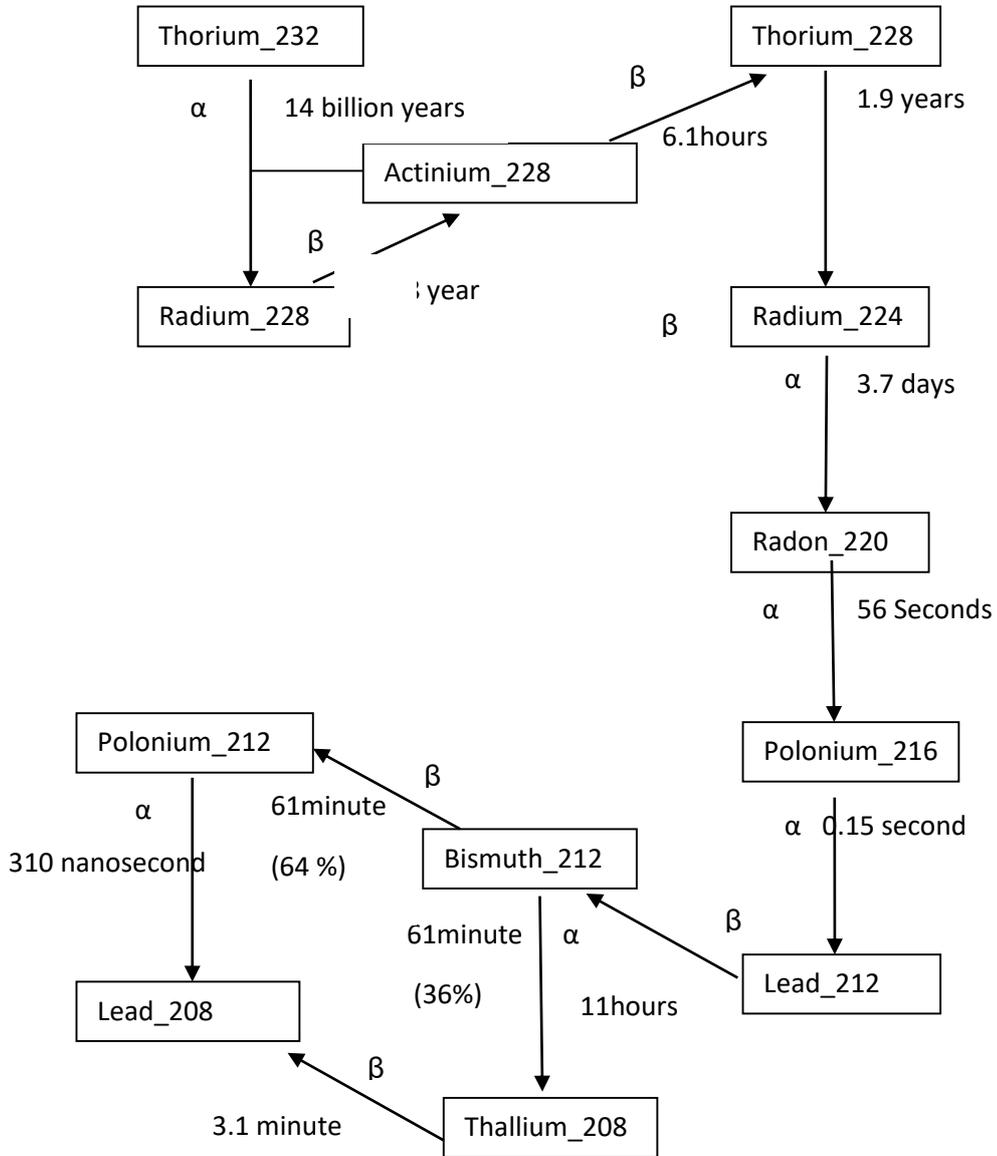
تبدأ سلسلة اليورانيوم \_ 235 بأثقلها وهي نظير اليورانيوم  $^{235}\text{U}$  ويوجد بنسبة 0.72 ضمن اليورانيوم الطبيعي ويرمز لهذة السلسلة بالرمز (  $4n+3$  ) حيث إن (  $n$  ) هو عدد صحيح يأخذ القيم من 51 الى 58 حيث يبين الشكل ( 3-2 ) انحلال هذه السلسلة وصولا إلى نظير الرصاص المستقر \_ 207 .



الشكل ( 3-2 ) يوضح سلسلة انحلال  $^{235}\text{U}$  .

### 3- سلسلة الثوريوم $^{232}\text{Th}$

تبدأ هذه السلسلة بنواة بنظير الثوريوم  $^{232}\text{Th}$  الثقيلة وانتهاء بنظير الرصاص المستقر  $^{208}\text{Pb}$  , كما في الشكل ( 4-2 ) ويرمز لهذه السلسلة بالرمز  $(4n)$  حيث إن  $(n)$  عدد صحيح يأخذ القيم من 52 إلى 58 .



الشكل ( 4-2 ) يوضح سلسلة انحلال  $^{232}\text{Th}$  .

إن سلسلة النبتونيوم ذات الرمز (  $4n+1$  ) لا يمكن أن تكون موجودة في الطبيعة , ذلك لأن العمر النصفى للعضو الأطول عمرا فيها هو فقط  $2.14 \times 10^6$  سنة , ولكن أنتجت هذه السلسلة صناعيا .

## 2-2-2 المصادر الصناعية للإشعاع Industrial sources of radiation

تصنف الأشعة النووية المصنعة حسب الهدف من التصنيع إلى عدة أنواع كاستخدامها في المجالات السلمية والعسكرية والتي يمكن تصنيفها على النحو الآتي :-

### 1-2-2-2 : التفجيرات والحوادث النووية Nuclear Explosions

تؤدي هذه التفجيرات والحوادث النووية إلى إنتشار النويدات المشعة في ذرات الهواء و ثم ترسبها على العناصر البيئية المختلفة مما يؤدي إلى تلوث العناصر البيئية الحية وغير الحية , كما هو الحال في حادثة جير نوبل التي أدت الى إطلاق كميات كبيرة من المواد المشعة إلى الجو في مجموعة معقدة من الظروف الجوية وتسرب عدد من النظائر المشعة ومنها  $^{132}\text{I}$  ,  $^{140}\text{Ba}$  ,  $^{136}\text{Cs}$  , وبعد مرور فترة أصبحت  $^{134}\text{Cs}$  ,  $^{137}\text{Cs}$  من أهم مصادر أشعة كاما الخارجة وسوف يبقى النشاط الإشعاعي لسنين قادمة وذلك بسبب عمر نصفها الطويل .

### 2-2-2-2 : إنتاج الطاقة الكهرونووية Nuclear Power Production

يستفاد من عملية الانشطار النووي لليورانيوم المخصب في إنتاج الطاقة الكهربائية أن هذه العملية تؤدي إلى إطلاق العديد من النويدات المشعة الملوثة للبيئة ومن أهمها الكريبتون ، الزينون ، السيزيوم ، الباريوم ، اليود ، ويخصب اليورانيوم الطبيعي لغرض الحصول على اليورانيوم المخصب وتخلف هذه العملية آلاف الأطنان من النفايات المشعة بالإضافة خطورتها السمية .

## 3-2 حالات التوازن الإشعاعي Radioactivity Equilibrium Cases

تتميز السلاسل المشعة بأعمار نصف مختلفة وغالبا ما تمتلك النواة الأم أعمار أنصاف كبيرة من النويده الوليده حيث إن اضمحلال النويده الأم يؤدي إلى تناقصها مقابل زيادة في النويده الوليده حيث يتساوى معدل إنتاج و اضمحلال النويدات وعندما يتساوى هذان المعدلان تحصل حالة التوازن بين النواة الأم المضمحلة والنويدات الوليدة الناتجة عنها , وهذا ما يطلق عليه بالتوازن الإشعاعي في السلسله , حيث يوجد نوعان من التوازن الإشعاعي وهما :-

## 1-3-2 التوازن القرني Transient Equilibrium

يمكن الحصول على حالة الاتزان في السلسلة المشعة عندما تتحلل النواة الأم بثابت تحلل يقل كثيرا عن باقي أعضاء السلسلة , أي ان عمر النصف للنواة الأم أكبر بعدة مراتب من عمر النصف لنواتجها أي إن النشاط الإشعاعي للنواة البنوت يساوي النشاط الإشعاعي للنواة الأم بعد مرور فترة وهذا ما يطلق عليه بالتوازن القرني وكما في المعادلة الآتية :-

$$N_1\lambda_1=N_2\lambda_2 \dots\dots\dots ( 2-2 )$$

حيث إن :-

$\lambda_1$  و  $\lambda_2$  هما ثوابت اضمحلال النواة الأم والبنوت على التوالي .

$N_1$  و  $N_2$  هما عدد النوى المنحلة للنواة الأم والمتولدة للنواة الناتجة على التوالي .

## 2-3-2 التوازن المؤقت Secular Equilibrium

أما إذا كان عمر النصف للنواة الأم أكبر بقليل من عمر النصف للنواة البنوت فأن النشاط الإشعاعي للنواة البنوت يجاوز النشاط الإشعاعي للنواة الأم بعد مرور فترة زمنية وكما في المعادلة الآتية :-

$$N_2 \lambda_2 = N_1 \lambda_1 + N_2 \lambda_1 \dots\dots\dots ( 3 - 2 )$$

## 2-4 القياس الكمي للإشعاع

### Quantitative Measurement of Radiation

إن وحدات قياس النشاط الإشعاعي لغرض التقدير الكمي للتأثيرات البيئية للإشعاع المؤين هي :-

1- النشاط الإشعاعي (Radioactivity) :- وهو عدد الانحلالات الحاصلة في الثانية الواحدة للنويده المشعة وتقاس بالبيكرل (Becquerel) ورمزها (Bq) .

2- التعرض (Exposure) :- مقدار التأين الحاصل في الهواء بوساطة الأشعة السينية أو كاما والوحدة الخاصة لقياس التعرض هي الرونتكن (Roentgen) ورمزها ( R ) .

3- الجرعة الممتصة (Absorbed dose) :- وهي الطاقة التي يتسلمها أي وسط من كل أنواع الأشعة المؤينة ، وتقاس بالكري (Gray) ورمزها (Gy) .

4- الجرعة المكافئة (Equivalent dose) :- وهي مقدار التأثير الحيوي للإشعاع ويساوي حاصل ضرب الجرعة المستلمة بعامل النوعية ، ووحدتها السيفرت (Sievert) ورمزها (Sv). حيث يوضح الجدول (2-2) كميات الإشعاع والوحدات المعبرة عنها.

جدول ( 2-2 ) وحدات التقدير الكمي للتأثيرات الإشعاعية

وحدات قياس النشاط الإشعاعي			
العلاقة بين النظامين	النظام غير متري	النظام العالمي SI	
البكريل = $2.7 \times 10^{-11}$ كيبوري	كيبوري = $3.7 \times 10^{10}$ انحلال في الثانية	بكريل = انحلال في الثانية (Bq)	النشاط الإشعاعي (Radioactivity)
1 كولوم/كغم = 3876 رونتكن	روننتكن = $2.58 \times 10^{-4}$ كولوم/كغم	كولوم/كغم	التعرض (Exposure)
الكري = 100 راد	راد = $10^{-2}$ جول/كغم	كري (Gy) = جول/كغم	الجرعة الممتصة (Absorbed dose)
السيفرت = 100 ريم	ريم = $x$ عامل النوعية	سيفرت (Sv) = 1 كري $\times$ عامل النوعية	الجرعة المكافئة (Collective doses)

# الفصل الثالث

## الفصل الثالث

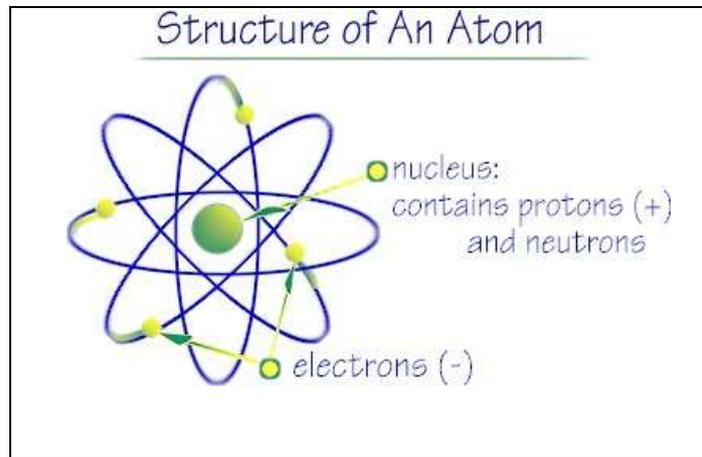
### 1-3 المقدمة

توجد الإشعاعات في كل جزء من حياتنا. والإشعاعات قد تحدث بطريقة طبيعية في الأرض ويمكن أن تصل إلينا من الإشعاعات القادمة من الفضاء المحيط بنا. وكذلك يمكن أن تحدث الإشعاعات طبيعياً في الماء الذي نشربه أو في التربة وفي مواد البناء (عنصر الرادون من الأرض والعناصر المشعة الموجودة في الأرض).

وقد تحدث الإشعاعات نتيجة صناعتها بواسطة الإنسان مثل الأشعة السينية X-Rays ، محطات توليد الكهرباء بالطاقة الذرية أيضاً في كاشفات الدخان Ionization Smoke Detector. ويعرف الإشعاع بأنه العملية التي ينتج عنها انطلاق طاقة علي شكل جسيمات (Particles) أو موجات (Waves). وتقدر الجهات العلمية في الولايات المتحدة الأمريكية بأن الشخص العادي يتلقى جرعات من الإشعاع مقدارها 360 ملي ريم في السنة وتعتبر نسبة التعرض للإشعاعات الطبيعية 80% و 20% الثانية من الإشعاعات الصناعية.

### 2-3 تكوين الإشعاعات

تتكون ذرة العنصر من نواة مركزية (Nucleus) تحتوي علي بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة ويدور حول هذه النواة عدد من الإلكترونات سالبة الشحنة.



الشكل (1-3) يوضح كيف تتكون الذرة

ويطلق علي عدد البروتونات في النواة اسم العدد الذري (Atomic Number) بينما يطلق على مجموع عدد البروتونات + مجموع النيوترونات اسم الوزن الذري (Atomic Weight). في معظم أنوية العناصر الكيميائية يكون عدد البروتونات داخل النواة مساويا لعدد النيوترونات وفي بعض أنوية بعض العناصر يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات وتسمي هذه العناصر بالنظائر (Isotope) وهذه النظائر بعضها ثابت لا يتغير تركيبها الذري بمرور الزمن والعادة تكون لها عدد ذري منخفض. وبعض هذه النظائر غير مستقر وغالبا ما تكون أعدادها الذرية عالية وتسمي بالنظائر المشعة وهذه النظائر سوف تلفظ أنويتها دقائق نووية (أي سوف يصدر عنها إشعاعات نووية) تسمي أشعة ألفا ، وأشعة بيتا ، وأشعة جاما وبمرور الوقت تتحول هذه العناصر إلي عناصر أخرى أقل وزنا وتختلف في صفاتها الكيميائية والفيزيائية عن العنصر الأصلي.

### 3-3 أنواع الإشعاع TYPES OF RADIATION

يوجد نوعان أساسيان للإشعاع هما:

1. إشعاع مؤين (Ionizing Radiation) مثل أشعة إكس وأشعة جاما والأشعة الكونية وجسيمات بيتا وألفا.
2. إشعاع غير مؤين (Non-Ionizing Radiation) مثل الإشعاعات الكهرومغناطيسية ومنها موجات الراديو والتليفزيون وموجات الرادار والموجات الحرارية ذات الأطوال الموجية القصيرة (ميكروويف) والموجات دون الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والضوء العادي.

#### 1-3-3 الإشعاع المؤين Ionizing Radiation

توجد ثلاثة أنواع رئيسية من الإشعاع المؤين قد توجد في الإشعاعات التي يصنعها الإنسان كذلك في الإشعاع الطبيعي وهي دقائق ألفا (Alpha Particles)، دقائق بيتا (Beta Particles)، وأشعة جاما (Gamma Rays).

##### • دقائق ألفا: Alpha Particles

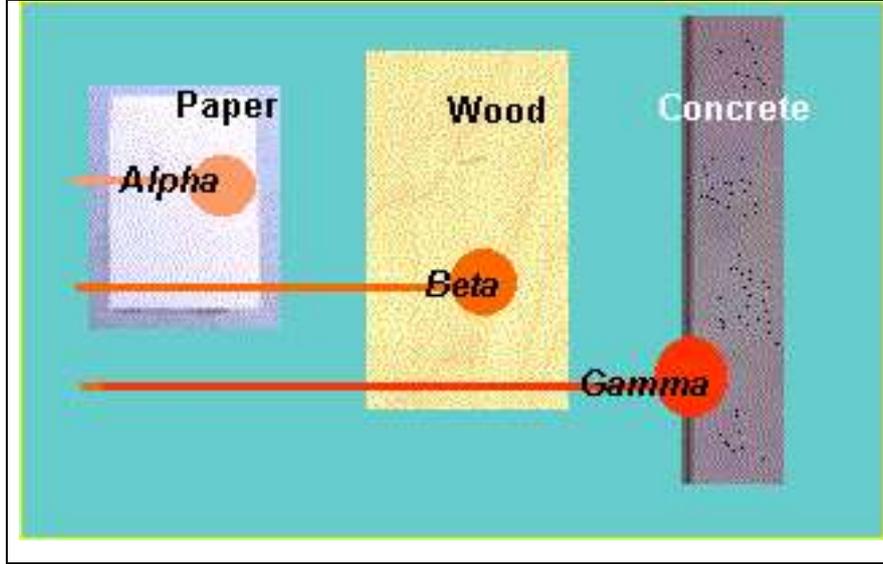
يمكن إيقاف مسار أشعة ألفا بواسطة قطعة من الورق أو بواسطة جسم الإنسان ولكن لو تم استنشاق أبخرة المادة التي تشع منها دقائق ألفا أو بلعها ودخولها الي الجسم نتيجة وجود جرح به فإنها تكون مؤذية جدا.

##### • دقائق بيتا: Beta Particles

لا يمكن إيقاف دقائق بيتا بواسطة قطعة الورق ويمكن إيقاف سريان هذه الأشعة بواسطة قطعة من الخشب، وقد تسبب أذي جسيم إذا اخترقت الجسم.

## • أشعة جاما: Gamma Rays

من أخطر أنواع الإشعاعات ولها قوة اختراق عالية جدا، أكبر بكثير من أشعة ألفا وأشعة بيتا. ويمكن إيقاف سريانها بواسطة حاجز من الكونكريت. وتقع أشعة إكس من ضمن تقسيمات أشعة جاما ولكنها أقل قدرة علي الاختراق من أشعة جاما.



الشكل (2-3) يوضح أنواع الاشعاع المؤين

## الأضرار الصحية للإشعاع المؤين

الأضرار الصحية للإشعاع تعتمد علي مستوي الإشعاع الذي يتعرض له الإنسان ، ويؤثر الإشعاع علي خلايا الجسم ويزيد من احتمالات حدوث السرطان والتحولات الجينية الأخرى التي قد تنتقل إلي الأطفال ، وفي حالة ما يتعرض الإنسان إلي كمية كبيرة من الإشعاع قد تؤدي للوفاة.

## جسيمات ألفا: Alpha Particles

قوة الاختراق لجسيمات ألفا ضعيفة جدا حيث أنها تفقد طاقتها بمجرد خروجها من العنصر المشع. ومن الممكن أن تسبب أذي وضرر صحي في الأنسجة خلال المسار البسيط ويتم امتصاص هذه الأشعة بالجزء الخارجي من جلد الإنسان ولذلك لا تعتبر جسيمات ألفا ذات ضرر خارج الجسم ولكن من الممكن أن تسبب ضرر كبير إذا تم استنشاقها أو بلعها (ابتلاع المادة المشعة التي تخرج منها أشعة ألفا).

## جسيمات بيتا: Beta Particles

قوة الاختراق والنفوذ لدقائق بيتا أكبر من قوة النفوذ لأشعة ألفا. وبعض دقائق بيتا يمكنها اختراق الجلد وإحداث تلف به وهي شديدة الخطورة إذا تم استنشاق أبخرة أو بلع المادة التي تنبعث منها أشعة بيتا. ويمكن إيقاف انبعاثها برفائق بسيطة من الألومنيوم أو الخشب.

## أشعة جاما: Gamma Ray

ذات قوة اختراق عالية جدا ويمكنها بسهولة اختراق جسم الإنسان أو امتصاصها بواسطة الأنسجة ولذلك تشكل خطرا إشعاعيا عاليا علي الإنسان. يمكن إيقاف انبعاثها بواسطة الكونكريت أو الرصاص.

## أشعة إكس: X - Ray

خواصها شبيهة بخواص أشعة جاما ولكن تختلف في المصدر حيث تنبعث أشعة إكس من عمليات خارج نواة الذرة بينما تنبعث أشعة جاما من داخل نواة الذرة. قوة الاختراق والنفوذية لأشعة إكس أقل من أشعة جاما وتعتبر أشعة إكس من أكثر مصادر تعرض الإنسان للإشعاع حيث يتم استخدامها في عديد من العمليات الصناعية - الطبية. يمكن إيقاف قدرتها علي الاختراق بواسطة شريحة من الرصاص سمكها مليمترات قليلة.

يمكن أن يؤدي الإشعاع المؤين (إدخال طاقة إلي خلايا الجسم) إلي إحداث تغييرات في التوازن الكيميائي لخلايا الجسم وبعض هذه التغييرات قد يؤدي إلي خلل في السائل الذري للإنسان (DNA) وبالتالي يؤدي إلي تحولات جينية خطيرة قد تنتقل أيضا إلي الأطفال بعد ولادتهم. التعرض لكميات كبيرة من الإشعاع قد يؤدي إلي حدوث أمراض خلال ساعات أو أيام وقد يؤدي للوفاة خلال 60 يوما من التعرض (حادث قرية ميت حلفا - القليوبية) ، وفي حالات التعرض لكميات كبيرة جدا من الممكن أن تحدث الوفاة خلال ساعات قليلة (تشرنوبل). وأعراض الإصابة بالإشعاع المؤين قد تحدث خلال فترة طويلة ، علي سبيل المثال في سرطان الدم Leukemia خلال سنتان. نتيجة لتراكم المواد المشعة بالجسم. معظم المعلومات عن تأثير الإشعاع علي الإنسان يتم الحصول عليها من الدراسات التي أجريت علي الناجين من القنابل الذرية التي ألقيت علي ناجازاكي وهيروشيما ( حوالي 100.000 شخص).

### 4-3 اليورانيوم الطبيعي Natural Uranium

أكتشف اليورانيوم عام 1789 من قبل الكيميائي الألماني Martin Klaproth في معدن يدعى Pitch Blende ( معدن اليورانيت الحاوي على اليورانيوم والراديوم ). والرمز الكيميائي له U ودرجة انصهاره  $1132^{\circ}\text{C}$  .

يعد اليورانيوم الطبيعي من أكثر وأهم العناصر الطبيعية النشطة اشعاعيا والذي يكون على هيئة ستة عشر نظيرا إلا إن النظائر الثلاثة منه وهي اليورانيوم  $_{238}$  واليورانيوم  $_{235}$  واليورانيوم  $_{234}$  تشكل النسبة الأكبر من بقية النظائر الأخرى وبنسب مختلفة في ما بينها وهي (  $99.27\%$  ,  $0.72\%$  ,  $0.0054\%$  ) على التوالي وجميعها نظائر مشعة تشع دقائق الفا بصورة رئيسية , حيث اليورانيوم الطبيعي لايمكن أن يكون وجوده حرا في الطبيعة وإنما يكون متحد مع عناصر أخرى على هيئة مركبات معقدة ضمن صخور معينة ويختلف تركيزه تبعا للاختلاف نوع الصخور المكونه للقشرة الأرضية كصخور اليوراتينايت  $\text{UO}_2$  وهي تكون على هيئة بلورات كثيفة سوداء , او الاوتونايت (  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10-12 \text{H}_2\text{O}$  ) وهي بلورات لونها اصفر إلى اخضر فاتح , او الكاونوتايت (  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8-12 \text{H}_2\text{O}$  ) او التويريتايت (  $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot \text{NH}_2\text{O}$  ) وهي بلورات لونها اصفر براق , او التويريتايت (  $\text{U}_3\text{O}_8$  ) وهي صخور ذات لون بنفسجي . وبصوره عامة فان اليورانيوم الطبيعي هو عبارة عن معدن طبيعي ثقيل جداً ذو كثافته عالية تصل الى  $18.9 \text{ gm/cm}^3$  وهو مصدر مشع متواجد في القشرة الأرضية وفي اغلب الصخور ورواسب التربة والمياه والنبات والحيوانات وجسم الإنسان، و مياه البحر والمعدن الطبيعي لتواجد العنصر داخل الجسم البشري هو  $90 \mu\text{g}$  تقريباً من اليورانيوم عن طريق تناول الطبيعي للماء والطعام والهواء. ويوزع بنسب مختلفة موزعة على النحو التالي وهي  $66\%$  منه موجود في الهيكل العظمي، و  $16\%$  في الكبد، و  $8\%$  في الكليتين، و  $10\%$  في بقية أنسجة الجسم البشري .

### 5-3 اليورانيوم المنضب Depleted Uranium

اليورانيوم المنضب مادة سامة ومشعة وخطرة جدا ، وهو ناتج عرضي ينشأ من خلال عمليات تخصيب اليورانيوم . وهو نفايات نووية تسبب مشاكل بيئية خطيرة ، ونتيجة لعملية التخصيب التي جرت في دول العالم لاستخدام  $^{235}\text{U}$  في الاسلحة النووية أو لإنتاج الطاقة في المفاعلات النووية تكدست كميات كبيرة من اليورانيوم المنضب والذي يمثل نفايات نووية ، والفرق بين اليورانيوم الطبيعي والمنضب يعود إلى نسبة تواجد  $^{238}\text{U}$  التي تزداد بنسبة  $0.5\%$  كحالة أولى و  $0.35$  كحالة ثانية وتقليل نسبة  $^{235}\text{U}$  بالمقدار نفسه وكما موضحه بالجدول ( 1-3 ) ، يطلق اليورانيوم المنضب المحترق إشعاعات ألفا وبيتا وكاما وفي الحقيقة فإن معظم هذه الإشعاعات هي نتاج عملية تحلل النظير  $^{238}\text{U}$  الذي يحويه اليورانيوم المنضب بسبب الكثافة العالية لليورانيوم المنضب التي تعادل تقريباً ضعف كثافة الرصاص ( $11.36 \text{ g/cm}^3$ ) ، يتكون

غبار اليورانيوم بأقطار تقل عن ( 5 ) مايكرون فهذا الغبار يتأكسد بفعل الحرارة مكوناً أكاسيد اليورانيوم ، وتكون سوداء اللون في معظم الأحيان لذلك يمكن تمييز المناطق الملوثة من خلال عمليات الترسيب بفعل اليورانيوم المنضب بوجود الغبار الأسود عليها وحولها وإن معظم اليورانيوم المنضب المتساقط على التربة سوف يمتص من قبل دقائق التربة ويغوص إلى داخلها ويعتمد مقدار العمق الذي يصل إليه التلوث على طبيعة التربة والظروف الجوية . ففي كوسوفو أكدت الدراسات أن اليورانيوم المنضب وصل إلى عمق 20 سم من سطح التربة بعد 18 شهراً من اطلاقه.

الجدول ( 1-3 ) الفرق بين اليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المنضب

$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	U-234(%)	U-235(%)	U-238(%)	المصدر
0.0072	0.0054	0.72	99.2745	اليورانيوم الطبيعي
0.0022	0.0055	0.22	99.7745	اليورانيوم المنضب الحالة الأولى 0.5%
0.00371	0.0055	0.37	99.6245	اليورانيوم المنضب الحالة الثانية 0.35%

### 6-3 وسائل الوقاية من الإشعاعات

توجد ثلاث طرق للحماية من خطر الإشعاعات هي:

1- الزمن Time

2- المسافة Distance

3- الحواجز Shields

**الزمن: Time**

في حالة تقليل زمن التعرض (الزمن الذي يقضيه الشخص بجوار مصدر الإشعاع) بالتالي سوف تقل كميات الإشعاع التي يتعرض لها الشخص.

**المسافة: Distance**

كلما زادت المسافة بين الشخص وبين المصدر المشع قلت نسبة التعرض (حسب قانون التربيع العكسي) .

بزيادة الحواجز حول المصدر المشع سوف تقلل التعرض. وكل نوع من أنواع الإشعاعات يتم وضع الحواجز المناسبة لعزله حسب قدرته علي الاختراق.

### 7-3 وحدات قياس الإشعاع

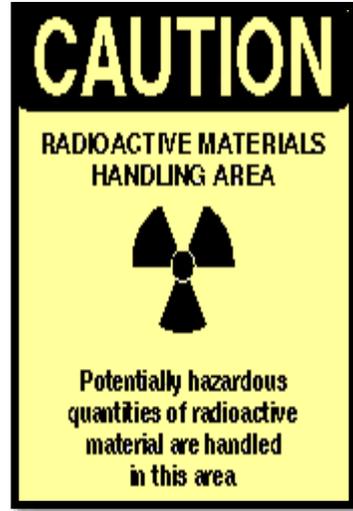
- الراد (Rad) : وحدة قياس كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة (جرعة الامتصاص).
- الرونتجن (R) Roentgen : وحدة قياس الأشعة الصادرة ويستخدم أساسا للأشعة السينية.
- الكيوري (Ci) CURIE : يعتبر قياس للأشعة الصادرة والكيوري الواحد =  $3,7 \times 10^{10}$  انحلال في الثانية.
- الريم (REM) : وحدة قياس التأثير البيولوجي (الحيوي) للإشعاع الممتص.
- السيفرت (Sv) SIEVERT : من أحدث وحدات قياس التأثير الناتج عن امتصاص الأشعة السيفرت = 100 ريم

$$\text{One Sievert} = 100 \text{ REM}$$

### 8-3 إجراءات السلامة في المعامل

يجب أن يكون جميع العاملين في المعمل علي علم ودراية من مخاطر المواد المشعة التي يتم التعامل معها. يمنع الأكل والشرب والتدخين كذلك استعمال أدوات التجميل في المعمل. يمنع منعاً باتاً استخدام الماصة بالفم في حالة التعامل مع السوائل المحتوية علي مواد مشعة. عدم تخزين أية مواد غذائية في الثلاجات أو المبردات الخاصة بالمواد المشعة. يجب عدم تناول المواد المشعة بالأيدي ويتم استخدام الملاقط المخصصة لذلك. يجب غسل الأيدي بالماء والصابون بعد انتهاء العمل. يجب استخدام وسائل الكشف عن الإشعاع من قبل العاملين بالمعمل Films Badges.

يجب تثبيت لافتات التحذير المناسبة علي مدخل المعمل (CAUTION RADIO ACTIVE MATERIAL) في المناطق التي يبلغ فيها مستوى الإشعاع الذي يتعرض له الشخص 5 مللي ريم في الساعة ، يجب أن يتم وضع اللافتات التحذيرية المناسبة عليها. (Radiation Area) جميع الحاويات التي تستخدم لتخزين المواد المشعة يجب وضع اللافتات التحذيرية المناسبة عليها. ضرورة استخدام معدات الوقاية الشخصية اللازمة للحماية من مخاطر الإشعاع : القفازات - النظارات . عدم السماح لأي شخص بالمعمل داخل منطقة الإشعاع في حالة وجود أية جروح في جسمه .يتم نقل المواد المشعة بين المعامل المختلفة داخل الحاويات المخصصة لها.



الشكل (3-3) يوضح أنواع اللافتات التحذيرية المناسبة علي مدخل المعمل

#### التعامل مع تسرب المواد المشعة :

- إعلام الجميع لإخلاء المكان الذي حدث به التسرب.
- إبلاغ المسئول عن السلامة الخاصة بالإشعاعات Radiation Safety Officer
- إغلاق جميع الأجهزة التي تنتج المواد المشعة.
- إغلاق جميع شفاطات التهوية و Fume Hoods.
- إجراء الفحص اللازم إذا حدث التسرب علي ملابس العاملين.
- استخدام المعدات والأدوات الماصة Absorbent Materials لاحتواء التسرب.

#### 9-3 وحدات قياس الإشعاع

عنيت المنظمات الدولية، كاللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP، واللجنة الدولية للوحدات الإشعاعية والقياسات ICRU، بأمور الوقاية من الإشعاعات المؤينة؛ ووضعت تعاريف محددة للكميات الفيزيائية المستخدمة للتعبير عن التعرض للإشعاعات المؤينة وللجرع الإشعاعية الناتجة عنها، وكذلك الوحدات المستعملة لقياس هذه الكميات، وهي تقوم على أساس العدد الإجمالي للإشعاعات التي تسقط على الوسط المادي المعين، وما تحدثه من تأينات في هذا الوسط، أو بعبارة أخرى، تقوم على أساس كمية الطاقة التي تودعها الإشعاعات في كتلة مادية معينة، وعلى نوع هذه الإشعاعات.

وفي الوقت الحالي يستخدم النظام العالمي (الدولي) (SI) System Internationale للوحدات للتعبير عن الكميات الإشعاعية، وإن كانت الوحدات القديمة ما زالت مستعملة في كثير من المجالات.

### المقادير و وحدات القياس:

المقادير الفيزيائية The physical quantity تستعمل المقادير الفيزيائية لوصف وتمييز ظاهرة فيزيائية محددة، وللتعبير عنها أو تعيينها بدلالة الأرقام (مثل الطاقة وكمية الحركة والجرعة الممتصة والجرعة المكافئة وغيرها).

### الوحدة: The unit

هي عينة مرجعية محددة، تستعمل لقياس مقدار الكمية الفيزيائية، مثل وحدة الكيلوغرام، والمتر، والثانية.

### كميات ووحدات قياس الجرعة الإشعاعية:

هي مقادير فيزيائية تعبر عن كمية الطاقة المودعة في كتلة معينة من المادة أو النسيج البشري، أو تعبر عن مخاطر الأنواع المختلفة من الإشعاعات المؤينة على الأنسجة وأعضاء الإنسان، أو على كامل جسم الإنسان. وتعتمد هذه الكميات عند اشتقاقها، على أسلوب تفاعل النوع المعين من الإشعاعات المؤينة مع المادة وأسلوب انتقال الطاقة من هذه الإشعاعات للمادة، وعلى مدى ضرر النوع المعين من الإشعاعات على الكائن الحي، عند تساوي قيم الطاقة المودعة في واحدة الكتلة من المواد المختلفة

النشاط الإشعاعي: activity يعطى معدل التفكك الإشعاعي في عينة مشعة بالعلاقة:

$$A_{(t)} = A_0 \text{Exp.}(-\lambda t)$$

حيث  $A_0$  النشاط الإشعاعي عند بدء الزمن و  $A_{(t)}$  النشاط الإشعاعي بعد مضي زمن قدره  $t$ . وحدة النشاط الإشعاعي هي البيكرل (Bq) Becquerel ، وهو يساوي تفكك واحد في الثانية. كما يقدر النشاط الإشعاعي بالكوري (Curie) الذي كان يُعرّف سابقاً على أنه النشاط الإشعاعي لغرام واحد من الراديوم . 226 و لكنه معرف الآن على أنه يعادل  $3.7 \times 10^{10}$  تفكك في الثانية (بيكرل).

### التعرض: The exposure

للتعرض في الوقاية الإشعاعية معنيين مختلفين. الأول ذو طابع عام، ويقصد به التعرض للإشعاعات المؤينة. أما المعنى الثاني فهو يعبر عن كمية فيزيائية محددة.

التعرض: هو تعرض الهواء الجاف في الظروف المعيارية (أي عند درجة حرارة الصفر المئوي وعند ضغط يساوي 760 ملليمتر زئبق) لكمية من الأشعة السينية أو إشعاعات غاما منخفضة الطاقة حتى 3 ميغا إلكترون فولط). ويقاس

التعرض بكمية الشحنة الكهربائية (الموجبة أو السالبة) الناتجة عن التأين في وحدة الحجم من الهواء الجاف في هذه الظروف أي أن:

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

حيث: التعرض X ، الشحنة dQ (الموجبة أو السالبة)، حجم من الهواء الجاف كتلته dm في الظروف المعيارية.

ويُقاس التعرض بوحدة عرفت باسم "رونجن" Rontgen. وقد تم تعريف الرونتجن، في أول الأمر على أنه كمية الإشعاعات السينية التي تؤدي إلى إنتاج شحنة كهربائية (سالبة أو موجبة) مقدارها وحدة كهرساكنة (1 esu) في سنتيمتر مكعب واحد من الهواء الجاف، عند الظروف المعيارية، أي أن:

$$1R = \frac{1(esu)}{1\text{ cm}^3(\text{air})}$$

وبالتحويل من نظام الوحدات العملية (سم. غرام. ثانية) ، إلى النظام الدولي للوحدات نجد أن الرونتجن هو: تعرض لكمية من الأشعة السينية أو إشعاعات غاما منخفضة الطاقة، تؤدي إلى توليد شحنة كهربائية (سالبة أو موجبة) مقدارها  $2.58 \times 10^{-4}$  كولوم في كغم واحد من الهواء الجاف، عند الظروف المعيارية. أي أن:

$$1R = 2.58 \times 10^{-4} \text{ Coulomb/kg air}$$

### الجرعة الممتصة: The absorbed dose

الجرعة الممتصة D هي ناتج قسمة الطاقة المودعة المتوسطة  $\bar{dE}$ ، التي أودعتها الجسيمات (الفوتونات) المؤينة، في عنصر من المادة تبلغ كتلته dm. أي أن الجرعة الممتصة D هي:

$$D = \frac{\bar{dE}}{dm}$$

وتجدر الإشارة إلى أن الجرعة الممتصة تستخدم لجميع أنواع الإشعاعات المؤينة، سواء كانت مشحونة أو غير مشحونة، ولجميع الطاقات وكذلك لجميع المواد التي تسقط عليها الإشعاعات.

ووحدة قياس الجرعة الممتصة في النظام الدولي هي غري "Gray (Gy)" ، ومازالت الوحدة التقليدية للجرعة الممتصة وهي "راد" "rad" مستخدمة في بعض المراجع والأجهزة.

$$\text{Gy} = 100 \text{ rad}$$

التأثير البيولوجي النسبي للإشعاع (RBE) Relative biological effectiveness

يختلف التأثير البيولوجي للإشعاع على أعضاء وأنسجة الجسم البشري، باختلاف نوع الأشعة، حتى عندما تتساوى الجرعة الممتصة من هذه الإشعاعات، في هذا العضو. فمثلاً عند تساوي الجرعة الممتصة من كل من الأشعة السينية والنيوترونات، يكون الضرر في حالة النيوترونات، يزيد نحو عشرين ضعفاً عن الضرر الناتج عن الأشعة السينية في نفس العضو أو النسيج. ولأخذ هذا الاختلاف بالحسبان أدخل مفهوم (الثقل الإشعاعي).

معامل الإشعاع المرجح (الثقل الإشعاعي)  $W_R$  Radiation Weighting Factor

يرتبط معامل الإشعاع المرجح بنوع الأشعة وبقدرتها على إحداث التأين. أي أنه يرتبط بمقدار التأين الحاصل في واحدة المسافة على مسار الإشعاع (الانتقال الخطي للطاقة LET) فكلما زاد معامل الانتقال الخطي للطاقة، زاد معامل الثقل الإشعاعي لهذه الإشعاعات.

يبين الجدول (2-3) قيم معامل الثقل الإشعاعي للإشعاعات ذات الطاقات المختلفة.

جدول (2-3) : معامل الإشعاع المرجح (الثقل الإشعاعي)  $W_R$  Radiation Weighting Factor

عامل الإشعاع المرجح	طاقاتها	نوع الإشعاعات
1	جميع الطاقات	فوتونات
1	جميع الطاقات	إلكترونات وميزونات
5	أقل من 10 ك.إ.ف	نيوترونات
10	من 10 حتى 100 ك.إ.ف	
20	من 100 حتى 2 م.إ.ف	
10	من 2 حتى 20 م.إ.ف	
5	أعلى من 20 م.إ.ف	
5	أكبر من 2 م.إ.ف	بروتونات
20		جسيمات ألفا ونوى خفيفة

يستعمل مصطلح الجرعة المكافئة H لأغراض الوقاية من الإشعاع للتعبير عن ضرر الجسم البشري الناتج عن التعرض لجرعة ممتصة معينة من نوع معين من الإشعاعات. وهي تساوي حاصل ضرب الجرعة الممتصة D من نوع معين من الإشعاعات في معامل النقل الإشعاعي WR لهذه الأشعة عند الطاقة المحددة وعند نقطة ما في النسيج أو العضو البشري. أي أن:

$$H_{TR} = D_{TR} \cdot W_R$$

وعند التعبير عن الجرعة الممتصة في النظام الدولي للوحدات "بالغري"، يكون التعبير عن الجرعة مكافئة بالسيفرت (SeivertSv) أي أن السيفرت هو وحدة قياس الجرعة المكافئة في النظام الدولي للوحدات. أما عند التعبير عن الجرعة الممتصة بالراد، يعبر عن الجرعة المكافئة بالريم rem. (الوحدة التقليدية).



- [1] M.S. Aswood, M.Sc Physics, University of Babylon.
- [2] R.C. Ramola, V.M. Choubey, G. Prasad, G.S. Gusain, Z. Tosheva and A. Kies, "Radionuclide Analysis in the Soil of Kumaun Himalaya, India, Using Gamma Ray Spectrometry", University of Garhwal, 2003.
- [3] A.H. Al-Jubori, M.Sc Physics, University of Mosul, 2003.
- [4] S. Singh, A. Rani and R.K. Mahajan, "<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K Analysis in Soil Samples from Some Areas of Punjab and Himachal Pradesh, India Using Gamma Ray Spectrometry", University of Guru Nanak Dev, India, 2004.
- [5] N. Akhtar, M. Tufail, M. Chaudhry and M. Iqbal Estimation of Radiation Exposure Associated With the Saline Soil of Lahore, Pakistan", University of Bahauddin Zakariya, Multan, Pakistan, Vol.15, No.1, pp. 59-65, 2004.
- [6] S. H. Husain, M. SC Physics, University of Tikrit, 2004.
- [7] M. Abusini, K. Al-Ayasreh and J. Al-Jundi, " Determination of Uranium, Thorium and Potassium Activity Concentrations in Soil Cores in Arabia Valley, Jordan", University of Hashemite, Jordan, 2007.
- [8] A. El-Aydarous, " Gamma Radioactivity Levels and Their Corresponding External Exposure of Some Soil Samples from Taif Governorate, Saudi Arabia ", University of Taif, KSA, Issn 1992-0075, 2007.

[9]S.Harb, A.El-Kamel, A.Abd El- Mageed, A.Abbady and H.Negm, "Natural Radioactivity Measurements in Soil and Phosphate Samples from El-Sabaea, Aswan, Egypt ", University of Assiut Egypt, 2008.

[10]H.M.Diab, S.A.Nouh, A.Hamdy and S.A.El-Fiki, " Evaluation of Natural Radioactivity in Acultivated Area Around Afertilizer Factory ", University of Ain Shams Shams, Egypt,Vol.3 No.1 2008.

[11]M.S.Aswood M.SC Physics, University of Babylon .

[12]R.C.Ramola, V.M.Choubey, G.Prasad, G.S.Gusain, Z.Tosheva and A.Kies," Radionuclide Analysis in the Soil of Kumaun Himalaya,India, Using Gamma Ray Spectrometry", University of Garhwal,2003. 2003.

[13]A.H.Al-Jubori, M.SC Physics, University of Mosul, 2003.

[14]S.Singh, A.Rani and R.K.Mahajan, "226 Ra, 232Th and40 K Analysis in Soil Samples from Some Areas of Punjab and Himachal Pradesh,India Using Gamma Ray Spectrometry", University of Guru Nanak Dev, India 2004.

[15]N.Akhtar, M.Tufail, M.Chaudhry and M.Iqbal Estimation of Radiation Exposure Associated With the Saline Soil of Lahore, Pakistan", University of BahauddinZakariya, Multan, Pakistan,Vol.15, No.1, pp. 59-65, 2004.

[16]S. H. Husain, M. SC Physics, University of Tikrit, 2004.

[17]M.Abusini,K.Al-Ayasreh and J.Al-Jundi," Determination of Uranium, Thorium and Potassium Activity Concentrations in Soil Cores in Arabia Valley, Jordan

[18]A.El-Aydarous," University of Hashemite, Jordan,2007. Gamma Radioactivity Radioactivity Levels and Their Corresponding External Exposure of Some Soil

Samples from Taif Governorate, Saudi Arabia ", University of Taif, KSA, Issn 1992-0075, 2007.

[19]S.Harb, A.El-Kamel, A.Abd El- Mageed, A.Abbady and H.Negm, "Natural Radioactivity Measurements in Soil and Phosphate Samples from El-Sabaea, Aswan, Egypt ", University of Assiut,Egypt, 2008.

[20]H.M.Diab, S.A.Nouh, A.Hamdy and S.A.El-Fiki, " Evaluation of Natural Radioactivity in Acultivated Area Around Afertilizer Factory ", University of Ain Shams, Egypt,Vol.

[21]S.U.El- Kameesy, S. Abd El-Ghany, S.M.El-Minyawi, Z.Miligy and E.M.El-Mabrouk, " Natural Radioactivity of Beach Sand Samples in the Tripoli Region, North West Libya ", University of Ain Shams,Egypt, 2008.

[22]P.K.Maniganndan," Transfer of Natural Radionuclides from Soil to Plants in Tropical Forest (Western Ghats – India ) ", International of Physics Sciences, India, Vol.4(5), 2009.

[23]M.A.Alsadi, M.SC. Physics, University of Babylon, 2010.

[24]G.H.Mohamed The Measurement of Radioactivity in Soil Samples" University of Surrey, Thailand, 2010.

[25]H.Lawlivi,E. Dark, C.Schandorf, A.Fannu, A.Awudu and D.Kpeglo, " Natural Radioactivity Concentrations in Beach Sands from Some Tourists Resorts ", University of Ghana, Legon, No. 2041-0492 ,2011.

[26]R.Mehra and M.Singh, " Estimation of Radiological Risk Due to Concentration of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in Soils of Different Geological Origins in Northern India ", National Institute of Technology, Jalandhar, India, 2011.

[27]M.E.Mahdi, M. SC Physics University of Physics,University Kufa, 2012.

[28] Techniques.com [28]Wikibooks, " Basic Physics of Nuclear Medicine/ Scintillation Detectors", Text is Available Under the Creative Commons Attribution – Share Alike License, August 2011.

[29]S.Y.Ukla, M.SC. Physics, University of Mosul, 2004.

[30]A.K.Hasan, H.N.Majeed and S.A.Hassan, "Measurement of Natural Radiation in Soil of the College of Education, University of Kufa Al-Najaf Al-Ashraf, Iraq ", University of Kufa, Al- Najaf Al-Ashraf, Iraq, Pak.J.Chem. 1(4): 1-6, 2011. 58) }.

[31] M. Tzortzis and H.Tsertos," Gamma Radiation Measurements and Dose Rates in Commercially Used Natural Tiling Rocks (Granites)" University of Cyprus, Cyprus, UCY-PHY-02103, 2003.

[32]IAEA, "Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data", Vienna, Austria, IAEA-TECDOC-1363, 2003.

[33]IAEA," Database of prompt gamma rays from slow neutron capture for elemental analysis", Vienna, Austria, 2007.

[34] R.Ajayi and O.S.Ajayi, "Estimation of Absorbed Dose Rate and Collection Effective Dose Equivalent Due To Gamma Radiation from Selected Radionuclides in Soil in Ondo and Ekiti State, South-Western Nigeria 1999. , University of Ibadan, Nigeria, Vol. 86,No.3, pp.221-224.

[35]K.M.Thabayneh and M.M Jazzar, "Natural Radioactivity Levels and Estimation of Radiation Exposure in Environmental Soil Samples from Tulkarem Province Palestine", University of Hebron, Palestine, 2012.

[36]L.Venturini and M.B.nisti, " Natural Radioactivity of Some Brazilian Building Materials ", Nuclear Technology Publishing, Vol.71, No.3, pp.227-229, 1997.

[37]S.Harb A.H.El-Kamel A.I.Abd El-Mageed A.Abbady and W.Rashed," Concentration of U-238, U-235, Ra-226,Th-232 and K-40 for Some Granite Samples in Eastern Desert of Egypt ", University of Assiut, Egypt, 19-23 Feb, 2008.

[38]N. Akhtar and M.Tufail, "Cancer risk in Pakistan Due to Natural Environmental Pollutants " Health Physics Division, NIAB,Pakistan, Int.J Environ Res 5 (1): 159-166, Winter 2011.

[39] R.Hazama and K.Shizuma, 11 Environmental Assessment of Natural Radioactivity in Soil Samples from the LUSI Mud Volcano,Indonesia "University of Hiroshima, Higashi- Hiroshima 739-8527,Japan, 2009.

[40]M.Tzortzis, E.Svoukis and H.Tsertos, "A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rates from surface soil in Cyprus" University of Cyprus, p.o .Box 20537, Cyprus, 2004

[41]A.M.Arogunjo, "Terrestrial Gamma Radiation and the radiological Implication in South Western Nigeria" Federal University of technology, Akure, Nigeria, 2007.

[42]K A Kabir,S.M.Islam and M .M. Rahman, " Distribution of Radionuclides in Surface Soil and Bottom Sediment in the District of Jessore, Bangladesh and

Evaluation of Radiation Hazard ", University of JahanGirnagar, Bangladesh, Post Box No.164,2009.

[43]G.Karahan and A.Bayulken, "Assessment of Gamma dose rates around Istanbul (Turkey)", Nuclear Energy Istanbul, AyazagaKampusu Istanbul, Turkey, P.O .Box 1, 2000.

[44]A .I.Abd El – Mageed, A.H.El – Kamel, A.Abbady, S.Harb,A .M .M.Youssef and I.I.Saleh, "Assessment of Natural and Anthropogenic Radioactivity Levels in Rocks and Soils in the Environs of Juban Town in Yemen ", Tenth Radiation Physics and Protection Conference, Egypt ,2010.

[45]H.R.Saad and D.Al-Azmi, "Radioactivity concentrations in sediments and their correlation to the coastal structure in Kuwait", University of Kuwait, P.O.Box 5969, Safat 13060, Kuwait, 2002.

[46] A.S.Alaamer, "Assessment of Human Exposures to natural source of radiation in soil of Riyadh, Saudi Arabia ", Physics Division, Science Department,King Khalid Military Academy, P.O.Box 22140, Saudi Arabia, 2008.

[47] A. E. Khater and H A Alsewaidan "Radiation Exposure Due to gricultural Uses of Phosphate Fertilizers ", National Center for Control, Atomic Energy Authority, Egypt, 2008.

[48] M.A.Shenber," Measurement of Natural Radioactivity Levels in Soil in Tripoli ", Tajoura Nuclear Research Centre, Libya, vol.48,No.1. pp.147-148, 1997.