جمهورية العراق
الجامعة المستنصرية
كلية العلوم

إيجاد تراكيز اليورانيوم المنضب في نماذج بايالوجية

رسالة تقدم بها
وصفي محمد كاظم التميمي
الى مجلس كلية العلوم - الجامعة المستنصرية وهي جزء من متطلبات
نيل درجة الماجستير علوم في الفيزياء

إشراف

د. شاكر محمود مربط الجبوري

د. عبد الله احمد رشيد الدليمي

1424 هـ

2003 م

توصية الأساتذة المشرفين

نشهد ان إعداد هذه الأطروحة من الطالب " وصفي محمد كاظم التميمي " قد جرى تحت إشرافنا في الجامعة المستنصرية / كلية العلوم / قسم الفيزياء وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في الفيزياء

أسم المشرف : د. شاكر محمود الجبوري
الدرجة العلمية : أستاذ
التوقيع :
التاريخ : ١٩/ ١٠/ 2003

أسم المشرف : د. عبدالله احمد رشيد الدليمي
الدرجة العلمية : أستاذ مساعد
التوقيع :
التاريخ : ١٩/ ١٥/ 2003

توصية السيد رئيس قسم الفيزياء

إشارة الى التوصية المقدمة من قبل
الدكتور شاكر محمود الجبوري والدكتور عبدالله احمد رشيد الدليمي
أحيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة بدراستها وبيان الرأي فيها

الاسم : د . كاظم حسن الموسوي
الدرجة العلمية : مدرس
التوقيع :
التاريخ : 19/ 10/ 2003

بسم الله الرحمن الرحيم

يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين
أوتوا العلم درجات والله بما تعملون خبير .

صدق الله العلي العظيم

سورة المجادلة / الآية ١١

توصية الأساتذة المشرفين

نشهد أن إعداد هـــذه الأطروحـــة مـــن الطـــالب " وصفـــي محمـــد كـــاظم التميمـــي " قد جرى تحت إشرافنا في الجامعة المستنصرية / كلية العلوم / قسم الفيزياء وهي جـــزء مـــــن متطلبـــــات نيـــــل درجـــــة الماجســـــتير فـــــي الفيزيـــــاء

أسم المشرف : د. شاكر محمود الجبوري
الدرجة العلمية : أستاذ
التوقيع :
التاريخ : / / 2003

أسم المشرف : د. عبدالله احمد رشيد الدليمي
الدرجة العلمية : أستاذ مساعد
التوقيع :
التاريخ : / / 2003

توصية السيد رئيس قسم الفيزياء

إشارة إلى التوصية المقدمة من قبل
الدكتور شاكر محمود الجبوري والدكتور عبدالله احمد رشيد الدليمي
أحيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستهـــا وبيان الـــرأي فيها

الاسم : د . كاظم حسن الموسوي
الدرجة العلمية : مدرس
التوقيع :
التاريخ : / / 2003

قرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه نشهد بأننا أطلعنا على الرسالة الموسومة (إيجاد تراكيز اليورانيوم المنضب في نماذج بايولوجية) المقدمة من قبل الطالب (وصفي محمد كاظم محمد) فوجدنا أنها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير علوم في الفيزياء .

رئيس اللجنة

الأسم : د. عذاب طاهر الكناني

الدرجة العلمية : أستاذ

التوقيع :

التاريخ :

عضو اللجنة

الأسم : د. حامد معيدي الباهلي

الدرجة العلمية : أستاذ

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

عضو اللجنة

الأسم : د. خالد عبدالوهاب

الدرجة العلمية :

التوقيع :

التاريخ : / /2003

عضو اللجنة : المشرف

الاسم : د. شاكر محمود مربط الجبوري

الدرجة العلمية : أستاذ

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

عضو اللجنة : المشرف

الاسم : د. عبدالله احمد رشيد الدليمي

الدرجة العلمية : أستاذ مساعد

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

مصادقة عمادة كلية العلوم

الاسم :

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

الإهـــداء

إلى عفاف الروم وشفاء الجروم وضياء الحياة ونـور الدجى ... وبلسم الجـــــــــــروم ...الـــــــــــى (والدتـــــــــــي)

إلـــى شـــمعة العمـــر وكفـــام الحيـــاة ودرب الســـنين وصـــــــــانع ...البســـــــــمات ...(والـــــــــدي)

إلـــى صفـــاء النفـــس وراحـــة البـــال وحيـــاتي التـــي انقظـــت فـــــــــي احســـــــــن حـــــــــال ...(اخوانـــــــــي)

إلـــى مـــن انـــاروا لـــي دربـــي وهذبـــوا خلقـــي (اســـاتذتي) .

الباحث

وصفي التميمي

شكـــر وتقـــدير

الحمد لله الاول قبل كل شيء والاخر بعد كل شيء لا ينسى من ذكره ولا ينقص من شـكر والصلاة والسلام على خير خلق الله أجمعين محمد (ص) واله الطيبين الطاهرين وبعد .
وأنا أنهي هذا البحث لا يسعني إلا أن أتقدم بجزيـــل الشـكر والامتنـان إلـى أسـتاذي الدكتور شـــاكر محمـود الجبـوري والدكتـور عبـدالله احمـد الدليمـي لاقتراحـهما موضوع البحث وإشرافهما على مراحل البحث وكان لتوجيهاتـــهما القيمـة ومتابعتـهما الجادة والمتواصلة الاثر الكبير في انجاز هذا البحث كما اتقدم بالشكر الجزيل والامتنـــان إلى عمادة كلية العلوم / الجامعـــة المسـتنصرية متمثلـة بعمادتـها واشـكر الاسـتاذ الدكتـور هاشـم حميـد الدليمـي رئيـس قسـم الفيزيـاء سـابقاً بكليـــة العلـــوم وما بذله من جهود في هذا القسم وفي الدراسات العليـا والـى رئيـس القسـم الحـالي الدكتـور كـاظم حسـن الموسـوي كمـا اود ان أشـكر اعضـاء الهيئـة التدريسـية فـي قسـم الفيزيـاء / كليـة العلـوم وطـلاب الدراسـات العليـا وذلـك لتقديمـــهم يد العون والمساعدة كما اتقدم بالشكر والتقدير الى قسم التطبيقات النووية فـي منظمـة الطاقـة الذريـة ومنـهم (رعـد ، بسـام ، طـاهر ، وافـراح) وأشـــكر كذلـــك (عباس ، مرتضى ، ماجد) لما قدّموا لي من خدمات وأدعوا الله ان يوفق الجميع لمـــا فيه الخير والصلاح .

والحمد لله رب العالمين

وصفي محمد كاظم

الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة إيجاد تراكيز اليورانيوم المنضب في دم وانسجة بشرية وباستخدام كاشف الاثر النووي اللكسان وتقنية اثار الانشطار النووي الناتجة من انشطار نظير اليورانيوم ^{238} بالنيوترونات السريعة المنبعثة من المصدر النيوتروني النظائري ^{241}Am-Be بسيل نيوتروني قدرتة ($1.9*10^{11} n/cm^2$) والمسجلة على كاشف الاثر النووي متعدد الكاربون اللكسان Laxan .

في بداية البحث تم تحديد المنطقة الفعالة على المصدر والتي يبلغ عندها الفيض النيوتروني اقصى قيمة له وتم ايقاف النيوترونات الحرارية بطبقة من الكادميوم بعد اختيار السمك المناسب حيث بلغ (0.5mm) .

ثم بعد ذلك تم اختيار عبارية (6.25N) من Na oH وفي درجة ($60C^{O}$) وزمن قشط (70min) وكانت هذه الظروف المثالية للقشط ثم بعد ذلك تم تحديد السيل النيوتروني المناسب للتشعيع والذي أستخدم لتشعيع النماذج القياسية وعينات الانسجة والدم المستخدمة في البحث واجريت معالجة التداخلات للمواد الانشطارية الموجودة في النماذج القياسية بتراكيز معينة وكذلك الخلفية الاشعاعية الموجودة في العينات حيث كانت تراكيز اليورانيوم المنضب في نماذج الدم في الحدود ppm (0.041-0.063) والانسجة في حدود ppm (0.039 – 0.041) .

المحتويـــات

ت	الموضوع	رقم الصفحة
	قائمة الجداول	X
	قائمة الاشكال	XI

الفصل الاول – مقدمة عامة

ت	الموضوع	رقم الصفحة
1-1	التمهيد	1
1 – 2	اليورانيوم المنضب	1
1 – 3	غبار الهواء الجوي لليورانيوم المنضب	5
1 – 4	مكونات الدم	7
1 - 4 - 1	كريات الدم البضاء	8
1 - 4 - 2	الصفيحات الدموية	8
1 - 4 - 3	كريات الدم الحمراء	9
1 – 5	مسارات دخول النويدات المشعة للجسم	10
1 – 6	التأثيرات الصحية لليورانيوم المنضب	12
1 – 7	التأثيرات البايولوجية للاشعاع	13
1 - 7 - 1	تأثيرات الاشعاع على الخلية الحية	13
1 - 7 - 2	تصنيف امراض الاشعاع	15
1 – 8	الدراسات السابقة	17
1 – 9	الهدف من الدراسة	20

الفصل الثاني – الجانب النظري

ت	الموضوع	رقم الصفحة
2 – 1	النيوترون وخصائصه	21
2 – 2	اكتشاف النيوترون	22
2 – 3	تصنيف النيوترونات	22
2 – 4	تفاعلات النيوترونات مع المادة	23
2 – 5	المصادر النيوترونية	27
2 - 5 - 1	المفاعل النووي	27
2 - 5 - 2	مصادر الانشطار التلقائي	28

ت	الموضوع	رقم الصفحة
2 – 5 – 3	المصادر النيوترونية النظائرية	29
2 – 5 – 4	المعجلات والمولدات	32
2 – 6	المقاطع العرضية للنيوترونات	33
2 – 7	كواشف الاثر النووي للحالة الصلبة	34
2 – 7 – 1	نبذة تاريخية	34
2 – 7 – 2	تعريف كواشف الاثر النووي للحالة الصلبة	35
2 – 8	تصنيف كواشف النووي للحالة الصلبة	36
2 – 8 – 1	الكواشف الغير العضوية	36
2 – 8 – 2	الكواشف العضوية	36
2 – 9	طاقة العتبة للاثر	38
2 – 10	خصائص كواشف الاثر النووية للحالة الصلبة	39
2 – 11	مراحل تكون الضرر في المواد الصلبة العازلة	40
2 – 12	ميكانيكية تكون الاثر المستتر للمواد الصلبة العازلة	41
2 – 13	القشط الكيميائي	45
2 – 14	هندسة الاثر	46
2 – 15	مراحل نمو الاثر	49
2 – 16	كفاءة الكاشف لتسجيل الاثر	50
2 – 17	التأثيرات البيئية على القشط للاثر	50

الفصل الثالث – الجانب العملي

ت	الموضوع	رقم الصفحة
3 – 1	المقدمة	53
3 – 2	الاجهزة والمواد المستخدمة	53
3 – 2 – 1	المصدر النيوتروني النظائري $^{241}Am - Be$	53
3 – 2 – 2	الكاديميوم	53
3 – 2 – 3	قرص اليورانيوم المنضب	54
3 – 2 – 4	كاشف الليكسان	54
3 – 2 – 5	الافران	54

ت	الموضوع	رقم الصفحة
3 – 2 – 6	المكبس	54
3 – 2 – 7	الحمام المائي	54
3 – 2 – 8	المجهر الضوئي	54
3 – 3	الاجراءات العملية	55
3 – 3 – 1	جمع وتحضير العينات	55
3 – 3 – 2	قياس الفيض النيوتروني	55
3 – 3 – 3	اختيار سمك طبقة الكاديميوم	56
3 – 3 – 4	معرفة العلاقة بين كثافة الاثار والسيل النيوتروني	56
3 – 4	قياس تراكيز اليورانيوم المنضب	57
3 – 4 – 1	جمع وتحضير العينات	57
3 – 4 – 2	تحضير النماذج القياسية	57
3 – 4 – 3	تحضير قطع من كاشف الليكسان	57
3 – 4 – 4	قشط النماذج	58
3 – 4 – 5	عد الاثار	58
3 – 4 – 6	تداخلات المواد الانشطارية	58
3 – 4 – 7	حساب تراكيز اليورانيوم المنضب	59

الفصل الرابع – النتائج والمناقشة والاستنتاجات

ت	الموضوع	رقم الصفحة
4 – 1	دراسة توزيع فيض النيوترونات الرسيعة على طول المصدر $^{241}Am - Be$	61
4 – 2	قياس سمك طبقة الكادميوم	61
4 – 3	حساب الفيض النيوتروني السريع للمصدر النظائر $^{241}Am - Be$	62
4 – 4	تحديد العلاقة بين السيل النيوتروني وكثافة الاثار	63
4 – 5	تغير كثافة الاثار P والزمن المناسب للقشط مع ظروف القشط الكيميائي	73
4 – 6	تداخلات المواد الانشطارية	81
4 – 7	ايجاد تراكيز اليورانيوم المنضب في عينات الدم	87
4 – 8	الاستنتاجات	91
4 – 9	الدراسات المستقبلية	92
	المصادر	93

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1 – 1	الفعالية الاشعاعية لليورانيوم الطبيعي والمنضب ومكوناتهما	2
2 – 1	سلسة انحلال نظير اليورانيوم ^{238}U	3
3 – 1	امراض الاشعاع اعراضها واسبابها	15
1 – 2	مصادر (α، n) وعمر النصف والفيض النيوتروني والمتولد من كل تفاعل	29
2 – 2	مصادر (γ ، n) وعمر النصف وطاقة كاما لكل تفاعل	32
3 – 2	العلاقة بين تكوين الاثار والمقاومة النوعية للمادة	36
4 – 2	انواع الكواشف والجسيمات المؤينو وطاقاتها التي يمكن تحسسسها	37
1 – 3	تراكيز كل من اليورانيوم والثوريوم ومجموعهما في النماذج القياسية	57
1 – 4	البيانات النووية الخاصة لرقيقة الالمنيوم	62
2 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $1.58 * 10^{9}$ n . cm^{-2}	64
3 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $3.16 * 10^{9}$ n . cm^{-2}	64
4 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $6.33 * 10^{9}$ n . cm^{-2}	66
5 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $9.5 * 10^{9}$ n . cm^{-2}	66
6 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $3.8 * 10^{10}$ n . cm^{-2}	68
7 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $7.6 * 10^{10}$ n . cm^{-2}	68
8 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $1.14 * 10^{11}$ n . cm^{-2}	70
9 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $1.9 * 10^{11}$ n . cm^{-2}	70
10 – 4	كثافة الاثار الناتجة من انشطار اليورانيوم المنضب عند تعرضه الى سيول نترونية مختلفة	72
11 – 4	علاقة كثافة الاثار كدالة لزمن القشط عند عيارية 5N , 5.5N	73
12 – 4	علاقة كثافة الاثار كدالة لزمن القشط عند عيارية 7N , 6.25N	74
13 – 4	كثافة الاثار الكلية كدالة للتركيز الكلي (Th + U) في النماذج القياسية	81
14 – 4	تراكيز وكثافة اثار كل من الثوريوم واليورانيوم في النماذج القياسية	85
15 – 4	تراكيز اليورانيوم المنضب في النماذج المدروسة	88

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1 – 1	يوضح حدود الكشف في مختلف الطرائق المستخدمة لتحديد تراكيز اليورانيوم والثوريوم	5
2 – 1	مخطط انتقال المواد المشعة المطلقة جواً الى الانسان	6
3 – 1	يوضح طرائق انتقال اليورانيوم الى دم الانسان	11
4 – 1	تأثيرات الاشعاع على a الخلايا b الكروموسومات c جزيئات DNA	14
1 – 2	يوضح تفاعلات النيوترونات مع المادة	23
2 – 2	يوضح تركيب مصدر التفاعل (α، n)	30
3 – 2	يوضح تركيب مصدر التفاعل (γ، n) الدائري	31
4 – 2	تغير معدل التأين الابتدائي (دالة التلف الاشعاعي) بتغير السرعة النسبية او الطاقة النوعية للجسيمات الساقطة والخط المنقط الافقي يمثل حد العتبة	38
5 – 2	يبين المراحل المختلفة لتكون اثر الجسيم المشحون في مادة الكاشف	40
6 – 2	يوضح خطوات تكوين الاثر حسب نموذج وخزة الانفجار الايوني	41
7 – 2	يوضح تكوين الجذور الحرة في البوليميرات	43
8 – 2	يبين المناطق التي يتكون منها الاثر المستتر	44
9 – 2	يبين تأثير محلول القشط على المنطقة المتضررة	46
10 – 2	يوضح الشكل الهندسي لأثر السقوط العمودي	48
11 – 2	يوضح هندسة الاثر للسقوط المائل	48
12 – 2	يوضح السقوط المائل a بزاوية اقل من الزاوية الحرجة b بزاوية مساوية للزاوية الحرجة	49
13 – 2	مراحل نمو الاثر بزيادة زمن الحفر	50
1 – 4	يوضح توزيع فيض النيوترونات السريعة على طول المصدر $^{241}Am - Be$	61
2 – 4	يوضح طيف اشعة كاما الناتجة من رقاقة الالمنيوم المغلفة بطبقة من الكادميوم بعد تشعيعها بالنيوترونات المنبعثة من المصدر $^{241}Am - Be$	62
3 - 4	علاقة كثافة الاثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $1.58 * 10^{9}\ n\ .\ cm^{-2}$	65
4 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $3.16 * 10^{9}\ n\ .\ cm^{-2}$	65
5 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $6.33 * 10^{9}\ n\ .\ cm^{-2}$	67
6 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $9.5 * 10^{9}\ n\ .\ cm^{-2}$	67
7 – 4	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $3.8 * 10^{10}\ n\ .\ cm^{-2}$	69

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
4 – 8	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $7.6 * 10^{10}$ n . cm^{-2}	69
4 – 9	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $1.14 * 10^{11}$ n . cm^{-2}	71
4 – 10	علاقة كثافة الاثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني $1.9 * 10^{11}$ n . cm^{-2}	71
4 – 11	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (60 C^{o}) وعيارية (5 N)	75
4 – 12	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (70 C^{o}) وعيارية (5 N)	75
4 – 13	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (80 C^{o}) وعيارية (5 N)	76
4 – 14	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (60 C^{o}) وعيارية (5.5 N)	76
4 – 15	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (70 C^{o}) وعيارية (5.5 N)	77
4 – 16	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (80 C^{o}) وعيارية (5.5 N)	77
4 – 17	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (60 C^{o}) وعيارية (6.25 N)	78
4 – 18	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (70 C^{o}) وعيارية (6.25 N)	78
4 – 19	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (80 C^{o}) وعيارية (6.25 N)	79
4 – 20	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (60 C^{o}) وعيارية (7 N)	79
4 – 21	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (70 C^{o}) وعيارية (7 N)	80
4 – 22	علاقة كثافة الاثار كدالةلزمن القشط عند درجة حرارة (80 C^{o}) وعيارية (7 N)	80
4 – 23	علاقة كثافة اثار شظايا الانشطار الكلية من (U , Th) كدالة للتركيز في النماذج القياسية	82
4 – 24	علاقة كثافة الاثار الكلية (U , Th) كدالة للتركيز في النماذج القياسية	86
4 – 25	علاقة كثافة اثار شظايا انشطار اليورانيوم كدالة للتركيز في النماذج القياسية	86
4 – 26	علاقة كثافة اثار الانشطار الثوريوم كدالة للترميزه في النماذج القياسية	87
4 – 27	تركيز اليورانيوم المنضب في النماذج المدروسة مرتبة ترتيبا تنازليا	90

الفصل الأول

مقدمة عامة

(1 – 1) التمهيد

إن تعرض الانسان والكائن الحي وبيئتها إلى الإشعاع يؤدي إلى مخـــاطر عديـــدة لا يمكن تجاهلها . وتكون مصادر الاشعاع من مص درين احدهما : طبيعي ، ينتج مـــن انحلال القوى غير المستقرة بصورة ذاتية وتحولها إلى نوى مستقرة [1].

والثاني : مصدر صناعي ، ينتج من خلال قصف نوى النظـــائر المســـتقرة بـــأنواع مختلفة من الجسيمات النووية [2].

يتعرض الإنسان إلى النشاط الاشعاعي على شكل المادة المشعة ، نوع المصدر المشع وطاقته ، النشاط الاشعاعي للمصدر وعمر النصف للمادة المشعة [3] .

اما تاثيرات الاشعاع على نوعين [4] :-

١- تأثيرات حادة / يؤثر التعرض الحاد للجرعة الاشعاعية الزائـــدة فـــي جميـــع أعضاء واجهزة الجسم .

٢- تاثيرات متاخرة / تحدث نتيجة التعرض إلى جرعة واطئة بصورة مستمرة. تترك التاثيرات نتائج متماثلة ، متمثلة بظهور اعراض مرضية مثل امراض الدم ، امراض الجهاز الهضمي ، امراض الجهاز العصبي ، سرطان الرئة ، سرطان العظام ، قصر العمر ، او استحداث طفرات غير مقيدة للانسان [2].

ولاهمية هذا الموضوع وخطورته ظهرت عـــدة تقنيـــات للكشـــف وقيـــاس النشـــاط الاشعاعي ، وان اكثر هذه التقنيات شيوعا واستخداما في الوقت الحاضر هي كواشـف الاثر النووية للحالة الصلبة [5].

(1 – 2) اليورانيوم المنضب Depleted Uranium

اليورانيوم المنضب Depleted Uranium ويعرف اختصـــارا (DU) مـــادة ســـامة ومشعة ، وهو ناتج عرضي ينشا عن عملية تخصيب اليورانيوم ، وهو نفايات نوويـــة تسبب مشاكل بيئية خطيرة ، اما تسميته فجاءت من نتيجة لانخفـــاض نســـبة تركـــيز

نظير اليورانيوم U^{235} فيه من (0.72 %) إلى نحو (0.2 %) وتزداد نسبة تركيز نظير اليورانيوم U^{238} فيه من (99.27 %) إلى حوالي (99.79 %) [6] .

يحتوي اليورانيوم المنضب على النظائر U^{238} ونسبة (99.79 %) و U^{236} ونسبة (0.0030 %) و U^{235} ونسبة (0.2 %) و U^{234} ونسبة (0.0008 %) [7] .

يمتاز اليورانيوم المنضب بمواصفات معينة ومن هذه المواصفات هي [6]

١- كثافته عالية جدا $19\ g/cm^3$.

٢- خاصية الالتهاب .

٣- رخص ثمنه نسبيا .

٤- ويمتاز كذلك السميته الاشعاعية حيث يبلغ اشعاعه 60 % من اشعاعات اليورانيوم الطبيعي [7]. ويبين الجدول (1 – 1) الفعالية الاشعاعية لليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المنضب [6].

جدول (1 - 1) يوضح الفعالية الاشعاعية لليورانيوم الطبيعي والمنضب ومكوناتها [6]

	U^{238}	U^{236}	U^{235}	U^{234}	الفعالية الاشعاعية النوعية ci/gm
اليورانيوم الطبيعي	%99.27	0	%0.72	%0.0058	6.77×10^{-7}
اليورانيوم المنضب	%99.79	%0.0030	%0.20	%0.0008	3.6×10^{-7}

إنّ الخطورة الاشعاعية تكمن في نظير اليورانيوم U^{238} ، حيث يمر اليورانيوم U^{238} بسلسلة انحلال طبيعة باعثا بذلك جسيمات الفا وبيتا واشعة كاما بطاقات مختلفة كما في الجدول (1 - 2) [8] .

ويطلق غاز الرادون الذي يبعث جسيمات الفا وبسبب استنشاقه سرطان الرئة .

جدول (1 - 2) سلسلة انحلال نظير اليورانيوم (^{238}U) [8] .

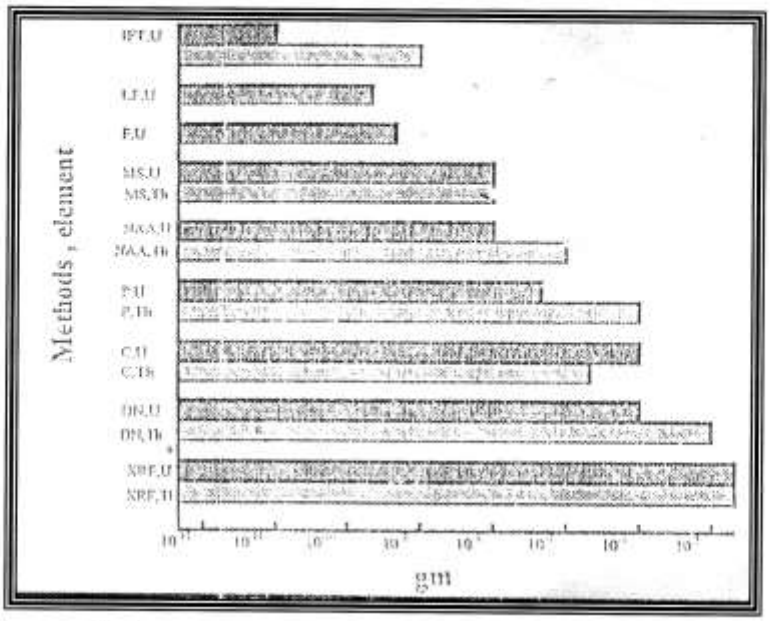
Radiation Emitted				Half-Life		
Alpha	Beta	Gamma	Radioactive Elements	Minutes	Days	Years
☢		☢	Uranium-238 ↓			4.5 billion
	☢	☢	Thorium-234 ↓		24.1	
	☢	☢	Protactinium-234 ↓	1.2		
☢		☢	Uranium-234 ↓			247,000
☢		☢	Thorium-230 ↓			80,000
☢		☢	Radium-226 ↓			1,622
☢			Radon-222 ↓		3.8	
☢	☢		Polonium-218 ↓	3.0		
	☢	☢	Lead-214 ↓	26.8		
☢	☢	☢	Bismuth-214 ↓	19.7		
☢			Polonium-214 ↓	0.00016 seconds		
	☢	☢	Lead-210 ↓			22
☢	☢		Bismuth-210 ↓		5	
☢		☢	Polonium-210 ↓		138.3	
None			Lead-206	Stable		

لذا فان دراسة تركيز اليورانيوم المنضب في جسم الانسان من الامور بالغة الاهمية تعكس مدى انتشار اليورانيوم المنضب وعلاقته بالامراض الغريبة التي ظهرت بعد هذا التلوث الكبير .

استخدمت من اجل تحديد تراكيز اليورانيوم العديد من التقنيات النووية والتي من اهمها [7] .

١- تقنية اثار شظايا الانشطار المستحث (IFT) Induced Fisson track .
٢- تألق الليزر المستحث (LF) Laser – Induced Fluorescence .
٣- مقياس التألق (F) Fluorimetry .
٤- المطياف الكتلي (MS) Mass spectrometry .
٥- التحليل بالتنشيط النيوتروني (NAA) Neutron Activation Analysis .
٦- مقياس الاستقطابية (P) polatography .
٧- مقياس الشدة اللونية (C) Colorimetry .
٨- النيوترونات المتاخرة (DN) Delayed Neutrons .
٩- تالق الاشعة السنية (XRF) X – Ray – Fluore scence .

ويفضل استخدام تقنية عدا اثار شظايا الانتظار المستحث (IFT) لما تتميز به من دقة وسهولة بالاضافة إلى امكانيتها العالية في الكشف عن التراكيز الواطئة جد لليورانيوم (يحدد اجراء ppb) والشكل (1 – 1) يوضح ذلك [7] .

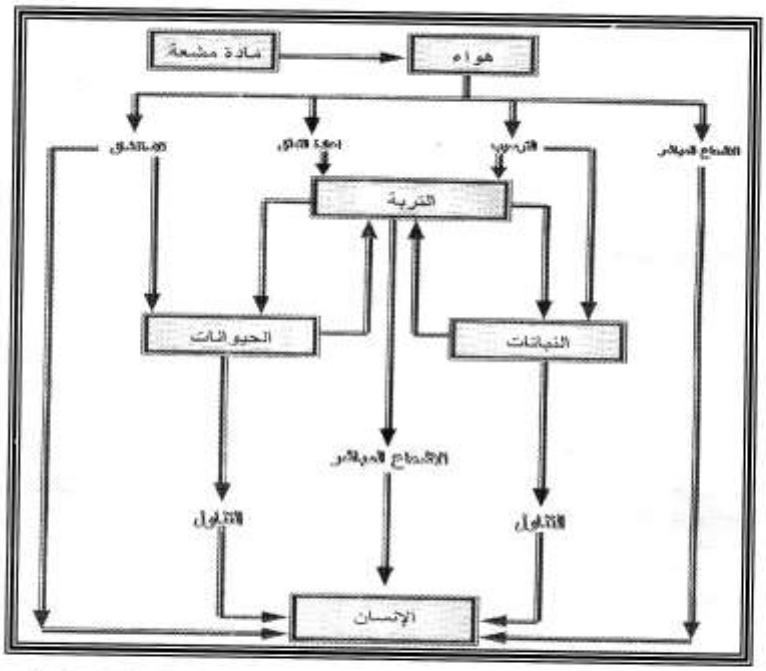


شكل (1 – 1) يوضح حدود الكشف في مختلف الطرق المستخدمة لتحديد تراكيز اليورانيوم والثوريوم [7] .

(1 - 3) **غبار الهواء الجوي لليورانيوم المنضب**

إنّ لليورانيوم المنضب صفة غير مرغوبة وهي أنه يحترق عند إصطدامه بسرعة كبيرة باي شيء صلب فيخلق جزيئات مجهرية بالغة الصغر تتكون من اكاسيد اليورانيوم غير قابلة للذوبان نسبيا ، التي يمكن استنشاقها وابتلاعها بسهولة ، لهذا فهي خطرة على صحة الانسان . وكحد تقريبي يمكن ان تنتقل جسيمات اليورانيوم مسافة (10km) في الجو [16] بسبب الصغر المتناهي لحجمها الذي يكون حوالي (2.5mm) فان جسيمات اوكسيد اليورانيوم المنضب والتي تنتشر في الجو تدخل عن طريق الانف إلى المجرى الهوائي للجهاز التنفسي ، ومنه إلى الرئة ، وتترسب في مناطق مختلفة منها ، ويبقى العديد منها لسنوات طويلة [6] .

تبلغ كثافة معدن اليورانيوم ($19.04\ gm\ /cm^3$) وبالنسبة لكثافة جزيئة ثاني اوكسيد اليورانيوم UO_2 فانها تبلغ ($11gm\ /cm^3$) أي ما يعادل كثافة معدن الرصاص [17] يمكن لجسيمات متساقطات اليورانيوم الالتصاق بالرمال او جسيمات الغبار على الارض ثم يعاد تعلقها في الجو بوساطة الرياح او حركة العجلات لتنتقل إلى اماكن اخر ، وتقوم بتلوث النباتات مباشرة عند سقوطها على الارض وتدخل إلى التربة حيث يتم امتصاصها من قبل النباتات بعد ذلك تقوم الحيوانات بتناول هذه النباتات الحاوية على هذه الجزئيات وتنتقل إلى الانسان . كما ان الخضراوات الملوثة يمكن أن تكون واسطة نقل مباشرة [16] ويمكن توضيح انتقال المواد المشعة المطلقة في الجو إلى الانسان بالمخطط الموضح في أدناه (1– 2)



شكل (1 – 2) مخطط انتقال المواد المشعة المطلقة جوا إلى الانسان [16]

(1 – 4) **مكونـــات الـــدم**

يشكل الدم (6 %) من مجمل وزن جسم الانسان الكلي ، ويتكون من خليـــط معقـــد التركيب مؤلف من جزئين ، الاول مصلي plasma والثاني خلوي CelluLar ويتـــالف الجزء المصلي من

أ- السائل serum ويحتوي على املاح كالصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والفسفور اضافة لمواد عضوية كالبروتينات والدهنيات والنشويات .

ب- الفيبرينوجين ويكون خيوط الفيبرين المهمة في عملية تخثر الدم امـــا الجـــزء الخلوي فيشكل حوالي (45 %) من حجم الدم والذي يتكون من كريـــات الـــدم الحمراء والبيضاء والصفيحات الدموية ، تقوم هذه الخلايا بوظائف متعددة ابتـــداء من التغيرات الكيميائية في الخلايا الحية التي تؤمن الطاقة الضروريـــة للعمليـــات والنشاطات الحيوية والتي من خلالها يتم تمثيل المواد المتعـــددة للتعويـــض عـــن المندثر منها وانتهاءً بحماية الجسم من الضرر [9، 10، 11] .

(1 – 4 – 1) **كريات الدم البيضاء**

يحتوي الدم الطبيعي على (4000 – 10000) كرية دم بيضاء (Leukocytes) لكـــل ملليلتر من الدم . قطرها يتراوح بين (6 – 18) مايكروميتر ويمكن تصنيفـــها إلـــى خمسة انواع رئيسة [9، 12] .

أ. كريات الدم البيضاء اللمفاوية (Lymphocytes) تمتلك هـــذه الخلايـــا نـــواة مركزية كبيرة وتشبة كثيرا خلايا العقد اللمفاوية وتشكل نسبة (20 – 40) % من كريات الدم البيضاء .

ب. كريات الدم البيضاء المتعادلـــة (Neutrophiles) وهـــي الكريـــات القابلـــة للاصطباغ بالاصباغ المتعادلة ونسبتها (40 – 75 %) مـــن كريـــات الـــدم البيضاء .

ج. كريات الدم البيضاء الحامضية (Easinopnilles) والتي تمتاز بكونها سهلة الاصطباغ بالصبغة الحامضية (الايوسين) ونسبتها من (1 - 6 %) من كريات الدم البيضاء .

د. كريات الدم البيضاء القاعدية (Bas ophilles) تمتاز بكونها اليفة الاصباغ القاعدية ونسبتها اقل من 10 % من كريات الدم البيضاء .

هـ . كريات الدم البيضاء وحيدة النواة (Monocytes) ونسبتها تتراوح بين (2 – 10 %) من كريات الدم البيضاء .

تشكل هذه الكريات انفة الذكر خط الدفاع داخل الجسم ضد البكتريا التي يمكن ان تهاجمة ، تتراوح مدة بقائها من 24 ساعة إلى 3 ايام حيث تموت بعدها ليحل محلها خلايا جديدة متولدة من نخاع العظم والعقد اللمفاوية [12] .

(1 – 4 – 2) <u>الصفيحات الدموية</u>

تتكون الصفحيات الدموية (plateletes) من جزء نووي من بروتوبلازم الخلية وتمتلك اشكال مختلفة (مثلثية ، نجمية ، بيضوية ، ...الخ) يتراوح قطرها بين (2 – 4) مايكرو ميتر وهي في الاصل اجزاء صغيرة او نتف من المادة الاساسية الضخمة المتكونة في نخاع العظم والذي يطلق عليه الخلية النقية العرطلية (Megak aryocyte) ، تمتص الصفيحات الدموية بوساطة الطحال بعد ان تغادر النخاع [12] ، ويتم طرح الجديد منها عند حدوث نقص في عددها . تؤدي دور بالغ الاهمية في السيطرة على النزف الدموي وتجمع الخثرة ، اذ انها تعمل كسدادة لغلق التمزق من خلال تجمع هذه الخلايا في منطقة الاصابة وتتراوح فترة بنائها بين (8 – 10) ايام لتموت وتعوض بخلايا جديدة [10 – 12] .

(1 – 4 – 3) **كريات الدم الحمراء .**

توجد هذه الكريات Erythrocytes بشكل اقراص مقعرة الجانبين ، عديمة النواة ، لـذا لا يمكن اعتبارها خلايا متكاملة . يبلغ قطرها حوالي (8.4) مايكروميتر وسـمكها (4.2) مايكروميتر يتراوح عددها بين (5.2) و (4.2) مليون كرية لكل ميلـتر من دم الرجل والمراة على التوالي . تحتوي الكرية على 71 % مـاء ، (28 %) خضاب ، (7 %) شحوم (كالكلسترول والسيشين .... الـخ) و (3%) سـكريات واملاح وبروتينات انزيمية ومركبات مختلفة [12 - 13] .

يقدر عمر كرية الدم الحمراء بـ (120) يوما ويتاثر شكل وحجم كرية الدم الحمـواء بعامل العمر ، حيث وجد انها تتكمش وتفقد قسما من محتوياتها اثناء مدة فعاليتها فـي الدم ، وهناك علاقة بين عمر الكرية ونضوجها للخضاب وقلـة فعاليتـها فـي نقـل الاوكسجين ، ومن المؤشرات على كبر عمر كرية الدم الحمراء تكون الميثـلموغلوبين MetHb الذي هو عبارة عن خضاب مؤكسد بالكرية القديمة العمر ، كمـا يمكـن ان يعترى تكون الميثاموغلوبين إلى النواتج الاشعاعية التي تؤدي إلى تكوين بيروكسـيد الهيدوجين وهو عامل مؤكسد قوي يساعد في تكـون Met Hb . ان للكريـة حديثـة العمر انزيما فعالا فـي اختزال الميثـاموغلوبين (NADPH Met HB) . يعمـل الكلوتوثايون وهو افضل رابط غير بروتيني موجود في غشاء كرية الـدم الحمـراء على اختزال الميثاموغلوبين بوساطة الاتحاد مع بيروكسيد الهيدوجين حسب التفـاعل الاتي

$$2GSH + H_2O \longrightarrow GSSG + 2H_2O \qquad \dots (1-1)$$

وترتبط وظيفة كريات الدم الحمراء بمبادلة الغذاء من الخلايا حيـث تقـوم باكسـدة الخضاب في الرئة ثم اختزالة عند الانسجة [13] تحتوي كريات الدم الحمـراء علـى الخضاب وهو من المركبات الرئيسة التي تشكل اغلب مكونات كريات الدم الحمراء ، حيث يشكل الخضاب حوالي (99 %) من محتويات الكرية الداخلية ويختلف التركيز

الطبيعي للخضاب باختلاف الجنس ويبلغ (14 – 16) غرام (12 – 14) غرام لكل (100) مللتر من الدم الذكري والانثوي على التوالي . يحتوي الخضاب على الحديد بنسبة (0.35 %) من الخضاب الكلي [14 , 15] .

وبعد خضاب الدم من البروتينات الحاملة للاوكسجين حيث يوجد في كريات الدم الحمراء ، ويتكن من الارتباط بالاوكسجين بسبب احتوائه على مجموعة الهيم التي تعطية لونها الاحمر المميز . تتكون مجموعة الهيم من جزء عضوي مع ذرة حديد حيث يتالق الجزء العضوي المسمى (البروتوبورفيرين) من اربعة مجاميع بايرول التي ترتبط مع بعضها البعض بجسور من الميثان لتكوين الحلقة الرباعية البايرول . ترتبط ذرة الحديد في البروتوبورفيرين باربعة ذرات نتروجين في مركز بالحلقة وتتصل الحلقة السلاسل الطرفية الاتية :-

- اربعة مجاميع مثيل $-CH_3$
- مجموعتا فاينيل $-CH = CH_2$
- مجموعتا برويايوليت $-CH_2-CH_2-COOH$

(1 – 5) **مسارات دخول النويدات المشعة إلى الجسم :**

كل من القناة التنفسية والقناة الهضمية والجلد ممكن ان تكون طرقا ومسالك لدخول جسيمات اليورانيوم المنضب إلى داخل الجسم . ومن اكثر المسارات الشائعة هي [1 , 18] :-

١- الاستنشاق (Inhalation) :

تستنشق كمية من النيودات والجسيمات المشعة المحمولة بالهواء عن طريق الانف إلى المجرى الهوائي لأعلى الجهاز التنفسي ومنه إلى الرئة ، وتترسب في مناطق مختلفة منها . وتبقى العديد منها لسنوات طويلة .

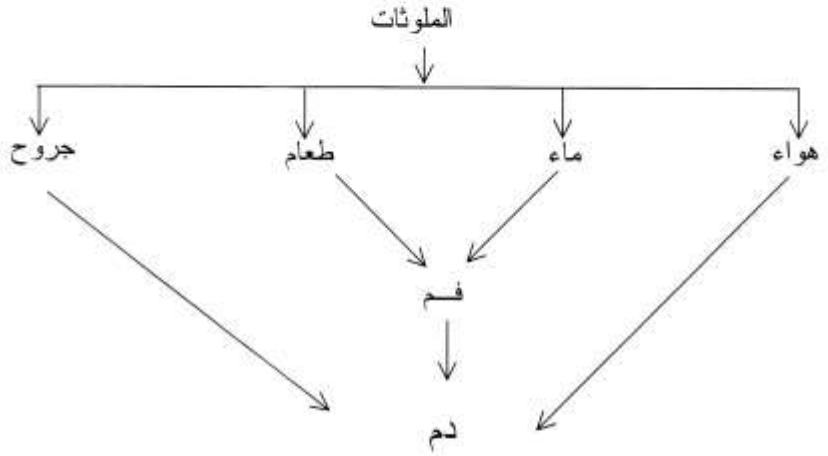
٢- الابتلاع (Ingestion) :

تدخل كمية من الجسيمات النووية المشعة إلى داخل القناة الهضمية عن طريق الابتلاع ، وذلك خلال تناول اطعمة او مياة ملوثة او تناول الطعام باليد الملوثة .

٣- الجلد (Skin) :

ممكن للثقوب او التشققات او غيرها من الجروح ان تهيا مسار الدخول النويدات المشعة المترسبة على الجلد ، وبعد دخولها عبر هذا المسار فان اجزاء من هذه النويدات المشعة يمكن ان تصل إلى الدم ، او تنتقل إلى الغدد اللمفاوية الموضعية وغيرها .

ينتقل اليورانيوم المنضب كما ينتقل أي ملوث اخر إلى الدم من خلال طرائق اربعـــة يمكن توضيحها بالمخطط (1 – 3)



شكل (1 – 3) يوضح طرائق انتقال اليورانيوم إلى الدم .

(1 – 6) التأثيرات الصحية لليورانيوم المنضب Health EFFects of Depleted Uranium

إنّ المخاطر التي تحصل من جراء التعرض إلى اليورانيوم المنضب ولفترات طويلة غير معروفة حتى الان بشكل كامل ، إلا ان الكثير من الشواهد تشير بشكل لا يقبل الشك إلى علاقته بالامراض والتشوهات الخلقية الغريبة التي ظهرت لدى المتعرضين لليورانيوم المنضب .

يستطيع اليورانيوم المنضب البقاء في الرئة عدة سنوات ليؤثر على كمية صغيرة من الخلايا تتحول إلى خلايا سرطانية بعد بضع سنين . كما يتركز في الكلى واذا كانت كمية اليورانيوم كبيرة نسبيا فقد تسبب العجز الكلوي لكن اية كمية منه تسبب سوطان الكلى . بعد استنشاق اليورانيوم المنضب او تمثلة في الجسم ينتقل إلى الاجزاء الاخرى عن طريق الدورة الدموية وبالتالي فانه يعرض الاعضاء الاخرى لمخاطر الاصابة بالسرطان ، ان التعرض او التماس مع ذخائر اليورانيوم المنضب وخاصة بالنسبة للاطفال يسبب النتائج الاتية [7] :

١- تشوهات خلقية واسقاط الجنين سببها خلل جيني وهذه عثر عليها لدى الحيوانات ايضا .
٢- الليوكيميا وفقر الدم الناتج عن عدم تكون كريات الدم الحمراء واورام خبيثة.
٣- مجموعة أعراض متزامنه غير معروفة حتى الان سببها اختلال وظائف الكلى والكبد .
٤- ظهور أعراض متزامنه تشبه أعراض مرض نقص المناعة المكتسب .
٥- الظهور المتكرر وبشكل واسع لداء القوباء الجلدي (Hemangioma) ومرض القوباء المنطقية خاصة لدى الاطفال .
٦- زيادة مهمة في الامراض المعدية سببها ضعف المناعة بشكل حاد .

ان الاعراض التي يشكو منها المتعرضون لليورانيوم المنضب عديدة للغاية من بينها تلف الاعضاء ، التعب الشديد ، فقدان التوازن ، الام الحنجرة ، السعال ، الطفح الجلدي ، التعرق الليلي ، الغثيان ، التقيؤ ، الاسهال ، الدوار ، الصداع ، فقدان الذاكرة ، الارتباك والتشوش ، مشاكل الابصار ، نوبات التشنج العضلي والام الاسنان [7] ، ظهرت هذه الاعراض لدى الجنود الامريكان كما ظهرت لدى جنود وسكان المنطقة الجنوبية للعراق ، فقد تم الاستغناء عن خدمات اكثر من ثمانين الف من الامريكان كانوا يشكون من تلك الاعراض ومن مجموع الحالات الحرجة البالغ (5000) مصاب ، مات منهم (2400) [7] .

(1 – 7) التاثيرات البيولوجية للاشعاع .

تتبدد طاقة الاشعة عند مرورها خلال كائن حي بنفس طريقة مرورها من اية مادة اخرى ، اما تاين او اثارة ذرات او جزئيات المادة في النظام البيولوجي ، ويسبب التاين ضررا مباشرا بتحطيمة للاواصر الكيميائية في الخلية [19] .

يعتمد مدى الضرر البيولوجي الحقيقي على عدة عوامل ، منها نوع وطاقة الاشعاع ، والعمر ونوع العضو في الجسم ، والجنس وعلى الحالة الصحية للشخص .

(1 – 7 – 1) تاثيرات الاشعاع على الخلية الحية .

الخلية هي الوحدة البنائية الاساسية في اجسام الكائنات الحية وان تاثير الاشعاع على الكائنات الحية هو ناتج من الضرر الذي يلحقه بخلايا الجسم .

يبدا التاثير عندما تتفاعل طاقة الاشعاع مع الانسجة والخلايا منذ البداية ، حيث ان للاشعة والجسيمات المشحونة قابلية اختراق بروتوبلازم الخلية والتفاعل على مستوى الذرات لانتاج ازواج من الايونات والتي بدورها تتفاعل (كيميائيا – ذريا) مع الماء

2 – 5 – 3 المصادر النيوترونية النظائرية Isotopic Neutron Sources

تعد المصادر النترونية النظائرية من أكثر المصادر التي يمكن إستخدامها في المختبرات النووية .

تمتاز هذه المصادر بصغر حجمها وسهولة نقلها وإستعمالها ويتم الحد من المخاطر الصحية عند تصنيعها ، ولا تحتاج إلى تكاليف صيانة أو فولطية تشغيل وهي من أسهل انواع المصادر النترونية فهي خليط من مواد مشعة مناسبة مع عناصر خفيفة مثل البريليوم أو البورون وتتولد النترونات من العمليات (γ, n) أو (α , n) [39]. أما عيوب هذه المصادر فيتمثل بوطاءتي فيضها النتروني مقارنة مع المفاعلات النووية .

هناك نوع آخر من المصادر النترونية النظائرية تتكون من مسحوق العناصر الثقيلة التي تبعث النترونات بطريقة الأنشطار التلقائي لجزء من المسحوق [63] .

وفيما يأتي بعض أنواع المصادر النترونية النظائرية :-

أولا : مصادر تفاعل (α , n) :- Interaction Sources (Aloha – neutron)

تتكون هذه المصادر من مزيج من مادتين الأولى ذات نوى خفيفة مثل ($^{9}_{4}Be$) والاخرى من نوى ثقيلة باعثة لجسيمات الفا والجدول يوضح ذلك [64]

جدول (2 – 1) يوضح مصادر (α , n) [64]

Nuclide	Target	Half-life	Neutron Flux n/cm^2. Sec
^{227}Ac	Be	21.8 years	$1.5 * 10^7$
^{226}Ra	Be	1602 years	$1.3 * 10^7$
^{228}Th	Be	1.9 years	$2 * 10^7$
^{238}Pu	Be	87.7 years	$2.2 * 10^6$
^{241}Am	Be	458 years	$2.2 * 10^6$
^{242}Cm	Be	16.3 days	$2.5 * 10^6$

ومن مصادر التفاعل (α , n) المستعملة بصورة واسعة هو مصدر ^{241}Am - Be الذي يولد نيوترونات على وفق التفاعل التالي

$$_{4}^{9}Be + _{2}^{4}He + [_{6}^{13}C]^{*} \rightarrow _{6}^{12}C + _{0}^{1}n + 5.7\ Mev \quad \ldots\ldots (15\text{-}2)$$

(1 - 7 – 2) **تصنيف امراض الاشعاع**

يمكن تقسيم الاثار التي تتركها الاشعاعات على الكائن الحي إلى مجموعتين رئيسيتين ، تضم المجموعة الاولى الاثار التي تظهر فورا او بعد التعرض بوقت قصير وندعى بالاثار الحادة (Acute EFFects) . اما المجموعة الثانية فانها تضم تلك الاثار التي يمكن أن تظهر بعد فترات طويلة قد تمتد إلى سنوات كثيرة ، تسمى هذه المجموعة بالاثار اللاحقة او المتاخرة (Delayed EFFects) [21] والجدول (1 - 3) يبين ذلك [19] .

جدول (1 - 3) يبين امراض الاشعاع ، اعراضها واسبابها [19]

المرض وأعراضه		الاسباب
الآثار الحادة	فقر الدم	نقص كريات الدم الحمراء
	النزف	نقص الاقراص الدموية
	فقدان المناعة ضد البكتريا	نقص كريات الدم البيضاء
	تدهور الصحة وفقدان الوزن	نقص في الخلايا المبطنة للامعاء وتلف الجلد
	العقم	الموت الانقسامي للخلية الذكرية والبيضة الانثوية
	الموت	نقص كريات الدم وتلف الجهاز العصبي المركزي
الآثار المتأخرة	الطفرات الجينية	ضرر كيمياوي للحوامض النووية
	الأضرار بالجنين	التشعيع في مرحلة تكون اعضاء الجنين
	حدوث السرطان	الطفرات في الخلايا الجسدية
	فقدان البصر	الاشعاعات تسبب اعتام عدسة العين

بالنسبة للطفرات الجينية Mutation Gene وتكسر الكروموسومات ، فان الجينات (Genes) مسؤولة عن نقل الصفاة الوراثية . وتتجمع على شكل مجمعات منظمة

تسمى الكروموسومات (Chromosomes) ، وإن شريط الكروموسوم الواحد يحتوي على ($3*10^9$) من جزئيات DNA .

وعند تأين أو تهيج إحدى الذرات في جزئية من جزئيات الـ DNA الموجودة في النواة سوف يؤدي إلى تلف قد يصيب إحدى الجينات التي تحمل إحدى الصفات الوراثية وبالتالي لن تنتقل المعلومات إلى الجيل الاخر . وهناك نوع اخر من التلف الذي يمكن أن يصيب الجينات عندما تسبب الإشعاعات قطع الكروموسومات .

كما أن تغير عدد الكروموسومات مثل الزيادة أو النقصان يمكن أن يسبب حالات تشوة سيئة جدا مثل البلاهه والتخلف العقلي والتشوهات الخلقية .

أما بالنسبة للسرطان (Cancer) فإنه بعد التأثير الجسماني السائد للاشعاع المؤين الذي يظهر متاخرا [20] .

يمكن تعريف السرطان على أنه نوع من الإضطراب في السيطرة على عملية انقسام الخلايا ينتج عنها تكاثر الخلايا بصورة غير مسيطر عليها من قبل الجسم [19] .

وعموما هي ناتجة عن أحداث تغيرات تطرأ على نواة الخلية نتيجة تأثير الإشعاع على الجهاز الكروموسومي للخلايا ، حيث يؤدي ذلك إلى تغير في عدد الكروموسومات ، وفي طبيعة هذه الكروموسومات ، ومن أنواع السرطانات التي تصيب الجسم هي (سرطان العظام واللوكيميا ، وسرطان الغدة الدرقية ، وسرطان الرئة ، وسرطان الجلد وسرطان الدماغ ، وسرطان الثدي وغيرها) .

بخصوص اللوكيميا (Leukemia) او (ابيضاض الدم) [22] فإنها من الافات التي يعتقد أن الإشعاعات تكون سبباً فيها وينشا هذا المرض من النسيج الرابط للعظم . ومن نتائج هذا المرض زيادة مفرطة في عدد كريات الدم البيضاء ويصيب الاطفال اكثر من بقية الفئات العمرية .

(1 – 8) **الدراسات السابقة**

لقد تعددت الدراسات التي أجريت لايجاد تركيز اليورانيوم في جسم الانسان ، ومن هذه الدراسات :-

- الدراسة التي أجراها الباحث (1943) HOFFMAN باستخدامه تقنية التألق ، لتعين تركيز اليورانيوم في الدم الطبيعي وكان بحدود (0.1ppm) [23].
- الدراسة التي أجراها الباحث (1967) A.George وكان تركيز اليورانيوم في العظام والنسيج هو (0.12ppb) [24] .
- الدراسة التي أجراها الباحث (1968) M. Picer et . al. وكان تركيز اليورانيوم في الدم البشري ($5 * 10^{-10}$ g / Ml) وفي العظام (0.4 ppb) [26]
- الدراسة التي أجراها الباحث (1970) T . Nozaki وكان تركيز اليورانيوم في العظام ما بين (0.1ppb إلى 10ppb) [25] .
- الدراسة التي أجراها الباحث (1970) E . I . Hamilton والتي كانت نتائجها تتراوح بين ppb (0.25-1.41) والتي أستخدم فيها تقنية الكشف عن النيوترونات المتأخرة (Delayed Neutrons) [27] .
- الدراسة التي قام بها الباحثان (1970) (B . S carpenter and C . H . cheek) والتي أستخدم فيها تقنية عد شظايا الانشطار وكاشف اللكسان لايجاد تراكيز اليورانيوم في كامل الدم وبلازما الدم فكان معدل التركيز في كامل الدم حوال (5.6 ppb + 86.1) . اما في البلازما فكان التركيز حوالي (60.5 + 12ppb) [28] .
- الدراسة التي أجراها (1972) E . I . Hamilton واستخدمت فيها تقنية التحليل بالتنشيط النيوتروني وكانت تراكيز اليورانيوم في النسيج ما بين

(0.16ppb) إلى (0.60ppb) وفي العظام (6.94ppb) أما في الدم فقد كان (0.84ppb) [29]

- دراسة (1979) S . L . Koul & L . T chadderton التي استخدم فيها كاشف اللكسان ، وتم في هذه الدراسة ايجاد تراكيز اليورانيوم في كامل الدم وبلازما الدم لاشخاص أصحاء وأشخاص مصابين بالليوكيميا (سرطان الدم) . فكان التركيز للاصحاء في كامل الدم ppb (0.35-0.6) وفي بلازما الدم ppb (0.11 – 0.82) وكذلك تم تحديد تراكيز اليورانيوم في مرضى مصابين باللوكيميا وكان في كامل الدم بحدود ppb (1.5 – 8.7) وفي بلازما الدم بحدود ppb (12 – 180) . [30]
- دراسة (1980) . R . P arshad . et . al حيث وجد ان معدل تركيز اليورانيوم في دم الانسان الطبيعي بحدود ($14.2 + 3.5*10^{-10}$g/ml) وذلك بإستخدام كاشف اللكسان [31] .
- الدراسة (1984) M . Romero . et . al التي استخدم فيها كاشفي Mica والـ poly carbnate ووجد تركيز اليورانيوم بكامل الدم يتراوح بين (0.4ppb-1.4ppb) وفي بلازما الدم يتراوح بين (0.96ppb – 1.4ppb) [32] .
- دراسة (1985) . Y . Igrashi et . al لتراكيز اليورانيوم الطبيعي في نماذج أنسجة وعظام بشرية متمثلة بـ (رئة Lung كبد liver ، كلية Kidney ، عضلات Muscle ، طحال Spleen ، قلب Heart ، العظام Bones) وكانت التراكيز من (0.15 ppb) إلى (1.7 ppb) [33] .
- الدراسة التي قام بها (1986) . K . Das et . al في الدم البشري التي استخدم فيها كاشف اللكسان تراوحت فيها التراكيز بين ($0.33*10^{-10}$+0.023g/ml – $0.74*10^{-10}$+0.34g/ml) [34] .

- دراسة (1986) N . Segovia التي أجريت على دم فئات مختلفة من المجتمع (اصحاء ، ومتعرضين للإشعاع ومصابين بمرض الليوكيميا) حيث كانت بحدود (0.91 ppb) في كامل الدم ، و (0.98 ppb) في بلازما الدم . وبالنسبة للاشخاص العاملين في مجال الإشعاع فكان معدل تركيز اليورانيوم في كامل الدم بحدود (0.98 ppb) و (1.04 ppb) في بلازما الدم . أما للأشخاص المصابين بالليوكيميا فكان معدل تركيز اليورانيوم بحدود (1.71ppb) في كامل الدم وبحدود (1.79 ppb) في بلازما الدم [35] .
- دراسة (2001) مرتضى فائز سلطان التي إستخدم فيها كاشف CR - 39 لايجاد تراكيز اليورانيوم المنضب في عينات مصابة باللوكيميا وكانت التراكيز تتراوح بين (0.066 ppm – 0.202 ppm) [36] .
- دراسة (2001) بشرى جودة حسين لتراكيز اليورانيوم المنضب في أنسجة بشرية مختلفة باستخدام كاشف CR - 39 حيث كانت التراكيز تتراوح بين (0.11 ppm – 1.94 ppm) [37] .
- دراسة (2003) محمد هوبي ابراهيم لتراكيز اليورانيوم المنضب في عينات بشرية مصابة حيث كانت التراكيز تتراوح بين (0.031ppm – 0.060ppm) وبمعدل تركيز مقداره (0.044ppm) [38]

(1 – 9) **الهدف من البحث** :-

الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في نماذج بايولوجية متمثلة بالأنسجة (Tissue) ودم (Blood) لنساء حوامل يعانين من اجهاض وولادات مشوهة . وتم اختيار نماذج الدم كونها تعطي تصور واضح عن مدى انتشار اليورانيوم المنضب في بقية انحاء الجسم واستقراره فيه . واخذت النماذج من محافظة البصرة لانها اكثر المحافظات قربا لساحة العمليات ووجود مخلفات الحرب من اسلحة ثقيلة مدمرة ومتروكة لحد الان قرب دور السكن للمواطنين . واثر ذلك على هذه التشوهات الخلقية والاسقاطات المتكررة جراء هذه المواد المشعة على البيئة والانسان

تم أستخدام تقنية عد آثار شظايا الانشطار على كاشف اللكسان Lexan ومن الجدير بالذكر أن إستخدام كاشف اللكسان والنيوتروتات السريعة في نماذج بايولوجية (انسجة + الدم) يجري لاول مرة في القطر على وفق علم الباحث .

جدول (2 – 3) يبين العلاقة بين تكوين الاثار والمقاومة النوعية للمادة [81]

	Material المادة	Resitivity (ohmicm) المقاومة النوعية
يتكون أثر Track Formeed	سيليكات silicates زجاجيات Glasses بوليمرات Polymers	من 10^{8} إلى 10^{22}
	مولبدينيت Molybdenite	من $3 * 10^{5}$ إلى $25 * 10^{5}$
	زجاج V_2O_5 Glass	من $2 * 10^{5}$ إلى $2 * 10^{6}$
لا يتكون أثر NO Track Formeed	سيليكون SILICON جرمانيوم Germanium تنجستين Tungesten خارصين Zinc	من $1 * 10^{3}$ إلى $2 * 10^{5}$
	نحاس Copper المنيوم Aluminium ذهب Gold	من 10^{-4} إلى 10^{-2}

(2 – 8) تصنيف كواشف الأثر النووي للحالة الصلبة :-

(2 – 8 – 1) الكواشف غير العضوية : Inorganic Detectors

وهي الكواشف التي لا يدخل في تركيب مادتها عنصر الكاربون والهيدروجين ، وتكون الروابط بين ذرات جزئياتها ايونية ، مثل الزجاجيات ، السليكات ، هاليدات الاكليل [82].

(2 – 8 – 2) الكواشف العضوية : Organic Detectors

وهي الكواشف التي يدخل الكاربون والهيدروجين في تركيب مادتها ، مثل اللدائن (المواد البلاستيكية بكل انواعها (اللكسان و الماكروفيل) ونترات السليلوز بكل انواعه (CA – 80 – 15 و CN - 85 و LR – 115) وكاشف PM – 355 و CR - 39 , وغيرها [72].

تعد الكواشف العضوية أكثر تحسسا من الكواشف غير العضوية ، يبين الجـــدول (2 – 4) حساسية بعض الكواشف العضوية للايونات الثقيلة والخفيفة على عكس الكواشف غير العضوية التي تتحسس الايونات الثقيلة فقط [76].

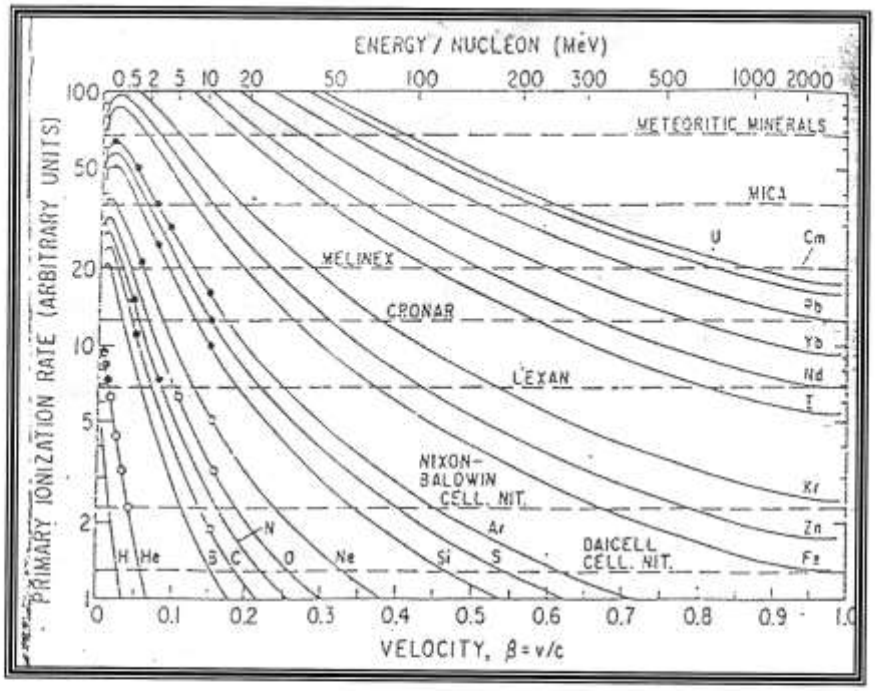
جدول (2 – 4) أنواع الكواشف والجسيمات المؤينة وطاقاتها التي يمكن تحسسها [76].

	الكاشف	التركيب الجزيئي	الايون وطاقته الممكن تسجيلها
كواشف الأثر غير العضوية Inorganic Detectors	الزبرجد olivine	$Mg\ Fe\ Sio_4$	100 Mev ^{56}Fe
	سيليكات البوتاسيوم والالمنيوم oliyoclase	$Na_4\ Ca\ AL_6\ Si_{14}\ O_{40}$	4Mev ^{28}Si
	الكوارتز Quarts	Sio_2	100 Mev ^{40}Ar
	السيليكا Sillica Glass	Sio_2	16 Mev ^{40}Ar
	الزجاج العادي sodalime Glass	$23\ Sio_2 : 5\ Na_2 o; 5Cao : AL_2O_3$	20 Mev ^{20}Ne
	المايكا Mu SCOVite Mica	$Kal_3\ Si_3O_{10}\ (OH)_2$	2Mev ^{20}Ne
كواشف الأثر العضوية organic Detectors	البولبثيلين	$= CH_2$	شظايا الأنشطار Fission Fregments
	بلكسكلاس Plexiglass	$C_2\ H_8O_2$	3Mev ^4He
	اللكسان والماكروفيل Laxan , Makrofel	$C_{16}\ H_{14}O_3$	0.3Mev ^4He
	نترات السيليلوز Cellulose Nitrate	$C_6H_8O_9N_2$	0.55Mev ^2H

(2 – 9) طاقة العتبة للأثر Track Threshold Energy

يمكن تعريف طاقة العتبة للأثر على أنها أقل طاقة تأين إبتدائية Primary Ionization لازمة لإحداث أثر قابل للقشط الكيميائي [82].

تختلف طاقة العتبة اللازمة لاحداث تلف Damage في مادة الكاشف باختلاف الجسيمات المؤينة الساقطة واختلاف الكواشف [83] يبين الشكل (2 – 4) منحنيات التلف الإشعاعي الذي تسببه الايونات المختلفة كدالة إلى سرعتها ، وتحدد طاقة العتبة للكاشف عند التقاء الخطوط المنقطة بالمنحنيات المميزة للجسيمات المؤينة [84].



شكل (2 – 4) تغير معدل التأين الابتدائي (دالة التلف الاشعاعي) بتغير السرعة النسبية أو الطاقة النوعية للجسيمات الساقطة والخط المنقط الافقي يمثل حد العتبة [84].

إن عتبة كثافة الضرر لجميع كواشف الأثر تكون أعلى من الطاقة النوعية المفقودة للالكترونات لذا فهي غير حساسة للاكترونات السريعة وأشعة كاما . بالاضافة إلى ذلك فإن معظم كواشف الأثر النووي لا تستجب للجسيمات المشحونة الخفيفة مثل البروتونات والديوترونات وبالتالي فهي غير حساسة للبروتونات المرتدة نتيجة تفاعل النيوترونات السريعة مع مادة الكاشف ويعود السبب في ذلك إلى كونها ذات عتبات كشف عالية [84].

(2-10) خصائص كواشف الأثر النووية للحالة الصلبة (Properties Of Solid State Nuclear Track Detectors) (SSNTDS)

إن الكواشف للأثر النووي تمتاز بخواص فريدة ونادرة ونظرا لما تمتلكة من مرونة وكفاءة عاليتين فقد حلت محل الأنواع الاخرى من الكواشف في كثير من المجالات انها تمتاز بمواصفات عديدة هي : -

١- رخيصة التكلفة ، سهلة الاستخدام لا تتطلب اجهزة ألكترونية [72].

٢ - بعد تعرضها للاشعاع تصبح غير مترابطة المقطع بسبب تكسر الأواصر الكيميائية [85].

٣ - تقيس مستويات واطئة من الاشعاع النووي عن طريق تجميع الاثار لفترات زمنية طويلة [86].

٤ - غير حساسة لأشعة كاما وبيتا والنيوترونات [87 ، 72] .

٥ - لها القدرة على الاحتفاظ بتسجيلها بعد انهاء القراءة [88] .

٦ - لا تتأثر بالضوء أو بدرجات الحرارة المعتدلة أو الرطوبة [82] .

٧ - يمكن اظهار الاثار المستترة المسلجة عليها بعمليات القشط الكيميائي [89] .

بالاضافة إلى ذلك تمتاز الكواشف البوليمرية بالخصائص التالية :-

١ - حساسيتها العالية للاشعاع [90].

٢ - ذات شفافية بصرية عالية [80].

٣ - عالية التناظر والتجانس [91].

٤ - لا تذوب في محاليل القشط الكيميائية ، حيث تعمل محاليل القشط على تحلل السلسلة البوليمرية من خلال تقليل سمكها بعملية القشط [92].

(2 – 11) مراحل تكون الضرر في المواد الصلبة العازلة
Stages Of damage Formation in an in sulator Solid materials

عند سقوط جسيمة مشحونة على مادة صلبة عازلة فان هناك خمسة مراحل متعاقبة [82] يمكن حدوثها لتكوين الضرر :-

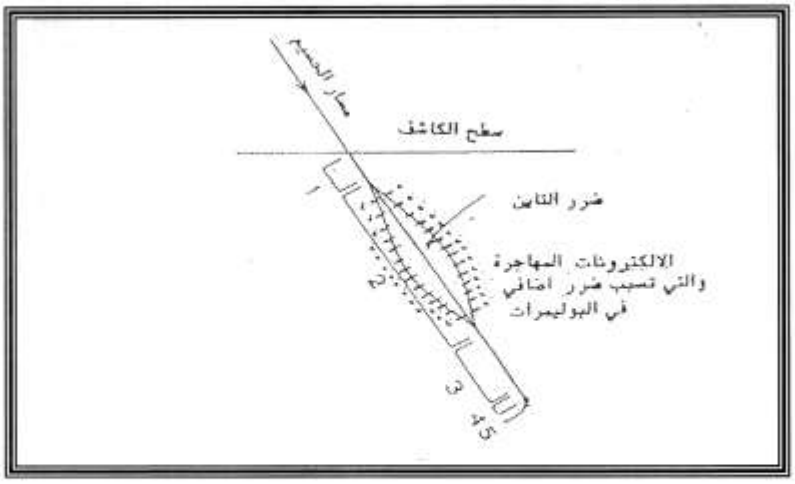
١- مرحلة إنتزاع الألكترونات من الجسيمة الساقطة نتيجة لتفاعلها مع ذرات المادة الصلبة وقد لا ينتج هذا التفاعل ضرر بكثافة لتكوين أثر قابل للقشط .

٢- المنطقة التي يتحرك فيها الجسيم بسرعة كبيرة جدا ليترك أثر قابل للقشط والملاحظة وتظهر هذه المنطقة عند الطاقات العالية للايون .

٣- المنطقة الاساسية للضرر القابل للقشط وتنتهي هذه المنطقة عندما يبدا الجسيم باكتساب الألكترونات ويتباطا إلى الحد الذي لا يتمكن بعده من احداث الضرر بشكل كافي .

٤- المرحلة التي يستمر خلالها الجسيم باختراق المادة الصلبة ولكنه يصبح غير قادر على تكوين أثر واضح .

٥- المرحلة التي يكتسب فيها الجسيم كل الألكترونات التي فقدها في المرحلة الأولى ويصبح في وضع الاستقرار ، والشكل (2 – 5) يمثل المراحل الخمسة التي يمر بها الجسيم الساقط [82].

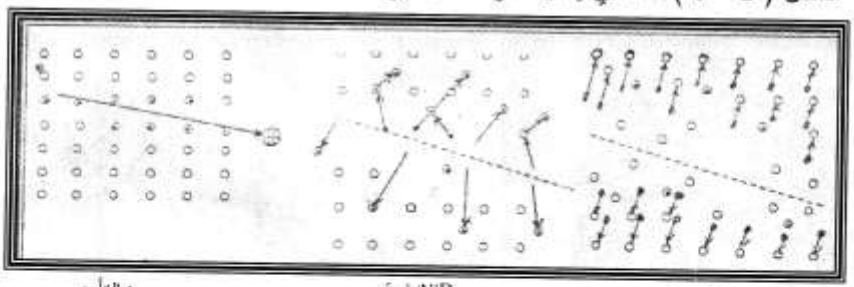


شكل (2 – 5) يبين المراحل المختلفة لتكون أثر الجسيم المشحون في مادة الكاشف[82]

ليس من الضروري ظهور جميع المراحل السابقة فالمرحلة (الثانية) تظهر فقط في حالة دخول الجسيمات إلى المادة الصلبة بطاقة عالية جداً ، كما ان المرحلة (الرابعة) والتي تسمى بمرحلة قصور المدى range deficit لا يمكن ملاحظتها عند اندماج منطقة الضرر الاساسة مع المرحلة (الخامسة) .

(2 – 12) ميكانيكية تكون الأثر المستتر في المواد الصلبة العازلة :-

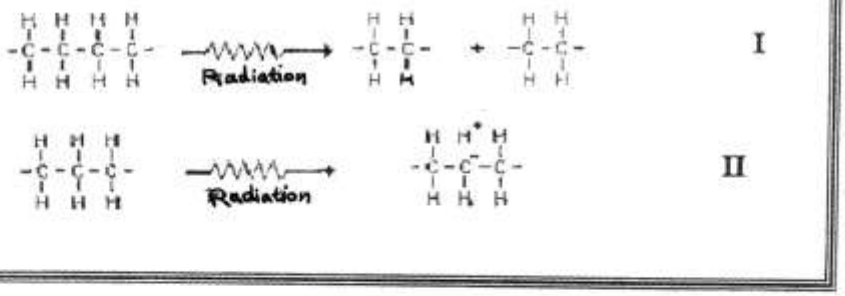
هناك العديد من الاثباتات العلمية [76] التي تشير بان هناك اثنين من الميكانيكيات التي يمكن قبولها في تفسير تكون الأثر المستتر في المواد الصلبة العازلة احداهما في المواد غير العضوية مثل البلورات والزجاج والاخرى للمواد العضوية مثل البوليمرات . ففي حالة المواد الصلبة غير العضوية (Inorganic) فإنّ نموذج وخزة الانفجار الايوني Ion Explosin Spike الذي أقترحه العالم (Fleischer et al , 1965) [81] حقق نجاحا كبيرا في تفسير تكون الأثر المستتر . ووفقا لهذا النموذج فان مرور الجسيمات المشحونة الثقيلة خلال المادة الصلبة العازلة ينشا عنه ظهور عدد هائل من التاينات الابتدائية التي تولد ايونات موجبة الشحنة على طول مسار تلك الجسيمات ، كما في الشكل (2 - 6) A تنشأ بين الايونات المتولدة قوة تنافر كولومية شديدة فتبتعد عن بعضها وتحتل مواقع خلالية شكل (2 – 6) B ومن ثم تحصل عملية استرخاء (Relaxation) بصورة مرنة نتيجة لانتشار الاجهاد على نحو واسع حول مسار الجسيمة المشحونة الشكل (2 – 6) C الذي يمثل المرحلة الأخيرة .



شكل (2 – 6) خطوات تكون الأثر حسب نموذج وفرة الانفجار الايوني [76]

أما في المواد العضوية organic فان مرور الجسيمات المشحونة الثقيلة خلالها يسبب تكسر السلاسل البوليمرية على طول مسارهاوينشأ عن ذلك سلاسل بوليمرية صغيرة ذات نهايات فعالة وجذور حرة Free radicals كما في الشكل (2 – 7) ويعتمد عدد الانحلالات في السلسلة البوليمرية على كمية الطاقة المفقودة من قبل الجسيمات الساقطة [93].

إن تكون الجذور الحرة يكون اما بكسر آصرة c – c أو آصرة c – H وكما يأتي



إن طاقة آصرة c – H اكبر من طاقة آصرة (c – c) لذلك فإن التفاعل II يحدث بمعدل أقل لأن الرابطة (c – H) أكثر ثباتا من الرابطة c – c [76].

ففي التفاعل I يتم كسر رابطة (c – c) وفي التفاعل الثاني يتم كسر رابطة (c – H) .

ونادرا ما تعود الجذور الحرة للالتحام بسبب وجود الأوكسجين لان الأوكسجين يميل إلى الاتحاد مع الايونات والجذور الحرة مانعا اعادة اتحادها (Recambina tion) ويمكن تمثيل ذلك بالتفاعل [82].

$$R-H \xrightarrow{Radiation} R^{*} + H$$

$$R^{*} + O_2 \longrightarrow ROO^{*}$$

$$ROO^{*} + RH \longrightarrow ROOH + R^{*}$$

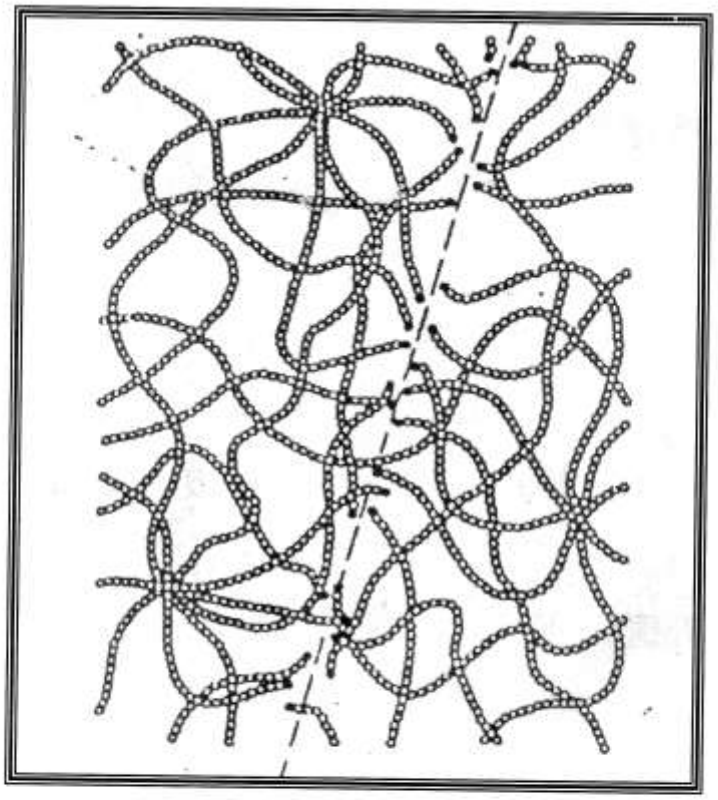
حيث ان R تمثل أي بوليمر .

يتكون الأثر المستتر المتولد في البوليمرات من ثلاث مناطق رئيسية [94] موضحة بالشكل (2 – 8) وهذه المناطق هي :-

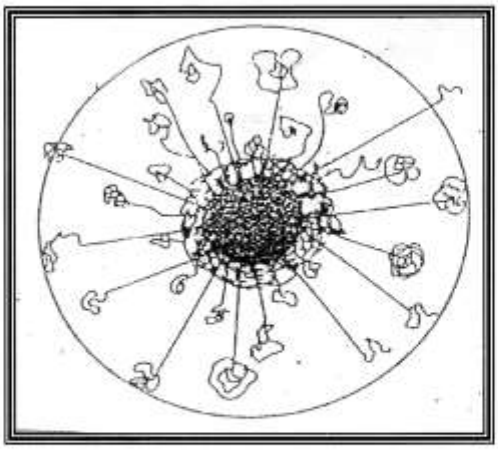
١- مركز الأثر : (Track core) ويتمثل بالدائرة الداخلية الداكنة وهو ذا قطر (10nm) .

٢- هالة الأثر : (Track Halo) ويتمثل بالدائرة الخارجية وهي قطر يتراوح بين (100 nm) إلى (1000 nm) .

٣- الغلاف ذو القشط التمييزي (Apreferential Etching Sheath) ويقع بين مركز الأثر وهالة الأثر ، وهو بقطر يتراوح بين (10 nm) (100nm) .



شكل (2 – 7) يوضح تكون الجذور الحرة في البوليمرات [94]



شكل (2 – 8) يبين المناطق التي يتكون منها الأثر المستتر [94]

في البوليمرات بالاضافة إلى الالية الكيميائية التي يتكون بها الأثر المستتر في المواد العضوية فان هناك ايضا نموذج مقبول بشكل كبير [95] يوضح الكيفية التي يتكون بها الأثر المستتر في مختلف كواشف الأثر البوليمرية وهو نموذج الطاقة المقيدة المفقودة (REL) الذي اقترحة العالم (Benton et al , 1967) [96] وطبقا لهذا النموذج فان الجسيمة الساقطة تؤين الوسط البوليمري ويتولد عن ذلك الكترونات ذات طاقة وتسمى بأشعة (δ -ray) والتي تساهم في تكوين الأثر المستتر إذا كانت تمتلك طاقة أقل من القيمة المحددة (Wo) والقيمة (Wo) تمثل أعلى حد للطاقة يمكن ان يساهم في تكوين الأثر .

وبذلك يمكن تعريف الطاقة المقيدة المفقودة (REL) على انها معدل الطاقة المفقودة على طول الأثر والتي تعتمد على إنتاج أشعة دلتا ذات الطاقة الاقل من القيمة (W_O) [82].

ويمكن تمثيلها بالمعادلة الاتية :-

$$REL = \left(-dE / dx \right)_{w<wo} =$$

$$= n_o e^4 Z^2_{eff} / 8\pi \epsilon^2_0 m_0 c^2 B^2 \quad [Ln (W_{max} . W_0 / I^2) - B^2 - \delta - \upsilon] \quad \ldots (2 - 27)$$

حيث $m_0c^2 = 0.511Mev$ تمثل الطاقة السكونية للالكترون .

υ , δ : عوامل تصحيح و Z_{eff} : الشحنة الفعالة

Wmax : تمثل الطاقة المنتقلة القصوى والتي تعطى بالمعادلة [97]

$$W_{max} = [2B^2 / (1 - B^2)]. m_0c^2 \quad \ldots (2-28)$$

اما أعلى قيمة إلى Wo هو (350ev) [76].

2 – 13 **القشط الكيميائي Chemical Etching**

ان مرور الجسميات المؤينة خلال المواد العازلة يعمل على تكوين مسارات من التلف بحدود A° (30 – 100) [98 , 91] تسمى بالآثار المستترة ويمكن ملاحظة الاثار المستترة تلك باستخدام المجهر الالكتروني النافذ (TME) [74] وبقوة تكبير عالية جدا ولكن طريقة الملاحظة تلك غير مناسبة لاسباب عدة منها ان المجهر الالكتروني يتطلب ان تكون العينات المراد ملاحظتها على شكل شرائح رقيقة جدا مما يجعل هذه التقنية غير ممكنة للابحاث العلمية ، كما ان الاثار المستترة ليست مستقرة تماما عند ملاحظتها بالمجهر الالكتروني النافذ [99] ولذلك استخدمت تقنية القشط الكيميائي (Chemical Etching Tech) على نطاق واسع لتكبير الاثار المستترة حيث يمكن عندئذ ملاحظتها تحت المجهر الضوئي (Optical Microscope) لان حجمها يكون قد كبر بمقدار 10^8 مرة بقدر حجمها الاصلي [100]، تستخدم في هذه التقنية محاليل كيميائية تسمى بالقواشط (Etchants) تعمل على تحلل مناطق الضرر في الكاشف بمعدل أكثر بكثير من المناطق التي لم تتعرض للضرر ، أي ان المناطق غير المتضررة تتفاعل مع المحلول القاشط بسرعة اقل من المناطق المتضررة . والشكل (2 – 9) يبين تاثير محلول القشط على منطقة متضررة [101]

تختلف المحاليل الكيميائية المستخدمة في عملية القشط باختلاف نوع الكاشف من حيث كونه عضوي أو غير عضوي . ففي الكواشف العضوية غالبا ما تستخدم هيدروكسيدات فلزات المعادن القلوية [102 , 76 , 72] مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وهيدروكسيد الليثيوم (LiOH) وهيدروكسيد البوتاسيوم اما في الكواشف غير العضوية فغالبا ما تستخدم محاليل حامضية مثل المحلول المائي لحامض الهيدروفلوريك HF [76 , 72].

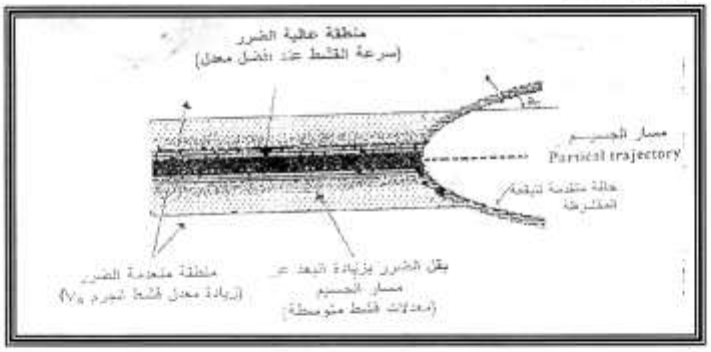
تتأثر عملية القشط الكيميائي بعدد من العوامل اهمها [103] :

١- نوع وتركيب المحلول القاشط .

٢- تركيز المحلول القاشط .

٣- درجة حرارة المحلول القاشط .

٤- زمن القشط .



شكل (2 – 9) يبين تأثير محلول القشط على منطقة متضررة [104]

(14 – 2) **هندسة الأثر Track Geometry**

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على الشكل الهندسي للأثر المقشوط فانه ولكي تظهر الاثار يجب ان يكون معدل القشط على طول الأثر V_T اكبر من معدل قشط سطح الكاشف V_B هذا بالنسبة للسقوط العمودي . اما عند السقوط المائل كذلك يجب ان تكون المركبة العمودية لـ V_T اكبر من V_B . ويبين الشكل (2 – 10) هندسة الأثر المقشوط لجسيمة ساقطة عموديا على سطح الكاشف بافتراض ثبوت V_T وتناظر معدل قشط السطح V_B [104].

ومن الشكل يمكن تحديد ثلاث من العوامل المتعلقة بـ V_B و V_T وهي طول الأثر المقشوط والذي يعطي بالعلاقة :-

$$L = (V_T - V_B) . t \qquad \ldots . (2 - 29)$$

وكذلك قطر الأثر والذي يعطى بالعلاقة

$$D = 2V_B t \, (V_T - V_B / V_T + V_B)^{1/2} \qquad \ldots . (2 - 30)$$

اما العامل الثالث فهو سمك الطبقة المزالة وتعطى بالعلاقة :

$$h = V_B \cdot t \quad \ldots . (2 - 31)$$

حيث t = هو زمن القشط ، فإذ كانت $V_B = V_T$ فان $L = D = 0$ ويبين الشكل (2 – 11) هندسة أثر مقشوط لجسيمة ساقطة بزأوية مائلة قدرها (Φ) ومن اجل ظهور الأثر في هذه الحالة فانه يجب ان تكون المركبة العمودية لـ V_T اكبر من معدل القشط لسطح الكاشف V_B أي ان

$$V_T \sin \Phi > V_B \longrightarrow \sin \Phi > V_B/V_T \quad \ldots (2 - 32)$$

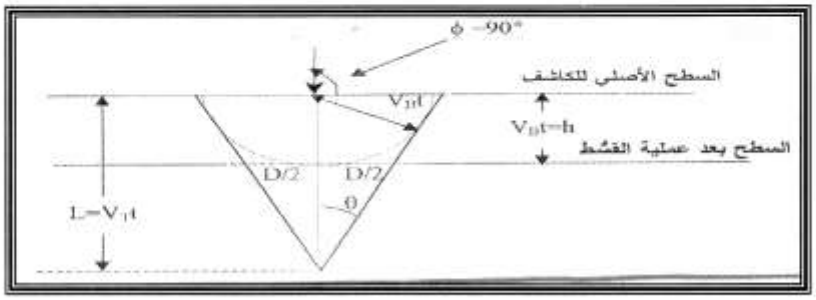
ويتضح من ذلك بان هناك زاوية حرجة للتسجيل ولا يمكن تسجيل الأثر القابل للقشط دونها . وبهذا يظهر عامل جديد ومهم وهو الزاوية الحرجة للكاشف (θ_C) فإذا كانت زاوية سقوط الجسيمة (Φ) اقل من الزاوية الحرجة فلا يمكن إظهار الأثر بعملية القشط عندئذ كما هو موضع في الشكل (2 – 12) والعلاقة الآتية تبين الزاوية الحرجة

$$\theta_C = \text{arc } \sin V_B / V_T \quad \ldots . (2 - 33)$$

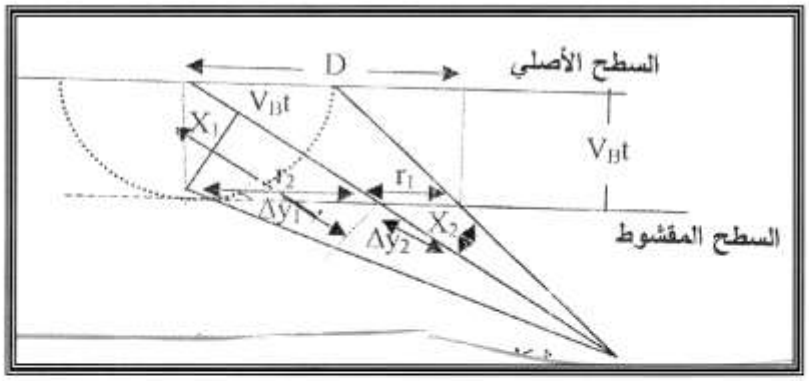
ويستفاد من العوامل السابقة وبالتالي من هندسة الأثر في معرفة هوية الجسيمات وكذلك طاقاتها ، اذ ان معظم الدراسات التي أجريت على كواشف الأثر تعتمد على هندسة الأثر فقد وجد بان الشكل الهندسي للأثر المقشوط يعتمد بصورة مباشرة على طاقة الجسيم ووزنه الذري وشحنته [105 , 106 , 107] وأول من نشر تقرير حول اعتماد قطر الأثر على طاقة الجسيم ونوعه الباحث (Somogyi 1973) [106] وقد أوضح فيه إمكانية أستخدام كواشف الأثر للحالة الصلبة للتعرف على نواتج التفاعلات النووية من خلال هندسة الأثر المقشوط . فعلى سبيل المثال فانه يمكن تمييز اثار شظايا الأنشطار عن اثار جسيمات الفا من خلال الشكل الهندسي لكل منهما اذ ان V_T لاثار شظايا الأنشطار اكبر بكثير من V_B أي ان النسبة(V_T / V_B) [103] عالية جدا وليست كذلك بالنسبة لجسيمات الفا لهذا فان اثار الشظايا الأنشطار تظهر بسرعة وبوضوح عالٍ ويسبق ظهور آثار جسيمات الفا وكذلك يمكن التمييز بينها من خلال الفرق الكبير في قطر الأثره ، إذ

إن آثار السقوط العمودي لشظايا الإنشطار ذات قطر كبير جـــدا مقارنـــة بقطـــر جسيمات الفا [108].

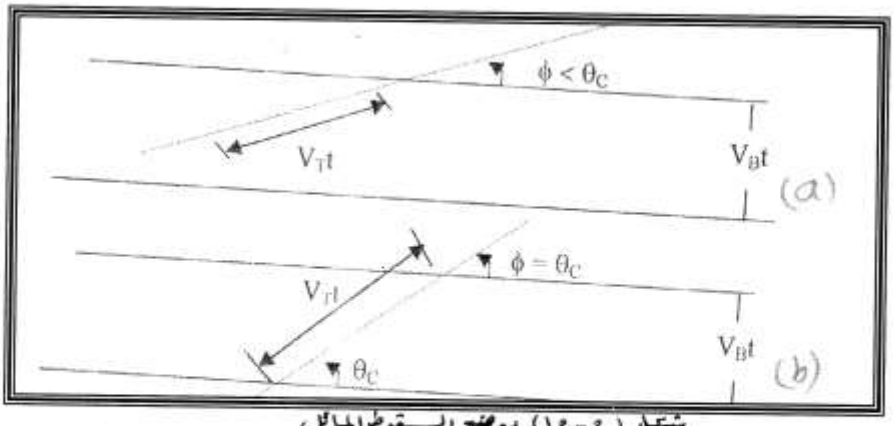
اما اذا كان السقوط غير عمودي فان شظايا الأنشطار تكون علـــى شـــكل ابـــري (needle - like) وتكون جسيمات الفا بيضوية قصيرة [108].



شكل (2 – 10) يوضح الشكل الهندسي لأثر السقوط العمودي [108]



شكل (2 – 11) يوضح هندسة الأثر للسقوط المائل [108]



شكل (2 - 14) يوضح السقوط المائل

a – بزاوية اقل من الزاوية الحرجة . b – بزاوية مساوية للزاوية الحرجة .

2 – 15 **مراحل نمو الأثر Stages Of Track Evolution**

في حالة السقوط العمودي للجسيمات تكون فتحة الأثر المحفور دائرية على العموم بينما يمر الأثر المحفور بثلاث اطوار على امتداد فترة حفرة في حالة السقوط المائل وكما مبين في الشكل (2 – 13) [109]:

١- **الطور المخروطي (Conical Phase) :**

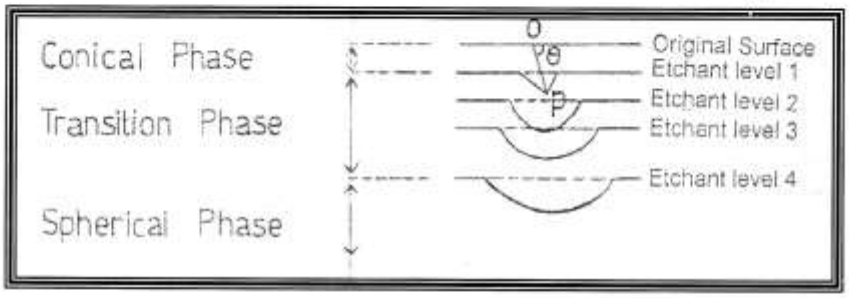
يستمر هذا الطور بينما ينزل المحلول الحافر من السطح الاصلي إلى المستوى (1) حتى يصل إلى النقطة (P) أي نهاية مدى الجسيم ، وخلاله يبقى الأثر المحفور مخروطيا وتكون فتحة السطح بيضوية .

٢- **الطور الأنتقالي (Transition Phase) :**

وهنا يبدا قعر الأثر المحفور بالتحول إلى الشكل الكروي حيث تكون سوعة الحفر في كل الاتجاهات هي (V_B) ، ففي الوقت الذي ينزل فيه محلول الحفر من المستوى (1) إلى المستوى (2) يصبح قعر الحفر أكثر استدارة الا ان فتحته لا تزال بيضوية . خلال تقدم المحلول الحافر من المستوى (2) إلى المستوى (3) تصبح فتحة الأثر دائرية جزئيا وبيضوية نوعا ما بينما ياخذ الأثر شكلاً كرويا أكثر فأكثر .

٣- **الطور الكروي (Spherical Phase) :**

عندما يصل المحلول الحافر إلى المستوى (4) يصبح الأثر (ويبقى هكذا للابد) كروي تماما كما تصبح فتحته (وتبقى هكذا أيضا) دائرية تماما .



الشكل (2 – 13) مراحل نمو الأثر بزيادة زمن الحفر [109] .

2 – 16 **كفاءة الكاشف لتسجيل الأثر : η EFFiCiency**

تعرف كفاءة القشط بإنها النسبية بين عدد الآثار المقشوطة وعدد الجسيمات الساقطة [72]، وتتأثر كفاءة القشط بسرعة القشط العام على السطح V_B وسرعة القشط على طول الأثر V_T لذلك فان [110] :-

$$\eta = 1 - (V_B / V_T)$$
$$\sin \theta_c = V_B / V_T$$
$$\eta = 1 - \sin \theta_c$$

أن الكواشف العضوية تمتلك كفاءة عالية للتسجيل تتراوح بين (85% ... 95%). بينما الكواشف الغير عضوية فتتراوح قيمة الكفاءة بين (40% ... 60%) [111].

2 – 17 التـــــاثيرات البيئيـــــة علـــــى القشـــــط للأثـــــر
Environmental Effects on the Track Etching

أولا :- **تاثير الأوكسجين :- Oxygen Effects**

يتحد الأوكسجين مع الايونات والجذور الحرة مانعاً إعادة اتحادها وحسب التفاعل المبين أدناه [112 , 113]

تحلل بفعل الإشعاع $R - H \longrightarrow R^{*} + H^{*}$

اتحاد الأوكسجين بمجموعة البوليمر المثار (الجذور الحرة)

$R^{*} + O_2 \longrightarrow Roo^{*}$

تحلل بفعل الأوكسجين $Roo^{*} + RH \longrightarrow RooH + R^{*}$

من التفاعل نجد ان الأوكسجين يزيد من معدل إنتاج الجذور الحرة لذلـــك فهو يزيد من حساسية كاشف الأثر العضوي [111 , 114] .

ثانيا :- **تأثير الأشعة فوق البنفسجية U . V . Ultraviolet Radiation Effect**

ان تأثيرات الأشعة (U. V) على الكواشف العضوية وغير العضويـــة وخاصة في حالة الجرع العالية وبوجود الهواء سواء كان ذلك قبل أو بعـد التشعيع حيث يعمل على زيادة حساسية الكاشف وزيادة معدل القشط علـى طول الأثر [115 , 116] .

ثالثا :- **تأثير الأشعة المؤينة : Ionizing Radiation Effect**

إن تعرض كواشف الأثر النووي لجرعات عاليـــة مـــن البروتونـــات أو الألكترونات أو أشعة كاما قبل أو بعد تعرضها للإشعاع يؤدي إلى حـــدوث نقصان في حساسية الكاشف كما وجد ان معدلات القشط V_T , V_B تـــزداد ولكن V_B تزداد بمعدل أعلى من V_T [115 , 116] .

رابعا :- **تأثير الحرارة : Heating Effect**

عند تعرض كواشف الأثر النووية إلى درجات حرارية عالية سواء كـــان ذلك قبل أو بعد التشعيع يعمل على تغيير خصائص الكاشف حيث يـــؤدي إلى نقصان حساسية الكاشف [117 , 118] .

خامسا :- **تأثير ظروف القشط : Etching Conditions Effect**

أ :- تأثير درجة الحرارة : Heating Degree Effect

نجد ان V_T , V_B تزداد بزيادة درجة الحرارة لمحلول القشط عند تركيز ثابت لمحلول القشط حسب علاقة Arrhenius [119 , 120]

$Vx= Aexp\ (- E_X / K_T)$

Vx – سرعة القشط على سطح الكاشف V_B أو سرعة القشط على طول الأثر V_T .

A – ثابت يعتمد على نوع المادة .

Ex – طاقة التنشيط لمعدل القشط العام لسطح الكاشف (E_B) أو معدل القشط على طول الأثر (E_T) .

T – درجة الحرارة المطلقة .

K – ثابت بولتزمان

ب- **تأثير تركيز المحلول : Liquid Concentration Effect**

وجد ان معدلي القشط سطح الكاشف VB ، وطول الأثر VT تتأثر بتغير تركيز المحلول القاشط وحسب العلاقة [121 , 119]

$$V_X = F_X\ C^{-n} \exp\ (- E_X / K_T)$$

Fx – ثابت يعتمد على نوع المادة .

C – تركيز المحلول القاشط .

n – اس التركيز .

كما نجد من الضروري التذكير بمراعاة تجديد المحلول بين الحين والأخر ويرجع السبب في ذلك إلى زيادة تركيز المحلول باستمرار عملية القشط الأمر الذي يؤدي إلى زيادة قيم معدلات القشط [122] كما يفضل تحريك المحلول بين فترة وأخرى أثناء عملية القشط للتخلص من تراكمات عملية القشط على سطح الكاشف وبالتالي استمرار عملية القشط بكفاءة عالية [92].