

جمهورية العراق
الجامعة المستنصرية
كلية العلوم

إيجاد تراخيص اليورانيوم المنضب في نماذج بايولوجية

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. عبد الله احمد رشيد
الدليمي



د. شاكر محمود مربط
الجبوري

2003 م

1424 هـ

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 أسم المشرف : د. عبدالله احمد رشيد الدليمي
الدرجة العلمية : أستاذ الدرجة العلمية : أستاذ مساعد
التوقيع :  التوقيع : 
التاريخ : 2003 / ٨ / ١٩ التاريخ : 2003 / ١٥ / ١٩

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 السراي فيها

الاسم : د . كاظم حسن الموسوي
الدرجة العلمية : مدرس
التوقيع : 
التاريخ : 2003 / 1٥ / 1٩

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

یرفع اللّٰهُ الذّٰلِیْنَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالذّٰلِیْنَ
أَتَوْا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللّٰهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِیْرٌ .

صدق الله العلي العظيم

سورة المجادلة / الآية ١١

توصية الأساتذة المشرفين

نشهد أن 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	أسم المشرف : د. عبدالله احمد رشيد الدليمي
الدرجة العلمية : أستاذ	الدرجة العلمية : أستاذ مساعد
التوقيع :	التوقيع :
التاريخ : / / 2003	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 لدراستها وبيان الرأي 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 الأذخ بايولوجية)
المقدمة من قبل الطالب (وصفي محمد كاظم محمد) فوجدنا أنها جديرة بالقبول
لنيل درجة الماجستير علوم في الفيزياء .

رئيس اللجنة

الاسم : د. عذاب طاهر الكناني

الدرجة العلمية : أستاذ

التوقيع :

التاريخ :

عضو اللجنة

الاسم : د. خالد عبد الوهاب

الدرجة العلمية :

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

عضو اللجنة

الاسم : د. حامد معدي الباهلي

الدرجة العلمية : أستاذ

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

عضو اللجنة : المشرف

الاسم : د. عبدالله احمد رشيد الدليمي

الدرجة العلمية : أستاذ مساعد

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

عضو اللجنة : المشرف

الاسم : د. شاكر محمود مريبط الجبوري

الدرجة العلمية : أستاذ

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

مصادقة عمادة كلية العلوم

الاسم :

التوقيع :

التاريخ : / / 2003

الإهداء

إلى عفاف الروح وشفاء الجروح وضياء الحياة ونور الدجى... وبلسم
الجـــــــــــــــــروح... الـــــــــــــــــهى (والدتـــــــــــــــــى)
إلى شمعنة العمر وكفاح الحياة ودرب السنين
وصـــــــــــــــــانع... البـــــــــــــــــسات... (والـــــــــــــــــدى)
إلى صفاء النفس وراحة البال وحياتي التي انقضت
فـــــــــــــــــي احـــــــــــــــــسن حـــــــــــــــــال... (أخوانــــــــــــــــى)
إلى من اناروا لي دربي وهذبوا قلبي (اساتذتي).

الباحث
وصفي التميمي

شكر وتقدير

الحمد لله الاول قبل كل شيء والاخر بعد كل شيء لا ينسى من ذكره ولا ينقص من شكره والصلاة والسلام على خير خلق الله أجمعين محمد (ص) واله الطيبين الطاهرين وبعد . وأنا أنهى هذا البحث لا يسعني إلا أن أتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى أستاذي الدكتور شاكر محمود الجبوري والدكتور عبدالله احمد الدليمي لاقتراحهما موضوع البحث وإشرافهما على مراحل البحث وكان لتوجيهاتهما القيمة ومتابعتهما الجادة والمتواصلة الأثر الكبير في إنجاز هذا البحث كما أتقدم بالشكر الجزيل والامتنان إلى عمادة كلية العلوم / الجامعة المستنصرية ممثلة بعمادتها وأشكر الاستاذ الدكتور هاشم حميد الدليمي رئيس قسم الفيزياء سابقاً بكلية العلوم وما بذله من جهود في هذا القسم وفي الدراسات العليا والتي رئيس القسم الحالي الدكتور كاظم حسن الموسوي كما اود ان أشكر اعضاء الهيئة التدريسية في قسم الفيزياء / كلية العلوم وطلاب الدراسات العليا وذلك لتقديمهم يد العون والمساعدة كما أتقدم بالشكر والتقدير الى قسم التطبيقات النووية في منظمة الطاقة الذرية ومنهم (رعد ، بسام ، طاهر ، افراح) وأشكر كذلك (عباس ، مرتضى ، ماجد) لما قدموا لي من خدمات وأدعوا الله ان يوفق الجميع لما فيه الخير والصلاح .

والحمد لله رب العالمين

وصفي محمد كاظم

الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة إيجاد تراكيز اليورانيوم المنضب في دم والتسجعة بشرية وباستخدام كاشف الاثر النووي للكسان وتقنية اثار الاشطار النووي الناتجة من انشطار نظير اليورانيوم ²³⁸ بالنيوترونات السريعة المنبعثة من المصدر النيوتروني النظائري ²⁴¹Am-Be بسيل نيوتروني قدرته (1.9×10^{11} n/cm²) والمسجلة على كاشف الاثر النووي متعدد الكاربون للكسان Laxan .

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

ثم بعد ذلك تم اختيار عيارية (6.25N) من Na oH وفي درجة (60C⁰) وزمن قشط (70min) وكانت هذه الظروف المثالية للقشط ثم بعد ذلك تم تحديد السيل النيوتروني المناسب للتشعيع والذي استخدم لتشعيع النماذج القياسية وعينات التسجعة والدم المستخدمة في البحث واجريت معالجة التداخلات للمواد الاشطارية الموجودة في النماذج القياسية بتراكيز معينة وكذلك الخلفية الاشعاعية الموجودة في العينات حيث كانت تراكيز اليورانيوم المنضب في نماذج الدم في الحدود (0.041-0.063) ppm والتسجعة في حدود (0.039 - 0.041) ppm .

المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	ت
X	قائمة الجداول	
XI	قائمة الأشكال	

الفصل الاول - مقدمة عامة

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

الفصل الثاني - الجانب النظري

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

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

الفصل الثالث - الجانب العملي

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

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

الفصل الرابع - النتائج والمناقشة والاستنتاجات

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

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

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

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



الفصل الأول
مقدمة عامة

(1 - 1) التمهيد

إن تعرض الإنسان والكائن الحي وبيئتها إلى الإشعاع يؤدي إلى مخاطر عديدة لا يمكن تجاهلها . وتكون مصادر الأشعاع من مصدرين أحدهما : طبيعي ، ينتج من انحلال القوى غير المستقرة بصورة ذاتية وتحولها إلى نوى مستقرة¹ .
والثاني : مصدر صناعي ، ينتج من خلال قصف نوى النظائر المستقرة بأنواع مختلفة من الجسيمات النووية² .
يتعرض الإنسان إلى النشاط الإشعاعي على شكل المادة المشعة ، نوع المصدر المشع وطاقته ، النشاط الإشعاعي للمصدر وعمر النصف للمادة المشعة³ .
أما تأثيرات الإشعاع على نوعين⁴ :-

- 1- تأثيرات حادة / يؤثر التعرض الحاد للجرعة الإشعاعية الزائدة في جميع أعضاء وأجهزة الجسم .
- 2- تأثيرات متأخرة / تحدث نتيجة التعرض إلى جرعة واطئة بصورة مستمرة .
تترك التأثيرات نتائج متماثلة ، متمثلة بظهور أعراض مرضية مثل أمراض الدم ، أمراض الجهاز الهضمي ، أمراض الجهاز العصبي ، سرطان الرئة ، سرطان العظام ، قصر العمر ، أو استحداث طفرات غير مقيدة للإنسان² .
ولاهمية هذا الموضوع وخطورته ظهرت عدة تقنيات للكشف وقياس النشاط الإشعاعي ، وإن أكثر هذه التقنيات شيوعاً واستخداماً في الوقت الحاضر هي كواشف الأثر النووية للحالة الصلبة⁵ .

(2 - 1) اليورانيوم المنضب Depleted Uranium

اليورانيوم المنضب Depleted Uranium ويعرف اختصاراً (DU) مادة سامة ومشعة ، وهو ناتج عرضي ينشأ عن عملية تخصيب اليورانيوم ، وهو نفايات نووية تسبب مشاكل بيئية خطيرة ، أما تسميته فجاءت من نتيجة لانخفاض نسبة تركيز

نظير اليورانيوم ^{235}U فيه من (0.72 %) إلى نحو (0.2 %) وتزداد نسبة تركيز نظير اليورانيوم ^{238}U فيه من (99.27 %) إلى حوالي (99.79 %)⁶ .
 يحتوي اليورانيوم المنضب على النظائر ^{238}U ونسبة (99.79 %) و ^{236}U ونسبة (0.0030 %) و ^{235}U ونسبة (0.2 %) و ^{234}U ونسبة (0.0008 %)⁷ .
 يمتاز اليورانيوم المنضب بمواصفات معينة ومن هذه المواصفات هي⁶

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 الطبيعي⁷ . ويبين الجدول (1 - 1) الفعالية الاشعاعية لليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المنضب⁶ .

جدول (1 - 1) يوضح الفعالية الاشعاعية لليورانيوم الطبيعي والمنضب ومكوناتها⁶

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

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

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

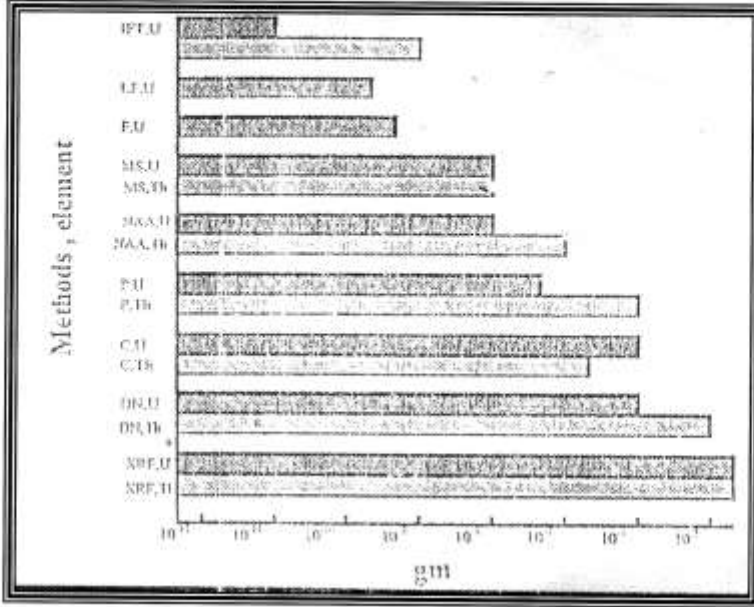
جدول (1 - 2) سلسلة انحلال نظير اليورانيوم (^{238}U) .⁸

Radiation Emitted			Radioactive Elements	Half-Life		
Alpha	Beta	Gamma		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 Fission 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) polarography .
 - ٧- مقياس الشدة اللونية (C) Colorimetry .
 - ٨- النيوترونات المتأخرة (DN) Delayed Neutrons .
 - ٩- تألق الاشعة السينية (XRF) X - Ray - Fluorescence .
- وبفضل 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 .

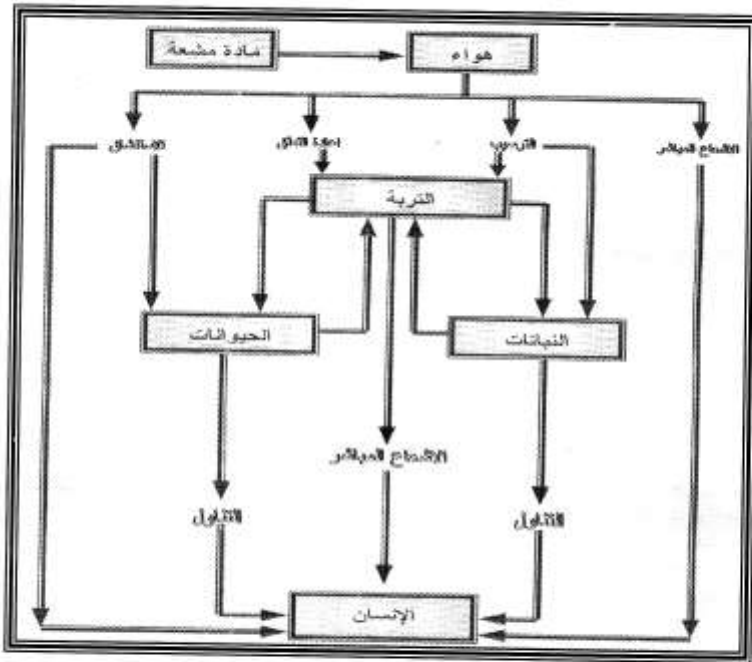


شكل (1 - 1) يوضح حدود الكشف في مختلف الطرق المستخدمة لتحديد تراكيز اليورانيوم والثوريوم ⁷ .

(3 - 1) غبار الهواء الجوي لليورانيوم المنضب

إن لليورانيوم المنضب صفة غير مرغوبة وهي أنه يحترق عند اصطدامه بسرعة كبيرة بأي شيء صلب فيخلق جزيئات مجهرية بالغة الصغر تتكون من أكاسيد اليورانيوم غير قابلة للذوبان نسبياً ، التي يمكن استنشاقها وابتلاعها بسهولة ، لهذا فهي خطيرة على صحة الإنسان . 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 ¹⁶ .

تبلغ كثافة معدن اليورانيوم (19.04 gm /cm^3) وبالنسبة لكثافة جزيئة ثاني اوكسيد اليورانيوم UO_2 فانها تبلغ (11 gm /cm^3) أي ما يعادل كثافة معدن الرصاص¹⁷ 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 الجزيئات وتنتقل إلى الانسان . كما ان الخضراوات الملوثة يمكن أن تكون واسطة نقل مباشرة¹⁶ 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 الانسان¹⁶

(1 - 4) مكونات الدم

يشكل الدم (6 %) من مجمل وزن جسم الانسان الكلي ، ويتكون من خليط معقد التركيب مؤلف من جزئين ، الاول مصلي plasma والثاني خلوي Cellular ويتألف 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 اما الجزء الخلوي فيشكل حوالي (45 %) من حجم الدم والذي يتكون من كريات الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية ، تقوم هذه الخلايا بوظائف متعددة ابتداء من التغيرات الكيميائية في الخلايا الحية التي تؤمن الطاقة الضرورية للعمليات والنشاطات الحيوية والتي من خلالها يتم تمثيل المواد المتعددة للتعويض عن المندثر منها وانتهاء بحماية الجسم من الضرر ^{9.10.11} .

(1 - 4 - 1) كريات الدم البيضاء

يحتوي الدم الطبيعي على (4000 - 10000) كرية دم بيضاء (Leukocytes) لكل مليلتر من الدم . قطرها يتراوح بين (6 - 18) مايكرومتر ويمكن تصنيفها إلى خمسة انواع رئيسية ^{9.12} .

أ. كريات الدم البيضاء اللمفاوية (Lymphocytes) تمتلك هذه الخلايا نواة مركزية كبيرة وتشبه كثيرا خلايا العقد اللمفاوية وتشكل نسبة (20 - 40) % من كريات الدم البيضاء .

ب. كريات الدم البيضاء المتعادلة (Neutrophiles) وهي الكريات القابلة للاصطباغ بالاصباغ المتعادلة ونسبتها (40 - 75 %) من كريات الدم البيضاء .

ج. كريات الدم البيضاء الحامضية (Easinoiphils) والتي تمتاز بكونها سهلة الاصطياع بالصيغة الحامضية (الايوسين) ونسبتها من (1 - 6 %) من كريات الدم البيضاء .

د. كريات الدم البيضاء القاعدية (Bas ophilles) تمتاز بكونها اليقة 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 تهاجمه ، تتراوح مدة بقائها من 24 ساعة إلى 3 ايام حيث تموت بعدها ليحل محلها خلايا جديدة متولدة من نخاع العظم والعقد اللمفاوية¹² .

(1 - 4 - 2) الصفائح الدموية

تتكون الصفائح 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 العرطالية (Megak aryocyte) ، تمتص الصفائح الدموية بواسطة الطحال بعد ان تغادر النخاع¹² ، ويتم طرح الجديد منها عند حدوث نقص في عددها . تؤدي دور بالغ الاهمية في السيطرة على النزف الدموي وتجمع الخثرة ، اذ انها تعمل كسدادة لغللق التمزق من خلال تجمع هذه الخلايا في منطقة الاصابة وتتراوح فترة بنائها بين (8 - 10) ايام لتموت وتعوض بخلايا جديدة¹⁰⁻¹² .

(1 - 4 - 3) كريات الدم الحمراء .

توجد هذه الكريات Erythrocytes بشكل اقراص مقعرة الجانبين ، عديمة النواة ، لذا لا يمكن اعتبارها خلايا متكاملة . يبلغ قطرها حوالي (8.4) مايكروميتر وسمكها (4.2) مايكروميتر يتراوح عددها بين (5.2) و (4.2) مليون كرية لكل ميليمتر من دم الرجل والمرأة على التوالي . تحتوي الكرية على 71 % ماء ، (28 %) خضاب ، (7 %) شحوم (كالكلسترول والسيشيين ... الخ) و (3%) سكريات واملاح وبروتينات انزيمية ومركبات مختلفة¹²⁻¹³ .

يقدر عمر كرية الدم الحمراء بـ (120) يوماً ويتأثر شكل وحجم كرية الدم الحمراء بعامل العمر ، حيث وجد انها تنكمش وتفقد قسماً من محتوياتها اثناء مدة فعاليتها في الدم ، وهناك علاقة بين عمر الكرية ونضوحها للخضاب وقلّة فعاليتها في نقل الاوكسجين ، ومن المؤشرات على كبر عمر كرية الدم الحمراء تكون الميثاموغلوبين MetHb الذي هو عبارة عن خضاب مؤكسد بالكرية القديمة العمر ، كما يمكن ان يعترى تكون الميثاموغلوبين إلى النواتج الاشعاعية التي تؤدي إلى تكوين بيروكسيد الهيدوجين وهو عامل مؤكسد قوي يساعد في تكون Met Hb . ان للكرية حديثة العمر انزيماً فعالاً في اختزال الميثاموغلوبين (NADPH Met HB) . يعمل الكلوتوثايون وهو افضل رابط غير بروتيني موجود في غشاء كرية الدم الحمراء على اختزال الميثاموغلوبين بوساطة الاتحاد مع بيروكسيد الهيدوجين حسب التفاعل الآتي



وترتبط وظيفة كريات الدم الحمراء بمبادلة الغذاء من الخلايا حيث تقوم باكسدة الخضاب في الرئة ثم اختزاله عند الانسجة¹³ تحتوي كريات الدم الحمراء على الخضاب وهو من المركبات الرئيسية 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) ملتر 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 بالاكسجين 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 بايرون التي ترتبط مع بعضها البعض بجسور من الميثان لتكوين الحلقة الرباعية البايرون . ترتبط ذرة الحديد في البروتوبورفيرين باربعة ذرات نتروجين في مركز الحلقة وتتصل الحلقة بالسلاسل الطرفية الاتية :-

- اربعة مجاميع مثل CH_3 -
- مجموعتا فاينيل $CH = CH_2$ -
- مجموعتا بروبايوليت $CH_2 - CH_2 - COOH$ -

(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 هي¹⁸ :-

١- الاستنشاق (Inhalation) :

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

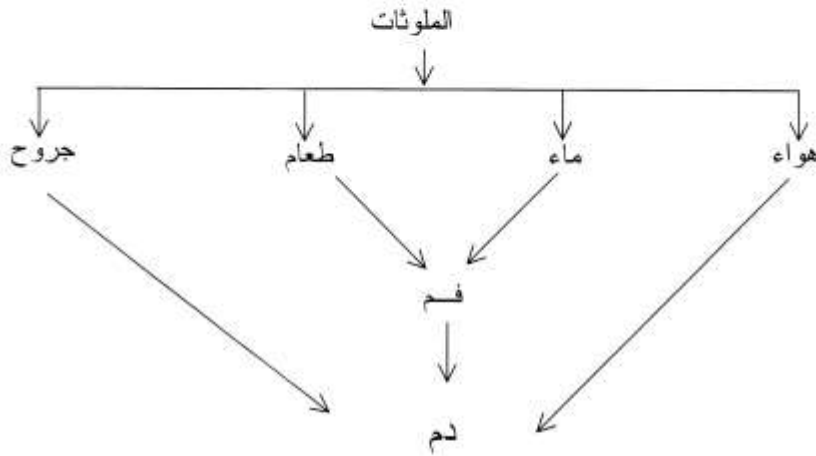
٢- الابتلاع (Ingestion) :

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

٣- الجلد (Skin) :

ممكن للثقوب او التشققات او غيرها من الجروح ان تهبيا مسار الدخول النوويات المشعة المترسبة على الجلد ، وبعد دخولها عبر هذا المسار فان اجزاء من هذه النوويات 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 اربعة 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

إن المخاطر التي تحصل من جراء التعرض إلى اليورانيوم المنضب ولفترات طويلة غير معروفة حتى الآن بشكل كامل ، إلا أن الكثير من الشواهد تشير بشكل لا يقبل الشك إلى علاقته بالأمراض والتشوهات الخلقية الغربية 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 وإذا كانت كمية اليورانيوم كبيرة نسبياً فقد تسبب العجز الكلوي لكن أية كمية منه تسبب سرطان الكلى . بعد استئصال اليورانيوم المنضب أو تمثله في الجسم ينتقل إلى الأجزاء الأخرى عن طريق الدورة الدموية وبالتالي فإنه يعرض الأعضاء الأخرى لمخاطر الإصابة بالسرطان ، أن التعرض أو التماس مع ذخائر اليورانيوم المنضب وخاصة بالنسبة للأطفال يسبب النتائج الآتية ⁷ :

- 1- تشوهات خلقية واسقاط الجنين سببها خلل جيني وهذه عثر عليها لدى الحيوانات أيضاً .
- 2- اللوكيميا وفقر الدم الناتج عن عدم تكون كريات الدم الحمراء وأورام خبيثة.
- 3- مجموعة أعراض مترامنه غير معروفة حتى الآن سببها اختلال وظائف الكلى والكبد .
- 4- ظهور أعراض مترامنه تشبه أعراض مرض نقص المناعة المكتسب .
- 5- الظهور المتكرر وبشكل واسع لداء القوباء الجلدي (Hemangioma) ومرض القوباء المنطقية خاصة لدى الأطفال .
- 6- زيادة مهمة في الأمراض 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 الاسنان⁷ ، 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) التأثيرات البيولوجية للإشعاع .

تتبدد طاقة الاشعة عند مرورها خلال كائن حي بنفس طريقة مرورها من اية مادة اخرى ، اما تاين او اثار ذرات او جزيئات المادة في النظام البيولوجي ، ويسبب التاين ضررا مباشرا بتعطيمه للاواصر الكيميائية في الخلية¹⁹ .
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) تأثيرات الإشعاع على الخلية الحية .

الخلية هي الوحدة البنائية الاساسية في اجسام الكائنات الحية وان تأثير الاشعاع على الكائنات الحية هو ناتج من الضرر الذي يلحقه بخلايا الجسم .
يبدأ التأثير 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 النيوترونية 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 النيوترونية فهي خليط من مواد مشعة مناسبة مع عناصر خفيفة مثل البريليوم أو البورون وتولد النيوترونات من العمليات (γ, n) أو (α, n)³⁹. أما عيوب هذه المصادر فيتمثل بوطا عتي فيضها النيوتروني مقارنة مع المفاعلات النووية .

هناك نوع آخر من المصادر النيوترونية النظائرية تتكون من مسحوق العناصر الثقيلة التي تبعث النيوترونات بطريقة الانشطار التلقائي لجزء من المسحوق⁶³ .

وفيما يأتي بعض أنواع المصادر النيوترونية النظائرية :-

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

تتكون هذه المصادر من مزيج من مادتين الأولى ذات نوى خفيفة مثل

(${}^9_4\text{Be}$) والآخرى من نوى ثقيلة باعثة لجسيمات الفا والجدول

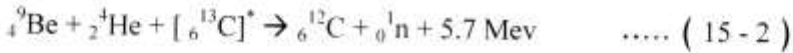
يوضح ذلك⁶⁴

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
^{228Th}	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 ²⁴¹Am

Be - الذي يولد نيوترونات على وفق التفاعل التالي



(1 - 7 - 2) تصنيف امراض الإشعاع

يمكن تقسيم الآثار التي تتركها الإشعاعات على الكائن الحي إلى مجموعتين رئيسيتين ، تضم المجموعة الأولى الآثار التي تظهر فوراً أو بعد التعرض بوقت قصير وتدعى بالآثار الحادة (Acute Effects) . أما المجموعة الثانية فإنها تضم تلك الآثار التي يمكن أن تظهر بعد فترات طويلة قد تمتد إلى سنوات كثيرة ، تسمى هذه المجموعة بالآثار اللاحقة أو المتأخرة (Delayed Effects)²¹ والجدول (1 - 3) يبين ذلك¹⁹ .

جدول (1 - 3) يبين امراض الإشعاع ، اعراضها واسبابها¹⁹

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

بالنسبة للطفرات الجينية Mutation Gene وتكسر الكروموسومات ، فإن الجينات (Genes) مسؤولة عن نقل الصفة الوراثية . وتتجمع على شكل مجموعات 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 الآخر . وهناك نوع آخر 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 تشوه سيئة جدا مثل البلاهة والتخلف العقلي والتشوهات الخلقية .

أما بالنسبة للسرطان (Cancer) فإنه بعد التأثير الجسماني السائد للإشعاع المؤين الذي يظهر متأخرا 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 واللوكميا ، وسرطان الغدة الدرقية ، وسرطان الرئة ، وسرطان الجلد وسرطان الدماغ ، وسرطان الثدي وغيرها) .

بخصوص اللوكيميا (Leukemia) أو (ابيضاض الدم) ²² فإنها من الافات التي يعتقد أن الإشعاعات تكون سبباً فيها وينشأ 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 لإيجاد تركيز اليورانيوم في جسم الانسان ، ومن هذه الدراسات :-

- الدراسة التي أجراها الباحث (1943) HOFFMAN باستخدامه تقنية التآلق ، 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 / MI) 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 (0.25-1.41) ppb والتي استخدم فيها تقنية الكشف عن النيوترونات المتأخرة (Delayed Neutrons)²⁷ .
- الدراسة التي قام بها الباحثان (1970) (B . S carpenter and C . H .) (cheek) والتي استخدم فيها تقنية عد شظايا الانشطار وكاشف اللكسان لإيجاد تراكيز اليورانيوم في كامل الدم وبلازما الدم فكان معدل التركيز في كامل الدم حوال (86.1 + 5.6 ppb) . اما في البلازما فكان التركيز حوال (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 ²⁹ (0.84ppb)

• دراسة (1979) S . L . Koul & L . T chadderton التي استخدم فيها كاشف للكسان ، وتم في هذه الدراسة إيجاد تراكيز اليورانيوم في كامل الدم وبلازما الدم لاشخاص أصحاء وأشخاص مصابين بالليوكيميا (سرطان الدم) . فكان التركيز للأصحاء في كامل الدم (0.35-0.6) ppb وفي بلازما الدم (0.11 – 0.82) ppb وكذلك تم تحديد تراكيز اليورانيوم في مرضى مصابين بالليوكيميا وكان في كامل الدم بحدود (1.5 – 8.7) ppb وفي بلازما الدم بحدود (12 – 180) ppb ³⁰ .

• دراسة (1980) R . P arshad . et . al : حيث وجد ان معدل تركيز اليورانيوم في دم الانسان الطبيعي بحدود ($3.5 \cdot 10^{-10} \text{g/ml} + 14.2$) وذلك باستخدام كاشف للكسان ³¹ .

• الدراسة (1984) M . Romero . et . al التي استخدم فيها كاشفي Mica والـ poly carbamate 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 للكسان تراوحت فيها التراكيز بين ($0.33 \cdot 10^{-10} + 0.023 \text{g/ml} - 0.74 \cdot 10^{-10} + 0.34 \text{g/ml}$) ³⁴ .

- دراسة (1986) N . Segovia التي أجريت على دم فئات مختلفة من المجتمع (اصحاء ، ومتعرضين للإشعاع ومصابين بمرض اللوكيميا) حيث كانت بحدود (0.91 ppb) في كامل الدم ، و (0.98 ppb) في بلازما الدم . وبالنسبة للأشخاص 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 باللوكيميا فكان معدل تركيز اليورانيوم بحدود (1.71ppb) في كامل الدم و بحدود (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) لנסاء . 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 . واثو ذلك على هذه التشوهات الخلقية والاسقاطات المتكررة جراء هذه المواد المشعة على البيئة والانسان

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

جدول (2 - 3) يبين العلاقة بين تكوين الاثار والمقاومة النوعية للمادة ⁸¹

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

(2 - 8) تصنيف كواشف الاثر النووي للحالة الصلبة :-

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

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

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

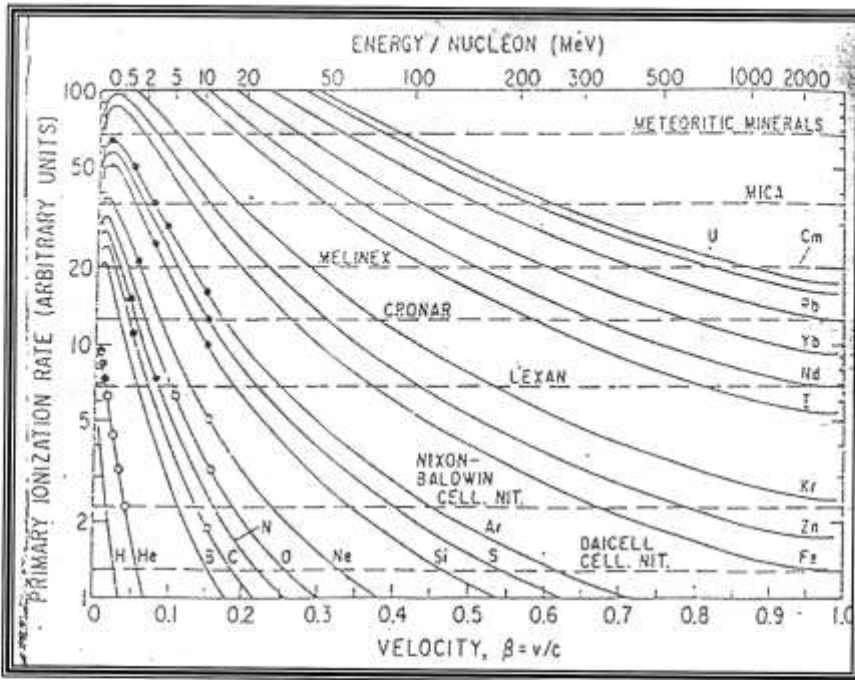
وهي الكواشف التي يدخل الكربون والهيدروجين في تركيب مادتها ، مثل اللدائن (المواد البلاستيكية بكل انواعها) اللكسان و الماكروفييل) ونترات السليولوز بكل انواعه (CA - 80 - 15 و CN - 85 و LR - 115) وكاشف PM - 355 CR - 39 ، وغيرها ⁷².

تعد الكواشف العضوية أكثر تحسناً من الكواشف غير العضوية ، يبين الجدول (2 - 4) حساسية بعض الكواشف العضوية للإيونات الثقيلة والخفيفة على عكس الكواشف غير العضوية التي تتحسس الأيونات الثقيلة فقط ⁷⁶ .
جدول (2 - 4) أنواع الكواشف والجسيمات المؤينة وطاقتها التي يمكن تحسبها ⁷⁶ .

الايون وطاقته الممكن تسجيلها	التركيب الجزيئي	الكاشف	
100 Mev ⁵⁶ Fe	Mg Fe SiO ₄	الزبرجد olivine	كواشف الأثر غير العضوية Inorganic Detectors
4Mev ²⁸ Si	Na ₄ Ca AL ₆ Si ₁₄ O ₄₀	سيليكات البوتاسيوم والألومنيوم oliyoclase	
100 Mev ⁴⁰ Ar	SiO ₂	الكوارتز Quarts	
16 Mev ⁴⁰ Ar	SiO ₂	Silica Glass السليكا	
20 Mev ²⁰ Ne	23 SiO ₂ ; 5 Na ₂ o; 5CaO : AL ₂ O ₃	الزجاج العادي sodalime Glass	
2Mev ²⁰ Ne	Kal ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	المايكا Mu SCOVite Mica	
شظايا الأستطار Fission Fregments	= CH ₂	البوليثلين	كواشف الأثر العضوية organic Detectors
3Mev ⁴ He	C ₂ H ₈ O ₂	بلكسكلاس Plexiglass	
0.3Mev ⁴ He	C ₁₆ H ₁₄ O ₃	اللكسان والماكروفيل Laxan , Makrofel	
0.55Mev ² H	C ₆ H ₈ O ₉ N ₂	نترات السيليلوز Cellulose Nitrate	

(2 - 9) **طاقة العتبة للأثر Track Threshold Energy**

يمكن تعريف طاقة العتبة للأثر على أنها أقل طاقة تأين ابتدائية Primary Ionization لازمة لإحداث أثر قابل للقسط الكيميائي⁸². تختلف طاقة العتبة اللازمة لأحداث تلف Damage في مادة الكاشف باختلاف الجسيمات المؤينة الساقطة واختلاف الكواشف⁸³ يبين الشكل (2 - 4) منحنيات التلف الإشعاعي الذي تسببه الأيونات المختلفة كدالة إلى سرعتها ، وتحدد طاقة العتبة للكاشف عند التقاء الخطوط المنقطعة بالمنحنيات المميزة للجسيمات المؤينة⁸⁴.



شكل (2 - 4) تغير معدل التأين الابتدائي (دالة التلف الإشعاعي) بتغير السرعة النسبية أو الطاقة النوعية للجسيمات الساقطة والخط المنقط الأفقي يمثل حد العتبة⁸⁴.

إن عتبة كثافة الضرر لجميع كواشف الأثر تكون أعلى من الطاقة النوعية المفقودة للالكترونات لذا فهي غير حساسة للالكترونات السريعة وأشعة كاما ، بالإضافة إلى ذلك فإن معظم كواشف الأثر النووي لا تستجيب 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 عالية⁸⁴.

(2-10) خصائص كواشف الأثر النووية للحالة الصلبة

(SSNTDS) (Properties Of Solid State Nuclear Track Detectors)

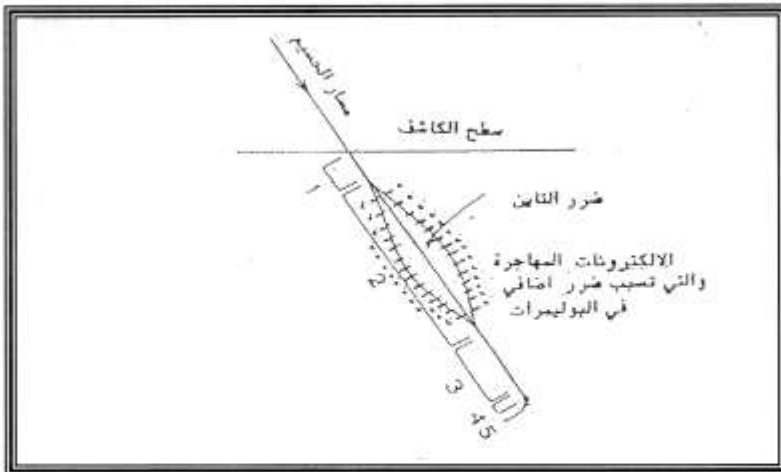
إن الكواشف للأثر النووي تمتاز بخواص فريدة ونادرة ونظراً لما تمتلكه من مرونة وكفاءة عاليتين فقد حلت محل الأنواع الأخرى من الكواشف في كثير من المجالات أنها تمتاز بمواصفات عديدة هي :

- 1- رخيصة التكلفة ، سهلة الاستخدام لا تتطلب أجهزة إلكترونية⁷².
 - 2 - بعد تعرضها للإشعاع تصبح غير مترابطة المقطع بسبب تكسر الأوصال الكيميائية⁸⁵.
 - 3 - تقيس مستويات واطنة من الإشعاع النووي عن طريق تجميع الآثار لفترات زمنية طويلة⁸⁶.
 - 4 - غير حساسة لأشعة كاما وبيتا والنيوترونات⁷²⁻⁸⁷.
 - 5 - لها القدرة على الاحتفاظ بتسجيلها بعد انتهاء القراءة⁸⁸.
 - 6 - لا تتأثر بالضوء أو بدرجات الحرارة المعتدلة أو الرطوبة⁸².
 - 7 - يمكن إظهار الآثار المستترة المسلحة عليها بعمليات القشط الكيميائي⁸⁹.
- بالإضافة إلى ذلك تمتاز الكواشف البوليمرية بالخصائص التالية :-
- 1 - حساسيتها العالية للإشعاع⁹⁰.
 - 2 - ذات شفافية بصرية عالية⁸⁰.
 - 3 - عالية التناظر والتجانس⁹¹.
 - 4 - لا تنوب في محاليل القشط الكيميائية ، حيث تعمل محاليل القشط على تحلل السلسلة البوليمرية من خلال تقليل سمكها بعملية القشط⁹².

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

عند سقوط جسيمة مشحونة على مادة صلبة عازلة فان هناك خمسة مراحل متعاقبة⁸² 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 للأيون .
- ٣- المنطقة الأساسية للضرر القابل للقشط وتنتهي هذه المنطقة عندما يبدأ الجسيم باكتساب الألكترونات ويتباطأ 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 الساقط⁸² .

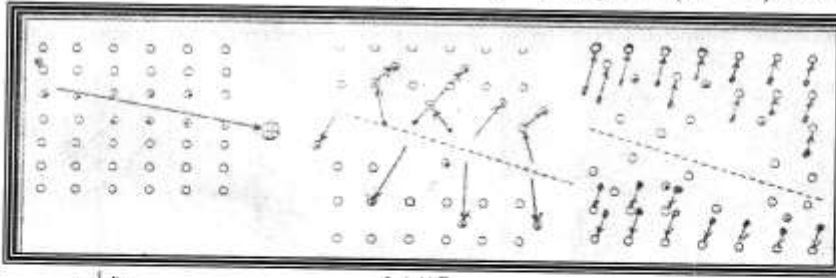


شكل (2 - 5) يبين المراحل المختلفة لتكون أثر الجسيم المشحون في مادة الكاشف⁸²

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 الاساسية مع المرحلة (الخامسة) .

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

هناك العديد من الالبيات العلمية⁷⁶ التي تشير بان هناك اثنين من الميكانيكيات التي يمكن قبولها في تفسير تكون الأثر المستتر في المواد الصلبة العازلة احدهما في المواد غير العضوية مثل البلورات والزجاج والآخرى للمواد العضوية مثل البوليمرات . ففي حالة المواد الصلبة غير العضوية (Inorganic) فإن نموذج وخزعة الانفجار الايوني Ion Explosin Spike الذي أفرحه 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 ينشأ عنه ظهور عدد هائل من التالينات 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 خالوية 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 .



A التالينات

Bالاراحة

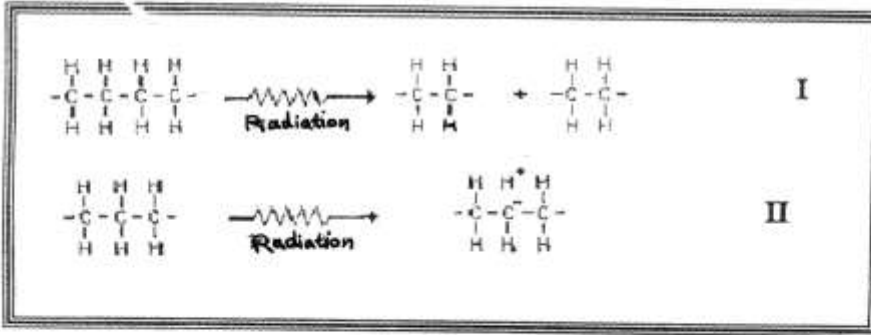
Cالشدة و التهدئة

والتناثر

شكل (2 - 6) خطوات تكون الأثر حسب نموذج وفرة الانفجار الايوني⁷⁶

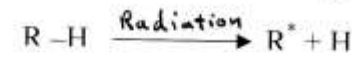
أما في المواد العضوية organic فإن مرور الجسيمات المشحونة الثقيلة خلالها يسبب تكسر السلاسل البوليمرية على طول مسارها وينشأ عن ذلك سلاسل بوليمرية صغيرة ذات نهايات فعالة وجذور حرة Free radicals كما في الشكل (2 - 7) ويعتمد عدد الانحلالات في السلسلة البوليمرية على كمية الطاقة المفقودة من قبل الجسيمات الساقطة.⁹³

إن تكون الجذور الحرة يكون إما بكسر أصرة c-c أو أصرة c-H وكما يأتي



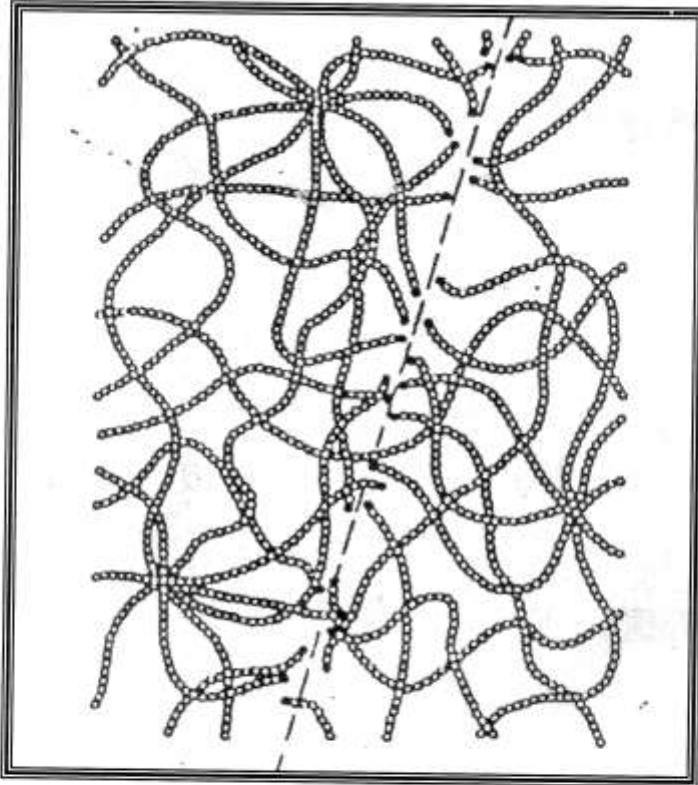
إن طاقة أصرة c-H أكبر من طاقة أصرة (c - c) لذلك فإن التفاعل II يحدث بمعدل أقل لأن الرابطة (c-H) أكثر ثباتاً من الرابطة c-c.⁷⁶ ففي التفاعل I يتم كسر رابطة (c-c) وفي التفاعل الثاني يتم كسر رابطة (c-H) .

ونادراً ما تعود الجذور الحرة للالتحام بسبب وجود الأوكسجين لأن الأوكسجين يميل إلى الاتحاد مع الأيونات والجذور الحرة مانعاً إعادة اتحادها (Recambina tion) ويمكن تمثيل ذلك بالتفاعل.⁸²

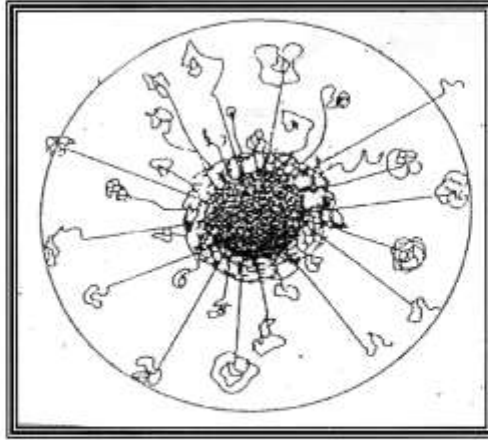


حيث ان R تمثل أي بوليمر .

- يتكون الأثر المستتر المتولد في البوليمرات من ثلاث مناطق رئيسية⁹⁴ موضحة بالشكل (2 - 8) وهذه المناطق هي :-
- 1- مركز الأثر : (Track core) ويتمثل بالدائرة الداخلية الداكنة وهو ذا قطر (10nm) .
 - 2- هالة الأثر : (Track Halo) ويتمثل بالدائرة الخارجية وهي قطر يتراوح بين (100 nm) إلى (1000 nm) .
 - 3- 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 الجنور الحرة في البوليمرات⁹⁴



شكل (2 - 8) يبين المناطق التي يتكون منها الأثر المستتر⁹⁴ في البوليمرات بالإضافة إلى الآلية الكيميائية التي يتكون بها الأثر المستتر في المواد العضوية فان هناك ايضا نموذج مقبول بشكل كبير⁹⁵ يوضح كيفية التسي يتكون بها الأثر المستتر في مختلف كواشف الأثر البوليمرية وهو نموذج الطاقة المقيدة المفقودة (REL) الذي اقترحه 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 (W_0) والقيمة (W_0) 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 ذات الطاقة الأقل من القيمة (W_0)⁸².

ويمكن تمثيلها بالمعادلة الآتية :-

$$REL = \left(\frac{d\epsilon}{dx} \right)_{w < w_0} = n_0 e^4 Z_{eff}^2 / 8\pi \epsilon_0^2 m_0 c^2 B^2 [\ln (W_{max} \cdot W_0 / I^2) - B^2 - \delta - \nu] \dots (2 - 27)$$

حيث $0.511 \text{ Mev} = m_0 c^2$ تمثل الطاقة السكونية للإلكترون .

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

W_{max} : تمثل الطاقة المنتقلة القصوى والتي تعطى بالمعادلة⁹⁷

$$W_{max} = \left[\frac{B^2}{1 - B^2} \right] \cdot m_0 c^2 \quad \dots (2 - 28)$$

اما أعلى قيمة إلى W_0 هو (350ev)⁷⁶ .

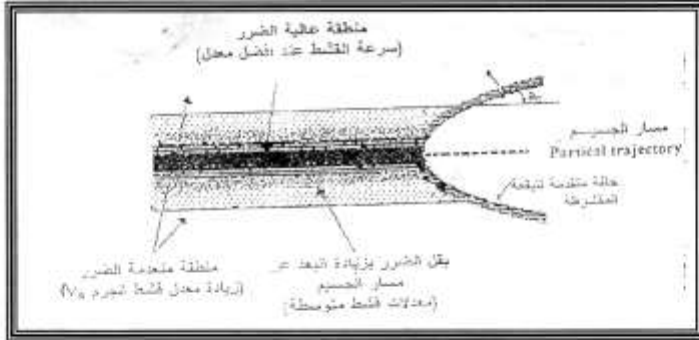
2 - 13 القشط الكيميائي Chemical Etching

ان مرور الجسيمات المؤينة خلال المواد العازلة يعمل على تكوين مسارات من التلف بحدود A° (30 - 100)^{98, 91} تسمى بالآثار المستترة ويمكن ملاحظة الآثار 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 الآثار المستترة ليست مستقرة تماما عند ملاحظتها بالمجهر الالكتروني النافذ⁹⁹ ولذلك استخدمت تقنية القشط الكيميائي (Chemical Etching Tech) على نطاق واسع لتكبير الآثار المستترة حيث يمكن عندئذ ملاحظتها تحت المجهر الضوئي (Optical Microscope) لان حجمها يكون قد كبر بمقدار 10^8 مرة بقدر حجمها الاصلي¹⁰⁰ ، 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 تأثير محلول القشط على منطقة متضررة¹⁰¹

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^{72, 76, 102} مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وهيدروكسيد الليثيوم (LiOH) وهيدروكسيد البوتاسيوم اما في الكواشف غير العضوية فغالبا ما تستخدم محاليل حامضية مثل المحلول المائي لحمض الهيدروفلوريك HF^{72, 76} .

تتأثر عملية القشط الكيميائي بعدد من العوامل أهمها 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

(2 - 14) هندسة الأثر Track Geometry

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على الشكل الهندسي للأثر المقشوط فإنه ولكي تظهر الآثار يجب أن يكون معدل القشط على طول الأثر V_T أكبر من معدل قشط سطح الكاشف V_B هذا بالنسبة للسقوط العمودي . أما عند السقوط المائل كذلك يجب أن تكون المركبة العمودية لـ V_T أكبر من V_B . ويبين الشكل (2 - 10) هندسة الأثر المقشوط لجسيمة ساقطة عمودياً 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 يعطى بالعلاقة :-

$$L = (V_T - V_B) \cdot t \quad \dots (2 - 29)$$

وكذلك قطر الأثر والذي يعطى بالعلاقة

$$D = 2V_B t (V_T - V_B / V_T + V_B)^{1/2} \quad \dots (2 - 30)$$

اما العامل الثالث فهو سمك الطبقة المزالة وتعطى بالعلاقة :

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

حيث $t =$ هو زمن القشط ، فإذا كانت $V_B = V_T$ فإن $L = D = 0$ ويبين الشكل (2 - 11) هندسة أثر مقشوط لجسيمة ساقطة بزواوية مائلة قدرها (Φ) ومن أجل ظهور الأثر في هذه الحالة فإنه يجب ان تكون المركبة العمودية لـ V_T اكبر من معدل القشط لسطح الكاشف V_B أي ان

$$V_T \sin \Phi > V_B \rightarrow \sin \Phi > V_B / V_T \quad \dots (2 - 32)$$

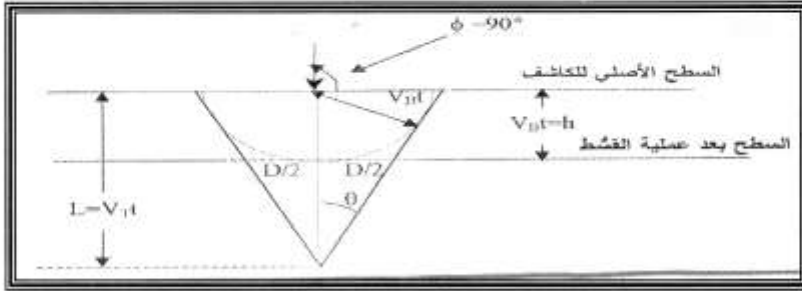
ويتضح من ذلك بان هناك زاوية حرجة للتسجيل ولا يمكن تسجيل الأثر القابل للقشط دونها . وبهذا يظهر عامل جديد ومهم وهو الزاوية الحرجة للكاشف (θ_C) فإذا كانت زاوية سقوط الجسيمة (Φ) اقل من الزاوية الحرجة فلا يمكن إظهار الأثر بعملية القشط عندئذ كما هو موضع في الشكل (2 - 12) والعلاقة الآتية تبين الزاوية الحرجة

$$\theta_C = \arcsin V_B / V_T \quad \dots (2 - 33)$$

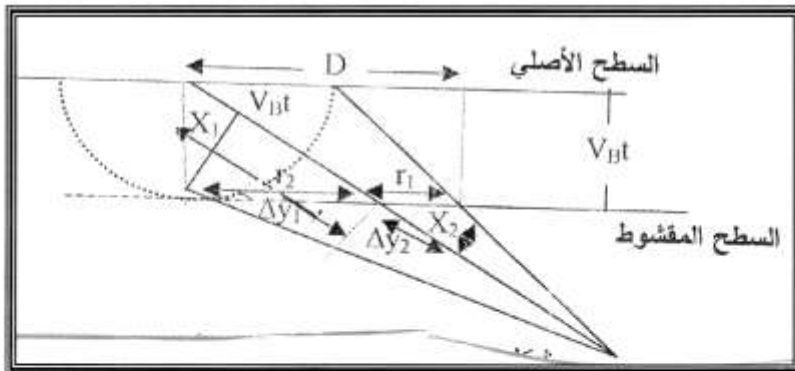
ويستفاد من العوامل السابقة وبالتالي من هندسة الأثر في معرفة هوية الجسيمات وكذلك طاقاتها ، إذ ان معظم الدراسات التي أجريت على كواشف الأثر تعتمد على هندسة الأثر فقد وجد بان الشكل الهندسي للأثر المقشوط يعتمد بصورة مباشرة على طاقة الجسيم ووزنه الذري وشحنته ^{105, 106, 107} وأول من نشر تقرير حول اعتماد قطر الأثر على طاقة الجسيم ونوعه الباحث (Somogyi 1973) ¹⁰⁶ وقد أوضح فيه إمكانية استخدام كواشف الأثر للحالة الصلبة للتعرف على نواتج التفاعلات النووية من خلال هندسة الأثر المقشوط . فعلى سبيل المثال فإنه يمكن تمييز اثار شظايا الأنشطار عن اثار جسيمات الفا من خلال الشكل الهندسي لكل منهما إذ 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 شظايا الأنشطار تظهر بسرعة وبوضوح عالي ويسبق ظهور اثار جسيمات الفا وكذلك يمكن التمييز بينها من خلال الفرق الكبير في قطر الأثره ، إذ

إن آثار السقوط العمودي لشظايا الإنشطار ذات قطر كبير جداً مقارنةً بقطر جسيمات الفا¹⁰⁸.

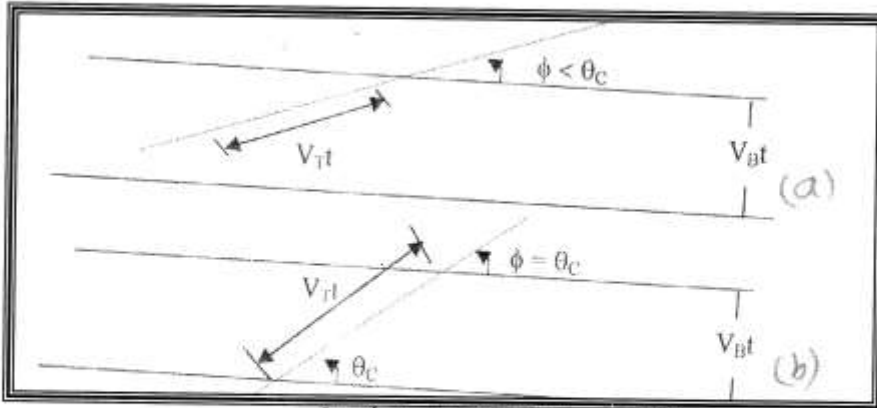
أما إذا كان السقوط غير عمودي فإن شظايا الأنشطار تكون على شكل إبري (needle-like) وتكون جسيمات الفا بيضوية قصيرة¹⁰⁸.



شكل (2 - 10) يوضح الشكل الهندسي لأثر السقوط العمودي¹⁰⁸



شكل (2 - 11) يوضح هندسة الأثر للسقوط المائل¹⁰⁸



شکل (2-12) يوضح السقوط المائل

a - بزواوية اقل من الزواوية الحرجة . b - بزواوية مساوية للزواوية 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:

1- الطور المخروطي (Conical Phase) :

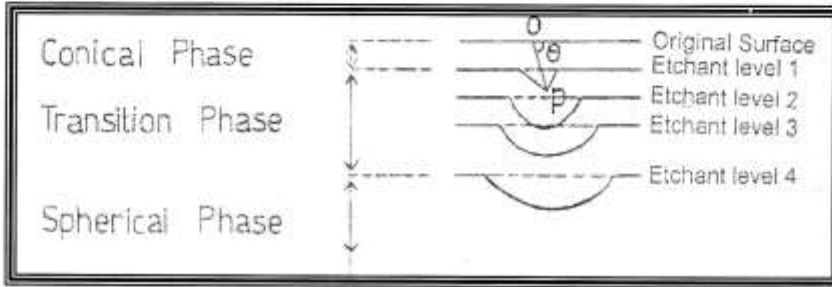
يستمر هذا الطور بينما ينزل المحلول الحافر من السطح الأصلي إلى المستوى (1) حتى يصل إلى النقطة (P) أي نهاية مدى الجسيم ، وخلالها يبقى الأثر المحفور مخروطيا وتكون فتحة السطح بيضوية .

2- الطور الأنتقالي (Transition Phase) :

وهنا يبدأ 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 يأخذ الأثر شكلا كرويا أكثر فأكثر .

٣- الطور الكروي (Spherical Phase) :

عندما يصل المحلول الحاضر إلى المستوى (4) يصبح الأثر (ويبقى هكذا للأبد) كروي تماما كما أصبح 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 بأنها النسبية بين عدد الأثار المقشوفة وعدد الجسيمات الساقطة ⁷²، وتتأثر كفاءة القشط بسرعة القشط العام على السطح V_B وسرعة القشط على طول الأثر V_T لذلك فإن 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 .

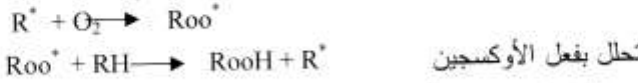
2 - 17 التأثيرات البيئية على القشط للأشعةEnvironmental Effects on the Track Etching

أولاً :- تأثير الأوكسجين :- Oxygen Effects

يتحد الأوكسجين مع الأيونات والجذور الحرة مانعاً إعادة اتحادها وحسب التفاعل المبين أدناه^{112, 113}



اتحاد الأوكسجين بمجموعة البوليمر المنار (الجذور الحرة)



من التفاعل نجد ان الأوكسجين يزيد من معدل إنتاج الجذور الحرة لذلك فهو يزيد من حساسية كاشف الأثر العضوي^{111, 114}.

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

ان تأثيرات الأشعة (U . V) على الكواشف العضوية وغير العضوية وخاصة في حالة الجرعة العالية وبوجود الهواء سواء كان ذلك قبل أو بعد التشعيع حيث يعمل على زيادة حساسية الكاشف وزيادة معدل القشط على طول الأثر^{115, 116}.

ثالثاً :- تأثير الأشعة المؤينة : Ionizing Radiation Effect

إن تعرض كواشف الأثر النووي لجرعات عالية من البروتونات أو الألكترونات أو أشعة كاما قبل أو بعد تعرضها للإشعاع يؤدي إلى حدوث نقصان في حساسية الكاشف كما وجد ان معدلات القشط V_F, V_B تزداد ولكن V_B تزداد بمعدل أعلى من V_F ^{115, 116}.

رابعاً :- تأثير الحرارة : Heating Effect

عند تعرض كواشف الأثر النووية إلى درجات حرارية عالية سواء كان ذلك قبل أو بعد التشعيع يعمل على تغيير خصائص الكاشف حيث يؤدي 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}

$V_X = A \exp(-E_X / K_T)$ - سرعة القشط على سطح الكاشف

V_B أو سرعة القشط على طول الأثر V_T .

A - ثابت يعتمد على نوع المادة .

E_X - 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 V_B ، وطول الأثر V_T تتأثر

بتغير تركيز المحلول القاشط وحسب العلاقة^{119, 121}

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

F_X - ثابت يعتمد على نوع المادة .

C - تركيز المحلول القاشط .

n - اس التركيز .

كما نجد من الضروري التذكير بمراعاة تجديد المحلول بين الحين والآخر ويرجع

السبب في ذلك إلى زيادة تركيز المحلول باستمرار بعملية القشط الأمر الذي يؤدي

إلى زيادة قيم معدلات القشط¹²² كما يفضل تحريك المحلول بين فترة وأخرى

أثناء عملية القشط للتخلص من تراكبات عملية القشط على سطح الكاشف وبالتالي

استمرار عملية القشط بكفاءة عالية⁹² .



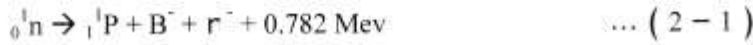
الفصل الثاني
أُجانب النظرِي

فيزياء النيوترون : Neutron Physics

2 - 1 النيوترون وخصائصه Neutron & characteristics

أنّ التفاعلات النووية Nuclear Reaction هي العمليات التي يطرأ فيها بعض التغيير في خواص النواة ومن دراسة التطبيقات العلمية لهذه التفاعلات النووية سواء حدثت نتيجة لقذف (Bombardment) النواة بجسيمة أو بأشعة كهرومغناطيسية أو كان هذا التغيير تلقائياً (Spontaneous) كما في النشاط الإشعاعي (Radioactivity) لذا تعد النيوترونات فئات فعالة لإجراء التفاعلات النووية في جسيمات متعادلة الشحنة ($Z = 0$)³⁹ .
تستطيع اجتياز الحاجز الكولومي دون ان تتأثر فيه لذلك فهي تتفاعل مع القوى وليس مع الألكترونات .

يكتسب النيوترون أهمية خاصة في دراسة تركيب النواة لأنه أحد مكوناتها ويتصرف كجسيم مستقراً عندما يكون داخل النواة إلا أنه عندما يكون حراً يتحول الى بروتون (P) وجسيمة بيتا السالبة (B^-) وضديد النترينو ($\bar{\nu}$) Antineutrino بعمر نصف (Half- life) مقداره (12.8) دقيقة حسب المعادلة الآتية :



ومن الخواص الأخر للنيوترون أن كتلته تقارب كتلة البروتون وتساوي ($1.67482 \cdot 10^{-24} \text{ gm}$)^{43, 42} وزخمة الزاوي الذاتي (البرم) $1/2 \text{ h Spin}$ حيث h هو ثابت بلانك مقسوما على 2π ان الطول الموجي المرافق للنيوترون المتحرك يعتمد على طاقته وحسب العلاقة الآتية⁴⁴ .

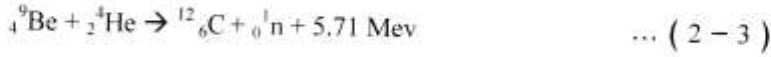
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE}} \quad \dots (2-2)$$

$h =$ ثابت بلانك ومقداره $6.62 \cdot 10^{-31} \text{ J} \cdot \text{sec}$. $p =$ زخم النيوترون .

$m =$ كتلة النيوترون . $E =$ الطاقة الحركية للنيوترون .

(2 - 2) **اكتشاف النيوترون Neutron Discover**

لقد بين العالم جيمس جادويك (James Chadwick) سنة (1932)⁴⁵ أن الشعاع الخارج من البريليوم المقصوف بدقائق الفا له قدرة كبيرة على الاختراق وله القابلية على تحرير بروتونات سريعة في المواد الهيدروجينية مثل البرافين وعدم قدرة هذه الأشعة على التاين المباشر يؤكد أنها لا شحنة لها وقد سميت بالنيوترونات وتظهر حسب التفاعل الآتي^{46, 47}



(3 - 2) **تصنيف النيوترونات (Classification of Neutrons)**

بسبب تعادل شحنة النيوترونات لذا يمكن استخدام النيوترونات الطليقة في التفاعلات النووية بكل الطاقات من قيم واطنة جداً إلى قيم عالية جداً ويمكن تصنيفها حسب طاقتها وكما يأتي⁴⁸

أولاً : النيوترونات الباردة Cold Neutrons $E_n = 0.0002 \text{ ev}$

ثانياً : النيوترونات الحرارية Thermal Neutrons $0.0002 < E_n < 0.1 \text{ ev}$

ثالثاً : النيوترونات فوق الحرارية Epithermal Neutrons $E_n \approx 0.5 \text{ ev}$

رابعاً : النيوترونات الرنينية Resonance Neutrons $E_n = 1 - 100 \text{ ev}$

خامساً : النيوترونات البطيئة Slow Neutrons $E_n = 100 - 1000 \text{ ev}$

سادساً : النيوترونات متوسطة الطاقة Intermediate Neutrons $E_n = 1 \text{ Kev} - 0.5 \text{ Mev}$

سابعاً : النيوترونات السريعة Fast Neutrons $E_n = 0.5 - 10 \text{ Mev}$

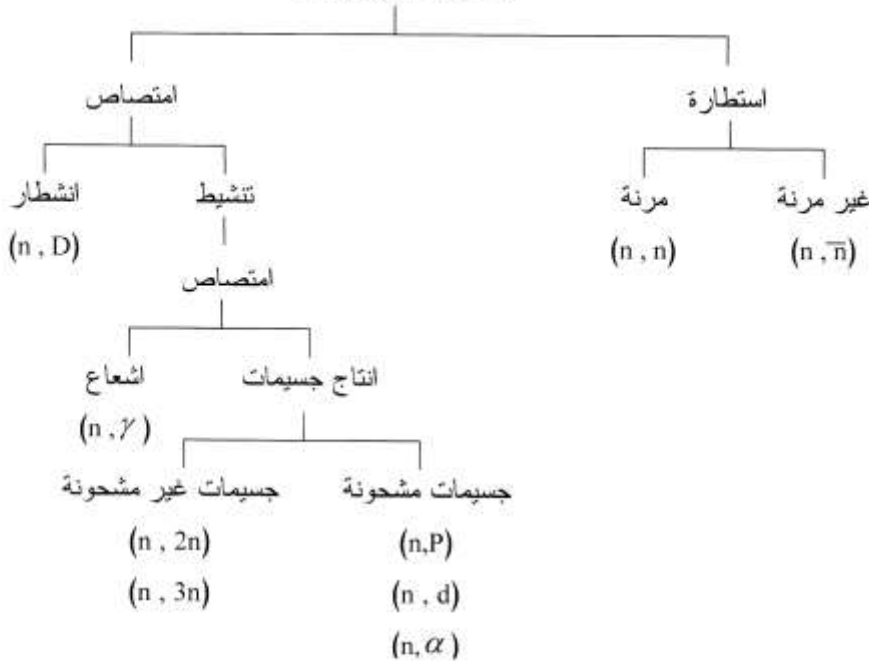
ثامناً : نيوترونات عالية الطاقة High Energy Neutrons $E_n = 10 - 200 \text{ Mev}$

تاسعاً : نيوترونات فائقة الطاقة Ultra High Energy Neutrons $E_n > 200 \text{ Mev}$

(2 - 4) تفاعل النيوترونات مع المادة Interaction OF Neutrons With Matter

النيوترونات جسيمات متعادلة الشحنة والتأثيرات التي تحدثها عند تفاعلها مع المواد تختلف عن التأثيرات التي تحدثها الجسيمات المشحونة كجسيمات ألفا وبيتا وعن تأثيرات أشعة كاما لأن لها القابلية على إختراق الغيمة الألكترونية (electron cloud) والوصول إلى النواة ونتيجة للتفاعل بين النيوترون والمادة ، فإما أن يحدث امتصاص للنيوترون من قبل النواة أو يتغير اتجاه النيوترون ، وبصورة عامة تصنف تفاعلات النيوترون مع المادة بالشكل الآتي ^{50, 49}

تفاعلات النيوترونات



شكل (2 - 1) يوضح تفاعلات النيوترونات مع المادة ^{50, 49}

أولا :- تفاعلات الإستطارة Scattering Reactions

وتقسم إلى :-

أ- تفاعلات الإستطارة المرنة (n , n) Elastic Scattering Reactions

إذا اصطدم نيوترون بطاقة حركية (E) مع نواة هدف ساكنة عدد كتلتها (A) فإنه يستطير بزاوية (θ) مع إهمال طاقة ارتداد نواة الهدف بسبب صغرها وفي هذا التفاعل يبقى مجموع الطاقة الحركية محفوظا ، وتحسب طاقة النوترون المستطار (E⁺) بإحداثيات مركز الثقل أو المختبر (C . M . System) من العلاقة الآتية ⁵¹ :

$$E^+ = E \left[\frac{A^2 + 2A \cos \theta + 1}{(A+1)^2} \right] \quad \dots (2-4)$$

ففي حالة إستطارة النوترون إلى الأمام $\theta = 0$ ، $E^+ = E$ أي ان طاقة النوترون المستطار تعادل طاقة النوترون الساقط (عدم فقدان في طاقة النوترون المستطار) .

اما اذا كانت زاوية الإستطارة للنوترون $\theta = \pi$ فإنه يعني أعظم فقدان في الطاقة .

$$\theta = \pi E^- \rightarrow E \min \frac{E \min}{E} = \left(\frac{A-1}{A+1} \right)^2 \quad \dots 2-5$$

أي ان طاقة النوترون المستطار تعتمد على عدد كتلة لنواة الهدف . فكلما قل عدد كتلته تزداد الطاقة المفقودة فمثلا عند تصادم نيوترون مع نواة ذرة الهيدروجين (A = 1) يفقد النوترون طاقته جميعا في تصادم واحد ، وهذا يفسر استخدام ذرات النوى الخفيفة وبشكل خاص (الهيدروجين والكاربون) في تهديئة النوترونات السريعة .

ب- تفاعلات الإستطارة غير المرنة (n , n^{*}) Inelastic Scattering Reactions ⁵²

يحدث تفاعل الإستطارة غير المرنة عندما تكون طاقة النوترون En كافية لرفع النواة إلى مستوى أعلى من المستوى الأرضي وليكن المستوى المتتهيج الأول.

إن النواة المثيجة قد تعود إلى المستوى الأرضي يبعث واحد أو أكثر من أشعة كما وقد تبعث نيوترونا بحيث طاقة النترون المستطار E_n هي الفرق بين طاقة النترون الساقط وطاقة المستوى المثيج الأول E_1 أي انه

$$E_n^* = E_n - E_1 \quad \dots\dots\dots (2 - 6)$$

تكون الجسيمات الداخلة والنااتجة عن الاستطارة غير المرنة متشابهة إلا أن النواة الناتجة تكون في المستوى المثيج ، فمثلا :-



أما الطاقة الحركية للجسيمات الناتجة فتكون أقل من الطاقة الحركية الكلية للجسيمات الداخلة بمقدار طاقة تهيج النواة الناتجة .

لا تحدث الأستطارة غير المرنة عادة ما لم يمتلك النترون الساقط (القاصفة) طاقة أعلى من طاقة مستوى التهيج لنواة الهدف ، وتدعى هذه الطاقة بطاقة العتبة ⁵³ .

$$E_{Th} = E_{ex} \left(\frac{A+1}{A} \right) \quad \dots\dots\dots (2 - 8)$$

حيث أن Eth طاقة العتبة Threshold Energy

و Eex طاقة مستوى التهيج Excitation Level Energy

ثانياً : تفاعلات الإمتصاص ⁵⁴ Absorption Reactions

تختفي النترونات القاصفة في هذه التفاعلات بسبب إمتصاصها من قبل نواة الهدف مولدة (نواة مركبة) التي تتحل فيما بعد لتعطي أما جسيما ونواة جديدة أو تطلق أشعة كما وتعود إلى المستوى الأرضي .
وتشمل تفاعلات الامتصاص ما يأتي :-

١- تفاعلات التنشيط النتروني : ⁵⁵ Neutron Activation Reactions

تمتلك النويات في داخل النواة طاقة حركية وطاقة كامنة تعتمد قيمة كل منها على مستوى الطاقة الذي تشغله النويات ، وعندما تكون النواة بحالتها الطبيعية المستقرة فإن مجموع طاقات نوياتها يمثل طاقة المستوى الأرضي للنواة . فإذا قصفت النواة بنترون أو إمتصته تسبب في تنشيطها بان يرفع

مستوى طاقتها من المستوى الارضي إلى مستويات متهيجة أعلى اعتماداً على طاقة النيوترون وطبيعة مادة الهدف .
تقسم تفاعلات التنشيط النيوتروني إلى عدة أنواع :-

أ- تفاعلات الأسر النيوتروني (n, γ) : Neutron Capture Reactions

يؤسر النيوترون القاصف في هذا التفاعل من قبل نواة الهدف وتتكون نواة مركبة في مستوى تهيج عال ، يعقبه أنبعاث واحد أو أكثر من فوتونات أشعة كاما .



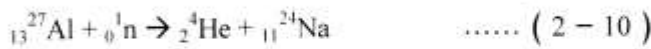
وهذه التفاعلات هي الأكثر شيوعاً ، إذ تحدث في معظم النضائر وباحتمالات مختلفة ، تكون احتمالية حدوث هذا التفاعل في حالة النيوترونات الحرارية أكبر .

ب- تفاعلات إنتاج الجسيمات Particles Production Reactions

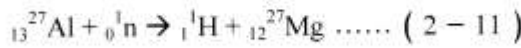
وتقسم إلى :-

A - تفاعل إنتاج الجسيمات المشحونة (n, α) و (n, p) و (n, d) و (n, t)

باستخدام طاقات مختلفة للنيوترونات يمكن الحصول على بروتونات خارجة أو جسيمة الفا أو أي جسيمة اخرى . ففي حالة تفاعل النيوترونات الحرارية مع النوى الخفيفة تنبعث أشعة الفا كما في التفاعل الآتي⁵⁶



اما عند تفاعل النيوترونات السريعة مع النوى الخفيفة تنبعث جسيمات مثل (p أو d) التي حصلت على كفايتها من طاقة الانحلال كما في التفاعل الآتي :



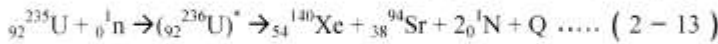
B - تفاعلات إنتاج الجسيمات المتعادلة (n , 2n) و (n , 3n)

لحدوث مثل هذا التفاعل فإن النيوترون الساقط يجب أن يمتلك طاقة حركية أعلى من طاقة ترابط النيوترون مع أعلى مستوى للطاقة في نواة الهدف لتجعل عملية انبعاث النيوترونات ممكنة ، بزيادة طاقة النيوترون يستمر التفاعل (n , 2n) بإنتاج عال حتى تصبح الطاقة لحدوث تفاعل (n , 3n) مثلا ⁵⁷ -:



٢- تفاعلات الانشطار (n , F) Fission Reaction :

في تفاعلات الانشطار النووي تمتص نواة الهدف النيوترونات مكونة نواة مركبة غير مستقرة تنشط بعدها إلى نواتين متقاربتين في الكتلة مع انبعاث نيوترونين أو ثلاثة وأشعة كاما . ويعزى سبب تعدد الطرائق إلى وجود مستويات طاقة متقاربة ومتعددة حيث يتاح لكل نواة إعادة ترتيب مكوناتها حسب ما اكتسبه من طاقة ⁵⁸



ويتم انشطار النوى اما بالنيوترونات السريعة أو البطيئة .

(5 - 2) المصادر النيوترونية : Neutron Sources

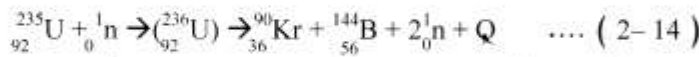
لما كانت النيوترونات من الجسيمات الأساسية في عملية التنشيط فلا بد من معرفة المصادر المختلفة التي يمكن من خلالها الحصول على النيوترونات ومن أهم المصادر :

(1 - 5 - 2) المفاعل النووي : Nuclear Reactor ⁴⁸

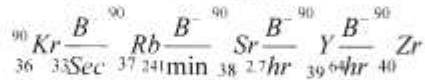
يعد المفاعل النووي من المصادر النيوترونية المهمة في البحوث العلمية وهي الأكثر استعمالاً في مجال التحليل بالتنشيط النيوتروني وذلك لا حوائه على فيض نيوتروني عال بحدود ($10^{14} \text{ n / cm}^2 \cdot \text{Sec}$) وبمختلف طاقات النيوترونات الحرارية والرنينية والسريعة . وبطاقات ذات مدى واسع (من 0.025ev إلى 15Mev) حيث تتحرر طاقة كبيرة عند حدوث عملية الانشطار النووي .

الوقود الأكثر استخداما في المفاعل هو نظير اليورانيوم 235 وكذلك يستخدم نظير الثوريوم (Th - 233) ونظير البلوتونيوم (pu - 239) كوقود نووي .
تنشط نوى (U - 235) منتجة حوالي (2 - 3) نيوترون لكل نواة ونتيجة لذلك نحصل على نيوترونات بطيف ذي مدى واسع من الطاقات يتراوح بين (0.001ev - 20mev)⁵⁹ .

يتم قصف نظير اليورانيوم (U - 235) بنيوترونات من مصدر نيوتروني (γ , n) مثل (¹²⁴Sb - Be) يوجد بالقرب من قلب المفاعل الذي يكون فيه (U - 235) على أشكال مختلفة فينشطر نظير اليورانيوم إلى كتلتين متقاربتين مع عدد من النيوترونات التي يدورما تقصف نوى اخرى لنظير اليورانيوم ويبدأ التفاعل المتسلسل وتخرج من كل عملية انشطار نيوترونات اخرى كما في المعادلة :



يشمل الانحلال الإشعاعي إنبعثات عديدة لجسيمات بيتا وأشعة كاما المتأخرة تؤدي إلى تحويل شظايا الأنشطار إلى أشكالها المستقرة .



تتهدا النيوترونات السريعة عادة بالماء لأن الماء يحول النيوترونات السريعة إلى نيوترونات حرارية بعد عدة تصادمات مع ذرات الهيدروجين ، كما يعد الماء عاكس للنيوترونات المتسربة من قلب المفاعل واعادتها مرة اخرى ويععد الماء موصلا جيدا للحرارة يعمل على تبريد قلب المفاعل وكترع واق من الاشعاع⁶⁰ .

2 - 5 - 2 مصادر الأنشطار التلقائي : Spontaneous Fission Sources

تضمحل بعض النوى الثقيلة تلقائيا مثل (²⁵³CF) باعثة جسيمات الفا بنسبة (96.908%) وتنشط تلقائيا بنسبة (3.0092%) باطلاق ثلاث نيوترونات لكل حالة انشطار بعمر نصف مقداره (2 + 65 Years) وبمعدل طاقة (2 Mev) وتعطي مثل هذه النويدات حاصلا نيوترونيا يصل (2.4*10⁹ n / s . m g)^{61, 62}

2 - 5 - 3 المصادر النيوترونية النظائرية Isotopic Neutron Sources

تعد المصادر النيوترونية 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 النيوترونية فهي خليط من مواد مشعة مناسبة مع عناصر خفيفة مثل البريليوم أو البورون وتولد النيوترونات من العمليات (γ, n) أو (α, n)³⁹ . أما عيوب هذه المصادر فيتمثل بوطا عتي فيضها النيوتروني مقارنة مع المفاعلات النووية .

هناك نوع آخر من المصادر النيوترونية النظائرية تتكون من مسحوق العناصر الثقيلة التي تبعث النيوترونات بطريقة الانشطار التلقائي لجزء من المسحوق⁶³ .

وفيما يأتي بعض أنواع المصادر النيوترونية النظائرية :-

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

تتكون هذه المصادر من مزيج من مادتين الأولى ذات نوى خفيفة مثل

(${}^9_4\text{Be}$) والاخرى من نوى ثقيلة باعثة لجسيمات الفا والجدول

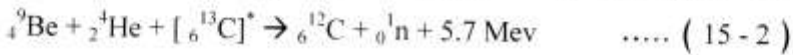
يوضح ذلك⁶⁴

جدول (2 - 1) يوضح مصادر (α, n)⁶⁴

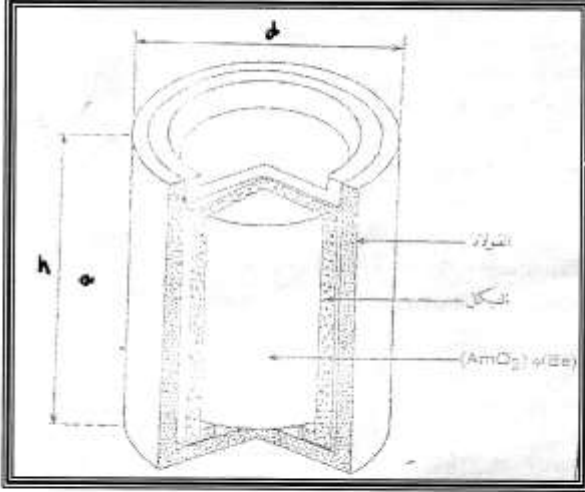
Nuclide	Target	Half-life	Neutron Flux n/cm ² . Sec
²²⁷ Ac	Be	21.8 years	1.5 * 10 ⁷
²²⁶ Ra	Be	1602 years	1.3 * 10 ⁷
^{228Th}	Be	1.9 years	2 * 10 ⁷
²³⁸ Pu	Be	87.7 years	2.2 * 10 ⁶
²⁴¹ Am	Be	458 years	2.2 * 10 ⁶
²⁴² Cm	Be	16.3 days	2.5 * 10 ⁶

ومن مصادر التفاعل (α, n) المستعملة بصورة واسعة هو مصدر ²⁴¹Am

Be - الذي يولد نيوترونات على وفق التفاعل التالي



ويعد المصدر $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ أكثر ملائمة بالنسبة للأنواع المختلفة لمصادر التفاعل (α, n) لأنه يمتلك نصف عمر طويل جداً مقداره (4958 Years) وطاقة كما قليلة وطاقة نوترونات ناتجة بحدود $(4 \rightarrow 8) \text{Mev}$ والشكل (2-2) يوضح تركيب مصدر التفاعل $^{64}(\alpha, n)$.

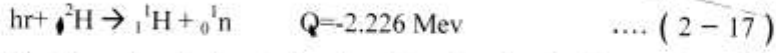


الشكل (2-2) يوضح تركيب مصدر التفاعل $^{64}(\alpha, n)$

ثانياً : مصادر تفاعل (γ, n) :- (Gamma-neutron) in teraction Sources

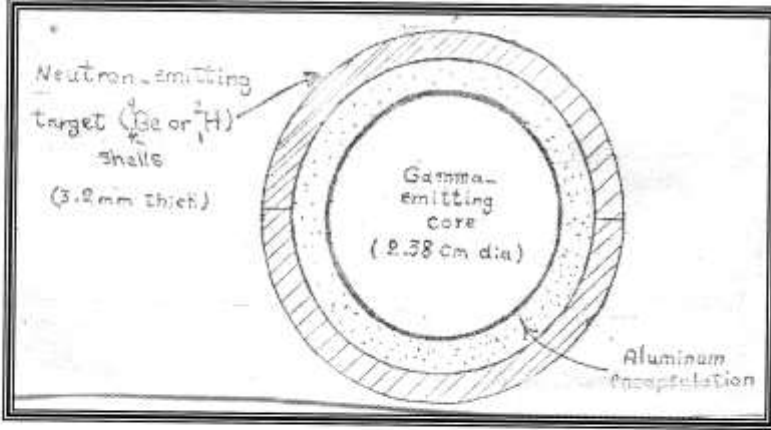
من المصادر النوترونية النظائرية المصادر الناتجة عن التفاعل (γ, n) ولذا تسمى بالمصادر الفوتونوترونية .

بصورة عامة لا بد إن تكون طاقة تهيج نواة الهدف عند إمتصاصها لفوتون أشعة كما تكفي لإنبعاث نيوترون حر من تلك النواة . عند خلط بواعث أشعة كما ذوات الطاقة العالية مع أهداف مناسبة تُحصل على مصادر نيوترونية . إن طاقة ترابط النوترون مع نوى الهدف مثل $(^4\text{Be}^2\text{H})$ قليلة جداً لذلك فإن من الممكن إنبعاث النوترونات بعد امتصاص فوتونات أشعة كما ذات الطاقة اللازمة . وتعتمد هذه المصادر على احد التفاعلين الآتيين⁶⁵



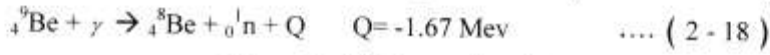
إن عمر النصف لهذه المصادر يكون قصيرا ، وتصنع هذه المصادر عادة بأحاطة بواعث أشعة كاما بطبقة سميكة مع ${}^9\text{Be}$ أو ${}^2\text{H}$.

الشكل (2 - 3) يوضح تركيب مصدر التفاعل (γ, n) الدائري ⁶⁴



الشكل (2 - 3) يوضح تركيب مصدر التفاعل (γ, n) الدائري ⁶⁴

ويمكن الحصول على مثل هذه المصادر من خلط نويدات أو نظائر بأعثة (Radio nuclides) لأشعة كاما مع عنصر البريليوم كما في التفاعل



تكون طاقة النيوترونات المتولدة من هذه المصادر واطئة

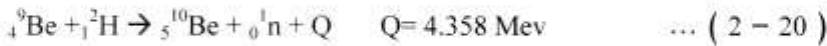
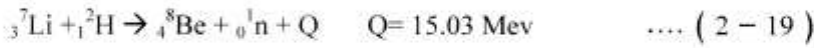
والجدول (2 - 2) يوضح هذه المصادر ⁶⁶ .

جدول (2- 2) يوضح مصادر مصادر (γ, n) .

Nuclide	Target	Half-life	E_γ (Mev)	E_n (Mev)	Approximate yeild 10^4 n/Sec
^{24}Na	Be	15.0 h	2.75	0.2	14
^{56}Mn	Be	2.6 h	several	0.2	3
^{72}Ge	Be	14.1 h	Several	0.2	6
^{88}Y	Be	10.8 d	0.9, 1.8	0.16	10
^{124}Sb	Be	60.4 d	1.7	0.2	19
^{140}La	Be	40.2 h	1.6, 2.5	0.6	0.2

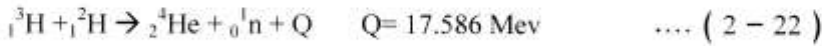
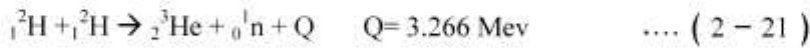
(2 - 5 - 4) المعجلات والمولدات : Accelerators & Generators

أساس عمل المعجلات هو تعجيل دقائق مشحونة أو نوى عناصر خفيفة أو ثقيلة لقصف نواة عنصر آخر حيث يؤدي إلى الحصول على نيوترونات بطاقات مختلفة ومثال ذلك في المعادلتين الاتيين⁶⁷



مثل معجلات فانديكراف والسايبكوترون وغيرها .

أما بالنسبة للمولدات فيتم قصف الهدف بالديتروونات (D) أو التتروونات (T) وحسب التفاعلين الاتيين^{68, 69}



تحسب طاقة النيوترون من فرق الكتل النووية المتفاعلة والناجمة وترتبط طاقة النيوترون مع قيمة Q بالعلاقة⁷⁰

$$En = \frac{Mr}{Mz} Q \quad \dots (2-23)$$

Mr = كتلة النواة الناتجة .

Mz = كتلة النواة المركبة .

(2 - 6) **المقاطع العرضية للنيوترونات : Neutrons Cross Sections**

المقطع العرضي (σ) هو مقياس لإحتمالية حدوث التفاعل بين الجسيم القاصف والهدف وتعتمد هذه الاحتمالية على القوى المؤثرة بين الجسمين ⁷¹ ، فعند مرور النيوترونات في المواد فإنها تعاني تفاعلات استطارة وامتصاص لذا فالمقطع العرضي المجهري هو حاصل جمع المقطع العرضي للاستطارة والمقطع العرضي المجهري للامتصاص .

ويعد البارن وحدة قياس المقطع العرضي حيث $1\text{barn} = 10^{-24}\text{Cm}^2$

أولا : **المقطع العرضي لاستطارة النيوترونات : Neutrons Scattering C . S ⁴⁸**

يشمل المقطع العرضي لاستطارة كل من المقطع العرضي للاستطارة المرنة (σ_{el}) والمقطع العرضي لاستطارة اللامرنة (σ_{inel}) وعليه يكون .

$$\sigma_{Sc} = \sigma_{el} + \sigma_{inel} \quad \dots (2 - 24)$$

ثانيا : **المقطع العرضي للامتصاص Absorption Cross Section**

تحدث تفاعلات امتصاص النيوترونات عندما تحتفظ نوى الهدف بالنيوترون الساقط عليها وتنتقل إلى حالة التهييج والتي لا تثبت أن تعود إلى حالة الإستقرار عن طريق انبعاث أشعة كما عندما تكون طاقة النيوترون الساقط قليلة أو عن طريق انبعاث جسيمات الفا أو البروتونات عندما تكون طاقة النيوترونات الساقطة عالية فيكون المقطع العرضي للامتصاص يساوي مجموع المقاطع لتفاعلات الامتصاص الممكنة أي أن

$$\sigma_a = \sigma(n, \alpha) + \sigma(n, p) + \sigma(n, f) + \sigma(n, \gamma) \quad \dots (2 - 25)$$

ويعبر عن المقطع العرضي الكلي حسب العلاقة

$$\sigma_T = \sigma_{sc} + \sigma_a \quad \dots (2 - 26)$$

(2 - 7) كواشف الأثر النووي للحالة الصلبة

(Solid State Nuclear Track Detectors) (SSNTDS)

(2 - 7 - 1) نبذة تاريخية

بعد إكتشاف كواشف الأثر النووي للحالة الصلبة (SSNTDS) من الاكتشافات المهمة والتي يتم تسجيل آثار شظايا الأنشطة الناتجة من تفاعل ^{238}U (n , F) وذلك بقصف نظير اليورانيوم ^{238}U بالنيوترونات السريعة . ولذلك حظيت كواشف الأثر النووي باهتمام العديد من الباحثين لما تمتلكه من صفات عملية دخلت بها في الكثير من التطبيقات وفي مختلف المجالات ، حيث استخدمت في الفيزياء النووية (Nuclear Physics) وفيزياء الفضاء (space Physics) ، وعلم الأرض وعلم الآثار (Archaeology) ⁷² .

لقد تطورت في السنوات الأخيرة ، والتي يمكن اعتبارها الفرد الأخير من عائلة كواشف الآثار النووية ، خلال النصف الثاني من القرن السابق تم إيجاد تقنية بسيطة جدا للكشف عن مواقع إصطدام الجسيمات بالعوازل (Insulators) والتي تم وصفها من قبل العالم Young لأول مرة عام 1958 حينما كان يعمل في مختبرات الطاقة الذرية البريطانية حيث اكتشف وباستخدام المجهر الضوئي ان بلورة فلوريد الليثيوم (LiF) اذا وضعت بتماس مع رقائق اليورانيوم وعرضت للنيوترونات الحرارية فإن عدد من الحفر (Pits) سوف تظهر على سطح البلورة بعد معاملتها كيميائياً بمزيج من حامض الهيدروفلوريك وحامض الخليك ⁷³ .

في عام 1959 لاحظ العالمان (Silk & Barnes) ⁷⁴ آثار شظايا الأنشطة التلقائي لليورانيوم (^{238}U) في صفائح المايكا الرقيقة باستخدام المجهر الإلكتروني النفاذ . (TEM)

وفي عام 1962 قام كل من (Price & Walker) بدراسة تسجيل الآثار ، ثم اتبعهم بعد ذلك (Fleischer & Price) بدراسة الآثار عام (1963) ثم بعد ذلك (Price , Fleischer & Walker) عام (1965) حيث تم ملاحظة آثار الجسيمات

في بعض المواد العازلة ومن ضمنها بعض المعادن . والزجاج والبوليموات ⁷⁵ . وكل واحد منهم يعد رائداً وله دوراً في هذا الجيل من الكواشف المسماة كواشف الأثر النووي ومختصر (SSNTDS) والذي أطلقه العالم الأمريكي (Fleischer) وفريقه عام (1964) ⁷⁶ حيث عمت هذه الظاهرة لتشمل جميع العوازل الأخرى ، إن ظاهرة تكون الأثر في هذه الكواشف يعتمد على انحلال طاقة الجسيمات النووية في أثناء عملية التصادم الذرية عند مرورها خلال مادة الكاشف وبهذا فلن هذه الجسيمات الساقطة تترك أثراً عند مرورها خلال الكاشف ولذلك يعبر عنها خفياً من العيوب المستقرة (Stable defects) والتي يطلق عليها الأثر النووي الخفية ⁷⁷ .

2 - 7 - 2 تعريف كواشف الأثر النووي للحالة الصلبة (SSNTDS) ⁷⁹

إن كواشف الأثر النووي للحالة الصلبة عبارة عن مواد عازلة كهربائياً بمقدورها تسجيل آثار ضرر الإشعاع والاحتفاظ بمسارات التلف الناتج من اختراق الجسيمات المؤينة لها تعد مسارات التلف آثاراً تدل على نوع وطاقة الجسيم الساقط ⁸⁰ . أما بالنسبة للمعادن أو المواد شبه الموصلة التي تكون مقاومتها النوعية أقل من ($2 \times 10^5 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$) لا يمكنها الاحتفاظ بمسارات التلف الإشعاعي لوفرة الإلكترونات فيها ⁸¹ .

جدول (2 - 3) يبين العلاقة بين تكوين الاثار والمقاومة النوعية للمادة ⁸¹

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

(2 - 8) تصنيف كواشف الاثر النووي للحالة الصلبة :-

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

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

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

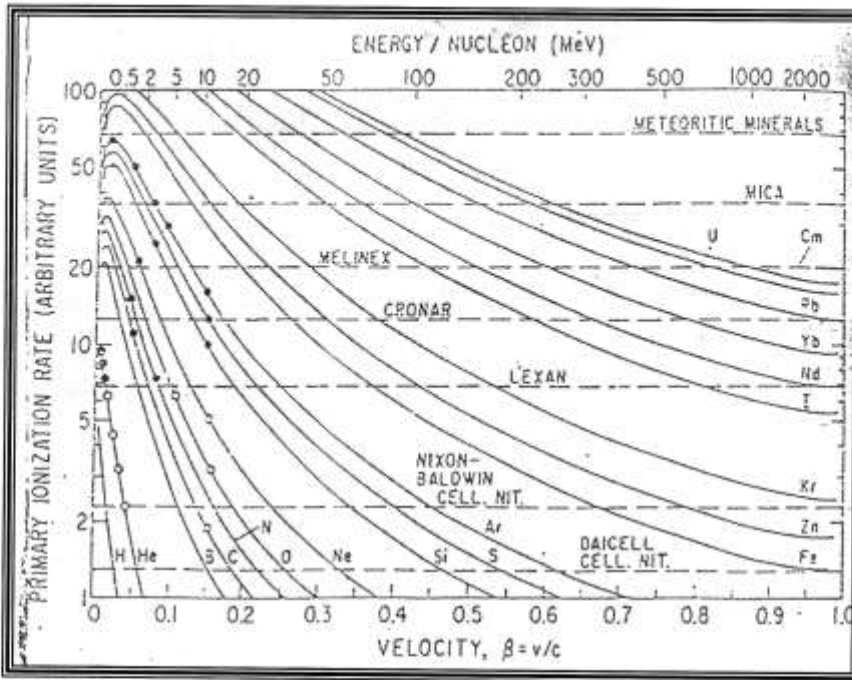
وهي الكواشف التي يدخل الكربون والهيدروجين في تركيب مادتها ، مثل اللدائن (المواد البلاستيكية بكل انواعها) اللكسان و الماكروفييل) ونترات السليولوز بكل انواعه (CA - 80 - 15 و CN - 85 و LR - 115) وكاشف PM - 355 CR - 39 ، وغيرها ⁷².

تعد الكواشف العضوية أكثر تحسنا من الكواشف غير العضوية ، يبين الجدول (2 - 4) حساسية بعض الكواشف العضوية لايونات الثقيلة والخفيفة على عكس الكواشف غير العضوية التي تتحسس الايونات الثقيلة فقط ⁷⁶ .
جدول (2 - 4) أنواع الكواشف والجسيمات المؤينة وطاقتها التي يمكن تحسنها ⁷⁶ .

الايون وطاقته الممكن تسجيلها	التركيب الجزيئي	الكاشف	
100 Mev ⁵⁶ Fe	Mg Fe SiO ₄	الزبرجد olivine	كواشف الأثر غير العضوية Inorganic Detectors
4Mev ²⁸ Si	Na ₄ Ca AL ₆ Si ₁₄ O ₄₀	سيليكات البوتاسيوم والألومنيوم oliyoclase	
100 Mev ⁴⁰ Ar	SiO ₂	الكوارتز Quarts	
16 Mev ⁴⁰ Ar	SiO ₂	Silica Glass السليكا	
20 Mev ²⁰ Ne	23 SiO ₂ ; 5 Na ₂ o; 5CaO : AL ₂ O ₃	الزجاج العادي sodalime Glass	
2Mev ²⁰ Ne	Kal ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	المايكا Mu SCOVite Mica	
شظايا الأستطار Fission Fregments	= CH ₂	البوليثلين	كواشف الأثر العضوية organic Detectors
3Mev ⁴ He	C ₂ H ₈ O ₂	بنكسكلاس Plexiglass	
0.3Mev ⁴ He	C ₁₆ H ₁₄ O ₃	اللكسان والماكروفيل Laxan , Makrofel	
0.55Mev ² H	C ₆ H ₈ O ₉ N ₂	نترات السيليلوز Cellulose Nitrate	

(2 - 9) **طاقة العتبة للأثر Track Threshold Energy**

يمكن تعريف طاقة العتبة للأثر على أنها أقل طاقة تأين ابتدائية Primary Ionization لازمة لإحداث أثر قابل للقسط الكيميائي⁸². تختلف طاقة العتبة اللازمة لأحداث تلف Damage في مادة الكاشف باختلاف الجسيمات المؤينة الساقطة واختلاف الكواشف⁸³ يبين الشكل (2 - 4) منحنيات التلف الإشعاعي الذي تسببه الأيونات المختلفة كدالة إلى سرعتها ، وتحدد طاقة العتبة للكاشف عند التقاء الخطوط المنقطعة بالمنحنيات المميزة للجسيمات المؤينة⁸⁴.



شكل (2 - 4) تغير معدل التأين الابتدائي (دالة التلف الإشعاعي) بتغير السرعة النسبية أو الطاقة النوعية للجسيمات الساقطة والخط المنقط الأفقي يمثل حد العتبة⁸⁴.

إن عتبة كثافة الضرر لجميع كواشف الأثر تكون أعلى من الطاقة النوعية المفقودة للالكترونات لذا فهي غير حساسة للالكترونات السريعة وأشعة كاما ، بالإضافة إلى ذلك فإن معظم كواشف الأثر النووي لا تستجيب 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 عالية⁸⁴.

(2-10) خصائص كواشف الأثر النووية للحالة الصلبة

(SSNTDS) (Properties Of Solid State Nuclear Track Detectors)

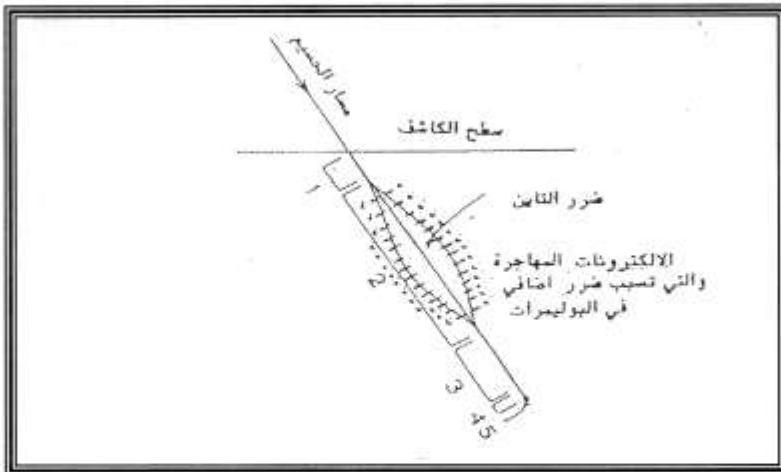
إن الكواشف للأثر النووي تمتاز بخواص فريدة ونادرة ونظراً لما تمتلكه من مرونة وكفاءة عاليتين فقد حلت محل الأنواع الأخرى من الكواشف في كثير من المجالات أنها تمتاز بمواصفات عديدة هي :

- 1- رخيصة التكلفة ، سهلة الاستخدام لا تتطلب أجهزة إلكترونية⁷².
 - 2 - بعد تعرضها للإشعاع تصبح غير مترابطة المقطع بسبب تكسر الأوصال الكيميائية⁸⁵.
 - 3 - تقيس مستويات واطئة من الإشعاع النووي عن طريق تجميع الآثار لفترات زمنية طويلة⁸⁶.
 - 4 - غير حساسة لأشعة كاما وبيتا والنيوترونات⁷²⁻⁸⁷.
 - 5 - لها القدرة على الاحتفاظ بتسجيلها بعد انتهاء القراءة⁸⁸.
 - 6 - لا تتأثر بالضوء أو بدرجات الحرارة المعتدلة أو الرطوبة⁸².
 - 7 - يمكن إظهار الآثار المستترة المسلحة عليها بعمليات القشط الكيميائي⁸⁹.
- بالإضافة إلى ذلك تمتاز الكواشف البوليمرية بالخصائص التالية :-
- 1 - حساسيتها العالية للإشعاع⁹⁰.
 - 2 - ذات شفافية بصرية عالية⁸⁰.
 - 3 - عالية التناظر والتجانس⁹¹.
 - 4 - لا تنوب في محاليل القشط الكيميائية ، حيث تعمل محاليل القشط على تحلل السلسلة البوليمرية من خلال تقليل سمكها بعملية القشط⁹².

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

عند سقوط جسيمة مشحونة على مادة صلبة عازلة فان هناك خمسة مراحل متعاقبة⁸² 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 للأيون .
- ٣- المنطقة الأساسية للضرر القابل للقشط وتنتهي هذه المنطقة عندما يبدأ الجسيم باكتساب الألكترونات ويتباطأ 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 الساقط⁸² .

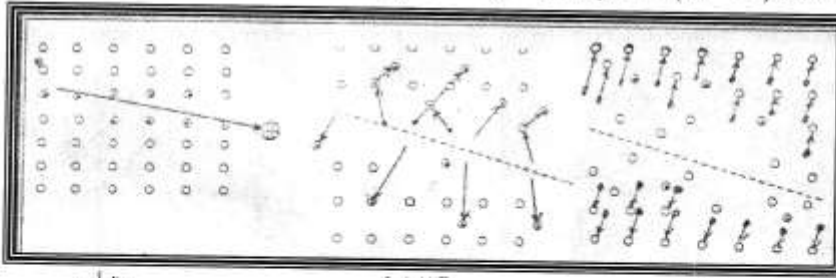


شكل (2 - 5) يبين المراحل المختلفة لتكون أثر الجسيم المشحون في مادة الكاشف⁸²

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 الاساسية مع المرحلة (الخامسة) .

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

هناك العديد من الاثباتات العلمية⁷⁶ التي تشير بان هناك اثنين من الميكانيكيات التي يمكن قبولها في تفسير تكون الأثر المستتر في المواد الصلبة العازلة احدهما في المواد غير العضوية مثل البلورات والزجاج والآخرى للمواد العضوية مثل البوليمرات . ففي حالة المواد الصلبة غير العضوية (Inorganic) فإن نموذج وخزعة الانفجار الايوني Ion Explosin Spike الذي أفرحاه 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 ينشأ 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 خالوية 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 .



A التاين

Bالراحة

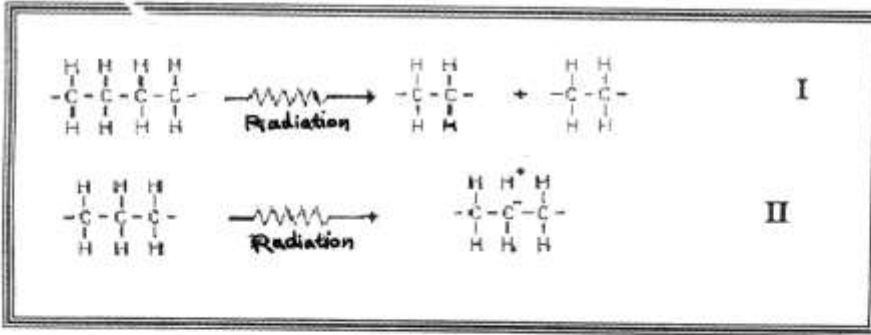
Cالشدة و التهدئة

والتناثر

شكل (2 - 6) خطوات تكون الأثر حسب نموذج وفرة الانفجار الايوني⁷⁶

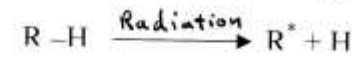
أما في المواد العضوية organic فإن مرور الجسيمات المشحونة الثقيلة خلالها يسبب تكسر السلاسل البوليمرية على طول مسارها وينشأ عن ذلك سلاسل بوليمرية صغيرة ذات نهايات فعالة وجذور حرة Free radicals كما في الشكل (2 - 7) ويعتمد عدد الانحلالات في السلسلة البوليمرية على كمية الطاقة المفقودة من قبل الجسيمات الساقطة.⁹³

إن تكون الجذور الحرة يكون إما بكسر أصرة c-c أو أصرة c-H وكما يأتي



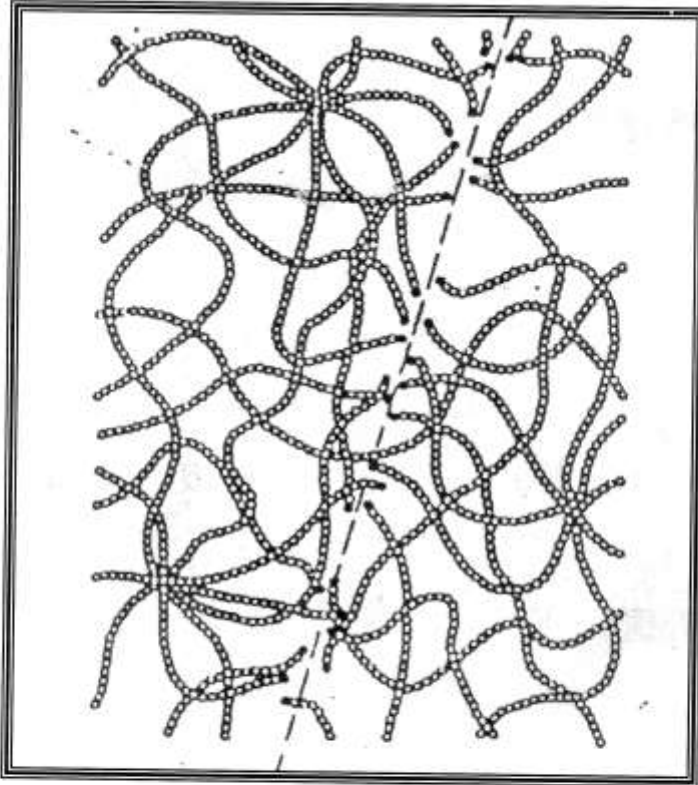
إن طاقة أصرة c-H اكبر من طاقة أصرة (c - c) لذلك فإن التفاعل II يحدث بمعدل أقل لأن الرابطة (c-H) أكثر ثباتاً من الرابطة c-c.⁷⁶ ففي التفاعل I يتم كسر رابطة (c-c) وفي التفاعل الثاني يتم كسر رابطة (c-H) .

ونادراً ما تعود الجذور الحرة للالتحام بسبب وجود الأوكسجين لأن الأوكسجين يميل إلى الاتحاد مع الايونات والجذور الحرة مانعاً إعادة اتحادها (Recambina tion) ويمكن تمثيل ذلك بالتفاعل⁸².

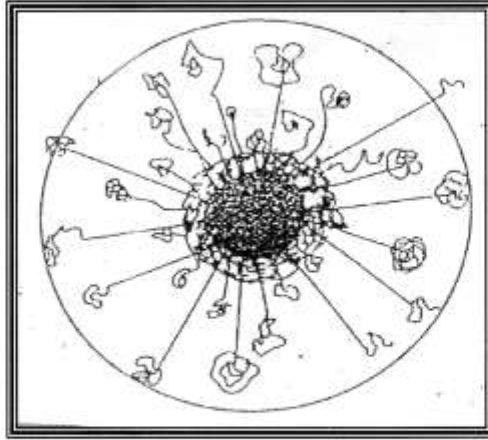


حيث ان R تمثل أي بوليمر .

- يتكون الأثر المستتر المتولد في البوليمرات من ثلاث مناطق رئيسية⁹⁴ موضحة بالشكل (2 - 8) وهذه المناطق هي :-
- 1- مركز الأثر : (Track core) ويتمثل بالدائرة الداخلية الداكنة وهو ذا قطر (10nm) .
 - 2- هالة الأثر : (Track Halo) ويتمثل بالدائرة الخارجية وهي قطر يتراوح بين (100 nm) إلى (1000 nm) .
 - 3- 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 الجنور الحرة في البوليمرات⁹⁴



شكل (2 - 8) يبين المناطق التي يتكون منها الأثر المستتر⁹⁴ في البوليمرات بالإضافة إلى الآلية الكيميائية التي يتكون بها الأثر المستتر في المواد العضوية فان هناك ايضا نموذج مقبول بشكل كبير⁹⁵ يوضح كيفية التسي يتكون بها الأثر المستتر في مختلف كواشف الأثر البوليمرية وهو نموذج الطاقة المقيدة المفقودة (REL) الذي اقترحه 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 (W_0) والقيمة (W_0) 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 ذات الطاقة الأقل من القيمة (W_0)⁸².

ويمكن تمثيلها بالمعادلة الآتية :-

$$REL = \left(\frac{d\epsilon}{dx} \right)_{w < w_0} = n_0 e^4 Z_{eff}^2 / 8\pi \epsilon_0^2 m_0 c^2 B^2 [\ln (W_{max} \cdot W_0 / I^2) - B^2 - \delta - \nu] \dots (2 - 27)$$

حيث $0.511 \text{ Mev} = m_0 c^2$ تمثل الطاقة السكونية للإلكترون .

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

W_{max} : تمثل الطاقة المنتقلة القصوى والتي تعطى بالمعادلة⁹⁷

$$W_{max} = \left[\frac{B^2}{1 - B^2} \right] \cdot m_0 c^2 \quad \dots (2 - 28)$$

اما أعلى قيمة إلى W_0 هو (350ev)⁷⁶ .

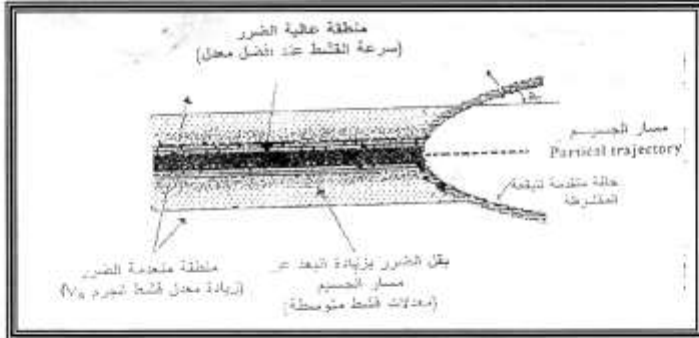
2 - 13 القشط الكيميائي Chemical Etching

ان مرور الجسيمات المؤينة خلال المواد العازلة يعمل على تكوين مسارات من التلف بحدود A° (30 - 100)^{98, 91} تسمى بالآثار المستترة ويمكن ملاحظة الآثار 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 الآثار المستترة ليست مستقرة تماما عند ملاحظتها بالمجهر الالكتروني النافذ⁹⁹ ولذلك استخدمت تقنية القشط الكيميائي (Chemical Etching Tech) على نطاق واسع لتكبير الآثار المستترة حيث يمكن عندئذ ملاحظتها تحت المجهر الضوئي (Optical Microscope) لان حجمها يكون قد كبر بمقدار 10^8 مرة بقدر حجمها الاصلي¹⁰⁰ ، 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 تأثير محلول القشط على منطقة متضررة¹⁰¹

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^{72, 76, 102} مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وهيدروكسيد الليثيوم (LiOH) وهيدروكسيد البوتاسيوم اما في الكواشف غير العضوية فغالبا ما تستخدم محاليل حامضية مثل المحلول المائي لحمض الهيدروفلوريك HF^{72, 76} .

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

(2 - 14) هندسة الأثر Track Geometry

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على الشكل الهندسي للأثر المقشوط فانه ولكي تظهر الآثار 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 يعطى بالعلاقة :-

$$L = (V_T - V_B) \cdot t \quad \dots (2 - 29)$$

وكذلك قطر الأثر والذي يعطى بالعلاقة

$$D = 2V_B t (V_T - V_B / V_T + V_B)^{1/2} \quad \dots (2 - 30)$$

اما العامل الثالث فهو سمك الطبقة المزالة وتعطى بالعلاقة :

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

حيث $t =$ هو زمن القشط ، فإذا كانت $V_B = V_T$ فإن $L = D = 0$ ويبين الشكل (2 - 11) هندسة أثر مقشوط لجسيمة ساقطة بزواوية مائلة قدرها (Φ) ومن أجل ظهور الأثر في هذه الحالة فإنه يجب ان تكون المركبة العمودية لـ V_T اكبر من معدل القشط لسطح الكاشف V_B أي ان

$$V_T \sin \Phi > V_B \rightarrow \sin \Phi > V_B / V_T \quad \dots (2 - 32)$$

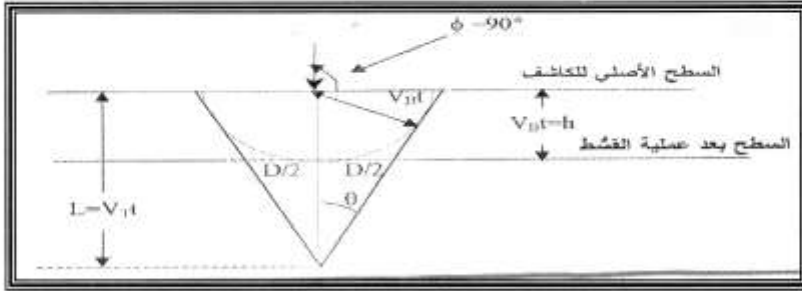
ويتضح من ذلك بان هناك زاوية حرجة للتسجيل ولا يمكن تسجيل الأثر القابل للقشط دونها . وبهذا يظهر عامل جديد ومهم وهو الزاوية الحرجة للكاشف (θ_C) فإذا كانت زاوية سقوط الجسيمة (Φ) اقل من الزاوية الحرجة فلا يمكن إظهار الأثر بعملية القشط عندئذ كما هو موضع في الشكل (2 - 12) والعلاقة الآتية تبين الزاوية الحرجة

$$\theta_C = \arcsin V_B / V_T \quad \dots (2 - 33)$$

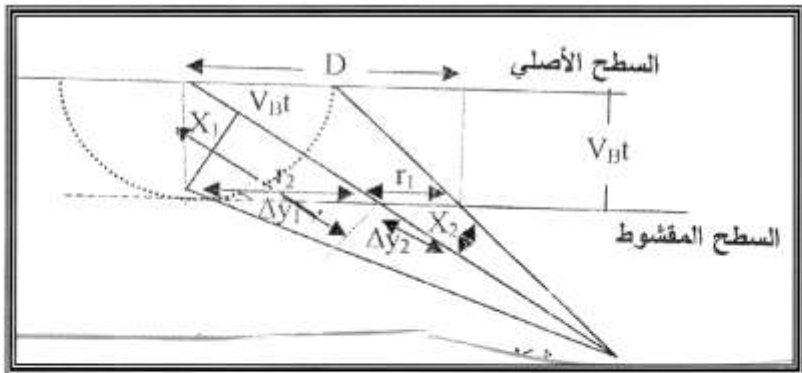
ويستفاد من العوامل السابقة وبالتالي من هندسة الأثر في معرفة هوية الجسيمات وكذلك طاقاتها ، إذ ان معظم الدراسات التي أجريت على كواشف الأثر تعتمد على هندسة الأثر فقد وجد بان الشكل الهندسي للأثر المقشوط يعتمد بصورة مباشرة على طاقة الجسيم ووزنه الذري وشحنته ^{105, 106, 107} وأول من نشر تقرير حول اعتماد قطر الأثر على طاقة الجسيم ونوعه الباحث (Somogyi 1973) ¹⁰⁶ وقد أوضح فيه إمكانية استخدام كواشف الأثر للحالة الصلبة للتعرف على نواتج التفاعلات النووية من خلال هندسة الأثر المقشوط . فعلى سبيل المثال فإنه يمكن تمييز اثار شظايا الأنشطار عن اثار جسيمات الفا من خلال الشكل الهندسي لكل منهما إذ 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 شظايا الأنشطار تظهر بسرعة وبوضوح عالي ويسبق ظهور اثار جسيمات الفا وكذلك يمكن التمييز بينها من خلال الفرق الكبير في قطر الأثره ، إذ

إن آثار السقوط العمودي لشظايا الإنشطار ذات قطر كبير جداً مقارنةً بقطر جسيمات الفا¹⁰⁸.

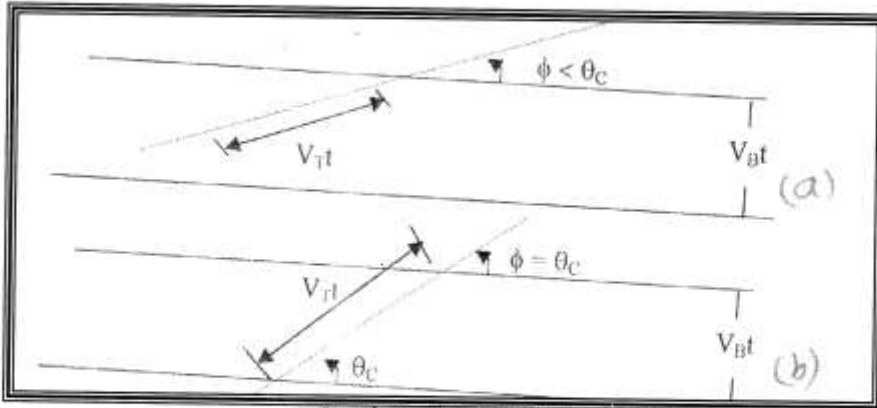
أما إذا كان السقوط غير عمودي فإن شظايا الأنشطار تكون على شكل إبري (needle-like) وتكون جسيمات الفا بيضوية قصيرة¹⁰⁸.



شكل (2 - 10) يوضح الشكل الهندسي لأثر السقوط العمودي¹⁰⁸



شكل (2 - 11) يوضح هندسة الأثر للسقوط المائل¹⁰⁸



شکل (2-12) يوضح المقطع المائل

a - بزواوية اقل من الزواوية الحرجة . b - بزواوية مساوية للزواوية 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:

1- الطور المخروطي (Conical Phase) :

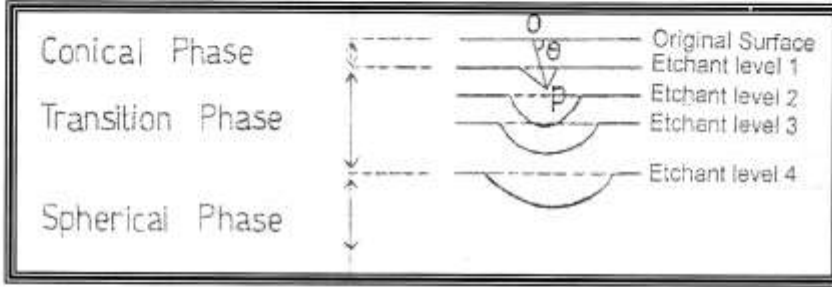
يستمر هذا الطور بينما ينزل المحلول الحافر من السطح الأصلي إلى المستوى (1) حتى يصل إلى النقطة (P) أي نهاية مدى الجسيم ، وخلالها يبقى الأثر المحفور مخروطيا وتكون فتحة السطح بيضوية .

2- الطور الأنتقالي (Transition Phase) :

وهنا يبدأ 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 يأخذ الأثر شكلا كرويا أكثر فأكثر .

٣- الطور الكروي (Spherical Phase) :

عندما يصل المحلول الحاضر إلى المستوى (4) يصبح الأثر (ويبقى هكذا للأبد) كروي تماما كما أصبح 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 بأنها النسبية بين عدد الأثار المقشوفة وعدد الجسيمات الساقطة ⁷² ، وتتأثر كفاءة القشط بسرعة القشط العام على السطح V_B وسرعة القشط على طول الأثر V_T لذلك فإن 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 .

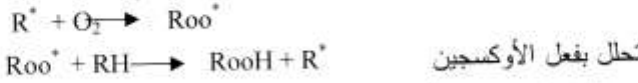
2 - 17 التأثيرات البيئية على القشط للأشعةEnvironmental Effects on the Track Etching

أولاً :- تأثير الأوكسجين :- Oxygen Effects

يتحد الأوكسجين مع الأيونات والجذور الحرة مانعاً إعادة اتحادها وحسب التفاعل المبين أدناه^{112, 113}



اتحاد الأوكسجين بمجموعة البوليمر المنار (الجذور الحرة)



من التفاعل نجد ان الأوكسجين يزيد من معدل إنتاج الجذور الحرة لذلك فهو يزيد من حساسية كاشف الأثر العضوي^{111, 114}.

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

ان تأثيرات الأشعة (U . V) على الكواشف العضوية وغير العضوية وخاصة في حالة الجرعة العالية وبوجود الهواء سواء كان ذلك قبل أو بعد التشعيع حيث يعمل على زيادة حساسية الكاشف وزيادة معدل القشط على طول الأثر^{115, 116}.

ثالثاً :- تأثير الأشعة المؤينة : Ionizing Radiation Effect

إن تعرض كواشف الأثر النووي لجرعات عالية من البروتونات أو الألكترونات أو أشعة كاما قبل أو بعد تعرضها للإشعاع يؤدي إلى حدوث نقصان في حساسية الكاشف كما وجد ان معدلات القشط V_F, V_B تزداد ولكن V_B تزداد بمعدل أعلى من V_F ^{115, 116}.

رابعاً :- تأثير الحرارة : Heating Effect

عند تعرض كواشف الأثر النووية إلى درجات حرارة عالية سواء كان ذلك قبل أو بعد التشعيع يعمل على تغيير خصائص الكاشف حيث يؤدي 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}

$$V_X = A \exp(-E_X / K_T) \text{ الكاشف على سطح الكاشف}$$

V_B أو سرعة القشط على طول الأثر V_T .

A - ثابت يعتمد على نوع المادة .

E_X - 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 V_B ، وطول الأثر V_T تتأثر

بتغير تركيز المحلول القاشط وحسب العلاقة^{119, 121}

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

F_X - ثابت يعتمد على نوع المادة .

C - تركيز المحلول القاشط .

n - اس التركيز .

كما نجد من الضروري التذكير بمراعاة تجديد المحلول بين الحين والآخر ويرجع

السبب في ذلك إلى زيادة تركيز المحلول باستمرار عملية القشط الأمر الذي يؤدي

إلى زيادة قيم معدلات القشط¹²² كما يفضل تحريك المحلول بين فترة وأخرى

أثناء عملية القشط للتخلص من تراكبات عملية القشط على سطح الكاشف وبالتالي

استمرار عملية القشط بكفاءة عالية⁹² .



الفصل الثالث
الجانِب العملي

3-1 المقدمة (Introduction)

نتناول في هذا الفصل استعراضاً للأجهزة والمواد المستخدمة إضافة إلى العلاقات الرياضية التجريبية التي اتبعت من أجل تحقيق الهدف من هذه الدراسة . حيث تم معالجة التداخلات من أجل تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب بشكل صحيح إذ تم معالجة الفارق بين اليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المنضب من أجل المقارنة النسبية بين العينات والنماذج القياسية وكذلك التخلص من تأثير وجود الثوريوم - 232 من النماذج القياسية والجزء الأهم هو التمييز بين الخلفية الإشعاعية والتلوث الذي تم توضيحه بشكل مفصل والنتائج من استخدام الاسلحة المحرمة وهي اليورانيوم المنضب .

3-2 الأجهزة والمواد المستخدمة

3-2-1 المصدر النتروني النظائري $^{241}\text{Am} - \text{Be}$

المصدر النتروني المستخدم من المصادر الناتجة من تفاعل جسيمات الفا مع العناصر الخفيفة ويتكون من خليط من نظير ^{241}Am كمصدر باعث لجسيمات الفا و (^9_4Be) كهدف حيث يكون التفاعل بينهما كما يأتي 123

$$^4_2\text{He} + ^9_4\text{Be} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^1_0\text{n} + 5.71 \text{ meV} \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

ان فعالية هذا المصدر هي (16ci) ونتاجه الكلي (Total yield) ($2.1 * 10^7 \text{ n/sec}$) و يبلغ معدل طاقة النيوترونات الناتجة منه (5mev) وله نصف عمر قدره (458) سنة 124 ، وهو مغلق بأسطوانة من الفولاذ الذي لا يصدأ قطرها (4.3 cm) وطولها (15 cm) .

3-2-2 الكاديوميوم

لغرض الحصول على النيوترونات السريعة فقط تم إيقاف النيوترونات الحرارية المنبعثة من المصدر ($^{241}\text{Am} - \text{Be}$) باستخدام طبقة من الكاديوميوم سمكها (0.5 mm) حيث يمتلك الكاديوميوم مقطعاً عريضاً عالياً جداً للتفاعل $^{113}\text{Cd} (n, \gamma) ^{114}\text{Cd}$ مع النيوترونات الحرارية قدرة (2700b) 125 .

3-2-3 قرص من اليورانيوم المنضب

استخدم قرص من اليورانيوم المنضب قطرة (2 cm) وسمكه (1mm) وفعاليته (10 Mci) مصنع من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) .

3-2-4 كاشف اللكسان (Lexan)

وهو كاشف متعدد الكاربون الصيغة الكيميائية له $(C_{16}H_{14}O_3)_n$ ينتمي الى مجموعة كواشف البولي كاربونات المتعددة وهي عبارة عن مركبات بلاستيكية متعددة الكاربون يرمز لها (PC) وكثافتها (1.29 gm/cm^3) تستخدم للكشف عن النيوترونات وشظايا الانشطار النووي ودراسة الجسيمات الثقيلة وفوق الثقيلة من الاشعة الكونية ، حيث بإمكانها تسجيل الجسيمات التي لها قيمة ($B/Z \sim 60 - 65$) $^{126}, ^{127}$ ومن انواعها التجارية $^{128}, ^{129}$ اللكسان (Lexan) والماكروفول (Makrofol) والماكرولون (Makrolon) والمرلون (Merlon) والتوفاك (Tuffak) والنسبة بين العدد الكتلتي الى العدد الذري Z/A تساوي (1.896) ويمتلك جهد تأين I مقدارة (69.5 ev) .

3-2-5 الأفران

الفرن المستخدم لتجفيف عينات الدم من نوع (Heraeus) والذي تصل الحرارة فيه لغاية (100°C) ، اما لغرض حرق العينات المجففة فقد تم استخدام فرن من نوع (CARBOLITE) الذي تصل اعلى درجة حرارة فيه الى (1600°C) .

3-2-6 المكبس

من اجل كبس العينات والنماذج القياسية استخدم مكبس من نوع (HERZOG) الذي تصل قوة الكبس فيه لغاية (20) طن .

3-2-7 الحمام المائي

تم استخدام حمام مائي من نوع (MEMMERT) الذي تصل درجة الحرارة فيه الى (110°C) لغرض تسخين محاليل القشط الى درجة الحرارة المناسبة لظهور آثار شظايا الانشطار على الكاشف اللكسان (Lexan) .

3-2-8 المجهر الضوئي

لمشاهدة آثار شظايا الانشطار المتولدة على الكاشف وعدها تم استخدام مجهر ضوئي ياباني الصنع من نوع (OLYMPUS) وهو مجهر بعدسات شينية ذات قوى تكبير مختلفة (10x - 40x - 100x) وعدسة عينية (10x) .

3-3 الإجراءات العملية :-

3-3-1 جمع وتحضير العينات

تم جمع العينات من نساء متزوجات من محافظة البصرة بعد عملية الولادة وأخذت المعلومات عن العمر والسكن والمهنة ومهنة الزوج حيث لم يعرف ان كانت هذه النساء مصابات او غير مصابات . جففت العينات التي تم جمعها كمرحلة أولى بدرجة (80 °C) لمدة (2 ساعة) وتم حرقها في داخل فرن كهربائي بدرجة حرارة (500 °C) ولمدة (7 ساعات) حتى أصبحت النماذج بهيئة رماد (Ash) ومن ثم كبسها على هيئة أقراص متجانسة بسمك (0.1 mm) وقطر (1 cm ~)¹²⁶ ولغرض المعايرة فقد تم كذلك كبس نماذج قياسية مصنوعة من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) بنفس الأبعاد التي كبست بها العينات من حيث الكتلة والحجم والقطر .

3-3-2 قياسات الفيض النيوتروني

من أجل حساب كثافة الفيض النيوتروني للنترونات السريعة المنبعثة من المصدر النتروني النظائري (²⁴¹Am - Be) فقد تم استخدام معادلة التنشيط النيوتروني الآتية^{127, 128}

$$\Phi = \frac{A_c \lambda}{N \theta \sigma I_p \Sigma (1 - e^{-\lambda_{irr} t}) e^{-\lambda_{id} t} (1 - e^{-\lambda_{tc} t})} \quad \dots \dots (3-2)$$

حيث ان :-

Φ = الفيض النيوتروني (n. cm⁻². Sec⁻¹) .

σ = المقطع العرضي للتفاعل (Cm²) .

A_c = صافي المساحة تحت منحنى الذروة لطاقة اشعة كاما خلال زمن t_c .

$\lambda =$ ثابت الانحلال للنوية المشعة الناتجة من تفاعل (sec^{-1}) .

$N =$ عدد الذرات .

$\theta =$ النسبة المئوية لوفرة النظير في الطبيعة .

$\Sigma =$ النسبة المئوية لكفاءة قياس الكاشف عند الطاقة المقاسة .

$I_{\gamma} =$ النسبة المئوية لشدة أشعة كاما المنبعثة .

$t_{1/2}$ - زمن التشعيع (sec) وهو المدة الزمنية التي تستغرقها عملية تعريض

النموذج للفيض النيوتروني .

t_c - زمن القياس (sec) وهو المدة الزمنية التي تستغرقها عملية القياس .

t_d - زمن التأخير (sec) وهو المدة الزمنية الواقعة بين نهاية عملية التشعيع

وبداية عملية القياس .

تم قياس الفيض النيوتروني للنيوترونات السريعة خلال استخدام رقاقة Foil من

الألمنيوم الذي يمتلك مقطعاً عريضاً مناسباً للتفاعل $^{27}\text{Al}(n, p)^{27}\text{Mg}$ مع

النيوترونات السريعة قدرة (4 mb) .

حيث تم تهيئة رقاقة من الألمنيوم بوزن (1 gm) وشععت بوضع ملاصق

للمنطقة الفعالة من المصدر لمدة (90 min) وقيس بعد ذلك باستخدام كاشف

ايوديد الصوديوم المطعم بالثاليوم NaI(Tl) لمدة (900 sec) وكان زمن

التأخير (90 sec) .

3-3-3 اختيار سمك طبقة الكاديوم

من أجل اختيار سمك طبقة الكاديوم ، فقد استخدمت طبقة من

الكاديوم سمكها (0.5 mm) (وهو أقل سمك متوفر لدينا) . ولأجل دراسة هذا

السمك في إمكانية إيقافه للنيوترونات الحرارية ، اخذت هذه الطبقة ووضعت عليها

رقيقة (Foil) من الألمنيوم (AL) . تم تشعيها على المصدر النيوتروني

النظائري $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ ، وبأستخدام منظومة كاشف NaI(Tl)

(ايوديد الصوديوم المطعم بالثاليوم) وجد ان الطيف الناتج يحوي على طاقات

أشعة كاما الناتجة من تشعيع الرقيقة بالنيوترونات السريعة فقط .

3-3-4 معرفة العلاقة بين كثافة الآثار والسيل النيوتروني

لأجل معرفة العلاقة بين كثافة آثار شظايا الانشطار ($^{238}\text{U}(n,f)$ Tracks Density of fission fragement) الناتجة من تفاعل على سطح كاشف الاثر (ألكسان) والسيل النيوتروني (Fluence) للنيوترونات السريعة المنبعثة من المصدر النيوتروني النظائري $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ بعد ان تمر بطبقة الكادميوم ، تم استخدام المصدر القياسي لليورانيوم المنضب حيث وضع المصدر القياسي على قطعة من الكاشف (ألكسان) بمساحة تقريبية (1 cm^2) ووضع الاثنان في داخل صندوق صغير من الكادميوم والمجموعة كلها وضعت على المصدر النيوتروني النظائري $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ اجريت عملية التشعيع لازمنة متعددة ومتباينة كي تحصل على كثافة آثار وسيل نوتروني متباين كما اجريت للكواشف المشعة عملية القشط الكيميائي باستخدام محلول (NaOH) وبعيارات مختلفة (5N,5.5N,6.25N,7N) وبدرجات حرارة مختلفة (60°C , 70°C , 80°C) وازمنة قشط مختلفة ودرس تأثير درجة الحرارة لمحلول القشط والعيارية على كثافة الآثار وتحديد الظروف المناسبة للقشط .

4-3 قياس تراكيز اليورانيوم المنضب**1-4-3 جمع وتحضير العينات**

تم التطرق الى طريقة تحضير العينات في (3-3-1) .

2-4-3 تحضير النماذج القياسية

تم اخذ نماذج قياسية حاوية على تراكيز يورانيوم معلومة مجهزة من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) (International Atomic Energy Agency) وكبسها على هيئة أقراص أسطوانية بنفس قياسات النماذج المجهولة التركيز وكما موضح بالجدول (3-1)

جدول (1-3) تراكيز كل من اليورانيوم والثوريوم ومجموعهما في النماذج القياسية

No.	Cod. No.	Ucon. (ppm)	Th con (ppm)	Total con. (U+ Th) (ppm)
1	JF-1	0.33	1.3	1.63
2	JG-1a	4.7	12.1	16.8
3	JA-2	2.4	4.7	7.1
4	JB-1a	1.6	8.8	10.4
5	JG-2	12.5	29.7	42.2
6	JR-1	9.0	26.5	35.5

3-4-3 تحضير قطع من كاشف ألكسان

تحضر كواشف ألكسان بمساحة تقريبية (1 cm^2) ووضعت عليها النماذج المجهولة التراكيز والنماذج القياسية بصورة متلاصقة ووضعت قطع الكواشف والنماذج التي عليها في داخل حاوية من الكاديوم وربتت حول المنطقة الفعالة من المصدر النيوتروني والتي تم حساب الفيض النيوتروني المنبعث منها بحيث كانت العينات تفصل بين المصدر النيوتروني والكواشف .

عرضت العينات للفيض النيوتروني (Flux) السريع لمدة (5 أيام) فتكون بذلك تعرضت لسيل من النيوتروني Fluence مقدراه ($1.9 \times 10^{11} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$) .

4-4-3 قشط النماذج

بعد عملية التشعيع أجريت لكواشف العينات القياسية والعينات المدروسة عملية القشط الكيميائي باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بعبارية (6.25 N) ودرجة حرارة (60°C) وزمن قشط (70 min) بعد ذلك غسلت الكواشف بالماء المقطر وجففت وبعدها تم مشاهدة الآثار باستخدام المجهر الضوئي .

5-4-3 عدد الآثار

تم عد آثار شطايا الانشطار الناتجة على سطح كاشف ألكسان . باستخدام المجهر الضوئي وتم حساب كثافة الآثار من المعادلة التالية¹²⁹

$$\rho = \frac{N_{ave}}{A} \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

حيث ان

ρ : كثافة آثار شظايا الانشطار .

N_{ave} : معدل الحفر (الأثار) الكلية .

A : مساحة مجال الرؤيا .

6-4-3 تداخلات المواد الإشطارية

عند تشيع النماذج القياسية ظهرت بعض التداخلات التي تم معالجتها بطريقة رياضية وهذه التداخلات هي :

أولا : تداخلات اليورانيوم الطبيعي

يستند تحديد تراكيز اليورانيوم بصورة عامة على ضرورة وجود نماذج قياسية لغرض المقارنة (المعايير) . وبسبب عدم وجود نماذج قياسية تخص اليورانيوم المنضب ، لذا فقد تم استخدام نماذج قياسية من اليورانيوم الطبيعي بعد مراعاة الفارق بينهما عن طريق الوفرة النظائرية لكل منهما والمتمثلة بالعامل (Factor) I_α/I_x حيث ان ^{37, 36}

I_α = وفرة النظير ^{238}U الى النظير ^{235}U في النماذج القياسية (اليورانيوم الطبيعي) .

I_x = وفرة النظير ^{238}U الى النظير ^{235}U في النماذج المدروسة (اليورانيوم المنضب) .

ثانيا : تداخل الثوريوم (Th - 232) مع اليورانيوم في النماذج القياسية

ان كلاً من الثوريوم (^{232}Th) واليورانيوم الطبيعي يتواجدان في مختلف النماذج البيئية . ويتميزان بأن الصفات النووية لها متقاربة بما فيها إمكانية انشطارها بالنيوترونات السريعة والتي طاقتها أعلى من 1 Mev ¹³⁰ وعند مقاطع عريضة متقاربة ¹³¹ وبذلك فإن جميع النماذج القياسية (المعيارية)

التي تحتوي على تراكيز الثوريوم بالإضافة الى اليورانيوم تسبب تداخلا في كثافة الأثار الناتجة من انشطارهما بالنيوترونات السريعة .
ومن أجل الحصول على كثافة أثار ناتجة من انشطار اليورانيوم فقط كدالة لتركيزه في النماذج ، فإن ذلك يتطلب فصل كثافة أثار الثوريوم المتداخلة معه وقد تم ذلك خلال طريقة رياضية .

7-4-3 حساب تراكيز اليورانيوم المنضب

تم استخدام العلاقة أدناه في حساب تراكيز اليورانيوم المنضب في عينات الدم المدروسة بدلالة كثافة الأثار .^{36, 37}

$$C_x = \rho_x \frac{C_s}{\rho_s} \cdot \frac{I_s}{I_x} \cdot \frac{R_s}{R_x} \dots\dots\dots (3-4)$$

حيث ان

- C_x : تركيز اليورانيوم في النماذج المدروسة ppm
- C_s : تركيز اليورانيوم في النماذج القياسية ppm
- ρ_x : كثافة أثار شظايا الانشطار في النماذج المدروسة ($\text{tracks} \cdot \text{mm}^{-2}$) .
- ρ_s : كثافة أثار شظايا الانشطار في النماذج القياسية ($\text{tracks} \cdot \text{mm}^{-2}$) .
- I_x : وفرة النظير (^{238}U) الى النظير (^{235}U) في النماذج المدروسة .
- I_s : وفرة النظير (^{238}U) الى النظير (^{235}U) في النماذج القياسية .
- R_x, R_s : معدل مدى شظايا الانشطار في كل من النماذج القياسية والمدروسة على التوالي . وهي متساوية تقريبا وهذا فإن عامل التصحيح $(R_s/R_x \sim 1)$ ^{36, 37} .

Abstract

The present study contained finding out depleted (exhausted) Uranium concentrations in the human blood and tissues using the nuclear tracking reagent , the Laxan As well as the technology of Effects of nuclear fission from the Uranium equivalent (coequal) 238 by the quick neutrons exhaled from the equivalent neuronal source $^{241}\text{Am-Be}$ with a neuronal flow capacitated ($1.09 \times 10^{11} \text{ n/cm}^2$) recorded on the nuclear tracking reagent multiple – carbon , Laxan .

In the beginning of the research . Activated area was defined , in which the neutrnal flood reaches it's maximum value . Caloric neutron was stopped with a carbonic layer after choosing the suitable thickness which was (0.5 mm) .

After that , normality was chosen to be 6.25N from NaOH and in the temperature degree (60C°) and period of strapping 70 min and the optimal conditions to the strapping process.

Then , the optimal neutron flood was defined to the radiation , which was used to radiate the standard samples and the blood and tissues samples used in the research . The treatment of the interference of the fission resources presnt in the standard samples with specific concentration as well as the radiation background present in the samples .

The depleted (exhausted) Uranium concentration in the human blood were (0.041 – 0.073) ppm and in the tissues were (0.039 – 0.041) ppm .

Republic of Iraq
AL. Mustansiryah University
Collage of Science

Determination of Depleted Uranium Concentration in Samples Biological

A Thesis
Submitted to
The Collage of Science
University of AL. Mustansiryah
In partial Fulfillment of the Requirement
For the Degree of master of science in physics

By

Wasfei Mohammed Kadhem AL. Timimi
B. Sc 1998

Supervised By

Dr. Shaker Mhmod AL. Jiboruri
Professor

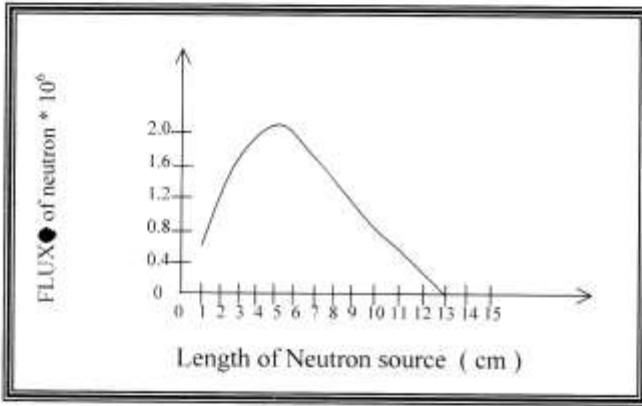
Dr. Abdulla Ahmad Rasheed
Ass. Professor

2003

الفصل الرابع
النتائج والمناقشة
والإستنتاجات

1-4 دراسة توزيع فيض النيوترونات السريعة على طول المصدر $^{241}\text{Am} - \text{Be}$

يبين الشكل (1 - 4) توزيع فيض النيوترونات السريعة على طول المصدر النيوتروني النظائري $^{241}\text{Am} - \text{Be}$. ويلاحظ من الشكل ان الفيض النيوتروني يبدأ بالتزايد من أعلى المصدر إلى أن يصل إلى أعلى قيمة التي تبلغ ($2.1 \cdot 10^6$ n/cm².sec) عند المنطقة التي تبعد (5 cm) من أعلى المصدر ثم يعود يتناقص تدريجيا ومعنى هذا ان الكبسولة التي تحتوي على خليط $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ تقع على بعد (5 cm) من أعلى المصدر .

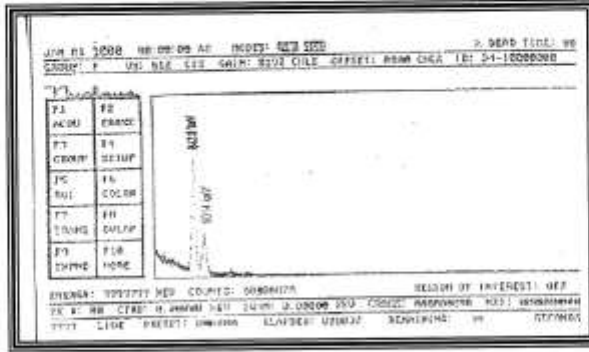


شكل (1 - 4) يوضح توزيع فيض النيوترونات السريعة على طول المصدر $^{241}\text{Am} - \text{Be}$

2-4 اختيار سمك طبقة الكاديوم

من أجل إيقاف النيوترونات الحرارية المنبعثة من المصدر النيوتروني المستخدم فقد تم تغليف النماذج المدروسة بطبقة من الكاديوم سمكها (0.5 mm) ومن أجل التأكد من هذا السمك كافيًا لذلك فقد تم وضع رقاقة من الألمنيوم على المصدر النيوتروني بعد تغليفها بطبقة من الكاديوم المستخدمة ومن ثم ملاحظة طيف أشعة كاما المنبعثة من الرقاقة باستخدام كاشف (TI) NaI كما موضح في الشكل (2 - 4) حيث يتضح من الشكل ان الطيف الناتج لا يحتوي على القيمة

التي تنتج من تفاعل النيوترونات الحرارية مع الألمنيوم ومعنى ذلك عدم مرور النيوترونات الحرارية من طبقة كاديوم ذات السمك (0.5 mm)



شكل (4 - 2) يوضح طيف أشعة كاما الناتجة من رقاقة الألمنيوم المغلفة بطبقة كاديوم بعد تشعيعها بالنيوترونات المنبعثة من المصدر $^{241}\text{Am} - \text{Be}$

3-4 حساب الفيض النيوتروني السريع للمصدر النظائري $^{241}\text{Am} - \text{Be}$

لحساب كثافة الفيض النيوتروني للنيوترونات السريعة المنبعثة من المصدر النيوتروني النظائري $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ فقد تم استخدام معادلة التنشيط النيوتروني (2 - 3) والبيانات النووية المرفقة لها في الجدول (4 - 1) وقد تم اعتماد قيمة الفيض النيوتروني السريع والتي هي ($4.4 \cdot 10^5 \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$) في هذه الدراسة .

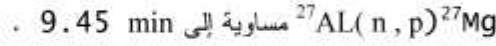
جدول (4 - 1) البيانات النووية الخاصة لرقاقة الألمنيوم

$\lambda \text{ sec}^{-1}$	$\Theta \%$	$T_{irr}(\text{sec})$	$t_d(\text{sec})$	$t_c(\text{sec})$	$A_c(\text{sec})$	N_{aton}
$1.2 \cdot 10^{-3}$	100	5400	90	900	9359	$2.2 \cdot 10^{22}$

حيث أن

$$\lambda = \frac{\text{Ln}2}{t_{1/2}} \quad \dots \dots \dots (4-1)$$

وان عمر النصف (Half life) ($t_{1/2}$) للنظير الناتج من التفاعل



4-4 تحديد العلاقة بين السيل النيوتروني وكثافة الآثار

إن العلاقة بين سيل النيوترونات السريعة وكثافة الآثار الناتجة من انشطار اليورانيوم المنضب تحدد العلاقة بين السيل النيوتروني والتركيز وبالتالي تحدد امكانية تعيين السيل المناسب للكشف عن اليورانيوم المنضب من خلال تشيع قرص اليورانيوم المنضب مع قطع من كاشف الكسنان لفترات زمنية مختلفة كما موضح في الجدول من (2-4) إلى (9-4) وتبين الأشكال من (3-4) إلى (10-4) إن أعلى كثافة للآثار تكون عند زمن قسط (70min) والتي يمكن من خلالها تحديد العلاقة بين كثافة الآثار والسيول النيوترونية الموضحة في الجدول (4-10) ويلاحظ زيادة كثافة الآثار مع زيادة السيل النيوتروني .

ومعنى ذلك إن الوصول إلى التركيز الواطنة يتطلب سيلا نيوترونياً ، عالياً نسبياً ويمكن تحديد السيل النيوتروني المناسب للتحسس بالتركيز الواطنة لليورانيوم المنضب من خلال تحديد المستوى الذي تبدأ عنده آثار الخلفية الأشعاعية بالظهور من جهة وعندما تعطى هذه التركيز كثافة آثار مناسبة من جهة اخرى .

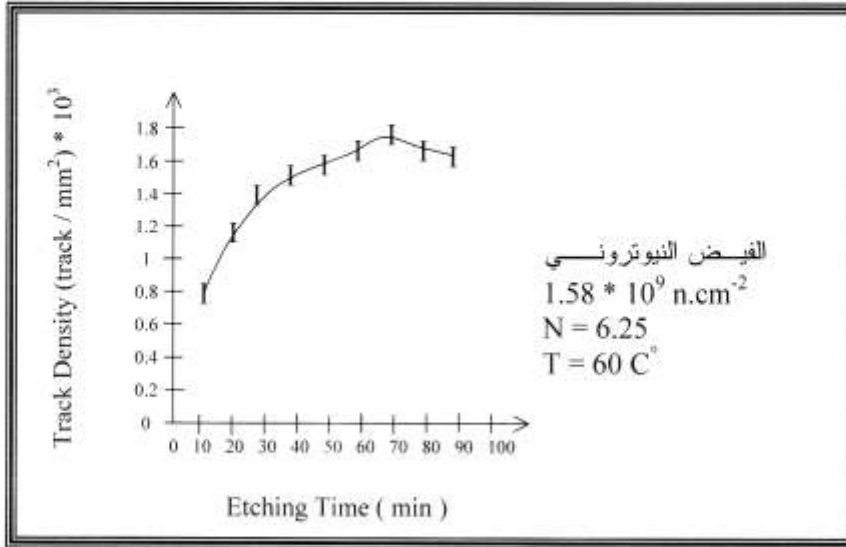
ولوحظ أن السيل المناسب هذا يكون مساويا إلى ($1.9 \times 10^{11} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$) أما من أجل التحسس بتركيز الخلفية الأشعاعية والتي تكون أقل من مستوى اليورانيوم المنضب فإن ذلك يتطلب سيلا نيوترونياً أعلى من ($1.9 \times 10^{11} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$) .

جدول (4 - 2) يبين علاقة كثافة الآثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني ($1.58 \times 10^9 \text{ n.cm}^{-2}$)

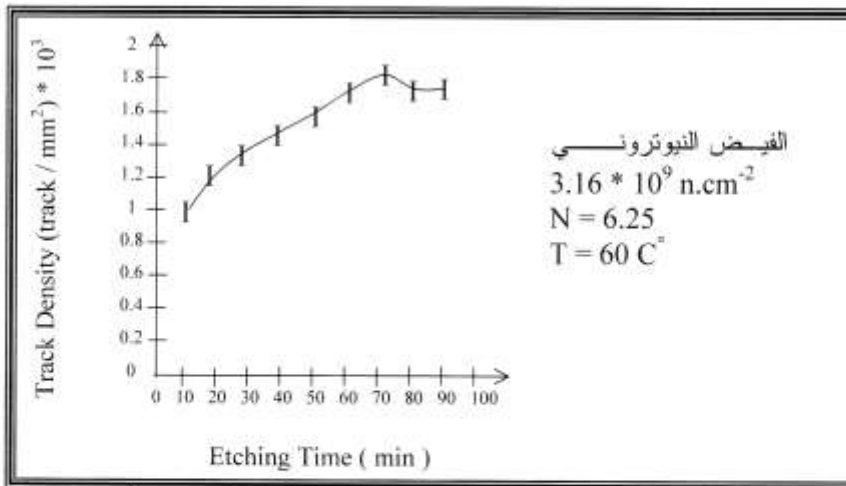
Etching time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
10	0.7 ± 0.041
20	1.16 ± 0.051
30	1.270 ± 0.031
40	1.363 ± 0.046
50	1.42 ± 0.04
60	1.49 ± 0.046
70	1.56 ± 0.066
80	1.51 ± 0.04
90	1.50 ± 0.063

جدول (4 - 3) يبين علاقة كثافة الآثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني ($3.16 \times 10^9 \text{ n.cm}^{-2}$)

Etching time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
10	0.97 ± 0.060
20	1.23 ± 0.041
30	1.38 ± 0.05
40	1.43 ± 0.036
50	1.58 ± 0.03
60	1.69 ± 0.041
70	1.82 ± 0.056
80	1.79 ± 0.047
90	1.78 ± 0.051



شكل (3 - 4) علاقة كثافة الأثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $1.58 * 10^9 \text{ n.cm}^{-2}$



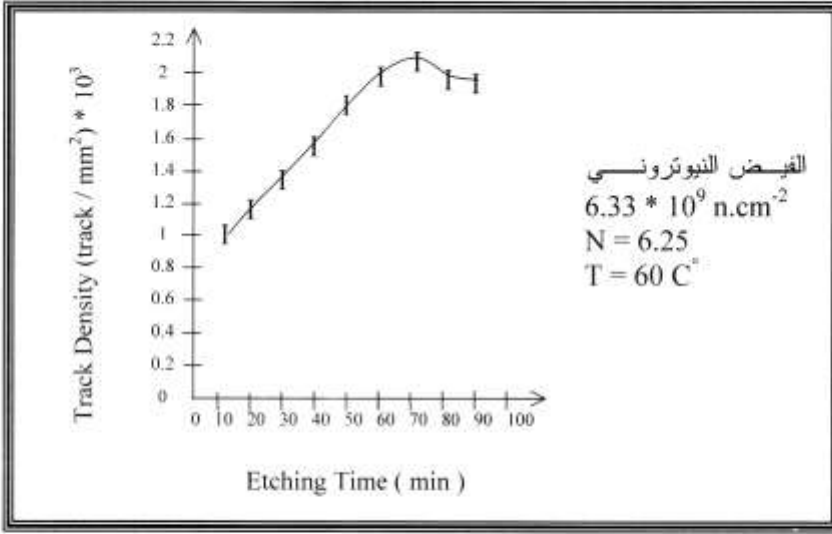
شكل (4 - 4) علاقة كثافة الأثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $3.16 * 10^9 \text{ n.cm}^{-2}$

جدول (4 - 4) يبين علاقة كثافة الآثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني ($6.33 \times 10^9 \text{ n.cm}^{-2}$)

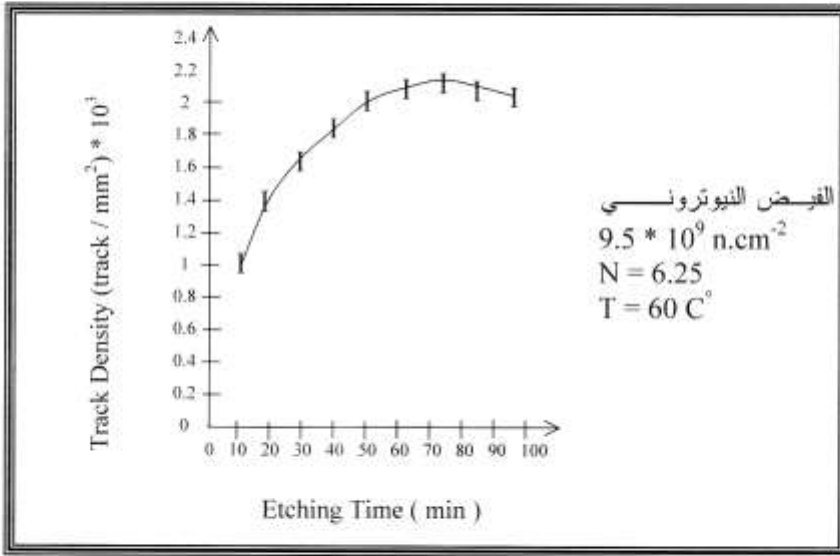
Etching time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
10	1.11 ± 0.063
20	1.22 ± 0.05
30	1.34 ± 0.045
40	1.51 ± 0.058
50	1.85 ± 0.041
60	1.95 ± 0.049
70	2.06 ± 0.061
80	2.01 ± 0.051
90	1.98 ± 0.036

جدول (4 - 5) يبين علاقة كثافة الآثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني ($9.5 \times 10^9 \text{ n.cm}^{-2}$)

Etching time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
10	1.02 ± 0.051
20	1.46 ± 0.068
30	1.66 ± 0.051
40	1.86 ± 0.063
50	1.99 ± 0.045
60	2.06 ± 0.033
70	2.11 ± 0.046
80	2.09 ± 0.063
90	2.03 ± 0.051



شكل (4 - 5) علاقة كثافة الأثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $6.33 * 10^9 \text{ n.cm}^{-2}$



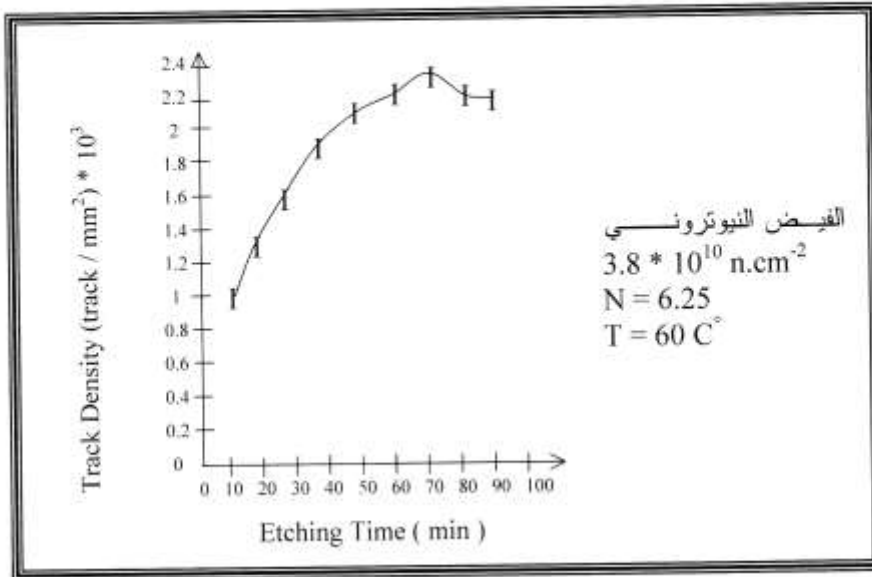
شكل (4 - 6) علاقة كثافة الأثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $9.5 * 10^9 \text{ n.cm}^{-2}$

جدول (4 - 6) يبين علاقة كثافة الأثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني ($3.8 \times 10^{10} \text{ n.cm}^{-2}$)

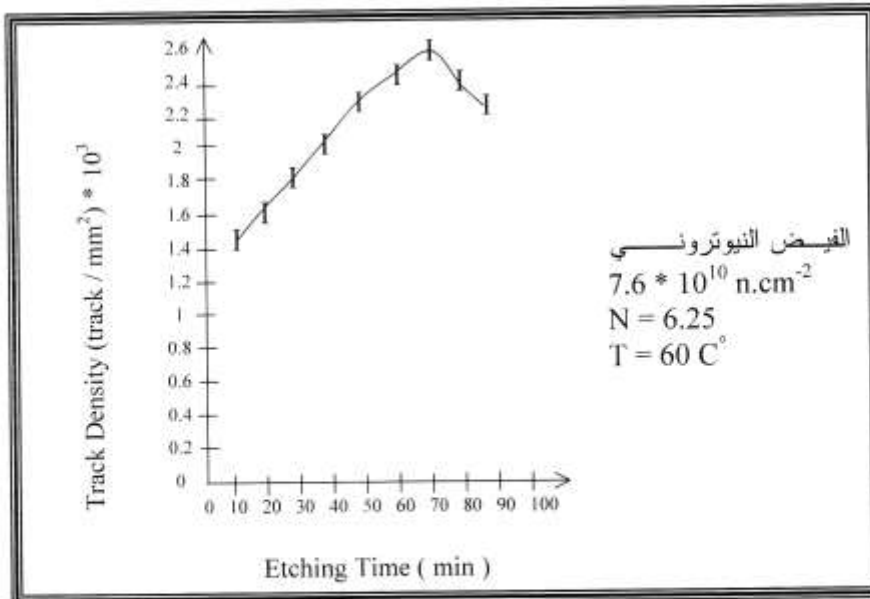
Etching time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
10	1.09 ± 0.032
20	1.32 ± 0.063
30	1.67 ± 0.056
40	1.96 ± 0.045
50	2.16 ± 0.066
60	2.25 ± 0.058
70	2.31 ± 0.061
80	2.19 ± 0.054
90	2.08 ± 0.036

جدول (4 - 7) يبين علاقة كثافة الأثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني ($7.6 \times 10^{10} \text{ n.cm}^{-2}$)

Etching time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
10	1.3 ± 0.056
20	1.361 ± 0.063
30	1.85 ± 0.058
40	2.01 ± 0.062
50	2.32 ± 0.035
60	2.44 ± 0.051
70	2.51 ± 0.043
80	2.3 ± 0.063
90	2.22 ± 0.057



شكل (4 - 7) علاقة كثافة الآثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $3.8 * 10^{10} \text{ n.cm}^{-2}$



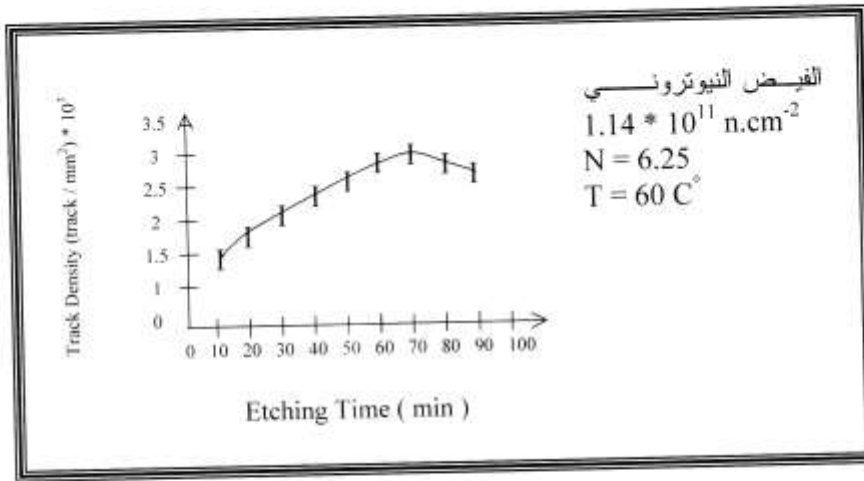
شكل (4 - 8) علاقة كثافة الآثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $7.6 * 10^{10} \text{ n.cm}^{-2}$

جدول (4 - 8) يبين علاقة كثافة الآثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني ($1.14 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}$)

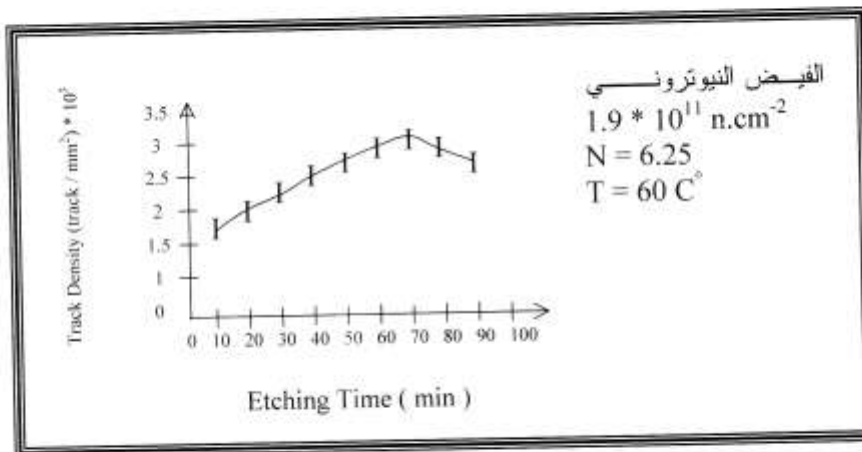
Etching time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
10	1.42 ± 0.064
20	1.86 ± 0.041
30	2.01 ± 0.062
40	2.39 ± 0.056
50	2.45 ± 0.041
60	2.69 ± 0.060
70	2.84 ± 0.045
80	2.75 ± 0.049
90	2.69 ± 0.034

جدول (4 - 9) يبين علاقة كثافة الآثار بزمن القشط عند السيل النيوتروني ($1.9 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}$)

Etching time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
10	1.7 ± 0.0625
20	2.08 ± 0.051
30	2.39 ± 0.064
40	2.59 ± 0.046
50	2.71 ± 0.056
60	2.82 ± 0.051
70	2.91 ± 0.047
80	2.75 ± 0.066
90	2.70 ± 0.041



شكل (4 - 9) علاقة كثافة الأثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $1.14 * 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}$



شكل (4 - 10) علاقة كثافة الأثار بدلالة زمن القشط عند السيل النيوتروني $1.9 * 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}$

جدول (4 - 10) كثافة الأثر الناتجة من الشطار اليورانيوم المنضب عند تعرضه إلى سيول نيوترونية مختلفة

Fluence (n.cm ⁻²)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³
1.58×10^9	1.56 ± 0.066
3.16×10^9	1.86 ± 0.056
6.33×10^9	2.06 ± 0.061
9.5×10^9	2.11 ± 0.046
3.8×10^{10}	2.31 ± 0.061
7.6×10^{10}	2.51 ± 0.043
1.14×10^{11}	2.84 ± 0.045
1.9×10^{11}	2.91 ± 0.047

5-4 تغيير كثافة الأثار والزمن المناسب للقشط مع ظروف القشط الكيميائي :

إن تغيير كثافة الأثار عند كل من درجة الحرارة وعارية محلول (Na OH) بتغيير زمن القشط في كاشف ألكسان مبيبة في الجدول من (4 - 11) إلى (4 - 12) والأشكال البيانية من (4 - 11) إلى (4 - 22) توضح ذلك .

من دراسة الجداول والأشكال نلاحظ انه عند ثبوت درجة الحرارة T فإن زيادة زمن القشط t تؤدي بصورة عامة إلى زيادة عدد الأثار في الكاشف ويرجع ذلك إلى أساس وجود طبقة تسمى الطبقة الحرجة ، إذ يجب ان تزال هذه الطبقة وتحتاج إلى زمن معين للقشط حتى تبدأ الأثار بالظهور .

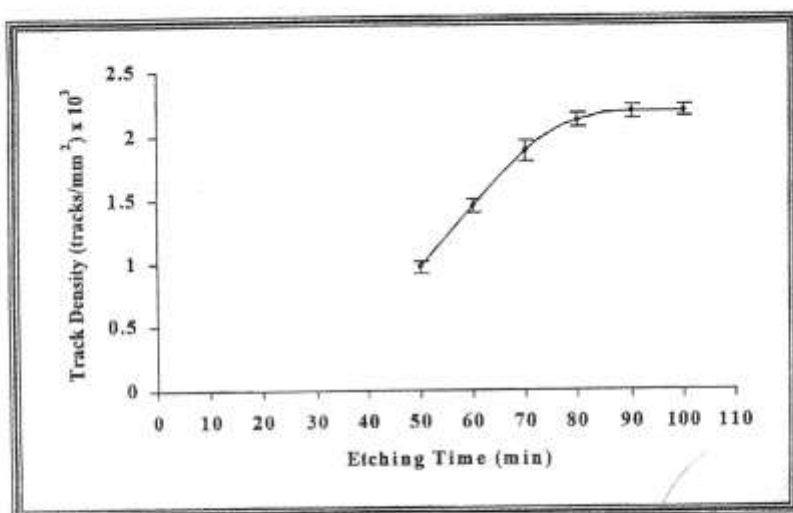
كما يلاحظ أيضا أن كثافة أثار قشطايا الانشطار المسجلة في كاشف ألكسان تزداد وبصورة طردية بزيادة زمن القشط عند عيارية ودرجة حرارة معينتين لمحلول (NaOH) وذلك إلى مرحلة معينة ثم تبدأ بالثبوت وقد وجد بأن أفضل الظروف لأجراء عملية القشط لكاشف (ألكسان) هي عند عيارية (6.25 N) ودرجة حرارة (60 C°) ولزمن قشط مقداره (70 min) .

جدول (4 - 11) علاقة كثافة الأثار كدالة لزمن القشط وعند عيارية (5.5N, 5N)

Etching Time (min)	Track Density (Track/mm ²) * 10 ³					
	5N			5.5N		
	T = 60 C°	T = 70 C°	T = 80 C°	T = 60 C°	T = 70 C°	T = 80 C°
5	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	1.301 ± 0.063
20	-	-	0.913 ± 0.027	-	1.018 ± 0.051	1.301 ± 0.063
30	-	1.310 ± 0.044	2.211 ± 0.055	-	1.329 ± 0.058	2.803 ± 0.051
40	-	1.815 ± 0.049	2.645 ± 0.057	1.257 ± 0.055	1.745 ± 0.041	3.189 ± 0.057
50	0.465 ± 0.042	2.253 ± 0.057	2.730 ± 0.058	1.871 ± 0.048	2.015 ± 0.068	3.267 ± 0.043
60	1.451 ± 0.056	2.525 ± 0.052	2.753 ± 0.062	2.475 ± 0.061	2.242 ± 0.062	3.246 ± 0.035
70	1.876 ± 0.750	2.656 ± 0.056	2.760 ± 0.059	2.810 ± 0.040	2.411 ± 0.046	-
80	2.116 ± 0.055	2.716 ± 0.063	-	2.871 ± 0.037	2.545 ± 0.055	-
90	2.180 ± 0.063	2.176 ± 0.061	-	2.906 ± 0.045	2.574 ± 0.046	-
100	2.184 ± 0.046	-	-	-	-	-

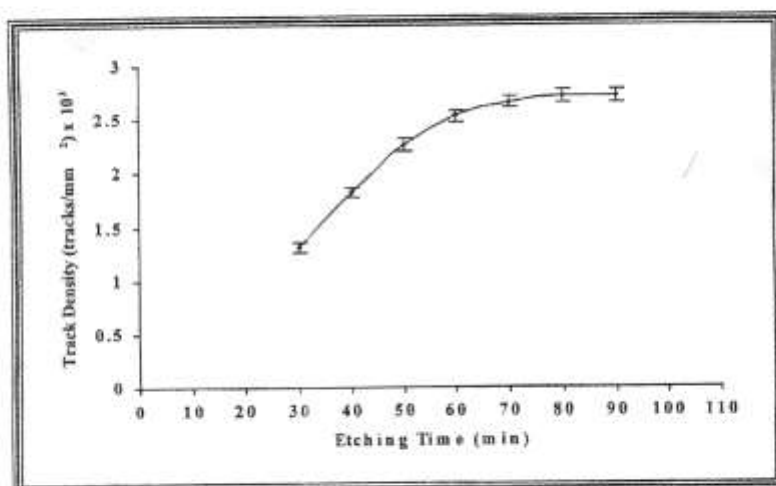
جدول (4 - 12) علاقة كثافة الأثر كدالة لزمن القسط وعند عيارية (7N, 6.25N)

Etching Time (min)	Track Density (Track/mm ²) × 10 ³					
	6.25N			7N		
	T = 60 C°	T = 70 C°	T = 80 C°	T = 60 C°	T = 70 C°	T = 80 C°
5	-	-	0.961 ± 0.043	-	0.969 ± 0.046	1.226 ± 0.048
10	-	0.751 ± 0.030	1.511 ± 0.052	0.946 ± 0.038	2.039 ± 0.057	2.122 ± 0.05
20	1.030 ± 0.039	1.481 ± 0.053	2.231 ± 0.063	1.611 ± 0.030	2.939 ± 0.049	2.981 ± 0.039
30	1.410 ± 0.050	2.111 ± 0.036	2.722 ± 0.051	2.302 ± 0.066	3.308 ± 0.044	3.179 ± 0.038
40	1.811 ± 0.060	2.510 ± 0.065	3.011 ± 0.041	2.730 ± 0.054	3.382 ± 0.044	-
50	2.180 ± 0.056	2.801 ± 0.054	3.101 ± 0.038	3.016 ± 0.048	3.375 ± 0.049	-
60	2.451 ± 0.041	2.941 ± 0.070	-	3.129 ± 0.048	3.384 ± 0.040	-
70	2.611 ± 0.054	2.981 ± 0.055	-	3.178 ± 0.049	-	-
80	2.660 ± 0.060	3.021 ± 0.045	-	3.175 ± 0.052	-	-
90	2.701 ± 0.042	-	-	-	-	-



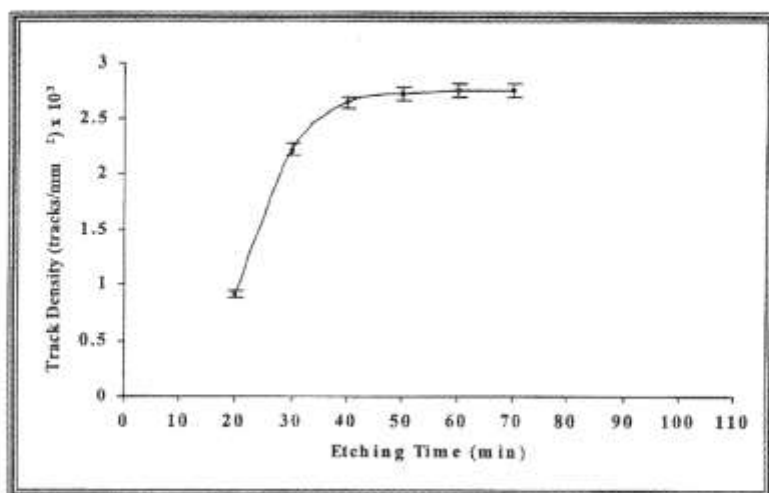
شكل (4 - 11)

علاقة كثافة الآثار كمدالة لزمن القشط عند درجة حرارة (60 C) وعيارية (5N)



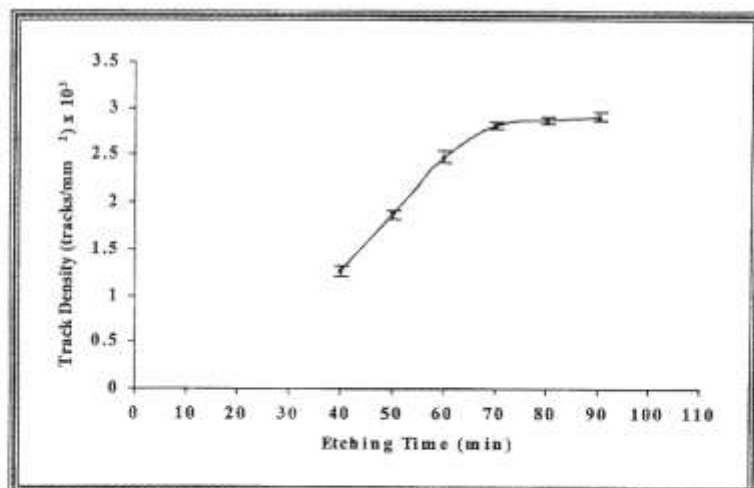
شكل (4 - 12)

علاقة كثافة الآثار كمدالة لزمن القشط عند درجة حرارة (70 C) وعيارية (5N)



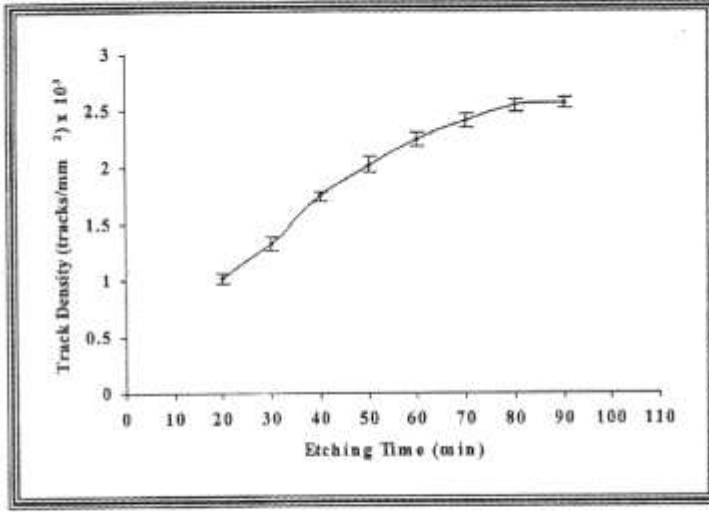
شكل (4 - 13)

علاقة كثافة الآثار كدالة لزمان القشط عند درجة حرارة (80 C) وعبارية (5N)



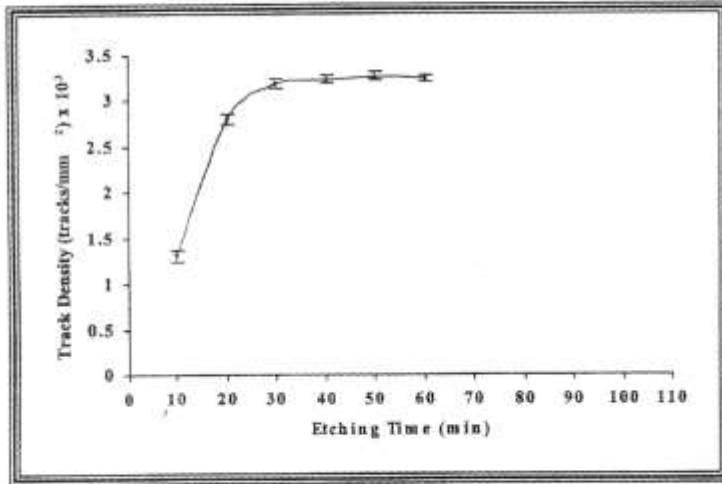
شكل (4 - 14)

علاقة كثافة الآثار كدالة لزمان القشط عند درجة حرارة (60 C) وعبارية (5.5 N)



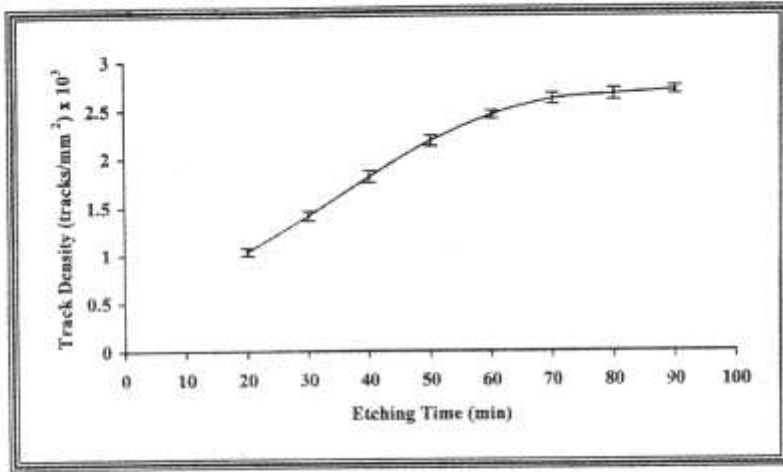
شكل (4 - 15)

علاقة كثافة الآثار كدالة لزمان القشط عند درجة حرارة (70 C) وعيارية (5.5 N)



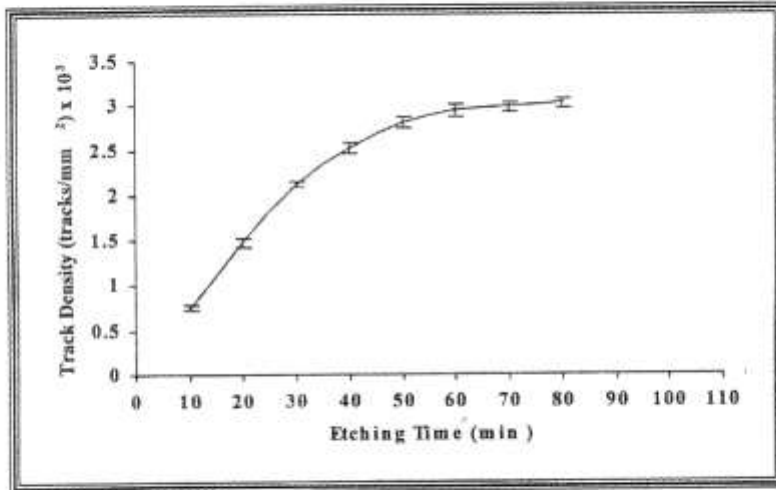
شكل (4 - 16)

علاقة كثافة الآثار كدالة لزمان القشط عند درجة حرارة (80 C) وعيارية (5.5 N)



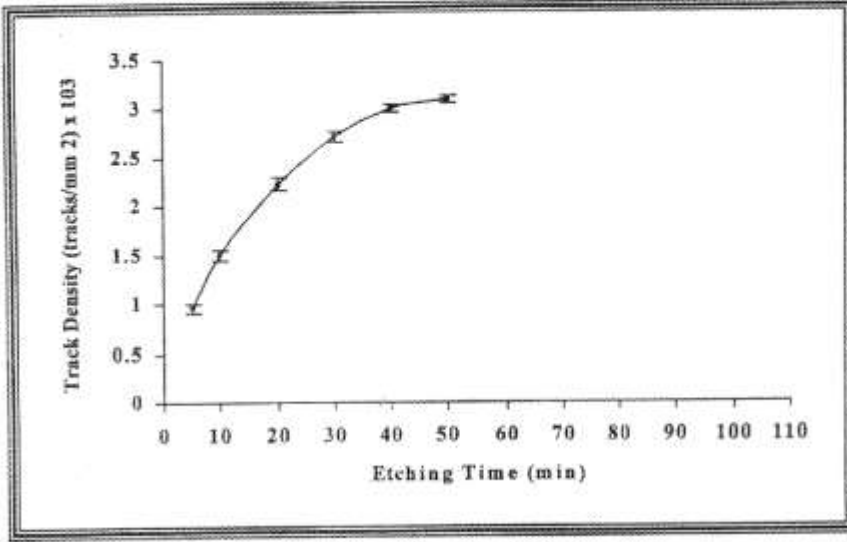
شكل (4 - 17)

علاقة كثافة الآثار كدالة الزمن القشط عند درجة حرارة (60 C) و عيارية (6.25 N)



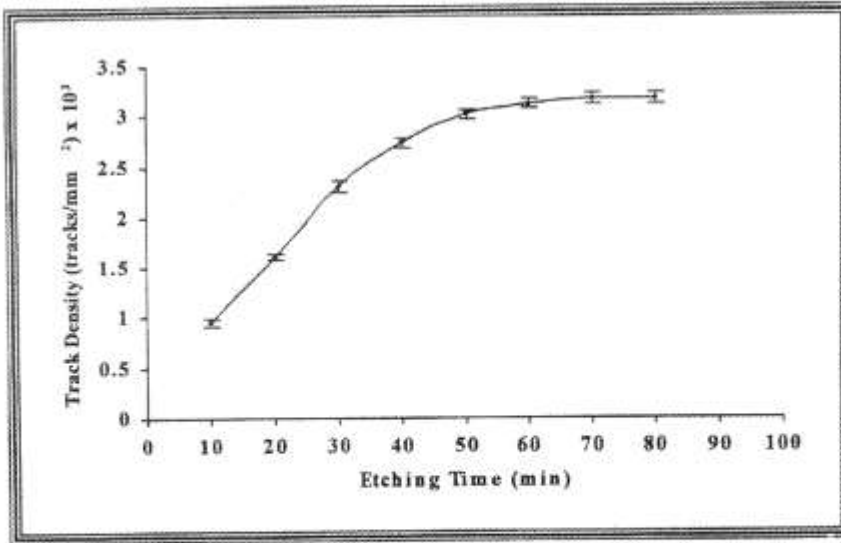
شكل (4 - 18)

علاقة كثافة الآثار كدالة الزمن القشط عند درجة حرارة (70C) و عيارية (6.25 N)



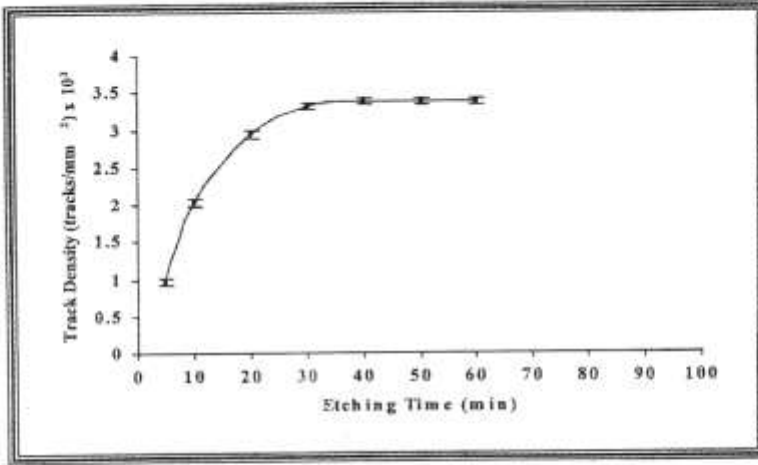
شكل (4 - 19)

علاقة كثافة الآثار كدالة لزمن القشط عند درجة حرارة (80 C) وعيارية (6.25 N)



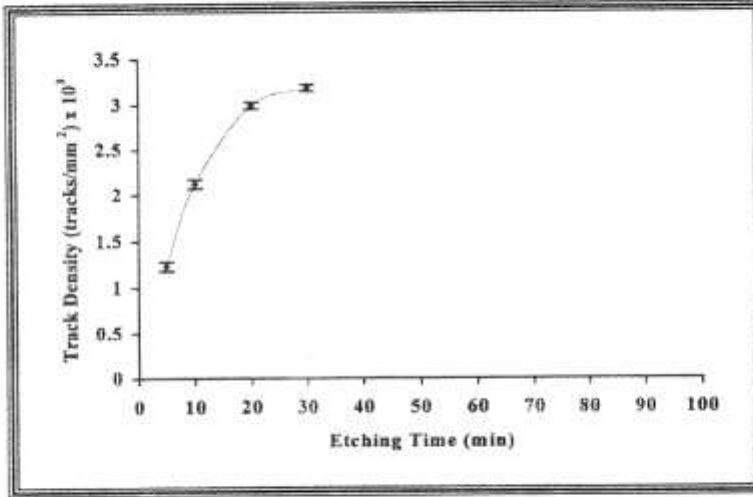
شكل (4 - 20)

علاقة كثافة الآثار كدالة لزمن القشط عند درجة حرارة (60 C) وعيارية (7 N)



شكل (4 - 21)

علاقة كثافة الأثار كدالة لزمان القشط عند درجة حرارة (70 C°) وعيارية (7 N)



شكل (4 - 22)

علاقة كثافة الأثار كدالة لزمان القشط عند درجة حرارة (80 C°) وعيارية (7N)

6-4 تداخلات المواد الإنشطارية

أولا : تداخل اليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المنضب

العامل (I_s/I_x) والمعتمد في معادلة حساب تراكيز النماذج المدروسة نسبة إلى تراكيز النماذج القياسية ، تم حسابه بالشكل التالي :-
بالنسبة لليورانيوم الطبيعي (Natural Uranium) فإن I_s تساوي

$$I_s = \frac{^{238}\text{U}}{^{235}\text{U}} = \frac{99.2745}{0.7200} = 137.881 \quad \dots\dots\dots (4-2)$$

أما بالنسبة لليورانيوم المنضب (Depleted Uranium) فإن I_x تساوي

$$I_x = \frac{^{238}\text{U}}{^{235}\text{U}} = \frac{99.2747}{0.2015} = 495.259 \quad \dots\dots\dots (4-3)$$

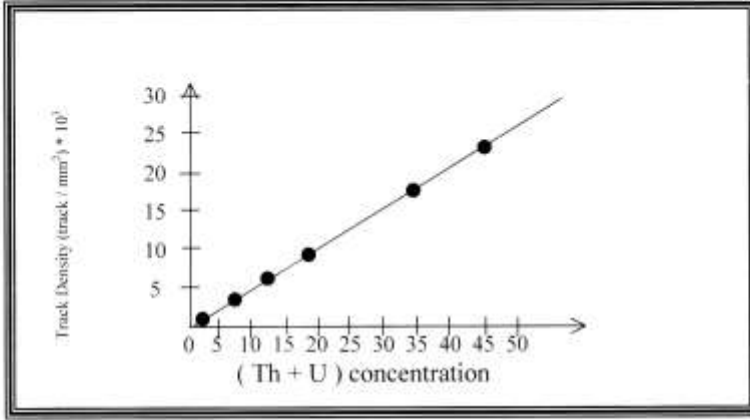
لهذا فإن النسبة بين (I_s/I_x) تكون مساوية إلى 0.2784 .

ثانيا : تداخل الثوريوم مع اليورانيوم في النماذج القياسية

الجدول (3 - 1) يبين التركيز الكلي وكثافة الأثار الكلية الناتجة من إنشطار الثوريوم واليورانيوم على سطح كاشف الأثر ألكسان

جدول (4 - 13) كثافة الأثار الكلية كمدالة للتركيز الكلي (Th + U) في النماذج القياسية

No	Code	(Th + U)conc ppm	P _{tot} (tracks/mm ²)
1	JF - 1	1.63	0.9 ± 0.23
2	JG - 1a	16.8	8.97 ± 0.53
3	JA - 2	7.1	3.59 ± 0.41
4	JB - 1a	10.4	5.68 ± 0.75
5	JG - 2	42.2	22.44 ± 0.85
6	JR - 1	35.5	19.13 ± 0.53



شكل (4 - 23) علاقة آثار كثافة شظايا الإشطار الكلية من (U , Th)

كدالة للتركيز في النماذج القياسية المستخدمة لأجل المعايرة . كما ان الشكل (4 - 23) يوضح العلاقة بينهما .
ولأجل فصل كثافة آثار شظايا إشطار الثوريوم (232) والحصول على كثافة آثار شظايا إشطار اليورانيوم فقط فقد تم اتباع الخطوات الرياضية أدناه :
من الجدول (4 - 13) نلاحظ

$$\rho_{tot} = \rho_{th} + \rho_U \quad \dots\dots\dots (4-4)$$

حيث ان

ρ_{tot} : كثافة الآثار الكلية .

ρ_{th} : كثافة الآثار إشطار الثوريوم .

ρ_U : كثافة الآثار إشطار اليورانيوم .

فيالنسبة للنموذج المعياري الأول فإن :

$$\rho_{tot1} = \rho_{U1} + \rho_{th1} \quad \dots\dots\dots (4-5)$$

والنموذج المعياري الثاني

$$\rho_{tot2} = \rho_{U2} + \rho_{th2} \quad \dots\dots\dots (6-4)$$

عند رسم العلاقة البيانية بين تراكيز اليورانيوم المعلومة في النماذج القياسية (المعيارية) وبين كثافة الأثار . فإن ميل الخط البياني (Slope) للنموذج الأول يكون :

$$\text{Slope (U1)} = \frac{\rho_{U1}}{\text{ConU1}} = \frac{\rho_{\text{tot}} - \rho_{\text{th1}}}{\text{ConU1}} \quad \dots\dots\dots (4-7)$$

حيث ان

ConU : تراكيز اليورانيوم (ppm) .

أما بالنسبة للنموذج الثاني فإن الميل يكون :

$$\text{Slope (U2)} = \frac{\rho_{U2}}{\text{ConU2}} = \frac{\rho_{\text{tot2}} - \rho_{\text{th2}}}{\text{ConU2}} \quad \dots\dots\dots (4-8)$$

بما أن أية نقطتين على الخط المستقيم الذي يمر بنقطة الأصل تكون قيسه الميل (Slope) لهم متساوية ، فإن :

$$\text{Slope U1} = \text{Slope U2}$$

$$\frac{\rho_{\text{tot1}} - \rho_{\text{th1}}}{\text{Con U1}} = \frac{\rho_{\text{tot2}} - \rho_{\text{th2}}}{\text{Con U2}} \quad \dots\dots\dots (4-9)$$

أما في حالة رسم علاقة بيانية بين تراكيز الثوريوم المعلومة في النماذج القياسية وبين علاقة كثافة الأثار فإن ميل (Slope) الخط البياني للنموذج الأول يكون :

$$\text{Slope (Th}_1) = \frac{\rho_{\text{th1}}}{\text{Con.Th}_1} \quad \dots\dots\dots (4-10)$$

حيث أن

Con.Th₁ : تركيز الثوريوم ppm.

وبالنسبة للنموذج الثاني فإن :

$$\text{Slope (Th}_2) = \frac{\rho_{\text{Th}2}}{\text{Con.Th}_2} \quad \dots\dots\dots (4 - 11)$$

وهنا أيضا المعادلة (4 - 10) تساوي (4 - 11) أي ان :

$$\frac{\rho_{\text{Th}1}}{\text{Con.Th}_1} = \frac{\rho_{\text{Th}2}}{\text{Con.Th}_2} \quad \dots\dots\dots (4 - 12)$$

يمكن تبسيط المعادلة (4 - 12) وجعلها

$$\rho_{\text{Th}1} = \frac{\text{Con.Th}_1}{\text{Con.Th}_2} \cdot \rho_{\text{Th}2} \quad \dots\dots\dots (4 - 13)$$

$$\rho_{\text{Th}1} = 0.1074 \cdot \rho_{\text{Th}2} \quad \dots\dots\dots (4 - 14)$$

وبتعويض المعادلة (4 - 14) في المعادلة (4 - 9) يكون لدينا

$$\frac{\rho_{\text{tot}2} - \rho_{\text{Th}2}}{\text{Con} \cdot U_2} = \frac{\rho_{\text{tot}1} - 0.1074}{\text{Con} \cdot U_1} \quad \dots\dots\dots (4 - 15)$$

وعند التعويض عن (Con U₂ , Con U₁ , ρ_{tot2} , ρ_{tot1}) بما يساويها نحصل

على

$$\rho_{\text{Th}2} = 7.26 \text{ tracks / mm}^2 \quad \dots\dots\dots (4 - 16)$$

في حالة تعويض قيمة P_{Th2} في المعادلة (4 - 14) يكون لدينا

$$\rho_{\text{Th}1} = 0.78 \text{ tracks / mm}^2 \quad \dots\dots\dots (4 - 17)$$

للحصول على قيمة ρU_1 , ρU_2 نعوض كلاً من (4 - 16) , (4 - 17) في المعادلتين (4 - 5) , (4 - 6) على التوالي نحصل على :

$$\rho U_1 = 0.12 \text{ track / mm}^2 \quad \dots\dots\dots (4 - 18)$$

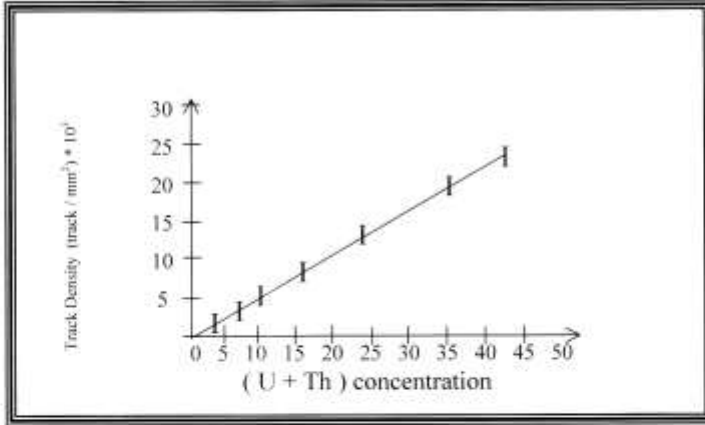
وأيضاً

$$\rho U_2 = 1.71 \text{ track / mm}^2 \quad \dots\dots\dots (4 - 19)$$

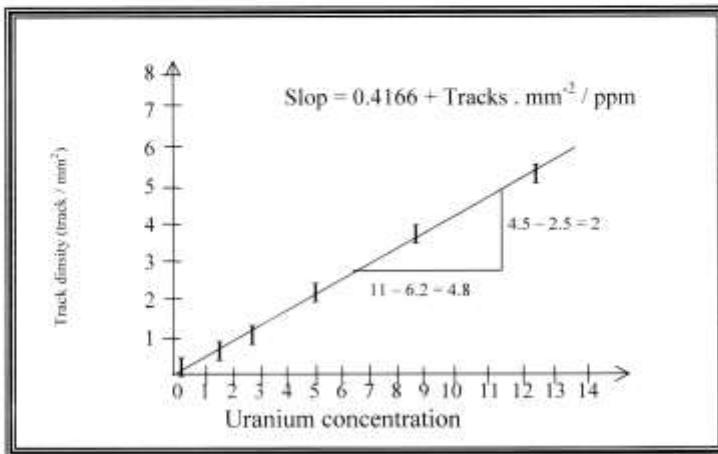
وهكذا بالنسبة لباقي النماذج القياسية (المعيارية) المستخدمة .

الجدول (4 - 14) يبين كثافة آثار كل من اليورانيوم والثوريوم إضافة إلى تركيز كل منهما في النماذج القياسية (المعيارية) . وكما ان الشكل (4 - 25) يوضح العلاقة بين كثافة الآثار وتركيز اليورانيوم في النماذج القياسية (المعيارية) .

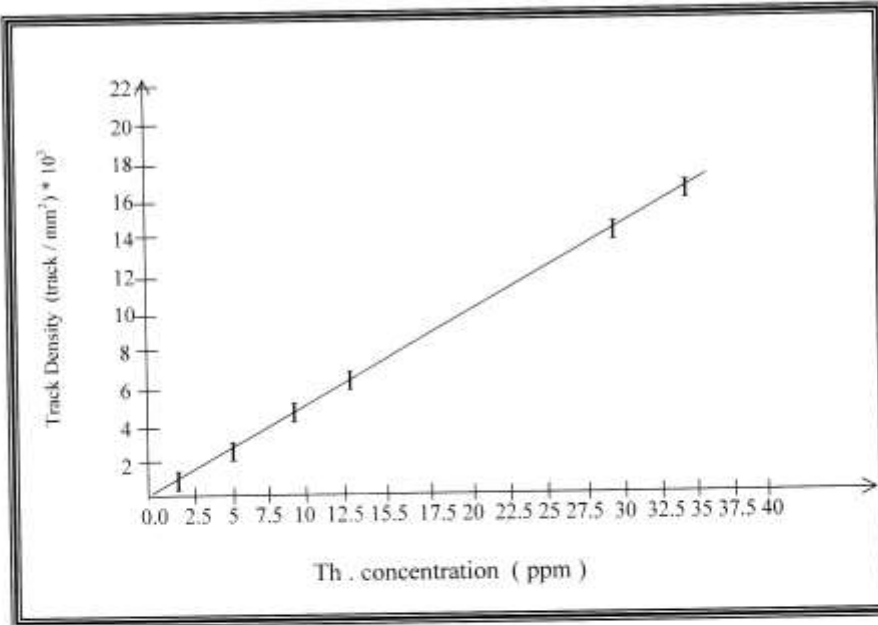
NO	Code	U Con . ppm	Th Con . ppm	$P_{Th} (t/mm^2)$	$\rho_t (t/mm^2)$
1	JF - 1	0.33	1.3	0.78	0.12
2	JG - 1a	4.7	12.1	7.26	1.71
3	JA - 2	2.4	4.7	2.72	0.87
4	JB - 1a	1.6	8.8	5.10	0.58
5	JG - 2	12.5	29.7	17.26	5.18
6	JR - 1	9.0	26.5	15.4	3.73



شكل (4 - 24) علاقة كثافة الأثار الكلية (U + Th) كدالة للتركيز في النماذج القياسية



شكل (4 - 25) علاقة كثافة إنشطار اليورانيوم كدالة للتركيز في النماذج القياسية



شكل (4-26) علاقة كثافة آثار إنشطار الثوريوم كدالة للتركيز في النماذج القياسية

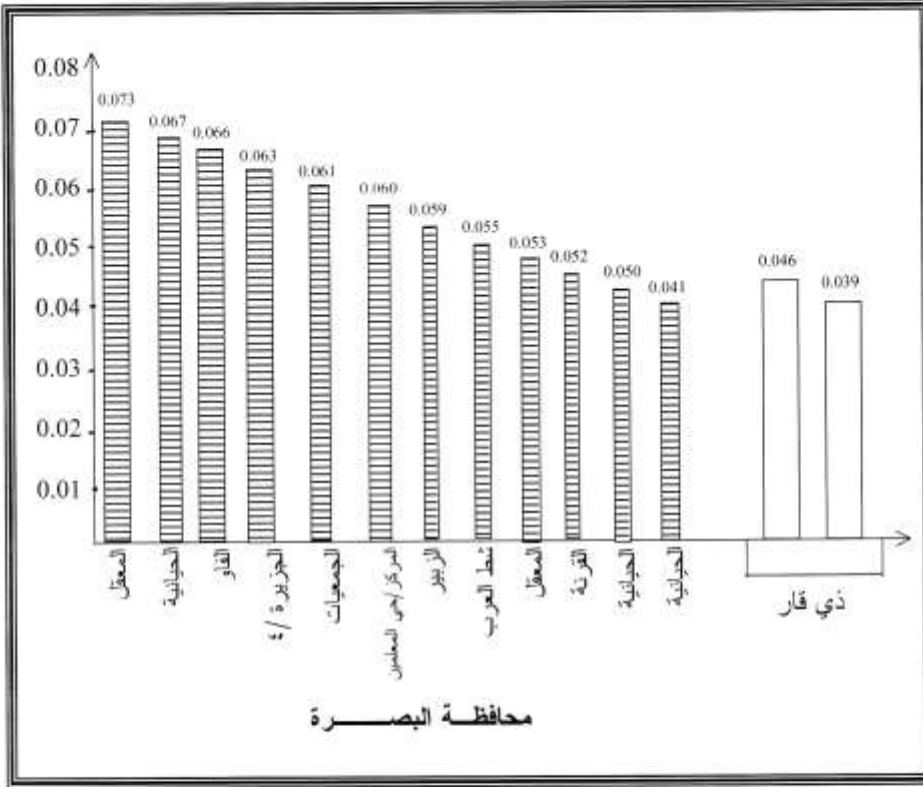
7-4 إيجاد تراكيز اليورانيوم المنضب في عينات الدم

بعد أن تم رسم العلاقة البيانية بين تراكيز اليورانيوم في العينات القياسية وكثافة آثار شظايا الإنشطار الموضحة بالشكل (4-25) وتم حساب قيمة الميل (ρ_s / C_s) والتي تساوي $(0.4166 \text{ track} / \text{mm}^2 / \text{ppm})$.
تم استخدام العلاقة (4-3) علاقة المقارنة النسبية وذلك لمعرفة احتمالية تعرض المرضى للإشعاع باليورانيوم المنضب. والتي تمثل النساء الحوامل من محافظة البصرة واللواتي فقدن أطفالهن نتيجة سقوط الجنين ولم يكتمل النمو أو حدوث ولادات مشوهة عند الولادة والجدول (4-15) تبين نتائج الدراسة الحالية من الجدول يمكن ملاحظة ان مدى تركيز اليورانيوم المنضب في نماذج الدم للمريضات للدراسة الحالية هو $(0.041 - 0.073) \text{ ppm}$ حيث وجد أعلى تركيز $(0.073) \text{ ppm}$ كانت في محافظة البصرة / المعقل.

جدول (4 - 15) يبين تراكيز اليورانيوم المنضب في النماذج المدروسة

ت	المحافظة	العمر	الجنس	الرمز	تركيز اليورانيوم المنضب (ppm)
1	البصرة / الجمعيات	22	أنثى	BB ₁	0.061
2	البصرة / شط العرب	35	أنثى	BB ₂	0.055
3	البصرة / الفاو	27	أنثى	BB ₃	0.066
4	البصرة / خمسة ميل	34	أنثى	BB ₄	0.049
5	البصرة / الجزيرة / ٤	35	أنثى	BB ₅	0.063
6	البصرة / المعقل	19	أنثى	BB ₆	0.073
7	البصرة / الحيانية	23	أنثى	BB ₇	0.050
8	البصرة / المركز	25	أنثى	BB ₈	0.060
9	البصرة / الزبير	25	أنثى	BB ₉	0.059
10	البصرة / القرنة	37	أنثى	BB ₁₀	0.052
11	البصرة / الحيانية	24	أنثى	BB ₁₁	0.041
12	البصرة / الحيانية	23	أنثى	BB ₁₂	0.067
13	البصرة / المعقل	25	أنثى	BB ₁₃	0.053
14	ذي قار (امعاء)	19	ذكر	T ₆	0.046
15	ذي قار (ثدي)	24	أنثى	T ₇	0.039

وأقل تركيز كان ppm (0.041) كان في محافظة البصرة / الحيانية هذا بالنسبة للدم .
 أما بالنسبة للتمونجين من الأنسجة فكان من محافظة ذي قار أحدهما للأمعاء والأخرى
 للثدي فكانت النتائج ppm (0.041) و pmm (0.039) على التوالي .
 وقد كان معدل تركيز الدم للتماذج المدروسة pmm (0.057) والشكل (4 - 27)
 يمثل رسم مخطط لتراكيز اليورانيوم المنضب في نماذج الدم والأنسجة للدراسة الحالية
 مرتبة ترتيباً تنازلياً وعند مقارنة نتائج الدراسة مع الدراسات السابقة والمتوفرة نلاحظ
 إن مدى التركيز لنماذج الدم المستخرجة من الدراسة الحالية هي بصورة عامة أعلى
 بقليل من مدى التركيز المستخرج في دراسة سابقة لنماذج الدم ³⁶ .
 وكذلك بالنسبة لدراسة الأنسجة فإن النتائج كانت أقل من النتائج في الدراسات السابقة ³⁷
 كما نلاحظ أن مدى الدراسة الحالية ضمن مدى التركيز العالمية
 ppm (0.0015 - 0.087) لنماذج دم لمرضى مصابين بالليوكيميا والمستخرجة من
 قبل (Koul & Chadderton) ¹³² .
 ويلاحظ ارتفاع معدل الدراسة الحالية ppm (0.057) مقارب إلى ضعف معدل
 التركيز لمرضى مصابين بالليوكيميا (0.031 ppm) والمستخرج من
 (Koul & Chadderton) ¹³² وأعلى من معدل التركيز المصابين
 بالليوكيميا (0.0017 ppm) والمستخرج من (Segovia et al) ¹³³ لقد تم استخدام
 ثلاثة عشر نموذج دم للنساء الحوامل واللواتي يعانين من (إسقاط الحمل) وموت
 الأطفال حديثي الولادة فقد أخذت العينات بالتعاون مع كلية طب البصرة . وقد لوحظ
 ارتفاع تراكيز اليورانيوم في النماذج أعلاه مما يدل على أن الأمعاء
 (اليورانيوم المنضب) له السبب الأكبر في هذه الحالة كما أن سوء التغذية ونقص
 العناصر الرئيسية في جسم الإنسان وعوامل أخرى هي السبب في حدوث هذه الحالات
 المرضية . كما أخذت عينات من الأنسجة محافظة (ذي قار) للمقارنة وقد لوحظ أن
 مستوى التعرض يكون أقل ، ويعزى ذلك لأن العمليات العسكرية والأسلحة المتروكة
 من حرب تحرير الكويت لا زالت في منطقة البصرة وأن الرياح على العموم
 هي (جنوبية غربية) .



شكل (4 - 27) تراكيز البورانيوم المنضب في النماذج المدروسة مرتبة ترتيبا تنازليا

4 - 8 الإنتاجات :-

من أهم استنتاجات هذه الدراسة هي :-

- ١ . إن سمك طبقة الكاديوم المناسبة لإيقاف النيوترونات الحرارية هو (0.5 mm) .
- ٢ . أفضل الظروف المناسبة لإجراء عملية القشط الكيميائي على كاشف ألكسان كانت عند عيارية (6.25 N) لمحلول NaOH ودرجة حرارة (60 C) وزمن قشط مقداره (70) دقيقة .
- ٣ . تزداد كثافة آثار شظايا الانشطار زيادة طردية مع مدة القشط إلى أن تصل إلى (70) دقيقة ثم تنخفض بعد ذلك وهذا هو سبب جعل زمن القشط مقداره (70) دقيقة .
- ٤ . إن تقنية عد آثار شظايا الانشطار الناتجة من تفاعل (n , F) ^{238}U هي تقنية مناسبة لمعرفة تراكيز اليورانيوم المنضب في النماذج البيولوجية (دم وأنسجة) .
- ٥ . بلغت تراكيز اليورانيوم المنضب في هذه الدراسة لنماذج النساء المعرضات للخطورة من (0.073 ppm) إلى (0.041 ppm) وبمعدل (0.057 ppm) . أما بالنسبة للأنسجة فكان (0.041 ppm) للأعضاء و (0.039 ppm) للثدي .
- ٦ . وجد أعلى تركيز في منطقة البصرة / المعقل وأقل تركيز في منطقة البصرة / الحيانية .
- ٧ . تتناسب كثافة الآثار الناتجة من تفاعل (n , F) ^{238}U طردياً مع السيل النيوتروني للنيوترونات السريعة المنبعثة من المصدر النظائري $^{241}\text{Am-Be}$

4-9 الدراسات المستقبلية

- ١ . إستخدام كواشف الأثر النووي غير ألكسان في مثل هذه الدراسة مع المقارنة بين كاشف ألكسان والكواشف الأخرى ولأعداد كبيرة من المرضى .
- ٢ . إستخدام كاشف ألكسان في دراسة وجود تراكيز لليورانيوم المنضب في نماذج حيوانية (أنسجة أو دم) .
- ٣ . إستخدام كاشف ألكسان في دراسة وجود تراكيز لليورانيوم المنضب في نماذج نباتية (نباتات أو ثمار) .
- ٤ . إستخدام كاشف ألكسان في دراسة نماذج الدم والأنسجة لعدة محافظات وخاصة الجنوبية منها .
- ٥ . إستخدام كاشف ألكسان في دراسة نماذج للتربة والتحري عن اليورانيوم المنضب في هذه النماذج .

المصادرReferences

1. معروف ، بهاء الدين حسين ، الوقاية من الاشعاعات المؤتية منشورات منظمة الطاقة ذرية العراقية (١٩٨٩) .
2. سعيد ، قصي رشيد ، الوقاية من الاشعاعات المؤتية منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية (١٩٨٩) .
3. مجلة العلوم ، السنة السادسة ، تقرير ، العدد ٤٥ (١٩٨٦) .
4. Herman Cember , Helth . phys ., 1st edd (1969) .
5. A. S. Durrani , k. R. Bull , solid state Nuclear Track Detection , principle methods and application pergamon Book Ltd ., (1987) .
6. Who , “ Depleted Uranium “ , Fact sheet , repot no. 257 April , 2001 .
7. The Nuclear waste primer : Hand Book , published by loyons & Burford , 1993 .
8. Clandine Bajo , Nucl . Tracks , 3 (1979) 101 – 1080 .
9. M. R. Bernce & M. veny , “ physiology “ (W. B. sanders company) (1987) .
10. V. Arena (jonizing Radiation & file) (C. V. Mosby company p: 317 – 320 , (1971) .
11. جمعة ، محمد كمال ، صلاح الدين (الاشعاع النووي) طبع بمطابع دار الدانوب (1984) الجامعية . مصر .
12. S. W. Beck “ Hematology “ MIT press (1987) .
13. W. J. Harris “ Red cell “ Harvard university press Cambridge (1963) .
14. (1984) دلاي ، باسل كامل (البروتينات) طبع بمطابع جامعة الموصل .
15. M. T. Devlin “ Biocheunistry with clinical correlation (John wiley & sons , Inc) (1979) .
16. R. Bertell , “ Gulf war veteraus & Depleted Uranium “ ,Hagne peace conferce , May (1999) .
17. L. A. Deitz , “Uranium Battle Fields “ progressive Alliance for community , New Mexico , (1993) .

18. J. E. T. urner “ Radiation & Radiation protection “ , (1995) .
19. الأحمد : د. خالد عبيد ، " مقدمة في الفيزياء الصحية جامعة الموصل .
20. جوين ورايندك ، ترجمة د. عصام جرجيس سلومي ، زهور فتحي داود ، الكيمياء النووية : " النظرية والتطبيق " جامعة الموصل (١٩٨٥) .
21. Atomic Energy commission of syria , regioual Basic professional Training course on “ Radiation Protection “ Damascus , (1999) .
22. T. sasazuki Y. Nishimura & A. Tonomura , “ Imm unological feathurse of patients at High risk for leu kemogenesis “ , Japan Sci. soc. Press , Tokyo , (1980) .
23. Z. Hoffman , Biochem . , Vol. 313 (1943) 377 .
24. A. George , Health fhs. , Vol. 13 (1967) 1321 .
25. T. Nozaki , J. of Radioanal . chem . , Vol. 6 (1970) 33 .
26. M. Picer & p. Strohal , Anal . chem ... A cfa . , Vol. 40 (1968) 131 .
27. E. I. Hamilton , Nature , 227 (1970) 501 .
28. B. S. Carpenter & C. H. cheek , Analytical chemistry 42 (1970) 121 – 123 .
29. E. I. Hamilton , “ Healthfysics “ 22 (1972) 149 – 153 .
30. S. L. Koul & L. T. Chadderton , “ Radiation Effects leetters 50 (1979) 19 – 21 .
31. R. Parshad , N. Lal & K. K. Nagpaul , “ Healthfysics “ , 38 (1980) 409 – 410 .
32. M. Romero , M. Sanchez & Nsegovia , “ Nuclear Tracks & Radiation measurement “ , 8 (1984) 457 .
33. Y. Igrashi , A. Yamakawa , R. seki & N. Ikeda “ Healthfysics “ , 49 (1985) 707 – 712 .
34. K. C. Das , A. Hanifa & T. D. Goswami , “ Nuclear Tracks & Radiation measurement “ , 12 (1986) 789 – 79 .
35. N. Segovia , M. E. Olohim & M. Romero “ Nuclear Tracks & Radiation measurement “ , 12 (1986) 797 – 800 .
36. M. F. Sultan “ Determination of depleted Uranium in Leukemia patients Blood by using induced Nuclear Frssion Tracks Technique “ M. Sc. Thesis , Collage of science , AL. Mustansiriyah university , 2001 .

37. B. J. Hussein , "Determination of depleted Uranium concentration in different human Tissues , colloge of Education , Ibn AL. Haytham , Baghdad University , April , 2001 .
38. M. H. Ibraheem " Determination of depleted Uranium concentration in Leukemia samples " N. Sc. Thesis colloge of Education , AL. Mustansiriyah university 2003 .
39. A. W. Beujamin. " Nuclei & particles " Berkely Emilio regre (1977) .
40. هنري سيمات ، ترجمة عزت تحسين ، عبدالجبار عبدالله ، المقدمة في الفيزياء النووية والنظرية لجنة الطاقة الذرية العراقية (١٩٦٢) .
41. V. I. R ahmand & S. B. Shien . , Introduction to nuclear engineering " E. Robertkrieger publishing company , increase . New York (1981) .
42. J. D. Bennet . , " The elements of nuclear power London , Lougman Group limited (1972) .
43. موري - ر . ل ، منيب عادل خليل (الطاقة النووية) كلية العلوم ، قسم الفيزياء جامعة الموصل (١٩٨٧) .
44. J. D. HVGHES . , " PIIE Neutron Research " Addison wesley publishing company , increase . (1953) .
45. د. معن صفاء العارف " الفيزياء الحياتية الأشعاعية " عمان - الاردن (١٩٩٩) .
46. M. W. GLBSo . , " The physics of nuclear radiation H. H. Wills physics Laboratory , university of Bristol , England , . 132 (1960) .
47. A. R. Faires . , & H. B. Parks . " Radioisotope Laboratory Techniques " New York (1973) .
48. جبر ، جبار حافظ (١٩٩٠) " تحديد التوزيع الزاوي والطافي للنيوترونات الناتجة من المولد النيوتروني وتطبيقاتها في المقاطع العرضية " رسالة ماجستير ، كلية التربية ابن الهيثم - جامعة بغداد .
49. W. Meyrhof . , " Element of nuclear physics " MC Graw Hill Book INC (1967) .
50. R. Arous " reactor Hand Book " Vol : 3 , part B , Intersence publisher .
51. الدكتور شذى سلمان الدركلي " الكشف عن الاشعاع النووي " جامعة بغداد (١٩٨٧) .

52. Foderaro " The Element of nuclear Interaction Theory " London Massachusetts Institute (1971) .
53. Pierremarmier & Eric . sheldon "physics of nuclear and particles " Vol . 2 Inc , New York (1970) .
54. D. C. Proyles , et al . phys. Rev. 89 (1953) P. 71 .
55. N. Tosul Fanidis . , " Measurement & Detection of Radiation " London , MC Graw – Hill (1983) .
56. J. W. price . , "Nuclear Radiation Detection "London , MC Graw – Hill (1964) .
57. E. R. Laph , & L. H. Andrews , "Nuclear Radiation physics " United States of America (1972) .
58. J. G. Diens . " studies in radiation effects in solids " Vol . 3 , Grodon & Breach New York , London (1969) .
59. S. W. Lyon (1963) " Guide to Activation Analysis " D. Van No strand Inc . New York .
60. محمد ، كريم خلف (١٩٨٩) " إستخدام تقنية التنشيط النيوتروني وتطبيقاته البيئية لتعيين العناصر الثقيلة والسامة والقذرة في المياه الثقيلة لمحطة تصفية الرستمية " طروحة ماجستير كلية التربية الثانية – جامعة بغداد .
61. D. De- soete . , R. Gijbes., J. Host, "Nuclear Activation Analysis" willy interscience New York (1972) .
62. G. Freidlander . , W. J. Kennedy . , S. E. Maclas., M. J. Miller " Nuclear & Radiochemistry " 3d Edition John willy & sons Ins. New York (1981) .
63. N. A. Garg , & J. R. Batra . " J. Radional chem " . 98 (1) , (1986) pp. 167 – 194 .
64. P. Maurice . " Modren Method for Trace Element Analysis " Ann Arbor science publishers Inc. (1978) .
65. J. Scikai , " hand Book of fast neutron generators " Vol. I CRC Bress , Inc , Florida (1987) .
66. P. Kruger " principle of Activation Analysis " John willy , New York .
67. فون دير هاردت وب ، وروبيجير ود ، ترجمة صيلوة وجميل عزيز كريم ، محمد ، غفوري وخليل ، صائب محمد " دليل التصوير النثروني " (١٩٨٨) .

68. otto oldenverg " Introduction to Atomic & nuclear phtsics " McGraw – Hill book company , Inc . (1961) .
69. A. F. Selove "nuclear spector scopy " . part A . New York Academic press (1974) .
70. H. K. Beckurts . & K. Wirtz "nuclear phtsics " springer – veralg , New York (1964) .
71. J. D. Hughes , " pile nuclear research " Addison – wesely Inc . cambridge .
72. S. A. Durraui and R. K. Bull (solid state nuclear track detection : principles , methodes and application pergamon Books. Ltd ,(1987) .
73. D. A. Young , nuclear 182 (1958) 375 – 377 .
74. E. C. H. Silk and R. C. Barues , phil . Mag . 4 (1954) .
75. P.B. Price and M. W. Walker , phys. Rev. Letters 8 (1962) 217 .
76. R. L. Fleischer , P. B price and R. W. walker , (nuclear Tracks in solids : principles and applications , (univer sity of california press ,Berkely , (1975) .
78. K. Schaupert , D. Albrecht , P. Armbruster and spour , Appl. Phys A44 (1987) 347 .
79. R. L. Fleischer , price , P. B. and walker , R. M. Phys . 156 , 2 , 353 – 355 , 1967 .
80. F. Spurny , Nucl Track & Red Meag ., 8 , 1- 4 , 167 – 170 , 1989.
81. R. L. Fleischer , price , P. B. & walker , R. M. Jour . Appl phys 36 , 3645 – 3659 , 1965 .
82. C. Hepburn .& A. H. windle , Jour . of material . , 15 , 279 – 301 , 1980 .
83. E. V. Beton , ogura , K., Fornk A. L. , Atallah , T. M. & rowe vol. 1 , 12 , 1-6 , 79-82 , 1980 .
84. G.F. Knoll (Radiation Detection & Measurcnment) New York (1979) .
85. M. A. P parkhurst Hadlock , D.E. , & Faust ,L. G. Nucl . & Rad . Meas ., 12 , 1 – 6 , 593 – 596 , 1986 .
86. V. Jager . , L. Tommasino . , Nucl. Tracks & Rad. Meas , 6,1,, 17 – 24 , (1982) .
87. W.G. Gross . Nucl . Tracks & Rad . Meas ., 12 , 1 - 6 , 533 – 542 , 1986 .

88. C. F. Meas . L. Tommasino . , Nucl . Tracks & Rad. Meas 6,1, 17 – 24 , 1982 .
89. J. L. , Teyssier . J.L. Decossa S. & J.C. Vareille , Nucl. Tracks & Rad. Meas. , 12 , 1 – 6 , (1986) .
90. F. Spurny Nucl . Tracks & Rad . Meas , 8 , 1-4 , 167- 170 , 1984.
91. B. G. Cahwright , & E. K. Shirk , Nucl Inst . & Meth , 153 , 457 – 460 , 1978 .
92. A. H. Khan Nucl , Inst . & meth , 104 , 515 – 519 , 1973 .
93. R.Kats & E.J.Kobetich , phts . Rev , 170 (1968) .
94. B. E. Fischer & R. Spohr , Rev. Mod. , 4 (1965) 3645 .
95. H. H. M. Chechmann , P. H. D. Thesis , unit . of Baghdad 2000.
96. E. V. Bonton (charge prtical , Track in polymers , Report USNRDL – TR (1967) 97 – 80 .
97. A. S. Amin PHD . Thesis university of Bristol , November 1981 .
98. G.Hussain , H. A. Khan , Nucl . Inst . & Meth , 173 (1980) 103.
99. A. S. Mehdi , m.s.c. Thesis university of teqnology (1986) .
100. E. F. Benrnd & S. Reimer , Rev. Mode phys 55 (1983) 4 .
101. R. P. Hend E. V. Benton , Nucl . Inst . Meth 190(1971) 125.
102. A. Damkjaer , Nucl . Tracks , 12 (1986) 295.
103. S. N. Mohammad , M. S. C. Thesis . univ . of Basra (1990) .
104. I. Tommasio , K. G. Harrison , Radia . protection ,. 11 (1985) 207 – 217 .
105. R.M. Walker , Radia . EFFE . 65 (1982) 131.
106. G. Somagyi & S. A. Szalay , Nucl . Inst . Meth . 109 (1973) 211
107. M. F. Cear & M. A. Franco , Nucl . Tracks , 12 (1986) 193 .
108. R. k. Bull , Nucl Tracks , 4 (1980) 116 .
109. S. A. Durani & R. K. Bull “ solid state Nuclear trak Detection , principles , Methods & Applection “ pergamon press , oyford (1987) .
110. M. M. Monnin , “Nucl . Inst . Meth “ , 173 (1980) 1 – 14 .
111. A. H. Khan , (Nucl . Inst . Meth) 173 (1980) 43 – 54 .
112. Herman cember , He L th . phys . 1st edd 3 – 8 , (1969) .
113. G. P. Herwig . , Rad Effects , 34 , 3 – 8 , (1977) .
114. T. heins & W. Engw , Nucl . Tracks & Rad . Meas , 12 , 1 –6 87 , 87 – 89 (1986) .

115. H.A.Khan Nucl . Inst. & Meth . , 173 , 55 – 62 , (1980).
116. P.B. Price , “Nucl . Inst . Meth “ , 153 , 457 – 460 , (1978) .
117. S. Szillagyi & G. Somogyi Nucl . Tracks & Rad . Meas , 8 , 1 – 4 , 171 – 174 , (1984) .
118. M. Urban , B. Burgkhardt & E. Piesch , Nucl . Tracks & Rad . Meas , 8 , 1 – 4 , 175 – 178 , (1984) .
119. E. Savvides , M. Christodoulou , M. Zamani , & charalam , Nucl . Tracks & Rad . Meas 12 , 1 – 6 , 145 – 198 (1986) .
120. S. K. Modgilo , & H. S. Virk , Nucl . Tracks & Rad . Meas 8 , 1 – 4 , 95 (1984) .
121. A. S. Amin . , L. D. Henshaw , Nucl . Inst & Meth . In phys . Res , 190 , 415 – 421 , (4981) .
122. W. Enge , Nucl . Tracks & detect Means . , 4 , 183 – 308 , (1980) .
123. هيئة الطاقة الذرية السورية محاضرات الدورة التدريبية الإقليمية حول البرنامج المهني الاساسي للوقاية من الاشعاع ، دمشق (١٩٩٧)
124. Nucleonics Handbook of Nuclear Research Technology Megraw – Hill , Inst , New York , U. S. A. , (1960).
125. أنكا " مقدمة في الفيزياء النووية : ترجمة د. عصام عبد الكريم عزوز ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل (١٩٨٣) .
126. P. Diehl “ Depleted Uranium aby – product of the nuclear China” Laka Foundatio , (1999) .
127. D. Desoete , R. Gijbels & J. Hoste “ Neutron Activation ANALYSIS “ , John & sons , (1972) .
128. H. Meter , G. Zeitler & P. Menge “ Journal of Radioanalytical & nuclear chemistry “ 38 (1977) 267 .
129. R. L. Fliescher , P. B. PRICE & R. M. Walker nuclear tracks in Solids : princiiples & application “ , (Berkeley : University of California press) , (1975) .
130. S. A. Durrani & R. K. Bull , “ solid state nuclear Tarcks Detection : principle Method & application . . (1987) .
131. K. Kobayashi & I. Kimura , Nucl . sci. & Engineering Vol. 99 , (1988) 157 .
132. S. L. Koul & L. T. Chadderton “ Radiation Effects Letters “ 50 (1979) 19 – 21 .
133. N. Segovia , M.E. olguin & M. Romerio , “ nuclear traks & Radiation Mrasuements “ 12 (1986) 797 – 800.