

## تأثير الاشعة فوق البنفسجية على الخواص الكشفية لكاشف الأثر النووي CR-39

مشتاق عبد داود الجبوري

زينب حاتم محي الدين

قسم الفيزياء/ كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة الموصل

p-ISSN: 1608-9391

e-ISSN: 2664-2786

### Article information

Received: 18/1/2023

Revised: 10/ 3/ 2023

Accepted: 15/ 3/ 2023

DOI: 10.33899/rjs.2023.181274

### corresponding author:

زينب حاتم محي الدين

[zainab.22esp30@student.uomosul.edu.iq](mailto:zainab.22esp30@student.uomosul.edu.iq)

مشتاق عبد داود الجبوري

[mushtaq\\_phy@uomosul.edu.iq](mailto:mushtaq_phy@uomosul.edu.iq)

### الملخص

في هذا البحث تم دراسة تأثير التشعيع على كاشف الأثر النووي في الحالة الصلبة CR-39 ذات السمك  $200\mu\text{m}$  حيث قطع الى عدة أجزاء ذات مساحة  $(1\times 1\text{cm}^2)$  اذ اشتملت الدراسة على حالتين: الحالة الاولى تم تشعيع كاشف الأثر النووي CR-39 بجسيمات ألفا من خلال مصدر الأمريشيوم  $^{241}\text{Am}$  ذو فعالية  $(1\mu\text{Ci})$  وبطاقة جسيمات ألفا  $2.6\text{ MeV}$  أما الحالة الثانية تم تشعيع قطعة أخرى من الكاشف CR-39 بالأشعة فوق البنفسجية UV  $(250\pm 10)\text{ nm}$  لمدة ثلاثة ساعات ثم شعع بجسيمات ألفا  $(\text{UV}+\alpha)$  لمعرفة مدى تأثير التشعيع، بعد ذلك قشطت العينات بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز  $6.25\text{N}$  ودرجة حرارة  $(70\pm 1^\circ\text{C})$  وتم اظهار الآثار المتكونة على سطح الكاشف بفترات زمنية تتراوح  $(1-4\text{h})$  وتم تصوير الآثار المتكونة على سطح الكاشف CR-39 بواسطة كاميرا رقمية عالية الدقة  $(\text{MADC-5A})$  متصلة بمجهر بصري  $(\text{XSZ-H})$  (Series Biological Microscope) وتم حساب معدل القشط العام  $(\text{Bulk etching rate}, V_B)$  لكلا الحالتين وعمل مقارنة بينهما وأظهرت النتائج أن معدل القشط العام  $V_B$  للحالة الاولى المشععة فقط بجسيمات ألفا هي  $(1.227\mu\text{m/h})$  وللحالة الثانية  $(2.841\mu\text{m/h})$  المشععة بالأشعة فوق البنفسجية ثم الفا  $(\text{UV}+\alpha)$ .

**الكلمات الدالة:** كاشف الأثر النووي CR-39، الاشعة فوق البنفسجية UV،

جسيمات ألفا، معدل القشط العام  $V_B$ .

### المقدمة

كواشف الأثر النووي الصلبة (SSNTD's)(Solid state Nuclear Track Detectors) هي عبارة عن مواد صلبة لديها القدرة على تخزين تأثير الإشعاع المؤين على شكل تلف في تركيبها الداخلي والذي يمكن مشاهدته مباشرة بالمجهر الإلكتروني أو بشكل غير مباشر بالمجهر الضوئي الاعتيادي بعد معالجة الكاشف بمحلول كيميائي مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH كما في بحثنا هذا أو هيدروكسيد البوتاسيوم KOH لحفر مناطق التلف الحاصل في هذه المواد وإظهارها وتكبيرها ثم عرضها (Al-Jubbori,2014; Azooz and Al-Jubbori, 2016; Al-Khalil *et al.*, 2022). ومن هذه الكواشف كاشف الأثر النووي CR-39 أحد أهم الكواشف العضوية التي لا تحتوي على النتروجين وهو عبارة عن مادة بوليميرية مختصرها CR مشتقة من Columbia Resin يحضر هذا الكاشف من عملية البلمرة لكاربونات الأليل دايبول المتعدد Ploy Ally diglycol Carbonate والصيغة الجزيئية له  $(C_{12}H_{18}O_7)_n$ ، وان الوزن الجزيئي المكافئ له يساوي 274 وكثافته  $1.32\text{gm/cm}^3$  (Nikezic and Yu, 2007; Al-jubbori, 2016; Al-jubbori *et al.*, 2021).

يرجع الانتشار السريع للكاشف CR-39 إلى حساسيته العالية، وتجانس مادته، وشفافيته العالية، وانقاره إلى الخلفية الإشعاعية، فضلاً عن درجة الوضوح العالية للأثار الظاهرة فيه، إذ أن حجم وشكل الأثار الظاهرة في الكاشف يعتمدان على معدل ما يزال من مادة الكاشف خلال القشط الكيميائي من المناطق المتضررة والمناطق غير المتضررة، أي على معدلي القشط العام ( $V_B$ ) والقشط باتجاه عمق الأثر ( $V_T$ ) (Moshawah and Al-Baroudi, 2018; Al-jubbori, 2017; Al-jubbori, 2020).

وقد أدت الخصائص العملية لهذه الكواشف، مثل توافرها وسهولة استخدامها وانخفاض تكلفتها، إلى انتشار استخدامها في العديد من المختبرات ومن قبل العديد من الباحثين وفي مختلف المجالات التطبيقية، بما في ذلك استخدامها في مجالات الفيزياء النووية وفيزياء البلازما، وكذلك في الطب وعلوم الحياة وعلم الفلك ودراسة الأشعة الكونية القادمة من أعماق الفضاء إلى الغلاف الجوي للأرض، كما أنها تعد أداة في رصد الزلازل والبحث عن علامات التحذير من الزلازل (Obara, 2006; Zhou *et al.*, 2006; Thomas *et al.*, 2021).

وهناك عدد من المعلمات الأساسية في عملية تشكيل الاثر وإظهاره نتيجة سقوط جسيمات ألفا على الكاشف CR-39 منها: معدل القشط العام (Azooz *et al.*, 2012; Al-jubbori *et al.*, 2021) و معدل القشط باتجاه الأثر و معدل نمو الاثر. ويعرف معدل القشط العام  $V_B$  بأنه معدل ما يزال من المادة من سطح الكاشف في وحدة الزمن بسبب القشط الكيميائي للكاشف (Hermsdorf and Hunger, 2009) فقد يحدث تحلل تدريجي للجزيئات سطح الكاشف مع تقدم عملية القشط، اعتماداً على طبيعة المحلول القاشط، وزمن القشط، ونوع الكاشف تؤدي عملية القشط إلى إزالة طبقة تلو الأخرى ويقل سمك الكاشف شيئاً فشيئاً ويعد معدل القشط العام معلماً كشافياً (detecting parameter) مهما (Nikezic and Yu, 2006) ، لأنه يعتمد على نوع الكاشف ومنشئه ودرجة بلمرته، ونقاوة المادة التي صنعت منها، ومدى تجانس مادة الكاشف وتمائل خواصه. أما بالنسبة لمعدل قشط على طول عمق الأثر  $V_T$  من أحد أهم المعالم القشطية والكشفية في كواشف الأثر النووي الصلبة والتي من خلاله يمكن وصف الشكل الهندسي (geometrical) لتطور أو نمو شكل الأثر وهيئته. ويعد  $V_T$  معلماً كشافياً لأنه يعتمد على تكوين الكاشف، ونوع المحلول القاشط، وتركيزه، ودرجة حرارته، وكذلك على كتلة الجسيم الساقط وشحنته، وطاقته، بالإضافة إلى مقدار الطاقة المفقودة من الجسيمات عند مرورها في المادة في آن واحد (Yu *et al.*, 2005; Al-jubbori, 2016).

قام (Yu *et al.*, 2005) بقياس معاملات الأثر في كاشف CR-39 باستخدام طريقة المتطابق الراتنجية (Epoxy replicas) ووجدوا معدل القشط  $V$ ، بعد تشعيه الكاشف بجسيمات ألفا بطاقة 4 MeV (Yu *et al.*, 2005). ودرس Tse *et al.* تأثيرات فوتونات الأشعة فوق البنفسجية بأطوال موجية مختلفة (أي UVA+B و UVA و UVC) على Poly Allyl Diglycol Carbonate (PADC) ولوحظ أيضاً أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية تسبب في معدل قشط الأثر

أكبر نسبياً في بداية القشط. ومع ذلك، انخفض معدل القشط العام مع عمق عينة PADC بسبب انخفاض معدل انتشار الأكسجين في مناطق أعمق (Tse *et al.*, 2006). وناقش Tse *et al.* آثار التعرض للأشعة فوق البنفسجية على أجهزة الكشف عن المسار النووي ذات الحالة الصلبة وأكد أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية يمكن أن يغير بشكل كبير معدل القشط العام ( $V_B$ ) ومعدل قشط الأثر ( $V_T$ ) لكاشفات CR-39 بطول موجي قصير (257 nm) للأشعة فوق البنفسجية (Tse *et al.*, 2008). كما درس Jaleh *et al.*, (2017) تغير معدل القشط العام مع زمن التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية UV (254nm) وزمن القشط الكيميائي على الخصائص السطحية لكاشف CR-39 وتم قشط الكاشف CR-39 بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز 6.25N ودرجة حرارة (85°C) لإظهار الآثار لكاشف الأثر النووي CR-39 وتبين ان معدل القشط العام يزداد بزيادة زمن التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية (Jaleh *et al.*, 2017). وقام (Al-Niaemi and Al-Ramadhni, 2018) بإيجاد معدل القشط العام لكاشف الأثر النووي CR-39 بطريقة قياس سمك الطبقة المزالة من سطح الكاشف عند درجات حرارة مختلفة  $80,70,60,50 \pm 1^\circ C$ ، وتم ايجاد سمك الطبقة المزالة بقياس تناوبي لسمك الكاشف لازمان قشط 1-9h بزيادة دورية 1h، وقد أظهرت النتائج أن قيم  $V_b$  كانت  $(0.605-2.351) \mu m/h$  عند درجات حرارة قشط  $50-80^\circ C$  على الترتيب كما استخدموا طريقة قطر- طول (D-L method) لإيجاد معدل القشط العام. (Al-Niaemi and Al-Ramadhni, 2018). ودرس (Daci *et al.*, 2019) الظروف المثالية لقشط الكاشف من نوع CR-39، حيث قاموا بقشط عينات من كاشف CR-39 المعرضة لمدة ستة اشهر في بيئة ذات مستوى رادون معروفة بمحلول NaOH وبتراكيز تراوحت بين (4-8)N ودرجات حرارة مختلفة تراوحت بين  $50-80^\circ C$  لفترات زمنية مختلفة من (1-10)hrs وتم حساب معاملات الكاشف  $V, V_T, V_B$ ، وكان معدل القشط العام في الظروف المثالية بحدود  $V_B = 1.15 + 0.05 \mu m hr^{-1}$  (Daci *et al.*, 2019). لقد قام Khilile و Al-Jubbori بحساب معدل القشط العام للكاشف النووي CR-39 بطريقة السمك المزال كانت قيمته  $V_B = 1.55 \mu m$  وتضمنت الدراسة حساب معاملات الأثر وتصوير مظاهره الجانبية ومقارنتها مع نتائج المعادلة الأولى من برنامج Track-Test (Khilile *et al.*, 2020). كما قام (Malo *et al.*, 2021) بقياس اطوال الآثار المتكونة على سطح كاشف الاثر النووي CR-39 وقد تم تشعيع هذه العينات من خلال مصدر الأمريشيوم  $^{241}Am$  وبطاقات جسيمات ألفا (3.13, 3.59 and 4.17) MeV ويزاوية سقوط عمودية على سطح الكاشف و قشطت هذه العينات بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH وبظروف قشطية  $(70 \pm 1)^\circ C$  ولفترات قشط تتابعية قدرها 0.25h ومن ثم حساب طول الاثر كدالة لزمن القشط، وتمت دراسة معاملات تلك الآثار مثل معدل نمو الأثر ومعدل قشط الأثر ونسبة معدل القشط دالة لعدد من المعلمات منها زمن القشط، وعمق الأثر اضافة الى المدى المتبقي. وقام (Kassim and Alkhayat, 2021) بدراسة قياس أعماق وأقطار مسارات جسيمات ألفا في كاشف CR-39 و حيث تم تشعيع كاشف CR-39 بجسيمات ألفا بطاقة (3.5 MeV) قبل وبعد تعرض الكاشف CR-39 للأشعة فوق البنفسجية عند (366nm) لمدة 6 ساعات وتم قشط الكواشف بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (6.25 NaOH) عند  $(70^\circ C)$  لفترات من 1-7 ساعات وأظهرت النتائج أن كلا من  $V_b$  و  $V_t$  ل CR-39 تحسیناً عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية، حيث أقطار مسار جسيمات ألفا وأعماقها يزداد مع التعرض للأشعة فوق البنفسجية. علاوة على ذلك، كشفت الدراسة أن زمن تكوين المسار ينخفض عندما تم تشعيع كاشف CR-39 بالأشعة فوق البنفسجية.

أن الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تأثير الاشعة فوق البنفسجية على اثار جسيمات الفا في كاشف الاثر النووي CR-39 عن طريق ايجاد معدل القشط العام لكاشف الاثر النووي CR-39 بطرق مختلفة منها طريقة السمك المزال (Removed thickness method) وطريقة ثبوت الأثر (Track saturation method) وطريقة قطر- طول الأثر (D-L method) وإجراء مقارنة النتائج مع بعض النتائج العالمية.

### الجانب النظري

هنالك عدد من الطرائق لحساب معدل القشط العام  $V_B$  ومنها:

#### طريقة السمك المزال (Removed thickness method):

في هذه الطريقة يتم قياس السمك المزال من سطح الكاشف  $\Delta h(\mu m)$  لأزمان قشط متعاقبة  $\Delta t(h)$  وتعطى  $V_B$  بالعلاقة التالية: (Nikezic et al., 2002).

$$V_B = \frac{\Delta h}{2\Delta t} \quad \dots \dots (1)$$

حيث يظهر العامل (2) في المقام كون عملية القشط تتم على وجهي الكاشف في آن واحد، عند حساب  $V_B$  بطريقة السمك المزال، وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يمكن إجراء قياس  $V_B$  إما عن طريق تشيع الكاشف بالجسيمات المشحونة ضمن طاقة العمل أو بدون تشيعه ثم إجراء عمليات القشط المتعاقبه، ويتم قياس السمك المزال من سطح الكاشف إما باستخدام مجهر القوة الذرية AFM، المعروف بطريقة عدم التقشر (peeled-off)، أو باستخدام مجهر موصول بكاميرا رقمية متصلة بالحاسوب (Nikezic et al., 2002).

#### طريقة ثبوت (Track saturation method):

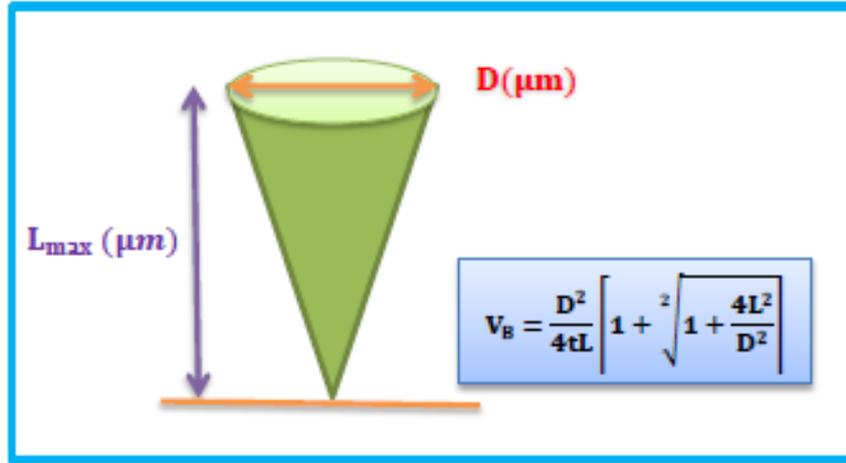
تعتبر هذه الطريقة حديثة نوعا ما لقياس معدل القشط العام وذلك من خلال معلمات الأثر عند بداية ثبوته وهي كل من طول الأثر عند الثبوت ويسمى أقصى طول اثر  $L_{max}(\mu m)$  والذي يقابل زمن الثبوت  $t_{sat}(h)$  وبإيجاد مدى جسيمات ألفا  $R(\mu m)$  في الكاشف CR-39 من برنامج SRIM (Ziegler et al., 2010) تم قياس معدل القشط العام من المعادلة التالية (Azooz et al., 2012).

$$V_B = \frac{R-L_{max}}{t_{sat}} \quad \dots \dots (2)$$

#### طريقة قطر - طول الأثر (D-L method):

تعتمد هذه الطريقة على طول وقطر الأثر في مرحلة النمو أي في مرحلة المخروط المنتظم وتتطلب هذه الطريقة دقة في قياسات طول الأثر المقشوط في مرحلة نمو  $L(\mu m)$  وكذلك قطره  $D(\mu m)$  والشكل (1) يوضح معلمات الأثر المقشوط في مرحلة المخروط المنتظم. ويمكن إيجاد  $V_B$  من العلاقة الآتية (Balestra et al., 2007):

$$V_B = \frac{D^2}{4tL} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{4L^2}{D^2}} \right] \quad \dots \dots (3)$$



الشكل 1: معدل القشط العام بطريقة علاقة قطر - طول الأثر (Bologna and Pichat, 2006).

#### طرائق العمل

في هذا البحث تم تقطيع كاشف الأثر النووي في الحالة الصلبة CR-39 ذات السمك  $200\mu\text{m}$  الى عدة أجزاء ذات مساحة  $(1 \times 1\text{cm}^2)$  حيث اشتملت الدراسة على حالتين: الحالة الاولى تم تشيع كاشف الأثر النووي CR-39 بجسيمات ألفا من خلال مصدر الأمريشيوم  $^{241}\text{Am}$  ذو فعالية  $(1\mu\text{Ci})$  وبطاقة جسيمات ألفا  $2.6\text{MeV}$  وبزاوية سقوط عمودية على سطح الكاشف CR-39 أما الحالة الثانية تم تشيع قطعة أخرى من الكاشف CR-39 بالأشعة فوق البنفسجية UV  $(250 \pm 10)\text{ nm}$  لمدة ثلاث ساعات ثم شعع بجسيمات ألفا  $(UV+\alpha)$ ، بعد ذلك تم قشط الكاشفين بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز  $6.25\text{N}$  ودرجة حرارة  $(70 \pm 1^\circ\text{C})$  من أجل الحصول على صور دقيقة لأطوال الأثار واقطارها وسمك الطبقة المزالة عند ازمان قشطية متعاقبة بفترات زمنية  $(1-4\text{h})$  وبعد ذلك تم تصوير الاثار المتكونة في الكاشف عند ازمان قشط مختلفة عن طريق المجهر البصري (الضوئي) (XSZ-H Series Biological Microscope) المزود بكاميرا رقمية نوع (MADC-5A) مربوطة على حاسبة شخصية PC.

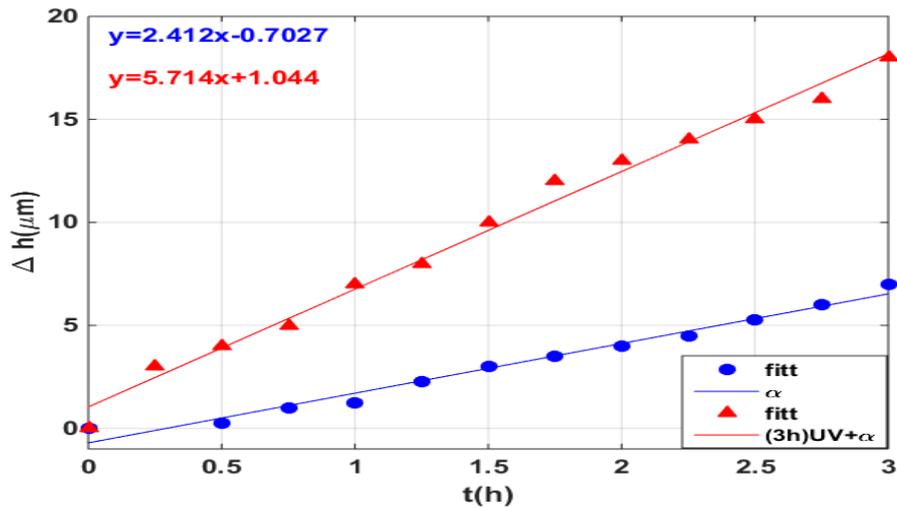
#### النتائج والمناقشة

يمكن للأشعة فوق البنفسجية وجزئيات ألفا أن تولد انفصال سلسلة رئيسية والربط المتبادل في أجهزة الكشف CR-39. حيث أن جسيمات ألفا تخلق مسارات وتسبب ضرراً دائماً على طول مساراتها في الكاشف CR-39 وهذا الضرر يعيق الجذور الحرة لإعادة الاتحاد مرة أخرى. لأن المتوسط الجزيئي الوزن على طول مسار ألفا منخفض، باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم يمكن أن تكشفها بسهولة، في معظم الحالات، بسبب تشيع البوليمرات بالأشعة فوق البنفسجية إثارة جزيئية في البداية، تليها معالجة لاحقة مثل انشقاق السلسلة و يحدث الارتباط المتبادل عندما تتحد الجذور الحرة، مما أدى إلى زيادة معدل القشط العام بسبب زيادة انحلال العينات المقشوة (Sinha et al., 2001).

عندما تزداد مدة التعرض للأشعة فوق البنفسجية، فإن الزيادة المستحثة تزيد الطاقة من إمكانية الذوبان، مما يؤدي إلى زيادة في الجذور الحرة النشطة. قد تسبب هذه الجذور الحرة النشطة المزيد من ردود الفعل أو مزيد من الاتصال بسلسلة البوليمر، مما يؤدي إلى تقليل حجم الحفر معدل القشط العام  $V_B$ ، لذلك عند إطالة فترة التعرض للأشعة فوق البنفسجية، فإن تفاعل تزيد الجذور الحرة النشطة وتخلق طبقة ربط متقاطعة، والتي يؤدي مرة أخرى إلى خفض  $V_B$  (Tse et al., 2006).

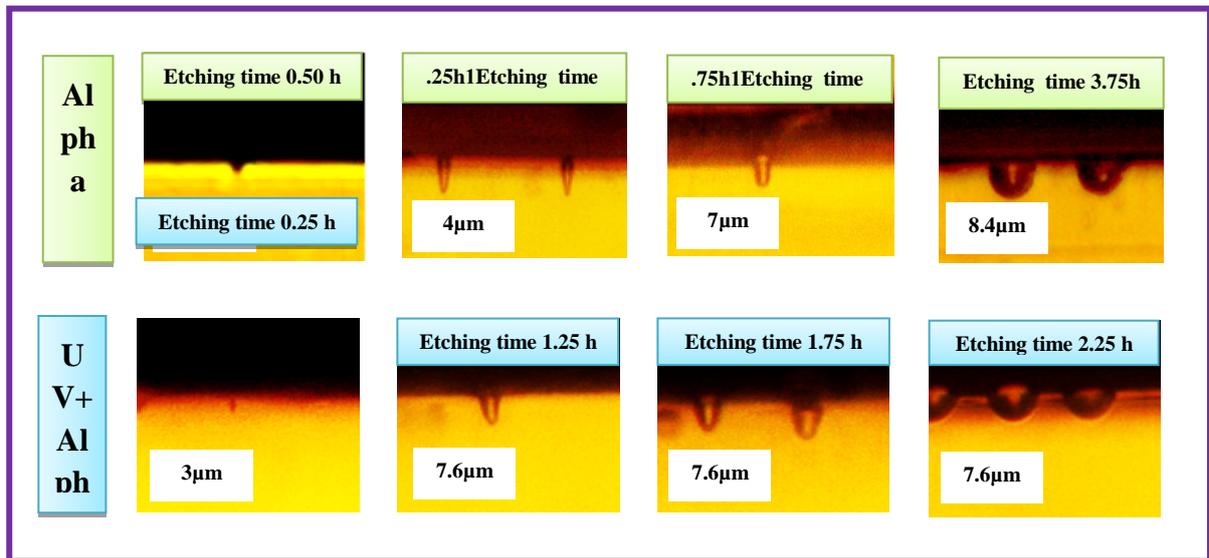
لاحظنا ان السمك المزال من الكاشف الثاني (المشع ب UV ثم بألفا) اكبر من السمك المزال من الكاشف الأول (المشع ب الفا فقط) كما موضح بالشكل (2) لان تشيع الكاشف UV يسرع من عملية القشط لأزمان قشط متعاقبة  $\Delta t(\text{h})$

وباستخدام المعادلة (1) حيث في دراستنا الحالية وجدنا أن قيمة معدل القشط العام للعينة الاولى هي  $(1.206 \pm 0.221) \mu\text{m/h}$  وللعينة الثانية ( المشع بـ UV ثم بألفا )  $(2.857 \pm 0.162) \mu\text{m/h}$ .



الشكل 2: علاقة توضح السمك المزال مع زمن القشط

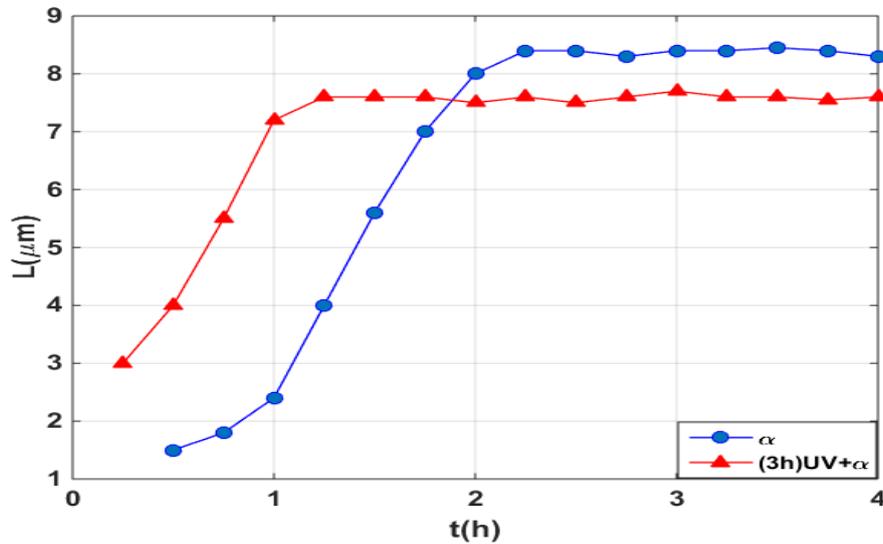
يوضح الشكل (3) المظاهر الجانبية لأثار جسيمات الفا حيث يتضح ان حجم الاثر يكون أكبر في حالة التشعيع بأشعة UV ثم الفا عما هو الحال التشعيع بجسيمات الفا فقط عند نفس زمن القشط. اذ نلاحظ ان شكل الاثر يكون على شكل مثلث صغير في بداية ازمان القشط وبزيادة زمن القشط يتخذ شكل المخروط المنتظم وهذه تسمى المرحلة الحرجة حيث يبدأ معدل قشط الاثر يقترب من معدل القشط العام، وفي هذه المرحلة يبدأ طول الاثر بالثبوت ويكون رأسه مدبب ومع زيادة زمن القشط أكثر فأكثر يتحول من الشكل المخروطي إلى الشكل الكروي وذلك لان وصل القشط الى المنطقة السليمة من الكاشف.



الشكل 3: صور مجهرية لمسارات جسيمات الفا والاشعة فوق البنفسجية لعينتين من الكاشف الاثر النووي CR-39 وعلى فترات قشط مختلفة

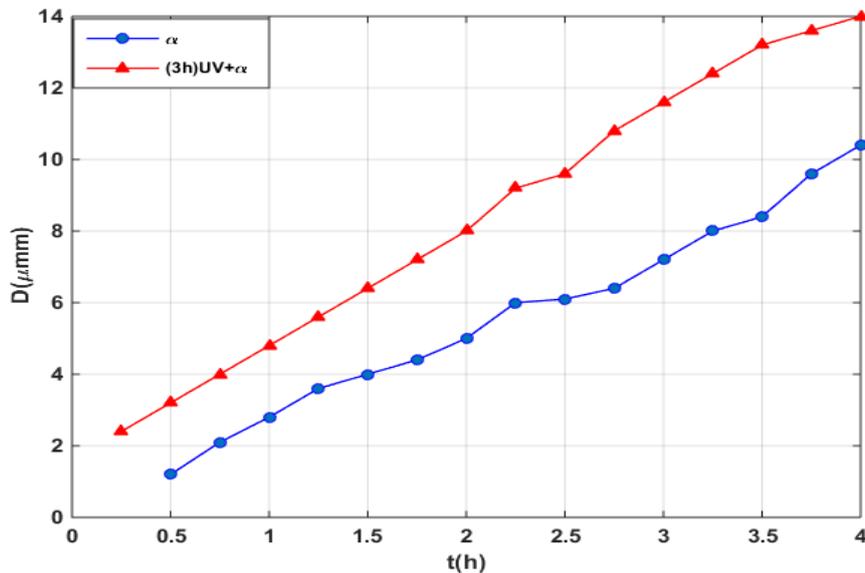
من الشكل (4) نلاحظ ان طول الاثر يزداد بزيادة لا خطية مع زمن القشط ومن ثم يصل الى قيمته العليا (ثبوت الاثر) وعند زيادة زمن القشط يبقى طول الاثر تقريباً ثابت كون عملية القشط تكون في المنطقة السليمة. ان طول الاثر يبدو اطول في حالة التشعيع UV+alpha عما هو الحال التشعيع بألفا فقط نتيجة لتكسر الاواصر بعد التشعيع وتغلغل الاوكسجين في الكاشف

وبالتالي فإن معدل القشط العام للعيينة الثانية أكبر من معدل القشط العام للعيينة الاولى وباستخدام المعادلة (2) تم حساب  $V_B$  ويساوي للعيينة الاولى  $(1.204 \pm 0.069) \mu\text{m/h}$  وللعيينة الثانية  $(2.808 \pm 0.192) \mu\text{m/h}$ .



الشكل 4: العلاقة بين طول الاثر المقشوط وزمن القشط في الحالتين

ومن الشكل (5) نلاحظ ان أقطار الاثار للكاشف النووي CR-39 المشع ب UV ثم ألفا أكبر من أقطار العينة الاولى من الكاشف النووي CR-39 المشعة بألفا فقط عند نفس زمن القشط نتيجة زيادة معدل القشط العام بعد التشعيع وبالتالي فإن معدل القشط العام للعيينة الثانية أكبر من معدل القشط العام للعيينة الاولى ومن الشكلين (4,5) وباستخدام المعادلة (3) وجد ان قيمة  $V_B$  للعيينة الاولى  $(1.271 \pm 0.075) \mu\text{m/h}$  وللعيينة الثانية  $(2.859 \pm 0.031) \mu\text{m/h}$ . و(الجدول 1) يبين قيم معدل القشط العام بوحدات  $\mu\text{m/h}$  للطرق الثلاثة.



الشكل 5: بوضوح العلاقة بين أقطار الآثار وزمن القشط

الجدول 1: قيم معدل القشط العام بوحدات  $\mu\text{m/h}$

Methods	Removed layer	$V_B = \frac{R - L_{max}}{t}$	L-D	mean
Alpha	$1.206 \pm 0.221$	$1.204 \pm 0.069$	$1.271 \pm 0.075$	1.227
(3h)UV+Alpha	$2.857 \pm 0.162$	$2.808 \pm 0.192$	$2.859 \pm 0.031$	2.841

### الاستنتاجات

في الدراسة الحالية تم تشييع عينتين من كاشف الاثر النووي CR-39 العينة الاولى فقط بجسيمات الفا، اما العينة الثانية شععت بالأشعة فوق البنفسجية ثم بجسيمات ألفا وتبين لنا أن هنالك فرقاً واضحاً بتأثير الأشعة فوق البنفسجية على الكاشف. حيث نلاحظ ان زمن الثبوت للأثر يقل عند التشييع بالأشعة فوق البنفسجية عما هو التشييع بألفا فقط وهذا يتفق مع دراسة Kassim and Alkhayat (2021) كذلك ينطبق الحال على اقطار اثار الفا اذ يتضح ان الاقطار تبدوا اكبر لنفس زمن القشط عند التشييع بأشعة UV. وإن معدل القشط العام بثلاثة طرق (طريقة السمك المزال وطريقة ثبوت الأثر إضافة الى طريقة قطر- طول الأثر) قيمها هي  $(1.206, 1.204 \text{ and } 1.271) \mu\text{m/h}$  للطرق الثلاثة على التوالي. ومن (الجدول 1) يتبين ان هنالك توافق جيد، كما توصلنا الى إن معدل القشط العام للكاشف يزداد بالتشييع بالأشعة فوق البنفسجية عما هو مشعع بجسيمات الفا فقط ويلاحظ أن النتائج كانت متوافقة الى حد كبير مع نتائج الدراسات السابقة (Tse et al., 2006). كما توصلنا في الدراسة الحالية الى تقارب في قيم معدل القشط العام المحسوبة بالطرق الثلاثة.

### شكر وتقدير

يود ان يشكر الباحثين عمادة كلية التربية للعلوم الصرفة قسم الفيزياء جامعة الموصل لتهيئة المستلزمات المطلوبة لإجراء البحث.

### المصادر

- Al-jubbori, M.A. (2014). Semi empirical equation for the calculation of the track diameter of alpha particles in CR-39 as a function of etching temperature. *Raf. J. Sci.*, **25**(1), 120-126.
- Al-jubbori, M.A. (2016). A parameterization of the chemistry-normality dependence of bulk etch rate in a CR-39 detector. *Appl. Radiat. and Isotopes* **118** (2016), 228–23. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2016.09.022>
- Al-jubbori, M.A. (2017). Empirical model of alpha particle track length in CR-39 detector. *Nucl. Inst. and Methods in Physics Research*. **871**, 54-58. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2017.07.049>
- Al-jubbori, M.A. (2020). V-function to investigate tracks of the alpha particle irradiated CR-39 detector. *Radiat. Measur.* **136**, 106388. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2020.106388>
- Al-jubbori, M.A.; Fromm, M.; Awad, E.M. (2021). Strong etching formulation (time and rate) for PADC with deep depth bulk etch rate study. *Nuclear Inst. and Methods in Phys. Re.* **1005**, 165402. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2021.165402>
- Al-Khalil, Y.T.; Fromm, M.; Awad, E.M.; Alkhayat, R.B.; Zakar, A.T.; Al-Jubbori, M.A. (2022). On the question of track etch rate amplitude variation in the Bragg-peak vicinity: Experimental verification for low-energy  $\alpha$ -particle tracks in CR-39. *Nuclear Inst. and Methods in Phys. Re.*, **1031**, 166516. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2022.166516>
- Al-Niaemi, S.H.S.; Al-Ramadhni, A.K.M. (2018). Bulk etch rate and the activation energy of the CR-39 detector using thickness difference method. *Kirkuk University J. Scientif. Stud.*, **13**(2), 114-126.
- Azooz, A.A.; Al-Jubbori, M.A. (2016). Alpha particles energy estimation from track diameter development in a CR-39 detector. *Appl. Radiat. Isotop.*, **115**, 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2016.06.008>
- Azooz, A.A.; Al-Nia'emi, S.H.; Al-Jubbori, M.A. (2012). Empirical parameterization of CR-39 longitudinal track depth. *Radiat. Measur.*, **47**(1), 67-72. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2011.10.015>
- Balestra, S.; Cozzi, M.; Giacomelli, G.; Giacomelli, R.; Giorgini, M.; Kumar, A.; Mandrioli, G.; Manzoor, S.; Margiotta, A.R.; Medinaceli, E.; Patrizii, L.; Popa, V.; Qureshi, I.E.; Rana,

- M.A.; Sirri, G.; Spurio, M.; Togo, V.; Valieri, C. (2007). Bulk etch rate measurements and calibrations of plastic nuclear track detectors. *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Re.*, **254**(2), 254–258. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2006.11.056>
- Daci, B.; Tushe-Bode, K.; Bylyku, E.; Prifti, D. (2019). Study of optimal etching conditions of passive radon detectors ( SSNTD ' s CR-39 ). In *AIP Conference Proceedings*. **2075**(1), 160025. <https://doi.org/10.1063/1.5091352>
- Hermsdorf, D.; Hunger, M. (2009). Determination of track etch rates from wall profiles of particle tracks etched in direct and reversed direction in PADC CR-39 SSNTDs. *Radiat. Measur.*, **44**(9–10), 766–774. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2009.10.007>
- Jaleh, B.; Nasri, A.; Shahazi, N.; Nikfarjad, H. (2017). Surface properties of UV irradiated CR-39 polymer before and after chemical etching and registration of fingerprints on CR-39. *Radiation Measurements*. **101**(22-28). <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2017.04.020>
- Kassim, Y.Y.; Alkhayat, R.B. (2021). Influence of UV irradiation on the diameters and depths of alpha-particle tracks in CR-39 detectors. *Nuclear Inst. Methods in Phys. Re. Sci.*, **503**, 6–10.
- Khilile, Y.T.; Al-jubbori, M.A.D. (2020). Investigate oblique incident alpha particle tracks on CR-39 detector CR-39. *J. Education and Sci.*, **29**(3), 196–210. [Doi:10.33899/edusj.2020.127268.1081](https://doi.org/10.33899/edusj.2020.127268.1081)
- Malo, S.T.; Kasim, Y.Y.; Al-jubbori, M.A. (2021). Study of nuclear track parameters of normal incident alpha particles on CR-39 detector. *J. Education and Sci.*, **30**(2), 138–147. [DOI: 10.33899/edusj.2021.129461.1139](https://doi.org/10.33899/edusj.2021.129461.1139),
- Manzoor, S.; Balestra, S.; Cozzi, M.; Errico, M.; Giacomelli, G.; Giorgini, M.; Kumar, A.; Margiotta, A.; Medinaceli, E.; Patrizzii, L.; Popa, V.; Qureshi, I.E.; Togo, V. (2006). Nuclear track detectors for environmental studies and radiation monitoring. *Nucl. Phys. B- Proceedings Suppl.*, **172**, 92-96. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysbps.2007.07.017>.
- Moshawah, A. H.; Al-Baroudi, H. I. (2018). Employment of nuclear track detector CR-39 as a radiation dosimetry of incident alpha particles at different angles. *Raf. J. Sci.*, **27**(2), 138-145.
- Najim, J. M.; Al-Nuzal, S. M.; Flaih, K. R. (2017). Preliminary Study of natural alpha particle track through solid state nuclear track detector, CR-39. *J. University of Anbar for Pure Sci.*, **11**(3), 84-95.
- Nikezic, D.J.P.Y.; Ho, J.P.Y.; Yip, C.W.Y.; Koo, V.S.Y.; Yu, K.N. (2002). Feasibility and limitation of track studies using atomic force microscopy. *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Re.*, **197**(3-4), 293–300. [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(02\)01480-5](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(02)01480-5)
- Nikezic, D.; Yu, K.N. (2006). Computer program TRACK \_ TEST for calculating parameters and plotting profiles for etch pits in nuclear track materials. *Computer Phys. Communicat.*, **174**(2), 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2005.09.011>
- Nikezic, D.; Yu, K.N. (2007). "Computer Simulation of Radon Measurements with Nuclear Track Detectors". Chapter 3., Nova Science Publishers, Inc. pp. 119-150.
- Obara, T. (2006). Space weather prediction: Applications and validation. *Advances in Space Re.*, **6**(37), 1115.
- Sinha, D.; Mishra, R.; Tripathy, S.P.; Dwivedi, K.K. (2001). Effect of high gamma doses on the etching behavior of different types of PADC detectors. *Radiat. Measur.*, **33**(1), 139-143. [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(00\)00095-0](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(00)00095-0).
- Thomas, H.S.P.; Deas, R.M.; Kirkham, L.N.; Dodd, P.M.; Zemaityte, E.; Hillier, A. D.; Neely, D. (2021). Response of nuclear track detector CR-39 to low energy muons. *Plasma Physics and Controlled Fu.*, **63**(12), 124001. [DOI 10.1088/1361-6587/ac2558](https://doi.org/10.1088/1361-6587/ac2558)
- Tse, K.C.C.; Ng, F. M.F.; Yu, K.N. (2006). Photo-degradation of PADC by UV radiation at various

- wavelengths. *Polym. Degrad. Stab.*, **91**(10), 2380-2388.  
<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2006.03.017>
- Tse, K.C.C.; Nikezic, D.; Yu, K.N. (2008). Effects of UVC irradiation on alpha-particle track parameters in CR-39. *Radiat. Measur.*, **43**, 98–101.  
<https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2008.03.029>
- Yu, K.N.; Ng, F. M.F.; Nikezic, D. (2005). Measuring depths of sub-micron tracks in a CR-39 detector from replicas using Atomic Force Microscopy. *Radiat. Measur.*, **40**(2-6), 380–383. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2005.03.011>.
- Zhou, D.; O’Sullivan, D.; Semones, E.; Heinrich, W. (2006). Radiation field of cosmic rays measured in low Earth orbit by CR-39 detectors. *Advances in Space Re.*, **37**(9), 1764-1769.  
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2004.08.009>
- Zhou, D.; O’Sullivan, D.; Flood, E. (2006). Radiation field of cosmic rays measured at aviation altitudes by CR-39 detectors. *Advances in Space Re.*, **37**(6), 1218-1222.  
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.08.034>
- Ziegler, J.F.; Ziegler, M.D.; Biersack, J.P. (2010). SRIM. The stopping and range of ions in matter. *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Research Section B: Beam Interact. Mater. Atoms*, **268**(11-12), 1818-1823. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2010.02.091>.

## The Effect of Ultraviolet Ray on the Detection Properties of the CR-39 Nuclear Track Detector

**Zainab H. Mohialdeen**

**Mushtaq A. Dawood Al-Jubbori**

*Department of Physics/ College of Education for Pure Sciences/ University of Mosul*

### ABSTRACT

In this paper, study the effect irradiation UV and alpha particles on CR-39 detector. The thickness of CR-39 detector 200 μm, the detector broken in two samples with area (1x1) cm<sup>2</sup>. The first sample irradiation with alpha particles from <sup>241</sup>Am source with alpha particle energy 2.6MeV perpendicular incident angle on surface of detector. The second sample, CR-39 irradiated 3 hour of UV ray with wavelength (250±10) nm then irradiated the same energy of alpha particles. The detector etched by Hydroxide AL sodium NaOH solution with concentration 6.25N and 70±1 °C by periodic 0.25h. The track etched appear by camera (MADC-5A) attached with optical microscope (XSZ-H Series Biological Microscope), the system attached PC. Measure the bulk etch rate, VB by difference method of nuclear track detector CR-39, the methods were used to calculated the bulk etch rate: removed thicknesses method, saturation track method and length-diameter track method, the removed thicknesses layer don't need to irradiation the detector while the other methods need irradiation of detector and measure the lengths, diameters and saturation time of tracks. In this paper found the mean of bulk etch rate are 1.227 μm/h and 2.841 μm/h for pure alpha and UV+alpha respectively.

**Keywords:** CR-39, UV irradiation, Alpha particle, Bulk etch rate ( $V_B$ ).