



## Effect the Annealing on the Growth Length Rate of Alpha Particles Tracks in CR-39 Nuclear Track Detector

R. W. Mahmood<sup>1</sup> M. A. D. Al-Jubbori<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of physics, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq

### Article information

#### Article history:

Received February 20, 2023

Revised: March 28, 2023

Accepted March 29, 2023

Available online September 01, 2023

#### Keywords:

Nuclear track detectors CR-39

Annealing

Chemical Etching

Track Growth Rate

#### Correspondence:

Rasha W. Mahmood

rasha.20esp20@student.uomosul.edu.iq

### Abstract

The aim of this paper is to investigate the impact of annealing on track growth rate (dL/dt), which is calculated using the track length measurement method. A 600 micro meter-thick CR-39 detector, divided into four samples (1 x 1 cm<sup>2</sup>), was vertically irradiated by alpha particles with 2.6 MeV from a <sup>241</sup>Am source which have max energy 5.48 MeV. The three samples were annealed at 100–140°C by type 20° C using oven Memmert U4079142. All samples were etched in a 6.25 N NaOH solution at 70±1 °C in a Memmert W200 water bath, the periodic etching time was 0.5 hours to 6 hours. The etched image was captured using a camera (MADC\_5A) attached to a microscope (XSZ-H Series Biological Microscope). The bulk etch rate and diameters increase with increasing annealing temperatures. The new method used in this paper to calculate the experimental track length is based on the relation between track length and track diameter obtained from track-test software.

DOI: [10.33899/edusj.2023.138444.1335](https://doi.org/10.33899/edusj.2023.138444.1335), ©Authors, 2023, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### المقدمة

نظرا لما يتميز به كاشف الاثر النووي CR-39 من تجانس في مادته وتمائل خواصه من نقاوة بصرية وشفافية وحساسية عالية مما أدى الى دخول الكاشف في العديد من التطبيقات في مجال الفيزياء النووية الفيزياء الفلكية واستخدامه كأداة لتسجيل الاثار للبروتونات والنيوترونات وجسيمات الفا وكما فضلا من استخدامه في دراسة الاشعة الكونية وغيرها من الاستخدامات [1-3] من مزاياه ايضا التكلفة المنخفضة والوزن الخفيف والقدرة على التمييز ضد الجسيمات المؤينة للضوء [4]. وهو يعتبر اهم الكواشف العضوية لعدم احتوائه في تركيبه على وهو مادة بوليمرية متعدد الكربون و مركب هيدروكربوني عشوائي الترتيب وصيغته الجزيئية  $(C_{12}H_{18}O_7)_n$  [5].

يمكن لهذا الكاشف الاحتفاظ بالاثار لفترة زمنية طويلة بعد التشعيع وتحت ظروف مختلفة من ضغط ودرجة حرارة لاحظ عدد من الباحثين ان الكاشف له استجابة للتأثر بعدد من العوامل البيئية منها درجة الحرارة في المعالجة الحرارية والاشعة الكهرومغناطيسية ولما تمتلكه من خصائص هذه الكواشف جعلها مرغوبة و سهولة الاستخدام لا تحتاج الى مصدر للطاقة ولها مرونة كبيرة في استخدامها ومتوفرة وتكلفتها قليلة ويعتبر من اكثر الكواشف التي تكون ذا حساسية عالية وقدرته التحليلية الجيدة [5] وذا شفافية بصرية ونقاوة عاليتين وحساسية عالية للاشعاع (جسيمات الفا والنيوترونات والبروتونات) وبطاقات مختلفة ولتسجيل اثار البروتونات وللكشف اهمية خاصة في تطور مقاييس جرع النيوترونات السريعة اذ ان النيوترونات السريعة تتفاعل مع مكونات كاشف الاثر CR-39 وينتج عن التفاعل ايونات  $H, C, O$  المرتردة التي تقوم بدورها بتكوين مناطق الاثر او المناطق المتضررة [6]. في البحث الحالي دراسة تأثير درجة الحرارة على مادة الكاشف ومعلماته اثناء التشعيع والتلدين في التجارب العلمية بالأخص في الأونة الاخيرة اجريت تجارب عدة على هذا الكاشف منها: التشعيع بجسيمات الفا ومن ثم التلدين ,تعتبر درجة الحرارة شديدة الاهمية لان درجة الحرارة المنخفضة يمكن لها ان تزيح الجسيمات القريبة من مسار الجسيمات في حين درجات الحرارة الاعلى تسبب تلاشي في مسارات الجسيمات واصلاح بعض المسارات (مثل تجارب الاشعة الكونية), وارتفاع درجات الحرارة التي يمكن ان تؤثر بحدوث تغيرات في مادة الكاشف الكتلة وفي مسارات التلف الكامن, ومن المعروف ان للتلدين الحراري للمواد البوليمرية يغير من شكلها عند درجات حرارة اعلى من درجة حرارة تحول الزجاج وبهذا يتغير شكل السلاسل البوليمرية التي ينتج عنها تغير شكلي في البوليمرات وتؤدي هذه التغيرات الى تغير في خواصها الكهربائية والبصرية والميكانيكية [7] يحتل التأثير الحراري مكانا مهما ويؤدي ارتفاع درجات الحرارة الى تحلل معظم البوليمرات , أي ان جزيئاتها الكبيرة تتفكك الى جزيئات أصغر وحتى مونومرات . يمكن ان تحدث تغيرات مختلفة في البوليمرات اعتمادا على التركيب الكيميائي لجزيئاتها. وليبان تأثير درجات الحرارة على الكواشف اثناء

التلدين أو المعالجة الحرارية للعينات في الفرن الكهربائي الذي تكون درجة حرارته من  $220-30^{\circ}\text{C}$  نوع ( Memmert U40 791412 ) الماني المنشأ ويحوي داخله على قطع من المينوم مثقبة و محرار متصل بشاشة خارجية لمعرفة مقدار درجة الحرارة داخل الفرن اثناء عملية التلدين وملاحظة تغيرات درجات الحرارة من زيادة او نقصان في درجات الحرارة ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$  ) . ويحدث التلدين بعملية تسخين الكاشف داخل الفرن [8], [9] وفي كل مرة نضع كاشف نزيد درجة الحرارة بمقدار  $20^{\circ}\text{C}$  وخلال عملية التلدين في الفرن هنالك تغيرات تطراً على الكاشف [10], تظهر تغيرات ملحوظة على الكاشف منها تغير اللون من شفاف الى لون يبدأ بالاصفرار [11] بالإضافة الى ظهور تصدعات على سطح الكاشف يمكن رؤيتها بصورة واضحة تحت المجهر او بصورة ضبابية بالعين المجردة والتعرض الكبير لدرجات الحرارة العالية يؤدي الى تغير في جوهر مادته [12,13] ووزنها الجزيئي وتكسر السلاسل البوليمرية وتتفككها وبعدها يتحول بوليمر اكثر ثباتاً او قد يعاني فقداناً حرارياً وقابلية ذوبان الكاشف عند ارتفاع درجات حرارة التلدين لفترات طويلة ويعاني من انخفاض معدل الحفر في الكاشف [14], هنالك تغير في الصفات الفيزيائية والكيميائية يصاحب تغير ارتفاع درجات الحرارة [15,16].

في هذه الدراسة ، قدمت معالجة أو طريقة جديدة لحسابها معلمات المسار المحفور وتطور شكله بعد التشعيع كاشف كربونات- CR (polyallyldiglycol (PADC) 39 بواسطة جسيمات ألفا باستخدام المباشر وقياس أقطار الأثار. الطريقة تقوم على مفهوم معدل الاثر  $\frac{dL(t)}{dt}$  ومعدل قشط المسار (VT) ليسا ثابتت مع تقدم عملية القشط.

النتائج التي تم الحصول عليها بهذه الطريقة باستخدام أظهرت معلومات أقطار المسار توافقاً جيداً مع الأعمال السابقة التي استخدمت لقياس المباشر لأطوال العينات [17].

درس Shoeb et al., 2014 تأثير درجات الحرارة على عينات CR-39 المشعة بأشعة كما مع 10 كجم العلاقة العكسية بين المسار الكثافة ووقت التلدين عند درجة حرارة 50 درجة مئوية لجاما عينات CR-39 المشعة مع 50 كيلوجرام ، ولكن هذه العينات لا يمكن لأي مسارات عند درجات حرارة تزيد عن 50 درجة مئوية. تقليل كثافة القشط مع زيادة درجة حرارة التلدين، وقت التلدين وجرعة كما قد يكون راجعاً إلى زيادة القشط المسارات مسارات مسطحة للغاية لا يمكن اكتشافها بواسطة جهاز بصري مجهز [18].

درست صابرين ذنون يونس ملو وآخرون 2021 في هذا البحث تم تقطيع كاشف الأثر النووي في الحالة الصلبة CR-39 الى عدة عينات ( قطع ) ذات مساحة  $1\text{ cm}^2$  ومن ثم شععت هذه العينات من كاشف CR-39 من خلال مصدر الأمريشيوم  $^{241}\text{Am}$  وبطاقات جسيمات الفا (3.59, 3.13 and 4.17) MeV وبزاوية سقوط عمودية على سطح الكاشف. قشطت هذه العينات بمحلول هيدروكسيد الصوديوم وبظروف قشطية  $6\text{N NaOH}$  ( $70 \pm 1$ )  $^{\circ}\text{C}$  ولفترات قشط تتابعية قدرها 0.25h ، ودرست معلمات تلك الأثار مثل معدل نمو الأثار ومعدل قشط الأثر ونسبة معدل القشط دالة لعدد من المعلمات منها زمن القشط، وعمق الأثر إضافة الى المدى [19].

درس (النعمي والعبودي، 2002) تأثير التسخين على الخصائص التسجيلية على كاشف الاثر البلاستيكي PM-355 فقد تمت معالجة الكاشف حرارياً للمدى  $170-130^{\circ}\text{C}$  ويزيادة قدرها  $10^{\circ}\text{C}$  قبل وبعد التشعيع بجسيمات الفا من مصدر الأمريشيوم  $^{241}\text{Am}$  وبمعدل طاقة 3.5 MeV. تبين ان تسخين الكاشف للمديات الحرارية في اعلاه تؤدي الى تحسين المتغيرات الكشفية والقشطية للكاشف. إذ تؤدي الى زيادة اقطار الاثار المتكونة وزيادة معدلي القشط العام  $V_T$  والاثار  $V_B$  نقصان في الزاوية الحرجة  $\theta_C$  . كما وجد ان تسخين الكاشف قبل تشعيه بجسيمات الفا ( $T_a + \alpha$ ) أفضل من تسخينه بعد التشعيع ( $\alpha + T_a$ ). وتوصلوا إلى ان تأثير أكثر من عامل واحد على الكاشف ( كالنسخين واشعة كما معا ) يكافئ مجموع تأثير كل منهما على انفراد مع الاخذ بالاعتبار اولوية ترتيب تلك العوامل المؤثرة قبل التشعيع بألفا وبعده [20].

درس (محمد والكعبي، 2022) تأثير درجة حرارة التلدين على اقطار اثار جسيمات الفا وذلك باستخدام كاشف الاثر النووي CR-39 حيث تم اخذ مدى درجات حرارة التلدين (200-130) وتبين ان هنالك زيادة في اقطار اثار جسيمات الفا عند زيادة درجة حرارة التلدين لنفس زمن القشط [21]. وان الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير درجة حرارة التلدين على معدل نمو قطر الاثر والمدى المتبقي.

### الجانب النظري

تعددت طرق قياس التغيرات التي تطرأ على الكاشف ومن ضمن هذه الطرق :-

#### معدل القشط العام ( $V_B$ )

معدل القشط العام ( $V_B$  Bulk etching velocity) هو معدل مايزال من سطح الكاشف اثناء عملية القشط بسبب التفاعل الكيميائي بين المحلول القاشط ومادة الكاشف ويعتمد مايزال من جزيئات سطح الكاشف على نوع المحلول الكيميائي القاشط. بحث تحلل تدريجي للجزيئات السطحية للكاشف مع تقدم عملية القشط تبعاً لطبيعة المحلول القاشط وزمن القشط ونوع الكاشف تعددت طرق قياس معدل القشط العام منها:-

#### (2-1-1) طريقة السمك المزال الكاشف (Removed thickness method)

في هذه الطريقة تم قياس السمك المزال من سطح الكاشف  $\Delta h(\mu\text{m})$  لأزمان قشط متتالية  $\Delta t(h)$  وتعطى  $V_B$  بالعلاقة التالية: [2122]

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

#### طريقة ثبوت الأثر

تعتبر هذه الطريقة حديثة نوعاً ما لقياس معدل القشط العام وذلك من خلال معلمات الأثر عند بداية ثبوته وهي كل من طول الأثر عند الثبوت ويسمى أقصى طول اثر  $L_{\text{max}}(\mu\text{m})$  والذي يقابل زمن الثبوت  $t_{\text{sat}}(\text{hr})$  ويليها مدى جسيمات ألفا  $R(\mu\text{m})$  وتحسب قيمته باستخدام برنامج SRIM في الكاشف CR-39 تم قياس معدل القشط العام من المعادلة التالية: [21-22]

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

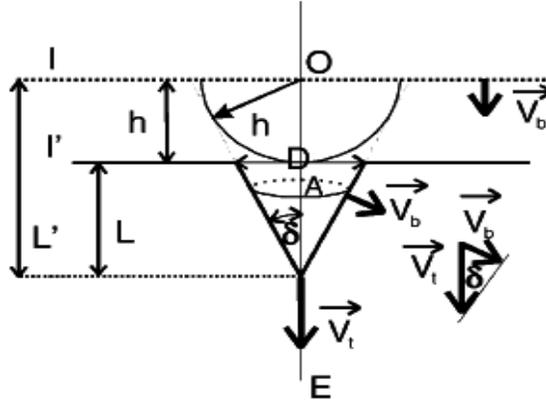
#### طريقة قياس طول قطر الأثر (D-Le method) :

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 نموه  $L(\mu m)$  وكذلك قطره  $D(\mu m)$  والشكل (1) يوضح معاملات الأثر المقشوط في مرحلة المخروط المنتظم. ويمكن إيجاد  $V_B$  من العلاقة الآتية [21-22]

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

#### معدل قشط الأثر $V_T$

يعرف معدل قشط الأثر (Track etching rate,  $V_T$ ) انه مقدار ما يزال من مادة الكاشف في وحدة الزمن جراء القشط الكيميائي من المنطقة المتضررة باتجاه عمق الأثر على طول مسار الجسيم من مادة الكاشف، على طول أو اتجاه عمق الأثر، من احد معاملات القشط في كواشف الأثر النووي الصلبة الذي يمكن من خلاله وصف الشكل الهندسي لتطور أو نمو شكل الأثر وهيئته كما موضح في الشكل (1) [21, 22]



الشكل (1) معدل قشط الأثر ومعدل القشط العام

مع تقدم عملية القشط يسهم بدور فعال في تكوين الأثر وتطوير هيئة وشكله اذ يعتمد على تركيب الكاشف ونوع المحلول القاشط وتركيزه ودرجة حرارته وعلى كتلة الجسيم الساقط وشحنته وطاقته فضلاً عن مقدار الطاقة المفقودة من الجسيمات عند مرورها في المادة يتم حساب معدل قشط الأثر  $V_T$  مقدار ما يزال من الكاشف جراء القشط الكيميائي، ومعدل القشط العام ومعدل نمو الأثر، تستخدم المعادلة التالية [22]:

$$V_T(t) = \frac{dL(t)}{dt} + v_B \quad \dots \dots (4)$$

وعند سقوط الجسيم عمودياً على الكاشف يمكن حساب نسبة معدل القشط كالاتي [22]:

$$V = \frac{V_T}{V_B} \quad \dots \dots (5)$$

#### معدل نمو قطر الأثر $V_D$

معدل نمو قطر الأثر (Track's diameter growth,  $V_D$ ) هو المعدل الزمني لزيادة قطر فتحة الأثر المقشوط في الكاشف جراء القشط الكيميائي. لمعدل النمو قيمة واحدة في حالة السقوط العمودي إذ تبدوله أن الأقطار الأثر تتغير خطياً مع زمن القشط لفترات قشبية متعاقبة [22]

$$V_D = \frac{V_D}{t} \quad \dots \dots (6)$$

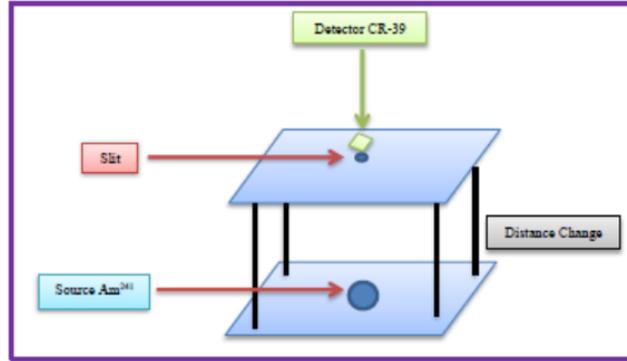
أما في حالة السقوط المائل للجسيمات المشحونة فان معدل نمو قطر الأثر  $VD$  يمتلك قيمتين إحداهما للمحور الرئيس  $D$  (Major axis) والأخرى للمحور الثانوي  $d$  (Minor axis) لكون فتحة الأثر بيضوية الشكل، ويتم حسابها من ميل العلاقة الخطية للأقطار الرئيسية والأقطار الثانوية للأثر مع زمن القشط في حالة ثبوتها [22].

$$V_D(t) = \frac{dD(t)}{dt} = \text{slope}(t) \quad (\mu m/h) \quad \dots \dots (7)$$

#### طريقة العمل:

في البحث الحالي تم استخدام كاشف الأثر النووي CR-39 بسمك  $(\mu 10 \pm 600m)$  الذي قطع الى 4 قطع من الكاشف  $(1 \times 1 \text{ cm}^2)$  اجريت عملية التشعيع بجسيمات الفا باستخدام منظومة التشعيع الخاصة بطاقة  $5.48\text{MeV}$  عن طريق مصدر الامريسيوم  $^{241}\text{Am}$  لمدة  $(25)(\text{min})$  كما في الشكل (2) ومن ثم قشط الكاشف بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز  $(6.25N)$  وبدرجة حرارة  $(70 \pm 1^0 \text{ C})$  في الحمام المائي صيني المنشأ (HH-SI)

واخذت 3 قطع المتبقية من الكواشف وتم تلدينها بالفرن الكهربائي المائي المنشأ ( memmert ) من درجة حرارة  $C \pm 1^0 (100 - 140)$  بالتتابع بزيادة قدرها  $(20^0 C)$  لمدة نصف ساعة و تم قشط العينات 3 المتبقية كلا على حدى بنفس المحلول السابق هيدروكسيد الصوديوم ولمدة نصف ساعة مع استبدال المحلول مع كل كاشف جديد يتم قشطه، اخذت قياسات سمك واقطار جميع الكواشف لغاية 6 ساعات من القشط بواسطة المجهر الضوئي من نوع (XSZ –H Series Biological Microscope) بقوة 10x المزود بكاميرا علوية متصلة بحاسوب المختبر . وفي بحثنا هذا تم تشعيع الكاشف بمصدر الامريسيوم  $^{241}Am$  ذو طاقة  $(5.485MeV)$ ، بصورة عمودية بعدها تم تلدين الكاشف بدرجات حرارة  $C \pm 1^0 (100 - 140)$  ومن ثم قشط الكاشف داخل الحمام المائي بمحلول هيدروكسيد الصوديوم بنسبة 6.25N وبدرجة حرارة  $(70 \pm 1^0 C)$  ثم يتم اخذ القياسات لأقطار اثار جسيمات الفا وسمك الكاشف وطول الاثر يتم اخذ القياسات بعد كل مرة قشط وان للمحلول القاشط تأثيراً على نسبة القياس بسبب امتصاص الكاشف من محلول القشط تعتبر احدى مؤثرات نسبة الخطأ.  $E = E_o \left(1 - \frac{x}{R}\right)^{2/3}$  و حددت الطاقة المستخدمة وفقاً للقانون السابق التي تبلغ 2.6 MeV



الشكل (2): منظومة التشعيع لجسيمات ألفا

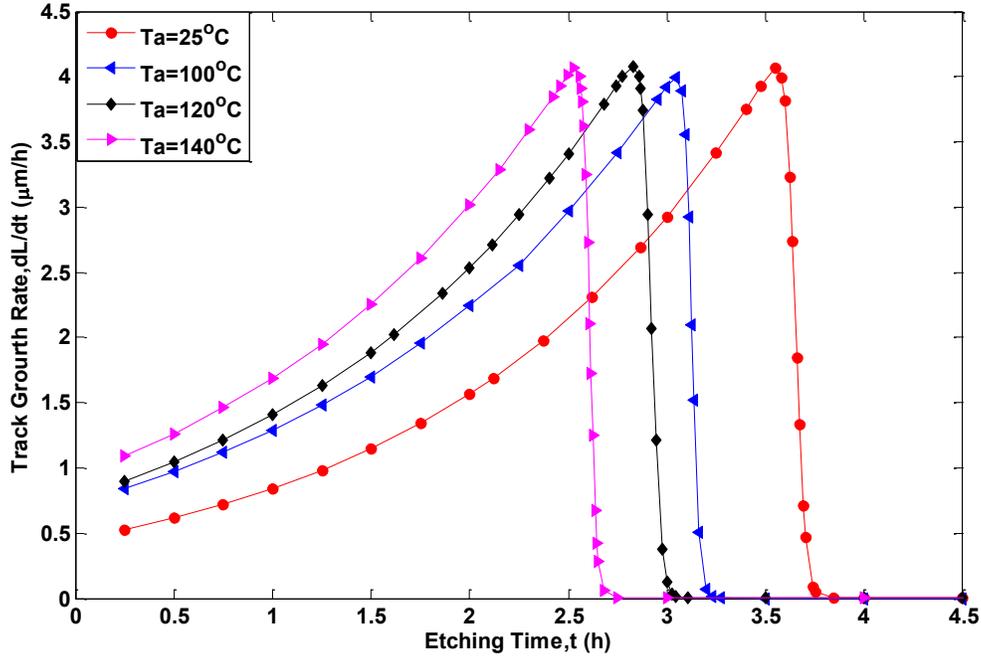
الجدول (1) تغير الاقطار بتغير درجات حرارة التلدين بزيادة زمن القشط

T(a) °C \ t(h)	25	100	120	140
1				
3				
6				

#### النتائج والمناقشة

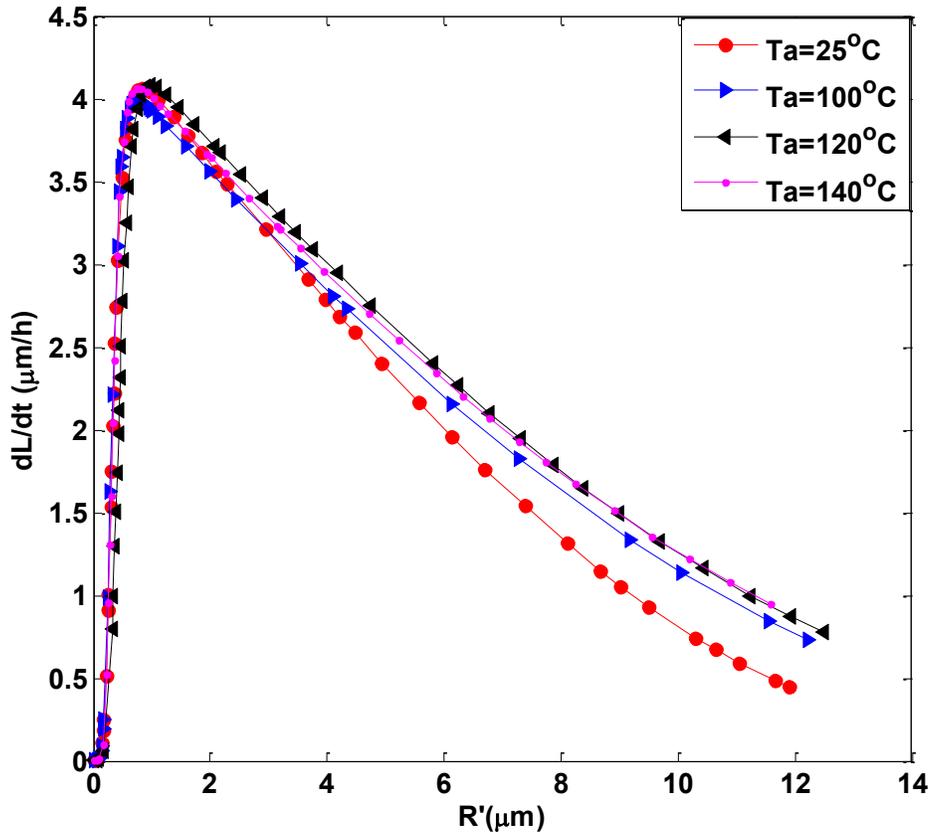
تزداد حجم الأقطار بزيادة درجة الحرارة التلدين مع زيادة زمن القشط كما موضح في الجدول التالي (1)

نلاحظ من الشكل ( 3 ) ان معدل نمو الأثر  $\frac{dL(t)}{dt}$  يزداد زيادة لا خطية حتى يصل الى أقصى قيمة له حيث عندها, وبعدها يتم قشط الأثر في المناطق السليمة ثم يهبط مباشرة الى ان يصل قيمة الصفر كما نلاحظ في الشكل أن زمن وصول معدل نمو الأثر الى قيمة القصوى يقل بزيادة درجة حرارة التلدين ونرجح سبب ذلك الى أن زيادة معدل القشط العام  $V_B$  بزيادة درجة حرارة التلدين , وتتفق نتائجنا مع من النعيمي والعبيدي.



الشكل (3) معدل نمو الأثر (المحور العمودي) كدالة لزمن القشط

في الشكل (4) نلاحظ أن معدل نمو الأثر  $\frac{dL(t)}{dt}$  يزداد تدريجياً بنقصان المدى المتبقي في الكاشف الى أن يصل قيمة القصوى ثم يهبط مباشرة الى قيمة الصفر عندما يكون المدى المتبقي يساوي صفرأ, ونلاحظ بأن أقصى قيمة لمعدل نمو الأثر يكون متساوي تقريباً عند جميع درجات حرارة التلدين حيث إن هذا المنحني يعكس منحنى براك وهو فقدان الطاقة لوحدة المسار في كاشف CR-39 يكون نفسه وتكون الطاقة نفسها تساوي 2.6 MeV ولهذا لاوجود هنا لتأثير التلدين على أقصى قيمة لمعدل نمو الأثر كون التلدين تم بعد التشعيع بجسيمات ألفا.



الشكل ( 4 ) معدل نمو الأثر كدالة للمدى المتبقي

الإستنتاجات:

هنالك تأثير واضح لدرجة حرارة التلدين على معدل نمو الأثر إذ انه كلما زادت درجة حرارة التلدين يكون معدل نمو الأثر أكبر منه في الدرجة الأقل وهذا منطقي إذ يعود الى زيادة معدل القشط، اما من ناحية اقصى قيمة لمعدل نمو الأثر لم تتغير وتكاد تكون جميعها متساوية وذلك يدل على ان التلدين يؤثر على خصائص الكاشف وليس على مرور جسيم الفا في الكاشف لأن عملية التشعيع جرت قبل التلدين لذا نلاحظ ان منحنيات معدل نمو الأثر هي مشابه لمنحنيات برك تماماً، وتتفق نتائجنا مع كلاً من النعمي والعبيدي لدرجات التلدين نفسها اما بعض الاختلافات في قيم معدل نمو الأثر بين الدراستين فتعود الى زمن التلدين حيث كان لمدة ساعتين في دراسة Saad et al [20].

### Acknowledgment

The authors are very grateful to the University of Mosul, College of Education for Pure sciences, Department of Physics, which helped improve this work's quality.

### Conflict of interest

The author has no conflict of interest.

### Reference

1. M. A. Gomaa, A. M. Eid, R. V. Griffith, and K. J. Davidson, "CR-39 carbonate plastic as a neutron albedo and threshold dosimeter," Nucl. Tracks, vol. 5, no. 3, pp. 279–284, 1981, doi: 10.1016/0191-278X(81)90006-8.

2. S. A. Durrani and S. A. R. Al-Najjar, "Electrochemical etching studies of the CR-39 plastic," *Nucl. Instruments Methods*, vol. 173, no. 1, pp. 97–102, 1980, doi: 10.1016/0029-554X(80)90572-8.
3. S. Marin et al., "Instrumentation for correlated prompt gamma emission studies in coincidence with fission fragments," 2022, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2210.16925>.
4. M. A. Rana, I. E. Qureshi, E. U. Khan, S. Manzoor, M. I. Shahzad, and H. A. Khan, "Thermal annealing of fission fragment radiation damage in CR-39," vol. 170, pp. 149–155, 2000.
5. M. F. Zaki and Y. H. El-Shaer, "Particularization of alpha contamination using CR-39 track detectors," *Pramana - J. Phys.*, vol. 69, no. 4, pp. 567–574, 2007, doi: 10.1007/s12043-007-0156-8.
6. S. A. Durrani, and R. K. Bull, "Solid state nuclear track detection: principles, methods and application," *International Series in N. Phi.*, vol.111, pp. 1-301, 2013.
7. A. T. Zuhair, "CR-39 polymer for radiation dosimetry," *JKAU Eng Sci.*, vol. 22, pp. 79-96, 2001.
8. M.A., Rana, S. Guedes, and I. qbal, M., 2013. Thickness alterations of CR-39 plastic detectors due to the heating influence: Basic theory and experimental results. *Radiation measurements*, 50, pp.87-91..
9. S. Kumar, and N. Lal. "Etching and annealing characteristics of different CR-39 track detectors: a comparative study." *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 18, no. 3 (1991): P.P.335-339.
10. J.D.Pinheiro et al , 1994. Thermal annealing of proton tracks with energies of 4 and 6 MeV in CR-39 polymer detectors. *Radiation measurements*, 23(4), pp.743-748.
11. A. H. Hussain, and H. A. Al-khrsan, "Effects of Etch at on Bulk Behavior of PM-355 Track Detector, " *Basrah J. Scie.*, vol.13, no.1, 1995, PP:25-32.
12. T. Yamauchi et al., "Oxidative degradation of CR-39 track detector in the surface region during gamma-irradiation, " *Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. with Mater. Atoms*, vol. 208, no. 1–4, pp. 489–494, 2003, doi: 10.1016/S0168-583X(03)00656-6.
13. S. H. Al-Nia'emi, "Alternative Approach to Extract the Bulk Etching Rate of PADC Nuclear Detector," *Iraqi Journal of Science*, vol. 59, no. 2, pp. 856–864, 2018, doi: 10.24996/ij.s.2018.59.2B.6.
14. M. Y. Shoeib, T. M. Hegazy, and G. M. Hassan, "Effect of heat treatment on some properties of CR-39 nuclear track detector irradiated by gamma ray, " *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 74–79, 2014, doi: 10.1016/j.bjbas.2014.02.010.
15. Y. T. Khlile and M. A. D. Al-jubbori, "Investigate Oblique Incident Alpha Particle Tracks on CR-39 Detector Yasser," *J. of Education and Science*, vol. 29, no.3, pp. 196–210, 2020, doi: 10.33899/edusj.2020.127268.1081.
16. K. R. Flaih, "Parameters Affecting Bulk Etch Rate VBfor CR-39 Detector, " *J. Univ. Anbar Pure Sci.*, vol. 14, no. 2, pp. 68–71, 2022, doi: 10.37652/juaps.2022.172390.
17. S. H. Al-Nia'emi, (2018). A New Treatment to Compute the Track Parameters in PADC Detector using Track Opening Measurement. *Journal of physical science*, 29(2).
18. M. Shoeib, L. AhrensJantunen, & T.Harner, (2014). Concentrations in air of organobromine, organochlorine and organophosphate flame retardants in Toronto, Canada. *Atmospheric Environment*, 99, p.p.140-147.
19. Y. Y. Kasim, & M. A. Al-Jubbori, (2021). Study of nuclear track parameters of normal incident alpha particles on CR-39 detector. *Journal of Education and Science*, 30(2),p.p. 138-147.
20. S. H. S. Al-Nia, emi, and A. A. AL-obedy, "EFFect of heating traetment on the Registration Characteristics of the plastic PM-355 NUClear track detector," *journal Basic. and engineering science*, vol. 1. no. 12, p.p. 1-18, 2003.
21. A. K. Mheemeed, and M. A. Al-kabi, "Calculation of the heat treatment activation energy of the CR-39 detector," *jornal Mesopotamia Sciences*, vol.1, no.16, p.p. 100-114, 2005
22. D. Nikezic, & K. N. Yu, (2004). Formation and growth of tracks in nuclear track materials. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 46(3-5), p.p. 51-123.

## تأثير التلدين على معدل نمو آثار جسيمات الفا في كاشف الأثر النووي CR-39

رشا وائل محمود و مشتاق عبد داود الجبوري

قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق

### الخلاصة

الهدف من هذا البحث هو التحقق من تأثير تلدين (المعالجة الحرارية) على معدل نمو الأثر  $\frac{dL(t)}{dt}$  والذي احتسب باستخدام طريقة قياس طول الأثر. أستخدم كاشف الأثر النووي CR-39 ذو سمك  $600\mu\text{m}$  حيث قسم إلى أربع عينات مساحة  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  وشعع بجسيمات الفا بصورة عمودية بطاقة  $2.6 \text{ MeV}$  من مصدر الامريشيوم  $^{241}\text{Am}$  طاقة الذي له طاقة عظمى  $5.485 \text{ MeV}$ . ثلاث من هذه العينات أذنت عند درجات حرارة  $100-140^\circ\text{C}$  بزيادة تتابعية  $20^\circ\text{C}$  وباستخدام فرن نوع Memmert U4079142. قشطت جميع العينات بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز  $6.25 \text{ N}$  ودرجة حرارة  $70 \pm 1^\circ\text{C}$  بواسطة الحمام المائي من نوع Memmert W200 بزم قشط دوري كل  $0.5\text{h}$  لغاية  $6\text{h}$  صور الأثر المقشوطة التقطت بواسطة كاميرا (MADC\_5A) موصولة بميكروسكوب نوع XSZ-H Series Biological Microscope. معدل قشط العام والاقطار تزداد بزيادة درجة حرارة التلدين. استخدمت طريقة جديدة في هذا البحث لحساب أطوال الأثر التجريبية بالأعتماد على أطوال واقطار الأثر التي حصلنا عليها من برنامج Track Test