

## تأثير المعالجة الحرارية على المظاهر الجانبية لأثار جسيمات الفا في كاشف CR-39

مشتاق عبد داود الجبوري

رشا وائل محمود

قسم الفيزياء/ كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة الموصل

p-ISSN: 1608-9391

e-ISSN: 2664-2786

### Article information

Received: 8/2/ 2023

Revised: 8 /4/ 2023

Accepted: 14/4/2023

DOI: 10.33899/rjs.2024.183435

### corresponding author:

رشا وائل محمود

[rasha.20esp20@student.uomosul.edu.iq](mailto:rasha.20esp20@student.uomosul.edu.iq)

مشتاق عبد داود الجبوري

[mushtaq\\_phy8@yahoo.com](mailto:mushtaq_phy8@yahoo.com)

### المخلص

في هذا البحث استخدم كاشف الأثر النووي CR-39 ذات سمك  $600 \mu\text{m}$  قطع الى اربعة أجزاء ومساحة كل قطعة  $1 \times 1 \text{cm}^2$  تم تشيع القطع بمصدر الامريشيو  $^{241}\text{Am}$  بطاقة  $2.6 \text{ MeV}$  بزواوية عامودية ، ثم أدنت ثلاث من القطع عند درجات حرارة مختلفة ومتتالية  $^{\circ}\text{C}$  (100-120 -140) باستخدام فرن ألماني المنشأ نوع ( Memmert U4079142 ) ، قشطت العينات في محلول هيدوكسيد الصوديوم NaOH بتركيز  $6.25\text{N}$  بدرجة حرارة  $1^{\circ}\text{C}$  ( $70 \pm$  داخل حمام مائي نوع (Mettler W200) وقشطت العينات لزمان  $6 \text{ h}$  بزيادة  $0.5\text{h}$ ، ثم اخذت صور للأقطار و أثار جسيمات الفا عن طريقة كاميرا رقمية من نوع (MADC\_5A) مثبتة على مجهر بصري نوع ((XSZ-H Series Biological Microscope)) و متصلة على الحاسوب الشخصي PC. وجد بزيادة درجة حرارة التلدين زيادة في أقطار الأثار. استخدمت طريقة جديدة لقياس اطوال الاثار التجريبية من خلال معرفة معدل القشط العام وذلك بإدخال المتغيرات في البرنامج الحاسوبي Track Test إذ ان طول الاثر احتسب من خلال البرنامج وتم تصوير المظاهر الجانبية ومقارنتها بنتائج المعادلة الأولى من برنامج Track Test ومن حيث طول الأثر

الكلمات الدالة: رسم الاثر، المظاهر الجانبية، تأثير درجة الحرارة، أطوال الأثار.

### المقدمة

تمت دراسة كاشف الأثر الصلبة على مر العقود الثلاث الماضية في المجالات العلوم المختلفة والتكنولوجيا، مثل فيزياء الطاقة النووية والأشعة الكونية وعلم المواد والعديد من المجالات (Janik, 2021) وتوالت الدراسات في التطوير على أنواع الكواشف (Green *et al.*, 1982) ومنها كواشف الاثر النووي الصلبة واهمها كاشف الأثر النووي CR-39 لما يمتلكه من خواص مميزة تساعد على اجراء العديد من الاختبارات كسهولة الاستخدام ولا يحتاج الى مصدر للطاقة وحفظه للأثار ودقته العالية في اعطاء النتائج و يحضر هذا الكاشف من بلورة كاربونات الاليل دايكول المتعدد وتبلغ كثافته  $1.32\text{g.cm}^{-3}$  وصيغته الجزيئية  $(\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_7)_n$  (Ng *et al.*, 2008). ولا يحتوي على في تركيبه الكيميائي على النتروجين ويمتاز الكاشف شفافيته البصرية العالية وتجانس مادته وانتظامها (Shoeib *et al.*, 2014) واتسعت المجالات التي دخل بها الكاشف في مجالات علمية وعملية وتكنولوجية واستعمل الكاشف في تحديد أعمار المناطق الجيولوجية والصخور في علم الأثار. وتم الكشف عن الجسيمات الثقيلة كشظايا الانشطار (المصدر التركي). وفي بحثنا تم استخدام الكاشف CR-39 لخواصه المتعددة اجريت تجارب عدة على هذا الكاشف منها، التشعيع بمصدر الامريشيوم  $^{241}\text{Am}$  ذو طاقة (5.485MeV)، ومن ثم التلدين هي عملية تسخين الكاشف في فرن (Malinowska *et al.*, 2012; Malinowska and Al-Baroudi, 2018 ; Flaih, 2020)، مخصص لهذا الغرض تبدأ درجات حرارته من  $(200-30)^{\circ}\text{C}$  بمقدار زيادة منتظمة قدرها  $20^{\circ}\text{C}$  ويوجد محرار لقياس درجة الحرارة داخل الفرن، وعند التسخين في الفرن هنالك تأثير على الكاشف انخفاض في حساسية الكاشف (Saad *et al.*, 2021) مع معدلات، هدم شديد في مادة الكاشف مع ظهور واضح لطراوة ملحوظة مع تغير اللون من شفاف الى المائل الى الاصفرار (Saad *et al.*, 2013) بالإضافة الى ظهور تصدعات على سطح الكاشف يمكن رؤيتها بصورة واضحة تحت المجهر او بصورة ضبابية بالعين المجردة والتعرض الكبير للحرارة العالية يؤدي الى تغير في جوهر مادته (Flaih, 2020) ووزنها الجزيئي و تنكسر السلسلة الرئيسية في البوليمر وتفكك أو تفصل المجاميع الجانبية وقد يتحول البوليمر الى اكثر ثباتا او يفقد الثبات الحراري أو القابلية على الذوبان وعند التلدين لدرجات حرارة عالية ولفترات زمنية طويلة يؤدي الى انخفاض معدل الحفر في الكاشف (Jaleh *et al.*, 2004) و يعاني الكاشف من تغير في الصفات الكيميائية والفيزيائية (Saffarini *et al.*, 2012) وفي هذا البحث تم التلدين من درجات حرارة  $100 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

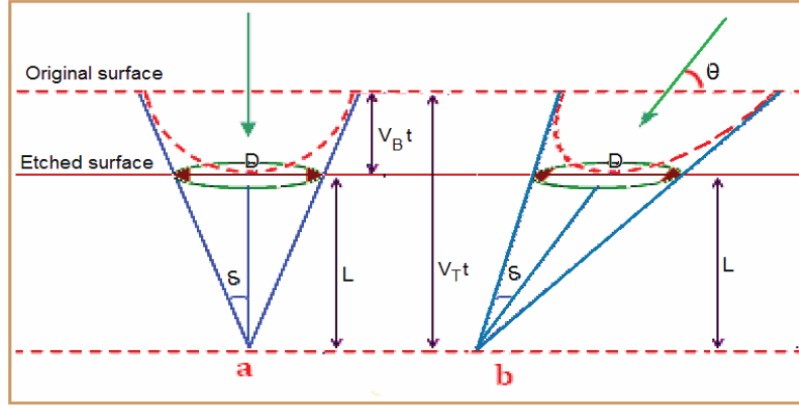
شع (Yu *et al.*, 2005) كاشف الاثر النووي CR-39 بمصدر الامريشيوم  $^{241}\text{Am}$  لمدى طاقات (1-4.5) واستعمل NaOH لعملية القشط الكيميائي ولتحديد دالة نسبة القشط تم استخدام برنامج Track Test، (Nikezic *et al.*, 2006) بفرض ثبوت معدل القشط للإثر ( $V_T$ ) وذلك بقياس غير مباشر لعرق الأثر من خلال قياس أطوال متطابقات (Replicas) أثار جسيمات ألفا باستعمال مجهر مجهز بقوة الذرية AFM. تهدف هذه الدراسة الى معرفة مدى تغيير درجة حرارة التلدين على اقطار واطوال اثار جسيمات الفا وكذلك المظاهر الجانبية لها.

### الجانب النظري

تعدت طرق قياس طول الاثر وطور الباحثون النظريات لوصف الأثر وشكله وهينته ونموه بعد عدة مراحل من القشط المتتالية من خلال قياس الاطوال بصورة مباشرة دون الحاجة لقياس الاقطار وباستخدام اجهزة مناسبة لغرض تطوير برنامج لرسم شكل الأثر وإيجاد معلماته نظريا ببعدين او ثلاثة ابعاد منها برنامج Track Test: (Azooz *et al.*, 2012) ومن ضمن هذه النماذج.

1- أنموذج (Somogyi and Szalay, 1973)

وضع هذا النموذج لدراسة شكل الأثر المائل المتكون في حالة السقوط على سطح مائل للجسيمات الثقيلة على سطح الكاشف فضلا عن دراسة نمو شكل الأثر المتكون في مرحلة القشط المفرط لقد طور (Nikezic and Yu, 2006) بصيغة رياضية للدالة  $V(R')$  وتعتمد على معدل قشط الأثر ( $V_T$ ) يتغير وليس ثابتاً بدءاً من سطح الكاشف نزولاً الى عمق محدود في الكاشف وبذلك تزداد قيمته بعد ذلك. وتم تطوير النموذج بعد ذلك فيما يخص دالة ( $V_T(t)$ ) باعتبار بان حافات الأثر تكون مقعرة وراس الأثر يكون بشكل مدبب والشكل (1) يبين معالم الأثر (Somogyi and Szalay, 1973).



الشكل 1: معالم الأثر المقشوط

## 2- أنموذج (Fews and Henshaw, 1982):

أعتمد هذا النموذج لوصف شكل الأثر ومراحل تطوره مع القشط على بنية أثر جسيمات ألفا في كاشف الأثر النووي CR-39 لقد حلل ووصف الباحثان الأثر الى خمس معالم هي عمق الأثر ( $X$ ) وتطور المحور الرئيسي ( $D$ ) والثانوي ( $d$ ) والطول الكلي للأثر ( $L$ ) فضلا عن قطره في حالة نهاية الأثر تام القشط (etched-out) وقام الباحثان باستنتاج معادلات لوصف فتحة الأثر فضلاً عن شكله (Fews and Henshaw, 1982).

## 3- أنموذج (Fromm et al., 1996):

تطرق هذا النموذج لمعالجة شكل الأثر ببعدين فقسم عملية القشط الى مرحلتين متتاليتين على افتراض تغير ( $V_T(x,t)$ ) مع ثبوت معدل القشط العام  $V_B$  ليتم توسيع الأثر خارج المناطق المتضررة للمسار المقشوط في الكواشف، فتتغير ( $V_T(x,t)$ ) مع مقدار الطاقة المفقودة من الجسيم على طول مسار الايون في الكواشف (Fromm et al., 1996).

## 4- أنموذج (Nikezic and Yu, 2003):

اعتمد هذا النموذج على ان تكون معادلات جدار الأثر في حالة كونه ببعدين معروفة ويعد هذا الانموذج من احسن الأنموذجات في وصف شكل الأثر ونموه وتغير معدل القشط الأثر ( $V_T$ ) مع الزمن القشط ( $t$ ) وعمق الأثر ( $x$ ) تمكن الباحثان من ربط معدل قشط الأثر ( $V_T$ ) وزمن القشط ( $t$ ) وعمق الأثر ( $x$ ) وطاقة جسيمات ألفا ( $E$ ) وكذلك إيجاد معادلة جدار الأثر في مرحلة المخروطية للأبعاد الثلاثية للسقوط العمودي و قدموا برنامجاً أسموه TRACK-TEST (Nikezic and Yu, 2006) يعول عليه لوصف شكل الأثر ورسمه نظرياً وحساب عدد من معالمه وفقاً للمعطيات التجريبية (Nikezic and Yu, 2006).

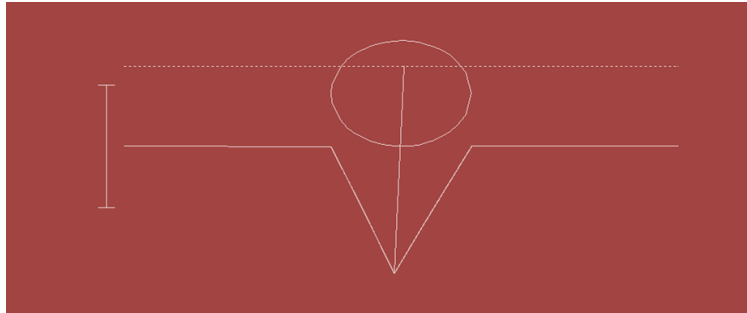
## 5- أنموذج عزوز وجماعته (Azooz et al., 2012):

وضع هذا الأنموذج من قبل عزوز وآخرون في جامعة الموصل وقد تم تسميته (SSNTDS- Model) ويستخدم لوصف الأثر باستخدام معادلة رياضية جديدة لطول الأثر دالة لزمن القشط  $L(t)$  ومن خلالها يمكن ايجاد معدل قشط الأثر ( $V_T$ ) ونسبة الاستجابة (معدل القشط) ( $V$ ) اعتماداً على طاقة الجسيم المشحون ( $E$ ) وزمن القشط ( $t$ ) وتعتمد المعادلة على خمسة معاملات حرة لا تعتمد هذه المعادلة على طاقة الجسيم بل على المعطيات والبيانات التجريبية لقياس أطوال الأثر لعدد من الطاقات

المختلفة لجسيمات ألفا في كاشف الأثر CR-39 (Azooz et al., 2012)، واستطاع عزوز وآخرون تقديم برنامج حاسوبي بلغة ماتلاب أطلق عليه (CR-39 Program) يعتمد على تلك المعاملات في رسم الأثر وتطور أشكاله نظريا ببعدين (2D) او ثلاثة أبعاد (3D) للسقوط العمودي ويتميز هذا البرنامج بالسهولة الاستخدام لجسيمات الفا والبروتونات (Azooz et al., 2012) ونلاحظ انموذج عزوز وجماعته مختلف عن الأنموذجات الأخرى وذلك لأنه يعتمد على الجانب الفيزيائي لوصف الأثر ونموه ورسمه نظرياً.

### الجانب العملي

في البحث الحالي استخدم كاشف الاثر النووي CR-39 بسلك  $(600 \pm 10\mu\text{m})$  الذي قطع الى 4 قطع  $(1 \times 1 \text{ cm}^2)$ . اجريت عملية التشعيع بجسيمات الفا  $2.6 \text{ MeV}$  باستخدام منظومة التشعيع أجريت عملية التشعيع عن طريق مصدر الامريشيوم  $^{241}\text{Am}$  لمدة (25min) ثم تم قشطة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز (6.25N) وبدرجة حرارة  $(70 \pm 1^\circ \text{C})$  في الحمام المائي صيني المنشأ (HH-SI) واخذت 3 قطع المتبقية من الكواشف وتم تلدينها بالفرن الكهربائي المائي المنشأ (memmert) من درجة حرارة  $100^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$  (140-100) بالتتابع بزيادة قدرها  $(20^\circ \text{C})$  لمدة نصف ساعة ومن ثم قشطت العينات الثلاثة المتبقية كلا على حدة بنفس المحلول السابق هيدروكسيد الصوديوم ولمدة نصف ساعة مع استبدال المحلول القاشط كل اربع ساعات للتخلص من الشوائب نتيجة تحلل الكاشف، اخذت قياسات سمك جميع الكواشف لغاية 6 ساعات من القشط بواسطة المجهر الضوئي من نوع (XSZ –H Series Biological Microscope) المزود بكاميرا علوية متصلة بحاسوب المختبر وحسب برنامج تؤخذ الصور والتي عن طريقها يتم اخذ قياس سمك الكاشف ثم قياس الطول تجريبياً كما موضح في الشكل (2).



الشكل 2: أنموذج للمظهر الجانبي لشكل الأثر لكاشف CR-39 من برنامج Track Test

### النتائج والمناقشة

تعددت طرق قياس الاطوال ومن هذه الطرق هي طريقة استخدام برنامج Track Test الموضوع من قبل (Nikezic and Yu, 2006) هو برنامج يقوم برسم المقطع العمودي لشكل الأثر ومحيط فتحة الأثر نظريا بعد إيجاد ثوابت المفترضة لمعاملات المعادلات المستخدمة في برنامج مستخدم وفقا لقياسات تجريبية لطول الأثر ومعلمات فيزيائية أخرى. يستخدم هذا البرنامج لنوعين من الكواشف لكثرة استخدامها هما CR-39 متعدد الكربون وكاشف LR-115 نترات السليولوز استنادا للمعطيات والبيانات والمعلمات، البرنامج مجهز بعدد من المعادلات التي تعطي قيم مختلفة لنسبة معدل القشط (V) بوصفها دالة للمدى المتبقي (R) تبعا لنوع الكاشف ولتطبيق البرنامج يتطلب ادخال بيانات من خلال لوحة المفاتيح (الكمبيوتر) في الحاسوب "K" و من ثم يتم اختيار الكاشف الاسم الاول للكاشف اما C او L و الطاقة المستخدمة  $2.6 \text{ MeV}$  في التشعيع و مقدار الزاوية  $90^\circ \text{C}$  وزمن التشعيع وقيمة  $V_B$  ويتم استخدام احدى المعادلات التالية المعادلة الاولى (Green et al., 1982):

$$V = (1 + A_1 e^{(-B_1 Y)} + A_2 e^{(B_2 Y)}) (1 - A_1 e^{(-B_3 Y)}) \dots \dots \dots (1)$$

وبثوابت افتراضية مقدارها

$$A_1=100, A_2=0.446, B_1=5, B_2=0.107, B_3=0.58$$

حيث يمثل Y المدى المتبقي

المعادلة الثانية وضعها (Brun et al., 1999)

$$V=1+e^{(-A_1Y+B)} - e^{(-A_2Y+B_2)} + e^{(B_3)} - e^{(B_1)} \dots\dots\dots(2)$$

$$A_1=0.1, A_2=1, B_1=1, B_2=1.27, B_3= 1.27$$

بثوابت افتراضية

المعادلة الثالثة وضعت من قبل (Yu et al., 2005) وصيغتها كالتالي:

$$V=1+e^{(-a_1y+b)} - e^{(-a_2y+b)} \dots\dots\dots(3)$$

وبثوابت افتراضية هي

$$a_1= 0.06082, a_2=0.8055, b=1.19$$

المعادلة الرابعة (AL-Jubbori, 2020):

معادلة وجدت هذه المعادلة الجديدة من قبل (AL-Jubbori, 2020) لحساب نسبة معدل القشط كدالة للمدى المتبقي  $V(R')$  اذ ان هذه المعادلة تحتوي على خمس معلمات حرة:

$$V(R') = 1+ e^{(-a_1R'+a_2-\frac{a_3}{R'}+\frac{a_4}{R'a_5}} \dots\dots\dots(4)$$

$$a_1= 0.098\mu\text{m}^{-1}, a_2= 1.86, a_3= 37.78\mu\text{m}, a_4= 36.98\mu\text{m} \text{ and } a_5= 0.98$$

واستنتج بان هذه المعادلة تنطبق هذه المعادلة ليست فقط على جسيمات الفا وانما تطبق ايضا على الايونات المشحونة الثقيلة كالأوكسجين وايون النتروجين، وأضيفت هذه المعادلة للبرنامج Track Test هو برنامج Track Vision من قبل (Nikezic et al ., 2021)

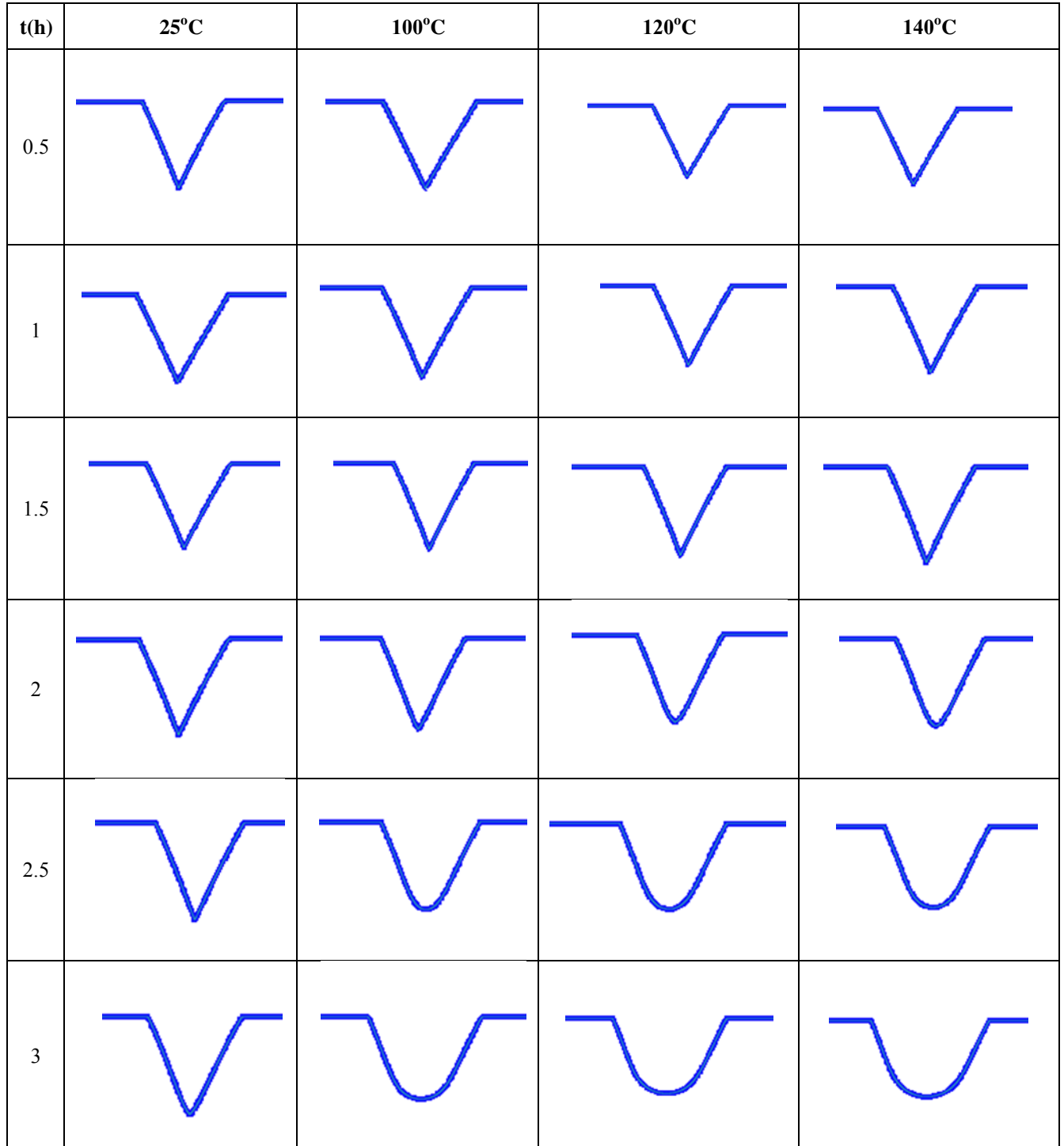
نلاحظ في (الجدول 1) التالي قياسات الأقطار والاطوال بصورة تجريبية باستخدام برنامج Track Test ولوحظ بتغير قياسات الاقطار والاطوال، تزداد الاقطار للنماذج المدنة عند ازمان قشط مختلفة (بزيادة زمن القشط) الى ان يصبح شكلها متداخل مع باقي الاقطار واما بالنسبة أشكال الأثار الموجودة التي بدأت بصورة مخروطية الشكل في بداية القشط مع تقدم عملية القشط تمت ملاحظة تغير الأشكال من الشكل المخروطي المنتظم مستدق النهاية ثم الى مخروطي ذو رأس مدور مروراً بالشكل الكروي منتهياً بالشكل الكروي. شكل الاثر المقشوط في بداية التكون يتميز بصغر حجمه وقصر طوله، تبدأ الجدران بالتغير من الشكل المنتظم الى التقعر نحو الخارج قليلا مع وبقاء الرأس مدبباً للأطوال تزايد الاطوال الى وصول حد الثبوت كلما زادت درجة حرارة التلدين.

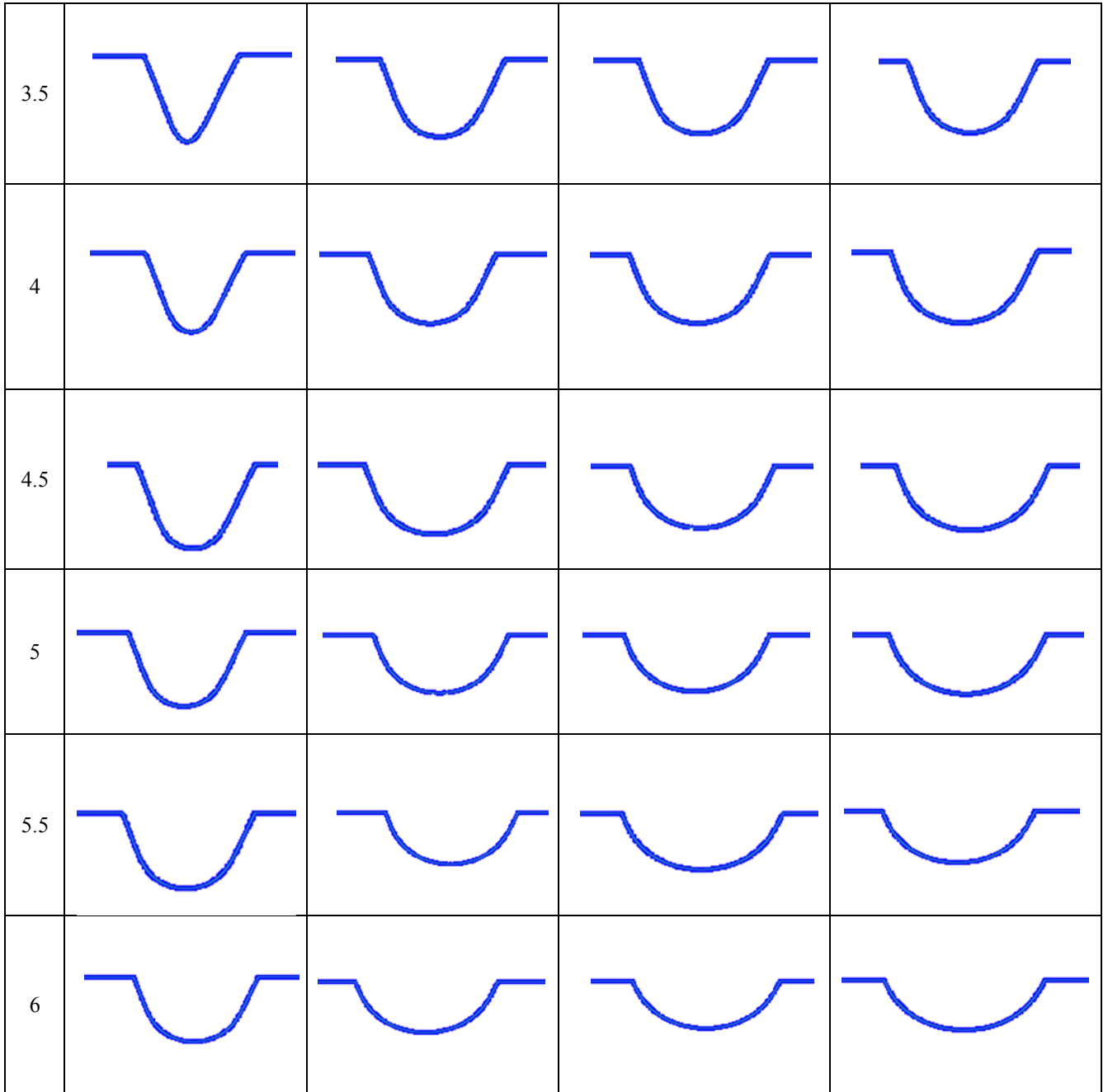
**الجدول 1: قياسات الأطول أثار جسيمات ألفا بصورة تجريبية باستخدام برنامج Track Test لدرجات حرارة تلدين مختلفة**

t(h)	Ta=25 °C		Ta=100 °C		Ta=120 °C		Ta=140 °C	
	L(μm)	D(μm)	L(μm)	D(μm)	L(μm)	D(μm)	L(μm)	D(μm)
0.5	1.036	0.861	3.144	1.187	1.631	1.320	1.719	1.386
1	2.188	1.729	5.094	2.388	3.555	2.656	3.766	2.791
1.5	3.474	2.604	6.985	3.602	5.779	4.009	6.115	4.214
2	4.867	3.466	6.985	4.829	7.397	5.379	7.440	5.655
2.5	6.330	4.350	7.440	6.070	7.440	6.766	7.440	7.110
3	7.336	5.241	7.440	7.325	7.440	8.116	7.440	8.593
3.5	7.440	6.140	7.440	8.593	7.440	9.588	7.440	10.193
4	7.440	7.045	7.440	10.295	7.440	77.403	7.440	11.721
4.5	7.440	7.957	7.440	11.644	7.440	12.902	7.440	13.263

5	7.440	8.929	7.440	13.005	7.440	14.409	7.440	14.811
5.5	7.440	9.861	7.440	14.372	7.440	15.918	7.440	16.358
6	7.440	10.799	7.440	15.740	7.440	17.414	7.440	17.887

أما بالنسبة (للجدول 2) يمكن ملاحظة تغير في شكل الاطوال والاقطار والزيادة بزيادة درجة حرارة التلدين. الجدول 2: آثار جسيمات ألفا بصورة تجريبية باستخدام برنامج Track test لدرجات حرارة تلدين مختلفة ولأزمان قشط مختلفة.





### الاستنتاجات

تمت دراسة في هذا البحث تأثير درجات حرارة التلدين على تغير أطوال الأثار في كاشف الاثر النووي CR-39 عن طريق معرفة السمك المزال ومعرفة معدل القشط العام  $V_B$  وبزاوية سقوط عموديا ومن ايجاد الطول تجريبيا باستخدام برنامج Track Test وتمت ملاحظة زيادة في سرعة نمو الاثر لدالة العمق والتزايد واضح في طول الأثر بزيادة درجة حرارة التلدين مع زيادة في أقطار جسيمات ألفا يلاحظ من النتائج انه برفع درجة حرارة التلدين يؤدي الى زيادة في الاطوال والاقطار اي زيادة في سمك الطبقة المزالة بزيادة درجة حرارة التلدين التي تعمل على زيادة سمك الطبقة المزالة بزيادة زمن القشط.

### المصادر

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>

- Azooz, A. A.; Al-Nia'emi, S. H.; Al-Jubbori, M. A. (2012). Empirical parameterization of CR-39 longitudinal track depth. *Radiat. Meas.*, **47**(1), 67-72. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2011.10.015>.
- Brun, C.; Fromm, M.; Jouffroy, M.; Meyer, P.; Groetz, J. E.; Abel, F.; Kühne, H. (1999). Interoperative study of the detection characteristics of the CR-39 SSNTD for light ions: present status of the Besancon-Dresden approaches. *Radiat. Meas.*, **31**(1-6), 89-98. [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(99\)00102-X](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(99)00102-X).
- Balestra, S.; Cozzi, M.; Giacomelli, G.; Giacomelli, R.; Giorgini, M., Kumar, A.; Valieri, C. (2007). Bulk etches rate measurements and calibrations of plastic nuclear track detectors. *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Research Section B: Beam Interact. with Mater. and Atoms*, **254**(2), 254-258. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2006.11.056>
- Fews, A.P.; Henshaw, D.L. (1982). (Cited in Ref. Nikezic, D. and Yu, K.N., 2004). *Nucl. Instr. and Meth.*, pp.197-517.
- Flaih, K. R. (2020). Parameters affecting bulk etch rate  $V_B$  for CR-39 detector. *J. University of Anbar for Pure Sci.*, **14**(2). <http://dx.doi.org/10.37652/JUAPS.2020.14.2.1.3>
- Fromm, M.; Meyer, P.; Chambaudet, A. (1996). (Cited in Ref. Nikezic, D. and Yu, K.N., 2004). *Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research B*. pp.107-337.
- Green, P. F.; Ramli, A. G.; Al-Najjar, S. A. R.; Abu-Jarad, F.; Durrani, S. A. (1982). A study of bulk-etch rates and track-etch rates in CR39. *Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research*, **203** (1-3), 551-559. [https://doi.org/10.1016/0167-5087\(82\)90673-1](https://doi.org/10.1016/0167-5087(82)90673-1).
- Jaleh, B.; Parvin, P.; Mirabaszadeh, K.; Katouzi, M. (2004). KrF laser irradiation effects on nuclear track recording properties of polycarbonate. *Radiat. Meas.*, **38**(2). 173-183. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2003.09.002>.
- Janik, M.; Hasan, M. M.; Bossew, P.; Kavasi, N. (2021). Effects of storage time and pre-etching treatment of CR-39 detectors on their response to alpha radiation exposure. *Internat. J. Environm. Research and Public Health*, **18**(16), 8346. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168346>
- Khilile, Y. T.; Al-Jubbori, M. A. (2020). Investigate oblique incident alpha particle tracks on CR-39 detector. *J. Education and Sci.*, **29**(3), 196-210. Doi: 10.33899/edusj.2020.127268.1081
- Malinowska, A.; Szydłowski, A.; Jaskóła, M.; Korman, A. (2012). Influence of high temperature on solid state nuclear track detector parameters. *Review of Scientif. Instrum.*, **83**(9), 093502. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.39.20>
- 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.
- Nikezic, D.; Yu, K.N. (2003). Three-Dimensional analytical determination of the track parameters: Over-Etched tracks". *Radiat. Meas.*, **37**, 39-45. [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(02\)00129-4](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(02)00129-4)
- 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. Communic.*, **174**(2), 160-165. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2005.09.011>
- Ng, C. K. M.; Poon, W. L.; Li, W. Y.; Cheung, T.; Cheng, S. H.; Yu, K. N. (2008). Study of substrate topographical effects on epithelial cell behavior using etched alpha-particle tracks on PADC films. *Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research Section B: Beam Interactions with Mater. and Atoms*, **266**(14), 3247-3256. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2008.04.002>



- Nikezic, D.; Stajic, J. M.; Yu, K. N. (2021). Updates to TRACK\_TEST and TRACK\_VISION computer programs. *Polymers*, **13**(4). <https://doi.org/10.3390/polym13040560>
- Saad, A. F.; Gendya, A. T.; Rana, M. A.; Abdalla, Y. K.; Hussein, N. A.; Dawood, M. S. (2021). Influence of pre-exposure thermal annealing on etch rates of CR-39 nuclear track detectors: new findings. *Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, **1014**, 165680. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2021.165680>
- Saad, A. F.; Hamed, N. A.; Abdalla, Y. K. (2013). Identification of spontaneous fission fragments by using thermally annealed PADC films. *Turkish J. Phys.*, **37**(3), 356-362. <https://doi.org/10.3906/fiz-1210-1>
- Saffarini, G.; Dwaikat, N.; El-Hasan, M.; Sato, F.; Kato, Y.; Iida, T. (2012). The effect of infrared laser on the activation energy of CR-39 polymeric detector. *Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipm.*, **680**, 82-85. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2012.04.003>
- Shoeib, M.Y.; Hegazy, T.M.; Hassan, G.M. (2014). Effect of heat treatment on some properties of CR-39 nuclear track detector irradiated by gamma ray. *Beni-Suef University J. Basic and Appl. Sci.*, **3**(1), 74-79. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.02.010>
- Somogyi, G.; Szalay, S. (1973). (Cited in Ref. Nikezic, D. and Yu, K.N., 2004). *Nucl. Instr. and Meth.*, pp.109-211. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2003.12.040>
- 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. Measurement*, **40**(2-6), 380-383. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2005.03.011>.

## Effect of Heat Treatment on Alpha Track Profile of CR-39 Detector

Rasha W. Mahmood

Mushtaq A. Al-jubbori

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

### ABSTRACT

In this paper investigation, a 600  $\mu$ m thick CR-39 nuclear track detector was implemented. It was divided into four pieces, each with a 1 x 1 cm<sup>2</sup> surface area. At a vertical angle, the pieces were irradiated with 2.6 MeV of energy from an <sup>241</sup>Am source. Then, three of the pieces were annealed at successively higher temperatures (100–120–140°C) using a Memmert U4079142 water bath. The samples were etched using a sodium hydroxide solution, NaOH, with a concentration of 6.25 at a temperature of (70 ± 1° C) in a water bath for 6 hours at 0.5-hour intervals. Then, track images of the alpha particle diameters were taken using a digital camera (MADC- 5A) connected to an optical microscope (XSZ-H Series Biological Microscope) and a computer. It was discovered that an increase in annealing temperature increased the alpha track diameters. The experimental alpha lengths were measured using a new method that involved knowing the general etching rate and entering variables into the Track Test program. The length of the alpha track was calculated through the program, and compared to the results of the first equation of the Track Test program

**Keywords:** Track-Test, Profile tracks, Temperature effects, Track lengths.