

استجابة كاشف الأثر النووي CR-39 لطاقة جسيمات ألفا ضمن المدى

(1.5–5.37)MeV

أحمد عبد إبراهيم العبيدي¹ ، سجي رافع محمد الطائي²

^{1,2} جامعة كركوك / كلية العلوم / قسم الفيزياء

Ahmedabd71@yahoo.com¹ , sajaaltaey@gmail.com²

تاريخ قبول البحث : 2015 / 3 / 8

تاريخ استلام البحث : 2015 / 1 / 13

الملخص

الهدف من دراسة هو دراسة تأثير تغير طاقة جسيمات الفا على الكاشف البلاستيكي CR-39 من حيث تأثيرها على أقطار الآثار وأعدادها، حيث تم تشييع الكاشف CR-39 بجسيمات الفا المنبعثة من مصدر الامريشيوم ²⁴¹Am واستخدم محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز 6.25N ودرجة حرارة 70°C ولأزمان قشط مختلفة لإظهار آثار جسيمات الفا ولمدى من الطاقات تتراوح بين (1.5 – 5.37) MeV .

لقد أظهرت النتائج العملية إن أعلى امتصاص لطاقة جسيمة الفا والذي يقابله أقصى قيمة لقطر الأثر عند الطاقة 1.75 MeV كما إن عدد الآثار تصل أقصى قيمة لها عند الطاقة 2 MeV حيث تساوي 524 أثرا .

الكلمات الدالة : كواشف الأثر النووي CR-39 ، المحلول القاشط ، قطر الأثر ، طاقة جسيمات الفا .

The Response of nuclear track detector (CR-39) to alpha particles in the energy range (1.5 – 5.37)MeV

Ahmad A. Ibraheem¹ , Saja. R. Mohammed²

^{1,2}Kirkuk University / College of Science / Physics Dept.

Ahmedabd71@yahoo.com¹ , sajaaltaey@gmail.com²

Received date : 13 / 1 / 2015

Accepted date : 8 / 3 / 2015

ABSTRACT

The aim of this project is to study the effect of the variation of the energy of α - particles on the plastic detector CR-39 in terms of their effect on the diameters of the tracks and their numbers . The plastic detector CR-39 is irradiated by (1.5 – 5.37) MeV α -particle emitted from Amretioum Am^{241} source . Potassium Hydroxide solution (KOH) with concentration 6.25N , at a temperature of 70 °C was used for etching for different etching times .

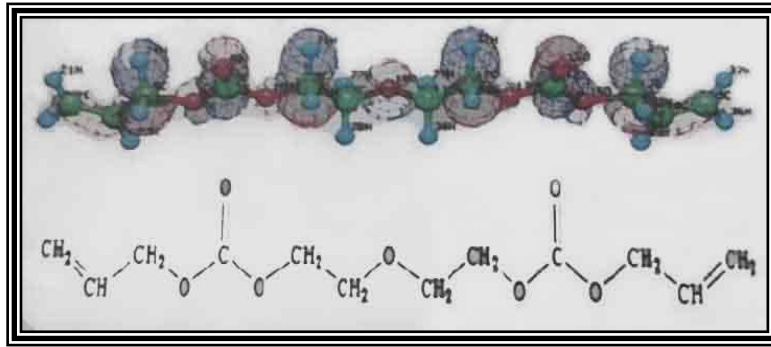
The experimental results had indicated that maximum absorption of the energy of α -particles which corresponds to the maximum track diameter is at an energy of 1.75 MeV , and that the maximum number of tracks which is 524 occurs at energy of 2MeV.

Keywords : Nuclear track detector CR-39 , etching solution , Diameter of track , α – particle energy .

1. المقدمة (Introduction)

أكتشف الكاشف (CR-39) عام 1978 من قبل الباحثان (Cartwright & Shirk) [2] ، ويعد الكاشف CR-39 من أهم الكواشف العضوية التي لا تحتوي على النروجين وهو عبارة عن مادة بوليمرية مختصرها CR مشتقة من Columbia Resin [8] وهو عبارة عن تركيب هيدروكربوني عشوائي الترتيب صيغته الجزيئية $(C_{12}H_{18}O_7)_n$ كما

موضح في الشكل (1) :-



شكل (1): الصيغة التركيبية للكاشف CR-39 [3]

تفقد جسيمة الفا طاقتها عند مرورها في الكاشف CR-39 عن طريق سلسلة من التفاعلات الكولومية مع الاليكترونات الذرية او نواة الذرة في الكاشف ، وان الطاقة التي تفقدها الجسيمات المشحونة في التصادم الواحد تكون قليلة وعدد التصادمات التي تخوضها يكون كبيرا بحيث يبدو الجسيم وكأنه كل طاقته بشكل مستمر ويتعرض لعملية إبطاء تدريجية وليس على شكل دفعات منفصلة عن بعضها البعض [9] .

إن الطاقة التي يخسرها جسيم الفا عند مروره في الكاشف CR-39 تدعى بقدرة الإيقاف (Stopping power) وأحيانا تسمى بانتقال الطاقة الخطي (Linear Energy Transfer) LET [4] وتعطى معادلة قدرة الإيقاف أو (الطاقة المفقودة من جانب الجسيم)

$$-\frac{dE}{dX} = \frac{4\pi}{m_e C^2} \frac{nz^2}{\beta^2} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left[\ln \left\{ \frac{2m_e c^2 \beta^2}{I(1-\beta^2)} \right\} - \beta^2 \right] \dots\dots\dots(1)$$

حيث إن $\beta=V/C$ هي السرعة النسبية و E طاقة الجسيم القاصف و e شحنة الإليكترون و Z_e شحنة الجسيم و m_e كتلة الإليكترون السكونية (I) ومعدل جهد التأين (Ionization potential rate)

لقد أجريت العديد من البحوث لدراسة الاستجابة الطاقية للعديد من الكواشف البلاستيكية للجسيمات النووية المختلفة وتأثير عدد من العوامل عليها. فقد قام (Randhaw et al.,. 1979) [6] بدراسة تأثير استجابة عدد من الكواشف للجسيمات النووية المختلفة . وقام (Benton et al.,. 1980) [5] بدراسة استجابة الكاشف CR-39 لجسيمات ألفا والبروتونات ولطاقات مختلفة . كما قام (Chatry et al.,. 1990) [3] بدراسة الاستجابة الطاقية للكاشف CR-39

للبروتونات المرتدة عن النيوترونات الحرارية و المتوسطة والسريعة . واستطاع (Hussain and Sabah 1994)[1] عمل مقارنة بين استجابة الكاشف SR-86 وكاشفي CR-39 و PM-355 للجسيمات المشحونة . يهدف البحث الحالي إلى دراسة الاستجابة الطاقية لكاشف الأثر النووي البلاستيكي CR-39 باستخدام جسيمات ألفا لمدى من الطاقات (1.5 – 5.37)MeV ودراسة قطر الأثر (Diameter of track) بتغير الطاقة وزمن القشط باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم KOH ودرجة حرارة 70 °C .

2. طريقة العمل (Experimental procedure)

يتم تقطيع الكاشف CR-39 إلى قطع صغيرة بأبعاد $1 \times 1 \text{ cm}^2$ وتشيعه بجسيمات ألفا من المصدر المشع الامريشيوم (^{241}Am) $1\mu\text{Ci}$ بشكل عمودي لمدة دقيقتان وبطاقات مختلفة باستخدام المعادلة التالية [7]:

$$E = E_o \left[1 - \frac{X}{R} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2)$$

$E =$ طاقة المصدر , $E_o = 5.48 \text{ MeV}$, $X =$ المسافة , $R = 4.16$

وحصلنا على الطاقات (1.5 , 1.75 , 2 , 2.25 , 2.5 , 2.75 , 3 , 3.5 , 4, 5.37) MeV ثم تم إجراء عملية القشط الكيميائي باستخدام محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH 6.25N ودرجة حرارة 70°C باستخدام الحمام المائي ويزمن قشط يتراوح بين (1 – 8) h ، وباستخدام المعادلة التالية تم حساب الوزن المطلوب من KOH

$$N = \frac{W(\text{gm})}{V(\text{ml})} \times \frac{1000}{W(\text{eq})} \dots\dots\dots (3)$$

حيث ان :

W_{eq} الوزن الجزيئي للمادة , V حجم الماء المقطر , W وزن المادة بالغرام , N العيارية

$$W_{\text{eq}}(\text{KOH}) = 56 \dots\dots\dots (4)$$

حيث تمثل المعادلة رقم (4) الوزن الجزيئي لمادة هيدروكسيد البوتاسيوم

تم بعد ذلك حساب عدد الآثار وأقطارها الناتجة عن عمليتي التشعيع والقشط بواسطة المجهر الضوئي بعد ذلك تم نقل

الصور إلى الحاسبة لإجراء الحسابات عليها.

3. النتائج والمناقشة (Results and Discussions)

تم إجراء عملية التشعيع على الكاشف CR-39 لمدة دقيقتين في كل تجربة ولعدد من الطاقات ولأزمان قشط تتراوح

بين (1- 8)hr حيث إن T_{hr} زمن القشط $D_{\mu m}$ قطر الأثر ، عدد الآثار ρ وقد تم استخدام المعادلة رقم (2)

لحساب المسافة بين مصدر الإشعاع والكاشف عند كل طاقة وكانت النتائج كما مبين في الجداول المدرجة أدناه :-

جدول (1): دراسة قطر الأثر بتغير الطاقة وزمن القشط

E(MeV) T (hr)	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.5	4	5.37
	Diameter of track (μm)									
1	3.22	3.72	3.92	3.78	3.57	3.25	2.94	2.82	2.65	2.11
2	6.54	6.96	7.23	6.66	6.24	6.12	5.92	5.52	5.52	3.2
3	9.12	9.76	10.52	10.02	9.52	9.22	9.22	8.64	8.64	7.44
4	13.11	13.42	13.71	13.22	12.92	12.56	12.12	11.65	11.65	9.82
5	16.19	16.52	16.84	16.64	16.37	15.75	15.16	14.75	14.75	12.62
6	18.52	19.25	19.75	19.45	19.2	18.52	18.52	17.21	17.21	14.35
7	21.25	22.76	23.22	22.82	22.35	21.78	21.78	21.26	21.26	18.18
8	22.5	23.71	-	-	-	-	-	-	-	20.92

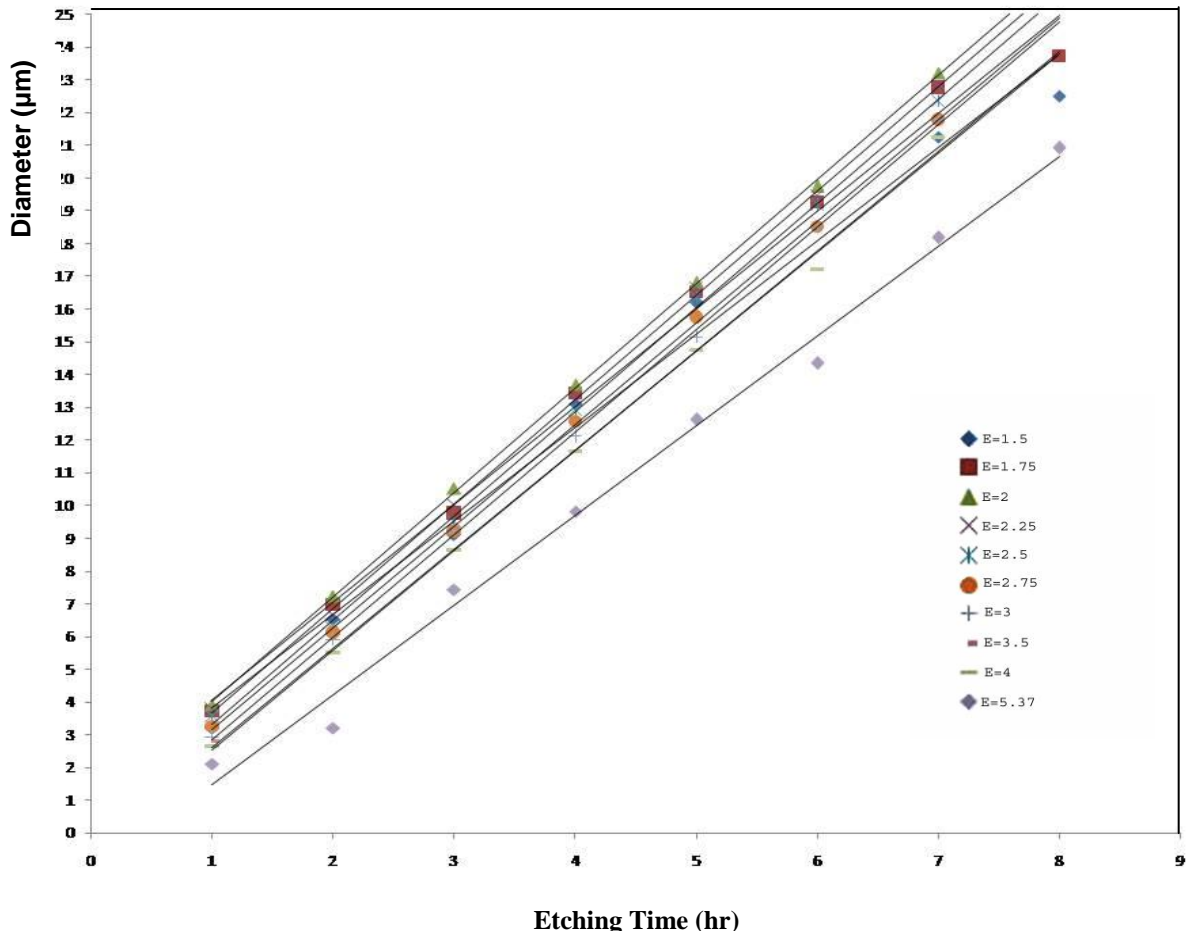
إن سقوط جسيمات الفا ذات طاقات مختلفة تؤدي إلى تكوين آثار ذات أقطار مختلفة وإن هذه الأقطار المتكونة في

الكاشف البلاستيكي CR-39 تعتمد على عدة متغيرات منها متغيرات الجسيم القاصف (كتلته ، شحنته ، طاقته) إذ

يلاحظ وبشكل عام إن الطاقات العليا تؤدي إلى تكوين آثار ذات أقطار صغيرة على عكس الطاقات الواطئة التي تؤدي

إلى تكوين أقطار كبيرة وهذا يعود إلى مقدار الطاقة المفقودة في البوليمر كما إن كل كاشف وعند طاقة معينة للجسيمات القاصفة يحصل فيه أعلى قيمة للطاقة المفقودة $(dE/dX)_{Th}$ والتي دونها تبدأ أقطار الآثار بالنقصان كلما قلت طاقة الجسيمات القاصفة [10].

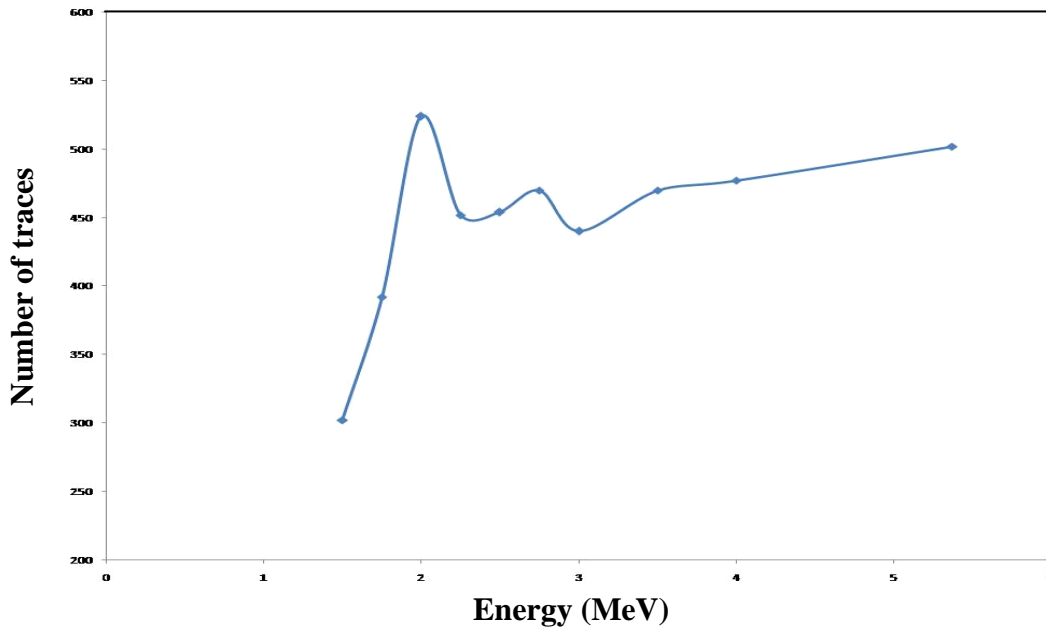
ومن الجدول أعلاه نلاحظ إن أقصى قيمة لقطر الأثر (μm) تحدث عند الطاقة $2MeV$ حيث يحدث أعظم امتصاص للطاقة الساقطة وبعدها يتناقص قطر الأثر تدريجياً مع زيادة الطاقة وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحثان العبيدي والنعمي [10]



شكل (2): يوضح العلاقة بين قطر الأثر وزمن القشط لطاقات مختلفة

الشكل أعلاه يمثل تغير أقطار الآثار مع زمن القشط للطاقات (1.5,1.75,2,2.25,2.5,2.75,3,3.5,4,5.37)MeV لجسيمات الفا في كاشف الأثر النووي CR-39 إذ يلاحظ في الشكل إن أقطار الآثار تتغير عكسيا مع طاقات جسيمات الفا للمدى ($2 \leq E \leq 5.37$)MeV في حين تتغير أقطار الآثار طرديا مع طاقة الجسيمات القاصفة للمدى ($E < 2$ MeV) . إن النقصان الحاصل في أقطار آثار جسيمات الفا بزيادة طاقتها فوق 2Mev يعود إلى إن الجسيمات ذات الطاقة الواطئة النافذة إلى داخل مادة الكاشف تفقد طاقتها بسرعة داخل الكاشف وتولد آثار قريبة من سطح الكاشف وذلك لأن قدرة الإيقاف لها تكون عالية وهذا يؤدي إلى إن مدى الجسيمات داخل البوليمر يكون قليلا ويمكن إظهار تلك الآثار بزمن قشط قليل ، أما الجسيمات ذات الطاقة العالية والتي تكون قدرة إيقافها قليلة ومداها داخل مادة البوليمر يكون كبيرا فان هذه الجسيمات تفقد طاقتها على مسافة أعمق داخل الكاشف بالمقارنة مع الطاقة الواطئة لذلك فان عملية إظهار الآثار تحتاج إلى زمن قشط أكبر من سابقتها إذ يظهر بوضوح اختلاف الزمن التمهيدي لبداية ظهور الآثار مع تغير الطاقة من خلال تقاطع الخطوط المرسومة مع محور زمن القشط .

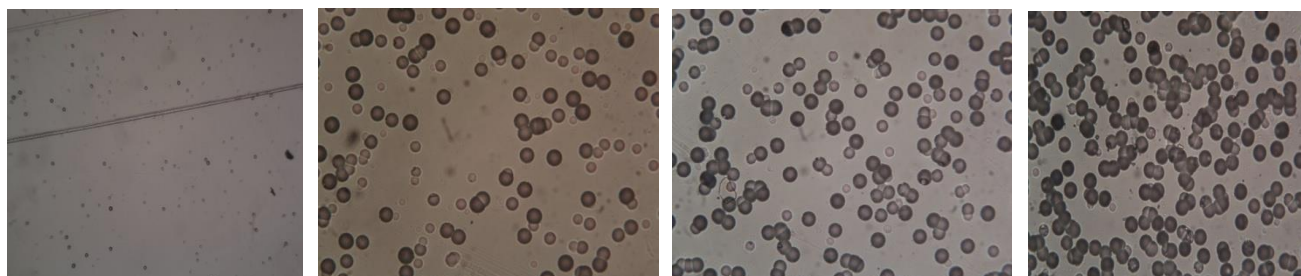
نلاحظ من الشكل (3) إن عدد الآثار يتزايد حتى يصل إلى قيمته القصوى عند الطاقة 2MeV ثم يبدأ بالتناقص تدريجيا مع زيادة الطاقة بشكل غير منتظم والسبب في عدم الانتظام هو إن عدد من الآثار قد تندمج مع بعضها أثناء عملية القشط مما يؤدي إلى ظهور سلوك غير خطي لعدد الآثار .



شكل (3): تغير عدد الآثار مع طاقة جسيمات الفا

الشكل (4) يمثل صور الآثار الناتجة عن تشعيع الكاشف CR-39 بجسيمات الفا وطاقات مختلفة لزمن قشط مقداره

(3-4) .

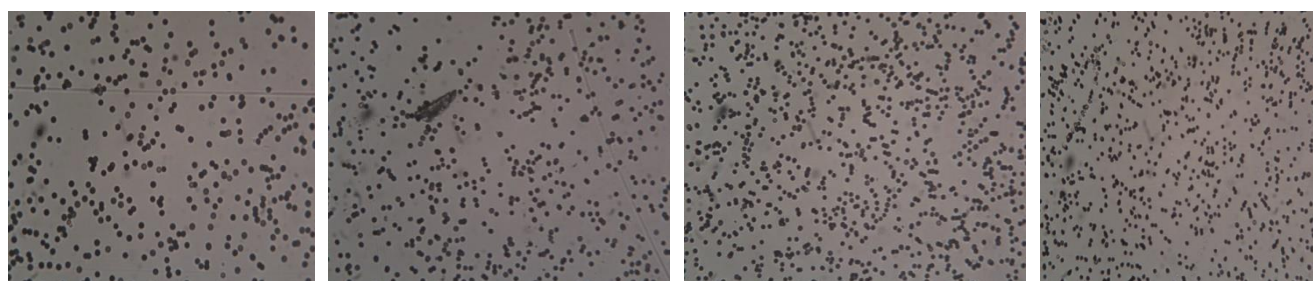


E=1.5MeV

E=1.75MeV

E=2MeV

E=2.25MeV

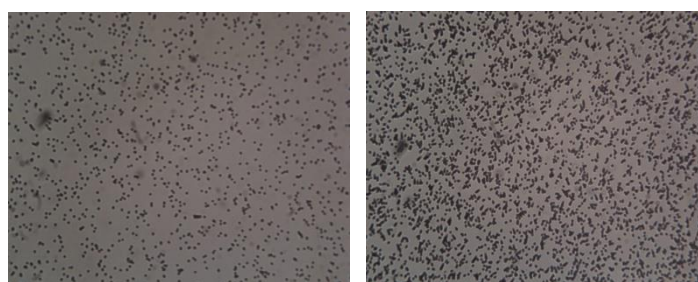


E=2.5MeV

E=2.75MeV

E=3MeV

E=3.5MeV



E=4MeV

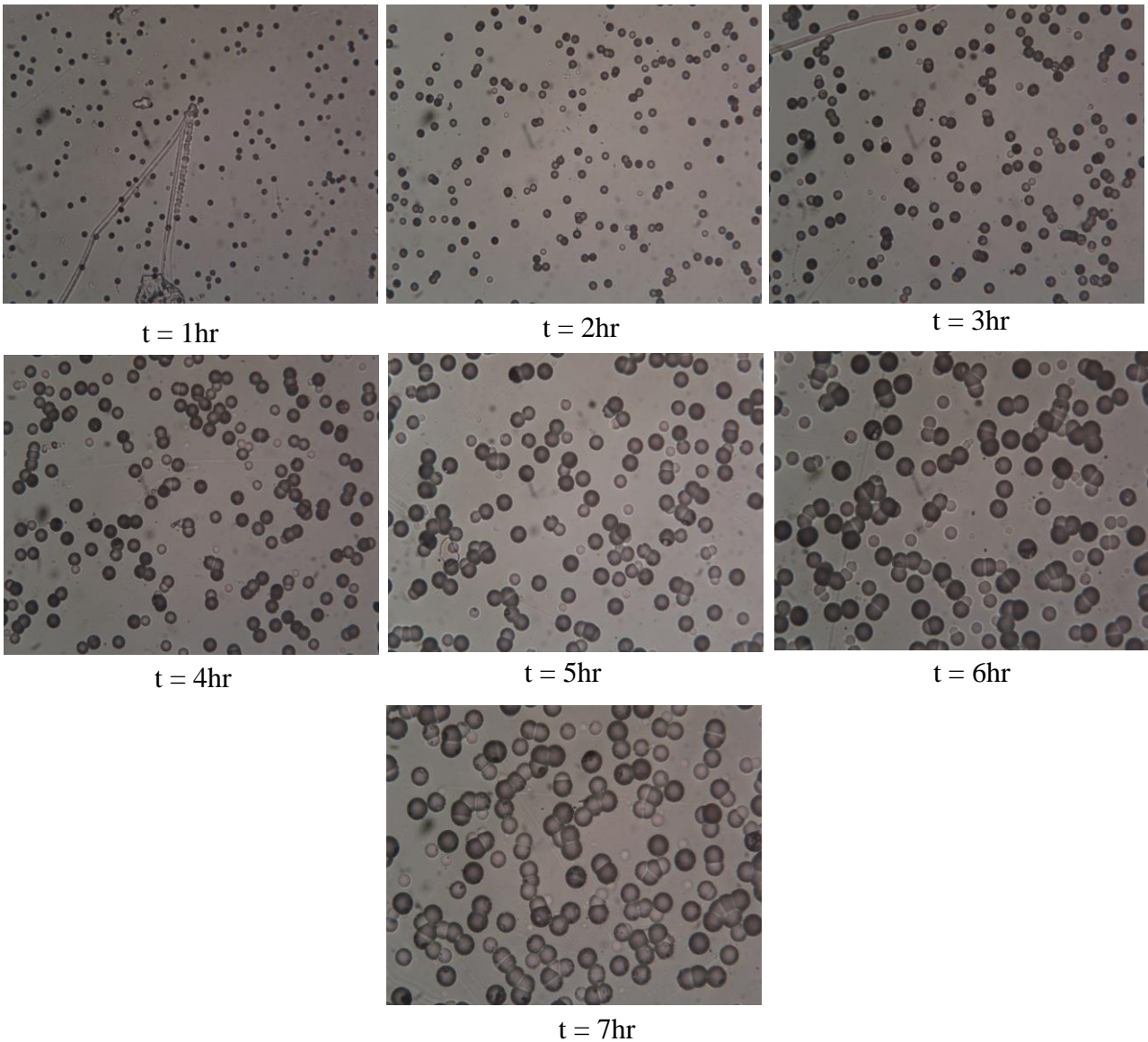
E=5.37MeV

شكل (4): شكل الآثار للطاقات المستخدمة عند زمن قشط 3hr

وقد وجدنا إن أقطار الآثار وأعدادها تتغير بتغير الطاقة عند ثبوت زمن القشط حيث كان أكبر قيمة لقطر الأثر وأعداد الآثار عند الطاقة 2MeV وتكون الآثار أكثر وضوحا ولا يوجد اندماج ملحوظ بين الآثار بينما في الطاقات الأكبر يكون هنالك اندماج ملحوظ بين الآثار مما يسبب تغير في أعداد الآثار وأقطارها.

الشكل (5) يمثل صور الآثار الناتجة عن تشعيع الكاشف CR-39 بجسيمات الفا لازمان قشط مختلفة وبطاقة

ثابتة مقدارها 2MeV .



شكل (5): الآثار لطاقة 2MeV لازمان قشط مختلفة

وقد وجد إن أقطار الآثار وأعدادها تتغير بتغير زمن القشط عند ثبوت الطاقة حيث تكون بداية ظهور الأثر عند الساعة الأولى من القشط ثم يبدأ قطر الأثر بالزيادة مع زيادة زمن القشط حتى يصل إلى أعظم قطر عند الساعة السابعة أما أعداد الآثار فتكون في قيمتها القصوى عند الساعة الرابعة من القشط .

4. الاستنتاجات (Conclusions)

من النتائج والقياسات التي حصلنا عليها خلال بحثنا يمكن أن نستنتج ما يلي :-

1. إن نمو قطر الأثر هو دالة واضحة لزمن القشط أي انه دالة لتأثير زمن القشط على الكاشف المشع بجسيمات ألفا حيث لاحظنا عند كل طاقة مستخدمة في هذه الدراسة إن قطر الأثر يزداد بزيادة زمن القشط حتى الوصول إلى حالة انتهاء الأثر واندماج الآثار مع بعضها أي يمكننا القول بين قطر الأثر وزمن القشط هي علاقة طردية .
2. إن أقصى قيمة لأقطار الآثار للكاشف CR-39 عندما تكون الطاقة 2MeV حيث يحدث أعظم امتصاص للطاقة وان هذه القيمة لا تعتمد على نوع الجسيم الساقط بل تعتمد على طاقة الجسيم الساقط وكذلك نوع الكاشف المستخدم ثم تبدأ آثار الأقطار بالنقصان كلما زادت الطاقة عن 2MeV .
3. من خلال المشاهدات التجريبية وجدنا إن عدد الآثار تبدأ بالزيادة كلما زادت طاقة جسيمات ألفا حتى تصل أقصى قيمة لها عند الطاقة 2MeV إي إن العلاقة بين عدد الآثار وطاقة جسيمات ألفا عند $E \leq 2\text{MeV}$ هي علاقة طردية ثم يبدأ عدد الآثار بالنقصان كلما زادت الطاقة أي تكون العلاقة بين عدد الآثار والطاقة في المدى $2\text{MeV} < E \leq 5.37\text{MeV}$ هي علاقة عكسية علما إن زمن القشط لكل طاقة للحصول على أكبر عدد من الآثار يتراوح بين (3 - 4) hr .



(References) المصادر

- [1] A.H. Hussain, and N.M Sabah, (1994). "**Comparative Study of SR-86 (20) Response With CR-39 and PM-355 Plastic Track Detectors**", Basrah J. Science, 12(2): 95-101.
- [2] B.G Cartwright , & E.K Shirk , (1978) " **A nuclear recording polymer of unique sensitivity and resolution** " Nucl . Instr . Meth , 153 pp 457- 460
- [3] C. Chatry, A. Serbat, J. Laugier, and J. Vanderschieren, (1990). "**Energy and Angle Response of CR-39 to Protons**" . In: Proc. 15th INT. CONF. On Particle Tracks in Solids, Hamburg, Germany.
- [4] D. Nikezic , & K . N Yu , (2004)"**Formation and Growth of tracks in nuclear track materials**" Materials since and engineers , R 46 , pp. 51-123
- [5] E. V. Benton, A. L. Frank, R. A Oswald, and R. V Wheeler,(1980) "**Proton Recording Deuteron Dosimeter for Personal Monitoring**",. In: Proce. 10th Int. Conf. SSNTDs, Loyn and Suppl. 2 (ed. H. Francios) , Nud. Tracks Pergamon, Oxford, 469
- [6] G.S . Randhaw, K. Shyam, and H.S. Virk, (1979) . "**Response of Different Plastic Track Detector to Particles**". Radia. Meas., 22(3):523-527.
- [7] H. Cember , (1996) " **Introduction of health physics** " 3rd ed , Mcgraw Hill perganon press – London , pp. 129 – 131
- [8] J . R Harvey , R . J Tanner , W . G Alberts , D . T Bartlett , E.K.A Piesch , & H. Schraybe , . (1998) " **The contribution of eurodos and cendos to etched track neutron dosimetrys the current ststus in Europe** " radiat . prot. Dosimetry 77 (1 – 4) , pp. 267 – 304

[9] T. Yamauchi, Y. Somaki, H. Nakai , K. Oda, T. ikeda , H. Honda , & S. Tagawa ,
(2002) "*Oxidative degradation of CR-39 track detector in the surface region during
gammairradiation* "

[10] احمد عبد إبراهيم العبيدي ، سعيد حسن سعيد. *الاستجابة الطاقية لكاشف الأثر النووي PM-355 لجسيمات*

الفا ومقارنتها مع الكاشف CR-39 ، مجلة علوم الرافدين المجلد 16 ، العدد 1 ، ص 21----38 ، 2005

المؤلف

سجى رافع محمد الطائي: بكالوريوس فيزياء سنة التخرج : 2011- جامعة كركوك – كلية

العلوم – قسم الفيزياء 2012

