



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

(1.5–5.37) MeV

أحمد عبد إبراهيم العبيدي¹ ، سجي رافع محمد الطائي²

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

Ahmedabd71@yahoo.com¹ , sajaaltaey@gmail.com²

تاریخ قبول البحث : 2015 / 3 / 8

تاریخ 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 تشيع الكاشف CR-39 بجسيمات الفا المنبعثة من مصدر الامريشيوم ^{241}Am واستخدم محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز 6.25N ودرجة حرارة 70°C ولأزمان قسط مختلفة لإظهار آثار جسيمات الفا ولمدى من الطاقات تتراوح بين MeV (1.5 – 5.37) .

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

الكلمات الدالة : كواشف الأثر النووي CR-39 ، محلول 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 Since / 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 Am²⁴¹ 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 enrgy of α -particals 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.

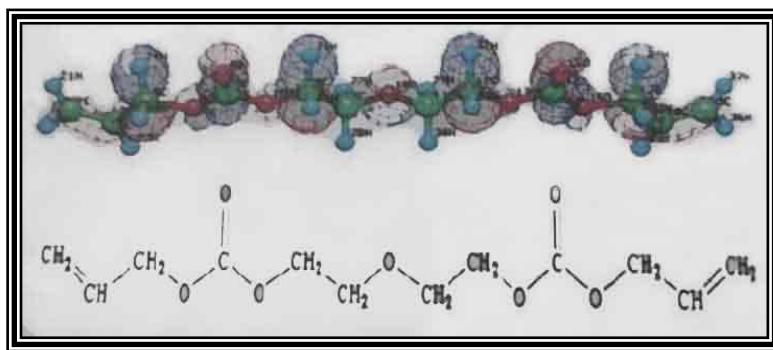
Keywords : Nuclear track detector CR-39 , eaching solution , Diameter of track , α – particle energy .

1. المقدمة (Introduction)

اكتشف الكاشف (CR-39) عام 1978 من قبل الباحثان [2] (Cartwright & Shirk) ، وبعد الكاشف

من أهم الكواشف العضوية التي لا تحتوي على النتروجين وهو عبارة عن مادة بوليميرية مختصرها CR مشتقة من Columbia Resin [8] وهو عبارة عن تركيب هيدروكربوني عشوائي الترتيب صيغته الجزيئية $(C_{12}H_{18}O_7)_n$

موضح في الشكل (1) :-



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

تفقد جسيمة الفا طاقتها عند مرورها في الكاشف CR-39 عن طريق سلسلة من التفاعلات الكولومبية مع الاليكترونات الذرية او نواة الذرة في الكاشف ، وان الطاقة التي تفقدتها 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) وأحياناً تسمى بانتقال الطاقة الخطي LET (Linear Energy Transfer) [4] وتعطى معايرة قدرة الإيقاف أو (الطاقة المفقودة من جانب الجسيم)

$$-\frac{dE}{dX} = \frac{4\pi}{m_e C^2} \frac{nZ^2}{\beta^2} \left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} \right)^2 \left[\ln \left(\frac{2m_e c^2 \beta^2}{I(1-\beta^2)} \right) - \beta^2 \right] \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

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

لقد أجريت العديد من البحوث لدراسة الاستجابة الطاقية للعديد من الكواشف البلاستيكية للجسيمات النووية المختلفة وتتأثر 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



[1](Hussain and Sabah 1994) للبروتونات المرتدة عن النيترونات الحرارية و المتوسطة والسريعة . واستطاع

عمل مقارنة بين استجابة الكاشف SR-86 وكاشف CR-39 و PM-355 للجسيمات المشحونة .

يهدف البحث الحالي إلى دراسة الاستجابة الطاقية لكاشف الأثر النووي البلاستيكى CR-39 باستخدام جسيمات الفا

لمدى من الطاقات MeV (5.37 - 1.5) دراسة قطر الأثر (Diameter of track) بغير الطاقة و زمن القشط باستخدام

محلول هيدروكسيد الصوديوم KOH وبدرجة حرارة °C 70 .

2. طريقة العمل (Experimental procedure)

بتم تقطيع الكاشف CR-39 إلى قطع صغيرة بأبعاد $1 \times 1 \text{ cm}^2$ وتشعيه بجسيمات ألفا من المصدر المشع

الامرishiوم ^{241}Am 1μci بشكل عمودي لمدة دقيقة وبطاقات مختلفة باستخدام المعادلة التالية [7] :

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

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

وحصلنا على الطاقات MeV (5.37 , 4, 3.5 , 2.75 , 2.5 , 2.25 , 2 , 1.75 , 1.5) ثم تم إجراء

عملية القشط الكيميائي باستخدام محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH 6.25N وبدرجة حرارة °C 70 باستخدام الحمام

المائي وبزمن قشط يتراوح بين h (1 - 8) ، وباستخدام المعادلة التالية تم حساب الوزن المطلوب من KOH

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

حيث ان :

Weq الوزن الجزيئي للمادة , V حجم الماء المقطر , W وزن المادة بالغرام , N العيارية

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

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



تم بعد ذلك حساب عدد الآثار وأقطارها الناتجة عن عملية التشيع والقسط بواسطة المجهر الضوئي بعد ذلك تم نقل الصور إلى الحاسبة لإجراء الحسابات عليها.

(Results and Discussions) 3. النتائج والمناقشة

تم إجراء عملية التشيع على الكاشف CR-39 لمدة دقيقتين في كل تجربة ولعدد من الطاقات ولأزمان قسط تترواح بين (1-8) hr حيث إن T_{hr} زمن القسط $D_{\mu m}$ قطر الآثر ، عدد الآثار n 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 الآثر بتغير الطاقة وزمن القسط

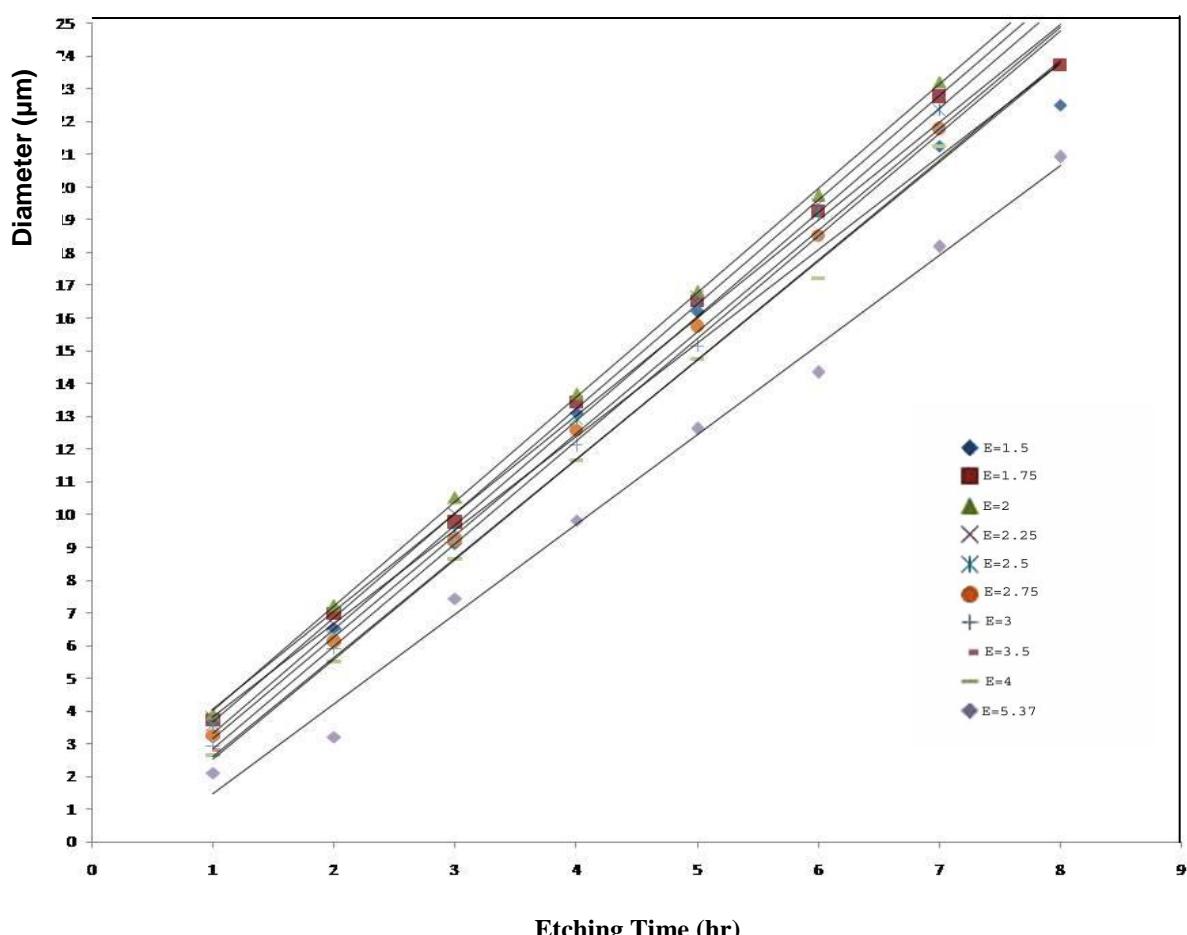
E(MeV)\T (hr)	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.5	4	5.37
Diameter of track (μm)										
1	3.22	3.72	3.92	3.78	3.57	3.25	2.94	2.82	2.65	2.11
2	6.54	6.96	7.23	6.66	6.24	6.12	5.92	5.52	5.52	3.2
3	9.12	9.76	10.52	10.02	9.52	9.22	9.22	8.64	8.64	7.44
4	13.11	13.42	13.71	13.22	12.92	12.56	12.12	11.65	11.65	9.82
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 مختلفه وإن هذه الأقطار المتكونة في الكاشف البلاستيكي CR-39 تعتمد على عدة متغيرات منها متغيرات الجسيم القاuchi (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 قطرات 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 قطرات الآثار بالنقسان كلما قلت طاقة الجسيمات القاصفة [10].

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

[العبيدي والنعيمي] 10



شكل (2): يوضح العلاقة بين قطر الآثر وزمن القسط لطاقات مختلفة

الشكل أعلاه يمثل تغير أقطار الآثار مع زمن القشط للطاقة $(1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5, 2.75, 3, 3.5, 4, 5.37) \text{ MeV}$

لجزيئات الفا في كاشف الآثار النووي CR-39 إذ يلاحظ في الشكل إن أقطار الآثار تتغير عكسيا مع طاقات جسيمات

الفا للمدى $(E \leq 5.37 \text{ MeV})$ في حين تغير أقطار الآثار طرديا مع طاقة الجسيئات القاصفة للمدى $< E$

. إن النقصان الحاصل في أقطار آثار جسيئات الفا بزيادة طاقتها فوق 2 MeV يعود إلى إن الجسيئات 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 الجسيئات داخل البوليمر يكون قليلا ويمكن إظهار تلك الآثار

بزمن قشط قليل ، أما الجسيئات ذات الطاقة العالية والتي تكون قدرة إيقافها قليلة ومدتها داخل البوليمر يكون كبيرة

فإن هذه الجسيئات تفقد طاقتها على مسافة أعمق داخل الكاشف بالمقارنة مع الطاقة الواطئة لذلك فان عملية إظهار الآثار

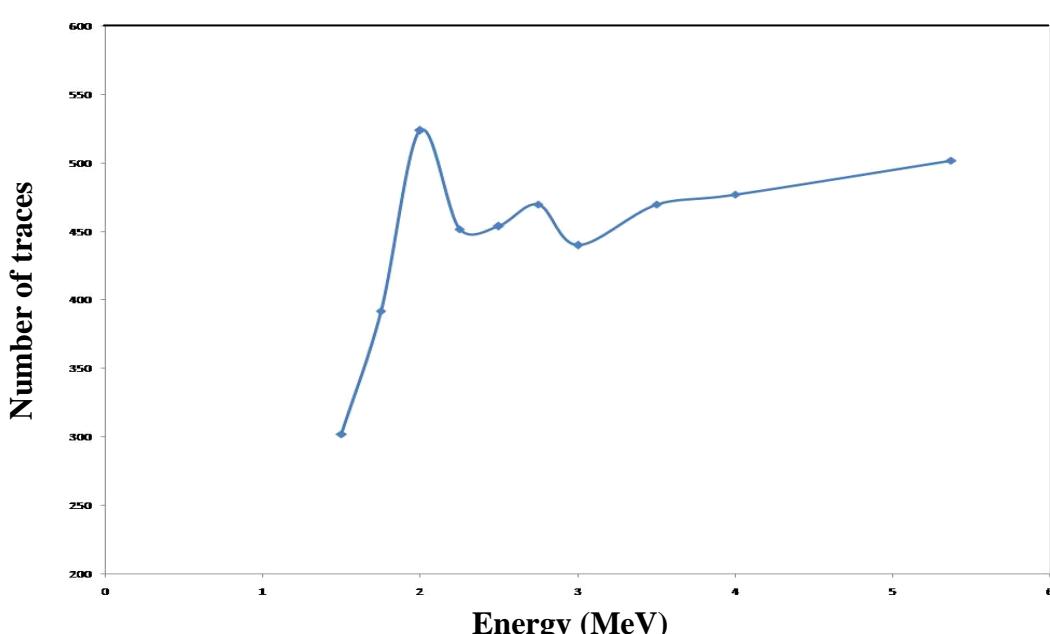
تحتاج إلى زمن قشط أكبر من سابقتها إذ يظهر بوضوح اختلاف الزمن التمهيدي لبداية ظهور الآثار مع تغير الطاقة من

خلال نقاطع الخطوط المرسمة مع محور زمن القشط .

نلاحظ من **الشكل (3)** إن عدد الآثار يتزايد حتى يصل إلى قيمته القصوى عند الطاقة 2 MeV ثم يبدأ بالتناقص

تدريجيا مع زيادة الطاقة بشكل غير منتظم والسبب في عدم الانتظام هو إن عدد من الآثار قد تندمج مع بعضها أثناء

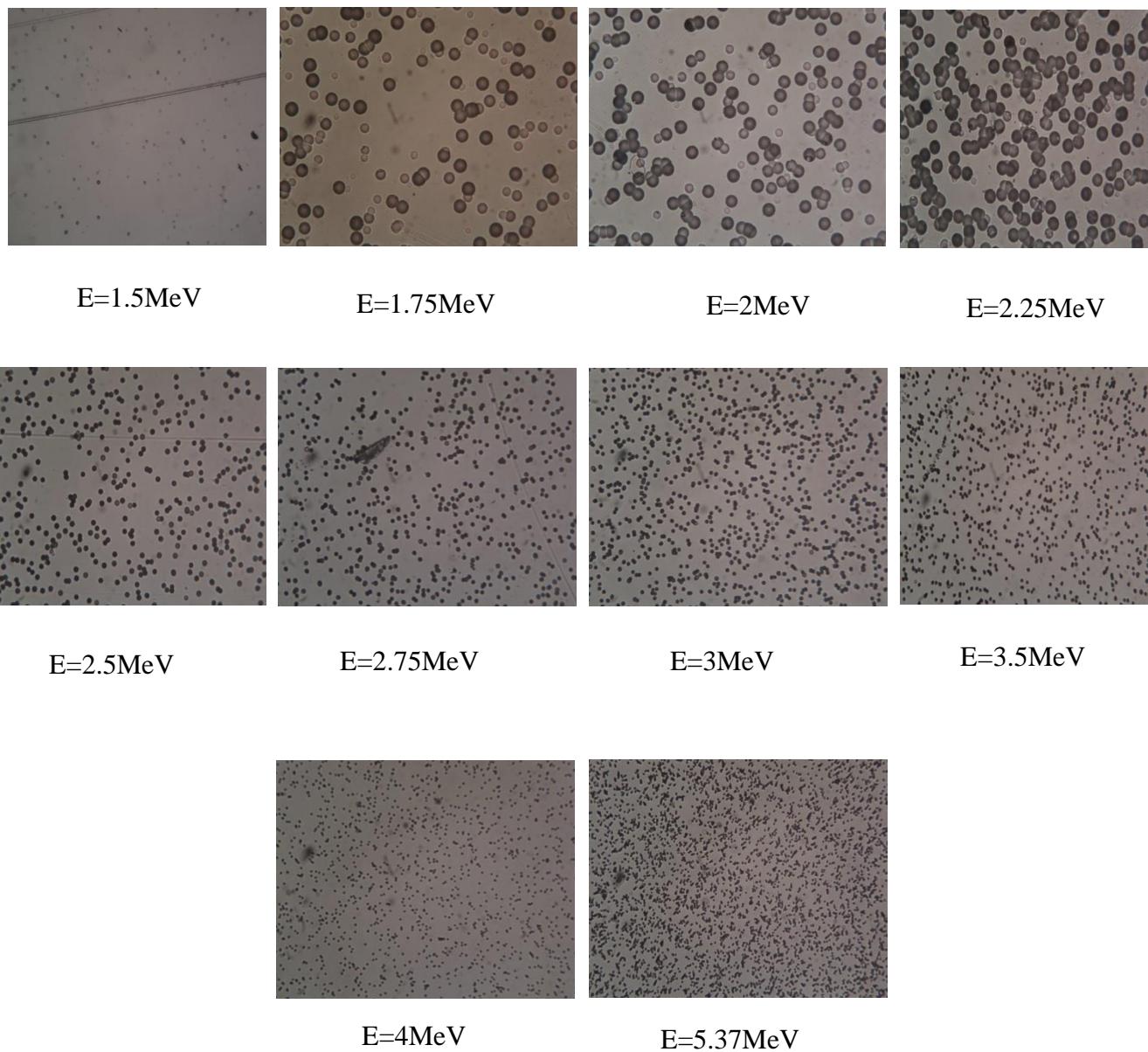
عملية القشط مما يؤدي إلى ظهور سلوك غير خطى لعدد الآثار .



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

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

. (3-4)

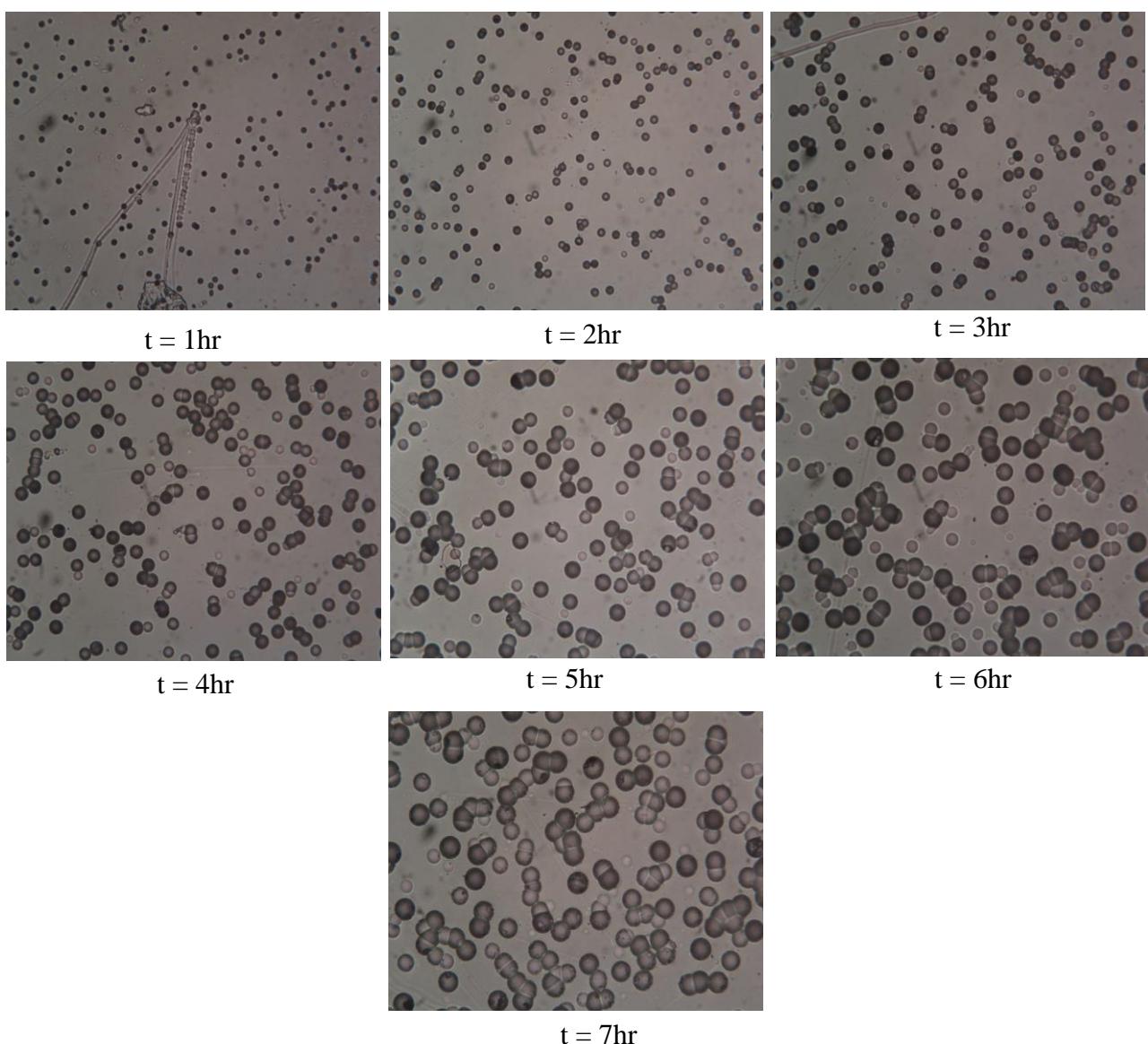


شكل (4): شكل الآثار للطاقات المستخدمة عند زمن قشط 3hr

وقد وجدنا إن أقطار الآثار وأعدادها تتغير بتغير الطاقة عند ثبوت زمن القشط حيث كان أكبر قيمة لقطر الآثر وأعداد الآثار عند الطاقة 2MeV وتكون الآثار أكثر وضوها 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 تشيع الكاشف CR-39 بجسيمات الفا لازمان قشط مختلفة وبطاقة

ثابتة مقدارها 2MeV .



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



وقد وجد إن قطرات الآثار وأعدادها تتغير بتغير زمن القشط عند ثبوت الطاقة حيث تكون بداية ظهور الآثر عند الساعة الأولى من القشط ثم يبدأ قطر الآثر 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 الآثر 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 الآثر يزداد بزيادة زمن القشط حتى الوصول إلى حالة انتهاء الآثر واندماج الآثار مع بعضها أي يمكننا القول بين قطر الآثر وزمن القشط هي علاقة طردية .
2. إن أقصى قيمة لأقطار الآثار للكاشف CR-39 عندما تكون الطاقة 2MeV حيث يحدث أعظم امتصاص للطاقة وإن 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 أي 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 عكسيّة علما إن زمن القشط لكل طاقة للحصول على اكبر 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. Vanderschueren, (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 Deutron Dosimeter for Personal Monitoring"*.. In: Proce. 10th Int. Conf. SSNTDs, Loy 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 ، ص21--38---- 2005

المؤلف

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

العلوم - قسم الفيزياء 2012

