----- مجلة علوم الرافدين، المجلد 16، العدد 1 خاص بالفيزياء، ص69 -80، 2005 -----

تحديد الاستجابة الطاقية لكاشف الأثر النووي نترات السيليلوز CN-85 لجسيمات ألفا

منيب عادل خليل نسيم سالم عبدل فراس محمد علي فتحي

قسم الفيزياء – كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2004/9/14 ، تاريخ القبول 2004/12/14)

الملخص

يهدف البحث إلى تحديد الاستجابة الطاقية لكاشف الأثر النووي نترات السيليلوز CN-85 سمكه(100μm) لجسيمات ا لفا المنبعثة من مصدر الأمريشيوم ^{241}Am ذو فعاليته (1μCi) لزمن تشعيع(5min). لقد أجريت عملية القشط الكيميائي لقطع من الكواشف المشععة بطاقات مختلفة باستخدام المحلول الكيميائي (NaOH) بتركيز (5N) ودرجة حرارة قشط (50°C) ولأزمان قشطية مختلفة (0.5-4.5hr)، لقد أدت النتائج إلى تحديد الطيف الطاقي لجسيمات ألفا التي يستجيب لها الكاشف والتي تقع ضمن مدى طاقي (0.2- 4.5MeV)، كما وجد أن هناك زيادة في معدل أقطار الآثار مع زمن القشط ولجميع الطاقات المستخدمة كما لوحظ أن كثافة الآثار تتغير مع زمن القشط وللطاقات أعلاه،وقد توصلنا إلى الأزمان القشطية المثلى لظهور جميع الآثار المتكونة ولجميع الطاقات المستخدمة أيضا، وأن أعظم امتصاص للطاقة تحصل عند1.5MeV.

Determination of Energy Response of Nuclear Track Detector Cellulose Nitrate CN-85 for Alpha Particles

Munib A. Khalil **Naseem S. A'bdel** **Firas M. A. Fathi**

Department of physics

College of Science

Mosul University

ABSTRACT

This study aims to determine the energy response of nuclear track detector cellulose nitrate CN-85 with thickness (100μm) for alpha particles emanated from Americium source ^{241}Am of (1μCi) at irradiation time (5min). The process of the irradiated detectors

has been done by using the etchant (NaOH) with normality (5N) and etching temperature (50 °C)for different times (0.5-4.5hr).The results led to determine the energy spectrum of alpha particles which the detector responded to with energy range (0.2-4.5MeV).It has also been found that there was an increment in average of radii tracks with the Etching time for all the used energies ,It has also been observed that track density change with the etching time for the above energies ..In addition ,we reached at determining the optimum etching times to reveal all the formed tracks and also all the used energies and the maximum absorption energy occurs at 1.5MeV.

المقدمة

تعرف كواشف الأثر النووي أنها تلك المواد الصلبة العازلة التي تغيير ملحوظ في واحد أو أكثر من المتغيرات التي يمكن قياسها نتيجة لتعرضها لجرعة من الإشعاع.إذ يمكن الكشف عن الجسيمات المشحونة من خلال التلف التي تحدثها في تلك المواد أثناء مرورها داخل المادة وذلك بقياس عدد من المتغيرات الحاصلة في المادة مثل قياس كثافة تلك الآثار وأقطارها لتحديد متغيرات الجسيم الساقط (مدى الجسيمات الساقطة وشحنتها ونوعها وكتلتها)إذ تفقد الجسيمات المشحونة طاقتها عند مرورها في وسط ما بصورة رئيسية عن طريق سلسلة من التفاعلات الكولومية للإلكترونات الذرية أو نوى الذرات في المادة المعترضة وتكون الطاقة التي تفقدها الجسيمات المشحونة في التصادم الواحد قليلة وعدد التصادمات التي تخوضها كبير بحيث يبدو الجسيم كأنه يخسر كل طاقته بشكل مستمر ويتعرض لعملية إبطاء تدريجية وليس على شكل دفعات منفصلة عن بعضها البعض ولذلك يستخدم المعدل الوسطي للطاقة المفقودة من قبل الجسيم المشحون في وحدة المسافة من مساره للتعبير عما يخسره من طاقته في الوسط ويعرف هذا المعدل الوسطي للطاقة المفقودة باسم قدرة الإيقاف للمادة $(dE/\rho dx)$ (الأحمد,1993).وطبقا لهذا فانه يوجد معدل حرج للطاقة المفقودة $(dE/\rho dx)_{th}$ لكل مادة كاشفة للمسار، وان كل الجسيمات التي لها معدل طاقة مفقودة اقل من $(dE/\rho dx)_{th}$ فان مدى جسيمات ألفا يكون قصير جدا وذات أقطار صغيرة بحيث لا يمكن إنتاج أثار يمكن مشاهدتها بسهولة عندها تعرف بطاقة العتبة الدنيا (E_{min})، أما (E_{max}) تعرف بطاقة العتبة العليا وعندما تكون طاقة الجسيمات الساقطة اكبر من طاقة العتبة العليا فأن طول الآثار وأقطارها لا تكون بالقدر الكافي من الطول أو الكبر بحيث لا يمكن تمييزها في زمن قشط معين، وعليه يستطيع الكاشف أن يكشف عن الجسيمات التي طاقتها تقع بين هاتين القيمتين من الطاقة (E_{max} , E_{min}) بذلك فان سقوط الجسيمات المشحونة ذات طاقات مختلفة يؤدي إلى تكوين آثار ذات أقطار مختلفة,إذ يلاحظ وبشكل عام أن الطاقات العليا تؤدي إلى تكوين أقطار صغيرة على عكس الطاقات الواطئة التي تؤدي إلى تكوين أقطار كبيرة وهذا يعود إلى مقدار الطاقة المفقودة في مادة الكاشف (Durrani and Bull,1987).

بذلك فأن الاستجابة الطاقية للكواشف تختلف باختلاف مادة الكاشف وزاوية السقوط وأن كل كاشف له قيمتين لطاقة العتبة (دنيا وعليا) خاصة به للكشف عن جسيمات ألفا الساقطة على الكاشف، ولكل كاشف وعند طاقة معينة للجسيمات المشحونة يحصل فيه أعظم فقدان للطاقة (التي تحدث اكبر تلف في مادة الكاشف) والتي بعدها تبدأ الآثار بالنقصان كلما زادت طاقة الجسيمات الساقطة .(Durrani and Bull, 1987)(Chatry et al.,1990)

أجريت دراسات عديدة حول الاستجابة الطاقية لكاشف نترات السيليلوز CN كما في (Sadowski et al.,1997) الذي وجد أن الاستجابة الطاقية لكاشفي LR-115 , CN-80 المشعة بأيونات النتروجين N^{+}, N^{++}, N^{+++} المنبعثة من البلازما تراوحت ضمن مدى (0.2-3MeV) وبكفاءة تسجيلية عالية. كما لاحظ (Sklandnik-Sadowski et al, 2001) إن الاستجابة الطاقية لكاشف نترات السيليلوز CN-85 للديترونات السريعة المنبعثة من البلازما تقع ضمن مدى طاقي (80KeV-2MeV).

ففي هذا البحث أستخدم كاشف نترات السيليلوز CN-85 كمطياف لتمييز الطاقات المختلفة لجسيمات ألفا الساقطة على الكاشف والمنبعثة من مصدر الأمريشيوم ^{241}Am وبطاقات مختلفة ولأزمان قشطية مختلفة وذلك بالاعتماد على أقطار الآثار وكثافتها ومعدل سرعة نمو القطر.

الجانب العملي

أخذت مجموعة من كواشف نترات السيليلوز CN-85 بسمك (100μm) بأبعاد ($1\times1\ cm^2$) بمصدر الأمريشيوم ^{241}Am ذو فعالية (1μCi)والباعث لجسيمات الفا بمعدل طاقتها 5.485MeV وبمتوسط مدى في الهواء (4.001cm)، وبعدها شعع كل كاشف بطاقة معينة بعد أن تم الحصول على طاقات متعددة لهذه الجسيمات أقل من القيمة أعلاه وذلك بتغيير البعد بين الكاشف والمصدر المشع وذلك باستخدام العلاقة آلاتية(Mahesh and Mustafa,1976):

$$Ea^{(x)} = Ea^{(0)}(1-x/R)^{2/3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث أن

$Ea^{(x)}$ = طاقة جسيمة ألفا الواصلة إلى سطح الكاشف بوحداتMeV.

$Ea^{(o)}$ = طاقة جسيمة ألفا المنبعثة من المصدر المشع والتي تساوي(5.485MeV).

X(cm)= بعد المصدر المشع عن الكاشف.

R(cm)= يمثل مدى جسيمات ألفا في الهواء .

وللحصول على الطاقات المستخدمة والتي تراوحت بين (0.2, 0.5, 1, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 MeV) استخدمت المسافات بين المصدر المشع وسطح الكاشف كالأتي (3.97,3.88,3.68,3.42,2.76,1.95,1.02cm) على التوالي إذ أن عملية التشعيع تمت لمساحة دائرة صغيرة لا يتجاوز قطرها (2mm) وذلك لأجل حصر جسيمات ألفا الساقطة عموديا على سطح الكاشف

ضمن منطقة صغيرة .وقد أستخدم لهذا الغرض حجرة يوضع فيها الكاشف في الأعلى والمصدر في الأسفل وبعد إتمام عملية التشعيع أجرينا عملية القشط الكيميائي لغرض إظهار آثار جسيمات ألفا الساقطة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بعيارية (5N) ودرجة حرارة قشط (50 °C) ولعدة أزمان قشطية (0.5-4.5 hr)، وقد أستخدم لهذا الغرض حمام مائي ألماني الصنع، بعد ذلك غسلت الكواشف بماء مقطر وجففت بورق ناعم وتمت بعدها عملية المشاهدة المجهرية بواسطة مجهر ضوئي ذو تكبير (7×40X) لقياس كثافة الآثار وأقطارها. بعد ذلك تم احتساب سرعة نمو القطر (V_D) التي تمثل المعدل الزمني لزيادة أقطار الآثار المقشوطة من خلال العلاقة التالية (Yadov et al. , 1980) :

$$V_D = D / t \ (\mu m / hr) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

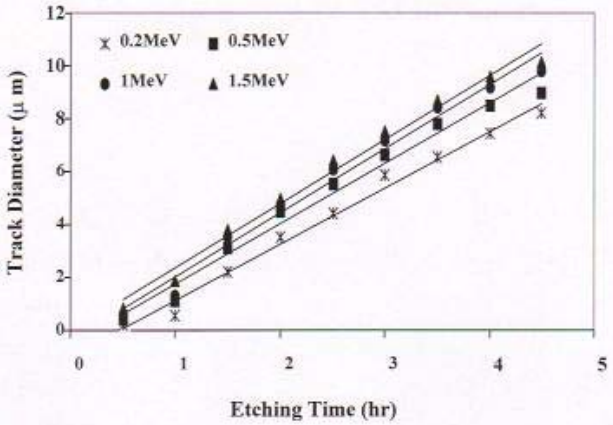
النتائج والمناقشة

وبعد إجراء الخطوات العملية تم حساب أقطار الآثار وكثافتها عند كل طاقة لجسيم ألفا ولعدة أزمان قشطية، ولمساحة مشهد واحد وان النتائج التي تم الحصول عليها يمكن مناقشتها عن طريق الأشكال الموضحة في أدناه.

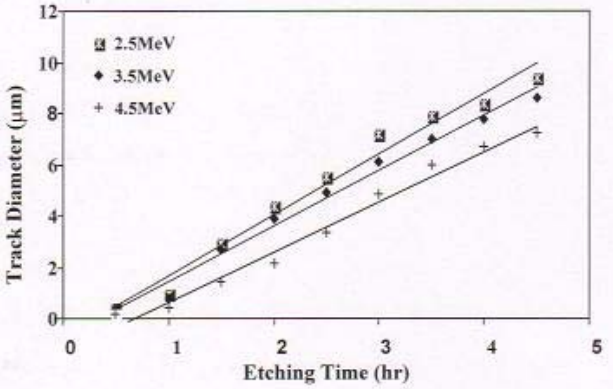
الشكلين (1)و(2) يمثلان تغير أقطار الآثار الناتجة من سقوط جسيمات ألفا على مادة الكاشف نترات السيليلوز CN-85 مع أزمان قشطية مختلفة تراوحت بين (0.5-4.5hr) لجسيمات ألفا. حيث يظهر بوضوح من هذه الأشكال ان زيادة زمن القشط يؤدي إلى زيادة في حجم الآثار وبالتالي زيادة في أقطارها وعند جميع الطاقات المستخدمة. وان أعلى قيمة لأقطار الآثار المتكونة في الكاشف تحدث عندما تكون طاقات الجسيمات الساقطة مساوية تقريبا إلى 1.5MeV وهذه النقطة تظهر جليا وواضحا من الشكلين (3) و(4) والذي يمثل تغير أقطار الآثار ومع طاقات الجسيمات الساقطة لازمان قشطية محددة. إذ يظهر الشكل أعلاه إن أقطار الآثار تزداد طرديا مع طاقة الجسيمات الساقطة لتصل أعلى قيمة لها عند الطاقة 1.5MeV ثم تبدأ بالنقصان بعد ذلك بزيادة طاقة تلك الجسيمات لمدى اكبر من 1.5MeV.

إن النقصان الحاصل في أقطار آثار جسيمات ألفا بزيادة طاقة تلك الجسيمات فوق 1.5MeV تعود إلى أن الجسيمات ذات الطاقة الواطئة النافذة إلى داخل مادة الكاشف تفقد طاقتها بسرعة داخل الكاشف وتولد آثارا قريبا من سطح الكاشف وذلك لأن قدرة الإيقاف لها ستكون عالية وهذا يؤدي إلى أن مدى الجسيمات داخل البوليمر سيكون قليلا ويمكن إظهار تلك الآثار بزمن قشط قليل, أما الجسيمات ذات الطاقة العالية والتي تكون قدرة إيقافها قليلة ومداها داخل مادة البوليمر يكون كبيرا فأن هذه الجسيمات تفقد طاقتها على مسافة ابعد داخل الكاشف بالمقارنة مع الطاقة الواطئة لذلك فان عملية إظهار الآثار تحتاج إلى زمن قشط اكبر من سابقتها كما موضح من الشكلين (1) و(2).علماً أن نسبة الخط في أقطار الآثار الناتجة من الطاقات $E_\alpha \leq 1.5MeV$ كانت (±0.05%) ونسبة الخط في أقطار الآثار للطاقات

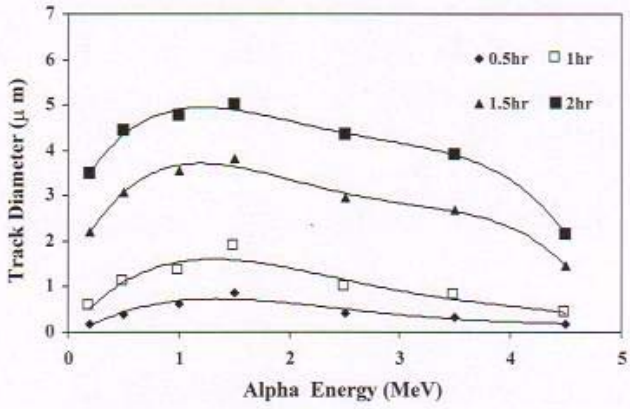
E_α>1.5MeV تساوي (±0.03%). أن النتائج التي حصلنا عليها كانت متفقة مع أقطار آثار جسيمات ألفا الساقطة على الكاشف CN-80 تقل بزيادة طاقة (Sadowski et al. , 1997) جسيمات الفا للمدى E_α> 1.5MeV وكذلك إن هذه النتائج تتفق سلوكياً مع ما وجده (Aharmimelal et al., 2002) من تغير أقطار الآثار مع طاقة جسيمات ألفا لكاشف نترات السيليلوز LR-115.



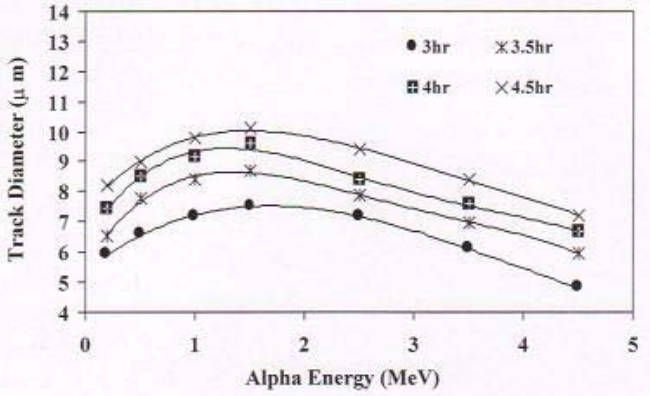
شكل 1: يمثل العلاقة بين أقطار الآثار وزمن القشط وعند طاقات (0.2,0.5,1,1.5MeV) لجسيمات ألفا.



شكل 2: يمثل العلاقة بين أقطار الآثار وزمن القشط وعند طاقات (2.5,3.5,4.5MeV) لجسيمات ألفا.



شكل 3: يمثل تغير أقطار الآثار مع طاقات جسيمات ألفا عند الأزمان القشطية (0.5,1,1.5,2hr).



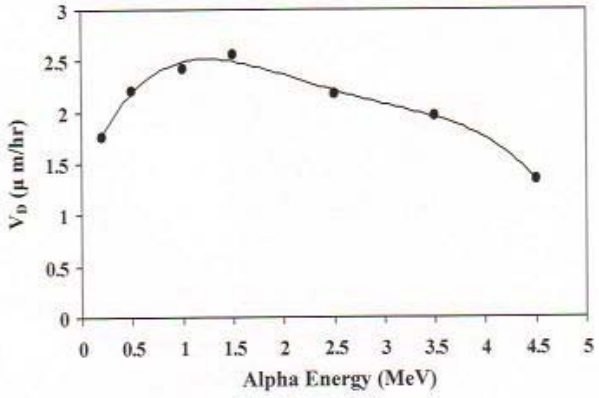
الشكل 4: يمثل تغير أقطار الآثار مع طاقات جسيمات ألفا عند الأزمان القشطية (3,3.5,4,4.5hr).

كما وجد من خلال الشكل(5) إن سرعة نمو الأقطار(V_D) في كاشف نـــترات الســيليلوز CN-85 تزداد طرديا بزيادة طاقة جسيمات ألفا ليصل أقصى حد لها عند الطاقة 1.5MeV ثم تبدأ بالنقصان بعـــد ذلك بزيادة طاقة تلك الجسيمات للمدى اكبر من 1.5MeV. إن هذه النقطة تمثل أقصـــى قيمـــة للطاقـــة

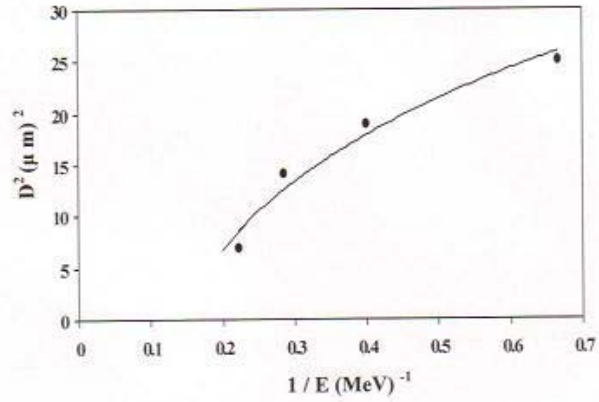
المفقودة $(dE/\rho dx)_{max}$ في مادة الكاشف من قبل الجسيمات وهذا يرجع إلى السبب نفسه المذكور سابقا بذلك فأن هذه النقطة هي الحد الفاصل بين التناسب العكسي والتناسب الطردي لسرعة نمو القطر مع طاقة جسيمات ألفا الساقطة.

وبالرجوع إلى الأشكال السابقة يمكن أن نجد اقل طاقة يمكن لها أن تظهر آثارا في مادة الكاشف CN-85 والتي تم الحصول عليها في هذه الدراسة تقارب (0.2MeV)، حيث أن الطاقات التي هي اقل من هذه القيمة لم تظهر آثاراً مقشوطة في مادة الكاشف(Durrani and Bull,1987)، إن هذه القيمة للطاقة تسمى بالطاقة الدنيا E_{min}، وكما ذكرنا سابقا إن تكوين الأثار ناتج عن معدل الفقدان الكلي لطاقة الجسيم الساقط لوحدة المساحة (dE/ pdx)وعلى هذا الأساس فانه يوجد معدل حرج للطاقة المفقودة $(dE/\rho dx)_{th}$ تختلف باختلاف الكاشف المستخدم في حين أن الجسيمات التي تمتلك معدل فقدان طاقة يساوي أو اكبر من المعدل الحرج بالنسبة للكاشف المستخدم فإنها تنتج آثار مقشوطة وواضحة المعالم . وبالمقابل فان هنالك قيمة عليا لطاقة الجسيم الساقط والتي عندها تكون معدل الطاقة مساوية إلى المعدل الحرج تسمى E_{max} التي قيمتها 4.5MeV لذا فأن الأثار المقشوطة كانت محصورة بين هاتين الطاقتين الحرجتين بحيث أن الجسيمات التي تحمل طاقة أكثر من هذه القيمة لا تظهر هي الأخرى آثار مقشوطة كما موضح في الأشكال السابقة . أن النتائج كانت متفقة مع ما توصل أليه (Marcocco and Bochicchio, 2001) في تحديد طاقة العتبة الدنيا E_{min} التي وجدت عند 0.5MeV لكاشف نترات السيليلوز LR-115 لجسيمات الفا كما وجد أن طاقة العتبة E_{max} عند 4.5MeV. كذلك مع ما وجده (Selman and Kassim, 1995) في تحديد قيمة طاقة العتبة E_{min} عند $(2 \pm 0.4\ MeV)$ وقيمة طاقة العتبة E_{max} عند $(5 \pm 0.4MeV)$ لكاشف الأثر CN-85 لجسيمات الفا.

كما ما ذكر في أعلاه ان هنالك علاقة بين طاقة جسيمات ألفا وقطر الأثر ومع قدرة الإيقاف لمادة الكاشف وهذا ما توصل إليه(Mahemeed and Rabih,1999) الذي وجد أن قدرة الإيقاف تتناسب عكسياً مع طاقة الجسيمات الساقطة عند (E = 1.5MeV) وهذا يتفق مع الشكلين (4،3) إذ أن الشكل (6) يوضح العلاقة العكسية بين مربع قطر الأثر مع مقلوب الطاقة وعند (E = 1.5MeV) وبما ان قدرة الإيقاف تتناسب عكسياً مع سرعة الجسيم حسب معادلة (Bethe Equ.) (الأحمد، 1993) وبدوره نستنتج أن قدرة الإيقاف تتناسب طردياً مع مربع القطر$(D^2\ \alpha\ 1/E)$ وهذا يتفق إلى ما توصل إليه (محيميد وحسن، 2000) الذي قام بدراسة قدرة الإيقاف لجسيمات ألفا بطاقة 5.485MeV ولعدة بوليمرات.



شكل 5: يمثل تغير سرعة نمو القطر مع طاقات جسيمات ألفا.



شكل 6: يمثل العلاقة بين مربع قطر الأثر مع مقلوب طاقة جسيمات الفا.

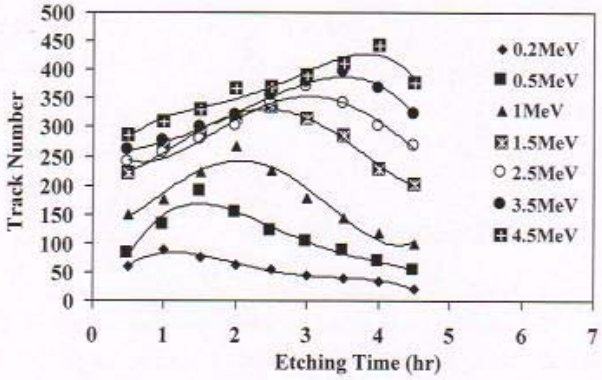
أما الشكل (7) يبين العلاقة بين كثافة الآثار وزمن القشط ولطاقات مختلفة (0.2,0.5,1,1.5,2.5,3.5,4.5MeV) نلاحظ زيادة عدد الآثار مع زمن القشط عند كل طاقة مستخدمة وصولا إلى أقصى قيمة لها والتي بعدها تبدأ عدد الآثار بالنقصان بسبب الاندماج الحاصل في الآثار أو نتيجة لانتهاء مدى الآثار التي تقع بالقرب من سطح الكاشف (يحصل عند الطاقات الواطئ)

أو بسبب حصول تشوهات بصرية تحد من رؤية الآثار وتميزها أو قد تحصل تغيرات فيزياوية في سطح الكاشف.

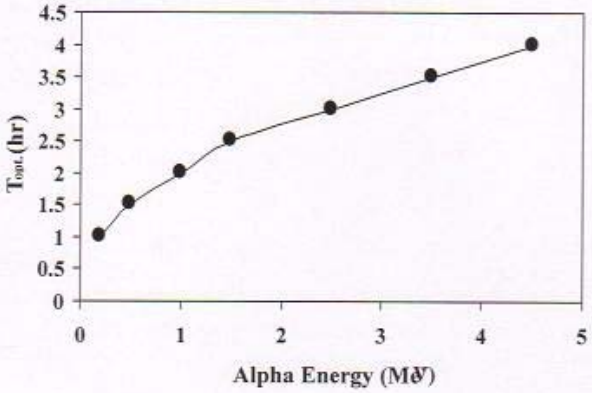
إن كثافة الآثار المتكونة في الكاشف لا تعتمد على الظروف القشطية فحسب بل تعتمد على فعالية المصدر المشع وزمن التعرض للكاشف له فضلا عن بعد الكاشف عن المصدر، وكما هو معروف أن معدل طاقة جسيمات ألفا المنبعثة من مصدر ^{241}Am المستخدم في هذه الدراسة هو 5.485MeV وعند نقصان طاقة الجسيمات عن هذه القيمة تقل عدد الجسيمات الواصلة للكاشف نتيجة للتوهين الحاصل للطاقة ونقصان الزاوية المجسمة المحصورة بين سطح الكاشف والمصدر المشع عند زيادة المسافة بينهما، وعلى هذا الأساس نجد أن كثافة الآثار للطاقة 0.2MeV تكون قليلة جدا مقارنة بكثافة الآثار للطاقات العالية.

وعليه يمكن اعتبار زمن القشط للوصول إلى القيمة القصوى لعدد الآثار الكلية قبل عملية اندماج أو اختفاء قسم منها عند كل طاقة مستخدمة زمن أمثل للقشط الذي يختلف من طاقة إلى أخرى وهذه النقطة تظهر جليا وواضحا من الشكل (8) والذي يمثل تغير زمن ظهور العدد الكلي للآثار (الزمن الأمثل T_{opt}.) طردياً مع طاقات جسيمات ألفا.

عند كل طاقة لجسيمات ألفا تفقد الجسيمات طاقتها خلال مسافة معينة داخل الكاشف وبالتالي فأنها تحتاج إلى زمن قشط معين ليتم الكشف عن جميع الآثار المتكونة في الكاشف فالطاقات الواطئة تفقد طاقتها عند بداية دخولها (قريبا من سطح الكاشف) لسطح الكاشف وبذلك فإنها تحتاج إلى زمن قشط قليل لإظهار جميع آثارها، في حين أن الطاقات العالية تفقد طاقتها العظمى عند مسافة كبيرة خلال الكاشف, وهذا يحتاج إلى زمن قشط اكبر مما هو عليه عند الطاقات الواطئة لإظهار جميع الآثار المتكونة في الكاشف قبل اندماج أو انتهاء مدى قسم من الآثار، وعليه فكلما ازدادت طاقة جسيمات ألفا ازداد زمن القشط لظهور جميع الآثار المتكونة في الكاشف والذي يدعى بزمن الأمثل للقشط. أن النتائج التي توصلنا أليها تتفق مع ما توصل أليه (AL-Nia'emi,1998) في زيادة زمن ظهور العدد الكلي للآثار مع طاقة جسيمات ألفا لكاشف الأثر CR-39.



شكل :7 يمثل العلاقة بين كثافة الآثار وزمن القشط ولطاقات مختلفة.



شكل 8: يمثل العلاقة بين الزمن الأمثل لظهور العدد الكلي للآثار مع طاقات جسيمات الفا.

الاستنتاج

1. وجد أن القيمة القصوى لأقطار الآثار المتكونة لكاشف نترات السيليلوز CN-85 عندما تكون طاقة الجسيمات الساقطة على الكاشف تقريباً 1.5MeV حيث يحدث اعظم امتصاص للطاقة الساقطة.
2. كما وجد أن أقطار آثار جسيمات ألفا الساقطة على سطح الكاشف تزداد بزيادة طاقة الجسيمات الساقطة إلى حد 1.5MeV ثم تقل بعد ذلك أقطار الآثار مع الاستمرار بزيادة طاقة جسيمات ألفا الساقطة ضمن المدى المستخدم.
3. لقد وجد أن اقل قيمة لطاقة جسيمات ألفا يمكن لكاشف الأثر CN-85 أن يتحسس بها هي بحدود 0.2MeV وهذه القيمة تمثل حد العتبة الدنيا E_{min} لهذا الكاشف، وان أقصى قيمة لطاقة جسيمات ألفا يمكن التحسس بها تساوي 4.5MeV والتي تمثل حد العتبة العليا E_{max} وبذلك لا يمكن لهذا الكاشف الحصول على أثار مقشوطة للجسيمات ذات طاقات تقع ضمن المدى $(0.2MeV > E_{\alpha} > 4.5MeV)$.
4. وجد أن مربع قطر الأثر يتناسب عكسياً مع طاقة جسيمة الفا الساقطة على مادة الكاشف وللطاقات E ? 1.5MeV.

المصادر العربية

الأحمد، خالد عبيد، 1993. مقدمة في الفيزياء الصحية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

محيميد، احمد خلف و حسن، هناء إحسان، 2000. دراسة قدرة إيقاف ومدى جسيمات الفا في اسيتات السليلوز (CA)، مجلة التربية والعلم، العدد 42.

المصادر الإنكليزية

Aharmim, B.; Sabir, A. and Marah, H., 2002. Intrinsic Efficiency of LR-115 in Alpha Particles Detection: Simulations and Experiments, Radiation Measurements,Vol.35, Issue: 4, pp. 307-313.

Al-Nia'emi,S.H.S.,1998.Effect of Electromagnetic Radiation on the Properties of Nuclear Track Detectors CR-39 and Building of the Electrochemical Etching System. PH.D. Thesis College of Science University of Mousl.

Chatry, C.; Serbat, A.; Laugier, J.; Gasiot, J. and Vanderschneren, J., 1990. Energy and Angle Response of CR-39 to Protons.In; proc.15th INT.CONNF. On Particle Tracks in Solid Hamburg, Germany.

Durrani, S.A. and Bull, R. K., 1987. Solid state Nuclear Track Detection. Pregman press, Oxford.

Mahemeed, K.; Ahmad and Rabih, L., 1999. A study of Alpha-Particles Stopping Power In many of Different Kinds of Polymers by Using the Surfa CE Barrier and Nuclear Track CR-39 Detectors, Education Sci., Vol. 38.

Mahesh, K. and Mustafa, S. M.,1976. Nuclear Radiation Detectors and Experiments, Mosul Uni., Press: Iraq.

Marocco, D. and Bochicchio, F., 2001. Experimental Determination of LR-115 Detector Efficiency for Exposure yo Alpha particles, Rad. Meas., Vol. 43, Issue: 1-6 , pp. 509-512.

Sadowski, M.; Baramowski, J.; Skladnik- Sadawski, E.; Szydlowski, A.; Kelly, H. and Marguez, A.,1997. Studies of Response of CN-85 Track Detectors to N^{+},N^{++} and N^{+++} Ions with in Energy Range 0.2-3Mev,Research and Application of Plasmas 79. Research and Appliction of Plasma.Vol. 1, pp. 437-440.

Selman, T.A. and Kassim, S. J., 1995. Determination of the Mean Effective Thickness of Radiators in Contact with CN-85 Solid state Nuclear Track Detector, Basrah J. Science, Vol. 13 , No. 1, pp. 11-18.

Skladnik-Sadowska, E.; Baranowski,j.; Moroso, R.; Pouzo, J. and Zebrowski, J., 2001, Spatial Structure and Energy Spectrum of Ion Beams Studied with Detectors within Asmall PF Device , Radiation . Meas., Vol: 43, Issue : 1-6 , pp. 315-318 .

Yadov, J., Singh, V.P., Gomber,K.L. and Sharma, A.P.,1980, Enviromental Effect on Fission Fragment Tracks in Soda Glass Nuclear Track Detectors. In: Proce. 10^{th} int. Conf. Solid state Nuclear Track Detectors,Lyon, and Supp l.2, Nucl. Track, pergamon, Oxford. 199.