

# قياس المقطع العرضي النيوتروني لبعض تفاعلات (n,p) باستخدام المولد النيوتروني و المصدر النيوتروني $^{241}\text{Am}/\text{Be}$

سعد صالح داود، عدنان حافظ مريبط  
وزارة العلوم والتكنولوجيا  
العراق - بغداد

محمود أحمد عليوي  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة تكريت-كلية العلوم  
العراق - صلاح الدين

شاكر محمود الجبوري  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
كلية مدينة العلم الجامعة /  
العراق - بغداد

## الخلاصة

تم قياس متوسط المقاطع العرضية للتفاعلات:  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ,  $^{24}\text{Mg}(n,p)^{24}\text{Na}$ ,  $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}(n,p)^{28}\text{Al}$ ,  $^{52}\text{Cr}(n,p)^{52}\text{V}$ ,  $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$  المقاطع العرضية لتلك التفاعلات باتباع أسلوب التحليل العددي لطيف المصدر النيوتروني  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$  بالاعتماد على الشدة النسبية للمصدر كونها دالة لطاقة النيوترون، وكذلك على قيم المقاطع العرضية المناضرة لتلك الطاقة المأخوذة من منحنيات المقاطع العرضية إضافة الى استخدام المولد النيوتروني.

استخدمت في الدراسة عناصر ومواد كيميائية على هيئة مساحيق ورقائق، تم كبسها على هيئة أقراص قطر كل منها 1.6cm واستخدم كاشف أيوديد الصوديوم البثري حجم 3×3 انج في الكشف عن اشعة كما المنبعثة من عملية التنشيط وسجلت نبضات الكاشف باستخدام محلل متعدد القنوات MCA. تم قياس متوسط المقطع العرضي للتفاعلات سالفة الذكر نسبة الى تفاعل  $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$  للنواتج ذات الاعمار النصفية القصيرة ونسبة للتفاعل  $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$  للنواتج ذات الاعمار النصفية الأطول.

أخذ في الحساب تصحيح الامتصاص الذاتي لأشعة كما وقد تم حسابه عن طريق برنامج DSAC.

# AVERAGE NEUTRON CROSS- SECTION MEASUREMENT FOR SOME (n,p) REACTIONS USING NEUTRON GENERATOR AND $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ NEUTRON SOURCE

S. M. Al-jobori  
Min. of Higher Education &  
Scientific Research  
Madenat Al-elem University College\  
Baghdad, Iraq

M. Ahmed Ulaiwi  
Min. of Higher Education  
& Scientific Research\  
Tekrit College. Salaheldin Iraq.

Saad Saleh Dawod, A.H.Murbat  
Ministry of Sciences &  
Technologies,  
Baghdad, Iraq.

## Abstract

The (n,p) reaction cross-section was measured for the reactions  $^{27}\text{Al} (n,p)^{27}\text{Mg}$ ,  $^{24}\text{Mg}(n,p)^{24}\text{Na}$ ,  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ,  $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$ ,  $^{52}\text{Cr}(n,p)^{52}\text{V}$  and  $^{28}\text{Si}(n,p)^{28}\text{Al}$  using the  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$  neutron generator as a neutron source. Also the average neutron cross-section has been determined for the above reactions.

High purity powder materials and foils were used in this study as pellets of 1.6 mm diameters. The neutron activation technique has been used for irradiation and measurement.

Well type 3"×3" Sodium Iodide Scintillation Detector has been used for Gamma radiation detection with MCA.

The average (n,p) reaction cross-section has been determined relative to the reaction  $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$  for short half life products. While the cross-section of the  $^{27}\text{Al} (n,\alpha)^{24}\text{Na}$  reaction was used as a relative standard for medium and long half-life products.

The Gamma absorption has been taken into account using DSAC computer program.

**المقدمة:**

تعد تقنية التحليل بالتنشيط النيوتروني (NAA) Neutron Activation Analysis إحدى طرق التحليل النوعي والكمي للعناصر. يمثل المصدر النيوتروني  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$  احد المصادر النظائرية الخاضعة لتفاعل  $(n,\alpha)$  ويستخدم هذا النوع من المصادر في تقنية التحليل بالتنشيط النيوتروني لمجال واسع من التطبيقات، وتشكل النيوترونات المنبعثة منه طيف طاقة، حيث يتراوح مدى طاقة النيوترونات السريعة لمصدر الأمريسيوم \_ بريليوم ضمن حدود  $(2.6 - 10.2) \text{ MeV}$  (1). تظهر أهمية دراسة تفاعل  $(n,p)$  للعناصر المدروسة في استخدامها كأعلام نووية في منظومة المفاعلات. حيث يستخدم الحديد  $\text{Fe}$  وسبيكة الفولاذ في منظومة التبريد للمفاعل (2)، وسبيكة النيكل في المبادلات الحرارية للمفاعلات. كما ان دراسة التفاعلات المستحثة بالنيوترون للعناصر  $\text{Ni}$  و  $\text{Cr}$ ,  $\text{Fe}$  هامة للتطبيقات العملية في المفاعل الاندماجي (1). أما تفاعل  $^{28}\text{Si}$   $(n,p)^{28}\text{Al}$  فهو من أنجح التفاعلات وأكثرها حساسية في تحديد نسبة السيليكون في العينات وكذلك يعتبر من الشوائب في تصنيع الدروع البايولوجية للمفاعلات (3).

**الجانب العملي:****تحضير العينات والتشعيع والقياس:**

استخدم في تحضير العينات مساحيق لعناصر و مساحيق لمركبات كيميائية عالية النقاوة (99.99 %)، حيث تم كيسها عند  $10 \text{ ton/cm}^2$  على هيئة رقائق قطر كل منها  $1.6 \text{ cm}$  وبمختلف الاسماك. شععت العينات باستخدام المولد النيوتروني والمصدر النيوتروني  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$  نتاجه الكلي  $(4 \times 10^7 \text{ n/sec (yield)})$  وكانت في صورة ملاصقة للمصدر. ولعزل تأثيرات النيوترونات المستطارة من محيط المصدر تم وضع المصدر النيوتروني على بعد  $3 \text{ m}$  من الجدران في جميع الاتجاهات، كما تم عزل النيوترونات الحرارية المنبعثة من المصدر النيوتروني عن طريق وضع العينات داخل كبسولة من الكادميوم سمك جدرانها  $0.5 \text{ cm}$ ، وكانت فترات التشعيع متفاوتة بحيث لا تقل عن خمسة أضعاف عمر النصف للنويدات الناتجة عن التفاعل. تم قياس النشاط الإشعاعي للنويدات المتكونة باستخدام كاشف ايودييد الصوديوم البصري المطعم بالثاليوم  $3'' \times 3'' \text{ NaI (T1) well-type}$  حيث سجل طيف كما باستخدام محلل متعدد القنوات  $\text{MCA}$ .

**الحسابات:**

تم قياس متوسط المقاطع العرضية للتفاعلات باستخدام تقنية قياس اشعة كما المتأخرة الناتجة من انحلال النويدات الناتجة من التفاعل باستخدام معادلة التنشيط الآتية (4):

$$D = \frac{m_j f N_A}{M \lambda_j} I_\gamma \varepsilon \phi_n \sigma K (1 - e^{-\lambda_i t_i}) (1 - e^{-\lambda_c t_c}) e^{-\lambda_d t_d} \quad (1)$$

حيث ان  $m_j$  تمثل كتلة العنصر و  $f$  نسبة النظير في العنصر و  $M$  الوزن الذري و  $\lambda_j$  ثابت الانحلال disintegration constant للنويده الناتجة من التفاعل، و  $N_A$  عدد افوكارو و  $I_\gamma$  الشدة النسبية لأشعة كما و  $\varepsilon$  كفاءة الكشف و  $\phi_n$  الفيض النيوتروني للمصدر و  $\sigma$  المقطع العرضي للتفاعل و  $(1 - e^{-\lambda_i t_i})$  حد تصحيح مدة التشعيع و  $(1 - e^{-\lambda_c t_c})$  حد تصحيح مدة القياس و  $e^{-\lambda_d t_d}$  حد تصحيح فترة الانتظار. وقد اضيف حد التصحيح  $\kappa$  الذي يمثل معامل الامتصاص الذاتي لأشعة كما عن طريق العينات نفسها وتم حسابه عن طريق برنامج DSAC (5) المكتوب بلغة الفورتران. اعتمدت هذه الدراسة على الطريقة النسبية في قياس المقاطع العرضية استنادا للمعادلة:

$$\sigma_i = (D_i \alpha_r \beta_r \kappa_r / D_r \alpha_i \beta_i \kappa_i) \sigma_r \quad (2)$$

$$\beta = (1 - e^{-\lambda_i t_i}) (1 - e^{-\lambda_c t_c}) e^{-\lambda_d t_d} \quad \text{و} \quad \alpha = I_\gamma \varepsilon \frac{m_j f N_A}{M_j \lambda}$$

ويرمز  $i$  للمقاس، و  $r$  للمرجع.

استخدم التفاعل  $^{27}\text{Al} (n,p)^{27}\text{Mg}$  مرجعا لنواتج النويدات ذات العمر النصفى القصير، والتفاعل  $^{27}\text{Al} (n,\alpha)^{24}\text{Na}$  لذات العمر المتوسط والطويل.

ولحساب متوسط المقاطع العرضية استخدم أسلوب التحليل العددي الطيفي لمنحنيات الشدة النسبية لطيف النيوترونات المميزة للمصدر النيوتروني امريشيوم- بريليوم  $^{241}\text{Am}\backslash\text{Be}$  المنشورة في المصدرين (1) و (2)، اخذت قيم المقاطع العرضية المناظرة لطاقت النيوترون من المنحنيات التي تصف العلاقة بين طاقة النيوترون والمقطع العرضي المناظر لها لكل تفاعل من البحث المنشور من قبل Victoria et.al. (1988) (7). لغرض ايجاد متوسط المقطع العرضي حسابيا طبقت المعادلة التقريبية التالية:

$$\sigma_{Ave} = \frac{\sum_{j=1}^n \sigma_j N_j}{\sum_{j=1}^n N_j} \quad (3)$$

حيث ان  $\sigma_j$  المقطع العرضي للنيوترون و  $N_j$  الشدة النسبية له.

ولإجراء الحسابات فقد استخدم برنامج ANCSC بلغة الفورتران(6) المبني لهذا الغرض. يشير الجدول (1) الى القيم العددية التي تم الحصول عليها بالطريقة العددية للتحليل الطيفي ازاء كل تفاعل ومعدلها.

### النتائج والمناقشة:

تم اعتماد قيمة المقطع العرضي لتفاعل  $^{27}\text{Al} (n,p)^{27}\text{Mg}$  مساوية لمقدار  $20 \pm 4$  ملي بارن ليكون مرجعا للتفاعلات المدروسة، وهي مساوية للقيمة المقاسة من قبل الباحث Rppo (8)، ومتوافقة مع متوسط القيم المحسوبة في هذه الدراسة حيث كانت  $20.78$  ملي بارن، أما التفاعل  $^{27}\text{Al} (n,\alpha)^{24}\text{Na}$  فقد قيس متوسط المقطع العرضي له عند الخط الكامي  $1368.83$  KeV نسبة للتفاعل  $^{27}\text{Al} (n,p)^{27}\text{Mg}$  عند الخط الكامي  $1014.44$  KeV لنفس العينة وكانت القيمة مساوية الى  $0.72 \pm 0.29$  ملي بارن.

قيس متوسط المقطع العرضي لتفاعل  $^{27}\text{Mg} (n,p)^{24}\text{Na}$  عند الخط الكامي  $1368.633$  KeV نسبة الى التفاعل  $^{27}\text{Al} (n,\alpha)^{24}\text{Na}$  عند نفس الخط الكامي وكانت القيمة مساوية  $10.62 \pm 0.13$  ملي بارن والتي كانت اعلى من متوسط القيمة المحسوبة  $8.11$  ملي بارن. أما التفاعل  $^{28}\text{Si}(n,p)^{28}\text{Al}$  فقد كان متوسط القيمة المقاسة  $75.62 \pm 9.56$  ملي بارن وهي مطابقة للقيمة المحسوبة من قبل الباحث Rppo، وللتفاعل  $^{52}\text{Cr} (n,p)^{52}\text{V}$  والتفاعل  $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$  فقد كانتا  $8.74 \pm 0.66$  و  $9.84 \pm 1.22$  ملي بارن وهما أصغر من القيم المحسوبة في هذه الدراسة وبحدود من  $10-25\%$ . وأخيرا التفاعل  $^{58}\text{Ni} (n,p)^{58}\text{Co}$  فقد كانت القيمة المقاسة  $145 \pm 5.06$  ملي بارن أكبر بكثير من المحسوبة والمساوية للمقدار  $130.26$  ملي بارن.

يشير الجدول (2) الى بعض خصائص التفاعلات المدروسة وقيم متوسط المقاطع العرضية المحسوبة والمقاسة للتفاعلات المرجعية لها.

الاشكال الطيفية (1)، (2)، (3)، (4)، (5)، (6) تمثل نماذج من أطيف أشعة كاما الناتجة من تشيع العينات المختبرية  $\text{MgO}$ ،  $\text{SiO}$ ،  $\text{CrO}$ ،  $\text{NiCl}$  على الترتيب وصفائح من المادة النقية للحديد  $\text{Fe}$  والالمنيوم  $\text{Al}$  باستخدام المصدر النيوتروني امريشيوم - بريليوم لفترات تشيع مختلفة لا تقل عن خمسة أضعاف عمر النصف لكل ناتج من نواتج التفاعل.

### المصادر:

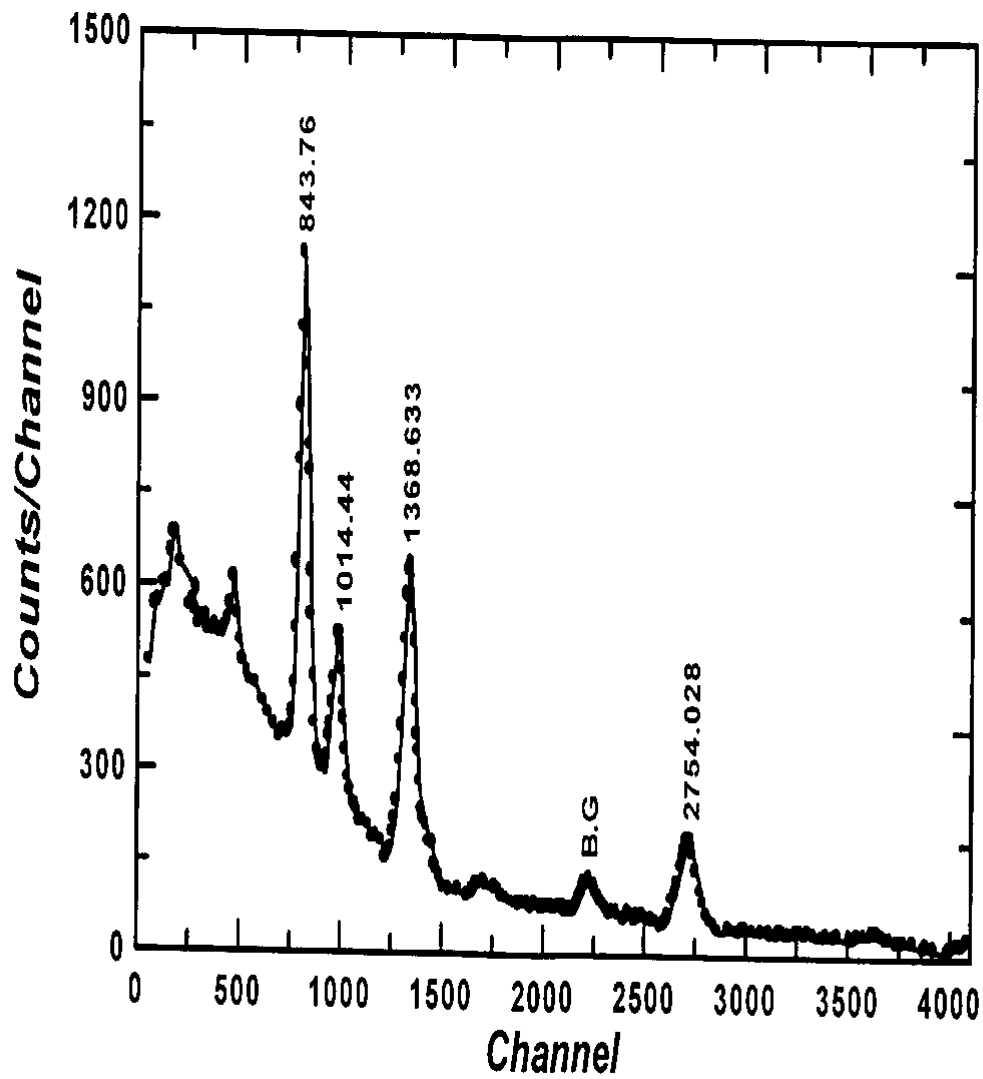
1. IAEA, "Radiological Characterization of Shut Nuclear Reactors for Decommissioning Purposs", Technical Reports No.389, IAEA, Vienna, 1988.
2. Pavlik, A., H. Hitzenberger-Schauer, H. Vonach M.B. Chadwick, R.C. Haight, R.O. Nelson, P.G. Young, Phys. Rev. C57, No 5(1988) 2416.
3. Cserpak, F., S. Sudar, J. Csikai, and S. M Qaim, Phys. Rev. C 49, No3(1994) 1525.
4. Ali, M. A.; 2<sup>nd</sup> Conference on Nuclear and Particle Physics, 13-17 Nov.1999, Cairo, Egept.
5. Abdulla A. Al-Shamy, Ph.D thesis, University of Baghdad, College of Education, Sept. 2001.
6. De Guarrini. F. & Malaroda. R, Nucl. Instr. And Meth., 92(1971) 277.
7. Victoria McLane, C. L. Dunford and P. F. Rose, "Neutron Cross Section Curves", Volume 2, Academic Press Inc.,1988.
8. Rppo, R., Nucl. Ins. and Methods, 159(1979) 449-453.

Reaction	This Work			Ref. 8.
	$\sigma_{av1}$ (mb)	$\sigma_{av2}$ (mb)	$\sigma_{av}^{mean1}$ (mb)	$\sigma_{av}^{mean2}$ (mb)
$^{24}\text{Mg} (n,p)^{24}\text{Na}$	7.72	8.50	8.11	-
$^{27}\text{Al} (n,p)^{27}\text{Mg}$	20.59	20.97	20.78	29
$^{28}\text{Si} (n,p)^{28}\text{Al}$	69.31	78.28	73.80	75
$^{52}\text{Cr} (n,p)^{52}\text{V}$	10.10	10.17	10.13	13
$^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$	12.75	13.47	13.11	9.6
$^{58}\text{Ni} (n,p)^{58}\text{Co}$	127.13	133.39	130.26	-

جدول (1) معدل متوسط المقاطع العرضية المحسوبة باستخدام برنامج ANCSC مقارنة مع نتائج اخرى

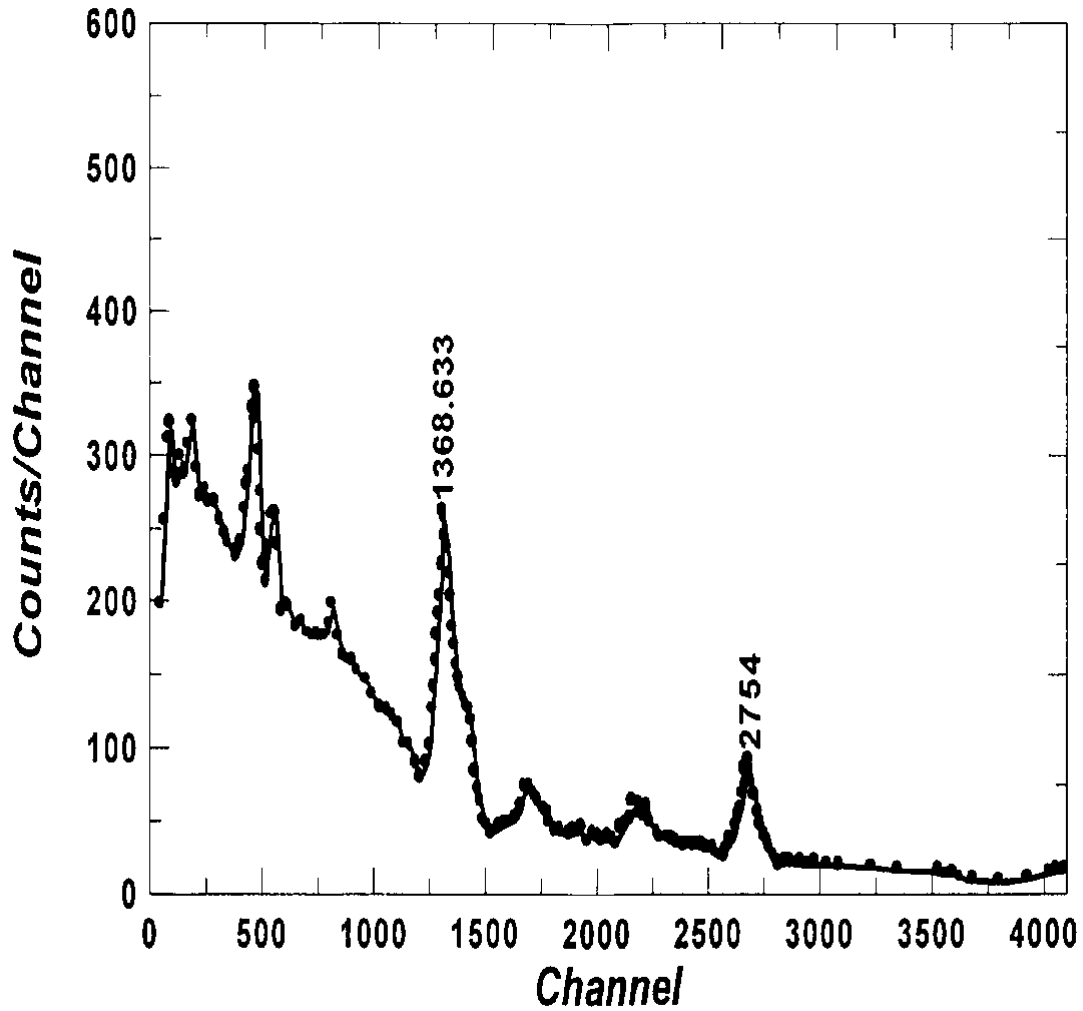
جدول (2) متوسط المقطع العرضي (محسوب ومقاس)  $n,p$  باستخدام المصدر النيوتروني  $^{241}\text{Am}|Be$ 

Reaction	$T_{1/2}$	$E_{\gamma}$ KeV	$I_{\gamma}$ %	Calculated Cross - Section		Measured Cross - Section		Reference Cross - Section		
				This work	Ref. [7, 8]	This work	Ref. [7, 8]	Reaction	$E_{\gamma}$ KeV	$I_{\gamma}$ %
$^{24}\text{Mg} (n,p)^{24}\text{Na}$	14.3959 h	1368.63 3	100	8.11	-	10.62±0.1	-	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$	1368.633	100
$^{27}\text{Al} (n,p)^{27}\text{Mg}$	9.462 min.	843.76 1014.44	71 28	20.78	25	-	20±4	-	-	-
$^{28}\text{Si} (n,p)^{28}\text{Al}$	2.2414 min	1778.85	100	73.80	75	75.62±9.5	128±30	$^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$	1014.44	28
$^{52}\text{Cr} (n,p)^{52}\text{V}$	3.75 min	1434	100	10.13	13	8.74±0.66	7±2	$^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$	1014.44	28
$^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$	2.579 h	846.754	27.19	13.11	9.69	9.84±1.22	14±4	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$	1368.633	100
$^{58}\text{Ni} (n,p)^{58}\text{Co}$	70.86 d	810.775	84.63	130.26	-	145.3±5.0	-	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$	1368.633	100

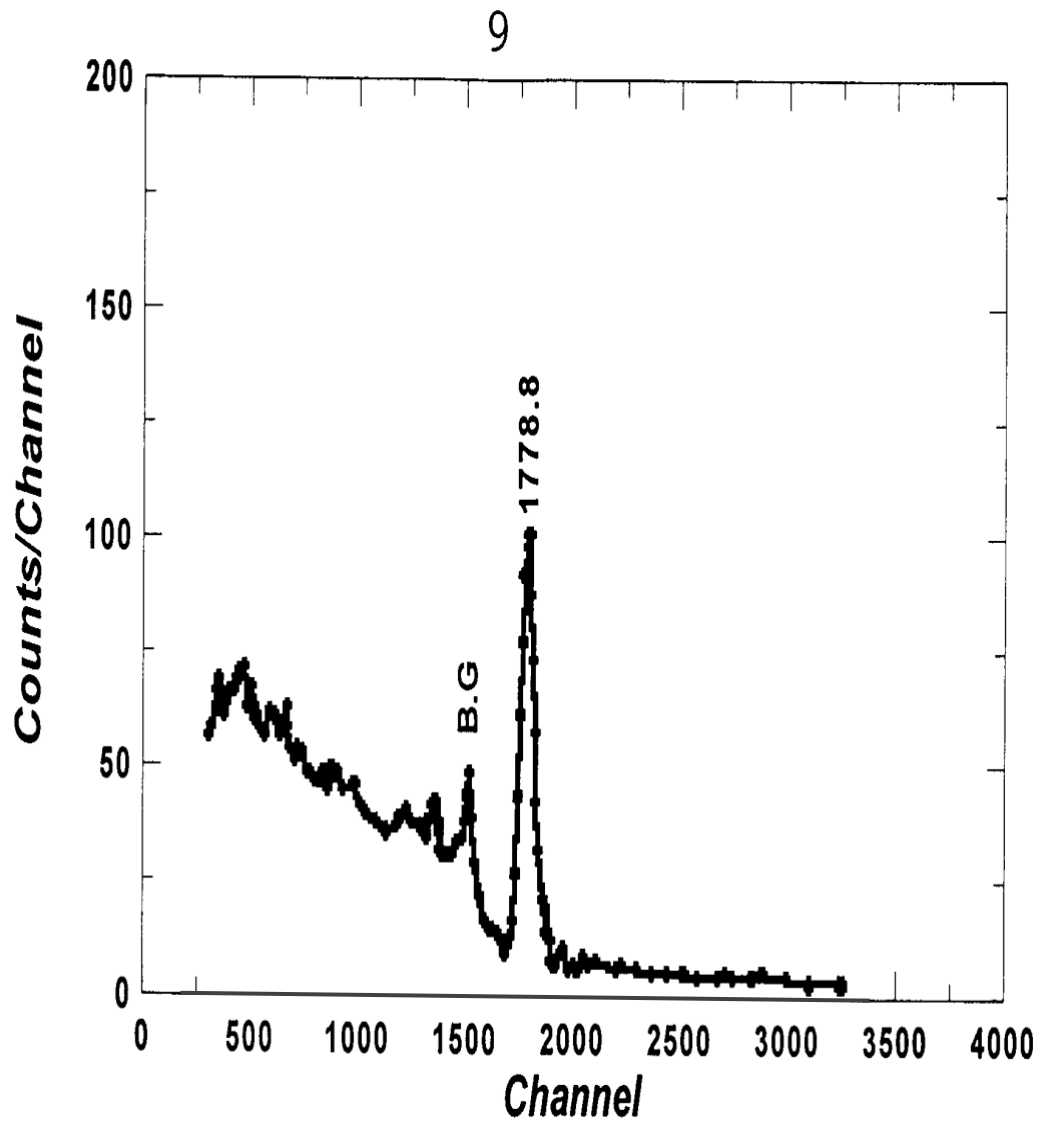


شكل (1): طيف أشعة كاما الناتج من التفاعل  $^{27}\text{Al} (n,p)^{27}\text{Mg}$  والتفاعل  $^{24}\text{Mg}(n,p)^{24}\text{Na}$  زمن التجميع لمدة ساعة

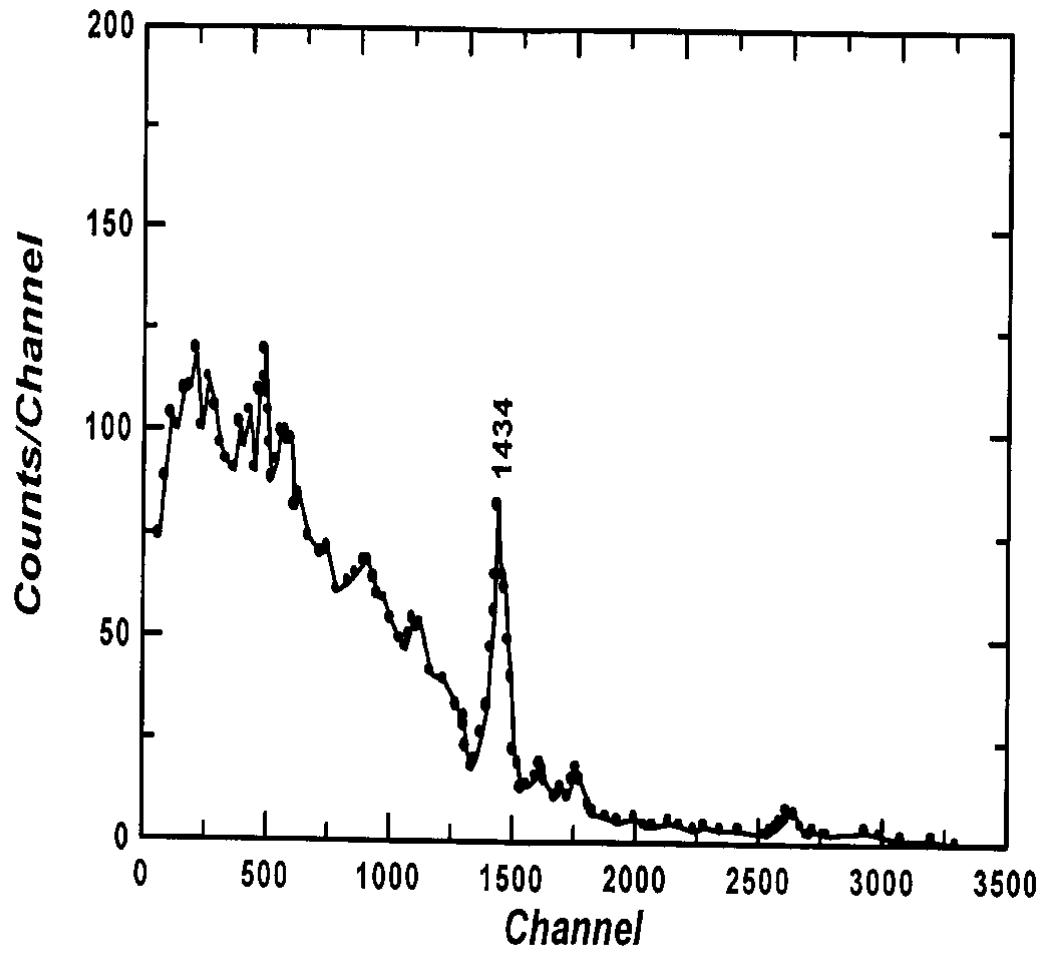




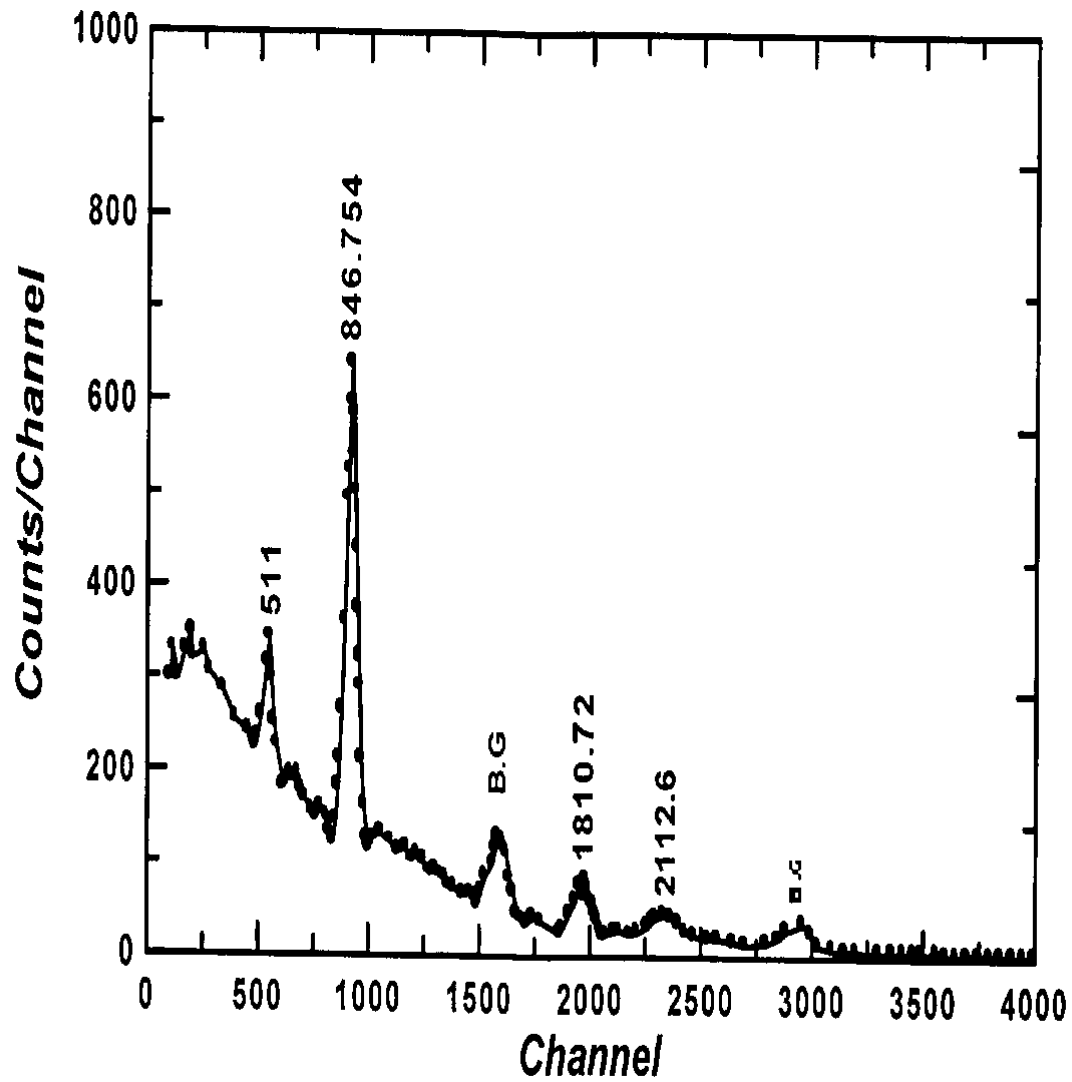
شكل (2) طيف أشعة كاما الناتج من التفاعل  $^{24}\text{Mg} (n,p)^{24}\text{Na}$  زمن التجميع لمدة ساعة.



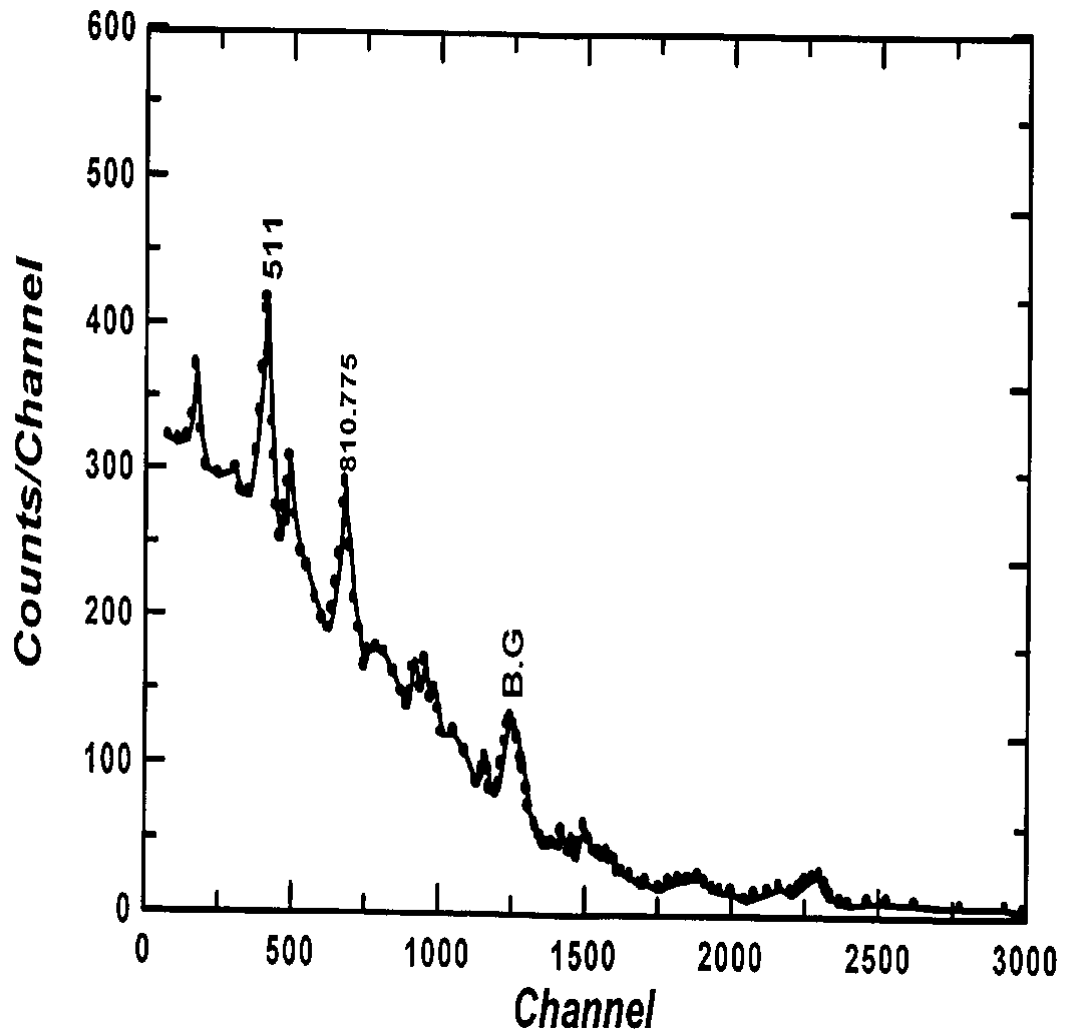
شكل (3) طيف أشعة كاما الناتج من التفاعل  $^{28}\text{Si}(n,p)^{28}\text{Al}$  زمن التجميع لمدة عشر دقائق.



شكل (4) طيف أشعة كاما الناتج من التفاعل  $^{52}\text{Cr} (n,p)^{52}\text{V}$  زمن التجميع لمدة نصف ساعة.



شكل (5) : طيف أشعة كاما الناتج من التفاعل  $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$  والتفاعل  $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Fe}$  زمن التجميع لمدة ساعة.



شكل (6) طيف أشعة كاما الناتج من التفاعل  $^{58}\text{Ni} (n,p)^{58}\text{Co}$  زمن التجميع لمدة ساعة.