دراسة سلوك نسبة عرض الانشطار الى العرض الكلي للمواد الانشطارية عند طاقة النيوترونات الاحادية $(2.4MeV)$

هادي دويج زرزور العتابي* عباس فاضل المعموري*

هاشم علي يسر*

تاريخ قبول النشر 2008/4/23

الخلاصـــــة

تهدف هذه الدراسة الى معرفة سلوك نسبة عرض الانشطار (Γ_f) الى العرض الكلـــي (Γ_t) للنـــواة المركبة لبعض المواد الانشطارية عند قصفها بالنيوترونات الاحادية الطاقة $(2.4MeV)$ كدالة لنصف القطر النووي ولمدى يتراوح بين $(1-10)\times10^{-3}cm$ واستنتاج المعادلات الرياضية التي يمكن خلالها دراسة هـــذا السلوك.كذلك استنتجت العلاقات التجريبية بالاستعانة بطريقة (Fitting Method) التي من خلالهـــا يمكـــن التنبؤ او معرفة نسبة عرض الانشطار الى العرض الكلي عند طاقـــة النيوترونـــات الاحاديـــة $(2.4MeV)$ وللنوى الانشطارية لذرة اليورانيوم $(U-238)$ وذرة الثوريوم $(Th-232)$.

المقدمة:

إن اكتشاف تفاعل الانشطار كان مـــن قبـــل (Hahn and strassman) عـــام(1939)[1] لنوى اليورانيوم (^{238}U) والثوريوم (^{232}Th) عند قصفها بالنيوترونات الحراريـــة أو النيوترونـــات السريعة للحصول على شظايا انشطار وهي على سبيل المثال عبارة عن نوى $(^{143}_{55}Cs,^{90}_{37}Rb)$ ذات إعداد كتلية واقعة في منتصف الجـــدول الـــدوري للعناصر بالاضافة الى انتـــاج $(2.5neutrons)$ لكل انشطار بعد فترة زمنية مقـــدارها $(10^{-15}s)$ من عمليات الانشطار[2], وهذا الاكتشـــاف ادى الى فتح مجال جديد للبحث والاكتشاف فـــي تلـــك الفترة بالاستعانة للدراسة التي أجريت على غرفة التأين بعد قصفها بواســـطة نيوترونـــات احاديـــة الطاقـــة $(2.4MeV)$ الناتجـــة مـــن تعجيـــل الديوترونات بواســـطة جهـــد مقـــدارة $(356kV)$ بواسطة المولد النيوتروني مـــن خـــلال التفاعـــل $d(d,n)^3_2He$, كمـــا يمكـــن الحصـــول علـــى نيوترونات أحادية الطاقة من تفاعلات اي جسمين (tow-body reactions) بطاقة تتـــراوح بـــين $(0.1keV-500MeV)$ وكمثـــال علـــى هـــذة التفـــــاعلات كـــــالاتي [3]: .

$$^3H(p,n)^3He,^6Li(p,n)^6Be,^7Li(p,n)^7Be,.....,^{13}C(d,n)^{14}N,.....,^{32}S(d,n)^{33}Cl$$

أن المقطع العرضي الفعال لعمليـــة الانشـــطار يمكن التعبير عنه بالمعادلة الاتية [1] .

$$\sigma=\frac{4\pi nd^2}{aN}.....(1)$$

حيث:

n = الانشطار لكل مايكروكولوم

d = المسافة من الهدف إلى المصـــدر الباعـــث للنيوترونات بوحدة (سم)

a = عدد الـــذرات فـــي الصـــفيحة المعرضـــة للنيوترونات

* جامعة واسط – كلية العلوم – قسم الفيزياء

النيوترونات لكل مايكروكولوم لجزئية الديوترون عند جهد مقدارة $(356kV)$ =N

باستخدام المعادلة أعلاه وجد إن المقطع العرضي للانشطار لنظير اليورانيوم – 238 هو $(\sigma = 0.5barn)$ والمقطع العرضي للانشطار لنظير الثوريوم – 232 يساوي $(\sigma = 0.1barn)$. كما ان المقطع العرضي للانشطار يمكن التعبير عنه بالعلاقة النظرية التالية [4,5]:

$$\sigma_f = \pi R^2 \Gamma_f / \Gamma_t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث:

نصف قطر النواة $R \cong 9 \times 10^{-13}$ cm

عرض الانشطار بوحدة (الجول) =(Γ_f)

العرض الكلي للنواة المركبة بوحدة =(Γ_t) (الجول)

الحسابات والنتائج :

بالاستفادة من المعلومات التي تم الحصول عليها من المختبرات العالمية التي تستخدم غرفة التاين والتي يتم تشعيعها بالنيوترونات الاحادية الطاقة $(2.4MeV)$ عند تعجيل الديوترونات بجهد مقدار $(356kV)$ في المولد النيوتروني [1] ومن خلال تلك الدراسة لوحظ ان المقطع العرضي للانشطار لنظير اليورانيوم -238 يساوي (0.5 barn) وكذلك المقطع العرضي للانشطار لنظير الثوريوم –232 يساوي (0.1 barn) وبلاستعانة من قيم المقطع العرضي للانشطار التي تم الحصول عليها من المعادلتين (1)و(2) تم التوصل إلى الاستنتاج الرياضي المتمثل بالعلاقات (3) , (4) والتي تمثل نسبة عرض الانشطار إلى العرض الكلي لكل من نظير اليورانيوم ونظير الثوريوم على التوالي وكالاتي:

$$\left(\Gamma_f / \Gamma_t\right)_U = \frac{0.5\times10^{-24}\left(cm^2\right)}{\pi R^2\left(cm^2\right)} \ldots\ldots(3)$$

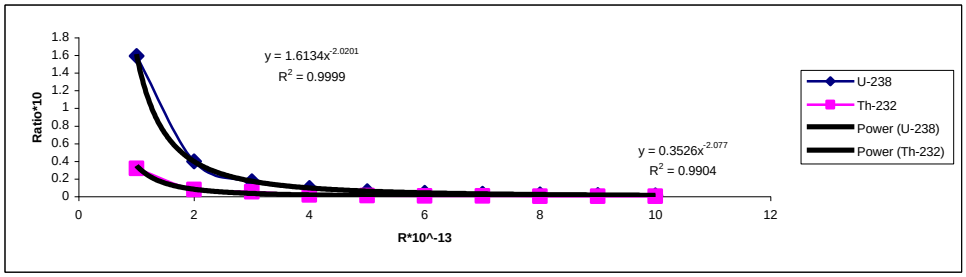
$$\left(\frac{\Gamma_f}{\Gamma_t}\right)_{Th} = \frac{0.1\times10^{-24}\left(cm^2\right)}{\pi R^2\left(cm^2\right)} \ldots\ldots\ldots(4)$$

وباخذ قيم متعددة ومتغيرة لنصف قطر النواة الذي يرمز له (R) وبمدى $(1-10)\times10^{-13}cm$ يمكن حساب نسبة عرض الانشطار (Γ_f) الى العرض الكلي للنواة المركبة (Γ_t) وبالاستعانة بالمعادلات (3) , (4) والتي يمكن توضيحها في الجدول رقم (1) لنظير اليورانيوم (^{238}U) ونظير الثوريوم (^{232}Th) .

جدول (1): يمثل نسبة عرض الانشطار (Γ_f) إلى العرض الكلي كدالة لنصف قطر النواة لنظير اليورانيوم (^{238}U) ونظير الثوريوم (^{232}Th).

$R\times10^{-13}cm$	$\left(\Gamma_f/\Gamma_t\right)_U$	$\left(\Gamma_f/\Gamma_t\right)_{Th}$
1	**15.92**	**3.18**
2	**3.98**	**0.79**
3	**1.76**	**0.53**
4	**0.99**	**0.19**
5	**0.63**	**0.12**
6	**0.44**	**0.08**
7	**0.32**	**0.06**
8	**0.24**	**0.04**
9	**0.19**	**0.039**
10	**0.15**	**0.031**

وبالاستعانة من النتائج التي حصلنا عليها من الجدول (1) يمكن اجراء الرسم البياني الذي يعطي نسبة عرض الانشطار الى العرض الكلي للنيوترونات الاحادية $(2.4MeV)$ وللنوى الانشطارية المختلفة $(^{238}U, ^{232}Th)$ والموضحة في الشكل(1).



الشكل(1): يبين عرض الانشطار الى العرض الكلي كدالة لنصف قطر النواة للنوى الانشطارية المختلفة باستخدام معادلة الملائمة(fitting equation).

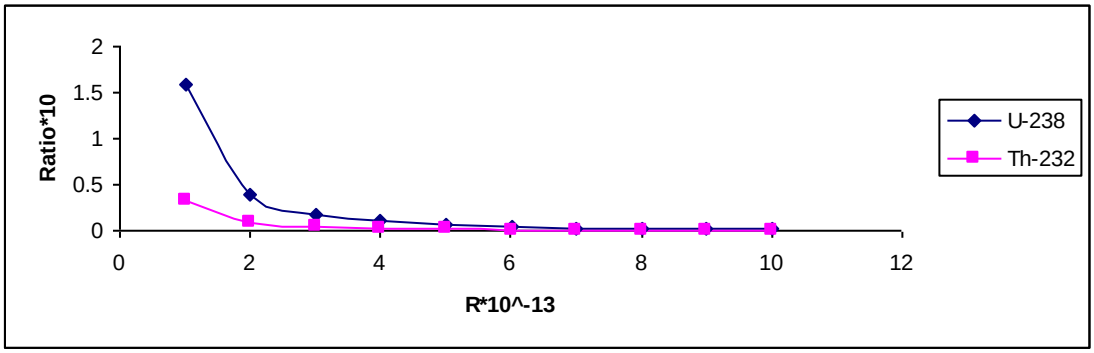
لقد تم استنتاج المعادلات التجريبية بطريقة الملائمة (fitting equation) وللنوى الانشطارية المختلفة وبالاستعانة من الشكل (1) والموضحة في ادناة:

$$\left(\Gamma_f/\Gamma_t\right)_U = 1.6134\,R^{-2.0201} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

$$\left(\Gamma_f/\Gamma_t\right)_{Th} = 0.3526R^{-2.077} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

المناقشة :

أن تجارب الاستطارة اظهرت ان نصف قطر النواة الذي تظهر عنده التاثيرات النووية كما وتعتبر النواة عبارة عن كرة تحتوي على (A) من النيوكليونات وفي هذه الحالة سيكون حجم النواة متناسباً مع (A) ونصف قطر النواة متناسباً مع $\left(A^{1/3}\right)$ إن هذا النموذج البسيط هو صحيح في بعض الاوجه الا انه مغالي في التبسيط حيث اظهرت التجارب الاكثر دقة لاستطارة الالكترونات من قبل (Hofstadter etal . 1953) ، ان كثافة المادة النووية لا تظهر انقطاعا حادا عند نصف القطر النووي عند رسمها في المستوى (xy) [6] كما ان في حسابات عزم رباعي القطب الكهربائي (Eelectric Quadrupole moment) تعتبر النواة بيضوية دورانية متجانسة الشحنة ويعتمد هذا العزم على نصف القطر والعدد الذري للنواة, هذا يعني للاسباب اعلاه فان دراستنا اخذت مدى نصف القطر النووي يتراوح $(1-10)\times10^{-13}cm$ لملاحظة سلوك نسبة عرض الانشطار (Γ_f) الى العرض الكلي (Γ_t) اخذين بنظر الاعتبار ان قيمة (R) عند تطبيقها على نظير اليورانيوم $(U-238)$ تساوي $\left(R=9\,fermi=9\times10^{-13}cm\right)$ [7]. وعند ملاحظة الشكل البياني رقم(2) المبين في ادناة:



الشكل البياني (2): يبين نسبة عرض الانشطار الى العرض الكلي للنواة المركبة كدالة لنصف القطر النووي لنظير اليورانيوم -238 ونظير الثوريوم -232 .

نلاحظ ان نسبة عرض الانشطار الى العرض الكلي للنواة المركبة يتناقص مع زيادة نصف القطر النووي لكل من اليورانيوم والثوريوم على التوالي ، هذا يعني ان عمليات الانشطار للنواة ستتناقص أيضا والسبب في ذلك فان زيادة نصف قطر النواة يؤدي إلى زيادة فضاء المستوي (level spacing) والذي يتناسب عكسياً بدوره مع المقطع العرضي للأنشطار (σ_f). ومن ملاحظة الشكل (1) وجود توافق وتطابق كبير بين المنحني الذي رسم بالاستعانة بالمعادلة (3) لذرة اليورانيوم $(U-238)$ والمعادلة التجريبية الناتجة من طريقة الملائمة من خلال القيمة التربيعية والتي تسمى R-square value حيث كانت $R^2 = 0.9999$ وكلما كانت قيمة (R^2) مساوية الى الواحد يعيني تطابق تام بين المنحنيات وبذلك فان قيمة (R^2) تعطي دليلا على ان المعادلات التجريبية يمكن الاستفادة منها وبشكل دقيق عند اجراء الحسابات لكونها تعطي قيم تخمينية قريبة جدا من القيم الحقيقية, وكذلك فان القيمة التربيعية التي تم استنتاجها لذرة الثوريوم $(Th-232)$ تساوي $R^2 = 9904$ وهذا يعني ان القيم التخمينية الى نسبة عرض الانشطار الكلي $\left(\Gamma_f / \Gamma_t\right) = Ratio$ قريبة من القيم الحقيقية.

References:

1. BOHR, N. 1939.Nuclear Fission Reaction. physical Review . 56 : 426.
2. Carpenter, J.M. 2004 .Neutron Production Moderation, and Characterization of Sources .Academic Press, Inc, United State of America, pp.22.
3. Drosg, M. 1998. Institute of Experimental physics. University of Vienna, Austria,pp.43.
4. LADENBURG, R., KANNER, M.H., BARSCHALL, H., VANVOORHIS, C.C., 1939. Neutron Fission Cross Sections. physical Review . 56 : 168 .
5. ERIC LYNN, J., HAYES, A . C . 2004 ar Xiv :
6. nucl – th / 0209037 V1.
7. Mayier, H. , 1982. principle of nuclear physics. Elsevier Publishing Company, United State of America,pp.203.
8. HARALD, A. E. 1983. Introduction to nuclear physics, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, United State of America,pp.439.

Study of Ratio fission width to total width for fission materials bombarded by monoenergitic neutrons $(2.4MeV)$

Hadi Dawyich Zirzur AL-Attabi* ***Abbas Fadhil AL-Ammar****

Hashim Ali Essa*

* University of Wassit/ College of Science / Department of Physics

Summary:

This study aims to know the way of the ratio fission width $(\Gamma_f)$to total width(Γ_t) for compound nuclei of fission materials , when it had been bombarded by monoenergetic neutrons $(2.4MeV)$as a function of nuclear radius and ranges (1-10) $*10^{-13}$ cm , and it concluded the mathematical equations that can be used for this way of the study . Also we concluded the empirical relations by fitting method in which the ratio fission width to the total width for monoenergitic neutrons $(2.4MeV)$ for various fission nucleuses, for Uranium-238 and Thorium-232 respectively.