

حساب معدل التفاعل والاستجابة الطاقية لمطيافية نترونية مكونة من كرة متغيرة القطر من البولي إيثيلين والكاشف BF_3 منسوبة إلى مصدر النترونات ^{252}Cf باستعمال الكود MCNP5-beta ماجدة نحيلي⁽¹⁾

تاريخ الإيداع 2014/06/17

قبل للنشر في 2014/08/28

الملخص

استعمل في هذا البحث الكود MCNP5-beta لحساب معدل التفاعل $^{10}B(n, \alpha)^7Li$ ، وتوابع الاستجابة الطاقية لمصدر النترونات ^{252}Cf على شكل قرصي ونقطي، وذلك باستعمال مطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثيلين متغيرة القطر وكاشف النترونات الحرارية من النوع BF_3 . بيّنت نتائج الحساب أن قيم الاستجابة الطاقية لمصدر النترونات ^{252}Cf القرصي أكبر مما هي عليه في حالة المصدر النقطي، كما تملك توابع الاستجابة الطاقية لكلا المصدرين قمماً توافق قمم طيف المصدر ^{252}Cf التي تقع حول الطاقات 0.6, 1.0, 2.0 MeV وذلك عند استعمال الكرات ذات الأقطار 3.25, 4.20, 5.00 inch وحول الطاقات 1.2, 2.0, 5.0 MeV باستعمال الكرات ذات الأقطار 6.50, 8.00, 10.00 inch وحول الطاقين 3.0, 5.0 MeV باستعمال الكرتين 10.00, 18.00 inch كما أن الاستجابة الطاقية لجملة كرة- كاشف تبلغ قيمة عظمى عند استعمال الكرة ذات القطر 5.00 inch في حالة المصدر ^{252}Cf القرصي، وعند استعمال الكرة ذات القطر 6.50 inch في حالة المصدر النقطي. أعطت نتائج حسابات توابع الاستجابة الطاقية للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي منحني له شكل طيف هذا المصدر نفسه.

قورنت قيم معدل التفاعل $^{10}B(n, \alpha)^7Li$ المحسوبة لكامل طيف مصدر النترونات ^{252}Cf على شكل نقطي وقرصي بتلك المحسوبة باستعمال نتائج حسابات توابع الاستجابة الطاقية للمصدر نفسه، ووجد أن التوافق جيد بين هذه القيم.

الكلمات المفتاحية: مطيافية، (نترونية)، كاشف BF_3 ، الاستجابة، تابع الاستجابة، مصدر نتروني ^{252}Cf ، كود MCNP5-beta.

(1) أستاذة، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

Calculation of the reaction rate and energy response of a neutron spectrometer consisting of a polyethylene sphere of variable diameter and BF₃ detector for the ²⁵²Cf neutron source using the MCNP5-beta code

M. Nahili⁽¹⁾

Received 17/06/2014

Accepted 28/08/2014

ABSTRACT

The MCNP5-beta code was used to calculate the reaction rate of ¹⁰B(n, α)⁷Li reaction, and the neutron energy response of a neutron spectrometer consisting of a polyethylene sphere (of variable diameter) and a BF₃ detector for point and disk ²⁵²Cf neutron sources. Based on the energy response, the reaction rates of the ¹⁰B(n,α)⁷Li reaction were also determined .

The neutron energy response of the disk ²⁵²Cf neutron source shows higher values than that obtained with the point neutron source.

The response energy function of disk and point ²⁵²Cf neutron sources show clear peaks that respect the peaks of the spectrum of ²⁵²Cf neutron source which are located at energies 0.6, 1.0, 2.0 MeV by using the spheres 3.25, 4.20, 5.00 inch and at energies 1.2, 2.0, 5.0 MeV by using the spheres 6.50, 8.00, 10.00 inch and at energies 3.0, 5.0 MeV using the spheres 12.00, 18.00 inch.

The neutron energy response of the detector-spheres combination shows a maximum value for the sphere of 5.00 inch diameter for the disk ²⁵²Cf neutron source, where the response with the point neutron source shows a maximum value for the sphere of 6.50 inch diameter .

The energy spectrum for a ²⁵²Cf neutron source was obtained from the energy response functions of the disk and point ²⁵²Cf neutron sources.

The calculated reaction rates of the ¹⁰B(n,α)⁷Li reaction for the entire spectra of the point and the disk ²⁵²Cf sources agreed well with those calculated from the neutron energy response functions of the point and the disk neutron sources.

Keywords: Neutron spectrometer, BF₃ detector, Response, Response function, Neutron source ²⁵²Cf, MCNP5-beta code.

⁽¹⁾ Prof., Department of Physics, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria

1. المقدمة

تعتمد كثير من المطيافيات النترونية المستعملة حالياً على طرائق اقترحت قبل العام 1960، وتعدّ الأفلام التصويرية (photographic film) ومقاييس الجرعة اللونية والحرارية (calorimeters and color dosimeters) وحجيرات التأين (Ionization chambers) والعدادات التناسبية (proportional counters) وعداد غايغر مولر (Geiger Muller counter) وعدادات الوميض (scintillation counters) من وسائل الكشف عن الإشعاع في ثلاثينيات القرن الماضي. ومع ازدياد تطبيقات النترونات في المجالات كلها (الفيزيائية والطبية والنفطية والبيولوجية والكيميائية.... إلخ) أصبحت الحاجة ماسة لتطوير المطيافيات الإشعاعية المستعملة لقياس الجرعة النترونية والأطياف النترونية [1].

تعدّ مطيافية كرات بونر [Bonner Spheres Spectrometer (BSS)] من المطيافيات النترونية الأولى التي استعملت في مجال قياس الطيوف والجرع النترونية. وتتكون مطيافية BSS من كاشف للنترونات الحرارية [بلورة أسطوانية قائمة من ${}^6\text{LiI}(\text{Eu})$] [4mmx4mm] يوضع في مراكز خمس كرات من البولي إيثيلين يتدرج قطرها من 2 إلى 12 inch (5.08-30.48cm). ويتميز مطياف BSS بأنه يغطي مجالاً واسعاً من الطاقة، إذ يمكن بواسطة مطياف BSS المطور الكشف عن النترونات في المجال الطاقوي من الحراري إلى GeV مع إمكان التمييز بين النترونات والأشعة غاما، ومن مساوئه مقدرة الفصل المنخفضة للنترونات والوزن الزائد [2].

ترتبط استجابة نظام كشف النترونات بالطيف الطاقوي للنترونات في مركز المهدي، وإذا وضع كاشف النترونات في مراكز مجموعة من الكرات المهديّة المختلفة الأقطار فسيكون لكل مجموعة كاشف - كرة استجابة مختلفة تبعاً لطاقة النترونات، ويعبر عن هذه الاستجابة بمعادلة Fredholm غير المتجانسة [3]:

$$r_i = \int_0^{\infty} R_i(E) \times \Phi(E) \times dE \quad (i=1,2,\dots,M) \quad (1)$$

إذ:

$r_i(\text{count})$ - الاستجابة الطاقية لجملة كاشف - كرة i ،

$R_i(E) (\text{cm}^2)$ - تابع الاستجابة الطاقية لجملة كاشف - كرة i كتابع لطاقة النترونات،

$\Phi(E)dE (\text{cm}^{-2})$ - التوزع الطاقوي للتدفق النتروني في المجال الطاقوي dE ،

M - عدد كرات المطيافية.

لا يوجد للمعادلة (1) حلٌ وحيدٌ يعين التابع المستمرة $\Phi(E)$ ؛ وذلك بسبب عدد القياسات المنفصلة والمحدودة بعدد الكرات M ، ويستخدم التقريب الخطي لتحويل هذه المعادلة إلى معادلة مصفوفة خطية [3]:

$$r_i = \sum_{j=1}^N R_{ij} \times \Phi_j \quad (2)$$

إذ:

r_i (count) - الاستجابة الطاقية لجملة كاشف - كرة i ،

R_{ij} (cm^2) - الاستجابة الطاقية لجملة كاشف - كرة i للنترونات ذات الطاقة E_j ،

Φ_j (cm^{-2}) - التدفق النتروني في مجال الطاقة j ،

N - عدد مجالات الطاقة التي يجزأ إليها طيف المصدر النتروني.

تُعين مصفوفة الاستجابة الطاقية إما عملياً بواسطة حقول نترونية عيارية أو حسابياً بطرائق المحاكاة عن طريق استعمال كودات حاسوبية معروفة، والحصول على مصفوفة الاستجابة عملياً هو الأفضل ولكنه أمر صعب ومحدود لعدة أسباب:

1- قلة عدد الحقول النترونية وحيدة الطاقة المتاحة والخاضعة لشروط الحقل العيارية، هذا فضلاً عن كون مدى الطاقة فيها محدوداً ولا يغطي مجالاً طاقياً واسعاً.

2- تبعثر النترونات على جدران الغرفة وعلى ذرات الهواء المحيطة بالتجربة.

3- تأثير الترتيب الهندسي للتجربة.

4- ضعف الاستجابة الطاقية الفعلية لجملة كاشف - كرة للمصادر النترونية الضعيفة.

من هنا تتبع أهمية الحصول على توابع الاستجابة الطاقية بالطرائق الحسابية ولهذه الغاية يستخدم مثلاً الكودان ANISN و MCNP. تعتمد هذه الطرائق على المقاطع العرضية للتأثيرات المتبادلة للنترونات مع المادة والمتوافرة في مكتبة الكود، وعلى تقسيم طاقة المصدر النتروني إلى عدة مجالات طاقية، وعلى طرائق تقليل الارتياح [4,5].

2. المهدئات

تخضع النترونات فوق الحرارية والسريعة في أثناء انتقالها في وسط مادي لعملياتي التبعثر المرن وغير المرن، وبذلك تفقد جزءاً من طاقتها إلى أن تصل إلى التوازن الحراري، وتعرف هذه العملية بتهدئة النترونات أو أنها تهرب من المهدئ. تتميز المهدئات بكبر نسبة مقطع التبعثر إلى مقطع الامتصاص، عندئذ يصل عدد كبير من النترونات إلى المجال الحراري قبل امتصاصها في الوسط. تتكون المواد المهدئة الجيدة

بشكل رئيسي من الهيدروجين أو الديتيريوم أو البيريليوم أو الكربون أو الأكسجين. وتعدُّ كرات البولي إيثيلين المهدئة خياراً عاماً لمستخدمي طريقة مطياف (BSS) لكشف النيوترونات، إذ ينتج التناظر الكروي للكاشف في مركز الكرة استجابة متماثلة المناحي. تراوح كثافة البولي إيثيلين التجاري بين 0.91 و 0.96 g/cm^3 إذ يؤثر تغير كثافة البولي إيثيلين تأثيراً فعالاً في تفسير نتائج القياس، ويتميز البولي إيثيلين الشائع الاستخدام الذي يدعى الخطي بكثافة عالية ($\rho=0.96 \text{ g/cm}^3$) [3].

3. هدف البحث:

يتناسب معدل التفاعل الذي يقيسه الكاشف النيروني مع الطيف الطاقي للمصدر النيروني، وللحصول على الطيف الطاقي لمصدر نيروني ما تستعمل طرائق بسط الطيف (Spectrum unfolding) التي تعتمد على معرفة مصفوفة الاستجابة الطاقية بدقة [5].

استعمل في هذا البحث الكود MCNP5-beta [6] لحساب كل من:

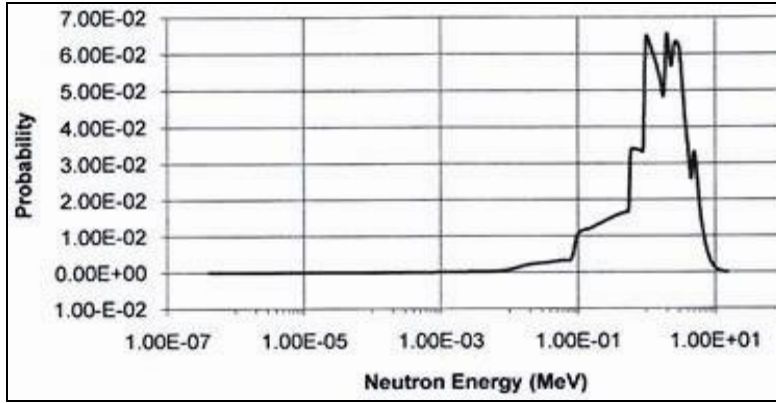
- توابع الاستجابة الطاقية لمطيافية نيرونية مكونة من كرة متغيرة القطر من البولي إيثيلين وكاشف للنيوترونات الحرارية من النوع BF_3 وبوجود مصدر نيروني افتراضي قرصي ونقطي ويصدران حزاماً نيرونية وحيدة الطاقة وتغطي المجال الطاقي $(4.14.10^{-7}-14) \text{ MeV}$ ،

- توابع الاستجابة الطاقية لمصدر النيوترونات ^{252}Cf القرصي والنقطي باستعمال المطيافية السابقة،

- معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي باستعمال المطيافية السابقة.

4. المصدر النيروني ^{252}Cf

المصدر النيروني ^{252}Cf هو من المصادر النيرونية الصناعية ذات الانشطار التلقائي الأكثر شيوعاً في الاستعمالات الصناعية والبحثية المختلفة الذي يصدر النيوترونات والأشعة غاما وجسيمات ألفا. يتفكك ^{252}Cf ويصدر جسيمات ألفا (باحتمال %96.91) وينشطر تلقائياً (باحتمال %3.09) بعمر نصفي كلي 2.645Y . ويبلغ النشاط النوعي للنظير ^{252}Cf القيمة $0.5362 \text{ mCi}/\mu\text{g}$ ويصدر $2.31434.10^6 \text{ n/s}/\mu\text{g}$. ويشبه شكل طيف نيوترونات الانشطار التلقائي لهذا النظير طيف نيوترونات الانشطار في المفاعل النووي إذ يقع معظمه في مجال النيوترونات السريعة $(0.1-10.8) \text{ MeV}$ وبطاقة وسطية 2.1 MeV والطاقة الأكثر احتمالاً 0.7 MeV [7]. ويوضح الشكل (1) طيف المصدر ^{252}Cf المستعمل في المحاكاة في هذا البحث [8].



الشكل (1) طيف نوترونات الانشطار للمصدر ^{252}Cf [8]

5. توصيف المطيافية النترونية المستعملة في هذا البحث:

تتكون المطيافية النترونية التي جرى نمذجتها نظرياً باستعمال الكود MCNP5-beta من ثماني كرات من البولي إيثيلين المتغيرة الأقطار 3.25, 4.20, 5.00, 6.50, 8.00, 10.00, 12.00, 18.00 inch محاطة بغلاف من الألمنيوم سمكه 2 mm تستعمل لتهدئة النوترونات، ومن كاشف للنوترونات الحرارية من النوع BF_3 (قطره 2.54 cm وطوله 28.20 cm ويحوي 96% من البور على شكل ^{10}B وضغط الغاز بداخله 0.92 atm وكثافته 0.002568 g/cm^3 عند الدرجة 293 K [9] - هذا الكاشف من نموذج LND-2210. ويوضح الجدول (1) الخصائص الفيزيائية للكاشف BF_3 المستعمل في هذا البحث.

الجدول (1) البيانات الفيزيائية للكاشف BF_3 المستعمل في المحاكاة بالكود

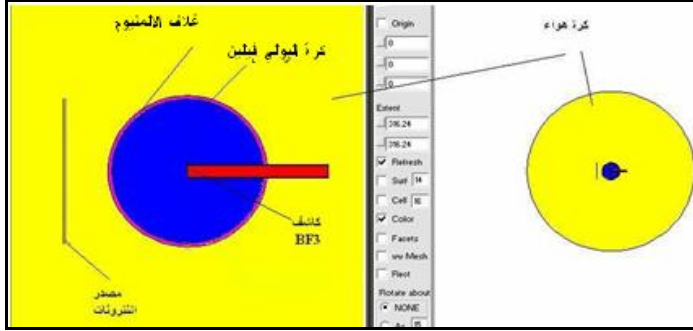
[10] MCNP5-beta

كاشف النوترونات الأسطواني BF_3 (نموذج LND 2210)	
142.892	الحجم الفعّال للكاشف BF_3 (cm^3)
0.92	ضغط الغاز الذي يملأ أنبوبة الكاشف BF_3 (atm)
96% ^{10}B 4% ^{11}B 300% F_3	تركيب الغاز BF_3 (النسب الذرية)
0.002568	كثافة الغاز BF_3 (g/cm^3)
67.1	الوزن الجزيئي للغاز BF_3 (g)

6. نمذجة المطيافية النترونية باستعمال الكود MCNP5-beta

يوضح الشكل (2) رسماً تخطيطاً للمطيافية النترونية (كرة البولي إيثيلين، كاشف، مصدر نتروني) المعتمدة لحساب معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ وتوابع الاستجابة الطاقية النترونية باستعمال الكود MCNP5-beta.

استعمل المصدر النتروني على شكل قرص مهمل السمك وعلى شكل نقطي وعن بعد 25.0cm عن مركز كرة المهدي، ووضعت أنبوبة الكاشف BF₃ داخل كرة المهدي بحيث تقع إحدى قاعدتيها في مركز الكرة وينطبق المحور OX على محورها.



الشكل (2) رسم تخطيطي للمطيافية النترونية (كرة البولي إيثيلين، كاشف، مصدر نتروني) باستخدام رسام الكود MCNP5-beta.

7. حساب معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ لمصدر النوترونات ^{252}Cf على شكل نقطي وقرصي

يُعبّر عن معدل تفاعل النوترونات C_i لكاشف ما موضوع في مركز جملّة كاشف- كرة i بالعلاقة الآتية [11]:

$$C_i = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} R_i(E) \Phi(E) dE \quad (3)$$

إذ:

C_i - معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ لجملّة كاشف- كرة (count/s)،

$\Phi(E)dE$ - تدفق النوترونات في مجال الطاقة dE مقدراً بالوحدة $(n/cm^2.s)$ ،

$R_i(E)$ - مصفوفة الاستجابة لجملّة كاشف- كرة i مقدرة بالوحدة cm^2 .

لحساب معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ لمصدر النوترونات ^{252}Cf النقطي والقرصي باستخدام جملّة كرات من البولي إيثيلين والكاشف BF₃ وضع الكاشف BF₃ في مراكز كرات البولي إيثيلين المعتبرة كما هو موضح في الشكل (2) إذ وضع مصدر النوترونات ^{252}Cf على بعد 25 cm من مركز كرة البولي إيثيلين.

وصف مصدرا النوترونات ^{252}Cf باستخدام البطاقة SDEF المتاحة في الكود MCNP5-beta على شكل نقطي وعلى شكل قرص مهمل السمك وعمودي على المحور OX ويصدران نوترونات متعددة الطاقة بشكل منتظم ولها اتجاه واحد هو الاتجاه الموجب

للمحور ox. واعتمدت قيم طيف المصدر ^{252}Cf لتوصيف هذا المصدر باستعمال البطاقتين pi و si المتاحتين في الكود MCNP5-beta لتوصيف المصادر النترونية [6,8].
استعملت البطاقتان F4 و Fm4 المتاحتان في الكود MCNP5-beta على التوالي لحساب تدفق النترونات الحرارية ومعدل التفاعل الذي يعبر عن عدد الجسيمات ألفا الناتجة عن التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ في الحجم الفعّال للكاشف BF_3 منسوبة إلى نترون واحد من المصدر باستعمال العلاقة الآتية [6]:

$$C_i(E) = N_B \times \sigma_{th}(E) \times \Phi(E) \times V \quad (i=1, 2, \dots, 8) \quad (4)$$

إذ:

$C_i(\text{count})$ - معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ لجملة كاشف - كرة i كتابع لطاقة النترونات،

$$N_B(\text{atom/cm}^3) \text{ - الكثافة الذرية للبور } ^{10}\text{B}،$$

$$\sigma_{th}(E) (\text{cm}^2) \text{ - المقطع العرضي للبور لامتصاص النترونات الحرارية،}$$

$$\Phi(E) (\text{n/cm}^2) \text{ - التدفق التكامل للنترونات الحرارية داخل الكاشف } \text{BF}_3.$$

$$V(\text{cm}^3) \text{ - الحجم الفعّال للكاشف } \text{BF}_3،$$

($i=1, 2, \dots, 8$) أرقام كرات المطيافية المعتمدة في الحساب.

إذ عُدّ في حالة المصدر القرصي أن النترونات تنتشر باتجاه كرة البولي إيثلين على شكل حزمة متوازية ومتساوية المقطع مع كرة البولي إيثلين.

استعملت العلاقة (4) لحساب معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ منسوبة إلى نترون واحد من المصدر ^{252}Cf النقطي والقرصي؛ وذلك باستعمال مطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثلين متغيرة القطر والكاشف BF_3 .

8. حساب توابع الاستجابة الطاقية لمطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثلين

وكاشف النترونات BF_3

تعطى الاستجابة الطاقية لجملة كرات البولي إيثلين وكاشف النترونات BF_3 ، عند تعريضها لمصدر نتروني نقطي أو قرصي ويصدران مجموعة حزم نترونية متجانسة ومتماثلة الطاقة وتغطي مجالاً طاقياً يمتد من $4.14 \cdot 10^{-7} \text{ MeV}$ إلى 14 MeV بالعلاقة الآتية [12]:

$$r_i(E) = \sum_{j=1}^{n=52} r_i(E_j) \quad (i=1, 2, \dots, 8) \quad (5)$$

إذ:

$r_i(E)$ - الاستجابة الطاقية لجملة كاشف - كرة i كتابع لطاقة النيوترون مقدراً بالوحدة
(count)

$r_i(E_j)$ - الاستجابة الطاقية لجملة كاشف - كرة i للنيوترونات ذات الطاقة E_j مقدرة
بالوحدة (count)،

$n=52$ عدد قيم المجال الطاقى المعتمد لحساب تابع الاستجابة،

$(i=1,2,\dots,8)$ أرقام كرات المطيافية المعتمدة في الحساب.

استعمل الكود MCNP5-beta لحساب توابع الاستجابة الطاقية لمطيافية نيترونية مكونة من كرة متغيرة القطر من البولي إيثيلين والكاشف BF_3 ، وذلك باعتماد التفاعل $^{10}B(n, \alpha)^7Li$ ، إذ وضع الكاشف BF_3 في مراكز كرات البولي إيثيلين المعتمدة كما هو مبين في الفقرة 6.

وصف مصدر النيوترونات على شكل نقطي وعلي شكل قرص مهمل السمك باستعمال بطاقة المصدر SDEF كما في الحالة السابقة، إذ إنهما يصدران مجموعة حزم نيترونية متجانسة ومتماثلة الطاقة وتغطي مجالاً طاقياً يمتد من $4.14 \cdot 10^{-7}$ MeV إلى 14 MeV. واستعملت البطاقتان F4 و Fm4 على التوالي لحساب تدفق النيوترونات الحرارية ومعدل التفاعل الذي يعبر عن عدد جسيمات ألفا الناتجة عن التفاعل $^{10}B(n, \alpha)^7Li$ في الحجم الفعال للكاشف BF_3 منسوبة إلى نيوترون واحد من المصدر.

ويعبر معدل التفاعل $^{10}B(n, \alpha)^7Li$ الناتج عن التدفق النيوتروني $\phi(E_j)$ عن استجابة جملة كاشف - كرة i للنيوترونات ذات الطاقة E_j وفق العلاقة الآتية [6]:

$$r_i(E_j) = N_B \times j(E_j) \times \sigma_{th}(E) \times V \quad (i=1,2, \dots, 8) \quad (6)$$

إذ:

$N_B(\text{atom}/\text{cm}^3)$ - الكثافة الذرية للبور ^{10}B ،

$\phi(E_j)(\text{n}/\text{cm}^2)$ - التدفق التكامل للنيوترونات الحرارية داخل الكاشف BF_3 للنيوترونات ذات الطاقة E_j ،

$\sigma_{th}(E) (\text{cm}^2)$ - المقطع العرضي للتفاعل $^{10}B(n, \alpha)^7Li$ للنيوترونات الحرارية،

$V(\text{cm}^3)$ - الحجم الفعال للكاشف BF_3 ،

ويمثل تغير استجابة جملة كاشف - كرة i بدلالة طاقة النيوترون ما يسمى تابع الاستجابة الطاقية لهذه الجملة في مجال الطاقة (14- $4.14 \cdot 10^{-7}$) MeV.

استعملت العلاقتان (6) و(5) لحساب توابع الاستجابة الطاقية من أجل (N=52) مجموعة طاقية تغطي المجال الطاقى MeV (4.14.10⁻⁷-14) لمطيافية نترونية مكوّنة من كرة من البولي إيثلين متغيرة القطر والكاشف BF₃.

9. حساب توابع الاستجابة الطاقية للمصدر ²⁵²Cf باستعمال مطيافية نترونية مكوّنة من كرة متغيرة القطر من البولي إيثلين والكاشف BF₃

يُعبّر عن الاستجابة الطاقية لمصدر النترونات ²⁵²Cf القرصي والنقطي باستعمال مطيافية نترونية مكوّنة من كرة من البولي إيثلين متغيرة القطر وكاشف النترونات BF₃ منسوبة إلى نترون واحد من المصدر بالعلاقة الآتية [12]:

$$r_i^{Cf} = \sum_{j=1}^{N=52} r_{ij}^{Cf} = \sum_{j=1}^{N=52} r_{ij} \times B_j^{Cf} \times \Delta E_j \quad (i=1,2,\dots,8) \quad (7)$$

إذ:

r_i^{Cf} (count) - الاستجابة الطاقية للمصدر ²⁵²Cf باستعمال جملة كاشف - كرة i،

r_{ij}^{Cf} (count) - الاستجابة الطاقية للمصدر ²⁵²Cf باستعمال جملة كاشف - كرة i عند

المجموعة الطاقية j،

r_{ij} (count) - الاستجابة الطاقية لجملة كاشف - كرة i عند المجموعة الطاقية j،

B_j^{Cf} (MeV⁻¹) - التوزع الطاقى المنظم للواحد لطيف المصدر ²⁵²Cf.

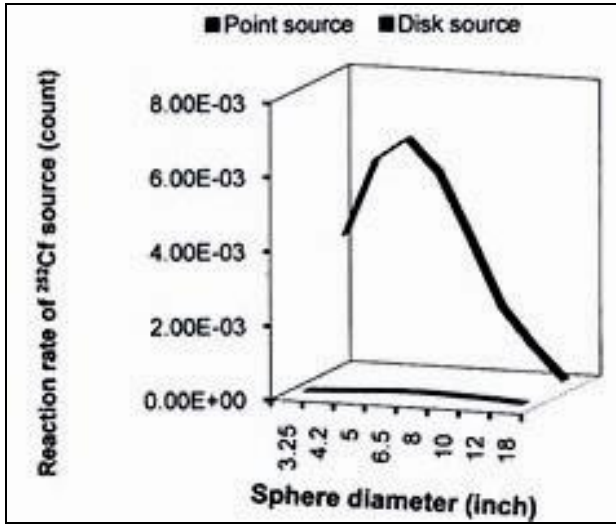
N=52 عدد المجموعات الطاقية ذات العرض ΔE_j لطيف المصدر ²⁵²Cf،

استعملت المعادلة (7) لحساب توابع الاستجابة الطاقية لمصدر النترونات ²⁵²Cf

القرصي والنقطي باستعمال مطيافية نترونية مكوّنة من كرة من البولي إيثلين متغيرة القطر والكاشف BF₃ منسوبة إلى نترون واحد من المصدر وأخذت قيم المقدارين ΔE_j و ϕ_j^{Cf} وفق المرجع [8]، وأخذت قيم r_{ij} المحسوبة باستعمال الكود MCNP5-beta والموضحة في الشكلين (3) و(4).

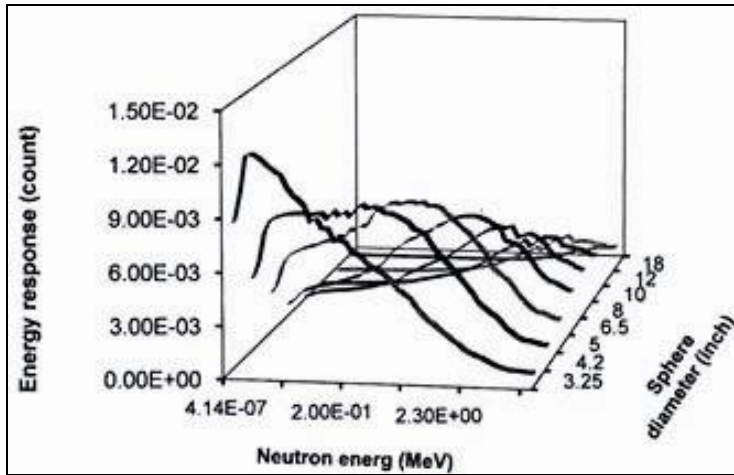
11. النتائج والمناقشة

يلاحظ من الشكل (3) أن قيم معدل التفاعل ¹⁰B(n, α)⁷Li لمصدر النترونات ²⁵²Cf القرصي أكبر مما هي عليه للمصدر النقطي إذ بلغ الفرق بينهما 99.3% في حالة الكرة ذات القطر 3.25 inch و 83.1% في حالة الكرة ذات القطر 18.00 inch، وأن معدل التفاعل يبلغ قيمة عظمى من أجل الكرة ذات القطر 4.20 inch في حالة المصدر القرصي ومن أجل الكرة ذات القطر 6.50 inch في حالة المصدر النقطي.

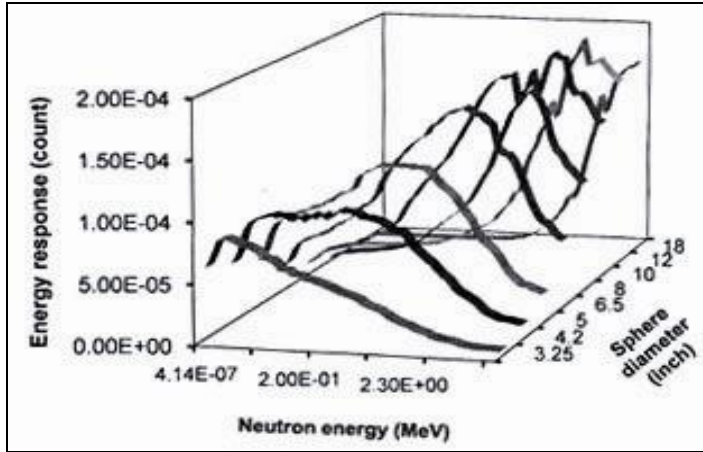


الشكل (3) معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ لمصدر النترونات ^{252}Cf القرصي والنقطي كتابع لأقطار كرات البولي إيثلين.

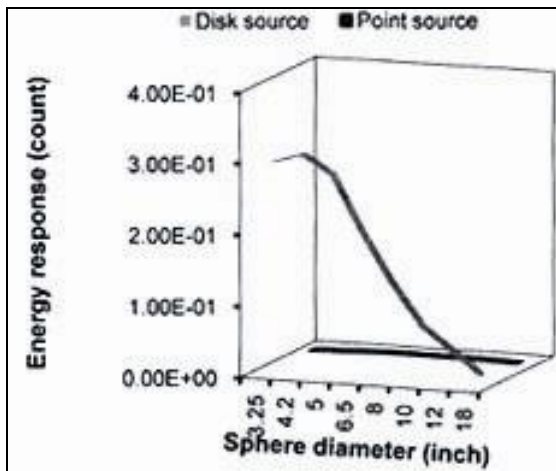
يوضح الشكلان (4) و (5) توابع الاستجابة الطاقية لمطيافية نترونية مكونة من كرة متغيرة القطر من البولي إيثلين والكاشف BF_3 كتابع لطاقة النترونات في مجال الطاقة MeV (4.14×10^{-7} -14) في حالة مصدر نتروني قرصي ونقطي.



الشكل (4) توابع الاستجابة الطاقية لمطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثلين متغيرة القطر والكاشف BF_3 في حالة مصدر نتروني قرصي.



الشكل (5) توابع الاستجابة الطاقية لمطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثلين متغيرة القطر والكاشف BF_3 في حالة مصدر نتروني نقطي.



الشكل (6) الاستجابة الطاقية لجملة كرة - كاشف في مجال الطاقة $MeV (4.14 \cdot 10^{-7} - 14)$ كتابع لأقطار كرات البولي إيثلين.

نلاحظ من الشكل (4) أن الاستجابة الطاقية لجملة كرات البولي إيثلين والكاشف BF_3 في حالة مصدر النترونات القرصي تزداد مع ازدياد طاقة نترونات المصدر وتمر بقيمة عظمى ثم تبدأ بالتناقص، حيث تظهر هضبة عريضة للاستجابة توافق تقريباً طاقات نترونات المصدر جميعها باستعمال الكرتين 3.25, 4.20 inch، وقمم استجابة تتزاح نحو اليمين وتتركز حول الطاقات 0.6, 1.5, 3.0, 6.0, 8.0 MeV في حالة الكرات ذات

الأقطار 5.00, 6.5, 8.00, 10.00, 12.00 inch في حين تقع قمة الاستجابة بعد الطاقة 14 MeV في حالة الكرة ذات القطر 18.00 inch، كما أن توابع الاستجابة الطاقية تتناقص مع ازدياد أقطار كرات البولي إيثيلين.

نلاحظ من الشكل (5) أن الاستجابة الطاقية لجملة كرات البولي إيثيلين والكاشف BF_3 في حالة مصدر النترونات النقطة تزداد مع ازدياد طاقة نترونات المصدر وتمر بقيمة عظمى ثم تبدأ بالتناقص، حيث تظهر هضبة عريضة للاستجابة توافق تقريباً طاقات نترونات المصدر جميعها بالنسبة إلى الكرتين 3.25 و 4.20 inch، وقمم استجابة تتزاح نحو اليمين وتتركز تقريباً حول الطاقات 0.70, 1.50, 3.0, 5.0, 7.0 MeV باستعمال الكرات ذات الأقطار 5.00, 6.50, 8.00, 10.00, 12.00 inch في حين تقع قمة الاستجابة بعد الطاقة 14 MeV في حالة الكرة ذات القطر 18.00 inch، كما أن الاستجابة الطاقية تزداد بازدياد أقطار كرات البولي إيثيلين.

يوضح الشكل (6) الاستجابة الطاقية لجملة كاشف- الكرة i كتابع لأقطار كرات البولي إيثيلين في مجال الطاقة من $MeV (4.14 \times 10^{-7} - 14)$ في حالة مصدر نتروني قرصي ونقطة.

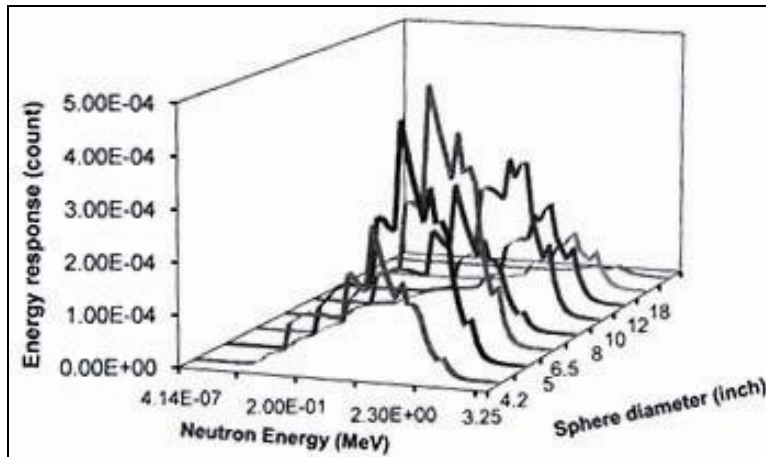
ويلاحظ من الشكل (6) أن الاستجابة الطاقية في المجال الطاقى $(4.14 \cdot 10^{-7} - 14) MeV$ لجملة كرة- كاشف تكون أكبر بكثير في حالة مصدر النترونات القرصي مقارنة بحالة مصدر النترونات النقطة، كما يلاحظ أن هذه الاستجابة تزداد مع ازدياد أقطار كرات البولي إيثيلين وتبلغ قيمة عظمى من أجل الكرة ذات القطر 4.20 inch في حالة المصدر القرصي ومن أجل الكرة 6.50 inch في حالة المصدر النقطة.

نلاحظ مما سبق أن الاستجابة الطاقية النترونية ترتبط بطاقة نترونات المصدر وبشكل مصدر النترونات وبقطر كرة البولي إيثيلين، إذ يزداد المقطع الكلي لتبعثر النترون وامتصاصه في البولي إيثيلين مع نقصان طاقة النترون (ويلاحظ ذلك بالاستجابة الكبيرة للنترونات المنخفضة الطاقة في حالة الكرات الصغيرة وبظهور قمم الاستجابة للنترونات العالية الطاقة في حالة الكرات الكبيرة) بالنسبة إلى مصدر النترونات القرصي والنقطة.

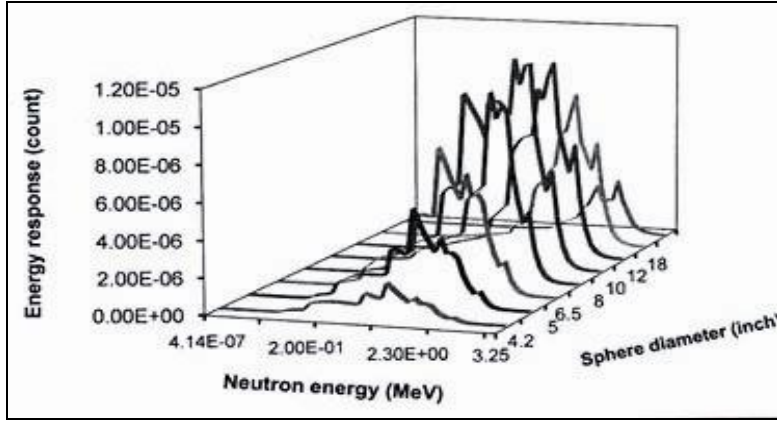
ومع ازدياد أقطار الكرات تزداد نسبة النترونات الحرارية المتشكلة بنتيجة عملية تهدئة النترونات العالية الطاقة في البولي إيثيلين ويرافق ذلك ازدياد للمقطع الماكروسكوبي لامتصاص النترونات الحرارية فيه، لذا تزداد الاستجابة الطاقية بازدياد أقطار الكرات وتبلغ قيمة عظمى ثم تتناقص مع ازدياد أقطار الكرات (قيمة عظمى من أجل الكرة 4.2 inch في حالة المصدر النتروني القرصي ومن أجل الكرة 6.5 inch في حالة المصدر النتروني النقطة)، كما يظهر تأثير شكل المصدر في ازدياد تدفق النترونات الساقطة من مصدر النترونات على سطح الكرة المقابل للمصدر بازدياد أقطار الكرات إذ تكون هذه الزيادة أسرع في حالة المصدر النقطة مقارنة بحالة المصدر القرصي، وذلك لأن التدفق

النتروني الساقط على سطح الكرة يتناسب مع $(\pi R^2/(d-R)^2)$ في حالة المصدر النقطي ومع $(\pi R^2/(d-R))$ في حالة المصدر القرصي إذ R هو نصف قطر الكرة و $d=25$ cm هي المسافة بين مصدر النترونات ومركز كرة البولي إيثلين [9] لذا تزداد الاستجابة الطاقية في مجال الطاقة $(4.14 \times 10^{-7} - 14)$ MeV مع ازدياد أقطار الكرات في حالة مصدر النترونات النقطي في حين تتناقص الاستجابة مع ازدياد أقطار الكرات في حالة مصدر النترونات القرصي، إلا أن قيم الاستجابة الطاقية في مجال الطاقة $(4.14 \times 10^{-7} - 14)$ MeV لمصدر النترونات القرصي تكون أكبر مما هي للمصدر النقطي ويبرز هنا ثانية تأثير شكل المصدر إذ تصدر النترونات عن المصدر القرصي على شكل حزمة متوازية بزواوية 2π راديان ويساوي مقطعها مقطع الكرة، في حين تصدر عن المصدر النقطي على شكل حزمة متباعدة بزواوية مجسمة 4π ستراديان ويسقط فقط جزء منها على سطح الكرة ويتناسب هذا الجزء مع الزاوية المجسمة $d\Omega$ التي يرى منها مقطع الكرة πR^2 من مكان توضع المصدر (ويلاحظ ذلك في أن استجابة جملة كرة- كاشف تبلغ قيمة عظمى من أجل الكرة 4.2 inch في حالة المصدر القرصي في حين تظهر هذه القمة من أجل الكرة 6.5 inch في حالة المصدر النقطي).

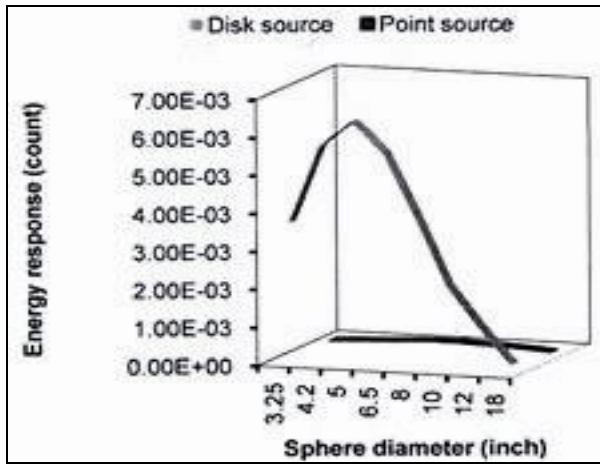
ويوضح الشكلان (7) و(8) توابع الاستجابة الطاقية للمصدر ^{252}Cf النقطي والقرصي كتابع لطاقة النترونات باستعمال مطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثلين متغيرة القطر والكاشف BF_3 . ويوضح الشكل (9) الاستجابة الطاقية لجملة كرة- كاشف باستعمال المصدر ^{252}Cf النقطي والقرصي كتابع لأقطار كرات البولي إيثلين.



الشكل (7) توابع الاستجابة الطاقية لمصدر النترونات ^{252}Cf القرصي باستعمال مطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثلين متغيرة القطر والكاشف BF_3



الشكل (8) توابع الاستجابة الطاقية لمصدر النوترونات ^{252}Cf النقطي باستعمال مطيافية نوترونية مكونة من كرة من البولي إيثيلين متغيرة القطر والكاشف BF_3



الشكل (9) الاستجابة الطاقية لجملة كرة- كاشف للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي كتابع لأقطار كرات البولي إيثيلين.

يلاحظ من الشكل (7) أن الاستجابة الطاقية في حالة مصدر النوترونات ^{252}Cf القرصي تكون قريبة من الصفر من أجل نوترونات المصدر التي طاقتها أصغر من 0.01 MeV ثم تزداد ببطء مع زيادة طاقة النوترونات وتشكل قفزين من أجل النوترونات ذات الطاقة 0.1, 0.6 MeV ومن ثم قمتين واضحتين عند الطاقتين 1.0, 2.0 MeV وقمة أخرى صغيرة عند الطاقة 5.0 MeV وذلك عند استعمال الكرتين 3.25, 4.20 inch وعند استعمال الكرتين 5.00, 6.50 inch تلاحظ الصورة السابقة نفسها ولكن مع ظهور قمة

صغيرة حول الطاقة 3.0 MeV، وباستعمال الكرتين 8.00, 10.00 inch تكون الاستجابة الطاقية قريبة من الصفر من أجل نترونات المصدر التي طاقتها أصغر من 0.1 MeV ثم تزداد ببطء مع زيادة طاقة النترون وتشكل قفزتين من أجل النترونات ذات الطاقة MeV 0.6, 1.0 ومن ثم ثلاث قمم واضحة عند الطاقات 2.0, 3.0, 5.0 MeV وباستعمال الكرتين 12.00, 18.00 inch تكون الاستجابة الطاقية قريبة من الصفر من أجل نترونات المصدر التي طاقتها أصغر من 0.2, 1.0 MeV على الترتيب، ثم تزداد بازدياد طاقة النترونات وتشكل قمتين واضحتين عند الطاقتين 3.0, 5.0 MeV، كما يلاحظ ازدياد توابع الاستجابة الطاقية مع ازدياد أقطار الكرات من 3.25 إلى 5.00 inch ومن ثم تناقصها مع ازدياد أقطار الكرات.

توضّح مقارنة الشكل (7) بالشكل (1) أن توابع الاستجابة الطاقية لمصدر النترونات ^{252}Cf القرصي عند استعمال كرات البولي إيثيلين 3.25, 4.20, 5.00 inch تظهر ثلاث قمم عظمى توافق القمم الثلاث الأولى لطيف مصدر النترونات ^{252}Cf التي تقع عند الطاقات MeV 0.6, 1.0, 2.0 وباستعمال الكرات 6.50, 8.00, 10.00 inch تظهر ثلاث قمم عظمى عند الطاقات MeV 1.0, 2.0, 5.0 توافق قمم طيف المصدر ^{252}Cf التي تقع عند الطاقات MeV 1.0, 2.0, 5.0 وباستعمال الكرتين 12.00, 18.00 inch تظهر قمتان واضحتان توافقان قمتا طيف المصدر ^{252}Cf عند الطاقتين 3.0, 5.0 MeV.

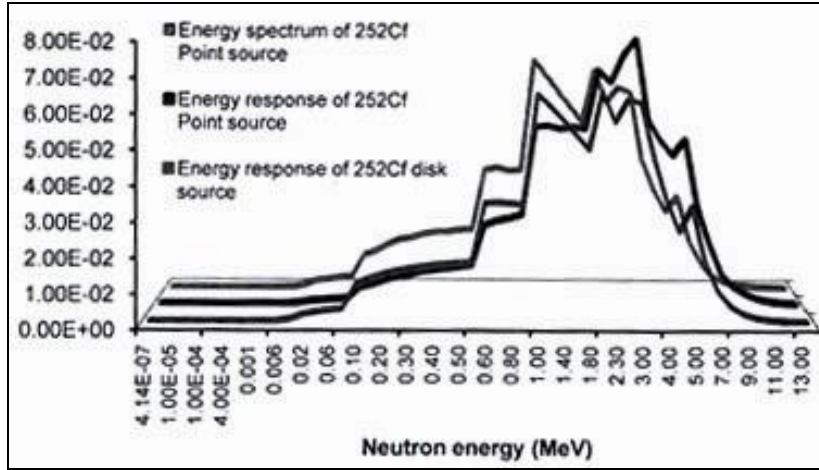
يلاحظ من الشكل (8) أن الاستجابة الطاقية في حالة مصدر النترونات ^{252}Cf النقطي تكون قريبة من الصفر من أجل نترونات المصدر التي طاقتها أصغر من 0.01 MeV ثم تزداد ببطء مع زيادة طاقة النترونات وتشكل قفزتين من أجل النترونات ذات الطاقين 0.1 MeV و 0.6 MeV ومن ثم قمتين واضحتين عند الطاقين 1.0, 2.0 MeV وقمة أخرى صغيرة عند الطاقة 5.0 MeV وذلك عند استعمال الكرتين 3.25, 4.20 inch، وعند استعمال الكرتين 5.00, 6.50 inch تلاحظ الصورة السابقة نفسها مع ظهور قمة صغيرة حول الطاقة 3.0 MeV، وباستعمال الكرتين 8.00, 10.00 inch تكون الاستجابة الطاقية قريبة من الصفر من أجل نترونات المصدر التي طاقتها أصغر من 0.1 MeV ثم تزداد ببطء مع زيادة طاقة النترونات وتشكل قفزتين من أجل النترونات ذات الطاقين 0.6, 1.0 MeV ومن ثم ثلاث قمم واضحة عند الطاقات 2.0, 3.0, 5.0 MeV، وباستعمال الكرتين 12.00, 18.00 inch تكون الاستجابة الطاقية قريبة من الصفر من أجل نترونات المصدر التي طاقتها أصغر من 0.2, 1.0 MeV على الترتيب، ثم تزداد بازدياد طاقة النترونات وتشكل قمتين واضحتين عند الطاقين 3.0, 5.0 MeV كما يلاحظ ازدياد توابع الاستجابة الطاقية مع ازدياد أقطار الكرات من 3.25 إلى 8.00 inch، ومن ثم تناقصها مع ازدياد أقطار الكرات.

توضح مقارنة الشكل (8) بالشكل (1) أن توابع الاستجابة الطاقية لمصدر النترونات ^{252}Cf النقطي عند استعمال كرات البولي إيثلين 3.25, 4.20, 5.00 inch تظهر ثلاث قمم عظمية توافق القمم الثلاث الأولى لطيف مصدر النترونات ^{252}Cf التي تقع عند الطاقات 0.6, 1.0, 2.0 MeV وعند استعمال الكرات 6.5, 8.00, 10.00 inch تظهر ثلاث قمم عظمية عند الطاقات 1.2, 2.0, 5.0 MeV توافق قمم طيف المصدر ^{252}Cf التي تقع عند الطاقات 1.0, 2.0, 5.0 MeV وعند استعمال الكرتين 12.00, 18.00 inch تظهر قمتان واضحتان توافقان قمتا طيف المصدر ^{252}Cf عند الطاقين 3.0, 5.0 MeV.

نلاحظ من الشكل (9) أن الاستجابة الطاقية لجملة كرة-كاشف i لمصدر النترونات ^{252}Cf القرصي أكبر بكثير مما هي عليه في حالة المصدر النقطي، إذ يبلغ الفرق بينهما 99.31% من أجل الكرة ذات القطر 3.25 inch وينقص هذا الفرق مع ازدياد قطر الكرة ويبلغ القيمة 82.71% في حالة الكرة ذات القطر 18.00 inch، كما يلاحظ أن الاستجابة الطاقية تصل إلى قيمة عظمية من أجل الكرة ذات القطر 5.00 inch في حالة المصدر القرصي، ومن أجل الكرة ذات القطر 6.50 inch في حالة المصدر النقطي، ويفسر ذلك بارتباط الاستجابة الطاقية بطاقة نترونات المصدر وقطر كرات البولي إيثلين وشكل المصدر كما ذكرنا سابقاً.

إذا جمعت الاستجابة الطاقية للمصدر ^{252}Cf لكل كرة من الكرات ومن أجل كل قيمة من قيم المجالات الطاقية ΔE_j للمصدر ^{252}Cf ، وبتمثيل النتيجة كتابع لطاقة النترونات نحصل على المنحنيين الموضحين في الشكل (10) للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي.

يوضح الشكل (10) أن مجموع الاستجابات الطاقية للمصدر ^{252}Cf القرصي (بعد ضربها بمعامل تنظيم على المساحة 34.24) والنقطي (بعد ضربها بمعامل تنظيم على المساحة 1171.4) لكرات البولي إيثلين الثماني من أجل كل قيمة من قيم المجالات الطاقية ΔE_j لطيف المصدر يعطي شكلاً مشابهاً لشكل طيف المصدر من حيث موقع القمم الأربع حول الطاقات 0.6, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 MeV، وهذا يثبت أن توابع الاستجابة الطاقية للمصدر ^{252}Cf تتضمن معلومات عن طيف هذا المصدر.



الشكل (10) مجموع الاستجابات الطاقية لكرات المطيافية المعتبرة في حالة المصدر ^{252}Cf النقطي والقرصي

حُسبت توابع الاستجابة الطاقية للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي باستعمال مطيافية نثرونية مكونة من كرة من البولي إيثيلين متغيرة القطر والكاشف BF_3 ؛ وذلك باعتماد طيف نثرونات الانشطار للمصدر ^{252}Cf مُعبراً عنه وفق كل من معادلة وات وماكسويل الآتيتين [13,14]:

$$N(E)dE = 0.4527 \times \exp[-(E/0.965) \times \text{sinch}(2.290 \times E)^{1/2}] \quad (8)$$

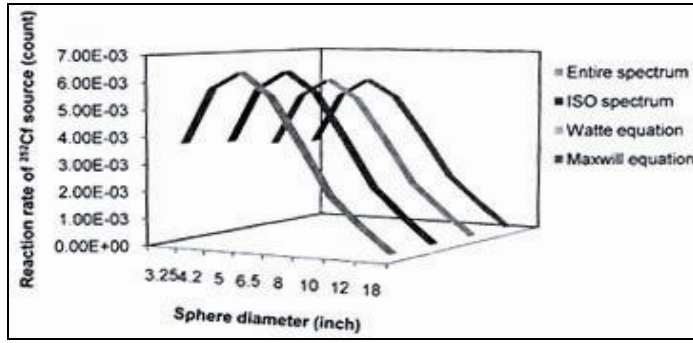
$$N(E)dE = 0.66701 \times \exp[-(E/1.42) \times (E)^{1/2}] \quad (9)$$

إذ:

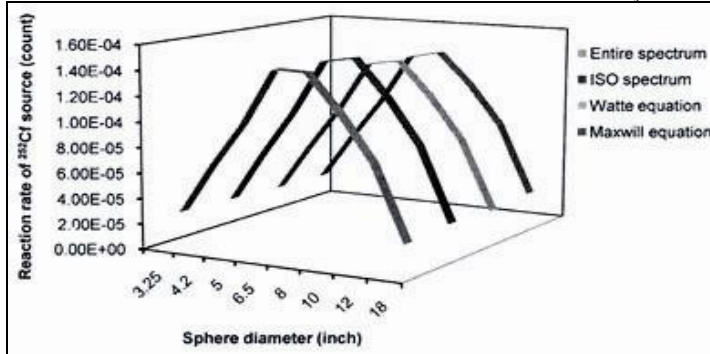
$N(E)dE$ - عدد النثرونات ذات الطاقة $E(\text{MeV})$ في مجال الطاقة dE ، و $E(\text{MeV})$ طاقة النترون.

استعملت نتائج حسابات توابع الاستجابة الطاقية للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي وباعتماد طيف نثرونات الانشطار للمصدر ^{252}Cf مُعبراً عنه وفق المرجع [8] والمعادلتين (8) و(9)؛ وذلك للحصول على معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ لهذا المصدر.

يوضّح الشكلان (11) و(12) مقارنة بين قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي كتابع لأقطار كرات البولي إيثيلين الموضحة في الشكل (3) وبين تلك المحسوبة من توابع الاستجابة الطاقية باعتماد طيف هذا المصدر وفق المرجع [8] والمعادلتين (8) و(9).



الشكل (11) قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf القرصي كتابع لأقطار كرات البولي إيثيلين.



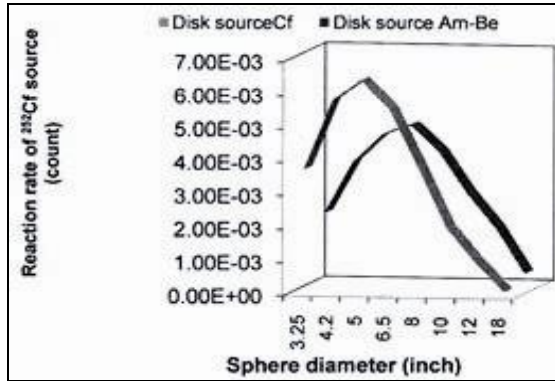
الشكل (12) قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf النقطي كتابع لأقطار كرات البولي إيثيلين.

يلاحظ من الشكل (11): أولاً التوافق الكبير بين قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf القرصي باعتماد طيف المصدر كما في الفقرة 2.5، وبين تلك المحسوبة للمصدر نفسه من توابع الاستجابة الطاقية باعتماد طيف المصدر ^{252}Cf وفق المرجع [8] إذ بلغ متوسط الفرق النسبي بين هذه القيم 2.13%، ثانياً التوافق الكبير بين قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf القرصي المحسوبة باستعمال توابع الاستجابة الطاقية باعتماد طيف المصدر ^{252}Cf وفق كل من المرجع [8] والمعادلتين (8) و(9) إذ بلغ متوسط الفرق النسبي بين القيم المحسوبة وفق المرجع [8] وبين تلك المحسوبة وفق المعادلة (8) القيمة 6.84% والقيمة 5.57% لتلك المحسوبة وفق المعادلة (9).

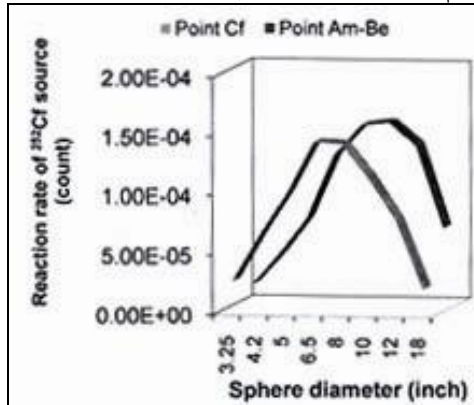
يلاحظ من الشكل (12): أولاً التوافق الكبير بين قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf النقطي كتابع لأقطار الكرات المحسوبة باعتماد طيف المصدر كما في الفقرة 2.5 وبين تلك المحسوبة للمصدر نفسه من توابع الاستجابة الطاقية باعتماد قيم

طيف المصدر ^{252}Cf وفق المرجع [8] إذ بلغ متوسط الفرق النسبي بين هذه القيم 1.69%، ثانياً التطابق الكبير بين قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر القرصي ^{252}Cf المحسوبة باستعمال توابع الاستجابة الطاقية باعتماد قيم طيف المصدر ^{252}Cf وفق المرجع [8] والمعادلتين (8) و (9) حيث بلغ متوسط الفرق النسبي بين القيم المحسوبة وفق المرجع [8] وبين تلك المحسوبة وفق معادلة وات القيمة 6.86% والقيمة 5.62% لتلك المحسوبة وفق معادلة ماكسويل.

قُورنت قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر القرصي ^{252}Cf والنقطي بقيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر $^{241}\text{Am-Be}$ [15] المحسوبة باستعمال مطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثيلين متغيرة القطر والكاشف BF_3 . ويوضح الشكلان (13) و (14) على الترتيب قيم معدل التفاعل للمصدرين ^{252}Cf و $^{241}\text{Am-Be}$ القرصي والنقطي.



الشكل (13) مقارنة بين قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf و $^{241}\text{Am-Be}$ القرصي.



الشكل (14) مقارنة بين قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf و $^{241}\text{Am-Be}$ النقطي.

يوضح الشكل (13) أن القيمة العظمى لمعدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ في حالة المصدر القرصي تكون عند استعمال كرة البولي إيثيلين ذات القطر 5.00 inch بالنسبة إلى المصدر ^{252}Cf وعند استعمال الكرة ذات القطر 6.50 inch بالنسبة إلى المصدر $^{241}\text{Am-Be}$ ، كما أن قيم معدل التفاعل باستعمال الكرات ذات الأقطار 3.25, 4.20, 5.00, 6.50 inch تكون أكبر في حالة المصدر ^{252}Cf منها لحالة المصدر $^{241}\text{Am-Be}$ ، ولكن مع ازدياد أقطار كرات البولي إيثيلين بدءاً من الكرة ذات القطر 8.00 inch تصبح قيم معدل التفاعل أكبر باستعمال المصدر $^{241}\text{Am-Be}$.

يوضح الشكل (14) أن القيمة العظمى لمعدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ في حالة المصدر النقطي تكون عند استعمال كرة البولي إيثيلين ذات القطر 6.50 inch بالنسبة إلى المصدر ^{252}Cf وعند استعمال الكرة ذات القطر 10.00 inch بالنسبة إلى المصدر $^{241}\text{Am-Be}$ ، كما أن قيم معدل التفاعل باستعمال الكرات ذات الأقطار 3.25, 4.20, 5.00, 6.50 inch تكون أكبر في حالة المصدر ^{252}Cf منها لحالة المصدر $^{241}\text{Am-Be}$ ، ولكن مع ازدياد أقطار كرات البولي إيثيلين بدءاً من الكرة ذات القطر 8.00 inch تصبح قيم معدل التفاعل أكبر باستعمال المصدر $^{241}\text{Am-Be}$. ويفسر ذلك بأن القيمة الوسطية لتوزيع الطيف الطاقي للمصدر ^{252}Cf تقع عند القيمة 2.1 MeV في حين تقع عند القيمة 5.48 MeV بالنسبة إلى المصدر $^{241}\text{Am-Be}$.

10. الاستنتاجات:

استعمل الكود MCNP5-beta في هذا البحث لحساب معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ وتوابع الاستجابة الطاقية النترونية لمصدر النترونات ^{252}Cf على شكل نقطي وقرصي، وذلك باستعمال مطيافية نترونية مكونة من كرة من البولي إيثيلين متغيرة القطر وكاشف النترونات الحرارية BF_3 .

بيّنت نتائج الحساب أن توابع الاستجابة الطاقية لحالة مصدر النترونات ^{252}Cf القرصي أكبر مما هي لحالة المصدر النقطي، كما أن توابع الاستجابة الطاقية للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي تملك قمماً عظمى توافق قمم طيف هذا المصدر، وأن الاستجابة لجملة كرة- كاشف تبلغ قيمة عظمى من أجل الكرة ذات القطر 5.00 inch في حالة المصدر القرصي ومن أجل الكرة ذات القطر 6.50 inch في حالة المصدر النقطي.

أعطت نتائج حسابات توابع الاستجابة الطاقية للمصدر ^{252}Cf القرصي والنقطي منحني له شكل طيف هذا المصدر نفسه، وكذلك تطابقاً كبيراً بين قيم معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ للمصدر ^{252}Cf النقطي والقرصي وبين تلك المحسوبة باستعمال توابع الاستجابة الطاقية للمصدر نفسه.

بيّنت نتائج الحساب أن استعمال طيف المصدر ^{252}Cf الموصف في المراجع [8, 13, 14] يعطي تقريباً القيم نفسها لكل من معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ وتوابع الاستجابة الطاقية لهذا المصدر. أكدت نتائج الحساب تأثير التوزيع الطيفي لمصدر النترونات في معدل التفاعل $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$.

REFERENCES

1. Brooks, F. D., Klein, H., (2002). Neutron spectroscopy-historical review and present status. Nucl. Instr. Meth. A 476, 1-11.
2. Bramblett, R.L., Ewing, R.I., Bonner, T.W., (1960). Neutron spectroscopy-historical review and present status. Nucl. Instr. and Methods 9, 1-12.
3. Awschalom, M., Sann, R. S., (1983). " Applications of Bonner Sphere detector in neutron field dosimetry" TM-1209, 1183.000, September.
4. Mares, V., Schraube, G. and Schraube, H., (1991). " Calculated neutron response of a Bonner sphere spectrometer with ^3He counter ". Nuclear Instrument and Methods in Physics Research A (307) :398-412.
5. Muller, H., Fernandez, F., Van Ryckeghem, L., and others, (2002). "Monte Carlo calculations and experimental results of Bonner Sphere systems with a new cylindrical Helum-3 Proportional counter". Nuclear Instrument and Methods in Physics Research A (476):411-415.
6. Briesmeister, J. F., (2000). MCNP—a general Monte Carlo N-particle transport code. Version 4C. Los Alamos National Laboratory Report LA-13709-M, Los Alamos.
7. Martin, R.C., Californium-252, (2000). Newsletter, 4, 1 Oak Ridge National Laboratory, January .
8. International Standard ISO 8529 (2001). Reference neutron radiations–Part 1: Characteristic and methods of productions. International Standard ISO 8529-1
9. Nahili, M., (2013). " Calculation of the reaction rate and response matrix of a neutron spectroscopy consisting of a polyethylene sphere of variable diameter and BF_3 detector using the MCNP5-beta code " Journal of the fundamental sciences, Damascus University, Vol. 31 (1).
10. LND 2029. Cylindrical BF_3 Neutron detector. WWW. Indinc. Com/ neutron/ 2029.htm.
11. Khabaz, R., Hakimabad, H. M., (2011). "Evaluation of response matrix of a multisphere neutron spectrometer with water moderator" journal of physics Vol. 77, No. 4 pp. 599–609.
11. Amgarou1, K. and Lacoste, V., (2010). Response matrix evaluations of a passive Bonner sphere system used for neutron spectrometry at pulsed, intense and complex mixed fields, published by IOP published for SISSA, September 3.
13. Palacios, F., Hernández-Dávila, V. M. and others. (2007). "Neutron Dosimetry and Neutron Spectrum Unfolding Using Neural Networks".
14. Rivard, M.J., (1999). " Dosimetry for ^{252}Cf Neutron Emitting Brachytherapy Sources: Protocol, measurements, and calculations " Med Phys, Vol. 26 (8), pp. 1503-1514.
15. Nahili, M., (2013). " Calculation of the energy response of a neutron spectrometer consisting of a polyethylene sphere of variable diameter and BF_3 detector for the $^{241}\text{Am-Be}$ neutron source using the MCNP5-beta code " Journal of the fundamental sciences, Damascus University, Vol. 31 (2).