تصميم واختبار درع واقي لكل من النيوترونات واشعة كاما متعدد الطبقات باستخدام مجموعات مختلفة من المقاطع العرضية

*خالد رشاد عبد الله الراوي**

استلام البحث 31، أيار، 2009
قبول النشر 2،آب، 2009

الخلاصة:

تم تصميم درع واقي لكل من النيوترونات واشعة كاما وذلك باستخدام مادتي الماء و الحديد بشكل متعاقب وبالابعاد المثبتة لغرض دراسة امكانية توهين كل من النيوترونات واشعة كاما.

امكن تطويع وتهيئة البرنامج ANISN لحسابات الدروع الواقية باعتماد حسابات الجرع الاشعاعية اذ تم استخدام مجموعتين من المقاطع العرضية لكل من النيوترونات واشعة كاما التي تعتمد على معادلة الانتقال في بعد واحد وبطريقة المحاور المحددة Discrete ordinate ومن خلال اجراء تحويل المقاطع العرضية الى قيم لا تعتمد على عدد المجموعات فقد تم تقليل حجم الذاكرة للبرنامج المستخدم اذ كانت النتائج المستحصلة متطابقه بشكل كبير مع نماذج معتمدة للمقاطع العرضية مما يعزز امكانية استخدام هذا البرنامج في حسابات الدروع الواقية واعتماد الدرع الواقي المصمم في هذا البحث للحماية من المصادر المشعة للنيوترونات واشعة كاما لما اثبته هذا الدرع من امكانية توهين كلا النوعين من الاشعاعات من خلال هذه الدراسة النظرية .

الكلمات المفتاحية:- النيوترونات، اشعة كاما، الدرع الواقي، المقاطع العرضية، معدل معامل الجرعة

المقدمة:

في تصميم المفاعلات هناك تصاميم مختلفة للدروع بالامكان حسابها نظرياً وهي قادرة على توهين الاشعاع الناتج من قلب المفاعل الى الحد المطلوب عند السطح الخارجي للدرع المصمم.

ان الهدف الاساسي لمثل هذه الدراسات يتمثل في ايجاد الترتيب المثالي لمكونات مواد الدرع الذي يؤدي في المحصلة الى دروع ذات كلفة قليلة.

ومثلما هناك تمييز بين وظيفة وعمل الدروع الحرارية والدروع البايلوجية فهناك في الوقت نفسه تمييز في عمل ووظيفة كل من الدروع للنيوترونات والدروع لاشعة كاما . هذا التميز اساسي ومهم بسبب الاختلافات في تفاعل كل من النيوترونات واشعة كاما مع المادة . فالمواد الثقيلة (كثافة عالية) مثل الحديد والرصاص تعد نسبيا ذات قابلية عالية لامتصاص اشعة كاما ولكنها ذات امتصاصية واطئة تجاه النيوترونات ذات الطاقة من (1Mev – 1ev) .

من جانب اخر فأن المواد المحتوية على الهيدروجين (عناصر خفيفة) مثل الماء (H_2O) ذات فعاليةعالية في ان تكون دروعاً ضد النيوترونات ضمن المدى (1Mev – 1ev) من طاقة النيوترونات وفي نفس الوقت فان لها تأثيراً في توهين اشعة كاما.

المناطق المحتوية على الماء في الدروع فهي بالاساس لتوهين النيوترونات السريعة (طاقة عالية). وبذلك تعمل بوصفها دروعاً للنيوترونات.

وفي الوقت نفسه فان طبقات الحديد تسهم في توهين النيوترونات الاشعاعية الناتجة من التفاعلات الحاصلة اذا كانت هذه الدروع ذات طبقات متعددة فضلاً عن توهين اشعة كاما بالدرجة الاولى [1].

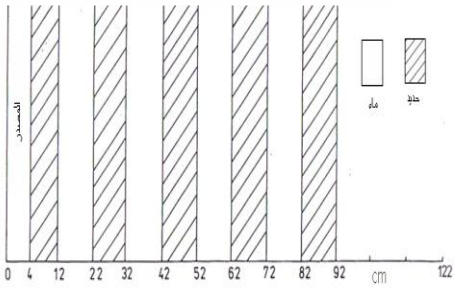
في نظرية استطارة التصادم المرن يفقد النيوترون معظم طاقته اذا كانت نواة الهدف ذات كتلة مقاربة او مساوية للنيوترون وهذا يحصل في قوى الكتل الخفيفة مثل نواة ذرة الهيدروجين التي غالباً ما تكون مهدئات فعالة للنيوترونات, لذلك فان اغلب دروع المفاعلات او بشكل عام معظمها تحتوي على دروع يكون الهيدروجين هو العنصر الاساسي في تكوينها وعلى سبيل المثال الماء[2] اذ يكون شائع الاستعمال في المفاعلات النووية وهذا ماتم اعتماده في اختيار مواد الدرع واسلوب الترتيب لتصميم درع واقي لكل من النيوترونات واشعة كاما في هذه الدراسة.

ومن خلال التجارب العملية فان المعلومات المتوافرة والمتاحة لاهم واغلب الانشطارات المهمة الحاصلة وانشطارات النوى U^{238} و U^{233} و P^{239} تشير الى ان عمليات الانشطار لهذه النوى متشابه في الشكل والمضمون لما يحصل في انشطار U^{235} ،لذلك يمكن اعتماد سلوك U^{235} بوصفه انموذجاً مثالياً لانشطارات النيوترونات في النوى الثقيلة [3]. وهذا ماتم اعتماده في هذه الدراسة ً من خلال اعتماد المصدر النيتروني .

*قسم الفيزياء – كلية العلوم للبنات /جامعة بغداد

1 . وصف الحالة:-

تم اعتماد أنموذج الدرع الواقي من الماء والحديد والمقسم الى مناطق ماء وحديد بالتبادل ووضع المصدر المشع في المنطقة الاولى وهو الماء كما في الشكل (1) . المصدر ذو طيف انشطار نيوتروني (U-235) يعرف (Fission spectrum Neutron source) وان طول الدرع الواقي مع منطقة المصدر 122 cm مقارنة بحالة مدروسة لها الجرع الاشعاعية بطريقة مختلفة استناداً الى المصدر [4] من مكتبات المقاطع العرضية مقارنة بدقة النتائج المستحصلة ولغرض معالجتها من خلال البرنامج ANISN [5] ومن خلال استخدام مكتبات المقاطع العرضية المتوافرة لدينا [6 ,7]والتي هيئت بحسب ماسيتم توضيحه في الحسابات الخاصة بهذه الدراسة .



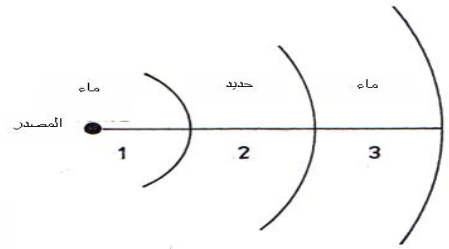
الشكل 1:- تصميم أنموذج الدرع الواقي

2. الحسابات

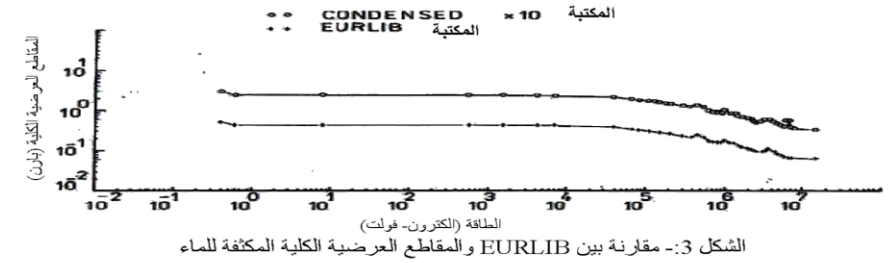
2-1 حسابات المقاطع العرضية المستخدمة

تم استخدام مكتبتين من المقاطع العرضية والمتوفرة لمواد الدرع المستخدمة اذ ان المكتبة الاولى تتكون من 61 مجموعة طاقية(45 مجموعة طاقية نيوترونية و 16 مجموعة طاقية لاشعة كاما) [6] بينما المكتبة الثانية تتكون من 120 مجموعة طاقية (100 مجموعة طاقية للنيوترونات و20 مجموعة طاقية لاشعة كاما) [7]

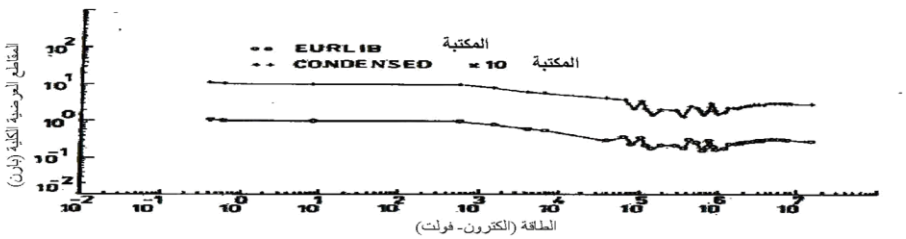
تم تقليص المكتبة الثانية (120 group) من خلال اجراء حسابات لاعدادها من خلال تحوير هيكلية المقاطع العرضية وتحويلها الى شريط كامل لايعتمد على عدد المجموعات وبذلك نستطيع ان نحصل على شريط واحد من المقاطع العرضية لكل المواد الداخلة في الحسابات (الماء والحديد) ولكل انواع المقاطع وتم عمل هذا الشريط لكل مجموعة طاقية مما يعد الحل للمشكلة التي تواجه البرنامج اذ من خلال هذا التحوير امكن تقليل حجم الذاكرة اللازم لحسابات البرنامج ANISN وتطويعه وتهيئته لمثل هذه الحسابات للدروع الواقية اذ تم وصف الحالة الهندسية للدرع الواقي بحسب الشكل (2). باستخدام البرنامج ANISN اجريت الحسابات على 120 مجموعة طاقية ومنها تم الحصول على الفيض الطاقي لكل منطقة (zone) ومن خلال استخدام هذا الطيف الطاقي يتم داخل البرنامج تقليص المجموعات الطاقية الى العدد المطلوب نفسها الذي حدد عدد المجاميع والحدود الطاقية في المجموعة الاولى (المكتبة الاولى) من المقاطع العرضية اذ تمثل الاشكال (6,5,4,3) المقاطع العرضية الكلية بوصفها دالة للطاقة والمأخوذة من كلتا المكتبتين المذكورتين لكل من الماء والحديد .



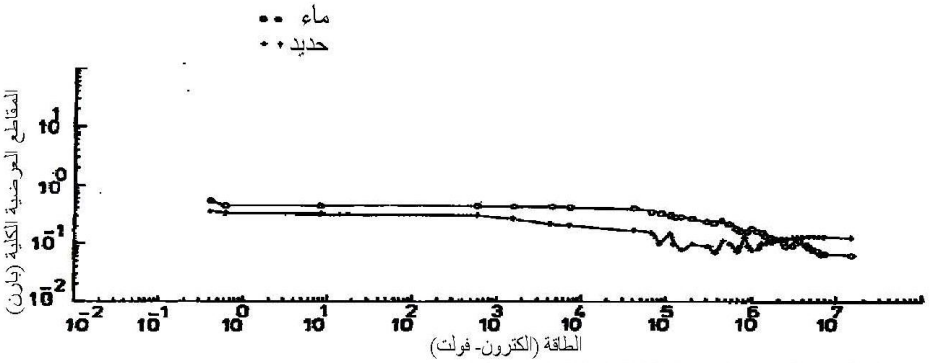
الشكل 2:- التصميم الهندسي للحسابات التكثيفية



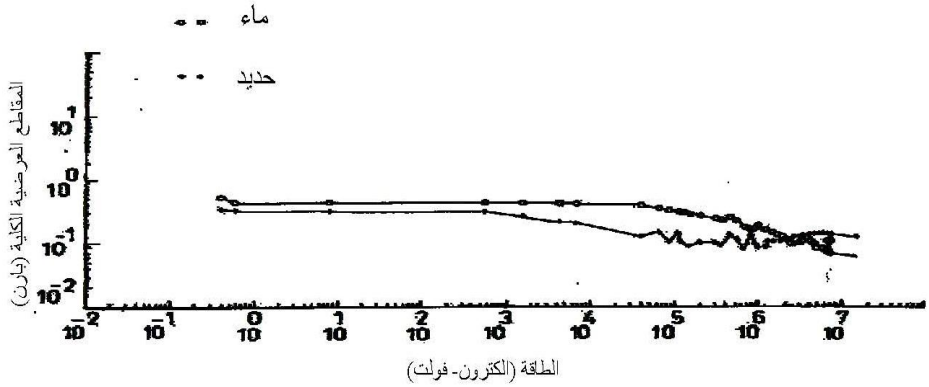
الشكل 3:- مقارنة بين EURLIB والمقاطع العرضية الكلية المكثفة للماء



الشكل 4:- مقارنة بين EURLIB والمقاطع العرضية الكلية المكثفة للحديد



الشكل 5:- المقاطع العرضية الكلية المكثفة للمجموعة الطاقية نيوترون – كاما EURLIB-LWR 45/16 (نيوترون)



الشكل 6:- المقاطع العرضية الكلية المكثفة للمجموعة الطاقية EURLIB 120 Groups باستخدام المصدر الانشطاري

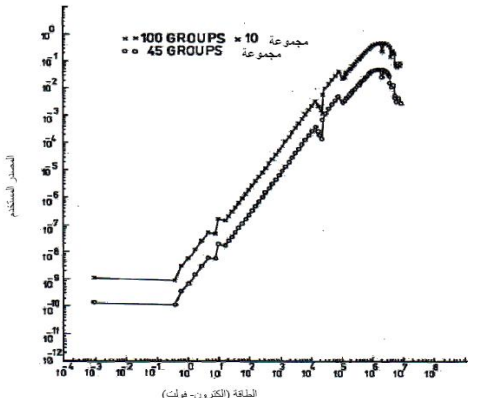
2-2 حسابات المصدر النيوتروني المستخدم

لحساب المصدر النيوتروني (التوزيع النيوتروني) الذي هو عبارة عن الطيف الانشطاري لليورانيوم (U-235)والذي يحسب من المعادلة الاتية [8]

$$N(E)=0.484\sinh(2E)^{1/2}e^{-E}$$

تمت تهيئة البرنامج source والمكتوب بلغة فورتران بحيث يتم اعطاؤه حدود الطاقات المعينة ثم الحصول على المصدر النيوتروني لهذه المجاميع الطاقية بالصيغة التي يقبلها البرنامج ANISN اي صيغة (ANISN Format) .

من خلال هذه الطريقة حصلنا كما في الشكل (7) على التوزيع الطاقي للمصدر النيوتروني بالنسبة 100 مجموعة طاقية نيوترونية (المكتبة الاولى) و 45 مجموعة طاقية نيوترونية (المكتبة الثانية) اذ يظهر السلوك المتناظر لهما مما يدل على تطابق الحسابات والاجراءات العملية لتكثيف المجاميع الطاقية (condensed) وتوحيدها وملائمتها مع عمل البرنامج ANISN .



الشكل 7:- التوزيع الطاقي للمصدر لـ 100 و 45 مجموعة طاقية نيوترونية

2-3 حسابات الجرع الاشعاعية المستخدمة

لحساب الجرع الاشعاعية لكل من النيوترانات واشعة كاما تمت تهيئة البرنامج (Dose) والمكتوب بلغة فورتران لحساب معامل معدل الجرعة (Dose Rate Factor) (DRF) وذلك باعطائه حدود طاقات المجاميع لكل من

النيوترونات واشعة كاما اذ يقوم هذا البرنامج بحساب هذه المعاملات (معاملات التحويل الى الجرع الاشعاعية) وترتيبها في مصفوفات المقاطع العرضية المهيئة والتي يستخدمها البرنامج في كل منطقة هندسية (Geometrical region) ويتم حساب الجرع داخل البرنامج ANISN وذلك بحساب معدل التفاعل (reaction rate) على وفق المعادلة الاتية :-

$$R(I)=\Phi(G)+F(G)$$

اذ ان R(I) = الجرع الاشعاعية المطلوبة عند ال interval

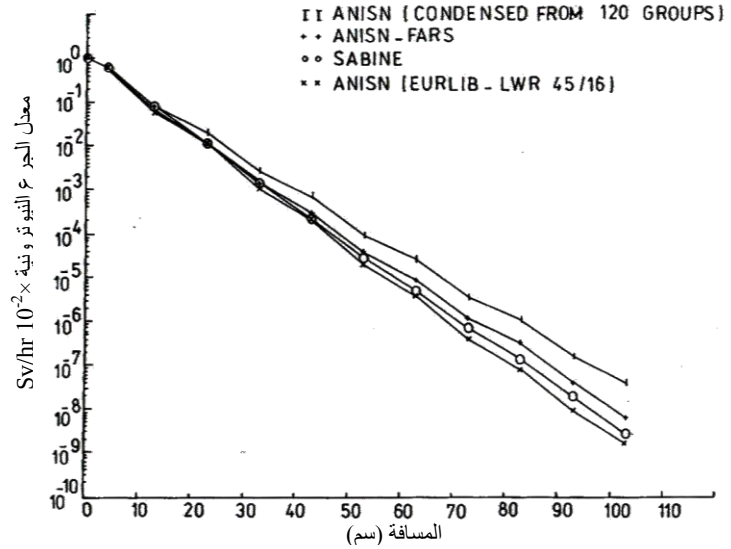
$\Phi(G)$ = الفيض النيتروني للمجموعة الطاقية G

F(G) = معامل التحويل الى الجرع الاشعاعية للمجموعة الطاقية G

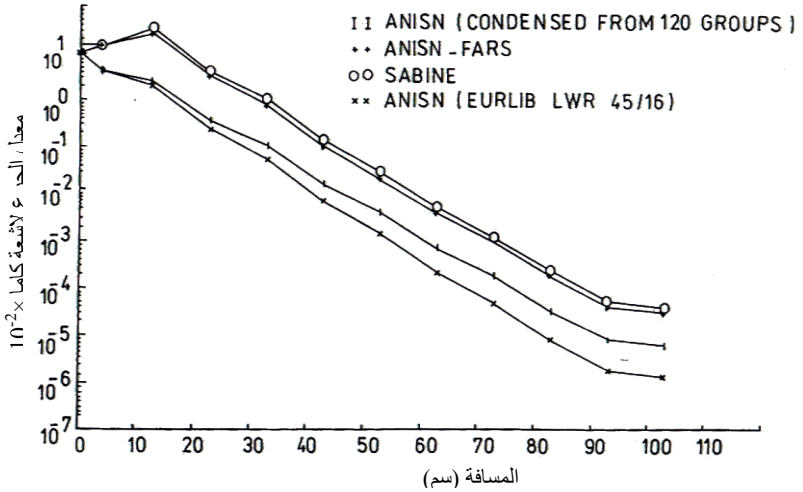
اذ يقوم البرنامج Dose بأعطاء (DRF) المقابلة لكل مجموعة طاقية .

اما بالنسبة للنيوترونات فهي بحسب معادلة خاصة وجدول خاص لقيم المعاملات [9]

اما بالنسبة لاشعة كاما فان الحدود الطاقية لكل مجموعة لها (DRF) معين اذ انه باعطاء الطاقات لكل من النيوترونات واشعة كاما نحصل على (DRF) المناسب .



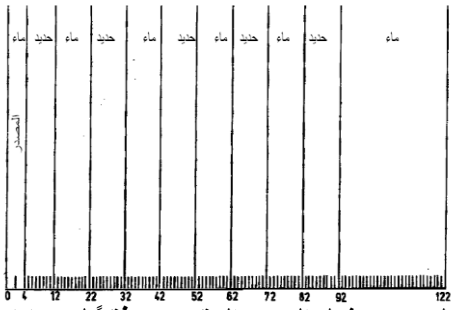
الشكل 9:- مقارنة معدل الجرع للنيوترونات



الشكل 10:- مقارنة معدل الجرع لاشعة كاما

النتائج:

لقد تم اجراء الحسابات باعتماد التقسيمات الهندسية للدرع الواقي كما هي محددة في الشكل (8) وفقا لما يتطلبه البرنامج على وفق نظام (mesh's point) .
في منطقة المصدر تم استخدام المقاطع العرضية للماء الموزونة (normalized) في المنطقة 3و 2 في الشكل (2) .



الشكل 8:- تمثيل الدرع المقترح وفقاً لحسابات البرنامج ANISN

تم اجراء الحسابات لدراسة توزيع معدل الجرع الاشعاعية وسلوكها في مناطق الدرع المختلفة وبحسب
التقسيمات الهندسية التي حددت لها وباستخدام المجموعتين المكتبيتين من المقاطع العرضية والتي تمت تهيئتها سابقا وكذلك باستخدام المقاطع العرضية الموثقة من المصدر [4] ولغرض المقارنة فقد حصلنا على نتائج متقاربة اذ يمثل الشكل (9) نتائج معدل المقارنة للجرع الاشعاعية للنيوترونات باعتماد المقاطع العرضية المختلفة والشكل (10) يمثل معدل المقارنة للجرع الاشعاعية لاشعة گاما باعتماد المقاطع العرضية المختلفة ايضا لكل من المتوافرة والمهيئة خلال هذا البحث وكذلك المعتمد لاجل المقارنة .

المناقشة :

من خلال النتائج المستحصلة ومن خلال استخدام المقاطع العرضية المهيئة في هذه الدراسة والمقاطع العرضية الموثقة والمعتمدة [4] SABINE وجد تقارب في هذه النتائج من خلال سلوك معدل الجرع الاشعاعية خلال الدرع الواقي لكل من النيوترونات واشعة گاما الشكل (9, 10) كما يمكن اعتماد الانموذج المقترح للدرع الواقي في هذا التصميم حسب ما اظهرته النتائج الهندسية من امكانية هذا الدرع في توهين كل من النيوترونات واشعة گاما وبحسب الطاقات المحددة له[13,12,11,10] .
عند مطابقة النتائج نلاحظ بعض الفروقات وذلك لاسباب عدة يجب الاشارة اليها واخذها بالحسبان لتفسير النتائج وهي :-

1 . فيما يتعلق بالمصدر

عدم التطابق في نوعية المصدراذ اشار التقرير المعتمد الى انه مصدر نيتروني فقط اما المصدر في دراستنا فهو محدد كما سلف ذكره في الحسابات وكذلك تحديد موقع المصدر قد يكون متشابه تماما فضلاً عن الى التوزيع الزاوي للمصدر[14] اذ اننا اعتمدنا في حساباتنا للمصدر على انه Isotropic distribution وقد يختلف هذا عما اعتمده التقرير المعتمد اذ لم يتم شرح تفاصيل ذلك .

2. فيما يتعلق بالمقاطع العرضية:-

المقاطع العرضية المستخدمة في [4] المعتمدة والمختلفة في طريقة حسابها عن المقاطع العرضية التي تم اعتمادها في دراستنا اظهرت التباين في النتائج اذ ان البرنامج ANISN يستخدم المقاطع العرضية CASK-Library, FARS Library وهما عبارة عن مكتبتي مقاطع عرضية مزدوجة للنيوترونات واشعة گاما اذ ان المقاطع العرضية FARS مقلصة (condensed) من 18-104 Neutron-Gamma energy group الى 29-11 والطيف الموزون عليه هو الفيض المحسوب في ANISN الناتج من مصدر ذي طيف انشطار نيوتروني في وسط متجانس محدد المقاطع العرضية المستخدمة في CASK وهي (18-22 Neutron-Gamma energy group) والمصدر المعتمد على شكل فلات [15]Flat .
الحسابات الاخرى التي تمت المقارنة بها المكتبة SABINE والمصدر فيها على شكل فلات Flat ايضا وبطول 4cm والمصدر هو مصدر انشطار نيوتروني[16] وهذا غير موجود في البرنامج ANISN لذلك حتى تتم المقاربة اكثر من التطابق في النتائج ففي هذه الحالة يجب طرح اشعة گاما (من الانشطار) من نتائج SABINE قبل مقارنة الجرع الاشعاعية لگاما .
فضلاً عن ذلك فان SABINE لايعالج اشعة گاما الثانوية المتولدة في المناطق البعيدة نوعا ما عن المصدر النيتروني وهذه موجودة في ANISN بسبب احتوائه على الشروط الحدودية (Reflective boundary condition) [17]

الاستنتاجات :

1- تبين النتائج انه بالأمكان استخدام المقاطع العرضية المتوافرة وتكثيف المجاميع الطاقية لها اذا تطلب الامر وفقا لمعطيات البرنامج ANISN والحصول على نتائج مقاربة لنتائج معتمدة عالميا.
2 - امكانية توظيف وتطويع البرنامج ANISN في حسابات الدروع الواقية للمصادر المشعة للنيوترونات واشعة گاما.
3 - بالامكان تصميم دروع واقية من مواد متوافرة محلياً من خلال توافر المعطيات لها و امكانية

تصميم هذه الدروع بشكل مناسب اذ يسهل عملية التوهين لكل من النيوترونات واشعة كاما.

المصادر:

1- JAMES, W. 1982. "Computational methods in reactor shielding. Department of Nuclear engineering" ,Queen Mary college, university of London , UK. pp625.

2- Lamarsh, J.R. 1972. "Introduction to nuclear Reaction theory". Addison –Wesley. pp415.

3- Morgan, K.Z. and Turner, J.E. 1973. "Principle of radiation protection". New York, USA. pp342.

4- SABIN LIBRARY .1975 April "Text book of Cross-section of 45& 120 groups of Neutrons and gamma rays. NEA NEWS LETTER, No.18.

5- ANISN–ORNL.1969. "Multi Group One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering", ANSI – 71-1, New York, USA. Pp702.

6- EURLIB-ORNL: 45/16 and 15/5.1973."Two Broad Group Library for LWR-Shielding problem", Text book of Cross-section LIB, California, USA PP 193.

7- EURLIB-4.1975. "120 Group Coupled Neutron and gamma data Library", Text book of Cross-section LIB 120, California, USA PP 301..

8- Glasstone ,A. and Sesonske ,A. 1967. "Nuclear Reactor Engineering". VAN NOSTRAND REJNHOLD Company. pp412.

9- NEA NEWS LETTER, 1977. "AMERICAN National standard Neutron and gamma –Flux –to – Dose–rate factors" [ANSI/ANS-6 .I.I -1977]. [N666]

10- David, A.W. 2004. "Shielding of Neutron Emission Ratio Observer from Neutron Produced by Cosmic Rays". Project no. S152H, CALIFORNIA STATE SCIENCE Fair.

11- EL-Sayed .A.A. and Negahid, R.M. 2001. "Homogeneous and multilayered shield for neutron and Gamma rays". Japanese journal of Applied physics 40(4A):2460.

12- Rick, P. 2006, "Cold Neutron prompt Gamma ray Activation Analysis for characterization of Hydrogen Storage and related materials", Material Research Society 33(4)EE03-05.

13- Bock, R. 2008, " Very-High Energy Gamma Rays from a Distant Quason: How transparent is the Universe " Science 320(5884) PP 1752-1754.

14- Ebisawa, T. 2009, "Shield evaluation of cold neutron Curved Guide tubes for J-PARC neutron resonance Spin echo Spectrometer" Japan Atomic Energy Research Institute, 600(1)pp 126-128.

15- Rarseli, G. 2008, "analysis and improvement of cyclotron thallium target room shield", Radiation protect Dosimetry, 130(4)pp427-33.

16- Ralsali, G. 2006, "Analysis of neutron and gamma ray streaming along the maze of NRCAM thallium production target rom", Applied Radiation and Isotopes, 64(8)pp940-947.

17- Vega, H. R. 2007,"Water Extended Polyester Neutron Shield for $A^{258}CF$ Neutron Source", Radiation protect Dosimetry, 126(1-4) pp269-273.

Design and Testing a Neutrons and Gamma-Rays Multilayer Shield Using Different Groups of Cross – Sections

Khalid R. Abdullah Al Rawi*

*Physics Department/College of science for Women Baghdad University

Abstract:

A preventing shield for neutrons and gamma rays was designed using alternate layers of water and iron with pre-fixed dimensions in order to study the possibility of attenuating both neutrons and gamma-rays.

ANISN CODE was prepared and adapted for the shield calculation using radiation doses calculation: Two groups of cross-section were used for each of neutrons and gamma-rays that rely on the one – dimensional transport equation using discrete ordinate's method, and through transforming cross-section values to values that are independent on the number of groups. The memory size required for the applied code was reduced and the results obtained were in agreement with those of standard acceptable document samples of cross –section, this assists the possibility of using this program for calculation of shields and adopting the shield design shield in this research for shielding from neutron and gamma-rays because the calculation of this designed proved the possibility of efficient attenuation of both of these kinds of radiations through from this theoritical study.