

# محاكاة آلية توهين أشعة جاما في المواد باستخدام كود MCNP نورس غازي الهلامي

مدرس في كلية العلوم، جامعة الفرات، دير الزور، الجمهورية العربية السورية

E-mail: [nawrasalhoulami@alfuratuniv.edu.sy](mailto:nawrasalhoulami@alfuratuniv.edu.sy)

## الملخص:

قمنا بمحاكاة لتجربة توضّح آلية توهين أشعة جاما في المواد عن طريق تعيين معامل التوهين الخطي والكتلي ومعامل النفوذية والسّمك النصفّي للألمنيوم والحديد والقصدير باستخدام البرنامج MCNP(Monte Carlo N-Particle)، وذلك عن طريق وضع كود مناسب للحسابات يُمكننا من قياس معاملات التوهين لمعادن مختلفة وسماكات مختلفة ولمنابع ذات طاقات مختلفة.

وجدنا تطابقاً بين القيم المحسوبة بواسطة الكود الذي قمنا بتصميمه مع القيم التجريبية المأخوذة من تجربة عداد غايغر - مولر من جهة، ومع الجداول العالمية لمعاملات التوهين الكتلي من جهة أخرى. مما يؤكد صحة ودقة الكود المستخدم، وهذا يوفر قاعدة بيانات لأجراء الحسابات وتصميم التجارب في الفيزياء النووية في سوريا عموماً وفي جامعة الفرات خصوصاً.

الكلمات المفتاحية: معامل التوهين الخطي - معامل التوهين الكتلي - معامل النفوذية - السّمك النصفّي.

## 1. المقدمة: Introduction

تتبادل الجسيمات المشحونة التأثير مع المادة ضمن مجال للطاقة قدره  $10^4 - 10^{12} eV$  حيث أنّ التدافع الكولوني يمنع حدوث أي تفاعل من أجل قيم أقل للطاقة، في حين تقترب التفاعلات إلى مجال التفاعلات النووية من أجل قيم أكبر للطاقة. ويتوقّف فقدان الطاقة على نوع الجسيمات المقذوفة وعلى سرعتها، حيث يُقلّ من أجل السرعات العالية. لا يُمكننا تعيين المدى للإشعاعات الكهرطيسية لأنّ تفاعل الإشعاع مع إلكترونات النوى يتمّ عن طريق الفوتونات المُنتقلة، لذا من الأنسب في هذه الحالة التكلّم عن معاملات التوهين، فتكون العمليتين الأساسيتين لضياح الطاقة هما أمّا عن طريق توهين الفوتون كلياً أو جزئياً من قبل الجسيم المشحون أو عن طريق الانتثار الذي يؤدي لانعراج الفوتونات من الحزمة بدون ضياح يذكر في طاقته. إنّ الطاقة التي تخسرها الفوتونات عند اجتيازها المادة الماصّة تنتج بشكلٍ أساسي من ثلاثة مفاعيل أساسية هي (Qadr, 2019): المفعول الكهروضوئي وهي العملية التي يتمّ فيها اقتلاع إلكترون من أحد مدارات الذرة، ويُطلق على هذا الإلكترون أسم الإلكترون الضوئي Photo-Electron. تحدث هذه الظاهرة غالباً مع الإلكترونات الأكثر ارتباطاً مع النواة، أي مع إلكترونات الطبقة  $K$  بشكلٍ أساسي.

المفعول الثاني هو مفعول كومبتون ويحدث عند زيادة طاقة الفوتون، عندها يكون التأثير المُتبادل مع الإلكترونات الإفرادية أكثر احتمالاً، ويكون على شكل تصادم بين الفوتون الوارد والإلكترون المداري (الإلكترون الحر أو الضعيف الارتباط بالذرة، ويحدث ذلك في المدارات البعيدة عن النواة). ويحصل نتيجةً لذلك تشتت لكلٍ من الإلكترون والفوتون الوارد، فتتغيّر طاقة واتجاه الإلكترون بعد عملية التشتت هذه، وتنخفض طاقة الفوتون بزيادة زاوية انحرافه.

المفعول الثالث هو مفعول أنتاج الأزواج حيث يتمّ وفقاً لهذا المفعول اصدار إلكترون-بوزيترون، وبالتالي تتحوّل هذه الطاقة إلى طاقة كتلية، وتحدث هذه الظاهرة عندما تكون طاقة الفوتون الوارد (على الأقل) ضعف طاقة الإلكترون وهو في حالة السكون  $m_e c^2 \approx 0.511 MeV$ . أي تكون طاقة أشعة غاما مساوية على الأقل للقيمة التالية

$2m_e c^2 \approx 1.022 \text{ MeV}$  ولا تحصل هذه الظاهرة إلا في حقل مشحون قوي كحقل النواة، حيث يُستهلك مقدار الطاقة لتكوين كل من كتلي الإلكترون والبوزيترون. وانطلاقاً من أهمية دراسة معاملات التوهين لتصميم الدروع الواقية من أشعة غاما بما تملكه من قدرة اختراق عالية وذلك بمعرفة معاملات النفوذ لكل مادة وبيان قابليتها على حجب هذه الأشعة (Yılmaz, 2011; Najam, 2016)، ونظراً لكون مخابر الفيزياء في جامعة الفرات تفتقر في الوقت الحالي لتجهيزات في الفيزياء النووية، لذا قمنا بتصميم تجربة باستخدام البرنامج (MCNP(Monte Carlo N-Particle) مشابهة لتجربة عداد غايغر- مولر الموجودة في أحد المخابر التابعة لجامعة حلب، والتي يمكن من خلالها توضيح آلية توهين أشعة غاما في المادة وتعيين معامل التوهين الخطي ومعامل التوهين الكتلي ومعامل النفوذية والسلك النصفية للألمنيوم والحديد والقصدير، وذلك بوضع كود مناسب للحسابات يُمكننا من قياس معاملات التوهين لمعادن مختلفة بسماكات مختلفة ولمنابع ذات طاقات مختلفة، مما يوفر قاعدة بيانات لأجراء الحسابات وتصميم التجارب في الفيزياء النووية في سوريا عموماً وفي جامعة الفرات خصوصاً.

## 2. معامل التوهين الخطي $\mu$ : Linear Attenuation Coefficient:

إنّ الطاقة التي تخسرها الفوتونات عند اجتيازها المادة الماصّة تنتج بشكلٍ أساسي من ثلاث مفاعيل، هي: المفعول الكهروضوئي ومفعول كومبتون ومفعول إنتاج الأزواج، وبالتالي يكون معامل التوهين الخطي (الكلي) يساوي لمجموع معاملات التوهين الجزئية، كما يلي (Qadr, 2019):

$$\mu = \mu_{ph} + \mu_c + \mu_{pp} \quad (1)$$

حيثُ  $\mu_{ph}$  معامل التوهين المتعلق بالمفعول الكهروضوئي، و  $\mu_c$  معامل التوهين المتعلق بمفعول كومبتون،  $\mu_{pp}$  معامل التوهين المتعلق بإنتاج الأزواج. فإذا سقط إشعاع غاما وحيد الطاقة عمودياً على صفيحة ماصة من معدن ما سماكته  $x$ ، وكانت  $I$  شدة الأشعة الواردة عليها، فإنّ شدة الأشعة التي تجتاز المعدن تتناسب مع شدة الأشعة الواردة ومع ثخن المادة، كما يلي (Yıldırım, 2016):

$$dI \propto I dx \Rightarrow dI = -\mu I dx \Rightarrow I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2)$$

حيث  $I_0$  شدة الأشعة الواردة إلى الصفيحة عندما يكون  $x = 0$  أي بغياب الدرع أو الحاجز و  $\mu$  ثابت التناسب ويُسمى بمعامل التوهين الخطي ويقاس بوحدة  $1/cm$ ، وهو يُمثل احتمال تفاعل فوتون وحيد وارد بطاقةٍ مُعيَّنة مع أي من الذرات الموجودة في وحدة الحجم من المادة. ويتعلَّق بطبيعة المادة الماصة وطاقة الأشعة الواردة، ويعتمد اعتماداً شديداً على العدد الذري  $Z$  للمادة المتفاعلة، خاصةً عند الطاقات المنخفضة (Najam, 2016). لذا فإنَّ مقدار توهين أشعة غاما في المادة يتعلَّق بكثافة المادة ومستقل عن التركيب الكيميائي والحالة الفيزيائية لها، وبالتالي فإنَّه من المناسب التعبير عن التوهين بدلالة معامل التوهين الكتلي الذي يُعبَّر عنه بالعلاقة التالية (Yıldırım, 2016):

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (3)$$

حيثُ  $\rho$  كثافة المادة الماصة للإشعاع. إنَّ استخدام معامل التوهين الكتلي ملائم أكثر من معامل التوهين الخطي، وذلك لأنَّ قيمة  $\mu_m$  تكون ثابتة من أجل مادةٍ ماصةٍ مُعيَّنة، وذلك مهما كانت طبيعة المادة فيزيائياً (صلبة أو سائلة أو غازية) ومهما كان تركيبها الكيميائي (Yılmaz, 2011). عند استخدام معامل التوهين الكتلي فإنَّ السمك الكتلي يقدر بـ  $gr/cm^2$  ويُعطى بالعلاقة التالية (Wasan. et.al., 2019):

$$x_m = x \cdot \rho \quad (4)$$

وبالتالي يمكن أن تكتب العلاقة (2) بالشكل التالي:

$$I = I_0 e^{-\mu_m x_m} \quad (5)$$

إنَّ النسبة  $I/I_0$  تدعى بمعامل النفوذية والتي تتعلَّق بسمك المادة الماصة وطبيعتها (Bassima and Mashkour, 2019)، فتأخذ العلاقة السابقة الشكل التالي:

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\mu_m x_m} \quad (6)$$

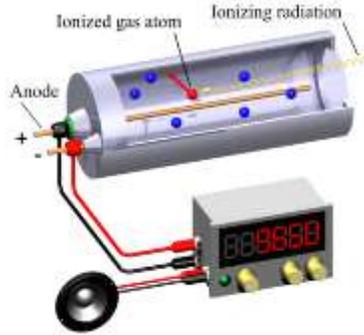
إنَّ أفضل طريقة لقياس نفوذية أشعة غاما هو قياس السمك النصفى للمادة وهي سماكة الصفيحة (الطبقة) التي تتناقص فيها شدة الأشعة الواردة من إشعاعات غاما أو الأشعة السينية وحيدة الطاقة إلى نصف قيمتها الأصليّة، وتُعطى كما يلي

:(Qadr, 2019)

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow \mu x_{1/2} = \ln 2 \Rightarrow x_{1/2} \equiv HVL = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu} \quad (7)$$

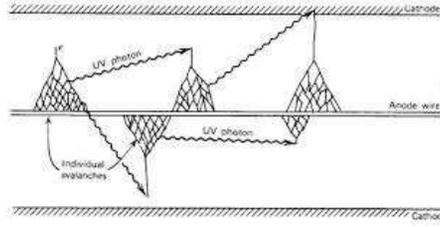
### 3. عداد غايغر - مولر:

عداد غايغر - مولر عبارة عن أسطوانة معدنية مغلّفة من الخارج بمادة عازلة للتيار الكهربائي تُشكّل المهبط، ويوجد في وسط الأسطوانة سلك رفيع يمتد على طول الأسطوانة يُكوّن المصعد، وتوجد في أحدا نهايتي الأسطوانة نافذة تسمح بدخول الأشعة المؤينة المراد كشفها، كما يوضح الشكل(1).



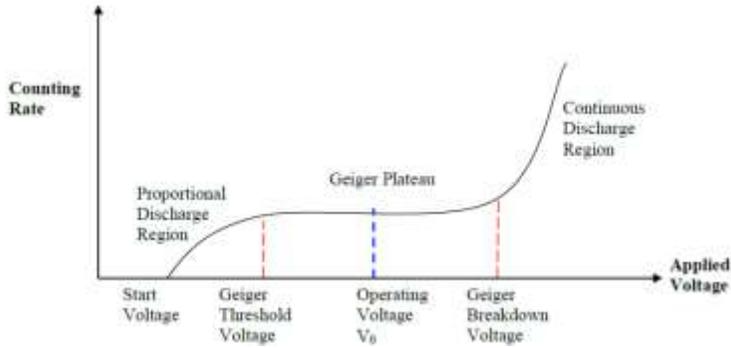
الشكل(1): عداد غايغر - مولر.

عند دخول الأشعة المؤينة إلى عداد غايغر تعمل هذه الأشعة على تأيين جزيئات الغاز أو ذراته. وبتطبيق فرق في الجهد بين المهبط والمصعد، تتجه الأيونات الموجبة ببطء إلى المهبط والإلكترونات إلى المصعد، وتكتسب الأيونات والإلكترونات سرعات عالية بحيث تؤين بالاصطدام عدداً أكبر من ذرات الغاز مكونةً شلالاً من الشحنات يسمى بالتكاثر الغامر أو الوالبي Avalanche (طالب و وتار، 2019)، كما هو موضح بالشكل(2).



الشكل (2): التكاثر الوبلي ضمن عداد غايغر - موللر

وهذه العملية تتم بزمن قدره أقل من الميكروثانية، ولما كانت الإلكترونات أخف بكثير من الشوارد الموجبة، فإن قابليتها للحركة تكون أكبر. وبعد تسجيل النبضة فإن السلك يبقى محاطاً بالشوارد الموجبة التي تحتاج إلى عدة مئات من الميكروثانية لتتحرك مبتعدة عن المهبط، وخلال هذا الزمن يكون الحقل المحيط بالسلك منخفضاً جداً لكي يمنح الإلكترونات طاقة كافية، مما يبقي الأنبوبة غير حساسة حتى تتباعد الشوارد الموجبة، وتسمح لتطوير النبضة في الدارة الخارجية، وخلال هذا الزمن يكون العداد غير قابلاً للعد، أي أن أية حادثة تأين خلال هذا الزمن لن تُسجل، وعليه فإن عداد غايغر - موللر، لا يفصل بين الحوادث التي تفصلها أزمان من الدرجة  $10^{-4}$  ثانية (عادة ما يكون هذا الزمن 200 ميكروثانية) (Ghoshal, 1994). ويوضح الشكل (3) الميزة الفولطية لعداد غايغر - موللر، حيث يتضح بأن هناك عتبة لبدء عمل الأنبوبة تبلغ عدة مئات من الفولط، فإذا ازداد فرق الكمون المطبق فإن العد يبدأ بالارتفاع بسرعة إلى أن يصل إلى مجال الاستقرار (أو التسطح)، إذ أن هذا المجال هو مجال عمل عداد غايغر - موللر، حيث يكون معدّل العد مُستقل عن التغيرات الصغيرة في الكمون. أما بعد مجال الاستقرار فإن الحقل الكهربائي المطبق يكون عالٍ جداً وتحدث فيه انفراغات كهربائية مُستمرة، وبتزايد معدّل العد بسرعة كبيرة جداً، وهذا المجال لا يتطلب أية حادثة تأين، لذا لا ينبغي أن تُستعمل الأنبوبة ضمن هذا المجال.



الشكل (3): الميّزة الفولطيّة لعداد غايغر- موللر.

كما ذكرنا سابقاً إنّ الشوارد الموجبة أبطأ حركةً من الإلكترونات، لذا تحتاج لوقتٍ أطول لتبلغ المهبط. ولما تصلُ إليه تحرر إلكترونات ثانويّة من معدن المهبط، تتحرّك هذه الإلكترونات الثانويّة نحو الداخل فتشكّل انفرغاً ثانياً يُسمى بالانفرغ الكاذب (المزيّف)، وهو غير مرغوب بهٍ لأنّه يجعل الزمن الكلي للانفرغ في الحادثة المفردة يمتدّ لعدة ميلي ثانية. وللتغلّب على هذه المُشكلة تُملأ أنابيب عداد غايغر- موللر ببخارٍ مُهدئ، قد يكون البخار عضويّاً كالكحول الأيتيلي أو هالوجين كالبروم. فعندما تتحرّك الشوارد نحو المهبط تنقل شحنتها إلى جزيئات البخار التي تمتلكُ كمون تأيّن أخفض من كمون تأيّن غاز الأرغون، وعليه فعندما تصلُ جزيئات البخار المُتأينة إلى جدار الأنبوب تتحرر الإلكترونات، وهذه الإلكترونات تُستعمل بسرعةٍ في تحليل جزيئات البخار، لذا فإنّ البخار المُهدئ يُخفّض من احتمال وصول الشوارد الموجبة والنبضات الكاذبة إلى المهبط (Ghoshal, 1994).

تتحرك الشحنة الموجبة باتجاه المهبط مبتعداً عن المصعد تاركة الفرصة للحقل الكهربائي بالنمو من جديد حول المصعد، ثمّ تبدأ نبضات صغيرة بالظهور وتعرف الفترة الزمنية التي تمضي بين لحظة التفريغ الكامل ولحظة ظهور هذه النبضات الصغيرة بالزمن الميت Dead Time، ويكون العداد خلالها غير قابل للاستجابة لحادثة تأيّن ثانية، ويتراوح الزمن الميت بين (100-400) ميكروثانية. تستمر ظهور هذه النبضات الصغيرة مع ازدياد بساعاتها حتى يعود الحقل الكهربائي حول المصعد إلى قيمته الابتدائية وعندها تظهر نبضة كاملة نتيجة حدوث تفريغ كامل آخر.

وتعرف الفترة الزمنية بين ظهور نبضتين كاملتين بزمن الاسترجاع، أي الزمن اللازم لكي يعود الكاشف إلى حالته الأولية ويصبح قادراً على إنتاج نبضة كاملة ويتراوح زمن الاسترجاع بين (300-1000) ميكروثانية (Ghoshal, 1994). من ميزات عداد غايغر- موللر أنه بسيط فهو لا يحتاج لمضخمات إلكترونية، وبالتالي غالباً ما يكون محمول، إلا أنه لا يستطيع التمييز بين طاقات الإشعاع، لذا لا يستخدم في قياس مطيافية الطاقة (طالب و وتار، 2019).

#### 4. الكود MCNP

الكود MCNP كود ثلاثي الأبعاد مُتعدد الأغراض. يعمل هذا الكود بالاستفادة من طريقة مونتني كارلو. طُوّر هذا الكود في مخبر لوس آلا موس الوطنية بالولايات المتحدة الأمريكية، يستطيع هذا الكود حل مسائل نقل النيوترونات والفوتونات والإلكترونات، كذلك يستطيع حساب معامل الحرجية للأنظمة الحرجة. يعالج الكود أي تصميم هندسي ثلاثي الأبعاد للمادة المعروفة على شكل خلايا محاطة بسطوح هندسية. وقد مرّ هذا الكود بمراحل تطوير متعددة إلى أن أصبح في نسخته المسماة MCNP-5 beta (Team X, 2003).

#### 1.4. ملف الدخل Input File

تُعتبر كتابة ملف الدخل بشكلٍ صحيح المرحلة الأساسية لحل المسألة الفيزيائية المطلوبة، ويتكوّن ملف الدخل من ثلاثة أجزاء رئيسية هي (Team X, 2003):

1- الخلايا التي تحاكي الوسط المادي الذي ينتقل خلاله الإشعاع.

2- السطوح التي تشكل الخلايا

3- المعلومات، والتي تشمل على:

توصيف المصدر وطيفه - تركيب ونسب المواد داخل الخلايا. المعلومات المطلوبة من البرامج (Tallies). ويتضمن ملف الدخل لأية مسألة العناصر التالية:

1. بطاقة العنوان Title card - 2. بطاقة الخلايا Cell Cards - 3. بطاقة السطوح

Surface Cards - 4. التحويلات أو الانتقالات Transformations - 5. نمط الاصدار

Mode- 6. مصدر الجسيمات Source- 7. المواد المستخدمة Materials- 8. أهمية الاصدار لكل خلية Importance- 9. معلومات أخرى Other data.

## 2.4. ملف الخرج Output File

تتضمن ملفات الخرج المعلومات التي كنا قد طلبناها في ملف الدخل.

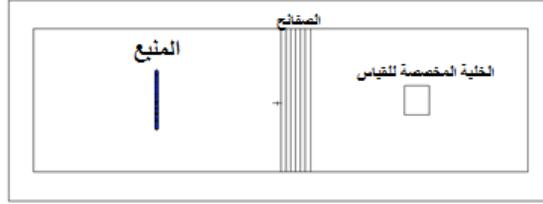
## 5. النتائج والمناقشة: Results and Discussions

اعتماداً على البرنامج MCNP-5 beta قمنا بتصميم كود لحساب قيم معاملات التوهين الخطي والكتلي ومعامل النفوذية لأشعة غاما والسلك النصفى من أجل معادن الألمنيوم والحديد والقصدير، مستخدمين منبع الراديوم المشع  $^{226}Ra$  والذي يصدر أشعة غاما بطاقة قدرها 0.1862 MeV (المصري وآخرون، 2018) حيث أخذنا بالاعتبار الترتيب الهندسي التقريبي لتحديد معاملات التوهين (Stankovic et al, 2010) من جهة ووفقاً لهندسة تجربة عداد غايغر- مولر المستخدمة لدينا من جهة اخرى، وذلك عن طريق وضع العداد على بعد 10 cm من المنبع المشع، وقياس معدّل العد كتابع لسماكات الصفائح الموضوعة بين العداد والمنبع المشع، حيث استخدمت صفائح من المنيوم والقصدير بسماكة 0.2 cm وبأبعاد  $5cm \times 5cm$  وصفائح حديد بسماكة 0.5 cm وبأبعاد  $5cm \times 5cm$  وكان عدد الصفائح المأخوذة ست صفائح لكل معدن مستخدم.

قمنا باستخدام البرنامج MCNP-5 beta بتصميم منبع أحادي الطاقة على شكل قرص دائري نصف قطره 1cm يمتلك توزع منتظم وموجه باتجاه الصفائح وموازي لمحورها (باتجاه المحور x) ويبعد عنها مسافة قدرها 5 cm. ولحساب قيم معامل النفوذية لأشعة غاما خلال الصفائح المعدنية، قمنا بقسمة الجرعة الممتصة  $D(E, d)$  المحسوبة باستخدام البطاقة Tally f6 (Sharifi et al, 2013) والتي تعطينا قيم طاقة أشعة غاما المودعة في الخلية المدروسة بوحدة MeV/g (g هي كتلة المادة ضمن الخلية المدروسة) بوجود الصفائح منسوبة إلى الجرعة الممتصة في حال عدم وجود الصفائح  $D(E, 0)$ ، وفقاً للعلاقة التالية (Sharifi et al, 2013):

$$T = D(E, d) / D(E, 0) \quad (8)$$

في هذه الدراسة اعتبرنا الخلية المدروسة هي مكعب من الهواء الجاف حجمه  $1 \text{ cm}^3$ ، وكثافته  $0.001293 \text{ g/cm}^3$  والمحددة وفقاً لتوصيات اللجنة الدولية للوحدات والمقاييس الإشعاعية ICRU (Brice, 1984). ويظهر في الملحق الكود المصمم لهذا الغرض، ويبين الشكل (4) الترتيب الهندسي للعناصر المستخدمة في هذا الكود.



الشكل (4): الترتيب الهندسي للعناصر المستخدمة في الكود. تم مقارنة القيم المحسوبة بواسطة الكود مع القياسات العملية لتجربة عداد غايغر-مولر الموجودة في أحد المخابر التابعة لجامعة حلب والموضَّح في الشكل (5) والتي كنا قد صممنا الكود وفقاً لهندسة هذه التجربة ( عدد الصفائح وأبعادها وسماكتها، نوع المنبع المشع، البعد بين المنبع المشع والعداد ...).



الشكل (5): تجربة عداد غايغر - مولر المستخدمة لدينا. بدايةً قمنا بأخذ قيم لوغاريتم معدّل العد  $\ln(I / I_0)$  وذلك اعتماداً على العلاقة (2) والتي يمكن أن تكتب بالشكل التالي:

$$\ln(I / I_0) = -\mu x \quad (8)$$

وذلك عن طريق الكود الذي قمنا بتصميمه وعن طريق تجربة عداد غايغر - مولر بدلالة سماكات الصفائح  $x$  (cm) للألمنيوم والحديد والقصدير والتي تظهر قيمها في الجداول (1) و(2) و(3) على التوالي.

الجدول(1): قيم  $Ln(I / I_0)$  بدلالة سماكة صفائح الألمنيوم

$Ln(I / I_0)$							السماكة (cm)
1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0	كود MCNP
-0.3056	-0.2526	-0.2002	-0.1488	-0.0979	-0.0483	0	كود MCNP
-0.3579	-0.3150	-0.2666	-0.2152	-0.1729	-0.0995	0	غايغر- مولر

الجدول(2): قيم  $Ln(I / I_0)$  بدلالة سماكة صفائح الحديد

$Ln(I / I_0)$							السماكة (cm)
3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0	كود MCNP
-2.8924	-2.3755	-1.8666	-1.3688	-0.8860	-0.4241	0	كود MCNP
-2.3746	-2.0321	-1.4782	-1.1078	-0.9104	-0.5573	0	غايغر- مولر

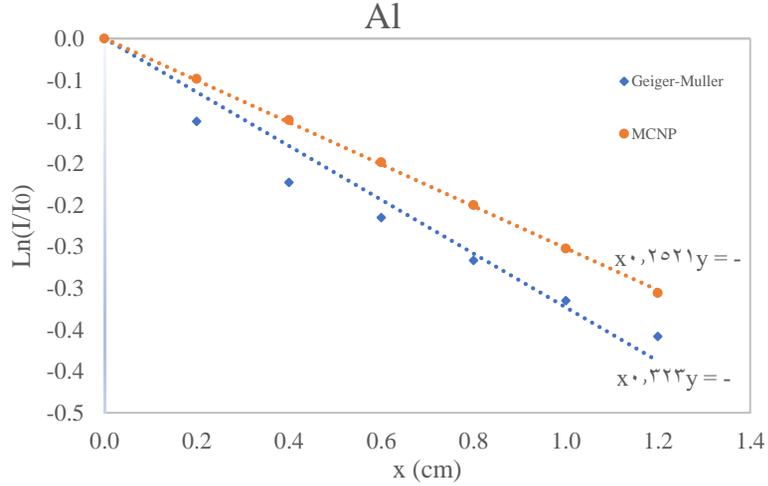
الجدول(3): قيم  $Ln(I / I_0)$  بدلالة سماكة صفائح القصدير

$Ln(I / I_0)$							السماكة (cm)
1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0	كود MCNP
-2.9187	-2.4221	-1.9281	-1.4371	-0.9502	-0.4688	0	كود MCNP
-2.2573	-1.7515	-1.4449	-1.1053	-0.8869	-0.5793	0	غايغر- مولر

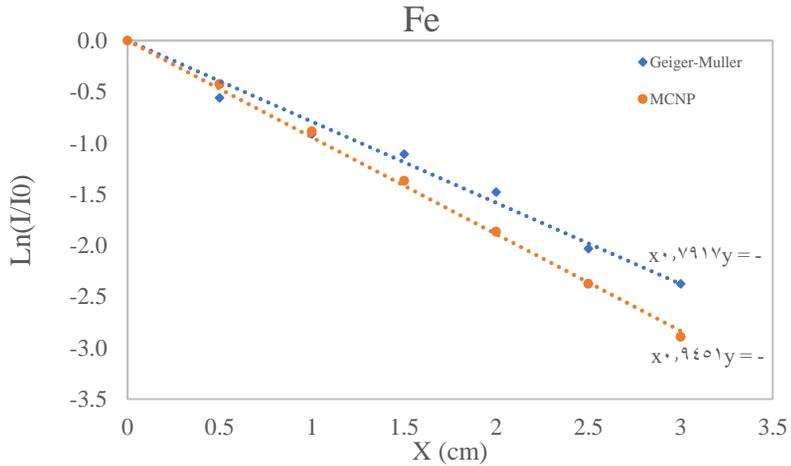
ثم قمنا برسم خط بياني لقيم  $Ln(I / I_0)$  بدلالة سماكات الصفائح  $x$  (cm) للألمنيوم والحديد والقصدير كما هو موضَّح بالأشكال (6) و(7) و(8) على التوالي.

ومن حساب قيمة كل ميل للمستقيم الناتج من الخط البياني حصلنا على قيمة معامل التوهين الخطي للحديد والألمنيوم والقصدير، ومنه قمنا بحساب قيمة معامل التوهين الكتلي لهذه المواد الماصة، حيث تُعطى كثافة معدن الألمنيوم  $\rho(\text{gr} / \text{cm}^3) = 2.7$  وكثافة معدن الحديد  $\rho(\text{gr} / \text{cm}^3) = 7.875$  وكثافة معدن القصدير  $\rho(\text{gr} / \text{cm}^3) = 7.287$  (attenuation-coefficients). وتظهر في الجدول(4) قيم معاملات التوهين الخطية والكتالية المحسوبة باستخدام الكود الذي قمنا بتصميمه

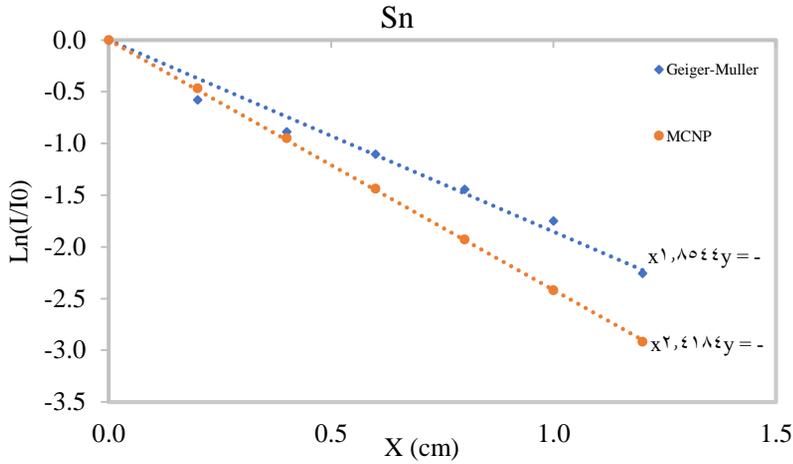
والمحسوبة عن طريق تجربة عداد غايغر - مولر مقارنةً بالقيم التجريبية المأخوذة من جداول عالمية من أجل طاقة أشعة غاما قدرها 0.2MeV والتي تعتبر أقرب قيمة لطاقة منبع الراديوم المستخدم لدينا (<https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass->).



الشكل (6): تغيرات قيم  $Ln(I / I_0)$  بدلالة سماكة صفائح الألمنيوم



الشكل (7): تغيرات قيم  $Ln(I / I_0)$  بدلالة سماكة صفائح الحديد



الشكل (8): تغيرات قيم  $Ln(I / I_0)$  بدلالة سماكة صفائح القصدير  
الجدول (4): قيم معاملات التوهين الخطية والكتلية للألمنيوم والحديد والقصدير والمحسوبة  
باستخدام الكود المصمم وباستخدام تجربة غايغر - مولر مقارنة مع القيم التجريبية

$\mu_m (cm^2 / gr)$ Experiment	$\mu_m (cm^2 / gr)$ Geiger- Muller	MCNP $\mu_m (cm^2 / gr)$	$\mu (cm^{-1})$ Geiger- Muller	$\mu (cm^{-1})$ MCNP	$\rho$ ( $gr / cm^3$ )	Atomic number	المعدن المستخدم
0.1223	0.1196	0.0934	0.3230	0.2521	2.7	13	الألمنيوم
0.1460	0.1005	0.1200	0.7917	0.9451	7.875	26	الحديد
0.3260	0.2545	0.3319	1.8544	2.4184	7.287	50	القصدير

كما تمّ حساب قيم معامل النفوذية لأشعة غاما للمعادن الثلاثة المدروسة باستخدام الكود الذي قمنا بتصميمه باستخدام المعادلة (8) وعن طريق تجربة عداد غايغر - مولر باستخدام المعادلة (6). وتظهر قيم معاملات النفوذية المحسوبة للألمنيوم والحديد والقصدير من أجل سماكات مختلفة للصفائح في الجدول (5).

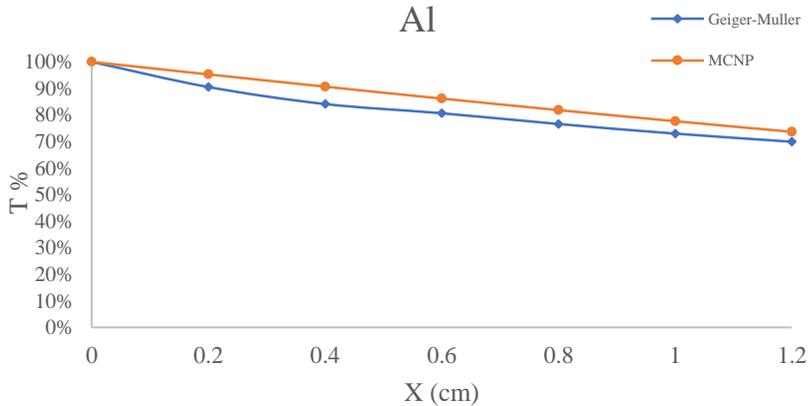
وتوضّح الأشكال (9) و(10) و(11) تغيرات قيم معاملات النفوذية من أجل سماكات مختلفة للصفائح للألمنيوم والحديد والقصدير على التوالي.

ولإعطاء وصف أكثر دقة للقياسات تمّ حساب قيم السمك النصفية HVL بوحدة  $cm^{-1}$  للصفائح الثلاث المستخدمة في التجربة وذلك بالاستفادة من المعادلة (7) حيث يظهر

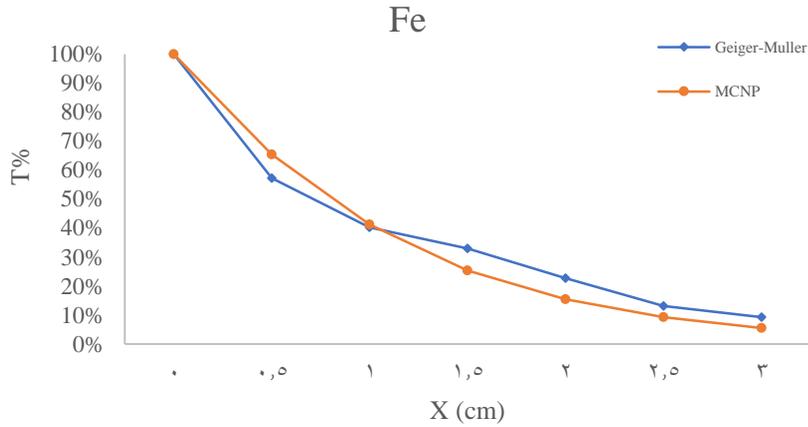
في الجدول (6) قيم السمك النصفية لصفائح الألمنيوم والحديد والقصدير المحسوبة عن طريق كود MCNP وعن طريق تجربة غايغر- موللر مقارنة مع القيم التجريبية.

الجدول (5): قيم معاملات النفاذية للألمنيوم والحديد والقصدير من أجل سماكات مختلفة للصفائح

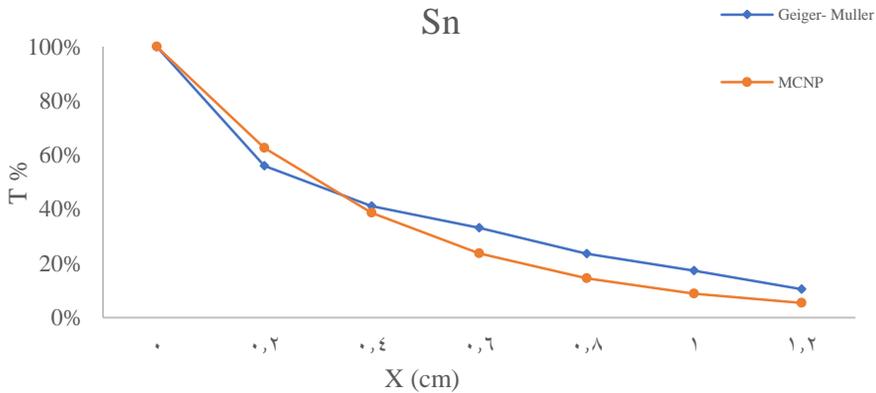
القصدير			الحديد			الألمنيوم		
%T Geiger-Muller	%T MCNP	x(cm)	%T Geiger-Muller	%T MCNP	x(cm)	%T Geiger-Muller	%T MCNP	x(cm)
100	100	0	100	100	0	100	100	0
56.03	62.58	0.2	57.27	65.43	0.5	90.53	95.28	0.2
41.19	38.67	0.4	40.24	41.23	1.0	84.12	90.67	0.4
33.11	23.76	0.6	33.03	25.44	1.5	80.64	86.18	0.6
23.58	14.54	0.8	22.80	15.46	2.0	76.60	81.85	0.8
17.35	8.87	1.0	13.11	9.30	2.5	72.98	77.68	1.0
10.46	5.40	1.2	9.31	5.54	3.0	69.92	73.67	1.2



الشكل (9): تغير معامل النفاذية لأشعة غاما من أجل سماكات مختلفة لصفائح الألمنيوم.



الشكل (10): تغير معامل النفوذية لأشعة غاما من أجل سماكات مختلفة لصفائح الحديد.



الشكل (11): تغير معامل النفوذية لأشعة غاما من أجل سماكات مختلفة لصفائح القصدير.

الجدول (6): قيم السمك النصفية  $HVL(cm^{-1})$  لصفائح الألمنيوم والحديد والقصدير مقارنةً مع القيم التجريبية.

HVL( $cm^{-1}$ ) Experimental	HVL( $cm^{-1}$ ) Geiger- Muller	HVL( $cm^{-1}$ ) MCNP	المعدن المستخدم
2.0991	2.1459	2.7495	الألمنيوم
0.6028	0.8755	0.7334	الحديد
0.2918	0.3737	0.2866	القصدير

## 6. الاستنتاجات Conclusions

في هذا البحث، تمَّ تحديد خصائص التوهين لثلاثة أنواع من مواد التدرّيع وهي الألمنيوم والحديد والقصدير باستخدام الكود المصمم عن طريق البرامج MCNP. ومن النتائج التي تمَّ الحصول عليها يمكن أن نستنتج ما يلي:

. إنَّ قيم معاملات التوهين الخطية للمعادن الثلاثة والمحصول عليها باستخدام الكود المصمم عن طريق البرامج MCNP كانت على توافق جيد مع القيم التجريبية المحصول عليها من تجربة عداد غايغر - مولر، كما كانت على توافق جيد مع القيم التجريبية المأخوذة من جداول عالمية، مما يؤكد صحة ودقة نمذجة الكود المستخدم.

. إنَّ قيم معاملات التوهين الخطية كانت  $\mu_{Al} < \mu_{Fe} < \mu_{Sn}$  وبالتالي فإنَّ قيم معاملات التوهين الخطية تتناسب خطياً مع العدد الذري للمعدن ومع كثافته بينما لا تتأثر معاملات التوهين الكتلية بها.

. ازدادت قيم معامل النفوذية للمادة الماصة بتناقص سماكة الصفائح، حيث وجدنا أنَّ أخفض قيم لمعامل النفوذية كانت لمعدن القصدير، وبالتالي يعتبر هذا المعدن أفضل من المعدنين السابقين لاستخدامه كدروع واقية من أشعة غاما.

. إنَّ القيم الأقل للسّمك النصفّي تعتبر الأكفأ من حيث استخدامها للتدرّيع، وهذا يؤكّد أيضاً أنَّ معدن القصدير أفضل من المعدنين السابقين لاستخدامه كدروع واقية من أشعة غاما.

. إنَّ وضع كود لدراسة توهين أشعة غاما يسمح لنا بدراسة مجال واسع من المواد المختلفة، وبالتالي يوضّح لنا بشكل أكبر آلية تفاعل الإشعاع مع المادة، وهذا يساعد بشكلٍ كبير في اختيار مواد مناسبة لاستخدامها كدروع للوقاية من الإشعاع.

. يمكن اعتبار هذا الكود أساس لإنشاء كودات أخرى، وذلك بإجراء تعديلات مناسبة عليه من أجل استخدامه لأغراض مختلفة، كدراسة معامل التوهين الخطي بدلالة تغيرات الطاقة وذلك في ظل عدم توفر تجهيزات نووية في جامعة الفرات.

## المراجع

- BASSIMA, M., MASHKOUR, M., 2019- **Study Attenuation Ability of  $\gamma$ -Rays Energies in Spectrum of Ra-226 Radioactive Isotope for Shields Consisting of Al and Cu Layers.** *Academic Journal for Engineering and Science*, 60-68.
- BRICE, D., 1984- **Stopping powers for electrons and positrons. Report 37.** *Report 37, ICRU. Nuclear Instrument Method B(12)*, 187–188.
- GHOSHAL S.N, 2008- **Nuclear Physics.** 1<sup>st</sup> edition, S.CHAND AND COPANY LTD, NEW DELHI, INDIA, 1055P.
- NAJAM, L., et.al. 2016- **Study the Attenuation Coefficient of Granite to Use It as Shields against Gamma Ray.** *Scientific Research Publishing*, 4, 33-39.
- QADAR, H. M., 2019- **Calculation for gamma ray buildup factor for aluminium, graphite and lead.** *International Journal of Nuclear Energy Science and Technology*, 13(1), 61-68.
- SHARIFI, Sh., et.al. 2013- **Comparison of shielding properties for ordinary, barite, serpentine and steel–magnetite concretes using MCNP-4C code and available experimental results.** *Annals of Nuclear Energy, Elsevier*, 53, 529-534.
- STANKOVIC, S., et.al. 2010- **Gamma Radiation Absorption Characteristics of Concrete with Components of Different Type Materials.** *ACTA PHYSICA POLONICA A*, 117(5), 812-816.
- TEAM X., 2003- **MCNP - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5.** *Los Alamos Controlled Publication; distribution is limited, Volume II: User's Guide*, 1-484.
- WASAN, K., et.al. 2019- **Measurement technique of linear and mass attenuation coefficients of polyester –Bentonite composite as gamma radiation shielding materials.** *The 7th International Conference on Applied Science and Technology. AIP Conference Proceedings*, 2144, 030018, 1-11.
- YILDIRIM, S., et.al. 2016- **Gamma Attenuation Properties of Some Aluminum Alloys.** *ACTA PHYSICA POLONICA A*, 129(4), 813-815
- YILMAZ, E., et.al. 2011- **Gamma ray and neutron shielding properties of some concrete materials.** *Annals of Nuclear Energy, Elsevier*, 38, 2204-2212.

<https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients>

المصري محمد سعيد وآخرون، 2018- تحضير عينة مرجعية من المياه المرافقة للنفط لتحليل  
الراديوم- 222 بواسطة مطيافية غاما. هيئة الطاقة الذرية السورية، هـ ط ذ س -  
و/ت د ع 1226، 1-24.  
طالب عبدالله و وتار هالة، 2019- الفيزياء النووية (2) الجزء العملي. الطبعة الأولى، جامعة حلب،  
303صفحة.

### ملحق (الكود المصمم باستخدام MCNP)

c MCNP input for Materials Attenuation calculation

c Cell Cards:

1	1	-0.001293	-1		\$ Air surrounding Source						
2	2	-2.7	-2		\$ Material						
3	2	-2.7	-3		\$ Material						
4	2	-2.7	-4		\$ Material						
5	2	-2.7	-5		\$ Material						
6	2	-2.7	-6		\$ Material						
7	2	-2.7	-7		\$ Material						
8	1	-0.001293	-8		\$ Tally						
9	1	-0.001293	8	-9	\$ Air surrounding Tally						
10	0	1	2	3	4	5	6	7	9	-10	\$ Surrounds
11	0	10									\$ Graveyard

c Surface Cards:

1	rpp	-5	5	-2.5		\$ Air surrounding Source
		2.5	-2.5	2.5		
2	rpp	5	5.2	-2.5	2.5	\$ Material
		-2.5	2.5			
3	rpp	5.2	5.4	-2.5	2.5	\$ Material
		-2.5	2.5			
4	rpp	5.4	5.6	-2.5	2.5	\$ Material
		-2.5	2.5			
5	rpp	5.6	5.8	-2.5	2.5	\$ Material
		-2.5	2.5			
6	rpp	5.8	6	-2.5	2.5	\$ Material
		-2.5	2.5			
7	rpp	6	6.2	-2.5	2.5	\$ Material
		-2.5	2.5			
8	rpp	10	11	-0.5	0.5	-0.5\$ Tally
		0.5				
9	rpp	6.2	15	-2.5		\$ Air surrounding Tally

لعام 2023	العدد 58	سلسلة العلوم الأساسية	مجلة جامعة الفرات
2.5	-2.5	2.5	
10 rpp	-6	16	-3.5 3.5 \$ Surrounds
-3.5	3.5		

mode p

c Materials:

m1 7014. -0.755636 \$ Air

8016. -0.231475 18000. -0.012889

m2 13027. -1 \$ Material

c Importances:

imp:p 1 6r 2 1r 1 \$ 1, 10

0 \$ 11, 11

c Source:

sdef pos=0 0 0 erg=0.1862 par=2 vec=1 0 0 dir=1 rad=d1 axs=1 0 0

ext=0 ara=1

si1 0 1 \$ radial sampling range: 0 to Rmax (=1cm)

sp1 -21 1 \$ radial sampling weighting: r^1 for disk source

c Tally Card:

f6:p 9 \$ Energy Deposition in MeV/g

c Output:

print \$ basic & default tables

c Cutoffs:

phys:p 1 0 0 1 0 \$ 1 MeV, brems, coh scat, photonuc, Doppler

ctme 3 \$ 3 min

## **Simulations the Mechanism of Gamma Ray Attenuation in Materials by Using MCNP code**

**Nawras Ghazi Alhoulami**

Faculty of Science, Al Furat University, Deir-ez-Zor, Syrian Arab Republic.

E-mail: [nawrasalhoulami@alfuratuniv.edu.SY](mailto:nawrasalhoulami@alfuratuniv.edu.SY).

### **Abstract**

We were simulated an experiment showed the mechanism of gamma ray attenuation in materials by calculating the linear attenuation coefficient, mass attenuation coefficient, transmission coefficient and Half Value Layer (HVL) of Aluminum, Iron and Tin using the program MCNP (Monte Carlo N-Particle) by designing a suitable code for measuring the attenuation coefficients of different materials, thickness and sources..

We were found agree with the calculated values using this code, in one hand, with the experimental values taken from Geiger-Muller experiment, and in one hand, with international tables. This confirmed the validity and accuracy of the used code simulated.

This research provided a database for making calculations for designing experiments in nuclear physics in Syria and at Al-Furat university.

**Key words:** linear attenuation coefficient - mass attenuation coefficient - transmission coefficient - Half Value Layer.