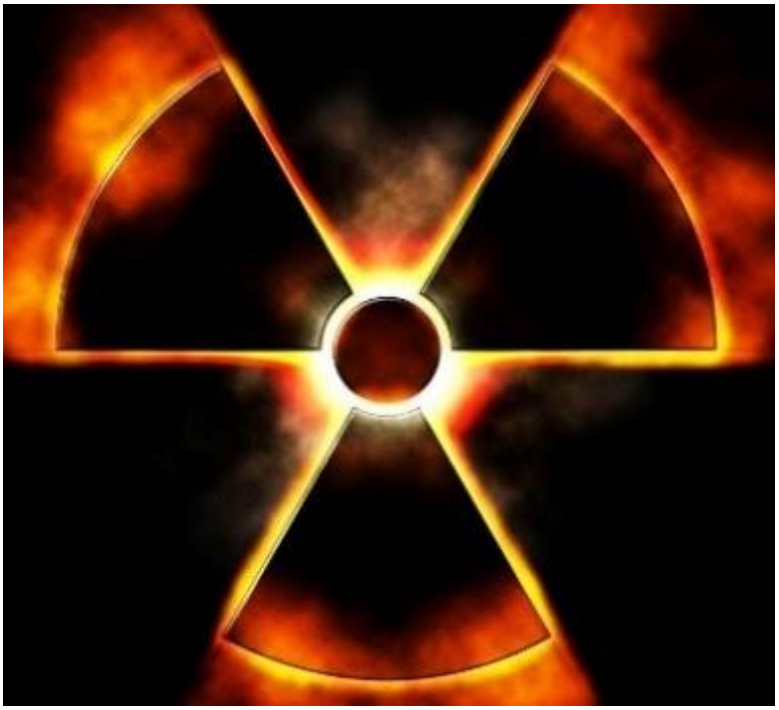
تدريع الإشعاع النووي



تقديم :علي يوسف
إشراف : أ.غسان حايك
تاريخ :2015/12/13

ملخص

يهدف هذا البحث إلى التعرف على أشكال تدريع الإشعاع النووي وكيف تؤثر هذه الدروع في تخفيف التعرض للجرعات الإشعاعية وكيف تتم حساباتها.

الفهرس

المقدمة.....4

أهداف البحث.....5

الباب الأول: الإشعاع النووي.....6

الفصل الأول: أنواع الإشعاع.....6

الفصل الثاني: مصادر الإشعاعات.....7

الفصل الثالث: الآثار الضارة للإشعاع على الإنسان.....10

الباب الثاني: تدريع الأشعة النووية.....12

الفصل الأول: التدريع الصفيحي لمنبع موحد الاتجاه.....12

الفصل الثاني: تدريع منبع نقطي محاط بدرع كروي.....20

الفصل الثالث: الدروع متعددة الطبقات.....23

الخاتمة.....25

النتائج.....25

المقترحات والتوصيات.....26

المصادر والمراجع.....26

فهرس الصور والأشكال

الصورة أو الشكل	الاسم	الصفحة
الصورة 1	جهاز للرنين المغناطيسي	8
الصورة 2	نفايات مشعة	9
الصورة 3	مفاعل نووي	9
الشكل 1	حزمة أشعة غاما ساقطة على درع صفيحي سمكه a	12
الشكل 2	تأثير كومبتون	13
الشكل 3	ظاهرة إنتاج الأزواج	13
الشكل 4	التأثير الكهرضوئي	13
الشكل 5	طيف طاقة أشعة غاما الساقطة على الدرع	14
الشكل 6	طيف طاقة أشعة غاما الخارجة من الدرع	14
الشكل 7	عامل التوهين الكتلي لبعض المواد	24

فهرس الجداول

الجدول	الاسم	الصفحة
الجدول 1	عامل تراكم التعرض من أجل منبع مستوي موحد الاتجاه	15
الجدول 2	معامل التوهين الكتلي لبعض المواد	16
الجدول 3	معامل الامتصاص الكتلي لبعض المواد	17
الجدول 4	عامل تراكم التعرض من أجل منبع نقطي محاط بدرع كروي	21
الجدول 5	وسائط عدة لتشكل تايلور من أجل عامل تراكم التعرض لمنبع نقطي	22

المقدمة

في شهر شباط من عام 1896 اكتُشف حدث فيزيائي كان أساساً لتطور النظرية الذرية الحديثة وباباً انطلق من خلاله العديد من العلماء لدراسة النشاط الإشعاعي, وكان هذا الحدث هو اكتشاف إصدار أشعة غير مرئية من أملاح اليورانيوم من قبل العالم "هنري بيكرل". وقد أولى بعد ذلك بعض العلماء أهمية لهذا الحدث ومن أهمهم العالم "بيير كوري", وزوجته "ماري كوري" التي اكتشفت المزيد من العناصر المشعة كالبولونيوم والراديوم بعد وفاة زوجها وقد نالت جائزة نوبل مرتين. وتوالت الأبحاث والاكتشافات في هذا المجال. وفي خريف عام 1939 توصل الألمانيان "مايتنر" (Meitner) و"فرش" (Frisch) إلى انشطار ذرات اليورانيوم بواسطة النيترونات, ورافق هذا الانشطار انبعاث طاقة كبيرة.

ونشهد في وقتنا الراهن استخدام الإشعاعات في مختلف النواحي الطبية والصناعية والزراعية والبحثية وغيرها. ولا يمكننا إنكار الفوائد الكثيرة والأهمية البالغة لهذه الاستخدامات بالنسبة للبشر. ولكن مع الأسف فإن هذه الإشعاعات لها آثار وخيمة كما لها آثار إيجابية وقد تفوق هذه الآثار السلبية الآثار الإيجابية في حال الاستخدام غير الآمن لهذه الأشعة. فمثلاً قد تسبب الإشعاعات أضراراً جسدية في حال زاد التعرض لها عن الجرعة المسموحة بالنسبة للبشر كما قد تسبب أضراراً بيئية أيضاً. ولا يمكننا أن ننسى بعض الحوادث التي كان لها آثار مدمرة كإلقاء القنبلتين النوويتين على مدينتي هيروشيما وناغازاكي, أو انفجار مفاعل تشرنوبل وغيرها.....

فما طبيعة هذه الإشعاعات ؟ وما مصادرها ؟ وماهي الآثار الضارة التي تتركها على البشر ؟ كما نعلم أنه تتم الوقاية من هذه الإشعاعات باستخدام الدروع ... فكيف تؤثر هذه الدروع في تخفيف الجرعات الإشعاعية وكيف تتم حساباتها ؟؟

أهداف البحث:

1- التعرف على طبيعة الإشعاعات النووية وأنواعها.

2- معرفة مصادر الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان.

3- معرفة الأثار الضارة للإشعاع على الإنسان.

4- دراسة أنواع دروع الأشعة النووية.

5- دراسة التعرض الإشعاعي وتأثير الدروع عليها وكيف تتم حساباتها.

الباب الأول: الإشعاع النووي:

الفصل الأول: أنواع الإشعاع:

1- الإشعاع المؤين[1]: والأشعة المؤينة هي أشعة تتميز بطاقة كبيرة ولها مقدرة على إحداث تأين في الجسم الحي مثل أشعة X وأشعة جاما والأشعة الكونية وجسيمات ألفا وجسيمات بيتا.

وهناك ثلاث أنواع رئيسية للإشعاع المؤين:

أ- **أشعة جسيمات ألفا α**: وهي عبارة عن جسيمات ثقيلة مشحونة كهربائيا بشحنة موجبة تتحرك في خط مستقيم وتنبعث عن ذرات العناصر الثقيلة مثل الراديوم واليورانيوم, وهي ذات قدرة محودة على الاختراق وبطيئة نسبياً ويمكن إيقافيها كليا بقطعة من الورق, ليس لها أضرار خارجية إلا إذا دخلت جسم الإنسان عن طريق التنفس أو الغذاء أو الماء حيث تستطيع جسيمات ألفا تأيين الغازات التي تمر بها.

ب- **أشعة جسيمات بيتا β**: وهي عبارة عن الكترونات سالبة أو موجبة الشحنة, ذات سرعة كبيرة وقدرة على النفوذ ضعيفة نسبياً ولكنها أكبر من قدرات جسيمات ألفا ولها القدرة على اختراق أنسجة جسم الإنسان. وتعتبر هذه الجسيمات ذات قدرة ضعيفة على تأيين الغازات التي تمر بها.

ت- **أشعة جاما γ**: وهي أشعة كهرومغناطيسية تنتج عن التفاعلات النووية التي تحدث في الفضاء, كما تنتج أيضاً من العناصر المشعة مثل اليورانيوم وباقي النظائر المشعة. وتنتشر في الهواء والفراغ بسرعة تساوي سرعة الضوء, وهي ذات قدرة كبيرة على النفوذ والاختراق وذات تأثير ضار جداً على الخلايا الحية لذا تعتبر أخطر من أشعة ألفا وبيتا.

2- الإشعاع غير المؤين[2]: مثل الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والضوء العادي وموجات الراديو والتلفزيون وموجات الرادار والموجات الحرارية ذات الأطوال الموجية القصيرة (ميكروويف). وهذه الأشعة لا تحمل طاقة كافية لتأيين الوسط الذي تمر فيه لذلك معظمها غير ضار على عكس الإشعاعات المؤينة.

---

[1] " .معلومات أساسية حول الإشعاع المؤين ,from 8:51 AM 5\12\2015 ".
https://www.fanr.gov.ae/Ar/Sectors/pages/basics-of-ionising-radiation-and-radiation-protection.aspx .

[2] أ. د. أحمد, م. ف. و أ. د. السريع أ. ب. م. (2007). مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها جامعة الملك سعود ,اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات.

الفصل الثاني: مصادر الإشعاعات[3]:

1-المصادر الطبيعية:

يتعرض الإنسان منذ نشأته إلى جرعات إشعاعية صادرة من الطبيعة ومن الغذاء والهواء إلخ.. وتعرف هذه الجرعات بالجرعات الإشعاعية الطبيعية. وتكون هذه الجرعات غير خطرة لأن كميتها عادة تكون ضمن حدود غير عالية, ومن أمثلتها:

- **الأشعة الكونية:** تصل كميات كبيرة من الإشعاعات الكونية المؤينة إلى الغلاف الجوي للأرض قادمة من الشمس والفضاء الخارجي. وتحتوي هذه الأشعة على أنواع مختلفة من الجسيمات النووية ذات طاقات عالية كالبروتونات أو النترونات وغيرها وتسمى الأشعة الكونية الأولية. وعندما تدخل هذه الجسيمات الغلاف الجوي للأرض فإنها تتفاعل مع المواد التي يتكون منها الغلاف وبالتالي تضعف كمياتها التي تصل إلى سطح الأرض. ويعتمد معدل تعرض الإنسان للأشعة الكونية على عدة عوامل هي خط العرض والارتفاع عن سطح البحر فضلاً عن النشاط الشمسي والضغط الجوي.
- **الإشعاعات الصادرة من التربة:** تحتوي القشرة الأرضية على كميات ضئيلة من النويدات المشعة طويلة العمر مثل العمر مثل اليورانيوم 238 واليورانيوم 235 والثوريوم 232, بالإضافة إلى كميات قليلة من نظير البوتاسيوم 40 المشع, والروبيديوم 87, وتتفكك هذه النويدات مصدرة جسيمات ألفا أو بيتا التي لا تمثل أي مخاطر ملموسة على البشر, ولكن قد يتبعها إشعاع جاما الذي يشكل خطر نظراً للقدرة الاختراقية العالية لهذه الجسيمات.
- **غاز الرادون:** يعتبر غاز الرادون هو المساهم الأكبر في تعرض الإنسان لمصادر الإشعاع الطبيعية. وله 3 نظائر مشعة هي الرادون 222 والرادون 220 والرادون 219.

بالنسبة للرادون 219 فهو لا يمثل مخاطر بشرية محسوسة نظراً لأنه يتفرع عن سلسلة تحلل اليورانيوم 235 القليل التواجد في الطبيعة, بالإضافة إلى العمر القصير للرادون 219.

أما الرادون 220 فيعتبر محدود الخطر وخاصة في المناطق الغنية بالثوريوم 232 الذي يتفرع عنه الرادون 220. في حين يمثل الرادون 222 الخطر الأكبر على الإطلاق نظراً لأنه يتميز بعمر نصفي طويل نسبياً (3.82 يوم).

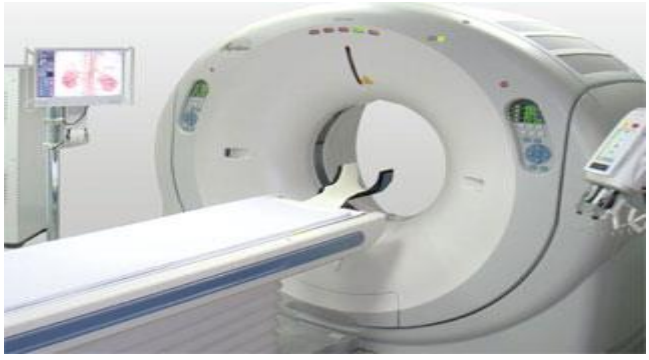
[3] أ. د. أحمد, م. ف. و أ. د. السريع أ. ب. م. (2007). مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها جامعة الملك سعود ,اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات. : 132

2- المصادر الصناعية[4]:

توجد العديد من المصادر الإشعاعية المصنعة التي ظهرت من عشرات السنين وأهمها:

- **الأشعة التشخيصية:** يتعرض الإنسان لجرعات إشعاعية معينة عند عمل صور تشخيصية بالأشعة السينية أو النووية مهما قل زمن التعرض. وتعتمد كمية التعرض على العضو ونوع الصورة المطلوبة ونوع جهاز التصوير والفيلم المستخدم في التصوير وغيرها. وتؤكد اللجنة العلمية للأمم المتحدة في تقاريرها الدورية أن الأشعة التشخيصية هي المساهم الأكبر في الجرعة الفعالة الجماعية التي تتكبدها البشرية من المصادر التي صنعها البشر.

- **الأشعة العلاجية:** تتوقف قيمة الجرعة التي يتعرض لها الشخص من الأشعة العلاجية على نوع العضو الذي تتم معالجته والتعرض المطلوب له ونوع العلاج. وقد تزيد الجرعة الفعالة الناتجة عن العلاج الإشعاعي كثيراً بالمقارنة بجرعة التشخيص.



الصورة 1: جهاز للرنين المغناطيسي

- **الغبار الذري:** خلال النصف الثاني من القرن العشرين نفذت في الجو مئات التفجيرات النووية ما بين عامي 1954 و 1962, ونتيجة لهذه التجارب تساقطت على سطح الأرض وخاصة في نصف الكرة الشمالي كميات كبيرة من الغبار الذري الذي يتضمن مخلفات الفجيرات ونواتج الانشطار المشعة طويلة العمر. ومن أخطر هذه النواتج الكربون 14 والسيزيوم 137 والاسترونشيوم 90. وقد وصل للبشرية حتى الآن 15% من الجرعة الفعالة لهذا الغبار وسيصل الباقي خلال مئات السنين القادمة.

[4] أ. د. أحمد, م. ف. و أ. د. السريع أ. ب. م. (2007). مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها جامعة الملك سعود ,اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات. : 137

- **النفايات المشعة:** هي النفايات الناتجة عن المفاعلات النووية أو المتبقية بعد استخدام المواد المشعة وتدخل الجرعة الفعالة الجماعية الناجمة عنها ضمن الجرعة الفعالة الجماعية للصناعات والطاقة النووية

الصورة 2 : نفايات مشعة

- **الطاقة النووية وصناعاتها:** ازداد في السنوات الأخيرة استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء وتحريك السفن وحاملات الطائرات والغواصات العملاقة. كما يوجد الآن أكثر من 450 مفاعل نووي حول العالم, وهذه المفاعلات تنشر كميات من المواد المشعة في البيئة ضمن ظروف التشغيل الطبيعية أو نتيجة للحوادث النووية. إضافة إلى أن مناجم اليورانيوم ومصانع معالجة الوقود النووي وإعادة معالجته بعد استهلاكه في المفاعلات تبث كميات من المواد المشعة التي ساهمت في زيادة تعرض البشر إلى الإشعاع المؤين.

الصورة 3 : مفاعل نووي

الفصل الثالث: الآثار الضارة للإشعاع على الإنسان:

1- التأثيرات الجسدية (الذاتية):

❖ **التأثيرات المبكرة**[5]: وهي التأثيرات التي تظهر بعد عدة ساعات – عدة أسابيع من التعرض للجرعة الإشعاعية, وتحدث بسبب موت عدد كبير من الخلايا أو منع أو تأخر انقسامها.

(1) الإيريثما:

وهي عبارة عن احمرار في الجلد يظهر عند التعرض للجرعات العالية نسبياً. والجلد معرض أكثر من أي نسيج آخر في الجسم للتعرض للإشعاع خصوصاً الأشعة السينية والإلكترونات (لأن قدرتها على الاختراق صغيرة). لذلك فإن التعرض لجرعة مقدارها حوالي 3 غراي من الأشعة السينية يؤدي إلى حدوث الإريثيما. وعند التعرض لجرعة أكبر يمكن أن تظهر أعراض أخرى كالحروق والتقيحات وغيرها.

(2) تلف الجهاز العصبي المركزي:

أثبتت التجارب على الحيوانات (حيث لا توجد نتائج على الإنسان) أنه إذا زادت الجرعة إلى حدود عالية تظهر بعض الأعراض التي تدل على حدوث بعض التلف في الجهاز العصبي المركزي, كما تبيّن أن زيادة هذه الجرعات إلى حد كبير يؤدي إلى الوفاة.

(3) المرض الإشعاعي:

ومن أعراضه الشعور بالغثيان وحدوث الإقياء, ويظهر عادةً بعد عدة ساعات من التعرض, وسببه تلف الخلايا المبطنة للأمعاء, ويزيد احتمال الشفاء كلما قلت الجرعة ويقل بازديادها.

❖ **التأثيرات المتأخرة**[6]:

(1) السرطان:

إن تعرض الإنسان للإشعاع النووي قد يسبب له الإصابة بمختلف أنواع الأمراض السرطانية ويعتمد ذلك على مقدار الجرعة الإشعاعية والمنطقة التي تتعرض للإشعاع. وقد أشارت الدراسات التي أجريت في

---

[5] أ. د. أحمد, م. ف. و أ. د. السريع أ. ب. م. (2007). مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها جامعة الملك سعود ,اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات. : 103

[6] " .الإشعاعات النووية..المخاطر الصحية على البشر Retrieved 5\12\2015 9:30 AM, from ".
http://www.alkhaleej.ae/supplements/page/aeeb5ba7-8693-4716-bf8c-3c7ef3697656.

مدينتي هيروشيما وناكازاكي إلى أن نسبة الإصابة بمرض سرطان الدم المعروف باسم اللوكيميا في هاتين المدينتين أعلى منه في بقية المدن اليابانية، وأن الأشخاص الذين كانوا أقرب إلى منطقة الانفجار كانت إصابتهم أعلى من نسبة إصابة الأشخاص الذين كانوا على مسافة أبعد.

هذا بالإضافة إلى ظهور أمراض خبيثة أخرى بين الأشخاص الذين تعرضوا إلى جرعات إشعاعية مثل سرطان البنكرياس والمعدة والرئة والقولون والبلعوم.

(2) إعتام عدسة العين:

وهو مرض يصيب عدسة العين الطبيعية القائمة خلف الحدقة فيعتمها ويفقدها شفافيتها مما يسبب ضعفاً في البصر دون ألم، ويعاني المصاب بهذا المرض من تحسسه للإنارة القوية مع ضعف في النظر ليلاً، وقد يصيب عيناً واحدةً أو كلا العينين سوية.

(3) الوفاة قبل الأوان:

إن التعرض لجرعات إشعاعية منخفضة لا يشكل بمفرده تأثيراً كبيراً في صحة الإنسان، ولكن عند التعرض إلى تلك الجرعات المنخفضة لفترة طويلة وعلى مدى سنوات يضعف مناعة الجسم ضد الأمراض الأخرى ويقود إلى الوفاة.

2- التأثيرات الوراثية[7]:

تعتبر الإشعاعات المؤينة إحدى العوامل المهمة المساعدة لإحداث الطفرة الوراثية, وهي ظاهرة يجب تقليل احتمالية حدوثها إلى أدنى حد ممكن, لأن الإشعاع يعمل على إحداث انحرافات في الكروموسومات ينتج عنها تشوهات ولادية وارتفاع نسبة الإجهاض عند الحوامل ونسبة وفيات المواليد إضافة إلى العيوب الخلقية وولادة أطفال مصابين بنقص عقلي. وقد يتأخر ظهور الطفرة الوراثية إلى فترة طويلة لتظهر في أجيال لاحقة وهذا الأمر يجعل تقصي الطفرة الوراثية عند الإنسان الناتجة من جراء تعرضه للإشعاع صعبة جداً؛ لأن الطفرة الوراثية قد تحدث بتأثير العقاقير أو بعض المواد الكيميائية. ويعتقد أن احتمالية حدوث الطفرة عند الرجال أعلى منها عند النساء في حالة التعرض إلى جرعات إشعاعية قليلة ويزداد احتمال حدوث الطفرة الوراثية بزيادة الجرعة الإشعاعية، كما يعتقد بوجود علاقة بين انخفاض المواليد الذكور وبين التعرض إلى الإشعاع. وتبين الاحصائيات أن تعرض النساء إلى الإشعاع يؤدي إلى انخفاض نسبة المواليد الذكور وأن مقدار هذا الانخفاض يتناسب مع زيادة الجرعة الشعاعية.

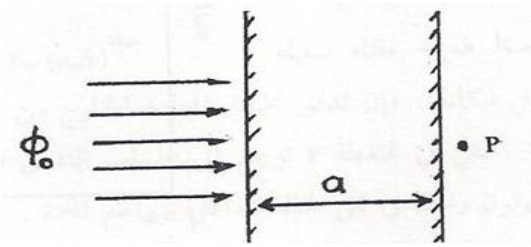
[7] أ. د. أحمد, م. ف. و أ. د. السريع أ. ب. م. (2007). مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها جامعة الملك سعود ,اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات. : 112

الباب الثاني: تدريع الأشعة النووية:

إن لتدريع الإشعاع النووي وظائف متعددة أهمها تقليل التعرض للإشعاع لدى الأفراد في جوار منابع مشعة ويدعى هذا التدريع تدريعاً بيولوجياً, وسنركز في هذا البحث على هذا النوع من التدريع, كما يوجد نوع آخر يدعى التدريع الحراري ويستخدم لحماية وعاء المفاعل النووي من الحرارة العالية الناتجة عن سقوط الأشعة. وغالباً يؤخذ بعين الاعتبار تدريع أشعة غاما والنيترونات وليس تدريع أشعة ألفا أو بيتا لأن مدى الجسيمات المشحونة قصير جداً في المادة[8].

الفصل الأول: التدريع الصفيحي لمنبع موحد الاتجاه:

لتكن حزمة أشعة غاما موحدة الاتجاه, ذات شدة أو تدفق Φ_0 وطاقة E_0 ساقطة على صفيحة معدنية بمثابة درع سمكها a كما هو مبين في الشكل:



الشكل 1 حزمة أشعة غاما ساقطة على درع صفيحي سمكه a

في حالة عدم وجود درع فإن معدل التعرض في النقطة p يعطى بالعلاقة: $\dot{X}_0 = 0.0659.\Phi_0 E_0 \left(\mu_a/\rho\right)$ $mR.h^{-1}$

بحيث: Φ_0 : شدة أو تدفق أشعة غاما $(\gamma\text{- rays.cm}^{-2}.\text{ s}^{-1})$

E_0 : طاقة أشعة غاما (MeV) و (μ_a/ρ) : عامل امتصاص كتلي $(cm^2.g^{-1})$ في الهواء عند طاقة E_0

ومن المناسب أن نكتب العلاقة بالشكل: $\dot{X}_0 = C.\Phi_0$

حيث: $C = 0.0659.E_0 \left(\mu_a/\rho\right)^{\text{هواء}}$

وفي حال وجود الدرع, فإن تدفق أشعة غاما Φ الخارج عن الدرع مختلف عن Φ_0 ، وهنا يتم حساب معدل التعرض X في النقطة p ترجع إلى حساب التدفق Φ . فإذا افترضنا فناء الفوتون لحظة تفاعله مع المادة بالتالي سيكون التدفق Φ مساوياً تدفق أشعة غاما غير المصطدمة.

[9,8] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر : 161

$$\Phi_u = \Phi_0 . e^{-\mu.a}$$

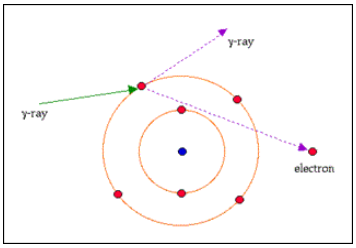
Φ_u : هو تدفق غير مصطدم.

$\mu\ (cm^{-1})$: هو عامل التوهين الاجمالي عند الطاقة E_0.

ولكن ليس بالضرورة أن تختفي كل أشعة غاما عند كل تفاعل لأنه يمكن أن يحدث تبعثر مع فقد طاقة (تأثير كمبتون) وحتى عند حدوث التأثير الكهرضوئي أوإنتاج الأزواج فإنه على الرغم من امتصاص الفوتون الساقط فإنه عادة يتم انتاج أشعة سينية, ثم يلي إنتاج الأزواج أشعة فناء.

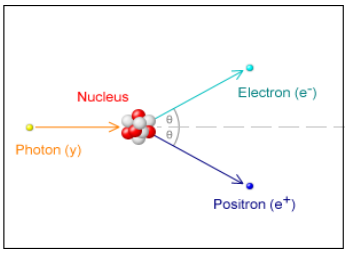
وكتوضيح للمفاهيم السابقة فإن أشعة غاما تؤثر على المادة بثلاث تأثيرات مختلفة وهي[9]:

- **تأثير كومبتون:** وهو يعني حصول نقص في طاقة الفوتونات عند اصطدامها بجسم ما وانحرافها عن مسارها, ويتم تفسير ذلك أن الفوتونات تتصرف تصرفاً جسيمياً خالصاً في هذه الظاهرة إذ يصطدم الفوتون بالالكترون ويعطيه جزء من طاقته فينتزع الالكترون وينحرف الفوتون عن مساره.



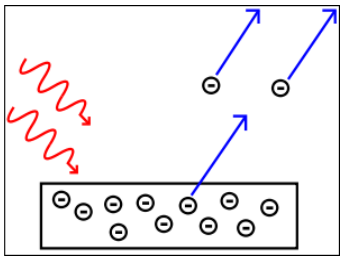
الشكل 2: تأثير كومبتون

- **ظاهرة إنتاج الأزواج:** وتعني أن الفوتون عندما يدخل في المجال الكهربائي للنواة فإنه يفنى تماماً وينطلق زوج من الكترون وبوزترون. ويمكن أن يعود الالكترون والبوزترون ويصطدمان مما يؤدي إلى فناء الاثنين وانطلاق فوتونات وتدعى هذه الفوتونات فوتونات أشعة الفناء.



الشكل 3: ظاهرة إنتاج الأزواج

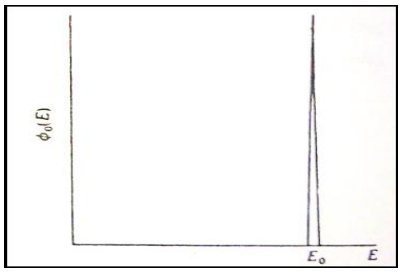
- **التأثير الكهرضوئي:** وتعني أن الفوتون عندما يسقط على سطح ما يحوي الكترونات, وكانت طاقة هذا الفوتون أكبر من طاقة ارتباط الالكترون بالنواة فإن الاكترون يمتص الفوتون كلياً وينتزع الالكترون من السطح.



الشكل 4: التأثير الكهرضوئي

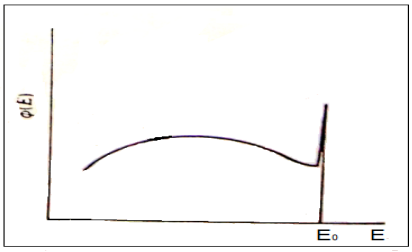
[9] McAlister, P. D. R. (2013). Gamma Ray Attenuation Properties of Common Shielding Materials. USA, 1955 Univesity Lane Lisle.

وبالتالي فإن حزمة أحادة الطاقة تسقط على الدرع بطيف طاقة كما في الشكل[10]:



الشكل 5: طيف طاقة أشعة غاما الساقطة على الدرع

وتخرج من الدرع بطيف طاقة مستمر كما في الشكل 3, حيث القيمة الحادة عن الطاقة E_0 توافق الفوتونات غير المتبعثرة والجزء المستمر يرجع إلى تبعثر الفوتونات بتأثير كمبتون بالإضافة إلى الأشعة السينية الكهرضوئية وأشعة الفناء.



الشكل 6: طيف طاقة أشعة غاما الخارجة من الدرع

وقد استخدمت مقادير $\Phi(E)$ المحسوبة للحصول على معدل التعرض وفقاً للعلاقة:

$$\dot{X} = 0.0659.\int_0^{E_0} \Phi(E)\cdot E\left(\mu_a/\rho\right)dE$$

ويمكن كتابة العلاقة السابقة بالشكل : $\dot{X} = \dot{X}_0 .B_m(\mu.a)\, e^{-\mu.a}$

حيث: X_0 هو معدل التعرض في غياب الدرع

$B_m(\mu.a)$ عامل تراكم التعرض من أجل حزمة أحادية الاتجاه

μ معامل التوهين الإجمالي عند الطاقة E_0

[10] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر : 163

تعطى مقادير B_m من الجدول 1 كتابع لطاقة بعض المواد. ويظهر من الجدول أن قيم B_m يمكن أن تكون كبيرة جداً, وهذا يدل على أهمية تراكم الإشعاع المتبعثر في حسابات التدريع[11].

المادة	E_0, MeV	$\mu_0 x$					
		1	2	4	7	10	15
ماء	0.5	2.63	4.29	9.05	20.0	35.9	74.9
	1.0	2.26	3.39	6.27	11.5	18.0	30.8
	2.0	1.84	2.63	4.28	6.96	9.87	14.4
	3.0	1.69	2.31	3.57	5.51	7.48	10.8
	4.0	1.58	2.10	3.12	4.63	6.19	8.54
	6.0	1.45	1.86	2.63	3.76	4.86	6.78
	8.0	1.36	1.69	2.30	3.16	4.00	5.47
حديد	0.5	2.07	2.94	4.87	8.31	12.4	20.6
	1.0	1.92	2.74	4.57	7.81	11.6	18.9
	2.0	1.69	2.35	3.76	6.11	8.78	13.7
	3.0	1.58	2.13	3.32	5.26	7.41	11.4
	4.0	1.48	1.90	2.95	4.61	6.46	9.92
	6.0	1.35	1.71	2.48	3.81	5.35	8.39
	8.0	1.27	1.55	2.17	3.27	4.58	7.33
	10.0	1.22	1.44	1.95	2.89	4.07	6.70
قصدير	1.0	1.65	2.24	3.40	5.18	7.19	10.5
	2.0	1.58	2.13	3.27	5.12	7.13	11.0
	4.0	1.39	1.80	2.69	4.31	6.30	
	6.0	1.27	1.57	2.27	3.72	5.77	11.0
	10.0	1.16	1.33	1.77	2.81	4.53	9.68
رصاص	0.5	1.24	1.39	1.63	1.87	2.08	
	1.0	1.38	1.68	2.18	2.80	3.40	4.20
	2.0	1.40	1.76	2.41	3.36	4.35	5.94
	3.0	1.36	1.71	2.42	3.55	4.82	7.18
	4.0	1.28	1.56	2.18	3.29	4.69	7.70
	6.0	1.19	1.40	1.87	2.97	4.69	9.53
	8.0	1.14	1.30	1.69	2.61	4.18	9.08
	10.0	1.11	1.24	1.54	2.27	3.54	7.70
يورانيوم	0.5	1.17	1.28	1.45	..60	1.73	
	1.0	1.30	1.53	1.90	2.32	2.70	3.60
	2.0	1.33	1.62	2.15	2.87	3.56	4.89
	3.0	1.29	1.57	2.13	3.02	3.99	5.94
	4.0	1.25	1.49	2.02	2.94	4.06	6.47
	6.0	1.18	1.37	1.82	2.74	4.12	7.79
	8.0	1.13	1.27	1.61	2.39	3.65	7.36
	10.0	1.10	1.21	1.48	2.12	3.21	6.58

الجدول 1: عامل تراكم التعرض من أجل منبع مستوي موحد الاتجاه

[11] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر: 165

مواد	طاقة MeV																	
	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.25	1.5	2	3	4	5	6	8	10
H	.295	.265	.243	.212	.189	.173	.160	.140	.126	.113	.103	.0876	.0691	.0579	.0502	.0446	.0371	.0321
Be	.132	.119	.109	.0945	.0847	.0773	.0715	.0628	.0565	.0504	.0459	.0394	.0313	.0266	.0234	.0211	.0180	.0161
C	.149	.134	.122	.106	.0953	.0870	.0805	.0707	.0636	.0568	.0518	.0444	.0356	.0304	.0270	.0245	.0213	.0194
N	.150	.134	.123	.106	.0955	.0869	.0805	.0707	.0636	.0568	.0517	.0445	.0357	.0306	.0273	.0249	.0218	.0200
O	.151	.134	.123	.107	.0953	.0870	.0806	.0708	.0636	.0568	.0518	.0445	.035[illegible]	.0309	.0276	.0254	.0224	.0206
Na	.151	.130	.118	.102	.0912	.0833	.0770	.0676	.0608	.0546	.0496	.0427	.0348	.0303	.0274	.0254	.0229	.0215
Mg	.160	.135	.122	.106	.0944	.0860	.0795	.0699	.0627	.0560	.0512	.0442	.0360	.0315	.0286	.0266	.0242	.0228
Al	.161	.134	.120	.103	.0922	.0840	.0777	.0683	.0614	.0548	.0500	.0432	.0353	.0310	.0282	.0264	.0241	.0229
Si	.172	.139	.125	.107	.0954	.0869	.0802	.0706	.0635	.0567	.0517	.0447	.0367	.0323	.0296	.0277	.0254	.0243
P	.174	.137	.122	.104	.0928	.0846	.0780	.0685	.0617	.0551	.0502	.0436	.0358	.0316	.0290	.0273	.0252	.0242
S	.188	.144	.127	.108	.0958	.0874	.0806	.0707	.0635	.0568	.0519	.0448	.0371	.0328	.0302	.0284	.0266	.0255
Ar	.188	.135	.117	.0977	.0867	.0790	.0730	.0638	.0573	.0512	.0468	.0407	.0338	.0301	.0279	.0266	.0248	.0241
K	.215	.149	.127	.106	.0938	.0852	.0786	.0689	.0618	.0552	.0505	.0438	.0365	.0327	.0305	.0289	.0274	.0267
Ca	.238	.158	.132	.109	.0965	.0876	.0809	.0708	.0634	.0566	.0518	.0451	.0376	.0338	.0316	.0302	.0285	.0280
Fe	.344	.183	.138	.106	.0919	.0828	.0762	.0664	.0595	.0531	.0485	.0424	.0361	.0330	.0313	.0304	.0295	.0294
Cu	..427.	.206	.147	.108	.0916	.0820	.0751	.0654	.0585	.0521	.0476	.0418	.0357	.0330	.0316	.0309	.0303	.0305
Mo	1.03	.389	.225	.130	.0998	.0851	.0761	.0648	.0575	.0510	.0467	.0414	.0365	.0349	.0344	.0344	.0349	.0359
Sn	1.58	.563	.303	.153	.109	.0886	.0776	.0647	.0568	.0501	.0459	.0408	.0367	.0355	.0355	.0358	.0368	.0383
I	1.83	.648	.339	.165	.114	.0913	.0792	.0653	.0571	.0502	.0460	.0409	.0370	.0360	.0361	.0365	.0377	.0394
W	4.21	1.44	.708	.293	.174	.125	.101	.0763	.0640	.0544	.0492	.0437	.0405	.0402	.0409	.0418	.0438	.0465
Pt	4.75	1.64	.795	.324	.191	.135	.107	.0800	.0659	.0554	.0501	.0445	.0414	.0411	.0418	.0427	.0448	.0477
Tl	5.16	1.80	.866	.346	.204	.143	.112	.0824	.0675	.0563	.0508	.0452	.0420	.0416	.0423	.0433	.0454	.0484
Pb	5.29	1.84	.896	.356	.208	.145	.114	.0836	.0684	.0569	.0512	.0457	.0421	.0420	.0426	.0436	.0459	.0489
U	10.60	2.42	1.17	.452	.259	.176	.136	.0952	.0757	.0615	.0548	.0484	.0445	.0440	.0446	.0455	.0479	.0511
Air	.151	.134	.123	.106	.0953	.0868	.0804	.0706	.0655	.0567	.0517	.0445	.0357	.0307	.0274	.0250	.0220	.0202
NaI	1.57	.568	.305	.155	.111	.0901	.0789	.0657	.0577	.0508	.0465	.0412	.0367	.0351	.0347	.0347	.0354	.0366
H_2O	.167	.149	.136	.118	.106	.0966	.0896	.0786	.0706	.0630	.0575	.0493	.0396	.0339	.0301	.0275	.0240	.0219
بيتون	.169	.139	.124	.107	.0954	.0870	.0804	.0706	.0635	.0567	.0517	.0445	.0363	.0317	.0287	.0268	.0243	.0229
سج	.163	.144	.132	.115	.100	.0936	.0867	.0761	.0683	.0600	.0556	.0478	.0384	.0329	.0292	.0267	.0233	.0212

الجدول 2[12] : معامل التوهين الكتلي ($\mu \setminus \rho$) من أجل بعض المواد في وحدة cm2\g

[12] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر: 166

مواد	الطاقة MeV																	
	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.25	1.50	2	3	4	5	6	8	10
H	.0411	.0487	.0531	.0575	.0589	.0591	.0590	.0575	.0557	.0533	.0509	.0467	.0401	.0354	.0318	.0291	.0252	.0255
Be	.0183	.0217	.0237	.0256	.0263	.0264	.0263	.0256	.0248	.0237	.0227	.0210	.0183	.0164	.0151	.0141	.0127	.0118
C	.0215	.0246	.0267	.0288	.0296	.0297	.0296	.0289	.0280	.0268	.0256	.0237	.0209	.0190	.0177	.0166	.0153	.0145
N	.0224	.0249	.0267	.0288	.0296	.0297	.0296	.0289	.0280	.0268	.0256	.0236	.0211	.0193	.0180	.0171	.0158	.0151
O	.0233	.0252	.0271	.0289	.0296	.0297	.0296	.0289	.0280	.0268	.0257	.0238	.0212	.0195	.0183	.0175	.0163	.0157
Na	.0289	.0258	.0266	.0279	.0283	.0284	.0284	.0276	.0268	.0257	.0246	.0229	.0207	.0194	.0185	.0179	.0171	.0168
Mg	.0335	.0276	.0278	.0290	.0294	.0293	.0292	.0285	.0276	.0265	.0254	.0237	.0215	.0203	.0194	.0188	.0182	.0180
Al	.0373	.0283	.0275	.0283	.0287	.0286	.0286	.0278	.0270	.0259	.0248	.0232	.0212	.0200	.0192	.0188	.0183	.0182
Si	.0435	.0300	.0286	.0291	.0293	.0290	.0290	.0282	.0274	.0263	.0252	.0236	.0217	.0206	.0198	.0194	.0190	.0189
P	.0501	.0315	.0292	.0289	.0290	.0290	.0287	.0280	.0271	.0260	.0250	.0234	.0216	.0206	.0200	.0197	.0194	.0195
S	.0601	.0351	.0310	.0301	.0301	.0300	.0298	.0288	.0279	.0268	.0258	.0242	.0224	.0215	.0209	.0206	.0206	.0206
Ar	.0729	.0368	.0302	.0278	.0274	.0272	.0270	.0260	.0252	.0242	.0233	.0220	.0206	.0199	.0195	.0195	.0194	.0197
K	.0909	.0433	.0340	.0304	.0298	.0295	.0291	.0282	.0272	.0261	.0251	.0237	.0222	.0217	.0214	.0212	.0215	.0219
Ca	.111	.0489	.0367	.0318	.0309	.0304	.0300	.0290	.0279	.0268	.0258	.0244	.0230	.0225	.0222	.0223	.0225	.0231
Fe	.225	.0810	.0489	.0340	.0307	.0294	.0287	.0274	.0261	.0250	.0242	.0231	.0224	.0224	.0227	.0231	.0239	.0250
Cu	.310	.107	.0594	.0368	.0316	.0296	.0286	.0271	.0260	.0247	.0237	.0229	.0223	.0227	.0231	.0237	.0248	.0261
Mo	.922	.294	.141	.0617	.0422	.0348	.0315	.0281	.0263	.0248	.0239	.0233	.0237	.0250	.0262	.0274	.0296	.0316
Sn	1.469	.471	.222	.0873	.0534	.0403	.0346	.0294	.0268	.0248	.0239	.0233	.0243	.0259	.0276	.0291	.0316	.0339
I	1.726	.557	.260	.100	.0589	.0433	.0366	.0303	.0274	.0252	.0241	.0236	.0247	.0265	.0283	.0299	.0327	.0353
W	4.112	1.356	.631	.230	.121	.0786	.0599	.0426	.0353	.0302	.0281	.0271	.0287	.0311	.0335	.0355	.0390	.0426
Pt	4.645	1.556	.719	.262	.138	.0892	.0666	.0465	.0375	.0315	.0293	.0280	.0296	.0320	.0343	.0365	.0400	.0438
Tl	5.057	1.717	.791	.285	.152	.0972	.0718	.0491	.0393	.0326	.0301	.0288	.0304	.0326	.0349	.0354	.0406	.0446
Pb	5.193	1.753	.821	.294	.156	.0994	.0738	.0505	.0402	.0332	.0306	.0293	.0305	.0330	.0352	.0373	.0412	.0450
U	9.63	2.337	1.096	.392	.208	.132	.0968	.0628	.0482	.0383	.0346	.0324	.0332	.0352	.0374	.0394	.0443	.0474
Air	.0233	.0251	.0268	.0288	.0296	.0297	.0296	.0289	.0280	.0268	.0256	.0238	.0211	.0194	.0181	.0172	.0160	.0153
NaI	1.466	.476	.224	.0889	.0542	.0410	.0354	.0299	.0273	.0253	.0242	.0235	.0241	.0254	.0268	.0281	.0303	.0325
H_2O	.0253	.0278	.0300	.0321	.0328	.0330	.0329	.0321	.0311	.0298	.0285	.0264	.0233	.0213	.0198	.0188	.0173	.0165
بيتون	.0416	.0300	.0289	.0294	.0297	.0296	.0295	.0287	.0278	.0272	.0256	.0239	.0216	.0203	.0194	.0188	.0180	.0177
نسيج	.0271	.0282	.0293	.0312	.0317	.0320	.0319	.0311	.0300	.0288	.0276	.0256	.0220	.0206	.0192	.0182	.0168	.0160

الجدول 3 [13] **: معامل الامتصاص الكتلي ($\mu_a \backslash \rho$) لبعض المواد في وحدة $cm^2 \backslash g$**

[13] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر : 167

فإن 2 MeV هو سمك المسار الحر الوسطي عند طاقة $\mu.a$ =10 فمثلاً من أجل درع مائي حيث

$B_m \approx 10$.

رأينا سابقاً أن $\dot{X} = \dot{X}_0 . B_m(\mu.a) e^{-\mu.a}$

ويمكن كتابتها بالشكل النهائي $\dot{X} = C.\Phi_b$

حيث $C = 0.0659.E_0\left(\mu_a/\rho\right)^{\text{هواء}}$ و $\Phi_b = \Phi_0.B_m(\mu.a) e^{-\mu.a}$

$\Phi_b = \Phi_u.B_m(\mu.a)$

حيث: Φ_u هو التدفق غير المصطدم.

Φ_b هو تدفق التراكم (التدفق عند النطة p)

مثال:

لتكن حزمة من أشعة غاما أحادية الطاقة (2 MeV) ذات شدة تساوي 10^6 للسنتمتر المربع في الثانية 10^6 γ-rays[$cm^2.s^{-1}$] تسقط على درع من الرصاص سمكه 10 cm. احسب:

أ- التدفق غير المصطدم

ب- تدفق التراكم

ت- معدل التعرض

الحل:

أ- من الجدول 2 لدينا $\mu/\rho = 0.0457 cm^2.g^{-1}$ للرصاص عند الطاقة = 2 MeV.

وبما أن ρ = 11.34 g.cm^{-3} , و μ =11.34 * 0.0457 = 0.518 cm^{-1}

و $\mu a = 10 * 0.518 = 5.18$ وبالتالي فإن:

$\Phi_u = \Phi_0 . e^{-\mu.a}$

يؤدي: $\Phi_u = 10^6 e^{-5.18}$

= $5.63.10^3$ γ-rays[$cm^2.s^{-1}$]

ب- يمكن إيجاد عامل التراكم عند 2 MeV من أجل $\mu.a = 5.18$ وذلك بطريقة الاستكمال بين المقادير المعطاة بالجدول 1 من أجل $\mu.a = 4$ و $\mu.a = 7$, فنحصل على $B_m = 2.78$

نتيجة لذلك فإن تدفق التراكم هو: $\Phi_b = \Phi_u.B_m\left(\mu.a\right) = 5,63*10^3 * 2.78$

$= 1.56*10^4$ γ-rays\cm^2

ت- إن مقدار X عندئذ:

$$\dot{X} = C.\dot{\Phi}_b = 0,0659E_0\left(\mu_a/\rho\right)^{\text{هواء}}.\Phi_b$$

حيث أن: $E_0 = 2Mev$ و $\left(\mu_a/\rho\right)^{\text{هواء}} = 0,0238cm^2.g^{-1}$

إذاً

$$\dot{X} = C.\dot{\Phi}_b = 0,0659*2.0,0238*1,56*10^4 = 48.9mR.h^{-1}$$

الفصل الثاني: تدريع منبع نقطي محاط بدرع كروي[14]:

في حالة منبع أشعة غاما النقطي موحد الخواص S γ-rays\sec محاط بدرع كروي نصف قطره R. في هذه الحالة يكتب معدل التعرض عند سطح الدرع بالشكل:

$$\dot{X} = \dot{X}_0 . B_p(\mu.R)\, e^{-\mu.R}$$

وهنا $B_p(\mu.R)$ هو عامل تراكم تعرض نقطي موحد الخواص و X_0 هو معدل التعرض في غياب الدرع.

حيث $X_0 = \dot{C}.\Phi_0$

وهو تدفق منبع نقطي عار (أي غير مدرع) $\Phi_0 = \frac{S}{4\pi R^2}$

إن التدفق غير المصطدم هنا : $\Phi_u = \frac{S.e^{-\mu R}}{4\pi R^2}.$

وتدفق التراكم هو

$$\Phi_b = \frac{S.e^{-\mu R}}{4\pi R^2}.B_p(\mu.R)$$

$$= \Phi_u B_p(\mu R)$$

وبالتالي يمكن حساب X من العلاقة $\dot{X} = \dot{C}.\Phi_b$

ويمكن الحصول على مقاير B_p من الجدول 4 كتابع للمقدار $(\mu.R)$.

كما تجدر الإشارة أن B_p و B_m هما تابعان مختلفان تماماً ويجب استخدامهما في مسائل خاصة فقط.

[14] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر : 169

مواد	E_0, MeV	μ_{os}						
		1	2	4	7	10	15	20
ماء	0.255	3.09	7.14	23.0	72.9	166	456	982
	0.5	2.52	5.14	14.3	38.8	77.6	178	334
	1.0	2.13	3.71	7.68	16.2	27.1	50.4	82.2
	2.0	1.83	2.77	4.88	8.46	12.4	19.5	27.7
	3.0	1.69	2.42	3.91	6.23	8.63	12.8	17.0
	4.0	1.58	2.17	3.34	5.13	6.94	9.97	12.9
	6.0	1.46	1.91	2.76	3.99	5.18	7.09	8.85
	8.0	1.38	1.74	2.40	3.34	4.25	5.66	6.95
	10.0	1.33	1.63	2.19	2.97	3.72	4.90	5.98
المينيوم	0.5	2.37	4.24	9.47	21.5	38.9	80.8	141
	1.0	2.02	3.31	6.57	13.1	21.2	37.9	58.5
	2.0	1.75	2.61	4.62	8.05	11.9	18.7	26.3
	3.0	1.64	2.32	3.78	6.14	8.65	13.0	17.7
	4.0	1.53	2.08	3.22	5.01	6.88	10.1	13.4
	6.0	1.42	1.85	2.70	4.06	5.49	7.97	10.4
	8.0	1.34	1.68	2.37	3.45	4.58	6.56	8.52
	10.0	1.28	1.55	2.12	3.01	3.96	5.63	7.32
حديد	0.5	1.98	3.09	5.98	11.7	19.2	35.4	55.6
	1.0	1.87	2.89	5.39	10.2	16.2	28.3	42.7
	2.0	1.76	2.43	4.13	7.25	10.9	17.6	25.1
	3.0	1.55	2.15	3.51	5.85	8.51	13.5	19.1
	4.0	1.45	1.94	3.03	4.91	7.11	11.2	16.0
	6.0	1.34	1.72	2.58	4.14	6.02	9.89	14.7
	8.0	1.27	1.56	2.23	3.49	5.07	8.50	13.0
	10.0	1.20	1.42	1.95	2.99	4.35	7.54	12.4
قصدير	0.5	1.56	2.08	3.09	4.57	6.04	8.64	
	1.0	1.64	2.30	3.74	6.17	8.85	13.7	18.8
	2.0	1.57	2.17	3.53	5.87	8.53	13.6	19.3
	3.0	1.46	1.96	3.13	5.28	7.91	13.3	20.1
	4.0	1.38	1.81	2.82	4.82	7.41	13.2	21.2
	6.0	1.26	1.57	2.37	4.17	6.94	14.8	29.1
	8.0	1.19	1.42	2.05	3.57	6 19	15.1	34.0
	10.0	1.14	1.31	1.79	2.99	5.21	12.5	33.4
تونغستين	0.5	1 28	1.50	1.84	2.24	2.61	3.12	
	1.0	1 [illegible]	1.83	2.57	3.62	4.64	6.25	(7.35)
	2.0	1.42	1.85	2.72	4.09	5.27	8.07	(10.6)
	3.0	1.36	1.74	2.59	4.00	5.92	9.66	14.1
	4.0	1.29	1.62	2.41	4.03	6.27	12.0	20.9
	6.0	1.20	1.43	2.07	3.60	6.29	15.7	36.3
	8.0	1.14	1.32	1.81	3.05	5.40	15.2	41.9
	10.0	1.11	1.25	1.64	2 62	4.65	14.0	39.3
رصاص	0.5	1.24	1.42	1.69	2.00	2.27	2.65	(2.73)
	1.0	1.37	1.69	2.26	3.02	3.74	4.81	5.86
	2.0	1.39	1.76	2.51	3.66	4.84	6.87	9.00
	3.0	1.34	1.68	2.43	3.75	5.30	8.44	12.3
	4.0	1.27	1.56	2.25	3.61	5.44	9.80	16.3
	5.1	1.21	1.46	2.08	3.44	5.55	11.7	23.6
	6.0	1.18	1.40	1.97	3.34	5.69	13.8	32.7
	8.0	1.14	1.30	1.74	2.89	5.07	14.1	44.6
	10.0	1.11	1.23	1.58	2.52	4.34	12.5	39.2
يورانيوم	0.5	1.17	1.30	1.48	1.67	1.85	2.08	
	1.0	1.31	1.56	1.98	2.50	2.97	3.67	
	2.0	1.33	1.64	2.23	3.09	3.95	5.36	(6.48)
	3.0	1.29	1.58	2.21	3.27	4.51	6.97	9.88
	4.0	1.24	1.50	2.09	3.21	4.66	8.01	12.7
	6.0	1.16	1.36	1.85	2.96	4.80	10.8	23.0
	8.0	1.12	1.27	1.66	2.61	4.36	11.2	28.0
	10.0	1.09	1.20	1.51	2.26	3.78	10.5	28.5

الجدول 4 [15]: عامل تراكم التعرض من أجل منبع نقطي محاط بدرع كروي

[15] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر: 170

ومن المناسب من أجل الأغراض الحسابية التعبير عن عامل التراكم النقطي المجدول كتابع رياضي. ومن أنسب التوابع للتعبير عنه هو تابع تايلور الذي يأخذ الصيغة:

$$B_p = A_1 e^{-\alpha 1 \mu r} + A_2 e^{-\alpha 2 \mu r} = \sum A_n e^{-\alpha_n \mu r}$$

حيث A_1, A_2, α_1 , α_2 هي توابع طاقة تحسب من الجدول 5

وعندما ينتهي r إلى 0 فإن B_p ينتهي إلى 1 لأنه ليس هناك تراكم لإشعاع متبعثر في درع سمكه صفر.

ونتيجة لذلك فإن: $A_1 + A_2 = 1$

وباستبدال A_1 بـ A وبالتالي فإن: $A_2 = 1 - A$

مواد	طاقة (MeV)	A	$-\alpha_1$	α_2	مواد	طاقة (MeV)	A	$-\alpha_1$	α_2
ماء	0.5	100.845	0.12687	−0.10925	حديد	0.5	31.379	0.06842	−0.03742
	1.0	19.601	0.09037	−0.02522		1.0	24.957	0.06086	−0.02463
	2.0	12.612	0.05320	0.01932		2.0	17.622	0.04627	−0.00526
	3.0	11.110	0.03550	0.03206		3.0	13.218	0.04431	−0.00087
	4.0	11.163	0.02543	0.03025		4.0	9.624	0.04698	0.00175
	6.0	8.385	0.01820	0.04164		6.0	5.867	0.06150	−0.00186
	8.0	4.635	0.02633	0.07097		8.0	3.243	0.07500	0.02123
	10.0	3.545	0.02991	0.08717		10.0	1.747	0.09900	0.06627
بيتون	0.5	38.225	0.14824	0.10579	قصدير	0.5	11.440	0.01800	0.03187
	1.0	25.507	0.07230	−0.01843		1.0	11.426	0.04266	0.01606
	2.0	18.089	0.04250	0.00849		2.0	8.783	0.05349	0.01505
	3.0	13.640	0.03200	0.02022		3.0	5.400	0.07440	0.02080
	4.0	11.460	0.02600	0.02450		4.0	3.496	0.09517	0.02598
	6.0	10.781	0.01520	0.02925		6.0	2.005	0.13733	−0.01501
	8.0	8.972	0.01300	0.02979		8.0	1.101	0.17288	−0.01787
	10.0	4.015	0.02880	0.06844		10.0	0.708	0.19200	0.01552
المنيوم	0.5	38.911	0.10015	−0.06312	رصاص	0.5	1.677	0.03084	0.30941
	1.0	28.782	0.06820	−0.02973		1.0	2.984	0.03503	0.13486
	2.0	16.981	0.04588	0.00271		2.0	5.421	0.03482	0.04379
	3.0	10.583	0.04066	0.02514		3.0	5.580	0.05422	0.00611
	4.0	7.526	0.03973	0.03860		4.0	3.897	0.08468	−0.02383
	6.0	5.713	0.03934	0.04347		6.0	0.926	0.17860	−0.04635
	8.0	4.716	0.03837	0.04431		8.0	0.368	0.23691	−0.05864
	10.0	3.999	0.03900	0.04130		10.0	0.311	0.24024	−0.02783

الجدول 5 [16]: وسائط عدة لتشكل تايلور من أجل عامل تراكم التعرض لمنبع نقطي

[16] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر: 175

الفصل الثالث: الدروع متعددة الطبقات[17]:

بفرض أن حزمة أشعة غاما أحادية الطاقة (E) والاتجاه, تسقط على درع له طبقتان من مواد مختلفة فإن التدفق الغير مصطدم عند النقطة P هو:

$$\Phi_u = \Phi_0 . e^{-(\mu_1 a_1 + \mu_2 a_2)}$$

بالإضافة إلى أن حساب تدفق التراكم سابقاً كان من أجل أشعة غاما أحادية الطاقة بالنسبة لمواد مختلفة, ودروع ذات طبقة واحدة وهي مطبقة من أجل وصف الإشعاع الخارج من هذه الطبقة, ولكنه لا يصح من أجل وصف الإشعاع الخارج من الصفيحة الثانية في حال وجود دروع متعدد الطبقات لإن الإشعاع الوارد على الطبقة الثانية له طيف مستمر ناتج عن التأثير المتبادل مع الطبقة الأولى , بالإضافة إلى ذلك يعتمد التدفق على أي من الطبقتين تأتي أولا.

- إذا كانت المناطق متشابهة, اي كانت الأعداد الذرية Z العائدة لها لا تختلف عن بعضها أكثر من 5 إلى 10 أمثال, عندئذ يستخدم عامل التراكم العائد للطبقة ذات العامل الأكبر وعندئذٍ يحسب عامل التراكم الإجمالي من العلاقة $B[\mu(a_1 + a_2)]$

  وهذه القاعدة تستند إلى الملاحظة.

- إذا كانت المناطق مختلفة وكانت المنطقة ذات العدد الذري المنخفض هي الأولى, عندئذٍ يستخدم عامل التراكم للمنطقة إلى المنطقة الثانية كما لو كانت المنطقة الأولى غير موجودة. وفي هذه الحالة يعتمد المقدار $B_{z2}[\mu_2 a_2]$ والسبب أن إشعاع التراكم ذا الطاقة المنخفضة العائد إلى المنطقة الأولى تمتصه المنطقة الثانية.

- إذا كانت المناطق مختلفة وكانت المنطقة ذات العدد الذري (Z) الأعلى هي الأولى، فإنه في هذه الحالة يعتمد على طاقة أي من أشعة غاما هي أكبر أو أصغر من المقدار الأصغري في منحني μ الذي يظهر عند الطاقة 3 MeV من أجل العناصر الثقيلة.

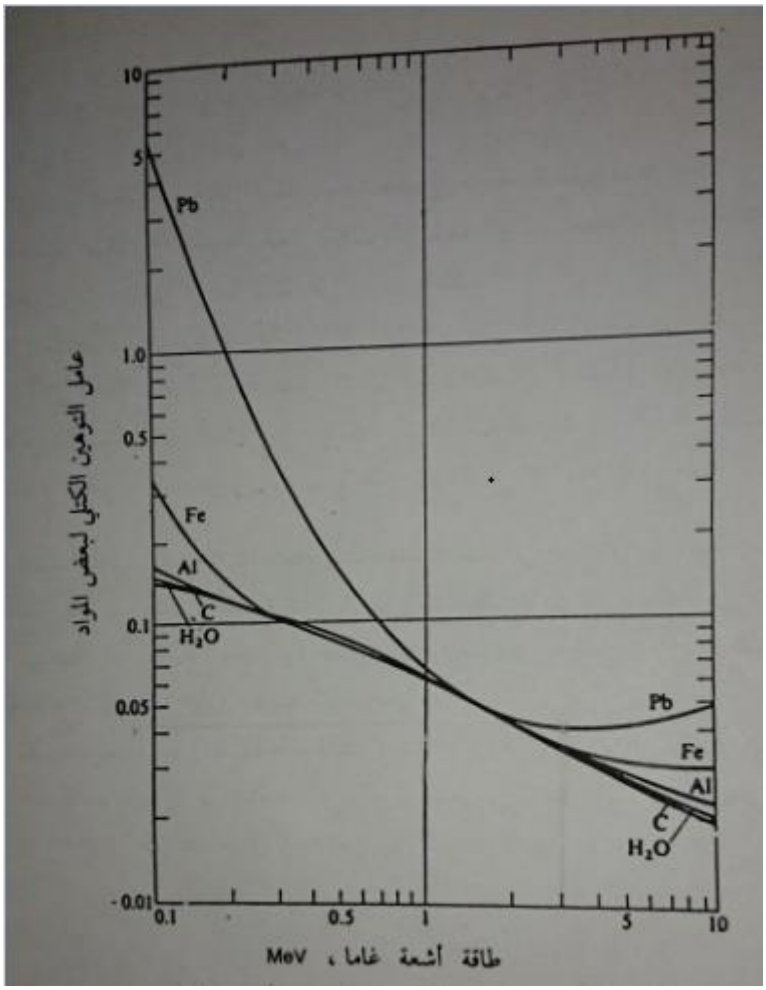
  أ- في حالة E < 3 MeV فإن $B = Bz_1[\mu_1 a_1] B_{z2}[\mu_2 a_2]$

[17] الأشهب,م. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر : 189

لإن الفوتونات الصادرة عن درع ذي عدد ذري عال تمتلك طاقة تختلف قليلا عن طاقة المنبع, لذا يمكن اعتبار ولوجها في المنطقة الثانية كما لو كانت منابع لأشعة غاما.

ب- في حالة E > 3 MeV فإن $B = Bz_1[\mu_1 a_1]B_{z2}[\mu_2 a_2]_{\min}$

ذلك لإن الفوتونات الواجة إلى المنطقة الأولى لها طاقات متراكمة حول المقدار الأصغري في منحني μ بحيث أن ولوجها في المنطقة الثانية يحدد بهذه الطاقة بدلا من أن يحدد بطاقة المنبع.



الشكل 7 عامل التوهين الكتلي لبعض المواد

الخاتمة

وفي نهاية هذا البحث نكون قد تعرفنا على طبيعة الأشعة النووية ومصادرها, وتعرفنا أيضاً على الآثار الضارة التي تتركها هذه الأشعة على البشر إذا ما تم استخدامها بالشكل الأمثل, كما رأينا أثر الدروع في تخفيف التعرض الإشعاعي وخصوصاً أشعة غاما ذات الأثر الأكبر من بين الإشعاعات المؤينة, ورأينا كيف تتم حسابات التعرض الإشعاعي من دون أو مع وجود الدروع في الحالات المختلفة.

وأخيراً نتمنى الاستفادة من الفوائد الجمّة التي تقدمها هذه الإشعاعات في جميع النواحي المفيدة وعدم استخدامها في النواحي السلبية لأن استخدامها في غير الغاية التي خلقت لأجلها له آثار لا تُحمد عقباها على البشرية أجمع وعلى البيئة أيضاً. كما نتمنى توخي الحذر عند التعامل مع هذه الإشعاعات لأنه لا يكفي وجود الدروع حتى تتم الحماية التامة وأخطاء صغيرة يمكن أن تزهق أرواحاً لذلك يجب التعامل معها بالشكل الأمثل, كما يجب وضع هذه الأشعة في أيدٍ أمينة وحريصة في التعامل معها ووضع الرقابة عليها حتى نضمن الاستفادة المثلى منها ونسخّرها في تقديم كل ما هو مفيد للبشرية.

النتائج:

1. الأشعة النووية تقسم إلى أشعة مؤينة خطرة وأشعة غير مؤينة معظمهما غير خطر.
2. للإشعاعات النووية مصادر طبيعية ومصادر من صنع البشر.
3. للإشعاع النووي الكثير من الآثار الضارة على البشر جسدياً ووراثياً.
4. أشعة غاما هي الأشعة ذات الخطر الأكبر على الإنسان من بين أنواع الأشعة المختلفة.
5. هناك عدة أشكال لتدريع أشعة غاما البيولوجي.
6. تؤثر الدروع بشكل عام في تخفيف معدل التعرض للأشعة بشكل كبير وفق قوانين رياضية.

التوصيات:

1. نرجو استخدام الأشعة النووية في المجالات السلمية والتنمية لما لها من فوائد جمّة.
2. نتمنى عدم استخدام الإشعاعات المؤينة في المجالات الحربية والمجالات الضارة الأخرى لأن لها آثار وخيمة على البشرية.
3. يجب توخي الحذر عند التعامل مع أي مادة مشعة لأن التدريع وحده لا يكفي للحماية منها.
4. وضع مصادر الإشعاعات هذه في أيدٍ أمينة وحريصة في التعامل معها لضمان السلامة.
5. نتمنى السعي في تطوير العمل واستغلال فوائد الأشعة في سوريا لتحقيق التقدم على كافة الأصعدة.

المصادر والمراجع:

1- الأشهب,مطاوع. (1991) الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث دمشق ,المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر

2- أ. د. أحمد, محمد فاروق. و أ. د. السريع, أحمد بن محمد. (2007). مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها جامعة الملك سعود ,اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات.

3- McAlister, P. D. R. (2013). Gamma Ray Attenuation Properties of Common Shielding Materials. USA, 1955 Univesity Lane Lisle.

4- http://www.aun.edu.eg/arabic/society/april_2011.html

5- http://www.alkhaleej.ae/supplements/page/aeeb5ba7-8693-4716-bf8c-3c7ef3697656