

# قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد الطبقة ودرع ذي طبقتين

رسالة مقدمة إلى  
مجلس كلية العلوم – جامعة بابل  
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير  
علوم في علوم الفيزياء

من

علي عبد ابوجاسم





## بسم الله الرحمن الرحيم

### قرار المشرف على الرسالة

أشهد إن إعداد هذه الرسالة الموسومة بـ " قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد الطبقة ودرع ذي طبقتين " قد جرى تحت إشرافي في قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة بابل ، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء.

التوقيع :

المشرف : د. خالد حسين هاتف العطية

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان : كلية العلوم / جامعة بابل

التاريخ : 2005/ /

### توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءً على التوصيات المتوفرة أشرح هذه الرسالة للمناقشة

التوقيع :

رئيس القسم : د. طالب هادي قدوري

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان : كلية العلوم / جامعة بابل

التاريخ : 2005/ /

### قرار اللجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة التقويم والمناقشة ، إننا اطلعنا على هذه الرسالة وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها ، وفيما له علاقة بها ، ورأينا إنها جديرة بالقبول لنيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء ، وعليه نوصي بقبول الرسالة وبتقدير ( امتياز ).

## رئيس اللجنة

التوقيع :  
الاسم : د. عامر عبد الأمير محمد علي  
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد.  
العنوان : جامعة كربلاء - كلية العلوم - قسم الفيزياء  
التاريخ : / / 200

## عضو اللجنة

التوقيع :  
الاسم : د. محمد عبد الأمير كريم  
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد  
العنوان : جامعة بابل - كلية العلوم  
- قسم الفيزياء.  
التاريخ : / / 200

## عضو اللجنة

التوقيع :  
الاسم : د. أمين حبيب حنون  
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد  
العنوان : جامعة ذي قار - كلية العلوم  
- قسم الفيزياء  
التاريخ : / / 200

## عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :  
الاسم : د. خالد حسين هاتف العطية  
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد  
العنوان : جامعة بابل - كلية العلوم - قسم الفيزياء  
التاريخ : / / 200

## مصادقة عمادة كلية العلوم

أصادق على ما جاء في قرار اللجنة أعلاه  
التوقيع :  
الاسم : د. عوده مزعل ياسر  
المرتبة العلمية : أستاذ  
التاريخ : / / 200

## شكر وتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام على اشرف خلق الله المبعوثين

محمد و على اله و صحبه أجمعين.

يغمرني الفرح وأنا أنهى رسالتي هذه أن أتقدم بالشكر والامتنان الكبيرين إلى أستاذي وقدوتي الدكتور خالد حسين هاتف العطية لما قدمه لي من توجيهات علمية سديدة ومتابعته المستمرة طيلة فترة البحث .

وأقدم بالشكر الجزيل إلى أساتذتي الذين لا أنسى فضلهم الدكتور سامي وحيد راضي عميد كلية العلوم- جامعة الكوفة والدكتور عدنان فالح حسن رئيس قسم الفيزياء في كلية العلوم- جامعة الكوفة لما قدما لي من دعم وتسهيلات من مختبرات وأجهزة.

وكما أتقدم بشكري وتقديري إلى جامعة بابل – كلية العلوم وأساتذة وموظفي قسم الفيزياء لما قدموه من رعاية لطلبة الدراسات العليا وخص بالذكر الأستاذ الدكتور طالب هادي قدوري والى زملائي طلبة الدراسات العليا في قسم الفيزياء .

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى موظفي قسم الفيزياء في كلية العلوم – جامعة الكوفة لما قدموه من مساعدة طيلة فترة عمل البحث عندهم وخص بالذكر الأستاذ فارس عبد ياسين والأستاذ حسام. والشكر الجزيل للأخ باسم لمساعدته في الترتيبات العملية للتجارب.

ولا يفوتني أن أتقدم بالشكر الجزيل والامتنان الكبير إلى الأستاذ الكبير السيد جواد الفحام وإلى والديّ العزيزين و أخواتي و إخوتي محمد واسعد و حسنين و باقر لدعمهم المعنوي و المادي لي طيلة فترة دراستي .

لهم جميعا اكرر شكري سائلا الله العليّ القدير أن يوفقهم لكل خير

**والله ولي التوفيق**

**علي**

**الإهداء**

# إلى معلميَّ العزيزين (أبويَّ الحنونين) والى جدي الحبيب السيد سلمان حسين أهدي هذا الجهد

## الخلاصة

تم في هذا البحث قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد وكدرع ذي طبقتين باستخدام الكاشف ألوميضي NaI(Tl) والذي حجمه ("3×3") والمصدرين المشعّين السيزيوم-137 و الكوبلت-60، استخدمت ثلاث مسافات بين المصدر المشع والكاشف وهي (71cm , 51cm , 41cm) ، وأربعة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة وهي

$(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$ .  
واستخدم مسددان قطر فتحتيهما (1 cm , 2cm) , وقد وصل معدل المسار الحر للأحواض الثلاثة الأولى عند استخدام مصدر السيزيوم-137 إلى (2.412 mfp) وعند استخدام مصدر الكوبلت-60 وصل معدل المسار الحر إلى (1.791 mfp) أما الحوض الرابع فقد وصل معدل المسار فيه إلى (4.824 mfp) عند استخدام مصدر السيزيوم-137 ووصل إلى (3.582 mfp) عند استخدام مصدر الكوبلت-60. و درست ستة عوامل تؤثر على قيمة عامل التراكم لأشعة كاما وهي:

1- تأثير سمك الدرع.

2- تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف .

3- تأثير حجم الحوض الزجاجي .

4- تأثير طاقة المصدر المشع.

5- تأثير قطر فتحة المسدد .

6- تأثير العدد الذري لمادة الدرع .

إذ درست العوامل الخمسة الأولى في الدروع المكونة من طبقة واحدة (الماء), والعوامل (1,4,5,6) في الدروع المكونة من طبقتين الطبقة الأولى المواد (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم) والطبقة الثانية هي الماء. كذلك حسبت قيم نظرية لعامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام معادلة تـايلور شبه التجريبية ولمدى من الطاقات من (0.5MeV) إلى (1.5MeV). وأثبتت هذه الدراسة إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد يزداد بزيادة سمك طبقة الماء ويقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف ويزداد بزيادة حجم الحوض الزجاجي ويقل بزيادة طاقة المصدر المشع وكذلك يقل بزيادة قطر فتحة المسدد. كما أثبتت هذه الدراسة إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع ذي طبقتين يزداد بزيادة سمك الدرع وزيادة العدد الذري لمادة الطبقة الأولى ويقل بزيادة قطر فتحة المسدد وطاقة المصدر المشع. كذلك وجد إن عامل التراكم لأشعة كاما في الماء المحسوب نظريا اكبر من عامل التراكم لأشعة كاما المقاسة عمليا للطاقات المستخدمة وتم تفسير ذلك.

## المحتويات

رقم الصفحة	المحتويات
1	الفصل الأول : المبادئ النظرية
1	(1-1) المقدمة

1	(2-1) توهين حزمة أشعة كاما
2	(a-2-1) توهين الحزمة الضيقة
2	(b-2-1) توهين الحزمة العريضة
4	(3-1) تفاعل أشعة كاما مع المادة
4	(1-3-1) الظاهرة الكهروضوئية
5	(2-3-1) ظاهرة كومبتن
6	(3-3-1) إنتاج الزوج
7	(4-1) الدروع
7	(1-4-1) الدروع المنفردة
7	(1-4-1-أ) المنفردة النقية
7	(1-4-1-ب) الخليط المتجانس
8	(2-4-1) الدروع المتعددة الطبقات
8	(5-1) عامل التراكم
9	(6-1) المعادلات التجريبية المستخدمة في حساب عامل التراكم
9	(1-6-1) في الدروع المنفردة
9	(2-6-1) في الدروع المتعددة الطبقات
13	(7-1) الهدف من البحث
14	(8-1) الدراسات السابقة
21	<b>الفصل الثاني : الترتيبات العملية</b>
<b>رقم الصفحة</b>	<b>المحتويات</b>
21	(1-2) المقدمة
21	(2-2) الأجهزة الالكترونية للمنظومة
22	(1-2-2) الكاشف ألوميضي
23	(2-2-2) مجهز الفولتية العالية

24	(3-2-2) قاعدة المضاعف الضوئي والمضخم الابتدائي
24	(4-2-2) المضخم الرئيسي
24	(5-2-2) المحلل وحيد القناة
25	(6-2-2) العداد والمؤقت
25	(7-2-2) الراسمة الكاثودية
25	(3-2) المصادر المشعة المستخدمة
26	(4-2) المواد الأخرى المستخدمة في التجارب
26	(5-2) الترتيب الهندسي للتجارب
26	(1-5-2) الترتيب الهندسي للحزمة الضيقة
26	(2-5-2) الترتيب الهندسي للحزمة العريضة
28	(6-2) المواد المستخدمة كدروع
29	(7-2) طريقة حساب عامل التراكم
30	(8-2) التراوح الإحصائي القياسي والتراوح الإحصائي النسبي
31	<b>الفصل الثالث : النتائج والمناقشة</b>
31	(1-3) المقدمة
32	(2-3) الجزء الأول : (قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء)
47	(3-3) مناقشة نتائج الجزء الأول
47	(1-3-3) تأثير سمك الماء
48	(2-3-3) تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف
<b>رقم الصفحة</b>	<b>المحتويات</b>
53	(3-3-3) تأثير حجم الأحواض الزجاجية
58	(4-3-3) تأثير طاقة المصدر المشع
66	(5-3-3) تأثير قطر فتحة المسدد
71	(4-3) حساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء

75	(5-3) الجزء الثاني : (قياس عامل التراكم لدروع مكونة من طبقتين)
90	(6-3) الاستنتاجات
91	(7-3) المقترحات
92	(8-3) المصادر

## الفصل الأول

### (Introduction )

### (1-1) المقدمة

تستخدم الحواجز (الدروع) Shielding الواقية لتقليل جرعة التعرض الإشعاعي للأشخاص الذين يعملون في حقل الإشعاع ، ولأهمية عامل التراكم في كثير من التطبيقات مثل تصميم دروع المفاعلات النووية، وفي مجال الفيزياء الصحية، و كذلك في تدريب بعض المختبرات البحثية التي تتطلب مصادر مشعة ذات طاقات عالية و فعاليات إشعاعية عالية.

ويكمن سر أهمية هذا العامل في دخوله كعامل تصحيح في الحسابات المتعلقة بالسلك الملام لتدريج المصادر المشعة لأشعة كاما. و يتضمن هذا الفصل المفاهيم الأساسية المتعلقة بعامل التراكم:

## (2-1) توهين أشعة كاما Gamma-Ray Attenuation

إن توهين أشعة كاما ( الامتصاص و الاستطارة) داخل المادة يمكن دراسته من خلال قياس تغيير شدة الأشعة (المسدة بشكل جيد) مع تغير سمك المادة , و يحسب معدل شدة أشعة كاما أو الأشعة السينية النافذة من حاجز أو درع ما من العلاقة الآتية:- [2,1]

$$I_x = I_o e^{-\mu x} \dots\dots\dots(1-1)$$

حيث إن:

$I_x$  معدل شدة الأشعة النافذة من خلال حاجز سمكه (x).

$I_o$  معدل شدة الأشعة الساقطة بدون وجود المادة الماصة.

$\mu$  معامل الامتصاص الكلي.

x سمك المادة الماصة.

إن هذه العلاقة الآسية تمنع وجود مدى محدد للأشعة في المادة, لذلك اتفق العلماء على مصطلح معدل المسار الحر (Mean Free Path) وهو معدل المسافة المقطوعة قبل الامتصاص و الذي يرمز له بالرمز (م.م.ح) أو (mfp).

ويحسب معدل المسار الحر داخل المادة قبل امتصاصها للإشعاع بالعلاقة الآتية:- [3,1]

$$\lambda = \frac{\int_0^{\infty} x e^{-\mu x} dx}{\int_0^{\infty} e^{-\mu x} dx} = \frac{1}{\mu} \dots\dots\dots(2-1)$$

يستخدم هذا المصطلح كوحدة ملاءمة في دراسة انتقال الفوتونات و النيوترونات في المادة حيث تعرف بعض المتغيرات مثل عامل التراكم بدلالة (mfp) كمقياس للمسافة أي إن [1]:

$$\frac{\text{المسافة (m)}}{\text{معدل المسار الحر (m)}} = \text{المسافة بوحدات (mfp)}$$

$$x\mu = x/\lambda \dots\dots\dots(3-1)$$

يمكن تصنيف توهين حزمة أشعة كاما إلى صنفين رئيسيين هما:

**(a-2-1) توهين الحزمة الضيقة (Narrow Beam Attenuation)**

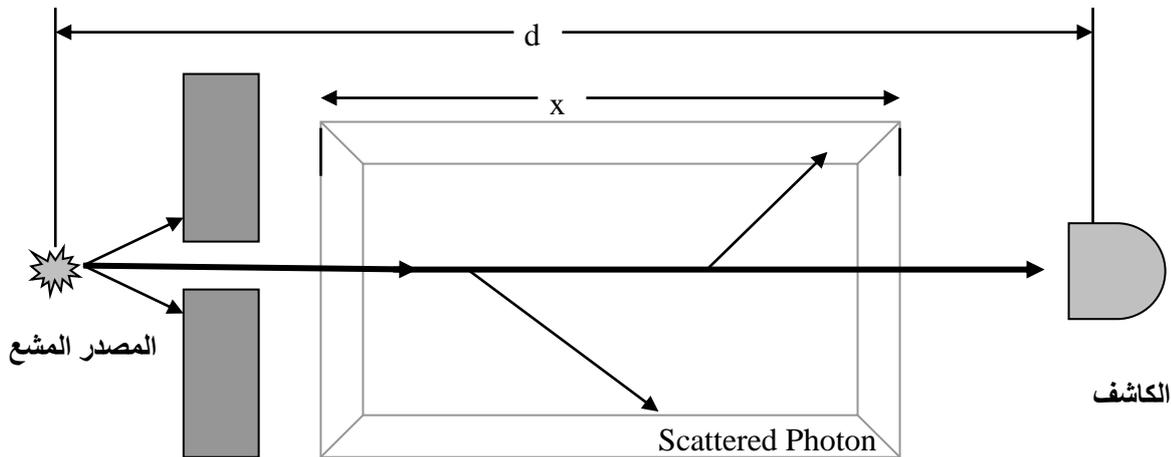
عندما يصل جزء قليل من الفوتونات المستطارة و الثانوية إلى الكاشف بسبب تسديد حزمة أشعة كاما بمسدد يقلل إلى حد كبير تلك الفوتونات المستطارة و كما هو واضح في الشكل (1-1-أ)، حيث يسمى هذا الترتيب بالترتيب الهندسي الجيد Good Geometry، أو يسمى بالحزمة الضيقة، ويستخدم هذا الترتيب في القياسات العملية لمعامل الامتصاص الخطي.

**(b-2-1) توهين الحزمة العريضة (Broad Beam Attenuation)**

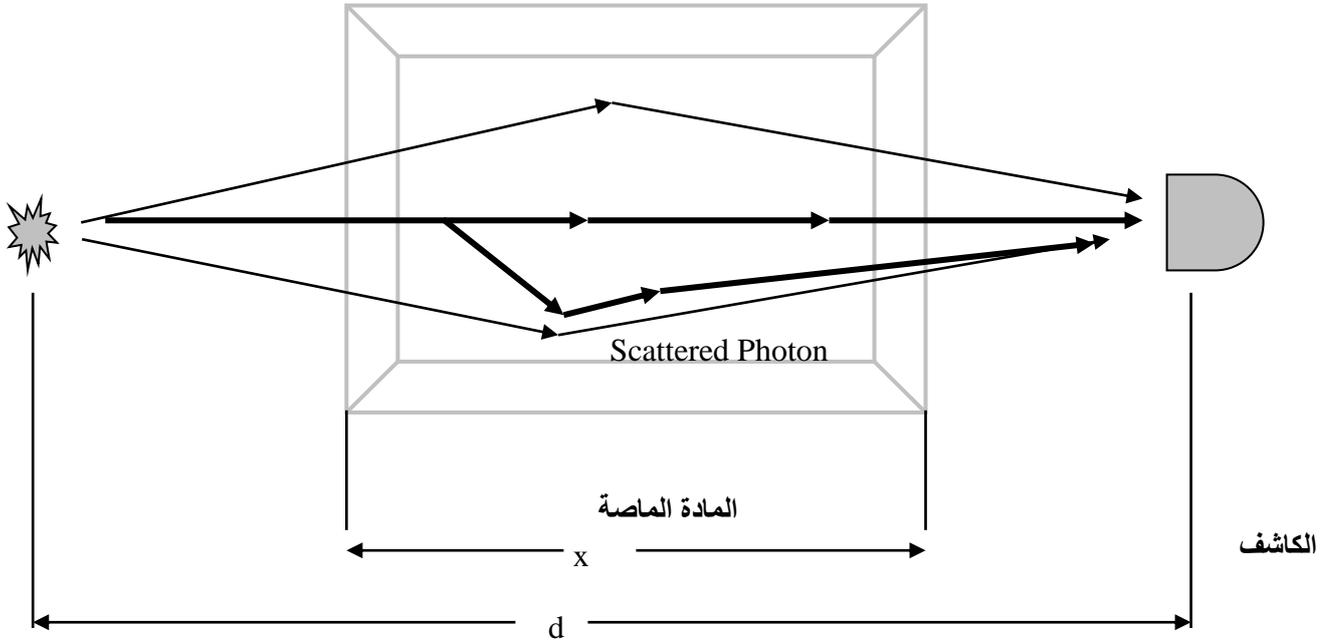
عندما يصل جزء كبير من الفوتونات المستطارة و الثانوية إلى الكاشف فان الترتيب الهندسي يسمى بالحزمة العريضة أو الترتيب الهندسي السيئ Bad Geometry وكما هو موضح في الشكل (1-1-ب) و بسبب تأثير الإشعاعات الثانوية على الكاشف يصبح التوهين في حالة الحزمة العريضة أكبر مما هو عليه في حالة الحزمة الضيقة أو معامل التوهين النظري. ومما تقدم نجد بأن المعادلة (1-1) تصح فقط في حالة الحزمة الضيقة لأشعة كاما، أما في حالة الحزمة العريضة فسوف يدخل عامل تصحيح في المعادلة يسمى هذا العامل بعامل التركم لأشعة كاما و كما في العلاقة الآتية [4]:

$$I_x = BI_o e^{-\mu x} \dots\dots\dots(4-1)$$

B عامل تراكم أشعة كاما في المادة



المسدد



المصدر المشع

(ب) الحزمة العريضة

شكل (1-1) يوضح الترتيب الهندسي للتجارب [5]

(أ) الترتيب الهندسي الجيد. (ب) الترتيب الهندسي السيئ.

(3-1) تفاعل أشعة كاما مع المادة (Gamma – Ray Interaction)

إن التفاعلات الرئيسية لأشعة كاما مع المادة هي:

(1-3-1) الظاهرة الكهروضوئية (Photo Electric Effect)

في هذه الظاهرة تمتص طاقة الفوتون (أشعة كاما) الساقطة كلياً من قبل إلكترون مرتبط بالمدارات الداخلية للذرة ، وبهذا سوف يختفي الفوتون و ينفصل الإلكترون عن الذرة تاركها كأيون موجب.

إن الطاقة الحركية التي سيأخذها الإلكترون المتحرر هي [6]:

$$E_e = E_\gamma - B.E - E_a \dots\dots\dots(5-1)$$

حيث أن:

$E_e$  طاقة الإلكترون الخارج.

$E_\gamma$  طاقة الفوتون الساقط.

$B.E$  طاقة ارتباط Binding energy بالإلكترون بالذرة و تسمى أيضا بدالة

الشغل Work Function

$E_a$  طاقة الارتداد Recoil energy للذرة.

وبما إن طاقة ارتداد الذرة صغيرة بسبب صغر كتلة الإلكترون الخارج ( $m_e$ ) مقارنة"

بكتلة الذرة ( $M$ ) لذا يمكن إهمالها حسب العلاقة الآتية[6]:

$$E_a = \frac{m_e}{M} E_e \dots\dots\dots(6-1)$$

وتصبح معادلة الطاقة للإلكترون الخارج ( $E_e$ ) بالشكل الآتي:

$$E_e = E_\gamma - B.E \dots\dots\dots(7-1)$$

و يحسب المقطع العرضي ( $\tau$ ) لكل ذرة في الامتصاص الكهروضوئي في القشرة ( $k$ )

بالعلاقة الآتية: [1]

$$\tau = \text{constant} \frac{Z^n}{E_\gamma^{3.5}} \dots\dots\dots(8-1)$$

حيث إن :

$n$  تأخذ قيم من (4 ← 5)

$Z$  العدد الذري للمادة الماصة.

### (2-3-1) ظاهرة كومبتن (استطارة كومبتن) (Compton Effect (Compton Scattering)

عندما يصطدم فوتون أشعة كاما مع أحد الإلكترونات الخارجية للذرة و الذي تكون طاقة ارتباطه بها قليلة (لذا يمكن أن يعد حرا") فان ذلك سيؤدي إلى استطارة الفوتون الساقط بطاقة  $(E_{\gamma^-})$  أقل من طاقة سقوطه  $(E_{\gamma})$  كما يتحرر الإلكترون بطاقة حركية  $(E_e)$  و تساوي الفرق بين طاقة الفوتون الساقط و طاقة الفوتون المستطار وكما في المعادلات الآتية [7,4]:

$$E_{\gamma^-} = \frac{E_{\gamma}}{1 + \left(\frac{E_{\gamma}}{\alpha}\right)(1 - \cos\theta)} \dots\dots\dots(9-1)$$

$$E_e = E_{\gamma} - E_{\gamma^-} \dots\dots\dots(10-1)$$

$\theta$  : تمثل زاوية الاستطارة.

$\alpha = m_0c^2$  : وهي كمية ثابتة و تمثل الطاقة السكونية للإلكترون و تساوي (0.511 MeV) .

و يغلب هذا التفاعل لمدى واسع [4] من الطاقة بين (0.5-5) MeV ، و تزداد احتمالية التفاعل خطيا بزيادة العدد الذري للمادة.

إن التوزيع الزاوي لزاوية الاحتمالية ، أو ما يسمى بمساحة مقطع الاستطارة التفاضلي، والذي يمكن حسابه من معادلة (كلاين - نيشينا) [1]:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = z r_o^2 \left( \frac{1}{1 + \alpha(1 - \cos\theta)} \right)^2 \left( \frac{1 + \cos^2\theta}{2} \right) \left( 1 + \frac{\alpha^2(1 - \cos\theta)^2}{(1 + \cos^2\theta)(1 + \alpha(1 - \cos\theta))} \right) \dots\dots\dots(11-1)$$

حيث إن :

$$\alpha = \frac{E_{\gamma}}{m_0c^2} \text{ و } r_o \text{ يمثل قطر الإلكترون الكلاسيكي}$$

وتعطي العلاقة العملية للمقطع العرضي التفاضلي لاستطارة كومبتن كما يأتي: [4]

$$\left[ \frac{d\sigma}{d\Omega} \right] = \frac{\sum \gamma^-}{N.I.\Delta\Omega} \dots\dots\dots(12-1)$$

حيث أن:

$\sum \gamma^-$  : تمثل مجموع العد تحت القمة الضوئية مقسوما على الكفاءة الذاتية عند تلك الطاقة.

$N$  : عدد الالكترونات في مادة الاستطارة (الهدف).

$I$  : عدد الالكترونات لكل  $cm^3$  ولكل ثانية على الهدف.

$\Delta\Omega$  : الزاوية الصلدة المواجهة للكاشف.

### (Pair Production)

### (3-3-1) إنتاج الزوج

عندما تتجاوز طاقة الفوتون الساقط ضعف الطاقة السكونية للإلكترون أو طاقة العتبة

(أي 1.022 MeV) فإن احتمالية إنتاج الزوج تصبح ممكنة ، إن مثل هذا التفاعل يحدث بجوار

المجال الكولومي للنواة ، إذ يمتص الفوتون كليا لينتج إلكترونات و بوزترونات، و مجموع طاقتيهما

تساوي طاقة الفوتون الساقط مطروحا من طاقة العتبة وكما يأتي[8]:

$$E_{e^-} + E_{e^+} = E_{\gamma} - 1.022MeV \dots\dots\dots(13-1)$$

تتوزع الطاقة بالتساوي تقريبا بين الإلكترون و البوزترون ، و يكسب البوزترون ما يزيد قليلا من

نصف الطاقة بسبب تنافره مع النواة المشابهة لها بالشحنة [8].

ويحسب المقطع العرضي لإنتاج الزوج (k) بالعلاقة الآتية: [9]

$$K = \text{const} \tan t.z^2.p^- \dots\dots\dots(14-1)$$

$p^-$  : معدل القيمة لـ P و التي هي دالة مركبة للطاقة و العدد الذري.

و تغلب هذه العملية للطاقات التي تزيد على (5 MeV) و تتناسب طرديا مع مربع العدد الذري

للمادة الماصة. [4]

إن معامل الامتصاص الكلي ( $\mu$ ) لأشعة كما خلال مادة ما يمثل مجموع المعاملات الجزئية

للامتصاص في التفاعلات الثلاثة و هي الكهروضوئية ( $\mu_E$ ) و استطارة كومبتن ( $\mu_C$ ) و إنتاج

الزوج ( $\mu_P$ ) وكما يأتي:

$$\mu_{TOTAL} = \mu_E + \mu_C + \mu_P \dots\dots\dots (15-1)$$

## (4-1) الدروع (Shielding)

هي تلك المادة المحصورة بين المصدر المشع و الكاشف و تصنف الدروع إلى

صنفين:

### (1-4-1) الدروع المنفردة (Single Shielding)

هو ذلك الدرع الذي يتكون من طبقة واحدة فقط ويصنف إلى صنفين هما:

#### (أ-4-1) المنفردة النقية: (Pure Shielding)

هو النوع الذي يتكون من عنصر واحد فقط مثل ( الحديد و الألمنيوم و الرصاص و النحاس).

#### (ب-4-1) الخليط المتجانس: (Homogenous Mixture)

يدعى خليط متجانس متى ما كانت جسيمات كل عنصر موجود فيه بأبعاد أصغر من طول معدل المسار الحر لأقل إشعاع نافذ [10] مثل ( الماء ، الكونكريت ، السبائك ، المركبات الكيميائية).

ولهذا السبب يعتمد هذا النوع من الدروع على العدد الذري المؤثر ( $Z_{Effect}$ ) و الذي يحسب بالعلاقة الآتية: [9]

$$Z_{Effect} = \frac{\sum_k w_k z_k^2 / A_k}{\sum_k w_k z_k / A_k} \dots\dots\dots(16-1)$$

حيث إن :

$w_k$  : الوزن الجزيئي للعنصر (k) في الخليط.

$Z_k$  : العدد الذري للعنصر (k).

$A_k$  : الوزن الذري للعنصر (k).

### (2-4-1) الدروع المتعددة الطبقات (Multi – Layer)

هي تلك الدروع التي تتكون من أكثر من طبقة واحدة أي عدة طبقات لمواد مختلفة ، ويأخذ عامل التراكم قيم مختلفة بالاعتماد على الطبقة المختترقة أولاً.

### (5-1) عامل التراكم (Buildup Factor)

يعرف عامل التراكم على أنه نسبة شدة الحزمة العريضة إلى الحزمة الضيقة لأشعة

كاما، ويعتمد عامل التراكم على كثير من المتغيرات:

- 1- سمك المادة المخترقة (معدل المسار الحر).
- 2- الشكل الهندسي لكل من الدرع و المصدر المشع.
- 3- نوع مادة الدرع.
- 4- طاقة المصدر المشع.
- 5- زاوية سقوط الأشعة الرئيسية على الدرع. [11]
- 6- العامل الهندسي (الذي يعتمد على المسافة بين المصدر المشع و الكاشف).

ويعبر عن عامل التراكم لأشعة كاما بصيغ مختلفة [12] منها عامل التراكم العددي ( $B_n$ ) و عامل تراكم الطاقة ( $B_E$ ) و عامل تراكم الجرعة ( $B_D$ ) و كما يأتي:

$$\frac{\text{فيض الفوتونات الواصلة إلى الكاشف}}{\text{فيض الفوتونات غير المستطارة}} + 1 = (B_n)$$

$$\frac{\text{فيض الطاقة الواصلة إلى الكاشف}}{\text{فيض الطاقة غير المستطارة الواصلة إلى الكاشف}} + 1 = (B_E)$$

$$\frac{\text{الجرعة الممتصة من الفوتونات المستطارة}}{\text{الجرعة الممتصة من الفوتونات غير المستطارة}} + 1 = (B_D)$$

## (6-1) المعادلات التجريبية المستخدمة في حساب عامل التراكم

تتوافر العديد من المعادلات التجريبية لحساب قيم عامل التراكم المعتمدة على اعلومات و ثوابت عددية مختلفة حسبما تتطلبه كل معادلة وهناك نوعين من هذه المعادلات الأولى تتعلق بالدروع المنفردة و الثانية بالدروع المتعددة الطبقات وهي كالاتي:

(1-6-1) الدروع المنفردة

و هي كما مبينة في الجدول رقم(1-1) .

جدول (1-1) يمثل المعادلات التجريبية المستخدمة في حساب عامل تراكم أشعة كاما في الدروع المنفردة.

اسم المعادلة	المعادلة التجريبية	شرح اعلومات المعادلة
الخطية (Linear)	$B = 1 + \alpha \mu x$	$\mu$ : معامل امتصاص مادة الدرع. $X$ : سمك الدرع. $\alpha$ : ثابت عددي يعتمد على الطاقة و العدد الذري. [13]
بيركر (Bergers)	$B = 1 + (\mu x) D \exp(C (\mu x))$	$D, C$ : اعلومات خاصة وضعت من قبل بيركر و صحت من قبل شلتون [15,14,13,12]
تايلور (Taylor)	$B = A_1 \exp(-\alpha_1 \mu x) + (1 - A_1) \exp(-\alpha_2 \mu x)$	$A_1, \alpha_1, \alpha_2$ : اعلومات خاصة بالمعادلة تعتمد على طاقة المصدر المشع و الشكل

الهندسي للمصدر المشع و مادة الدرع [15,14,16,13]		
البيانات الخاصة: $\alpha_n, A_n$ بالمعادلة تعتمد على معامل امتصاص المادة وطاقة المصدر المشع [14]	$B(E, \mu x) = \sum A_n \exp(-\alpha_n \mu x)$	فودريرو و هول (Foderaro & Hall)
اقترحت هذه المعادلة من قبل كابو و نشرت اعلوماتها من قبل شلتون. [15,13,12]	$B = \sum B_i (\mu x)^i$	كابو (Capo)

### (2-6-1) الدروع متعددة الطبقات

إن قيم عامل التراكم لأشعة كما لطبقتين أو أكثر تحسب من خلال حاصل ضرب عامل

التراكم لكل طبقة من الطبقات بصورة منفردة. أي إن [13]

$$B = B_1(\mu_1, x_1) \cdot B_2(\mu_2, x_2) \cdot \dots \cdot B_n(\mu_n, x_n) \dots \dots \dots (17-1)$$

حيث إن B عامل التراكم الكلي.

وقد اقترحت طرق أخرى منها [13]:

#### Blizard's Method

#### (1) طريقة بالزارد

تعتمد هذه الطريقة على العدد الذري للطبقة الأخيرة المخترقة من قبل الإشعاع و

المجموع الكلي للأرتفاعات الموهنة ( $\sum \mu_i x_i$ ) وتستخدم هذه الطريقة عندما يكون سمك الطبقة

الأخيرة أكثر من (5 mfp) [13].

#### (2) طريقة كولدشتاين للعدد الذري المؤثر

#### Goldstein's Method of an Effective Atomic Number

تعتمد هذه الطريقة على العدد الذري المؤثر للدرع والذي يحسب من المعادلة الآتية: [13]

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N z_i \mu_i x_i}{\sum_{i=1}^N \mu_i x_i} \dots\dots\dots(18-1)$$

### Broder s Method

### (3) طريقة برودر

وهي معادلة تجريبية تعطى بالعلاقة الآتية: [13]

$$B_{(x_1, x_2, \dots, x_n)} = \sum_{n=1}^N B_n \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) - \sum_{n=2}^N B_n \left( \sum_{i=1}^{n-1} x_i \right) \dots\dots\dots(19-1)$$

$x_i$  سمك الطبقة ( $i$ ) بوحدة (mfp).

### Kaloss s Method

### (4) طريقة كالوس

تستخدم هذه الطريقة لحساب عامل التراكم لدرع مكون من طبقتين مختلفتين في العدد الذري و هذه الطريقة تصح للمدى الطاقى (0.5 < E < 10 MeV) وتعطى بالشكل التالي مع العلم إن السمك المستخدم في هذه المعادلة التجريبية هو (mfp) [9]:

$$B(x, y) = B_b(y) + [B_b(x + y) - B_b(y)] [K(x)C(y)] \dots\dots\dots(20-1)$$

حيث إن:

$B(x, y)$  عامل تراكم الطبقة ( $a$ ) التي سمكها  $x$  متبوعة بطبقة سمكها ( $b$ ) والتي سمكها  $y$ .

$B_b(y)$  عامل تراكم الطبقة ( $b$ ) التي سمكها  $y$ .

$B_b(x + y)$  عامل تراكم الطبقة ( $b$ ) التي سمكها ( $x + y$ ).

$$K(x) = \frac{B_a(x) - 1}{B_b(x) - 1} \dots\dots\dots(21-1)$$

$B_b(x) & B_a(x)$  يمثلان عاملا التراكم للمادتين ( $a$  &  $b$ ) لنفس السمك بوحدة (mfp)

$C(y)$  عامل تصحيح يحسب كالتالي عندما يكون الدرع مكون من طبقتين الأولى ذات عدد ذري واطى و الطبقة الثانية ذات عدد ذري عال.

$$C(y) = \exp(-1.7y) + (\beta \setminus k) [1 - \exp(-y)] \dots\dots\dots(22-1)$$

$$\beta = \frac{(\mu_c \setminus \mu_t)_a}{(\mu_c \setminus \mu_y)_b} \dots\dots\dots(23-1)$$

حيث إن  $\mu_c$  و  $\mu_t$  معامل الامتصاص لكومبتن و الكلي على التوالي.

عندما يكون الدرع مكون من طبقتين الأولى ذات عدد ذري عال و الطبقة الثانية ذات عدد ذري واطى فأن:

$$C(y) = 1$$

## (7-1) الهدف من البحث (The Aim of the Present Work)

بسبب أهمية عامل التراكم كعامل تصحيح في حساب السمك الملائم في تدريع المفاعلات النووية و المختبرات البحثية وفي الفيزياء الطبية ، ولأهمية الماء و دخوله كأحد مكونات المفاعلات النووية ولكثرة الأبحاث النظرية المتوفرة حول هذا الموضوع وقلّة الأبحاث العملية تم إجراء هذا البحث.

إذ يهدف هذا البحث إلى قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد بالإضافة إلى قياسه مع مواد أخرى (البراص و النحاس والحديد و الألمنيوم ) كدروع ذي طبقتين.

## (8-1) الدراسات السابقة: (Literature Survey)

تنوعت البحوث المتعلقة بدراسة عامل التراكم لما يمتلكه هذا العامل من تطبيقات كثيرة، فهناك دراسات تتعلق بتغيير سمك مادة الدرع ومنها ما يتعلق بتغيير طاقة المصدر المشع و الترتيب الهندسي للمنظومة (المسافة بين المصدر المشع و الكاشف)، و بشكل المصدر المشع (نقطي ، اسطواني ، كروي) وكذلك الترتيب الهندسي للدروع. وإن المتتبع للبحوث العملية لموضوع عامل التراكم يجد قلة البحوث العملية، وذلك بسبب صعوبة إجراء التجارب و الحاجة إلى مصادر مشعة عالية الشدة و اسماك كبيرة لمواد التدريب.

و هناك عوامل كثيرة درست في هذا الموضوع وعلى الرغم من كثرتها فهي تصنف إلى صنفين رئيسيين هما:

## (1-8-1) دراسات الدروع الأحادية الطبقة (Single Layer of Literature Survey)

في عام (1979) قام M.Metghalchi [17] بنشر دراسة تضمنت طريقة جديدة لحساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام دروع من المواد (الألمنيوم و الماء و الحديد) ,وقد وجد ان هذه الطريقة في الحساب تعطي نتائج أكثر دقة من استخدام معادلات شبه التجريبية مثل معادلة تايلور و معادلة بيركير و معادلة كابو.

وفي نفس العام (1979) قام H.Penkun [18] بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدرين مشعّين (نقطي و مستوي) ولمدى طاقي من (50KeV) إلى (8MeV) باستخدام دروع من (هايدرو ليثيوم LiH و ليثيوم Li و بربليوم Be و الكربون C و الماء H<sub>2</sub>O) و لسمك يصل إلى (20mfp) ونشر أيضا في هذا البحث جداول تضمنت حساب عامل التراكم للطاقات الواطئة باستخدام دروع من (الألمنيوم و الحديد).

في عام 1980 قام S.H.Jiang [19] بنشر بحث تضمن حساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام النموذج النظري (BIGGI 4T) لدروع أحادية الطبقة ومتعددة الطبقات للمواد (الماء و الرصاص), وقد وجد أن عامل التراكم يزداد بزيادة سمك الطبقة المستخدمة.

وقام عام 1980 كل من L.Musilek , T.Cechak & J.Seda [11] بنشر دراسة استخدم فيها طريقة (مونت كارلو) لحساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدر السيزيوم-137 لدروع من مواد (الكونكريت و الحديد و التيتانيوم و الرصاص) وتضمنت الدراسة أيضا تأثير كل من العدد الذري (Z) وزاوية التسديد ( $\alpha$ ) على حساب عامل تراكم أشعة كاما وقد اثبت في هذه الدراسة إن عامل التراكم يزداد بنقصان العدد الذري وزيادة زاوية التسديد وزيادة سمك المادة المستخدمة كدرع.

وكما قام كل من H.Chilton, G.L.Simmons & C.M.Eisenhau [20] في عام (1980) بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدر نقطي للمواد (الهواء و الماء و الحديد) باستخدام طريقة العزوم بالاعتماد على حسابات Kerma، وقد استخدم معادلة بيركر لملاءمة النتائج التي حصل عليها، ووجد تطابق في المواد ذات الأعداد الذرية الصغيرة عند الطاقات من 1MeV وصولا إلى الطاقة 0.06MeV.

وفي عام 1981 قام كل من A.Foderaro & R.J.Hall [14] بنشر دراسة تضمنت اعلومات معادلاتي بيركر و تايلور لحساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء ولمدى طاقي من 0.015 MeV إلى 15 MeV وبمعدل مسار حر يصل إلى 40 mfp .

وفي عام (1983) قام Y.Harima [21] بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما للمواد (الماء و الهواء و الحديد) باستخدام طريقة العزوم وكذلك حساب عامل التراكم للرصاص باستخدام طريقة (PALLA) وكان المدى الطاقي المستخدم من 0.015MeV إلى 15MeV ولسمك يصل إلى (40mfp).

وفي عام 1984 نشر كل من Kiyoshi & Takeuchi وجماعته [22] دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما لدروع من (الماء و الكونكريت و الحديد و الرصاص) ولمصدرين مشعنين مستوي و نقطي باستخدام نموذج (PALLAS-PL) لمدى طاقي من 0.1 MeV إلى 15 MeV وبمعدل مسار حر من (0.5-40) mfp وكذلك تضمنت هذه الدراسة معاملات الامتصاص الخطي للمواد الأربعة المدروسة و لنفس المدى الطاقي المذكور.

وقد قام كذلك في عام 1984 P.Jacob [23] بنشر دراسة لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمدى طاقي من 0.05 MeV إلى 10MeV باستخدام طريقة (مونت كارلو) للهواء و كما تضمنت هذه الدراسة حسابات تتعلق بامتصاص الفوتونات باستطارة كومبتن و أشعة الفناء و الكبح , وكانت المسافة المستخدمة 72 cm وبمعدل المسار الحر من 0.15 mfp إلى 10 mfp.

وفي عام (1986) قام كل من D.K.Trubey & Y.Harima [24] بنشر بيانات جديدة تتعلق بحساب عامل التراكم لأشعة كاما لمواد مختلفة الأعداد الذرية و لمدى واسع من الطاقة .

وفي عام (1987) قام كل من H.Hirayama & Y.Harima [25] بنشر دراسة تضمنت إجراء مقارنة في حساب عامل تراكم أشعة كاما لمدى طاقي واطئ من 0.03MeV إلى 3MeV ولمواد ذات أعداد ذرية واطئة بين طريقة مونت كارلو وطريقة (discrete ordinates).

وفي عام 1987 قام H.Hirayama [26] بدراسة تضمنت حساب عامل التراكم للطاقات العالية للمواد (الماء و الكونكريت و الحديد و الرصاص) ضمن مدى طاقي من (10-100) MeV باستخدام طريقة (مونت كارلو) (EGS4) وقد أثبتت هذه الدراسة عند استخدام الماء ان عامل التراكم يزداد بزيادة سمك الماء ويقل حتى 40MeV وبعدها يزداد لطاقات أعلى وقد كان أعظم معدل مسار حر وصل إليه هو 10 mfp.

وفي عام 1988 قام D.K.Trubey [27] بنشر دراسة تضمنت حساب عامل التراكم و معامل امتصاص أشعة كاما لمصدر نقطي باستخدام طرق نظرية مختلفة لمدى طاقي من 15

KeV إلى 15 MeV لـ 23 عنصرا بشكل منفرد و لثلاث مواد (الماء و الكونكريت و الهواء) بشكل خليط.

كما وقام في عام (1988) كل من H.Hirayama & D.K.Trubey [28] بدراسة تأثير كل من استطارة الفوتونات واستطارة الالكترونات على حساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدر مستوي لمواد (الماء و الحديد و الرصاص) ولمدى طاقي من 40Kev إلى 200KeV ولسمك يصل إلى (10mfp) باستخدام طريقة (مونت كارلو). وكانت النتيجة إن عامل التراكم يزداد بزيادة الفوتونات المستطارة ويقل بزيادة الالكترونات المستطارة.

وكذلك في عام (1988) قام كل من V.S.Gorev & V.D.Guzov [29] باقتراح صيغة لحساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدر نقطي للأوساط المتناهية ولمدى طاقي من 0.015MeV إلى 15MeV ولسمك يصل إلى (40mfp).

أما العاني [10] في عام (1989) قام بنشر دراسته و التي تضمنت قياس عامل التراكم لأشعة كاما لمواد مختلفة هي (الحديد، النحاس ، الكونكريت ، الألمنيوم) ولسمك يصل إلى (3 mfp) .وكما تضمنت هذه الدراسة تأثير كل من طاقة المصدر المشع و نوع الكاشف وتأثير زاوية التسديد على قياس عامل تراكم أشعة كاما، حيث المصادر المستعملة هي السيزيوم-137 و الكوبلت-60 أما الكواشف المستخدمة فقد استعمل الكاشف ألوميضي يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) و عداد كايكر ملر، أما ما يتعلق بزواوية التسديد فقد استعمل ثلاث زوايا هي (20° , 30° , 45°). وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة مطابقتها للدراسات العملية السابقة ومخالفتها للدراسات النظرية واثبت إن عامل التراكم يزداد بزيادة المسافة بين المصدر المشع و الكاشف وكذلك يزداد بزيادة سمك الدرع و نقصان طاقة المصدر المشع.

وكذلك في عام 1989 قام كل من Su.M.F & S.H.Jiang [30] بنشر دراسة حول عامل تراكم أشعة كاما وتضمنت الدراسة تأثير الشكل الهندسي للدروع على حساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي باستخدام نموذج نظري (BIGGI-4T) , لقد وجد إن عامل التراكم عند نفس السمك ولكن يختلف بالكثافة لا يؤثر إذا كان الترتيب الهندسي للدرع بشكل شرائح ولكنه يتغير إذا كان الترتيب الهندسي للدرع كروي.

كما قام كل من A. Angelopoulos وجماعته في عام 1991 [31] بحساب عامل التوهين

و عامل التراكم لأشعة كاما لمصدر نقطي للماء لمدى الطاقي من 20 KeV إلى 1500

KeV وكانت المسافة من (1-10) cm , وتضمنت هذه الدراسة تأثير المصدر المشع و الشكل الهندسي للمادة على حساب عامل التراكم وقد وجد إن هذين العاملين يؤثران بشكل كبير في العوامل المدروسة وخاصة عند الطاقات الواطئة و المسافات البعيدة عن المصدر.

وفي عام (1993) قام كل من R.E.Faw & J.K.Shultis [32] بنشر دراسة تتعلق بحساب عامل التراكم للهواء لمصدر نقطي ولمدى طاقي من 10MeV إلى 100MeV باستخدام طريقة (مونت كارلو).

أما العطية [5] ففي عام (1994) نشر دراسته و التي تضمنت قياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدري السيزيوم-137 و الكوبلت-60 باستخدام دروع من (الألمنيوم , البراص , الرصاص , الحديد , الكونكريت , النحاس) أما الكاشف المستخدم فهو الكاشف ألوميضي NaI(TI). أما نتائج هذه الدراسة قد أثبتت إن عامل التراكم يزداد بازدياد سمك الدرع ونقصان العدد الذري لمادة الدرع و نقصان طاقة المصدر المشع كما وجد الباحث تقارب بين قيم معامل الامتصاص النظرية و العملية.

وفي عام 1994 قام S.Kitsos وجماعته [33] بنشر دراسة تتعلق بحساب عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر نقطي لدروع من (الألمنيوم و الحديد و الرصاص و الماء) باستخدام النموذج النظري (SNID).

كما نشر M.Ivan في عام 1994 [34] دراسة تضمنت صيغة رياضية يمكن من خلالها حساب عامل تراكم أشعة كاما للمواد (الماء و الحديد و الرصاص و الكونكريت).

وفي عام 1995 قام كل من Y.Namito , S.Ban & H.Hirayama [35] باستخدام طريقة (مونت كارلو) لحساب عامل تراكم أشعة كاما في المواد (الماء و الحديد و الرصاص) لمدى طاقي من 40 KeV إلى 250 KeV ولسمك يصل إلى 16 mfp.

وكذلك في عام 1995 قام H.Hirayama [36] بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما لسمك يصل إلى 40 mfp باستخدام طريقة (مونت كارلو) للمواد (الماء و الحديد و الرصاص) لمصدر نقطي ولثلاث طاقات هي 0.1 MeV , 1 MeV , 10 MeV , واثبت إن عامل تراكم أشعة كاما يزداد بزيادة سمك المادة و يقل بزيادة طاقة المصدر المشع.

وكذلك قام H.Hirayama في عام 1996 [37] بدراسة تأثير مختلف المصادر ومعامل امتصاص الطاقة للهواء على حساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي وكان مدى الطاقة فيه

من 0.1 MeV إلى 10 MeV و لسماك يصل إلى 40 mfp باستخدام طريقة (مونت كارلو) للمواد (الماء و الحديد و الرصاص), وقد وجد إن هذا الاختلاف بالمصادر يؤثر على عامل التراكم بنسبة اقل من 10% ما عدا الرصاص عند الطاقة 0.1 MeV و 10 MeV حيث إن الاختلاف في الرصاص بنسبة تزيد على 30% عند السماك 40 mfp. أما تأثير معامل الامتصاص فقد كان التأثير بنسبة اقل من 2%.

وفي عام 2000 قام G.S.Sidhu وجماعته [38] باستخدام طريقة نظرية لدراسة تأثير طاقة الفوتون الساقط و العدد الذري المؤثر على تحديد عامل تراكم أشعة كاما في مواد مختلفة, ولسماك يصل إلى 40 mfp ولمدى طاقي من 0.015 MeV إلى 15 MeV.

وفي عام (2001) قام ألبيتي [9] بنشر دراسته والتي تضمنت دراسة عامل التراكم لأشعة كاما خلال دروع منفردة ومتعددة الطبقات عمليا ونظريا, حيث تضمنت الدراسة العملية قياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدري السيزيوم-137 و الكوبلت-60 باستخدام دروع من مواد مختلفة هي (الألمنيوم ، الرصاص ، البراص ، الحديد، النحاس) ونظريا استخدم دروع من (الماء و الحديد و الرصاص) حيث أثبتت هذه الدراسة إن عامل التراكم يزداد بزيادة السماك و يقل بزيادة طاقة المصدر المشع ونقصان العدد الذري لمادة الدرع.

وكذلك في عام 2001 قام O.Chibani [39] باستخدام طريقة جديدة لطريقة (مونت كارلو) EGS4 تدعى EB4F لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي مدى طاقته من 20 KeV إلى 10 MeV و لسماك يصل إلى 60 mfp لمواد (الماء و الحديد و الرصاص و الكونكريت و الهواء).

وفي عام 2002 قام A.Shimizu [40] بحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي ولسماك يصل إلى 100 mfp وللطاقات 0.1 MeV , 1 MeV , 10 MeV باستخدام طريقة نظرية تسمى (Invariant Embedding I) باستخدام دروع من (الماء و الرصاص و الحديد).

وفي عام 2003 قام كل من A.Shimizu & H.Hirayama [41] بنشر دراسة تضمنت استخدام النموذج (Invariant Embedding II) لحساب عامل تراكم أشعة كاما لسماك يصل إلى 100 mfp ولطاقة 10 MeV باستخدام دروع من (الماء و الرصاص و الحديد).

وفي عام 2004 قام كل من A.Shimizu , T.Onda & Y.Sakm [42] باستخدام طريقة (Invariant Embedding III) لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي لسماك يصل إلى

100 mfp و لمدى طاقي من 0.015 MeV إلى 15 MeV باستخدام دروع من (الماء و الكونكريت و الرصاص و الحديد).

وكذلك في عام 2004 قام C.Singh و جماعته [43] بدراسة تأثير كل من سمك المادة الماصة وحجم المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر السيزيوم-137 و الذي طاقته 662 KeV للمواد (Perspex & Bakelite), وقد أثبتت هذه الدراسة بأن حجم المسدد و سمك المادة الماصة تمنع وصول الاستطارات المتعددة إلى الكاشف.

### (2-8-1) دراسات الدروع المتعددة الطبقات (Multilayer Layer of Literature Survey)

في عام (1993) قام كل من H.Hirayama & Y.Harima [44] بحساب عامل تراكم أشعة كاما لطبقتين باستخدام مصدرين أحدهما مصدر نقطي والأخر مصدر مستوي وللمواد (الماء و الرصاص) وللطاقات 0.5MeV , 3MeV , 6MeV , 1MeV , 10MeV.

في عام 1994 قام K.Shin & H.Hirayama [45] بنشر دراسة تضمنت صيغة جديدة لحساب عامل التراكم لأشعة كاما لمصدر نقطي لدروع متعددة الطبقات من (الماء و الحديد و الرصاص) للطاقات 1MeV و 10MeV.

وفي عام 1995 قام كل من K.Shin & H.Hirayama [46] بنشر دراسة حول عامل التراكم ومن نتائج هذه الدراسة اقتراح صيغة لحساب عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر نقطي للطاقات 0.5MeV , 1MeV , 10MeV وتدعى هذه الصيغة (Transmission Matrix Method) للمواد (الماء و الحديد و الرصاص) وبيانات هذه الصيغة اعتمدت على طريقة (مونت كارلو).

وكذلك قام كل من K.Shin & H.Hirayama في عام 1998 [47] بنشر دراسة تضمنت وصف صيغة مقترحة لحساب عامل تراكم أشعة كاما لسمك يصل إلى 40 mfp لدروع متعددة الطبقات للمواد (الماء و الحديد و الرصاص) حيث تضمنت هذه الدراسة استخدام مصدرين مشعين بترتيبين هندسيين مختلفين هما مصدر نقطي و آخر مستوي ولمدى طاقي من 0.1 MeV إلى 10 MeV و اعتمدت بيانات هذه الصيغة على طريقة (مونت كارلو) ,ومن الملاحظ من نتائج هذه الصيغة عند مقارنتها مع طريقة (مونت كارلو) وجود نسبة خطأ تقدر بـ 15% عند الطاقات ذات المدى المتوسط و 30% عند الطاقات العالية ونسبة 35% عند الطاقة 0.3 MeV.

وكذلك في عام 1999 قام A.Assad ومجموعته [48] بنشر دراسة تضمنت إيجاد صيغة جديدة لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي لدروع متعددة الطبقات حيث اعتمدت هذه الصيغة على حساب عامل التراكم لدروع أحادية الطبقة , باستخدام دروع من (الماء و الألمنيوم و الحديد و الرصاص) ولمدى طاقي من 40 KeV إلى 10 MeV ولسمك يصل إلى 30 mfp.

وفي عام 2000 قام كل من M.Guvendik & N.Tsoufanidis [49] باقتراح صيغة لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي مدى الطاقة فيه من 0.5 MeV إلى 6 MeV لدروع مكونة من طبقتين باستخدام مختلف الطرق النظرية للمواد (الماء و الرصاص و الستيل و الكونكريت ) ولسمك من 1 mfp إلى 10 mfp.

وفي عام 2004 قام كل من C.Suteau , M.Chiron &G.Arnaud [50] بنشر دراسة تضمنت تحسين الصيغة العامة لحساب عامل تراكم أشعة كاما في دروع متعددة الطبقات , والتحوير الأساسي لهذه الصيغة هو تغيير أول طبقتين من الطبقات المتعددة بدلا " من استبدال الطبقة المضاعفة التي تكافئها بالسمك من المادة الثانية واستخدمت هذه الصيغة طرق مختلفة من الصيغ الرياضية النظرية.

# الفصل الثاني

## الترتيبات العملية

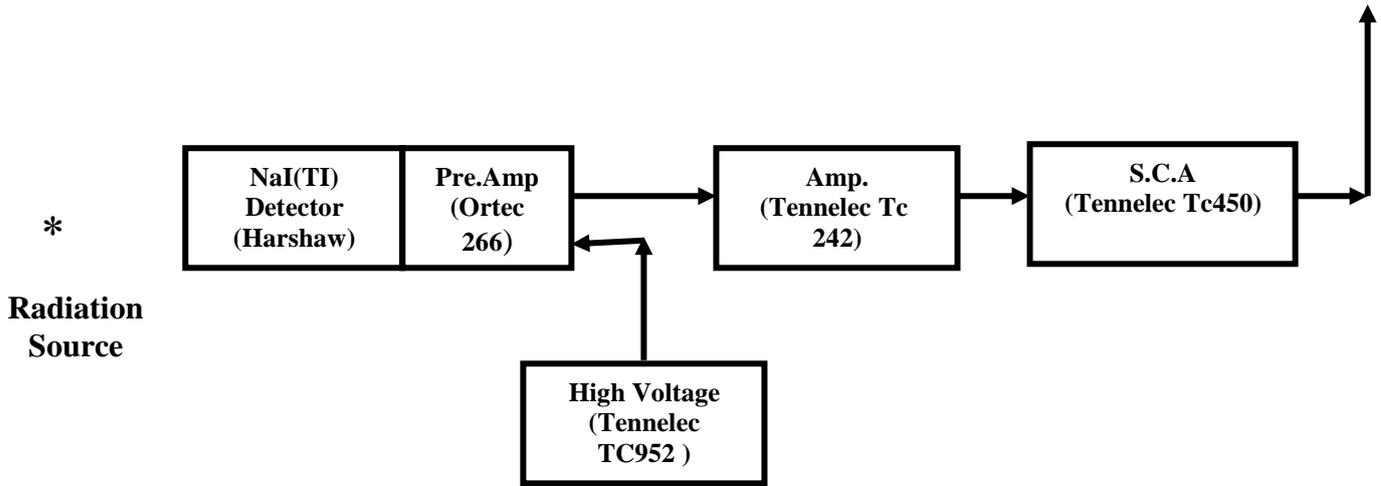
### الفصل الثاني

#### (1-2) المقدمة (Introduction)

يتناول هذا الفصل منظومة العد و التحليل الالكترونية باستخدام الكاشف ألوميضي NaI(Tl)، ودراسة لكل جزء من أجزائها و تهيئتها لغرض الحصول على أفضل النتائج العملية وأدقها . كما يتضمن هذا الفصل شرحا للترتيبات الهندسية للتجارب و المواد المستخدمة في البحث ، وطريقة إجراء الحسابات.

#### (2-2) الأجهزة الالكترونية للمنظومة

استخدمت منظومة العد والتحليل الالكترونية الموضحة في الشكل (1-2) و تتكون من:

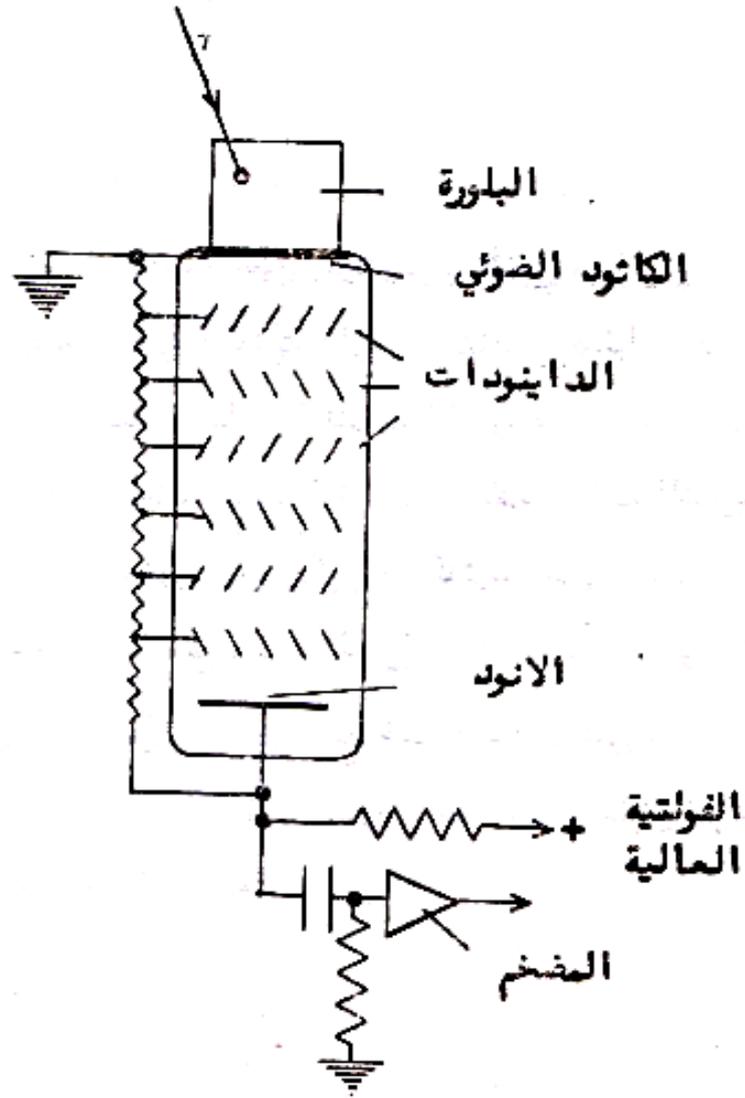


شكل (1-2) يمثل مخططاً للمنظومة الإلكترونية المستخدمة.

### (1-2-2) الكاشف ألوميضي (Scintillation Detector(Harshaw))

تم استخدام الكاشف ألوميضي يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) بحجم

"3×3" ، (7.5×7.5)سم وكما هو واضح في الشكل (2-2)، ويتألف من جزأين أساسيين هما:



شكل (2-2) يوضح تركيب الكاشف أومبضي [8]

(a) المادة الومبضية (البلورة):

هي عبارة عن بلورة شفافة من الوماضات اللاعضوية Inorganic Scintillation التي لها القابلية على إنتاج فوتونات عند امتصاصها للأشعة النووية، وتصنع من مادة يوديد الصوديوم وتطعم بنسبة قليلة من الثاليوم لتنشيطها .

تتميز هذه البلورة بعدد الفوتونات الكبير الناتجة عن إزالة التهيج الذي يحصل في المادة بعد امتصاصها للأشعة النووية وهي مناسبة للكشف عن أشعة كاما.

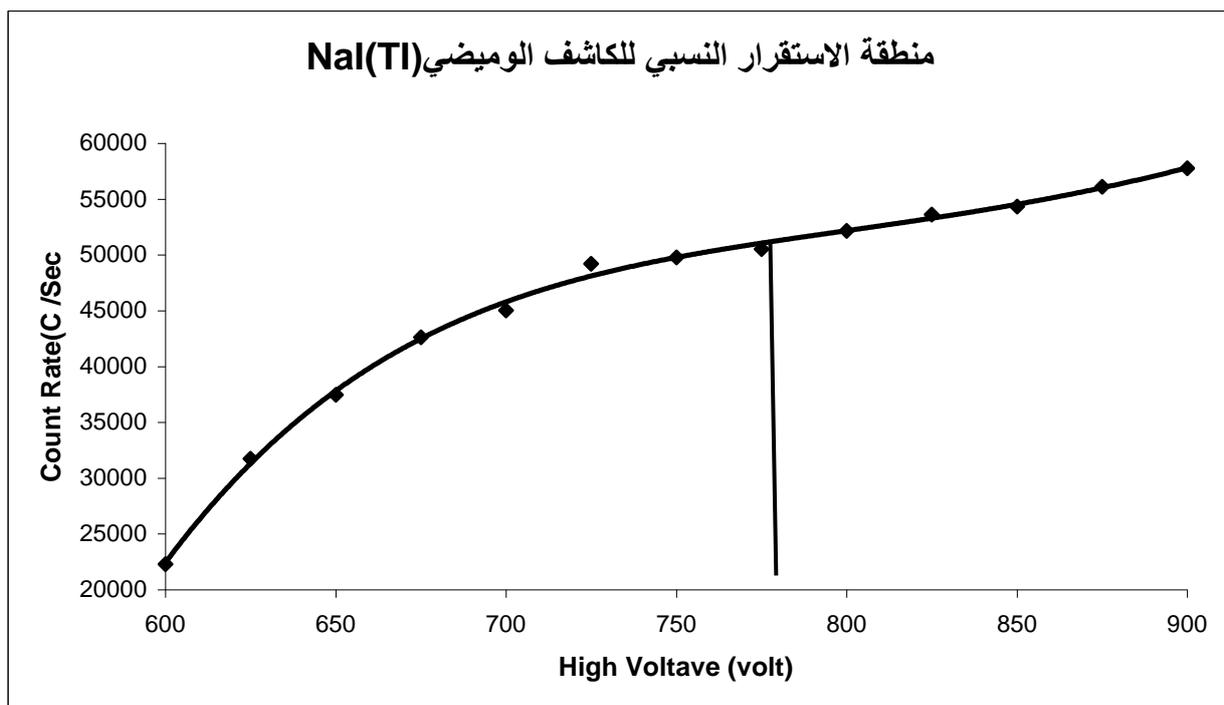
### (b) أنبوب المضاعف الضوئي: (Photomultiplier Tube)

هو الجزء الذي يواجه البلورة ويتكون من الكاثود الضوئي (Photocathode) و عدد من الدايونودات (Dynode) . يصنع الكاثود الضوئي Photocathode بشكل طبقة نصف شفافة من مادة (السيزيوم - انتيمون) (Cs - Sb) مرسبة على نهاية الأنبوبة من جهة البلورة ، ويؤدي إلى إنتاج الكترونات عند سقوط الفوتونات الناتجة من البلورة عليه، حيث توجه هذه الإلكترونات بواسطة المجال الكهربائي لتسقط على الدايونودات و تعمل على تضخيم عدد الإلكترونات الناتجة من الكاثود الضوئي وتكون النبضة الناتجة من أنود المضاعف الضوئي مؤشرا للإشعاع المؤين الذي تفاعل مع البلورة. [8]

### (2-2-2) جهاز الفولتية العالية

( High Voltage Power Supply (Tennelec Tc952))

يقوم هذا الجهاز بتجهيز الفولتية اللازمة لعمل المضاعف الضوئي وبمدى (0-2000) فولت ،حيث يتم تحديد منطقة الاستقرار النسبي للكاشف وذلك من خلال العلاقة البيانية بين معدل العد و الفولتية العالية ومن خلال الشكل (2-3) وجد إن فولتية تشغيل الكاشف تساوي (775) فولت.



شكل (3-2) يوضح منحنى الاستقرار النسبي للكاشف ("3×3")

### (3-2-2) قاعدة المضاعف الضوئي و المضخم الابتدائي (Ortec 266)

تعمل قاعدة المضاعف الضوئي على تجزئة الفولتية التي يسلمها جهاز الفولتية العالية على دايونودات المضاعف الضوئي بحيث يكون فرق الجهد بين أي دايونودين ثابتاً. أما المضخم الابتدائي يعمل بصورة أساسية على توفير ترابط امثل بين النبضات الخارجة من الكاشف والأجهزة الالكترونية الأخرى بالإضافة إلى ذلك يقوم بتشكيل النبضة وتقليل التشويش المصاحب لها, وموقعه اقرب ما يمكن للكاشف لتقليل توهين النبضة.

### (4-2-2) المضخم الرئيسي (Tennelec Tc242)

بسبب صغر النبضة الخارجة من الكاشف بحدود واحد ملي فولت لذا يتوجب استخدام مضخم رئيسي يقوم بتضخيم النبضات الواصلة من المضخم الابتدائي ، وكما يقوم المضخم الرئيسي بالتحكم بكل من التضخيم و زمن تشكيل النبضة . بما إن عامل التراكم في هذه الدراسة هو عامل التراكم العددي لذلك وجد إن أفضل معدل عد عندما تكون قيمة زمن تشكيل النبضة (1µsec) وقيمة الكسب (50).

### (5-2-2) المحلل وحيد القناة (Single Channel Analyzer Tennelec 450 )

يقوم محلل وحيد القناة بتحويل النبضات الالكترونية الخطية الداخلة إليه من المضخم الرئيسي إلى نبضات منطقية.

ويعد المميز الدارة الأساسية في هذا المحلل، حيث توفر هذه الدارة نبضة خارجية منطقية إذا تجاوزت سعة النبضة الخطية الداخلة مقدار العتبة في المميز وتتراوح قيمة العتبة في المميز بين (0.1 – 10) فولت، [4] ويتكون المحلل الوحيد القناة من ثلاث دارات هي المميز العلوي و المميز السفلي ودارة اللاتطابق، ويعمل المحلل بثلاثة أنماط لكل نمط عمل خاص والأنماط هي:

1. النمط التكاملي (Integral)

2. نمط النافذة (Window)

3. النمط الطبيعي (Normal)

في هذه الدراسة تم اعتماد النمط التكاملي، يمكن من خلال هذا النمط الحصول على معدل العد للنبضات الخارجة من الكاشف، إذ أن عمل هذا النمط في المحلل وحيد القناة هو عمل نافذة تستقبل النبضات التي تتجاوز سعتها مقدار العتبة للمميز السفلي و اقل من عتبة المميز العلوي . تم وضع المميز السفلي (L.L.W) عند الفولتية (1) فولت لتقليل مقدار التشويش المصاحب للنبضة و المميز العلوي (U.L.W) عند أعلى فولتية مسموح بها هي (10) فولت.

### (6-2-2) العداد و المؤقت (Timer/Scalar Tennelec Tc547)

يستخدم العداد لتسجيل النبضات الواصلة إليه من المحلل وحيد القناة حيث يعمل على عرض العدد الكلي للنبضات، أما المؤقت يعمل على السيطرة على العداد لتحديد الفترة الزمنية المطلوبة للعد. وفي هذه الدراسة أخذ معدل العد لمدة دقيقة كاملة.

### (7-2-2) الراسمة الكاثودية (Oscilloscope)

وهي من الأجزاء المهمة في المنظومة الالكترونية، و تكمن أهمية عملها في فحص أجزاء المنظومة حيث يمكن من خلالها ملاحظة النبضة في مختلف أجزاء المنظومة.

### (3-2) المصادر المشعة

استخدم في البحث مصدران مشعان هما:

(a) Cs-137: الذي يبعث فوتونات بطاقة (0.662MeV) وبفعالية إشعاعية مقدارها (132.29 $\mu$ Ci)

(b) Co-60: الذي يبعث فوتونين بطاقتين هما (1.333 MeV , 1.173 MeV) وعادة يذكر معدل الطاقة للمصدر المشع (Co-60) الذي يساوي (1.253MeV) وفعاليتيه الإشعاعية (9.009  $\mu$ Ci).

## (4-2) المواد الأخرى المستخدمة في التجارب

تم في هذا البحث استخدام مواد أخرى غير المنظومة الالكترونية والمصادر المشعة هي الأحواض الزجاجية والمسددات وقطع معدنية من مواد (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم)، حيث استخدمت أربعة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة وهي:

$$(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3, (20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3, (15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3, (10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$$

وكانت المسددات والتي هي عبارة عن قطعة من الرصاص بأبعاد  $(5 \times 10 \times 20) \text{cm}$  تحتوي على فتحة صغيرة في مركزها، وقد استعمل في هذا البحث مسددان الأول قطر فتحته  $(1 \text{cm})$  والثاني قطر فتحته  $(2 \text{cm})$ ، أما القطع المعدنية المستخدمة كانت بشكل شرائح مربعة بمساحات ثابتة  $(10 \times 10) \text{cm}^2$ .

## (5-2) الترتيب الهندسي للتجارب

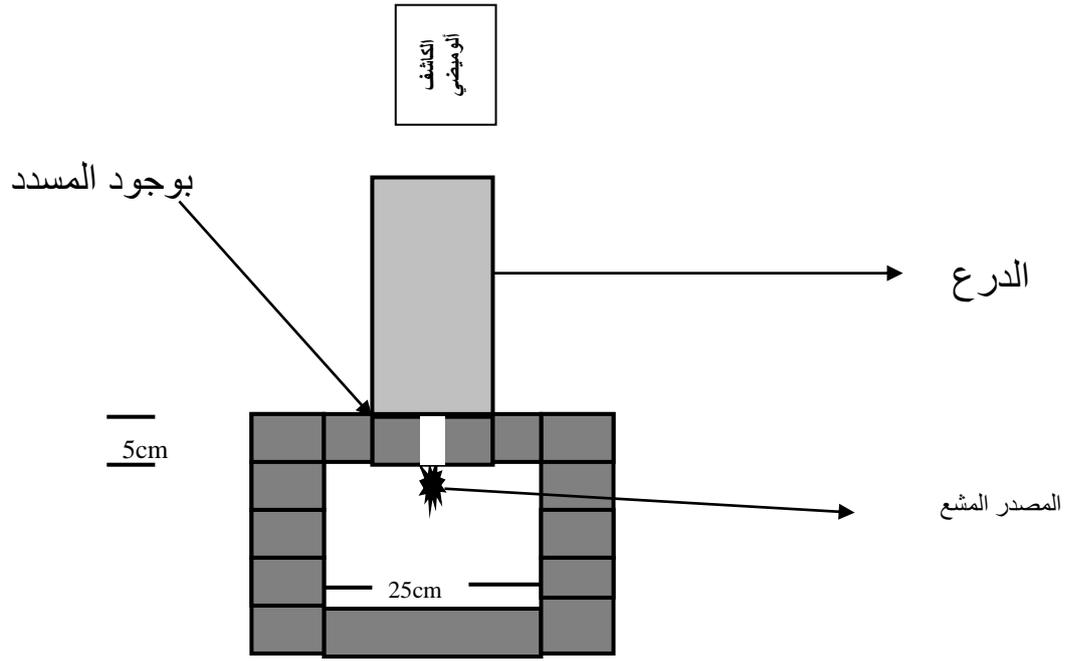
هناك ترتيبان استخدمنا للتجارب في هذا العمل هما:

### (1-5-2) الترتيب الهندسي للحزمة الضيقة:

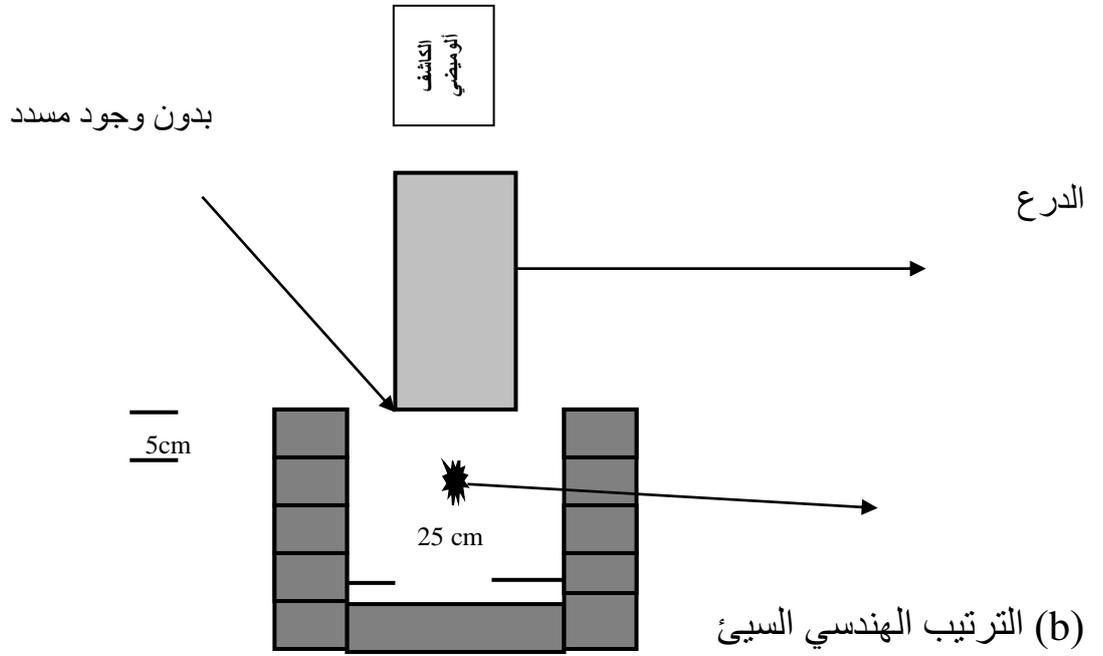
في الترتيب الهندسي للحزمة الضيقة الموضح في الشكل (a-4-2) استعمل مسدد واحد بالقرب من المصدر المشع حيث يعمل هذا المسدد على منع الفوتونات المستطارة بزوايا صغيرة من الوصول إلى الكاشف، وهذا الترتيب يدعى أحيانا بالترتيب الهندسي الجيد (Good Geometry).

### (2-5-2) الترتيب الهندسي للحزمة العريضة:

في الترتيب الهندسي للحزمة العريضة الموضح في الشكل (b-4-2) يتم رفع المسدد، حيث يصل عدد كبير من الفوتونات المستطارة الثانوية إلى الكاشف، ويدعى هذا الترتيب بالترتيب الهندسي السيئ (Bad Geometry).



(a) الترتيب الهندسي الجيد



شكل (4-2) يمثل الترتيب الهندسي للتجارب.

## (6-2) المواد المستخدمة كدروع (The Material used as Shield )

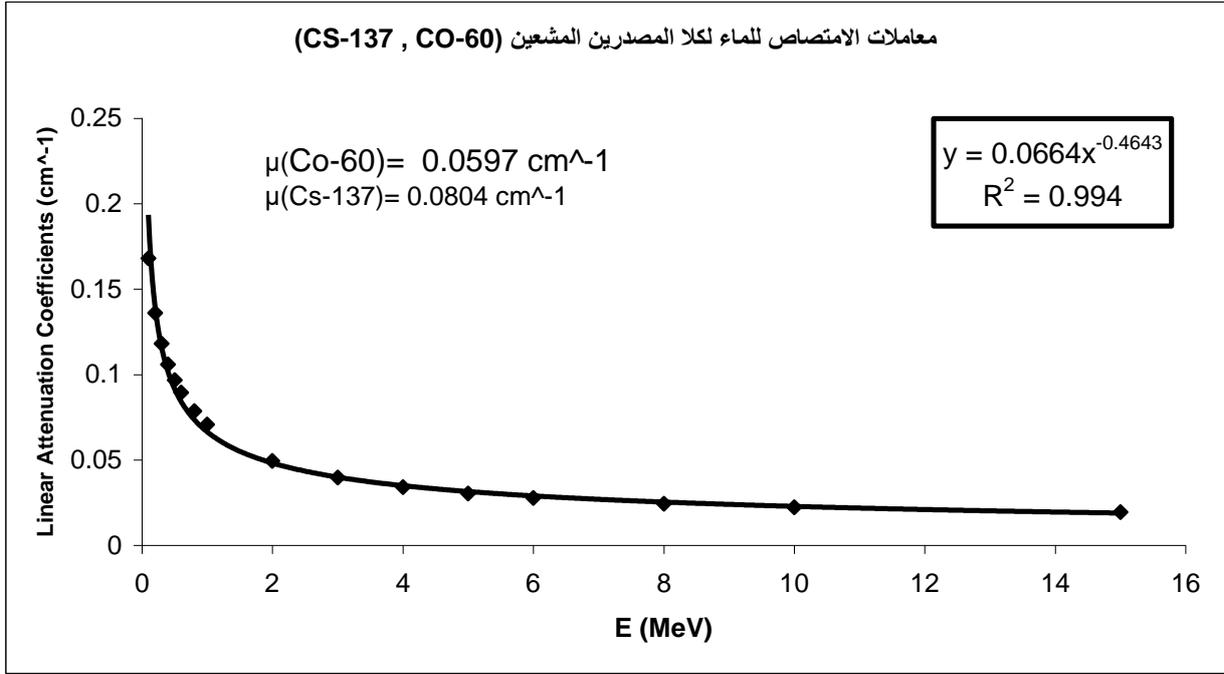
استخدم في هذا العمل خمسة دروع هي (الماء، الحديد، النحاس، البراص، الألمنيوم)، حيث استخدم الماء كدرع منفرد، واستعملت بقية المواد كدروع متعددة الطبقات.

ويوضح الجدول (1-2) القيم النظرية لمعاملات الامتصاص والأعداد الذرية لكل المواد.

**جدول (1-2) يوضح القيم النظرية لمعاملات امتصاص أشعة كاما لمصدر السيزيوم-137 و الكوبلت-60 و الأعداد الذرية للمواد المستخدمة في البحث**

Shield Material	Absorption Coff.of Cs-137(cm <sup>-1</sup> )	Absorption Coff.of Co-60(cm <sup>-1</sup> )	Atomic Number Z
Aluminum[5]	0.201	0.149	13
Iron[9]	0.577	0.421	26
Copper[5]	0.650	0.472	29
Brass[9]	0.615	0.446	29.28[9]
Water[22]*	0.0804	0.0597	4.289[8]

\*تم اعتماد معاملات امتصاص الماء لأشعة كاما من البحث المنشور [22]، حيث تضمن ذلك البحث قيم معاملات امتصاص أشعة كاما في الماء لمدى من الطاقة من 0.1MeV إلى 15MeV، ولم يعطي معاملات الامتصاص للماء عند طاقات مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 بشكل مباشر، إذ تم إيجاد المعاملات المطلوبة من خلال رسم علاقة بيانية بين معاملات الامتصاص وهذا المدى من الطاقة واستخراج منحنى لدالة أسية معادلتها هي  $(Y=0.0664X^{-0.4643})$ ، و تم من خلال هذه المعادلة يمكن حساب المعاملات المطلوبة. (والشكل (2-2) يوضح هذا المنحني)



شكل (5-2) يوضح علاقة معامل الامتصاص والطاقة.

## (7-2) طريقة حساب عامل التراكم (Buildup Factor Calculation)

يمكن حساب عامل التراكم من خلال العلاقة الآتية [9]:

القراءة بدون مسدد

————— = عامل التراكم

القراءة بوجود مسدد

أي إن:

$$B = \frac{(I/I_0)_{w_0}}{(I/I_0)_w} \dots\dots\dots(1-2)$$

حيث إن :

القراءة المعايرة بدون وجود مسدد.  $\left(\frac{I}{I_0}\right)_{w_0}$

القراءة المعايرة بوجود مسدد.  $\left(\frac{I}{I_0}\right)_w$

## (8-2) التراوح الإحصائي القياسي و التراوح الإحصائي النسبي

يمكن حساب كل من التراوح الإحصائي القياسي و التراوح الإحصائي النسبي  
بالعلاقات الآتية: [9]

$$S.D = B . [ (1/I(w)) + (1/I(w_0))]^{1/2} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$F.S.D = \frac{S.D}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(3-2)$$

S.D : التراوح الإحصائي.  
F.S.D : التراوح الإحصائي النسبي.  
B : عامل التراكم.



## (Introduction)

## (1-3) المقدمة

يتناول هذا الفصل النتائج العملية لقيم عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد والذي يمثل الجزء الأول من هذا الفصل و استخدام الماء مع دروع أخرى هي (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم) كدروع مكونة من طبقتين والذي يمثل الجزء الثاني منه. سيتم في الجزء الأول دراسة خمسة من العوامل التي تؤثر على عامل التراكم و هي :

1 - تأثير سمك المادة المدروسة.

2- تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف .

3 - تأثير حجم الأحواض الزجاجية.

4 - تأثير طاقة المصدر المشع.

5 – تأثير قطر فتحة المسدد.

وكذلك تم في هذا الجزء استخدام معادلة تايلور والاعلومات المنشورة في البحوث السابقة لحساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء لمدى الطاقات الواطئة ومن ضمنها الطاقات المستخدمة في هذا البحث وأجريت مقارنة بين تلك النتائج مع النتائج العملية المستخرجة. وفي الجزء الثاني سوف يدرس تأثير السمك وطاقة المصدر المشع وقطر فتحة المسدد و العدد الذري للمواد المستخدمة على قيم عامل التراكم في الدروع ذات الطبقتين.

## الجزء الأول

## (2-3) قياس عامل التراكم لأشعة كاما في الماء

تم قياس عامل التراكم للأحواض الزجاجية المستخدمة قبل وضع الماء وبعده ،وكما ذكر في مقدمة هذا الفصل فقد دُرست خمسة عوامل تؤثر على عامل تراكم أشعة كاما في الماء فكان العامل الأول هو دراسة سمك الماء، وكما موضح في جميع الجداول ،أما العامل الثاني هو دراسة تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف ،ولدراسة هذا العامل أُستخدمت ثلاث مسافات هي (41 , 51 , 71)cm وكما هو واضح في الجداول من (1-3) إلى (9-3). إذ كانت الجداول (1-3),(2-3),(3-3) هي لقياس عامل التراكم لأشعة كاما في الماء عند المسافات (71,51,41)cm للحوض الزجاجي (10×10×30)cm<sup>3</sup> ولكلا المصدرين المشعـين (CO-60 , Cs-137) ولمسدد قطره (1 cm). أما الجداول (4-3) , (5-3) , (6-3) هي للمسافات نفسها المستخدمة في أعلاه و للحوض الزجاجي الذي حجمه (15×15×30)cm<sup>3</sup> ولكلا المصدرين المشعـين و المسدد(1 cm) في حين الجداول (7-3) , (8-3) , (9-3) أيضا المسافات نفسها و للمصادر المشعة نفسها وكذلك للمسدد نفسه الذي ورد ذكره في أعلاه و لكن الذي يختلف هنا هو حجم الحوض حيث كان حجم الحوض في هذه الجداول هو (20×20×30)cm<sup>3</sup>. أما العامل الثالث هو تأثير حجم الأحواض الزجاجية ،حيث استخدم في هذا العامل أربعة أحواض زجاجية فكانت الأحواض هي على التوالي (10×10×30) cm<sup>3</sup> , (15×15×30)cm<sup>3</sup> , (20×20×30)cm<sup>3</sup> , (20×20×60)cm<sup>3</sup> . أما العامل الرابع فهو تأثير طاقة المصدر المشع حيث تم في هذا العمل استخدام مصدرين مشعـين هما (السيزيوم-137 و الكوبلت-60). أما العامل الأخير هو دراسة تأثير قطر فتحة المسدد فهناك مسددان استعملتا لدراسة هذا العامل و قطر فتحتيهما على التوالي (2,1)cm فقد درس هذا العامل لبعده واحد فقط هو(41cm) و لكلا المصدرين و لجميع الأحواض .

وفي ما يأتي الجداول التي تضم النتائج :

**جدول (1-3) عامل تراكم الماء لحوض (10×10×30)cm<sup>3</sup> وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)**

نوع	Thickness	I(C/min)	(I/I <sub>0</sub> )	Buildup	S.D	F.S.D
-----	-----------	----------	---------------------	---------	-----	-------

المصدر	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>	Factor	±	%
Cs-137	Air		142228	279384					
	Glass(0)	0	137579	269523	1	1	1	0.003313	0.331343
	2	0.1608	119107	247895	0.865735	0.919755	1.062397	0.003526	0.352559
	4	0.3216	103598	221692	0.753007	0.822535	1.092333	0.003763	0.376344
	6	0.4824	87077	191542	0.632924	0.71067	1.122837	0.004087	0.408716
	8	0.6432	77550	173520	0.563676	0.643804	1.142152	0.004319	0.431948
	10	0.804	66010	152879	0.479797	0.567221	1.182209	0.004657	0.465729
	12	0.9648	58810	139445	0.427463	0.517377	1.210342	0.004917	0.491683
	14	1.1256	50263	124425	0.365339	0.461649	1.263617	0.005285	0.52851
	16	1.2864	44911	113966	0.326438	0.422843	1.295325	0.005571	0.557143
	18	1.4472	36978	95874	0.268776	0.355717	1.323469	0.006122	0.612156
	20	1.608	33778	89577	0.245517	0.332354	1.353689	0.006385	0.638503
	22	1.7688	30993	84592	0.225274	0.313858	1.393227	0.00664	0.663979
	24	1.9296	27840	78541	0.202356	0.291407	1.44007	0.006975	0.697508
	26	2.0904	23788	69825	0.172904	0.259069	1.498336	0.007507	0.75073
	28	2.2512	18150	53989	0.131924	0.200313	1.518396	0.00858	0.858013
	30	2.412	13584	41653	0.098736	0.154543	1.565218	0.00988	0.988048
Co-60	Air		78300	134671					
	Glass(0)	0	75685	126077	1	1	1	0.004598	0.45983
	2	0.1194	69740	120617	0.921451	0.956693	1.038247	0.004939	0.475707
	4	0.2388	64604	113036	0.853591	0.896563	1.050343	0.00518	0.49321
	6	0.3582	58402	105038	0.771646	0.833126	1.079674	0.005573	0.516169
	8	0.4776	52972	97510	0.699901	0.773416	1.105037	0.005964	0.539752
	10	0.597	48738	91323	0.643959	0.724343	1.124829	0.00631	0.560964
	12	0.7164	45069	85922	0.595481	0.681504	1.144459	0.006656	0.581607
	14	0.8358	41096	79942	0.542987	0.634073	1.167749	0.007088	0.606979
	16	0.9552	38052	74862	0.502768	0.59378	1.181022	0.007436	0.629585
	18	1.0746	34572	69968	0.456788	0.554962	1.214923	0.007987	0.657399
	20	1.194	31878	65980	0.421193	0.523331	1.242497	0.008475	0.682098
	22	1.3134	30459	63934	0.402444	0.507103	1.260057	0.008773	0.696219
	24	1.4328	29077	62386	0.384184	0.494825	1.287987	0.009146	0.710075
	26	1.5522	27196	59254	0.359331	0.469983	1.307936	0.00958	0.732438
	28	1.6716	26074	57730	0.344507	0.457895	1.329131	0.009917	0.746153
	30	1.791	24568	55559	0.324609	0.440675	1.357559	0.010401	0.766174

جدول (2-3) عامل تراكم الماء لحوض  $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}^3$  وبمسافة (51cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		105188	167520					
	Glass(0)	0	100344	166371	1	1	1	0.003997	0.399705
	2	0.1608	86220	150169	0.859244	0.902615	1.050476	0.004273	0.427287
	4	0.3216	78114	137813	0.778462	0.828347	1.064082	0.004479	0.447862
	6	0.4824	70257	127076	0.700161	0.763811	1.090907	0.004701	0.470136
	8	0.6432	61682	114147	0.614705	0.686099	1.116143	0.004997	0.499728
	10	0.804	55028	103145	0.548394	0.61997	1.13052	0.005279	0.527898
	12	0.9648	49199	94697	0.490303	0.569192	1.160897	0.005557	0.555748
	14	1.1256	44398	87504	0.442458	0.525957	1.188716	0.005827	0.58268
	16	1.2864	40244	80412	0.40106	0.483329	1.205129	0.006106	0.610609
	18	1.4472	37177	75765	0.370495	0.455398	1.229159	0.006332	0.633222
	20	1.608	33026	68998	0.329128	0.414724	1.260069	0.006691	0.669121
	22	1.7688	30056	63945	0.29953	0.384352	1.283185	0.006994	0.699354
	24	1.9296	27096	58722	0.270031	0.352958	1.307102	0.007344	0.734406
	26	2.0904	24534	54478	0.244499	0.327449	1.339265	0.007689	0.768868
	28	2.2512	22293	50511	0.222166	0.303605	1.366568	0.008041	0.804082
	30	2.412	21113	48848	0.210406	0.293609	1.395438	0.008236	0.823625
Co-60	Air		53569	75863					
	Glass(0)	0	51725	74932	1	1	1	0.005717	0.571651
	2	0.1194	47947	71163	0.92696	0.949701	1.024533	0.006053	0.590835
	4	0.2388	43913	66556	0.848971	0.888219	1.04623	0.006432	0.614795
	6	0.3582	40559	62367	0.784128	0.832315	1.061453	0.006771	0.637884
	8	0.4776	37075	58746	0.716771	0.783991	1.093781	0.007255	0.663286
	10	0.597	34668	55833	0.670237	0.745116	1.11172	0.007602	0.683781
	12	0.7164	32243	52790	0.623354	0.704505	1.130185	0.007988	0.706806
	14	0.8358	29781	49829	0.575756	0.66499	1.154984	0.00846	0.732442
	16	0.9552	28012	47607	0.541556	0.635336	1.173167	0.008834	0.753023
	18	1.0746	27136	46980	0.524621	0.626968	1.195089	0.009112	0.762477
	20	1.194	26035	45746	0.503335	0.6105	1.21291	0.009416	0.776335
	22	1.3134	25045	44925	0.484195	0.599544	1.238227	0.009765	0.78859
	24	1.4328	24161	43955	0.467105	0.586599	1.255818	0.010057	0.800872
	26	1.5522	23054	42981	0.445703	0.5736	1.286955	0.010506	0.816349
	28	1.6716	22020	41901	0.425713	0.559187	1.313531	0.010933	0.83234
	30	1.791	21057	40745	0.407095	0.54376	1.335706	0.011336	0.848723

جدول (3-3) عامل تراكم الماء لحوض  $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}^3$  وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		74005	129703					
	Glass(0)	0	69778	110105	1	1	1	0.004839	0.483874
	2	0.1608	61998	102059	0.888504	0.926924	1.043242	0.005092	0.509194
	4	0.3216	55769	92934	0.799235	0.844049	1.056071	0.005356	0.535644
	6	0.4824	48964	83403	0.701711	0.757486	1.079484	0.005693	0.569325
	8	0.6432	43939	76081	0.629697	0.690986	1.097331	0.005992	0.599189
	10	0.804	39707	70008	0.569048	0.635829	1.117357	0.006282	0.62824
	12	0.9648	35959	64419	0.515334	0.585069	1.135319	0.006583	0.658277
	14	1.1256	32587	59246	0.46701	0.538086	1.152195	0.006897	0.68968
	16	1.2864	29991	55630	0.429806	0.505245	1.175519	0.007164	0.716375
	18	1.4472	27649	51992	0.396242	0.472204	1.191704	0.007443	0.744321
	20	1.608	25623	48947	0.367207	0.444548	1.210619	0.007711	0.771088
	22	1.7688	23956	46536	0.343317	0.422651	1.23108	0.007952	0.795185
	24	1.9296	22907	44935	0.328284	0.40811	1.243163	0.008118	0.811844
	26	2.0904	21450	42764	0.307403	0.388393	1.263463	0.008367	0.836685
	28	2.2512	20061	40688	0.287497	0.369538	1.285361	0.008627	0.862701
	30	2.412	19026	39465	0.272665	0.358431	1.314547	0.008826	0.882602
Co-60	Air		42628	67743					
	Glass(0)	0	41366	53520	1	1	1	0.006547	0.654668
	2	0.1194	39526	51982	0.955519	0.971263	1.016477	0.006784	0.667362
	4	0.2388	37670	49919	0.910651	0.932717	1.02423	0.00699	0.682486
	6	0.3582	35512	47876	0.858483	0.894544	1.042006	0.007298	0.700334
	8	0.4776	33466	45816	0.809022	0.856054	1.058134	0.007609	0.719079
	10	0.597	31335	43965	0.757506	0.821469	1.084438	0.008017	0.739314
	12	0.7164	29277	41805	0.707755	0.78111	1.103644	0.008411	0.762083
	14	0.8358	27277	39957	0.659406	0.746581	1.132201	0.008892	0.785416
	16	0.9552	25500	37986	0.616448	0.709753	1.151359	0.009321	0.809575
	18	1.0746	23743	35943	0.573974	0.671581	1.170055	0.009785	0.836298
	20	1.194	22507	34826	0.544094	0.65071	1.195951	0.010228	0.855247
	22	1.3134	21553	33933	0.521032	0.634025	1.216864	0.010599	0.871017
	24	1.4328	20618	32960	0.498429	0.615845	1.235572	0.010971	0.887925
	26	1.5522	19407	31511	0.469153	0.588771	1.254964	0.011451	0.912484
	28	1.6716	18429	30438	0.445511	0.568722	1.276562	0.011915	0.933359
	30	1.791	17830	29945	0.43103	0.55951	1.298077	0.012279	0.945938

جدول (4-3) عامل تراكم الماء لحوض  $15 \times 15 \times 30 \text{ cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		142228	276114					
	Glass(0)	0	137579	264889	1	1	1	0.003323	0.332321
	2	0.1608	121107	250946	0.880272	0.947363	1.076216	0.003766	0.349887
	4	0.3216	105898	225949	0.769725	0.852995	1.108181	0.004127	0.372409
	6	0.4824	94462	206538	0.686602	0.779715	1.135615	0.004461	0.392785
	8	0.6432	85077	190580	0.618387	0.719471	1.163465	0.004797	0.412325
	10	0.804	72972	169214	0.530401	0.638811	1.204393	0.005334	0.442872
	12	0.9648	64827	156007	0.471198	0.588952	1.249903	0.005841	0.467286
	14	1.1256	58586	142433	0.425835	0.537708	1.262714	0.006198	0.490813
	16	1.2864	53056	132859	0.38564	0.501565	1.300603	0.006679	0.513564
	18	1.4472	48212	124652	0.350431	0.470582	1.342865	0.007202	0.536321
	20	1.608	41308	109997	0.300249	0.415257	1.38304	0.007981	0.577058
	22	1.7688	36323	99865	0.264016	0.377007	1.427972	0.00875	0.612734
	24	1.9296	31998	91384	0.232579	0.34499	1.483322	0.009635	0.649575
	26	2.0904	27825	81954	0.202247	0.30939	1.52976	0.010614	0.693836
	28	2.2512	24879	74973	0.180834	0.283036	1.565165	0.011452	0.73166
	30	2.412	19787	61639	0.143823	0.232697	1.617945	0.01322	0.817078
Co-60	Air		78250	137451					
	Glass(0)	0	75999	126241	1	1	1	0.004591	0.459123
	2	0.1194	70735	124990	0.930736	0.99009	1.063772	0.005005	0.470509
	4	0.2388	64890	118172	0.853827	0.936083	1.096337	0.005357	0.488599
	6	0.3582	59285	110948	0.780076	0.878859	1.126632	0.005732	0.508733
	8	0.4776	53947	103091	0.709838	0.816621	1.150432	0.006113	0.531384
	10	0.597	49721	97637	0.654232	0.773418	1.182176	0.006513	0.550947
	12	0.7164	45823	91474	0.602942	0.724598	1.201771	0.006878	0.572321
	14	0.8358	42476	86924	0.558902	0.688556	1.23198	0.007293	0.592005
	16	0.9552	38643	81448	0.508467	0.645179	1.26887	0.007838	0.617703
	18	1.0746	34980	76080	0.460269	0.602657	1.309357	0.008458	0.646002
	20	1.194	33116	74166	0.435743	0.587495	1.348262	0.008911	0.66091
	22	1.3134	32172	72996	0.423321	0.578227	1.36593	0.009141	0.669196
	24	1.4328	30289	70252	0.398545	0.556491	1.396308	0.009598	0.687385
	26	1.5522	28852	68089	0.379637	0.539357	1.42072	0.00998	0.702469
	28	1.6716	27368	66521	0.36011	0.526937	1.463266	0.010508	0.718136
	30	1.791	26045	65758	0.342702	0.520893	1.519958	0.011128	0.732136

جدول (5-3) عامل تراكم الماء لحوض  $15 \times 15 \times 30 \text{ cm}^3$  وبمسافة (51cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		105118	167421					
	Glass(0)	0	99559	166547	1	1	1	0.004006	0.400607
	2	0.1608	85751	152068	0.861308	0.913064	1.060089	0.004527	0.427056
	4	0.3216	77979	140969	0.783244	0.846422	1.080661	0.004823	0.446293
	6	0.4824	69961	129122	0.702709	0.775289	1.103286	0.005179	0.46945
	8	0.6432	60677	114995	0.609458	0.690466	1.132918	0.005685	0.501764
	10	0.804	55681	107444	0.559276	0.645127	1.153503	0.006023	0.522175
	12	0.9648	48788	96266	0.490041	0.578011	1.179515	0.006555	0.55574
	14	1.1256	43966	88246	0.441607	0.529856	1.199836	0.007004	0.583753
	16	1.2864	40202	82447	0.403801	0.495037	1.225945	0.007457	0.608304
	18	1.4472	36935	77243	0.370986	0.463791	1.250158	0.007909	0.63262
	20	1.608	32496	69137	0.326399	0.41512	1.271816	0.008554	0.672585
	22	1.7688	29084	64037	0.292128	0.384498	1.316196	0.009307	0.707101
	24	1.9296	27080	60937	0.272	0.365885	1.345167	0.009824	0.730329
	26	2.0904	24190	55753	0.242972	0.334758	1.377768	0.010608	0.769907
	28	2.2512	22435	52754	0.225344	0.316751	1.405637	0.011204	0.797052
	30	2.412	20345	49046	0.204351	0.294487	1.441085	0.012017	0.833913
CO-60	Air		53654	77470					
	Glass(0)	0	50510	76820	1	1	1	0.005728	0.572848
	2	0.1194	46604	73122	0.922669	0.951861	1.031639	0.006115	0.592732
	4	0.2388	42484	69015	0.841101	0.898399	1.068123	0.006587	0.616667
	6	0.3582	39707	65325	0.786122	0.850364	1.081721	0.006883	0.636338
	8	0.4776	36700	61947	0.726589	0.806392	1.109832	0.007311	0.658717
	10	0.597	33259	57856	0.658464	0.753137	1.143779	0.007871	0.688123
	12	0.7164	31436	55774	0.622372	0.726035	1.166561	0.008227	0.705267
	14	0.8358	28951	52287	0.573174	0.680643	1.187499	0.008699	0.732573
	16	0.9552	27877	51354	0.551911	0.668498	1.211243	0.009011	0.743939
	18	1.0746	26924	50744	0.533043	0.660557	1.239219	0.009343	0.753978
	20	1.194	25986	49766	0.514472	0.647826	1.259205	0.009637	0.765352
	22	1.3134	24650	48665	0.488022	0.633494	1.298084	0.010148	0.781771
	24	1.4328	23662	47777	0.468462	0.621934	1.32761	0.010554	0.794937
	26	1.5522	22767	46969	0.450742	0.611416	1.356465	0.010954	0.807551
	28	1.6716	21658	45778	0.428786	0.595913	1.389766	0.011462	0.824723
	30	1.791	20725	44887	0.410315	0.584314	1.424063	0.01196	0.839816

جدول (6-3) عامل تراكم الماء لحوض (15×15×30)cm<sup>3</sup> وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
CS-137	Air		74005	128760					
	Glass(0)	0	69654	112952	1	1	1	0.004818	0.481768
	2	0.1608	60426	103116	0.867517	0.912919	1.052336	0.005391	0.512318
	4	0.3216	54092	93991	0.776581	0.832132	1.071533	0.005783	0.539688
	6	0.4824	47641	84460	0.683966	0.747751	1.093257	0.006264	0.572977
	8	0.6432	42632	77438	0.612054	0.685583	1.120135	0.006755	0.603076
	10	0.804	38423	71065	0.551627	0.629161	1.140556	0.007222	0.633227
	12	0.9648	34525	65476	0.495664	0.57968	1.169501	0.007778	0.665111
	14	1.1256	31793	60903	0.456442	0.539194	1.181298	0.008173	0.691903
	16	1.2864	28761	56687	0.412912	0.501868	1.215435	0.008799	0.723948
	18	1.4472	26091	52049	0.37458	0.460806	1.230195	0.009332	0.758552
	20	1.608	24538	50004	0.352284	0.442701	1.25666	0.009795	0.779433
	22	1.7688	23025	47593	0.330562	0.421356	1.274664	0.010233	0.802761
	24	1.9296	21707	45992	0.31164	0.407182	1.306576	0.010759	0.823474
	26	2.0904	20348	43921	0.29213	0.388847	1.331075	0.011288	0.848016
	28	2.2512	19020	41845	0.273064	0.370467	1.356704	0.011864	0.874494
	30	2.412	18035	40522	0.258923	0.358754	1.385565	0.012403	0.89513
CO-60	Air		42628	64219					
	Glass(0)	0	41025	53734	1	1	1	0.006556	0.655634
	2	0.1194	39319	52616	0.958416	0.979194	1.02168	0.006811	0.666623
	4	0.2388	37275	50922	0.908592	0.947668	1.043007	0.00711	0.681656
	6	0.3582	34441	48501	0.839512	0.902613	1.075163	0.007576	0.704651
	8	0.4776	32381	46159	0.789299	0.859028	1.088342	0.007889	0.72489
	10	0.597	30440	44143	0.741987	0.82151	1.107176	0.008249	0.745018
	12	0.7164	28491	42165	0.694479	0.784699	1.12991	0.008665	0.76691
	14	0.8358	27022	40314	0.658672	0.750251	1.139037	0.008955	0.786207
	16	0.9552	25465	38924	0.620719	0.724383	1.167006	0.009406	0.805982
	18	1.0746	24024	37408	0.585594	0.69617	1.188827	0.009829	0.826785
	20	1.194	23086	36717	0.56273	0.68331	1.214277	0.010199	0.83995
	22	1.3134	22050	35725	0.537477	0.664849	1.236981	0.010594	0.856406
	24	1.4328	21162	34926	0.515832	0.64998	1.260061	0.010977	0.871128
	26	1.5522	20067	33958	0.489141	0.631965	1.29199	0.011504	0.8904
	28	1.6716	19158	32914	0.466984	0.612536	1.311686	0.01192	0.908734
	30	1.791	18125	31946	0.441804	0.594521	1.345668	0.012514	0.929921

جدول (7-3) عامل تراكم الماء لحوض (20×20×30)cm<sup>3</sup> وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
CS-137	Air		142228	272098					
	Glass(0)	0	137579	267438	1	1	1	0.003318	0.331779
	2	0.1608	122454	259394	0.890063	0.969922	1.089723	0.003778	0.34672
	4	0.3216	108968	239840	0.792039	0.896806	1.132274	0.004137	0.365328
	6	0.4824	96402	221287	0.700703	0.827433	1.180861	0.004557	0.385905
	8	0.6432	84349	202958	0.613095	0.758897	1.237814	0.005071	0.409666
	10	0.804	75398	188817	0.548034	0.706022	1.28828	0.00555	0.430803
	12	0.9648	68158	176439	0.49541	0.659738	1.331701	0.006006	0.450993
	14	1.1256	61256	164785	0.445242	0.616162	1.383879	0.006549	0.473217
	16	1.2864	54256	149815	0.394363	0.560186	1.420485	0.007117	0.501059
	18	1.4472	48112	139703	0.349705	0.522375	1.493762	0.007896	0.52861
	20	1.608	42408	129402	0.308245	0.483858	1.56972	0.008783	0.559538
	22	1.7688	37454	119241	0.272236	0.445864	1.637783	0.009701	0.592333
	24	1.9296	33110	108320	0.240662	0.405028	1.682978	0.010569	0.627967
	26	2.0904	29754	99857	0.216268	0.373384	1.726483	0.011403	0.660479
	28	2.2512	26096	91798	0.18968	0.34325	1.809624	0.012695	0.701524
	30	2.412	22664	83974	0.164734	0.313994	1.906063	0.014268	0.74854
CO-60	Air		78639	130774					
	Glass(0)	0	76073	123830	1	1	1	0.004607	0.460661
	2	0.1194	68458	120161	0.899899	0.970371	1.078311	0.005163	0.478849
	4	0.2388	64143	117205	0.843177	0.946499	1.122539	0.005513	0.491144
	6	0.3582	59351	111828	0.780185	0.903077	1.157516	0.005878	0.507851
	8	0.4776	54959	106912	0.722451	0.863377	1.195067	0.006273	0.52487
	10	0.597	50449	101166	0.663166	0.816975	1.231932	0.006715	0.545039
	12	0.7164	46874	96307	0.616171	0.777736	1.262207	0.007109	0.563181
	14	0.8358	42413	89681	0.55753	0.724227	1.298991	0.007655	0.589307
	16	0.9552	39858	85782	0.523944	0.69274	1.322164	0.008015	0.606189
	18	1.0746	36845	80973	0.484337	0.653905	1.350101	0.008484	0.628415
	20	1.194	34024	76995	0.447255	0.62178	1.390215	0.00905	0.650991
	22	1.3134	32034	73970	0.421096	0.597351	1.418565	0.009488	0.668848
	24	1.4328	30004	70996	0.394411	0.573334	1.453648	0.01001	0.68858
	26	1.5522	28056	68799	0.368804	0.555592	1.506472	0.010671	0.708365
	28	1.6716	26029	65993	0.342158	0.532932	1.557561	0.0114	0.731928
	30	1.791	24099	62829	0.316788	0.507381	1.601643	0.012136	0.757705

جدول (8-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (51cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		105188	169012					
	Glass(0)	0	99559	168733	1	1	1	0.003996	0.399635
	2	0.1608	89027	162969	0.894213	0.96584	1.080099	0.004501	0.416758
	4	0.3216	80353	151426	0.807089	0.89743	1.111934	0.004853	0.436451
	6	0.4824	72253	140919	0.72573	0.83516	1.150785	0.005266	0.457565
	8	0.6432	65064	130799	0.653522	0.775183	1.186162	0.00569	0.479737
	10	0.804	58193	119540	0.584508	0.708457	1.21205688	0.006127	0.505466
	12	0.9648	53022	111991	0.532569	0.663717	1.246257	0.00657	0.527156
	14	1.1256	46346	99874	0.465513	0.591906	1.271513	0.007146	0.562045
	16	1.2864	40910	90784	0.410912	0.538033	1.309364	0.007797	0.595475
	18	1.4472	36993	83919	0.371569	0.497348	1.338509	0.008353	0.624086
	20	1.608	32635	76188	0.327796	0.45153	1.377474	0.009113	0.661569
	22	1.7688	29903	71641	0.300355	0.424582	1.413603	0.009732	0.688476
	24	1.9296	27086	66681	0.27206	0.395186	1.452572	0.010466	0.720529
	26	2.0904	25215	63911	0.253267	0.37877	1.495537	0.011122	0.743678
	28	2.2512	23013	59904	0.231149	0.355022	1.535901	0.011912	0.775545
	30	2.412	21439	57472	0.21534	0.340609	1.58173	0.012658	0.800273
Co-60	Air		53658	78156					
	Glass(0)	0	49176	77124	1	1	1	0.005771	0.577072
	2	0.1194	44538	74954	0.905686	0.971863	1.073069	0.00642	0.598283
	4	0.2388	40941	70758	0.83254	0.917458	1.101998	0.006843	0.620951
	6	0.3582	36964	66090	0.751667	0.856932	1.140041	0.007404	0.649494
	8	0.4776	34247	62895	0.696417	0.815505	1.171001	0.007864	0.671559
	10	0.597	31340	59161	0.637303	0.767089	1.20365	0.008409	0.69865
	12	0.7164	29256	56789	0.594924	0.736334	1.237693	0.008907	0.719653
	14	0.8358	27048	53778	0.550024	0.697293	1.267749	0.00945	0.745428
	16	0.9552	26087	52954	0.530482	0.686609	1.29431	0.00979	0.756423
	18	1.0746	25024	51682	0.508866	0.670116	1.31688	0.010142	0.770135
	20	1.194	24065	50865	0.489365	0.659522	1.347711	0.010544	0.782394
	22	1.3134	23177	49975	0.471307	0.647982	1.374862	0.010926	0.794709
	24	1.4328	22259	48996	0.452639	0.635289	1.40352	0.011345	0.808304
	26	1.5522	21148	47989	0.430047	0.622232	1.446892	0.011942	0.825372
	28	1.6716	20198	46979	0.410729	0.609136	1.483061	0.012479	0.841403
	30	1.791	19075	45899	0.387892	0.595133	1.534272	0.013217	0.861462

جدول (9-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		74005	124588					
	Glass(0)	0	68338	113446	1	1	1	0.004842	0.48423
	2	0.1608	58742	104216	0.85958	0.91864	1.068707	0.005514	0.515937
	4	0.3216	52103	94791	0.762431	0.835561	1.095916	0.005977	0.545365
	6	0.4824	45524	85060	0.666159	0.749784	1.125533	0.006536	0.580714
	8	0.6432	40823	78338	0.597369	0.690531	1.155954	0.007056	0.610419
	10	0.804	36745	72565	0.537695	0.639644	1.189603	0.007617	0.640276
	12	0.9648	32342	64976	0.473265	0.572748	1.210206	0.008236	0.680513
	14	1.1256	29466	60987	0.43118	0.537586	1.246778	0.008845	0.709467
	16	1.2864	26007	55149	0.380564	0.486126	1.277381	0.009609	0.752223
	18	1.4472	23283	50104	0.340704	0.441655	1.296303	0.010282	0.793147
	20	1.608	22014	48693	0.322134	0.429217	1.332418	0.010822	0.812173
	22	1.7688	21327	47992	0.312081	0.423038	1.355539	0.011155	0.822956
	24	1.9296	19477	45021	0.28501	0.39685	1.392407	0.011942	0.857639
	26	2.0904	18000	42945	0.263397	0.37855	1.437187	0.012761	0.887925
	28	2.2512	17025	41622	0.249129	0.366888	1.472682	0.013398	0.909741
	30	2.412	16244	40965	0.237701	0.361097	1.519123	0.014085	0.927212
CO-60	Air		42628	63897					
	Glass(0)	0	41625	53071	1	1	1	0.006547	0.654727
	2	0.1194	39454	51871	0.947844	0.977389	1.031171	0.006888	0.668016
	4	0.2388	36670	49254	0.880961	0.928077	1.053483	0.007266	0.689733
	6	0.3582	34679	47842	0.833129	0.901472	1.082031	0.007631	0.705252
	8	0.4776	32566	45473	0.782366	0.856833	1.095182	0.00795	0.725933
	10	0.597	30405	43184	0.73045	0.813702	1.113973	0.00834	0.748639
	12	0.7164	28392	40924	0.68209	0.771118	1.130522	0.008732	0.772378
	14	0.8358	26555	38960	0.637958	0.734111	1.15072	0.009157	0.79577
	16	0.9552	24429	36641	0.586883	0.690415	1.17641	0.009717	0.825995
	18	1.0746	23099	35482	0.554931	0.668576	1.204791	0.010186	0.84543
	20	1.194	22898	35989	0.550102	0.678129	1.232734	0.010421	0.84533
	22	1.3134	21802	34829	0.523772	0.656272	1.252973	0.010821	0.863592
	24	1.4328	20731	33971	0.498042	0.640105	1.285242	0.011327	0.881327
	26	1.5522	19829	32830	0.476372	0.618605	1.298575	0.011679	0.899395
	28	1.6716	18782	31769	0.451219	0.598613	1.326657	0.012211	0.920433
	30	1.791	17252	30189	0.414462	0.568842	1.372481	0.013099	0.954405

جدول (10-3) عامل تراكم الماء لحوض  $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		209065	279985					
	Glass(0)	0	200540	269523	1	1	1	0.002949	0.294903
	2	0.1608	176455	245795	0.879899	0.911963	1.03644	0.003234	0.312019
	4	0.3216	155582	221692	0.775815	0.822535	1.06022	0.003506	0.33073
	6	0.4824	131930	191542	0.657874	0.71067	1.080253	0.003865	0.357779
	8	0.6432	117113	175520	0.583988	0.651225	1.115133	0.004207	0.377308
	10	0.804	101017	152879	0.503725	0.567221	1.126052	0.004566	0.405468
	12	0.9648	89995	137445	0.448763	0.509956	1.136359	0.004873	0.428805
	14	1.1256	79581	123425	0.396834	0.457939	1.153982	0.005246	0.454620
	16	1.2864	69022	110776	0.344181	0.411008	1.1941621	0.005790	0.48492
	18	1.4472	59009	96774	0.294251	0.359057	1.2202410	0.0063733	0.522301
	20	1.608	52995	89577	0.264261	0.332354	1.257670	0.0068923	0.548026
	22	1.7688	48715	83732	0.242919	0.310667	1.278892	0.0072874	0.569828
	24	1.9296	44978	78541	0.224284	0.291407	1.299276	0.007682	0.591314
	26	2.0904	39181	69825	0.195377	0.259069	1.325991	0.0083699	0.631221
	28	2.2512	29426	54789	0.146734	0.203281	1.385374	0.0100126	0.722740
	30	2.412	21152	41353	0.105475	0.15343	1.454657	0.0122967	0.845333
Co-60	Air		101888	135751					
	Glass(0)	0	100036	126077	1	1	1	0.004234	0.423415
	2	0.1194	92793	120217	0.927596	0.95352	1.027948	0.004492	0.436978
	4	0.2388	84907	112036	0.848764	0.888632	1.046971	0.004764	0.455009
	6	0.3582	77549	104438	0.775211	0.828367	1.06857	0.005065	0.474027
	8	0.4776	70899	98010	0.708735	0.777382	1.096859	0.005408	0.493028
	10	0.597	65159	91323	0.651356	0.724343	1.112055	0.005703	0.512808
	12	0.7164	60408	85922	0.603863	0.681504	1.128575	0.005992	0.530967
	14	0.8358	55489	79842	0.55469	0.63328	1.141681	0.00631	0.552687
	16	0.9552	50438	74862	0.504198	0.59378	1.177671	0.006784	0.576058
	18	1.0746	45073	68068	0.450568	0.539892	1.198249	0.007277	0.607268
	20	1.194	41664	63980	0.41649	0.507468	1.218439	0.00767	0.629535
	22	1.3134	38788	60734	0.38774	0.481721	1.242381	0.008075	0.649972
	24	1.4328	35890	57086	0.358771	0.452787	1.26205	0.008502	0.673649
	26	1.5522	33072	53954	0.330601	0.427945	1.294445	0.00904	0.698365
	28	1.6716	31270	51930	0.312587	0.411891	1.317683	0.009432	0.715795
	30	1.791	29158	49159	0.291475	0.389913	1.337722	0.009888	0.739176

جدول (11-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		209065	276214					
	Glass(0)	0	198159	264889	1	1	1	0.00297	0.297012
	2	0.1608	176629	247646	0.89135	0.934905	1.048864	0.003267	0.311442
	4	0.3216	154213	221949	0.778229	0.837894	1.076669	0.003569	0.331513
	6	0.4824	139822	207538	0.705605	0.78349	1.110381	0.003842	0.345982
	8	0.6432	119914	181980	0.60514	0.687005	1.135282	0.004223	0.371946
	10	0.804	106802	166214	0.538971	0.627485	1.164228	0.004566	0.392167
	12	0.9648	93982	150507	0.474276	0.568189	1.198014	0.004981	0.415747
	14	1.1256	83755	135733	0.422666	0.512415	1.21234	0.005327	0.439397
	16	1.2864	75689	126159	0.381961	0.476271	1.246911	0.005733	0.459766
	18	1.4472	67754	116052	0.341917	0.438116	1.281349	0.006195	0.483488
	20	1.608	60071	106097	0.303145	0.400534	1.321259	0.006746	0.51061
	22	1.7688	54952	99065	0.277313	0.373987	1.348611	0.007173	0.531903
	24	1.9296	49991	92084	0.252277	0.347632	1.377978	0.007655	0.555547
	26	2.0904	42808	81254	0.216029	0.306747	1.419939	0.00848	0.59722
	28	2.2512	38677	75673	0.195182	0.285678	1.463653	0.009149	0.625059
	30	2.412	30052	61039	0.151656	0.230432	1.519441	0.010707	0.704689
Co-60	Air		101888	133758					
	Glass(0)	0	99176	126241	1	1	1	0.004243	0.424316
	2	0.1194	92551	122490	0.9332	0.970287	1.039742	0.004528	0.435532
	4	0.2388	85999	117172	0.867135	0.928161	1.070377	0.004806	0.449027
	6	0.3582	78684	110048	0.793377	0.871729	1.098758	0.00513	0.466862
	8	0.4776	70981	102091	0.715707	0.808699	1.12993	0.005522	0.488707
	10	0.597	65949	97137	0.664969	0.769457	1.157131	0.005838	0.504559
	12	0.7164	60177	91074	0.60677	0.72143	1.188968	0.006246	0.525335
	14	0.8358	56082	85924	0.56548	0.680635	1.203642	0.006534	0.542856
	16	0.9552	51248	80248	0.516738	0.635673	1.230165	0.006956	0.565458
	18	1.0746	46788	75980	0.471767	0.601865	1.275766	0.007497	0.587659
	20	1.194	42119	70166	0.424689	0.55581	1.308744	0.008067	0.616394
	22	1.3134	39591	67196	0.399199	0.532283	1.333377	0.008448	0.633562
	24	1.4328	36240	62952	0.365411	0.498665	1.36467	0.008998	0.659386
	26	1.5522	33495	59489	0.337733	0.471234	1.395285	0.009531	0.683118
	28	1.6716	30900	56121	0.311567	0.444554	1.426833	0.010107	0.708386
	30	1.791	28768	53158	0.29007	0.421083	1.451661	0.010625	0.731934

جدول (12-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		209065	272098					
	Glass(0)	0	197689	267438	1	1	1	0.002966	0.296608
	2	0.1608	179021	259394	0.905569	0.969922	1.071064	0.003291	0.307263
	4	0.3216	157536	235840	0.796888	0.881849	1.106616	0.003601	0.325391
	6	0.4824	138286	214287	0.699513	0.801259	1.145452	0.003951	0.344935
	8	0.6432	124670	201958	0.630637	0.755158	1.197453	0.004313	0.360176
	10	0.804	113008	188817	0.571645	0.706022	1.235069	0.004645	0.376099
	12	0.9648	104901	179439	0.530637	0.670956	1.264435	0.004914	0.388661
	14	1.1256	90971	161785	0.460172	0.604944	1.314603	0.005448	0.41441
	16	1.2864	80634	148815	0.407883	0.556447	1.364231	0.005966	0.437281
	18	1.4472	72925	138703	0.368887	0.518636	1.405947	0.006431	0.45741
	20	1.608	66685	129402	0.337323	0.483858	1.434406	0.006838	0.476694
	22	1.7688	58956	119241	0.298226	0.445864	1.495054	0.007527	0.50347
	24	1.9296	52424	108320	0.265184	0.405028	1.527348	0.008126	0.532045
	26	2.0904	46895	99857	0.237216	0.373384	1.574024	0.008812	0.559808
	28	2.2512	41588	91798	0.210371	0.34325	1.631641	0.009644	0.591091
	30	2.412	37275	84974	0.188554	0.317733	1.685108	0.010469	0.621256
Co-60	Air		101888	134829					
	Glass(0)	0	98390	123830	1	1	1	0.004271	0.427074
	2	0.1194	90002	121161	0.914747	0.978446	1.069635	0.004707	0.440049
	4	0.2388	85181	117205	0.865749	0.946499	1.093273	0.004922	0.450242
	6	0.3582	77987	111828	0.792631	0.903077	1.13934	0.005315	0.466529
	8	0.4776	71922	106712	0.730989	0.861762	1.178899	0.005687	0.482441
	10	0.597	66936	101166	0.680313	0.816975	1.200881	0.005983	0.498241
	12	0.7164	61979	96307	0.629932	0.777736	1.234634	0.006358	0.514956
	14	0.8358	56458	89681	0.573818	0.724227	1.262118	0.006781	0.537242
	16	0.9552	51630	84782	0.524748	0.684664	1.304748	0.007284	0.558243
	18	1.0746	47575	79973	0.483535	0.645829	1.335641	0.007733	0.578996
	20	1.194	44197	75895	0.449202	0.612897	1.364412	0.008164	0.598348
	22	1.3134	40981	71970	0.416516	0.5812	1.395385	0.008635	0.618839
	24	1.4328	38486	68996	0.391158	0.557183	1.424447	0.009063	0.636216
	26	1.5522	35162	64999	0.357374	0.524905	1.468785	0.009723	0.662002
	28	1.6716	32624	61993	0.331578	0.50063	1.509839	0.010327	0.683982
	30	1.791	29087	56829	0.29563	0.458928	1.552373	0.011192	0.720946

جدول (13-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Cs-137, Co-60) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		74145	123546					
	Glass(0)	0	68223	113587	1	1	1	0.004844	0.484372
	3	0.2412	61956	110635	0.908139	0.974011	1.072535	0.005382	0.501789
	6	0.4824	52401	96672	0.768084	0.851083	1.10806	0.006011	0.542475
	9	0.7236	44044	83652	0.645589	0.736458	1.140753	0.006716	0.588718
	12	0.9648	38727	75161	0.567653	0.661704	1.165684	0.007291	0.625512
	15	1.206	33532	66044	0.491506	0.58144	1.182976	0.007932	0.67055
	18	1.4472	29947	60908	0.438958	0.536223	1.221584	0.008622	0.705766
	21	1.6884	26843	55973	0.39346	0.492776	1.252419	0.009298	0.742425
	24	1.9296	23686	50253	0.347185	0.442419	1.274302	0.010043	0.788152
	27	2.1708	22255	48722	0.32621	0.42894	1.314921	0.010639	0.809063
	30	2.412	21062	47364	0.308723	0.416984	1.350675	0.011186	0.828203
	33	2.6532	20029	46219	0.293581	0.406904	1.386001	0.011725	0.845953
	36	2.8944	19194	45360	0.281342	0.399341	1.419416	0.012222	0.861078
	39	3.1356	18779	44986	0.275259	0.396049	1.438822	0.0125	0.868793
	42	3.3768	17826	43820	0.26129	0.385784	1.476456	0.013116	0.888361
	45	3.618	16467	42146	0.24137	0.371046	1.537248	0.014127	0.918992
	48	3.8592	15539	40274	0.227768	0.354565	1.556696	0.014701	0.944373
51	4.1004	14438	38979	0.21163	0.343164	1.621533	0.015798	0.974251	
54	4.3416	13071	36089	0.191592	0.317721	1.65832	0.016929	1.020855	
57	4.5828	12396	34932	0.181698	0.307535	1.69256	0.017695	1.045458	
60	4.824	11054	32058	0.162027	0.282233	1.741884	0.019213	1.102989	
Co-60	Air		42945	56847					
	Glass(0)	0	41923	54165	1	1	1	0.006505	0.650503
	3	0.1791	39568	53745	0.943826	0.992246	1.051302	0.006964	0.662415
	6	0.3582	37186	51744	0.887007	0.955303	1.076996	0.007322	0.679836
	9	0.5373	35244	49830	0.840684	0.919967	1.094307	0.007616	0.696002
	12	0.7164	33236	47999	0.792787	0.886163	1.117782	0.007976	0.713594
	15	0.8955	31332	45855	0.74737	0.84658	1.132745	0.008303	0.732967
	18	1.0746	29177	43865	0.695966	0.80984	1.16362	0.008791	0.755452
	21	1.2537	27058	41785	0.645421	0.771439	1.195249	0.009327	0.780318
	24	1.4328	25603	40523	0.610715	0.74814	1.225023	0.00978	0.798344
	27	1.6119	24122	38699	0.575388	0.714465	1.24171	0.010186	0.820344
	30	1.791	23240	37921	0.55435	0.700102	1.262924	0.010521	0.833066
	33	1.9701	22093	36871	0.52699	0.680716	1.291706	0.01099	0.850793
	36	2.1492	21084	35921	0.502922	0.663177	1.318648	0.01144	0.867572
	39	2.3283	20101	34886	0.479474	0.644069	1.343282	0.011895	0.885514
	42	2.5074	19096	33969	0.455502	0.627139	1.37681	0.012453	0.904464
	45	2.6865	18266	32876	0.435704	0.60696	1.393058	0.012856	0.922843
	48	2.8656	17233	31745	0.411063	0.58608	1.425765	0.013491	0.946199
51	3.0447	16320	30723	0.389285	0.567211	1.457059	0.014113	0.968625	
54	3.2238	15521	29911	0.370226	0.55222	1.491574	0.014755	0.989249	
57	3.4029	14563	28793	0.347375	0.531579	1.530276	0.015561	1.016847	
60	3.582	13152	26587	0.313718	0.490852	1.564628	0.01668	1.066051	

جدول (3- 14) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		I(I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		89936	123546					
	Glass(0)	0	84536	113587	1	1	1	0.004542	0.454237
	3	0.2412	76785	110235	0.908311	0.97049	1.068455	0.005022	0.470052
	6	0.4824	66205	96672	0.783157	0.851083	1.086733	0.005482	0.504469
	9	0.7236	56224	83652	0.665089	0.736458	1.107306	0.006039	0.545347
	12	0.9648	49090	75161	0.580699	0.661704	1.139495	0.006613	0.580306
	15	1.206	43523	68044	0.514846	0.599047	1.163547	0.007142	0.613781
	18	1.4472	38305	60908	0.453121	0.536223	1.183401	0.007717	0.652108
	21	1.6884	34492	55973	0.408016	0.492776	1.20774	0.008267	0.684529
	24	1.9296	30006	50253	0.354949	0.442419	1.246427	0.009093	0.729561
	27	2.1708	27906	48522	0.330108	0.427179	1.294059	0.009722	0.751291
	30	2.412	26438	46964	0.312743	0.413463	1.322055	0.010165	0.768877
	33	2.6532	25018	44919	0.295945	0.395459	1.336259	0.010542	0.788882
	36	2.8944	24093	43760	0.285003	0.385255	1.35176	0.010844	0.802233
	39	3.1356	22972	42886	0.271742	0.377561	1.389408	0.01136	0.817612
	42	3.3768	21937	41720	0.259499	0.367296	1.415403	0.011804	0.833993
	45	3.618	20803	40946	0.246085	0.360481	1.464868	0.012472	0.851425
	48	3.8592	19273	39274	0.227986	0.345761	1.516592	0.013338	0.879478
	51	4.1004	18534	38779	0.219244	0.341404	1.557186	0.013905	0.892984
54	4.3416	16792	36089	0.198637	0.317721	1.599505	0.014942	0.934138	
57	4.5828	15953	34932	0.188713	0.307535	1.629649	0.015572	0.955569	
60	4.824	14312	32058	0.169301	0.282233	1.667052	0.016759	1.00531	
Co-60	Air		47945	56879					
	Glass(0)	0	46923	54165	1	1	1	0.006307	0.630663
	3	0.1791	44995	53545	0.958911	0.988553	1.030912	0.006593	0.639536
	6	0.3582	42586	51744	0.907572	0.955303	1.052592	0.006887	0.654277
	9	0.5373	40244	49830	0.85766	0.919967	1.072647	0.007189	0.670199
	12	0.7164	38136	47899	0.812736	0.884316	1.088074	0.007467	0.686289
	15	0.8955	36000	45999	0.767214	0.849238	1.106912	0.007789	0.703686
	18	1.0746	33277	43865	0.709183	0.80984	1.141934	0.008301	0.726966
	21	1.2537	31058	41785	0.661893	0.771439	1.165504	0.008732	0.749199
	24	1.4328	29403	40523	0.626622	0.74814	1.193925	0.009146	0.766078
	27	1.6119	27622	38899	0.588667	0.718157	1.219973	0.009599	0.786833
	30	1.791	26440	37921	0.563476	0.700102	1.242468	0.009955	0.8012
	33	1.9701	24993	36571	0.532639	0.675178	1.267609	0.010403	0.820703
	36	2.1492	23784	35321	0.506873	0.6521	1.286516	0.010791	0.83879
	39	2.3283	22901	34586	0.488055	0.63853	1.308317	0.011146	0.851937
	42	2.5074	21996	33769	0.468768	0.623447	1.329969	0.011524	0.866463
	45	2.6865	20966	32876	0.446817	0.60696	1.358409	0.012006	0.883819
	48	2.8656	19833	31745	0.422671	0.58608	1.386609	0.01255	0.905108
	51	3.0447	18820	30723	0.401083	0.567211	1.414201	0.013091	0.925656
54	3.2238	17921	29911	0.381924	0.55222	1.445892	0.013658	0.944632	
57	3.4029	16843	28793	0.35895	0.531579	1.48093	0.014366	0.970064	
60	3.582	15402	26999	0.32824	0.498458	1.51858	0.015334	1.009777	

(3-3) مناقشة نتائج الجزء الأول

و تشمل تأثير كل من العوامل الآتية:-

### (1-3-3) تأثير سمك الماء

استخدم الماء كدرع لقياس عامل تراكم أشعة كاما ، فقد تم دراسة تأثير ارتفاع الماء (السمك) باستخدام أربعة أحواض زجاجية و بأحجام مختلفة وهي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$ ، حيث وصل ارتفاع الماء في الأحواض الثلاثة الأولى إلى (30cm) أما الحوض الرابع فقد وصل ارتفاع الماء فيه إلى (60 cm).

كما تم دراسة تأثير سمك الماء على عامل التراكم لأشعة كاما لثلاث مسافات بين المصدر المشع والكاشف ، والمسافات هي على التوالي (71 cm , 51 cm , 41 cm) ، حيث استخدمت هذه المسافات للأحواض الزجاجية الثلاثة الأولى أما الحوض الرابع فقد استخدم للمسافة (71 cm) ، كما وتم دراسة هذا التأثير أيضا على عامل التراكم لأشعة كاما لمصدرين مشعين هما (السييزيوم -137) والذي طاقته (0.662 MeV) و (الكوبلت -60) والذي معدل طاقته (1.253 MeV) حيث وصل معدل المسار الحر Mean Free Path للأحواض الزجاجية الثلاثة الأولى عند استخدام مصدر (السييزيوم -137) إلى (2.412 mfp) ، أما عند استخدام مصدر (الكوبلت -60) فقد وصل معدل المسار الحر إلى (1.791 mfp). ولكن عند استخدام المصدرين المشعين نفسيهما في الحوض الرابع فقد وصل معدل المسار الحر لهذا الحوض للمصدرين الأول والثاني إلى (3.582 mfp, 4.824 mfp) على التوالي.

وكذلك كان للمسددين اللذين قطريهما (2 cm , 1 cm) دراسة تتعلق بتأثير سمك الماء على قياس عامل التراكم لأشعة كاما، حيث درس تأثير سمك الماء للمسدد الأول لجميع الأحواض الزجاجية ولكلاً المصدرين المشعين و لجميع المسافات المستخدمة أما المسدد الثاني فقد استخدم عند المسافة (71cm) للحوض الرابع وعند المسافة (41cm) للأحواض الثلاثة الأولى .

و لوحظ من الجداول (1-3) إلى (14-3) تأثير زيادة سمك الماء على قيمة عامل تراكم أشعة كاما وجد انه مهما اختلفت خواص كل تجربة فأن عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد كلما زاد سمك الماء .ويمكن تفسير ذلك انه عند زيادة سمك الماء سوف تزداد عدد الالكترونات المدارية للماء التي تتفاعل مع فوتونات أشعة كاما الساقطة على الماء وبالتالي سوف تزداد الفوتونات المستطارة

وهذا يؤدي بالنتيجة إلى زيادة عامل التراكم لان عامل التراكم يعتمد على عدد الفوتونات المستطارة.

وعند إجراء مقارنة بين النتائج العملية التي حصلنا عليها من هذه الدراسة ونتائج دراسات سابقة نجد نتائج هذه الدراسة متطابقة مع الدراسات السابقة [5,9, 10, 19, 26, 36, 40, 41, 42]. هذا التطابق في النتائج من الناحية النوعية، ولكن هناك اختلاف من الناحية الكمية، فالناحية النوعية تعني إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد بزيادة سمك الماء. أما من الناحية الكمية فأن قيم عامل التراكم للدراسات النظرية اكبر من قيم عامل التراكم في هذه الدراسة، ويمكن تفسير ذلك من خلال اعتماد معظم الدراسات النظرية التي تتعلق بحسابات نفوذ أشعة كاما على أوساط متجانسة غير محدودة الأبعاد، ولكن في الواقع العملي فان الترتيبات العملية الحقيقية تتضمن أبعادا محدودة و لذلك فان حسابات عامل التراكم في الأوساط غير المحدودة اكبر من قياسات عامل التراكم في الأوساط المحدودة.

### (2-3-3) تأثير المسافة بين المصدر المشع و الكاشف

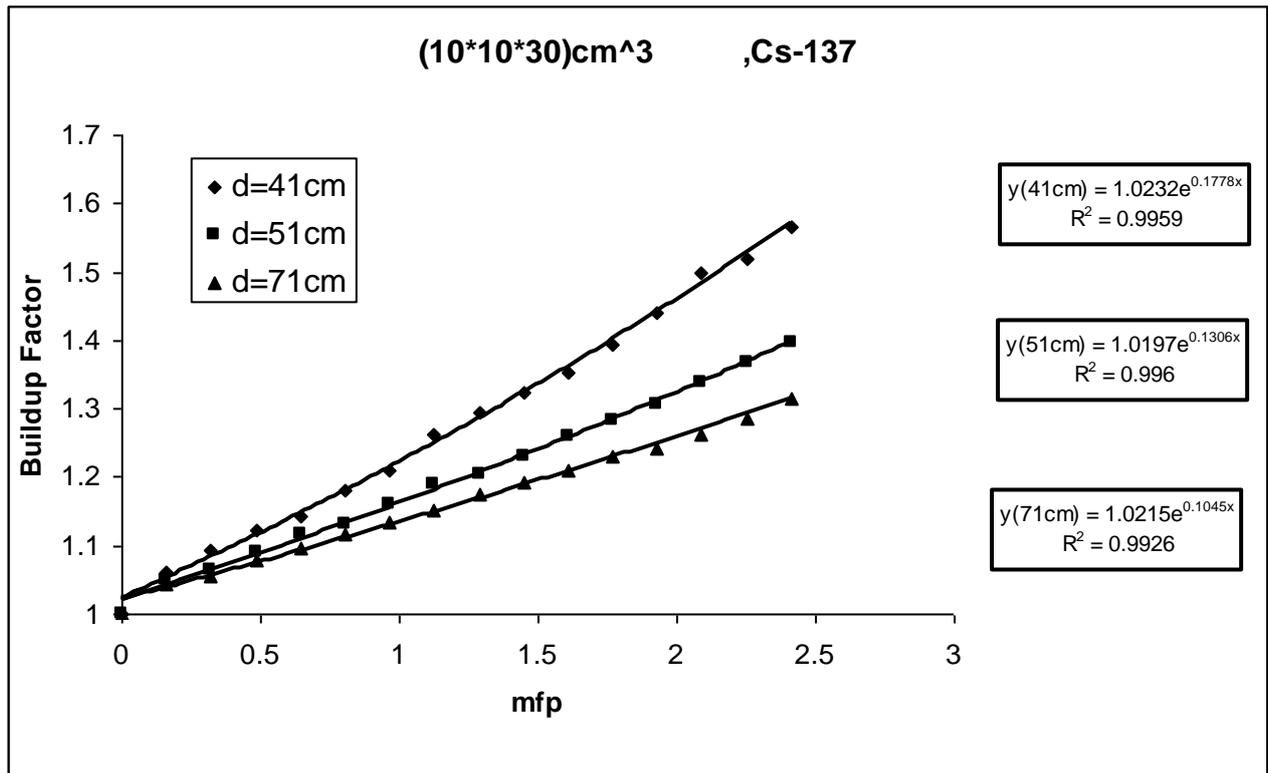
تم في هذا البحث استخدام ثلاث مسافات هي (71cm , 51cm , 41cm) وثلاثة أحواض زجاجية  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  لقياس عامل تراكم أشعة كاما واستخدم كذلك المصدران المشعان السيزيوم-137 و الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (1cm).

الجداول (1-3) و (4-3) و (7-3) توضح نتائج عامل تراكم أشعة كاما للأحواض المستخدمة و للمسافة (41cm) وللمصدرين المشعين وللمسدد المستخدم، والجداول (2-3) و (5-3) و (8-3) توضح النتائج لنفس الأحواض و نفس المصادر المشعة و نفس المسدد ولكن للمسافة (51cm)، أما الجداول (3-3) و (6-3) و (9-3) فهي للمسافة (71cm) وللأحواض ونفسها والمصادر المشعة وكذلك المسدد نفسه.

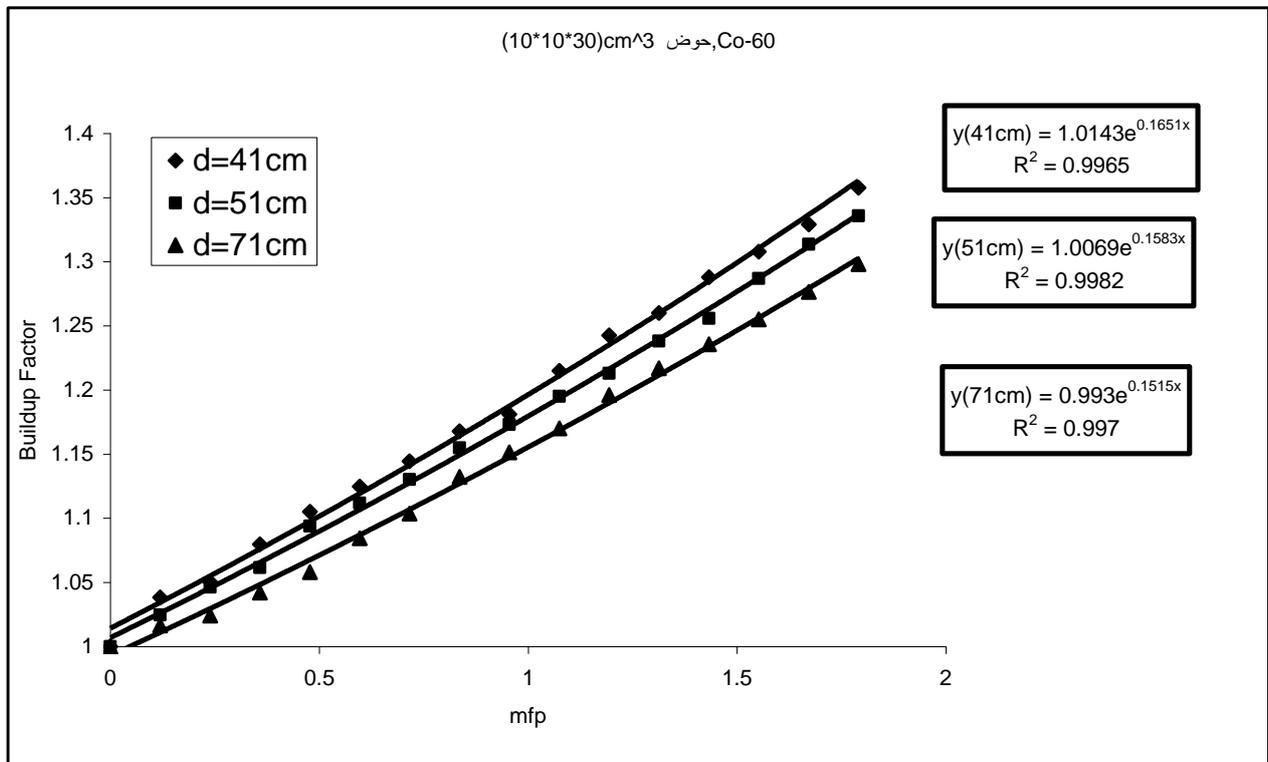
ولغرض معرفة تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف رسم عامل التراكم من الجداول (1-3) و (2-3) و (3-3) للحوض الأول وللمسافات المدروسة و للمصدرين المشعين المستخدمين في العمل وكما مبين في الشكلين (1-3) و (2-3)، ورسم عامل التراكم في الشكلين (3-3) و (4-3) من الجداول (4-3) و (5-3) و (6-3) للحوض الثاني وللمسافات المدروسة، ورسم للحوض الثالث و للمسافات المدروسة نفسها وللمصدرين المشعين من الجداول (7-3) و (8-3) و (9-3)

وتوضحها الأشكال (3-5) و (3-6)، وقد أجريت ملائمة لجميع منحنيات الأشكال مع استخراج معادلات المنحنيات .

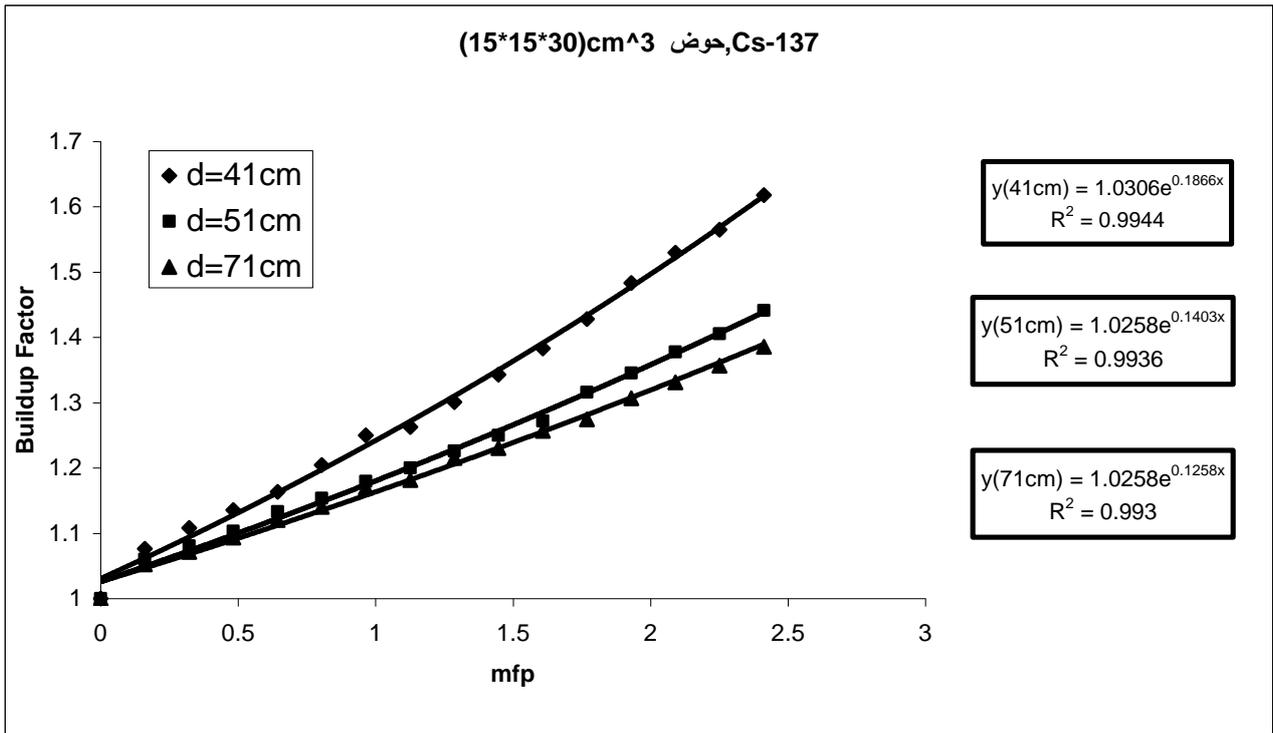
ويلاحظ من الأشكال من (3-1) إلى (3-6) إنَّ قيمة عامل تراكم أشعة كاما للماء تقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف لجميع الأحواض و المصادر المشعة المستخدمة، ويمكن تفسير ذلك على إنَّ زيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف يعني نقصان في قيمة زاوية تسديد الأشعة على الكاشف لأن تلك الزاوية تتناسب عكسيا مع مربع المسافة [4] ونقصان هذه الزاوية يعني نقصان كمية الأشعة الواصلة للكاشف وهذا يؤدي إلى نقصان كمية الأشعة المستطارة الواصلة إلى الكاشف وبالتالي سيقبل من قيمة عامل التراكم لأشعة كاما في الماء . أما المقارنة مع الدراسات السابقة فأن هذه الدراسة أخذت تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف ،في حين الدراسات الأخرى درست تأثير زاوية التسديد، و هنالك دراستان درستتا تأثير زاوية التسديد على قيمة عامل تراكم أشعة كاما ولكن ليس للماء. الأولى نظرية [11] أثبتت إن قيم عامل التراكم يزداد بزيادة زاوية تسديد الأشعة أي يقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف والثانية عملية [10] أيضا أثبتت ذلك وهذا يتفق مع الدراسة الحالية.



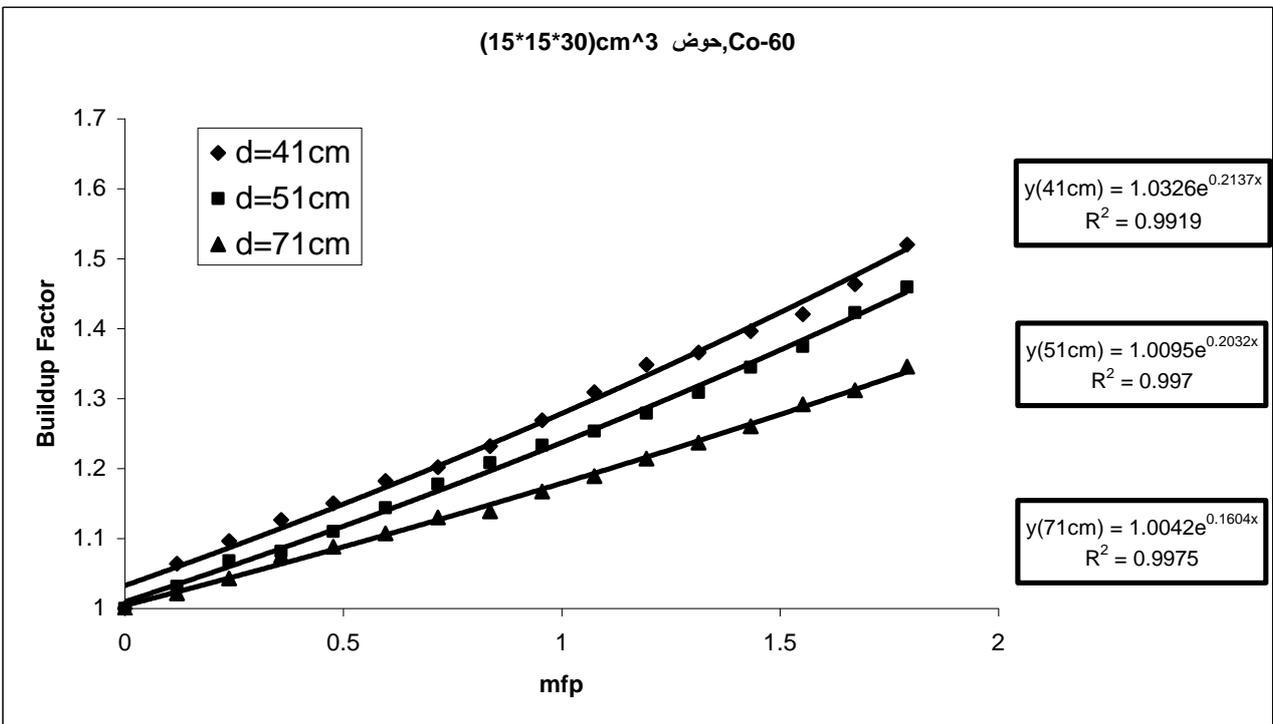
شكل (1-3) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره  $(1 \text{cm})$  ولثلاث مسافات.



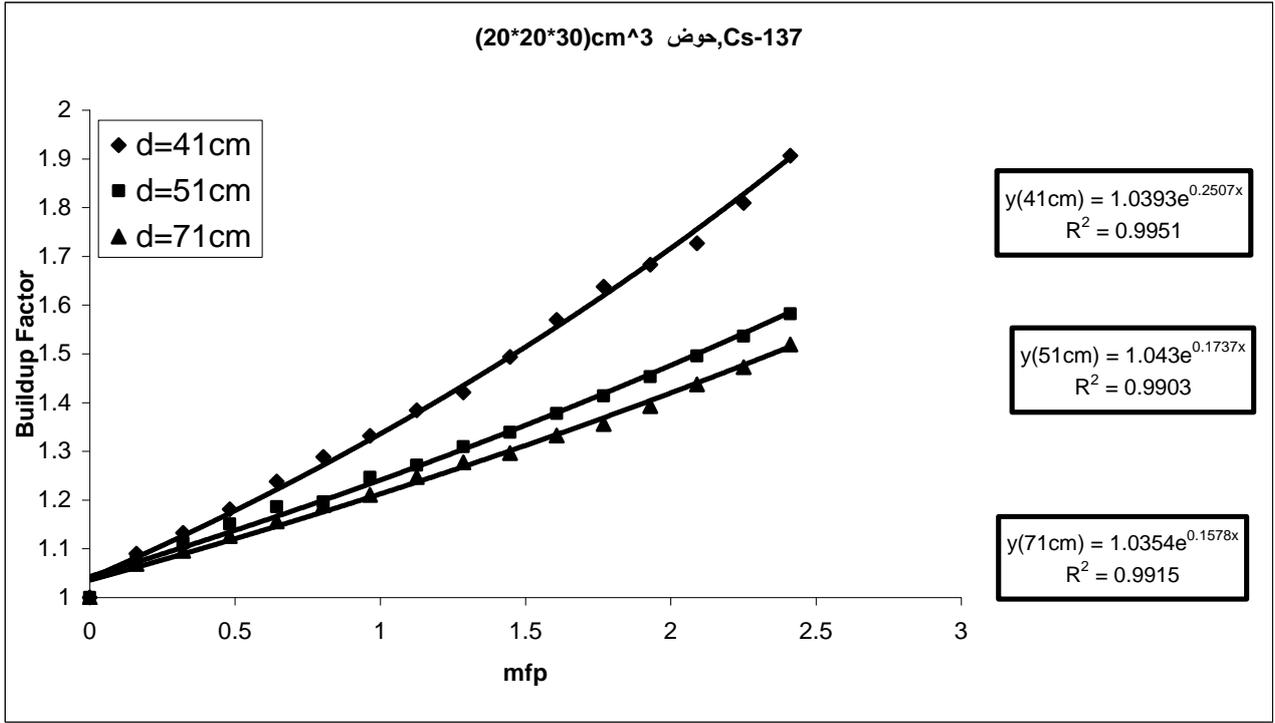
شكل (2-3) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره  $(1 \text{cm})$  ولثلاث مسافات.



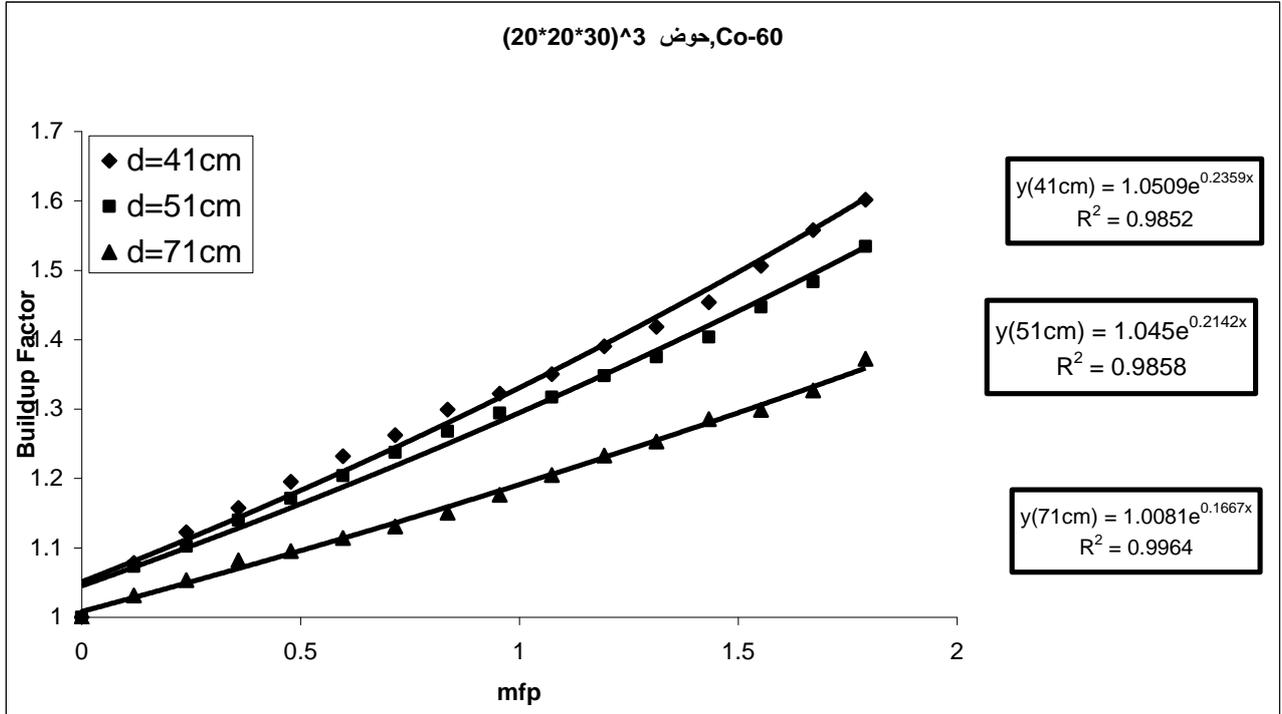
شكل (3-3) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(15 \times 15 \times 30)\text{cm}^3$  ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره  $(1\text{cm})$  ولثلاث مسافات.



شكل (3-4) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(15 \times 15 \times 30)\text{cm}^3$  ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره  $(1\text{cm})$  ولثلاث مسافات.



شكل (3-5) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(20 \times 20 \times 30)\text{cm}^3$  ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره  $(1\text{cm})$  ولثلاث مسافات.



شكل (3-6) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(20 \times 20 \times 30)\text{cm}^3$  ومصدر الكوبلت-137 والمسدد الذي قطره  $(1\text{cm})$  ولثلاث مسافات.

### (3-3-3) تأثير حجم الأحواض الزجاجية

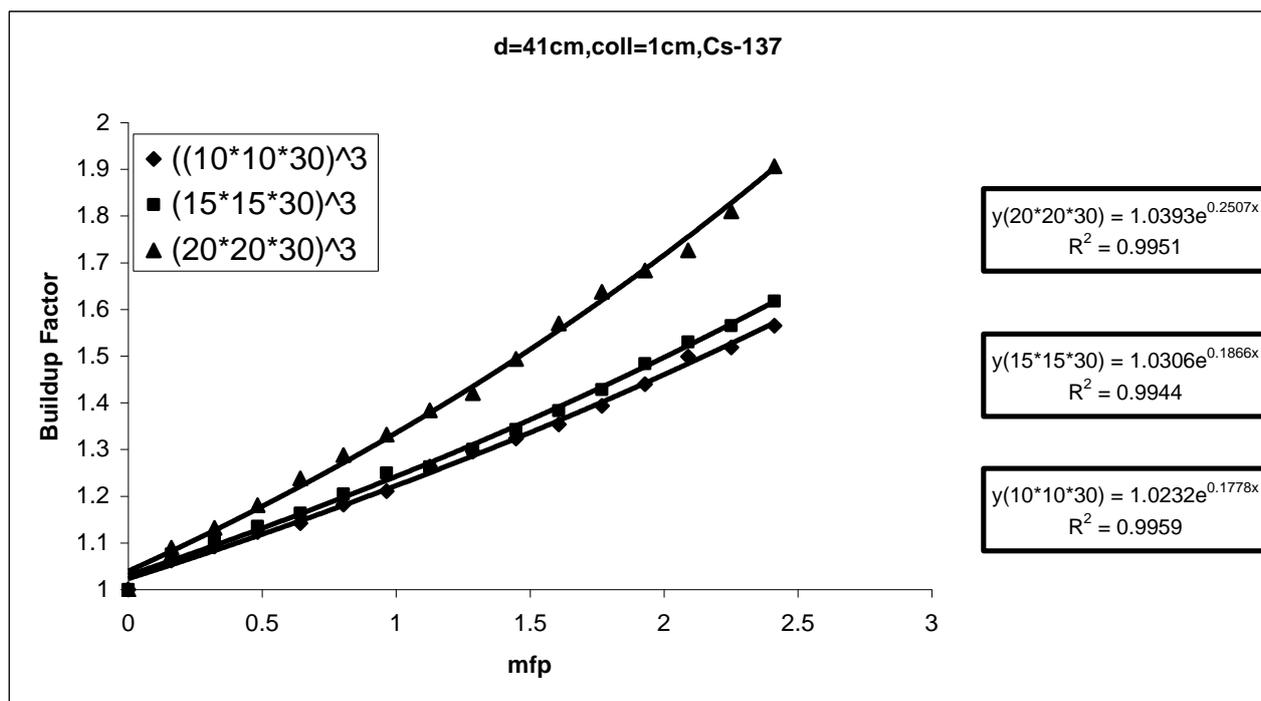
تم في هذا البحث استخدام ثلاثة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة وهي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$ ,  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$ ,  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$ . حيث درس تأثير حجم الأحواض الزجاجية على عامل تراكم أشعة كاما في الماء بالنسبة للأحواض الثلاثة لثلاث مسافات بين المصدر المشع والكاشف وهي (41cm , 51cm , 71cm) ولمصدرين مشعين هما السيزيوم-137 و الكوبلت-60, وكذلك درس لمسدين قطر الأول منهما (1cm) أما الآخر فقطره (2cm).

حيث الجداول (1-3) و(2-3) و(3-3) تضم نتائج لقياس عامل التراكم للمسافات المستخدمة عند الحوض الزجاجي الأول وللمصدرين المشعين وعند المسدد (1cm) ، والجداول (3-4) و (3-5) و (3-6) للمسافات المستخدمة عند الحوض الزجاجي الثاني وللمصدرين المشعين و لنفس المسدد الذي قطره (1cm) أما الجداول (3-7) و (3-8) و (3-9) فهي تضم نتائج الحوض الثالث للمسافات المستخدمة والمصادر المشعة والمسدد الأول، والجداول (3-10) و (3-11) و (3-12) لأحواض الزجاجية المستخدمة عند المسافة (41cm) ولكلا المصدرين المشعين وللمسدد الذي قطره (2cm).

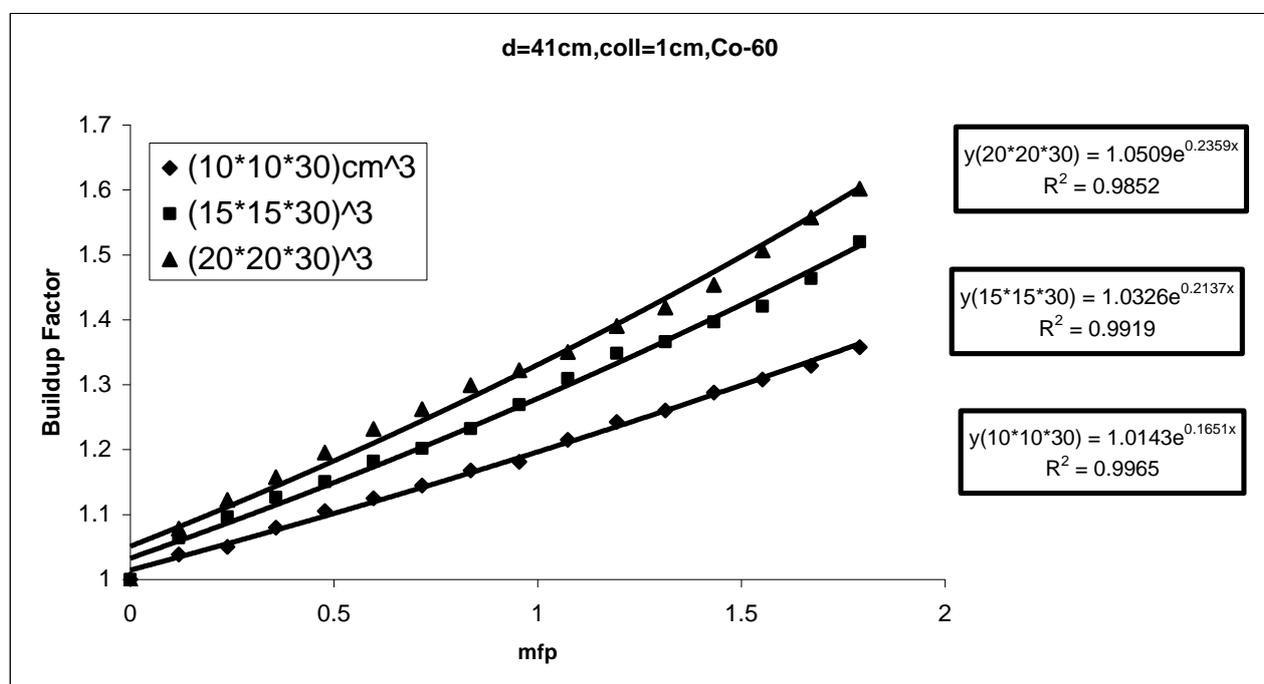
ولغرض معرفة تأثير حجم الأحواض الزجاجية رسم عامل التراكم للمصدرين المشعين من الجداول (1-3) و (3-4) و (3-7) والشكلين (3-7) و (3-8)، ورسم من الجداول (3-2) و (3-5) و (3-8) الشكلين (3-9) و (3-10) ومن الجداول (3-3) و (3-6) و (3-9) الشكلين (3-11) و (3-12) ومن الجداول (3-10) و (3-11) و (3-12) الشكلين (3-13) و (3-14)، وقد أجريت ملائمة لجميع منحنيات الأشكال مع استخراج معادلات المنحنيات .

ومن الأشكال والجداول يمكن أن يُستنتج إنَّ عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد بزيادة حجم الحوض الزجاجي المستخدم للمسافات المستخدمة وللمصادر المشعة المستخدمة وللمسددين المستخدمين أيضا.

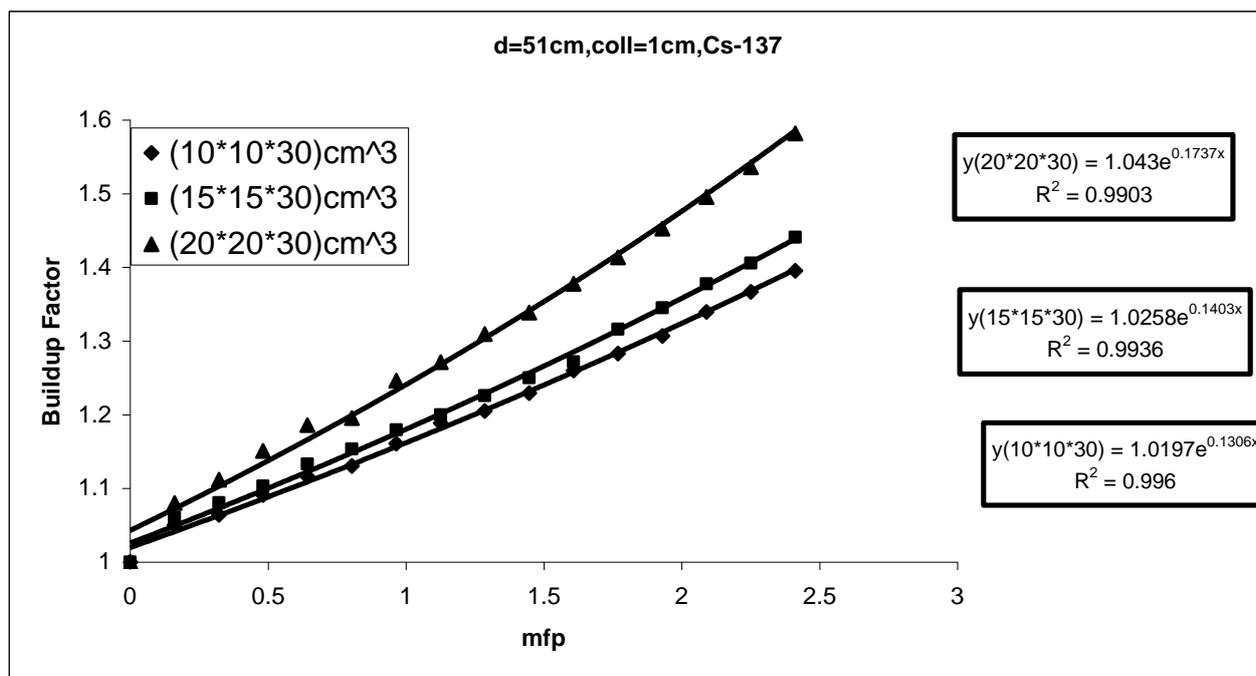
ويمكن تفسير ذلك إن زيادة حجم الحوض تعني زيادة كمية الماء فيه وهذه الزيادة تعني زيادة عدد الالكترونات المدارية للماء و التي تسبب زيادة الفوتونات المستطارة أي زيادة معدل عد الفوتونات المستطارة والتي من شأنها تزيد من قيم عامل التراكم لأشعة كاما في الماء بزيادة حجم الحوض الزجاجي.



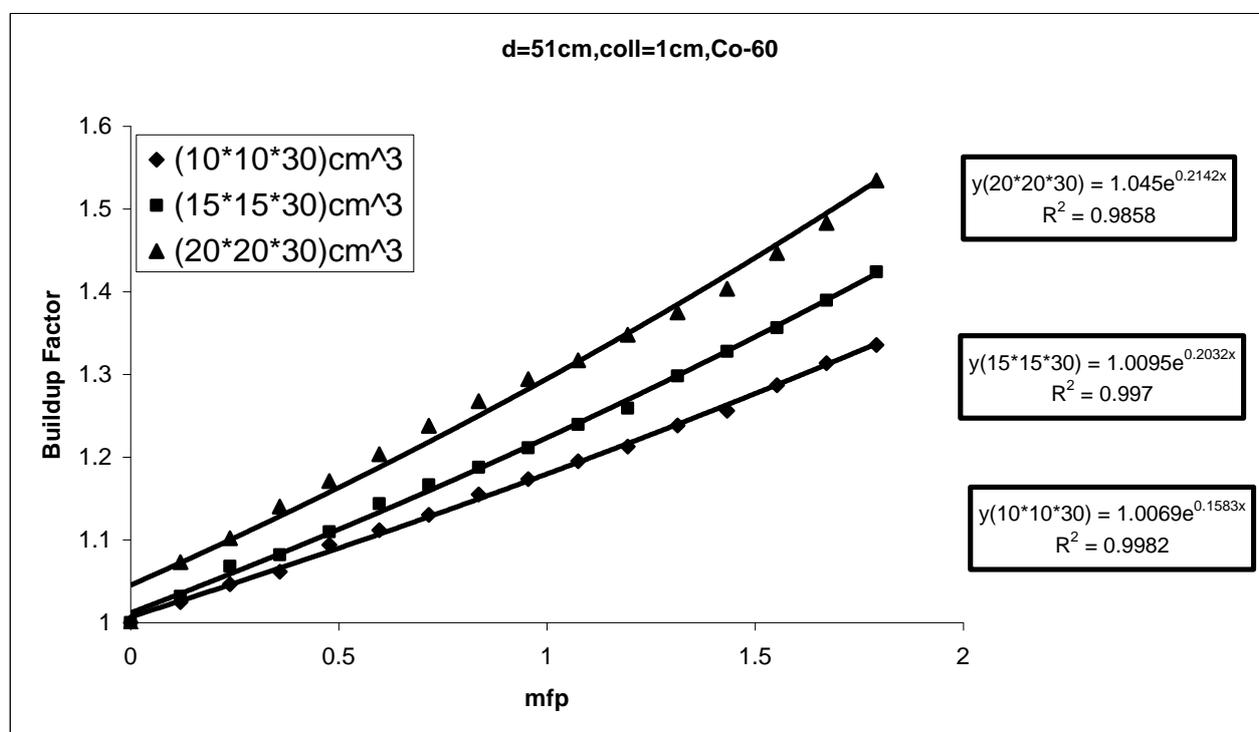
شكل (7-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



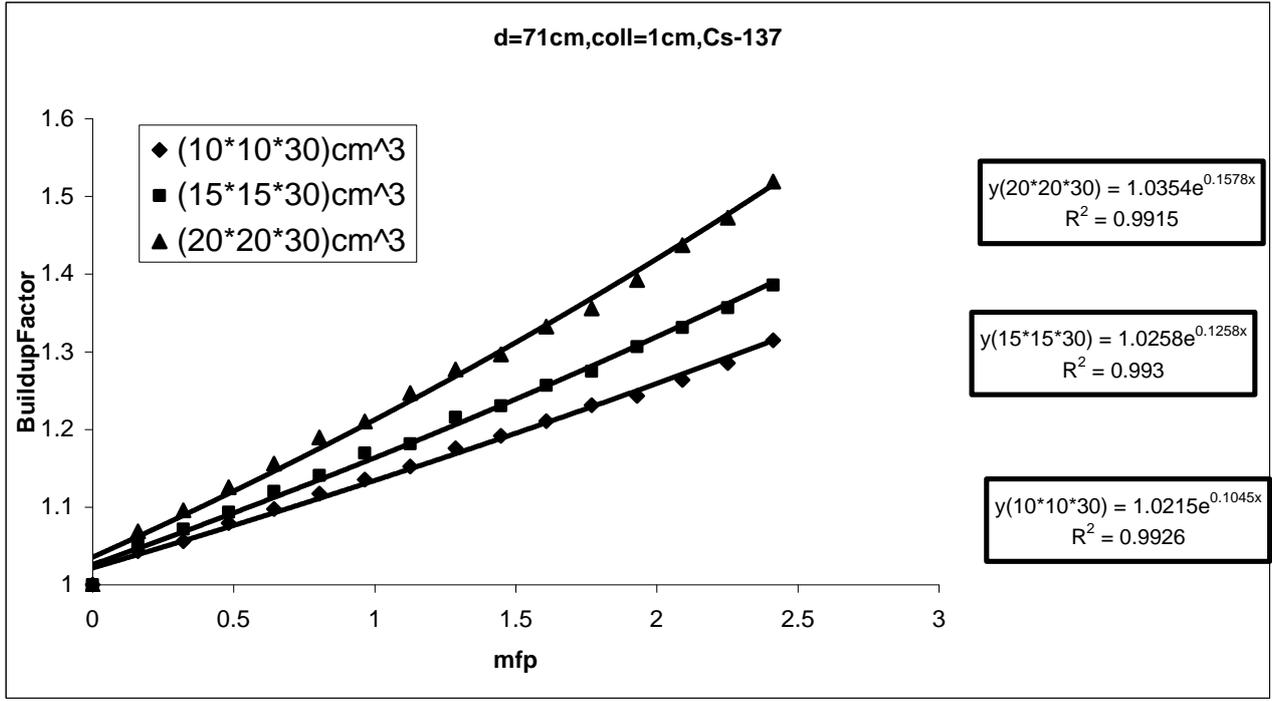
شكل (8-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



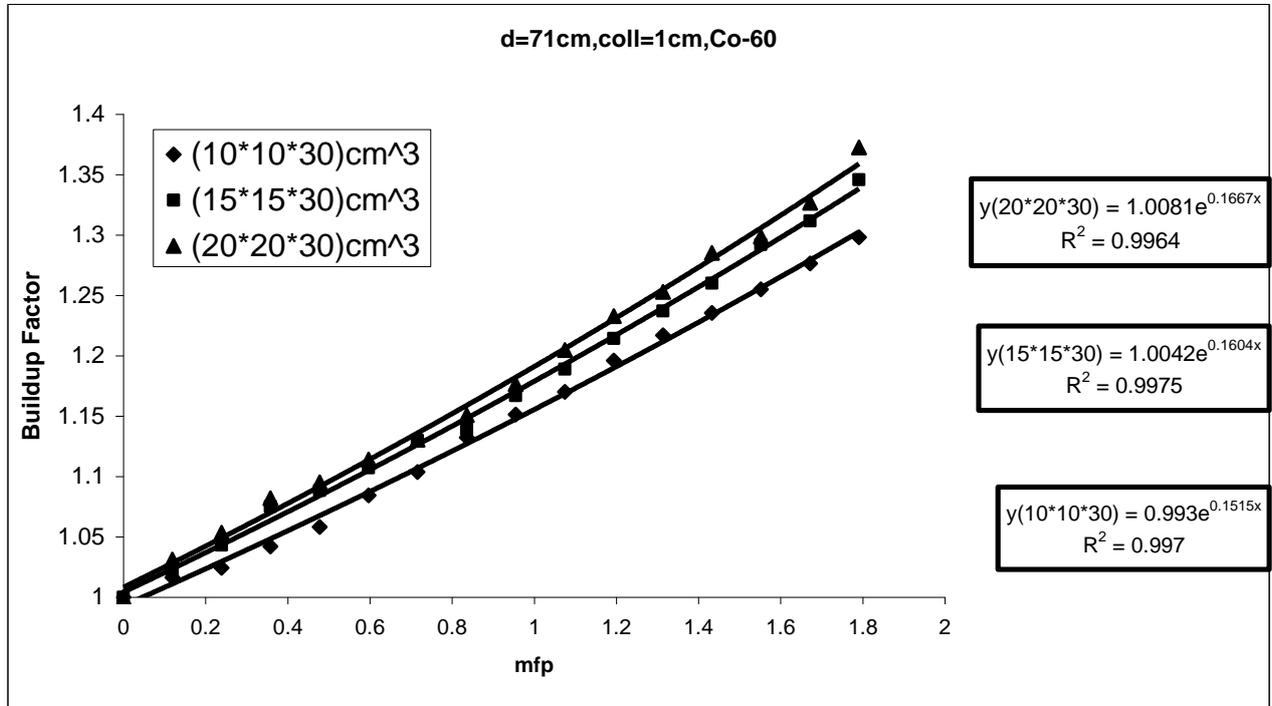
شكل (9-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



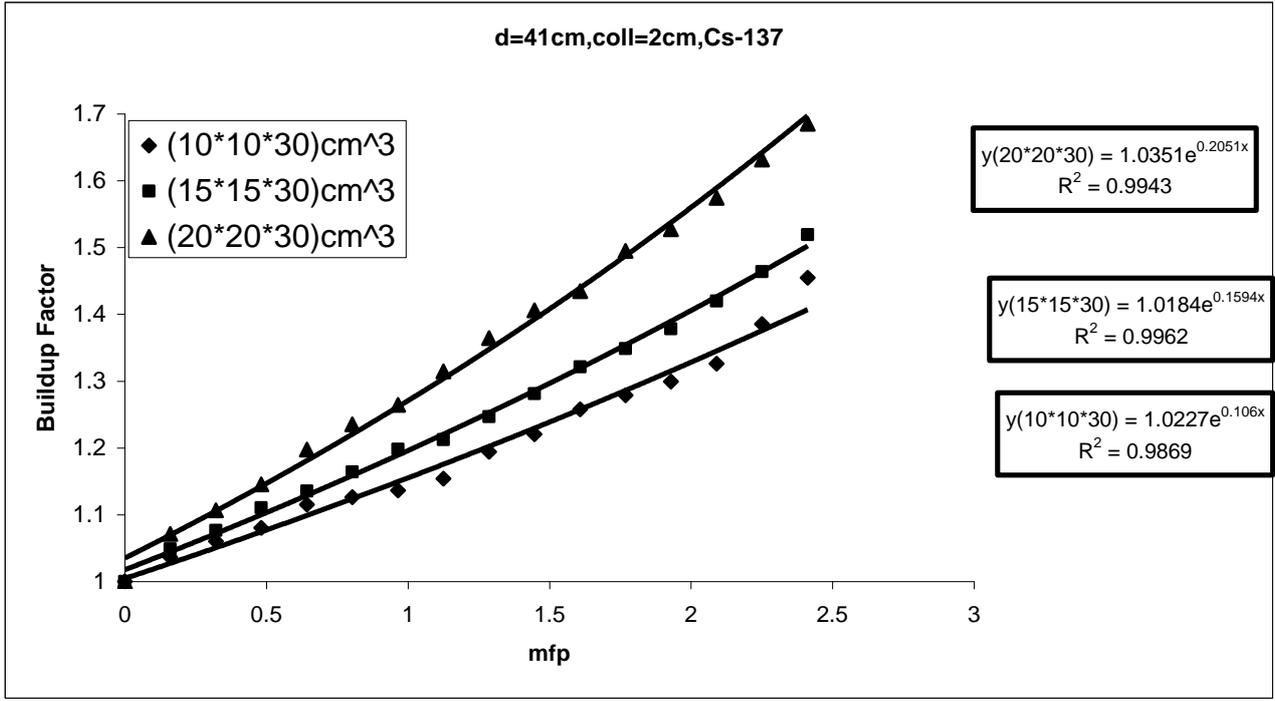
شكل (10-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



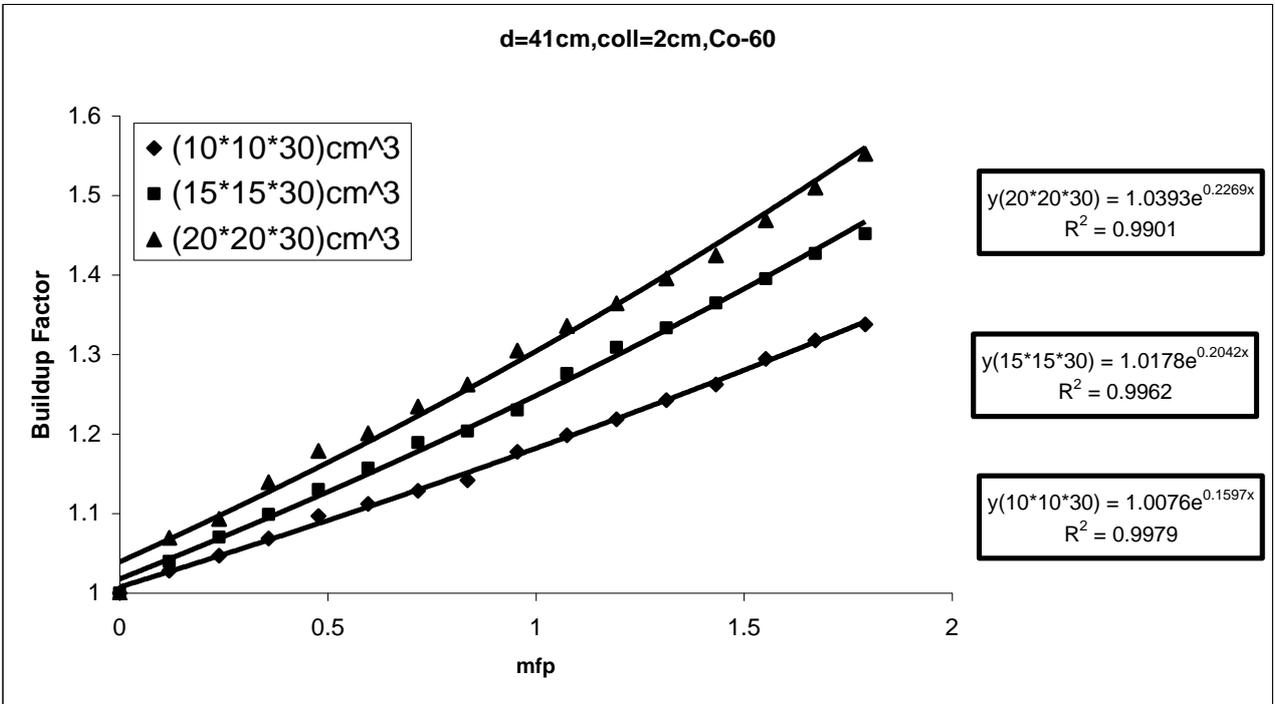
شكل (11-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (71cm) ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



شكل (12-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (71cm) ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



شكل (13-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره (2cm) ولثلاثة أحواض.



شكل (14-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (2cm) ولثلاثة أحواض.

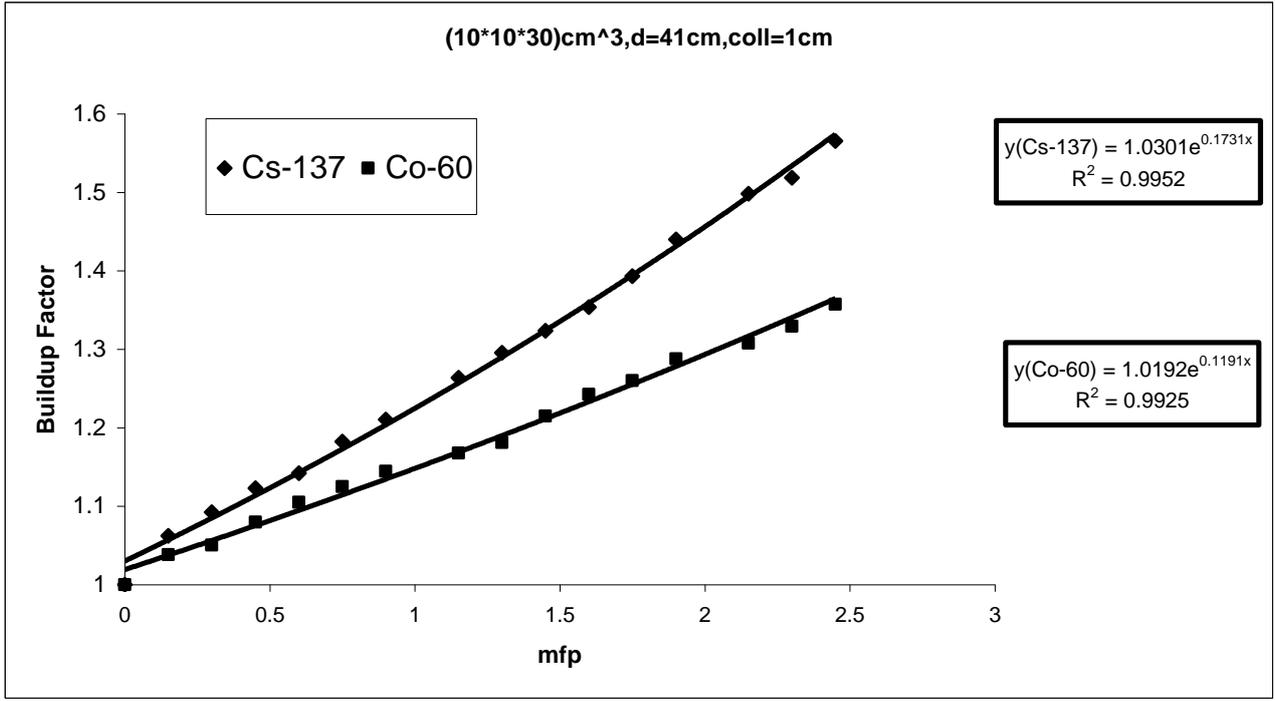
### (4-3-3) تأثير طاقة المصدر المشع

تم في هذا البحث استخدام مصدرين مشعين بطاقتين مختلفتين الأول السيزيوم-173 والذي طاقة الفوتونات فيه (0.662 MeV) أما الثاني فهو الكوبلت-60 والذي معدل طاقة الفوتونات فيه (1.253 MeV). درس تأثير طاقة المصدر المشع على قيمة عامل التراكم لأشعة كاما في الماء لمصدرين مشعين ولثلاث مسافات هي (41cm , 51cm , 71cm) ولأربعة أحواض زجاجية هي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  ولمسددين قطريهما (2cm , 1cm).

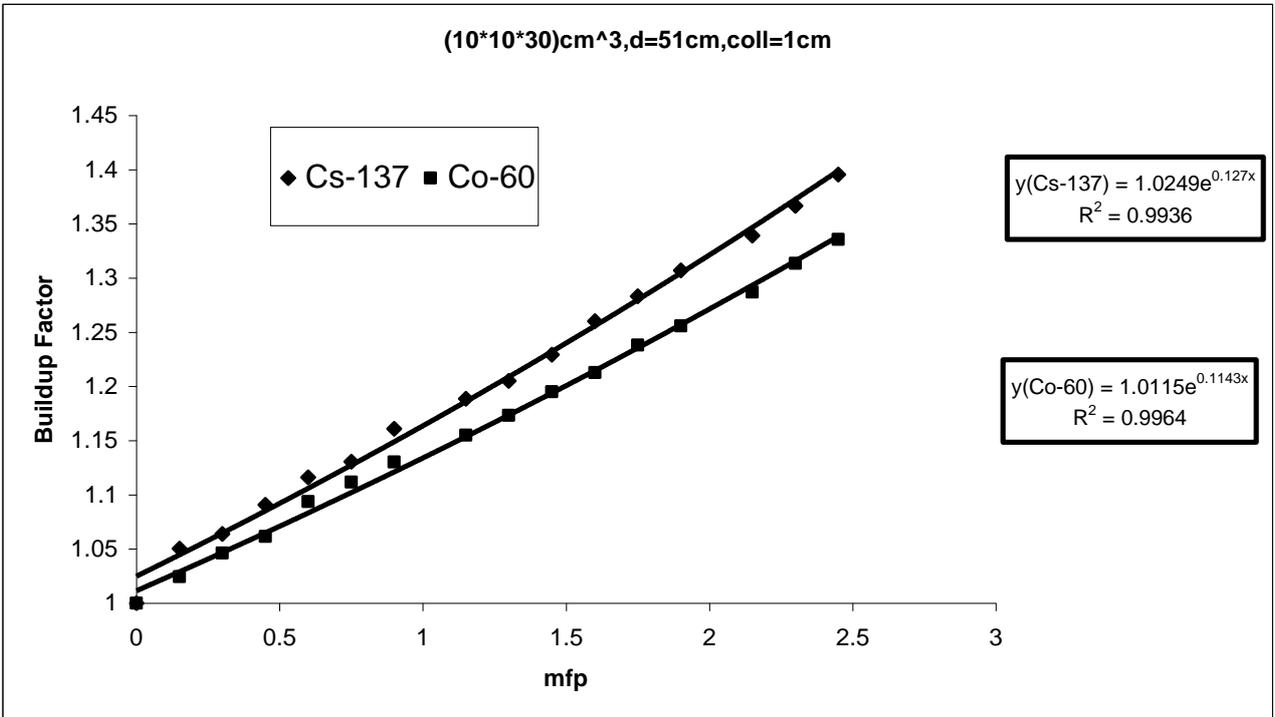
كما تضمنت الجداول من (1-3) إلى (14-3) نتائج قياس عامل تراكم أشعة كاما للمصدرين المشعين المستخدمين وللأحواض والمسافات والمسددات المستخدمة، ولغرض معرفة تأثير طاقة المصدر المشع رسم عامل التراكم من الجداول (1-3) و (2-3) و (3-3) و (4-3) و (5-3) و (6-3) و (7-3) و (8-3) و (9-3) و (10-3) و (11-3) و (12-3) و (13-3) و (14-3) في الأشكال (15-3) و (16-3) و (17-3) و (18-3) و (19-3) و (20-3) و (21-3) و (22-3) و (23-3) و (24-3) و (25-3) و (26-3) و (27-3) و (28-3)، وقد أجريت مائة لجميع منحنيات الأشكال مع استخراج معادلات المنحنيات.

ويلاحظ من الأشكال السابقة أنه مهما اختلفت الخواص لكل جدول فإن قيمة عامل تراكم أشعة كاما في الماء تزداد كلما قلت طاقة المصدر المشع أي أن قيمة عامل التراكم لمصدر السيزيوم-137 أكبر من قيمة عامل التراكم لمصدر الكوبلت-60.

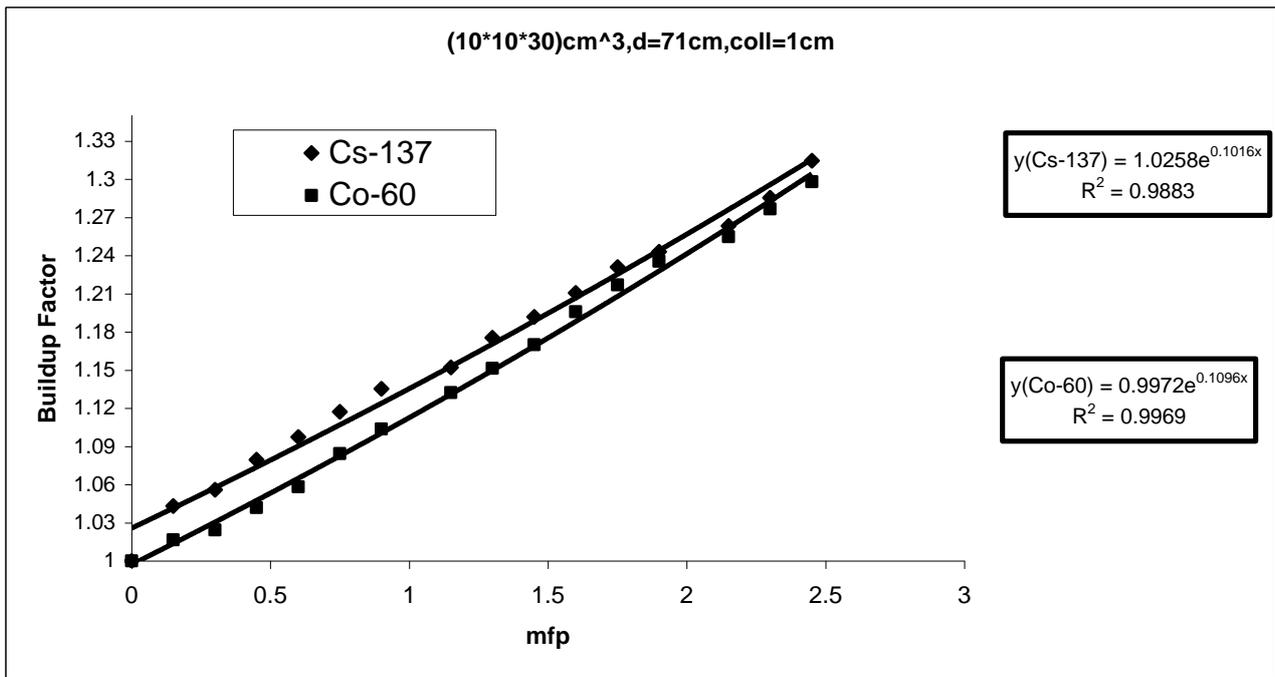
ويمكن تفسير ذلك بأنه عند سقوط فوتون ذا طاقة واطئة (مثل طاقة مصدر السيزيوم-137) على المادة الماصة فإن معظم طاقة الفوتون تنتقل إلى طاقة الفوتون المستطار أما عند الطاقة الأعلى (مثل طاقة مصدر الكوبلت-60) فإن معظم طاقته سوف تنتقل إلى الإلكترون المستطار. أي هنالك علاقة عكسية بين طاقة الفوتون الساقط واستطارة كومبتن عند مدى الطاقات الواطئة، وبما إن عامل التراكم يعتمد بشكل رئيسي على عدد الفوتونات المستطارة، وبذلك يقل عامل تراكم أشعة كاما في الماء عند زيادة طاقة المصدر المشع. هذا يتفق مع الدراسات السابقة [5, 9, 10, 22, 36, 42].



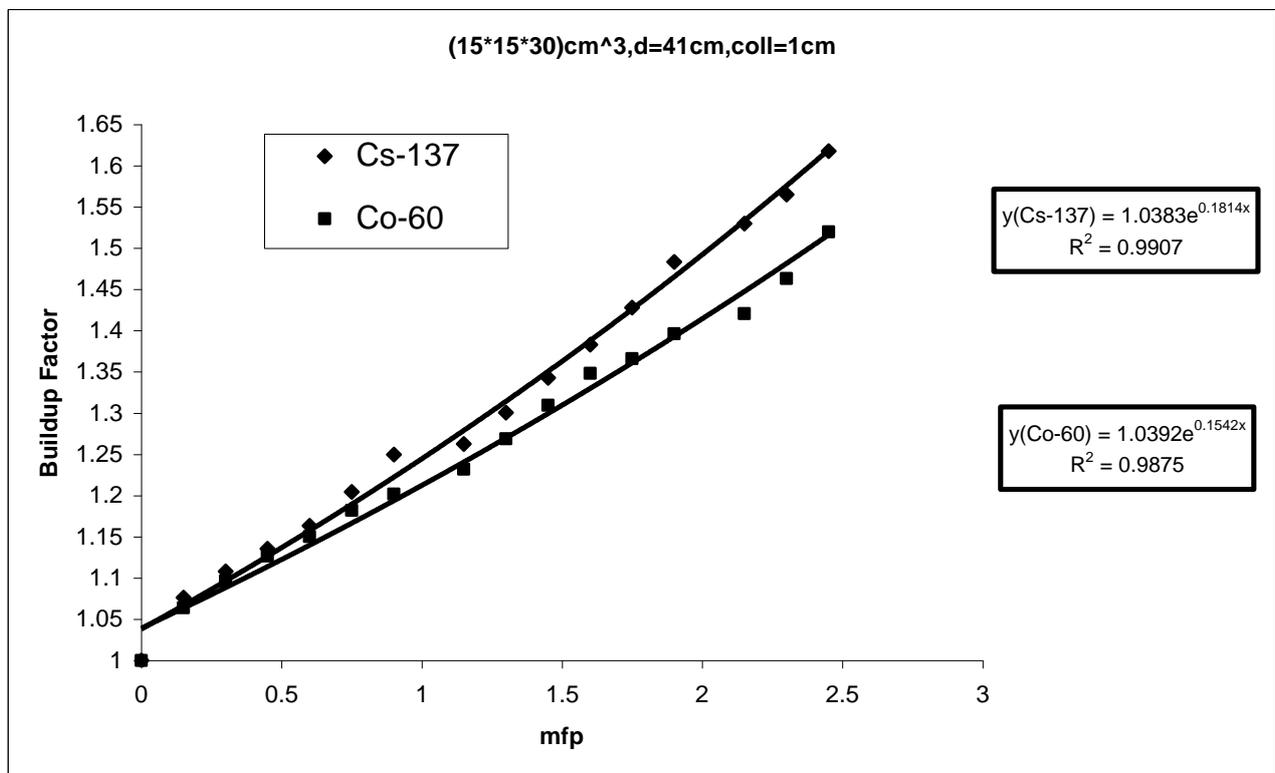
شكل (3-15) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



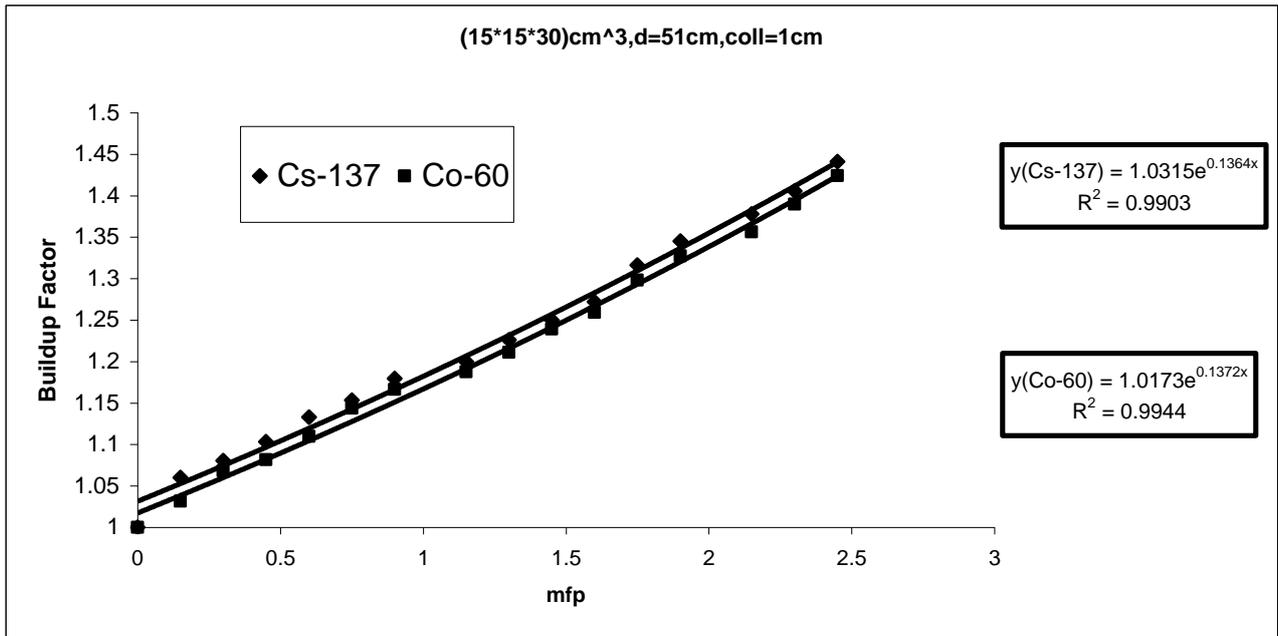
شكل (3-16) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) وللحوض الزجاجي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



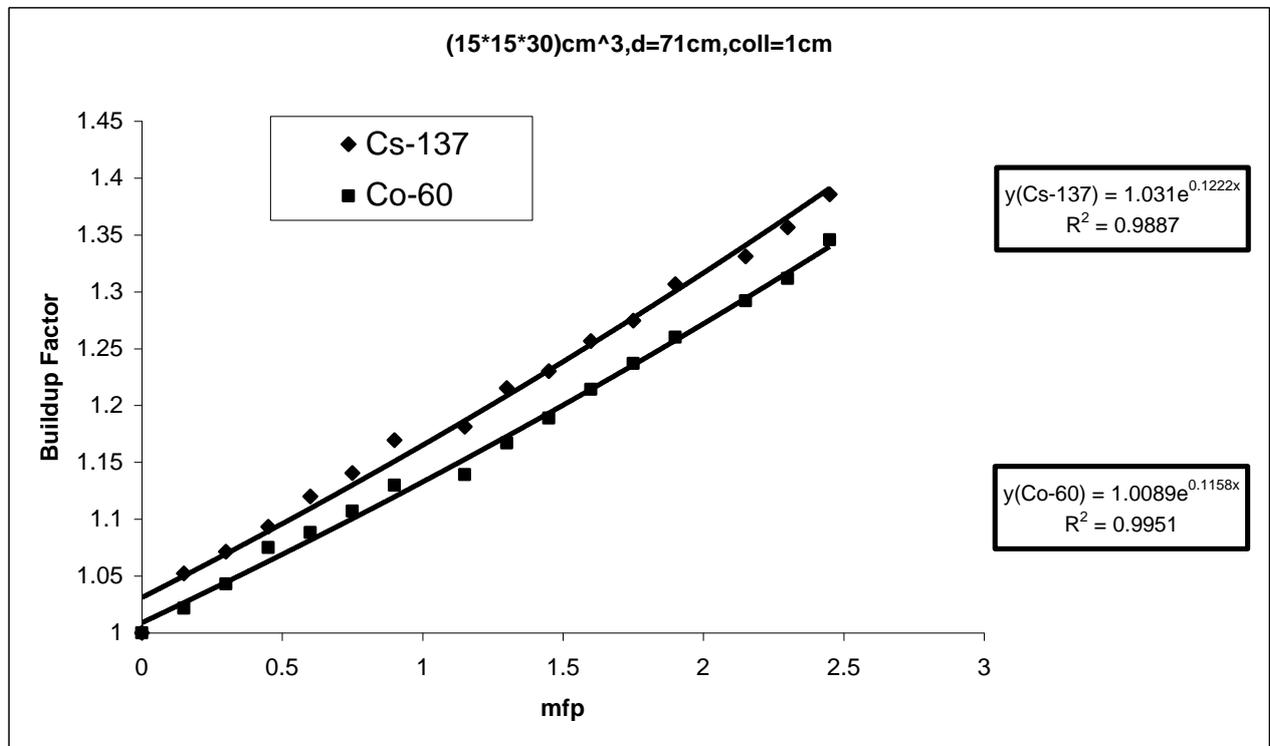
شكل (17-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (10×10×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



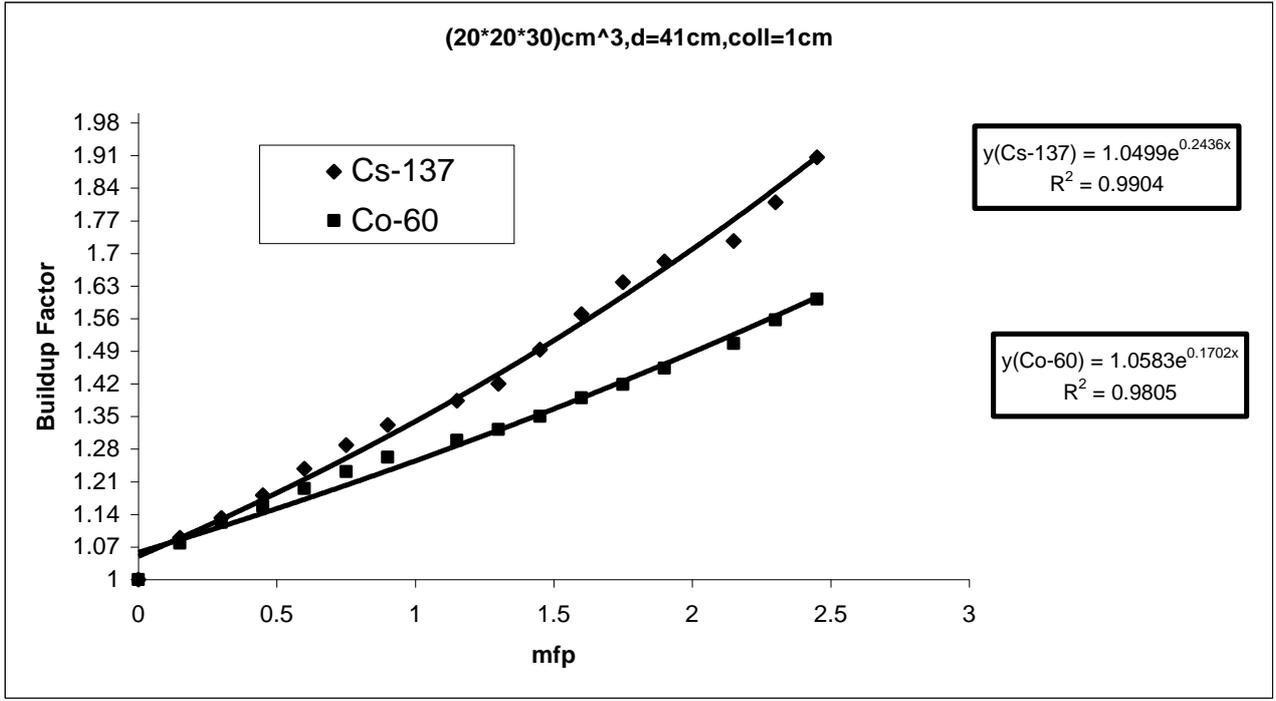
شكل (18-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



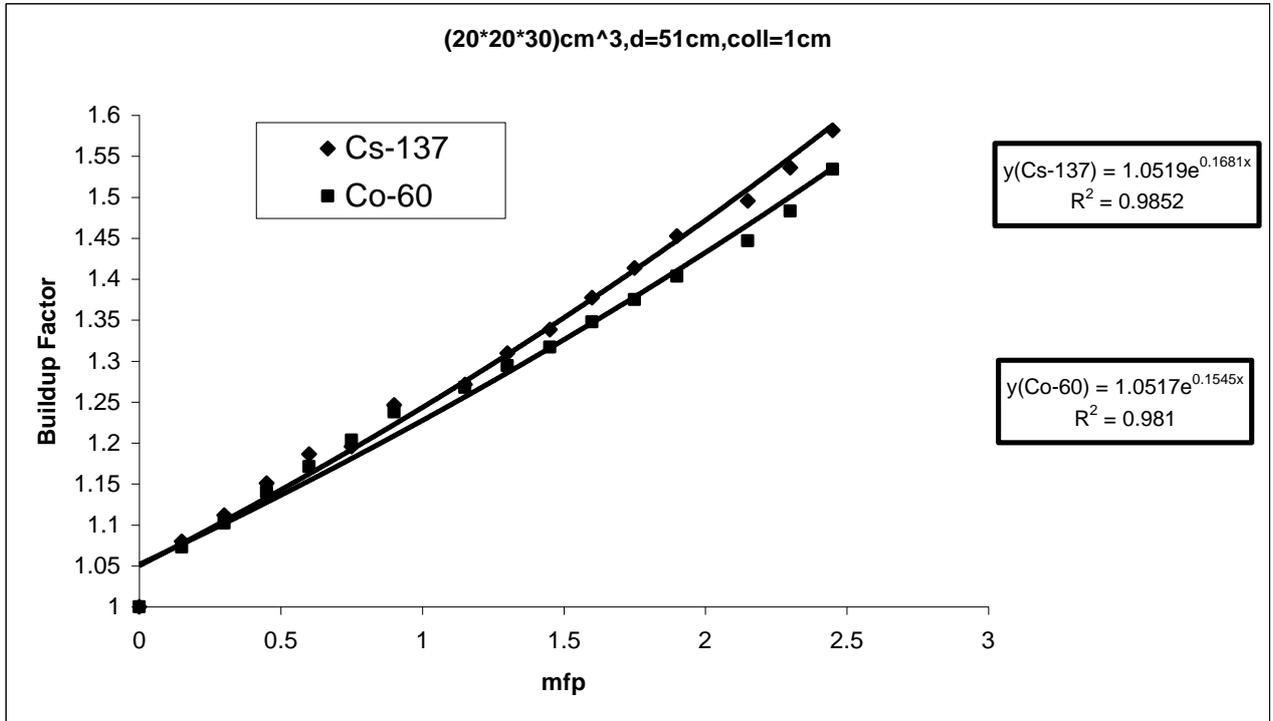
شكل (19-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



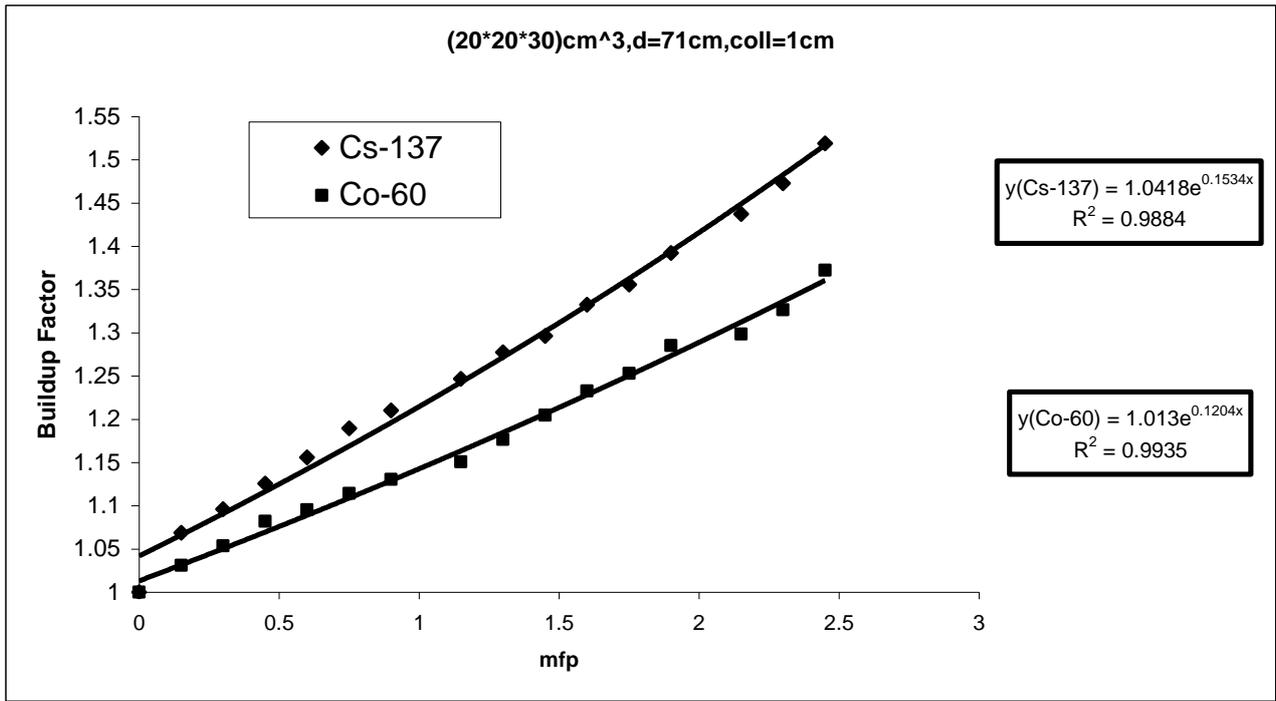
شكل (20-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



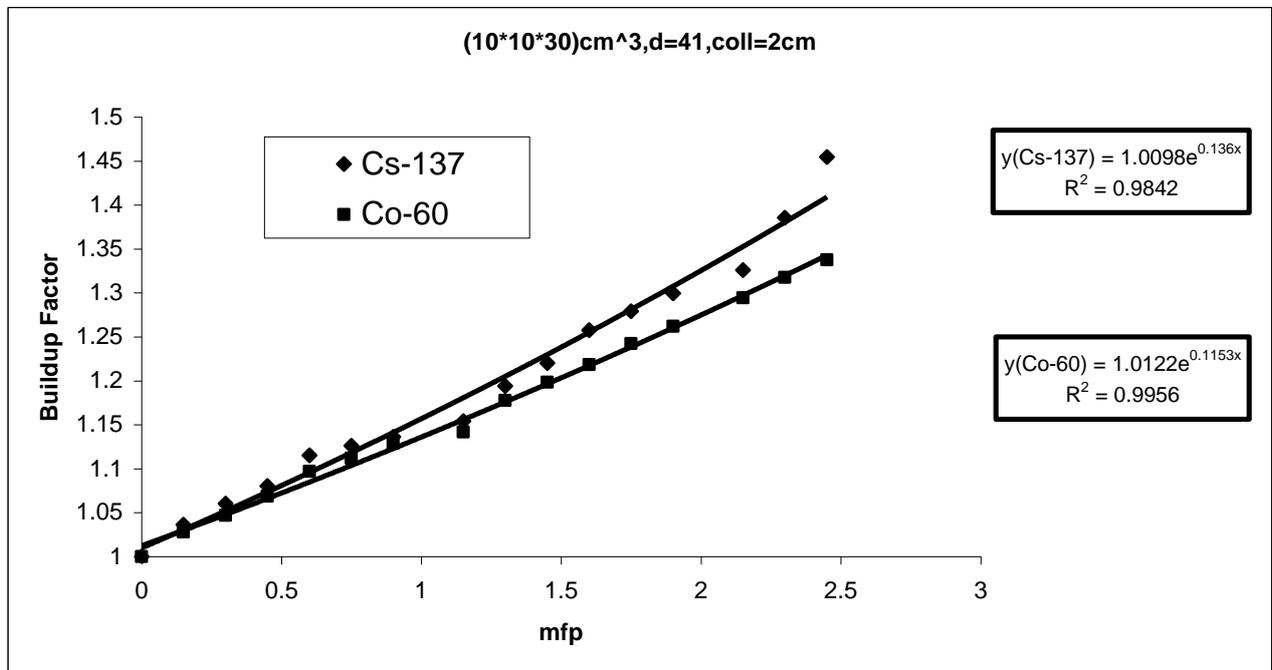
شكل (21-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



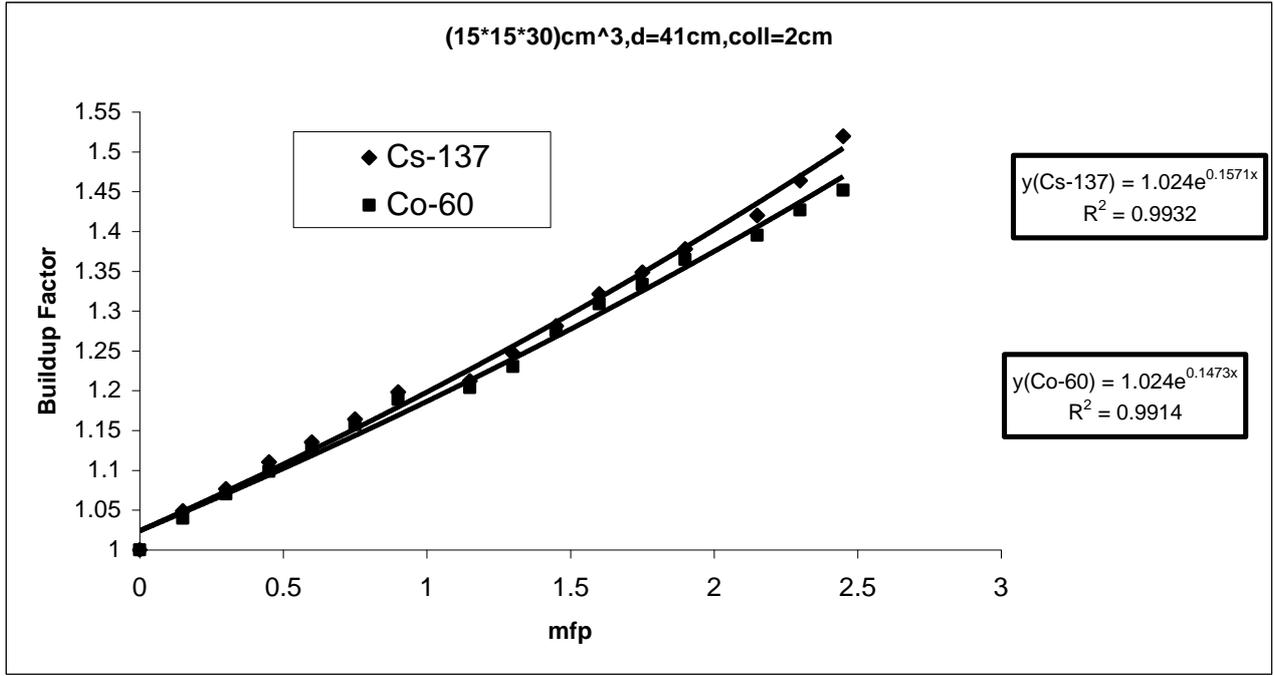
شكل (22-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) وللحوض الزجاجي  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



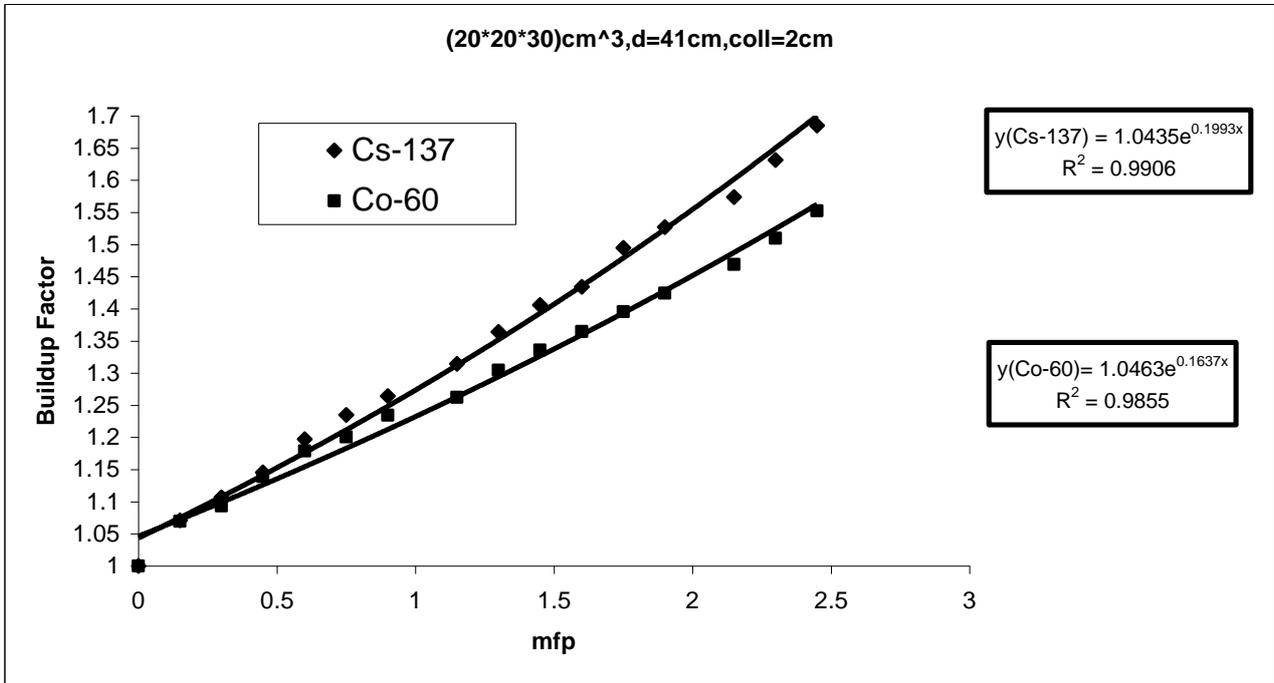
شكل (23-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (20×20×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



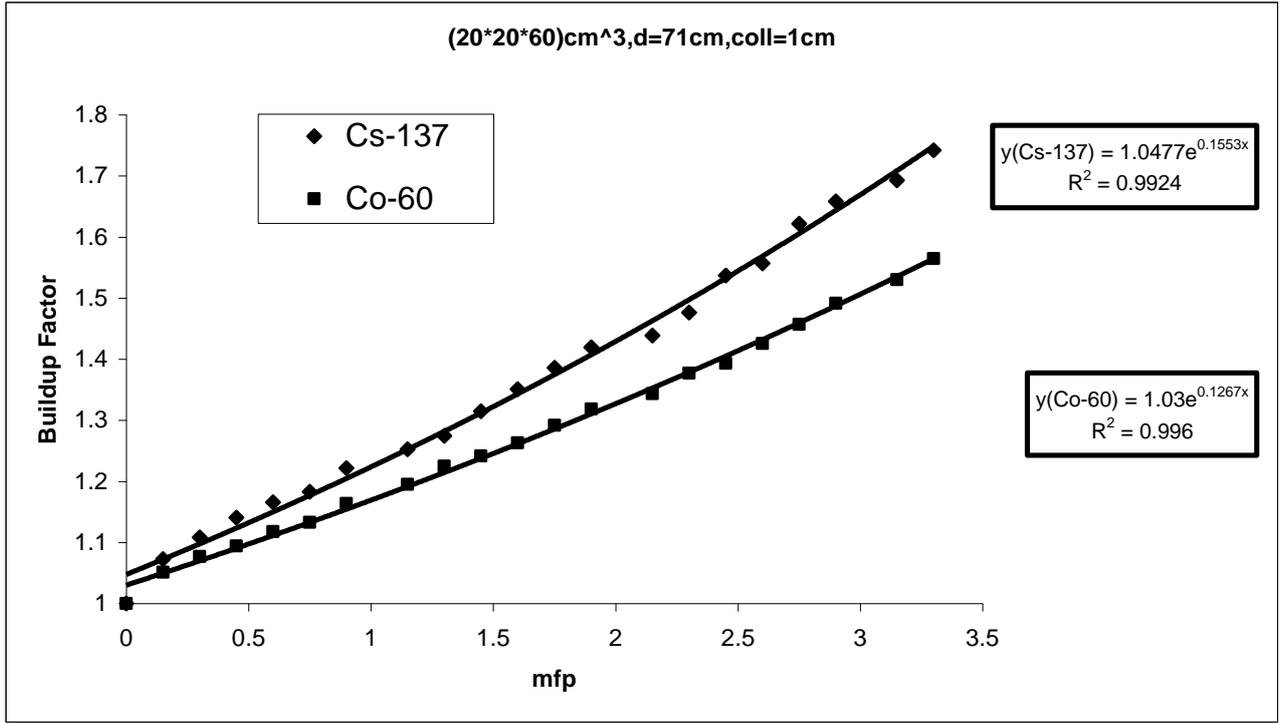
شكل (24-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (10×10×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (2cm) ولمصدرين مشعين.



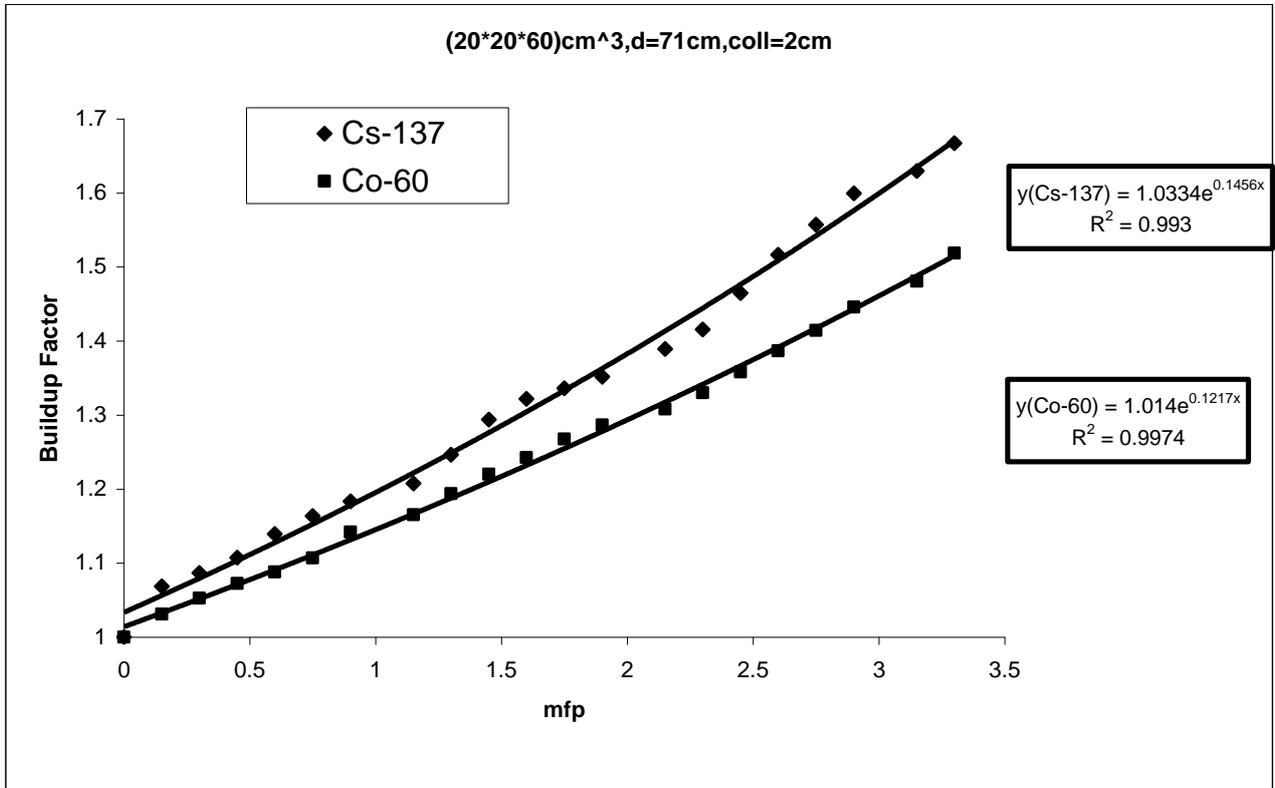
شكل (3-25) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (2cm) ولمصدرين مشعين.



شكل (3-26) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (20×20×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (2cm) ولمصدرين مشعين.



شكل (27-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



شكل (28-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (2cm) ولمصدرين مشعين.

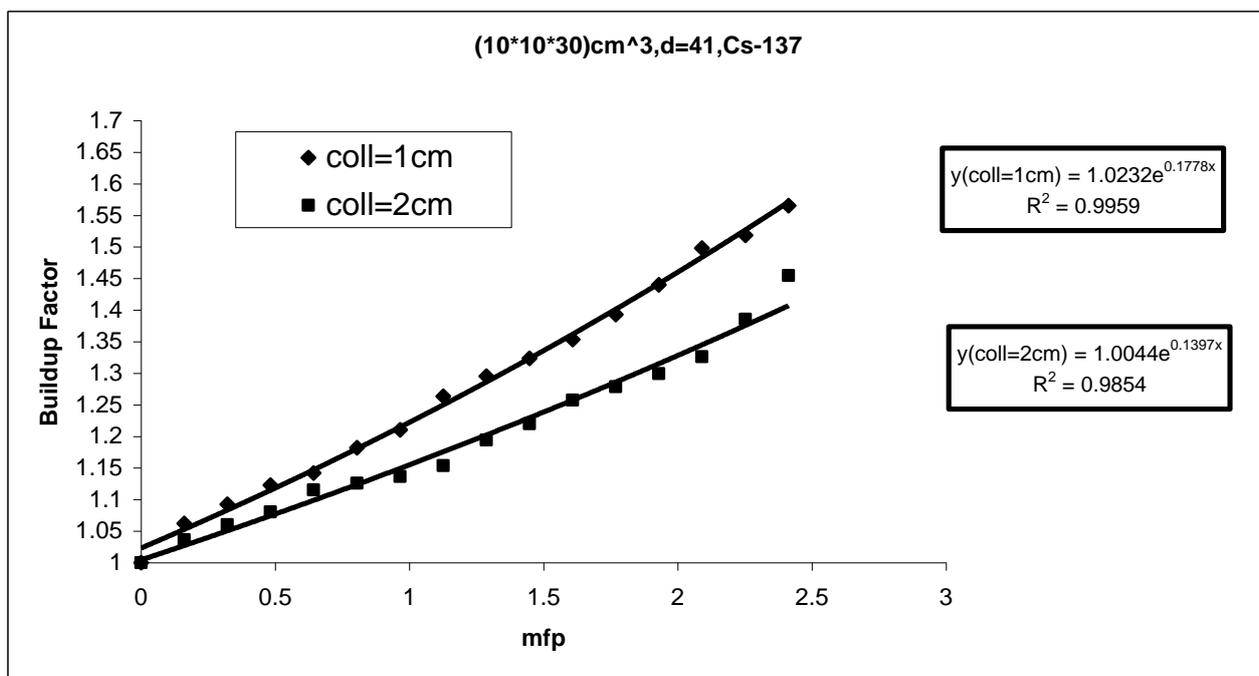
### (5-3-3) تأثير قطر فتحة المسدد

تم في هذا البحث استخدام مسددين الأول قطره (1cm) والثاني قطره (2cm). حيث درس تأثير قطر فتحة المسدد على قيمة عامل تراكم أشعة كاما في الماء لأربعة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة وهي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  حيث تم دراسة الأحواض الثلاثة الأولى عند المسافة (41cm) أما الحوض الرابع فقد تم دراسته عند المسافة (71cm) ولمصدرين مشعين هما السيزيوم-137 و الكوبلت-60 الجداول (1-3) و (4-3) و (7-3) تضم نتائج قياس عامل التراكم للأحواض المستخدمة والمسافة (41cm) وللمصدرين المشعين وباستخدام المسدد الأول أما الجداول (10-3) و (11-3) و (12-3) قيست عند استخدام المسدد الذي قطره (2cm) وللأحواض الزجاجية المستخدمة وللمصدرين المشعين وعند المسافة (41cm). والجدولين (13-3) و (14-3) تم قياسهما باستخدام المسددين الأول والثاني على التوالي عند المسافة (71cm) و للحوض الزجاجي الذي حجمه  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  وللمصدرين المشعين.

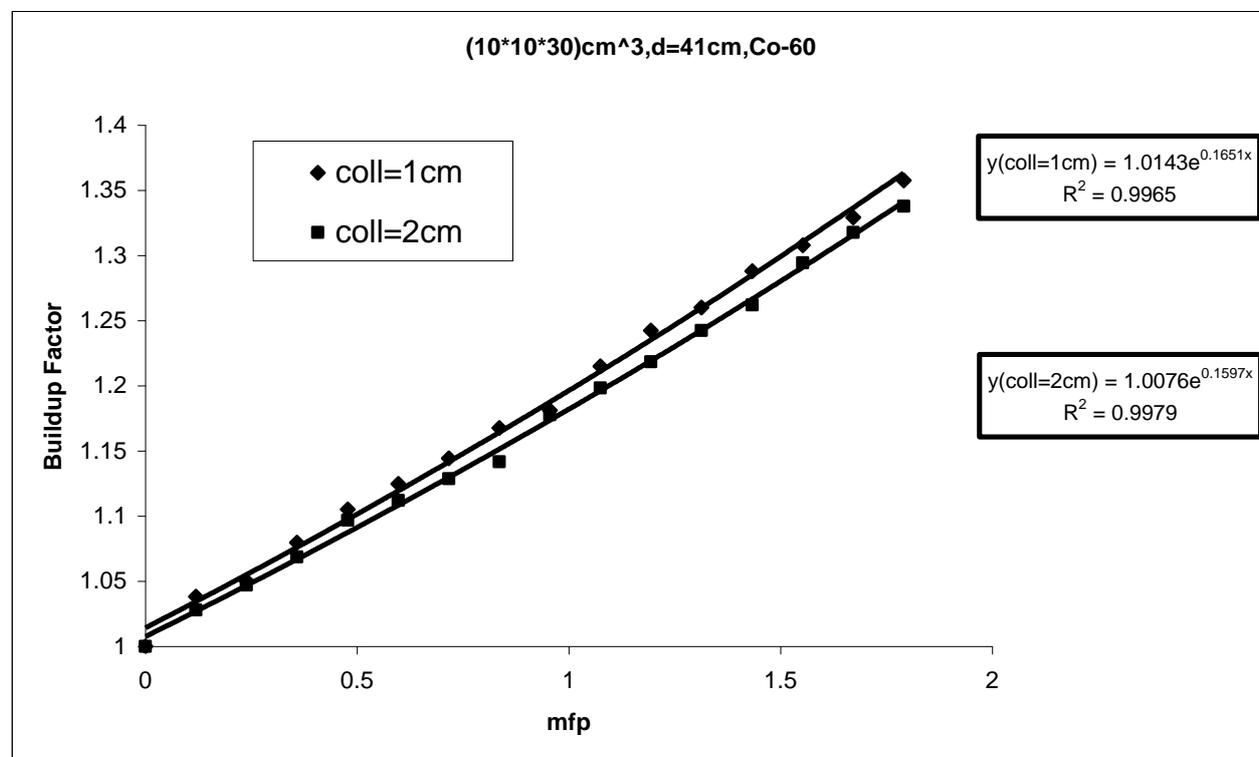
ولغرض معرفة تأثير قطر فتحة المسدد رسم عامل التراكم للمصدرين المشعين المستخدمين من الجدولين (1-3) و (10-3) في الشكلين (29-3) و (30-3) والجدولين (4-3) و (11-3) في الشكلين (31-3) و (32-3) والجدولين (7-3) و (12-3) في الشكلين (33-3) و (34-3) والجدولين (13-3) و (14-3) في الشكلين (35-3) و (36-3), وقد أجريت ملائمة لجميع منحنيات الأشكال مع استخراج معادلات المنحنيات .

وقد تبين من الأشكال السابقة إن قيم عامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام المسدد الأول أكبر من قيم عامل التراكم باستخدام المسدد الثاني، أي انه يمكن الوصول إلى الاستنتاج الأتي هو إن قيمة عامل التراكم لأشعة كاما في الماء تقل بزيادة قطر فتحة المسدد المستخدم.

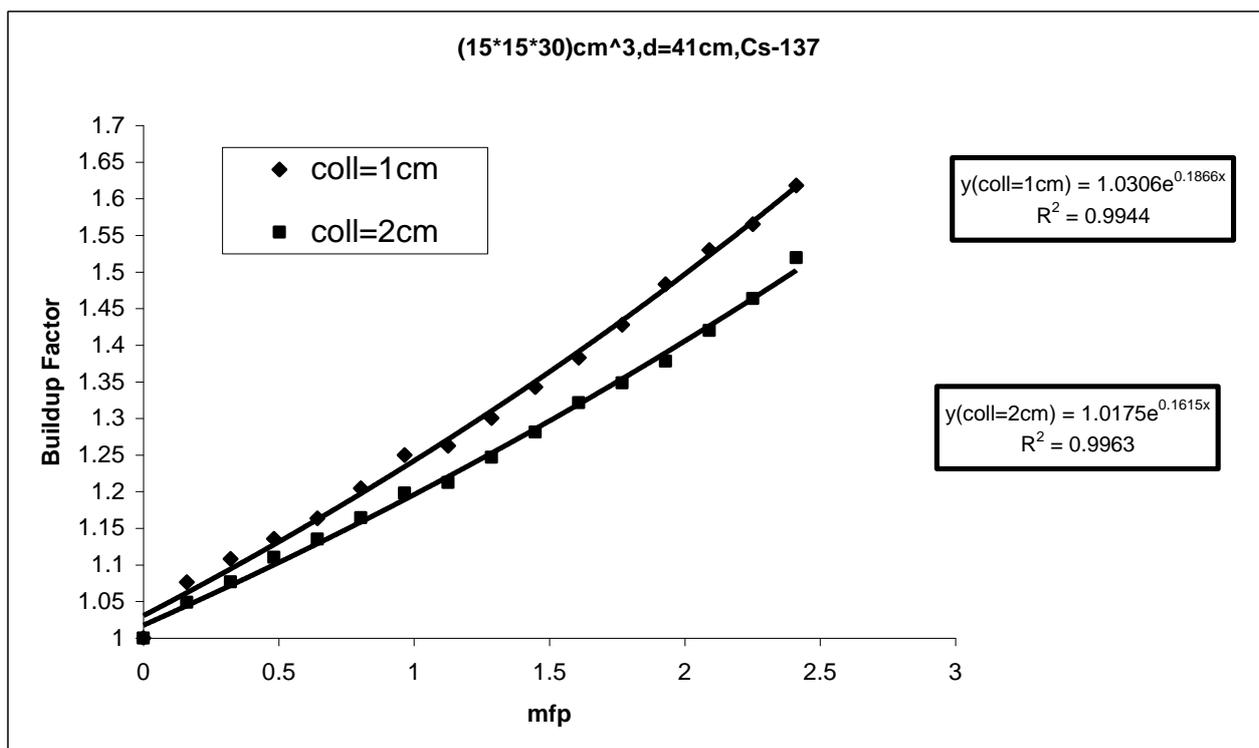
ويمكن تفسير ذلك إن عامل التراكم يتناسب عكسيا مع معدل العد للحزمة الضيقة (الحزمة المسددة) وان معدل عد الحزمة الضيقة يعتمد على قطر فتحة المسدد أي إن العلاقة بينهما طردية لذلك فأن قيمة عامل التراكم تقل بزيادة قطر فتحة المسدد.



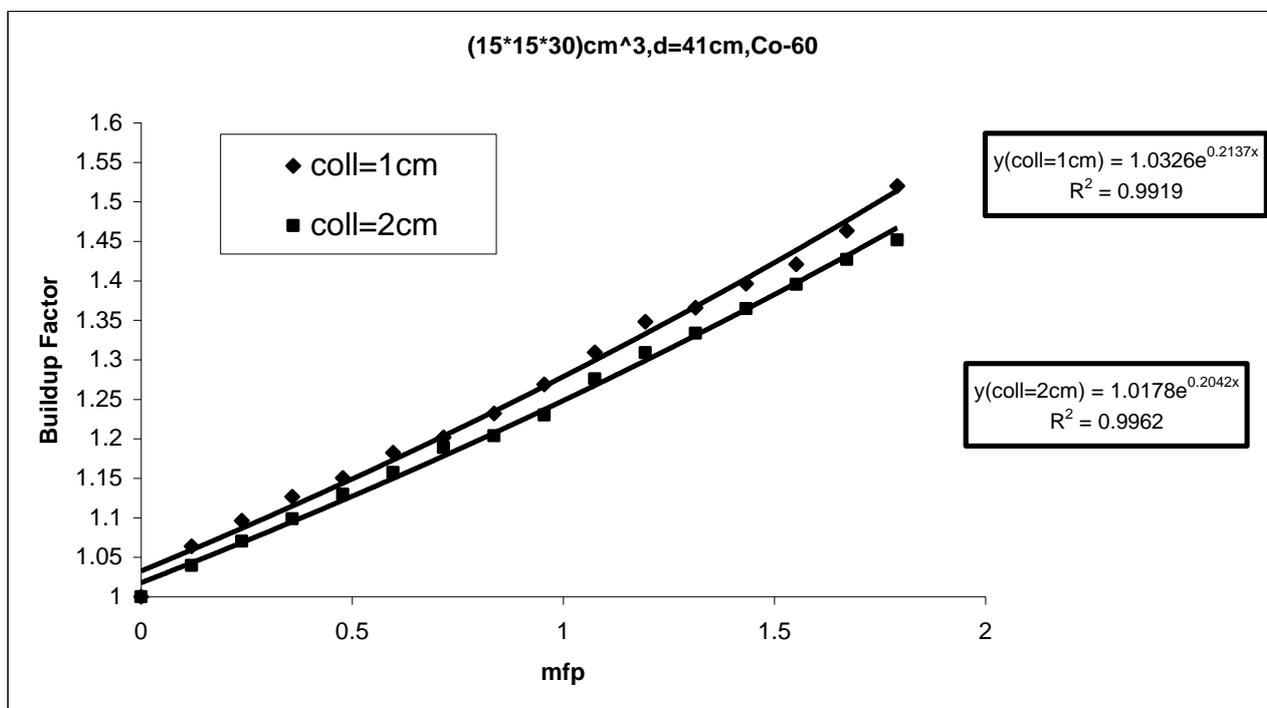
شكل (29-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (10×10×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Cs-137) ولكلا المسددين.



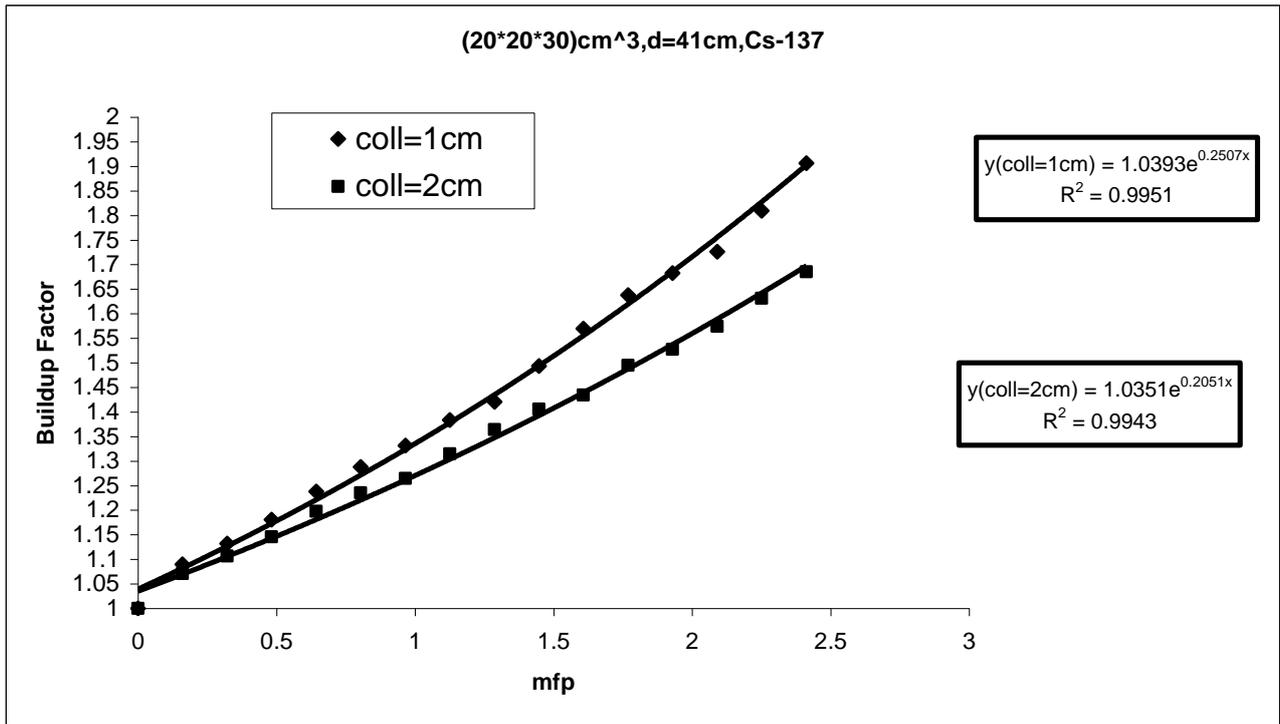
شكل (30-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (10×10×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Co-60) ولكلا المسددين.



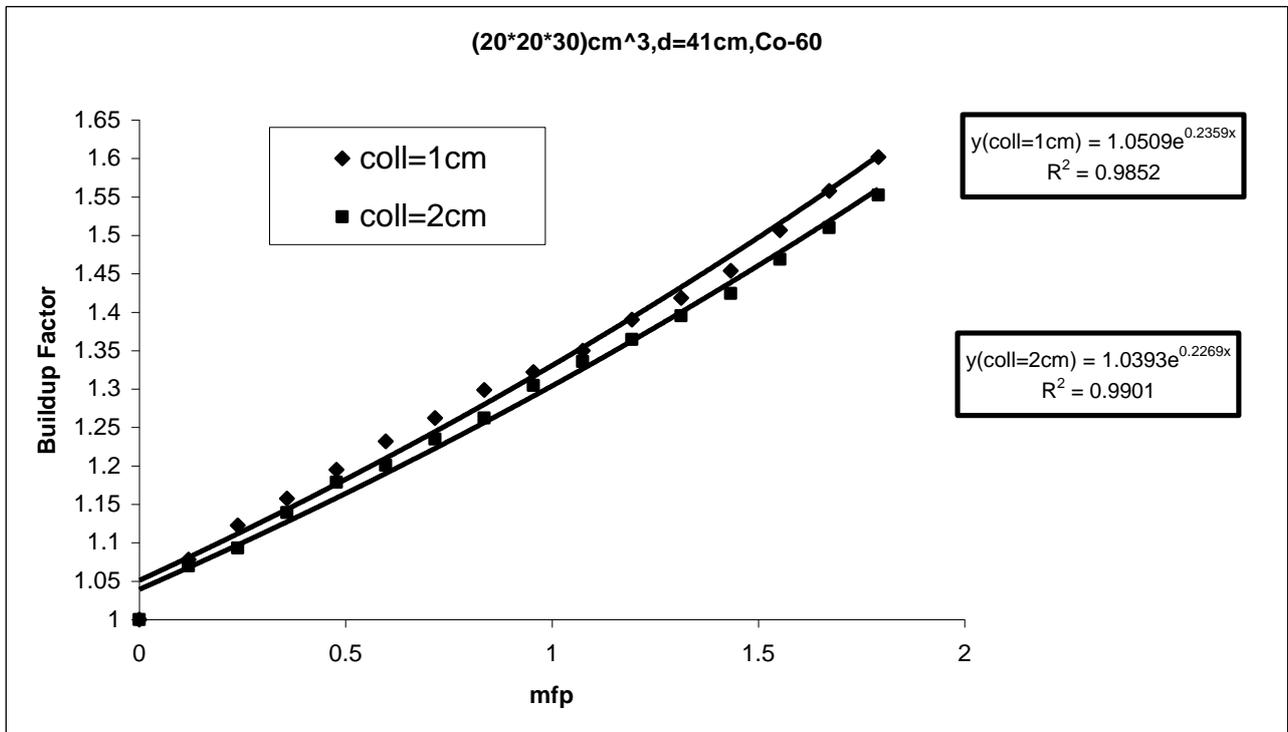
شكل (31-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Cs-137) ولكلا المسددين.



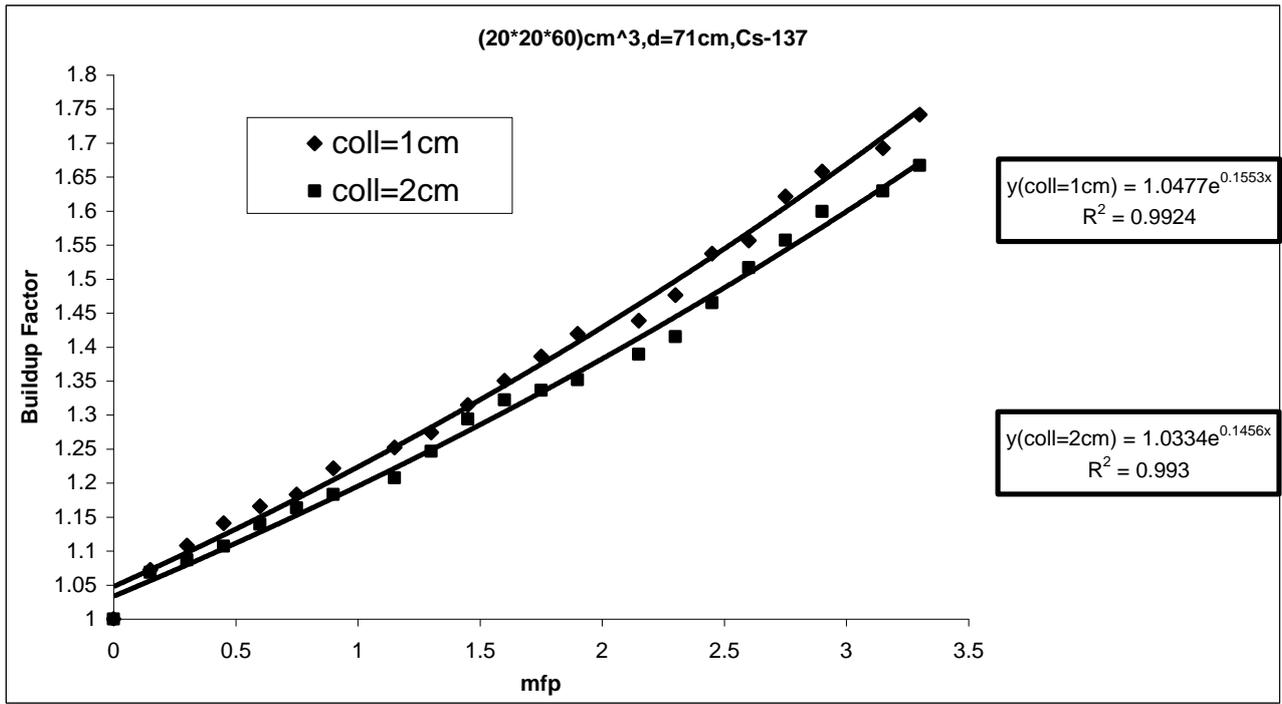
شكل (32-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Co-60) ولكلا المسددين.



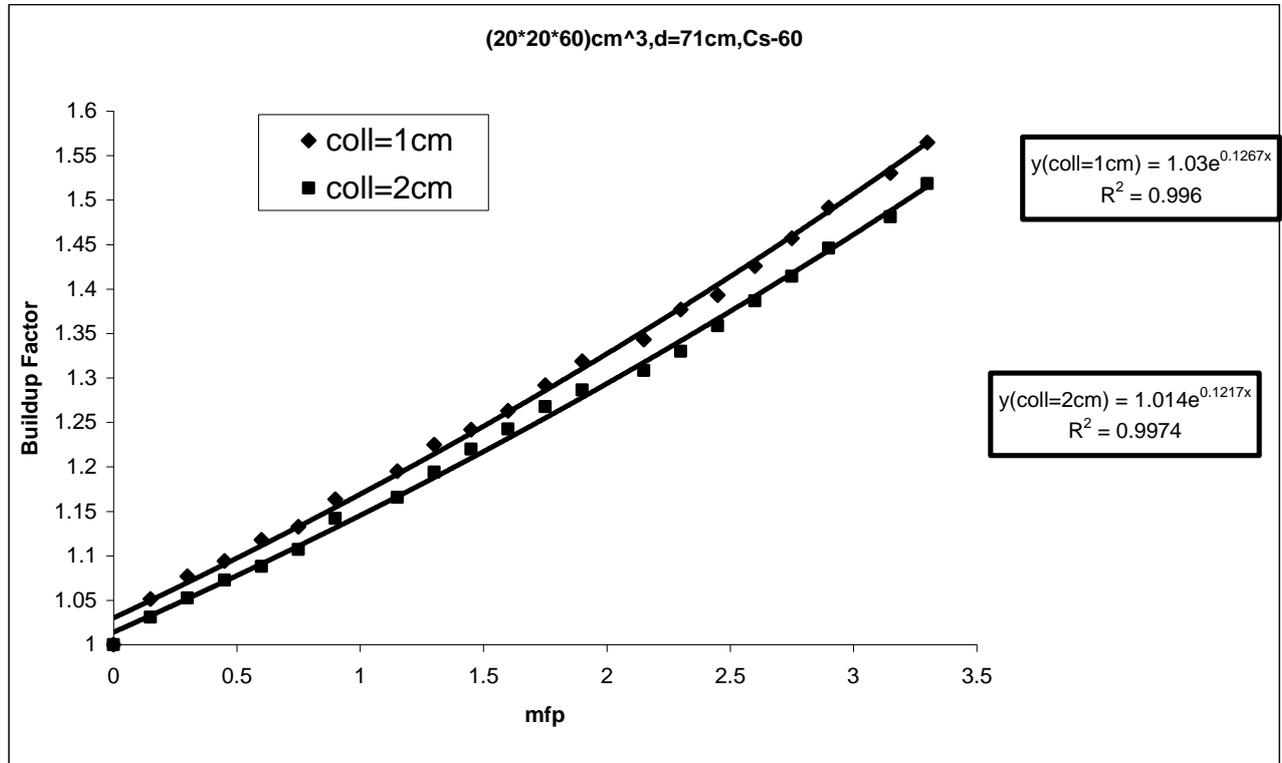
شكل (33-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (20×20×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Cs-137) ولكلا المسددين.



شكل (34-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (20×20×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Co-60) ولكلا المسددين.



شكل (35-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (20×20×60)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Cs-137) ولكلا المسددين.



شكل (36-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (20×20×60)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Co-60) ولكلا المسددين.

### (4-3) حساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء

تم حساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام معادلة تايلور جدول (1-1) حيث تعبر هذه المعادلة عن صيغة يمكن من خلالها حساب عامل التراكم للطبقات المنفردة، إذا توفرت اعلومات هذه المعادلة وتكتب المعادلة بالشكل التالي:

$$B=A_1 \exp(-\alpha_1 \mu x)+(1-A_1) \exp(-\alpha_2 \mu x)$$

حيث إن  $A_1$  و  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  هي اعلومات خاصة بالمعادلة تعتمد على طاقة المصدر المشع والشكل الهندسي للمصدر وتعتمد على نوع المادة المستخدمة كدرع.

الجدول (15-3) يوضح اعلومات هذه المعادلة [19] ولمدى من الطاقة من 0.015MeV إلى 15MeV ، اختيار من هذه الاعلومات فقط المدى الطاقى من 0.5MeV إلى 1.5MeV وذلك لان المدى الأخير من الطاقة اقرب للطاقات المستخدمة في هذا البحث لقياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء.

جدول (15-3) يوضح اعلومات معادلة تايلور لحساب عامل تراكم أشعة كاما للماء [19].

E (MeV)	$A_1$	$\alpha_1$	$\alpha_2$
1.5	856.6	-0.02158	-0.02027
1	597	-0.03603	-0.03354
0.8	2775	-0.04392	-0.0433
0.6	3271	-0.05701	-0.05639
0.5	2637	-0.0665	-0.0657

ومن خلال هذه الاعلومات انشأ برنامج حسابى يمكن من خلاله حساب عامل التراكم ولأى سمك مستخدم . الجدول (16-3) يوضح قيم عامل تراكم أشعة كاما في الماء للمدى الطاقى المبين في الجدول أعلاه ولمعدل المسار الحر نفسه وللأحواض الثلاثة الاولى ولطاقتي مصدري السيزيوم-137 و الكوبلت-60 ، حيث حسب عامل تراكم الطاقات (0.662MeV و 1.253MeV) من خلال رسم علاقة بيانية بين عامل لتراكم والطاقات الموضحة في اعلومات

الجدول لكل سمك من الأسماك أوضحت في الجدول واستخرجت معادلة المنحني لكل رسم ومن خلال هذه المعادلات حسب عامل التراكم لهذه الطاقة ولجميع الأسماك .

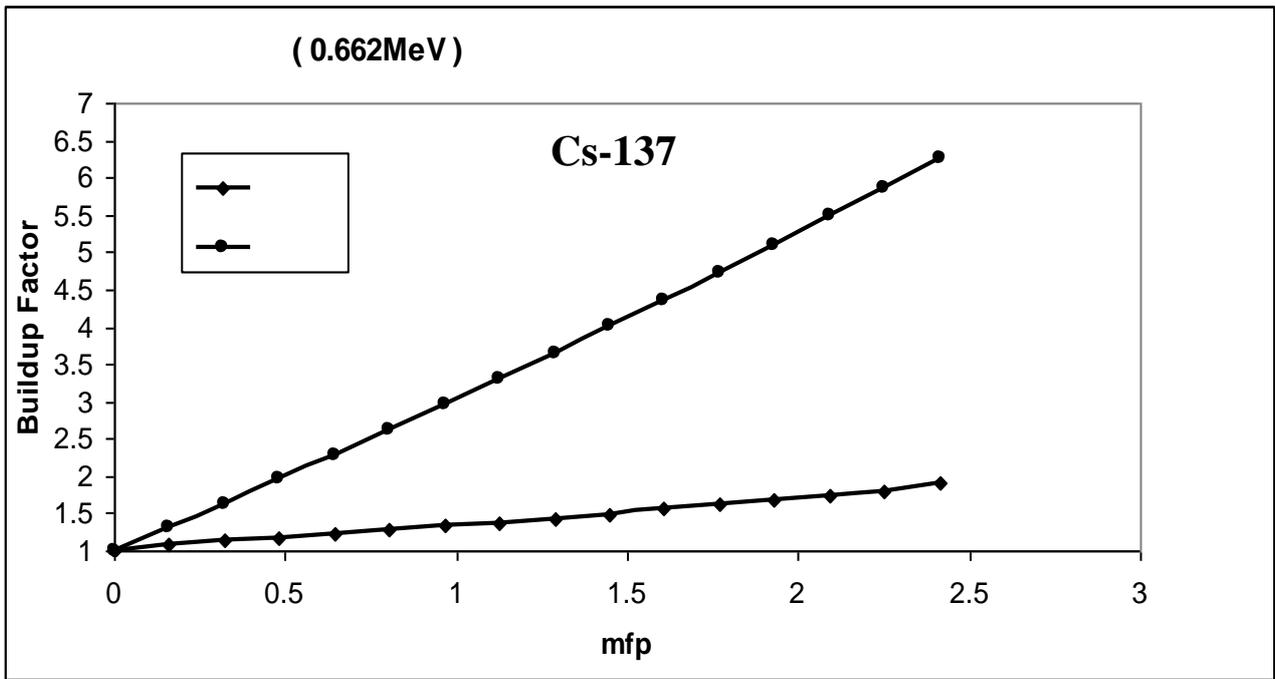
ولغرض إجراء مقارنة بين قيم عامل تراكم أشعة كاما المستخرجة عمليا مع قيم عامل تراكم أشعة كاما المحسوبة نظريا، رسم عامل التراكم من الجدولين (7-3) و (20-3) ولكلاً طاقتي المصدرين المشعين (0.662MeV) و (1.253MeV)، في الشكلين (37-3) و (38-3) على التوالي.

وقد وقع الاختيار على الجدول (7-3) من النتائج العملية لان الحوض المستخدم في هذا الجدول هو من أكبر الأحواض المستخدمة في هذه الدراسة عند استخدام المسافة بين المصدر المشع والكاشف (41cm) وبالتالي فهو يمتلك قيم عامل التراكم اكبر من الأحواض البقية كما اثبت ذلك.

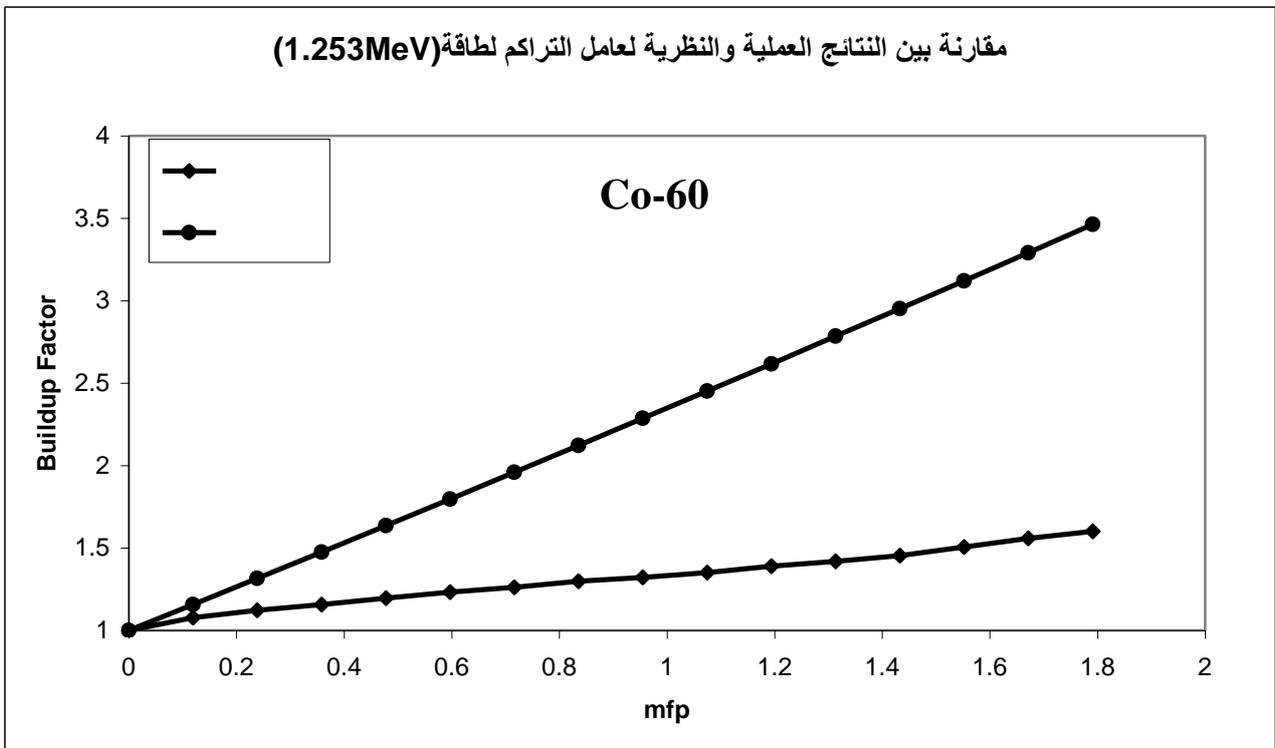
ويلاحظ من الأشكال والجدول إنَّ هناك اتفاق بين النتائج العملية والنتائج النظرية من الناحية النوعية حيث انه في كلا الحالتين (العملية والنظرية) إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد بزيادة سمك الماء ونقصان طاقة المصدر المشع ، واختلافه من الناحية الكمية حيث إن قيم عامل التراكم المقاسة عمليا اقل من قيم عامل التراكم المحسوبة نظريا ويمكن أن يعزى هذا إلى سبب استخدام الأوساط المحدودة في القياسات العملية واستخدام الأوساط غير المحدودة في الحسابات النظرية.

جدول (3-16) قيم عامل تراكم أشعة كاما في الماء والمحسوبة نظريا باستخدام معادلة تايلور باعتماد الاعدادات في البحث المنشور [19] لمدى من الطاقات الواطئة من ضمنها طاقتي المصدرين المشعنين اللذين استعملوا في القياسات العملية لهذا البحث.

نوع المصدر	Thickness	Buildup Factor					
		Energy(MeV)					
		mfp	1.5MeV	1MeV	0.8MeV	0.662MeV	0.6MeV
Cs-137	0	1	1	1	1	1	1
	0.1608	1.184314	1.245782	1.28559	1.313889	1.338201	1.353468
	0.3216	1.369859	1.494291	1.57515	1.632189	1.682514	1.714377
	0.4824	1.556641	1.745548	1.868722	1.95522	2.033021	2.082844
	0.6432	1.744667	1.999576	2.166348	2.283541	2.389808	2.458989
	0.804	1.933943	2.2564	2.46807	2.616962	2.75296	2.842936
	0.9648	2.124475	2.516042	2.773931	2.955875	3.122564	3.234807
	1.1256	2.316269	2.778526	3.083975	3.300188	3.498707	3.634728
	1.2864	2.509332	3.043875	3.398245	3.650053	3.881479	4.042826
	1.4472	2.703548	3.311946	3.716586	4.005429	4.270724	4.45897
	1.608	2.899289	3.583266	4.039641	4.367004	4.667268	4.884074
	1.7688	3.096197	3.857356	4.366857	4.734289	5.070467	5.317487
	1.9296	3.294399	4.134408	4.698477	5.107396	5.480662	5.759605
	2.0904	3.493901	4.414447	5.034549	5.486606	5.897945	6.210564
	2.2512	3.694711	4.697498	5.375118	5.871883	6.322412	6.670503
2.412	3.896836	4.983585	5.720231	6.263372	6.75416	7.139562	
Co-60	mfp	1.5MeV	1.253MeV	1MeV	0.8MeV	0.6 MeV	0.5MeV
	0	1	1	1	1	1	1
	0.1194	1.136743	1.182243	1.211684	1.250546	1.261752	1.157745
	0.2388	1.274163	1.365986	1.42555	1.50445	1.527599	1.316237
	0.3582	1.412264	1.551237	1.641617	1.761746	1.797575	1.475557
	0.4776	1.551048	1.738008	1.8599	2.022468	2.071734	1.635785
	0.597	1.690517	1.926306	2.080419	2.28665	2.350124	1.796955
	0.7164	1.830675	2.116141	2.303189	2.554329	2.632796	1.95903
	0.8358	1.971523	2.307523	2.528228	2.825539	2.9198	2.122011
	0.9552	2.113064	2.500462	2.755554	3.100315	3.211187	2.286039
	1.0746	2.255301	2.694966	2.985185	3.378695	3.507008	2.451001
	1.194	2.398237	2.891047	3.217138	3.660713	3.807315	2.617077
	1.3134	2.541874	3.088713	3.451432	3.946407	4.112162	2.78404
	1.4328	2.686214	3.287974	3.688085	4.235813	4.4216	2.951996
	1.5522	2.831261	3.48884	3.927114	4.528969	4.735683	3.120934
1.6716	2.977016	3.691322	4.168539	4.825912	5.054467	3.291078	
1.791	3.123483	3.895429	4.412377	5.126681	5.378005	3.462212	



شكل (37-3) مقارنة بين النتائج العملية والنظرية لعامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام الطاقة (0.662MeV).



شكل (38-3) مقارنة بين النتائج العملية والنظرية لعامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام الطاقة (1.253MeV).

### (5-3) قياس عامل التراكم لدروع مكونة من طبقتين

تم في هذا البحث استخدام خمس مواد هي الماء و البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم حيث يتراوح سمك الماء المستخدم من (2cm) إلى (18cm) واسماك المواد الأخرى من (0.15cm) إلى (2cm) ويتراوح السمك الكلي للدروع المكون من طبقتين من (0.15cm) إلى (20cm) واستخدمت الدروع المتعددة بأربع تشكيلات وهي:

(Al-water, Fe-water, Cu-water, Brass-water). حيث يكون الماء في جميع الحالات هو الطبقة الثانية بسبب صعوبة الترتيب العملي لجعل الماء كطبقة أولى، وكان الحوض الزجاجي المستخدم في هذا العمل هو الحوض الذي حجمه  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  وكذلك أستخدم المصدران المشعان السيزيوم-137 والكوبلت-60 وكانت المسافة المستخدمة بين المصدر المشع والكاشف (41cm) والمسدد المستخدم الذي قطره (1cm).

طريقة العمل لقياس عامل تراكم أشعة كما في الدروع المتعددة الطبقات هي بزيادة سمك الطبقة الأولى إلى حد معين و بعدها يثبت هذا الحد و من ثم نزيد سمك الطبقة الثانية .

الجدول من (17-3) إلى (24-3) توضح نتائج هذه الدراسة، حيث تضم الجداول من (17-3) إلى (20-3) نتائج قياس عامل تراكم أشعة كما لدرعين باستخدام المسدد الذي قطره (1cm) ، ويبين الجدول (17-3) نتائج عامل التراكم لدرعين الأول هو البراص و الثاني الماء ولكلا المصدرين المشعين و يضم الجدول (18-3) نتائج قياس عامل تراكم أشعة كما لدرعين الأول النحاس و الثاني الماء، أما الدرعين الحديد و الماء فيضم نتائجهما الجدول (19-3) و الجدول (20-3) يضم نتائج قياس عامل تراكم أشعة كما لدرعين من الألمنيوم و الماء.

أما لجدول من (21-3) إلى (24-3) فتضم نتائج التشكيلات المستخدمة في هذا الجزء ولها خواص الجداول نفسها من (17-3) إلى (20-3) ولكن باستخدام المسدد الذي قطره (2cm) وكانت نتيجة تأثير قطر فتحة المسدد للدرع ذي الطبقتين متطابقة لدراسة هذا العامل في الجزء الأول ، وهذا ما توضحه الأشكال (41-3) و (42-3) و (43-3) و (44-3) ولكلاً المصدرين المشعين ، وضمنا في الجداول وجد أن عامل تراكم أشعة كما يزداد بزيادة سمك الدرع ويقل بزيادة طاقة المصدر المشع .

ولمعرفة تأثير العدد الذري للمواد التي تسبق الماء على قياس عامل التراكم رُسم عامل التراكم لطبقتي البراص و الماء سوية و لطبقتي النحاس و الماء سوية و لطبقتي الحديد و الماء سوية

و لطبقتي الألمنيوم والماء سوية في الشكلين (3-39) و (3-40) ولكلا المصدرين المشعنين السيزيوم-137 و الكوبلت-60 على التوالي.

يمكن أن يستنتج من الأشكال إن عامل تراكم أشعة كاما في الدروع ذات الطبقتين يزداد كلما زاد العدد الذري للمادة التي تسبق الماء، أي إن عامل التراكم لطبقتي البراص والماء اكبر من عامل التراكم لطبقتي النحاس و الماء، وهذا اكبر من عامل التراكم لطبقتي الحديد والماء، وهذا اكبر من عامل التراكم لطبقتي الألمنيوم والماء وذلك لأن العدد الذري للبراص اكبر من العدد الذري للنحاس، والعدد الذري للنحاس اكبر من الحديد والعدد الذري للحديد اكبر من العدد الذري للألمنيوم.

ويمكن تفسير ذلك إن احتمالية استطارة كومبتن تتناسب خطيا مع زيادة العدد الذري لمادة الهدف [4] وهذا يعني زيادة العدد الذري لمادة الطبقة الأولى تؤدي إلى زيادة استطارة كومبتن وهذا يؤدي إلى زيادة عامل التراكم لان عامل التراكم يعتمد على استطارة كومبتن وبما إن عامل التراكم يزداد بزيادة السمك فأن زيادة سمك الماء في الطبقة الثانية يعني زيادة عامل التراكم.

جدول (17-3) عامل التراكم للدرعين (Brass - Water) وبمسافة (41cm) ولم صدرين  
(Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %	
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>				
Brass	مصدر السيزيوم-137									
	Air		142257	269845						
	Glass(0)	0	137766	259894	1	1	1	0.0033326	0.333263	
	0.15	0.09225	126054	246885	0.914986	0.949945	1.038207	0.0035665	0.346173	
	0.45	0.27675	116195	235873	0.843423	0.907574	1.07606	0.0036956	0.35841	
	0.75	0.46125	107093	222260	0.777354	0.855195	1.100135	0.0038851	0.37198	
	1.05	0.64575	100159	217221	0.727023	0.835806	1.149629	0.0040367	0.381939	
	1.35	0.83025	95171	209336	0.690816	0.805467	1.165964	0.0041548	0.390953	
	1.65	1.01475	82655	188266	0.599967	0.724395	1.207393	0.004535	0.417254	
2	1.23	74886	175636	0.543574	0.675799	1.243251	0.0048738	0.436431		
Brass+Water	2+2	1.3908	60594	151311	0.439833	0.582203	1.323691	0.0054687	0.480751	
	6	1.5516	55604	142900	0.403612	0.54984	1.362298	0.005782	0.499822	
	8	1.7124	49347	130957	0.358194	0.503886	1.40674	0.0063641	0.528212	
	10	1.8732	44290	121580	0.321487	0.467806	1.455132	0.0069346	0.555009	
	12	2.034	39955	112485	0.290021	0.432811	1.492345	0.0074078	0.582394	
	14	2.1948	37062	110541	0.269021	0.425331	1.581031	0.0077989	0.600235	
	16	2.3556	35154	108974	0.255172	0.419302	1.643213	0.0080495	0.613374	
	18	2.5164	32052	104944	0.232655	0.403795	1.735595	0.0085351	0.638186	
	20	2.6772	30063	101542	0.218218	0.390705	1.790438	0.0088057	0.656594	
Brass	مصدر الكوبلت-60									
	Air		79385	131895						
	Glass(0)	0	75968	125623	1	1	1	0.004596	0.459606	
	0.15	0.0669	73006	123163	0.96101	0.980418	1.020195	0.004765	0.467085	
	0.45	0.2007	70753	121133	0.931353	0.964258	1.035331	0.004899	0.473171	
	0.75	0.3345	68019	118556	0.895364	0.943744	1.054035	0.00507	0.481005	
	1.05	0.4683	66267	117223	0.872301	0.933133	1.069737	0.005199	0.486017	
	1.35	0.6021	60840	111332	0.800864	0.886239	1.106604	0.005579	0.50417	
	1.65	0.7359	55555	105799	0.731295	0.842195	1.151648	0.006034	0.523947	
2	0.892	50916	98209	0.67023	0.781776	1.16643	0.00637	0.5461		
Brass+Water	2+2	1.0114	46030	91120	0.605913	0.725345	1.197111	0.006845	0.571835	
	6	1.1308	42292	85070	0.556708	0.677185	1.216409	0.007237	0.59498	
	8	1.2502	38025	79337	0.50054	0.631548	1.261735	0.00787	0.623722	
	10	1.3696	35092	73711	0.461931	0.586764	1.27024	0.008238	0.64856	
	12	1.489	32679	70629	0.430168	0.56223	1.307001	0.008744	0.669023	
	14	1.6084	29257	66199	0.385123	0.526966	1.368306	0.009606	0.702039	
	16	1.7278	27243	62944	0.358612	0.501055	1.397208	0.010133	0.725216	
	18	1.8472	25184	59356	0.331508	0.472493	1.425284	0.010719	0.752032	
	20	1.9666	23986	58748	0.315738	0.467653	1.481142	0.011349	0.766243	

جدول (18-3) عامل التراكم للدرعين (Cu - Water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين  
(Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cu	مصدر السيزيوم-137								
	Air		141576	275890					
	Glass(0)	0	137627	260043	1	1	1	0.0033333	0.33334
	0.15	0.0975	128227	248291	0.931699	0.954807	1.024802	0.003545	0.343892
	0.45	0.2925	111823	224176	0.812508	0.862073	1.061003	0.0038237	0.366108
	0.75	0.4875	96817	200610	0.703474	0.771449	1.096628	0.0041359	0.391325
	1.05	0.6825	91149	193701	0.66229	0.744881	1.124704	0.0042687	0.401667
	1.35	0.8775	82189	177290	0.597187	0.681772	1.14164	0.0045866	0.42199
	1.65	1.0725	73013	160278	0.530514	0.616352	1.161802	0.0049862	0.44649
2	1.3	66429	147940	0.482674	0.568906	1.178654	0.0053128	0.467046	
Cu+Water	2+2	1.4608	53283	130460	0.387155	0.501686	1.295827	0.0059476	0.514129
	6	1.6216	48534	121273	0.352649	0.466357	1.322442	0.0064714	0.537122
	8	1.7824	45494	117542	0.33056	0.45201	1.367406	0.006899	0.552164
	10	1.9432	42032	109858	0.305405	0.422461	1.38328	0.0072951	0.573533
	12	2.104	37198	99564	0.270281	0.382875	1.41658	0.007895	0.607676
	14	2.2648	32478	90855	0.235986	0.349385	1.480533	0.0084843	0.646503
	16	2.4256	29820	85788	0.216673	0.329899	1.52257	0.0089906	0.672244
	18	2.5864	27541	80977	0.200113	0.311398	1.556111	0.0093551	0.697558
	20	2.7472	25049	76367	0.182006	0.293671	1.613518	0.0098543	0.728124
Cu	مصدر الكوبلت-60								
	Air		97454	131750					
	Glass(0)	0	75968	125623	1	1	1	0.004596	0.459606
	0.15	0.06608	72399	121963	0.95302	0.970865	1.018725	0.004779	0.469165
	0.45	0.2124	69145	117280	0.910186	0.933587	1.02571	0.004918	0.479468
	0.75	0.354	66442	114622	0.874605	0.912428	1.043246	0.005087	0.487597
	1.05	0.4956	63615	112577	0.837392	0.89615	1.070167	0.005308	0.496008
	1.35	0.6372	59711	109937	0.786002	0.875134	1.1134	0.00566	0.508365
	1.65	0.76936	56628	106640	0.745419	0.848889	1.138808	0.005921	0.519966
2	0.944	53423	100836	0.70323	0.802687	1.141429	0.006108	0.535123	
Cu+Water	2+2	1.0634	48289	92464	0.635649	0.736044	1.15794	0.006501	0.561459
	6	1.1828	44052	86288	0.579876	0.686881	1.184531	0.006936	0.585573
	8	1.3022	40843	81876	0.537634	0.65176	1.212273	0.007344	0.605785
	10	1.4216	37132	75950	0.488785	0.604587	1.236918	0.007832	0.633226
	12	1.541	34009	70906	0.447675	0.564435	1.260813	0.008316	0.6596
	14	1.6604	31673	67756	0.416926	0.53936	1.29366	0.008806	0.680672
	16	1.7798	28177	61045	0.370906	0.485938	1.310138	0.009436	0.720217
	18	1.8992	25786	56752	0.339432	0.451764	1.330941	0.009995	0.751008
	20	2.0186	23608	53986	0.310762	0.429746	1.382877	0.01079	0.780268

جدول (19-3) عامل التراكم للدرعين (Fe - Water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين  
(Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %	
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>				
Fe	مصدر السيزيوم-137									
	Air		142228	275438						
	Glass(0)	0	137579	260043	1	1	1	0.003334	0.333378	
	0.15	0.08655	128045	247220	0.930702	0.950689	1.021476	0.00354	0.344307	
	0.45	0.25965	113069	225345	0.821848	0.866568	1.054414	0.00393	0.364442	
	0.75	0.43275	96276	196803	0.699787	0.756809	1.081485	0.004342	0.393294	
	1.05	0.60585	88079	185322	0.640207	0.712659	1.11317	0.004612	0.409261	
	1.35	0.77895	83054	177013	0.603682	0.680707	1.127591	0.004904	0.420591	
	1.65	0.95205	77252	166925	0.56151	0.641913	1.143191	0.00511	0.435148	
Fe+Water	2	1.154	68293	150772	0.496391	0.579796	1.168023	0.005468	0.461252	
	2+2	1.3148	59498	137439	0.432464	0.528524	1.222122	0.005898	0.490747	
	6	1.4756	54068	129712	0.392996	0.49881	1.269249	0.00645	0.511904	
	8	1.6364	49034	119919	0.356406	0.461151	1.293891	0.006861	0.536031	
	10	1.7972	44008	110986	0.319874	0.426799	1.334269	0.007323	0.563323	
	12	1.958	42249	108084	0.307089	0.415639	1.35348	0.007574	0.573771	
	14	2.1188	39195	101849	0.284891	0.391662	1.37478	0.007965	0.594407	
	16	2.2796	36253	95789	0.263507	0.368358	1.397908	0.008263	0.616632	
	18	2.4404	32656	88633	0.237362	0.34084	1.43595	0.009019	0.647339	
Fe	20	2.6012	28730	79998	0.208825	0.307634	1.473162	0.009792	0.687802	
	مصدر الكوبلت-60									
	Air		79742	131289						
	Glass(0)	0	75968	125623	1	1	1	0.004596	0.459606	
	0.15	0.06315	72523	120967	0.954652	0.962937	1.008678	0.004737	0.469632	
	0.45	0.18945	69823	117664	0.919111	0.936644	1.019076	0.004868	0.47771	
	0.75	0.31575	66687	114179	0.87783	0.908902	1.035396	0.005046	0.487377	
	1.05	0.44205	63141	110589	0.831153	0.880324	1.059161	0.005283	0.498799	
	1.35	0.56835	59920	107960	0.788753	0.859397	1.089564	0.005551	0.509427	
Fe+Water	1.65	0.69465	57154	104589	0.752343	0.832563	1.106626	0.005756	0.520171	
	2	0.842	54408	101166	0.716196	0.805314	1.124432	0.005978	0.531643	
	2+2	0.9614	51669	97514	0.680142	0.776243	1.151296	0.00621	0.544141	
	6	1.0808	48743	94752	0.641625	0.754257	1.185541	0.006552	0.557401	
	8	1.2002	45896	91286	0.604149	0.726666	1.212793	0.006883	0.572215	
	10	1.3196	43341	87961	0.570517	0.700198	1.227306	0.007203	0.586869	
	12	1.439	40931	83992	0.538793	0.668604	1.240929	0.00748	0.602804	
	14	1.5584	37602	78975	0.494972	0.628667	1.280107	0.007958	0.626551	
	16	1.6778	35136	74983	0.462511	0.596889	1.290542	0.008343	0.646507	
Fe+Water	18	1.7972	32074	69664	0.422204	0.554548	1.32346	0.008863	0.674778	
	20	1.9166	29620	65935	0.389901	0.524864	1.356147	0.009416	0.699481	

جدول (20-3) عامل التراكم للدرعين (Al - Water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين  
(Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I(I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Al	مصدر السيزيوم-137								
	Air		142365	276540					
	Glass(0)	0	137766	258371	1	1	1	0.003335231	0.333523
	0.15	0.03015	128123	244230	0.930005	0.943968	1.015014	0.003556881	0.344957
	0.45	0.09045	123038	238413	0.893094	0.921485	1.031789	0.003666259	0.351027
	0.75	0.15075	118785	231582	0.862223	0.895082	1.03811	0.003771953	0.356885
	1.05	0.21105	113031	223099	0.820456	0.862295	1.050994	0.003880056	0.365095
	1.35	0.27135	107831	216055	0.782711	0.835069	1.066893	0.004052619	0.372857
	1.65	0.33165	102580	210736	0.744596	0.814511	1.093897	0.004251576	0.380707
	2	0.402	91375	190933	0.663262	0.737971	1.112638	0.004575859	0.402261
Al+Water	2+2	0.5628	83597	181619	0.606804	0.701972	1.156834	0.004834981	0.41795
	6	0.7236	75954	171862	0.551326	0.66426	1.20484	0.005249633	0.435712
	8	0.8844	65974	154809	0.478884	0.598349	1.249464	0.005809276	0.464941
	10	1.0452	57982	138506	0.420873	0.535336	1.271967	0.006291625	0.494638
	12	1.206	50772	123890	0.368538	0.478844	1.299308	0.006846699	0.526949
	14	1.3668	44690	110143	0.324391	0.425711	1.312341	0.007360291	0.560852
	16	1.5276	39493	99194	0.286667	0.383393	1.337413	0.007957574	0.594997
	18	1.6884	36494	91916	0.264898	0.355262	1.341127	0.008297802	0.618719
	20	1.8492	33046	86993	0.239871	0.336235	1.401734	0.008745488	0.646189
	Al	مصدر الكوبلت-60							
Air			79683	131943					
Glass(0)		0	75968	125623	1	1	1	0.004596	0.459606
0.15		0.02235	73365	122095	0.965736	0.971916	1.0064	0.004701	0.467128
0.45		0.06705	71930	120345	0.946846	0.957985	1.011765	0.004768	0.471294
0.75		0.11175	70122	117713	0.923047	0.937034	1.015153	0.004843	0.477034
1.05		0.15645	67918	115718	0.894034	0.921153	1.030333	0.00498	0.483377
1.35		0.20115	66353	113918	0.873434	0.906824	1.038229	0.00507	0.488356
1.65		0.24585	64038	111865	0.84296	0.890482	1.056375	0.005235	0.495531
2		0.298	60955	110122	0.802377	0.876607	1.092512	0.005515	0.50484
Al+Water	2+2	0.4174	57444	104620	0.75616	0.832809	1.101366	0.005719	0.519294
	6	0.5368	55321	101733	0.728215	0.809828	1.112073	0.005875	0.528261
	8	0.6562	50047	96152	0.658791	0.765401	1.161828	0.006404	0.551193
	10	0.7756	46617	91105	0.61364	0.725225	1.181842	0.00673	0.569454
	12	0.895	44050	87927	0.579849	0.699928	1.207085	0.007046	0.583734
	14	1.0144	40184	81964	0.52896	0.65246	1.233478	0.007512	0.608983
	16	1.1338	37050	76758	0.487705	0.611019	1.252844	0.007926	0.632602
	18	1.2532	34068	71535	0.448452	0.569442	1.269795	0.008359	0.658272
	20	1.3726	32341	69261	0.425719	0.55134	1.295081	0.008722	0.673488

جدول (21-3) عامل التراكم للدرعين (Brass - water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I(I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Brass	مصدر السيزيوم-137								
	Air		209065	269845					
	Glass(0)	0	200540	259894	1	1	1	0.002972	0.297225
	0.15	0.09225	187425	248885	0.934602	0.95764	1.024651	0.003134	0.305833
	0.45	0.27675	177929	238773	0.887249	0.918732	1.035484	0.003243	0.313182
	0.75	0.46125	169533	230260	0.845382	0.885977	1.048019	0.003354	0.320023
	1.05	0.64575	160883	222221	0.802249	0.855045	1.06581	0.003489	0.327349
	1.35	0.83025	141087	205336	0.703535	0.790076	1.123008	0.003883	0.345802
	1.65	1.01475	122949	188266	0.61309	0.724395	1.181549	0.004332	0.366675
2	1.23	108820	168636	0.542635	0.648865	1.195766	0.00465	0.388837	
Brass+Water	2+2	1.3908	96638	150311	0.481889	0.578355	1.200183	0.004949	0.41232
	6	1.5516	85938	140900	0.428533	0.542144	1.265116	0.005476	0.432822
	8	1.7124	75471	130957	0.376339	0.503886	1.338916	0.006119	0.457014
	10	1.8732	67698	121580	0.337579	0.467806	1.38577	0.006645	0.479547
	12	2.034	60957	112085	0.303964	0.431272	1.418824	0.00714	0.503257
	14	2.1948	57858	110845	0.288511	0.426501	1.478283	0.007582	0.512887
	16	2.3556	53995	105889	0.269248	0.407431	1.51322	0.008002	0.528811
	18	2.5164	50586	102755	0.252249	0.395373	1.567391	0.008513	0.543141
	20	2.6772	48158	100780	0.240142	0.387773	1.61477	0.008945	0.553964
Brass	مصدر الكوبلت-60								
	air		101888	131913					
	Glass(0)	0	100736	125623	1	1	1	0.004229	0.422933
	0.15	0.0669	97039	123163	0.9633	0.980418	1.01777	0.004369	0.429237
	0.45	0.2007	94753	121033	0.940607	0.963462	1.024298	0.004443	0.433774
	0.75	0.3345	91713	118556	0.910429	0.943744	1.036593	0.004558	0.439755
	1.05	0.4683	88929	117023	0.882793	0.931541	1.055221	0.004694	0.444862
	1.35	0.6021	81607	111032	0.810108	0.883851	1.091029	0.005031	0.461089
	1.65	0.7359	74597	105799	0.74052	0.842195	1.137302	0.005437	0.478093
2	0.892	68056	97509	0.675588	0.776203	1.148931	0.005739	0.499492	
Brass+Water	2+2	1.0114	61926	90420	0.614736	0.719773	1.170866	0.006107	0.521611
	6	1.1308	56995	84370	0.565786	0.671613	1.187044	0.006436	0.542199
	8	1.2502	52531	78437	0.521472	0.624384	1.197349	0.00675	0.563786
	10	1.3696	48821	73011	0.484643	0.581191	1.199215	0.007011	0.584633
	12	1.489	45846	70229	0.45511	0.559046	1.228374	0.007375	0.600427
	14	1.6084	42584	65499	0.422729	0.521393	1.233399	0.007678	0.622498
	16	1.7278	39962	62144	0.3967	0.494686	1.247003	0.007996	0.641213
	18	1.8472	36856	59733	0.365867	0.475494	1.299636	0.008608	0.662373
	20	1.9666	33941	57193	0.33693	0.455275	1.351244	0.009258	0.685183

جدول (22-3) عامل التراكم للدرعين (Cu - water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين  
(Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

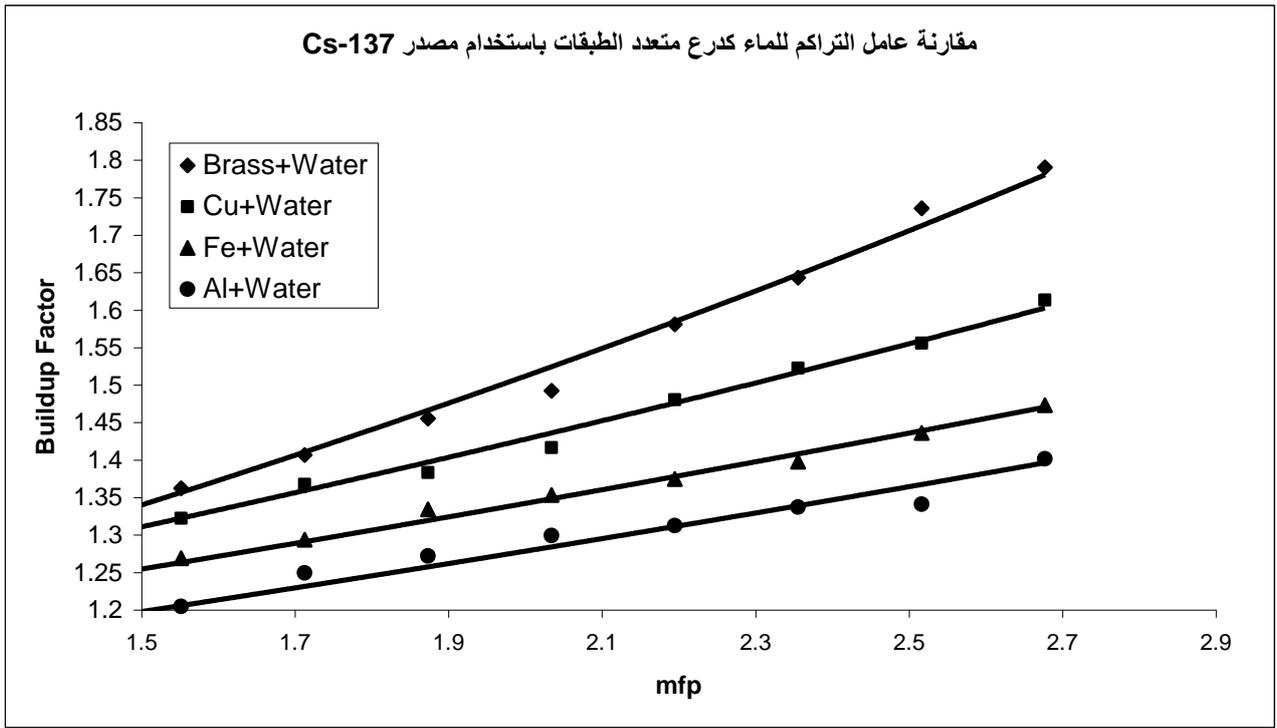
نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cu	مصدر السيزيوم-137								
	Air		209065	275890					
	Glass(0)	0	200540	260043	1	1	1	0.002972	0.297188
	0.15	0.0975	187235	247291	0.933654	0.950962	1.018538	0.00312	0.306345
	0.45	0.2925	168680	225371	0.841129	0.866668	1.030363	0.003317	0.321955
	0.75	0.4875	150064	203176	0.7483	0.781317	1.044123	0.003554	0.340377
	1.05	0.6825	140965	194987	0.702927	0.749826	1.066719	0.003729	0.349607
	1.35	0.8775	127135	179610	0.633963	0.690693	1.089485	0.003993	0.366514
	1.65	1.0725	118242	167901	0.589618	0.645666	1.095059	0.004157	0.379646
	2	1.3	100744	147290	0.502364	0.566406	1.127483	0.00461	0.408846
Cu+Water	2+2	1.4608	85234	130278	0.425022	0.500986	1.178729	0.005193	0.440549
	6	1.6216	77974	121340	0.38882	0.466615	1.20008	0.005508	0.458978
	8	1.7824	70728	117460	0.352688	0.451695	1.280721	0.006096	0.475943
	10	1.9432	63008	109273	0.314192	0.420211	1.337436	0.00669	0.500224
	12	2.104	56585	99542	0.282163	0.382791	1.356628	0.007142	0.526484
	14	2.2648	50841	90858	0.25352	0.349396	1.378177	0.007633	0.553853
	16	2.4256	47493	85564	0.236826	0.329038	1.389368	0.00795	0.572214
	18	2.5864	42756	80866	0.213204	0.310972	1.458561	0.008721	0.597952
	20	2.7472	37875	76954	0.188865	0.295928	1.566875	0.009835	0.627674
	Cu	مصدر الكوبلت -60							
Air			101888	130586					
Glass(0)		0	99936	125623	1	1	1	0.004239	0.423812
0.15		0.06608	96166	121963	0.962276	0.970865	1.008926	0.004317	0.430021
0.45		0.2124	92062	118280	0.92121	0.941547	1.022077	0.004437	0.434504
0.75		0.354	87786	115622	0.878422	0.920389	1.047775	0.00453	0.439259
1.05		0.4956	84438	112077	0.844921	0.892169	1.055921	0.004688	0.445105
1.35		0.6372	80921	108337	0.809728	0.862398	1.065046	0.004806	0.449299
1.65		0.76936	77041	104640	0.770903	0.832968	1.08051	0.004981	0.455226
2		0.944	71988	98836	0.720341	0.786767	1.092214	0.005174	0.459649
Cu+Water	2+2	1.0634	65983	91264	0.660253	0.726491	1.100323	0.005507	0.474354
	6	1.1828	60881	86288	0.6092	0.686881	1.127513	0.005736	0.481804
	8	1.3022	56547	80876	0.565832	0.643799	1.137792	0.006084	0.499019
	10	1.4216	51565	74450	0.51598	0.592646	1.148583	0.006375	0.513333
	12	1.541	48202	69906	0.482329	0.556475	1.153725	0.006676	0.527873
	14	1.6604	44721	65256	0.447496	0.519459	1.160812	0.006976	0.548943
	16	1.7798	41307	61045	0.413335	0.485938	1.175653	0.007305	0.571378
	18	1.8992	37856	56789	0.378802	0.452059	1.19339	0.007672	0.589686
	20	2.0186	34276	53946	0.34298	0.429428	1.252051	0.008014	0.609025

جدول (23-3) عامل التراكم للدرعين (Fe - water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Cs-)  
(2 cm) وبمسدد قطره (Co-60,137)

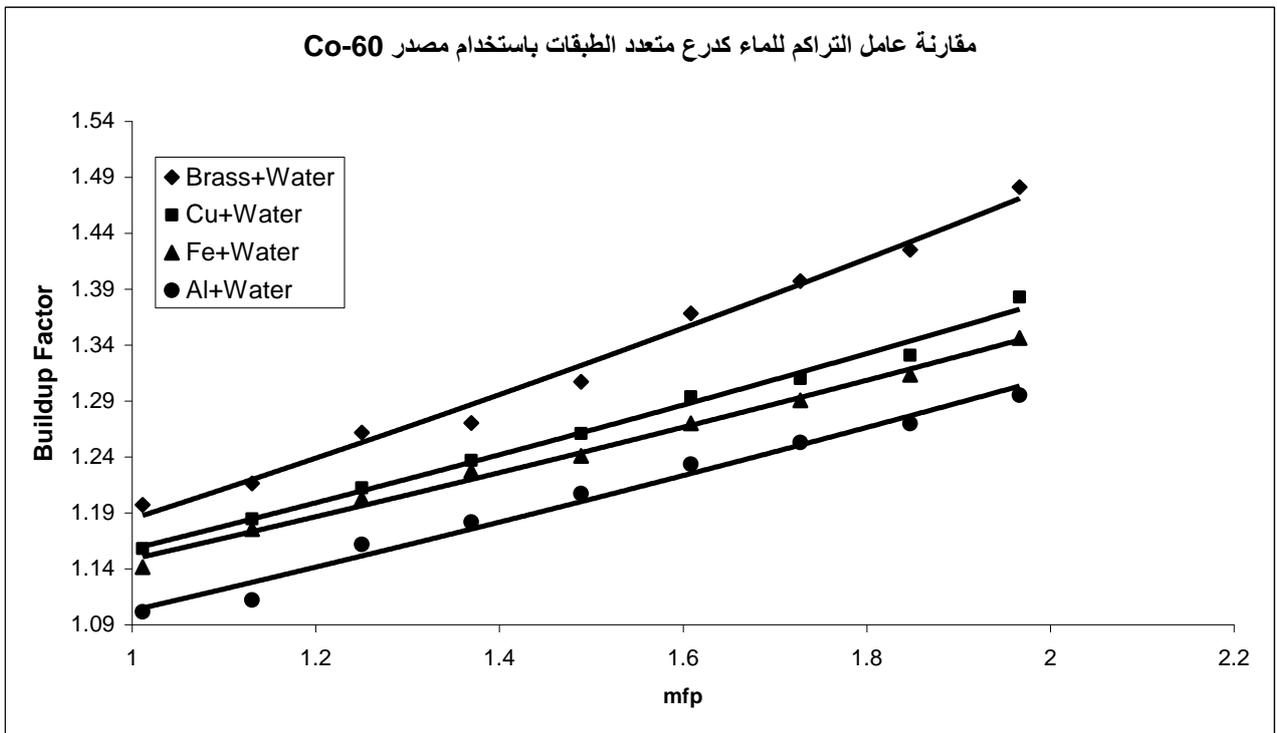
نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Fe	مصدر السيزيوم-137								
	Air		209065	275890					
	Glass(0)	0	200540	260043	1	1	1	0.002972	0.297188
	0.15	0.08655	185975	245920	0.927371	0.94569	1.019753	0.003134	0.307302
	0.45	0.25965	164748	220219	0.821522	0.846856	1.030838	0.003358	0.325742
	0.75	0.43275	141497	197109	0.70558	0.757986	1.074274	0.003743	0.348434
	1.05	0.60585	130514	186343	0.650813	0.716585	1.101062	0.003974	0.36095
	1.35	0.77895	114590	168513	0.571407	0.64802	1.134077	0.004342	0.382897
	1.65	0.95205	107151	158925	0.534312	0.611149	1.143805	0.004521	0.395283
	2	1.154	92210	138839	0.459809	0.533908	1.161153	0.004933	0.424822
Fe+Water	2+2	1.3148	84257	129428	0.420151	0.497718	1.184617	0.005244	0.44266
	6	1.4756	76848	120072	0.383205	0.461739	1.204939	0.005566	0.461964
	8	1.6364	70653	112986	0.352314	0.43449	1.233246	0.005915	0.479628
	10	1.7972	64843	108084	0.323342	0.415639	1.285447	0.006385	0.496729
	12	1.958	59415	101849	0.296275	0.391662	1.321955	0.006824	0.516229
	14	2.1188	54638	95789	0.272454	0.368358	1.352	0.007248	0.536115
	16	2.2796	49105	87633	0.244864	0.336994	1.376252	0.007758	0.5637
	18	2.4404	44081	79998	0.219812	0.307634	1.399534	0.008302	0.593176
	20	2.6012	40153	75863	0.200224	0.291733	1.457028	0.008992	0.617142
	Fe	مصدر الكوبلت-60							
Air			101888	131753					
Glass(0)		0	99036	125623	1	1	1	0.004249	0.424943
0.15		0.06315	95311	121167	0.962387	0.964529	1.002225	0.004339	0.432955
0.45		0.18945	89984	116179	0.908599	0.924823	1.017856	0.00452	0.444078
0.75		0.31575	85953	113260	0.867897	0.901586	1.038818	0.004699	0.452366
1.05		0.44205	81935	111089	0.827325	0.884305	1.068872	0.004922	0.460506
1.35		0.56835	78981	108014	0.797498	0.859827	1.078155	0.005048	0.468181
1.65		0.69465	73859	105552	0.745779	0.840228	1.126645	0.005405	0.479722
2		0.842	69952	100461	0.706329	0.799702	1.132195	0.005575	0.492439
Fe+Water	2+2	0.9614	63235	92092	0.638505	0.733082	1.148123	0.00593	0.516457
	6	1.0808	57913	86175	0.584767	0.685981	1.173084	0.006303	0.537323
	8	1.2002	53832	81483	0.54356	0.648631	1.193302	0.006628	0.555417
	10	1.3196	49200	75064	0.496789	0.597534	1.202792	0.006977	0.580062
	12	1.439	44843	70035	0.452795	0.557501	1.231245	0.007447	0.604802
	14	1.5584	41346	67023	0.417485	0.533525	1.277951	0.007992	0.625351
	16	1.6778	38021	61933	0.383911	0.493007	1.28417	0.008367	0.651519
	18	1.7972	34013	56854	0.343441	0.452576	1.317771	0.009033	0.685488
	20	1.9166	31466	53722	0.317723	0.427645	1.345967	0.009555	0.709892

جدول (24-3) عامل التراكم للدرعين (AL - water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

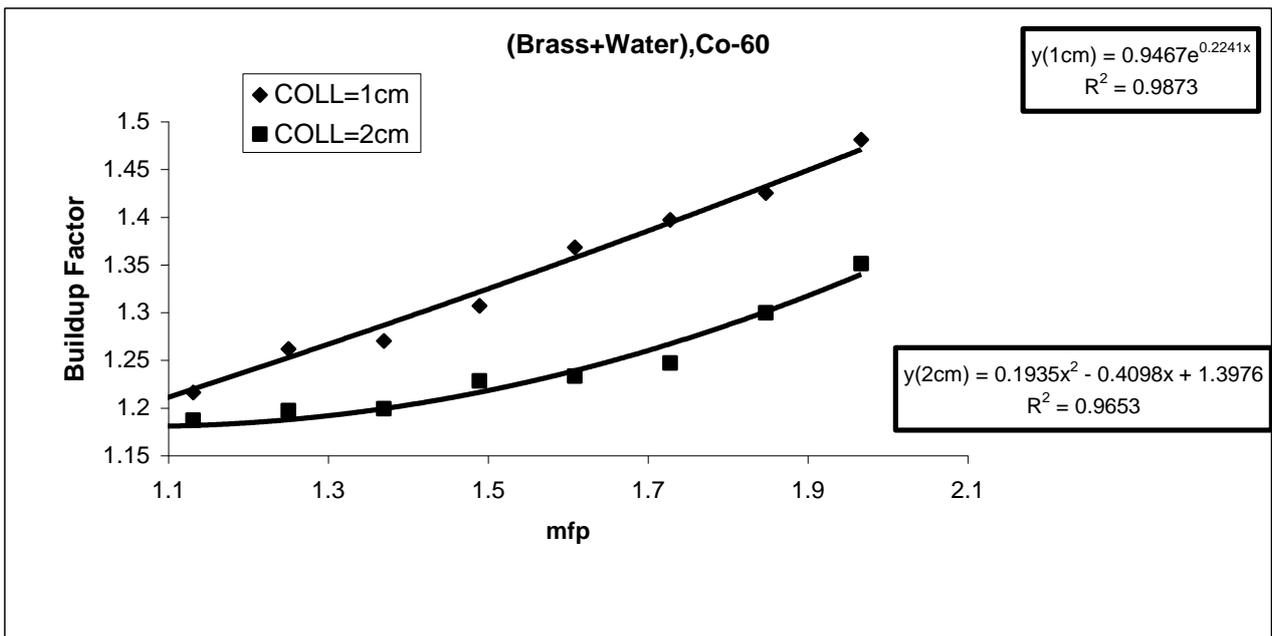
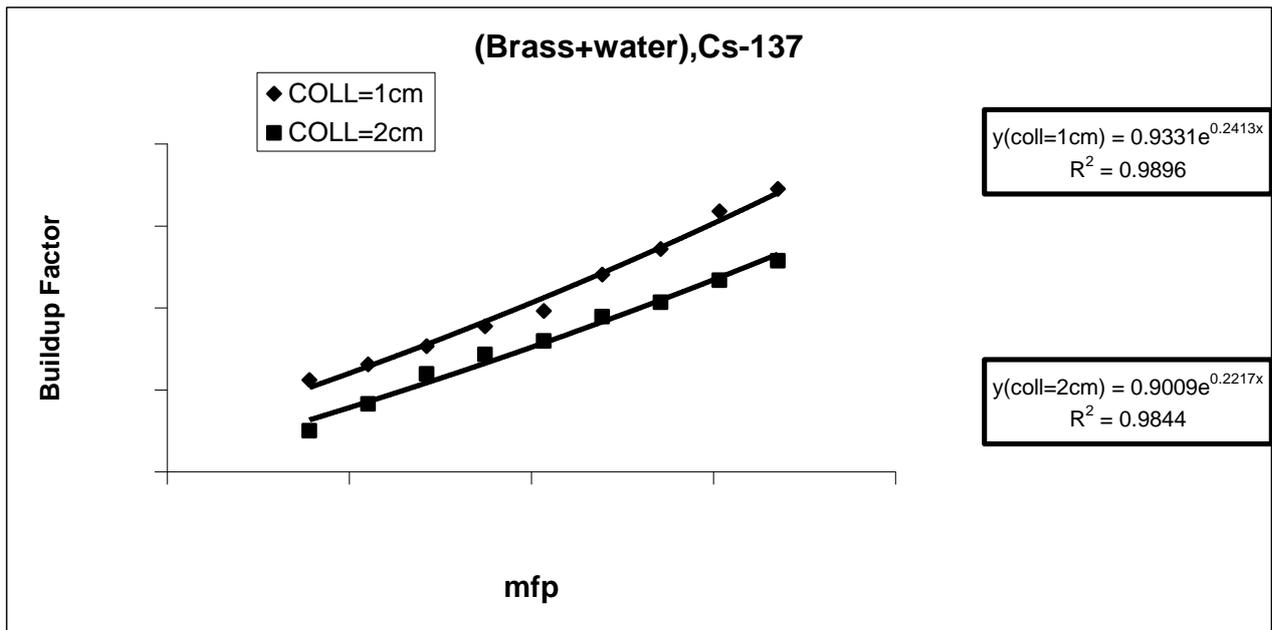
نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
AI	مصدر السيزيوم-137								
	Air		209065	267561					
	Glass(0)	0	200540	258727	1	1	1	0.002975	0.297517
	0.15	0.03015	192040	251564	0.957614	0.972314	1.015351	0.003077	0.303024
	0.45	0.09045	185243	244230	0.923721	0.943968	1.021919	0.003149	0.308104
	0.75	0.15075	178096	237413	0.888082	0.91762	1.03326	0.003239	0.313481
	1.05	0.21105	169981	230012	0.847616	0.889014	1.04884	0.003355	0.319853
	1.35	0.27135	164745	223599	0.821507	0.864228	1.052003	0.003416	0.324689
	1.65	0.33165	156642	217455	0.781101	0.840481	1.07602	0.003566	0.331401
2	0.402	148876	210736	0.742376	0.814511	1.097168	0.003715	0.33856	
AI+Water	2+2	0.5628	132708	190933	0.661753	0.737971	1.115175	0.003986	0.35739
	6	0.7236	125581	181619	0.626214	0.701972	1.120977	0.004114	0.367002
	8	0.8844	114038	171862	0.568655	0.66426	1.168126	0.004462	0.381938
	10	1.0452	99173	154809	0.49453	0.598349	1.209935	0.004921	0.40673
	12	1.206	86912	138506	0.43339	0.535336	1.235231	0.005345	0.432733
	14	1.3668	76913	123890	0.383529	0.478844	1.248521	0.005731	0.459058
	16	1.5276	68042	110143	0.339294	0.425711	1.254698	0.006118	0.487605
	18	1.6884	60773	99194	0.303047	0.383393	1.265127	0.006517	0.51513
	20	1.8492	55704	91916	0.27777	0.355262	1.278981	0.006867	0.53695
AI	مصدر الكوبلت-60								
	air		101888	131865					
	Glass(0)	0	99987	125623	1	1	1	0.004238	0.423812
	0.15	0.02235	97074	122095	0.970866	0.971916	1.001081	0.004305	0.430021
	0.45	0.06705	94732	120145	0.947443	0.956393	1.009447	0.004386	0.434504
	0.75	0.11175	92596	117713	0.92608	0.937034	1.011828	0.004445	0.439259
	1.05	0.15645	89524	115718	0.895356	0.921153	1.028812	0.004579	0.445105
	1.35	0.20115	87652	113918	0.876634	0.906824	1.034439	0.004648	0.449299
	1.65	0.24585	84863	111865	0.84874	0.890482	1.049181	0.004776	0.455226
2	0.298	83009	110122	0.830198	0.876607	1.055901	0.004853	0.459649	
AI+Water	2+2	0.4174	77263	104620	0.77273	0.832809	1.077749	0.005112	0.474354
	6	0.5368	74717	101733	0.747267	0.809828	1.083719	0.005221	0.481804
	8	0.6562	68957	96152	0.68966	0.765401	1.109825	0.005538	0.499019
	10	0.7756	65093	91005	0.651015	0.724429	1.11277	0.005712	0.513333
	12	0.895	61220	86727	0.61228	0.690375	1.127549	0.005952	0.527873
	14	1.0144	56429	80564	0.564363	0.641316	1.136352	0.006238	0.548943
	16	1.1338	51892	74758	0.518987	0.595098	1.146652	0.006552	0.571378
	18	1.2532	48554	70535	0.485603	0.561482	1.156256	0.006818	0.589686
	20	1.3726	45456	66261	0.454619	0.527459	1.160222	0.007066	0.609025



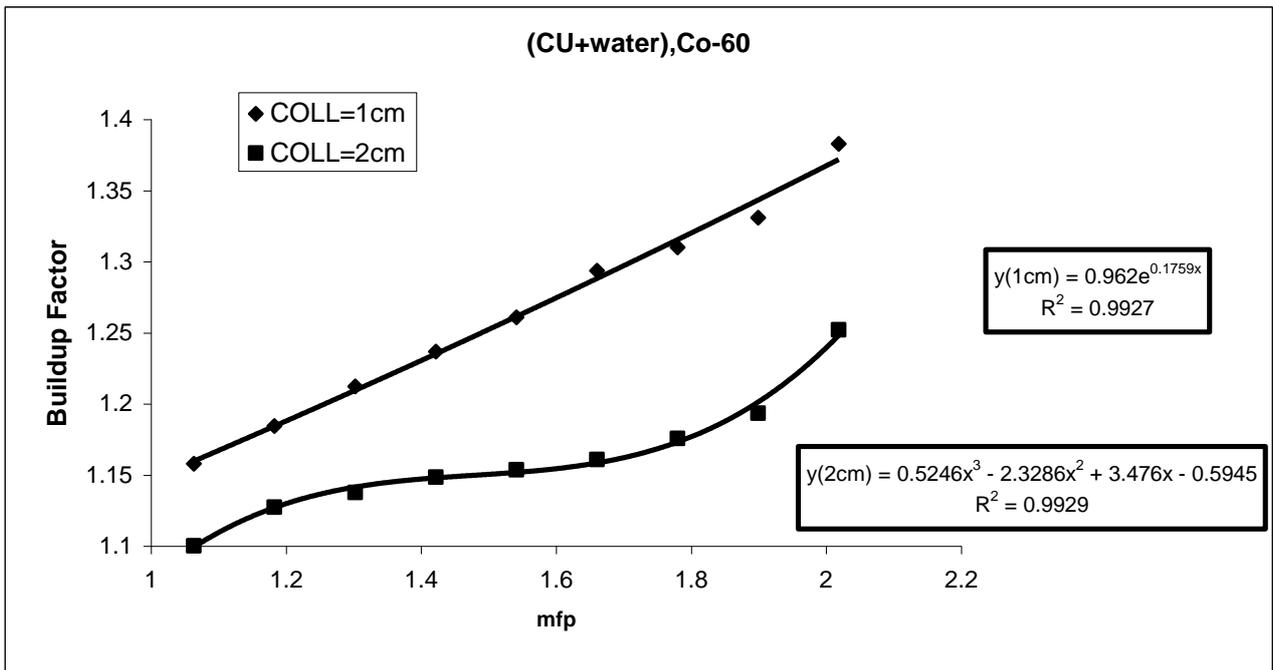
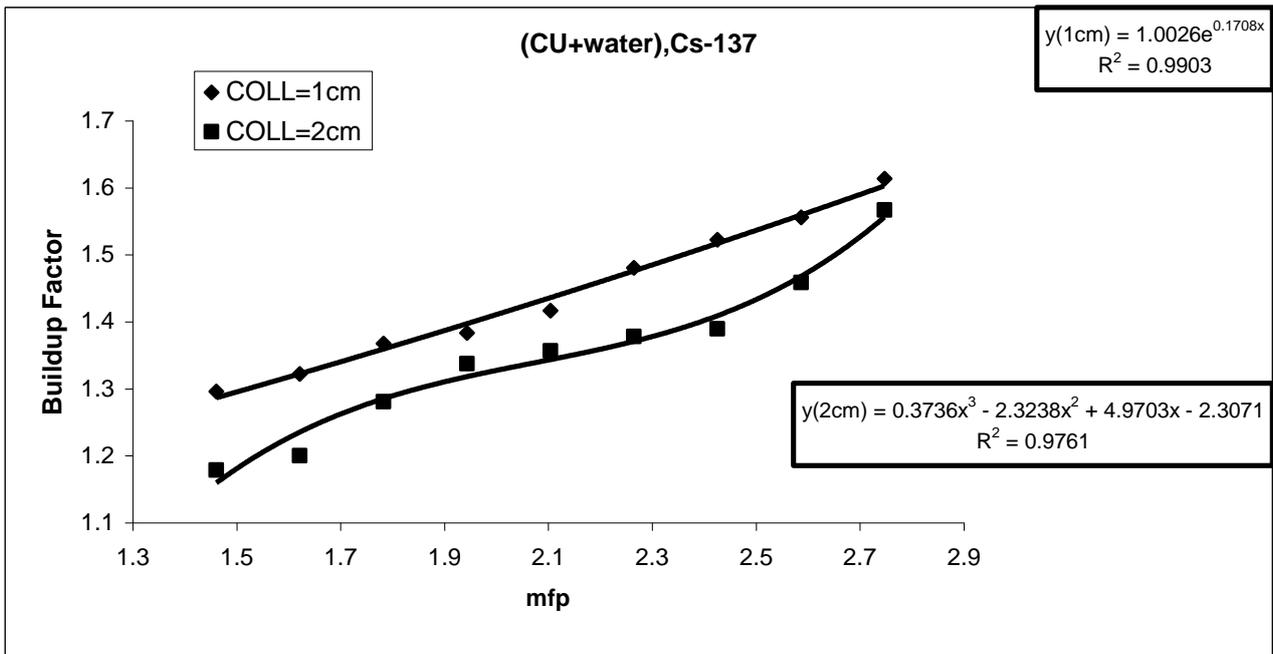
شكل (39-3) يوضح مقارنة عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر السيزيوم-137 لدرع ذي طبقتين الطبقة الأولى من مواد (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم) ويكون الماء الطبقة الثانية فيها وبمسدد قطر فتحتة (1 cm) .



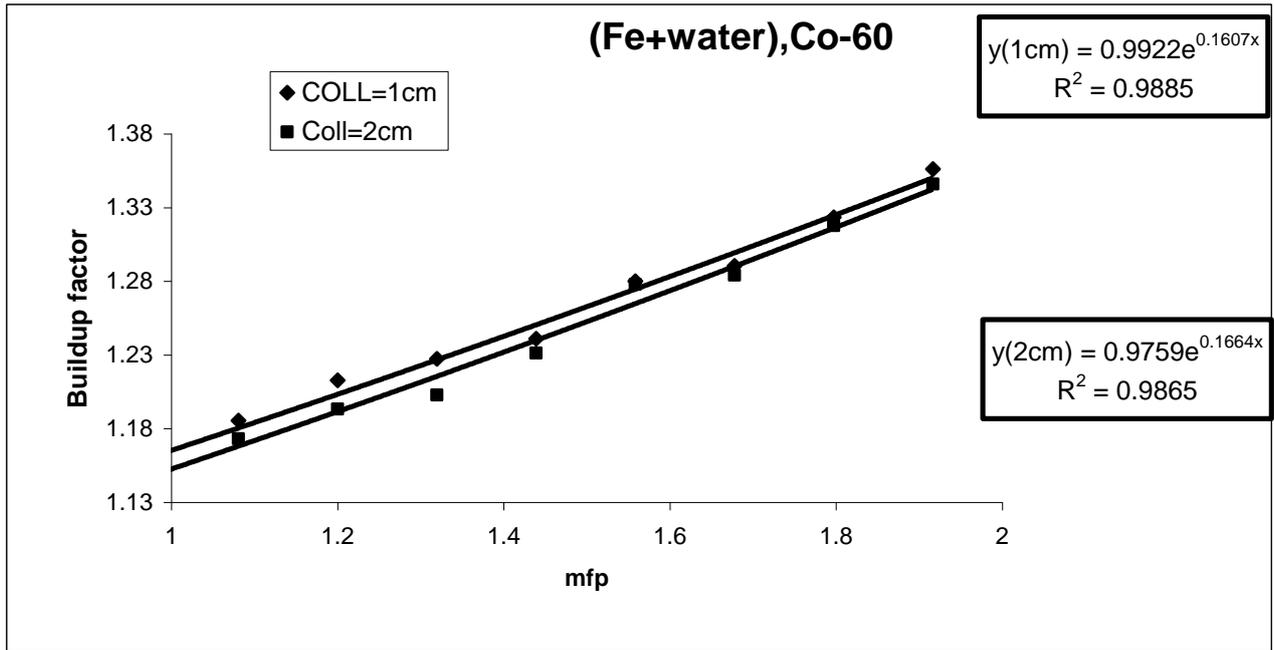
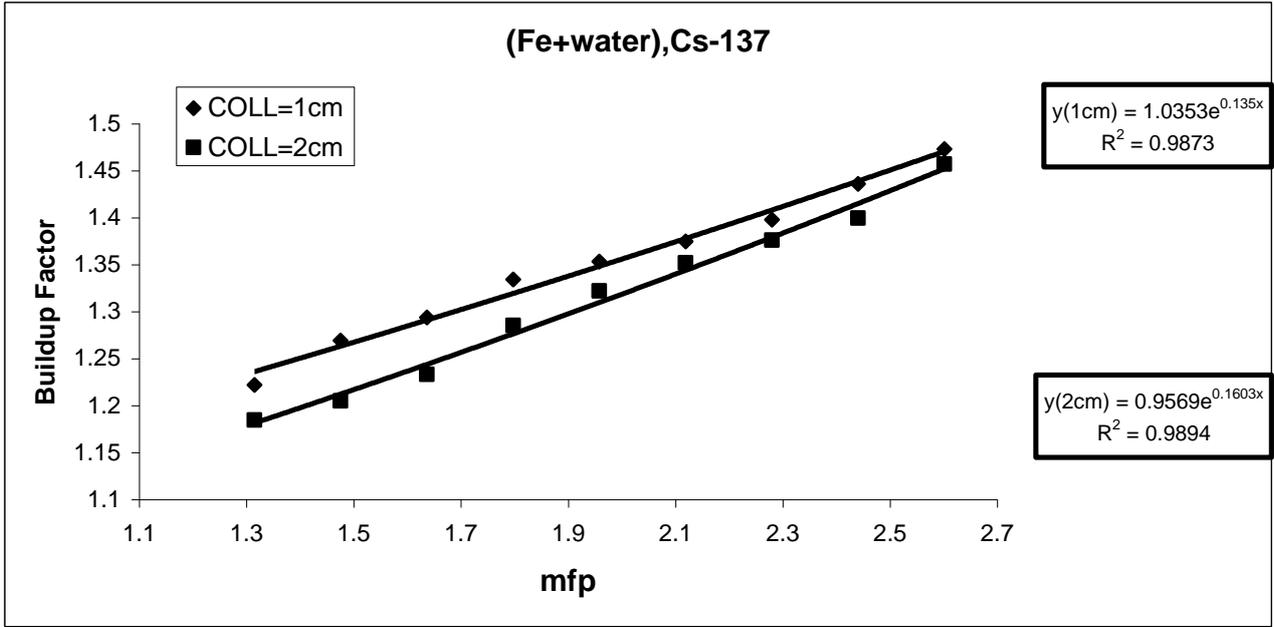
شكل (40-3) يوضح مقارنة عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر الكوبلت-60 لدرع ذي طبقتين الطبقة الأولى من مواد (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم) ويكون الماء الطبقة الثانية فيها وبمسدد قطر فتحتة (1 cm) . .



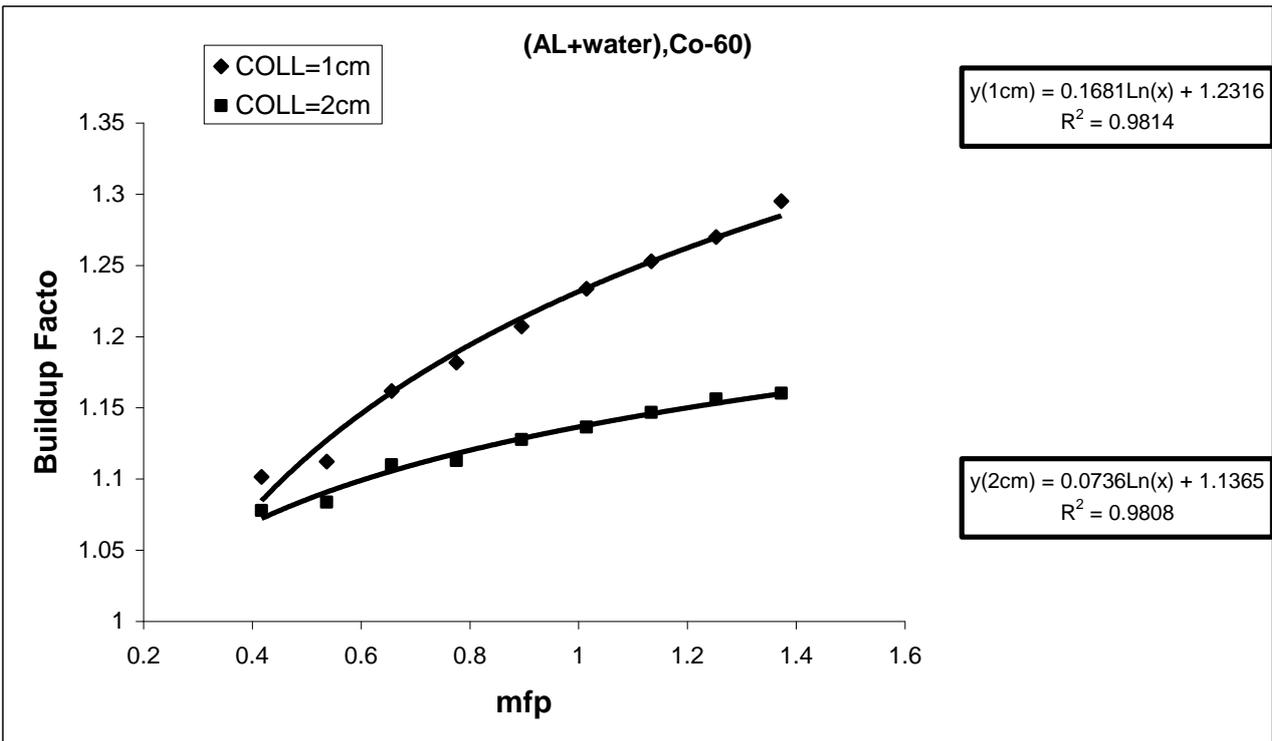
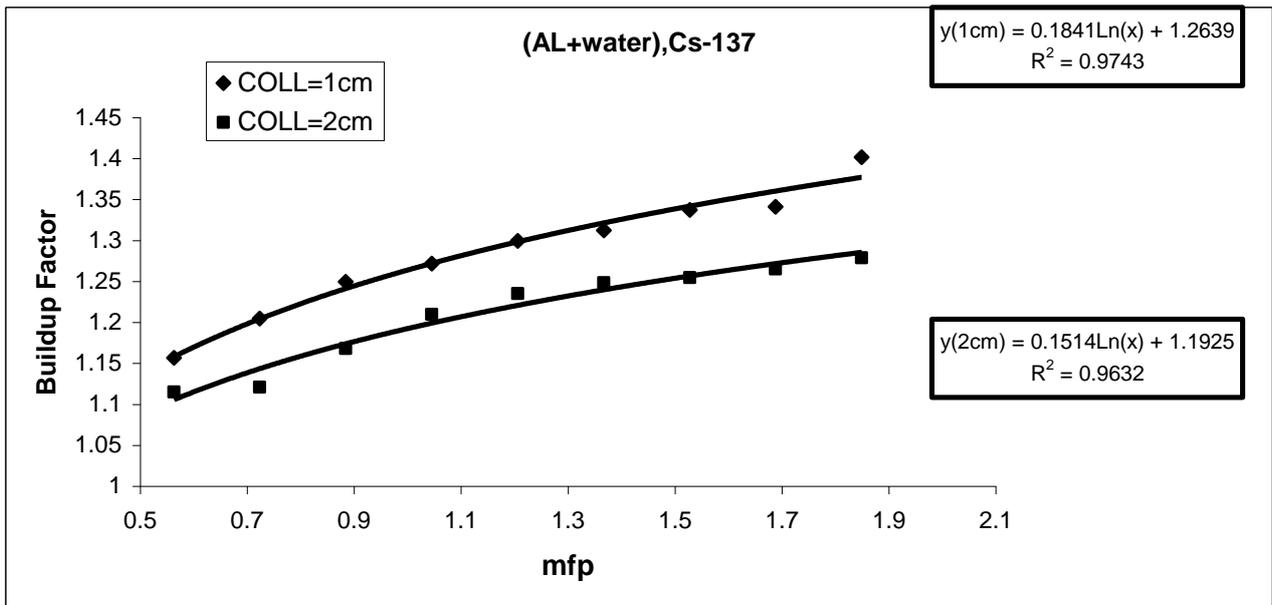
شكل (41) يوضح مقارنة عامل التراكم لدرعين سوية من البراص والماء باستخدام مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 ولكلاً المسددين



شكل (42) يوضح مقارنة عامل التراكم لدرعين سوية من النحاس والماء باستخدام مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 ولكلاً المسددين



شكل (43) يوضح مقارنة عامل التراكم لدرعين سوية من الحديد والماء باستخدام مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 ولكلاً المسددين



شكل (44) يوضح مقارنة عامل التراكم لدرعين سوية من الألمنيوم والماء باستخدام مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 ولكلاً المسددين

### (6-3) الاستنتاجات

تم في هذا البحث دراسة عدد عوامل تؤثر على قيمة عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد أو كدرع ذو طبقتين ومن النتائج السابقة والأشكال البيانية يمكن التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

أولاً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد ودرع ذي طبقتين يزداد بزيادة سمك طبقة الماء.

ثانياً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد يقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف.

ثالثاً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد يزداد بزيادة حجم الحوض الزجاجي.

رابعاً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد ودرع ذي طبقتين يقل بزيادة طاقة المصدر المشع.

خامساً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد ودرع ذي طبقتين يقل بزيادة قطر فتحة المسدد.

سادساً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع ذي طبقتين يزداد بزيادة العدد الذري لمادة الطبقة الأولى.

سابعاً: إنَّ عامل التراكم لأشعة كاما في الماء المحسوب نظرياً أكبر من عامل التراكم لأشعة كاما المقاسة عملياً.

### (7-3) المقترحات

نظرا لقلّة الدراسات العملية في هذا الموضوع وكثرة الدراسات النظرية. فمن الضروري إجراء دراسات عملية كثيرة لتقليل الفارق بين النتائج العملية والنظرية. و يمكن اقتراح الدراسات الآتية:

- (1) إجراء دراسة عملية للعوامل التي درست في هذا البحث باستخدام مصادر مشعة ذات أشكال هندسية مختلفة.
- (2) إجراء دراسة عملية تتضمن استخدام أحواض زجاجية ذات أحجام أكبر لمعرفة أعلى مقدار لعامل تراكم أشعة كاما في الماء يمكن الوصول إليه بحيث يكون اقرب للنتائج النظرية لتقليل الفارق بين الدراستين .
- (3) إجراء دراسة عملية تتضمن استخدام مصادر مشعة ذات طاقات عالية أكبر من (1.253Mev) وذلك لمعرفة تصرف عامل التراكم مع الماء باستخدام هذه الطاقة.
- (4) استخدام الأشعة السينية لقياس عامل التراكم في المواد المختلفة.
- (5) إجراء دراسة عملية لقياس عامل تراكم أشعة كاما في المواد المختلفة باستخدام عداد شبه موصل لمعرفة تأثير نوع الكاشف على عامل التراكم.
- (6) إجراء دراسة عملية لقياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع ذو طبقتين باستخدام مادتي الرصاص و الكونكريت.
- (7) إجراء دراسة عملية تتضمن تأثير العوامل المدروسة في الدروع المنفردة في هذا البحث على عامل تراكم أشعة كاما في الدروع المتعددة الطبقات ولمواد مختلفة.
- (8) إدخال عاملي المسافة بين المصدر المشع والكاشف وتأثير قطر فتحة المسدد في الحسابات النظرية التي تتعلق بحساب عامل التراكم في المواد المختلفة.
- (9) إجراء دراسة عملية لقياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مواد سائلة ذات كثافة أعلى من كثافة الماء ومقارنتها مع نتائج الماء لمعرفة تأثير كثافة المادة السائلة على عامل التراكم.

### (8-3) المصادر (References)

- [1] G.Knoll , "Radiation Detection and Measurement" John Wiley and Sons .New York ,Third Edition, (2000).
- [2] مايرهوف ، ترجمة د. عاصم عبد الكريم عزوز، "مبادئ الفيزياء النووية" جامعة الموصل (1982), .
- [3] N.Tsoufanidis "Measurement and Detection Radiation" MC Graw-Hill, New York, (1983).
- [4] د.علي عبد الله، د.شذى الدركزلي، د.مازن مانويل، "الفيزياء النووية التجريبية" جامعة بغداد (1990), .
- [5] K.Hattif, "Gamma Ray Buildup Factor Measurement in Different Materials" College of Science, University of Baghdad ,(1994) ,(Ph.D.thesis).
- [6] د.منيب عادل خليل، "الفيزياء النووية" جامعة الموصل، (1996)
- [7] د.اسعد جلال صالح، "مقدمة في الفيزياء النووية"، جامعة الموصل، (1988)
- [8] د.شذى الدركزلي، "الكشف عن الأشعة النووية" جامعة بغداد، (1987)
- [9] خالد البيتي، "قياس وحساب عامل التراكم في الدروع المنفردة والمتعددة الطبقات" ، كلية العلوم ،جامعة بابل (2001)(رسالة ماجستير).
- [10] ليث العاني، "دراسة عامل التراكم في المواد المختلفة"، كلية العلوم، جامعة بغداد، (1989) (رسالة ماجستير).
- [11] L.Musilek, Nucl.Ins.Meth., Vol. 174, P. 565,(1980)
- [12] A. Chilton, "Broad Beam Attenuation in Engineering Compendium on Radiation Shield" ,Vol. 1.R.G Jaeger, Springer-Verlage , New York , P. 210,(1968).
- [13] J.Wood,"Computational Method in Reactor Shielding" (Pergamon Press U.K) P. 108,(1982).

- [14] A.Foderaro & R.J.Hall, Nucl. Sci. Eng, Vol. 78, P.74, (1981).
- [15] J.Kenneth & E.Richard, Health.Phys., Vol. 88, P.297, (2005).
- [16] K.Shure & O.J.Wallace, Nucl. Sci. Eng, Vol. 62, P.736, (1977).
- [17] M.Meteghalch, Nucl. Sci. Eng, Vol. 70, No. 2, P.207, (1979).
- [18] H.Penkuhr, Nucl. Sci. Teach., Vol. 1, No. 3, P.269, (1979).
- [19] S.H.Jiang, Nucl. Sci. Eng, Vol. 75, P.16, (1980).
- [20] H.Chilton & C.M.Eisenhauer, Nucl. Sci. Eng, Vol. 73, No.1, P.79  
, (1980).
- [21] Y.Harima, Nucl. Sci. Eng, Vol. 83, No.2, P.299, (1983).
- [22] Kiyosh: Takeuchi & Shun-ichi Tanaka, Nucl. Sci. Eng, Vol. 87,  
P.478, (1984).
- [23] P.Jacob & H.G.Paretze, Nucl. Sci. Eng, Vol. 87, P.113, (1984).
- [24] D.K.Trubey & Y.Harima, Trans. Am. Nucl. Soc. , Vol. 53, P.416  
, (1986).
- [25] Y.Harima & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 96, No.3, P.214, (1987).
- [26] H.Hirayama, Nucl. Technol., Vol. 77, No.1, P.60, (1987).
- [27] D.K.Trubey , Technical Report, P.106, (1988).
- [28] H.Hirayama & D.K.Trubey, Nucl. Sci. Eng, Vol. 99, No.2, P.145  
, (1987).
- [29] V.S.Gorev & V.D.Guzov, Sov. At. Energy, Vol. 63, No.2, P.658, (1988).
- [30] M.F.Su & H.Jiang, Nucl. Sci. Eng, Vol. 102, No.1, P.64, (1989).
- [31] A.Angelopulos & A.Perris, Phys.Med,Biol, Vol. 36, P.763, (1991).
- [32] R.E.Faw & J.K.Shultis, Nucl. Sci. Eng, Vol. 114, No.1, P.76, (1993).
- [33] S.Kitsos, Nucl. Sci. Eng, Vol. 117, No.1, P.47, (1994).
- [34] M.Ivan, Nucl. Sci. Eng, Vol. 117, No.2, P.110, (1994).
- [35] Y.Namito, S.Ban & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 120, No.3, P.199

,(1995).

- [36] H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 32, P.1207,(1995).
- [37] H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 124, No.2, P.258,(1996).
- [38] G.S.Sidhu, J. Radiol. Pro., Vol. 20, P.53,(2000).
- [39] O.Chibani, Nucl. Sci. Eng, Vol. 137, No.2, P.215,(2001).
- [40] A.Shimizu, Nucl. Sci. Teach., Vol. 39, No.5, P.477,(2002).
- [41] A.Shimizu & H.Hirayama, Nucl. Sci. Teach., Vol. 40, No.4, P.192  
,(2003).
- [42] A.Shimizu, T.Onda, Y.Sakm, Nucl. Sci. Teach., Vol. 41, No.4, P.413  
,(2004).
- [43] C.Singh, Pure & Appl. Phys., Vol.42,P.475,(2004).
- [44] Y.Harima & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 113, No.3, P.367  
,(1993).
- [45] K.Shin & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 118, No.2, P.91,(1994).
- [46] K.Shin & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 120, No.3, P.211,(1995).
- [47] K.Shin & H.Hirayama, Nucl. Sci. Teach, Vol. 98, P.170,(1998).
- [48] A.Assad, Nucl. Sci. Eng, Vol. 132, No.2 P.203,(1999).
- [49] M.Gurendik & N.Tsoulfanid, Nucl. Sci. Teach., Vol. 131, P.332,(2000).
- [50] C.Suteau, M.Chiron & G.Arnaud, Nucl. Sci. Eng, Vol. 147, No.1 ,P.43  
,(2004).

## Abstracts:

In this work, gamma ray buildup factors in the water as single and double shields have been measured using the scintillation detector 3"×3" NaI(Tl) and the radioactive sources Cs-137 & Co-60. Three distances between the source to the detector were used which (41, 51 and 71) cm, also four glass basins of volume: (10×10×30)cm<sup>3</sup>, (15×15×30)cm<sup>3</sup>, (20×20×30)cm<sup>3</sup> and (20×20×60)cm<sup>3</sup>. Two collimators were used of central holes of 1cm and 2cm diameters. The mean free path (mfp) for the three above basins for the Cs-137 source is (2.412mfp) and for Co-60 source is (1.791mfp), while for the fourth basins is (4.824mfp) for Cs-137 source and (3.582mfp) for Co-60 source.

Six factors affecting the buildup factor have been studied as follows:-

- 1- The shielding thickness.
- 2- The source to detector distance.
- 3- The glass basin volume.
- 4- The energy of the radioactive source.
- 5- The hole diameter of the collimator.
- 6- The atomic number of the shield.

The first five factors studied for water only, and the factors (1,4,5 and 6) studied for two layers the first consist of (brass, copper, iron and aluminum) and the second layers is water. The theoretical values of the buildup factors were calculated by Taylor's semi empirical formula for the energy range (0.5-1.5)MeV. From this study prove that gamma ray buildup factor in water as single shielding increased with an increase thickness water layer, and decreased with an increase of the distance between radioactive source and detector, increased with an increase the glass basin volume, decreased with an increase the energy of the radioactive source, also decreased with an increase the hole diameter of the collimator. And this prove that gamma rays buildup factor in water as double layer shielding increased with an increase the shielding thickness and an increase atomic number for first layer, decreased with an increase the energy of the radioactive source and an increase the hole diameter of the collimator. Also, it is found that the calculated gamma ray buildup factors in water theoretically bigger than that measured experimentally in this work, and this result is explained.

# **Gamma-Ray Buildup Factor Measurement For Water As Single and Double Shielding Layer**

**A Thesis  
Submitted to the Council of College of Science  
University of Babylon  
In Partial Fulfillment of the Requirements for  
The Degree of Master of Science in Physics**

**By  
Ali Abid Abo Jassem**



**September 2005**

**Shaaban 1426**

## الخلاصة

تم في هذا البحث قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد وكدرع ذي طبقتين باستخدام الكاشف ألوميضي NaI(Tl) والذي حجمه ("3×3") والمصدرين المشعنين السيزيوم-137 و الكوبلت-60، استخدمت ثلاث مسافات بين المصدر المشع والكاشف وهي (71cm , 51cm , 41cm) ، وأربعة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة وهي  $(10\times 10\times 30)\text{cm}^3$  و  $(15\times 15\times 30)\text{cm}^3$  و  $(20\times 20\times 30)\text{cm}^3$  و  $(20\times 20\times 60)\text{cm}^3$ . واستخدم مسددان قطر فتحتيهما (2cm , 1cm) , وقد وصل معدل المسار الحر للأحواض الثلاثة الأولى عند استخدام مصدر السيزيوم-137 إلى (2.412 mfp) وعند استخدام مصدر الكوبلت-60 وصل معدل المسار الحر إلى (1.791 mfp) أما الحوض الرابع فقد وصل معدل المسار فيه إلى (4.824 mfp) عند استخدام مصدر السيزيوم-137 ووصل إلى (3.582 mfp) عند استخدام مصدر الكوبلت-60. و درست ستة عوامل تؤثر على قيمة عامل التراكم لأشعة كاما وهي:

1- تأثير سمك الدرع.

2- تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف .

3- تأثير حجم الحوض الزجاجي .

4- تأثير طاقة المصدر المشع.

5- تأثير قطر فتحة المسدد .

6- تأثير العدد الذري لمادة الدرع .

إذ درست العوامل الخمسة الأولى في الدروع المكونة من طبقة واحدة (الماء), والعوامل (1,4,5,6) في الدروع المكونة من طبقتين الطبقة الأولى المواد (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم) والطبقة الثانية هي الماء. كذلك حسبت قيم نظرية لعامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام معادلة تـايلور شبه التجريبية ولمدى من الطاقات من (0.5MeV) إلى (1.5MeV). وأثبتت هذه الدراسة إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد يزداد بزيادة سمك طبقة الماء ويقبل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف ويزداد بزيادة حجم الحوض الزجاجي ويقبل بزيادة طاقة المصدر المشع وكذلك يقل بزيادة قطر فتحة المسدد. كما أثبتت هذه الدراسة إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع ذي طبقتين يزداد بزيادة سمك الدرع وزيادة العدد الذري لمادة الطبقة الأولى ويقبل بزيادة قطر فتحة المسدد وطاقة المصدر المشع.

كذلك وجد إن عامل التراكم لأشعة كاما في الماء المحسوب نظريا اكبر من عامل التراكم لأشعة  
كما المقاسة عمليا للطاقات المستخدمة وتم تفسير ذلك.

## المحتويات

رقم الصفحة	المحتويات
1	<b>الفصل الأول : المبادئ النظرية</b>
1	(1-1) المقدمة
1	(2-1) توهين حزمة أشعة كاما
2	(a-2-1) توهين الحزمة الضيقة
2	(b-2-1) توهين الحزمة العريضة
4	(3-1) تفاعل أشعة كاما مع المادة
4	(1-3-1) الظاهرة الكهروضوئية
5	(2-3-1) ظاهرة كومبتن
6	(3-3-1) إنتاج الزوج
7	(4-1) الدروع
7	(1-4-1) الدروع المنفردة
7	(أ-1-4-1) المنفردة النقية
7	(ب-1-4-1) الخليط المتجانس
8	(2-4-1) الدروع المتعددة الطبقات
8	(5-1) عامل التراكم
9	(6-1) المعادلات التجريبية المستخدمة في حساب عامل التراكم
9	(1-6-1) في الدروع المنفردة
9	(2-6-1) في الدروع المتعددة الطبقات
13	(7-1) الهدف من البحث
14	(8-1) الدراسات السابقة
21	<b>الفصل الثاني : الترتيبات العملية</b>

رقم الصفحة	المحتويات
21	(1-2) المقدمة
21	(2-2) الأجهزة الإلكترونية للمنظومة
22	(1-2-2) الكاشف ألوميضي
23	(2-2-2) مجهز الفولتية العالية
24	(3-2-2) قاعدة المضاعف الضوئي والمضخم الابتدائي
24	(4-2-2) المضخم الرئيسي
24	(5-2-2) المحلل وحيد القناة
25	(6-2-2) العداد والمؤقت
25	(7-2-2) الراسمة الكاثودية
25	(3-2) المصادر المشعة المستخدمة
26	(4-2) المواد الأخرى المستخدمة في التجارب
26	(5-2) الترتيب الهندسي للتجارب
26	(1-5-2) الترتيب الهندسي للحزمة الضيقة
26	(2-5-2) الترتيب الهندسي للحزمة العريضة
28	(6-2) المواد المستخدمة كدروع
29	(7-2) طريقة حساب عامل التراكم
30	(8-2) التراوح الإحصائي القياسي والتراوح الإحصائي النسبي
31	<b>الفصل الثالث : النتائج والمناقشة</b>
31	(1-3) المقدمة
32	(2-3) الجزء الأول : (قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء)
47	(3-3) مناقشة نتائج الجزء الأول
47	(1-3-3) تأثير سمك الماء
48	(2-3-3) تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف

رقم الصفحة	المحتويات
53	(3-3-3) تأثير حجم الأحواض الزجاجية
58	(4-3-3) تأثير طاقة المصدر المشع
66	(5-3-3) تأثير قطر فتحة المسدد
71	(4-3) حساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء
75	(5-3) الجزء الثاني : (قياس عامل التراكم لدروع مكونة من طبقتين)
90	(6-3) الاستنتاجات
91	(7-3) المقترحات
92	(8-3) المصادر

# الفصل الأول

## (Introduction )

## (1-1) المقدمة

تستخدم الحواجز (الدروع) Shielding الواقية لتقليل جرعة التعرض الإشعاعي للأشخاص الذين يعملون في حقل الإشعاع ، ولأهمية عامل التراكم في كثير من التطبيقات مثل تصميم دروع المفاعلات النووية، وفي مجال الفيزياء الصحية، و كذلك في تدريع بعض المختبرات البحثية التي تتطلب مصادر مشعة ذات طاقات عالية و فعاليات إشعاعية عالية. ويكمن سر أهمية هذا العامل في دخوله كعامل تصحيح في الحسابات المتعلقة بالسلك الملاءم لتدريع المصادر المشعة لأشعة كاما.

و يتضمن هذا الفصل المفاهيم الأساسية المتعلقة بعامل التراكم:

## Gamma-Ray Attenuation

## (2-1) توهين أشعة كاما

إن توهين أشعة كاما ( الامتصاص و الاستطارة) داخل المادة يمكن دراسته من خلال قياس تغيير شدة الأشعة (المسددة بشكل جيد) مع تغير سمك المادة , و يحسب معدل شدة أشعة كاما أو الأشعة السينية النافذة من حاجز أو درع ما من العلاقة الآتية:- [2,1]

$$I_x = I_o e^{-\mu x} \dots\dots\dots(1-1)$$

حيث إن:

$I_x$  معدل شدة الأشعة النافذة من خلال حاجز سمكه (x).

$I_o$  معدل شدة الأشعة الساقطة بدون وجود المادة الماصة.

$\mu$  معامل الامتصاص الكلي.

x سمك المادة الماصة.

إن هذه العلاقة الآسية تمنع وجود مدى محدد للأشعة في المادة, لذلك اتفق العلماء على مصطلح معدل المسار الحر (Mean Free Path) وهو معدل المسافة المقطوعة قبل الامتصاص و الذي يرمز له بالرمز (م.م.ح) أو (mfp).

ويحسب معدل المسار الحر داخل المادة قبل امتصاصها للإشعاع بالعلاقة الآتية:- [3,1]

$$\lambda = \frac{\int_0^{\infty} x e^{-\mu x} dx}{\int_0^{\infty} e^{-\mu x} dx} = \frac{1}{\mu} \dots\dots\dots(2-1)$$

يستخدم هذا المصطلح كوحدة ملاءمة في دراسة انتقال الفوتونات و النيوترونات في المادة حيث تعرف بعض المتغيرات مثل عامل التراكم بدلالة (mfp) كمقياس للمسافة أي إن [1]:

$$\frac{\text{المسافة (m)}}{\text{معدل المسار الحر (m)}} = \text{(mfp)}$$

$$x\mu = x/\lambda \dots\dots\dots(3-1)$$

يمكن تصنيف توهين حزمة أشعة كما إلى صنفين رئيسيين هما:

### (a-2-1) توهين الحزمة الضيقة (Narrow Beam Attenuation)

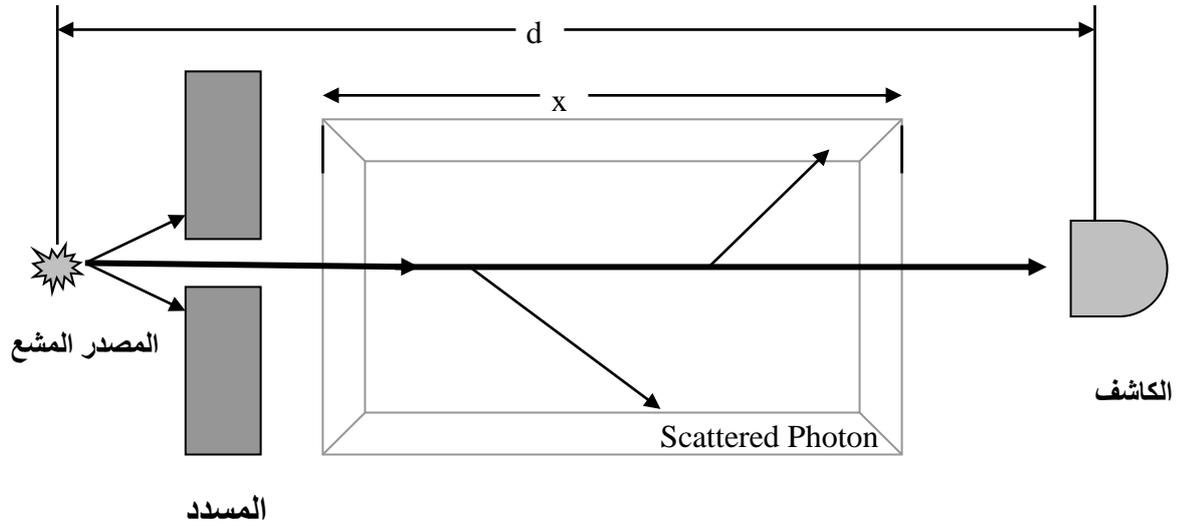
عندما يصل جزء قليل من الفوتونات المستطارة و الثانوية إلى الكاشف بسبب تسديد حزمة أشعة كما بمسدد يقلل إلى حد كبير تلك الفوتونات المستطارة و كما هو واضح في الشكل (1-1-أ)، حيث يسمى هذا الترتيب بالترتيب الهندسي الجيد Good Geometry، أو يسمى بالحزمة الضيقة، ويستخدم هذا الترتيب في القياسات العملية لمعامل الامتصاص الخطي.

### (b-2-1) توهين الحزمة العريضة (Broad Beam Attenuation)

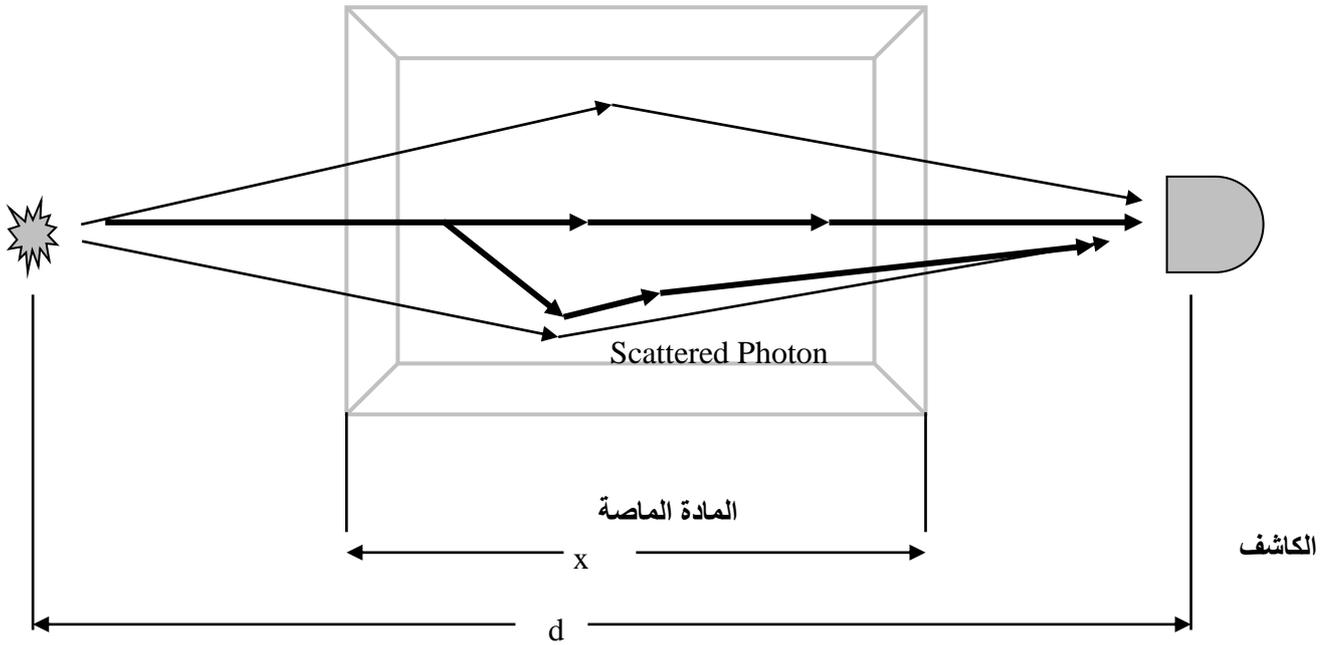
عندما يصل جزء كبير من الفوتونات المستطارة و الثانوية إلى الكاشف فان الترتيب الهندسي يسمى بالحزمة العريضة أو الترتيب الهندسي السيئ Bad Geometry وكما هو موضح في الشكل (1-1-ب) و بسبب تأثير الإشعاعات الثانوية على الكاشف يصبح التوهين في حالة الحزمة العريضة أكبر مما هو عليه في حالة الحزمة الضيقة أو معامل التوهين النظري. ومما تقدم نجد بأن المعادلة (1-1) تصح فقط في حالة الحزمة الضيقة لأشعة كما، أما في حالة الحزمة العريضة فسوف يدخل عامل تصحيح في المعادلة يسمى هذا العامل بعامل التركز لأشعة كما و كما في العلاقة الآتية [4]:

$$I_x = B I_o e^{-\mu x} \dots\dots\dots(4-1)$$

B عامل تراكم أشعة كما في المادة



(أ) الحزمة الضيقة



(ب) الحزمة العريضة

شكل (1-1) يوضح الترتيب الهندسي للتجارب [5]

(أ) الترتيب الهندسي الجيد. (ب) الترتيب الهندسي السيئ.

### (3-1) تفاعل أشعة كاما مع المادة (Gamma – Ray Interaction)

إن التفاعلات الرئيسية لأشعة كاما مع المادة هي:

#### (1-3-1) الظاهرة الكهروضوئية (Photo Electric Effect)

في هذه الظاهرة تمتص طاقة الفوتون (أشعة كاما) الساقطة كلياً من قبل إلكترون مرتبط بالمدارات الداخلية للذرة ، وبهذا سوف يختفي الفوتون و ينفصل الإلكترون عن الذرة تاركها كأيون موجب.

إن الطاقة الحركية التي سيأخذها الإلكترون المتحرر هي [6]:

$$E_e = E_\gamma - B.E - E_a \dots\dots\dots(5-1)$$

حيث أن:

$E_e$  طاقة الإلكترون الخارج.

$E_\gamma$  طاقة الفوتون الساقط.

$B.E$  طاقة ارتباط Binding energy بالإلكترون بالذرة و تسمى أيضا بدالة

الشغل Work Function

$E_a$  طاقة الارتداد Recoil energy للذرة.

وبما إن طاقة ارتداد الذرة صغيرة بسبب صغر كتلة الإلكترون الخارج ( $m_e$ ) مقارنة"

بكتلة الذرة ( $M$ ) لذا يمكن إهمالها حسب العلاقة الآتية [6]:

$$E_a = \frac{m_e}{M} E_e \dots\dots\dots(6-1)$$

وتصبح معادلة الطاقة للإلكترون الخارج ( $E_e$ ) بالشكل الآتي:

$$E_e = E_\gamma - B.E \dots\dots\dots(7-1)$$

و يحسب المقطع العرضي ( $\tau$ ) لكل ذرة في الامتصاص الكهروضوئي في القشرة (k) بالعلاقة الآتية: [1]

$$\tau = \text{const} \tan t \frac{z^n}{E_\gamma^{3.5}} \dots\dots\dots(8-1)$$

حيث إن :

n تأخذ قيم من (4 ← 5)

z العدد الذري للمادة الماصة.

### (2-3-1) ظاهرة كومبتن (استطارة كومبتن) (Compton Effect (Compton Scattering)

عندما يصطدم فوتون أشعة كاما مع أحد الإلكترونات الخارجية للذرة و الذي تكون طاقة ارتباطه بها قليلة (لذا يمكن أن يعد حرا") فان ذلك سيؤدي إلى استطارة الفوتون الساقط بطاقة  $(E_\gamma^-)$  أقل من طاقة سقوطه  $(E_\gamma)$  كما يتحرر الإلكترون بطاقة حركية  $(E_e)$  و تساوي الفرق بين طاقة الفوتون الساقط و طاقة الفوتون المستطار وكما في المعادلات الآتية [7,4]:

$$E_\gamma^- = \frac{E_\gamma}{1 + (\frac{E_\gamma}{\alpha})(1 - \cos \theta)} \dots\dots\dots(9-1)$$

$$E_e = E_\gamma - E_\gamma^- \dots\dots\dots(10-1)$$

$\theta$  : تمثل زاوية الاستطارة.

$\alpha = m_0c^2$  : وهي كمية ثابتة و تمثل الطاقة السكونية للإلكترون و تساوي (0.511 MeV) .

و يغلب هذا التفاعل لمدى واسع [4] من الطاقة بين (0.5-5) MeV ، و تزداد احتمالية التفاعل خطيا بزيادة العدد الذري للمادة.

إن التوزيع الزاوي لزاوية الاحتمالية ، أو ما يسمى بمساحة مقطع الاستطارة التفاضلي، والذي يمكن حسابه من معادلة (كلاين - نيشينا) : [1]

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = z r_o^2 \left( \frac{1}{1 + \alpha(1 - \cos\theta)} \right)^2 \left( \frac{1 + \cos^2\theta}{2} \right) \left( 1 + \frac{\alpha^2(1 - \cos\theta)^2}{(1 + \cos^2\theta)(1 + \alpha(1 - \cos\theta))} \right) \dots\dots\dots(11-1)$$

حيث إن :

$$\alpha = \frac{E_\gamma}{m_0 c^2} \text{ و } r_o \text{ يمثل قطر الإلكترون الكلاسيكي}$$

وتعطي العلاقة العملية للمقطع العرضي التفاضلي لاستطارة كومبتن كما يأتي: [4]

$$\left[ \frac{d\sigma}{d\Omega} \right] = \frac{\sum \gamma^-}{N.I.\Delta\Omega} \dots\dots\dots(12-1)$$

حيث أن:

- $\sum \gamma^-$  : تمثل مجموع العد تحت القمة الضوئية مقسوما على الكفاءة الذاتية عند تلك الطاقة.
- $N$  : عدد الالكترونات في مادة الاستطارة (الهدف).
- $I$  : عدد الالكترونات لكل  $\text{cm}^3$  ولكل ثانية على الهدف.
- $\Delta\Omega$  : الزاوية الصلدة المواجهة للكاشف.

### (3-3-1) إنتاج الزوج (Pair Production)

عندما تتجاوز طاقة الفوتون الساقط ضعف الطاقة السكونية للإلكترون أو طاقة العتبة (أي 1.022 MeV) فإن احتمالية إنتاج الزوج تصبح ممكنة ، إن مثل هذا التفاعل يحدث بجوار المجال الكولومي للنواة ، إذ يمتص الفوتون كليا لينتج إلكترون و بوزترون، و مجموع طاقتيهما تساوي طاقة الفوتون الساقط مطروحا من طاقة العتبة وكما يأتي[8]:

$$E_{e^-} + E_{e^+} = E_\gamma - 1.022\text{MeV} \dots\dots\dots(13-1)$$

تتوزع الطاقة بالتساوي تقريبا بين الإلكترون و البوزترون ، و يكسب البوزترون ما يزيد قليلا من نصف الطاقة بسبب تنافره مع النواة المشابهة لها بالشحنة [8].  
ويحسب المقطع العرضي لإنتاج الزوج (k) بالعلاقة الآتية: [9]

$$K = \text{const} \tan t . z^2 . p^- \dots\dots\dots(14-1)$$

$p^-$  : معدل القيمة لـ P و التي هي دالة مركبة للطاقة و العدد الذري.

و تغلب هذه العملية للطاقات التي تزيد على (5 MeV) و تتناسب طرديا مع مربع العدد الذري للمادة الماصة. [4]

إن معامل الامتصاص الكلي ( $\mu$ ) لأشعة كاما خلال مادة ما يمثل مجموع المعاملات الجزئية للامتصاص في التفاعلات الثلاثة و هي الكهروضوئية ( $\mu_E$ ) و استطارة كومبتن ( $\mu_C$ ) و إنتاج الزوج ( $\mu_P$ ) وكما يأتي:

$$\mu_{TOTAL} = \mu_E + \mu_C + \mu_P \quad \dots\dots\dots (15-1)$$

### (4-1) الدروع (Shielding)

هي تلك المادة المحصورة بين المصدر المشع و الكاشف و تصنف الدروع إلى صنفين:

#### (1-4-1) الدروع المنفردة (Single Shielding)

هو ذلك الدرع الذي يتكون من طبقة واحدة فقط و يصنف إلى صنفين هما:

#### (أ-4-1) المنفردة النقية: (Pure Shielding)

هو النوع الذي يتكون من عنصر واحد فقط مثل ( الحديد و الألمنيوم و الرصاص و النحاس).

#### (ب-4-1) الخليط المتجانس: (Homogenous Mixture)

يدعى خليط متجانس متى ما كانت جسيمات كل عنصر موجود فيه بأبعاد أصغر من طول معدل المسار الحر لأقل إشعاع نافذ [10] مثل ( الماء ، الكونكريت ، السبائك ، المركبات الكيميائية).

ولهذا السبب يعتمد هذا النوع من الدروع على العدد الذري المؤثر ( $Z_{Effect}$ ) و الذي يحسب بالعلاقة الآتية: [9]

$$Z_{Effect} = \frac{\sum_k w_k z_k^2 / A_k}{\sum_k w_k z_k / A_k} \dots\dots\dots(16-1)$$

حيث إن :

$W_K$  : الوزن الجزيئي للعنصر (k) في الخليط.

$Z_K$  : العدد الذري للعنصر (k).

$A_K$  : الوزن الذري للعنصر (k).

### (2-4-1) الدروع المتعددة الطبقات (Multi – Layer)

هي تلك الدروع التي تتكون من أكثر من طبقة واحدة أي عدة طبقات لمواد مختلفة ،  
ويأخذ عامل التراكم قيم مختلفة بالاعتماد على الطبقة المخترقة أولاً.

### (5-1) عامل التراكم (Buildup Factor)

يعرف عامل التراكم على أنه نسبة شدة الحزمة العريضة إلى الحزمة الضيقة لأشعة  
كاما، ويعتمد عامل التراكم على كثير من المتغيرات:

- 1- سمك المادة المخترقة(معدل المسار الحر).
- 2- الشكل الهندسي لكل من الدرع و المصدر المشع.
- 3- نوع مادة الدرع.
- 4- طاقة المصدر المشع.
- 5- زاوية سقوط الأشعة الرئيسية على الدرع. [11]
- 6- العامل الهندسي(الذي يعتمد على المسافة بين المصدر المشع و الكاشف).

ويعبر عن عامل التراكم لأشعة كاما بصيغ مختلفة[12] منها عامل التراكم العددي ( $B_n$ ) و  
عامل تراكم الطاقة ( $B_E$ ) و عامل تراكم الجرعة ( $B_D$ ) و كما يأتي:

فيض الفوتونات الواصلة إلى الكاشف

$$\frac{\text{فيض الفوتونات الواصلة إلى الكاشف}}{\text{فيض الفوتونات غير المستطارة}} + 1 = (B_n)$$

فيض الفوتونات غير المستطارة

فيض الطاقة الواصلة إلى الكاشف

$$\frac{\text{فيض الطاقة الواصلة إلى الكاشف}}{\text{فيض الطاقة غير المستطارة الواصلة إلى الكاشف}} + 1 = (B_E)$$

فيض الطاقة غير المستطارة الواصلة إلى الكاشف

الجرعة الممتصة من الفوتونات المستطارة

$$\frac{\text{الجرعة الممتصة من الفوتونات المستطارة}}{\text{الجرعة الممتصة من الفوتونات غير المستطارة}} + 1 = (B_D)$$

الجرعة الممتصة من الفوتونات غير المستطارة

### (6-1) المعادلات التجريبية المستخدمة في حساب عامل التراكم

تتوافر العديد من المعادلات التجريبية لحساب قيم عامل التراكم المعتمدة على اعلومات و

ثوابت عددية مختلفة حسبما تتطلبه كل معادلة وهناك نوعين من هذه المعادلات الأولى تتعلق

بالدروع المنفردة و الثانية بالدروع المتعددة الطبقات وهي كالآتي:

(1-6-1) الدروع المنفردة

و هي كما مبينة في الجدول رقم (1-1) .

جدول (1-1) يمثل المعادلات التجريبية المستخدمة في حساب عامل تراكم أشعة كاما في الدروع المنفردة.

اسم المعادلة	المعادلة التجريبية	شرح اعلومات المعادلة
الخطية (Linear)	$B = 1 + \alpha \mu x$	$\mu$ : معامل امتصاص مادة الدرع. $X$ : سمك الدرع. $\alpha$ : ثابت عددي يعتمد على الطاقة و العدد الذري. [13]
بيركر (Bergers)	$B = 1 + (\mu x) D \exp(C (\mu x))$	$D, C$ : اعلومات خاصة وضعت من قبل بيركر و صححت من قبل شلتون [15,14,13,12]
تايلور (Taylor)	$B = A_1 \exp(-\alpha_1 \mu x) + (1 - A_1) \exp(-\alpha_2 \mu x)$	$A_1, \alpha_1, \alpha_2$ : اعلومات خاصة بالمعادلة تعتمد على طاقة المصدر المشع و الشكل الهندسي للمصدر المشع و مادة الدرع [15,14,16,13]
فودريرو و هول (Foderaro & Hall)	$B(E, \mu x) = \sum A_n \exp(-\alpha_n \mu x)$	$A_n, \alpha_n$ : اعلومات خاصة بالمعادلة تعتمد على معامل امتصاص المادة و طاقة المصدر المشع [14]
كابو (Capo)	$B = \sum B_i (\mu x)^i$	اقترحت هذه المعادلة من قبل كابو و نشرت اعلوماتها من قبل شلتون. [15,13,12]

### (2-6-1) الدروع متعددة الطبقات

إن قيم عامل التراكم لأشعة كاما لطبقتين أو أكثر تحسب من خلال حاصل ضرب عامل

التراكم لكل طبقة من الطبقات بصورة منفردة. أي إن [13]

$$B = B_1(\mu_1, x_1) \cdot B_2(\mu_2, x_2) \cdot \dots \cdot B_n(\mu_n, x_n) \dots \dots \dots (17-1)$$

حيث إن  $B$  عامل التراكم الكلي.

وقد اقترحت طرق أخرى منها [13]:

## Blizard 's Method

### طريقة بالزارد (1)

تعتمد هذه الطريقة على العدد الذري للطبقة الأخيرة المخترقة من قبل الإشعاع و المجموع الكلي للأرتفاعات الموهنة ( $\sum \mu_i x_i$ ) وتستخدم هذه الطريقة عندما يكون سمك الطبقة الأخيرة أكثر من (5 mfp) [13].

### طريقة كولدشتاين للعدد الذري المؤثر (2)

#### Goldstein s Method of an Effective Atomic Number

تعتمد هذه الطريقة على العدد الذري المؤثر للدرع والذي يحسب من المعادلة الآتية: [13]

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N z_i \mu_i x_i}{\sum_{i=1}^N \mu_i x_i} \dots\dots\dots(18-1)$$

## Broder s Method

### طريقة برودر (3)

وهي معادلة تجريبية تعطى بالعلاقة الآتية: [13]

$$B_{(x_1, x_2, \dots, x_n)} = \sum_{n=1}^N B_n \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) - \sum_{n=2}^N B_n \left( \sum_{i=1}^{n-1} x_i \right) \dots\dots\dots(19-1)$$

$x_i$  سمك الطبقة ( $i$ ) بوحدة (mfp).

## Kaloss s Method

### طريقة كالوس (4)

تستخدم هذه الطريقة لحساب عامل التراكم لدرع مكون من طبقتين مختلفتين في العدد الذري و هذه الطريقة تصح للمدى الطاقى ( $0.5 < E < 10$  MeV) وتعطى بالشكل التالي مع العلم إن السمك المستخدم في هذه المعادلة التجريبية هو (mfp) [9]:

$$B(x, y) = B_b(y) + [B_b(x+y) - B_b(y)][K(x)C(y)] \dots\dots\dots(20-1)$$

حيث إن:

$B(x, y)$  عامل تراكم الطبقة (a) التي سمكها  $x$  متبوعة بطبقة سمكها (b) والتي سمكها  $y$ .

$B_b(y)$  عامل تراكم الطبقة (b) التي سمكها  $y$ .

$B_b(x+y)$  عامل تراكم الطبقة (b) التي سمكها  $(x+y)$ .

$$K(x) = \frac{B_a(x) - 1}{B_b(x) - 1} \dots\dots\dots(21-1)$$

$B_b(x)$  &  $B_a(x)$  يمثلان عاملا التراكم للمادتين (a & b) لنفس السمك بوحدة (mfp)

$C(y)$  عامل تصحيح يحسب كالأتي عندما يكون الدرع مكون من طبقتين الأولى ذات عدد ذري

واطي و الطبقة الثانية ذات عدد ذري عال.

$$C(y) = \exp(-1.7y) + (\beta \setminus k) [1 - \exp(-y)] \dots\dots\dots(22-1)$$

$$\beta = \frac{(\mu_c \setminus \mu_t)_a}{(\mu_c \setminus \mu_y)_b} \dots\dots\dots(23-1)$$

حيث إن:  $\mu_c$  و  $\mu_t$  معامل الامتصاص لكومبتن و الكلي على التوالي.

عندما يكون الدرع مكون من طبقتين الأولى ذات عدد ذري عال و الطبقة الثانية ذات عدد ذري

واطي فأن:

$$C(y) = 1$$

## (7-1) الهدف من البحث (The Aim of the Present Work)

بسبب أهمية عامل التراكم كعامل تصحيح في حساب السمك الملائم في تدريع المفاعلات النووية و المختبرات البحثية وفي الفيزياء الطبية ، ولأهمية الماء و دخوله كأحد مكونات المفاعلات النووية ولكثرة الأبحاث النظرية المتوفرة حول هذا الموضوع وقلّة الأبحاث العملية تم إجراء هذا البحث.

إذ يهدف هذا البحث إلى قياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد بالإضافة إلى قياسه مع مواد أخرى (البراص و النحاس والحديد و الألمنيوم ) كدروع ذي طبقتين.

## (8-1) الدراسات السابقة: (Literature Survey)

تنوعت البحوث المتعلقة بدراسة عامل التراكم لما يمتلكه هذا العامل من تطبيقات كثيرة، فهناك دراسات تتعلق بتغيير سمك مادة الدرع ومنها ما يتعلق بتغيير طاقة المصدر المشع و الترتيب الهندسي للمنظومة (المسافة بين المصدر المشع و الكاشف)، و بشكل المصدر المشع (نقطي ، اسطواني ، كروي) وكذلك الترتيب الهندسي للدروع. وإن المتتبع للبحوث العملية لموضوع عامل التراكم يجد قلة البحوث العملية، وذلك بسبب صعوبة إجراء التجارب و الحاجة إلى مصادر مشعة عالية الشدة و اسماك كبيرة لمواد التدريب. وهناك عوامل كثيرة درست في هذا الموضوع و على الرغم من كثرتها فهي تصنف إلى صنفين رئيسيين هما:

### (1-8-1) دراسات الدروع الأحادية الطبقة (Single Layer of Literature Survey)

في عام (1979) قام M.Metghalchi [17] بنشر دراسة تضمنت طريقة جديدة لحساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام دروع من المواد (الألمنيوم و الماء و الحديد) ، وقد وجد ان هذه الطريقة في الحساب تعطي نتائج أكثر دقة من استخدام معادلات شبه التجريبية مثل معادلة تايلور و معادلة بيركير و معادلة كابو.

وفي نفس العام (1979) قام H.Penkuhn [18] بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدرين مشعين (نقطي و مستوي) ولمدى طاقي من (50KeV) إلى (8MeV) باستخدام دروع من (هايدرو ليثيوم LiH و ليثيوم Li و بربليوم Be و الكربون C و الماء H<sub>2</sub>O) و لسمك يصل إلى (20mfp) ونشر أيضا في هذا البحث جداول تضمنت حساب عامل التراكم للطاقات الواطئة باستخدام دروع من (الألمنيوم و الحديد).

في عام 1980 قام S.H.Jiang [19] بنشر بحث تضمن حساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام النموذج النظري (BIGGI 4T) لدروع أحادية الطبقة و متعددة الطبقات للمواد (الماء و الرصاص)، وقد وجد أن عامل التراكم يزداد بزيادة سمك الطبقة المستخدمة.

وقام عام 1980 كل من L.Musilek , T.Cechak & J.Seda [11] بنشر دراسة استخدم فيها طريقة (مونت كارلو) لحساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدر السيزيوم-137 لدروع من مواد (الكونكريت و الحديد و التيتانيوم و الرصاص) و تضمنت الدراسة أيضا تأثير كل من العدد الذري (Z) و زاوية التسديد ( $\alpha$ ) على حساب عامل تراكم أشعة كاما و قد اثبت في هذه

الدراسة إن عامل التراكم يزداد بنقصان العدد الذري وزيادة زاوية التسديد وزيادة سمك المادة المستخدمة كدرع.

وكما قام كل من H.Chilton, G.L.Simmons & C.M.Eisenhau [20] في عام (1980) بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدر نقطي للمواد (الهواء و الماء و الحديد) باستخدام طريقة العزوم بالاعتماد على حسابات Kerma، وقد استخدم معادلة بيركر لملاءمة النتائج التي حصل عليها، ووجد تطابق في المواد ذات الأعداد الذرية الصغيرة عند الطاقات من 1MeV وصولاً إلى الطاقة 0.06MeV.

وفي عام 1981 قام كل من A.Foderaro & R.J.Hall [14] بنشر دراسة تضمنت اعلومات معادلتى بيركر و تايلور لحساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء ولمدى طاقي من 0.015 MeV إلى 15 MeV وبمعدل مسار حر يصل إلى 40 mfp .

وفي عام (1983) قام Y.Harima [21] بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما للمواد(الماء و الهواء و الحديد) باستخدام طريقة العزوم وكذلك حساب عامل التراكم للرصاص باستخدام طريقة (PALLA) وكان المدى الطاقي المستخدم من 0.015MeV إلى 15MeV ولسمك يصل إلى (40mfp).

وفي عام 1984 نشر كل من Kiyoshi & Takeuchi وجماعته [22] دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما لدروع من (الماء و الكونكريت و الحديد و الرصاص) ولمصدرين مشعنين مستوي و نقطي باستخدام نموذج (PALLAS-PL) لمدى طاقي من 0.1 MeV إلى 15 MeV وبمعدل مسار حر من (0.5-40) mfp وكذلك تضمنت هذه الدراسة معاملات الامتصاص الخطي للمواد الأربعة المدروسة و لنفس المدى الطاقي المذكور.

وقد قام كذلك في عام 1984 P.Jacob [23] بنشر دراسة لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمدى طاقي من 0.05 MeV إلى 10MeV باستخدام طريقة (مونت كارلو) للهواء و كما تضمنت هذه الدراسة حسابات تتعلق بامتصاص الفوتونات باستطارة كومبتن و أشعة الفناء و الكبح , وكانت المسافة المستخدمة 72 cm وبمعدل المسار الحر من 0.15 mfp إلى 10 mfp .

وفي عام (1986) قام كل من D.K.Trubey & Y.Harima [24] بنشر بيانات جديدة تتعلق بحساب عامل التراكم لأشعة كاما لمواد مختلفة الأعداد الذرية ولمدى واسع من الطاقة .

وفي عام (1987) قام كل من H.Hirayama & Y.Harima [25] بنشر دراسة تضمنت إجراء مقارنة في حساب عامل تراكم أشعة كاما لمدى طاقي واطى من 0.03MeV إلى 3MeV ولمواد ذات أعداد ذرية واطئة بين طريقة مونت كارلو وطريقة (discrete ordinates).

وفي عام 1987 قام H.Hirayama [26] بدراسة تضمنت حساب عامل التراكم للطاقات العالية للمواد (الماء و الكونكريت و الحديد و الرصاص) ضمن مدى طاقي من (10-100) MeV باستخدام طريقة (مونت كارلو) (EGS4) وقد أثبتت هذه الدراسة عند استخدام الماء ان عامل التراكم يزداد بزيادة سمك الماء ويقل حتى 40MeV وبعدها يزداد لطاقات أعلى وقد كان أعظم معدل مسار حر وصل إليه هو 10 mfp.

وفي عام 1988 قام D.K.Trubey [27] بنشر دراسة تضمنت حساب عامل التراكم و معامل امتصاص أشعة كاما لمصدر نقطي باستخدام طرق نظرية مختلفة لمدى طاقي من 15 KeV إلى 23 MeV لـ 23 عنصرا بشكل منفرد و لثلاث مواد (الماء و الكونكريت و الهواء) بشكل خليط.

كما وقام في عام (1988) كل من H.Hirayama & D.K.Trubey [28] بدراسة تأثير كل من استطارة الفوتونات واستطارة الالكترونات على حساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدر مستوي لمواد (الماء و الحديد و الرصاص) ولمدى طاقي من 40Kev إلى 200KeV ولسمك يصل إلى (10mfp) باستخدام طريقة (مونت كارلو). وكانت النتيجة إن عامل التراكم يزداد بزيادة الفوتونات المستطارة ويقل بزيادة الالكترونات المستطارة.

وكذلك في عام (1988) قام كل من V.S.Gorev & V.D.Guzov [29] باقتراح صيغة لحساب عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مصدر نقطي للأوساط المتناهية ولمدى طاقي من 0.015MeV إلى 15MeV ولسمك يصل إلى (40mfp).

أما العاني [10] في عام (1989) قام بنشر دراسته و التي تضمنت قياس عامل التراكم لأشعة كاما لمواد مختلفة هي (الحديد، النحاس ، الكونكريت ، الألمنيوم) ولسمك يصل إلى (3 mfp) وكما تضمنت هذه الدراسة تأثير كل من طاقة المصدر المشع و نوع الكاشف وتأثير زاوية التسديد على قياس عامل تراكم أشعة كاما، حيث المصادر المستعملة هي السيزيوم-137 و الكوبلت-60 أما الكواشف المستخدمة فقد استعمل الكاشف ألوميضي يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) و عداد كايرك ملر، أما ما يتعلق بزواوية التسديد فقد استعمل ثلاث زوايا

هي (20° , 30° , 45°). وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة مطابقتها للدراسات العملية السابقة ومخالفتها للدراسات النظرية واثبت إن عامل التراكم يزداد بزيادة المسافة بين المصدر المشع و الكاشف وكذلك يزداد بزيادة سمك الدرع و نقصان طاقة المصدر المشع.

وكذلك في عام 1989 قام كل من Su.M.F & S.H.Jiang [30] بنشر دراسة حول عامل تراكم أشعة كاما وتضمنت الدراسة تأثير الشكل الهندسي للدروع على حساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي باستخدام نموذج نظري (BIGGI-4T) , لقد وجد إن عامل التراكم عند نفس السمك ولكن يختلف بالكثافة لا يؤثر إذا كان الترتيب الهندسي للدرع بشكل شرائح ولكنه يتغير إذا كان الترتيب الهندسي للدرع كروي.

كما قام كل من A. Angelopoulos وجماعته في عام 1991 [31] بحساب عامل التوهين و عامل التراكم لأشعة كاما لمصدر نقطي للماء لمدى الطاقى من 20 KeV إلى 1500 KeV وكانت المسافة من (1-10) cm , وتضمنت هذه الدراسة تأثير المصدر المشع و الشكل الهندسي للمادة على حساب عامل التراكم وقد وجد إن هذين العاملين يؤثران بشكل كبير في العوامل المدروسة وخاصة عند الطاقات الواطئة و المسافات البعيدة عن المصدر.

وفي عام (1993) قام كل من R.E.Faw & J.K.Shultis [32] بنشر دراسة تتعلق بحساب عامل التراكم للهواء لمصدر نقطي و لمدى طاقى من 10MeV إلى 100MeV باستخدام طريقة (مونت كارلو).

أما العطية [5] ففي عام (1994) نشر دراسته و التي تضمنت قياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدري السيزيوم-137 و الكوبلت-60 باستخدام دروع من (الألمنيوم , البراص , الرصاص , الحديد , الكونكريت , النحاس) أما الكاشف المستخدم فهو الكاشف ألوميضي NaI(Tl). أما نتائج هذه الدراسة قد أثبتت إن عامل التراكم يزداد بازدياد سمك الدرع ونقصان العدد الذري لمادة الدرع و نقصان طاقة المصدر المشع كما وجد الباحث تقارب بين قيم معامل الامتصاص النظرية و العملية.

وفي عام 1994 قام S.Kitsos وجماعته [33] بنشر دراسة تتعلق بحساب عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر نقطي لدروع من (الألمنيوم و الحديد و الرصاص و الماء) باستخدام النموذج النظري (SNID).

كما نشر M.Ivan في عام 1994 [34] دراسة تضمنت صيغة رياضية يمكن من خلالها حساب عامل تراكم أشعة كاما للمواد (الماء و الحديد و الرصاص و الكونكريت).

وفي عام 1995 قام كل من Y.Namito , S.Ban & H.Hirayama [35] باستخدام طريقة (مونت كارلو) لحساب عامل تراكم أشعة كاما في المواد (الماء و الحديد و الرصاص) لمدى طاقي من 40 KeV إلى 250 KeV ولسمك يصل إلى 16 mfp.

وكذلك في عام 1995 قام H.Hirayama [36] بنشر دراسة تضمنت حساب عامل تراكم أشعة كاما لسمك يصل إلى 40 mfp باستخدام طريقة (مونت كارلو) للمواد (الماء و الحديد و الرصاص) لمصدر نقطي ولثلاث طاقات هي 0.1 MeV , 1 MeV , 10 MeV, واثبت إن عامل تراكم أشعة كاما يزداد بزيادة سمك المادة و يقل بزيادة طاقة المصدر المشع.

وكذلك قام H.Hirayama في عام 1996 [37] بدراسة تأثير مختلف المصادر ومعامل امتصاص الطاقة للهواء على حساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي وكان مدى الطاقة فيه من 0.1 MeV إلى 10 MeV و لسمك يصل إلى 40 mfp باستخدام طريقة (مونت كارلو) للمواد (الماء و الحديد و الرصاص), وقد وجد إن هذا الاختلاف بالمصادر يؤثر على عامل التراكم بنسبة اقل من 10% ما عدا الرصاص عند الطاقة 0.1 MeV و 10 MeV حيث إن الاختلاف في الرصاص بنسبة تزيد على 30% عند السمك 40 mfp. أما تأثير معامل الامتصاص فقد كان التأثير بنسبة اقل من 2%.

وفي عام 2000 قام G.S.Sidhu وجماعته [38] باستخدام طريقة نظرية لدراسة تأثير طاقة الفوتون الساقط و العدد الذري المؤثر على تحديد عامل تراكم أشعة كاما في مواد مختلفة, ولسمك يصل إلى 40 mfp و لمدى طاقي من 0.015 MeV إلى 15 MeV.

وفي عام (2001) قام ألبيتي [9] بنشر دراسته والتي تضمنت دراسة عامل التراكم لأشعة كاما خلال دروع منفردة ومتعددة الطبقات عمليا ونظريا, حيث تضمنت الدراسة العملية قياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدري السيزيوم-137 و الكوبلت-60 باستخدام دروع من مواد مختلفة هي (الألمنيوم ، الرصاص ، البراص ، الحديد، النحاس) ونظريا استخدم دروع من (الماء و الحديد و الرصاص) حيث أثبتت هذه الدراسة إن عامل التراكم يزداد بزيادة السمك و يقل بزيادة طاقة المصدر المشع ونقصان العدد الذري لمادة الدرع.

وكذلك في عام 2001 قام O.Chibani [39] باستخدام طريقة جديدة لطريقة (مونت كارلو) EGS4 تدعى EB4F لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي مدى طاقته من 20 KeV إلى 10 MeV و لسمك يصل إلى 60 mfp لمواد (الماء و الحديد و الرصاص و الكونكريت و الهواء).

وفي عام 2002 قام A.Shimizu [40] بحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي و لسمك يصل إلى 100 mfp وللطاقات 10 MeV , 1 MeV , 0.1 MeV باستخدام طريقة نظرية تسمى (Invariant Embedding I) باستخدام دروع من (الماء و الرصاص و الحديد).

وفي عام 2003 قام كل من A.Shimizu & H.Hirayama [41] بنشر دراسة تضمنت استخدام النموذج (Invariant Embedding II) لحساب عامل تراكم أشعة كاما لسمك يصل إلى 100 mfp ولطاقة 10 MeV باستخدام دروع من (الماء و الرصاص و الحديد).

وفي عام 2004 قام كل من A.Shimizu , T.Onda & Y.Sakm [42] باستخدام طريقة (Invariant Embedding III) لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي لسمك يصل إلى 100 mfp و لمدى طاقي من 0.015 MeV إلى 15 MeV باستخدام دروع من (الماء و الكونكريت و الرصاص و الحديد).

وكذلك في عام 2004 قام C.Singh و جماعته [43] بدراسة تأثير كل من سمك المادة الماصة وحجم المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر السيزيوم-137 و الذي طاقته 662 KeV للمواد (Perspex & Bakelite), وقد أثبتت هذه الدراسة بأن حجم المسدد و سمك المادة الماصة تمنع وصول الاستطارات المتعددة إلى الكاشف.

### (2-8-1) دراسات الدروع المتعددة الطبقات (Multilayer Layer of Literature Survey)

في عام (1993) قام كل من H.Hirayama & Y.Harima [44] بحساب عامل تراكم أشعة كاما لطبقتين باستخدام مصدرين أحدهما مصدر نقطي والأخر مصدر مستوي وللمواد (الماء و الرصاص) وللطاقات 10MeV , 1MeV 6MeV , 3MeV , 0.5MeV.

في عام 1994 قام K.Shin & H.Hirayama [45] بنشر دراسة تضمنت صيغة جديدة لحساب عامل التراكم لأشعة كاما لمصدر نقطي لدروع متعددة الطبقات من (الماء و الحديد و الرصاص) للطاقات 10MeV و 1MeV.

وفي عام 1995 قام كل من K.Shin & H.Hirayama [46] بنشر دراسة حول عامل التراكم ومن نتائج هذه الدراسة اقتراح صيغة لحساب عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر نقطي للطاقات 0.5MeV , 1MeV , 10MeV وتدعى هذه الصيغة ( Transmission Matrix Method) للمواد (الماء و الحديد و الرصاص) وبيانات هذه الصيغة اعتمدت على طريقة (مونت كارلو).

وكذلك قام كل من K.Shin & H.Hirayama في عام 1998 [47] بنشر دراسة تضمنت وصف صيغة مقترحة لحساب عامل تراكم أشعة كاما لسلك يصل إلى 40 mfp لدروع متعددة الطبقات للمواد (الماء و الحديد و الرصاص) حيث تضمنت هذه الدراسة استخدام مصدرين مشعين بترتيبين هندسيين مختلفين هما مصدر نقطي و آخر مستوي ولمدى طاقي من 0.1 MeV إلى 10 MeV و اعتمدت بيانات هذه الصيغة على طريقة (مونت كارلو) ,ومن الملاحظ من نتائج هذه الصيغة عند مقارنتها مع طريقة (مونت كارلو) وجود نسبة خطأ تقدر بـ 15% عند الطاقات ذات المدى المتوسط و 30% عند الطاقات العالية ونسبة 35% عند الطاقة 0.3 MeV.

وكذلك في عام 1999 قام A.Assad ومجموعته [48] بنشر دراسة تضمنت إيجاد صيغة جديدة لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي لدروع متعددة الطبقات حيث اعتمدت هذه الصيغة على حساب عامل التراكم لدروع أحادية الطبقة , باستخدام دروع من (الماء و الألمنيوم و الحديد و الرصاص) ولمدى طاقي من 40 KeV إلى 10 MeV ولسلك يصل إلى 30 mfp.

وفي عام 2000 قام كل من M.Guvendik & N.Tsoufanidis [49] باقتراح صيغة لحساب عامل تراكم أشعة كاما لمصدر نقطي مدى الطاقة فيه من 0.5 MeV إلى 6 MeV لدروع مكونة من طبقتين باستخدام مختلف الطرق النظرية للمواد (الماء و الرصاص و الستيل و الكونكريت ) ولسلك من 1 mfp إلى 10 mfp.

وفي عام 2004 قام كل من C.Suteau , M.Chiron &G.Arnaud [50] بنشر دراسة تضمنت تحسين الصيغة العامة لحساب عامل تراكم أشعة كاما في دروع متعددة الطبقات , والتحوير الأساسي لهذه الصيغة هو تغيير أول طبقتين من الطبقات المتعددة بدلا" من استبدال الطبقة المضاعفة التي تكافئها بالسمك من المادة الثانية واستخدمت هذه الصيغة طرق مختلفة من الصيغ الرياضية النظرية.

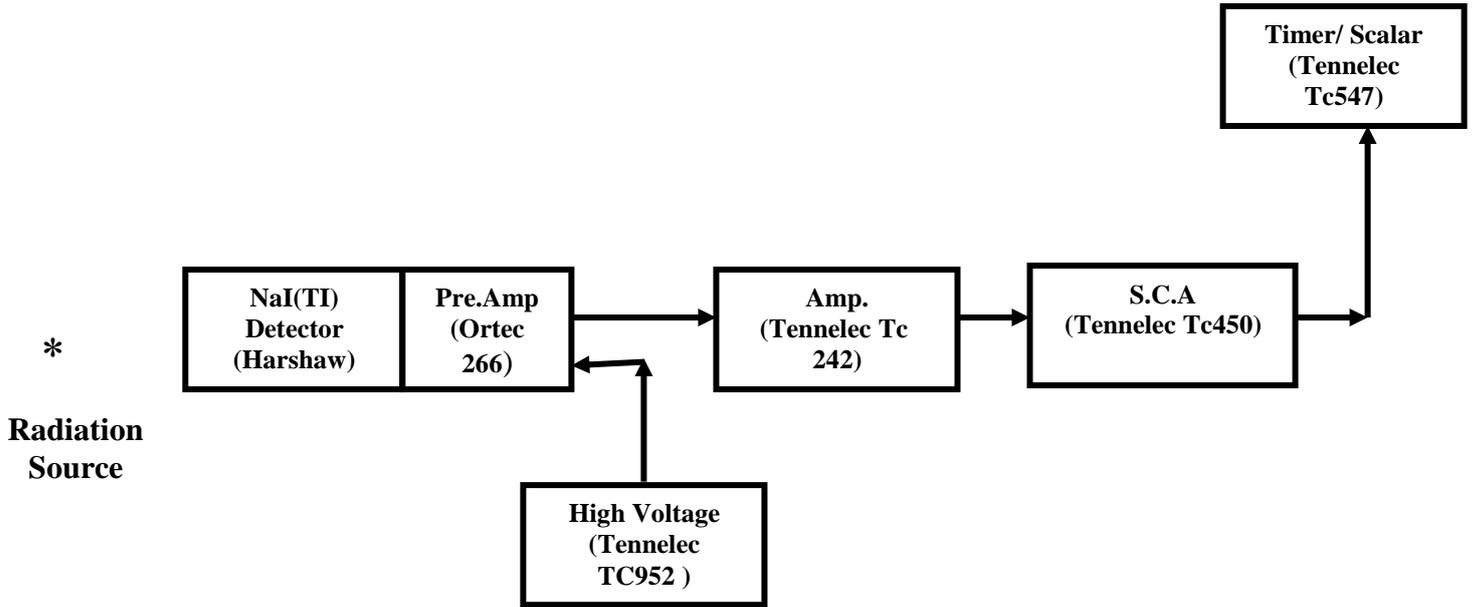
## الفصل الثاني

### (1-2) المقدمة (Introduction)

يتناول هذا الفصل منظومة العد و التحليل الالكترونية باستخدام الكاشف ألوميضي NaI(TI)، ودراسة لكل جزء من أجزائها و تهيئتها لغرض الحصول على أفضل النتائج العملية وأدقها . كما يتضمن هذا الفصل شرحا للترتيبات الهندسية للتجارب و المواد المستخدمة في البحث ، وطريقة إجراء الحسابات.

### (2-2) الأجهزة الالكترونية للمنظومة

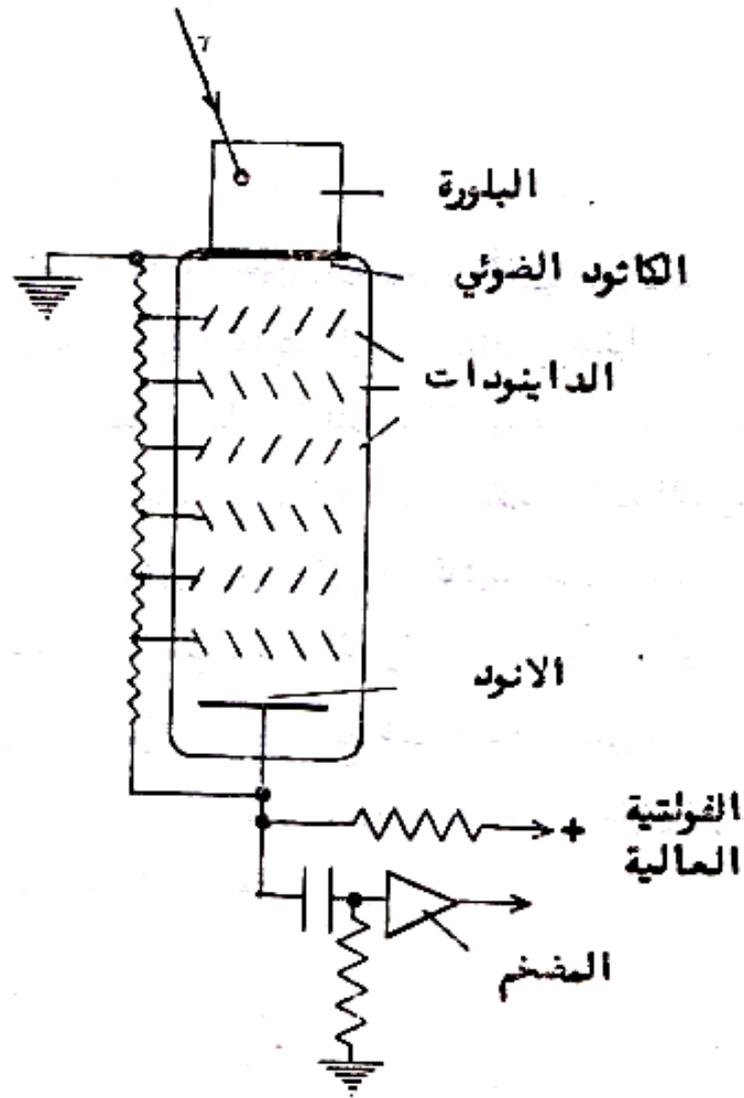
استخدمت منظومة العد والتحليل الالكترونية الموضحة في الشكل (1-2) و تتكون من:



شكل (1-2) يمثل مخططا للمنظومة الالكترونية المستخدمة.

### (1-2-2) الكاشف ألوميضي (Scintillation Detector(Harshaw))

تم استخدام الكاشف ألوميضي يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) بحجم "3×3" ، (7.5×7.5)سم وكما هو واضح في الشكل (2-2)، ويتألف من جزأين أساسيين هما:



شكل(2-2) يوضح تركيب الكاشف ألوميضي [8]

(a) المادة الوميضية (البلورة):

هي عبارة عن بلورة شفافة من الوماضات اللاعضوية Inorganic Scintillation التي لها القابلية على إنتاج فوتونات عند امتصاصها للأشعة النووية، وتصنع من مادة يوديد الصوديوم وتطعم بنسبة قليلة من الثاليوم لتنشيطها .

تتميز هذه البلورة بعدد الفوتونات الكبير الناتجة عن إزالة التهيج الذي يحصل في المادة بعد امتصاصها للأشعة النووية وهي مناسبة للكشف عن أشعة كاما.

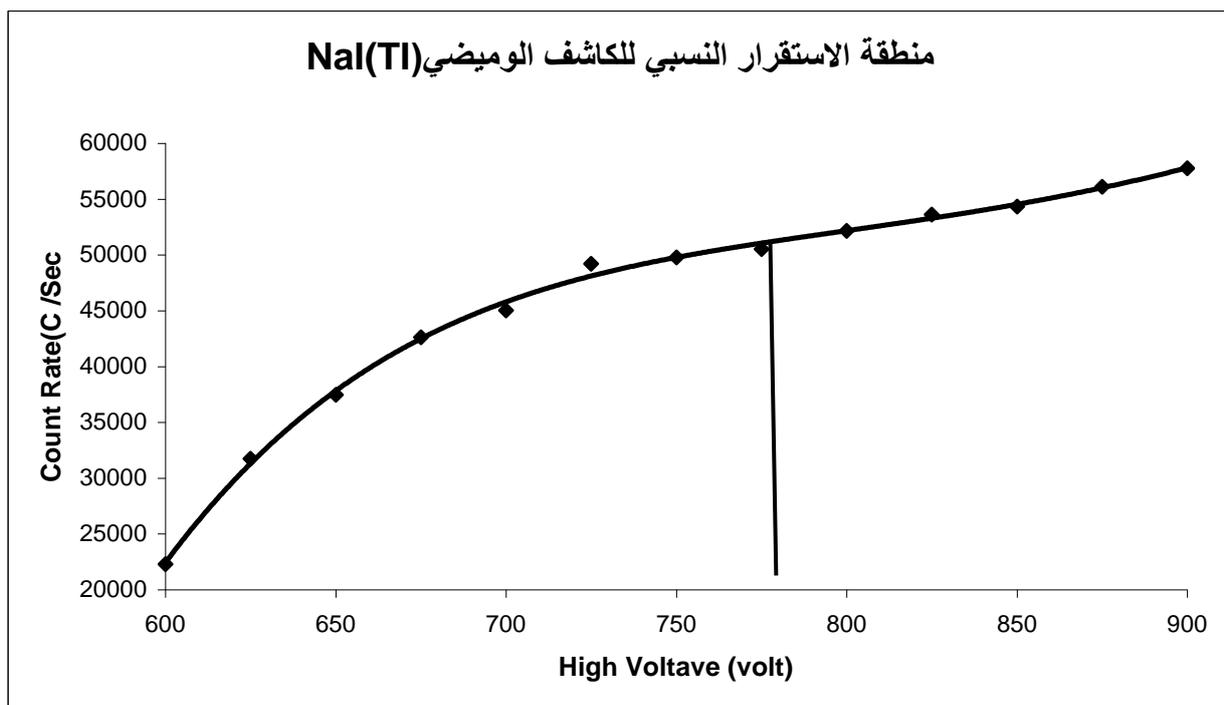
### (b) أنبوب المضاعف الضوئي: (Photomultiplier Tube)

هو الجزء الذي يواجه البلورة ويتكون من الكاثود الضوئي (Photocathode) و عدد من الدايونودات (Dynode) . يصنع الكاثود الضوئي Photocathode بشكل طبقة نصف شفافة من مادة (السيزيوم - انتيمون) (Cs - Sb) مرسبة على نهاية الأنبوبة من جهة البلورة ، ويؤدي إلى إنتاج الكترونات عند سقوط الفوتونات الناتجة من البلورة عليه، حيث توجه هذه الإلكترونات بواسطة المجال الكهربائي لتسقط على الدايونودات و تعمل على تضخيم عدد الإلكترونات الناتجة من الكاثود الضوئي وتكون النبضة الناتجة من أنود المضاعف الضوئي مؤشرا للإشعاع المؤين الذي تفاعل مع البلورة. [8]

### (2-2-2) جهاز الفولتية العالية

( High Voltage Power Supply (Tennelec Tc952))

يقوم هذا الجهاز بتجهيز الفولتية اللازمة لعمل المضاعف الضوئي وبمدى (0-2000) فولت ، حيث يتم تحديد منطقة الاستقرار النسبي للكاشف وذلك من خلال العلاقة البيانية بين معدل العد و الفولتية العالية ومن خلال الشكل (2-3) وجد إن فولتية تشغيل الكاشف تساوي (775) فولت.



شكل (3-2) يوضح منحنى الاستقرار النسبي للكاشف ("3×3")

### (3-2-2) قاعدة المضاعف الضوئي و المضخم الابتدائي (Ortec 266)

تعمل قاعدة المضاعف الضوئي على تجزئة الفولتية التي يسلمها جهاز الفولتية العالية على دايونودات المضاعف الضوئي بحيث يكون فرق الجهد بين أي دايونودين ثابتاً. أما المضخم الابتدائي يعمل بصورة أساسية على توفير ترابط امثل بين النبضات الخارجة من الكاشف والأجهزة الالكترونية الأخرى بالإضافة إلى ذلك يقوم بتشكيل النبضة وتقليل التشويش المصاحب لها, وموقعه اقرب ما يمكن للكاشف لتقليل توهين النبضة.

### (4-2-2) المضخم الرئيسي (Tennelec Tc242)

بسبب صغر النبضة الخارجة من الكاشف بحدود واحد ملي فولت لذا يتوجب استخدام مضخم رئيسي يقوم بتضخيم النبضات الواصلة من المضخم الابتدائي ، وكما يقوم المضخم الرئيسي بالتحكم بكل من التضخيم و زمن تشكيل النبضة . بما إن عامل التراكم في هذه الدراسة هو عامل التراكم العددي لذلك وجد إن أفضل معدل عد عندما تكون قيمة زمن تشكيل النبضة (1µsec) وقيمة الكسب (50).

### (5-2-2) المحلل وحيد القناة (Single Channel Analyzer Tennelec 450 )

يقوم محلل وحيد القناة بتحويل النبضات الالكترونية الخطية الداخلة إليه من المضخم الرئيسي إلى نبضات منطقية.

ويعد المميز الدارة الأساسية في هذا المحلل، حيث توفر هذه الدارة نبضة خارجية منطقية إذا تجاوزت سعة النبضة الخطية الداخلة مقدار العتبة في المميز وتتراوح قيمة العتبة في المميز بين (0.1 – 10) فولت، [4] ويتكون المحلل الوحيد القناة من ثلاث دارات هي المميز العلوي و المميز السفلي ودارة اللاتطابق، ويعمل المحلل بثلاثة أنماط لكل نمط عمل خاص والأنماط هي:

1. النمط التكاملي (Integral)

2. نمط النافذة (Window)

3. النمط الطبيعي (Normal)

في هذه الدراسة تم اعتماد النمط التكاملي، يمكن من خلال هذا النمط الحصول على معدل العد للنبضات الخارجة من الكاشف، إذ أن عمل هذا النمط في المحلل وحيد القناة هو عمل نافذة تستقبل النبضات التي تتجاوز سعتها مقدار العتبة للمميز السفلي و اقل من عتبة المميز العلوي . تم وضع المميز السفلي (L.L.W) عند الفولتية (1) فولت لتقليل مقدار التشويش المصاحب للنبضة و المميز العلوي (U.L.W) عند أعلى فولتية مسموح بها هي (10) فولت.

### (6-2-2) العداد و المؤقت (Timer/Scalar Tennelec Tc547)

يستخدم العداد لتسجيل النبضات الواصلة إليه من المحلل وحيد القناة حيث يعمل على عرض العدد الكلي للنبضات، أما المؤقت يعمل على السيطرة على العداد لتحديد الفترة الزمنية المطلوبة للعد. وفي هذه الدراسة أخذ معدل العد لمدة دقيقة كاملة.

### (7-2-2) الراسمة الكاثودية (Oscilloscope)

وهي من الأجزاء المهمة في المنظومة الالكترونية، و تكمن أهمية عملها في فحص أجزاء المنظومة حيث يمكن من خلالها ملاحظة النبضة في مختلف أجزاء المنظومة.

### (3-2) المصادر المشعة

استخدم في البحث مصدران مشعان هما:

(a) Cs-137: الذي يبعث فوتونات بطاقة (0.662MeV) وبفعالية إشعاعية مقدارها (132.29 $\mu$ Ci)

(b) Co-60: الذي يبعث فوتونين بطاقتين هما (1.333 MeV , 1.173 MeV) وعادة يذكر معدل الطاقة للمصدر المشع (Co-60) الذي يساوي (1.253MeV) وفعاليتيه الإشعاعية (9.009  $\mu$ Ci).

## (4-2) المواد الأخرى المستخدمة في التجارب

تم في هذا البحث استخدام مواد أخرى غير المنظومة الالكترونية والمصادر المشعة هي الأحواض الزجاجية والمسددات وقطع معدنية من مواد (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم)، حيث استخدمت أربعة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة وهي:

$$(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3, (20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3, (15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3, (10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$$

وكانت المسددات والتي هي عبارة عن قطعة من الرصاص بأبعاد  $(5 \times 10 \times 20) \text{cm}$  تحتوي على فتحة صغيرة في مركزها، وقد استعمل في هذا البحث مسددان الأول قطر فتحته  $(1 \text{cm})$  والثاني قطر فتحته  $(2 \text{cm})$ ، أما القطع المعدنية المستخدمة كانت بشكل شرائح مربعة بمساحات ثابتة  $(10 \times 10) \text{cm}^2$ .

## (5-2) الترتيب الهندسي للتجارب

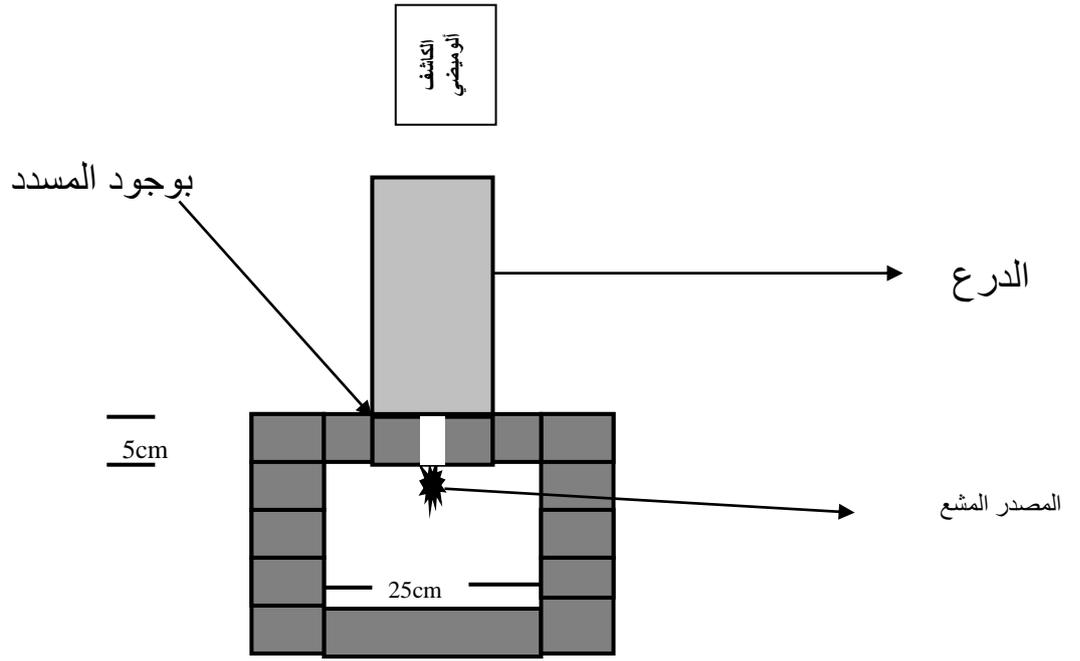
هناك ترتيبان استخدمنا للتجارب في هذا العمل هما:

### (1-5-2) الترتيب الهندسي للحزمة الضيقة:

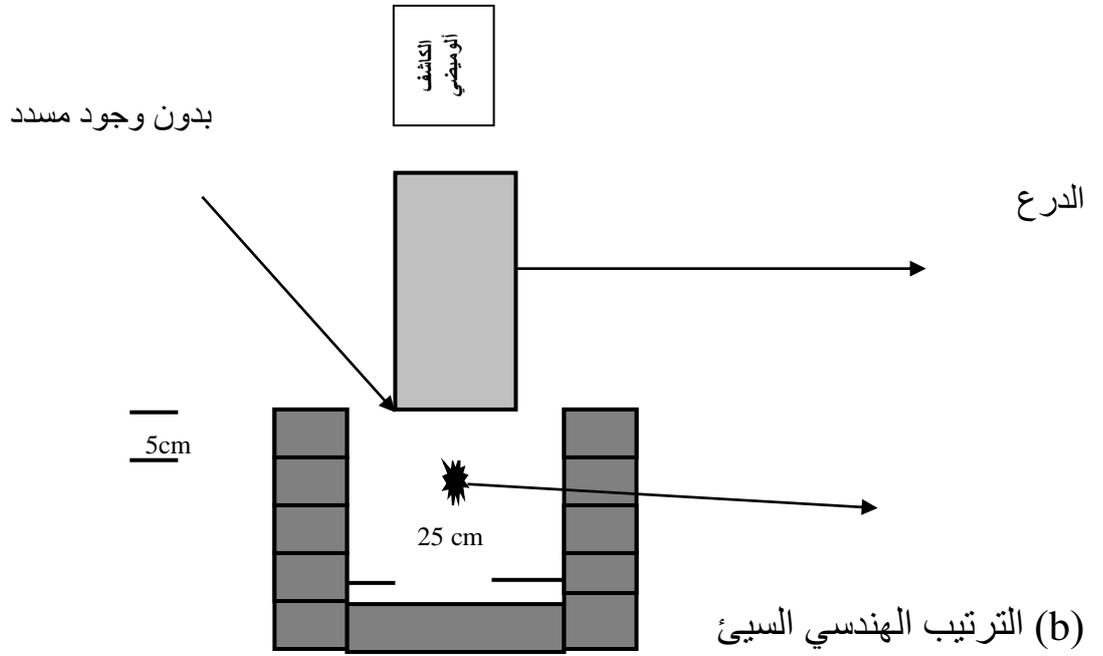
في الترتيب الهندسي للحزمة الضيقة الموضح في الشكل (a-4-2) استعمل مسدد واحد بالقرب من المصدر المشع حيث يعمل هذا المسدد على منع الفوتونات المستطارة بزوايا صغيرة من الوصول إلى الكاشف، وهذا الترتيب يدعى أحيانا بالترتيب الهندسي الجيد (Good Geometry).

### (2-5-2) الترتيب الهندسي للحزمة العريضة:

في الترتيب الهندسي للحزمة العريضة الموضح في الشكل (b-4-2) يتم رفع المسدد، حيث يصل عدد كبير من الفوتونات المستطارة الثانوية إلى الكاشف، ويدعى هذا الترتيب بالترتيب الهندسي السيئ (Bad Geometry).



(a) الترتيب الهندسي الجيد



(b) الترتيب الهندسي السيئ

شكل (4-2) يمثل الترتيب الهندسي للتجارب.

## (6-2) المواد المستخدمة كدروع (The Material used as Shield )

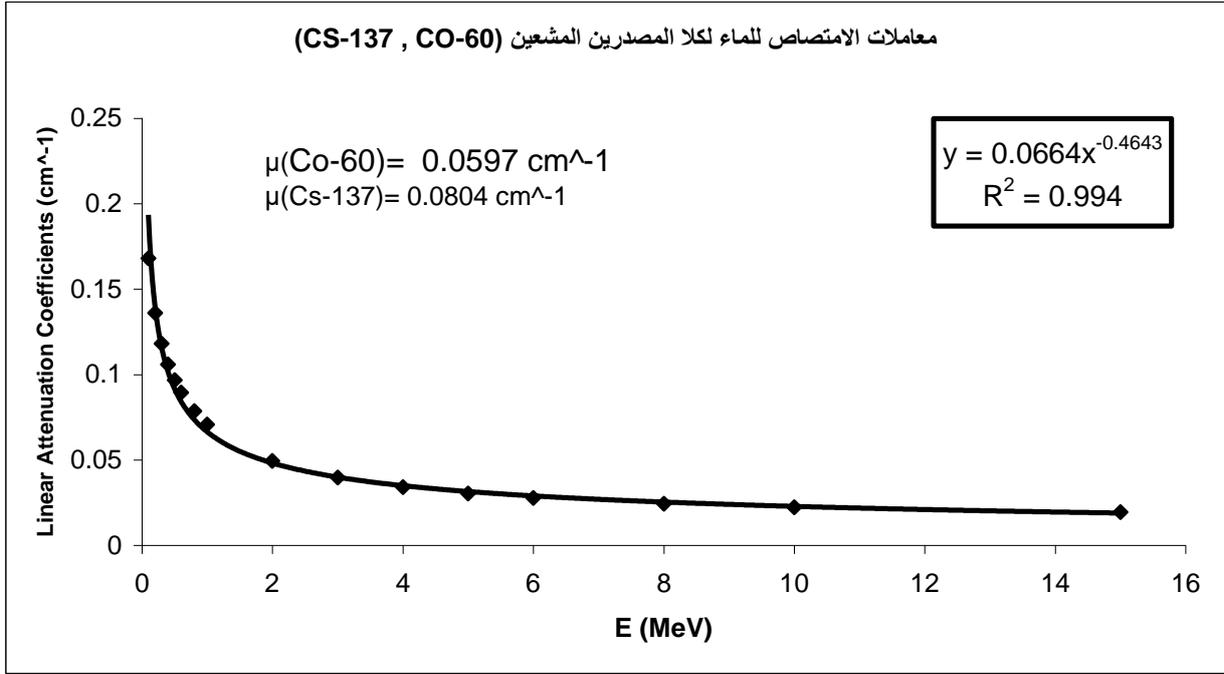
استخدم في هذا العمل خمسة دروع هي (الماء، الحديد، النحاس، البراص، الألمنيوم)، حيث استخدم الماء كدروع منفرد، واستعملت بقية المواد كدروع متعددة الطبقات.

ويوضح الجدول (1-2) القيم النظرية لمعاملات الامتصاص والأعداد الذرية لكل المواد.

**جدول (1-2) يوضح القيم النظرية لمعاملات امتصاص أشعة كاما لمصدر السيزيوم-137 و الكوبلت-60 و الأعداد الذرية للمواد المستخدمة في البحث**

Shield Material	Absorption Coff.of Cs-137(cm <sup>-1</sup> )	Absorption Coff.of Co-60(cm <sup>-1</sup> )	Atomic Number Z
Aluminum[5]	0.201	0.149	13
Iron[9]	0.577	0.421	26
Copper[5]	0.650	0.472	29
Brass[9]	0.615	0.446	29.28[9]
Water[22]*	0.0804	0.0597	4.289[8]

\*تم اعتماد معاملات امتصاص الماء لأشعة كاما من البحث المنشور [22]، حيث تضمن ذلك البحث قيم معاملات امتصاص أشعة كاما في الماء لمدى من الطاقة من 0.1MeV إلى 15MeV، ولم يعطي معاملات الامتصاص للماء عند طاقات مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 بشكل مباشر، إذ تم إيجاد المعاملات المطلوبة من خلال رسم علاقة بيانية بين معاملات الامتصاص وهذا المدى من الطاقة واستخراج منحنى لدالة أسية معادلتها هي  $(Y=0.0664X^{-0.4643})$ ، و تم من خلال هذه المعادلة يمكن حساب المعاملات المطلوبة. (والشكل (2-2) يوضح هذا المنحني)



شكل (5-2) يوضح علاقة معامل الامتصاص والطاقة.

## (7-2) طريقة حساب عامل التراكم (Buildup Factor Calculation)

يمكن حساب عامل التراكم من خلال العلاقة الآتية [9]:

القراءة بدون مسدد

————— = عامل التراكم

القراءة بوجود مسدد

أي إن:

$$B = \frac{(I/I_0)_{w_0}}{(I/I_0)_w} \dots\dots\dots(1-2)$$

حيث إن :

القراءة المعايرة بدون وجود مسدد.  $\left(\frac{I}{I_0}\right)_{w_0}$

القراءة المعايرة بوجود مسدد.  $\left(\frac{I}{I_0}\right)_w$

## (8-2) التراوح الإحصائي القياسي و التراوح الإحصائي النسبي

يمكن حساب كل من التراوح الإحصائي القياسي و التراوح الإحصائي النسبي بالعلاقات الآتية: [9]

$$S.D = B . [ (1/I(w)) + (1/I(w_0))]^{1/2} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$F.S.D = \frac{S.D}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(3-2)$$

S.D : التراوح الإحصائي.  
F.S.D : التراوح الإحصائي النسبي.  
B : عامل التراكم.

## الفصل الثالث

### (Introduction)

### (1-3) المقدمة

يتناول هذا الفصل النتائج العملية لقيم عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد والذي يمثل الجزء الأول من هذا الفصل و استخدام الماء مع دروع أخرى هي (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم) كدروع مكونة من طبقتين والذي يمثل الجزء الثاني منه.

سيتم في الجزء الأول دراسة خمسة من العوامل التي تؤثر على عامل التراكم و هي :

1 - تأثير سمك المادة المدروسة.

2- تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف .

3 - تأثير حجم الأحواض الزجاجية.

4 - تأثير طاقة المصدر المشع.

5 – تأثير قطر فتحة المسدد.

وكذلك تم في هذا الجزء استخدام معادلة تايلور والاعلومات المنشورة في البحوث السابقة لحساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء لمدى الطاقات الواطئة ومن ضمنها الطاقات المستخدمة في هذا البحث وأجريت مقارنة بين تلك النتائج مع النتائج العملية المستخرجة.

وفي الجزء الثاني سوف يدرس تأثير السمك وطاقة المصدر المشع وقطر فتحة المسدد و العدد الذري للمواد المستخدمة على قيم عامل التراكم في الدروع ذات الطبقتين.

## الجزء الأول

### (2-3) قياس عامل التراكم لأشعة كاما في الماء

تم قياس عامل التراكم للأحواض الزجاجية المستخدمة قبل وضع الماء وبعده ،وكما ذكر في مقدمة هذا الفصل فقد درست خمسة عوامل تؤثر على عامل تراكم أشعة كاما في الماء فكان العامل الأول هو دراسة سمك الماء، وكما موضح في جميع الجداول ،أما العامل الثاني هو دراسة تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف ،ولدراسة هذا العامل استخدمت ثلاث مسافات هي (41 , 51 , 71) cm وكما هو واضح في الجداول من (1-3) إلى (9-3). إذ كانت الجداول (1-3)،(2-3)،(3-3) هي لقياس عامل التراكم لأشعة كاما في الماء عند المسافات (71,51,41) cm للحوض الزجاجي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ولكلا المصدرين المشعـين (CO-60 , Cs-137) ولمسدد قطره (1 cm). أما الجداول (4-3) , (5-3) , (6-3) هي للمسافات نفسها المستخدمة في أعلاه و للحوض الزجاجي الذي حجمه  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  ولكلا المصدرين المشعـين و المسدد (1 cm) في حين الجداول (7-3) , (8-3) , (9-3) أيضا المسافات نفسها و للمصادر المشعة نفسها وكذلك للمسدد نفسه الذي ورد ذكره في أعلاه و لكن الذي يختلف هنا هو حجم الحوض حيث كان حجم الحوض في هذه الجداول هو  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$ . أما العامل الثالث هو تأثير حجم الأحواض الزجاجية ،حيث استخدم في هذا العامل أربعة أحواض زجاجية فكانت الأحواض هي على التوالي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  . أما العامل الرابع فهو تأثير طاقة المصدر المشع حيث تم في هذا العمل استخدام مصدرين مشعـين هما (السيوميوم-137 و الكوبلت-60). أما العامل الأخير هو دراسة تأثير قطر فتحة المسدد فهناك مسددان استعملتا لدراسة هذا العامل و قطر فتحتيهما على التوالي (2,1) cm فقد درس هذا العامل لبعده واحد فقط هو (41cm) و لكلا المصدرين و لجميع الأحواض . وفي ما يأتي الجداول التي تضم النتائج :

**جدول (1-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)**

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		I(I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		142228	279384					
	Glass(0)	0	137579	269523	1	1	1	0.003313	0.331343
	2	0.1608	119107	247895	0.865735	0.919755	1.062397	0.003526	0.352559
	4	0.3216	103598	221692	0.753007	0.822535	1.092333	0.003763	0.376344
	6	0.4824	87077	191542	0.632924	0.71067	1.122837	0.004087	0.408716
	8	0.6432	77550	173520	0.563676	0.643804	1.142152	0.004319	0.431948
	10	0.804	66010	152879	0.479797	0.567221	1.182209	0.004657	0.465729
	12	0.9648	58810	139445	0.427463	0.517377	1.210342	0.004917	0.491683
	14	1.1256	50263	124425	0.365339	0.461649	1.263617	0.005285	0.52851
	16	1.2864	44911	113966	0.326438	0.422843	1.295325	0.005571	0.557143
	18	1.4472	36978	95874	0.268776	0.355717	1.323469	0.006122	0.612156
	20	1.608	33778	89577	0.245517	0.332354	1.353689	0.006385	0.638503
	22	1.7688	30993	84592	0.225274	0.313858	1.393227	0.00664	0.663979
	24	1.9296	27840	78541	0.202356	0.291407	1.44007	0.006975	0.697508
	26	2.0904	23788	69825	0.172904	0.259069	1.498336	0.007507	0.75073
	28	2.2512	18150	53989	0.131924	0.200313	1.518396	0.00858	0.858013
	30	2.412	13584	41653	0.098736	0.154543	1.565218	0.00988	0.988048
Co-60	Air		78300	134671					
	Glass(0)	0	75685	126077	1	1	1	0.004598	0.45983
	2	0.1194	69740	120617	0.921451	0.956693	1.038247	0.004939	0.475707
	4	0.2388	64604	113036	0.853591	0.896563	1.050343	0.00518	0.49321
	6	0.3582	58402	105038	0.771646	0.833126	1.079674	0.005573	0.516169
	8	0.4776	52972	97510	0.699901	0.773416	1.105037	0.005964	0.539752
	10	0.597	48738	91323	0.643959	0.724343	1.124829	0.00631	0.560964
	12	0.7164	45069	85922	0.595481	0.681504	1.144459	0.006656	0.581607
	14	0.8358	41096	79942	0.542987	0.634073	1.167749	0.007088	0.606979
	16	0.9552	38052	74862	0.502768	0.59378	1.181022	0.007436	0.629585
	18	1.0746	34572	69968	0.456788	0.554962	1.214923	0.007987	0.657399
	20	1.194	31878	65980	0.421193	0.523331	1.242497	0.008475	0.682098
	22	1.3134	30459	63934	0.402444	0.507103	1.260057	0.008773	0.696219
	24	1.4328	29077	62386	0.384184	0.494825	1.287987	0.009146	0.710075
	26	1.5522	27196	59254	0.359331	0.469983	1.307936	0.00958	0.732438
	28	1.6716	26074	57730	0.344507	0.457895	1.329131	0.009917	0.746153
	30	1.791	24568	55559	0.324609	0.440675	1.357559	0.010401	0.766174

جدول (2-3) عامل تراكم الماء لحوض  $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}^3$  وبمسافة (51cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		105188	167520					
	Glass(0)	0	100344	166371	1	1	1	0.003997	0.399705
	2	0.1608	86220	150169	0.859244	0.902615	1.050476	0.004273	0.427287
	4	0.3216	78114	137813	0.778462	0.828347	1.064082	0.004479	0.447862
	6	0.4824	70257	127076	0.700161	0.763811	1.090907	0.004701	0.470136
	8	0.6432	61682	114147	0.614705	0.686099	1.116143	0.004997	0.499728
	10	0.804	55028	103145	0.548394	0.61997	1.13052	0.005279	0.527898
	12	0.9648	49199	94697	0.490303	0.569192	1.160897	0.005557	0.555748
	14	1.1256	44398	87504	0.442458	0.525957	1.188716	0.005827	0.58268
	16	1.2864	40244	80412	0.40106	0.483329	1.205129	0.006106	0.610609
	18	1.4472	37177	75765	0.370495	0.455398	1.229159	0.006332	0.633222
	20	1.608	33026	68998	0.329128	0.414724	1.260069	0.006691	0.669121
	22	1.7688	30056	63945	0.29953	0.384352	1.283185	0.006994	0.699354
	24	1.9296	27096	58722	0.270031	0.352958	1.307102	0.007344	0.734406
	26	2.0904	24534	54478	0.244499	0.327449	1.339265	0.007689	0.768868
	28	2.2512	22293	50511	0.222166	0.303605	1.366568	0.008041	0.804082
	30	2.412	21113	48848	0.210406	0.293609	1.395438	0.008236	0.823625
Co-60	Air		53569	75863					
	Glass(0)	0	51725	74932	1	1	1	0.005717	0.571651
	2	0.1194	47947	71163	0.92696	0.949701	1.024533	0.006053	0.590835
	4	0.2388	43913	66556	0.848971	0.888219	1.04623	0.006432	0.614795
	6	0.3582	40559	62367	0.784128	0.832315	1.061453	0.006771	0.637884
	8	0.4776	37075	58746	0.716771	0.783991	1.093781	0.007255	0.663286
	10	0.597	34668	55833	0.670237	0.745116	1.11172	0.007602	0.683781
	12	0.7164	32243	52790	0.623354	0.704505	1.130185	0.007988	0.706806
	14	0.8358	29781	49829	0.575756	0.66499	1.154984	0.00846	0.732442
	16	0.9552	28012	47607	0.541556	0.635336	1.173167	0.008834	0.753023
	18	1.0746	27136	46980	0.524621	0.626968	1.195089	0.009112	0.762477
	20	1.194	26035	45746	0.503335	0.6105	1.21291	0.009416	0.776335
	22	1.3134	25045	44925	0.484195	0.599544	1.238227	0.009765	0.78859
	24	1.4328	24161	43955	0.467105	0.586599	1.255818	0.010057	0.800872
	26	1.5522	23054	42981	0.445703	0.5736	1.286955	0.010506	0.816349
	28	1.6716	22020	41901	0.425713	0.559187	1.313531	0.010933	0.83234
	30	1.791	21057	40745	0.407095	0.54376	1.335706	0.011336	0.848723

جدول (3-3) عامل تراكم الماء لحوض  $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}^3$  وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		74005	129703					
	Glass(0)	0	69778	110105	1	1	1	0.004839	0.483874
	2	0.1608	61998	102059	0.888504	0.926924	1.043242	0.005092	0.509194
	4	0.3216	55769	92934	0.799235	0.844049	1.056071	0.005356	0.535644
	6	0.4824	48964	83403	0.701711	0.757486	1.079484	0.005693	0.569325
	8	0.6432	43939	76081	0.629697	0.690986	1.097331	0.005992	0.599189
	10	0.804	39707	70008	0.569048	0.635829	1.117357	0.006282	0.62824
	12	0.9648	35959	64419	0.515334	0.585069	1.135319	0.006583	0.658277
	14	1.1256	32587	59246	0.46701	0.538086	1.152195	0.006897	0.68968
	16	1.2864	29991	55630	0.429806	0.505245	1.175519	0.007164	0.716375
	18	1.4472	27649	51992	0.396242	0.472204	1.191704	0.007443	0.744321
	20	1.608	25623	48947	0.367207	0.444548	1.210619	0.007711	0.771088
	22	1.7688	23956	46536	0.343317	0.422651	1.23108	0.007952	0.795185
	24	1.9296	22907	44935	0.328284	0.40811	1.243163	0.008118	0.811844
	26	2.0904	21450	42764	0.307403	0.388393	1.263463	0.008367	0.836685
	28	2.2512	20061	40688	0.287497	0.369538	1.285361	0.008627	0.862701
	30	2.412	19026	39465	0.272665	0.358431	1.314547	0.008826	0.882602
Co-60	Air		42628	67743					
	Glass(0)	0	41366	53520	1	1	1	0.006547	0.654668
	2	0.1194	39526	51982	0.955519	0.971263	1.016477	0.006784	0.667362
	4	0.2388	37670	49919	0.910651	0.932717	1.02423	0.00699	0.682486
	6	0.3582	35512	47876	0.858483	0.894544	1.042006	0.007298	0.700334
	8	0.4776	33466	45816	0.809022	0.856054	1.058134	0.007609	0.719079
	10	0.597	31335	43965	0.757506	0.821469	1.084438	0.008017	0.739314
	12	0.7164	29277	41805	0.707755	0.78111	1.103644	0.008411	0.762083
	14	0.8358	27277	39957	0.659406	0.746581	1.132201	0.008892	0.785416
	16	0.9552	25500	37986	0.616448	0.709753	1.151359	0.009321	0.809575
	18	1.0746	23743	35943	0.573974	0.671581	1.170055	0.009785	0.836298
	20	1.194	22507	34826	0.544094	0.65071	1.195951	0.010228	0.855247
	22	1.3134	21553	33933	0.521032	0.634025	1.216864	0.010599	0.871017
	24	1.4328	20618	32960	0.498429	0.615845	1.235572	0.010971	0.887925
	26	1.5522	19407	31511	0.469153	0.588771	1.254964	0.011451	0.912484
	28	1.6716	18429	30438	0.445511	0.568722	1.276562	0.011915	0.933359
	30	1.791	17830	29945	0.43103	0.55951	1.298077	0.012279	0.945938

جدول (4-3) عامل تراكم الماء لحوض  $15 \times 15 \times 30 \text{ cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		142228	276114					
	Glass(0)	0	137579	264889	1	1	1	0.003323	0.332321
	2	0.1608	121107	250946	0.880272	0.947363	1.076216	0.003766	0.349887
	4	0.3216	105898	225949	0.769725	0.852995	1.108181	0.004127	0.372409
	6	0.4824	94462	206538	0.686602	0.779715	1.135615	0.004461	0.392785
	8	0.6432	85077	190580	0.618387	0.719471	1.163465	0.004797	0.412325
	10	0.804	72972	169214	0.530401	0.638811	1.204393	0.005334	0.442872
	12	0.9648	64827	156007	0.471198	0.588952	1.249903	0.005841	0.467286
	14	1.1256	58586	142433	0.425835	0.537708	1.262714	0.006198	0.490813
	16	1.2864	53056	132859	0.38564	0.501565	1.300603	0.006679	0.513564
	18	1.4472	48212	124652	0.350431	0.470582	1.342865	0.007202	0.536321
	20	1.608	41308	109997	0.300249	0.415257	1.38304	0.007981	0.577058
	22	1.7688	36323	99865	0.264016	0.377007	1.427972	0.00875	0.612734
	24	1.9296	31998	91384	0.232579	0.34499	1.483322	0.009635	0.649575
	26	2.0904	27825	81954	0.202247	0.30939	1.52976	0.010614	0.693836
	28	2.2512	24879	74973	0.180834	0.283036	1.565165	0.011452	0.73166
	30	2.412	19787	61639	0.143823	0.232697	1.617945	0.01322	0.817078
Co-60	Air		78250	137451					
	Glass(0)	0	75999	126241	1	1	1	0.004591	0.459123
	2	0.1194	70735	124990	0.930736	0.99009	1.063772	0.005005	0.470509
	4	0.2388	64890	118172	0.853827	0.936083	1.096337	0.005357	0.488599
	6	0.3582	59285	110948	0.780076	0.878859	1.126632	0.005732	0.508733
	8	0.4776	53947	103091	0.709838	0.816621	1.150432	0.006113	0.531384
	10	0.597	49721	97637	0.654232	0.773418	1.182176	0.006513	0.550947
	12	0.7164	45823	91474	0.602942	0.724598	1.201771	0.006878	0.572321
	14	0.8358	42476	86924	0.558902	0.688556	1.23198	0.007293	0.592005
	16	0.9552	38643	81448	0.508467	0.645179	1.26887	0.007838	0.617703
	18	1.0746	34980	76080	0.460269	0.602657	1.309357	0.008458	0.646002
	20	1.194	33116	74166	0.435743	0.587495	1.348262	0.008911	0.66091
	22	1.3134	32172	72996	0.423321	0.578227	1.36593	0.009141	0.669196
	24	1.4328	30289	70252	0.398545	0.556491	1.396308	0.009598	0.687385
	26	1.5522	28852	68089	0.379637	0.539357	1.42072	0.00998	0.702469
	28	1.6716	27368	66521	0.36011	0.526937	1.463266	0.010508	0.718136
	30	1.791	26045	65758	0.342702	0.520893	1.519958	0.011128	0.732136

جدول (5-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (51cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		105118	167421					
	Glass(0)	0	99559	166547	1	1	1	0.004006	0.400607
	2	0.1608	85751	152068	0.861308	0.913064	1.060089	0.004527	0.427056
	4	0.3216	77979	140969	0.783244	0.846422	1.080661	0.004823	0.446293
	6	0.4824	69961	129122	0.702709	0.775289	1.103286	0.005179	0.46945
	8	0.6432	60677	114995	0.609458	0.690466	1.132918	0.005685	0.501764
	10	0.804	55681	107444	0.559276	0.645127	1.153503	0.006023	0.522175
	12	0.9648	48788	96266	0.490041	0.578011	1.179515	0.006555	0.55574
	14	1.1256	43966	88246	0.441607	0.529856	1.199836	0.007004	0.583753
	16	1.2864	40202	82447	0.403801	0.495037	1.225945	0.007457	0.608304
	18	1.4472	36935	77243	0.370986	0.463791	1.250158	0.007909	0.63262
	20	1.608	32496	69137	0.326399	0.41512	1.271816	0.008554	0.672585
	22	1.7688	29084	64037	0.292128	0.384498	1.316196	0.009307	0.707101
	24	1.9296	27080	60937	0.272	0.365885	1.345167	0.009824	0.730329
	26	2.0904	24190	55753	0.242972	0.334758	1.377768	0.010608	0.769907
	28	2.2512	22435	52754	0.225344	0.316751	1.405637	0.011204	0.797052
	30	2.412	20345	49046	0.204351	0.294487	1.441085	0.012017	0.833913
CO-60	Air		53654	77470					
	Glass(0)	0	50510	76820	1	1	1	0.005728	0.572848
	2	0.1194	46604	73122	0.922669	0.951861	1.031639	0.006115	0.592732
	4	0.2388	42484	69015	0.841101	0.898399	1.068123	0.006587	0.616667
	6	0.3582	39707	65325	0.786122	0.850364	1.081721	0.006883	0.636338
	8	0.4776	36700	61947	0.726589	0.806392	1.109832	0.007311	0.658717
	10	0.597	33259	57856	0.658464	0.753137	1.143779	0.007871	0.688123
	12	0.7164	31436	55774	0.622372	0.726035	1.166561	0.008227	0.705267
	14	0.8358	28951	52287	0.573174	0.680643	1.187499	0.008699	0.732573
	16	0.9552	27877	51354	0.551911	0.668498	1.211243	0.009011	0.743939
	18	1.0746	26924	50744	0.533043	0.660557	1.239219	0.009343	0.753978
	20	1.194	25986	49766	0.514472	0.647826	1.259205	0.009637	0.765352
	22	1.3134	24650	48665	0.488022	0.633494	1.298084	0.010148	0.781771
	24	1.4328	23662	47777	0.468462	0.621934	1.32761	0.010554	0.794937
	26	1.5522	22767	46969	0.450742	0.611416	1.356465	0.010954	0.807551
	28	1.6716	21658	45778	0.428786	0.595913	1.389766	0.011462	0.824723
	30	1.791	20725	44887	0.410315	0.584314	1.424063	0.01196	0.839816

جدول (6-3) عامل تراكم الماء لحوض (15×15×30)cm<sup>3</sup> وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
CS-137	Air		74005	128760					
	Glass(0)	0	69654	112952	1	1	1	0.004818	0.481768
	2	0.1608	60426	103116	0.867517	0.912919	1.052336	0.005391	0.512318
	4	0.3216	54092	93991	0.776581	0.832132	1.071533	0.005783	0.539688
	6	0.4824	47641	84460	0.683966	0.747751	1.093257	0.006264	0.572977
	8	0.6432	42632	77438	0.612054	0.685583	1.120135	0.006755	0.603076
	10	0.804	38423	71065	0.551627	0.629161	1.140556	0.007222	0.633227
	12	0.9648	34525	65476	0.495664	0.57968	1.169501	0.007778	0.665111
	14	1.1256	31793	60903	0.456442	0.539194	1.181298	0.008173	0.691903
	16	1.2864	28761	56687	0.412912	0.501868	1.215435	0.008799	0.723948
	18	1.4472	26091	52049	0.37458	0.460806	1.230195	0.009332	0.758552
	20	1.608	24538	50004	0.352284	0.442701	1.25666	0.009795	0.779433
	22	1.7688	23025	47593	0.330562	0.421356	1.274664	0.010233	0.802761
	24	1.9296	21707	45992	0.31164	0.407182	1.306576	0.010759	0.823474
	26	2.0904	20348	43921	0.29213	0.388847	1.331075	0.011288	0.848016
	28	2.2512	19020	41845	0.273064	0.370467	1.356704	0.011864	0.874494
	30	2.412	18035	40522	0.258923	0.358754	1.385565	0.012403	0.89513
CO-60	Air		42628	64219					
	Glass(0)	0	41025	53734	1	1	1	0.006556	0.655634
	2	0.1194	39319	52616	0.958416	0.979194	1.02168	0.006811	0.666623
	4	0.2388	37275	50922	0.908592	0.947668	1.043007	0.00711	0.681656
	6	0.3582	34441	48501	0.839512	0.902613	1.075163	0.007576	0.704651
	8	0.4776	32381	46159	0.789299	0.859028	1.088342	0.007889	0.72489
	10	0.597	30440	44143	0.741987	0.82151	1.107176	0.008249	0.745018
	12	0.7164	28491	42165	0.694479	0.784699	1.12991	0.008665	0.76691
	14	0.8358	27022	40314	0.658672	0.750251	1.139037	0.008955	0.786207
	16	0.9552	25465	38924	0.620719	0.724383	1.167006	0.009406	0.805982
	18	1.0746	24024	37408	0.585594	0.69617	1.188827	0.009829	0.826785
	20	1.194	23086	36717	0.56273	0.68331	1.214277	0.010199	0.83995
	22	1.3134	22050	35725	0.537477	0.664849	1.236981	0.010594	0.856406
	24	1.4328	21162	34926	0.515832	0.64998	1.260061	0.010977	0.871128
	26	1.5522	20067	33958	0.489141	0.631965	1.29199	0.011504	0.8904
	28	1.6716	19158	32914	0.466984	0.612536	1.311686	0.01192	0.908734
	30	1.791	18125	31946	0.441804	0.594521	1.345668	0.012514	0.929921

جدول (7-3) عامل تراكم الماء لحوض (20×20×30)cm<sup>3</sup> وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
CS-137	Air		142228	272098					
	Glass(0)	0	137579	267438	1	1	1	0.003318	0.331779
	2	0.1608	122454	259394	0.890063	0.969922	1.089723	0.003778	0.34672
	4	0.3216	108968	239840	0.792039	0.896806	1.132274	0.004137	0.365328
	6	0.4824	96402	221287	0.700703	0.827433	1.180861	0.004557	0.385905
	8	0.6432	84349	202958	0.613095	0.758897	1.237814	0.005071	0.409666
	10	0.804	75398	188817	0.548034	0.706022	1.28828	0.00555	0.430803
	12	0.9648	68158	176439	0.49541	0.659738	1.331701	0.006006	0.450993
	14	1.1256	61256	164785	0.445242	0.616162	1.383879	0.006549	0.473217
	16	1.2864	54256	149815	0.394363	0.560186	1.420485	0.007117	0.501059
	18	1.4472	48112	139703	0.349705	0.522375	1.493762	0.007896	0.52861
	20	1.608	42408	129402	0.308245	0.483858	1.56972	0.008783	0.559538
	22	1.7688	37454	119241	0.272236	0.445864	1.637783	0.009701	0.592333
	24	1.9296	33110	108320	0.240662	0.405028	1.682978	0.010569	0.627967
	26	2.0904	29754	99857	0.216268	0.373384	1.726483	0.011403	0.660479
	28	2.2512	26096	91798	0.18968	0.34325	1.809624	0.012695	0.701524
	30	2.412	22664	83974	0.164734	0.313994	1.906063	0.014268	0.74854
CO-60	Air		78639	130774					
	Glass(0)	0	76073	123830	1	1	1	0.004607	0.460661
	2	0.1194	68458	120161	0.899899	0.970371	1.078311	0.005163	0.478849
	4	0.2388	64143	117205	0.843177	0.946499	1.122539	0.005513	0.491144
	6	0.3582	59351	111828	0.780185	0.903077	1.157516	0.005878	0.507851
	8	0.4776	54959	106912	0.722451	0.863377	1.195067	0.006273	0.52487
	10	0.597	50449	101166	0.663166	0.816975	1.231932	0.006715	0.545039
	12	0.7164	46874	96307	0.616171	0.777736	1.262207	0.007109	0.563181
	14	0.8358	42413	89681	0.55753	0.724227	1.298991	0.007655	0.589307
	16	0.9552	39858	85782	0.523944	0.69274	1.322164	0.008015	0.606189
	18	1.0746	36845	80973	0.484337	0.653905	1.350101	0.008484	0.628415
	20	1.194	34024	76995	0.447255	0.62178	1.390215	0.00905	0.650991
	22	1.3134	32034	73970	0.421096	0.597351	1.418565	0.009488	0.668848
	24	1.4328	30004	70996	0.394411	0.573334	1.453648	0.01001	0.68858
	26	1.5522	28056	68799	0.368804	0.555592	1.506472	0.010671	0.708365
	28	1.6716	26029	65993	0.342158	0.532932	1.557561	0.0114	0.731928
	30	1.791	24099	62829	0.316788	0.507381	1.601643	0.012136	0.757705

جدول (8-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (51cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		105188	169012					
	Glass(0)	0	99559	168733	1	1	1	0.003996	0.399635
	2	0.1608	89027	162969	0.894213	0.96584	1.080099	0.004501	0.416758
	4	0.3216	80353	151426	0.807089	0.89743	1.111934	0.004853	0.436451
	6	0.4824	72253	140919	0.72573	0.83516	1.150785	0.005266	0.457565
	8	0.6432	65064	130799	0.653522	0.775183	1.186162	0.00569	0.479737
	10	0.804	58193	119540	0.584508	0.708457	1.21205688	0.006127	0.505466
	12	0.9648	53022	111991	0.532569	0.663717	1.246257	0.00657	0.527156
	14	1.1256	46346	99874	0.465513	0.591906	1.271513	0.007146	0.562045
	16	1.2864	40910	90784	0.410912	0.538033	1.309364	0.007797	0.595475
	18	1.4472	36993	83919	0.371569	0.497348	1.338509	0.008353	0.624086
	20	1.608	32635	76188	0.327796	0.45153	1.377474	0.009113	0.661569
	22	1.7688	29903	71641	0.300355	0.424582	1.413603	0.009732	0.688476
	24	1.9296	27086	66681	0.27206	0.395186	1.452572	0.010466	0.720529
	26	2.0904	25215	63911	0.253267	0.37877	1.495537	0.011122	0.743678
	28	2.2512	23013	59904	0.231149	0.355022	1.535901	0.011912	0.775545
	30	2.412	21439	57472	0.21534	0.340609	1.58173	0.012658	0.800273
Co-60	Air		53658	78156					
	Glass(0)	0	49176	77124	1	1	1	0.005771	0.577072
	2	0.1194	44538	74954	0.905686	0.971863	1.073069	0.00642	0.598283
	4	0.2388	40941	70758	0.83254	0.917458	1.101998	0.006843	0.620951
	6	0.3582	36964	66090	0.751667	0.856932	1.140041	0.007404	0.649494
	8	0.4776	34247	62895	0.696417	0.815505	1.171001	0.007864	0.671559
	10	0.597	31340	59161	0.637303	0.767089	1.20365	0.008409	0.69865
	12	0.7164	29256	56789	0.594924	0.736334	1.237693	0.008907	0.719653
	14	0.8358	27048	53778	0.550024	0.697293	1.267749	0.00945	0.745428
	16	0.9552	26087	52954	0.530482	0.686609	1.29431	0.00979	0.756423
	18	1.0746	25024	51682	0.508866	0.670116	1.31688	0.010142	0.770135
	20	1.194	24065	50865	0.489365	0.659522	1.347711	0.010544	0.782394
	22	1.3134	23177	49975	0.471307	0.647982	1.374862	0.010926	0.794709
	24	1.4328	22259	48996	0.452639	0.635289	1.40352	0.011345	0.808304
	26	1.5522	21148	47989	0.430047	0.622232	1.446892	0.011942	0.825372
	28	1.6716	20198	46979	0.410729	0.609136	1.483061	0.012479	0.841403
	30	1.791	19075	45899	0.387892	0.595133	1.534272	0.013217	0.861462

جدول (9-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		74005	124588					
	Glass(0)	0	68338	113446	1	1	1	0.004842	0.48423
	2	0.1608	58742	104216	0.85958	0.91864	1.068707	0.005514	0.515937
	4	0.3216	52103	94791	0.762431	0.835561	1.095916	0.005977	0.545365
	6	0.4824	45524	85060	0.666159	0.749784	1.125533	0.006536	0.580714
	8	0.6432	40823	78338	0.597369	0.690531	1.155954	0.007056	0.610419
	10	0.804	36745	72565	0.537695	0.639644	1.189603	0.007617	0.640276
	12	0.9648	32342	64976	0.473265	0.572748	1.210206	0.008236	0.680513
	14	1.1256	29466	60987	0.43118	0.537586	1.246778	0.008845	0.709467
	16	1.2864	26007	55149	0.380564	0.486126	1.277381	0.009609	0.752223
	18	1.4472	23283	50104	0.340704	0.441655	1.296303	0.010282	0.793147
	20	1.608	22014	48693	0.322134	0.429217	1.332418	0.010822	0.812173
	22	1.7688	21327	47992	0.312081	0.423038	1.355539	0.011155	0.822956
	24	1.9296	19477	45021	0.28501	0.39685	1.392407	0.011942	0.857639
	26	2.0904	18000	42945	0.263397	0.37855	1.437187	0.012761	0.887925
	28	2.2512	17025	41622	0.249129	0.366888	1.472682	0.013398	0.909741
	30	2.412	16244	40965	0.237701	0.361097	1.519123	0.014085	0.927212
CO-60	Air		42628	63897					
	Glass(0)	0	41625	53071	1	1	1	0.006547	0.654727
	2	0.1194	39454	51871	0.947844	0.977389	1.031171	0.006888	0.668016
	4	0.2388	36670	49254	0.880961	0.928077	1.053483	0.007266	0.689733
	6	0.3582	34679	47842	0.833129	0.901472	1.082031	0.007631	0.705252
	8	0.4776	32566	45473	0.782366	0.856833	1.095182	0.00795	0.725933
	10	0.597	30405	43184	0.73045	0.813702	1.113973	0.00834	0.748639
	12	0.7164	28392	40924	0.68209	0.771118	1.130522	0.008732	0.772378
	14	0.8358	26555	38960	0.637958	0.734111	1.15072	0.009157	0.79577
	16	0.9552	24429	36641	0.586883	0.690415	1.17641	0.009717	0.825995
	18	1.0746	23099	35482	0.554931	0.668576	1.204791	0.010186	0.84543
	20	1.194	22898	35989	0.550102	0.678129	1.232734	0.010421	0.84533
	22	1.3134	21802	34829	0.523772	0.656272	1.252973	0.010821	0.863592
	24	1.4328	20731	33971	0.498042	0.640105	1.285242	0.011327	0.881327
	26	1.5522	19829	32830	0.476372	0.618605	1.298575	0.011679	0.899395
	28	1.6716	18782	31769	0.451219	0.598613	1.326657	0.012211	0.920433
	30	1.791	17252	30189	0.414462	0.568842	1.372481	0.013099	0.954405

جدول (10-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		209065	279985					
	Glass(0)	0	200540	269523	1	1	1	0.002949	0.294903
	2	0.1608	176455	245795	0.879899	0.911963	1.03644	0.003234	0.312019
	4	0.3216	155582	221692	0.775815	0.822535	1.06022	0.003506	0.33073
	6	0.4824	131930	191542	0.657874	0.71067	1.080253	0.003865	0.357779
	8	0.6432	117113	175520	0.583988	0.651225	1.115133	0.004207	0.377308
	10	0.804	101017	152879	0.503725	0.567221	1.126052	0.004566	0.405468
	12	0.9648	89995	137445	0.448763	0.509956	1.136359	0.004873	0.428805
	14	1.1256	79581	123425	0.396834	0.457939	1.153982	0.005246	0.454620
	16	1.2864	69022	110776	0.344181	0.411008	1.1941621	0.005790	0.48492
	18	1.4472	59009	96774	0.294251	0.359057	1.2202410	0.0063733	0.522301
	20	1.608	52995	89577	0.264261	0.332354	1.257670	0.0068923	0.548026
	22	1.7688	48715	83732	0.242919	0.310667	1.278892	0.0072874	0.569828
	24	1.9296	44978	78541	0.224284	0.291407	1.299276	0.007682	0.591314
	26	2.0904	39181	69825	0.195377	0.259069	1.325991	0.0083699	0.631221
	28	2.2512	29426	54789	0.146734	0.203281	1.385374	0.0100126	0.722740
	30	2.412	21152	41353	0.105475	0.15343	1.454657	0.0122967	0.845333
Co-60	Air		101888	135751					
	Glass(0)	0	100036	126077	1	1	1	0.004234	0.423415
	2	0.1194	92793	120217	0.927596	0.95352	1.027948	0.004492	0.436978
	4	0.2388	84907	112036	0.848764	0.888632	1.046971	0.004764	0.455009
	6	0.3582	77549	104438	0.775211	0.828367	1.06857	0.005065	0.474027
	8	0.4776	70899	98010	0.708735	0.777382	1.096859	0.005408	0.493028
	10	0.597	65159	91323	0.651356	0.724343	1.112055	0.005703	0.512808
	12	0.7164	60408	85922	0.603863	0.681504	1.128575	0.005992	0.530967
	14	0.8358	55489	79842	0.55469	0.63328	1.141681	0.00631	0.552687
	16	0.9552	50438	74862	0.504198	0.59378	1.177671	0.006784	0.576058
	18	1.0746	45073	68068	0.450568	0.539892	1.198249	0.007277	0.607268
	20	1.194	41664	63980	0.41649	0.507468	1.218439	0.00767	0.629535
	22	1.3134	38788	60734	0.38774	0.481721	1.242381	0.008075	0.649972
	24	1.4328	35890	57086	0.358771	0.452787	1.26205	0.008502	0.673649
	26	1.5522	33072	53954	0.330601	0.427945	1.294445	0.00904	0.698365
	28	1.6716	31270	51930	0.312587	0.411891	1.317683	0.009432	0.715795
	30	1.791	29158	49159	0.291475	0.389913	1.337722	0.009888	0.739176

جدول (11-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		209065	276214					
	Glass(0)	0	198159	264889	1	1	1	0.00297	0.297012
	2	0.1608	176629	247646	0.89135	0.934905	1.048864	0.003267	0.311442
	4	0.3216	154213	221949	0.778229	0.837894	1.076669	0.003569	0.331513
	6	0.4824	139822	207538	0.705605	0.78349	1.110381	0.003842	0.345982
	8	0.6432	119914	181980	0.60514	0.687005	1.135282	0.004223	0.371946
	10	0.804	106802	166214	0.538971	0.627485	1.164228	0.004566	0.392167
	12	0.9648	93982	150507	0.474276	0.568189	1.198014	0.004981	0.415747
	14	1.1256	83755	135733	0.422666	0.512415	1.21234	0.005327	0.439397
	16	1.2864	75689	126159	0.381961	0.476271	1.246911	0.005733	0.459766
	18	1.4472	67754	116052	0.341917	0.438116	1.281349	0.006195	0.483488
	20	1.608	60071	106097	0.303145	0.400534	1.321259	0.006746	0.51061
	22	1.7688	54952	99065	0.277313	0.373987	1.348611	0.007173	0.531903
	24	1.9296	49991	92084	0.252277	0.347632	1.377978	0.007655	0.555547
	26	2.0904	42808	81254	0.216029	0.306747	1.419939	0.00848	0.59722
	28	2.2512	38677	75673	0.195182	0.285678	1.463653	0.009149	0.625059
	30	2.412	30052	61039	0.151656	0.230432	1.519441	0.010707	0.704689
Co-60	Air		101888	133758					
	Glass(0)	0	99176	126241	1	1	1	0.004243	0.424316
	2	0.1194	92551	122490	0.9332	0.970287	1.039742	0.004528	0.435532
	4	0.2388	85999	117172	0.867135	0.928161	1.070377	0.004806	0.449027
	6	0.3582	78684	110048	0.793377	0.871729	1.098758	0.00513	0.466862
	8	0.4776	70981	102091	0.715707	0.808699	1.12993	0.005522	0.488707
	10	0.597	65949	97137	0.664969	0.769457	1.157131	0.005838	0.504559
	12	0.7164	60177	91074	0.60677	0.72143	1.188968	0.006246	0.525335
	14	0.8358	56082	85924	0.56548	0.680635	1.203642	0.006534	0.542856
	16	0.9552	51248	80248	0.516738	0.635673	1.230165	0.006956	0.565458
	18	1.0746	46788	75980	0.471767	0.601865	1.275766	0.007497	0.587659
	20	1.194	42119	70166	0.424689	0.55581	1.308744	0.008067	0.616394
	22	1.3134	39591	67196	0.399199	0.532283	1.333377	0.008448	0.633562
	24	1.4328	36240	62952	0.365411	0.498665	1.36467	0.008998	0.659386
	26	1.5522	33495	59489	0.337733	0.471234	1.395285	0.009531	0.683118
	28	1.6716	30900	56121	0.311567	0.444554	1.426833	0.010107	0.708386
	30	1.791	28768	53158	0.29007	0.421083	1.451661	0.010625	0.731934

جدول (12-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		209065	272098					
	Glass(0)	0	197689	267438	1	1	1	0.002966	0.296608
	2	0.1608	179021	259394	0.905569	0.969922	1.071064	0.003291	0.307263
	4	0.3216	157536	235840	0.796888	0.881849	1.106616	0.003601	0.325391
	6	0.4824	138286	214287	0.699513	0.801259	1.145452	0.003951	0.344935
	8	0.6432	124670	201958	0.630637	0.755158	1.197453	0.004313	0.360176
	10	0.804	113008	188817	0.571645	0.706022	1.235069	0.004645	0.376099
	12	0.9648	104901	179439	0.530637	0.670956	1.264435	0.004914	0.388661
	14	1.1256	90971	161785	0.460172	0.604944	1.314603	0.005448	0.41441
	16	1.2864	80634	148815	0.407883	0.556447	1.364231	0.005966	0.437281
	18	1.4472	72925	138703	0.368887	0.518636	1.405947	0.006431	0.45741
	20	1.608	66685	129402	0.337323	0.483858	1.434406	0.006838	0.476694
	22	1.7688	58956	119241	0.298226	0.445864	1.495054	0.007527	0.50347
	24	1.9296	52424	108320	0.265184	0.405028	1.527348	0.008126	0.532045
	26	2.0904	46895	99857	0.237216	0.373384	1.574024	0.008812	0.559808
	28	2.2512	41588	91798	0.210371	0.34325	1.631641	0.009644	0.591091
	30	2.412	37275	84974	0.188554	0.317733	1.685108	0.010469	0.621256
Co-60	Air		101888	134829					
	Glass(0)	0	98390	123830	1	1	1	0.004271	0.427074
	2	0.1194	90002	121161	0.914747	0.978446	1.069635	0.004707	0.440049
	4	0.2388	85181	117205	0.865749	0.946499	1.093273	0.004922	0.450242
	6	0.3582	77987	111828	0.792631	0.903077	1.13934	0.005315	0.466529
	8	0.4776	71922	106712	0.730989	0.861762	1.178899	0.005687	0.482441
	10	0.597	66936	101166	0.680313	0.816975	1.200881	0.005983	0.498241
	12	0.7164	61979	96307	0.629932	0.777736	1.234634	0.006358	0.514956
	14	0.8358	56458	89681	0.573818	0.724227	1.262118	0.006781	0.537242
	16	0.9552	51630	84782	0.524748	0.684664	1.304748	0.007284	0.558243
	18	1.0746	47575	79973	0.483535	0.645829	1.335641	0.007733	0.578996
	20	1.194	44197	75895	0.449202	0.612897	1.364412	0.008164	0.598348
	22	1.3134	40981	71970	0.416516	0.5812	1.395385	0.008635	0.618839
	24	1.4328	38486	68996	0.391158	0.557183	1.424447	0.009063	0.636216
	26	1.5522	35162	64999	0.357374	0.524905	1.468785	0.009723	0.662002
	28	1.6716	32624	61993	0.331578	0.50063	1.509839	0.010327	0.683982
	30	1.791	29087	56829	0.29563	0.458928	1.552373	0.011192	0.720946

جدول (13-3) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Cs-137, Co-60) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		74145	123546					
	Glass(0)	0	68223	113587	1	1	1	0.004844	0.484372
	3	0.2412	61956	110635	0.908139	0.974011	1.072535	0.005382	0.501789
	6	0.4824	52401	96672	0.768084	0.851083	1.10806	0.006011	0.542475
	9	0.7236	44044	83652	0.645589	0.736458	1.140753	0.006716	0.588718
	12	0.9648	38727	75161	0.567653	0.661704	1.165684	0.007291	0.625512
	15	1.206	33532	66044	0.491506	0.58144	1.182976	0.007932	0.67055
	18	1.4472	29947	60908	0.438958	0.536223	1.221584	0.008622	0.705766
	21	1.6884	26843	55973	0.39346	0.492776	1.252419	0.009298	0.742425
	24	1.9296	23686	50253	0.347185	0.442419	1.274302	0.010043	0.788152
	27	2.1708	22255	48722	0.32621	0.42894	1.314921	0.010639	0.809063
	30	2.412	21062	47364	0.308723	0.416984	1.350675	0.011186	0.828203
	33	2.6532	20029	46219	0.293581	0.406904	1.386001	0.011725	0.845953
	36	2.8944	19194	45360	0.281342	0.399341	1.419416	0.012222	0.861078
	39	3.1356	18779	44986	0.275259	0.396049	1.438822	0.0125	0.868793
	42	3.3768	17826	43820	0.26129	0.385784	1.476456	0.013116	0.888361
	45	3.618	16467	42146	0.24137	0.371046	1.537248	0.014127	0.918992
	48	3.8592	15539	40274	0.227768	0.354565	1.556696	0.014701	0.944373
51	4.1004	14438	38979	0.21163	0.343164	1.621533	0.015798	0.974251	
54	4.3416	13071	36089	0.191592	0.317721	1.65832	0.016929	1.020855	
57	4.5828	12396	34932	0.181698	0.307535	1.69256	0.017695	1.045458	
60	4.824	11054	32058	0.162027	0.282233	1.741884	0.019213	1.102989	
Co-60	Air		42945	56847					
	Glass(0)	0	41923	54165	1	1	1	0.006505	0.650503
	3	0.1791	39568	53745	0.943826	0.992246	1.051302	0.006964	0.662415
	6	0.3582	37186	51744	0.887007	0.955303	1.076996	0.007322	0.679836
	9	0.5373	35244	49830	0.840684	0.919967	1.094307	0.007616	0.696002
	12	0.7164	33236	47999	0.792787	0.886163	1.117782	0.007976	0.713594
	15	0.8955	31332	45855	0.74737	0.84658	1.132745	0.008303	0.732967
	18	1.0746	29177	43865	0.695966	0.80984	1.16362	0.008791	0.755452
	21	1.2537	27058	41785	0.645421	0.771439	1.195249	0.009327	0.780318
	24	1.4328	25603	40523	0.610715	0.74814	1.225023	0.00978	0.798344
	27	1.6119	24122	38699	0.575388	0.714465	1.24171	0.010186	0.820344
	30	1.791	23240	37921	0.55435	0.700102	1.262924	0.010521	0.833066
	33	1.9701	22093	36871	0.52699	0.680716	1.291706	0.01099	0.850793
	36	2.1492	21084	35921	0.502922	0.663177	1.318648	0.01144	0.867572
	39	2.3283	20101	34886	0.479474	0.644069	1.343282	0.011895	0.885514
	42	2.5074	19096	33969	0.455502	0.627139	1.37681	0.012453	0.904464
	45	2.6865	18266	32876	0.435704	0.60696	1.393058	0.012856	0.922843
	48	2.8656	17233	31745	0.411063	0.58608	1.425765	0.013491	0.946199
51	3.0447	16320	30723	0.389285	0.567211	1.457059	0.014113	0.968625	
54	3.2238	15521	29911	0.370226	0.55222	1.491574	0.014755	0.989249	
57	3.4029	14563	28793	0.347375	0.531579	1.530276	0.015561	1.016847	
60	3.582	13152	26587	0.313718	0.490852	1.564628	0.01668	1.066051	

جدول (3- 14) عامل تراكم الماء لحوض  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  وبمسافة (71cm) ولمصدرين (Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع المصدر	Thickness		I(C/min)		I(I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	Cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cs-137	Air		89936	123546					
	Glass(0)	0	84536	113587	1	1	1	0.004542	0.454237
	3	0.2412	76785	110235	0.908311	0.97049	1.068455	0.005022	0.470052
	6	0.4824	66205	96672	0.783157	0.851083	1.086733	0.005482	0.504469
	9	0.7236	56224	83652	0.665089	0.736458	1.107306	0.006039	0.545347
	12	0.9648	49090	75161	0.580699	0.661704	1.139495	0.006613	0.580306
	15	1.206	43523	68044	0.514846	0.599047	1.163547	0.007142	0.613781
	18	1.4472	38305	60908	0.453121	0.536223	1.183401	0.007717	0.652108
	21	1.6884	34492	55973	0.408016	0.492776	1.20774	0.008267	0.684529
	24	1.9296	30006	50253	0.354949	0.442419	1.246427	0.009093	0.729561
	27	2.1708	27906	48522	0.330108	0.427179	1.294059	0.009722	0.751291
	30	2.412	26438	46964	0.312743	0.413463	1.322055	0.010165	0.768877
	33	2.6532	25018	44919	0.295945	0.395459	1.336259	0.010542	0.788882
	36	2.8944	24093	43760	0.285003	0.385255	1.35176	0.010844	0.802233
	39	3.1356	22972	42886	0.271742	0.377561	1.389408	0.01136	0.817612
	42	3.3768	21937	41720	0.259499	0.367296	1.415403	0.011804	0.833993
	45	3.618	20803	40946	0.246085	0.360481	1.464868	0.012472	0.851425
	48	3.8592	19273	39274	0.227986	0.345761	1.516592	0.013338	0.879478
	51	4.1004	18534	38779	0.219244	0.341404	1.557186	0.013905	0.892984
54	4.3416	16792	36089	0.198637	0.317721	1.599505	0.014942	0.934138	
57	4.5828	15953	34932	0.188713	0.307535	1.629649	0.015572	0.955569	
60	4.824	14312	32058	0.169301	0.282233	1.667052	0.016759	1.00531	
Co-60	Air		47945	56879					
	Glass(0)	0	46923	54165	1	1	1	0.006307	0.630663
	3	0.1791	44995	53545	0.958911	0.988553	1.030912	0.006593	0.639536
	6	0.3582	42586	51744	0.907572	0.955303	1.052592	0.006887	0.654277
	9	0.5373	40244	49830	0.85766	0.919967	1.072647	0.007189	0.670199
	12	0.7164	38136	47899	0.812736	0.884316	1.088074	0.007467	0.686289
	15	0.8955	36000	45999	0.767214	0.849238	1.106912	0.007789	0.703686
	18	1.0746	33277	43865	0.709183	0.80984	1.141934	0.008301	0.726966
	21	1.2537	31058	41785	0.661893	0.771439	1.165504	0.008732	0.749199
	24	1.4328	29403	40523	0.626622	0.74814	1.193925	0.009146	0.766078
	27	1.6119	27622	38899	0.588667	0.718157	1.219973	0.009599	0.786833
	30	1.791	26440	37921	0.563476	0.700102	1.242468	0.009955	0.8012
	33	1.9701	24993	36571	0.532639	0.675178	1.267609	0.010403	0.820703
	36	2.1492	23784	35321	0.506873	0.6521	1.286516	0.010791	0.83879
	39	2.3283	22901	34586	0.488055	0.63853	1.308317	0.011146	0.851937
	42	2.5074	21996	33769	0.468768	0.623447	1.329969	0.011524	0.866463
	45	2.6865	20966	32876	0.446817	0.60696	1.358409	0.012006	0.883819
	48	2.8656	19833	31745	0.422671	0.58608	1.386609	0.01255	0.905108
	51	3.0447	18820	30723	0.401083	0.567211	1.414201	0.013091	0.925656
54	3.2238	17921	29911	0.381924	0.55222	1.445892	0.013658	0.944632	
57	3.4029	16843	28793	0.35895	0.531579	1.48093	0.014366	0.970064	
60	3.582	15402	26999	0.32824	0.498458	1.51858	0.015334	1.009777	

(3-3) مناقشة نتائج الجزء الأول

و تشمل تأثير كل من العوامل الآتية:-

### (1-3-3) تأثير سمك الماء

استخدم الماء كدرع لقياس عامل تراكم أشعة كاما ، فقد تم دراسة تأثير ارتفاع الماء (السمك) باستخدام أربعة أحواض زجاجية و بأحجام مختلفة وهي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$ ، حيث وصل ارتفاع الماء في الأحواض الثلاثة الأولى إلى (30cm) أما الحوض الرابع فقد وصل ارتفاع الماء فيه إلى (60 cm).

كما تم دراسة تأثير سمك الماء على عامل التراكم لأشعة كاما لثلاث مسافات بين المصدر المشع والكاشف ، والمسافات هي على التوالي (71 cm , 51 cm , 41 cm) ، حيث استخدمت هذه المسافات للأحواض الزجاجية الثلاثة الأولى أما الحوض الرابع فقد استخدم للمسافة (71 cm) ، كما وتم دراسة هذا التأثير أيضا على عامل التراكم لأشعة كاما لمصدرين مشعين هما (السييزيوم -137) والذي طاقته (0.662 MeV) و (الكوبلت -60) والذي معدل طاقته (1.253 MeV) حيث وصل معدل المسار الحر Mean Free Path للأحواض الزجاجية الثلاثة الأولى عند استخدام مصدر (السييزيوم -137) إلى (2.412 mfp) ، أما عند استخدام مصدر (الكوبلت -60) فقد وصل معدل المسار الحر إلى (1.791 mfp). ولكن عند استخدام المصدرين المشعين نفسيهما في الحوض الرابع فقد وصل معدل المسار الحر لهذا الحوض للمصدرين الأول والثاني إلى (3.582 mfp, 4.824 mfp) على التوالي.

وكذلك كان للمسددين اللذين قطريهما (2 cm , 1 cm) دراسة تتعلق بتأثير سمك الماء على قياس عامل التراكم لأشعة كاما، حيث درس تأثير سمك الماء للمسدد الأول لجميع الأحواض الزجاجية ولكلاً المصدرين المشعين و لجميع المسافات المستخدمة أما المسدد الثاني فقد استخدم عند المسافة (71cm) للحوض الرابع وعند المسافة (41cm) للأحواض الثلاثة الأولى .

و لوحظ من الجداول (1-3) إلى (14-3) تأثير زيادة سمك الماء على قيمة عامل تراكم أشعة كاما وجد انه مهما اختلفت خواص كل تجربة فأن عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد كلما زاد سمك الماء .ويمكن تفسير ذلك انه عند زيادة سمك الماء سوف تزداد عدد الالكترونات المدارية للماء التي تتفاعل مع فوتونات أشعة كاما الساقطة على الماء وبالتالي سوف تزداد الفوتونات المستطارة

وهذا يؤدي بالنتيجة إلى زيادة عامل التراكم لان عامل التراكم يعتمد على عدد الفوتونات المستطارة.

وعند إجراء مقارنة بين النتائج العملية التي حصلنا عليها من هذه الدراسة ونتائج دراسات سابقة نجد نتائج هذه الدراسة متطابقة مع الدراسات السابقة [5,9,10,19,26,36,40,41,42]. هذا التطابق في النتائج من الناحية النوعية، ولكن هناك اختلاف من الناحية الكمية، فالناحية النوعية تعني إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد بزيادة سمك الماء. أما من الناحية الكمية فأن قيم عامل التراكم للدراسات النظرية اكبر من قيم عامل التراكم في هذه الدراسة، ويمكن تفسير ذلك من خلال اعتماد معظم الدراسات النظرية التي تتعلق بحسابات نفوذ أشعة كاما على أوساط متجانسة غير محدودة الأبعاد، ولكن في الواقع العملي فان الترتيبات العملية الحقيقية تتضمن أبعادا محدودة و لذلك فان حسابات عامل التراكم في الأوساط غير المحدودة اكبر من قياسات عامل التراكم في الأوساط المحدودة.

### (2-3-3) تأثير المسافة بين المصدر المشع و الكاشف

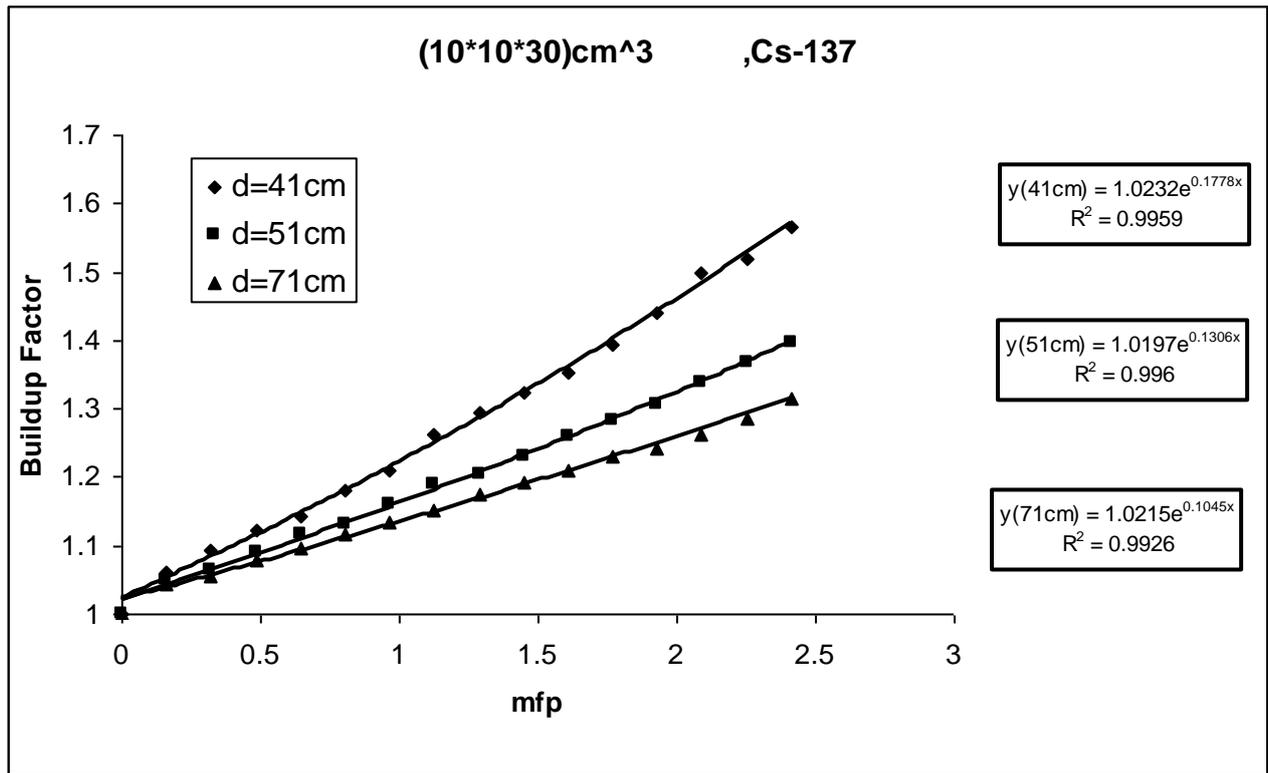
تم في هذا البحث استخدام ثلاث مسافات هي (41cm , 51cm , 71cm) وثلاثة أحواض زجاجية  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  ,  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  لقياس عامل تراكم أشعة كاما واستخدم كذلك المصدران المشعان السيزيوم-137 و الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (1cm).

الجداول (1-3) و (4-3) و (7-3) توضح نتائج عامل تراكم أشعة كاما للأحواض المستخدمة و للمسافة (41cm) وللمصدرين المشعين وللمسدد المستخدم، والجداول (2-3) و (5-3) و (8-3) توضح النتائج لنفس الأحواض و نفس المصادر المشعة و نفس المسدد ولكن للمسافة (51cm)، أما الجداول (3-3) و (6-3) و (9-3) فهي للمسافة (71cm) وللأحواض ونفسها والمصادر المشعة وكذلك المسدد نفسه.

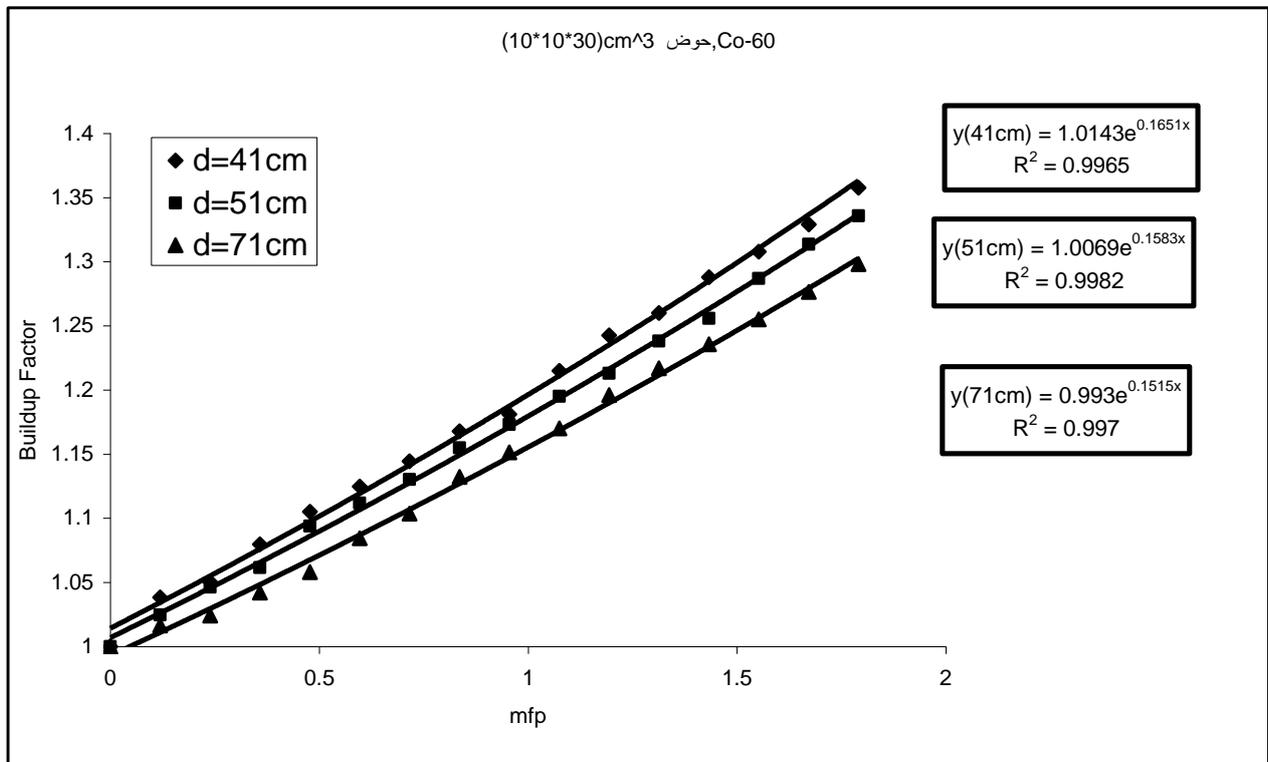
ولغرض معرفة تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف رسم عامل التراكم من الجداول (1-3) و (2-3) و (3-3) للحوض الأول وللمسافات المدروسة و للمصدرين المشعين المستخدمين في العمل وكما مبين في الشكلين (1-3) و (2-3)، ورسم عامل التراكم في الشكلين (3-3) و (4-3) من الجداول (4-3) و (5-3) و (6-3) للحوض الثاني وللمسافات المدروسة، ورسم للحوض الثالث و للمسافات المدروسة نفسها وللمصدرين المشعين من الجداول (7-3) و (8-3) و (9-3)

وتوضحها الأشكال (3-5) و (3-6)، وقد أجريت ملائمة لجميع منحنيات الأشكال مع استخراج معادلات المنحنيات .

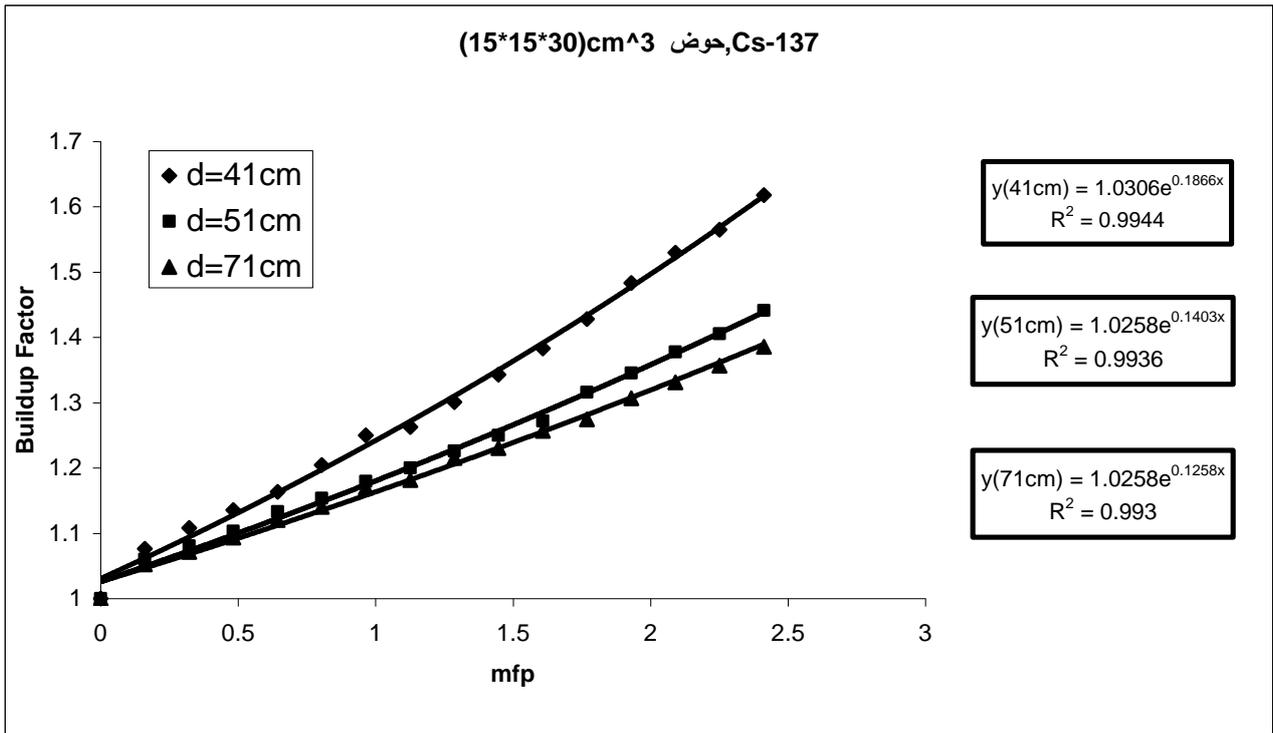
ويلاحظ من الأشكال من (3-1) إلى (3-6) إنَّ قيمة عامل تراكم أشعة كاما للماء تقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف لجميع الأحواض و المصادر المشعة المستخدمة، ويمكن تفسير ذلك على إنَّ زيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف يعني نقصان في قيمة زاوية تسديد الأشعة على الكاشف لأن تلك الزاوية تتناسب عكسيا مع مربع المسافة [4] ونقصان هذه الزاوية يعني نقصان كمية الأشعة الواصلة للكاشف وهذا يؤدي إلى نقصان كمية الأشعة المستطارة الواصلة إلى الكاشف وبالتالي سيقبل من قيمة عامل التراكم لأشعة كاما في الماء . أما المقارنة مع الدراسات السابقة فأن هذه الدراسة أخذت تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف ،في حين الدراسات الأخرى درست تأثير زاوية التسديد، و هنالك دراستان درستتا تأثير زاوية التسديد على قيمة عامل تراكم أشعة كاما ولكن ليس للماء. الأولى نظرية [11] أثبتت إن قيم عامل التراكم يزداد بزيادة زاوية تسديد الأشعة أي يقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف والثانية عملية [10] أيضا أثبتت ذلك وهذا يتفق مع الدراسة الحالية.



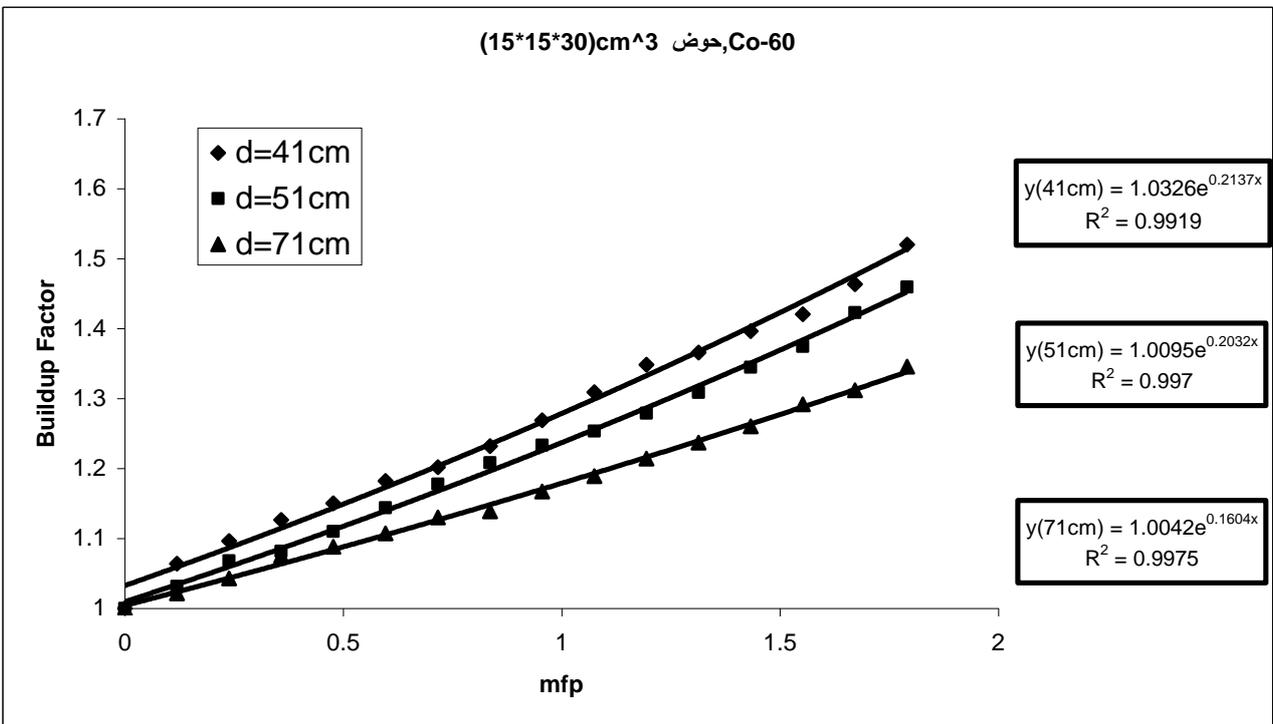
شكل (1-3) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره  $(1 \text{cm})$  ولثلاث مسافات.



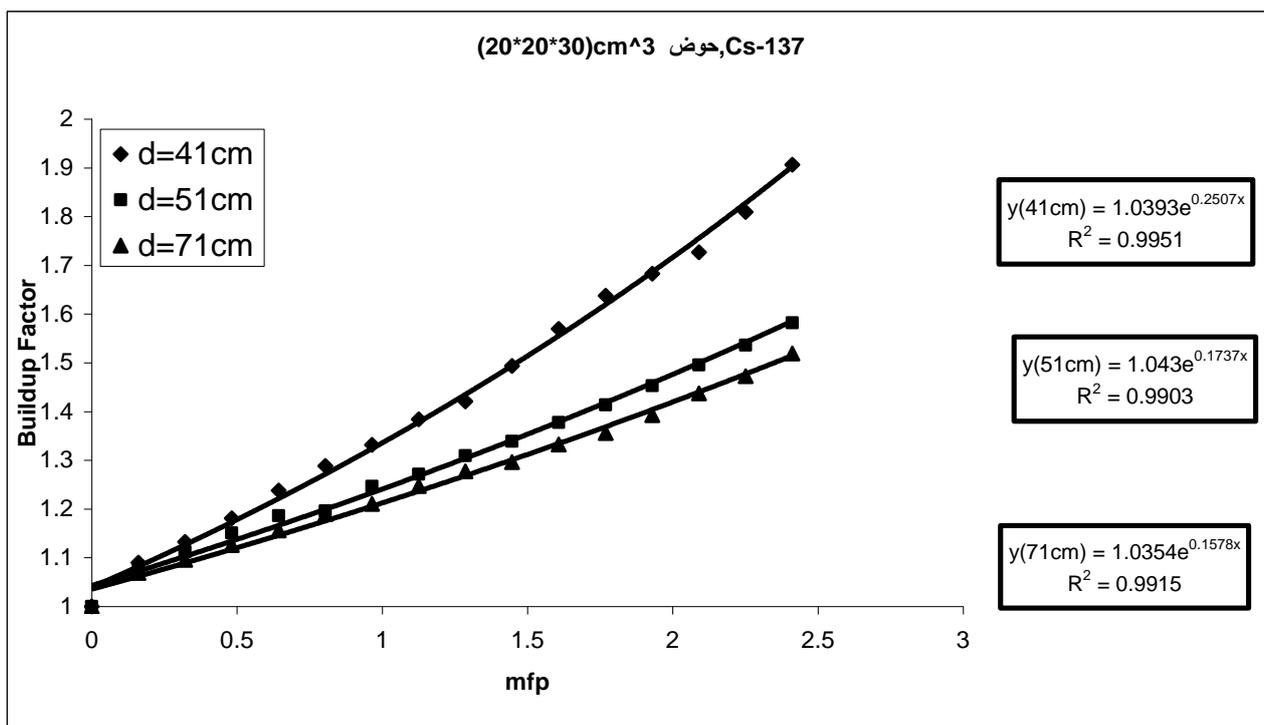
شكل (2-3) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره  $(1 \text{cm})$  ولثلاث مسافات.



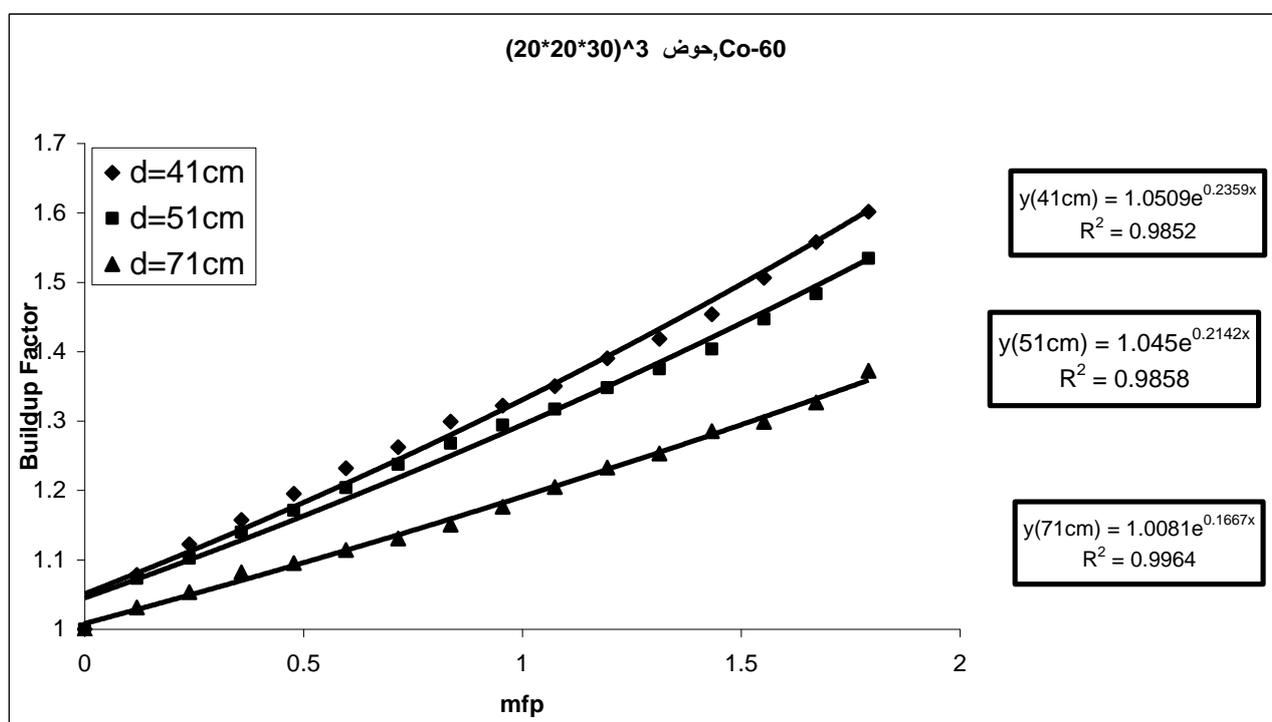
شكل (3-3) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(15 \times 15 \times 30)\text{cm}^3$  ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره  $(1\text{cm})$  ولثلاث مسافات.



شكل (3-4) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(15 \times 15 \times 30)\text{cm}^3$  ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره  $(1\text{cm})$  ولثلاث مسافات.



شكل (3-5) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(20 \times 20 \times 30)\text{cm}^3$  ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره  $(1\text{cm})$  ولثلاث مسافات.



شكل (3-6) يوضح تأثير المسافة بين المصدر المشع والكاشف على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام الحوض الذي حجمه  $(20 \times 20 \times 30)\text{cm}^3$  ومصدر الكوبلت-137 والمسدد الذي قطره  $(1\text{cm})$  ولثلاث مسافات.

### (3-3-3) تأثير حجم الأحواض الزجاجية

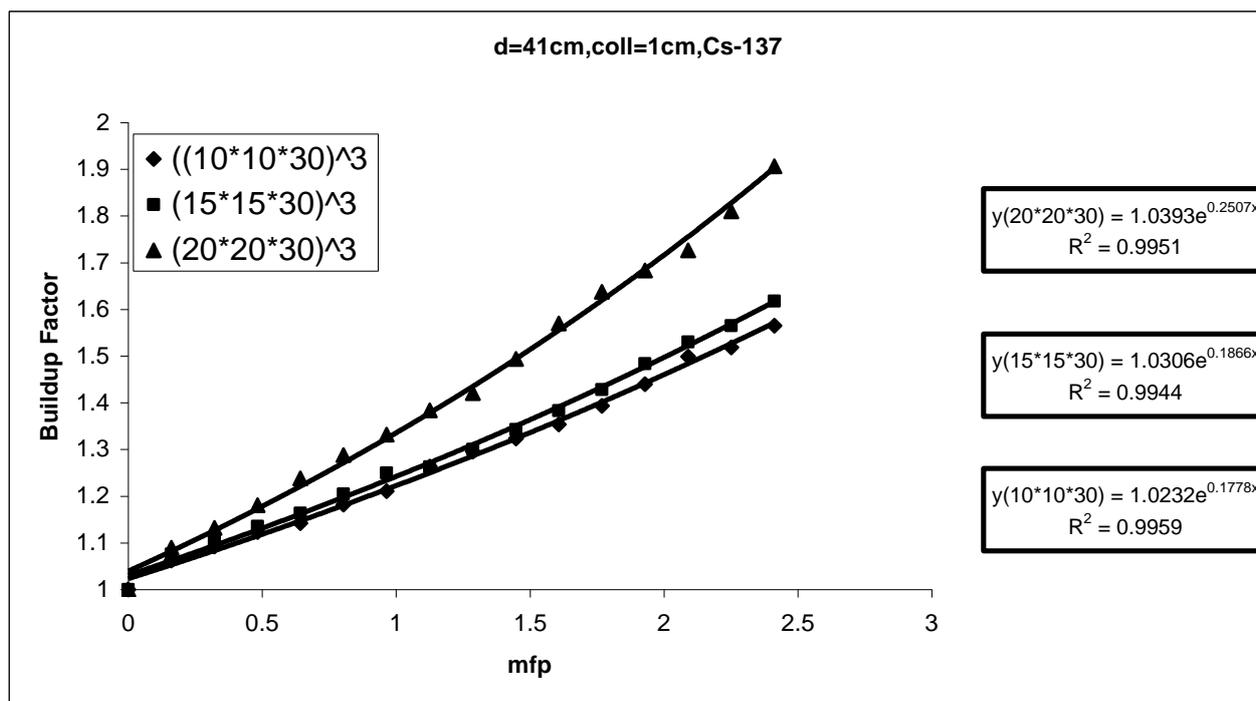
تم في هذا البحث استخدام ثلاثة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة وهي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$ ,  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$ ,  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$ . حيث درس تأثير حجم الأحواض الزجاجية على عامل تراكم أشعة كاما في الماء بالنسبة للأحواض الثلاثة لثلاث مسافات بين المصدر المشع والكاشف وهي (41cm , 51cm , 71cm) ولمصدرين مشعين هما السيزيوم-137 و الكوبلت-60, وكذلك درس لمسدين قطر الأول منهما (1cm) أما الآخر فقطره (2cm).

حيث الجداول (1-3) و(2-3) و(3-3) تضم نتائج لقياس عامل التراكم للمسافات المستخدمة عند الحوض الزجاجي الأول وللمصدرين المشعين وعند المسدد (1cm) ، والجداول (4-3) و (5-3) و (6-3) للمسافات المستخدمة عند الحوض الزجاجي الثاني وللمصدرين المشعين و لنفس المسدد الذي قطره (1cm) أما الجداول (7-3) و (8-3) و (9-3) فهي تضم نتائج الحوض الثالث للمسافات المستخدمة والمصادر المشعة والمسدد الأول، والجداول (10-3) و (11-3) و (12-3) للأحواض الزجاجية المستخدمة عند المسافة (41cm) ولكلا المصدرين المشعين وللمسدد الذي قطره (2cm).

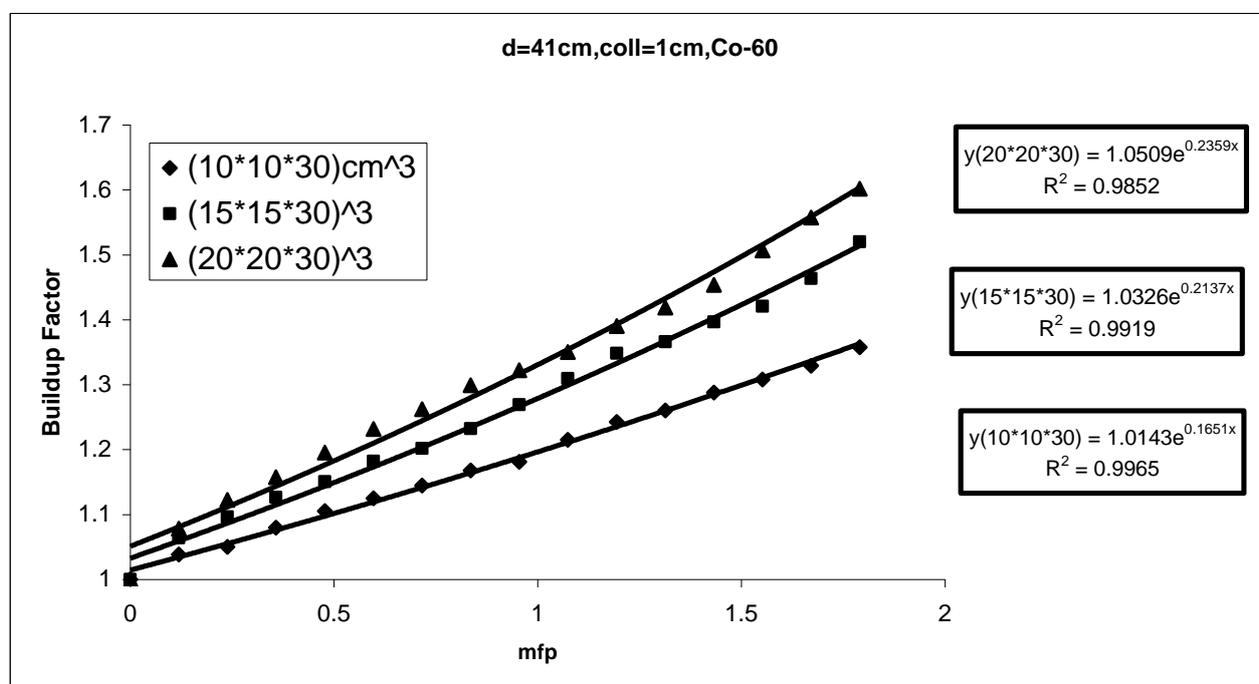
ولغرض معرفة تأثير حجم الأحواض الزجاجية رسم عامل التراكم للمصدرين المشعين من الجداول (1-3) و (4-3) و (7-3) والشكلين (7-3) و (8-3)، ورسم من الجداول (2-3) و (5-3) و (8-3) الشكلين (9-3) و (10-3) ومن الجداول (3-3) و (6-3) و (9-3) الشكلين (11-3) و (12-3) ومن الجداول (10-3) و (11-3) و (12-3) الشكلين (13-3) و (14-3)، وقد أجريت ملائمة لجميع منحنيات الأشكال مع استخراج معادلات المنحنيات .

ومن الأشكال والجداول يمكن أن يُستنتج إنَّ عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد بزيادة حجم الحوض الزجاجي المستخدم للمسافات المستخدمة وللمصادر المشعة المستخدمة وللمسددين المستخدمين أيضا.

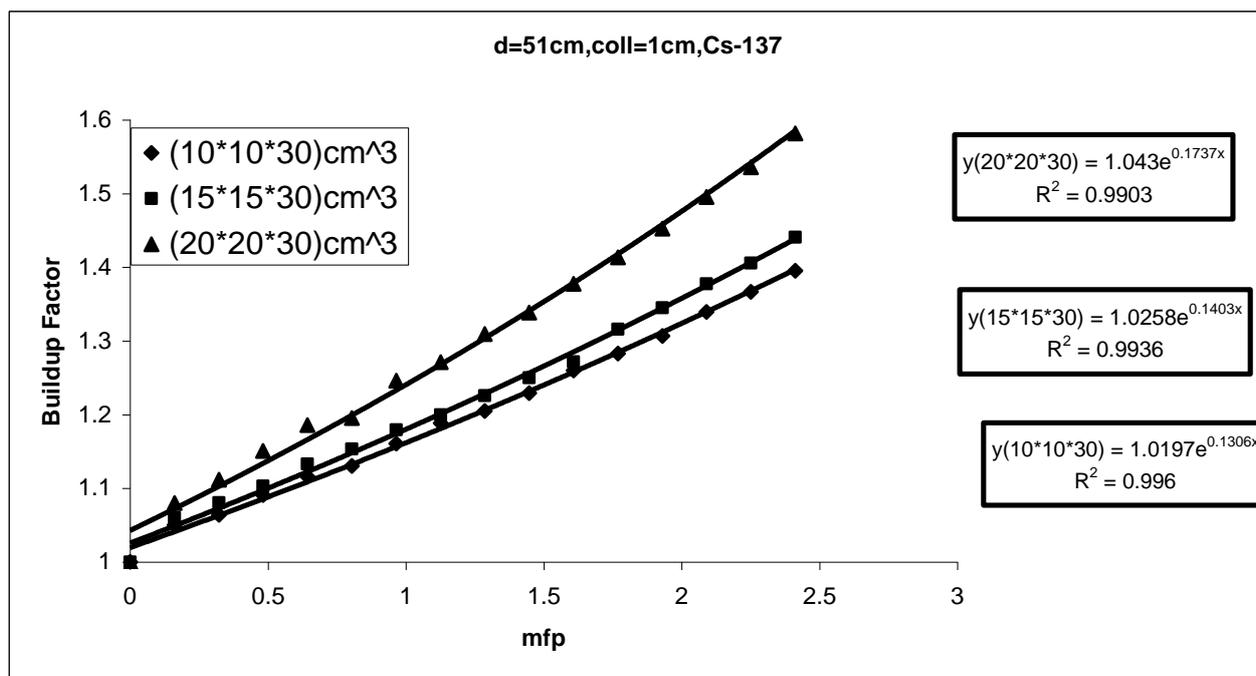
ويمكن تفسير ذلك إن زيادة حجم الحوض تعني زيادة كمية الماء فيه وهذه الزيادة تعني زيادة عدد الالكترونات المدارية للماء و التي تسبب زيادة الفوتونات المستطارة أي زيادة معدل عد الفوتونات المستطارة والتي من شأنها تزيد من قيم عامل التراكم لأشعة كاما في الماء بزيادة حجم الحوض الزجاجي.



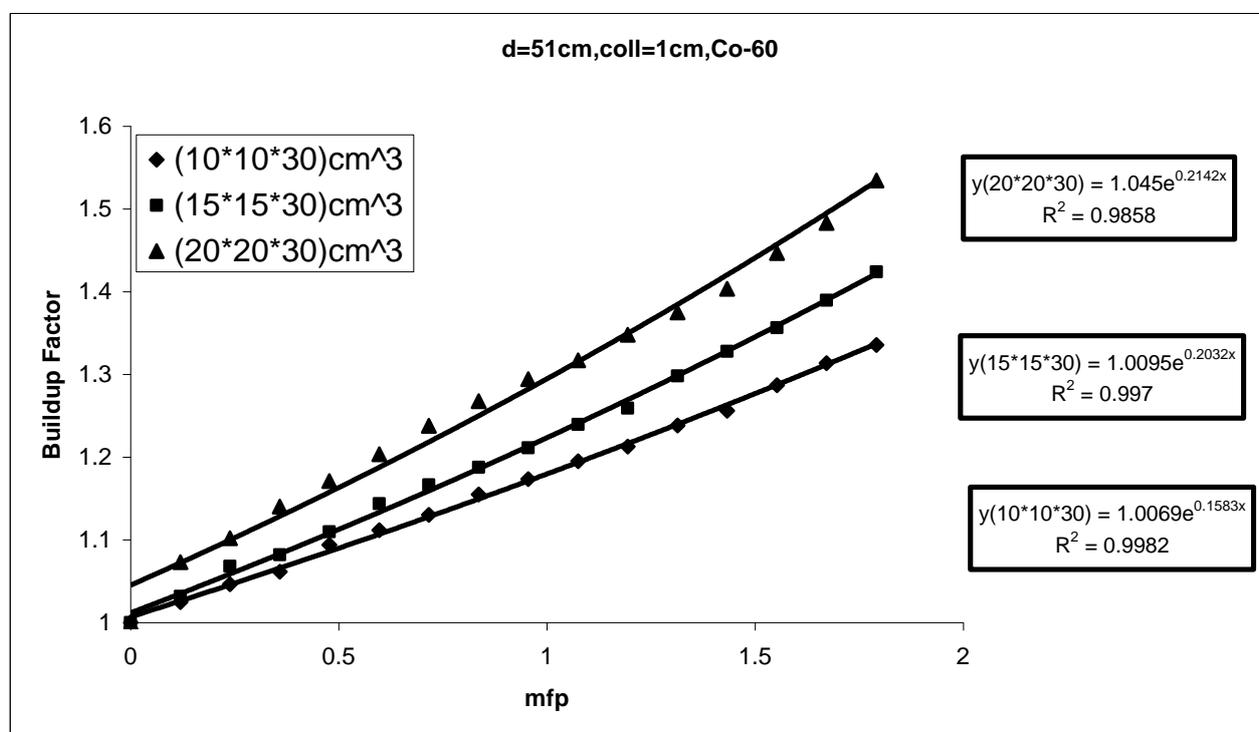
شكل (7-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



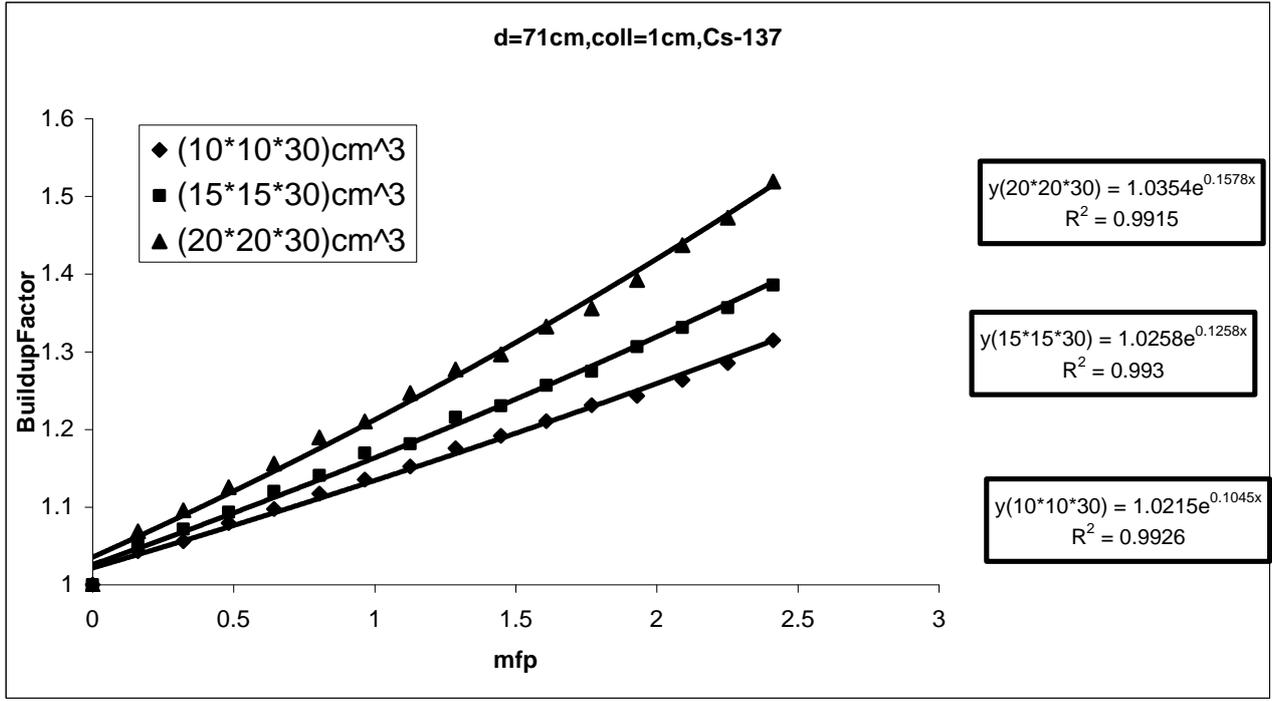
شكل (8-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



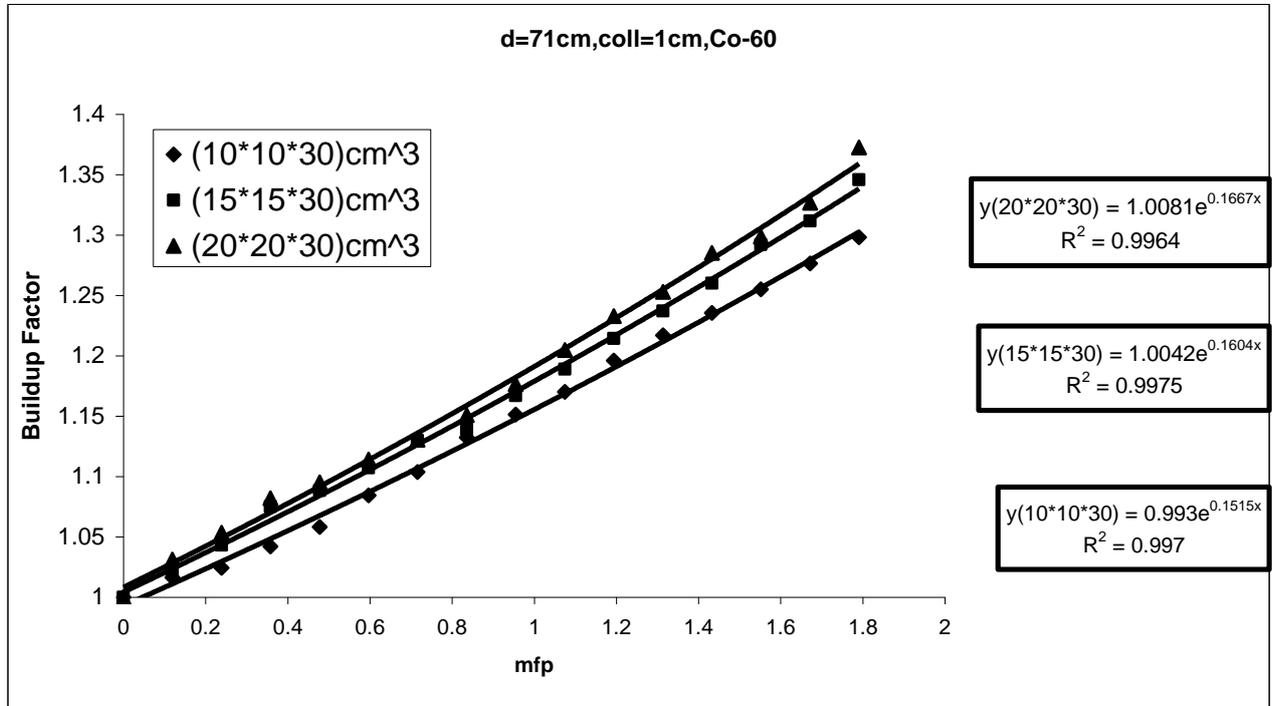
شكل (9-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



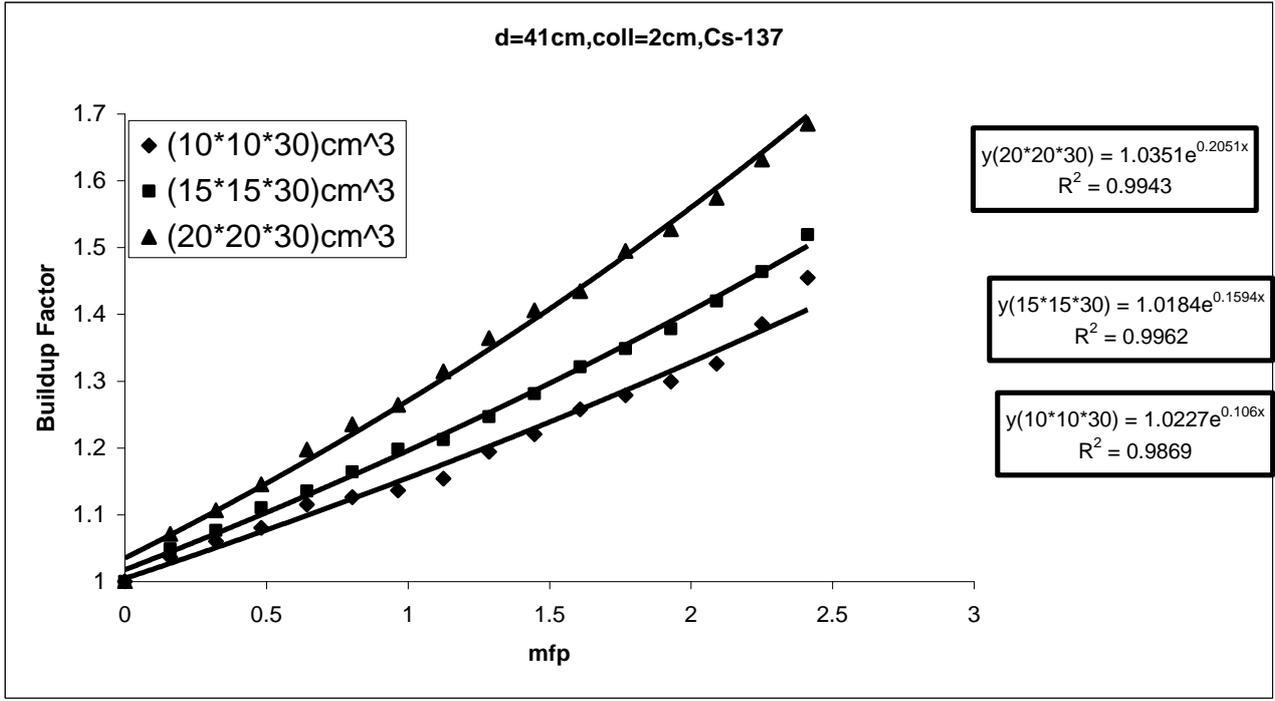
شكل (10-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



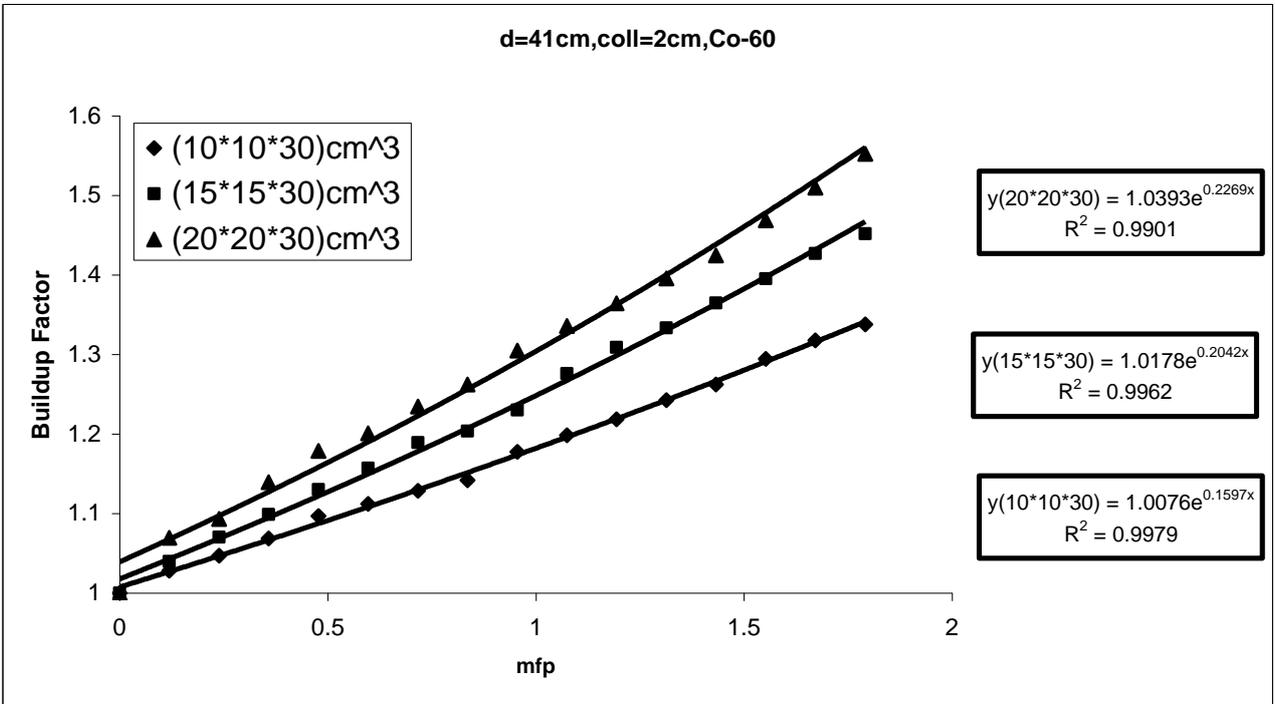
شكل (11-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (71cm) ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



شكل (12-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (71cm) ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (1cm) ولثلاثة أحواض.



شكل (13-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) ومصدر السيزيوم-137 والمسدد الذي قطره (2cm) ولثلاثة أحواض.



شكل (14-3) يوضح تأثير حجم الأحواض الزجاجية على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) ومصدر الكوبلت-60 والمسدد الذي قطره (2cm) ولثلاثة أحواض.

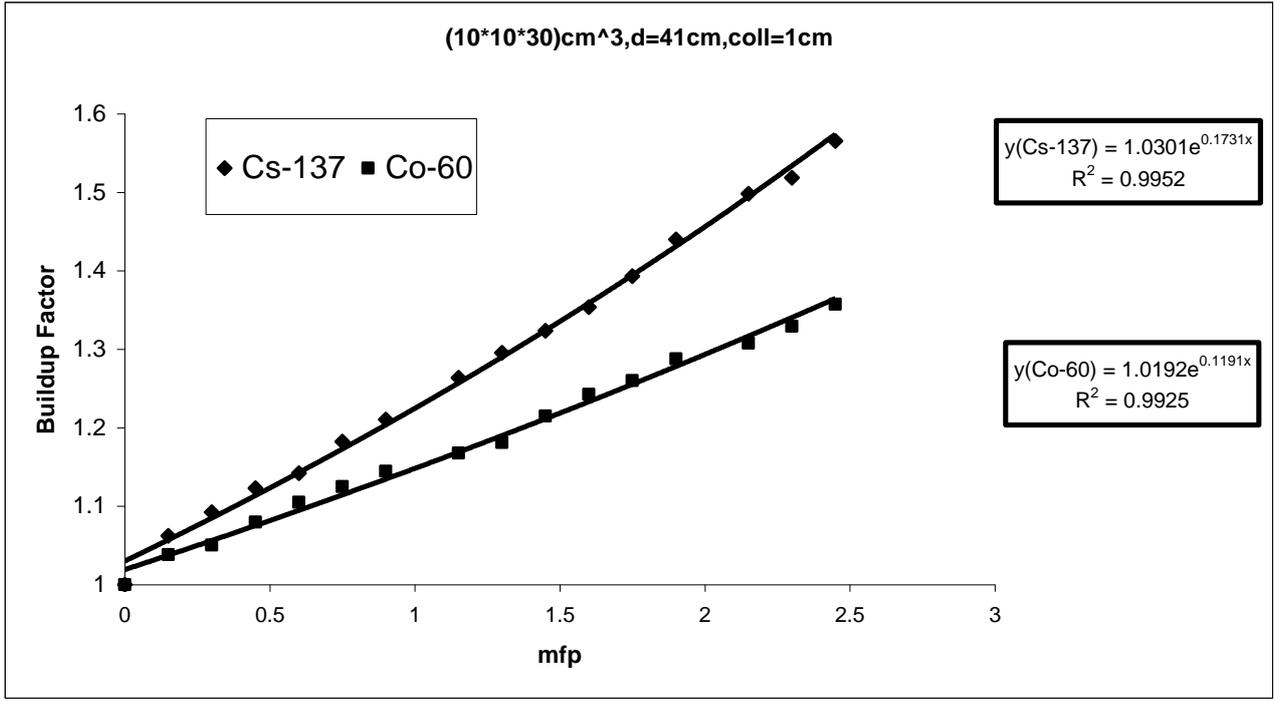
### (4-3-3) تأثير طاقة المصدر المشع

تم في هذا البحث استخدام مصدرين مشعين بطاقتين مختلفتين الأول السيزيوم-173 والذي طاقة الفوتونات فيه (0.662 MeV) أما الثاني فهو الكوبلت-60 والذي معدل طاقة الفوتونات فيه (1.253 MeV). درس تأثير طاقة المصدر المشع على قيمة عامل التراكم لأشعة كاما في الماء لمصدرين مشعين ولثلاث مسافات هي (41cm , 51cm , 71cm) ولأربعة أحواض زجاجية هي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  ولمسددين قطريهما (2cm , 1cm).

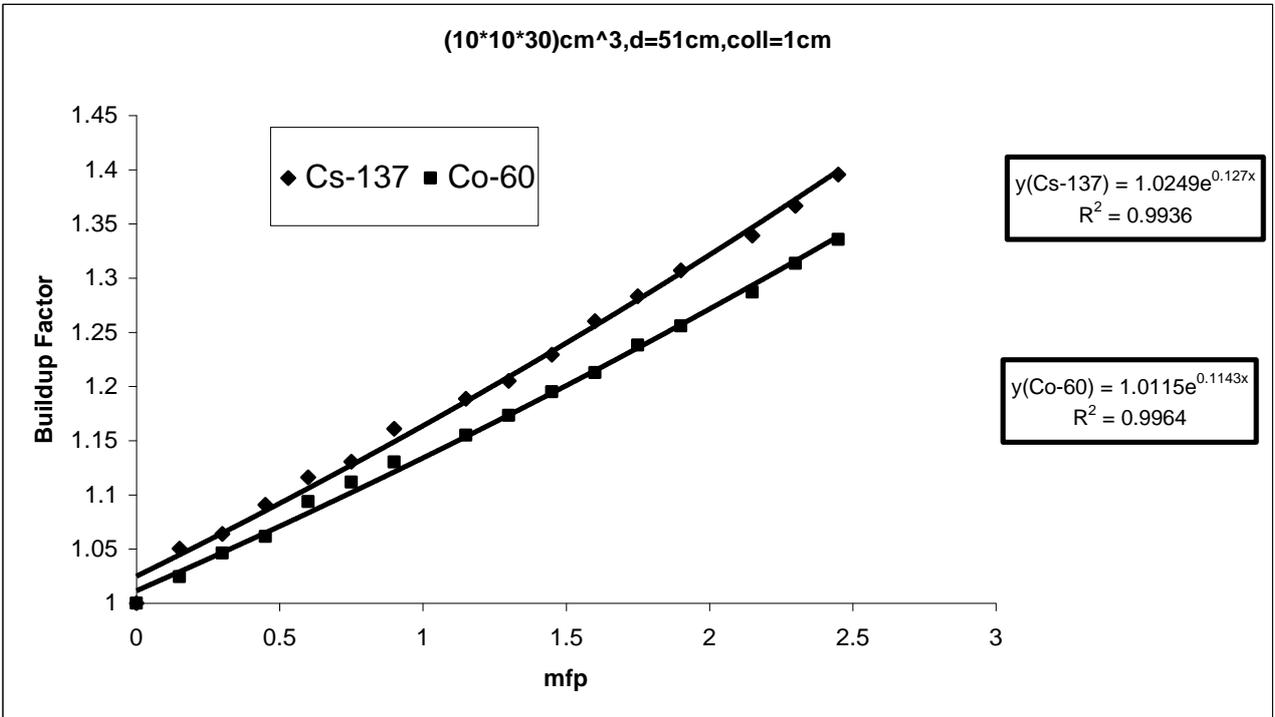
كما تضمنت الجداول من (1-3) إلى (14-3) نتائج قياس عامل تراكم أشعة كاما للمصدرين المشعين المستخدمين وللأحواض والمسافات والمسددات المستخدمة، ولغرض معرفة تأثير طاقة المصدر المشع رسم عامل التراكم من الجداول (1-3) و (2-3) و (3-3) و (4-3) و (5-3) و (6-3) و (7-3) و (8-3) و (9-3) و (10-3) و (11-3) و (12-3) و (13-3) و (14-3) في الأشكال (15-3) و (16-3) و (17-3) و (18-3) و (19-3) و (20-3) و (21-3) و (22-3) و (23-3) و (24-3) و (25-3) و (26-3) و (27-3) و (28-3)، وقد أجريت ملائمة لجميع منحنيات الأشكال مع استخراج معادلات المنحنيات.

ويلاحظ من الأشكال السابقة أنه مهما اختلفت الخواص لكل جدول فإن قيمة عامل تراكم أشعة كاما في الماء تزداد كلما قلت طاقة المصدر المشع أي أن قيمة عامل التراكم لمصدر السيزيوم-137 اكبر من قيمة عامل التراكم لمصدر الكوبلت-60.

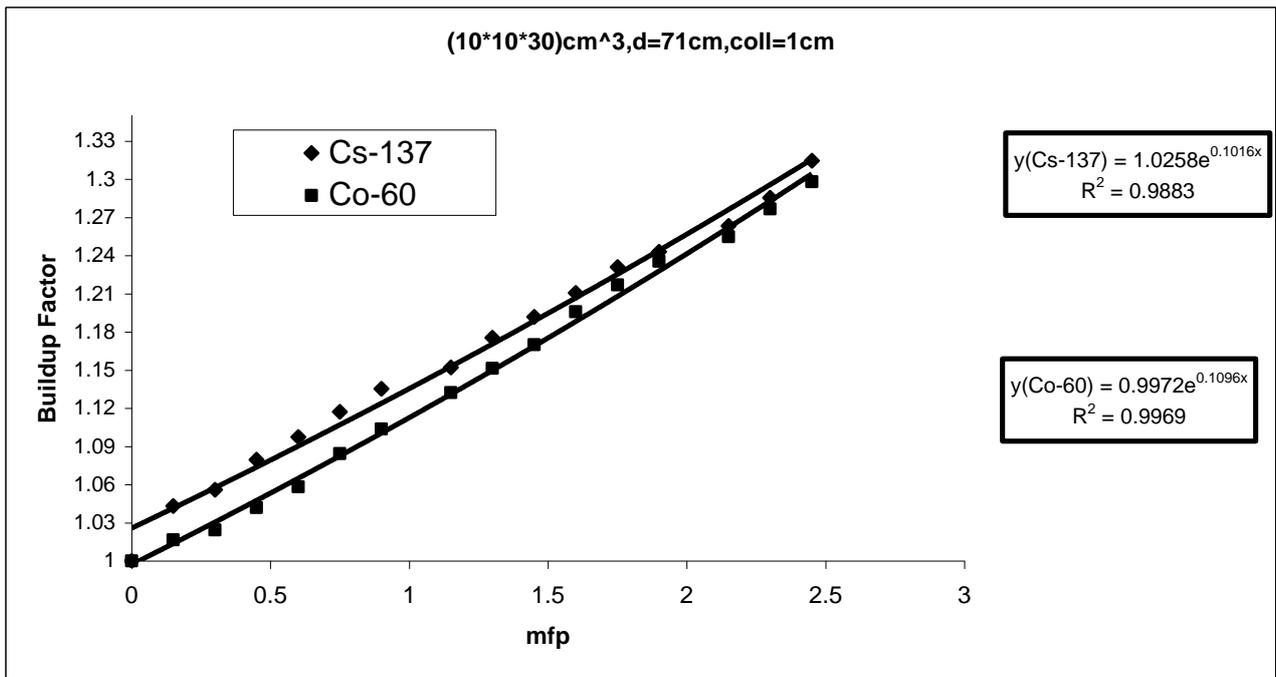
ويمكن تفسير ذلك بأنه عند سقوط فوتون ذا طاقة واطئة (مثل طاقة مصدر السيزيوم-137) على المادة الماصة فإن معظم طاقة الفوتون تنتقل إلى طاقة الفوتون المستطار أما عند الطاقة الأعلى (مثل طاقة مصدر الكوبلت-60) فإن معظم طاقته سوف تنتقل إلى الإلكترون المستطار. أي هنالك علاقة عكسية بين طاقة الفوتون الساقط واستطارة كومبتن عند مدى الطاقات الواطئة، وبما إن عامل التراكم يعتمد بشكل رئيسي على عدد الفوتونات المستطارة، وبذلك يقل عامل تراكم أشعة كاما في الماء عند زيادة طاقة المصدر المشع. هذا يتفق مع الدراسات السابقة [5, 9, 10, 22, 36, 42].



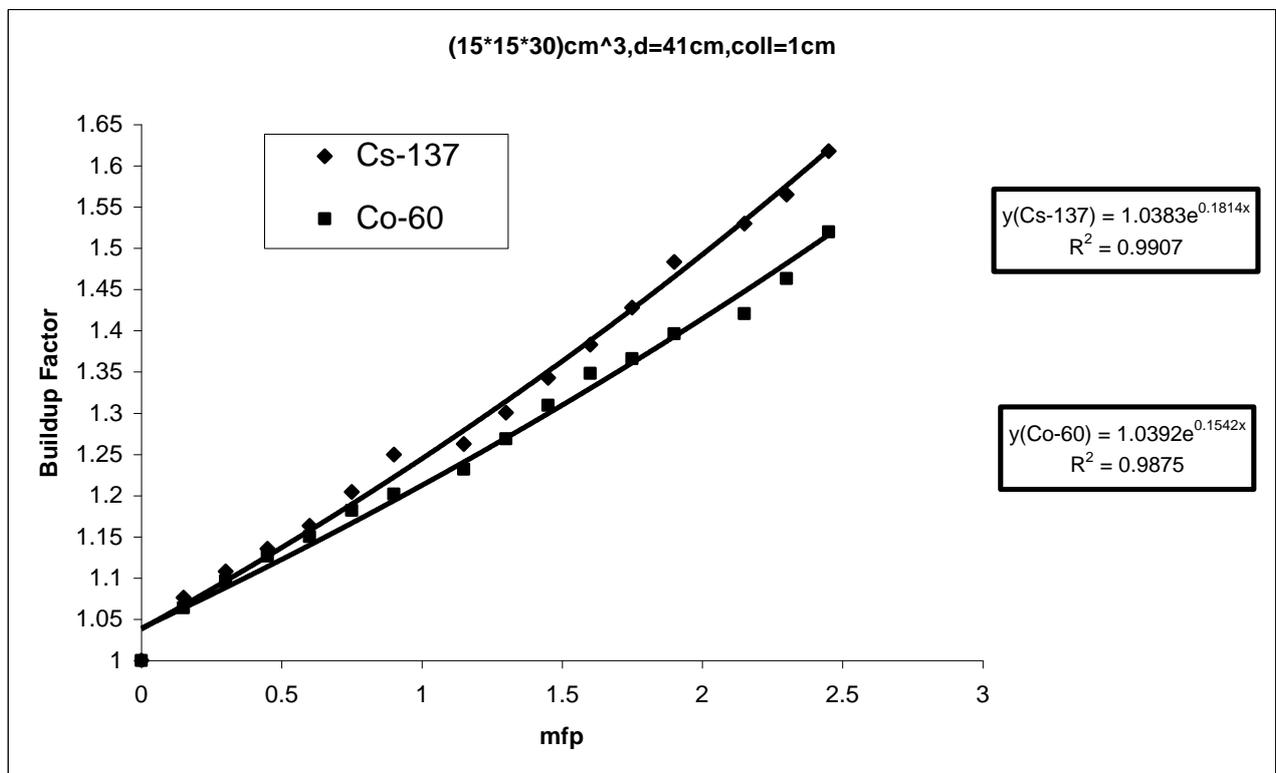
شكل (3-15) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



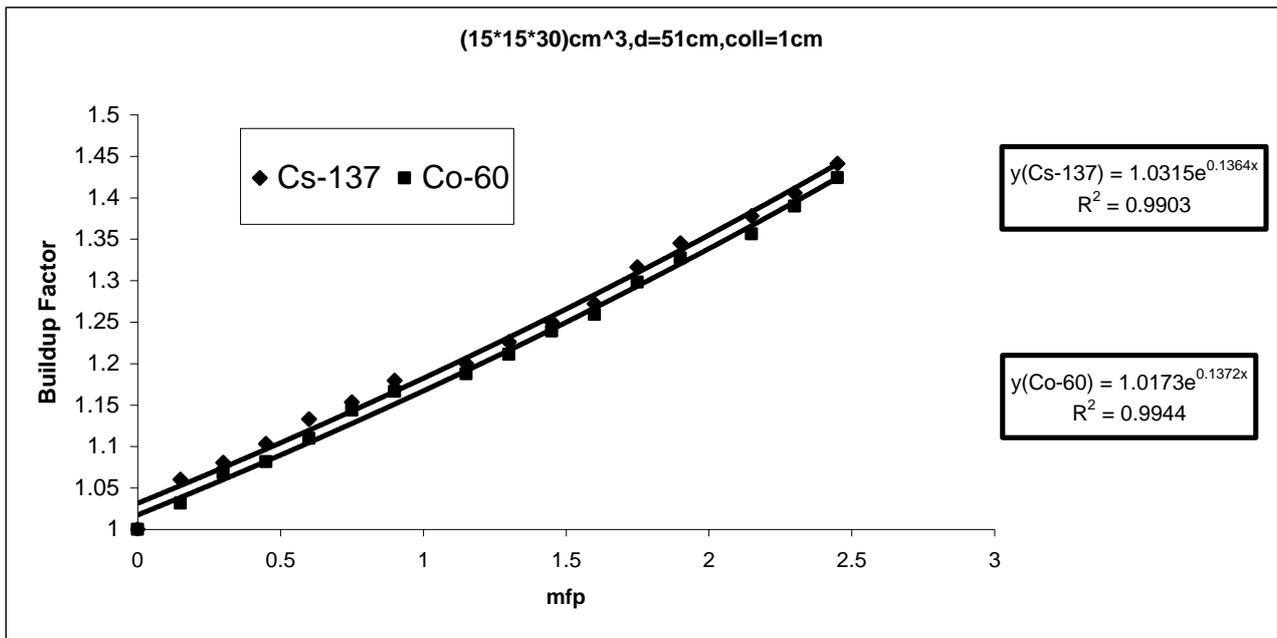
شكل (3-16) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) وللحوض الزجاجي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



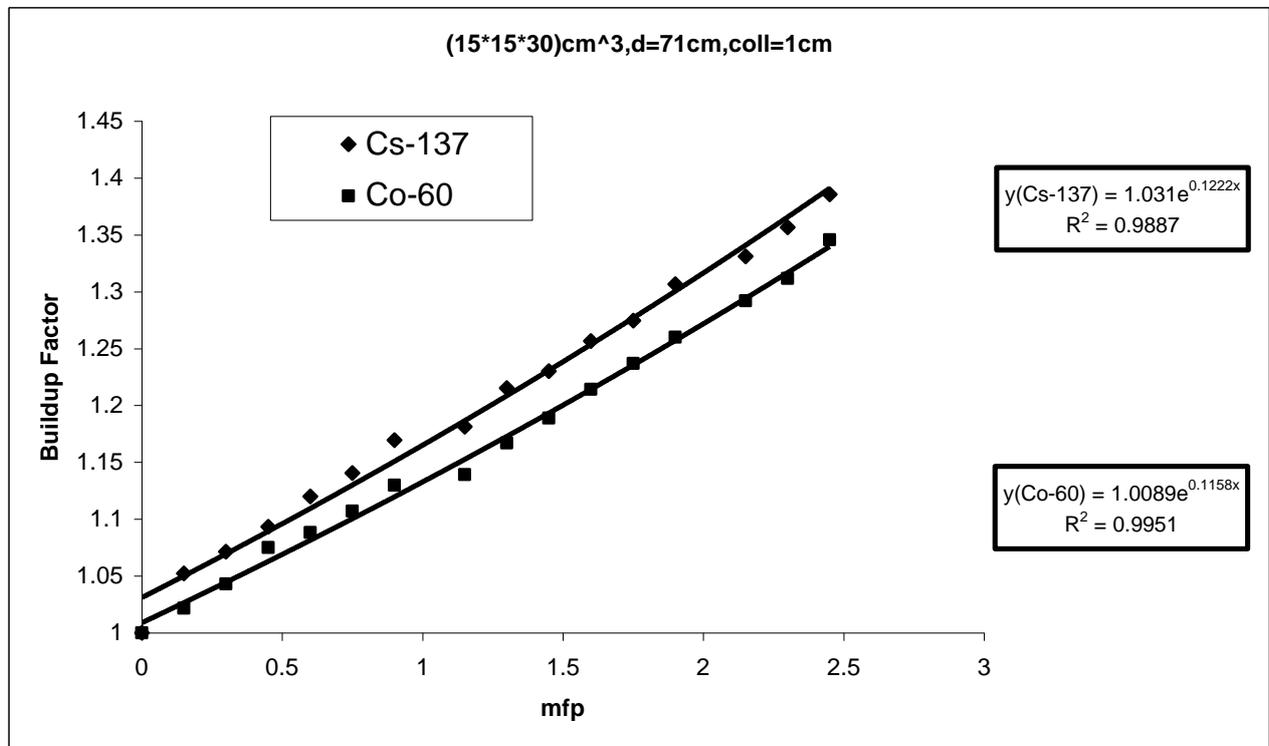
شكل (17-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



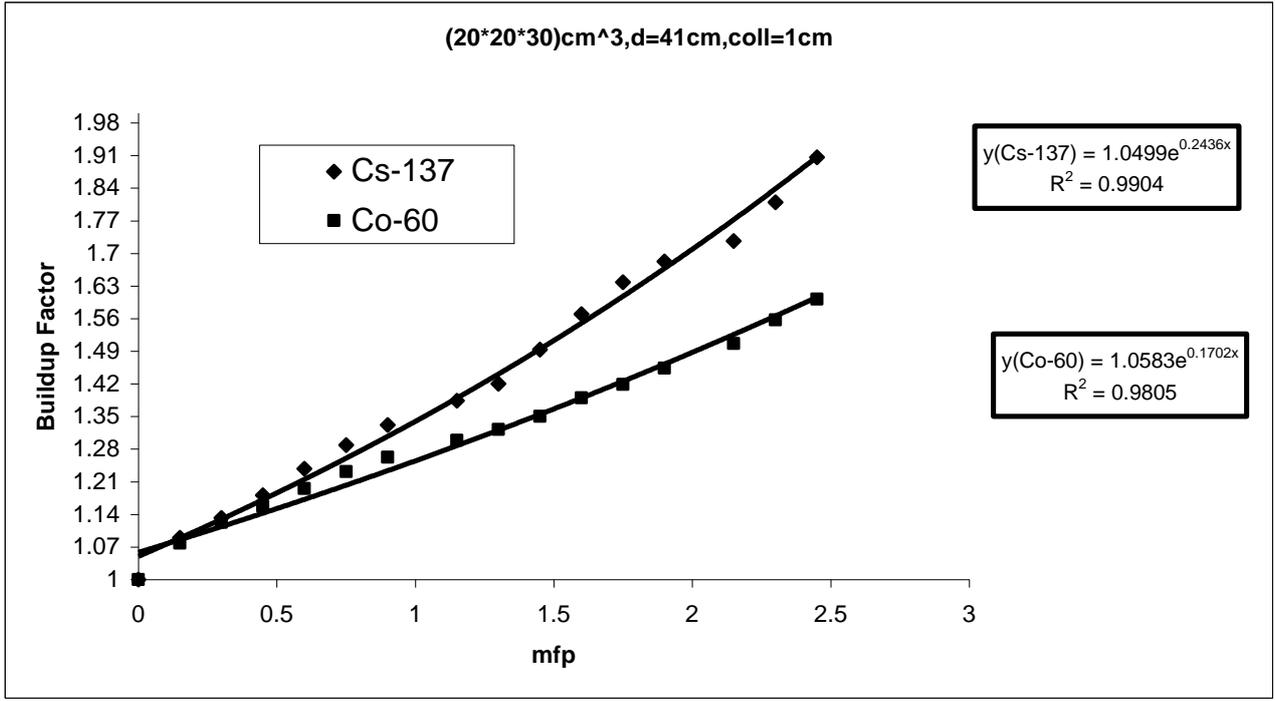
شكل (18-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



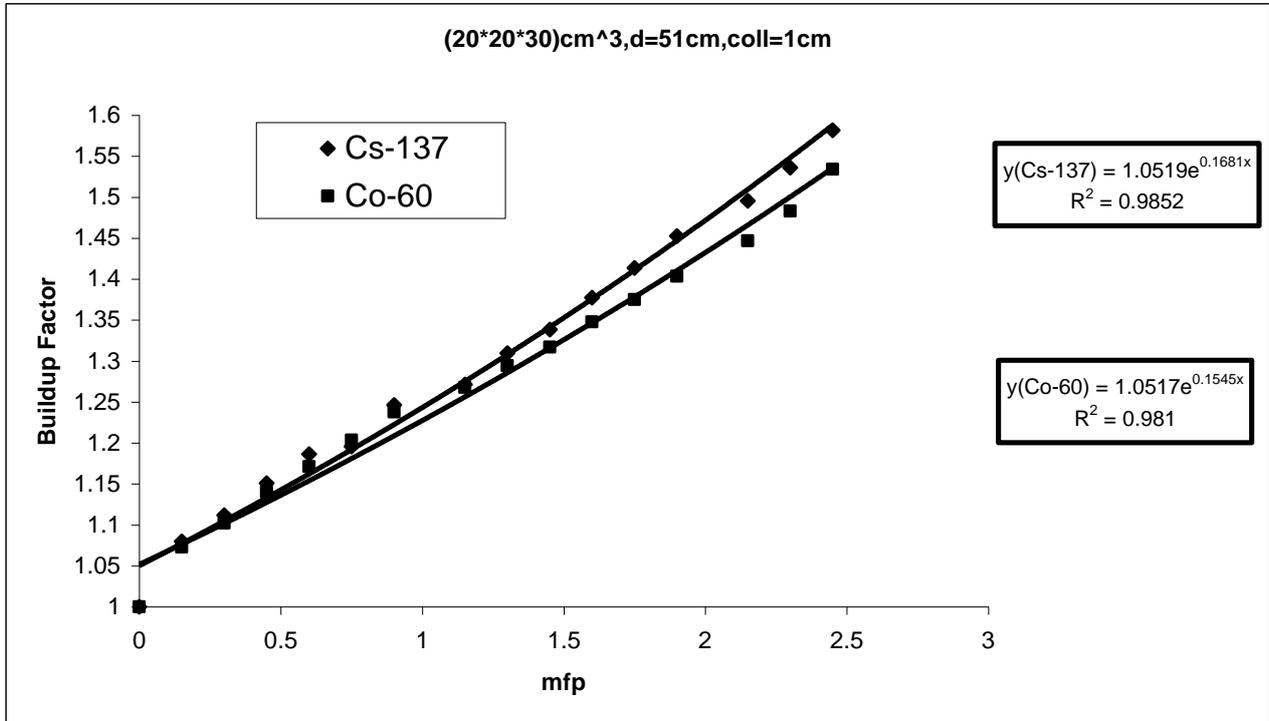
شكل (19-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



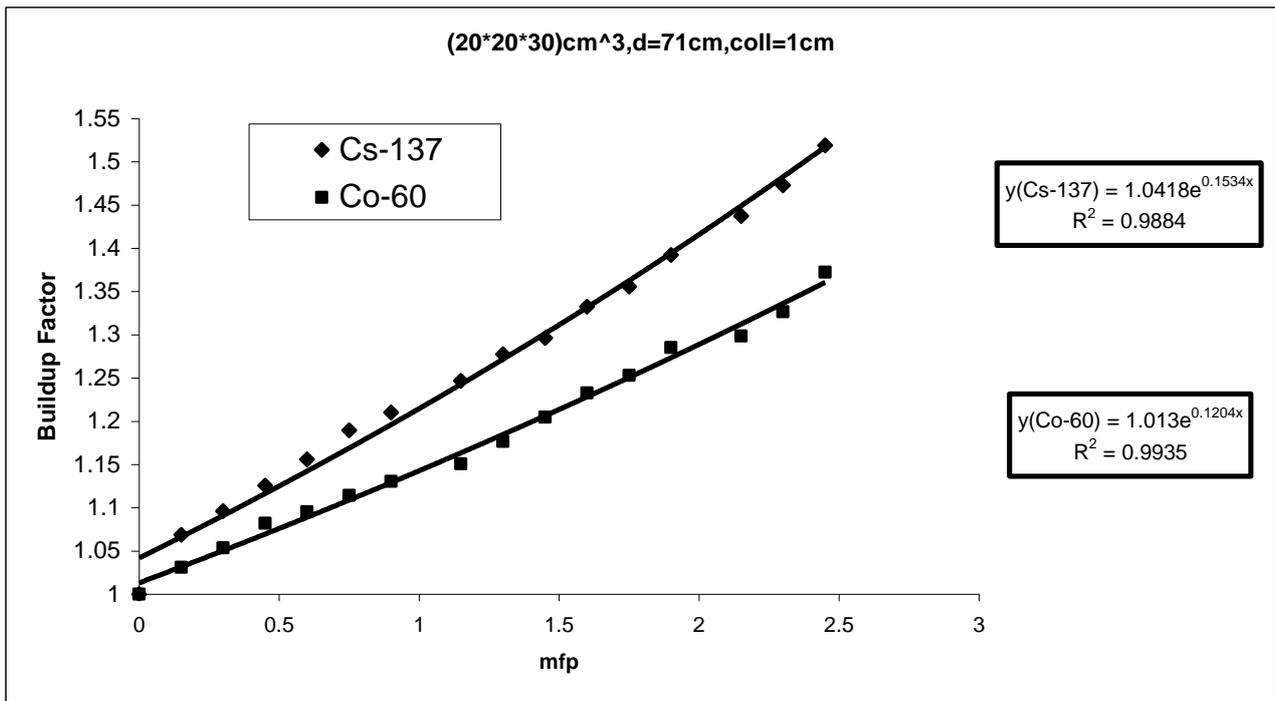
شكل (20-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



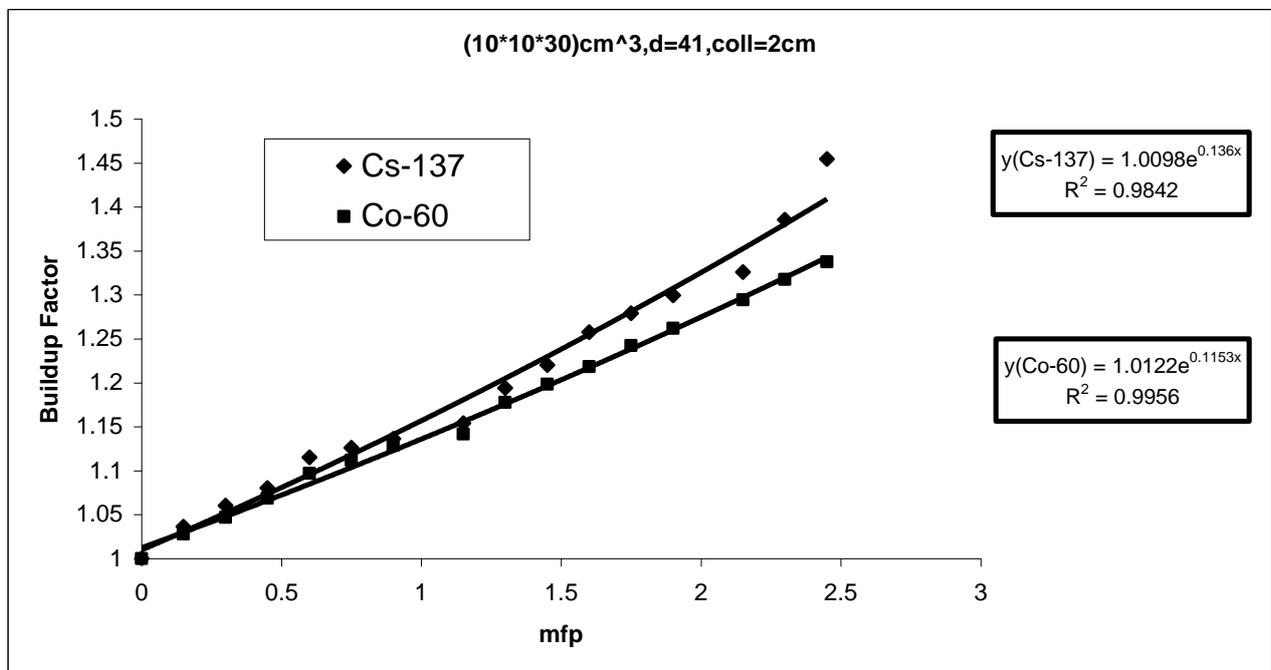
شكل (21-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



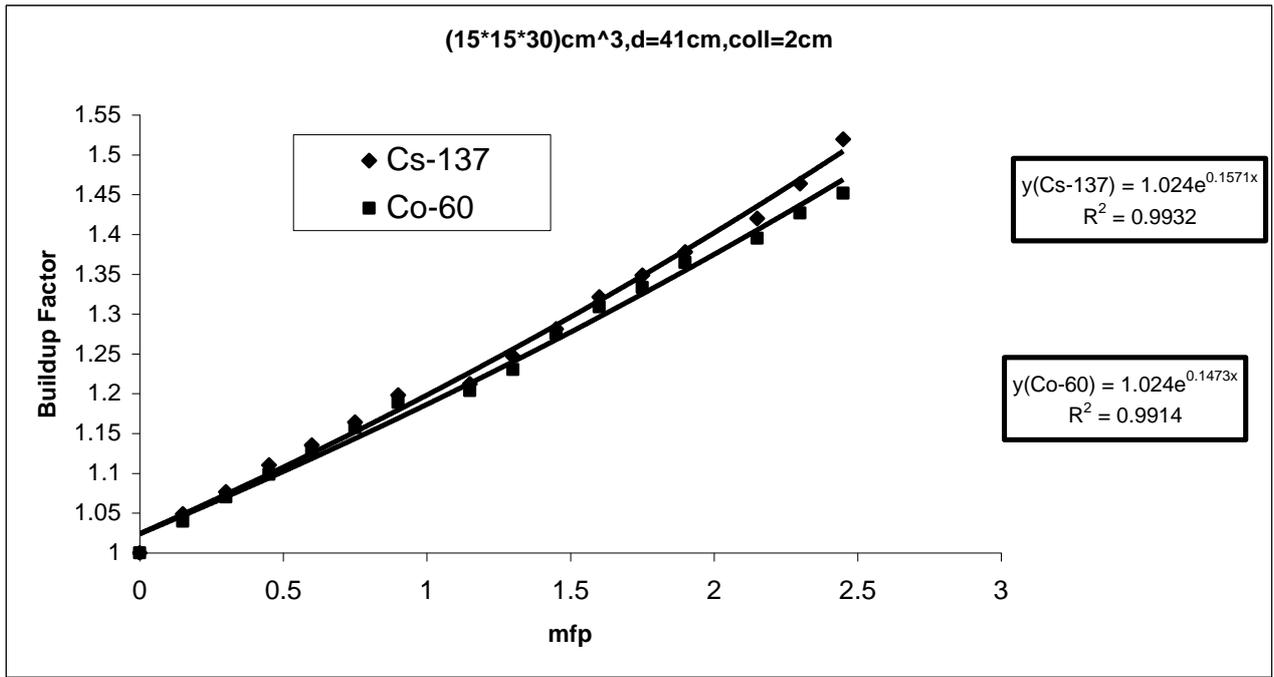
شكل (22-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (51cm) وللحوض الزجاجي  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



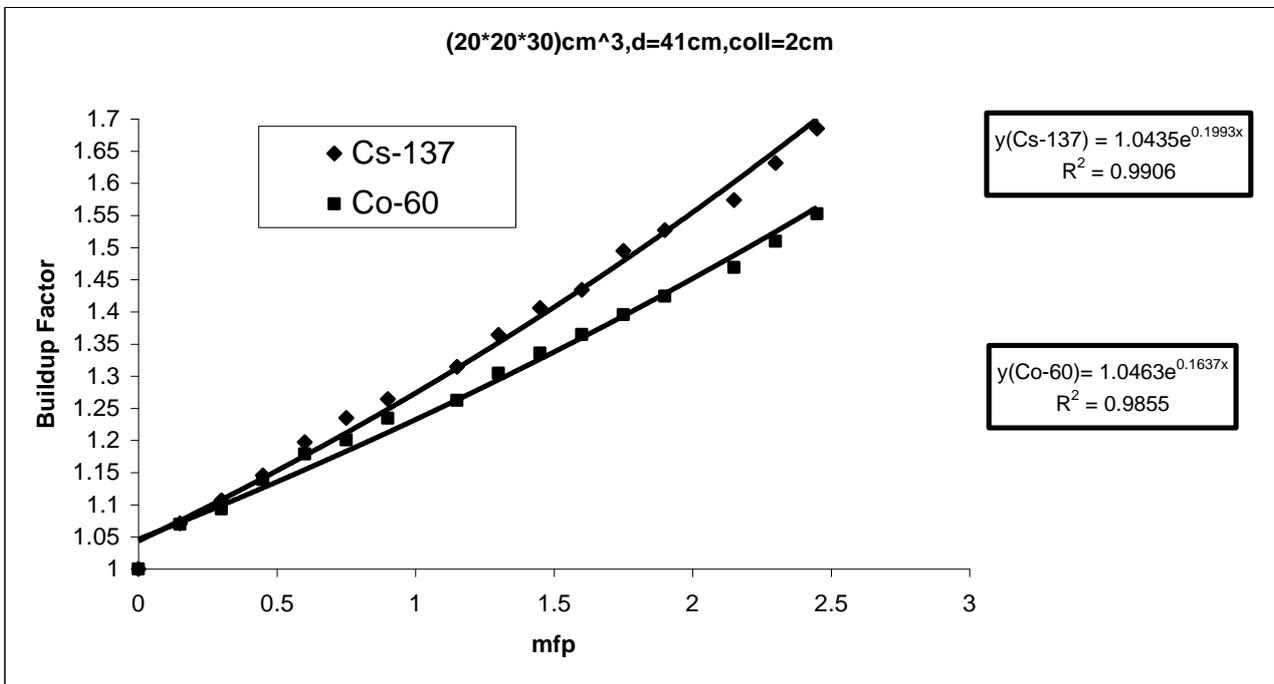
شكل (23-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (20×20×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



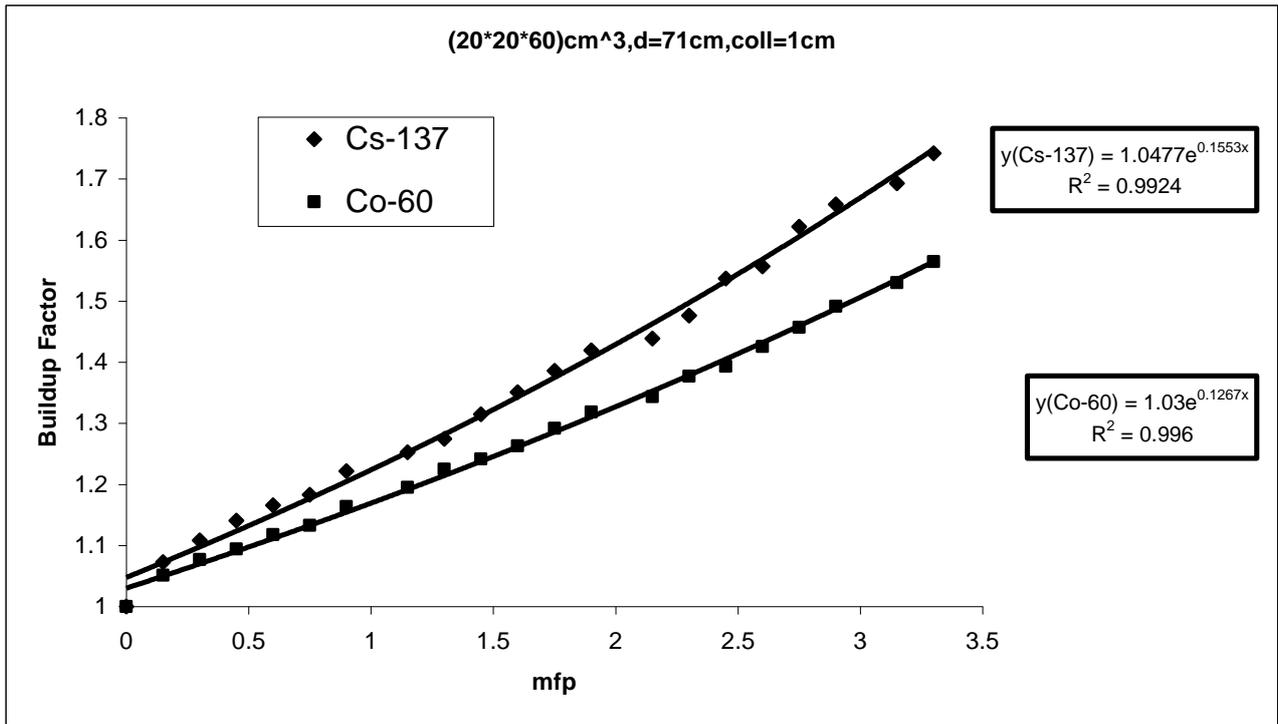
شكل (24-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (10×10×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (2cm) ولمصدرين مشعين.



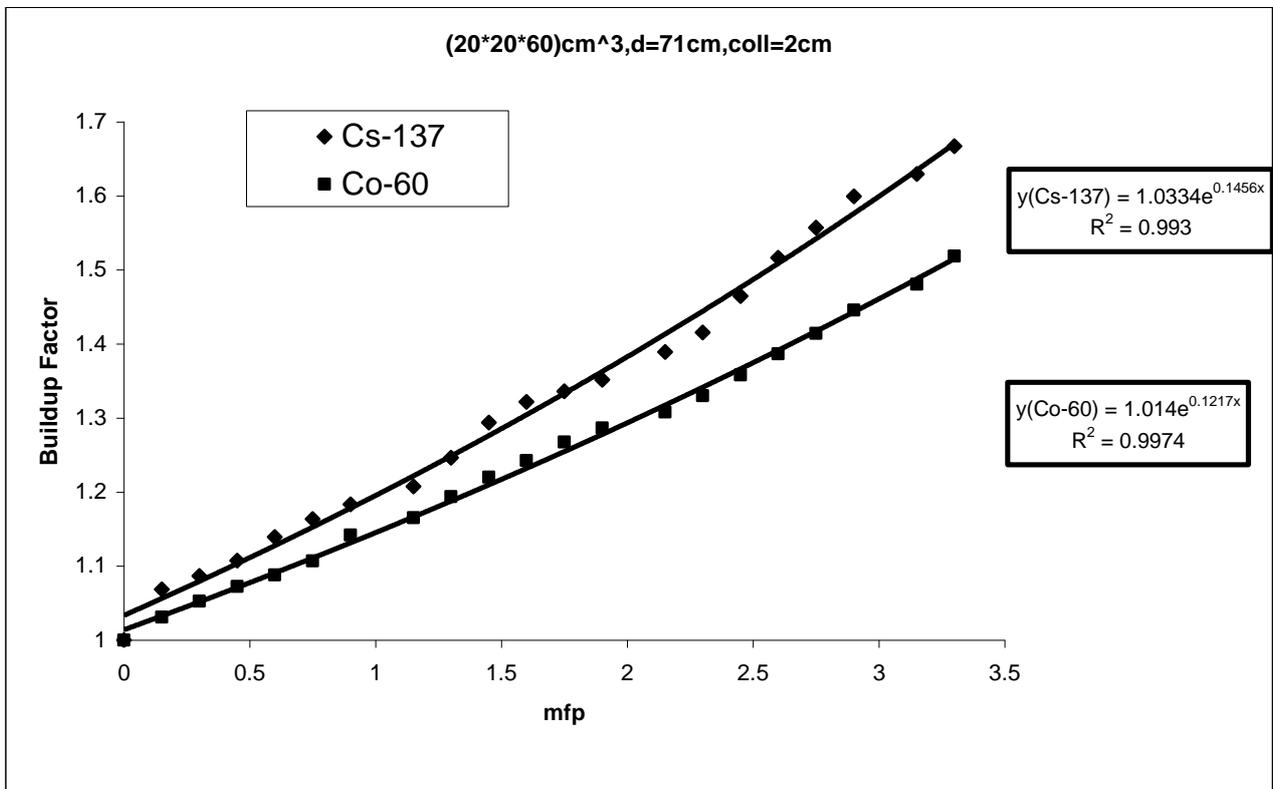
شكل (3-25) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (2cm) ولمصدرين مشعين.



شكل (3-26) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (20×20×30)cm<sup>3</sup> والمسدد الذي قطره (2cm) ولمصدرين مشعين.



شكل (27-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (1cm) ولمصدرين مشعين.



شكل (28-3) يوضح تأثير طاقة المصدر المشع على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  والمسدد الذي قطره (2cm) ولمصدرين مشعين.

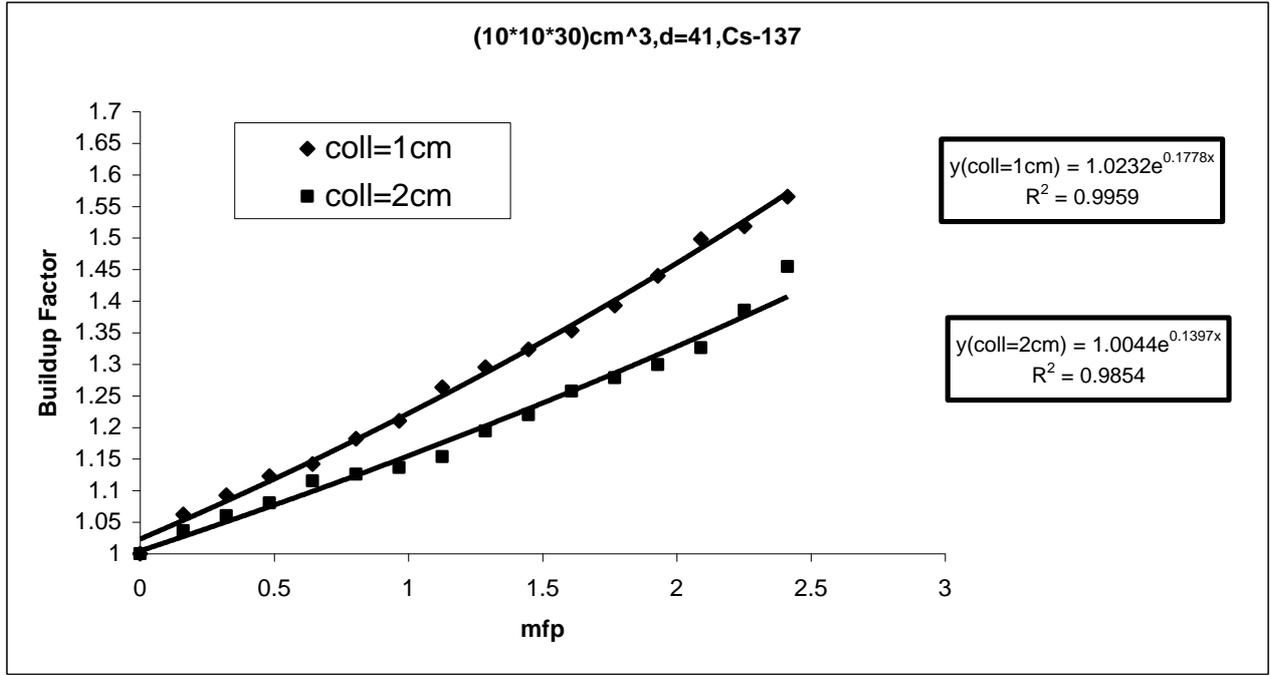
### (5-3-3) تأثير قطر فتحة المسدد

تم في هذا البحث استخدام مسددين الأول قطره (1cm) والثاني قطره (2cm). حيث درس تأثير قطر فتحة المسدد على قيمة عامل تراكم أشعة كاما في الماء لأربعة أحواض زجاجية بأحجام مختلفة وهي  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(15 \times 15 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 30) \text{cm}^3$  و  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  حيث تم دراسة الأحواض الثلاثة الأولى عند المسافة (41cm) أما الحوض الرابع فقد تم دراسته عند المسافة (71cm) ولمصدرين مشعين هما السيزيوم-137 و الكوبلت-60 الجداول (1-3) و (4-3) و (7-3) تضم نتائج قياس عامل التراكم للأحواض المستخدمة والمسافة (41cm) وللمصدرين المشعين وباستخدام المسدد الأول أما الجداول (10-3) و (11-3) و (12-3) قيست عند استخدام المسدد الذي قطره (2cm) وللأحواض الزجاجية المستخدمة وللمصدرين المشعين وعند المسافة (41cm). والجدولين (13-3) و (14-3) تم قياسهما باستخدام المسددين الأول والثاني على التوالي عند المسافة (71cm) و للحوض الزجاجي الذي حجمه  $(20 \times 20 \times 60) \text{cm}^3$  وللمصدرين المشعين.

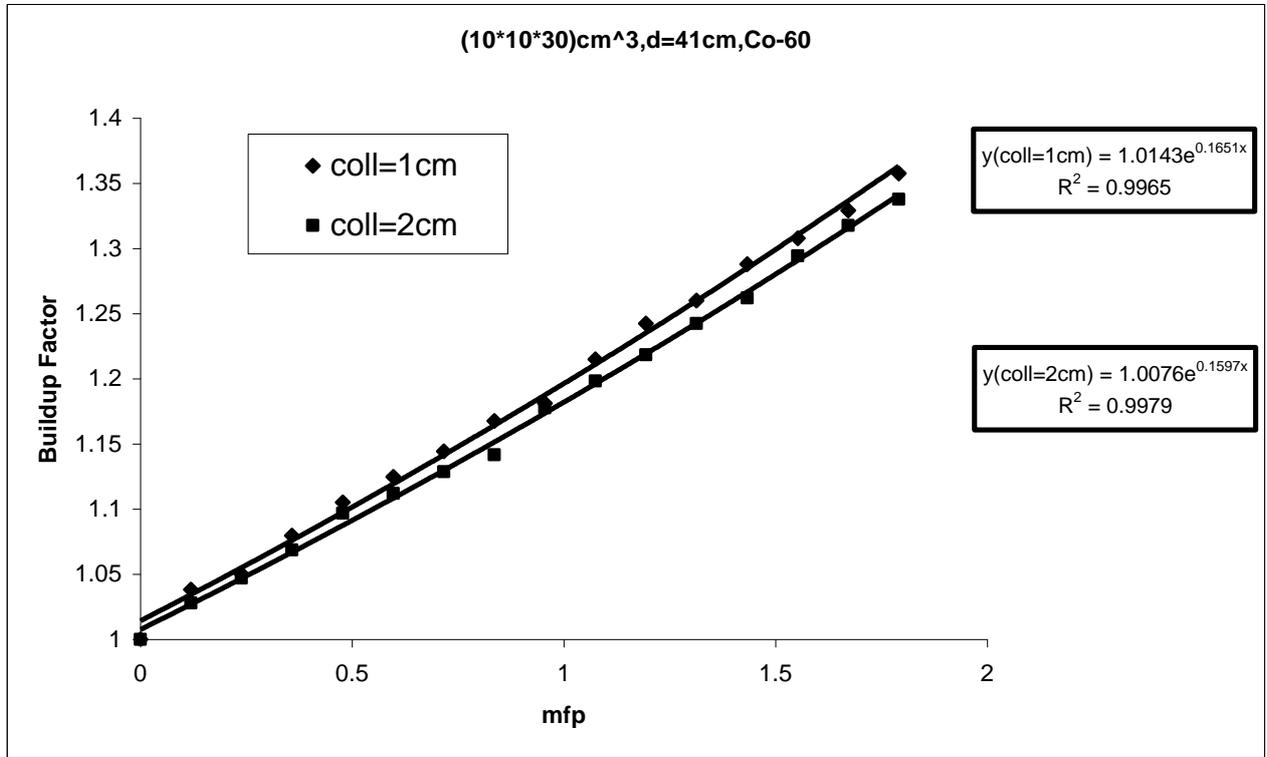
ولغرض معرفة تأثير قطر فتحة المسدد رسم عامل التراكم للمصدرين المشعين المستخدمين من الجدولين (1-3) و (10-3) في الشكلين (29-3) و (30-3) والجدولين (4-3) و (11-3) في الشكلين (31-3) و (32-3) والجدولين (7-3) و (12-3) في الشكلين (33-3) و (34-3) والجدولين (13-3) و (14-3) في الشكلين (35-3) و (36-3), وقد أجريت ملائمة لجميع منحنيات الأشكال مع استخراج معادلات المنحنيات .

وقد تبين من الأشكال السابقة إن قيم عامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام المسدد الأول أكبر من قيم عامل التراكم باستخدام المسدد الثاني، أي انه يمكن الوصول إلى الاستنتاج الأتي هو إن قيمة عامل التراكم لأشعة كاما في الماء تقل بزيادة قطر فتحة المسدد المستخدم.

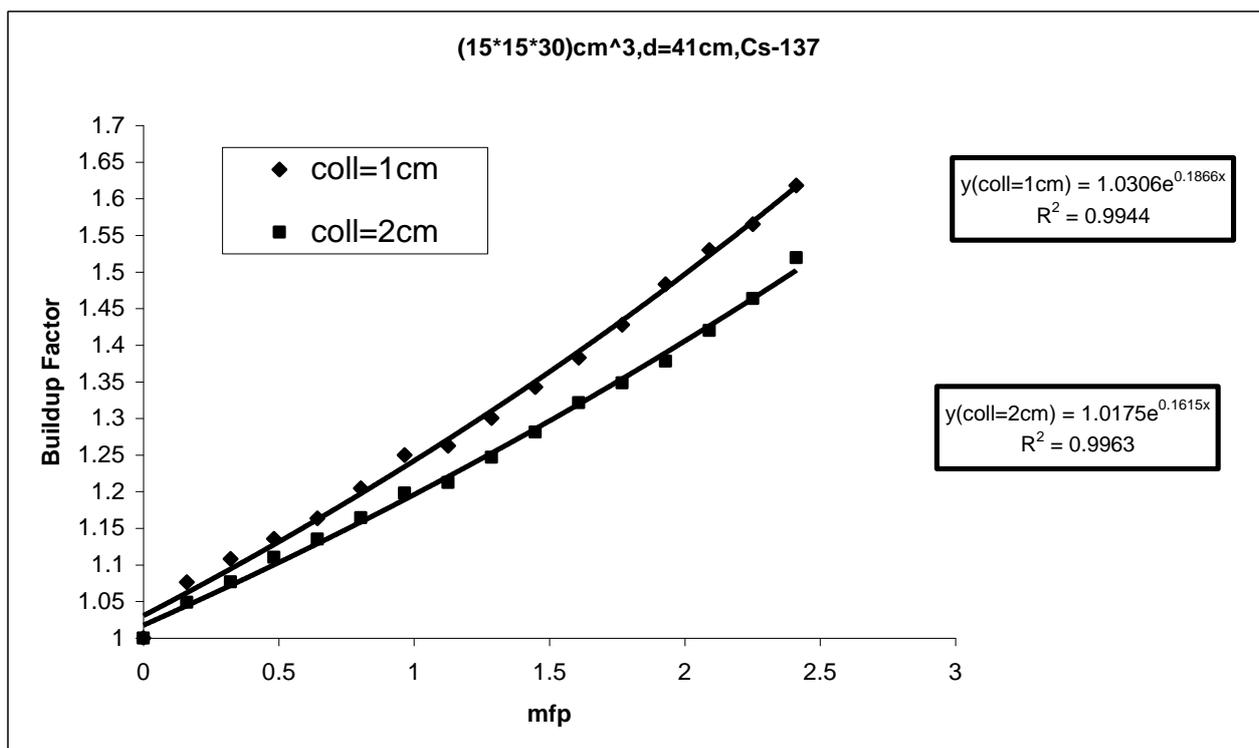
ويمكن تفسير ذلك إن عامل التراكم يتناسب عكسيا مع معدل العد للحزمة الضيقة (الحزمة المسددة) وان معدل عد الحزمة الضيقة يعتمد على قطر فتحة المسدد أي إن العلاقة بينهما طردية لذلك فأن قيمة عامل التراكم تقل بزيادة قطر فتحة المسدد.



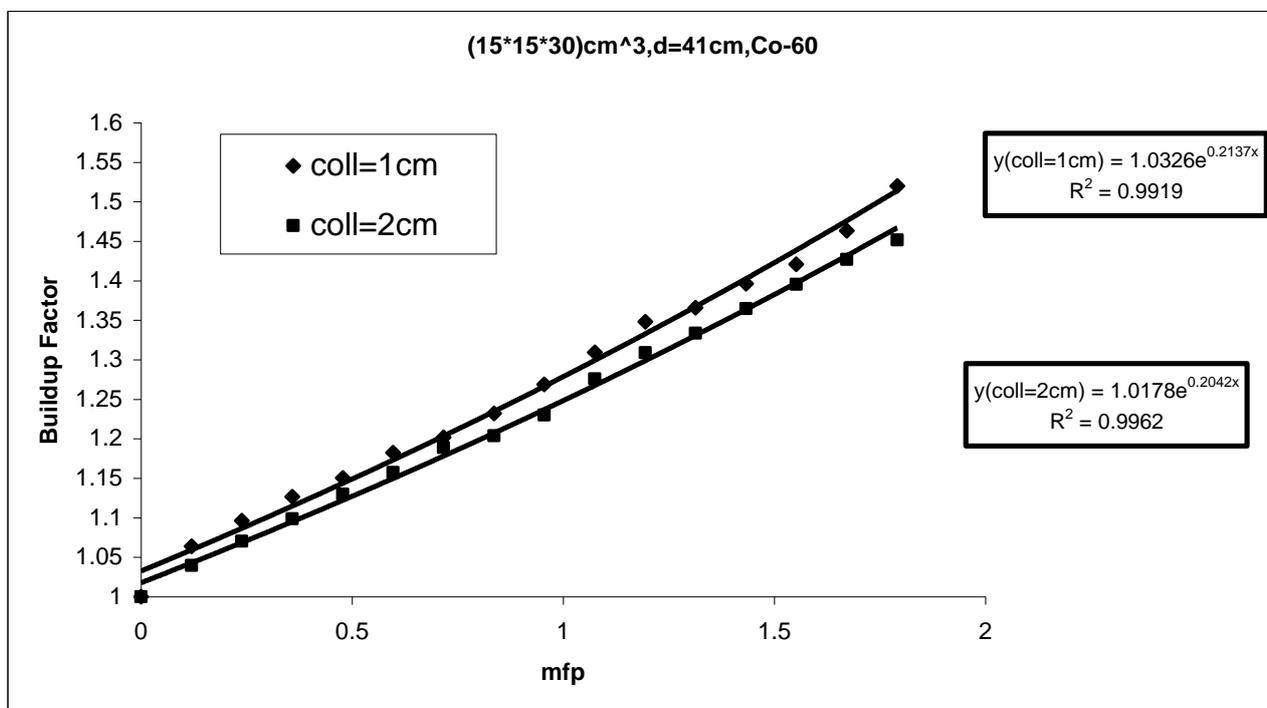
شكل (29-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (10×10×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Cs-137) ولكلا المسددين.



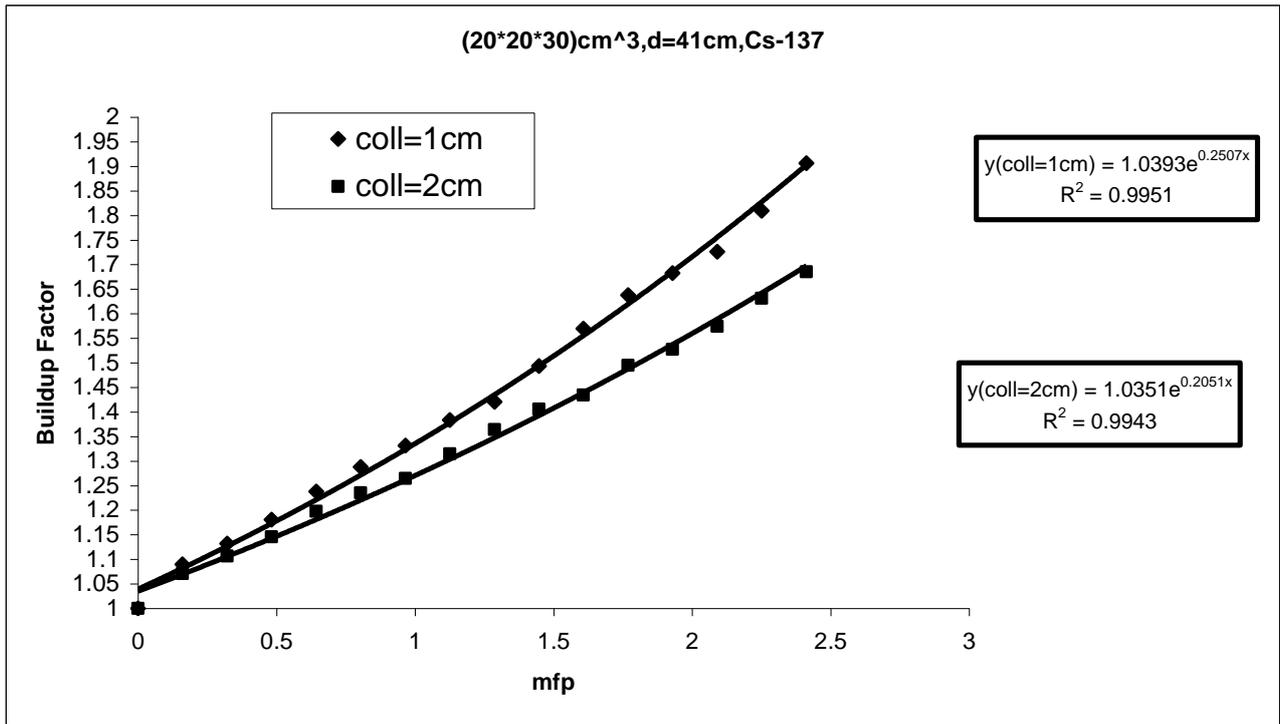
شكل (30-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (10×10×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Co-60) ولكلا المسددين.



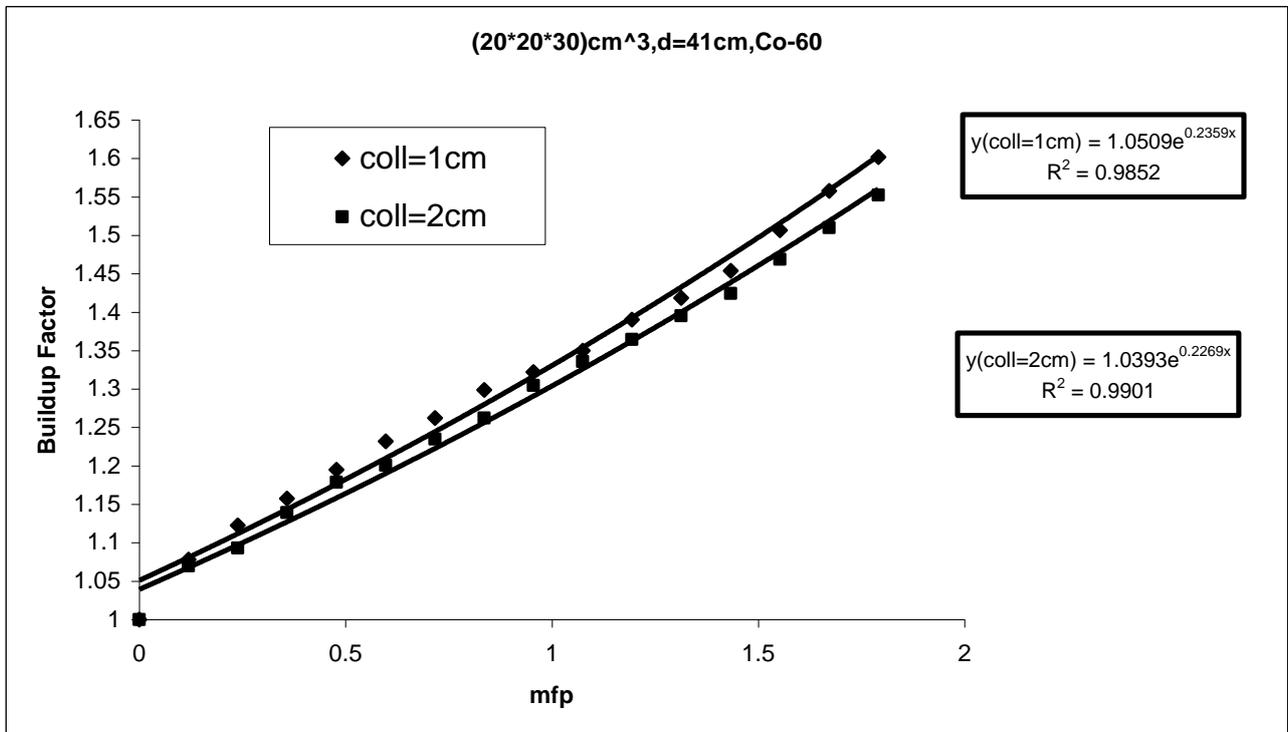
شكل (31-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Cs-137) ولكلا المسددين.



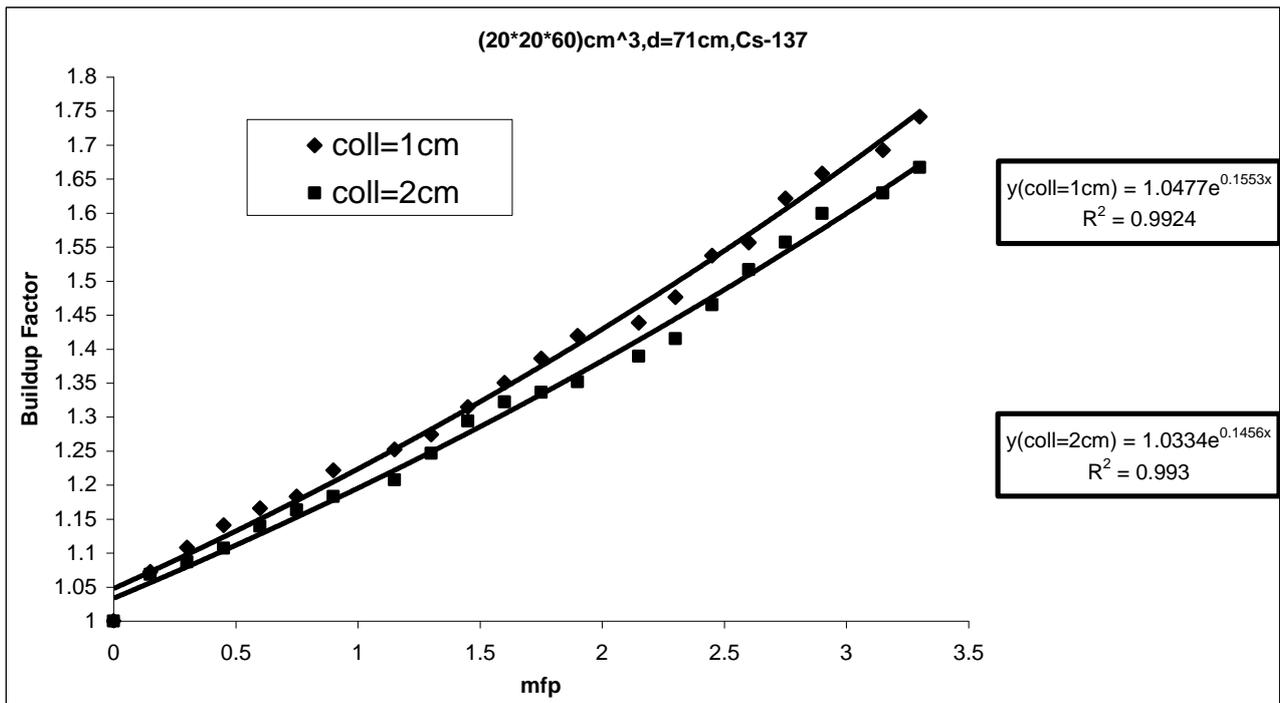
شكل (32-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (15×15×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Co-60) ولكلا المسددين.



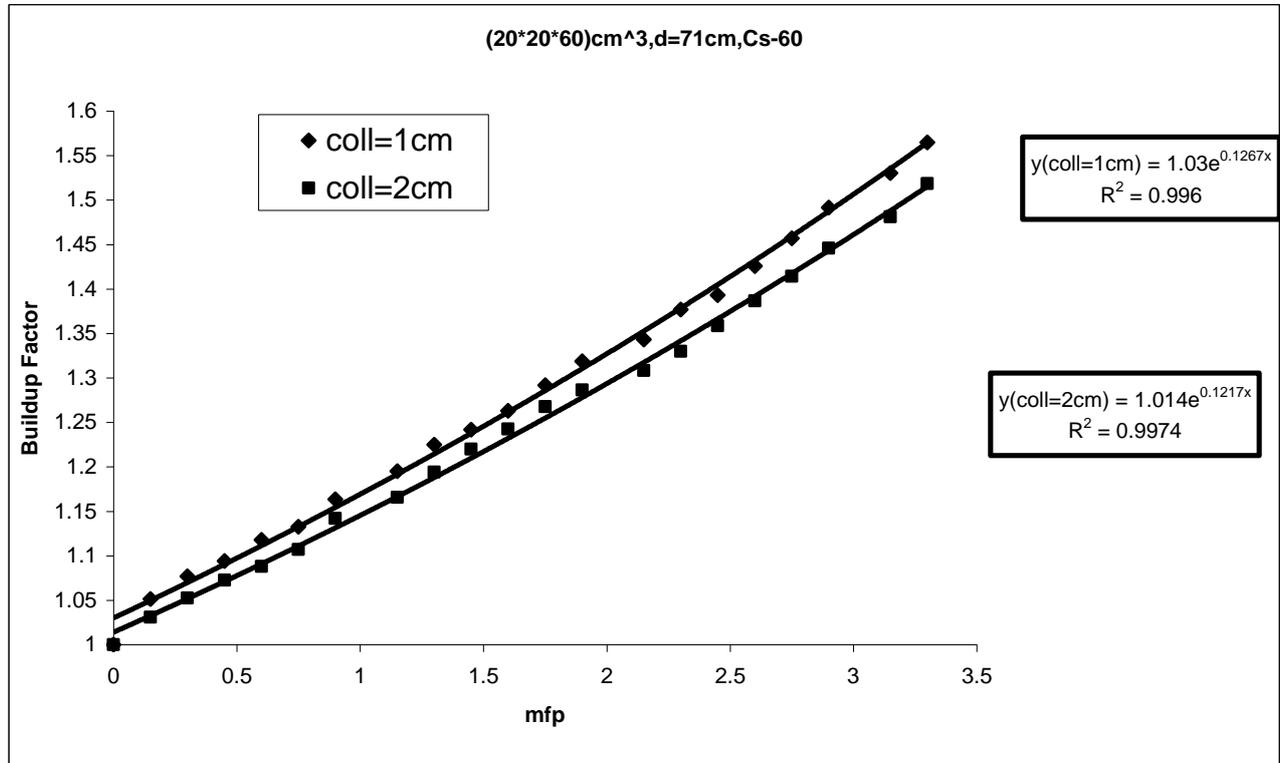
شكل (33-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (20×20×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Cs-137) ولكلا المسددين.



شكل (34-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (41cm) وللحوض الزجاجي (20×20×30)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Co-60) ولكلا المسددين.



شكل (35-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (20×20×60)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Cs-137) ولكلا المسددين.



شكل (36-3) يوضح تأثير قطر فتحة المسدد على قياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام المسافة (71cm) وللحوض الزجاجي (20×20×60)cm<sup>3</sup> ولمصدر (Co-60) ولكلا المسددين.

### (4-3) حساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء

تم حساب عامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام معادلة تايلور جدول (1-1) حيث تعبر هذه المعادلة عن صيغة يمكن من خلالها حساب عامل التراكم للطبقات المنفردة، إذا توفرت اعلومات هذه المعادلة وتكتب المعادلة بالشكل التالي:

$$B=A_1 \exp(-\alpha_1 \mu x)+(1-A_1) \exp(-\alpha_2 \mu x)$$

حيث إن  $A_1$  و  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  هي اعلومات خاصة بالمعادلة تعتمد على طاقة المصدر المشع والشكل الهندسي للمصدر وتعتمد على نوع المادة المستخدمة كدرع.

الجدول (3-15) يوضح اعلومات هذه المعادلة [14] ولمدى من الطاقة من 0.015MeV إلى 15MeV ، اختيار من هذه الاعلومات فقط المدى الطاقى من 0.5MeV إلى 1.5MeV وذلك لان المدى الأخير من الطاقة اقرب للطاقات المستخدمة في هذا البحث لقياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء.

جدول (3-15) يوضح اعلومات معادلة تايلور لحساب عامل تراكم أشعة كاما للماء [14].

E (MeV)	$A_1$	$\alpha_1$	$\alpha_2$
1.5	856.6	-0.02158	-0.02027
1	597	-0.03603	-0.03354
0.8	2775	-0.04392	-0.0433
0.6	3271	-0.05701	-0.05639
0.5	2637	-0.0665	-0.0657

ومن خلال هذه الاعلومات انشأ برنامج حسابى يمكن من خلاله حساب عامل التراكم ولأى سمك مستخدم . الجدول (3-16) يوضح قيم عامل تراكم أشعة كاما في الماء للمدى الطاقى المبين في الجدول أعلاه ولمعدل المسار الحر نفسه وللأحواض الثلاثة الاولى ولطاقتي مصدري السيزيوم-137 و الكوبلت-60 ، حيث حسب عامل تراكم الطاقات (0.662MeV و 1.253MeV) من خلال رسم علاقة بيانية بين عامل لتراكم والطاقات الموضحة في اعلومات

الجدول لكل سمك من الأسماك أوضحت في الجدول واستخرجت معادلة المنحني لكل رسم ومن خلال هذه المعادلات حسب عامل التراكم لهذه الطاقة ولجميع الأسماك .

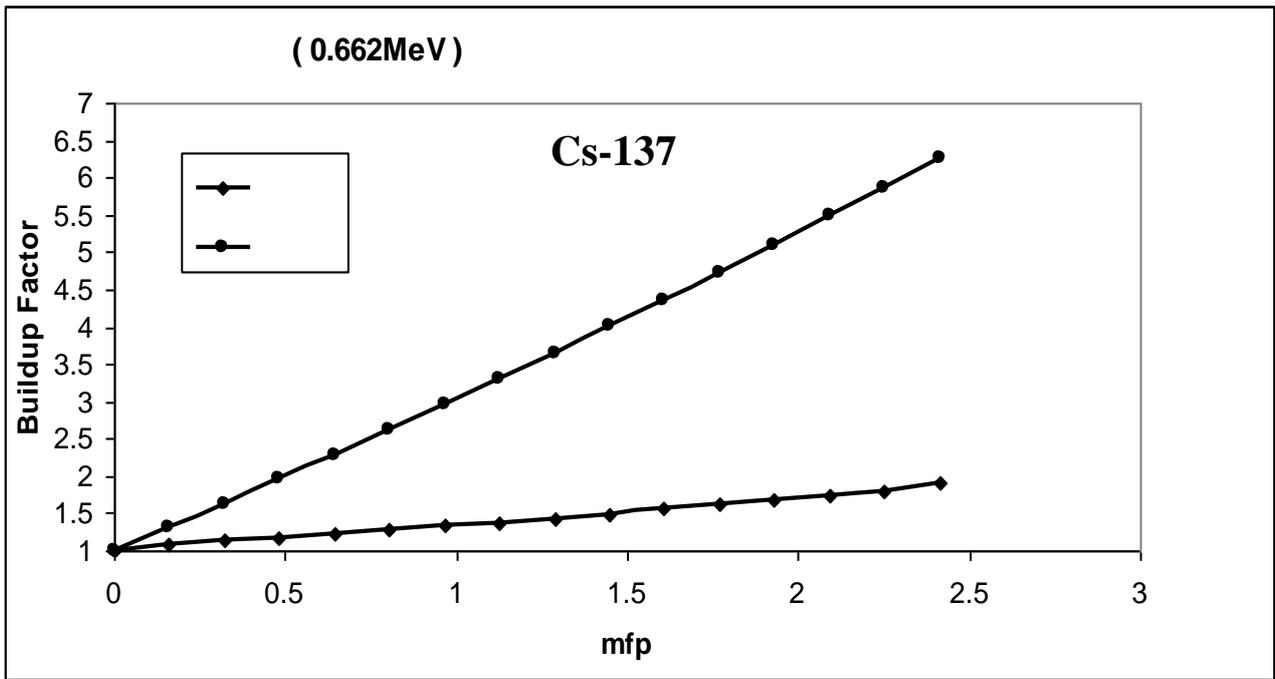
ولغرض إجراء مقارنة بين قيم عامل تراكم أشعة كاما المستخرجة عمليا مع قيم عامل تراكم أشعة كاما المحسوبة نظريا، رسم عامل التراكم من الجدولين (7-3) و (3-20) ولكلاً طاقتي المصدرين المشعنين (0.662MeV) و (1.253MeV)، في الشكلين (3-37) و (3-38) على التوالي.

وقد وقع الاختيار على الجدول (7-3) من النتائج العملية لان الحوض المستخدم في هذا الجدول هو من أكبر الأحواض المستخدمة في هذه الدراسة عند استخدام المسافة بين المصدر المشع والكاشف (41cm) وبالتالي فهو يمتلك قيم عامل التراكم اكبر من الأحواض البقية كما اثبت ذلك.

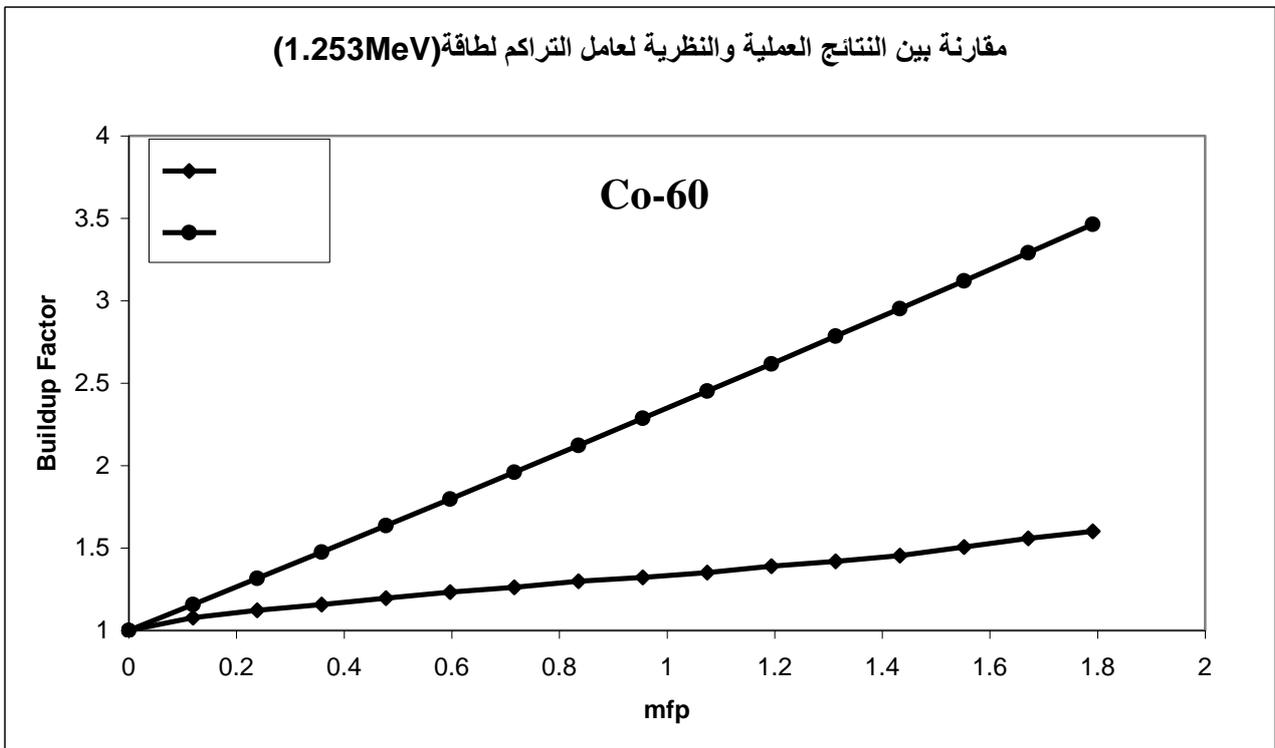
ويلاحظ من الأشكال والجدول إنَّ هناك اتفاق بين النتائج العملية والنتائج النظرية من الناحية النوعية حيث انه في كلا الحالتين (العملية والنظرية) إن عامل تراكم أشعة كاما في الماء يزداد بزيادة سمك الماء ونقصان طاقة المصدر المشع ، واختلافه من الناحية الكمية حيث إن قيم عامل التراكم المقاسة عمليا اقل من قيم عامل التراكم المحسوبة نظريا ويمكن أن يعزى هذا إلى سبب استخدام الأوساط المحدودة في القياسات العملية واستخدام الأوساط غير المحدودة في الحسابات النظرية.

جدول (3-16) قيم عامل تراكم أشعة كاما في الماء والمحسوبة نظريا باستخدام معادلة تايلور باعتماد الاعداد في البحث المنشور [19] لمدى من الطاقات الواطئة من ضمنها طاقتي المصدرين المشعنين اللذين استعملوا في القياسات العملية لهذا البحث.

نوع المصدر	Thickness	Buildup Factor					
		Energy(MeV)					
	mfp	1.5MeV	1MeV	0.8MeV	0.662MeV	0.6MeV	0.5MeV
Cs-137	0	1	1	1	1	1	1
	0.1608	1.184314	1.245782	1.28559	1.313889	1.338201	1.353468
	0.3216	1.369859	1.494291	1.57515	1.632189	1.682514	1.714377
	0.4824	1.556641	1.745548	1.868722	1.95522	2.033021	2.082844
	0.6432	1.744667	1.999576	2.166348	2.283541	2.389808	2.458989
	0.804	1.933943	2.2564	2.46807	2.616962	2.75296	2.842936
	0.9648	2.124475	2.516042	2.773931	2.955875	3.122564	3.234807
	1.1256	2.316269	2.778526	3.083975	3.300188	3.498707	3.634728
	1.2864	2.509332	3.043875	3.398245	3.650053	3.881479	4.042826
	1.4472	2.703548	3.311946	3.716586	4.005429	4.270724	4.45897
	1.608	2.899289	3.583266	4.039641	4.367004	4.667268	4.884074
	1.7688	3.096197	3.857356	4.366857	4.734289	5.070467	5.317487
	1.9296	3.294399	4.134408	4.698477	5.107396	5.480662	5.759605
	2.0904	3.493901	4.414447	5.034549	5.486606	5.897945	6.210564
	2.2512	3.694711	4.697498	5.375118	5.871883	6.322412	6.670503
2.412	3.896836	4.983585	5.720231	6.263372	6.75416	7.139562	
Co-60	mfp	1.5MeV	1.253MeV	1MeV	0.8MeV	0.6 MeV	0.5MeV
	0	1	1	1	1	1	1
	0.1194	1.136743	1.182243	1.211684	1.250546	1.261752	1.157745
	0.2388	1.274163	1.365986	1.42555	1.50445	1.527599	1.316237
	0.3582	1.412264	1.551237	1.641617	1.761746	1.797575	1.475557
	0.4776	1.551048	1.738008	1.8599	2.022468	2.071734	1.635785
	0.597	1.690517	1.926306	2.080419	2.28665	2.350124	1.796955
	0.7164	1.830675	2.116141	2.303189	2.554329	2.632796	1.95903
	0.8358	1.971523	2.307523	2.528228	2.825539	2.9198	2.122011
	0.9552	2.113064	2.500462	2.755554	3.100315	3.211187	2.286039
	1.0746	2.255301	2.694966	2.985185	3.378695	3.507008	2.451001
	1.194	2.398237	2.891047	3.217138	3.660713	3.807315	2.617077
	1.3134	2.541874	3.088713	3.451432	3.946407	4.112162	2.78404
	1.4328	2.686214	3.287974	3.688085	4.235813	4.4216	2.951996
	1.5522	2.831261	3.48884	3.927114	4.528969	4.735683	3.120934
1.6716	2.977016	3.691322	4.168539	4.825912	5.054467	3.291078	
1.791	3.123483	3.895429	4.412377	5.126681	5.378005	3.462212	



شكل (37-3) مقارنة بين النتائج العملية والنظرية لعامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام الطاقة (0.662MeV).



شكل (38-3) مقارنة بين النتائج العملية والنظرية لعامل تراكم أشعة كاما في الماء باستخدام الطاقة (1.253MeV).

### (5-3) قياس عامل التراكم لدروع مكونة من طبقتين

تم في هذا البحث استخدام خمس مواد هي الماء و البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم حيث يتراوح سمك الماء المستخدم من (2cm) إلى (18cm) واسماك المواد الأخرى من (0.15cm) إلى (2cm) ويتراوح السمك الكلي للدروع المكون من طبقتين من (0.15cm) إلى (20cm) واستخدمت الدروع المتعددة بأربع تشكيلات وهي:

(Al-water, Fe-water, Cu-water, Brass-water). حيث يكون الماء في جميع الحالات هو الطبقة الثانية بسبب صعوبة الترتيب العملي لجعل الماء كطبقة أولى، وكان الحوض الزجاجي المستخدم في هذا العمل هو الحوض الذي حجمه  $(10 \times 10 \times 30) \text{cm}^3$  وكذلك أستخدم المصدران المشعان السيزيوم-137 والكوبلت-60 وكانت المسافة المستخدمة بين المصدر المشع والكاشف (41cm) والمسدد المستخدم الذي قطره (1cm).

طريقة العمل لقياس عامل تراكم أشعة كما في الدروع المتعددة الطبقات هي بزيادة سمك الطبقة الأولى إلى حد معين و بعدها يثبت هذا الحد و من ثم نزيد سمك الطبقة الثانية .

الجدول من (17-3) إلى (24-3) توضح نتائج هذه الدراسة، حيث تضم الجداول من (17-3) إلى (20-3) نتائج قياس عامل تراكم أشعة كما لدرعين باستخدام المسدد الذي قطره (1cm) ، ويبين الجدول (17-3) نتائج عامل التراكم لدرعين الأول هو البراص و الثاني الماء ولكلا المصدرين المشعين و يضم الجدول (18-3) نتائج قياس عامل تراكم أشعة كما لدرعين الأول النحاس و الثاني الماء، أما الدرعين الحديد و الماء فيضم نتائجهما الجدول (19-3) و الجدول (20-3) يضم نتائج قياس عامل تراكم أشعة كما لدرعين من الألمنيوم و الماء.

أما لجدول من (21-3) إلى (24-3) فتضم نتائج التشكيلات المستخدمة في هذا الجزء ولها خواص الجداول نفسها من (17-3) إلى (20-3) ولكن باستخدام المسدد الذي قطره (2cm) وكانت نتيجة تأثير قطر فتحة المسدد للدرع ذي الطبقتين متطابقة لدراسة هذا العامل في الجزء الأول ، وهذا ما توضحه الأشكال (41-3) و (42-3) و (43-3) و (44-3) ولكلاً المصدرين المشعين ، وضمنا في الجداول وجد أن عامل تراكم أشعة كما يزداد بزيادة سمك الدرع ويقل بزيادة طاقة المصدر المشع .

ولمعرفة تأثير العدد الذري للمواد التي تسبق الماء على قياس عامل التراكم رُسم عامل التراكم لطبقتي البراص و الماء سوية و لطبقتي النحاس و الماء سوية و لطبقتي الحديد و الماء سوية

و لطبقتي الألمنيوم والماء سوية في الشكلين (3-39) و (3-40) ولكلا المصدرين المشعنين السيزيوم-137 و الكوبلت-60 على التوالي.

يمكن أن يستنتج من الأشكال إن عامل تراكم أشعة كاما في الدروع ذات الطبقتين يزداد كلما زاد العدد الذري للمادة التي تسبق الماء، أي إن عامل التراكم لطبقتي البراص والماء اكبر من عامل التراكم لطبقتي النحاس و الماء، وهذا اكبر من عامل التراكم لطبقتي الحديد والماء، وهذا اكبر من عامل التراكم لطبقتي الألمنيوم والماء وذلك لأن العدد الذري للبراص اكبر من العدد الذري للنحاس، والعدد الذري للنحاس اكبر من الحديد والعدد الذري للحديد اكبر من العدد الذري للألمنيوم.

ويمكن تفسير ذلك إن احتمالية استطارة كومبتن تتناسب خطيا مع زيادة العدد الذري لمادة الهدف [4] وهذا يعني زيادة العدد الذري لمادة الطبقة الأولى تؤدي إلى زيادة استطارة كومبتن وهذا يؤدي إلى زيادة عامل التراكم لان عامل التراكم يعتمد على استطارة كومبتن وبما إن عامل التراكم يزداد بزيادة السمك فأن زيادة سمك الماء في الطبقة الثانية يعني زيادة عامل التراكم.

جدول (17-3) عامل التراكم للدرعين (Brass - Water) وبمسافة (41cm) ولم صدرين  
(Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		(I/I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %	
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>				
Brass	مصدر السيزيوم-137									
	Air		142257	269845						
	Glass(0)	0	137766	259894	1	1	1	0.0033326	0.333263	
	0.15	0.09225	126054	246885	0.914986	0.949945	1.038207	0.0035665	0.346173	
	0.45	0.27675	116195	235873	0.843423	0.907574	1.07606	0.0036956	0.35841	
	0.75	0.46125	107093	222260	0.777354	0.855195	1.100135	0.0038851	0.37198	
	1.05	0.64575	100159	217221	0.727023	0.835806	1.149629	0.0040367	0.381939	
	1.35	0.83025	95171	209336	0.690816	0.805467	1.165964	0.0041548	0.390953	
	1.65	1.01475	82655	188266	0.599967	0.724395	1.207393	0.004535	0.417254	
2	1.23	74886	175636	0.543574	0.675799	1.243251	0.0048738	0.436431		
Brass+Water	2+2	1.3908	60594	151311	0.439833	0.582203	1.323691	0.0054687	0.480751	
	6	1.5516	55604	142900	0.403612	0.54984	1.362298	0.005782	0.499822	
	8	1.7124	49347	130957	0.358194	0.503886	1.40674	0.0063641	0.528212	
	10	1.8732	44290	121580	0.321487	0.467806	1.455132	0.0069346	0.555009	
	12	2.034	39955	112485	0.290021	0.432811	1.492345	0.0074078	0.582394	
	14	2.1948	37062	110541	0.269021	0.425331	1.581031	0.0077989	0.600235	
	16	2.3556	35154	108974	0.255172	0.419302	1.643213	0.0080495	0.613374	
	18	2.5164	32052	104944	0.232655	0.403795	1.735595	0.0085351	0.638186	
	20	2.6772	30063	101542	0.218218	0.390705	1.790438	0.0088057	0.656594	
Brass	مصدر الكوبلت-60									
	Air		79385	131895						
	Glass(0)	0	75968	125623	1	1	1	0.004596	0.459606	
	0.15	0.0669	73006	123163	0.96101	0.980418	1.020195	0.004765	0.467085	
	0.45	0.2007	70753	121133	0.931353	0.964258	1.035331	0.004899	0.473171	
	0.75	0.3345	68019	118556	0.895364	0.943744	1.054035	0.00507	0.481005	
	1.05	0.4683	66267	117223	0.872301	0.933133	1.069737	0.005199	0.486017	
	1.35	0.6021	60840	111332	0.800864	0.886239	1.106604	0.005579	0.50417	
	1.65	0.7359	55555	105799	0.731295	0.842195	1.151648	0.006034	0.523947	
2	0.892	50916	98209	0.67023	0.781776	1.16643	0.00637	0.5461		
Brass+Water	2+2	1.0114	46030	91120	0.605913	0.725345	1.197111	0.006845	0.571835	
	6	1.1308	42292	85070	0.556708	0.677185	1.216409	0.007237	0.59498	
	8	1.2502	38025	79337	0.50054	0.631548	1.261735	0.00787	0.623722	
	10	1.3696	35092	73711	0.461931	0.586764	1.27024	0.008238	0.64856	
	12	1.489	32679	70629	0.430168	0.56223	1.307001	0.008744	0.669023	
	14	1.6084	29257	66199	0.385123	0.526966	1.368306	0.009606	0.702039	
	16	1.7278	27243	62944	0.358612	0.501055	1.397208	0.010133	0.725216	
	18	1.8472	25184	59356	0.331508	0.472493	1.425284	0.010719	0.752032	
	20	1.9666	23986	58748	0.315738	0.467653	1.481142	0.011349	0.766243	

جدول (18-3) عامل التراكم للدر عين (Cu - Water) وبمسافة (41cm) ولم صدرين  
(Co-60, Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cu	مصدر السيزيوم-137								
	Air		141576	275890					
	Glass(0)	0	137627	260043	1	1	1	0.0033333	0.33334
	0.15	0.0975	128227	248291	0.931699	0.954807	1.024802	0.003545	0.343892
	0.45	0.2925	111823	224176	0.812508	0.862073	1.061003	0.0038237	0.366108
	0.75	0.4875	96817	200610	0.703474	0.771449	1.096628	0.0041359	0.391325
	1.05	0.6825	91149	193701	0.66229	0.744881	1.124704	0.0042687	0.401667
	1.35	0.8775	82189	177290	0.597187	0.681772	1.14164	0.0045866	0.42199
	1.65	1.0725	73013	160278	0.530514	0.616352	1.161802	0.0049862	0.44649
2	1.3	66429	147940	0.482674	0.568906	1.178654	0.0053128	0.467046	
Cu+Water	2+2	1.4608	53283	130460	0.387155	0.501686	1.295827	0.0059476	0.514129
	6	1.6216	48534	121273	0.352649	0.466357	1.322442	0.0064714	0.537122
	8	1.7824	45494	117542	0.33056	0.45201	1.367406	0.006899	0.552164
	10	1.9432	42032	109858	0.305405	0.422461	1.38328	0.0072951	0.573533
	12	2.104	37198	99564	0.270281	0.382875	1.41658	0.007895	0.607676
	14	2.2648	32478	90855	0.235986	0.349385	1.480533	0.0084843	0.646503
	16	2.4256	29820	85788	0.216673	0.329899	1.52257	0.0089906	0.672244
	18	2.5864	27541	80977	0.200113	0.311398	1.556111	0.0093551	0.697558
	20	2.7472	25049	76367	0.182006	0.293671	1.613518	0.0098543	0.728124
Cu	مصدر الكوبلت-60								
	Air		97454	131750					
	Glass(0)	0	75968	125623	1	1	1	0.004596	0.459606
	0.15	0.06608	72399	121963	0.95302	0.970865	1.018725	0.004779	0.469165
	0.45	0.2124	69145	117280	0.910186	0.933587	1.02571	0.004918	0.479468
	0.75	0.354	66442	114622	0.874605	0.912428	1.043246	0.005087	0.487597
	1.05	0.4956	63615	112577	0.837392	0.89615	1.070167	0.005308	0.496008
	1.35	0.6372	59711	109937	0.786002	0.875134	1.1134	0.00566	0.508365
	1.65	0.76936	56628	106640	0.745419	0.848889	1.138808	0.005921	0.519966
2	0.944	53423	100836	0.70323	0.802687	1.141429	0.006108	0.535123	
Cu+Water	2+2	1.0634	48289	92464	0.635649	0.736044	1.15794	0.006501	0.561459
	6	1.1828	44052	86288	0.579876	0.686881	1.184531	0.006936	0.585573
	8	1.3022	40843	81876	0.537634	0.65176	1.212273	0.007344	0.605785
	10	1.4216	37132	75950	0.488785	0.604587	1.236918	0.007832	0.633226
	12	1.541	34009	70906	0.447675	0.564435	1.260813	0.008316	0.6596
	14	1.6604	31673	67756	0.416926	0.53936	1.29366	0.008806	0.680672
	16	1.7798	28177	61045	0.370906	0.485938	1.310138	0.009436	0.720217
	18	1.8992	25786	56752	0.339432	0.451764	1.330941	0.009995	0.751008
	20	2.0186	23608	53986	0.310762	0.429746	1.382877	0.01079	0.780268

جدول (19-3) عامل التراكم للدرعين (Fe - Water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين  
(Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Fe	مصدر السيزيوم-137								
	Air		142228	275438					
	Glass(0)	0	137579	260043	1	1	1	0.003334	0.333378
	0.15	0.08655	128045	247220	0.930702	0.950689	1.021476	0.00354	0.344307
	0.45	0.25965	113069	225345	0.821848	0.866568	1.054414	0.00393	0.364442
	0.75	0.43275	96276	196803	0.699787	0.756809	1.081485	0.004342	0.393294
	1.05	0.60585	88079	185322	0.640207	0.712659	1.11317	0.004612	0.409261
	1.35	0.77895	83054	177013	0.603682	0.680707	1.127591	0.004904	0.420591
	1.65	0.95205	77252	166925	0.56151	0.641913	1.143191	0.00511	0.435148
Fe+Water	2	1.154	68293	150772	0.496391	0.579796	1.168023	0.005468	0.461252
	2+2	1.3148	59498	137439	0.432464	0.528524	1.222122	0.005898	0.490747
	6	1.4756	54068	129712	0.392996	0.49881	1.269249	0.00645	0.511904
	8	1.6364	49034	119919	0.356406	0.461151	1.293891	0.006861	0.536031
	10	1.7972	44008	110986	0.319874	0.426799	1.334269	0.007323	0.563323
	12	1.958	42249	108084	0.307089	0.415639	1.35348	0.007574	0.573771
	14	2.1188	39195	101849	0.284891	0.391662	1.37478	0.007965	0.594407
	16	2.2796	36253	95789	0.263507	0.368358	1.397908	0.008263	0.616632
	18	2.4404	32656	88633	0.237362	0.34084	1.43595	0.009019	0.647339
Fe	20	2.6012	28730	79998	0.208825	0.307634	1.473162	0.009792	0.687802
	مصدر الكوبلت-60								
	Air		79742	131289					
	Glass(0)	0	75968	125623	1	1	1	0.004596	0.459606
	0.15	0.06315	72523	120967	0.954652	0.962937	1.008678	0.004737	0.469632
	0.45	0.18945	69823	117664	0.919111	0.936644	1.019076	0.004868	0.47771
	0.75	0.31575	66687	114179	0.87783	0.908902	1.035396	0.005046	0.487377
	1.05	0.44205	63141	110589	0.831153	0.880324	1.059161	0.005283	0.498799
	1.35	0.56835	59920	107960	0.788753	0.859397	1.089564	0.005551	0.509427
Fe+Water	1.65	0.69465	57154	104589	0.752343	0.832563	1.106626	0.005756	0.520171
	2	0.842	54408	101166	0.716196	0.805314	1.124432	0.005978	0.531643
	2+2	0.9614	51669	97514	0.680142	0.776243	1.151296	0.00621	0.544141
	6	1.0808	48743	94752	0.641625	0.754257	1.185541	0.006552	0.557401
	8	1.2002	45896	91286	0.604149	0.726666	1.212793	0.006883	0.572215
	10	1.3196	43341	87961	0.570517	0.700198	1.227306	0.007203	0.586869
	12	1.439	40931	83992	0.538793	0.668604	1.240929	0.00748	0.602804
	14	1.5584	37602	78975	0.494972	0.628667	1.280107	0.007958	0.626551
	16	1.6778	35136	74983	0.462511	0.596889	1.290542	0.008343	0.646507
Fe+Water	18	1.7972	32074	69664	0.422204	0.554548	1.32346	0.008863	0.674778
	20	1.9166	29620	65935	0.389901	0.524864	1.356147	0.009416	0.699481

جدول (20-3) عامل التراكم للدرعين (Al - Water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين  
(Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (1 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I(I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
AI	مصدر السيزيوم-137								
	Air		142365	276540					
	Glass(0)	0	137766	258371	1	1	1	0.003335231	0.333523
	0.15	0.03015	128123	244230	0.930005	0.943968	1.015014	0.003556881	0.344957
	0.45	0.09045	123038	238413	0.893094	0.921485	1.031789	0.003666259	0.351027
	0.75	0.15075	118785	231582	0.862223	0.895082	1.03811	0.003771953	0.356885
	1.05	0.21105	113031	223099	0.820456	0.862295	1.050994	0.003880056	0.365095
	1.35	0.27135	107831	216055	0.782711	0.835069	1.066893	0.004052619	0.372857
	1.65	0.33165	102580	210736	0.744596	0.814511	1.093897	0.004251576	0.380707
	2	0.402	91375	190933	0.663262	0.737971	1.112638	0.004575859	0.402261
Al+Water	2+2	0.5628	83597	181619	0.606804	0.701972	1.156834	0.004834981	0.41795
	6	0.7236	75954	171862	0.551326	0.66426	1.20484	0.005249633	0.435712
	8	0.8844	65974	154809	0.478884	0.598349	1.249464	0.005809276	0.464941
	10	1.0452	57982	138506	0.420873	0.535336	1.271967	0.006291625	0.494638
	12	1.206	50772	123890	0.368538	0.478844	1.299308	0.006846699	0.526949
	14	1.3668	44690	110143	0.324391	0.425711	1.312341	0.007360291	0.560852
	16	1.5276	39493	99194	0.286667	0.383393	1.337413	0.007957574	0.594997
	18	1.6884	36494	91916	0.264898	0.355262	1.341127	0.008297802	0.618719
	20	1.8492	33046	86993	0.239871	0.336235	1.401734	0.008745488	0.646189
	AI	مصدر الكوبلت-60							
Air			79683	131943					
Glass(0)		0	75968	125623	1	1	1	0.004596	0.459606
0.15		0.02235	73365	122095	0.965736	0.971916	1.0064	0.004701	0.467128
0.45		0.06705	71930	120345	0.946846	0.957985	1.011765	0.004768	0.471294
0.75		0.11175	70122	117713	0.923047	0.937034	1.015153	0.004843	0.477034
1.05		0.15645	67918	115718	0.894034	0.921153	1.030333	0.00498	0.483377
1.35		0.20115	66353	113918	0.873434	0.906824	1.038229	0.00507	0.488356
1.65		0.24585	64038	111865	0.84296	0.890482	1.056375	0.005235	0.495531
2		0.298	60955	110122	0.802377	0.876607	1.092512	0.005515	0.50484
Al+Water	2+2	0.4174	57444	104620	0.75616	0.832809	1.101366	0.005719	0.519294
	6	0.5368	55321	101733	0.728215	0.809828	1.112073	0.005875	0.528261
	8	0.6562	50047	96152	0.658791	0.765401	1.161828	0.006404	0.551193
	10	0.7756	46617	91105	0.61364	0.725225	1.181842	0.00673	0.569454
	12	0.895	44050	87927	0.579849	0.699928	1.207085	0.007046	0.583734
	14	1.0144	40184	81964	0.52896	0.65246	1.233478	0.007512	0.608983
	16	1.1338	37050	76758	0.487705	0.611019	1.252844	0.007926	0.632602
	18	1.2532	34068	71535	0.448452	0.569442	1.269795	0.008359	0.658272
	20	1.3726	32341	69261	0.425719	0.55134	1.295081	0.008722	0.673488

جدول (21-3) عامل التراكم للدرعين (Brass - water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I(I <sub>0</sub> )		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Brass	مصدر السيزيوم-137								
	Air		209065	269845					
	Glass(0)	0	200540	259894	1	1	1	0.002972	0.297225
	0.15	0.09225	187425	248885	0.934602	0.95764	1.024651	0.003134	0.305833
	0.45	0.27675	177929	238773	0.887249	0.918732	1.035484	0.003243	0.313182
	0.75	0.46125	169533	230260	0.845382	0.885977	1.048019	0.003354	0.320023
	1.05	0.64575	160883	222221	0.802249	0.855045	1.06581	0.003489	0.327349
	1.35	0.83025	141087	205336	0.703535	0.790076	1.123008	0.003883	0.345802
	1.65	1.01475	122949	188266	0.61309	0.724395	1.181549	0.004332	0.366675
2	1.23	108820	168636	0.542635	0.648865	1.195766	0.00465	0.388837	
Brass+Water	2+2	1.3908	96638	150311	0.481889	0.578355	1.200183	0.004949	0.41232
	6	1.5516	85938	140900	0.428533	0.542144	1.265116	0.005476	0.432822
	8	1.7124	75471	130957	0.376339	0.503886	1.338916	0.006119	0.457014
	10	1.8732	67698	121580	0.337579	0.467806	1.38577	0.006645	0.479547
	12	2.034	60957	112085	0.303964	0.431272	1.418824	0.00714	0.503257
	14	2.1948	57858	110845	0.288511	0.426501	1.478283	0.007582	0.512887
	16	2.3556	53995	105889	0.269248	0.407431	1.51322	0.008002	0.528811
	18	2.5164	50586	102755	0.252249	0.395373	1.567391	0.008513	0.543141
	20	2.6772	48158	100780	0.240142	0.387773	1.61477	0.008945	0.553964
Brass	مصدر الكوبلت-60								
	air		101888	131913					
	Glass(0)	0	100736	125623	1	1	1	0.004229	0.422933
	0.15	0.0669	97039	123163	0.9633	0.980418	1.01777	0.004369	0.429237
	0.45	0.2007	94753	121033	0.940607	0.963462	1.024298	0.004443	0.433774
	0.75	0.3345	91713	118556	0.910429	0.943744	1.036593	0.004558	0.439755
	1.05	0.4683	88929	117023	0.882793	0.931541	1.055221	0.004694	0.444862
	1.35	0.6021	81607	111032	0.810108	0.883851	1.091029	0.005031	0.461089
	1.65	0.7359	74597	105799	0.74052	0.842195	1.137302	0.005437	0.478093
2	0.892	68056	97509	0.675588	0.776203	1.148931	0.005739	0.499492	
Brass+Water	2+2	1.0114	61926	90420	0.614736	0.719773	1.170866	0.006107	0.521611
	6	1.1308	56995	84370	0.565786	0.671613	1.187044	0.006436	0.542199
	8	1.2502	52531	78437	0.521472	0.624384	1.197349	0.00675	0.563786
	10	1.3696	48821	73011	0.484643	0.581191	1.199215	0.007011	0.584633
	12	1.489	45846	70229	0.45511	0.559046	1.228374	0.007375	0.600427
	14	1.6084	42584	65499	0.422729	0.521393	1.233399	0.007678	0.622498
	16	1.7278	39962	62144	0.3967	0.494686	1.247003	0.007996	0.641213
	18	1.8472	36856	59733	0.365867	0.475494	1.299636	0.008608	0.662373
	20	1.9666	33941	57193	0.33693	0.455275	1.351244	0.009258	0.685183

جدول (22-3) عامل التراكم للدرعين (Cu - water) وبمسافة (41cm) ولمصـدرين  
(Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

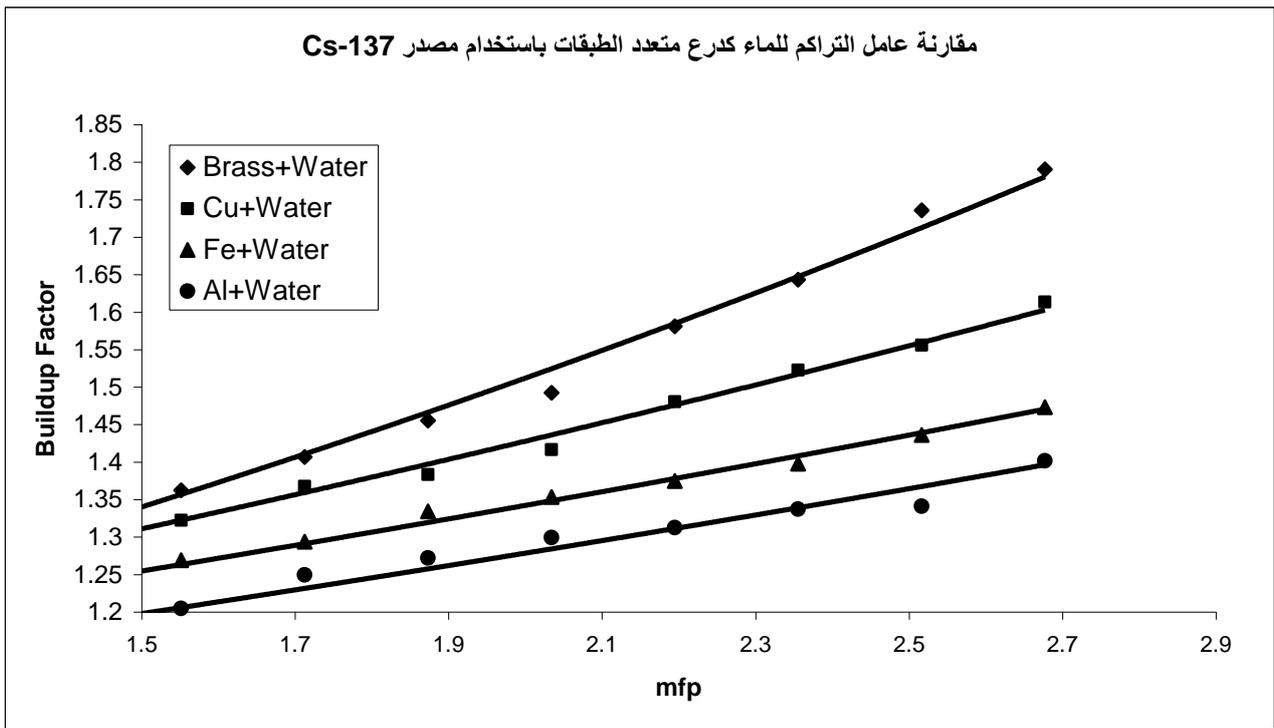
نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Cu	مصدر السيزيوم-137								
	Air		209065	275890					
	Glass(0)	0	200540	260043	1	1	1	0.002972	0.297188
	0.15	0.0975	187235	247291	0.933654	0.950962	1.018538	0.00312	0.306345
	0.45	0.2925	168680	225371	0.841129	0.866668	1.030363	0.003317	0.321955
	0.75	0.4875	150064	203176	0.7483	0.781317	1.044123	0.003554	0.340377
	1.05	0.6825	140965	194987	0.702927	0.749826	1.066719	0.003729	0.349607
	1.35	0.8775	127135	179610	0.633963	0.690693	1.089485	0.003993	0.366514
	1.65	1.0725	118242	167901	0.589618	0.645666	1.095059	0.004157	0.379646
	2	1.3	100744	147290	0.502364	0.566406	1.127483	0.00461	0.408846
Cu+Water	2+2	1.4608	85234	130278	0.425022	0.500986	1.178729	0.005193	0.440549
	6	1.6216	77974	121340	0.38882	0.466615	1.20008	0.005508	0.458978
	8	1.7824	70728	117460	0.352688	0.451695	1.280721	0.006096	0.475943
	10	1.9432	63008	109273	0.314192	0.420211	1.337436	0.00669	0.500224
	12	2.104	56585	99542	0.282163	0.382791	1.356628	0.007142	0.526484
	14	2.2648	50841	90858	0.25352	0.349396	1.378177	0.007633	0.553853
	16	2.4256	47493	85564	0.236826	0.329038	1.389368	0.00795	0.572214
	18	2.5864	42756	80866	0.213204	0.310972	1.458561	0.008721	0.597952
	20	2.7472	37875	76954	0.188865	0.295928	1.566875	0.009835	0.627674
	Cu	مصدر الكوبلت -60							
Air			101888	130586					
Glass(0)		0	99936	125623	1	1	1	0.004239	0.423812
0.15		0.06608	96166	121963	0.962276	0.970865	1.008926	0.004317	0.430021
0.45		0.2124	92062	118280	0.92121	0.941547	1.022077	0.004437	0.434504
0.75		0.354	87786	115622	0.878422	0.920389	1.047775	0.00453	0.439259
1.05		0.4956	84438	112077	0.844921	0.892169	1.055921	0.004688	0.445105
1.35		0.6372	80921	108337	0.809728	0.862398	1.065046	0.004806	0.449299
1.65		0.76936	77041	104640	0.770903	0.832968	1.08051	0.004981	0.455226
2		0.944	71988	98836	0.720341	0.786767	1.092214	0.005174	0.459649
Cu+Water	2+2	1.0634	65983	91264	0.660253	0.726491	1.100323	0.005507	0.474354
	6	1.1828	60881	86288	0.6092	0.686881	1.127513	0.005736	0.481804
	8	1.3022	56547	80876	0.565832	0.643799	1.137792	0.006084	0.499019
	10	1.4216	51565	74450	0.51598	0.592646	1.148583	0.006375	0.513333
	12	1.541	48202	69906	0.482329	0.556475	1.153725	0.006676	0.527873
	14	1.6604	44721	65256	0.447496	0.519459	1.160812	0.006976	0.548943
	16	1.7798	41307	61045	0.413335	0.485938	1.175653	0.007305	0.571378
	18	1.8992	37856	56789	0.378802	0.452059	1.19339	0.007672	0.589686
	20	2.0186	34276	53946	0.34298	0.429428	1.252051	0.008014	0.609025

جدول (23-3) عامل التراكم للدرعين (Fe - water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Cs-)  
(2 cm) وبمسدد قطره (Co-60,137)

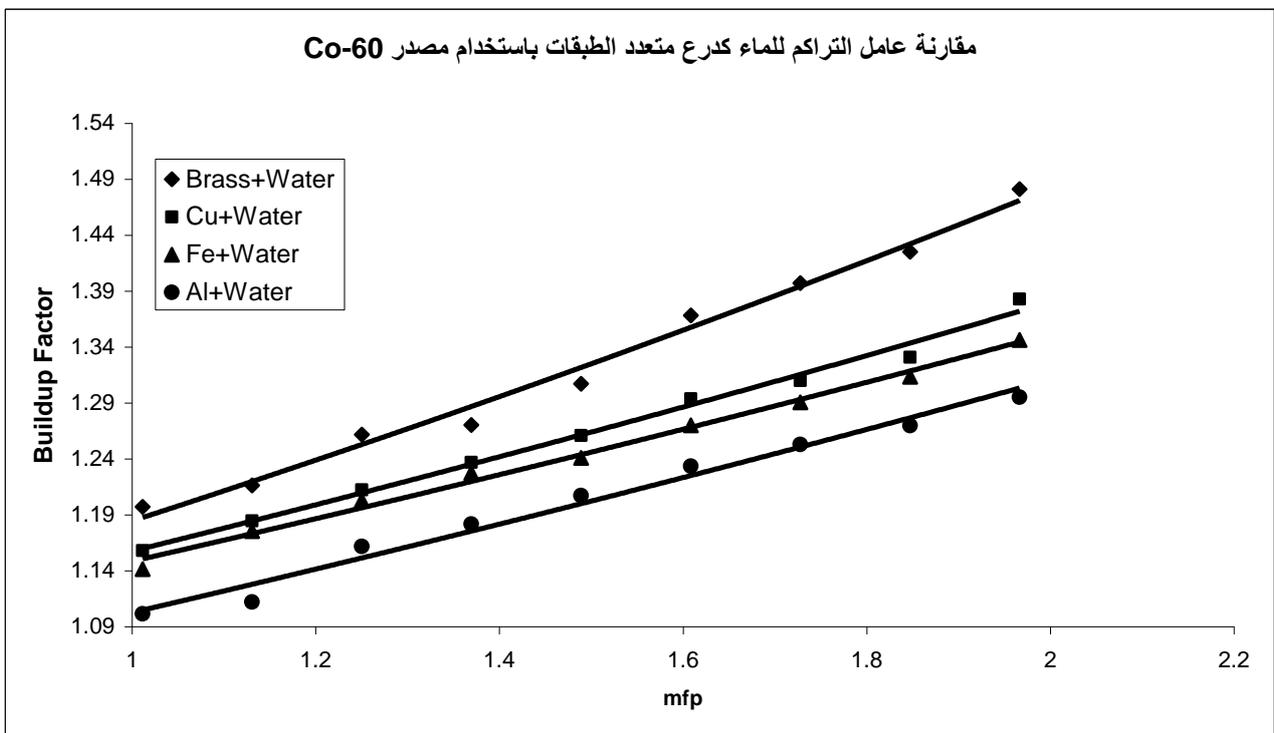
نوع الدرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
Fe	مصدر السيزيوم-137								
	Air		209065	275890					
	Glass(0)	0	200540	260043	1	1	1	0.002972	0.297188
	0.15	0.08655	185975	245920	0.927371	0.94569	1.019753	0.003134	0.307302
	0.45	0.25965	164748	220219	0.821522	0.846856	1.030838	0.003358	0.325742
	0.75	0.43275	141497	197109	0.70558	0.757986	1.074274	0.003743	0.348434
	1.05	0.60585	130514	186343	0.650813	0.716585	1.101062	0.003974	0.36095
	1.35	0.77895	114590	168513	0.571407	0.64802	1.134077	0.004342	0.382897
	1.65	0.95205	107151	158925	0.534312	0.611149	1.143805	0.004521	0.395283
Fe+Water	2	1.154	92210	138839	0.459809	0.533908	1.161153	0.004933	0.424822
	2+2	1.3148	84257	129428	0.420151	0.497718	1.184617	0.005244	0.44266
	6	1.4756	76848	120072	0.383205	0.461739	1.204939	0.005566	0.461964
	8	1.6364	70653	112986	0.352314	0.43449	1.233246	0.005915	0.479628
	10	1.7972	64843	108084	0.323342	0.415639	1.285447	0.006385	0.496729
	12	1.958	59415	101849	0.296275	0.391662	1.321955	0.006824	0.516229
	14	2.1188	54638	95789	0.272454	0.368358	1.352	0.007248	0.536115
	16	2.2796	49105	87633	0.244864	0.336994	1.376252	0.007758	0.5637
	18	2.4404	44081	79998	0.219812	0.307634	1.399534	0.008302	0.593176
	20	2.6012	40153	75863	0.200224	0.291733	1.457028	0.008992	0.617142
Fe	مصدر الكوبلت-60								
	Air		101888	131753					
	Glass(0)	0	99036	125623	1	1	1	0.004249	0.424943
	0.15	0.06315	95311	121167	0.962387	0.964529	1.002225	0.004339	0.432955
	0.45	0.18945	89984	116179	0.908599	0.924823	1.017856	0.00452	0.444078
	0.75	0.31575	85953	113260	0.867897	0.901586	1.038818	0.004699	0.452366
	1.05	0.44205	81935	111089	0.827325	0.884305	1.068872	0.004922	0.460506
	1.35	0.56835	78981	108014	0.797498	0.859827	1.078155	0.005048	0.468181
	1.65	0.69465	73859	105552	0.745779	0.840228	1.126645	0.005405	0.479722
Fe+Water	2	0.842	69952	100461	0.706329	0.799702	1.132195	0.005575	0.492439
	2+2	0.9614	63235	92092	0.638505	0.733082	1.148123	0.00593	0.516457
	6	1.0808	57913	86175	0.584767	0.685981	1.173084	0.006303	0.537323
	8	1.2002	53832	81483	0.54356	0.648631	1.193302	0.006628	0.555417
	10	1.3196	49200	75064	0.496789	0.597534	1.202792	0.006977	0.580062
	12	1.439	44843	70035	0.452795	0.557501	1.231245	0.007447	0.604802
	14	1.5584	41346	67023	0.417485	0.533525	1.277951	0.007992	0.625351
	16	1.6778	38021	61933	0.383911	0.493007	1.28417	0.008367	0.651519
	18	1.7972	34013	56854	0.343441	0.452576	1.317771	0.009033	0.685488
	20	1.9166	31466	53722	0.317723	0.427645	1.345967	0.009555	0.709892

جدول (24-3) عامل التراكم للدرعين (AL -water) وبمسافة (41cm) ولمصدرين (Co-60,Cs-137) وبمسدد قطره (2 cm)

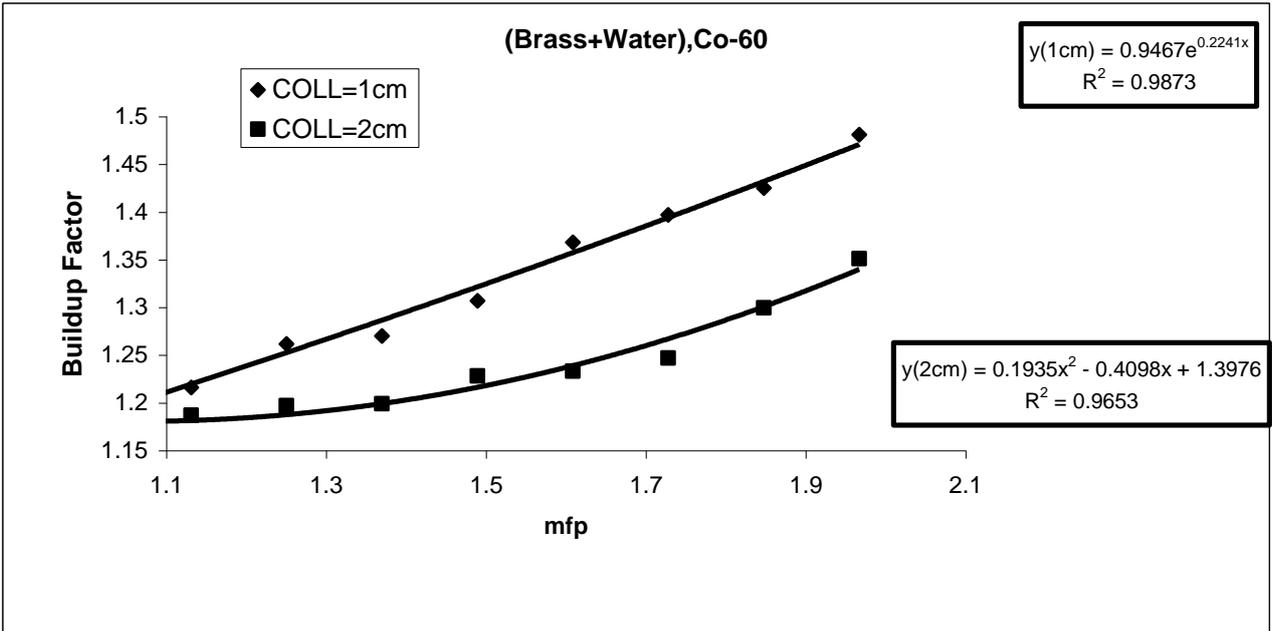
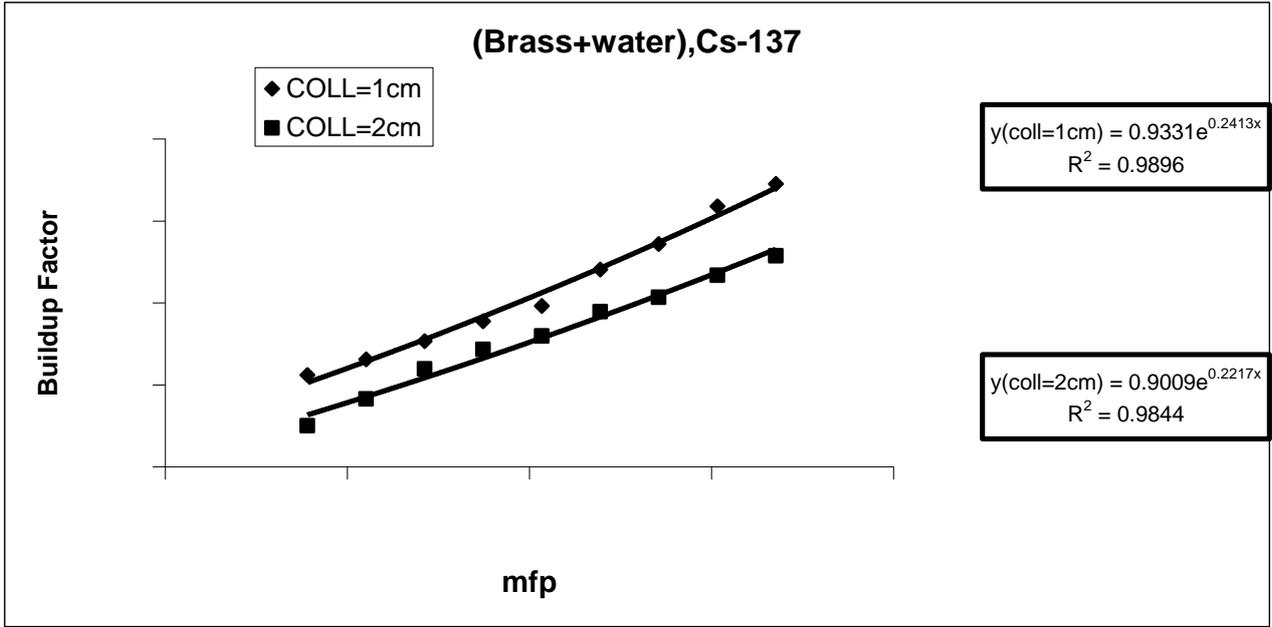
نوع الطرع	Thickness		I(C/min)		I/I <sub>0</sub>		Buildup Factor	S.D ±	F.S.D %
	cm	mfp	I (W)	I(W <sub>0</sub> )	W	W <sub>0</sub>			
AI	مصدر السيزيوم-137								
	Air		209065	267561					
	Glass(0)	0	200540	258727	1	1	1	0.002975	0.297517
	0.15	0.03015	192040	251564	0.957614	0.972314	1.015351	0.003077	0.303024
	0.45	0.09045	185243	244230	0.923721	0.943968	1.021919	0.003149	0.308104
	0.75	0.15075	178096	237413	0.888082	0.91762	1.03326	0.003239	0.313481
	1.05	0.21105	169981	230012	0.847616	0.889014	1.04884	0.003355	0.319853
	1.35	0.27135	164745	223599	0.821507	0.864228	1.052003	0.003416	0.324689
	1.65	0.33165	156642	217455	0.781101	0.840481	1.07602	0.003566	0.331401
2	0.402	148876	210736	0.742376	0.814511	1.097168	0.003715	0.33856	
AI+Water	2+2	0.5628	132708	190933	0.661753	0.737971	1.115175	0.003986	0.35739
	6	0.7236	125581	181619	0.626214	0.701972	1.120977	0.004114	0.367002
	8	0.8844	114038	171862	0.568655	0.66426	1.168126	0.004462	0.381938
	10	1.0452	99173	154809	0.49453	0.598349	1.209935	0.004921	0.40673
	12	1.206	86912	138506	0.43339	0.535336	1.235231	0.005345	0.432733
	14	1.3668	76913	123890	0.383529	0.478844	1.248521	0.005731	0.459058
	16	1.5276	68042	110143	0.339294	0.425711	1.254698	0.006118	0.487605
	18	1.6884	60773	99194	0.303047	0.383393	1.265127	0.006517	0.51513
	20	1.8492	55704	91916	0.27777	0.355262	1.278981	0.006867	0.53695
AI	مصدر الكوبلت-60								
	air		101888	131865					
	Glass(0)	0	99987	125623	1	1	1	0.004238	0.423812
	0.15	0.02235	97074	122095	0.970866	0.971916	1.001081	0.004305	0.430021
	0.45	0.06705	94732	120145	0.947443	0.956393	1.009447	0.004386	0.434504
	0.75	0.11175	92596	117713	0.92608	0.937034	1.011828	0.004445	0.439259
	1.05	0.15645	89524	115718	0.895356	0.921153	1.028812	0.004579	0.445105
	1.35	0.20115	87652	113918	0.876634	0.906824	1.034439	0.004648	0.449299
	1.65	0.24585	84863	111865	0.84874	0.890482	1.049181	0.004776	0.455226
2	0.298	83009	110122	0.830198	0.876607	1.055901	0.004853	0.459649	
AI+Water	2+2	0.4174	77263	104620	0.77273	0.832809	1.077749	0.005112	0.474354
	6	0.5368	74717	101733	0.747267	0.809828	1.083719	0.005221	0.481804
	8	0.6562	68957	96152	0.68966	0.765401	1.109825	0.005538	0.499019
	10	0.7756	65093	91005	0.651015	0.724429	1.11277	0.005712	0.513333
	12	0.895	61220	86727	0.61228	0.690375	1.127549	0.005952	0.527873
	14	1.0144	56429	80564	0.564363	0.641316	1.136352	0.006238	0.548943
	16	1.1338	51892	74758	0.518987	0.595098	1.146652	0.006552	0.571378
	18	1.2532	48554	70535	0.485603	0.561482	1.156256	0.006818	0.589686
	20	1.3726	45456	66261	0.454619	0.527459	1.160222	0.007066	0.609025



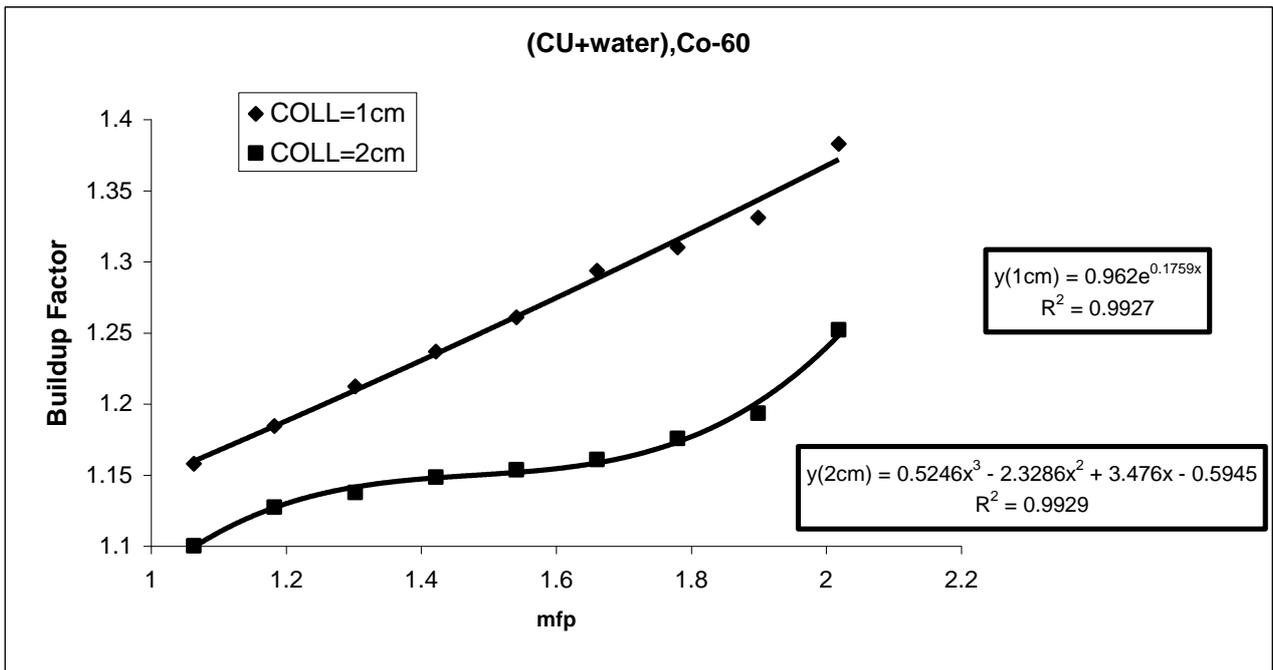
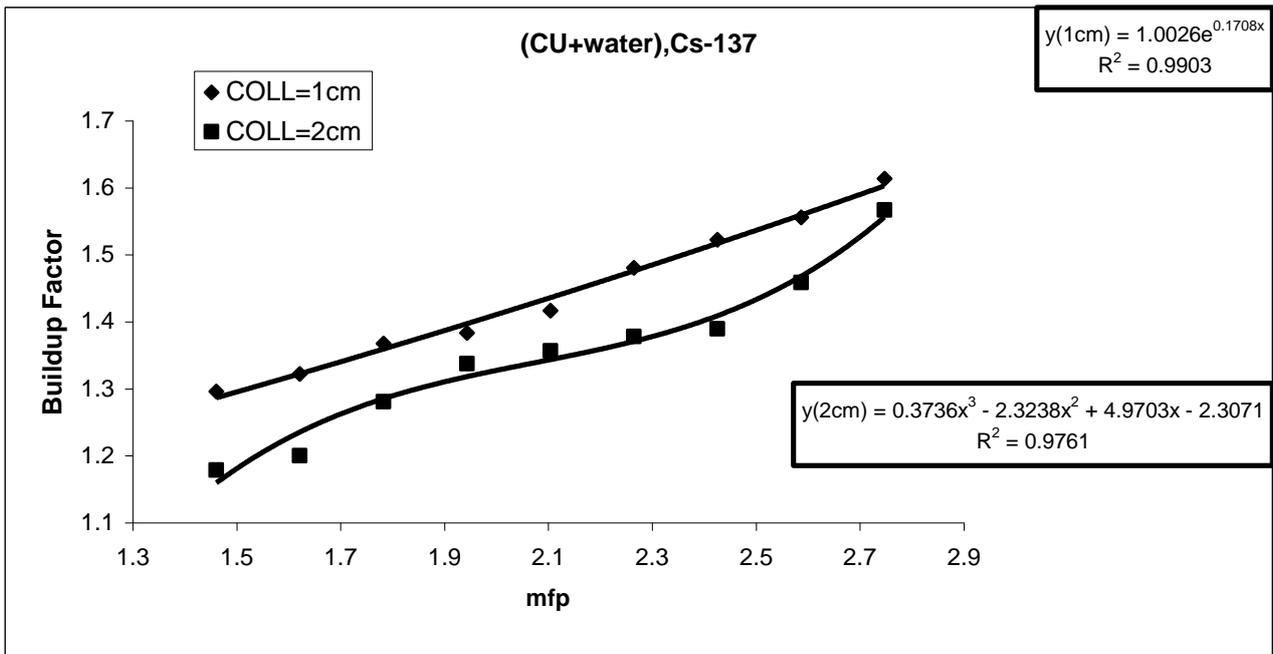
شكل (39-3) يوضح مقارنة عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر السيزيوم-137 لدرع ذي طبقتين الطبقة الأولى من مواد (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم) ويكون الماء الطبقة الثانية فيها وبمسدد قطر فتحتة (1 cm) .



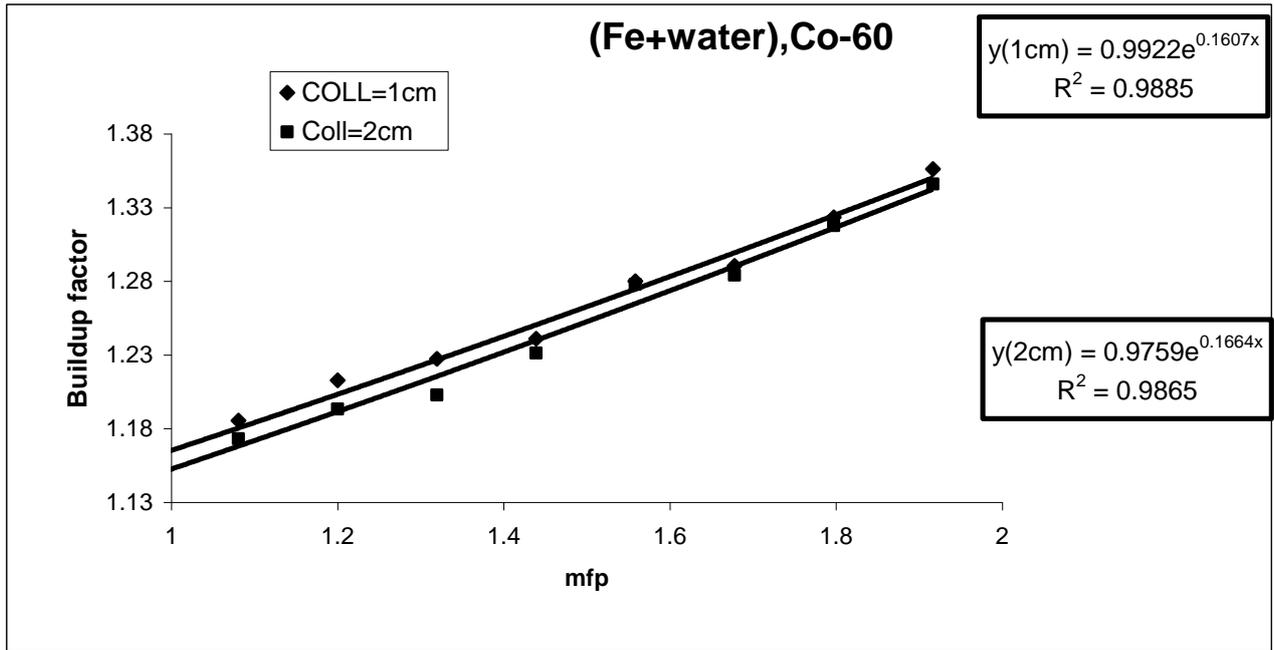
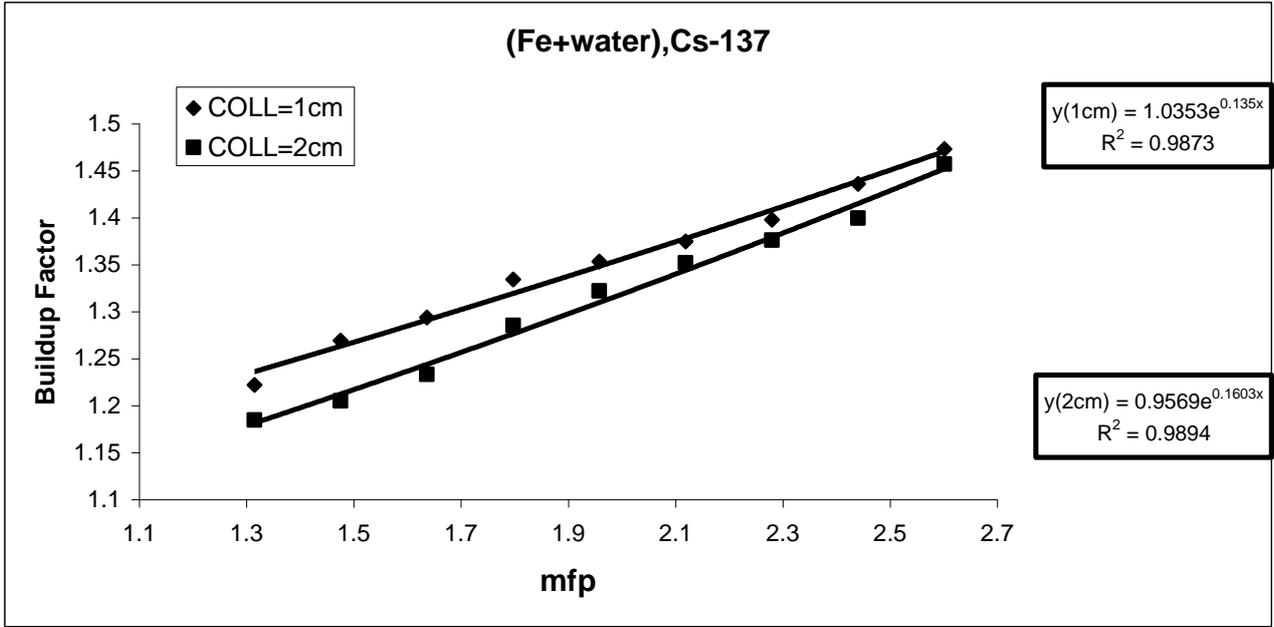
شكل (40-3) يوضح مقارنة عامل تراكم أشعة كاما الصادرة من مصدر الكوبلت-60 لدرع ذي طبقتين الطبقة الأولى من مواد (البراص و النحاس و الحديد و الألمنيوم) ويكون الماء الطبقة الثانية فيها وبمسدد قطر فتحتة (1 cm) . .



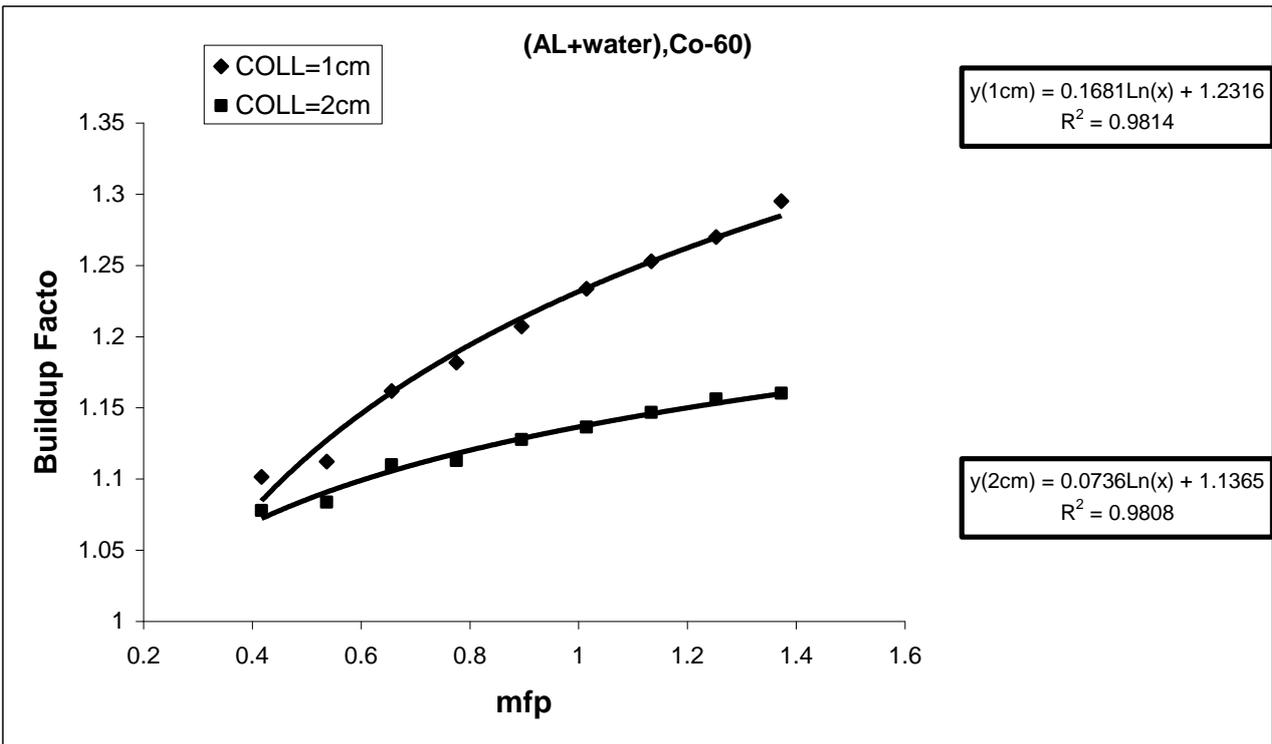
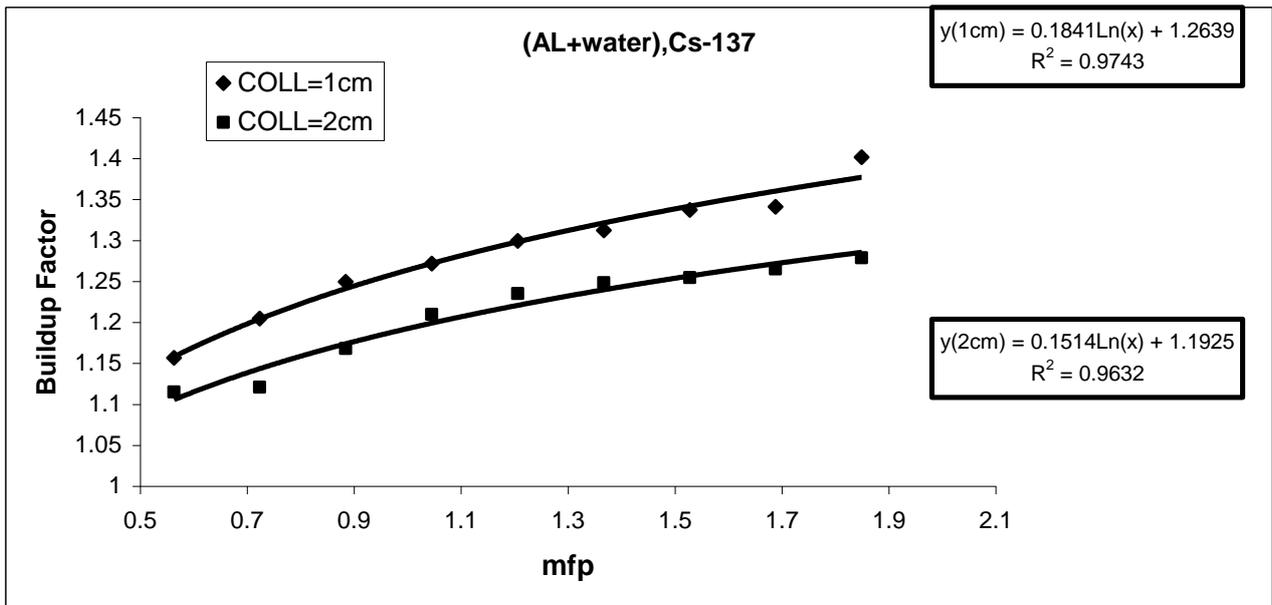
شكل (41) يوضح مقارنة عامل التراكم لدرعين سوية من البراص والماء باستخدام مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 ولكلاً المسددين



شكل (42) يوضح مقارنة عامل التراكم لدرعين سوية من النحاس والماء باستخدام مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 ولكلاً المسددين



شكل (43) يوضح مقارنة عامل التراكم لدرعين سوية من الحديد والماء باستخدام مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 ولكلاً المسددين



شكل (44) يوضح مقارنة عامل التراكم لدرعين سوية من الألمنيوم والماء باستخدام مصدري السيزيوم-137 والكوبلت-60 ولكلاً المسددين

### (6-3) الاستنتاجات

تم في هذا البحث دراسة عدد عوامل تؤثر على قيمة عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد أو كدرع ذو طبقتين ومن النتائج السابقة والأشكال البيانية يمكن التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

أولاً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد ودرع ذي طبقتين يزداد بزيادة سمك طبقة الماء.

ثانياً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد يقل بزيادة المسافة بين المصدر المشع والكاشف.

ثالثاً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد يزداد بزيادة حجم الحوض الزجاجي.

رابعاً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد ودرع ذي طبقتين يقل بزيادة طاقة المصدر المشع.

خامساً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع منفرد ودرع ذي طبقتين يقل بزيادة قطر فتحة المسدد.

سادساً: عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع ذي طبقتين يزداد بزيادة العدد الذري لمادة الطبقة الأولى.

سابعاً: إنَّ عامل التراكم لأشعة كاما في الماء المحسوب نظرياً أكبر من عامل التراكم لأشعة كاما المقاسة عملياً.

### (7-3) المقترحات

نظرا لقلّة الدراسات العملية في هذا الموضوع وكثرة الدراسات النظرية. فمن الضروري إجراء دراسات عملية كثيرة لتقليل الفارق بين النتائج العملية والنظرية. و يمكن اقتراح الدراسات الآتية:

- (1) إجراء دراسة عملية للعوامل التي درست في هذا البحث باستخدام مصادر مشعة ذات أشكال هندسية مختلفة.
- (2) إجراء دراسة عملية تتضمن استخدام أحواض زجاجية ذات أحجام أكبر لمعرفة أعلى مقدار لعامل تراكم أشعة كاما في الماء يمكن الوصول إليه بحيث يكون اقرب للنتائج النظرية لتقليل الفارق بين الدراستين .
- (3) إجراء دراسة عملية تتضمن استخدام مصادر مشعة ذات طاقات عالية أكبر من (1.253Mev) وذلك لمعرفة تصرف عامل التراكم مع الماء باستخدام هذه الطاقة.
- (4) استخدام الأشعة السينية لقياس عامل التراكم في المواد المختلفة.
- (5) إجراء دراسة عملية لقياس عامل تراكم أشعة كاما في المواد المختلفة باستخدام عداد شبه موصل لمعرفة تأثير نوع الكاشف على عامل التراكم.
- (6) إجراء دراسة عملية لقياس عامل تراكم أشعة كاما في الماء كدرع ذو طبقتين باستخدام مادتي الرصاص و الكونكريت.
- (7) إجراء دراسة عملية تتضمن تأثير العوامل المدروسة في الدروع المنفردة في هذا البحث على عامل تراكم أشعة كاما في الدروع المتعددة الطبقات ولمواد مختلفة.
- (8) إدخال عاملي المسافة بين المصدر المشع والكاشف وتأثير قطر فتحة المسدد في الحسابات النظرية التي تتعلق بحساب عامل التراكم في المواد المختلفة.
- (9) إجراء دراسة عملية لقياس عامل تراكم أشعة كاما باستخدام مواد سائلة ذات كثافة أعلى من كثافة الماء ومقارنتها مع نتائج الماء لمعرفة تأثير كثافة المادة السائلة على عامل التراكم.

### (8-3) المصادر (References)

- [1] G.Knoll , "Radiation Detection and Measurement" John Wiley and Sons .New York ,Third Edition, (2000).
- [2] مايرهوف ، ترجمة د. عاصم عبد الكريم عزوز، "مبادئ الفيزياء النووية" جامعة الموصل (1982),
- [3] N.Tsoufanidis "Measurement and Detection Radiation" MC Graw-Hill, New York, (1983).
- [4] د.علي عبد الله، د.شذى الدركزلي، د.مازن مانويل، "الفيزياء النووية التجريبية" جامعة بغداد (1990),
- [5] K.Hattif, "Gamma Ray Buildup Factor Measurement in Different Materials" College of Science, University of Baghdad ,(1994) ,(Ph.D.thesis).
- [6] د.منيب عادل خليل، "الفيزياء النووية" جامعة الموصل، (1996)
- [7] د.اسعد جلال صالح، "مقدمة في الفيزياء النووية"، جامعة الموصل، (1988)
- [8] د.شذى الدركزلي، "الكشف عن الأشعة النووية" جامعة بغداد، (1987)
- [9] خالد ألبيتي، "قياس وحساب عامل التراكم في الدروع المنفردة والمتعددة الطبقات" ، كلية العلوم ،جامعة بابل (2001)(رسالة ماجستير).
- [10] ليث العاني، "دراسة عامل التراكم في المواد المختلفة"، كلية العلوم، جامعة بغداد، (1989) (رسالة ماجستير).
- [11] L.Musilek, Nucl.Ins.Meth., Vol. 174, P. 565,(1980)
- [12] A. Chilton, "Broad Beam Attenuation in Engineering Compendium on Radiation Shield" ,Vol. 1.R.G Jaeger, Springer-Verlage , New York , P. 210,(1968).
- [13] J.Wood, "Computational Method in Reactor Shielding" (Pergamon Press U.K) P. 108,(1982).

- [14] A.Foderaro & R.J.Hall, Nucl. Sci. Eng, Vol. 78, P.74, (1981).
- [15] J.Kenneth & E.Richard, Health.Phys., Vol. 88, P.297, (2005).
- [16] K.Shure & O.J.Wallace, Nucl. Sci. Eng, Vol. 62, P.736, (1977).
- [17] M.Meteghalch, Nucl. Sci. Eng, Vol. 70, No. 2, P.207, (1979).
- [18] H.Penkuhr, Nucl. Sci. Teach., Vol. 1, No. 3, P.269, (1979).
- [19] S.H.Jiang, Nucl. Sci. Eng, Vol. 75, P.16, (1980).
- [20] H.Chilton & C.M.Eisenhauer, Nucl. Sci. Eng, Vol. 73, No.1, P.79  
, (1980).
- [21] Y.Harima, Nucl. Sci. Eng, Vol. 83, No.2, P.299, (1983).
- [22] Kiyosh: Takeuchi & Shun-ichi Tanaka, Nucl. Sci. Eng, Vol. 87,  
P.478, (1984).
- [23] P.Jacob & H.G.Paretze, Nucl. Sci. Eng, Vol. 87, P.113, (1984).
- [24] D.K.Trubey & Y.Harima, Trans. Am. Nucl. Soc. , Vol. 53, P.416  
, (1986).
- [25] Y.Harima & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 96, No.3, P.214, (1987).
- [26] H.Hirayama, Nucl. Technol., Vol. 77, No.1, P.60, (1987).
- [27] D.K.Trubey , Technical Report, P.106, (1988).
- [28] H.Hirayama & D.K.Trubey, Nucl. Sci. Eng, Vol. 99, No.2, P.145  
, (1987).
- [29] V.S.Gorev & V.D.Guzov, Sov. At. Energy, Vol. 63, No.2, P.658, (1988).
- [30] M.F.Su & H.Jiang, Nucl. Sci. Eng, Vol. 102, No.1, P.64, (1989).
- [31] A.Angelopulos & A.Perris, Phys.Med,Biol, Vol. 36, P.763, (1991).
- [32] R.E.Faw & J.K.Shultis, Nucl. Sci. Eng, Vol. 114, No.1, P.76, (1993).
- [33] S.Kitsos, Nucl. Sci. Eng, Vol. 117, No.1, P.47, (1994).
- [34] M.Ivan, Nucl. Sci. Eng, Vol. 117, No.2, P.110, (1994).
- [35] Y.Namito, S.Ban & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 120, No.3, P.199

,(1995).

- [36] H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 32, P.1207,(1995).
- [37] H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 124, No.2, P.258,(1996).
- [38] G.S.Sidhu, J. Radiol. Pro., Vol. 20, P.53,(2000).
- [39] O.Chibani, Nucl. Sci. Eng, Vol. 137, No.2, P.215,(2001).
- [40] A.Shimizu, Nucl. Sci. Teach., Vol. 39, No.5, P.477,(2002).
- [41] A.Shimizu & H.Hirayama, Nucl. Sci. Teach., Vol. 40, No.4, P.192  
,(2003).
- [42] A.Shimizu, T.Onda, Y.Sakm, Nucl. Sci. Teach., Vol. 41, No.4, P.413  
,(2004).
- [43] C.Singh, Pure & Appl. Phys., Vol.42,P.475,(2004).
- [44] Y.Harima & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 113, No.3, P.367  
,(1993).
- [45] K.Shin & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 118, No.2, P.91,(1994).
- [46] K.Shin & H.Hirayama, Nucl. Sci. Eng, Vol. 120, No.3, P.211,(1995).
- [47] K.Shin & H.Hirayama, Nucl. Sci. Teach, Vol. 98, P.170,(1998).
- [48] A.Assad, Nucl. Sci. Eng, Vol. 132, No.2 P.203,(1999).
- [49] M.Gurendik & N.Tsoulfanid, Nucl. Sci. Teach., Vol. 131, P.332,(2000).
- [50] C.Suteau, M.Chiron & G.Arnaud, Nucl. Sci. Eng, Vol. 147, No.1 ,P.43  
,(2004).

## Abstracts:

In this work, gamma ray buildup factors in the water as single and double shields have been measured using the scintillation detector 3"×3" NaI(Tl) and the radioactive sources Cs-137 & Co-60. Three distances between the source to the detector were used which (41, 51 and 71) cm, also four glass basins of volume: (10×10×30)cm<sup>3</sup>, (15×15×30)cm<sup>3</sup>, (20×20×30)cm<sup>3</sup> and (20×20×60)cm<sup>3</sup>. Two collimators were used of central holes of 1cm and 2cm diameters. The mean free path (mfp) for the three above basins for the Cs-137 source is (2.412mfp) and for Co-60 source is (1.791mfp), while for the fourth basins is (4.824mfp) for Cs-137 source and (3.582mfp) for Co-60 source.

Six factors affecting the buildup factor have been studied as follows:-

- 1- The shielding thickness.
- 2- The source to detector distance.
- 3- The glass basin volume.
- 4- The energy of the radioactive source.
- 5- The hole diameter of the collimator.
- 6- The atomic number of the shield.

The first five factors studied for water only, and the factors (1,4,5 and 6) studied for two layers the first consist of (brass, copper, iron and aluminum) and the second layers is water. The theoretical values of the buildup factors were calculated by Taylor's semi empirical formula for the energy range (0.5-1.5)MeV. From this study prove that gamma ray buildup factor in water as single shielding increased with an increase thickness water layer, and decreased with an increase of the distance between radioactive source and detector, increased with an increase the glass basin volume, decreased with an increase the energy of the radioactive source, also decreased with an increase the hole diameter of the collimator. And this prove that gamma rays buildup factor in water as double layer shielding increased with an increase the shielding thickness and an increase atomic number for first layer, decreased with an increase the energy of the radioactive source and an increase the hole diameter of the collimator. Also, it is found that the calculated gamma ray buildup factors in water theoretically bigger than that measured experimentally in this work, and this result is explained.