

**تجربة رقم (5)**  
كفاءة عداد كايكر – ملر في الكشف عن اشعة  $\gamma$

اسم الطالب - الطالبة		
تاريخ اجراء التجربة		
مجموعة الطالب - الطالبة		
تاريخ تسليم التجربة		
اسم الاستاذ وتوقيعه	المناقشة	النتائج+الوحدات والرسم البياني
	5	5
		10

الجزء النظري:

الكفاءة الكلية للكشف عن الفوتونات:

$$\eta_{tot} = \frac{\text{total number of detected photons}}{\text{total number of photons emitted by the source}} \times 100\% \quad \dots (1)$$

و الكفاءة الكلية هنا تمثل حاصل ضرب أربعة عوامل، اي:

$$\eta_{tot} = \eta_{geom.} \cdot \eta_{abs.} \cdot \eta_{int.} \cdot \eta_{sam.} \times 100\% \quad \dots (2)$$

▪  $\eta_{geom.}$  يمثل حد الكفاءة الهندسية (geometric efficiency) وهو الجزء الخاص بعدد الفوتونات المعترضة من قبل الكاشف، ويعطى بالعلاقة:

$$\eta_{geom.} = \frac{\text{Area}_{detector\ circular\ window}}{\text{Area}_{radiation\ sphere}} = \frac{\pi r^2}{4\pi d^2} = \frac{r^2}{4d^2} \quad \dots (3) \quad \blacksquare$$

حيث ان:  $A = \pi r^2$  هي "مساحة الدائرة" لناظرة الكاشف،

$d$  : هي المسافة بين المصدر والكاشف اي هي نصف قطر جبهة موجة الاشعاع الكروية التي مركزها المصدر وعلى سطحها تقع نافذة الكاشف، اي ان المقام يمثل "مساحة كرة".

ان هذا الحد لايعتمد على طاقة الفوتون، بل يخضع لما يعرف بـ "قانون التربيع العكسي" لشدة الإشعاع كدالة للمسافة بين المصدر المشع والكاشف.

- $\eta_{abs}$  تمثل حد الامتصاص لمادة الوسط بين المصدر المشع والكاشف (موقع الكاشف، وجود مادة ماصة، الخ) والتي من الممكن ان تمتص جزء من الإشعاع قبل وصوله الى أنبوبة الكشف، ولكون الإشعاع هنا ذي نفاذية فائقة، فإن هذا العامل يكون كبير أساساً خصوصاً عندما يكون الهواء هو الوسط الناقل.
- $\eta_{int}$  هي الكفاءة الذاتية (intrinsic efficiency) وتمثل الاحتمالية لإنتاج نبضة من قبل الفوتون الداخل للكاشف.
- $\eta_{sam}$  وهي كفاءة العينة (sample efficiency) وتمثل مقدار ما هو منبعث أصلاً من فوتونات من العينة او من المصدر المشع.

ان كفاءة العدادات عادةً ما تقاس تبعاً لاعتمادية المصدر المراد قياس أشعاعه على واحد من العوامل أعلاه وتهمل باقي العوامل (تعتبر قيمه كل حد 1). فمثلاً في حالة كون طاقة الفوتونات الساقطة عليه جداً فإن الحد  $\eta_{int}$  يعتمد كمقياس للكفاءة الكلية، بينما يعتمد الحد  $\eta_{abs}$  في حال المصادر المشعة (او العينات) ذات الطاقات الواطئة والأوساط عالية الامتصاص. كما يعتمد في حالات اخرى الحد  $\eta_{geom}$  وهكذا بالنسبة لـ  $\eta_{sam}$ . عليه ففي التجربة الحالية سنعتبر الكفاءة الكلية تعتمد فقط على الكفاءة الهندسية، اي:

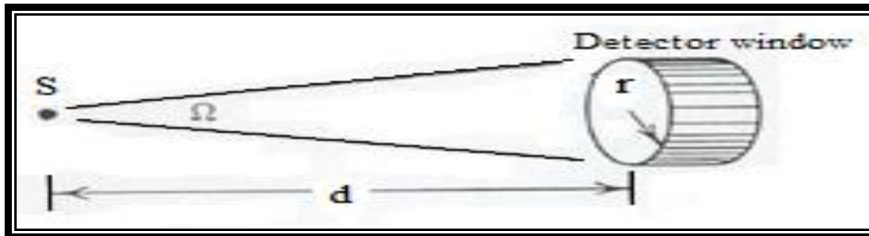
$$\eta_{tot} = \eta_{geom} \times 100\% \quad \dots \quad (4)$$

للمصدر المشع الموضوع على امتداد محور الكاشف وعلى مسافه تبلغ  $d$  ، فإن الزاوية الصلدة  $\Omega$  الواقعة أمام الكاشف والمنبثقة من المصدر المشع يمكن ان تحسب وفق العلاقة الرياضية التالية:

$$\Omega = 2\pi \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{d}\right)^2}} \right\} \quad \text{in (Sr)units} \quad \dots \quad (5)$$

حيث:  $r$  هو نصف قطر نافذة الكاشف. عليه وبلاستفادة من فكرة  $\Omega$  فإن الكفاءة الهندسية للكاشف في الكشف عن أشعة  $\gamma$  تقاس عملياً (ولعدة مسافات) وفق العلاقة الآتية:

$$\eta_{geom} = 0.5 \{1 - 1 / [(1 + (r/d)^2)]^{0.5}\} \times 100\% \quad \dots \quad (6)$$



ان اشعة  $\gamma$  هي جزء من الاشعاع الكهرومغناطيسي والذي يخضع لقانون التربيع العكسي الخاص بالاشعاع فالمصدر المشع اذا فرضناه كجسيم نقطي ثابت في الفراغ، فإنه سيصدر اشعاعات في كل الاتجاهات على شكل سطوح كرات مركزها جميعا عند المصدر . لذلك عندما تزداد المسافة بعيدا عن هذا المصدر ستزداد مساحات هذه الكرات ولكون مقدار الاشعاع ثابت فان كثافة الاشعاع لوحدة المساحة ستخف . ولتوضيح ذلك افرض ان نصف قطر تلك الكرة هو  $d$  وهي نفسها المسافة بين المصدر والكاشف، وان مقدار الاشعاع عند هذا الموقع يقاس بوحدات الشدة  $I$  (والتي هي وحدات طاقة  $E$  ( لوحة المساحة  $(4\pi d^2)$  الى الزمن ) ، مع ملاحظة ان  $I \propto N$ ، حيث  $N$  هو العد المقاس بواسطة انبوبة كايكر - مللر . ان الفوتونات والتي هي الجسيمات المكونة لإشعاع  $\gamma$  ، لا يتم الكشف عنها مباشرةً من قبل الانبوبة، انما تتفاعل اولاً مع جدران انبوب كايكر - مللر وتقتلع الكتروناتاً من مادة هذا الجدار وهذا الإلكترون بدوره يقود الى حالة التفريغ عبر غاز المليون . للانبوبة في هذه الحالة فان احتمالية الكشف عن هذا الفوتون تعتمد على احتمالية تفاعل الفوتون أصلاً مع مادة الجدار والتي هي قليلة نسبياً، وبالتالي فقط ما هو متفاعل مع الجدار من الكترونات سيدخل في احتمالية أخرى وهي ان يتفاعل مع الغاز داخل الانبوبة. أن الاحتمالية الاولى تعتمد على سمك الجدار ونوع مادته بينما الثانية تعتمد على العدد الذري لغاز المليون . عملياً فان كفاءة انبوبة كايكر - مللر في الكشف عن اشعة  $\gamma$  لا تتجاوز بضع مراتب في المائة، بالمقابل يمكن زيادة هذه القيمة بتحسين بعض العوامل منها استخدام غاز حامل ذي عدد ذري اكبر مثل **Xenon, Krypton**، وبذلك فان الفوتونات ذات قيم الطاقة المنخفضة الى اقل من **10 Kev** ستزداد كفاءة كشفها الى قيمه تقارب **100%**، ان الكفاءة الهندسية، والتي هي موضوع بحث التجربة الحالية، يمكن ان تقاس مباشرةً من خلال قياس  $d$  لعدة مرات اي لقيم مختلفة من كثافة الإشعاع، ومن خلال العلاقة **6** يتم ايجاد  $\eta_{geom}$ . لكن ذلك لن يتضمن التوصل الى معرفة عدد الفوتونات المنبعثة من المصدر لمقارنتها بعدد النبضات  $N$  التي نجح الأنبوب في تسجيلها . لحل هذه الإشكالية، فان مقارنة **calibration** بسيطة من الممكن ان تجرى وكما يلي:

ان الكفاءة بمفهومها الرياضي تعني نسبة المخرجات الى المدخلات واللذان هما من نفس الجنس، فولتية او قدرة او طاقة ... الخ. هنا فان المدخلات والمخرجات هي عدد الفوتونات  $N$  والذي يمثل فوتونات  $\gamma$  التي يكشف عنها فعلياً من قبل انبوبة كايكر - مللر الى تلك المنبعثة من المصدر المشع اي:

$$\eta_{tot} = \frac{N}{D} \times 100\% \quad . . . \quad (7)$$

الآن بالإمكان الاستفادة من حساب المعادلة (3) عملياً ومقارنة النتيجة بالمعادلة (7) وعندئذ يمكن حساب عدد الفوتونات الكلي المنبعث من المصدر المشع المستخدم في التجربة، اي:  $eq(7) = eq(3)$

$$\frac{N}{D} \times 100\% = \frac{\pi r^2}{4\pi d^2} \times 100\% \quad . . . \quad (8)$$

$$D = \frac{4}{r^2} \times slope \quad . . . (9)$$

حيث  $D$  تمثل عدد الفوتونات المنبعثة من المصدر المشع عمليا.  
طريقة العمل:-

1. هبئ الجهاز وأوجد القراءة الخلفية (قبل وضع المصدر المشع)

2. ضع مصدر مشع إمام العداد وعلى مسافة محددة من نافذة العداد وفي حالة استخدام مصدر مشع يحتوي على  $\gamma$ ,

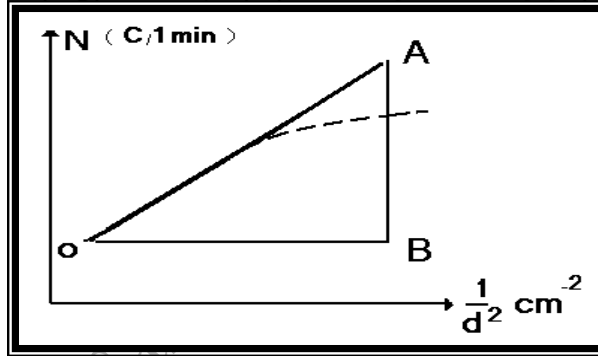
ضع صفيحة نحاسية إمام المصدر المشع وذلك لامتناس دقائق بيتا من قبل صفيحة النحاس.

3. أبدأ بتغيير المسافة بين المصدر المشع والعداد وسجل القراءة لكل دقيقة وحسب الجدول التالي:-

جدول رقم (1)

d (cm)	N(C/1min)	$d^2$ (cm <sup>2</sup> )	$d^2$ (cm <sup>-1/2</sup> )	D	Eg = (N / D) × 100%

4. ارسم العلاقة بين (N) و  $(1/d^2)$  وأوجد الميل ومنه قيمة (D) ثم احسب (Eg) لكل مسافة.



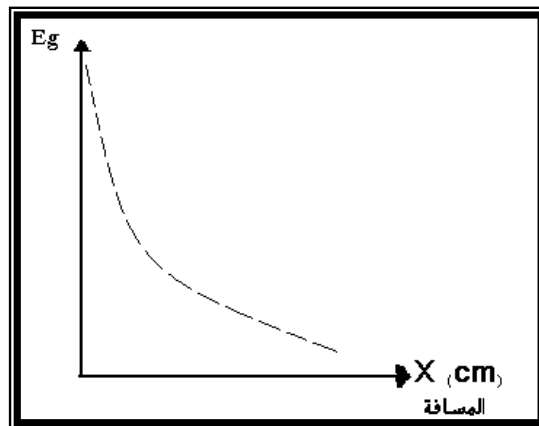
$$Slop = \frac{AB}{OB}$$

$$D = \frac{4 \times Slop}{r^2}$$

$D$  = تمثل عدد فوتونات كاما المنبعثة من المصدر المشع.

$r$  = نصف قطر نافذة العداد وتساوي تقريبا  $(0.65 \text{ cm})$ .

5. ارسم العلاقة بين (Eg) و (X) ثم ناقش الشكل البياني؟





*Dr. Hasan A. Hadi 2015*