

دراسة تأثير الزمن الميَّت في عداد غايغر - مولر على الظاهرة الفيزيائية المدروسة

الدكتور جبور نوفل جبور*

الدكتور جهاد كامل ملحم**

أمانى سليم زريق***

(تاريخ الإيداع 25 / 3 / 2015. قبل للنشر في 23 / 4 / 2015)

□ ملخص □

تمَّ في هذا البحث دراسة ميَّزات وصفات عداد غايغر-مولر، أي معايرة هذا العداد: تحديد نقطة عمل العداد بيانياً، ووُجد أنَّها تقع بين الـ 360 فولطاً والـ 600 فولط، أي أنَّ نقطة العمل هي (480 Volts). وتكون عادةً المنطقة بين V_1 و V_2 أقل من 300 فولط، في هذا البحث 240 فولطاً. تمَّ أيضاً تحديد ميل هضبة العداد من أجل تغير قدره 100 فولط كنسبة مئوية، فوجد أنَّ القيمة الوسطى للميل (ميل الهضبة) 2,67%.

وُجد أنَّ الزمن الميَّت لعداد غايغر-مولر يساوي: $\bar{\tau} = [380 \pm 90] (\mu s)$. يعني هذا أنَّ "العدَّ الحقيقي" يختلف عن "العدَّ المُقاس" (التجريبي)، ويصبح للزمن الميَّت تأثيرٌ كبيرٌ في حالة المنابع المشعة ذات النشاط الإشعاعي الكبير.

الكلمات المفتاحية: عداد غايغر-مولر، عتبة العداد، نقطة عمل العداد، الزمن الميَّت، العدَّ الحقيقي، العدَّ المُقاس.

* أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - اختصاص فيزياء إشعاعية - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Studying the influence of dead time of Geiger-Mueller counter on the studied physical phenomenon

Dr. Jabbour Noufal Jabbour*
Dr. Jehad Kamel Mulhem**
Amani Salim Zriek***

(Received 25 / 3 / 2015. Accepted 23 / 4 / 2015)

□ ABSTRACT □

In this paper, we study the features and properties of Geiger-Mueller counter: calibration Geiger-Mueller counter, determining the voltage plateau for the Geiger tube and to establish a reasonable operating point for the tube. We find that the operating point is locating between 360 Volts and 600 Volts that mean the value of this point is 480 Volts. And the region between V_1 and V_2 less than 300 Volts, in this research 240 Volts. We have determined the slope of the plateau in the graph for variation about 100 Volts. It found that the average value of the slope is less than 2,67%.

It is found that dead time of Geiger-Mueller is: $\bar{\tau} = [380 \pm 90] (\mu s)$. This means that the "true counting" is differ from "measured counting" (experimental value). The dead time will have a great influence in the case of high radiation sources.

Key words: Geiger-Mueller counter, counter threshold, a work point counter, dead time, the real counting, measured counting.

*Professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Radiation Physics, Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تتطلب القياسات النووية جميعها ، سواء في مراكز الأبحاث أو محطات توليد الطاقة النووية ، أو غيرها، توافر الأجهزة الخاصة بتسجيل الأنواع المختلفة من الإشعاعات. وتُعرف هذه الأجهزة بكواشف الإشعاعات (Radiation detectors). تُستخدم الكواشف عموماً لتحديد نوع الإشعاعات ، وقياس كمياتها وتحديد طاقاتها. ويتوقف نوع الكاشف المستخدم على عدّة عوامل أهمها:

- (1) نوع الجسيمات أو الإشعاعات المطلوب الكشف عنها ،(جسيمات مشحونة ثقيلة، أو إلكترونات، أو أشعة سينية، أو غاما، أو نترونات... إلخ).
- (2) طاقة هذه الإشعاعات.
- (3) شدة الإشعاعات.
- (4) طبيعة المكان الذي سيوضع فيه الكاشف.

إذاً، للتعرف على الأشعة النووية لا بدّ من استخدام أجهزة تسمح بذلك. إنّ الأجهزة المستخدمة للكشف وللتعرف على الأشعة النووية تُدعى بالكواشف. يوجد في هذا المجال كثير من الكواشف، ويتعلّق الكاشف المستخدم عادةً بطبيعة التجربة التي نرغب في تنفيذها.

يعتمد بشكل عام مبدأ الكشف عن الإشعاع والجسيمات النووية على ظواهر التأين (التشرد) lonization، وهذه الظواهر تتعلّق بسلوك وتصرف الجسيمات النووية في أثناء عبورها واجتيازها المواد المستخدمة في هذه الكواشف. يعتمد تفاعل الإشعاع مع المادة على تصنيف الإشعاع وفقاً لنوعه، فإمّا أن يكون إشعاعاً مؤيناً، أي يمتاز بطاقة عالية تُمكنه تأيين الوسط المارّ به، أو أن يكون إشعاعاً غير مؤين، أي لا يمتاز بطاقة عالية تكفي لتأيين الوسط المارّ به. سوف نهتم ونقدّم هنا الميزات والصفات الأساسية لعداد غايغر - مولر Geiger – Müller Counter.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في الدراسة المفصلة لعداد غايغر-مولر: صفاته وميزاته (نقطة العمل وميل الهضبة)، ومن ثمّ حساب الزمن الميت لهذا العداد، ومدى تأثير هذا الزمن على عدّ العداد. أي أنّ الهدف الرئيس لهذا العمل التجريبي هو حساب وقياس الزمن الميت τ لعداد غايغر - مولر بطريقتين:

• طريقة استخدام منبعين مُشعّين،

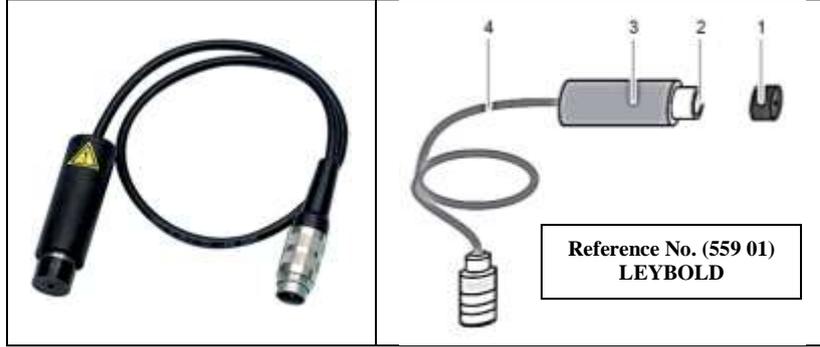
• طريقة تغيير المسافة بين المنبع المُشعّ والعداد،

ومن ثمّ المقارنة بينهما. ولتنفيذ ذلك، لا بدّ أولاً من معايرة عدّاد غايغر - مولر، أي دراسة ميزاته، أي تعيين نقطة عمل العداد، ومن ثمّ القيام بالقياسات التجريبية.

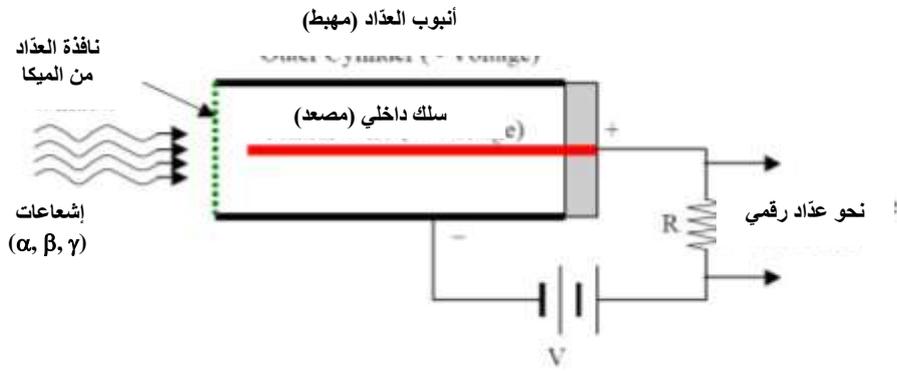
عداد غايغر - مولر

يتألّف هذا العداد من أسطوانة معدنية (مهبط) مملوءة بالغاز، ويمتدّ في محور هذه الأسطوانة سلك أو (أسطوانة صغيرة) ناقل مطبق عليه جهد موجب مرتفع V (الذي هو بمنزلة مصعد) بالنسبة للغلاف (غلاف الأسطوانة الذي هو بمنزلة مهبط) ، انظر الشكل (1) والشكل (2). تُملأ الأسطوانة بغاز خامل مثل الأرجون (Ar) أو البروبان (C_3H_8)، أو خليط من الأرجون والهليوم، بضغط داخلي أقلّ من الضغط الجويّ بحدود 100 تور

(100Torr)⁽¹⁾، (حيث كمون التأين من مرتبة الـ 30eV). عندما يدخل جسيم مشحون أو (إشعاع) في الكاشف عبر نافذة العداد (التي هي عبارة عن ورقة من الميكا، أو الميلار بسماكة تُقدر بـ 20mg/cm) يفقد طاقة، وذلك بتأيين ذرات الغاز التي يصادفها في طريقه (30eV من أجل زوج من الشوارد). تتجه الإلكترونات نحو السلك المركزي (المصعد)؛ تتجه الشوارد الموجبة (الشوارد الأثقل) ببطء نحو جدار الأسطوانة (المهبط). من أجل إشعاع مُعطى، يتعلّق عدد الشحنات المتجمعة أو (المتراكمة) بفرق الكمون V المطبق على السلك المركزي. إذا قسنا نبض الجهد (عدد الجسيمات) بين طرفي المقاومة R بتابعية الجهد المطبق، نلاحظ المنحني الموضح في الشكل (3).

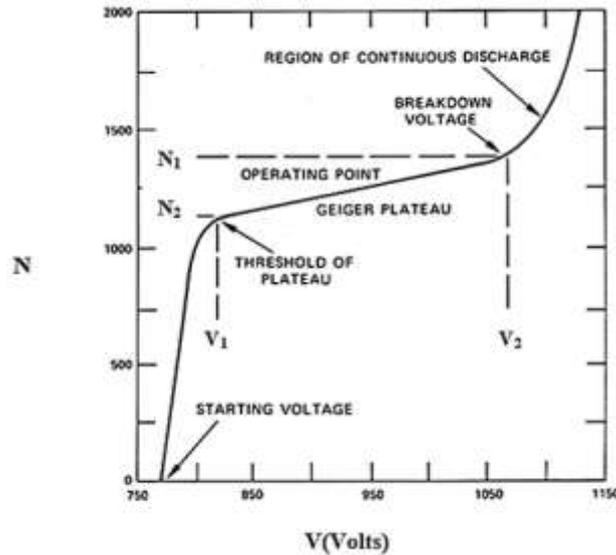


الشكل (1): أنبوب عداد غايغر مولر للإشعاعات ألفا (α)، بيتا (β)، غاما (γ)، وأشعة إكس (X): (1) غطاء نافذة الأنبوب، (2) نافذة العداد، (3) أنبوب العداد، (4) كبل ذو مُوصّلين (سلكين) متّحدي المحور مع مأخذ للتوصيل الكهربائي.



الشكل (2): مخطط مبسط لعداد غايغر - مولر.

(1) الـ "تور" وحدة لقياس الضغط تُستخدم بشكل أساسي في الطب. واحد تور يُمثل الضغط الناتج عن واحد ميلي متر زئبقي (1mmHg). إذ إنّ واحد ضغط جوي = 101325 باسكال = 760 تور (1 atm. = 101325 Pa = 760 Torr)



الشكل (3): يُبين تغيير العدّ (أو معدل العد) بتابعة الجهد المطبق على عدّاد غايغر - موللر. Starting Voltage قيمة الجهد التي يبدأ عندها العداد بالعدّ، Threshold of plateau عتبة الهضبة للعداد، Operating point نقطة عمل العداد التي تقع في منتصف الهضبة، Breakdown voltage انهيار الجهد، Region of continuous discharge منطقة التفريغ المستمر.

لكي يعمل عدّاد غايغر-موللر يجب أن نطبق فرق في الكمون قدره عدة مئات من الفولط بين المصعد والمهبط للحصول على حقل كهربائي بالقرب من سلك المصعد. يُقدر انتقال الشوارد الموجبة المتولّدة في أثناء التكاثر الوابلي للإلكترونات (من أجل عدّاد غايغر-موللر ذات أنبوب نصف قطره 1cm) بـ 100 ميكرو ثانية ($100\mu s$)، أكبر تقريباً بـ 100 مرة من الزمن اللازم لتطور التكاثر الوابلي. إن الإشارة الكهربائية التي تخرج من العدّاد ترتبط، أو تتعلق بانتقال هذه الشوارد الموجبة، وزمن استجابة العدّاد قريب من عدة مئات من الميلي ثانية. يُعدّ العدّاد أعمى في أثناء هذا الزمن. أي أنّ كل جسيم جديد يؤين الغاز في أثناءه لا يولّد أية إشارة كهربائية. ويُدعى "بالزمن الميت" [1-6]، وهذا المفهوم سوف يُعالج لاحقاً. وفي هذه الحالة، فالعداد غير قادرٍ على قياس معدل عدّ مرتفع⁽¹⁾. سنشرح هنا الميزات والصفات الأساسية للأجهزة المستخدمة في هذا العمل، ومن ثمّ سنوضح بشكل مفصّل الدارة المستخدمة في القياسات وآلية عملها.

طرائق البحث ومواده:

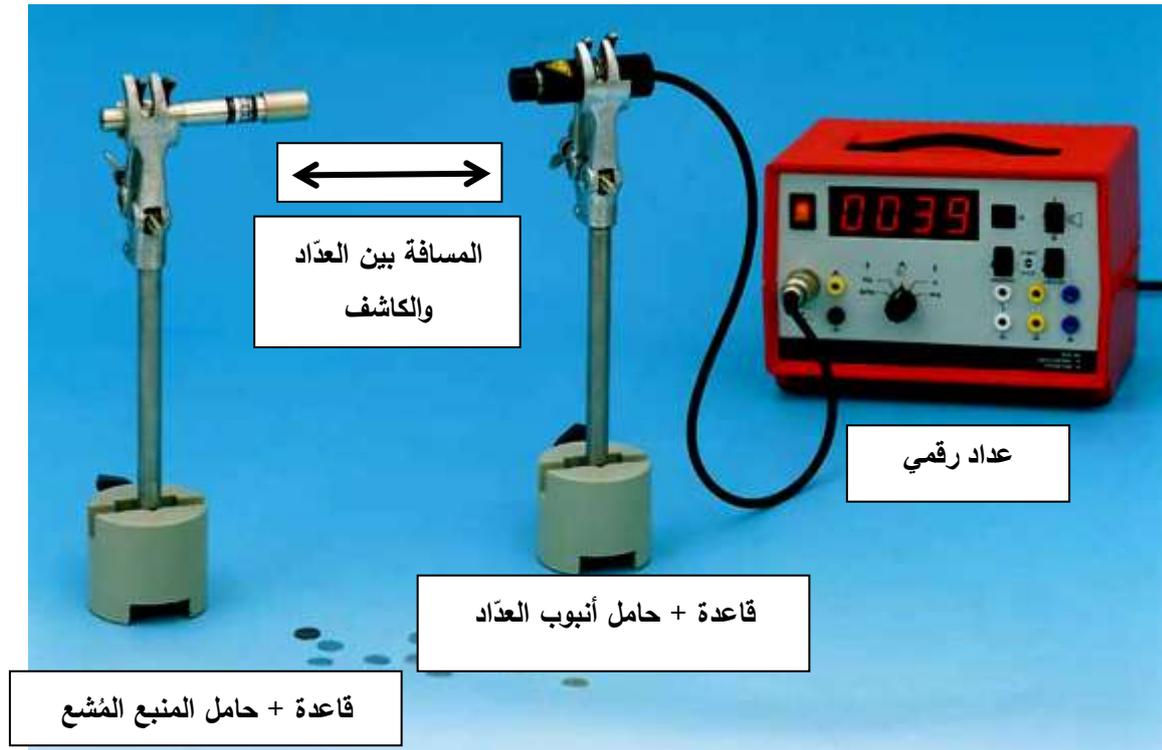
إن الأجهزة والأدوات المستخدمة في هذا البحث هي:

المصادر المستخدمة موضحة في الجدول (1)، أنبوب عدّاد غايغر - موللر من أجل أشعة ألفا α ، بيتا β ، غاما γ ، وأشعة X، الشكل (4)، منبع تغذية ذو جهدٍ عالٍ، عداد رقمي مع ميفاتية (chronometer)، قواعد عدد $/2/$ لحمل أنبوب العدّاد والمنبع المشع، حاسوب مُجهز ببرنامج (يُدعى CASSY) لمعالجة القياسات. ملاحظة: توجد هذه الأجهزة جميعها [7] في مخبر الفيزياء النووية (قسم الفيزياء، كليّة العلوم، جامعة تشرين)، حيث تمّ إنجاز هذا البحث.

(1) إن معدل العدّ هو عدد الحوادث المُقاسة من قبل العدّاد خلال زمن مُعطى.

جدول (1) : يُبيّن مواصفات المصادر المشعة المستخدمة في هذا العمل.

اسم المنبع	النشاط الإشعاعي مقدراً بالـ Bq عند تاريخ التصنيع	الرقم المرجعي	تاريخ التصنيع	عمر النصف مقدراً بالسنوات
الأمريسيوم Am-241	74×10^3	PH 570 PH 569 Nds.002/99	20/2007	432,0 y
الكوبالت Co-60	74×10^3	PU 472 PU 473 Nds.002/99	20/2007	5,272 y
الصوديوم Na-22	74×10^3	PH 364 PW 605 Nds.002/99	20/2007	2,602 y
Mixed Nuclide (Cs+Sr+Am)	333×10^3	PG 529 PG 530 Nds.002/99	20/2007	30,17 y
السيوم Cs-137	$3,7 \times 10^6$	OX 841 Code: CDRB3796	20/2007	30,17 y
الراديوم Ra-226	$3,3 \times 10^3$	NW 229/81	12/2007	15,99 y
السترونسيوم Sr-90	74×10^3	PG 491 PG 492 PG 493 Nds.002/99	12/2007	28,8 y



منبع تغذية ذو جهد متغير مع عداد رقمي



منبع تغذية ذو جهد ثابت مع عداد رقمي

الشكل (4): الدارة المستخدمة في القياسات.

النتائج والمناقشة:

1- دراسة ميّزات عداد غايغر - موللر (نقطة عمل العداد)

لاستخدام عداد غايغر - موللر، يجب أولاً تحديد نقطة عمله. ولهذه الغاية، سيتم رسم تغيرات معدل العد بتابعية الجهد المطبق على العداد، وذلك بالقيام بسلسلة من القياسات كل 20 فولطاً ابتداءً من قيمة الجهد V_S الذي يبدأ عنده العداد بالعدّ (يُدعى بعض الأحيان بجهد العتبة)، حتى القيمة $V_{max} = 600V$ ، القيمة العظمى التي يمكن تطبيقها على العداد استناداً إلى المعطيات الكهربائية للعداد المتعلقة بالموصفات التقنية للعداد. تمت القياسات بخطوة 20 فولطاً

لتحديد نقطة البداية، وذلك لأن عدادات غايغر - مولر تفقد جزءاً من فعاليتها نتيجة الاستخدام الكبير لها، مما يؤدي إلى تناقص عمرها، وهذا بدوره يؤدي إلى صعوبة ملاحظة هضبة العداد.

إنّ الدارة المستخدمة في القياسات موضحة في الشكل (4):

- 1- يتم وضع المنبع المشع بشكل صحيح على حامله وقريب من العداد بحدود (0,5-1,5cm).
- 2- تبدأ بتغذية العداد وتُقَلَع عملية العدّ. نرفع الجهد ببطء (بخطوة قدرها 20 فولطاً) حتى يبدأ العداد بالعدّ.
- 3- نُثَبِّت العداد في مكانه بشكل جيد قبل أن يبدأ العداد بالعدّ، نبدأ بقيمة للجهد أقلّ بقليل من الجهد V_s ، ونسجّل القياسات كلّ دقيقة.

4- ندوّن القياسات، أي عدد الحوادث، في جدول خاص، الجدول (2).

5- نُكْرِّر كلّ قياس ثلاث مرّات، ونُحدّد القيمة الوسطى والخطأ المرتكب لكلّ قياس.

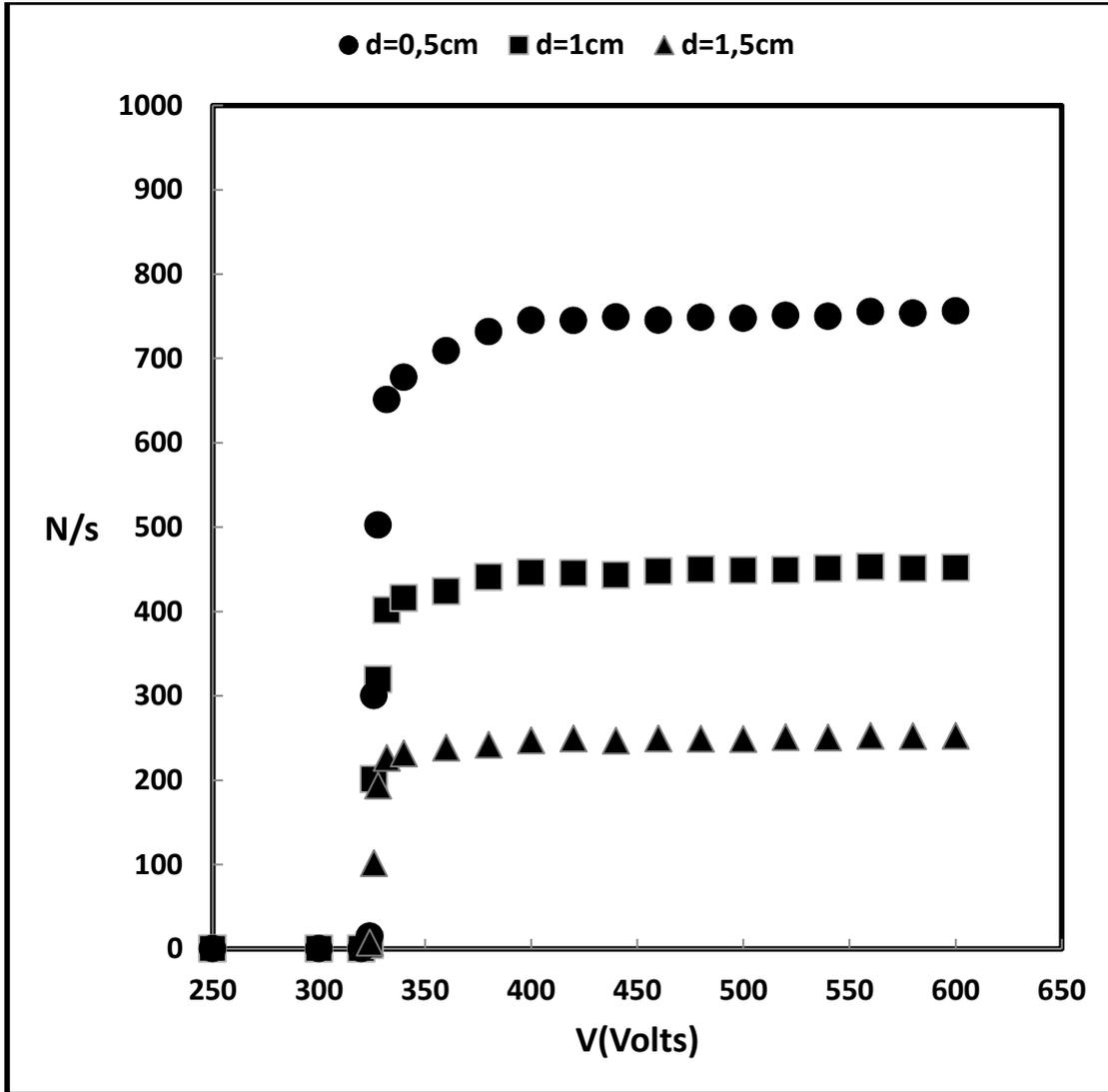
6- نكتفي هنا بإعطاء النتائج التي تمّ الحصول عليها على بعد (0,5cm)، الجدول (2). نرسم على ورقة ميليمترية المنحني $N = f(V)$: عدد الحوادث الوسطي بتابعية الجهد المطبق على العداد مع تحديد الأخطاء المرتكبة في كلّ قياس (صغيرة بالمقارنة مع القيم المقاسة تجريبياً كما هو مبين في الجداول السابقة). يُعطي الشكل (5) تغيرات هذا التابع.

جدول (2): تغيّر معدل العدّ N في ثانية واحدة بتابعية الجهد V المطبق على العداد. تمّ قياس العدّ في دقيقة واحدة،

ومن ثمّ حُسب مُعدّل العدّ في ثانية واحدة.

$$\frac{\Delta \bar{N}}{s} = \frac{|\bar{N} - N1| + |\bar{N} - N2| + |\bar{N} - N3|}{3}$$

البعد بين العداد والمنبع المشع 0,5 cm.						
No.	V(Volts)	N1/s	N2/s	N3/s	\bar{N}/s	$\frac{\Delta \bar{N}}{s}$
1	300	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	320	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	324	14,90	19,33	25,62	19,95	3,78
4	326	295,45	300,10	305,10	300,22	3,26
5	328	502,00	505,65	499,15	502,27	2,59
6	332	650,05	651,67	651,37	651,03	0,65
7	340	675,00	676,52	680,35	677,29	2,04
8	360	710,73	709,88	705,93	708,84	1,95
9	380	731,33	729,02	734,47	731,60	2,24
10	400	747,68	745,18	742,73	745,19	1,65
11	420	747,02	744,20	743,25	744,82	1,46
12	440	749,52	746,25	750,55	748,77	1,68
13	460	746,55	744,47	744,48	745,16	0,92
14	480	750,37	752,23	743,58	748,72	1,72
15	500	752,98	745,57	743,15	747,23	3,83
16	520	752,63	750,10	749,50	750,74	1,26
17	540	749,95	750,67	748,15	749,59	0,96
18	560	751,50	760,97	753,65	755,37	3,73
19	580	757,05	748,45	755,25	753,58	3,42
20	600	756,20	752,80	759,05	756,01	2,15



الشكل (5): يُبين تغيّر معدّل العدّ في ثانية واحدة بتابعة الجهد المطبق على عدّاد غايغر - موللر، ومن أجل ثلاث مسافات بين نافذة العدّاد والمنبع المشع.

7- تمّ تحديد ميل هضبة العدّاد من أجل تغيّر قدره 100 فولط كنسبة مئوية، وفق العلاقة الآتية [8]:

$$m(\% \text{ per } 100 \text{ Volts}) = \left(\frac{N_2 - N_1}{N_1} \right) \left(\frac{100}{V_2 - V_1} \right) \times 100 \quad (1)$$

من أجل $d = 0,5 \text{ cm}$

$$m(\% \text{ per } 100 \text{ Volts}) = \left(\frac{756,01 - 708,84}{708,84} \right) \left(\frac{100}{600 - 360} \right) \times 100 = 2,77\%$$

من أجل $d = 1 \text{ cm}$

$$m(\% \text{ per } 100 \text{ Volts}) = \left(\frac{451,56 - 423,60}{423,60} \right) \left(\frac{100}{600 - 360} \right) \times 100 = 2,75\%$$

من أجل $d = 1,5 \text{ cm}$

$$m(\% \text{ per } 100 \text{ Volts}) = \left(\frac{252,52 - 238,22}{238,22} \right) \left(\frac{100}{600 - 360} \right) \times 100 = 2,50\%$$

والقيمة الوسطى للميل تساوي:

$$\bar{m} = \frac{2,77 + 2,75 + 2,50}{3} = 2,67\%$$

ويكون عادةً ميل الهضبة أقل من (10%). تشير القيمة الصغيرة للميل إلى استقرار نقطة عمل العداد. 8- تم تحديد نقطة عمل العداد بيانياً، ووجد أنها تقع بين الـ 360 فولطاً والـ 600 فولط، أي أن نقطة العمل هي:

$$360 + \frac{600 - 360}{2} = 480 \text{ V}$$

وتكون عادةً المنطقة بين V_1 و V_2 أقل من 300 فولط، في حالتنا 240 فولطاً.

2- قياس الزمن الميت للعداد

نشير هنا إلى أنه تم استخدام منبعين: منبع لجسيمات ألفا، ومنبع لجسيمات بيتا. يسمح الجهد المرتفع ($V = 480 \text{ Volts}$) المطبق على العداد بالتمييز، بطريقة مثلى، بين الجسيمين ألفا وبيتا: إن النبضة الأكثر ارتفاعاً توافق جسيمات ألفا، لأن هذه الجسيمات أكثر تأيناً من جسيمات بيتا، وذلك لأنها ذات شحنة أكبر وكتلة أكبر، إذن تكون أبطأ من جسيمات بيتا⁽¹⁾. إذا وضعنا ورقة بين المنبع والكاشف، أو (إذا أبعدها المنبع عن الكاشف بشكل كافٍ)، فتتولد لدينا الظاهرتان الآتيتان:

(1) تتلاشى النبضات الناتجة عن جسيمات ألفا، حيث سيتم إيقافها بشكل كامل بسبب اصطدامها مع الورقة، أو (في طبقة الهواء التي اجتازتها، علماً أن جسيمات ألفا الصادرة عن المنبع المشعة التي تبلغ طاقتها العظمى تقريباً 9 MeV لا تستطيع أن تجتاز أكثر من 4 سم).

(2) تزداد النبضات الناتجة عن جسيمات بيتا، وذلك لأنها تصل مُبطأة إلى الكاشف، وتولد تأيناً أكبر. بشكل مختصر، فإن كشف أشعة غاما ممكن بواسطة عداد غايغر-مولر، لكنه قليل الفعالية. وذلك لأن أشعة غاما تؤين في الواقع بشكل غير مباشر الغاز، وتؤدي إلى تضاعفات ضعيفة. إضافة لذلك يوجد احتمال كبير بأن تجتاز أشعة غاما الكاشف دون أن تتفاعل مع الغاز، ولهذه الأسباب تم استخدام منبع لجسيمات ألفا ومنبع لجسيمات بيتا.

2-1- طريقة استخدام منبعين مُشعّين:

1- يُطبق على العداد الجهد الموافق لمنتصف الهضبة بغياب المنبع المُشع الذي تم تحديده مسبقاً ($V = 480 \text{ Volts}$) في الفقرة السابقة (4-1).

2- نقيس عدد الحوادث المُسجلة بغياب أيّ منبع مُشع، أي نقيس الإشعاع الناتج عن الضجيج الخلفي m_b .

3- نضع عداد غايغر - مولر بالقرب من المنبع المُشع بحيث يكون معدّل العدّ ضمن المجال: (150 - 200) نبضة (حادثة) في الثانية.

4- نضع المنبع الأول أمام العداد، ونقيس عدد الحوادث المُسجلة، أي m_1 ، انظر الشكل (6) a.

5- نستبدل المنبع الأول بالمنبع الثاني، ونقيس عدد الحوادث المُسجلة، أي m_2 ، انظر الشكل (6) b.

6- نضع المنبعين بآن واحد أمام العداد، ونقيس عدد الحوادث المُسجلة، أي m_{12} ، انظر الشكل (6) c.

(1) الطاقة المصروفة في وحدة الطول تكون في الواقع متناسبة عكساً مع مربع السرعة.

7- يُحسب الزمن الميَّت انطلاقاً من العلاقة [9-19]:

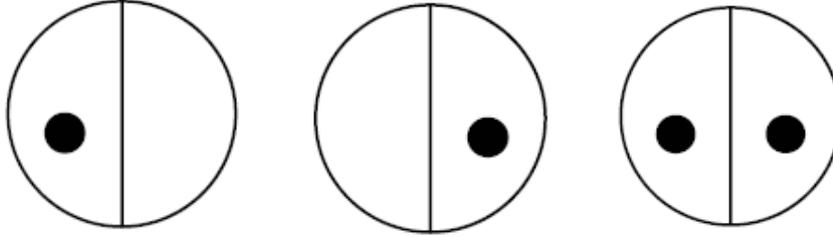
$$\tau = \frac{X(1 - \sqrt{1 - Z})}{Y}$$

$$X = m_1 m_2 - m_b m_{12}$$

$$Y = m_1 m_2 (m_{12} + m_b) - m_b m_{12} (m_1 + m_2) \quad (2)$$

$$Z = \frac{Y(m_1 + m_2 - m_{12} - m_b)}{X^2}$$

8- يوضح الجدول (3) جميع القيم التي تمَّ الحصول عليها.



(a) منبع 1 (S_1) (b) منبع 2 (S_2) (c) منبع 1 + 2 (S_{1+2})

الشكل (6): آلية استخدام منبعين لقياس الزمن الميَّت τ .

(أ) نتائج منبع أشعة ألفا: الراديوم-226

يوضع منبع أشعة α تقريباً على بعد (1,4cm) من نافذة العدّاد، أي أن مسار هذه الأشعة في الهواء يُقدر تقريباً بـ (1,4cm)، وذلك من أجل جسيمات ألفا ذات طاقة ($\geq 3,5MeV$)، وهذا حسب المواصفات التقنية للعدّاد [7]. ولهذا السبب قمنا فقط بثلاثة قياسات الجدول رقم (3): تمتلك جسيمات ألفا الصادرة عن منبع المُشع المُستخدم الراديوم-226 طاقة عظمى تساوي تقريباً ($7,70MeV$)..

جدول (3): يُبيِّن القيم التي تمَّ الحصول عليها باستخدام طريقة المنبعين مع تغيير المسافة بين المنبع المُشع (Ra-226) والعدّاد. الإشعاع الخلفي : $N_b = 17, 60$ في الدقيقة، أي ما يعادل $N_b = 0, 2933$ في الثانية. نُعطي هنا معدل العد بثانية واحدة.

$d(cm)$	منبع	N_1	N_2	N_3	Nm	$\tau(ms)$
1	S_{1+2}	555,90	547,98	550,22	551,36	0,14
	S_1	281,20	285,23	284,00	283,48	
	S_2	288,71	289,56	292,03	290,10	
2	S_{1+2}	181,28	181,15	182,55	181,66	0,47
	S_1	94,92	95,07	96,60	95,53	
	S_2	95,23	94,47	93,70	94,46	
3	S_{1+2}	67,38	69,73	68,57	68,56	0,95
	S_1	35,22	35,82	36,20	35,74	
	S_2	34,80	36,20	35,20	35,40	

مثلاً لحساب الزمن الميت من أجل:

- $Nm(S_1) = 283,48$ (counts/s)
- $Nm(S_2) = 290,10$ (counts/s)
- $Nm(S_{1+2}) = 551,36$ (counts/s)
- $Nb = 0,2933$ (counts/s)

وباستخدام العلاقة (2) نجد أن:

- $X = 82075,834112$
- $Y = 45273858,886229$
- $Z = 0,147364$
- $\tau = 0,140$ ms = 140 μ s

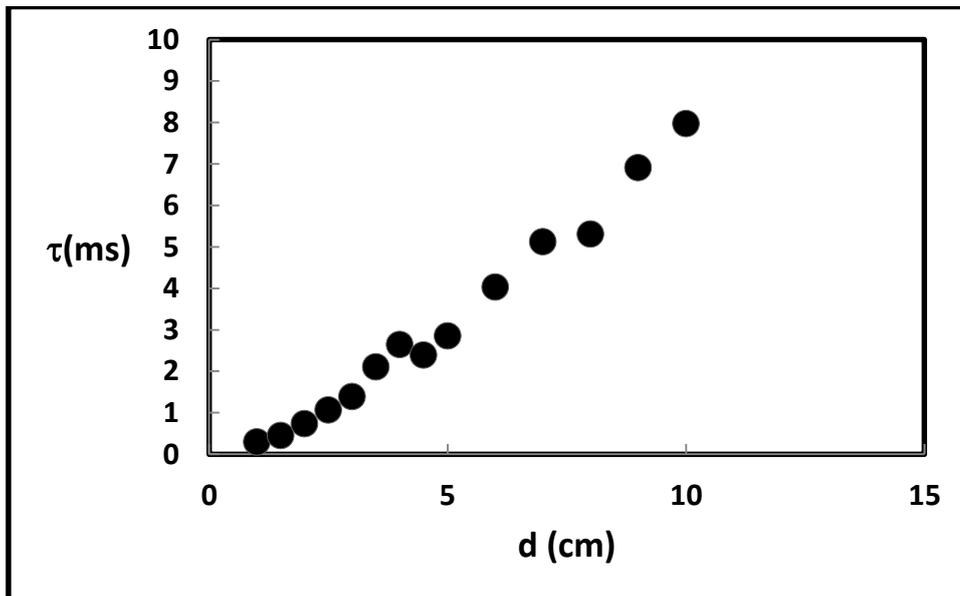
(ب) نتائج منبع أشعة بيتا: السترونسيوم-90

جدول (4): يُبين القيم التي تم الحصول عليها باستخدام طريقة المنبعين مع تغيير المسافة بين المنبع المُشع (Sr-90) والعداد. الإشعاع الخلفي: $N_b = 17,60$ في الدقيقة، أي ما يعادل $N_b = 0,2933$ في الثانية. نُعطي هنا معدل العد بثانية واحدة.

$d(cm)$	منبع	N_1	N_2	N_3	Nm	$\tau(ms)$
1,00	S_{1+2}	1456,90	1469,60	1473,60	1466,70	0,29
	S_1	932,00	932,90	930,90	931,93	
	S_2	932,60	911,50	931,30	925,13	
1,50	S_{1+2}	932,50	919,10	932,80	925,13	0,45
	S_1	586,40	590,40	572,90	583,23	
	S_2	586,70	587,20	586,60	586,83	
2,00	S_{1+2}	564,20	568,50	573,60	568,76	0,73
	S_1	368,20	348,60	354,20	357,00	
	S_2	356,70	359,40	359,90	358,66	
2,50	S_{1+2}	388,90	393,40	396,00	392,76	1,06
	S_1	248,60	245,50	243,20	245,76	
	S_2	252,50	251,50	248,70	250,90	
3,00	S_{1+2}	293,20	297,60	288,10	292,96	1,39
	S_1	181,20	186,70	180,40	182,76	
	S_2	186,00	184,40	184,60	185,00	
3,50	S_{1+2}	221,50	215,30	215,50	217,43	2,10
	S_1	142,90	143,90	138,30	141,70	
	S_2	144,30	132,90	143,70	140,30	
4,00	S_{1+2}	160,10	165,20	173,50	166,26	2,64
	S_1	106,10	103,40	108,50	106,00	
	S_2	104,90	108,10	108,70	107,23	
4,50	S_{1+2}	142,80	133,80	137,60	138,06	2,39
	S_1	82,90	85,10	84,60	84,20	
	S_2	79,30	81,10	83,50	81,30	
5,00	S_{1+2}	112,10	121,00	116,50	116,53	2,85
	S_1	71,10	69,00	71,40	70,50	
	S_2	68,50	69,30	70,90	69,43	
6,00	S_{1+2}	80,40	76,20	73,30	76,63	4,03

	S_1	44,40	47,30	47,20	46,30	
	S_2	43,40	44,90	46,10	44,80	
7,00	S_{1+2}	51,90	53,70	54,90	53,50	4,90
	S_1	33,10	31,95	31,15	32,07	
	S_2	30,55	29,70	28,85	29,70	
8,00	S_{1+2}	45,70	42,60	46,10	44,80	5,31
	S_1	24,20	25,10	24,40	24,56	
	S_2	24,60	27,80	27,10	26,50	
9,00	S_{1+2}	30,80	33,25	33,45	32,50	7,36
	S_1	17,95	16,95	20,00	18,30	
	S_2	18,50	19,50	18,50	18,83	
10,00	S_{1+2}	29,30	26,30	28,00	27,86	7,97
	S_1	16,70	15,60	16,80	16,36	
	S_2	14,90	13,90	16,80	15,20	

يُبيّن الشكل (7)، بشكل عام، تزايد الزمن الميّت بتابعية المسافة ما بين المنبع المُشع والعداد. إن هذا التزايد يبدو منتظماً من أجل المسافات الصغيرة (حتى 5cm)، بينما من أجل المسافات الأكبر من 5cm فالتزايد غير منتظم. ويمكن تفسير ذلك بأن كبر المسافة بين العداد والمنبع المُشع يؤدي إلى تغيير هندسة التجربة، إضافة إلى أن تغيير المسافة بين المنبع المُشع والعداد وتوجيه المنبع باتجاه العداد كان يتم يدوياً.



الشكل (7): تغير الزمن الميّت $\tau(ms)$ بتابعية بعد المنبع عن العداد $d(cm)$ من أجل منبع السترونشيوم-90.

2-2- طريقة تغيير المسافة بين المنبع المُشع والعداد:

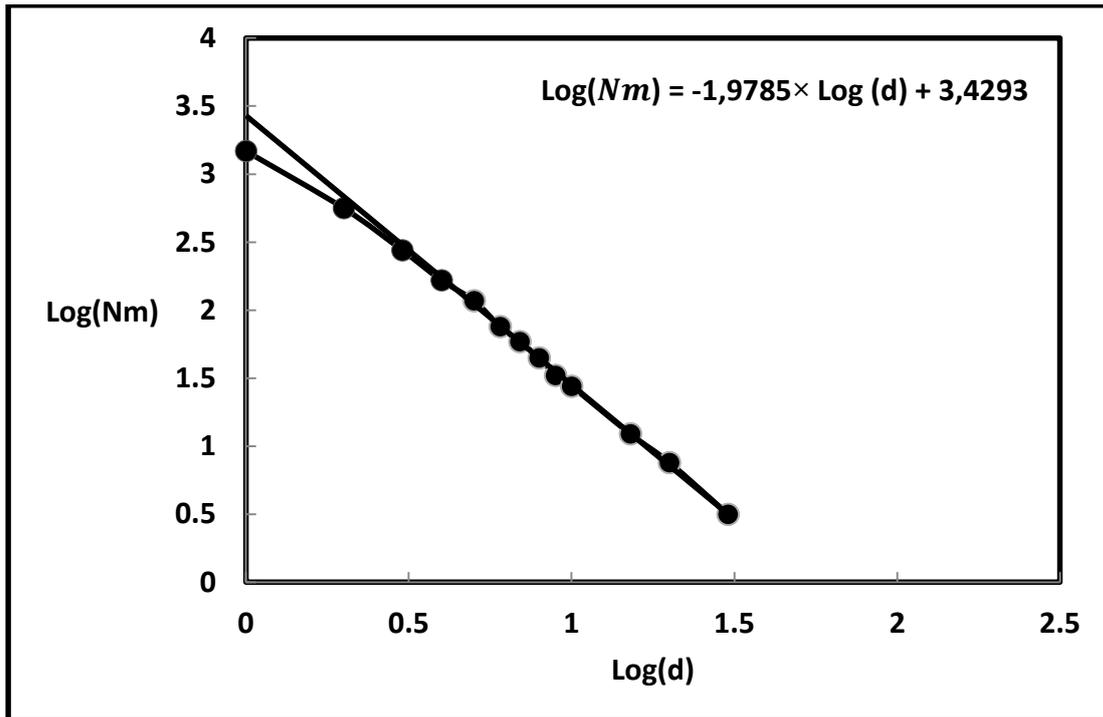
(1) تُطبق على العداد الجهد الموافق لمنتصف الهضبة بغياب المنبع المُشع الذي تمّ تحديده مسبقاً $(V = 480Volts)$ في الفقرة السابقة (1-4).

- (2) نقيس عدد الحوادث المسجلة بغياب أي منبع مُشع، أي نقيس الإشعاع الناتج عن الضجيج الخلفي من أجل زمن قياس قدره دقيقة واحدة.
- (3) نضع عداد غايغر - مولر أمام العداد، ومن ثمّ نسجّل معدّل العدّ من أجل مسافات مختلفة بين العداد والمنبع المُشع. نُعيد كلّ قياس ثلاث مرّات، ومن ثمّ نقوم بطرح العدّ الناتج عن الضجيج الخلفي.
- (4) يوضح الجدول (5) جميع القيم التي تمّ الحصول عليها. تمّ قياس كلّ قيمة ثلاث مرّات، ومن ثمّ تمّ إيجاد القيمة الوسطى \bar{N} .

نشير هنا إلى أنه تمّ استخدام فقط المنبع المُشع لجسيمات (β^-) (السترونسيوم 90 - Sr).

جدول (5): يُبين القيم التي تمّ الحصول بتغيير المسافة بين المنبع المُشع (Sr-90) والعداد. الإشعاع الخلفي : $N_b = 16,80$ في الدقيقة، أي ما يعادل $N_b = 0,28$ في الثانية. نُعطي هنا معدل العد بثانية واحدة.

$d(cm)$	$\log d$	$Nm(contrs/s)$	$\log Nm$	القيمة المصححة Nc تستنتج من معادلة المستقيم	$\tau(ms)$
1	0,00	1466,70	3,17	2687.20	0,31
2	0,30	568,76	2,75	685,09	0,30
3	0,48	275,50	2,44	301.73	0.32
4	0,60	166,26	2,22	174.66	0.29
5	0,70	116,53	2,07		
6	0,78	76,63	1,88		
7	0,84	58,70	1,77		
8	0,90	44,80	1,65		
9	0,95	33,36	1,52		
10	1,00	27,86	1,44		
15	1,18	12,23	1.09		
20	1,30	7,53	0,88		
30	1,48	3,12	0,50		



الشكل (8): إن دراسة التابع $LogNm = f(Logd)$ تبين أنه من أجل القيم الكبيرة لـ d ، الضياعات في العد تكون مهملة، في حين أنه من أجل القيم الصغيرة (الضعيفة) لـ d نلاحظ انحراف لقيم N بتابعة المقدار d^{-2} ، العلاقة:

$$N \approx \frac{N_0}{2} \left[1 - \left(1 - \frac{r^2}{2d^2} \right) \right] \approx \frac{N_0}{2} \cdot \frac{r^2}{2d^2}$$

حيث N_0 عدد الإشعاعات الصادرة من المنبع المشع ذات دور، أو (عمر نصف) طويل، N_0 المسافة بين نافذة العداد والمنبع المشع، N_0 نصف قطر نافذة العداد [20-32]. الخط الواصل بين النقاط التجريبية هو فقط لتوجيه العين.

على سبيل المثال، من أجل:

$$d = 1cm \rightarrow Logd = 0$$

ومن معادلة المستقيم المستنتجة تجريبياً (استعن بالشكل 8)، نجد أن:

$$Log(Nm) = -1,9785 \times Log(d) + 3,4293 \rightarrow Log(Nm) = +3,4293$$

$$\rightarrow Nc = 2687,20$$

وهي القيمة المُصححة من أجل المسافة $d = 1cm$. وبالطريقة نفسها يمكن الحصول على القيمة المُصححة للعدّ من أجل بقية القيم لـ d . ويبيّن الجدول (5) القيم المُصححة Nc لجميع القيم المُقاسة Nm . ويُحسب الزمن انطلاقاً من العلاقة [20-32]:

$$Nc = Nm + Nc \frac{Nm \cdot \tau}{T} \rightarrow \frac{\tau}{T} = \frac{Nc - Nm}{Nm \cdot Nc}$$

وفي وحدة الزمن، أي في ثانية واحدة يكون لدينا:

$$\tau = \frac{Nc - Nm}{Nm \cdot Nc} \quad (3)$$

وعادةً نختار ثلاث قيم للثنائية (Nm, Nc) ، نحسب الزمن الميّت الموافق باستخدام العلاقة السابقة، ثم نأخذ المتوسط الحسابي لهذه القيم، وهكذا نحصل على الزمن الميّت.

3-2- مقارنة بين طريقتي القياس: طريقة استخدام منبعين، وطريقة تغيير المسافة بين المنبع المُشع والعداد
يبيِّن الجدول (6) القيم التي تمَّ الحصول عليها للزمن الميَّت باستخدام منبع لجسيمات ألفا (الراديووم-226)، ومنبع لجسيمات بيتا (السترونسيوم-90) بطريقتي قياس: طريقة المنبعين، وطريقة تغيير المسافة بين المنبع المشع وعداد غايغر-مولر.

جدول (6): مقارنة بين قيم الزمن الميَّت التي تمَّ الحصول عليها، وبعض النتائج المتوفرة في هذا المجال.

المنبع المُشع	المسافة	الزمن الميَّت وفق طريقة المنبعين		الزمن الميَّت وفق طريقة تغيير المسافة		نتائج المراجع [17-15]
		$\tau(ms)$	$\bar{\tau}(ms)$	$\tau(ms)$	$\bar{\tau}(ms)$	
Ra-226	1	0,14	0,31	-	-	$\tau(ms) =$ (0,100- 0,500) (ms)
	2	0,47		-		
Sr-90	1	0,29	0,51	0,31	0,31	
	2	0,73		0,30		

تمت المقارنة من أجل المسافتين (1cm) و (2cm). وكما هو ملاحظ فإن قيمة الزمن الميَّت تتراوح ما بين (0,31 - 0,51ms). إن القيمة الوسطى مع الخطأ المُرتكب في قياس هذا الزمن الميَّت حُسبت من العلاقة الآتية:

$$\bar{\tau} = \frac{0,31 + 0,31 + 0,51}{3} = 0,38 (ms)$$

$$\Delta\tau = \frac{|0,38 - 0,31| + |0,38 - 0,31| + |0,38 - 0,51|}{3} = 0,09 (ms)$$

$$\bar{\tau} = [0,38 \pm 0,09] (ms) = [380 \pm 90] (\mu s)$$

وُجد أنّ الزمن الميَّت لعداد غايغر-مولر في هذا العمل يساوي $\bar{\tau} = [380 \pm 90] (\mu s)$. يعني هذا أنّ "العدّ الحقيقي" يختلف عن "العدّ المُقاس" (التجريبي)، المعادلة رقم (3). ويصبح للزمن الميَّت تأثير كبير في حالة المنابع المشعة ذات النشاط الإشعاعي الكبير.

ونشير هنا إلى أنه وُجد أن الزمن الميَّت لعداد غايغر يتراوح ما بين الـ (100μs) و الـ (500μs) [17-15]، وبتزايد هذا الزمن مع تزايد عمر العداد.

4-2- دراسة تأثير الزمن الميَّت على قياس النشاط الإشعاعي:

عند إجراء قياس لشدة النشاط الإشعاعي نقوم بعدد الحوادث N المُسجَّلة ضمن مجال زمني مُحدَّد؛ وتُكتب النتيجة على الشكل الآتي:

$$N \pm \sigma = N \pm \sqrt{N}$$

حيث σ الانحراف المعياري الذي يصف الخطأ الإحصائي (الدقة الإحصائية)، وهكذا نكون متأكدين أنه لدينا احتمال أو (حظ) قدره (68,3%) [35-33] بالحصول على النتيجة الصحيحة، أو بعدم الخطأ. إذا رغبتنا في الحصول على مجال ثقة أكبر سنُعطي النتيجة على الشكل الآتي:

$$N \pm \sigma\sqrt{2} = N \pm \sqrt{2N}$$

فيكون لدينا في هذه الحالة احتمال أو (حظ) (84%) بالحصول على النتيجة الصحيحة، وذلك لأن المساحة المحددة بالمنحنى الغوسي بين $x + \sigma\sqrt{2}$ و $x - \sigma\sqrt{2}$ تساوي تقريباً (84%) من المساحة الكلية [33-35].
 إذا أردنا الحصول على دقة أكبر عند قياس الشدة الإشعاعية، فتوجد إمكانيتان:
 (1) القيام بقياس ذي زمن طويل، وهذا يؤدي إلى إنقاص الخطأ المرتكب في القياس (مثلاً، زمن قياس 10 دقائق بدلاً من دقيقة يُنقص الخطأ، الخطأ يُقسم على 3).
 (2) تكرار القياس n مرة عندما يكون معدل العدّ ضعيفاً.
 على سبيل المثال، نقوم بـ (90) قياساً، لهما زمن القياس نفسه، لقياس الشدة الإشعاعية لمنبع مُشع، أُعطيت النتائج التي تمّ الحصول عليها في الجدولين (7) و (8).

جدول (7): نتائج 90 قياساً، زمن القياس الواحد 10 ثوانٍ. نُعطي في الجدول النتائج في وحدة الزمن، أي في ثانية واحدة. بعد المنبع عن عدّاد غايغر-موللر (2cm). أدنى قيمة لعدد الجسيمات هو 216، بينما أكبر قيمة هي 310.

272	249	277	289	287	275	245	238	289
297	272	256	279	264	268	297	278	288
255	269	257	276	290	283	290	296	280
272	278	238	254	243	296	265	274	275
261	267	275	219	260	235	266	272	298
273	267	269	263	281	280	267	287	264
266	279	277	269	216	255	279	274	277
280	258	310	274	269	278	271	281	230
248	309	273	265	269	290	289	276	249
275	268	280	262	269	251	270	274	246

جدول (8): يُبيّن تكرار كل عدد من الجسيمات المكشوفة لـ 90 قياساً، زمن القياس الواحد 10 ثوانٍ، كما هو مشار إليه في الجدول السابق (7).

n_i	$f_i(n_i)$								
216	1	251	1	264	2	274	4	288	1
219	1	254	1	265	2	275	4	289	3
230	1	255	2	266	2	276	2	290	3
235	1	256	1	267	3	277	3	296	2
238	2	257	1	268	2	278	3	297	2
243	1	258	1	269	6	279	3	298	1
245	1	260	1	270	1	280	4	309	1
246	1	261	1	271	1	281	2	310	1
248	1	262	1	272	4	283	1		
249	2	263	1	273	2	287	2		
	12		11		25		28		14

جدول (9): يُبيِّن تغيير الاحتمال بتابعة عدد الجسيمات المكشوفة لـ 90 قياساً،
 زمن القياس الواحد 10 ثوان، كما هو مشار إليه في الجدول السابق (8).

n_i	$f_i(n_i)$	$P(n_i) = f_i(n_i)/90$	n_i	$f_i(n_i)$	$P(n_i) = f_i(n_i)/90$
216	1	0,011	268	2	0,022
219	1	0,011	269	6	0,066
230	1	0,011	270	1	0,011
235	1	0,011	271	1	0,011
238	2	0,022	272	4	0,044
243	1	0,011	273	2	0,022
245	1	0,011	274	4	0,044
246	1	0,011	275	4	0,044
248	1	0,011	276	2	0,022
249	2	0,022	277	3	0,033
251	1	0,011	278	3	0,033
254	1	0,011	279	3	0,033
255	2	0,022	280	4	0,044
256	1	0,011	281	2	0,022
257	1	0,011	283	1	0,011
258	1	0,011	287	2	0,022
260	1	0,011	288	1	0,011
261	1	0,011	289	3	0,033
262	1	0,011	290	3	0,033
263	1	0,011	296	2	0,022
264	2	0,022	297	2	0,022
265	2	0,022	298	1	0,011
266	2	0,022	309	1	0,011
267	3	0,033	310	1	0,011

وبما أنّ القيمة الوسطى للشدة الإشعاعية أكبر من 20 تفككاً في الثانية، فتمَّ استخدام توزّع غوص لتحليل النتائج إحصائياً [33-35]. ويُستخدم توزّع بواسون عندما تكون القيمة الوسطى للشدة الإشعاعية أقلّ من 20 تفككاً في الثانية.

المتوسط الحسابي:

$$\bar{n}_e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i = \frac{1}{90} \sum_{i=1}^{90} n_i = 270,23$$

المتوسط المُنظَّم:

$$\bar{n} = \sum n_i \cdot f_i(n_i) = 270,42$$

الحسابات تمّت باستخدام:

$$\bar{n} = 270,42 \quad \&\sigma_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N f_i(\bar{n} - n_i)^2}{N}} = 17,38$$

$$P(n) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(n - \bar{n})^2}{2\sigma^2}\right] \quad (4)$$

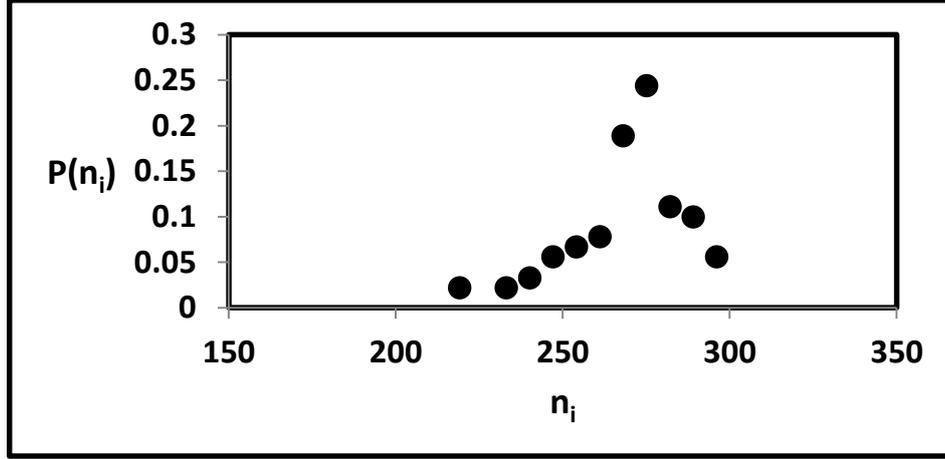
$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(n - \bar{n})^2}{2\sigma^2}\right] \cdot \Delta n$$

$$\Delta n = 7$$

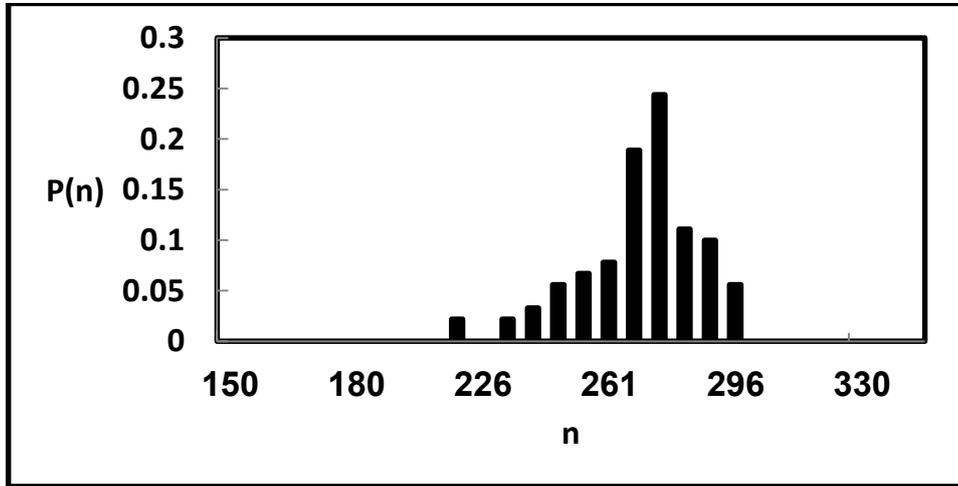
ويمكن أن نُمثل بيانياً نتائج الجدول (7) انطلاقاً من مفهوم الصفوف، وذلك بتقسيم النتائج إلى مجالات، ومن ثمّ إلى صفوف، وفق الجدول (10). يُبين الشكلان (9) و (10) التمثيل البياني للجدول (10).

جدول (10): توزيع النتائج انطلاقاً من تقسيمها إلى مجالات، ومن ثمّ إلى صفوف.

توزيع غوص $P_G(n)$	الاحتمال التجريبي $P_e(n)$	تواتر $f(n)$	صف n	مجال
0.002	0.022	2	219	[216;223[
0.006	0.000	0	226	[223;230[
0.016	0.022	2	233	[230;237[
0.035	0.033	3	240	[237;244[
0.065	0.056	5	247	[244;251[
0.103	0.067	6	254	[251;258[
0.139	0.078	7	261	[258;265[
0.159	0.189	17	268	[265;272[
0.155	0.244	22	275	[272;279[
0.129	0.111	10	282	[279;286[
0.091	0.100	9	289	[286;293[
0.054	0.056	5	296	[293;300[
0.028	0.000	0	303	[300;307[
0.012	0.022	2	310	[307;314[
0.994	1.000	90		

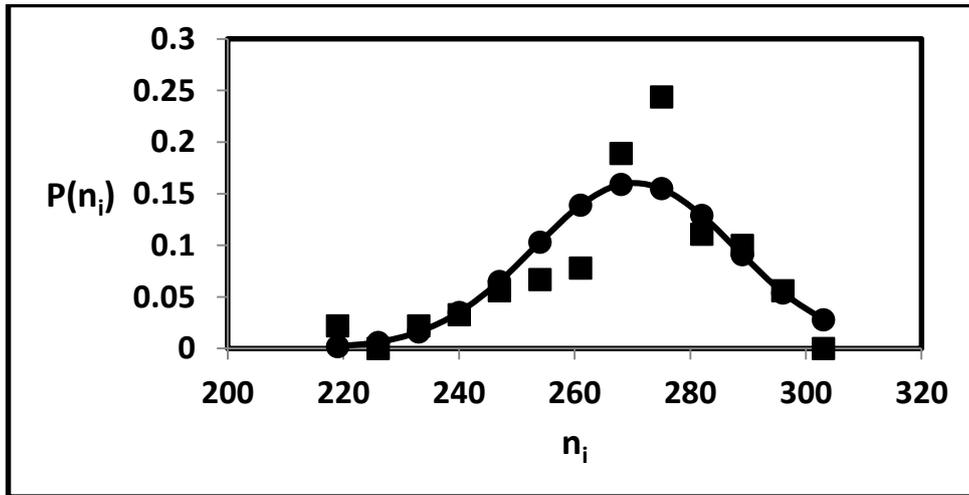


الشكل (9): تغير الاحتمال $P(n_i)$ بتابعية عدد الجسيمات المكشوف n_i انطلاقاً من مفهوم الصفوف.



الشكل (10): يُمثل هذا الهستوغرام تغير الاحتمال $P(n_i)$ بتابعية عدد الجسيمات المكشوف n_i انطلاقاً من مفهوم الصفوف.

تمت مقارنة النتائج التجريبية، ونتائج توزع غوص، والشكل (11) يوضح ذلك.



الشكل (11): مقارنة بين توزع النتائج التجريبية وتوزع غوص. المربعات تمثل النتائج التجريبية، بينما الدوائر تمثل نتائج توزع غوص.

إضافة لذلك تمّ حساب الانحراف المعياري σ انطلاقاً من توزّع غوص باستخدام العلاقة الآتية:

$$\Gamma = 2,354\sigma$$

حيث Γ عرض التوزّع في منتصفه. ولحساب Γ نستعين بالجدول (10) والشكل (11) لاستنتاج ارتفاع التوزّع الغوصي h ، أي أكبر قيمة لـ $P(n)$ ، فنجد أنّ $h = 0,1590$ ، أي أنّ منتصف هذه القيمة يساوي $h = 0,1590/2 \approx 0,0795$ ، وهذا ما يُعطي:

$$h = 0,1590 \rightarrow n = 268$$

وعند منتصف الارتفاع، على يمينه ويساره نجد أنّ:

$$h_1 = 0,1590 - 0,0795 = 0,0795 \rightarrow n_1 \approx 250$$

$$h_2 = 0,1590 + 0,0795 = 0,2385 \rightarrow n_2 \approx 292$$

ومنه نستنتج قيمة الانحراف المعياري σ لتوزّع غوص:

$$h = 2,354\sigma \rightarrow \sigma_G = \frac{h_2 - h_1}{2,354} = \frac{n_2 - n_1}{2,354} = \frac{292 - 250}{2,354} = 17,842$$

وهذه القيمة قريبة جداً من الانحراف المعياري التجريبي 17,380. ويمكن تقدير الخطأ النسبي المُرتكب في

حساب σ بالعلاقة الآتية:

$$\frac{|\sigma_G - \sigma_e|}{\sigma_G} = \frac{|17,842 - 17,380|}{17,842} = 2,65\%$$

انطلاقاً مما سبق يمكن أن نكتب أن النشاط الإشعاعي للمنبع المدروس باستخدام عداد غايغر-مولر على

النحو الآتي:

$$A = A \pm \sigma_e = (270.42 \pm 17,38)Bq$$

وهذا يعني أنّه لدينا حظ يُقدر بـ (68,4%) لكي نجد في أثناء قياس قيمة تقع في المجال:

$$[A - \sigma_e, A + \sigma_e] = [253; 288]$$

وإذا عكسنا المحاكمة، فيمكن القول إنّ احتمالاً أن تكون القيمة الحقيقية للمتحوّل A تقع في المجال هو

(68,4%). بالطريقة نفسها أنّ احتمالاً أن يقع A في المجال:

$$[A - 2\sigma_e, A + 2\sigma_e] = [236; 305]$$

هو (95,4%).

إضافة إلى الخطأ الإحصائي المُرتكب في قياس النشاط الإحصائي للمنبع المشعة، يجب أن يؤخذ بالحسبان

تأثير الزمن الميّت للعداد المستخدم في القياسات، وهنا عداد غايغر-مولر، على قياس العدّ n . ولهذه الغاية استخدمنا

العلاقة (3) المُعطاة سابقاً التي تسمح بحساب العد الحقيقي Nc انطلاقاً من الزمن الميّت τ :

$$Nc = \frac{Nm}{1 - \frac{Nm \cdot \tau}{T}}$$

وفي ثانية واحدة:

$$Nc = \frac{Nm}{1 - Nm \cdot \tau}$$

وبأخذ الزمن الميّت بالحسبان $\tau = 380\mu s$ للعداد، والذي تمّ حسابه تجريبياً نجد أنّ النشاط الإشعاعي للمنبع

المدروس يساوي:

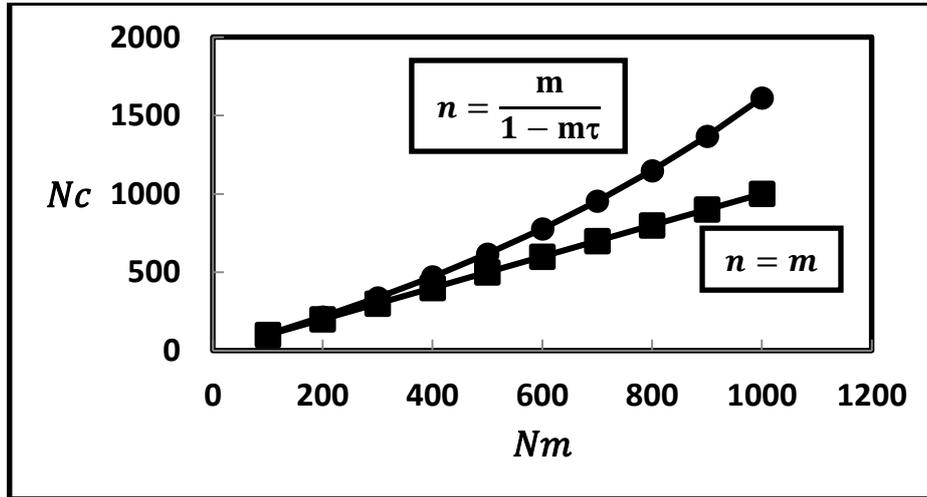
$$Nc = \frac{Nm}{1 - Nm \cdot \tau} = \frac{270,42}{1 - 270,42 \times 380 \times 10^{-6}} = 301,39 Bq$$

أي أنّ تأثير الزمن الميّت يُقدر بـ (10%) على النشاط الإشعاعي من أجل هذا المنبع.

إذا فرضنا أننا استخدمنا عداد غايغر-مولر المدروس في هذا العمل من أجل مجموعة من المصادر المشعة ذات شدات مختلفة، فنحصل على النتائج المعطاة في الجدول (11). يُبين الشكل (12) تغير العد الحقيقي Nc بتابعة العد التجريبي Nm من أجل زمن ميت يساوي $\tau = 380\mu s$ للعداد المستخدم في هذا العمل. وكما هو ملاحظ، نجد أهمية تأثير الزمن الميت على العد من أجل الأعداد الكبيرة للجسيمات الصادرة عن المصادر المشعة، بينما يمكن إهمال هذا الزمن الميت من أجل الأعداد الصغيرة.

جدول (11): العد التجريبي والعد الحقيقي لمجموعة من المصادر باستخدام عداد غايغر-مولر ذي زمن ميت يُقدر بـ $\tau = 380\mu s$. بعد المنبع عن العداد كان ثابتاً وذلك من أجل جميع المصادر.

العداد التجريبي Nm	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
العداد الحقيقي Nc	104	216	338	472	617	777	954	1149	1368	1613
$\frac{ Nc - Nm }{Nc}$ (%)	3,58	7,40	11,20	15,25	18,96	22,78	26,62	30,37	34,21	46,58



الشكل (12): تغير العد الحقيقي بتابعة العد التجريبي من أجل زمن ميت ثابت قدره $\tau = 380\mu s$.

الاستنتاجات والتوصيات:

تمّ في هذا العمل دراسة مميزات وصفات عداد غايغر-مولر:

- (1) تحديد نقطة عمل العداد بيانياً، ووجد أنّها تقع بين الـ 360 فولطاً والـ 600 فولط، أي أن نقطة العمل هي (480 Volts). وتكون عادةً المنطقة بين V_1 و V_2 أقل من 300 فولط، في حالتنا 240 فولطاً.
- (2) تحديد ميل هضبة العداد من أجل تغير قدره 100 فولط كنسبة مئوية، فوجد أن القيمة الوسطى للميل (ميل الهضبة) 2,67%. ويكون عادةً ميل الهضبة أقل من (10%). تشير القيمة الصغيرة للميل إلى استقرار نقطة عمل العداد.

(3) وُجد أن الزمن الميت لعداد غايغر-مولر يساوي: $\bar{\tau} = [380 \pm 90] (\mu s)$. يعني هذا أن "العد الحقيقي" يختلف عن "العد المقاس" (التجريبي)، المعادلة رقم (2-3). ويصبح للزمن الميت تأثير كبير في حالة المصادر المشعة ذات النشاط الإشعاعي الكبير.

يعدّ هذا العمل التجريبي الذي يعتمد على دراسة خصائص وميزات عدّاد غايغر-موللر عملاً أساسياً في معايرة هذا العدّاد، ومن ثمّ فهم عمله، إضافة إلى أهمية تأثير الزمن الميّت على عدّ العدّاد. وانطلاقاً من النتائج التي تمّ التوصل إليها، عند استخدام عدّاد غايغر-موللر، يجب أن تُحدّد نقطة عمل العدّاد بشكل جيد، بحيث لا يكون الجهد المطبّق على العدّاد كبيراً جداً، لأن ذلك يؤدي إلى إنقاص عمر العدّاد. هذا من جهة، ومن جهة أخرى، يجب تحديد الزمن الميّت للعدّاد من أجل تصحيح العدّ التجريبي، لأن ذلك يؤثر تأثيراً كبيراً على الظاهرة الفيزيائية المدروسة، والمقصود هنا القيمة الحقيقية للنشاط الإشعاعي للمنبع المشع المدروس، أو العينة المشعّة المدروسة.

المراجع:

- [1] R. D, Evans, *The Atomic Nucleus*, (McGraw Hill Book Company, 1955).
- [2] N. Tsoulfanidis, *Measurement And Detection Of Radiation*, (McGraw Hill Book Company, 1983).
- [3] C. M. Lederer and V. S. Shirley, *Table Of Isotopes*, 7th Edition, (Wiley-Interscience, 1978) or 8th edition with CD-ROM (1996).
- [4] P. Bevington and D. K. Robinson, *Data Reduction And Error Analysis For The Physical Sciences*, (McGraw-Hill Book Company, 1992).
- [5] S. Korff, *Electron And Nuclear Counters*, Van Nostrand Co.
- [6] W. Price, *Nuclear Radiation Detection*, (McGraw Hill Book Company, 1964).
- [7] *Atomic and Nuclear Physics, Radioactivity, Detection of Radioactivity*, Printed in the Federal Republic of Germany by Leybold Didactic GmbH, 2007.
- [8] ORTEC Application Note. An 34, *Experiments in Nuclear Sciences*, Published by ORTEC, second edition, July 1976, Experiment 2, Geiger Counting, 8-12. www.ortec-online.com.
- [9] Ian Rittersdorf. Lab 4– Geiger-Mueller Counting. *Nuclear Engineering & Radiological Sciences*. ianrit@umich.edu. March 13, 2007
- [10] Glenn F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*. John Wiley & Sons, Inc., USA, 3rd Edition, 2000.
- [11] Knolls Atomic Power Laboratory, *Nuclides and Isotopes: Chart of the Nuclides*. Lockheed Martin, USA, 16th Edition, 2002.
- [12] Bernard Shleien, Lester A. Slaback, Brian Kent Birky, Ed., *Handbook of Health Physics and Radiological Health*. Williams & Wilkins, Baltimore MD, 3rd Edition, 1998.
- [13] O. Gurler, S. Yalcyn, *A practical method for calculation of mass-attenuation coefficients of particles* <http://www.sciencedirect.com/> Available Online, 11 October 2005.
- [14] T. Baltakmens, *Accuracy of Absorption Methods in the Identification of Beta Emitters*. North-Holland Publishing Co., USA, 1976.
- [15] David Whyte 22 October 2009, *Lawrence Berkeley National Laboratory Nuclear Science Division: http://ie.lbl.gov/ for half-lives of indium isotopes*.
- [16] *An Introduction to Geiger Counters from Cal Poly Pomona: ttp://www.csupomona.edu/ for expected dead time of a GM tube*, 2009.
- [17] Radiation Science and Engineering Center, The Pennsylvania University, University Park, PA 16802, 2014.
- [18] Stephanie Hyland (with Ciaran Lee and David Whyte); *The Geiger Counter*, (Half-life of indium-116m), 8th October 2009; <http://www.chemicalelements.com/elements/in.html>

- [19] *Nuclear Science, Radiation Physics, The nature of Radiation Material*. A library Research Project, Experiment 1; Half-Life, 2014.
- [20] *Scintillation Spectrometry, Gamma-ray Spectrum Catalog*”, R.L. Heath, RDO-16880, 2nd edition - Vol. 1, Feb. 1997.
<http://www.inl.gov/gammaray/catalogs/pdf/naicat.pdf>
- [21] Knoll G F 2000, *Radiation Detection and Measurement* 3rd edition (New York: Wiley)
- [22] L. Peralta, *Measuring the Activity of a Radioactive Source in the Classroom*, *European Journal of Physics*, 25(2004) 211-219.
- [23] K. Krane, *Introductory Nuclear Physics* (New York: Wiley), 1988.
- [24] W. R. Leo, *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments* (Berlin: Springer), 1987.
- [25] P. Quittner, *Gamma Ray Spectroscopy*, Halsted Press, New York, 1972.
- [26] H. L. Andrews, *Radiation Biophysics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
- [27] V. Arena, *Ionizing Radiation and Life*, The C. V. Mosby Co., St. Louis, Montreal, 1971.
- [28] W. Mann and S. Garfinkel, *Radioactivity and Its Measurement*, Van Nostrand-Reinhold, New York, 1966.
- [29] C. M. Lederer, J. M. Hollander, and I. Perlman, *Table of the Isotopes*, 6th ed., Wiley, New York, 1967.
- [30] *14th Scintillation and Semiconductor Counter Symposium*, IEEE Trans. Nucl. Sci. Ns-22(1), 1975.
- [31] ORTEC Application Note. An 34, *Experiments in Nuclear Sciences*, 2013, Published by ORTEC, Experiment 3, Gamma-Ray Spectroscopy Using NaI(Tl), 1-20. www.ortec-online.com.
- [32] Mathieu Trocmé, *Diplôme d'ingénieur ENSPS, Mémoire de stage de deuxième année Version 1.3.2*. Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg, Parc d'Innovation, Boulevard Sébastien Brandt, F- 67 400 Illkirch-Graffenstaden, 05 Juillet 2004 – 10 Septembre 2004.
<http://www-ensps.u-strasbg.fr>.
- [33] Luc Valentin, *Physique subatomique: noyaux et particules*. Enseignement des sciences. Hermann, Paris, 1975, p: 154.
- [34] J. Topping, *Errors of Observation and Their Treatment*, Chapman and Hall, Science Paperbacks, Halsted Press. A Division of John Willey & Sons, INC., New York, 1955.
- [35] Murray R. Spiegel, *Théorie et Applications de la Statistique*, Série Schaum, Copyright 1972 by McGraw-Hill., Paris pour la traduction française, Chapter 7, 124-140.