

معايرة المميزات التجريبية لكاشف وميضي $NaI(Tl)$ ودراستها لقياس النشاط الإشعاعي في عينات ضعيفة الإشعاع

الدكتور جبور جبور*
الدكتور هيثم جبيلي**
الدكتور جهاد ملحم***

(تاريخ الإيداع 4 / 12 / 2011. قُبل للنشر في 15 / 2 / 2012)

□ ملخص □

تمت، في هذا العمل، معايرة المميزات التجريبية لكاشف $NaI(Tl)$ ودراستها، حيث تم تحديد الجهد الأمثل المطبق على الكاشف السابق من أجل الطاقتين $662keV$ (طاقة أشعة غاما الناتجة عن نظير السيزيوم 137) و $1460keV$ (طاقة أشعة غاما الناتجة عن نظير البوتاسيوم 40)، وكذلك تحديد مقدرتي الفصل للكاشف السابق بالنسبة للطاقتين السابقتين. كما تمّ رسم مستقيم معايرة الطاقة للكاشف أعلاه. وباستخدام طريقة المعايرة أعلاه، تمت دراسة ظهور أثر الخلفية في عينة من ماء الشرب المستعمل في مدينة اللاذقية.

الكلمات المفتاحية: أشعة غاما، كاشف وميضي، طيف طاقي، معايرة الطاقة، قدرة الفصل، النشاط الإشعاعي.

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

Study of Experimental Characteristics of a $NaI(Tl)$ Detector for Investigation in Radioactivity Measurements of a Weakly radioactive samples

Dr. Jabbour Jabbour*
Dr. Haissam Jbeli**
Dr. Jehad Mulhem***

(Received 4 / 12 / 2011. Accepted 15 / 2 / 2012)

□ ABSTRACT □

Calibration, the experimental of characteristics of a $NaI(Tl)$ – detector, and the best voltage value of it, were determined for the 662 keV energy (γ - energy resulted from Cs-137) and 1460 keV energy (γ - energy resulted from potassium - 40) isotopes. Energy calibration straight - line of the detector has been obtained. Background effect and its apparition in Lattakia – drinking – water, was also studied. The result proved that there in no radioactive sources in that water.

Key Words: gamma radiation, scintillation detector, energy spectrum, energy calibration, energy resolution, and radioactivity.

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

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

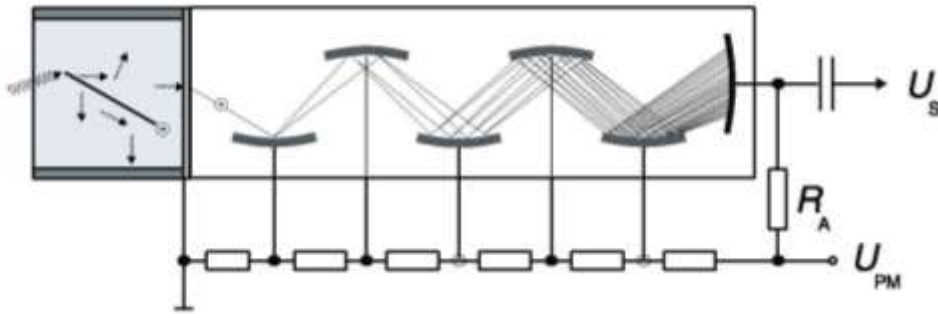
*** Professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

إن الكواشف التي سمحت بحصول قفزة نوعية في الفيزياء النووية في مجال الكشف عن الإشعاع هي الكواشف الومضية. إن الومّاض مادة صلبة أو سائلة يتبادل معها التأثير الإشعاعي النووي وفق إحدى الطرائق المعروفة؛ فنُتثار في أثناء عملية التبادل ذرات الومّاض، وعند عودة هذه الذرات إلى حالة الاستقرار تصدر فوتونات. إن هذه الفوتونات، من أجل المواد العادية، لا يقع طولها الموجي ضمن مجال الطول الموجي للضوء المرئي. بينما من أجل مادة الومّاض يقع الطول الموجي للفوتونات الصادرة ضمن منطقة الضوء المرئي. ويتناسب عدد الفوتونات الضوئية الصادرة مع الطاقة الضائعة، في الومّاض، والتي أودعها الإشعاع الوارد [1، 2، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 9، 10].

إن فالكواشف الومضية هي مجسّات تحول طاقة الإشعاع النووي إلى ومضات ضوئية.

استخدم رزفورد Rutherford هذه الخاصية من أجل دراسة تبعثر جسيمات ألفا (α)، حيث إن عدّ الحوادث الضوئية كان يتم بالعين المجردة. وكانت المادة المستخدمة هي كبريتات الزنك (ZnS)، وتستخدم حتى الآن في أيامنا من أجل مراقبة مظهر الحزم الخارجة (أو الصادرة) عن المسرعات. مع ذلك، من أجل التوصل إلى آلية كشف أكبر "كمية" كان من الضروري استخدام بلورات يود الصوديوم المشابهة بالثاليوم $NaI(Tl)$ ، أو ومضات بلاستيكية. في هذه الحالة، فإن كشف الفوتونات الضوئية يتم بمساعدة مضاعفات ضوئية (Photomultiplier (PM)، حلت محل العين المجردة، وأظهرت هذه المضاعفات الضوئية فعالية عالية من حيث العد والسرعة. يُبين الشكل (1) عدداً وميضياً. والفوتونات الضوئية تولد إلكترونات ضوئية على المهبط الضوئي، إن هذه الإلكترونات تتضاعف وتتسارع بواسطة مجموعة من الدينودات dynodes. الدينودات عبارة عن أقطاب توصل بجهد موجب ومن ثم تتصل بالمصعد (Anode) حيث ينتهي بها المطاف إلى المصعد مولدة نبضة تتناسب مع طاقة الإشعاع الأولي المكتشف فعلياً (انظر الشكل 1).



الشكل (1): مخطط مبسط لكاشف وميض.

تشير في هذا السياق إلى أن ارتفاع النبضة عند مستوى آخر دينود يتناسب مع عدد الإلكترونات المستقبلية. ويتناسب هذا العدد مع عدد الإلكترونات الناتجة عن المفعول الكهروضوئي، الذي هو بحد ذاته يتناسب مع عدد الفوتونات الضوئية المستقبلية من قبل المهبط. ويتناسب هذا العدد الأخير مع الطاقة الضائعة في البلورة، حيث هذه الطاقة تساوي بالتحديد طاقة الفوتون الوارد عندما يُمتص بواسطة المفعول الكهروضوئي. بالمقابل إذا تبعثر (أو انتثر) الفوتون بمفعول كومبتون فله احتمال كبير أن يهرب من البلورة من دون أن يتفاعل معها، وفي هذه الحالة لا نسجل إلا نبضة متناسبة مع طاقة الإلكترون المرتد الذي سيتوقف في الكاشف.

أخيراً، إذا تم امتصاص الفوتون بواسطة توليد الأزواج الايونية فسوف نحصل على كل طاقة الفوتون E_γ ، أو أيضاً $E_\gamma - 0,511 MeV$ و $E_\gamma - 1,022 MeV$ ، فقط إذا كان لدينا فوتون أو فوتونان استطاعا الهروب من الكاشف وعلى الترتيب من دون التفاعل معه.

إن مجموعة الكشف الكاملة تحتوي، بالإضافة إلى البلورة والمضاعف الضوئي (PM)، سلسلة من أجهزة الكشف: إن الإشارة الخارجة من الـ (PM) تُضخم، حيث يتم قياس ارتفاعها، ويُعطى لنتيجة القياس رمز، ومن ثم تُخزن في الذواكر. بعد زمن كافٍ من التسجيل نعتبره جيداً إحصائياً (أي أن عدد الحوادث المسجلة جيد من الناحية الإحصائية)، نعمل على إيقاف القياس فنحصل، على سبيل المثال، على طيف للفوتونات الصادرة عن منبع مشع. نشير إلى أن فعالية كشف (efficiency) إشعاعات غاما (γ) هي أكبر بكثير في الكواشف الوميضية $Nal(Tl)$ منها في العداد التناسبي. إن السبب بسيط: من أجل نفس الحجم من الكشف، فإن للفوتونات حظاً أكبر لأن تُمتص في بلورة صلبة منه في غاز ذي كثافة ضعيفة. إن قدرة فصل الطاقة، الذي يُعبر عنها بـ $(\Delta E/E)$ ، يمكن أن تصل إلى (7-8)% من أجل فوتونات ذات طاقة $1 MeV$. وإن زمن النبضة لهذه الفوتونات هو من مرتبة $10^{-7} s$ [11، 12].

بإيجاز، يمكن اعتبار عمل الكواشف الوميضية على أنه يتبع الخطوات التالية:

- 1- امتصاص الإشعاع الوارد.
- 2- تحويل الطاقة الممتصة إلى إصدار ضوئي.
- 3- تجميع هذه الإصدارات (الفوتونات) على سطح حساس ضوئي.
- 4- إصدار الإلكترونات الفوتونية (أو الضوئية) من السطح الحساس ضوئياً.
- 5- تجميع ومضاعفة الإلكترونات الفوتونية (الضوئية) لخلق إشارة قابلة للاستعمال.

أهمية البحث وأهدافه:

تتم أهمية البحث في قياس النشاط الإشعاعي لبعض النظائر المشعة مثل السيزيوم-137 والبوتاسيوم-40 في المواد السائلة والصلبة (الماء، الحليب، الخضار.... إلخ)، ومن ثم مقارنة القيم المقاسة بالقيم المسموح بها دولياً والمعتمدة من قبل هيئة الطاقة الذرية العالمية.

طرائق البحث ومواده:

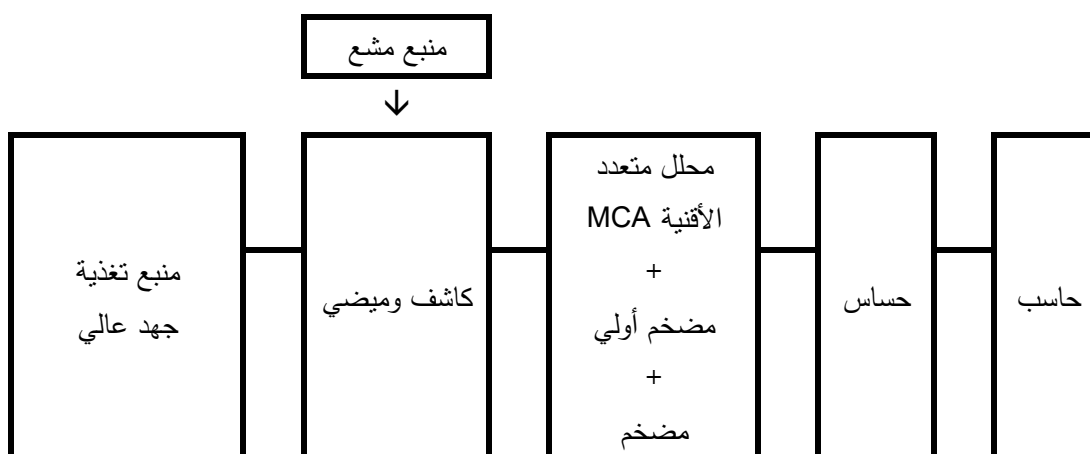
إن الأجهزة والأدوات المستخدمة في هذا البحث هي:

رقم	اسم الجهاز
559 885	- منبع مُشع نقطي للمعايرة ^{137}Cs شدته الإشعاعية $333 kBq$ بتاريخ 17 كانون الأول 2007
559 885	- منبع مُشع نقطي للمعايرة ^{60}Co شدته الإشعاعية $74 kBq$ بتاريخ 17 كانون الأول 2007
OL 261	- منبع مُشع لانتقني للمعايرة ^{137}Cs شدته الإشعاعية $4.87 kBq$ بتاريخ 17 كانون الأول 2007، عينة وزنها 1 كيلوغرام موضوعة في وعاء (عبوة) ميرينللي

672 521	- منبع مُشع لانتقطي للمعايرة (كلورايد البوتاسيوم KCl) 40K شدته الإشعاعية 16.7 kBq بتاريخ 17 كانون الأول 2007، عينة وزنها 1 كيلوغرام موضوعة في وعاء (عبوة) ميرينلي
559 901	- عداد وميضي: مواصفاته: - أبعاده: $25\text{ cm} \times 6\text{ cm}$. - مجال كشفه لطاقة أشعة غاما يتراوح ما بين 15 ألف إلكترون فولت ومليون إلكترون فولت ($15\text{keV}-3\text{MeV}$). - بلورة قطرها $3,8\text{ mm}$. - سماكتها $50,8\text{mm}$. - قدرة فصله الطاقية عند الطاقة 662 keV تُقدر بأقل من (7.5%) . - يعمل في مجال جهد يتراوح بين $(600-800\text{ Volts})$.
521 68	- منبع تغذية جهد عالي 1.5 kV
559 89	- غطاء واقى للعداد الوميضي من الرصاص
559 88	- أوعية (عبوات) ميرينلي
529 780	- محلل متعدد الأقفية MCA
	- حاسوب مجهز ببرنامج $Cassy$ لمعالجة القياسات
	- قاعدة لحمل المنبع المشع

ملاحظة: جميع هذه الأجهزة من شركة $LEYBOLD$ الألمانية [13].

نوضح على الشكل (2) مخططاً مبسطاً للدائرة المستخدمة في القياسات.



الشكل (2): مخطط مبسط للدائرة المستخدمة في القياسات.

يتم أولاً معايرة الكاشف، ومن ثم يتم تحضير العينات المراد قياس نشاطها الإشعاعي.

النتائج والمناقشة:

1- قياس وتحديد الجهد الأفضل لعمل العداد الوميضي:

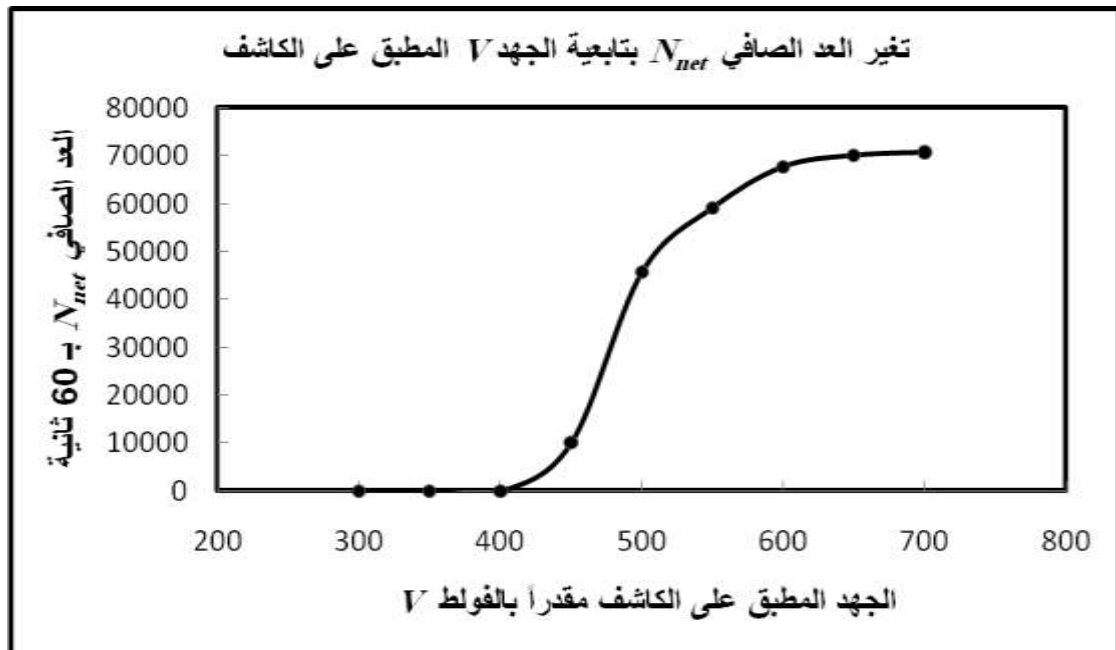
كما هو معلوم فإن كل عداد وميض يعمل ابتداءً من جهد معين. إضافة إلى ذلك فهناك مقدار آخر يلعب دوراً مهماً في عمل العداد الوميضي هو الريح الذي يتعلق بالأجهزة الإلكترونية المستخدمة، حيث هذا الريح في حالتنا هذه يتراوح بين (1-10).

نغير كل من الجهد المطبق على العداد ما بين (0-800 Volts) والريح ما بين (1-10). مثلاً من أجل قيمة معينة للريح كما نغير الجهد المطبق على الكاشف بحيث يتوزع الطيف على كل الأقدية. نسجل خلال القياس قيمة الجهد التي تبدأ عندها الخطوط الطيفية للنظير المشع بالظهور.

نعطي على الأشكال (3)، (4) و (5) تغيير العد خلال دقيقة واحدة (منبع نقطي) أو خلال 10 دقائق (منبع غير نقطي) للمنابع المشعة الثلاثة المذكورة سابقاً بتغيير الجهد المطبق وذلك من أجل ربح 1.5.

تم تحديد كل من القيمة 650 فولت لمنبع السيزيزم، و 600 فولت لمنبع الكالسيوم اعتماداً على مبادئ إحصائية تقول إنه إذا كانت النسبة N_g^2/N_b ، أي مربع العد الإجمالي على العد في الخلفية، تأخذ قيمة عظمى فالجهد المرافق لهذه القيمة هو أفضل جهد يعمل عنده الكاشف [11، 12، 13]، انظر الجداول (1، 2، 3). نشير هنا إلى أنه من الممكن أخذ قيم أخفض بقليل من القيم السابقة وذلك من أجل المحافظة على عمر الكاشف.

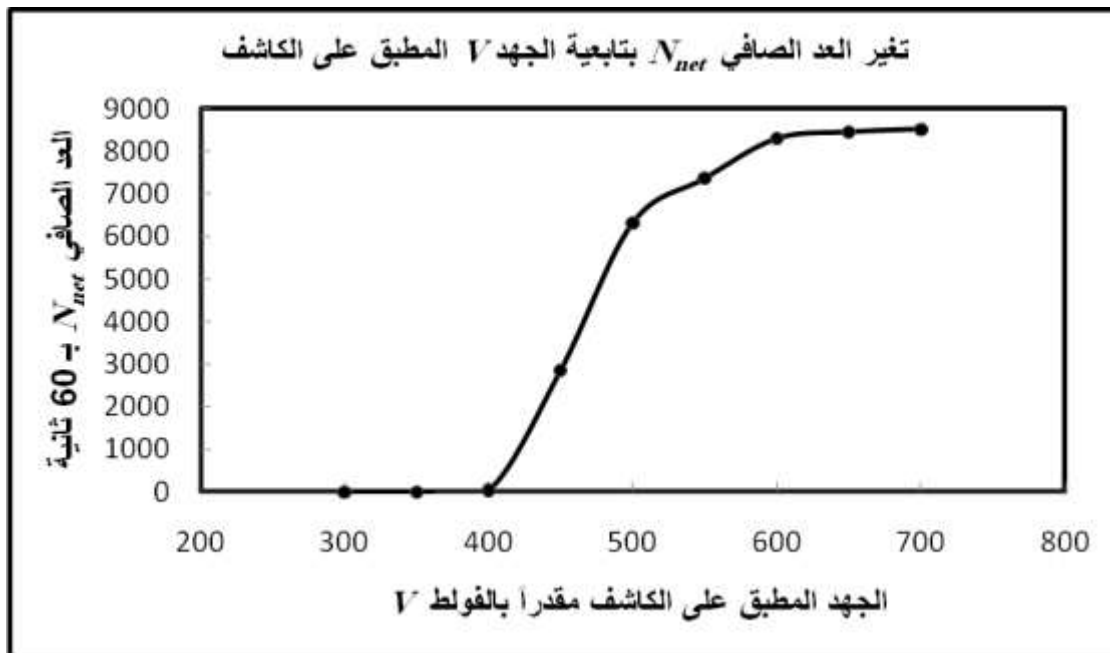
يمكن أن يُطرح السؤال التالي: ما هو تأثير الريح في الخطوط الطيفية؟ إن زيادة الريح تؤدي إلى انزياح في الخطوط الطيفية نحو اليمين، ومن ثم تعريض قاعدة الخط الطيفي أي انخفاض أو مقدرة الفصل. نشير هنا إلى أن أفضل قيمة للريح في حالتنا هذه 1.5، وهي القيمة التي تم اعتمادها لاحقاً حيث عرض قاعدة الخط الطيفي الذي يهمنا تُقدر تقريباً بـ 20 قناة.



الشكل (3): يُمثل تغير العد الصافي N_{net} بتابعية الجهد المطبق على الكاشف من أجل منبع نقطي ^{137}Cs .

جدول (1): من أجل منبع نقطي ^{137}Cs موضوع على بعد 10 cm من الكاشف.

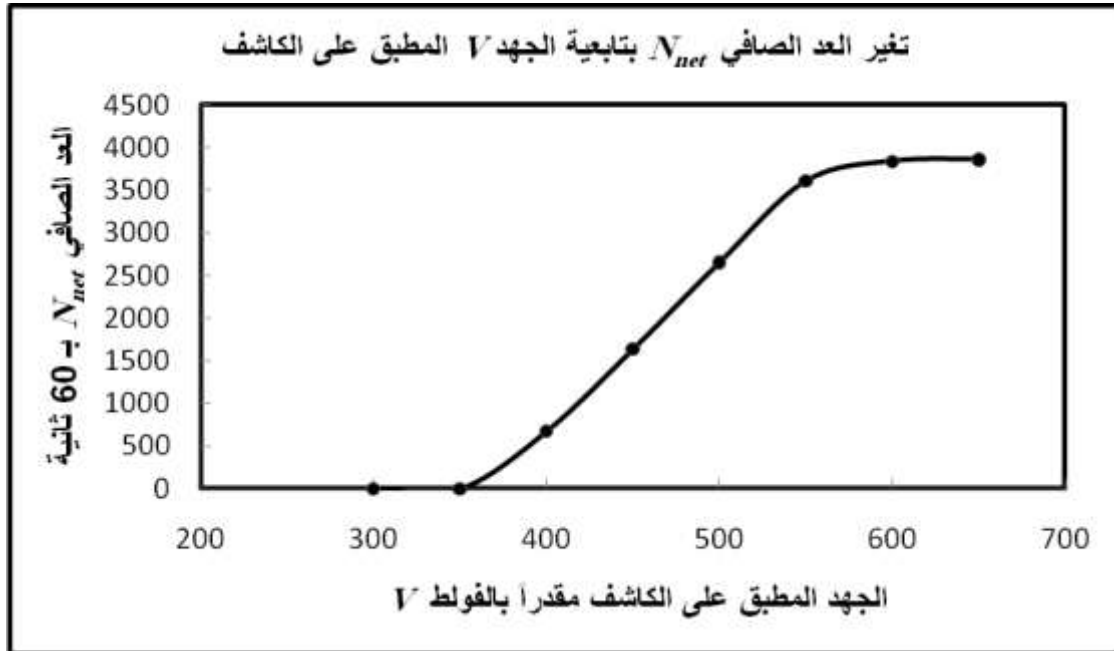
N_g^2/N_b	العدد الصافي $N_{net} = N_g + N_b$	N_b الخلفية بـ 60 ثانية	N_g العدد الإجمالي بـ 60 ثانية	الجهد المطبق V (Volts)
0	0	0	0	300
0	0	0	0	350
57	4	49	53	400
87107	10138	1575	11713	450
715928	45749	3370	49119	500
897944	59188	4520	63708	550
1122712	67739	4670	72409	600
1195457	70111	4679	74790	650
1193985	70718	4773	75491	700



الشكل (4): يُمثل تغير العدد الصافي N_{net} بتابعة الجهد المطبق V على الكاشف من أجل منبع لانقضي ^{137}Cs .

جدول (2): من أجل منبع لانتظي ^{137}Cs .

N_g^2/N_b	العد الصافي $N_{net} = N_g + N_b$	N_b الخلفية ب 60 ثانية	N_g العد الإجمالي ب 60 ثانية	الجهد المطبق V (Volts)
0	0	0	0	300
0	0	0	0	350
156	39	44	83	400
29180	2860	354	3214	450
82513	6323	577	6900	500
102890	7367	620	7987	550
105906	8304	779	9083	600
106021	8457	810	9267	650
104431	8526	840	9366	700



الشكل (5): يُمثل تغير العد الصافي N_{net} بتابعة الجهد المطبق V على الكاشف من أجل منبع لانتظي ^{40}K .

جدول (3): من أجل منبع لانقطي ^{40}K .

N_g^2/N_b	العدد الصافي $N_{net} = N_g + N_b$	N_b الخلفية بـ 60 ثانية	N_g العدد الإجمالي بـ 60 ثانية	الجهد المطبق V (Volts)
0	0	0	0	300
0	0	0	0	350
6988	675	82	757	400
11146	1636	356	1992	450
17091	2653	631	3284	500
26211	3608	712	4320	550
26749	3841	808	4649	600
26679	3861	822	4683	650

2- معايرة الطاقة:

تتم معايرة الطاقة باختيار الخط الطيفي للسيزيوم ^{137}Cs (بطاقة 662 keV متوضع عند القناة 212) المقابل للامتصاص الكلي، الشكل (6)، الخطين الطيفيين بطاقة 1173 keV و 1332 keV اللذين يقعان عند القناة 375 و 425 على التوالي، الشكل (7)، والنااتجين عن نظير الكوبالت ^{60}Co ، والخط الطيفي للبيوتاسيوم ^{40}K (بطاقة 1461 keV متوضع عند القناة 468)، الشكل (8)، انظر بالجدول (4). نرسم منحني المعايرة، أي نرسم تغيرات الطاقة بتابعة رقم القناة $E_\gamma = f(n)$ ، ومن ثم نستنتج مستقيم المعايرة الذي نحصل عليه، الشكل (9):

$$E_\gamma \approx 3,125 n$$

من هذه المعادلة نستنتج أن كل قناة تقابل 3,125 keV.

جدول (4): طاقة الخطوط الطيفية مع رقم القناة الموافق.

المنبع المشع	رقم القناة n	E_γ (keV)
	0	0
Cs - 137	212	662
Co - 60	375	1173
Co - 60	425	1332
K- 40	468	1461

قمنا باختيار المعادلة $E_\gamma \approx 3,125 n$ التي تم الحصول عليها على توزع كومبتون. حيث نعلم أنه عند التصادم غير المرن لفوتون مع إلكترون، فإن جزءاً من طاقة الفوتون ينتقل إلى الإلكترون ويتحول إلى طاقة حركية لهذا الإلكترون. بينما القسم المتبقي يبقى مع الفوتون المتبعثر، حيث هناك احتمال غير معدوم بأن يغادر هذا الفوتون البلورة من دون تفاعل. إذن، فقيمة الطاقة الممتصة E_s في الكاشف تتراوح ما بين (0 keV) (تبعثر مرن للفوتون)،

وقيمة عظمى (E_c) (تبعثر خلفي للفوتون)، حيث إن $E_c < E_\gamma$. إذن، الفوتونات الأولية (أو الأساسية) تُسجل في توزع كومبتون. إن قسماً كبيراً من الفوتونات المتبعثرة تُمتص من قبل بلورة الكاشف بآلية المفعول الكهروضوئي. في هذه الحالة، فإن الطاقة الممتصة E_s من قبل الكاشف تساوي E_γ . إذن، الفوتونات الأولية (أو الأساسية) تُسجل في طيف الامتصاص الكلي.

عند تبعثر فوتون بزاوية θ فإن تطبيق قانون انحفاظ الطاقة وكمية الحركة على الجملة المؤلفة من الفوتون والإلكترون يسمح لنا بحساب طاقة الإلكترون المقتلع من مداره E_e :

$$E_e = E_\gamma - E'_\gamma = \frac{E_\gamma^2(1 - \cos\theta)}{m_e c^2 + E_\gamma(1 - \cos\theta)}$$

أو:

$$E'_\gamma \cong \frac{E_\gamma}{1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2}(1 - \cos\theta)}$$

حيث E_γ طاقة الفوتون قبل التبعثر، E'_γ طاقة الفوتون المتبعثر، c سرعة الضوء، θ زاوية التبعثر، و m_e كتلة الإلكترون في حالة السكون، حيث إن $(m_e c^2 = 511 \text{ keV} = 0.511 \text{ MeV})$ على أن تُقدر الطاقة بالـ MeV .

عندما تكون زاوية تبعثر الفوتون تساوي إلى $\theta = 180^\circ$ (أي أن التصادم هو تصادم جبهي حيث يرتد الفوتون إلى الخلف مباشرة)، فطاقة الإلكترون تأخذ قيمة عظمى، علماً أن:

$$E_{e \text{ max}} = \frac{2 E_\gamma^2}{m_e c^2 + 2 E_\gamma} = E_\gamma \left(1 + \frac{m_e c^2}{2 E_\gamma} \right)^{-1}$$

بينما طاقة الفوتون المتبعثر تساوي:

$$E'_\gamma \cong \frac{E_\gamma}{1 + 4E_\gamma}$$

من أجل حافة كومبتون أو Compton edge لـ Cs-137 (طاقة الإلكترون المتبعثر)، نجد أن:

$$\text{Compton edge } E_C = E_\gamma - E'_\gamma(\theta = 180^\circ)$$

$$= 0.662 - \frac{0.662}{1 + 4 \times 0.662} = 0.480 \text{ MeV} = 480 \text{ keV}$$

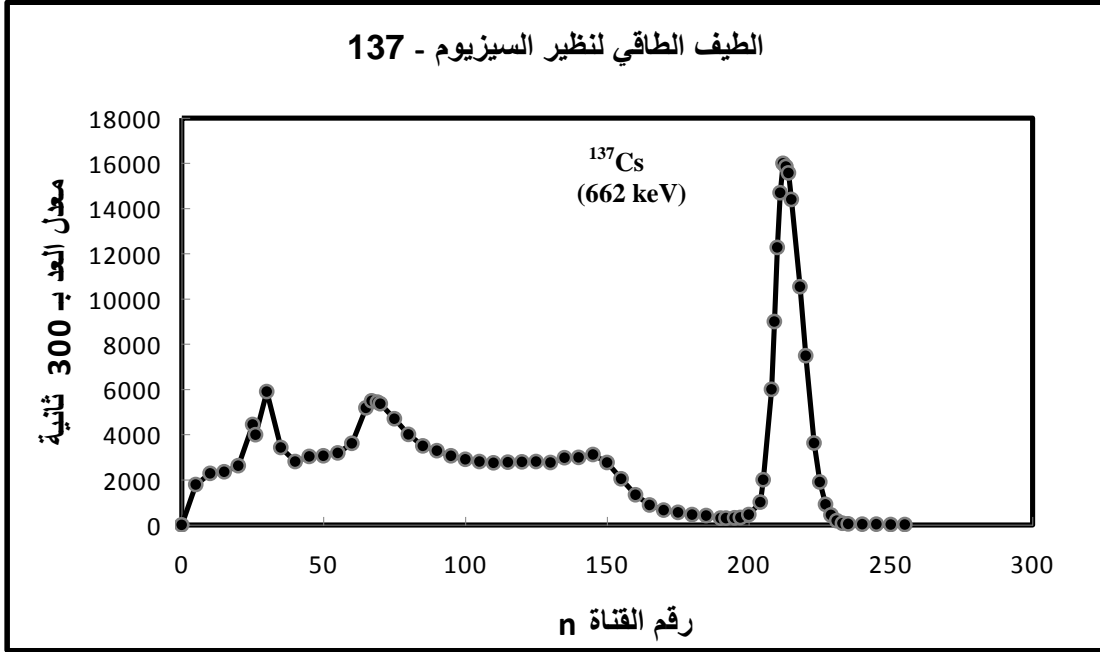
انطلاقاً من الطيف الطاقي تجريبياً نستنتج أن الخط الطيفي المقابل لـ E_C يقع تقريباً في القناة 152، أي أن

$$E_\gamma \approx 3,125 \times 152 \approx 475 \text{ keV}$$

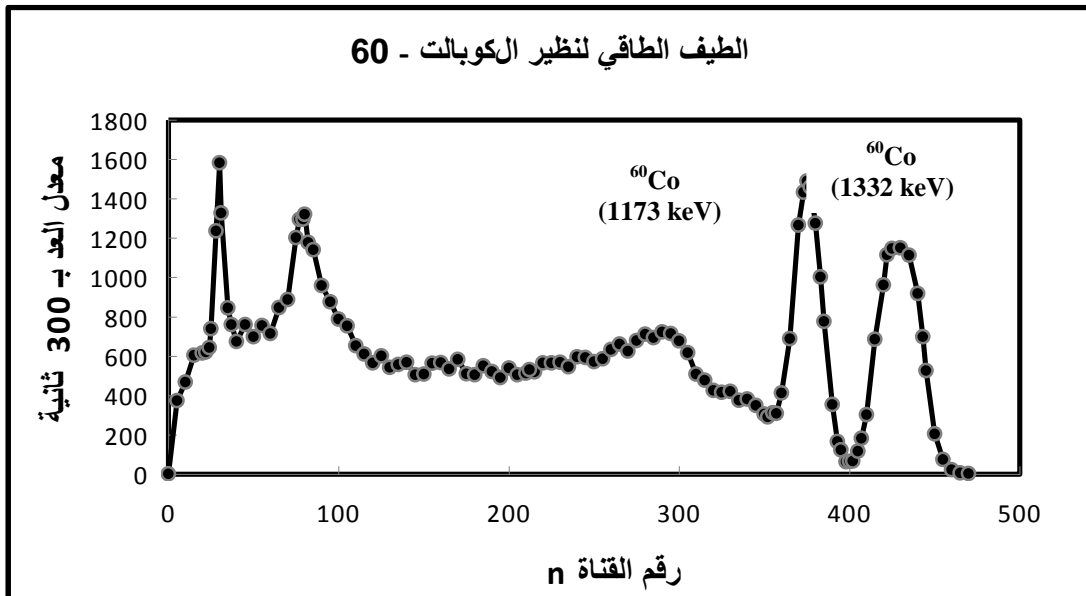
في أثناء مفعول كومبتون، هناك أيضاً فوتونات تتبعثر نحو الخلف E'_γ ، أي على الطيف الطاقي هناك خط طيفي يُطلق عليه Backscatter peak مرافق لهذا التبعثر الخلفي Backscattering. إن هذه الفوتونات تُمتص بالكاشف الوميضي. في حالة تبعثر كومبتون للـ Cs-137 فإن طاقة هذه الفوتونات المرتدة إلى الخلف (أو المتبعثرة نحو الخلف) تكون على الأقل مساوية إلى:

$$E_B = E'_\gamma(\theta = 180^\circ) \cong 0.181 \text{ MeV} \cong 181 \text{ keV}$$

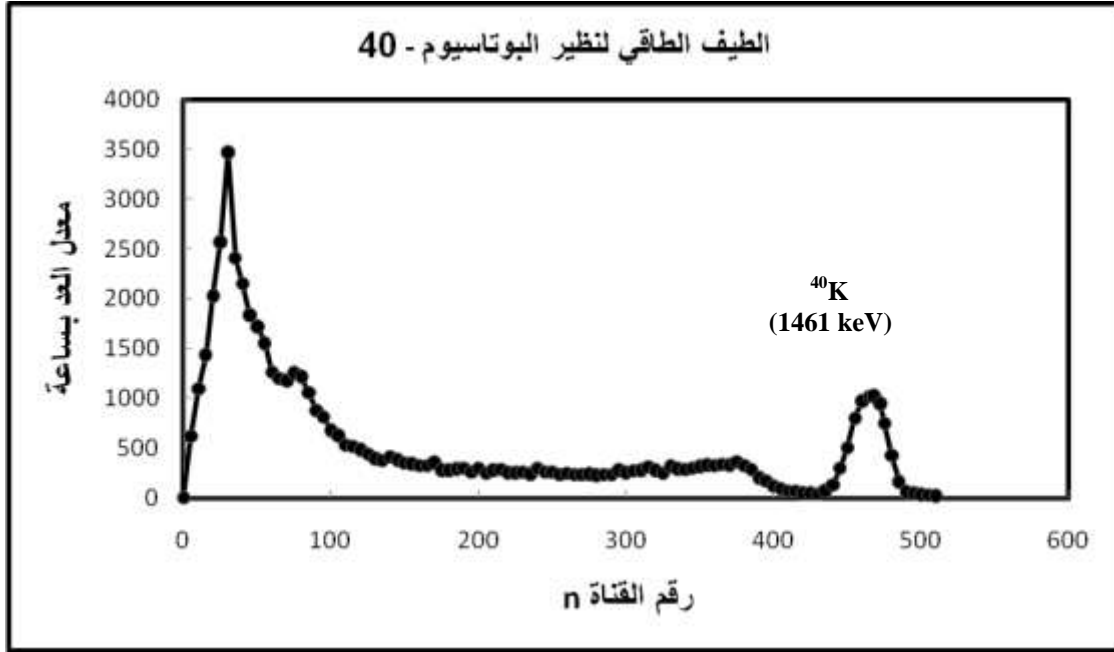
انطلاقاً من الطيف الطاقي تجريبياً نستنتج أن الخط الطيفي المقابل لـ E_B يقع تقريباً في القناة 58، أي أن $E'_\gamma \approx 3,125 \times 58 \approx 181 \text{ keV}$.
بمقارنة النتائج التجريبية والنظرية نجد أن التطابق جيد جداً. يدل هذا على دقة معادلة مستقيم المعايرة التي حصلنا عليها وصلاحتها.



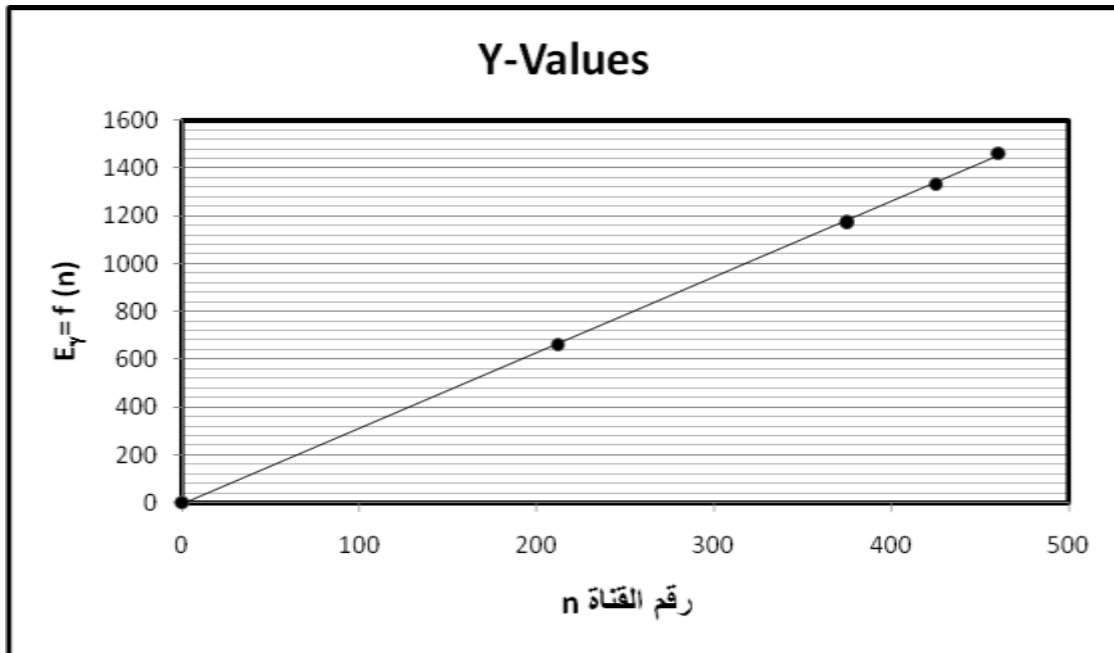
الشكل (6): يمثل الطيف الطاقي لنظير السيزيوم - 137 (منبع نقطي على بعد 5 سم من الكاشف)، الجهد المطبق 650 Volts والريح 1.5.



الشكل (7): يمثل الطيف الطاقي لنظير الكوبالت - 60 (منبع نقطي على بعد 5 سم من الكاشف)، الجهد المطبق 650 Volts والريح 1.5.



الشكل (8): يمثل الطيف الطاقي لنظير البوتاسيوم - 40 (منبع معياري)، الجهد المطبق 650 Volts والريغ 1.5.



الشكل (9): يمثل مستقيم معايرة الطاقة للكاشف.

3- حساب قدرة فصل الكاشف:

يقاس مقدار انحراف الطيف عن القيمة المتوسطة بعرض المنحني عند منتصف أعظم قيمة Full Width at Half Maximum، أو اختصاراً FWHM، وهذا المقدار نسميه مقدرة الفصل، لأنه يعبر عن أقل قيمة للطاقة تفصل بين ذروتين في الطيف. فلكي تكون الذروتان مفصولتين تماماً يجب أن تكون المسافة بينهما أكبر من المقدار أو مساوية له FWHM، ونعبر عن ذلك بالعلاقة التالية:

$$\frac{FWHM}{E_{\gamma}} = \frac{\Delta E}{E_{\gamma}} \times 100\% = \frac{\Delta n}{n} \times 100$$

كما هو موضح على الشكلين (6) و (7) فإن قدرة الفصل التي يتمتع بها الكاشف المستخدم للحصول على الطيف الطاقى تساوي:

من أجل منبع السيزيوم النقطي:

$$\frac{FWHM}{E_{\gamma}} = \frac{44}{662} \times 100\% \approx \frac{14}{212} \times 100\% \approx 6,6 \%$$

من أجل منبع الكوبالت:

$$\frac{FWHM}{E_{\gamma}} = \frac{62.5}{1173} \times 100\% \approx \frac{20}{375} \times 100\% \approx 5,3 \%$$

$$\frac{FWHM}{E_{\gamma}} = \frac{62.5}{1332} \times 100\% \approx \frac{20}{425} \times 100\% \approx 4,7 \%$$

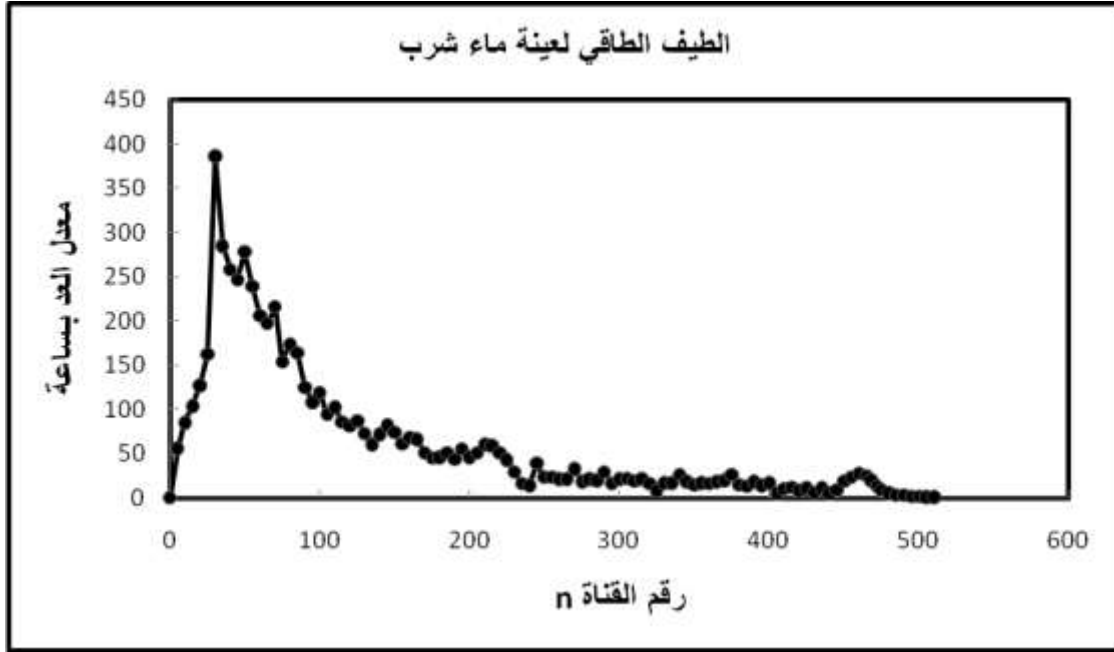
من أجل منبع البوتاسيوم:

$$\frac{FWHM}{E_{\gamma}} = \frac{62.5}{1461} \times 100\% \approx \frac{20}{468} \times 100\% \approx 4,3 \%$$

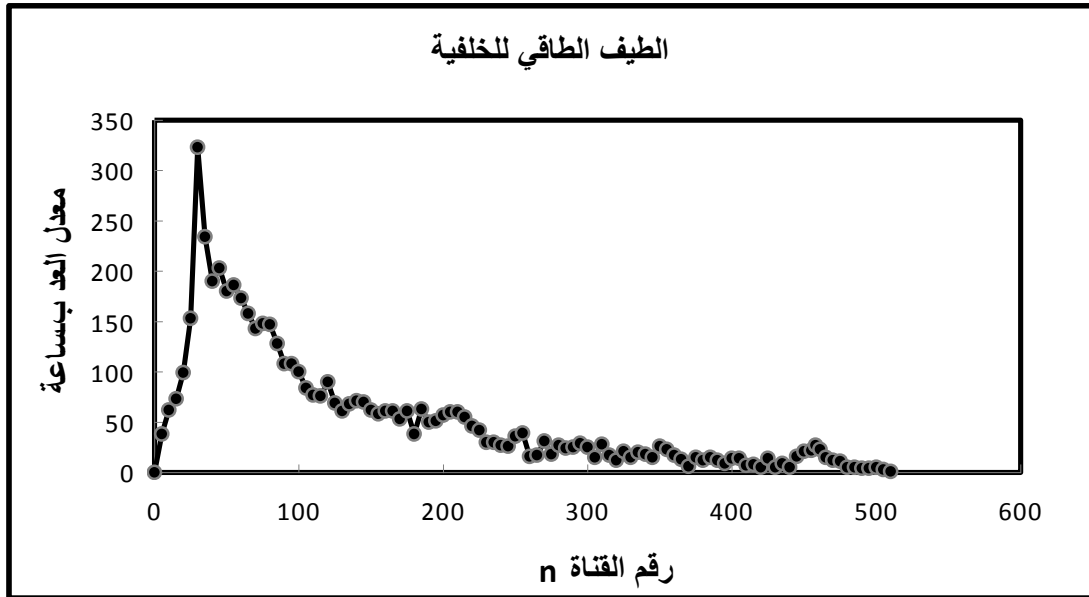
وهذه القيم متوافقة مع قدرة الفصل المعطاة للكاشف المدروس التي تقدر بأقل من (7,5 %)، حيث كلما كانت هذه القيمة أصغر كانت قدرة فصل الكاشف أكبر. وتجدر الإشارة هنا إلى أن قدرة فصل الكاشف تصبح أكبر من أجل الخطوط الطيفية ذات الطاقات المرتفعة: (4,3 %) من أجل الطاقة (1461 keV)، و (6,6 %) من أجل الطاقة (662 keV).

4- دراسة ظهور أثر الخلفية في عينة من ماء الشرب:

قمنا، اعتماداً على المعايرة السابقة، بتسجيل طيف عينة من ماء الشرب المستخدم في مدينة اللاذقية والمبين في الشكل (10). واعتماداً على مستقيم المعايرة (شكل 9) تمّ التعرف على ذروة البوتاسيوم-40 عند القناة 468 والموافقة للطاقة 1461 keV وعلى ذروة السيزيوم-137 عند القناة 212 والموافقة للطاقة 662 keV.



الشكل (10): يمثل الطيف الطاقى لعينة ماء الشرب المستخدم في مدينة اللاذقية، الجهد المطبق 650 Volts والريح 1.5.



الشكل (11): يمثل الطيف الطاقى للخلفية الناتج عن عبوة ميريتلي فارغة، الجهد المطبق 650 Volts والريح 1.5.

وللتأكد من أن الذروتين أعلاه ناتجتان عن ماء الشرب، قمنا بتسجيل الطيف الناتج عن عبوة ميريتلي فارغة والمبين بالشكل (11). إن الطيف السابق يمثل الخلفية التي تظهر في عينة ماء الشرب. ونلاحظ في طيف الخلفية وجود ذروتين توافقان البوتاسيوم-40 والسيزيوم-137. وللتحديد فيما إذا كانت عينة الماء تحوي على البوتاسيوم-40 والسيزيوم-137، فإننا نحسب المقدار N_S المعطى بالمعادلة:

$$N_S = N_T - N_B$$

حيث: N_T العد الكلي الموافق للذروة المأخوذة في طيف عينة الماء.
 N_B العد الكلي الموافق للذروة المأخوذة في طيف الخلفية.
 فإذا كان $N_S > 0$ فإن عينة الماء تحتوي على النظير المشع الموافق للذروة المدروسة. أما إذا كان $N_S < 0$ فإن عينة الماء لا تحتوي على النظير المشع المدروس.
 وبحساب N_S لذروتي البوتاسيوم-40 والسيزيوم-137 وجدنا أن $N_S < 0$ ، أي أن عينة ماء الشرب المدروسة لا تحتوي على نظيري البوتاسيوم-40 والسيزيوم-137 المشعين.

الاستنتاجات والتوصيات:

استناداً إلى هذا العمل التجريبي استطعنا أن نقيس أفضل القيم التجريبية الممكنة للجهد والريح لعمل العداد الوميضي الذي استخدمناه ونستنتجها. وجدنا أن الجهد المطبق يختلف من منبع لآخر: 650 فولط لنظير السيزيوم - 137 و 600 فولط لنظير البوتاسيوم - 40. نشير هنا إلى أن تأثير الريح في الخط الطيفي كان عبارة عن إزاحة الخط الطيفي نحو اليمين مع تعريض قاعدة الخط الطيفي حيث إن قيمة الريح 1.5 تعطي عرضاً لقاعدة الطيف بحدود 20 قناة، وهذا كافٍ في هذا العمل. استنتجنا أيضاً قدرة فصل الكاشف ووجدنا أنها تتراوح ما بين 6.6% لخط الطيفي (662 keV)، و 4.9% للخط الطيفي (1460 keV)، أي أن قدرة الفصل تكون أفضل من أجل الخطوط الطيفية ذات الطاقات المرتفعة. إن القيم التي حصلنا عليها لقدرة الفصل تتفق مع القيم المعطاة مع الكاشف وهي أصغر من 7.5%.

أوجدنا شكل منحنى معايرة الطاقة لهذا الكاشف، فوجد أن هذا المنحنى يأخذ شكل خط مستقيم معادلته:

$$E_\gamma \approx 3,125 n$$

وبدراسة ظهور أثر الخلفية في عينة من ماء الشرب لمدينة اللاذقية لم يُثبت وجود عناصر مشعة فيها. يُعتبر هذا العمل أساسياً لتشغيل العداد الوميضي، حيث يمكن التوصية بالاستعانة به لتشغيل أي عداد وميض آخر، وخاصة بالنسبة لنا لأننا سوف نستثمره لاحقاً لحساب النشاط الإشعاعي لعينات ضعيفة الإشعاع.

المراجع:

- [1] QUITTNER, P. Gamma Ray Spectroscopy, Halsted Press, New York, 1972.
- [2] H. L. Andrews, Radiation Biophysics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
- [3] ARENA, V.; Ionizing Radiation and Life, The C. V. Mosby Co., St. Louis, Montreal, 1971.
- [4] MANN, W.; GARFINKEL, S. Radioactivity and Its Measurement, Van Nostrand-Reinhold, New York, 1966.
- [5] LEDERER, C. M.; HOLLANDER, J. M.; PERLMAN, I. Table of the Isotopes, 6th ed., Wiley, New York, 1967.
- [6] 14th Scintillation and Semiconductor Counter Symposium, IEEE Trans. Nucl. Sci. Ns-22(1), 1975.
- [7] JABBOUR, J. et al. Measurement of the environmental radiation at the physics department of tishreen university. Tishreen University Journal, Vol (25), No (13) 2003.
- [8] JABBOUR, J. et al. Using a Compact Scintillation $NaI(Tl)$ Detector to Study the Environmental Radiation. ABHATH AL – Yarmouk : "basic Sciences and Engineering, Vol. 15, No. 2, 2006, 189-194.
- [9] JABBOUR, J. et al. Statistical study for the environmental radiation. Tishreen University Journal, Vol (31), No (3) 2009.
- [10] LLOPE, W. J. Calibration of the $NaI(Tl)$ detector set-up used to study natural stone countertops. Rice University, Houston TX 77005, May 18, 2008.
http://willope.rice.edu/saxumSubluceo/LLOPE_StoneRadRn.pdf.
- [11] TURNER, J. E., Atoms, Radiation, and Radiation Protection. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [12] KNOLL, G. F., Radiation Detection and Measurement. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- [13] Atomic and Nuclear Physics, Radioactivity, Detection of Radioactivity, Printed in the Federal Republic of Germany by Leybold Didactic GmbH, 2007.