

قدرة الفصل الزمنية المتعلقة بقياسات عمر

البوزيترون

إعداد الطالبة : قمر جنيد اشراف : أ.د عبد الهادي صوفان

قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة حمص - حمص - سورية

الملخص

يتضمن هذا البحث دراسة بعض بارمترات طيف عمر البوزيترون ومنها قدرة الفصل الزمنية FWHM وتتابع غاوص الأسيّة والرّياضيّة والتي لها أهميّة كبيرة في قياسات أزمنة الحوادث النّوويّة واستمرارها وخاصّة عمر البوزيترون بأنواعه المختلفة في العديد من المواد باستخدام برنامج scilab، وتمت دراسة العلاقة بين الانحراف المعياري σ وقدرة الفصل الزمنية FWHM لبعض المنظومات الطيفيّة المرجعيّة المختارة وتبيّن لنا أنها طردية، وقمنا بدراسة منظومة طيفيّة تستخدم محلل متعدد القوّات (32 ألف قناة) فتم إيجاد قدرة الفصل الزمنية في القناة الواحدة 50ps .

وشملت الدراسة قدرة الفصل الطاقيّة لمجموعة من النّظائر المشعّة ^{137}Cs , ^{22}Na , ^{60}Co , ^{56}Mn وتبين لنا أنها تعتمد على النّظير المشع حيث وجدنا أن أفضل قدرة فصل مئوية كانت 9.32% للكوبالت ^{60}Co .

وعند تحليل نظير الكوبالت ^{60}Co باستخدام برنامج scilab تم حساب قدرة الفصل المئوية للقمة الطيفية الأولى وكانت تساوي 10.18% ، و بدراسة قدرة الفصل الزمنية لنظير الصوديوم ^{22}Na تم الوصول إلى قدرة الفصل المئوية لأنشعة غاما المستخدمة في الفناء وكانت تساوي 9.68% .

الكلمات المفتاحية : قدرة فصل زمنية - مونتي كارلو - نظائر مشعة.

The Time Resolution Power Related to positron lifetime measurements

Physic Department – Science College – Homs University –Homs – Syria

Abstract

This research includes a study several parameters of the positron lifetime spectrum ,including the time resolution power FWHM and the Gaussian exponential ,mathematical functions , these parameters are of great importance in measuring the timing and duration of nuclear events , particularly the lifetime of various positron types in numerous materials, using scilab software, this study investigated the relationship between the standard deviation σ and the time resolution power FWHM selected reference spectroscopic systems findings revealed a proportional relationship between them. Furthermore, we investigated a spectroscopic system utilizing a multichannel analyzer (32,000 channels), it was found that the time resolution power in a single channel to be 50ps , study included the energy resolution power for a set of radioactive isotopes ^{60}Co , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{56}Mn and findings demonstrated that it depends on the specific radioactive isotopes where found that the best percentage resolution was 9.32% for cobalt ^{60}Co . When analyzing the cobalt isotopes ^{60}Co using the scilab program, was calculated that the percentage resolution power for the first spectral peak and it was equal to 10.18%. by studying the time resolution power for sodium isotope ^{22}Na , the percentage resolution power of the gamma rays used in annihilation was achieved with a value of 9.68%.

Keywords: Time resolution power - Monte Carlo- Radioactive isotopes.

1- مقدمة نظرية :

تُعد قدرة الفصل الزمني إحدى المعايير الأساسية لتقدير كفاءة المنظومة الطيفية المستخدمة في قياس الأحداث الزمنية ، ويتم تحديد هذه القدرة من خلال قياس عرض القمة عند منتصف المنحنى (Full Width at Half Maximum- FWHM) ، حيث يعكس هذا المؤشر مدى قدرة المنظومة على التمييز بين إشارتين أو حدين متقاربين زمنياً ، وكلما انخفضت قيمة FWHM ، ازدادت قدرة المنظومة على الفصل الزمني، مما يجعل هذا المعيار المفتاح الأساسي في حدود أداء المنظومة واستقرارها في التطبيقات الزمنية عالية الدقة منها :

أ- مطيافية عمر البوزيترون (PALS): تستخدم لدراسة العيوب البلورية والفراغات في المواد حيث كلما قلت FWHM زادت القدرة على فصل المكونات المختلفة في المجال الزمني (مثل الفصل بين τ_1 و τ_2).

ب- التصوير الطبي (مثل PET - التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني) : تحدد بدقة موقع الأورام أو التشوّهات ، منظومة PET ذات أقل FWHM توفر صوراً أوضح.

ج- فيزياء الجسيمات : تقيس زمن تفكك في الجسيمات قصيرة العمر .
ومن ضمن أهداف دراسة قدرة الفصل:

1- تحسين قياسات قدرة الفصل : اي تحديد الحدود الفيزيائية للمنظومة الطيفية (مثلًا : ما هو أصغر فارق زمني يمكن قياسه).

2- مقارنة أداء الاجهزه: مثل مقارنة كواشف ال γ (LaBr_3 vs NaI) بناءً على قيم FWHM .

3- تحليل البيانات بدقة : في منظومات PALS تساعد FWHM على فصل الإشارات المرتبطة بالعيوب الصغيرة والكبيرة في المادة .

4- تصميم منظومات طيفية مستقبلية : اي تطوير كواشف وإلكترونيات ذات زمن استجابة أسرع لتحقيق أفضل قيمة لقدرة فصل.

العوامل المؤثرة على قدرة الفصل:

1-أداء الكواشف (Detectors) : المواد المستخدمة (مثل BaF_2 سريع الاستجابة مقارنة ب NaI) .

2-الإلكترونيات (Electronics) : مثل قدرة فصل مبدلات الزمن (Digital - to - Converters – TDCs Time .

3-التوهين في العينة (sample Attenuation) : في التصوير الطبي قد تسبب العينات الكثيفة تدهوراً في تحديد قدرة فصل بدقة .

بشكل عام ، تعتبر قدرة الفصل (FWHM) أداة هامة في تحليل العناصر المشعة مثل الكوبالت والصوديوم [1] و يعبر قدرة تحليل الكاشف Resolution عن قدرة الكاشف على الفصل بين قيمتين للطاقة ، وتقاس بقيمة Full Width at Half (FWHM) للقمة التي تعبر عن أشعة غاما الصادرة عن منبع (^{60}Co) عند طاقة (Maximum) ولتحديدها نضع منبع عياري (^{60}Co) على بعد (25mm) من الكاشف بحيث يعطي معدل عدم يقل عن (1000 c/s) عند الطاقة (1.3MeV) ثم نحسب قيمة FWHM بوحدة (KeV) عند تلك القمة [2]

قياسات عمر البوزيترون (PALS) هي تقنية تستخدم لدراسة البنية المجهرية للمواد كما تعتمد تقنية PALS على قياس الزمن بين حقن البوزيترون في المادة واكتشاف أشعة غاما الناتجة عن الفناء حيث تكون مطيافية البوزيترون من : منبع البوزيترونات مثل ^{22}Na وكاشفات أشعة غاما ووحدات إلكترونية مثل وحدات التوقيت والمطابقة ومبدلات الوقت إلى سعة (TAC) لتحليل البيانات [3] التحديات في تحسين قدرة الفصل الزمنية :

1- زمن استجابة الكواشف : يجب أن تكون الكواشف المستخدمة في PALS سريعة الاستجابة لتسجيل الأحداث في نطاق البيكو ثانية [5,4]

2- التشويش (Noise) : التشويش في المنظومة يمكن أن يقلل من جودة قدرة الفصل الزمنية ويؤثر على دقة القياسات [6]

3- تقنيات المعالجة : استخدام خوارزميات معالجة الإشارات يمكن أن يحسن من قدرة الفصل الزمنية [7]

طرق تحسين قدرة الفصل الزمنية في PALS

1- تحسين تصميم الكواشف :استخدام كواشف سريعة الاستجابة مثل كواشف الوميض .LaBr₃ Scintillation Detectors)

2- تقليل التشويش :استخدام تقنيات تصفية الاشارات وتصميم دوائر إلكترونية ذات تشويش منخفض .

3- استخدام خوارزميات معالجة الإشارات :مثل تحويل فورييه السريع (FET) لتحليل الإشارات بسرعة .

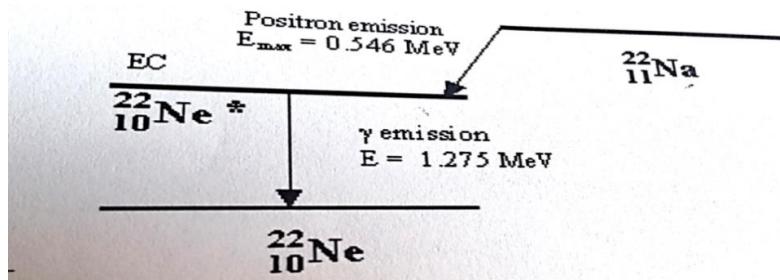
تعتبر قدرة الفصل الزمنية جزء من مطيافية عمر البوزيترون التي تستخدم في دراسة بنية المادة وتحسين خصائصها و التي تشغل تفكير العديد من الباحثين والمهتمين في مجال دراسة بنية الالكترونية والجزئية للمادة حيث لا يزال هناك صعوبات كبيرة تواجه العلماء للحصول على قدرة فصل صغيرة وفي هذا البحث سوف نسلط الضوء على هذا المفهوم نظراً لأهميته في تحليل الطيف للحصول على النتائج التي تبحث عنها و إهمال النتائج الأخرى .

١-١- مخططات تفكك النظائر المشعة :

نورد في الشكل (1) مخطط النظير المشع ^{22}Na الذي يستخدم في تقانة عمر البوزيترون والذي درسنا فيه قدرة الفصل الزمنية

يظهر لدينا من الشكل مخطط تفكك صوديوم ^{22}Na ذات عمر نصف مقداره (2.603 year)

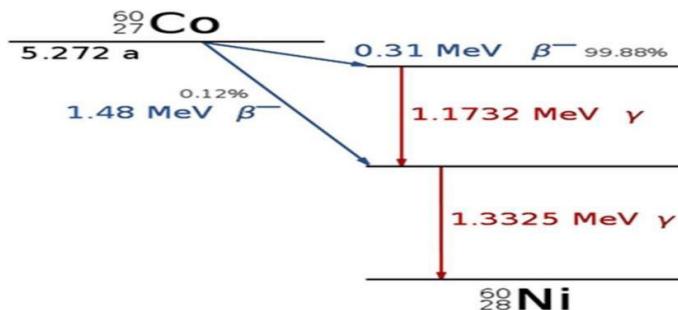
ومصدراً بوزيترونات ذات الطاقة (0.546 MeV) ومصدر أشعة غاما الآتية بطاقة مقدارها (1.265 MeV) ومن ثم يعود إلى حالة استقرار ويستخدم هذا النظير المشع بدراسة عمر البوزيترون .



الشكل (1)

يظهر في الشكل (2) مخطط تفكك الكوبالت ^{60}Co يمتاز بعمر نصف مقداره (5.272 year) وبصدر أشعة غاما بطاقيتين مقدارهما (1.1732 MeV) و (1.3325 MeV)

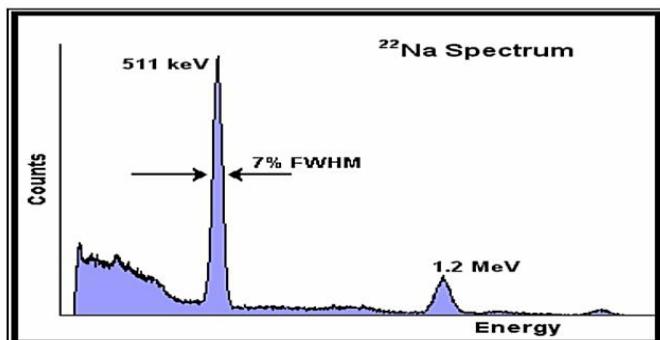
ومن ثم يعود إلى حالة الاستقرار والذي يستخدم هذا النظير المشع في المعايرة .



الشكل (2)

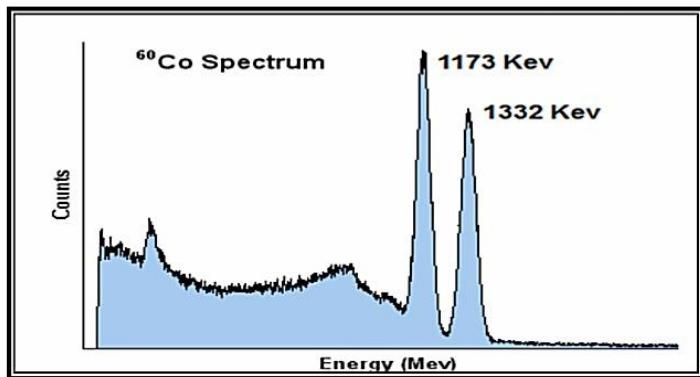
1-2- رسوم البيانية للنظائر المشعة :

طيف النظير المشع ^{22}Na : يظهر في الشكل (3) رسم البياني لطيف نظير المشع الصوديوم ^{22}Na له قمة قدرة الفصل الطاقية لفناء البوزيترون عند(511KeV) و $\text{FWHM}=7\%$ هذه القيمة تعبر عن قدرة الفصل الطاقية للكاشف والتي تقوم بفصل القمم المتقاربة ونلاحظ قمة قدرة الفصل الطاقية لأشعة غاما عند (1.2MeV) .



الشكل (3)

طيف النظير المشع ^{60}Co : في الشكل (4) يظهر فيه قمتين طاقيتين لطيف الكوبالت ^{60}Co (1173KeV و 1332KeV) ونلاحظ عدم اندماج القمتين رغم تقاربهما في الطاقة ويكون الفصل واضح لأن الكاشف يمتلك قدرة فصل جيدة تكفي لتمييزهما .



الشكل (4)

١-٣-تابع غاوص الرياضي:

إن الطيف النظري البوزيتروني يكون مؤلف من مجموعة طيف و كل طيف يمثل بارمتر أو أكثر وهذه البارميترات عادة ما تكون ملتفة فيما بينها (مدمجة convolyted) وفق العلاقة الآتية :

$$C_{\text{dis}} = \frac{1}{\tau} \exp \left(-\frac{t}{\tau} \right) \quad (1)$$

تعتمد هذه المركبة على بارامترتين هما ا احتمال المركبة و τ عمر البوزيترون .

تُعطى المركبة المدمجة للطيف C_{con} بالعلاقة :

$$C_{\text{con}} = \int_0^{\infty} \ln(\lambda) d\lambda I \lambda \exp(-\lambda t) \quad (2)$$

ت تكون هذه المركبة من تكامل المنحنيات مع التوزيع اللوغاريتمي العادي الموضح

$$\begin{aligned} \ln(\lambda) d\lambda &= \text{بالعلاقة التالية :} \\ (2\pi)^{-\frac{1}{2}} \sigma^{-1} \exp\{-[\ln(\lambda) - \ln(1/\tau_0)]^2/(2\sigma^2)\} \lambda^{-1} d\lambda &\quad (3) \end{aligned}$$

المركبة المستمرة للطيف تعتمد على ثلاثة بارميترات نموذجية هي : τ احتمال مساهمة (المركبة) و τ متوسط العمر الزمني للبوزيترون و σ الانحراف المعياري عن متوسط العمر و λ معدل فناء البوزيترون والمعرفة بالعلاقات التالية :

$$\tau = \int_0^{\infty} \ln(\lambda) d\lambda \lambda^{-1} = \tau_0 \exp\left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (4)$$

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} \ln(\lambda) d\lambda (\lambda^{-1} - \tau)^2 = \tau_0 [\exp(\sigma^2) - 1] \quad (5)$$

يمكن استخدام نموذجين لتتابع قدرة الفصل الزمنية لتقريب الشكل الحقيقي لهذا التابع ، النموذج الأول هو مجموع تابع غاوص ، في هذه الحالة يتم التعبير عن الحل R بمجموع ثلاثة حدود :

$$R = f_0 G(t; FWHM_0, 0) + f_1 G(t; FWHM_1, \Delta_1) + f_2 G(t; FWHM_2, \Delta_2) \quad (6)$$

حيث ($G(t; FWHM_2, \Delta)$ هو تابع غاوص الزمني يتركز في Δ و $FWHM$ (Full Width at Half Maximum) العرض الكامل عند منتصف القيمة العظمى (ويدل على قدرة الفصل الزمنية) f_i العامل النسبي للحد رقم i

النموذج الثاني لتابع الحل هو تابع غاوصي الأسني Exponential sided (ESG) وهو تابع رياضي يمثل اندماج (التفاف) function Gaussian تابعين أسينيين يمكننا من خلاله تقريب تابع قدرة الفصل الزمني :

$$R = G(FWHM) \otimes \exp(-t/\tau_l) \otimes \exp(-t/\tau_r) \quad (7)$$

حيث τ_l ، τ_r تشير إلى بعض الثوابت تسمى τ يسار و τ يمين على الترتيب كما هو موضح في الشكل (1) ، والرمز \otimes يشير إلى الجداء المباشر للتتابع الأسني الملنفة :

من أجل تابع غاوص الأول تأخذ العلاقة (1) في المادة تحوي مركبة واحدة الشكل التالي:

$$C(t) = \exp\left(\frac{-t}{\tau_b}\right)$$

حيث τ_b عمر البوزيترون عندما يحوي الطيف تابع غاوص وحيد [3]

من أجل تابع غاوص وحيد $C(t)$ مركزي عند t_0 (الזמן عند ذروة التابع الغاوصي) :

$$C(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{\pi}} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t - t_0}{\sigma}\right)^2\right] \quad (8)$$

ويمكن أن نعبر عن العرض الكامل عند ذروة التابع الغاوصي $FWHM$ بالعلاقة :

$$FWHM = 2\sigma\sqrt{2\ln 2} \quad (9)$$

حيث : σ الانحراف المعياري كما ذكرنا سابقاً

1-4- قدرة الفصل الطاقية : تم دراسة قدرة الفصل الطاقية للعديد من النظائر المشعة من خلال المعادلة الآتية :

$$R = \frac{\delta E}{E} * 100$$

حيث R : قدرة الفصل المؤدية . : δE عرض الطaci. E : الطاقة.

Source	H_0 (channel)	FWHM	E(KeV)	R(%)
^{56}Mn	1885	293.98	834	15.95
^{137}Cs	1517	241.81	661.64	15.94
	1153	167.53	511	14.53
^{22}Na	2942	284.82	1274.5	9.68
	2712	276.12	1173.2	10.18
^{60}Co	3084	287.64	1332.5	9.32

الجدول (1)

وبالاستعانة من الجدول (1) المرجعي [8] :

تم حساب قدرة الفصل طاقياً لنظير ^{56}Mn بإستخدام العلاقة السابقة :

$$R(\%) = \frac{293.98}{1885} * 100 = 15.59$$

وهي قريبة من القيمة المرجعية والتي تساوي 15.95

$\Delta R = 0.053\%$ والخطأ المركب لحساب قدرة الفصل

ويحساب قدرة الفصل لنظير ^{22}Na :

$$R(\%) = \frac{284.82}{2942} * 100 = 9.68$$

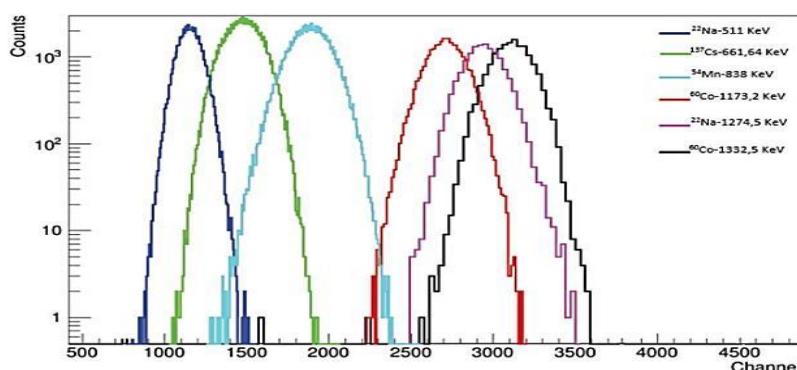
$$\Delta R = 0.034\%$$

و قدرة الفصل لنظير ^{60}Co :

$$R(\%) = \frac{287.64}{3084} * 100 = 9.32$$

$$\Delta R = 0.032\%$$

يبين لنا الشكل (5) القمم الطاقية المنبعثة عن النظائر المشعة.



الشكل (5)

2- هدف البحث : تحليل طيف أشعة غاما المتعلقة بقياسات عمر البوزيترون للحصول على المعطيات التي يحتويها هذا الطيف مثل قدرة الفصل للكوبالت ^{60}Co والصوديوم $.^{22}\text{Na}$.

3- مواد وطرق البحث :

3- البرامج المستخدمة في دراسة الفناء البوزيتروني:

Programs Used in Positron Annihilation Studying

: PALSfit برنامج

PALSfit Program

هو برنامج حاسوبي يستخدم لتحليل أطياف عمر البوزيترون والتتابع المتعلقة بها. وهو من البرامج العالمية التي تُستخدم على نطاق واسع من قبل الباحثين في هذا المجال. يتكون البرنامج من وحدتين ؛ وحدة خاصة بقدرة الفصل الزمنية ResolutionFit والثانية خاصة بعمر البوزيترون . PositronFit والبرنامج موجود في قسم الفيزياء في كلية العلوم بجامعة حمص .

: Scilab برنامج

Scilab Program

برنامج SCILAB للحساب الرقمي مهمته المحاكاة والنماذج، ويتميز بأنه يتعامل مع كل العمليات الحسابية على أنها مصفوفات، ويتميز بقدرة كبيرة على رسم الخطوط البيانية وتحليلها وتركيبها ودمجها وهو نسخة مطورة تجمع بين برامج عديدة. كما يحتوي SCILAB على مئات الدوال الرياضية، مما يجعلنا نحصل من خلاله على نتائج أكثر دقة من البرامج الحاسوبية الأخرى.

: Monte carlo برنامج

يستخدم هذا البرنامج على نطاق واسع في مجالات مثل الفيزياء النووية ، الهندسة والاقتصاد ، الفكرة الأساسية هي توليد عدد كبير من النتائج (محاكاة) واستخدامها لتقدير الخصائص الإحصائية ووسيلة لمحاكاة سلوك (مثل كاشف أشعة غاما) وتقدير

دقته في فصل الإشارات ، تعتبر طريقة مونتي كارلو في تحليل الأطيف جسر بين النظري والتجربة و تسمح ب : توقع الأطيف قبل التجربة وفهم تأثير العوامل المختلفة، من تحديات طريقة مونتي كارلو :

- 1- الوقت الحسابي : يتطلب عدداً كبيراً من الأحداث للحصول على نتائج دقيقة.
- 2- تعقيد النموذجة : قد يتطلب النموذج الرياضي معادلات معقدة لوصف المنظومة بدقة [9].

4- النتائج التجريبية :

4-1- العلاقة بين قدرة الفصل الزمنية FWHM والانحراف المعياري σ :

تم استخدام برنامج scilab لدراسة قدرة الفصل الزمنية والذي له شكل التابع غاوشي (Gaussian Function) هذا النموذج يستخدم عادةً لتمثيل قدرة الفصل الزمنية في تقنيات مثل PALS (مطيافية عمر البوزيترون) و في هذه الاطار تم دراسة ما يلي:

1- قمنا بتحديد الانحراف المعياري في المنحني الغاوسي : قسنا عرض المنحني عند نصف قيمته العظمى مما يعطى فكرة عن مدى تمركز أو انتشار الإشارة حول القيمة المتوسطة وتبين لنا أنه كلما زاد FWHM زاد الانحراف المعياري والعكس صحيح.

حسبنا الانحراف المعياري σ من خلال العلاقة التالية :

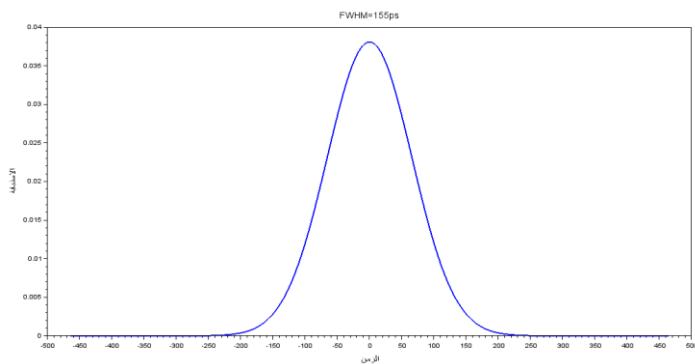
$$\sigma = \frac{\text{FWHM}}{2.355}$$

2- قمنا بحساب نصف القيمة العظمى (half_max): أوجدنا half_max والتي تمثل النقطة التي يكون عندها المنحني قد انخفض إلى نصف قيمته العظمى.

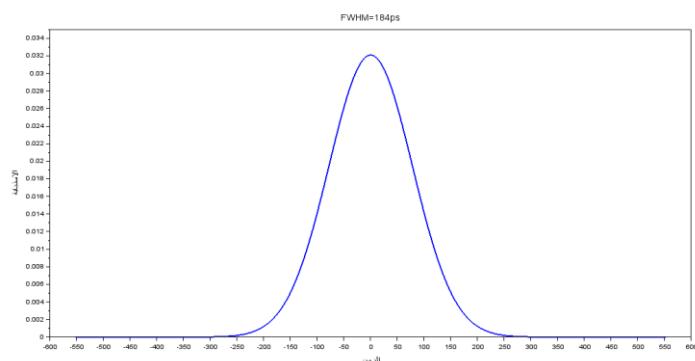
رسم الطيف : قمنا برسم طيف FWHM بالاعتماد على بعض القيم المرجعية [10,11,12] وذلك يظهر في الأشكال (6) و(7) و(8) وتوصلنا للنتائج في الجدول :

sigma	half_max	maxG	FWHM
65.817410	0.0190404	0.0380807	155
78.131635	0.0160394	0.0320789	184
93.418259	0.0134148	0.0268296	220

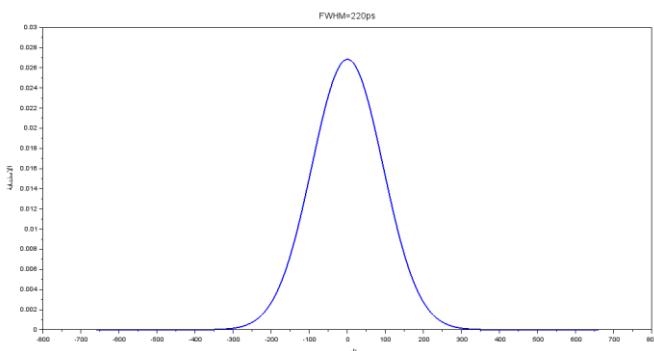
(2) الجدول



(6) الشكل



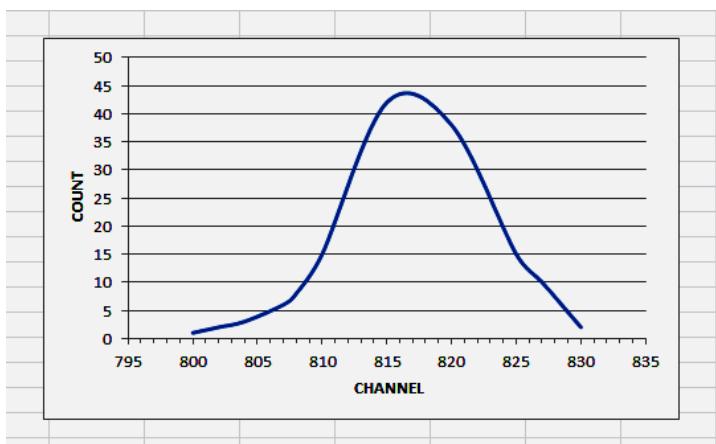
(7) الشكل



الشكل (8)

4-2- حساب قدرة الفصل الزمنية في قناة واحدة:

تم حساب قدرة الفصل الزمنية لمحلل متعددة الأقنية MCA يحتوي على 32 ألف قناة وذلك باستخدام نظام المطابقة والنظير المشع ^{60}Co فحصلنا على الطيف الذي يظهر في الشكل (9) :



الشكل (9)

ثم حسبنا قدرة الفصل الزمنية في القناة الواحدة وتبين لنا أنها تساوي 50ps وهي قريبة من القيمة المرجعية والتي تساوي [1] 40ps

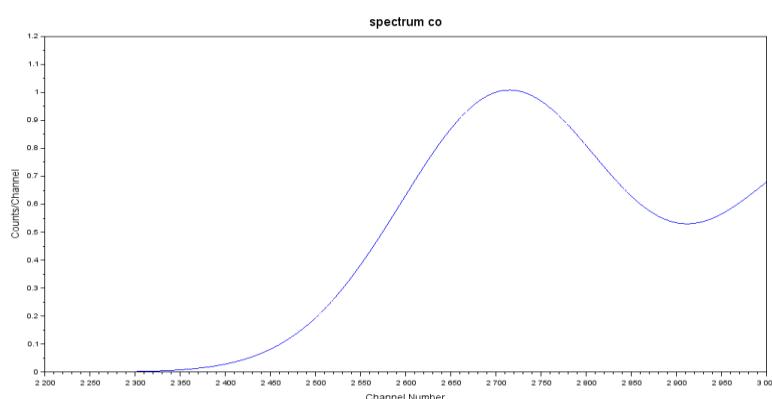
4-3- حساب قدرة الفصل الطاقية بإستخدام برنامج scilab للكوبالت ^{60}Co والصوديوم ^{22}Na :

قمنا بتحليل طيف أشعة غاما للنظيرين المشعدين ^{60}Co والذي يمتاز بقمتين طاقيتين 1173KeV و ^{22}Na 1332 KeV والذي له قمة طاقية واحدة لغاما فأوجدنا الانحراف المعياري وقدرة الفصل الطاقية ونصف القيمة العظمى للقمم وذلك باستخدام قيم مرجعية من الجدول (1) ومن ثم رسمنا طيف ^{60}Co و ^{22}Na في الأشكال (10) و (11) على التوالي .

طيف كوبالت ^{60}Co :

energy_resolution_peak	الانحراف المعياري (σ)	half_max	FWHM	$H_0(\text{channel})$	القمم
10.18	117.25737	0.4999999	276.12	2712	القمة الأولى
9.32	122.14946	0.3947114	287.64	3048	القمة الثانية

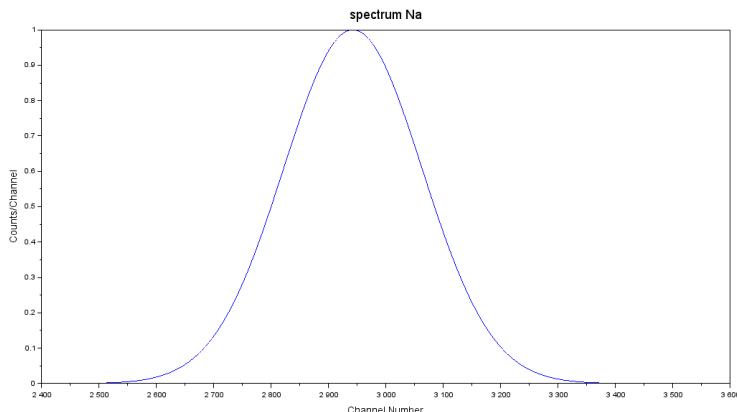
الجدول (3)



طيف الصوديوم ^{22}Na :
الشكل (10)

half_max	energy_resolution_peak	sigma	FWHM	$H_0(\text{channel})$
0.4999998	9.6811693	120.94268	284.82	2942

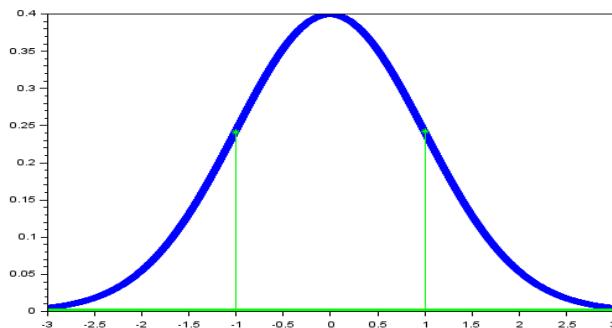
الجدول (4)



الشكل (11)

4-4- تحليـل طيف افتراضي بـاستخدام طـريـقة مـونـتـي كـارـلو :

استخدمنا مونتي كارلو برمجياً بواسطة برنامج scilab فحصلنا على الطيف في الأشكال (12) و (13) :



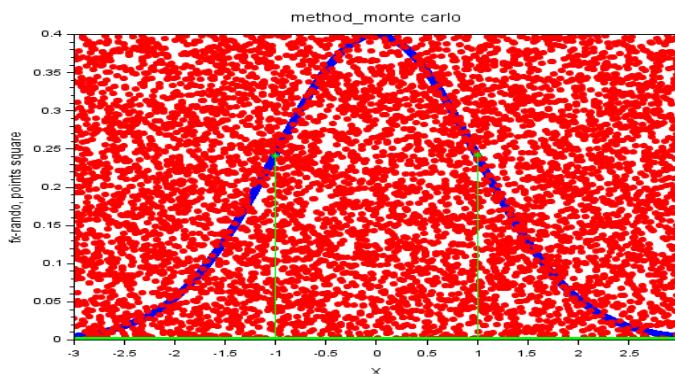
الشكل (12)

قمنا بحسب يدوياً قيمة FWHM من الرسم حيث العرض

$2 - (-1) = 2$ والطول قيمته

$$\text{FWHM} = 2 * 0.2419707$$

$$= 0.4839414$$



الشكل (13)

ف قمنا بإيجاد أصغر قدرة فصل برمجياً قيمتها

$\text{FWHM} = 0.4839414$ من خلال توليد طيف افتراضي بطريقة مونتي كارلو في الحالة المثالية .

4-5-العلاقة بين العد (count) و قدرة الفصل الزمنية (FWHM) :

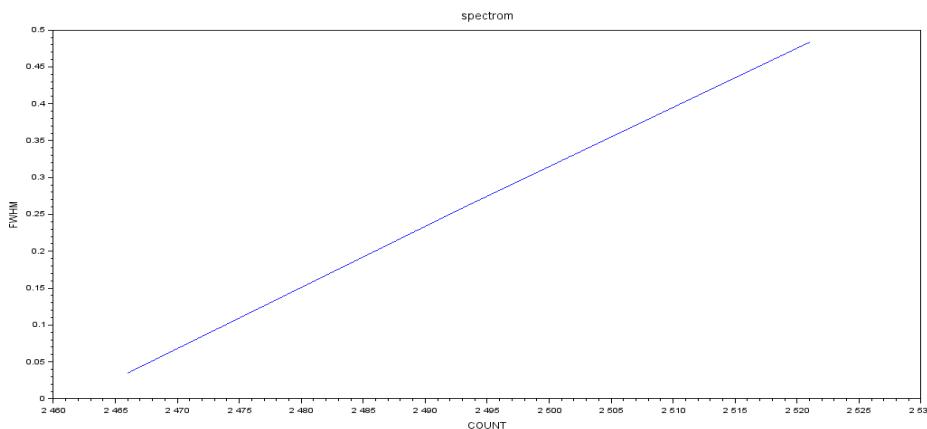
قمنا باستخدام طريقة مونتي كارلو في برنامج scilab حيث قمنا بتعديل المدخلات فظهرت لدينا النتائج في الجدول(5) ومن أهمها قدرة الفصل الزمنية :

Internal Minus square	FWHM	Total Integeral	Square size	percentage	Total points	Undercurve (count)	المدخلات بداية:a المجال :نهاية:b المجال
0.5222760	0.4834575	1.0057335	2.3936537	0.4201667	6000	2521	a=-3 b=3
0.7359163	0.2586468	0.9945631	2.7925960	0.3561429	7000	2493	a=-3.5 b=3.5
0.9023557	0.1077661	1.0101219	3.1915382	0.3165	8000	2532	a=-4 b=4
0.9488226	0.0349691	0.9837917	3.5904805	0.274	9000	2466	a=-4.5 b=4.5
0.9701672	0.0088371	0.9790044	3.9894228	0.2454	10000	2454	a=-5 b=5
1.0167604	0.0017393	1.0184996	4.3883651	0.2320909	1100	2553	a=-5.5 b=5.5
0.994828	0.0002666	0.997494	4.7873074	0.2088333	1200	2506	a=-6 b=6
0.9825919	0.0000030	0.9825948	5.5851919	0.1759286	1400	2463	a=-7 b=7

الجدول (5)

نستنتج من الجدول (5) أن قدرة الفصل المثالية هي $\text{FWHM}=0.0088371$ وأنه كلما زاد معدل العد COUNT تزداد قدرة الفصل FWHM.

قمنا برسم بياني باستخدام scilab بين الـ COUNT و الـ FWHM فظهر لدينا المنحني الموضح في الشكل (14) :



الشكل (14)

5- الاستنتاجات والتوصيات:

5-1- الاستنتاجات :

1- قمنا بدراسة العلاقة ما بين الانحراف المعياري σ وقدرة الفصل الزمنية FWHM من أجل عدة منظومات طيفية وتبين لنا أن الانحراف المعياري يزداد بزيادة قدرة الفصل الزمنية .

2- قمنا بدراسة قدرة الفصل الزمنية في القناة الواحدة لمنظومة طيفية تستخدم محل متعدد الأقنية يحتوي على 32 ألف قناة وتبين لنا أنها تساوي 50ps في القناة الواحدة

وهذا يتوافق مع متطلبات الاجهزة الحديثة حيث تتراوح قدرة الفصل الزمنية في القناة الواحدة حوالي . 40ps

3- بدراسة العلاقة بين قدرة الفصل المئوية R و $FWHM$ للعديد من النظائر المشعة مثل ^{60}Co ، ^{22}Na ، ^{56}Mn ، ^{137}Cs وتبين لنا أن قدرة الفصل المئوية R تكون مثالية من أجل ^{60}Co وبلغت قيمتها 9.32% والذي يستخدم في معايرة منظومة عمر البوزيترون الطيفية .

4- وجدنا عند تحليل طيف الكوبالت ^{60}Co باستخدام برنامج scilab من أجل قيمة الطيفية الأولى والتي طاقتها تساوي 1173.2 KeV كانت قدرة الفصل المئوية لها . $R=10.18\%$

5- تم تحليل طيف الصوديوم ^{22}Na وتبين لنا أن قدرة الفصل المئوية لأشعة غاما كانت $R=9.68\%$ عند طاقة 1274.5 KeV .

6- قمنا بتحليل رياضي لطيف افراطي باستخدام طريقة مونتي كارلو فحصلنا على قدرة فصل زمانية مثالية قيمتها $FWHM = 0.4839414$ ومن أجل عدة شروط مثل (مجال طيف يبدأ من $a=-3$ وينتهي عند $b=3$ والقيمة الوسطى $mean=0$ والانحراف $std=1$ ومقدار الخطوة $step=0.001$) .

5-2- التوصيات :

- 1- دراسة نظائر إضافية .
- 2- استخدام برمج حاسوبية لدراسة طيف الفناء البوزيتروني وأشعة غاما .

المراجع

- [1] ORTEC, E. (1984). Experiments in Nuclear Science AN34, Laboratory Manual. Tennessee: EG&G ORTEC.
- [2] الفيزياء النووية (1) (أ.د عبد الهادي صوفان, أ.د سلمان ريشان (2008- 2009) . جامعة حمص - حمص - الجمهورية العربية السورية) .
- [3] Baptista, L., Ferreira, L. M. M., Mateus, R. C. V., & GREI-Radiation, E. (2020). PALS—Setup optimisation and application to macromolecular materials characterization.
- [4] Knoll, G. F. (2010). Radiation detection and measurement. John Wiley & Sons.
- <https://www.wiley.com/WileyCDA/Section/id-301672.html>
- [5] Leo, W. R. (1994). Techniques for nuclear and particle physics experiments: a how-to approach. Springer Science & Business Media.
- [6] Gidley, D. W., Peng, H. G., & Vallery, R. S. (2006). Positron annihilation as a method to characterize porous materials. *Annu. Rev. Mater. Res.*, 36(1), 49-79.
- [7] Kansy, J. (1996). Microcomputer program for analysis of positron annihilation lifetime spectra. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers.*
- [8] Kaur, M., Singh, B., & Sharma, M. K. (2021). *Journal of Nuclear Physics, Material Sciences, Radiation and Applications. A* A, 1(2), 1.
- [9] Braaten, E., & Weller, G. (1979). An improved low-discrepancy sequence for multidimensional quasi-Monte Carlo integration.

- [10] Bes, R., & Vancraeyenest, A. (2023). PALSRaM: A three-detector positron annihilation lifetime spectrometer for γ -emitting radioactive materials. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers .
- [11]Dimanchev, M., Shofan, A., Troev, Troyo D., Serna, J. (1992) Positron Annihilation in CaSO₄.2H₂O. Materials Science Forum, 105. 1545-1548.
- [12]Bosnar, D., Friščić, I., Jerbić-Zorc, G., Makek, M., & Bosnar, S. (2009, May). Applications of positron annihilation spectroscopy. In Proceedings of International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators, 4-8 May 2009, Vienna.