كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء اشعاعية

المحاضرة : السادسة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الكواشف الاشعاعية:

هي أجهزة تستخدم للكشف عن الإشعاعات المؤينة وقياسها عن طريق استغلال التأثيرات التي تحدثها هذه الإشعاعات في مادة الكاشف مما يؤدي إلى توليد شحنات كهربائية أو إشارات ضوئية قابلة للقياس، تنقسم إلى أنواع مختلفة مثل غرف التأين، والعدادات التناسبية وعدادات جايجر-مولر، والكواشف الوميضية، وكواشف أنصاف النواقل، وتستخدم الكواشف الإشعاعية في مجالات عديدة أبرزها:

1_ **الأمان النووي**: تستخدم للكشف عن الآثار الإشعاعية والتحكم في مستويات الإشعاع ضمن بيئات العمل في المفاعلات النووية.

2-**الطب النووي**: تستخدم لتشخيص الأمراض مثل السرطان وأمراض القلب عن طريق تصوير أعضاء الجسم باستخدام مواد مشعة خاصة.

3-***البحث العلمي***: تستخدم في الدراسات المتعلقة بالطاقة النووية والفيزياء الجسيمية لقياس وتحليل الإشعاعات.

الكواشف الوميضية scintillation detectors:

هي نوع من الكواشف الإشعاعية المستخدمة لقياس وكشف الجسيمات أو الإشعاعات المؤينة (مثل أشعة غاما وأشعة بيتا والنيوترونات وغيرها) عن طريق ظاهرة الوميض(scintillon)، أي اصدار وميض من الضوء عندما يتفاعل الإشعاع مع مادة معينة تسمى المادة الوميضية (scintillator).

أنواع الكواشف الوميضية:

يمكن تصنيف الكواشف الوميضية تبعا لطبيعة المادة الوميضية إلى ثلاث أنواع:

1-الوميضيات الصلبة البلورية (inorganic scintillators):

مثل: - NaI(tl) (يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم)

CsI(tl) (يوديد السينيريوم المنشط بالثاليوم),

وتمتاز هذه الوميضيات بكفاءتها العالية في الكشف عن الفوتونات، وبطاقتها العالية

2-الوميضيات العضوية (organic scintillators):

وهي توجد في شكلين:

-بلورية عضوية مثل الأنثراسين (anthracine)والنفتالين (naphthalene).

-سائلة أو بلاستيكية (plastic scintillators).

وتمتاز الوميضيات العضوية بسرعة استجابتها العالية وفي فعاليتها في كشف الجسيمات المشحونة لكن كفاءتها أقل في كشف أشعة غاما.

3-الوميضيات الغازية (gaseous scintillators)

تستخدم الغازات مثل الزينون والأرغون وهي مناسبة لتطبيقات معينة مثل قياس النيوترونات.

مكونات الكاشف الوميضي:

1-المادة الوامضة أو الوامضات (scintillators):

وهي المكون الذي يمتص طاقة الإشعاع الساقط ويصدر ضوءا إذ أنها تستقبل الإشعاع وتحوله إلى فوتونات ضوئية عن طريق تفاعل الإشعاع مع المادة على طول مساره فيها.

2-صحيفة عاكسة: تغلف المادة الوامضة لتسهل تجميع الضوء.

3-الكاشف الضوئي: هو جهاز حساس للضوء يقوم بتحويل الومضات الضوئية إلى إشارة كهربائية، وعادة ما يتم استخدام جهاز يطلق عليه اسم (أنبوبة المضاعف الفوتوني أو الضوئي photomultiplier tube _ pmt) :

مهمة هذا الجهاز الأساسية تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية وهو عبارة عن أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء تفريغا جيدا ويحتوي على أربعة عناصر رئيسية هي: المهبط (الكاثود) وقطب تركيز الحزمة الإلكترونية ومجموعة أقطاب تعرف بالدينودات (dynodes) وقطب مجمع (الأنود أو المصعد).

_يصنع المهبط من مادة شبه شفافة مغطاة من الداخل بطبقة رقيقة من مادة كهروضوئية وعند انطلاق الإلكترونات من المهبط يتم توجيهها وتركيزها بواسطة قطب تركيز الحزمة الإلكترونية الذي يعمل كعدسة مجمعة بحيث تصل الالكترونات الخارجة من المهبط إلى الدينود الأول, فعند سقوط الكترون بطاقة كبيرة فإن ذلك يؤدي إلى انبعاث ثانوي من الدينود , و يطبق فرق جهد بين كل مسرى واخر ونحصل عليه عن طريق مجزئ جهد عال ومهمة فرق الجد هذا هو خلق مجال كهربائي لتسريع الإلكترونات المقتلعة من المهبط بين كل مسريين بحيث تكتسب الإلكترونات طاقة أكبر تجعلها قادرة على اقتلاع الكترونات ثانوية أخرى من المادة المشكّلة للمسرى, وفي النتيجة يستطيع كل مسرى أن يزيد أو يضاعف من عدد الإلكترونات وفي النهاية نحصل على سيل من الإلكترونات التي يتم التقاطها بواسطة الأنود.

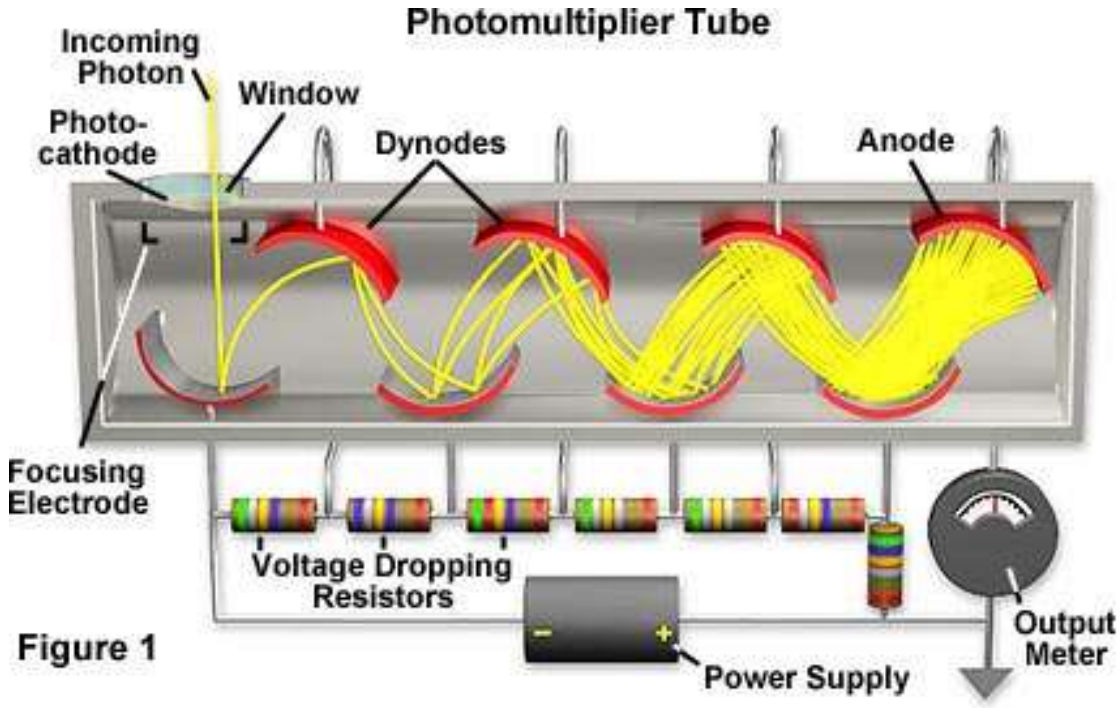


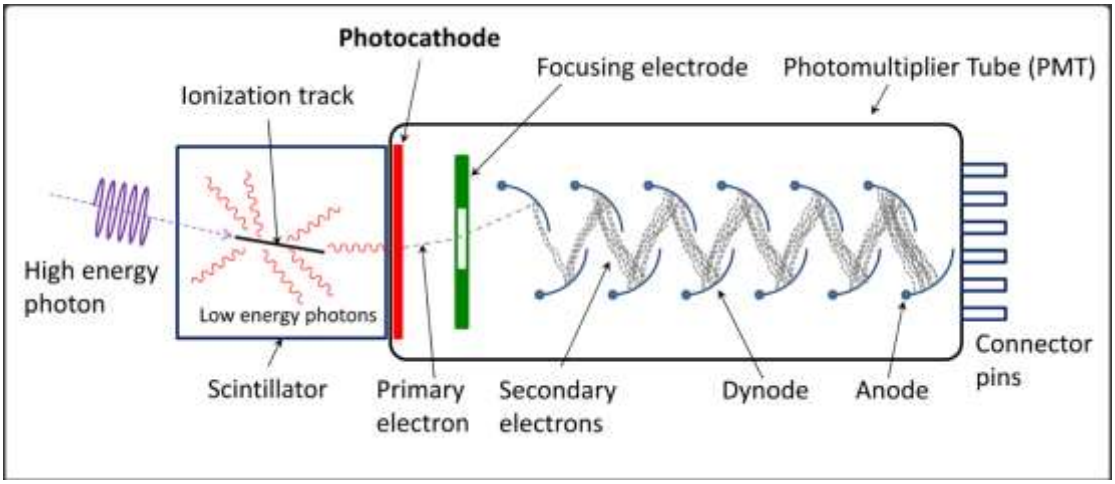
Figure 1

4-الإلكترونيات: وهي تتألف من دوائر إلكترونية تقوم بتضخيم الإشارة الكهربائية الواردة من الكاشف الضوئي ومعالجتها وتسجيلها:

-مضخم: يقوم بتضخيم الإشارة لتكون قوية بما يكفي لتقاس.

-عداد الكتروني: يقوم بعد النبضات الكهربائية الناتجة عن كل ومضة.

-معالجة الكترونية: تقوم بتحليل الإشارة لتحديد خصائص الإشعاع مثل طاقته وعدد الجسيمات.


Photocathode
Focusing electrode
Photomultiplier Tube (PMT)
Ionization track
High energy photon
Low energy photons
Scintillator
Primary electron
Secondary electrons
Dynode
Anode
Connector pins

آلية عمل الكواشف الوميضية:

تعتمد آلية عمل الكواشف الوميضية على مبدأ تحويل طاقة الإشعاع المؤين إلى ومضات ضوئية عند سقوط جسيم مشع أو اشعة مؤينة على المادة الوميضية، حيث تثار ذراتها ثم تعود إلى حالتها المستقرة، مطلقة فوتونات ضوئية تتناسب شدتها طرديا مع طاقة الإشعاع الساقط، يتم تجميع هذه الومضات الضوئية وتوجيهها نحو أنبوب المضاعف فوتوني (pmt)، والذي يحول الضوء إلى إشارة كهربائية قابلة للكشف والقياس.

خطوات العمل:

أولا: امتصاص الإشعاع: عندما يصطدم الإشعاع المؤين بالمادة الوميضية يقوم بترسيب طاقته في الذرات مما يثير إلكتروناتها إلى مستويات طاقة أعلى.

ثانيا: إصدار الضوء (الوميض): عندما تعود الإلكترونات المثارة إلى حالتها الأساسية، فإنها تصدر فوتونات ضوئية وهي الومضات التي تتميز بها الكواشف الوميضية.

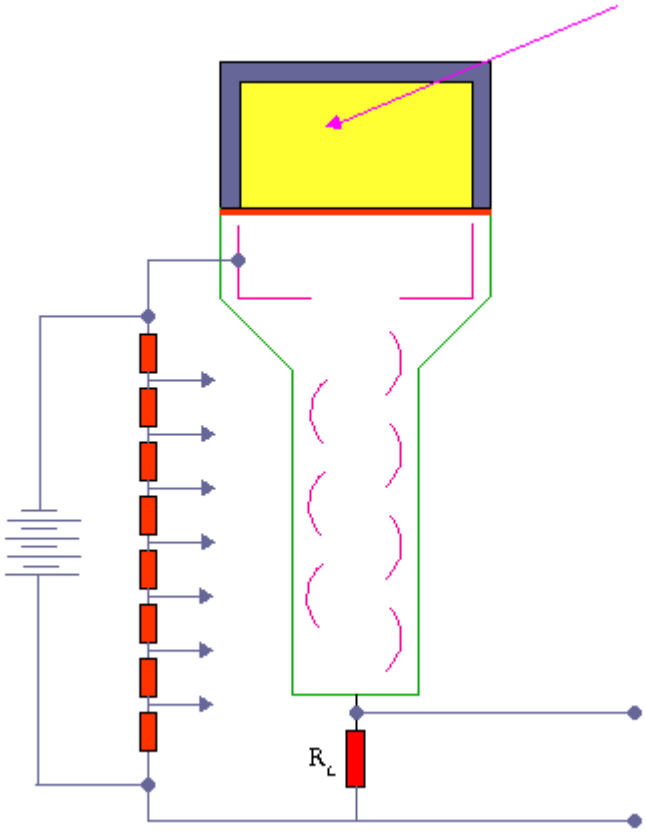
ثالثا: تجميع الضوء: تصمم المادة الوميضية لتعكس الضوء المنبعث وتوجيهه نحو أنبوب المضاعف الفوتوني المتصل مباشرة بها.

رابعا: تحويل الضوء إلى إلكترونات: يصطدم الضوء بسطح حساس للضوء (الكاثود أو المهبط) في أنبوب المضاعف الضوئي مما يؤدي إلى انبعاث "إلكترونات ضوئية".

خامسا: مضاعفة الإشارة: تقوم الأقطاب المتعددة (دينودات) داخل أنبوب المضاعف الضوئي بتضخيم الإشارة الإلكترونية بشكل كبير جدا عبر سلسلة من التفاعلات لتوليد نبضة كهربائية قوية يمكن قياسها.

.

سادسا: معالجة الإشارة: ترسل نبضة الجهد الناتجة إلى دائرة الكترونية لتضخم وتسجل وتحسب. يتناسب ارتفاع نبضة الخرج بشكل مباشر مع طاقة الإشعاع الساقط مما يسمح باستخدامه كمحلل طيفي لتحديد طاقة الأشعة المؤينة.



استخدام الكواشف الوميضية:

تستخدم الكواشف الوميضية للكشف عن جميع أنواع الإشعاعات المؤينة وتسجيلها بالأسلوب النبضي وتحديد طاقتها ولهذا الغرض يستخدم كاشف وميضي مكون من مادة وميضية مناسبة للنوع المعين من الاشعاعات:

1-عادة ما يستخدم للكشف عن جسيمات ألفا والجسيمات المشحونة الثقيلة بلورة وميضية من كبريتيد الخارصين المنشط بالفضة ZnS(ag) حيث تتميز هذه البلورة بكفاءة عالية لتحويل طاقة جسيمات ألفا والجسيمات المشحونة الثقيلة الأخرى إلى طاقة ضوئية ومن الجانب الاخر فإن أحد أهم عيوب هذه البلورة هو ضعف شفافيتها ولكنه نظرا لصغر مدى الجسيمات المشحونة الثقيلة فإنه يستخدم سمك صغير من هذه المادة مما يجعل ضعف الشفافية غير ذي أهمية.

2_ أما بالنسبة للكشف عن إشعاعات جاما والإشعاعات السينية فيفضل استخدام بلورة يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(tl) كمادة وميضية بسبب كفاءتها العالية نظرا لكبر كثافتها وكبر العدد الذري للثاليوم واليود

3_وبالنسبة للكشف عن جسميات بيتا فيفضل استخدام المواد الوميضية العضوية لأنها تستقبل الالكترونات بكفاءة عالية حيث أن لها رقم ذري منخفض لذلك تخترقها الإلكترونات بسهولة وتعطي استجابة ضوئية سريعة.

4- أما بالنسبة للكشف عن النيوترونات الحرارية فعادة ما يستخدم لهذا الغرض بلورة يوديد الليثيوم المنشطة بالثاليوم LiI(tl) لكفاءته العالية في امتصاص النيوترون , أما من أجل النيوترونات السريعة فيفضل استخدام الوميضيات العضوية بسبب حساسيتها الجيدة للنيوترونات السريعة

محاكاة الكواشف الإشعاعية (الكواشف الوميضية)

تجربة معايرة الطاقة

المحاكي المستخدم:

MCA Detector Simulator من موقع siegelsoft.com

الأدوات المستخدمة:

- ❖ كاشف وميضي من النوع NaI(tl)
- ❖ مضخم إشارة (Amplifier)
- ❖ محلل متعدد القنوات(MCA)
- ❖ مزود طاقة للمضاعف الفوتوني (power supply)

شرح واجهة المحاكي:

واجهة تحليل الطيف (Spectrum Analysis Interface)

◈ القسم العلوي:

- Select the sample: لاختيار النظير المشع (مثل Cs-137 أو Co-60...).
- Collect Data: لبدء جمع البيانات التي تشكل الرسم البياني للطيف.

◈ القسم الأوسط:

-هنا أدوات التحكم بالعرض:

- Pan لتحريك الطيف يمينًا أو يسارًا (تغيير نطاق العرض).
- Left Cursor / Width لتحديد منطقة من الطيف لقياسها أو تحليلها.
- Scale Up / Down لتكبير أو تصغير المنحنى رأسيًا أو أفقيًا.
- Channel / Counts تُظهر رقم القناة وعدد العدّات (النبضات) عند هذه النقطة.

القسم الأسفل من المحاكي:

من خلاله يمكنك تحليل القمم الطيفية (Peaks):

1- Single Peak Fit

تحليل قمة واحدة فقط.

الأزرار الثلاثة:

- initial try – تخمين أولي لشكل القمة.
- manual try – ضبط يدوي للمعاملات.
- auto fit – يقوم البرنامج بحساب أفضل انطباق آلي للقمة.

ويعطيك القيم التالية:

- Chi^2 → دقة الانطباق (كلما كانت أقل، كان التحليل أدق).
- Peak Center → موقع القمة (أي القناة التي تمثل طاقة الفوتون).
- Peak Height → ارتفاع القمة (عدد العدّات العظمى).
- Sigma → عرض القمة (يعبر عن دقة الكاشف).
- Area → المساحة تحت القمة (عدد الفوتونات المكتشفة عند تلك الطاقة).

2- Double Peak Fit

إذا كان لديك قمتان متقاربتين.

يمكنك تحليل كل منهما باستخدام نفس الطريقة، ويعطيك:

- Center 1, Center 2: مواقع القمتين.
- Area 1, Area 2: عدد العدّات في كل قمة.
- Sigma 1, Sigma 2: عرض كل قمة.

➢ المعاني الفيزيائية للنتائج:

- مركز القمة (Peak Center): يحدد طاقة الفوتون .γ
- المساحة (Area): تمثل شدة الإشعاع عند تلك الطاقة (أي عدد الفوتونات المكتشفة).
- العرض (Sigma): يحدد قدرة الكاشف على التمييز بين الطاقات (الوضوح الطيفي).

المعايرة:

➢ ما هي المعايرة؟

المعايرة هي عملية نستخدمها لربط قراءات الكاشف (القنوات Channels) بالقيم الفيزيائية الحقيقية وهي الطاقة (Energy).

بمعنى آخر:

*المعايرة تجعلنا نعرف كم تساوي طاقة كل قناة في الطيف الإشعاعي.

➢ لماذا نحتاج المعايرة؟

أولا: لأن الكاشف عندما يستقبل إشعاعًا، يعطيك إشارات كهربائية مختلفة القوة،

ويقوم النظام الإلكتروني بتحويلها إلى قنوات (Channel Numbers).
لكن هذه القنوات لا تعني شيئًا فيزيائيًا إلا بعد أن نربطها بطاقة معروفة.
لهذا السبب نقوم بعملية المعايرة باستخدام مصادر مشعة معروفة الطاقات

ثانيا: كل عنصر مشع يبعث أشعة غاما بطاقة محددة ومميزة له
(أي أن له "بصمة طاقية" مثل بصمة الإصبع)
في المحاكي لا تُكتب الطاقة مباشرة، بل يعطيك:
Center 1 أو Center 2 = موقع القمة (Channel number)
وهذا الرقم يمثل قناة في الطيف، وليس طاقة بعد.
لكي نحولها إلى طاقة نحتاج إلى المعايرة الطاقية (Energy Calibration)

طريقة المعايرة بشكل عام

1. نستخدم مصدر مشع معروف، مثل السيزيوم-137 (Cs-137)،
الذي يُصدر فوتون غاما بطاقة 662 keV.
2. الكاشف يسجل هذه الإشارة في قناة رقم مثلاً 550 في الطيف.
3. نستخدم مصدر آخر مثل الكوبالت-60 (Co-60) بطاقة 1173 keV و1332 keV،
فيظهران في قناتين أخريين (مثلاً 970 و1100).

الآن لدينا مجموعة من النقاط:

القناة (Channel)	الطاقة (keV)
550	662
970	1173
1100	1332

- كيف نستخدم هذه النقاط؟

نرسم العلاقة بين الطاقة (E) والقناة (C)،

فنجد أنها خط مستقيم تقريبي، وتُعطى بالمعادلة (العلاقة خطية):

$$E = a_x C + b$$

حيث:

- E = الطاقة بوحدة keV
- C = رقم القناة
- a = الميل (كم keV لكل قناة)
- b = الإزاحة (تعوّض عن الانحرافات أو الإزاحة البسيطة في القراءة)

الهدف من المعايرة:

الكاشف لا "يعرف" الطاقة مباشرة، بل يسجل النبضات على شكل قنوات رقمية (Channels).

كل قناة تمثل مقدارًا من الإشارة الكهربائية الناتجة عن الفوتونات.

المعايرة هي ببساطة معرفة العلاقة بين رقم القناة والطاقة الحقيقية (keV).

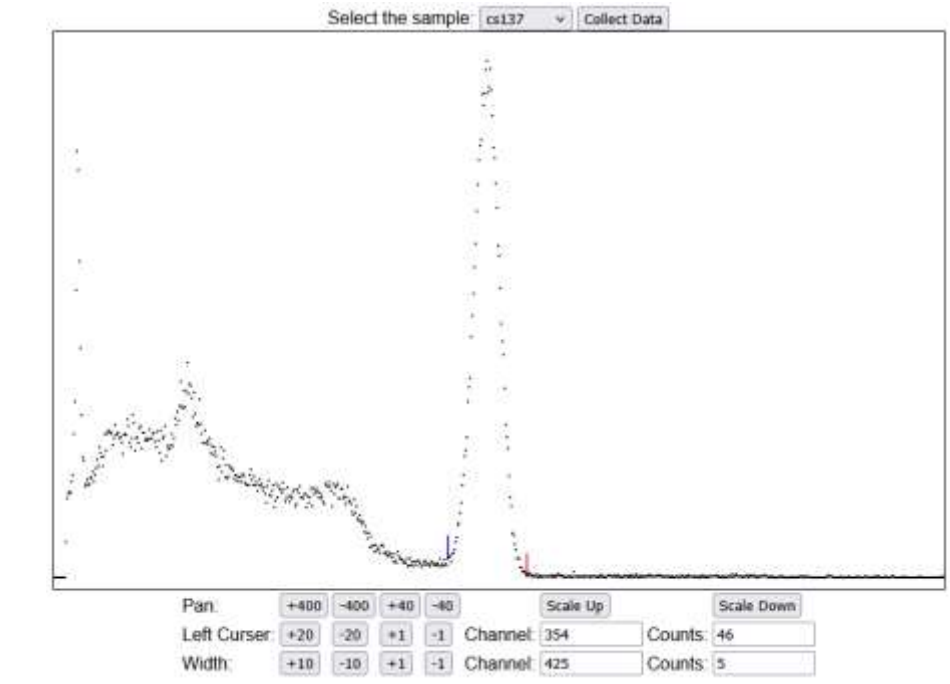
تطبيق عملي للمعايرة باستخدام موقع المحاكاة **:(**لشرح كيفية الحصول على الثوابت وتوضيح فكرة التجربة**)**

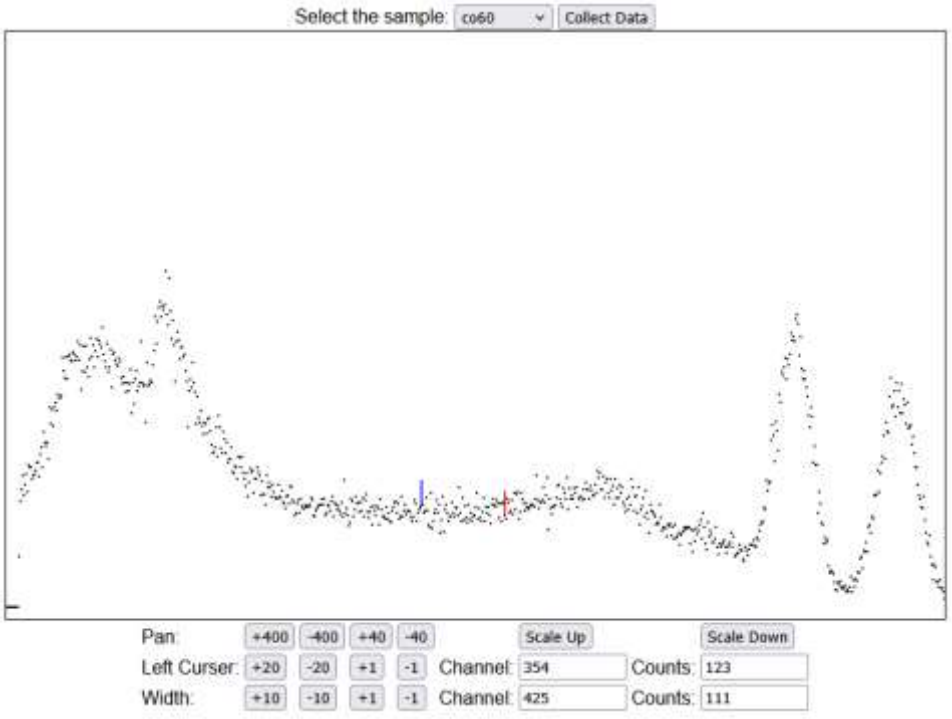
أولا: لدينا الجدول التالي الذي يوضح طاقة العناصر المستخدمة التي يجب أن تكون معلومة:

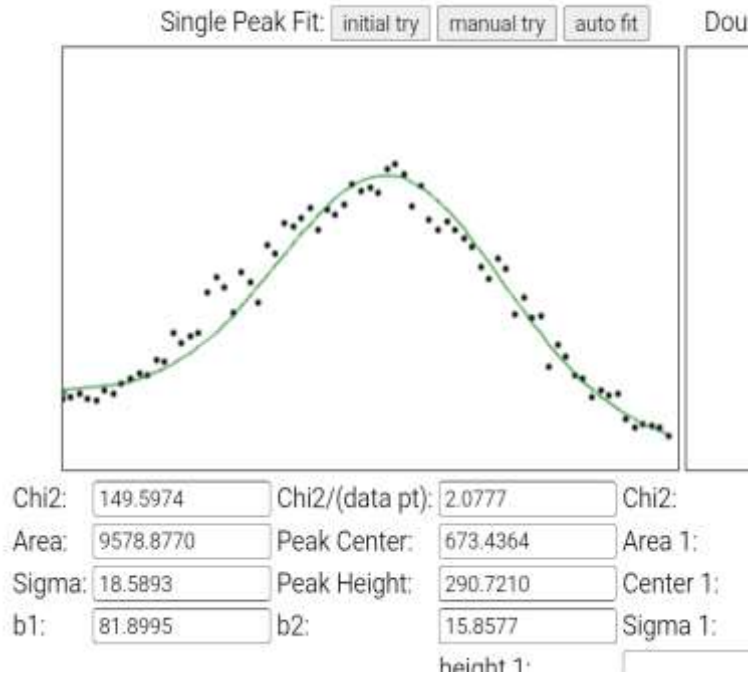
Isotope	Energy(KeV)
^{137}Cs	661.64
^{22}Na	511.0034
	1274.5
^{60}Co	1173.237
	1332.501

ثانيا: سنختار لهذه المعايرة عنصرا السيزيوم137 Cs137 والكوبلت60 CO60 حيث طاقتهما معلومة كما في الجدول.

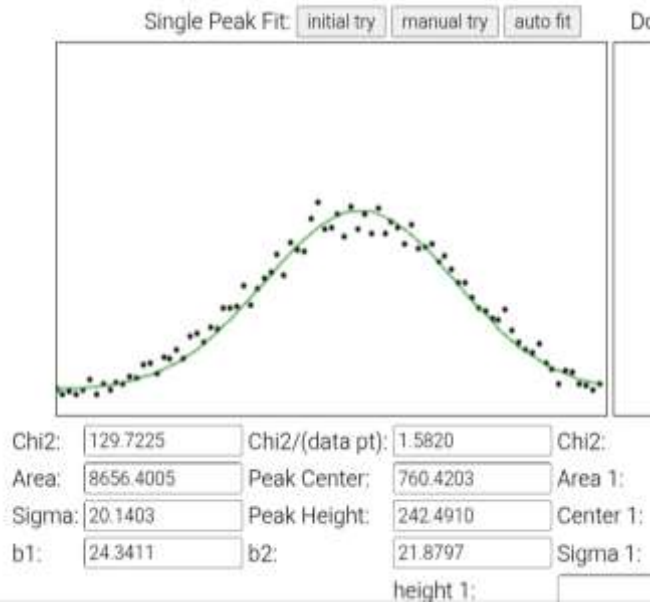
في المحاكي عند اختيار السيزيوم يظهر لنا المحاكي قمة عند القناة 388.9182 والكوبلت يظهر قمتين الأولى عند القناة 673.4364 والثانية عند 760.4203 كما في الصور التالية:


Select the sample: cs137
Collect Data
Pan: +400 -400 +40 -40 Scale Up Scale Down
Left Curser: +20 -20 +1 -1 Channel: 354 Counts: 46
Width: +10 -10 +1 -1 Channel: 425 Counts: 5

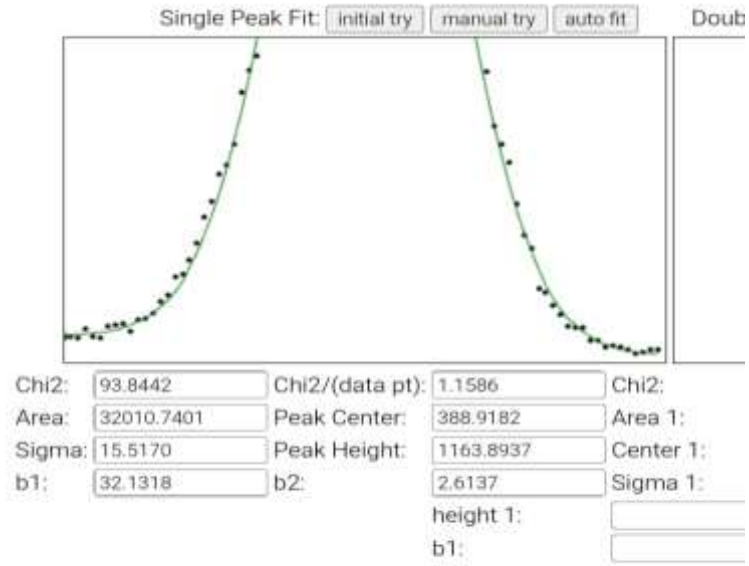

Select the sample: co60
Collect Data
Pan: +400 -400 +40 -40 Scale Up Scale Down
Left Curser: +20 -20 +1 -1 Channel: 354 Counts: 123
Width: +10 -10 +1 -1 Channel: 425 Counts: 111



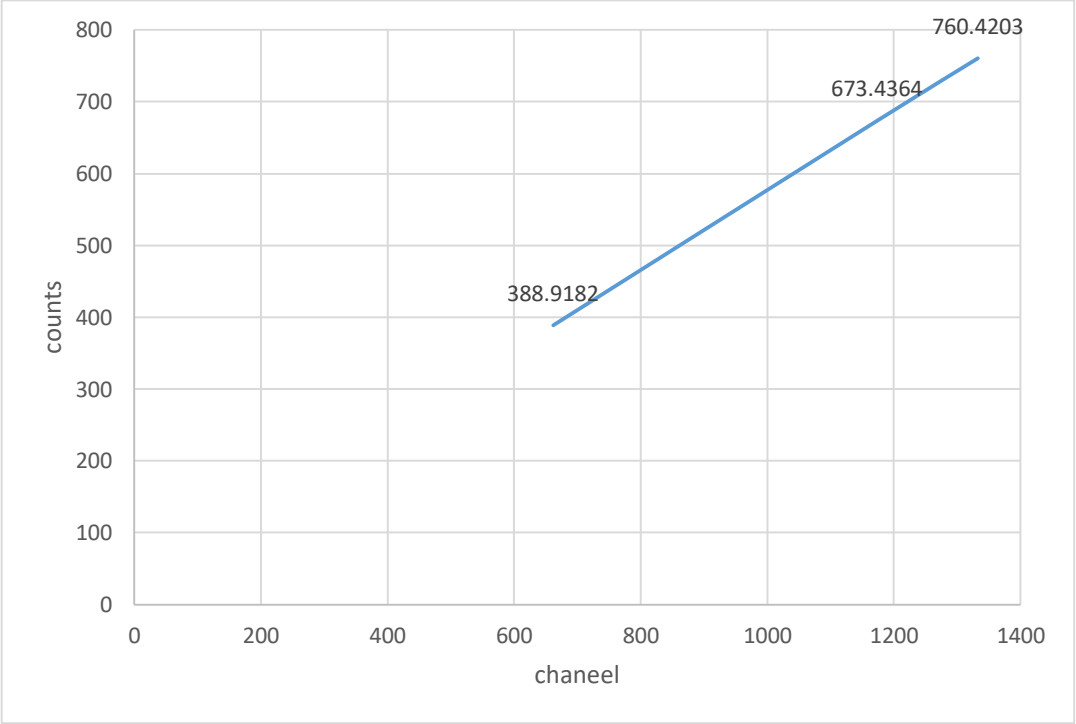
القمة الأولى لco60



القمة الثانية لCo60



القمة ل CS137



مما يبين لنا ان المعادلة خطية من الشكل $E = a \times C + b$

ولحساب الثوابت

طريقة الانحدار الخطي:

نختار نقطتين:

Cs-137 وCo-60 (الأولى).

$a = \{E_2 – E_1\} / \{C_2 – C_1\}, b = E_1\text{-}a.C_1$

الخطوة 1: حساب قيمة الثابت a:

a = (1173.237 - 661.64) *(673.4364 - 388.9182)

a=1.798

الخطوة 2: حساب قيمة الثابت b:

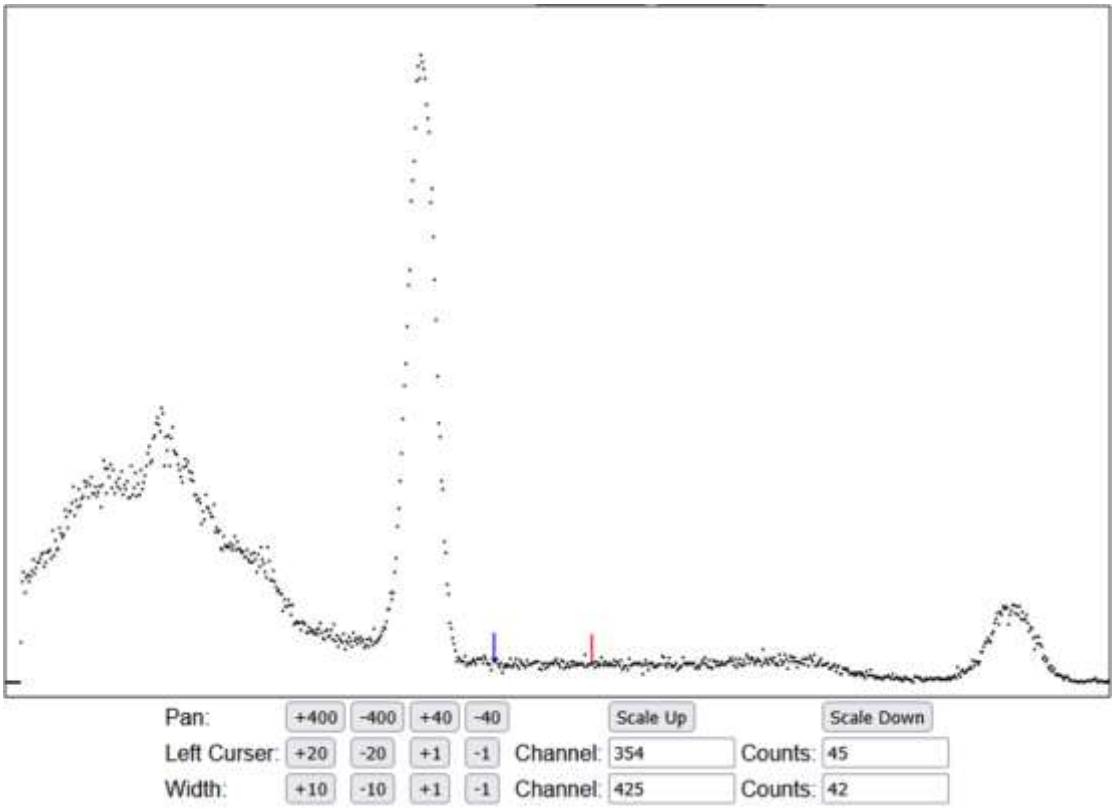
b = 661.64 - (1.798) *(388.9182) = 661.64 - 699.66 = -38.02

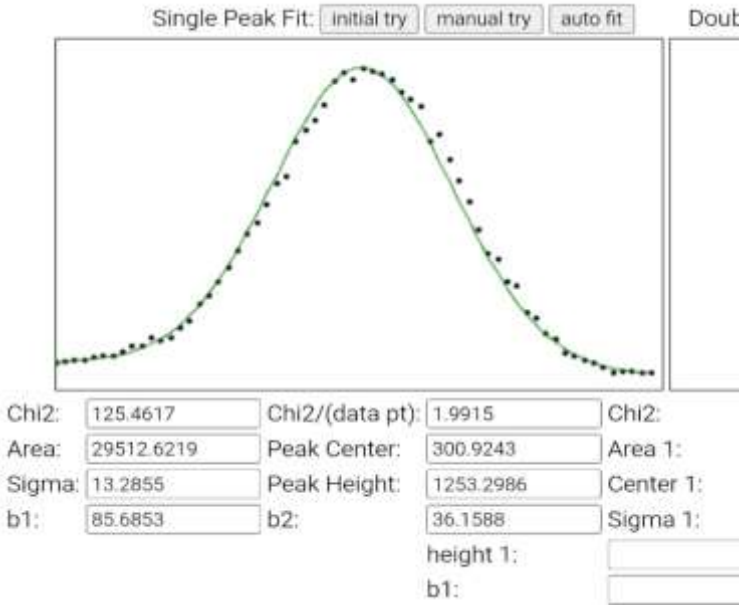
العلاقة من الحل المشترك:

E = 1.798 x C - 38.02

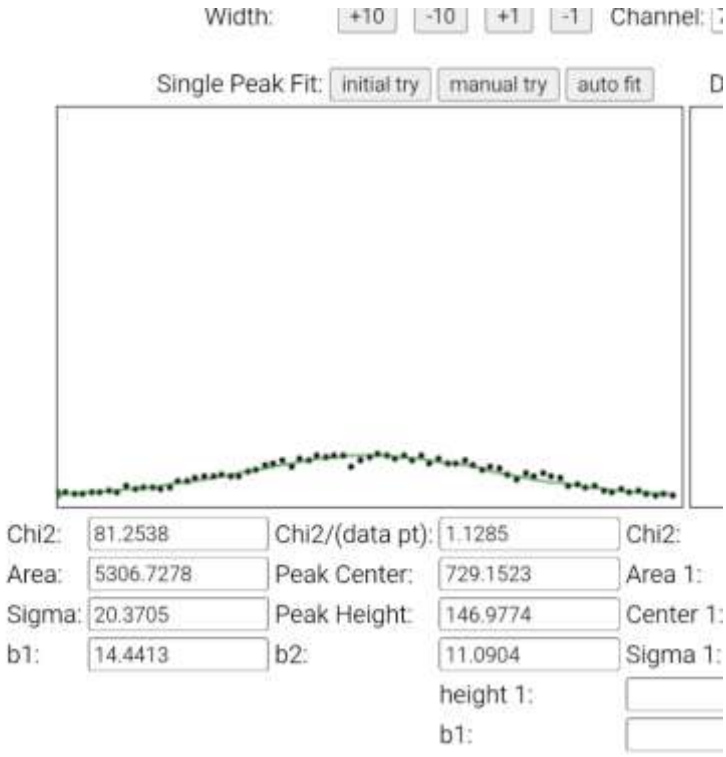
وهذه العلاقة يمكنها إيجاد طاقة أي عنصر.

لنفرض الان أننا وضعنا عنصر مجهول أعطانا القمتين التاليتين:





القمة الأولى 300.9243



القمة الثانية 729.1523

نعوض قناة الأولى بعلاقة E:

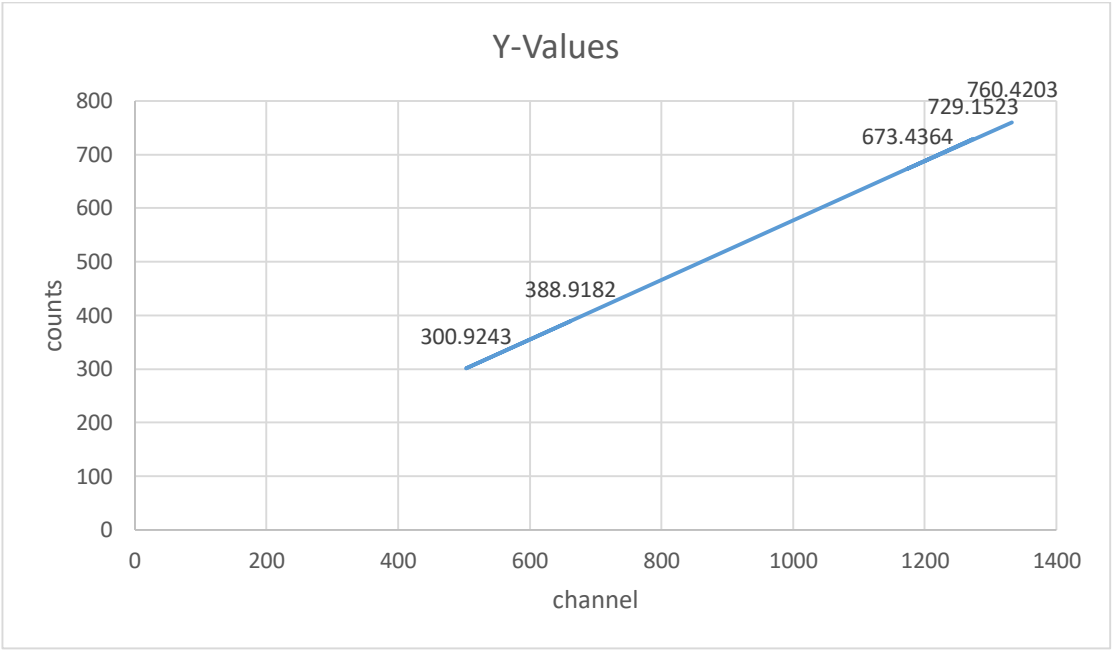
E=1.798 x (300.9243) - 38.02=503.04189 (Kev)

وهي الطاقة عند القمة الأولى.

نعوض القناة للقمة الثانية بعلاقة E:

E=1.798 x (729.1523) - 38.02=1272.9958 (Kev)

وحسب الجدول يكون العنصر الذي طاقته قريبة من هذه القيم هو Na22.


Y-Values
800
700
600
500
400
300
200
100
0
counts
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
channel
760.4203
729.1523
673.4364
388.9182
300.9243