

آزمایش های قابل انجام با دستگاه HVMCA

مدل NT-124



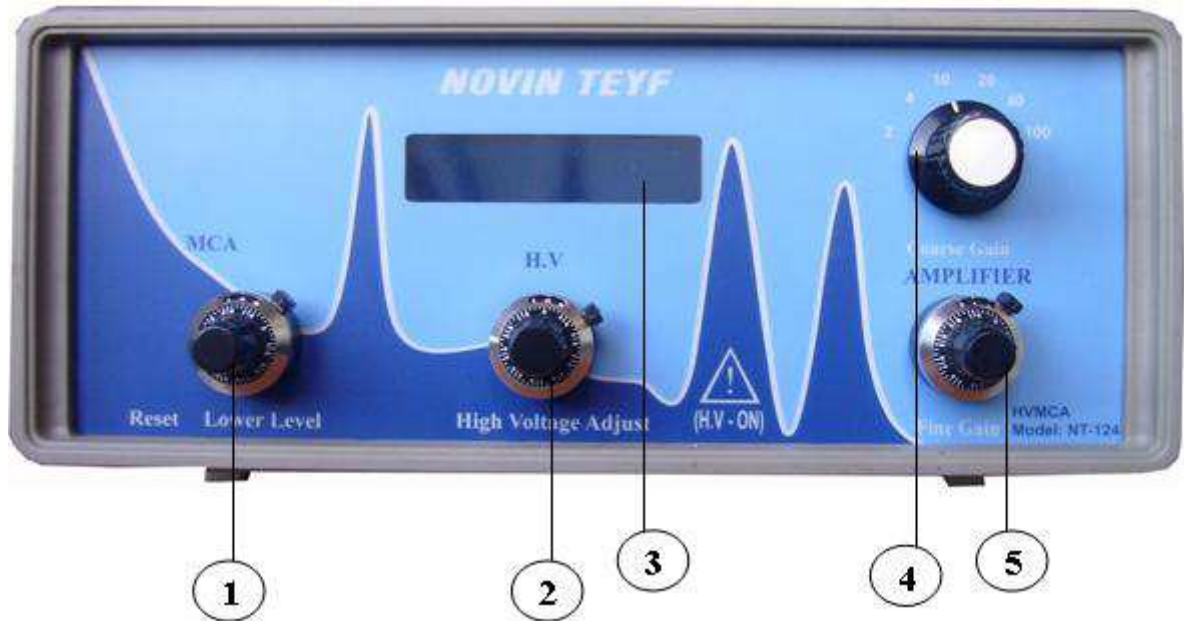
شرکت نوین طیف (مجموعه آزمایش های ۵)



HVMCA

Model: NT-124

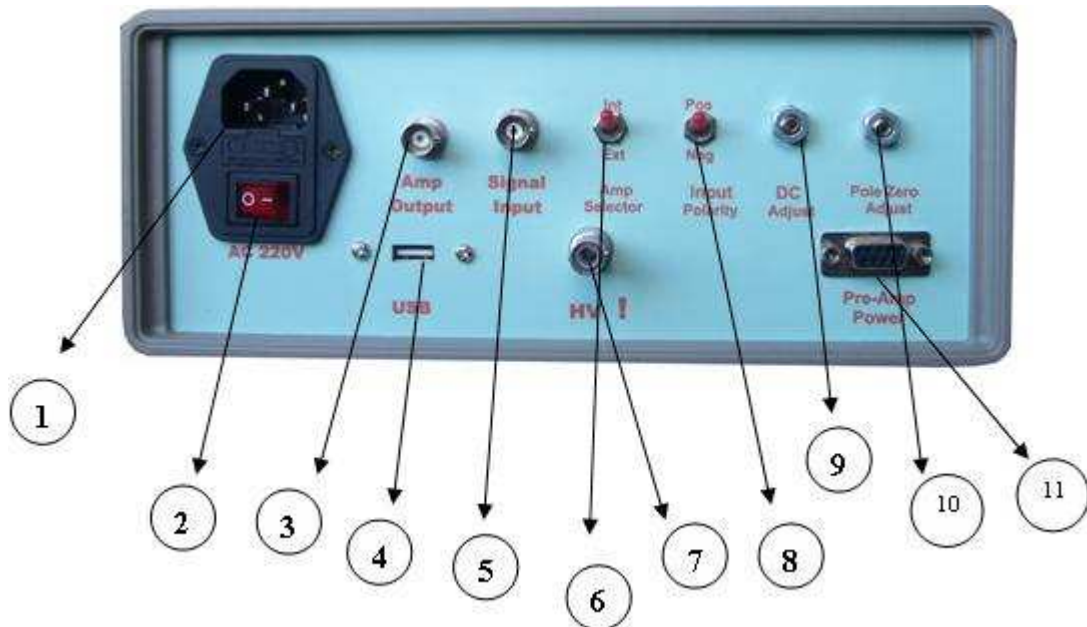
a) Front Panel



- 1) Potentiometer Lower Level Discriminator
- 2) High Voltage Adjustment
- 3) LCD Monitor
- 4) Amplifier Coarse Gain
- 5) Amplifier Fine Gain

- (۱) پتانسیومتر تنظیم کننده حد پایین ADC
- (۲) پتانسیومتر تنظیم ولتاژ آشکارساز
- (۳) نمایشگر دیجیتالی
- (۴) پتانسیومتر تنظیم گسسته بهره تقویت پالس ورودی به تقویت کننده .
- (۵) پتانسیومتر تنظیم پیوسته بهره تقویت پالس ورودی به تقویت کننده.
(بهره تقویت کل حاصل ضرب عدد تقویت بهره پیوسته ضرب در بهره تقویت گسسته می باشد)

b) Rear Panel



- 1) Power Conector
- 2) Power On/Off Switch
- 3) Amplifier Output
- 4) USB Port
- 5) Signal Input
- 6) Amplifier Selector
- 7) High Voltage Output
- 8) Input Signal Polarity
- 9) DC Adjustment
- 10) Pole Zero Adjustment
- 11) Pre Amplifier feeding Output

(۱) پورت کابل تغذیه

(۲) سوئیچ سیگنال روشن / خاموش برق

(۳) خروجی سیگنال تقویت کننده

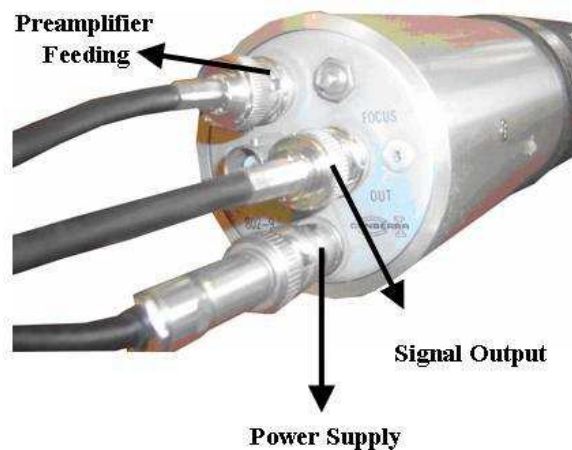
(۴) پورت USB

(۵) ورودی پالس (از پیش تقویت کننده یا آمپلی فایر خارجی)

(۶) انتخاب آمپلی فایر داخلی یا خارجی

- ۷) خروجی منبع تغذیه ولتاژ بالا .
 - ۸) انتخاب پلاریته سیگنال ورودی از پیش تقویت کننده برای تقویت کننده
 - ۹) تنظیم مقدار DC موجود در سیگنال خروجی از تقویت کننده (با مشاهده در اسیلوسکوپ و تنظیم به وسیله این پیچ ساعتی می توان آن را تعدیل کرد).
 - ۱۰) تنظیم کننده Pole Zero (انحراف لبه دنباله سیگنال خروجی از تقویت کننده از خط یا محور اصلی)
 - ۱۱) تغذیه تقویت کننده اولیه
- توضیح مختصری راجع به راه اندازی سیستم اسپکتروسکوپی :

- از پورتهای خروجی آشکارساز مانند شکل زیر به پورتهای مربوطه در پنل پشتی دستگاه NTMCA وصل نمائید. به این ترتیب که از خروجی سیگنال آشکارساز به ورودی سیگنال دستگاه NTMCA ، از خروجی تغذیه Preamplicifier دستگاه NTMCA به پورت تغذیه آشکارساز وصل نمائید. از خروجی منبع ولتاژ دستگاه NTMCA به ورودی ولتاژ آشکارساز وصل نمائید.



- از خروجی USB دستگاه به پورت USB کامپیوتر وصل نمائید. کابل برق دستگاه NTMCA را وصل نمائید.
- سوئیچ INT / EXT مربوط به تقویت کننده را در پنل پشتی دستگاه روی حالت INT قرار دهید.
- سوئیچ POS/NEG را در حالت POS قرار دهید.

- نرم افزار جمع آوری طیف را در کامپیوتر نصب نمائید.
- چشمه گاما نظیر ^{137}Cs را مقابل آشکارساز قرار دهید. سیستم آماده می باشد. کلید on/off اصلی و نیز کلید مربوطه در پنل پشتی دستگاه را روشن کنید آرام آرام ولتاژ را تا حد ولتاژ کاری معمول آشکارسازمورد نظر بالا ببرید.
- نرم افزار NTMCA را روشن کنید. می توانید یک زمان دلخواه برای شمارش واسپکتروسکوپی بدهید. با استفاده از نرم افزار تعداد کانالهای مورد نیاز را انتخاب کنید. به وسیله پتانسیومتر LLD، انرژی های پایین و نويز را ببندید. طیف چشمه مزبور را جمع آوری کنید؛ به وسیله تغییر بهره تقویت تقویت کننده با استفاده از دو پتانسیومتر Fine Gain و Coarse Gain و نیز خود پتانسیومتر منبع تغذیه در پنل جلویی دستگاه می توانید طیف را در گستره کانالهای انتخاب شده، جابجا نمائید.
- سیگنالهای خروجی از تقویت کننده دستگاه NTMCA را نیز می توانید روی یک اسیلوسکوپ ملاحظه نمائید.

در ادامه تعدادی آزمایش ارائه می شود که انجام آنها تمرین بیشتری در جهت یادگیری کارکردن بهتر با این سیستم اسپکتروسکوپی است.

فصل اول

اسپکتروسکوپی گاما به وسیله آشکارساز سنتیلاتور

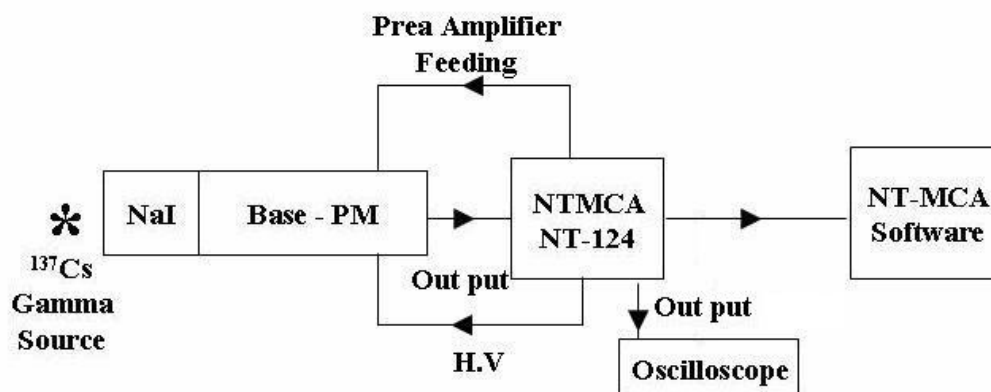
هدف

هدف از این آزمایش آشنا کردن دانشجویان با بعضی از تکنیکهای اساسی در اندازه گیری پرتوهای گاما می باشد. اساس کار بر پایه استفاده از آشکارساز سنتیلاتور (NaI) می باشد.

پدیده گسیل گاما

بیشتر ایزوتوپهایی که برای اندازه گیریهای گاما به کار می روند در شمای فروپاشی شان پرتوهای بتا نیز وجود دارد. به این ترتیب که در پیامد گسیل بتا و رفتن به تراز برانگیخته هسته نهایی، این هسته با گسیل گاما به حالت پایه می رود. ذرات بتا معمولاً در ماده پوشش آشکارساز جذب می شوند و اصلاً داخل آشکارساز سنتیلاتور نمی شوند. برای این آزمایش ذرات بتا مشکل چندانی را ایجاد نمی کنند. پرتوهای گاما کاملاً نفوذ پذیر هستند و به آسانی از آلومینیوم که به عنوان حفاظ نوری آشکارساز استفاده می شود عبور می کنند.

دو مطلب در مورد چشمه گاما دارای اهمیت می باشد. اولاً انرژی گاماهاى خروجی از چشمه است و دیگری تعداد پرتوهای گامایی که در واحد زمان چشمه را ترک می کنند. در این آزمایش دانشجو با برخی اندازه گیریهایی که مربوط به گسیلنده های گاما است، با استفاده از آشکارساز سنتیلاتور از جمله دو مطلب فوق الذکر، آشنا می شوند.



شکل (۱) مدار الکترونیک جهت اسپکتروسکوپی گاما به وسیله آشکارساز سنتیلاتور

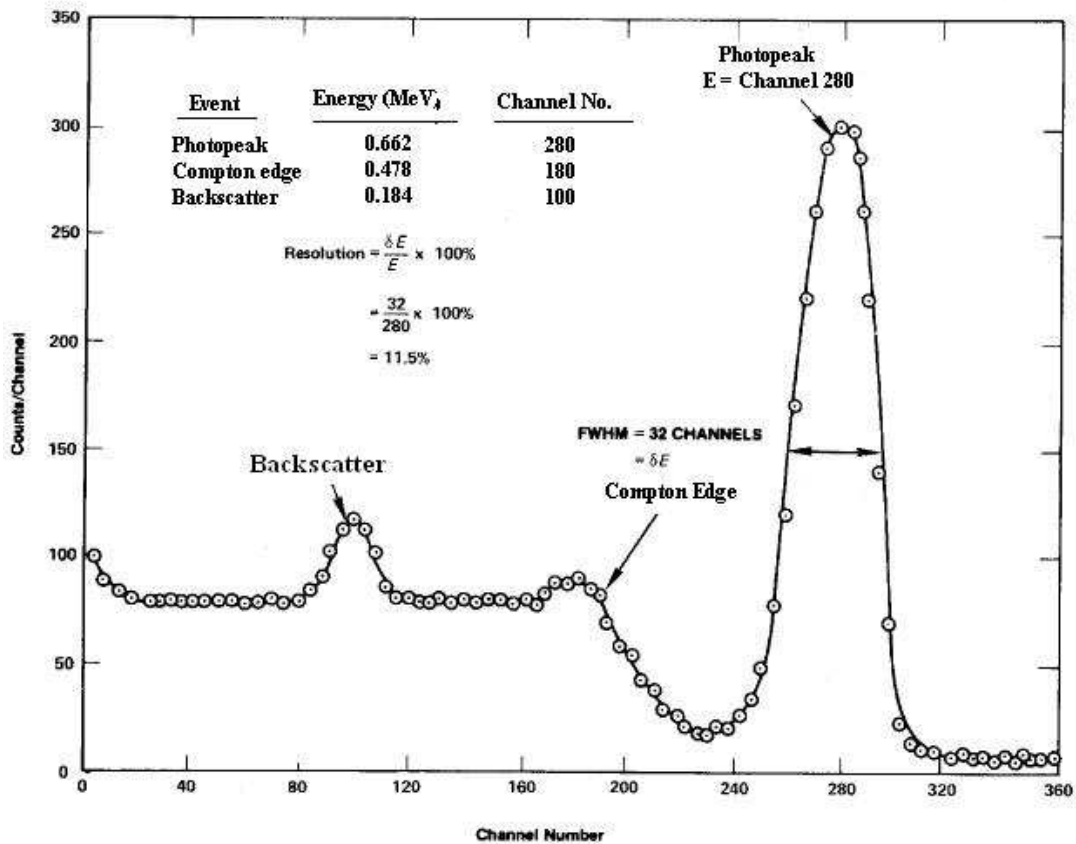
آزمایش (۱)

کالیبراسیون انرژی

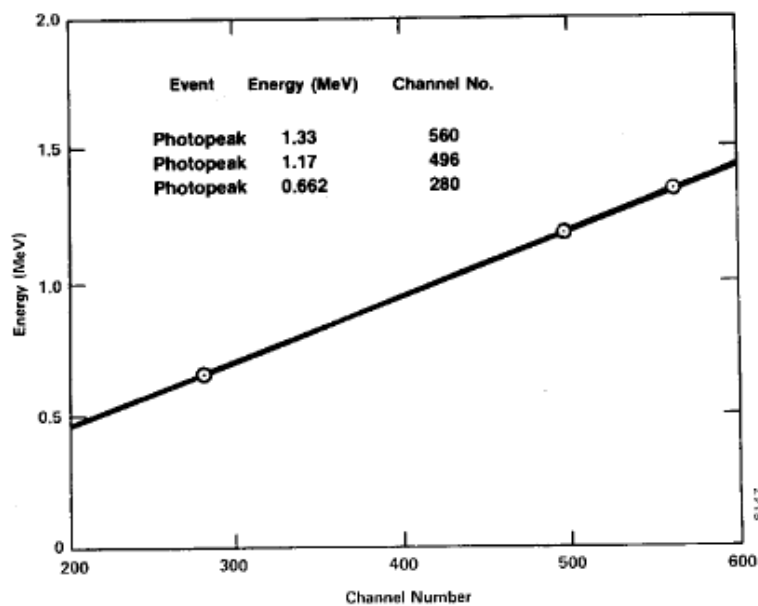
وسایل لازم: آشکارساز سستیلاتور، دستگاه (NT-124) NTMCA، نرم افزار جمع آوری طیف NTMCA، اسیلوسکوپ، چشمه ^{137}Cs

برپایی آزمایش

مطابق شکل (۱) مدار الکترونیکی کار را برپا کنید. دو پارامتر وجود دارد که در مجموع بهره تقویت سیستم را تعیین می کنند: یکی منبع تغذیه ولتاژ بالا (High Voltage) است که به بیس لامپ تکثیر فوتونی (PMT) اعمال می شود و دوم تقویت مربوط به واحد تقویت کننده دستگاه می باشد. بهره تقویت لامپ تکثیر فوتونی کاملاً وابسته به ولتاژ اعمالی می باشد. می توان گفت که در بیشتر لامپهای تکثیر فوتونی یک تغییر ۱۰٪ در ولتاژ اعمالی تغییری را با فاکتور ۲ در بهره تقویت آن



شکل (۲) طیف چشمه ^{137}Cs



شکل (۴) نمودار کالیبراسیون انرژی

ایجاد می کند. مقدار ولتاژ اعمالی وابسته به نوع لامپ تکثیر فوتونی مورد استفاده است.

- پلاریته پالس ورودی از آشکارساز را مثبت اختیار نمایید. بهره تقویت کننده را در طول طیف گیری می توانید تنظیم نمایید.

- NT-MCA دارای ۲۰۰۰ کانال می باشد، می توانید با استفاده از بهره تقویت کننده که به صورت دو پتانسیومتر Fine Gain و Coarse Gain در پنل جلوی تعبیه شده است، طیف را به سمت کانالهای بالاتر یا پایین تر منتقل نموده و با استفاده از پتانسیومتر تنظیم کانالهای پایینی NTMCA می توانید کانالهای پایین طیف را ببندید؛ این امر باعث می شود که سیگنالهای ناشی از پرتوهای کم انرژی از قبیل X و نویزهای الکترونیک خود سیستم، که باعث شمارش در کانالهای ابتدای MCA می شود، کاهش بیابد که خود منجر به کاهش زمان مرده سیستم می گردد.

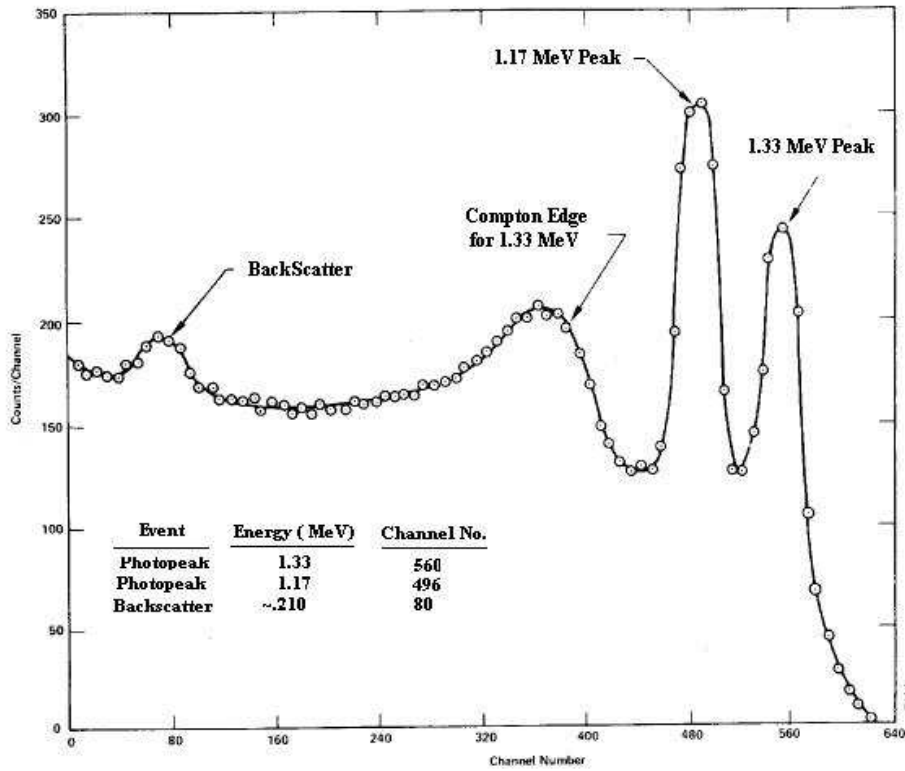
روش کار

- (۱) چشمه ^{137}Cs ($E_\gamma = 0.662 \text{ MeV}$) را در فاصله ۲ سانتی متری از آشکارساز قرار دهید.
- (۲) با استفاده از کنترل های Fine و Coarse تقویت کننده در پنل جلویی دستگاه NTMCA محل فوتوپیک را طوری تنظیم نمایید که قله 0.662 MeV آن در حول و حوش کانال ۲۸۰

- قرار گیرد. برای شکل‌های (۲) و (۳) بهره تقویت کننده را طوری تنظیم نمائید که انرژی ۱ MeV تقریباً در کانال ۴۲۰ تا ۴۲۵ بیافتد. چون سیستم خطی است، بنابراین ۲ MeV می بایست تقریباً در کانالهای ۸۴۰ تا ۸۵۰ بیافتد.
- (۳) طیف ^{137}Cs را برای یک بازه زمانی به اندازه کافی طولانی جمع آوری نمائید، به طوری که بتوان مکان قله را شناسایی کرد. (میزان شمارش در کانال مرکزی قله حداقل ۱۰۰۰ باشد)، شمارش کانال مرکزی قله را یادداشت نمائید.
- (۴) پس از جمع آوری این طیف، MCA را پاک کرده و چشمه ^{60}Co را قرار داده و جمع آوری کنید.
- (۵) طیف این چشمه را نیز جمع آوری کنید به طوری که مشابه شکل (۳) شود.

تمرین

- (a) در هر مرحله پس از جمع آوری طیفها شماره کانالهای مرکز هر قله را ثبت نمائید. جدول (۱) را پر نمائید.
- (b) با استفاده از طیفهای بدست آمده و نیز جدول (۱) نمودار شماره کانال را برحسب انرژی رسم نمائید. نمودار شما باید مشابه نمودار شکل (۴) شود.
- اگر چشمه های دیگری برای کالیبراسیون در اختیار دارید نقاط دیگری نیز می تواند به نمودار شکل (۴) اضافه شود.
- (c) به وسیله نرم افزار نیز می توانید طیف را کالیبره نمائید. مقدار بدست آمده انرژی به ازای هر کانال را برای هر دو روش (نرم افزار...) مقایسه کنید.



شکل (۳) طیف چشمه ^{60}Co

جدول (۱) شماره کانال قله های مختلف

قله ها	Energy (MeV)	Channel Number
۰/۶۶۲ MeV (فوتوپیک)	۰/۶۶۲	
۱/۱۷ MeV (فوتوپیک)	۱/۱۷	
۱/۳۳ MeV (فوتوپیک)	۱/۳۳	
لبه کامپتون ^{137}Cs		
پس پراکنی ^{137}Cs		
پس پراکنی ^{60}Co		

آزمایش (۲)

آنالیز انرژی یک چشمه گامای ناشناخته

هدف

در اینجا هدف استفاده از سیستم کالیبره شده در آزمایش اول برای اندازه گیری انرژیهای فوتوپیک گسیلنده های گامای ناشناخته و نیز شناسایی ایزوتوپ ناشناخته می باشد.

روش کار

۱) طیف ^{60}Co را از MCA پاک کنید، ولی تنظیمات کالیبراسیون سیستم را به هم نزنید. چشمه گامای ناشناخته ای را درمقابل آشکارساز قرار دهید و طیف را برای یک بازه زمانی به اندازه کافی طولانی جمع آوری نمائید به طوری بتوان قله های فوتوپیک را به خوبی شناسایی نمائیم. از منحنی کالیبراسیون، انرژی فوتوپیک مربوطه را پیدا کنید.

تمرین

از مراجع ۷ و ۸ برای شناسایی انرژی فوتوپیک مشخص شده استفاده نمائید.

آزمایش (۳)

آنالیز طیفهای ^{60}Co و ^{137}Cs

هدف

هدف از این آزمایش توصیف برخی موارد دیگر در طیف به غیر از فوتوپیکها می باشد. این موارد عبارتند از لبه کامپتون و قله پس پراکنی می باشد. برهم کنش کامپتون برخوردی است بین پرتو گاما و الکترون آزاد موجود در کریستال آشکارساز NaI(Tl) . طی این فرایند گاما تنها بخشی از انرژی خود را به الکترون منتقل می کند. مقدار انرژی که به الکترون پراکنده داده می شود بسته به این دارد که برخورد سر به سر انجام می شود یا خیر. برای یک برخورد سر به سر گاما ماکزیموم انرژی مجاز خود را منتقل می کند. انرژی گامای پراکنده می تواند به وسیله حل معادلات مومنتوم و انرژی برای این برخورد به دست آید. راه حل این معادلات برای گامای پراکنده تقریباً می تواند به صورت زیر تعریف شود :

$$E_{\gamma'} \approx E_{\gamma} / (1 + 2 E_{\gamma} (1 - \cos\theta)) \quad (1)$$

$E_{\gamma'}$ = انرژی پرتو گامای پراکنده بر حسب MeV

θ = زاویه پراکندگی برای γ'

E_{γ} = انرژی گامای فرودی بر حسب MeV

اگر $\theta = 180^\circ$ ناشی از برخورد سر به سر باشد که در آن γ' به طور مستقیم به عقب برمی گردد، معادله (۱) به شکل زیر تبدیل می شود :

$$E_{\gamma'} \approx E_{\gamma} / (1 + 4 E_{\gamma}) \quad (2)$$

به عنوان یک مثال $E_{\gamma'}$ برای یک پرتو گامای فرودی با انرژی ۱ MeV عبارت است از :

$$E_{\gamma'} = 1 \text{ MeV} / (1+4) = 0.2 \text{ MeV} \quad (3)$$

$$E_c = E_{\gamma} - E_{\gamma'} \quad (4)$$

انرژی الکترون پراکنده، E_e ، طبق رابطه ۴ برای این برخورد از رابطه $4 \text{ MeV} \times 0.8$ خواهد بود این مطلب صحیح است چون :
محل لبه کامپتون، که عبارت است از ماکزیموم انرژی انتقالی به یک الکترون در پدیده کامپتون که به وسیله رابطه (۴) می تواند محاسبه شود.

تمرین

(a) انرژی لبه کامپتون را برای انرژی 0.662 MeV ایزوتوپ ^{137}Cs بدست آورید. با استفاده از جدول (۱) و نمودار کالیبراسیونی که به دست آوردید آیا این مقداری که از تئوری به دست آوردید با مقدر اندازه گیری همخوانی دارد؟

(b) پس پراکنی (backscatter) زمانی اتفاق می افتد که پدیده کامپتون در محیطی غیر از کریستال سنتیلاتور (مثل ماده پوشش و یا محیط یا حفاظ اطراف) اتفاق بیافتد. شکل (۵) از مرجع ۱۰ گرفته شده است که دلالت خوبی است از وقایع مختلفی که می تواند در یک مجموعه چشمه - آشکارساز سنتیلاتور و حفاظ سربی اتفاق بیافتد. گاماهاى پس پراکنی حاصل از این برهم کنشها (E_p) وقتی وارد کریستال می شوند برهم کنش های فوتوالکتریک انجام می دهند. انرژی قله پس پراکنی می تواند از طریق حل معادله (۲) به دست آید.

معادله (۲) را برای گاماهاى پس پراکنی حاصل از ^{137}Cs و نیز گاماهاى $1/33 \text{ MeV}$ ایزوتوپ ^{60}Co ، حل نمائید. انرژیهای اندازه گیری شما (نمودار کالیبراسیون) نسبت به انرژیهای تئوری حاصل از معادله (۲) چگونه اند؟ اگر قله پس پراکنی در طیف شما زیاد واضح نیستند، این مسأله با قراردادن یک لایه جاذب سرب که در پشت چشمه قرار گرفته باشد، و جمع آوری طیف با این وضعیت بهبود یابد.

آزمایش (۴)

هدف

توان تفکیک اسپکترومتر اندازه ای است از توانایی آن در تمایز دو قله ای که انرژی آنها نسبتاً نزدیک به هم می باشد.
توان تفکیک فوتوپیک از طریق حل معادل زیر به دست می آید:

$$R = (\delta ch / ch) \times 100 \quad (۵)$$

R = رزولوشن بر حسب درصد.

δch = عرض قله در نصف شمارش ماکزیموم آن (FWHM)

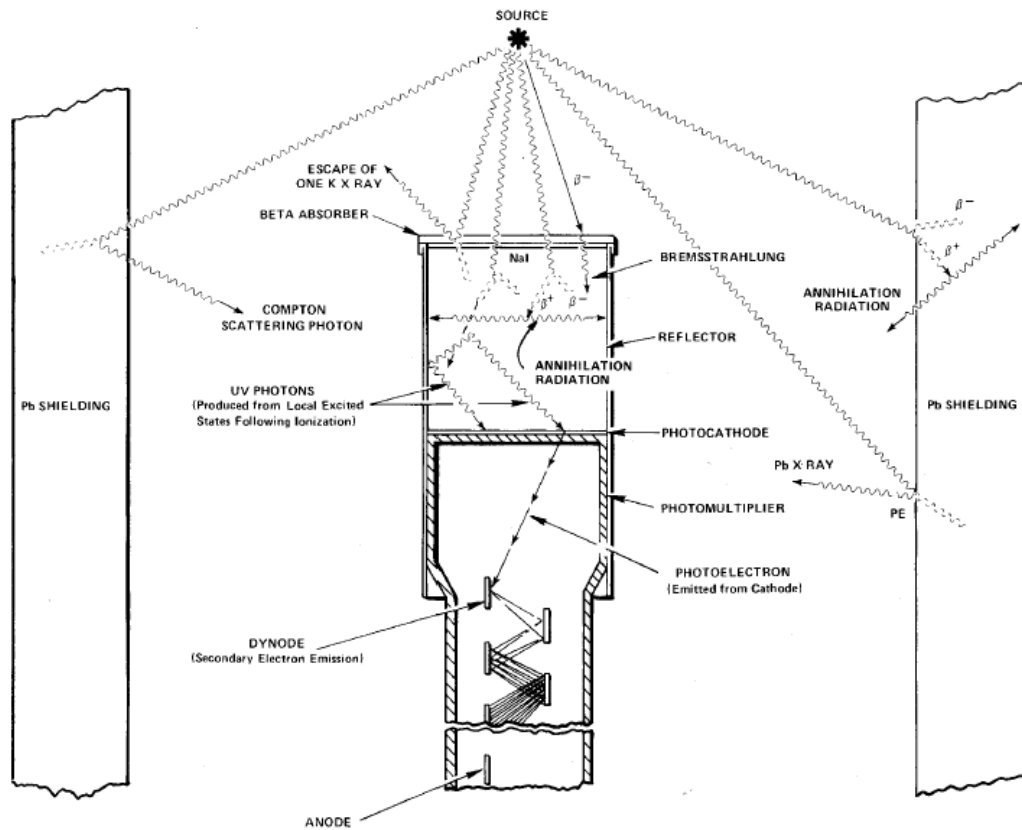
ch = شماره کانال مرکزی قله فوتوپیک.

در شکل (۲) فوتوپیک در کانال ۲۸۰ قرار دارد و FWHM آن برابر است با ۳۲ کانال. از معادله ۵ توان تفکیک ۱۱/۵٪ محاسبه می شود.

تمرین

توان تفکیک سیستم را برای انرژی ۶۶۲KeV

از طیف ^{137}Cs محاسبه کنید. این مقدار را برای مرجع قبلی بدست آورید.



شکل (۵) وقایع مختلفی که در ترکیب چشمه - کریستال آشکارساز و حفاظ اتفاق می افتد.

آزمایش (۵)

پرتوزایی گسیلنده گاما

(روش نسبی)

هدف

در آزمایش های ۱ و ۳ روشهایی برای اندازه گیری انرژی چشمه گامای مجهول ارائه شد. یکی دیگر از کمیت‌های مربوط به چشمه ناشناخته که معمولاً در واحد کوری بیان می شود پرتوزایی است (ثانیه/واپاشی $1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}$) بیشتر چشمه هایی که در آزمایشهای لابراتوارهای هسته ای استفاده می شود در حدود میکرو کوری (μCi) می باشد. هدف این آزمایش ارائه روشی است برای به دست آوردن پرتوزایی یک چشمه، که روش نسبی نامیده می شود.

در استفاده از روش نسبی، فرض می شود که چشمه مجهول به وسیله انرژیهای گاما شناخته می شوند.

برای این مثال، فرض کنید که این چشمه ^{137}Cs باشد. در این پرتوزایی چشمه مجهول با پرتوزایی چشمه استاندارد ^{137}Cs مقایسه می شود. برای سهولت چشمه استاندارد را S_1 و چشمه مجهول را U_1 می نامیم.

روش کار

(۱) چشمه S_1 را در فاصله ۴ سانتی متری از مقابل آشکارساز قرار دهید (یا نزدیک تر بسته به میزان نرخ شمارش حاصل) و طیف را برای بازه زمانی معین جمع آوری نمایید، طیفی مشابه طیف شکل (۲) حاصل می شود.

(۲) از مکان نما (و ماوس) استفاده کنید و جمع زیر فوتوپیک را معین کنید. در مثالی که در شکل (۲) نشان داده شده است این مجموع مربوط به شمار کانالهای بین ۲۴۰ و ۳۲۰ می باشد. این مجموع را Σ_{S1} بنامید.

(۳) طیف MCA را پاک کرده چشمه S_1 را خارج کرده و چشمه U_1 را دقیقاً در همان فاصله چشمه S_1 نسبت به چشمه قرار دهید. طیف را برای همان مدت زمان جمع آوری طیف قبلی جمع کنید. این مجموع را Σ_{U1} بنامید.

(۴) MCA را پاک کنید و چشمه مجهول U_1 را خارج کرده و به همان مدت شمارش زمینه را جمع آوری نمایید.

(۵) شمارشهای زمینه را در همان کانالهایی که برای فوتوپیکهای مراحل ۲ و ۳ استفاده شد جمع بزنید. این مجموع شمارش را Σ_b بنامید.

تمرین

با استفاده از نسبت زیر می توانید پرتوزایی چشمه مجهول، U_1 ، را بیابید :

$$\frac{\text{Activity of } U_1}{\text{Activity of } S_1} = \frac{\Sigma_{U1} - \Sigma_b}{\Sigma_{S1} - \Sigma_b}$$

(۶)

چون راندمان آشکارساز تنها وابسته به انرژی می باشد، چشمه های استاندارد و مجهول نباید یک ایزوتوپ باشند. تنها لازم است که انرژیهای گامای آنها تقریباً یکسان باشند ($\pm 10\%$) در حدی که بتوان به تخمین خوبی از پرتوزایی مطلق چشمه مجهول دست یافت.

آزمایش (۶)

پرتوزایی گسیلنده گاما (روش مطلق)

هدف

پرتوزایی چشمه استاندارد مورد استفاده در آزمایش (۵) می تواند به وسیله روش مطلق تعریف شود. هدف این آزمایش ارائه روشی است برای این تکنیک اندازه گیری. در اینجا چشمه ای که اندازه گیری می شود U_1 می باشد.

روش کار

- چشمه U_1 را در فاصله $9/3$ سانتی متری مقابل آشکارساز قرار دهید.
- طیفی را جمع آوری کنید، به زمان زنده شمارش (Live Time) توجه نمایید.
- با استفاده از مکان نما (و موس) مجموع زیر فوتوپیک Σ_{U_1} را بدست آورید، سپس طیف را پاک کرده چشمه را خارج کنید و طیف زمینه را برای همان مدت زمان قبلی جمع آوری نمایید، سپس Σ_b را بدست آورید. شمارش زمینه در همان کانالهای مربوط به زیر قله قبلی)
- فرمول زیر را استفاده کرده و پرتوزایی U_1 را محاسبه نمایید:

$$\text{Activity of } U_1 = [(\Sigma_{U_1} - \Sigma_b) / t] \times 1 / G \epsilon_p f \quad (7)$$

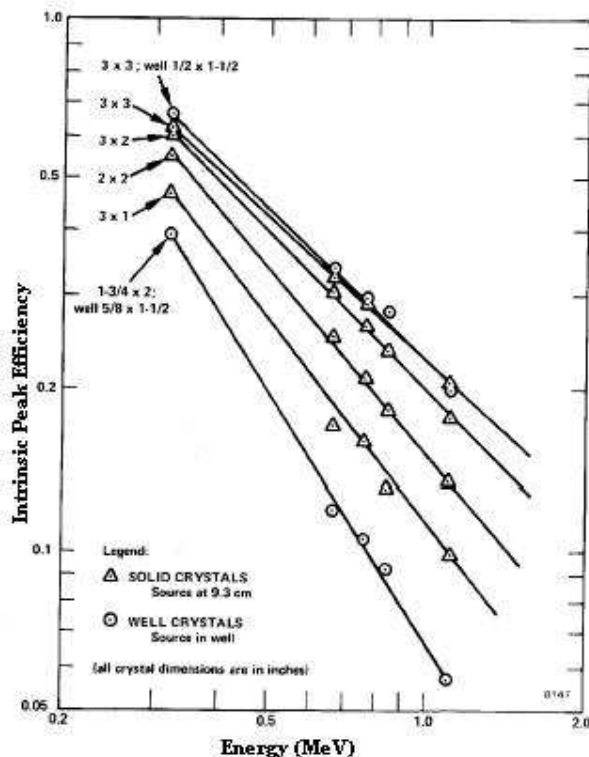
$t =$ زمان زنده شمارش (ثانیه)

$\epsilon_p =$ راندمان ذاتی قله برای انرژی گامای مورد نظر و اندازه آشکارساز مورد نظر. (شکل ۳ و مرجع ۱۰)

f = درصد یا کسر شاخه ای شدن گاما (مشخص کننده اینکه چند درصد از تلاشی ها منجر به وقوع انرژی مشخص می شود. (جدول ۲ و مرجع ۸ و ۷)

جدول (۲) کسر واپاشی گاما (f) برای برخی ایزوتوپهای رایج

ایزوتوپ	انرژی گاما (MeV)	f
^{137}Cs	۰/۶۶۲	۰/۹۲
^{51}Cr	۰/۳۲۳	۰/۰۹
^{60}Co	۱/۱۷	۰/۹۹
^{60}Co	۱/۳۳	۰/۹۹
^{22}Na	۱/۲۷۶	۰/۹۹
^{22}Na	۰/۵۱۱	۰/۹۹
^{54}Mn	۰/۸۴۲	۱/۰۰
^{65}Zn	۱/۱۴	۰/۴۴



شکل (۶) راندمان ذاتی آشکارساز NaI(Tl) برای قله های انرژی های مختلف گاما

$$G = \text{فاکتور تصحیح زاویه فضایی آشکارساز} \left(\frac{\text{cm}^2}{4\pi s^2} \right)$$

$$S = \text{فاصله چشمه از آشکارساز بر حسب سانتی متر}$$

آزمایش (۷)

ضریب جذب جرمی

هدف

هدف از آزمایش اندازه گیری تجربی ضریب جذب جرمی در سرب برای پرتوهای گامای ^{60}Co می باشد.

مراجع ۳ و ۵ در ارتباط با برخورد گاما بحث می کند.

ضریب جذب جرمی کل می تواند به آسانی به وسیله یک اسپکترومتر گاما اندازه گیری شود. در این آزمایش ما تعداد پرتوهای گامایی را که از فوتوپیک، با فرایندهای فوتوالکتریک و کامپتون انجام شده که در جذب سرب بین چشمه و آشکارسازرا اندازه می گیریم (یعنی فوتونهایی اندازه گیری می شود که بدون هیچ اندرکنش (فوتوالکتریک، کامپتون و تولید زوج) در ماده جذب به آشکارساز رسیده است. از قانون لامبرت (Lambert) (مرجع ۱) کاهش شدت تابش در عبور از یک جذب به صورت زیر داده می شوند :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (۸)$$

که در آن :

I = شدت پس از عبور از جذب

I_0 = شدت قبل از ورود به جذب

μ = ضریب جذب جرمی کل (cm^2 / g)

x = ضخامت چگالشی (g / cm^2)

ضخامت دانسیته حاصل ضریب دانسیته (g / cm^3) در ضخامت (cm) می باشد.

ضخامت نیمه لایه (HVL) به صورت ضخامتی از ماده جذب تعریف می شود که شدت پرتوهای ورودی را به نصف می رساند :

$$\ln I/I_0 = -\mu x \quad (۹)$$

اگر $I/I_0 = ۰/۵$ و $x = \text{HVL}$ و بنابراین

$$\text{HVL} = .693 / \mu \quad (۱۰)$$

در این آزمایش μ در سرب برای گاماها ^{60}Co MeV $۰/۶۶۲$ مربوط به ^{137}Cs اندازه گرفته می شود.

مقدار قابل قبول $۰/۱۰۵ \text{ cm}^2/\text{g}$ می باشد. مقادیر برای مواد دیگر در مرجع ۸ موجود است.

روش کار

- ۱) چشمه ^{137}Cs را در فاصله مناسب (فاصله ای که در آن شمارش ها برای داشتن یک استاتیستیک شمارش مناسب کافی می باشد.) از آشکارساز NaI(Tl) قرار داده و طیف را به مدت کافی جمع آوری نمایید. شمارش زیر قله انرژی 0.662 MeV را به اندازه کافی جمع آوری کنید به طوری که $(\Sigma_{\text{Cs}} - \Sigma_{\text{b}})$ حداقل ۶۰۰۰ باشد. $(\Sigma_{\text{Cs}} - \Sigma_{\text{b}})$ معین کنید.
- ۲) MCA را پاک کنید و و یک قطعه سرب جاذب بین چشمه و آشکارساز قرار دهید. طیف را برای مدت زمان مشابه در مرحله اول جمع آوری نمایید. مقدار $(\Sigma_{\text{Cs}} - \Sigma_{\text{b}})$ را معین نمایید.
- ۳) MCA را پاک کنید و یک قطعه سرب دیگر قرار دهید. $(\Sigma_{\text{Cs}} - \Sigma_{\text{b}})$ را بدست آورید. برای ضخامتهای بیشتر سرب، اندازه گیری را تکرار کنید تا جایی که مجموع شمارش کمتر از ۱۰۰۰ تا شود. جدول ۳ را با این داده ها پر کنید.

تمرین

- (a) نمودار I را نسبت به ضخامت جاذب (mg/cm^2) رسم کنید که $I = (\Sigma_{\text{Cs}} - \Sigma_{\text{b}}) / \text{live time}$.
- HVL را از روی این نمودار بدست آورده و مقدار μ را از معادله ۱۰ محاسبه نمایید. مقدار شما در مقایسه با مقدار قابل قبول یعنی $0.105 \text{ cm}^2/\text{g}$ چگونه است؟
- (b) آزمایش فوق را برای کیت های جاذب آلومینیوم تکرار کنید. μ برای آلومینیوم $0.074 \text{ cm}^2/\text{g}$ است.

جدول (۳) داده های مربوط به ضریب جذب جرمی

جاذب	ضخامت جاذب (mg/cm^2)	$\Sigma_{\text{Cs}} - \Sigma_{\text{b}}$
۱	.	
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		

آزمایش (۸)

آنالیز قله مجموع

شکل (۳) دو قله ^{60}Co را نشان می دهد. شکل (۹) شمای فروپاشی ^{60}Co را نشان می دهد. بیشتر اوقات واپاشی به صورت گسیل β به تراز برانگیخته $2/507 \text{ MeV}$ ایزوتوپ ^{60}Ni صورت می گیرد. واپاشی بعدی به تراز انرژی $1/3325 \text{ MeV}$ (یک گامای $1/174 \text{ MeV}$) صورت می گیرد که بلافاصله با گسیل یک گامای $1/3325 \text{ MeV}$ به تراز پایه صورت می گیرد. در آزمایشهای همزمانی نشان داده می شود که این دو گاما عملاً همزمان با یکدیگر می باشند و دارای یک همبستگی زاویه ای هستند که از یک توزیع همسانگرد زاویه ای حدود 16% انحراف دارد. در این آزمایش ما می توانیم فرض کنیم که هر کدام از این گاماها به صورت همسانگرد توزیع شده اند. به عبارت دیگر، اگر γ_1 در یک جهت معین گسیل شود در این صورت γ_2 می تواند در هر زاویه ای در بازه 4π استرادیان دلخواه گسیل شوند. احتمال معینی وجود دارد که در جهت همان γ_1 گسیل شود. اگر این پدیده در بازه زمانی قابل آشکارسازی^۱ مربوط به آشکارساز مورد نظر اتفاق بیافتد γ_1 و γ_2 با هم جمع می شوند و بنابراین یک قله مجموع در طیف دیده خواهد شد. اگر مجموع زیر قله γ_1 را با Σ_1 نشان دهیم خواهیم داشت :

$$\Sigma_1 = \varepsilon_1 G f_1 t A \quad (11)$$

که در آن A پرتوزایی نمونه و t زمان است. در یک محاسبه مشابه، مجموع زیر قله γ_2 ، Σ_2 عبارت است از

$$\Sigma_2 = \varepsilon_2 G f_2 t A \quad (12)$$

از معادلات ۱۱ و ۱۲ تعداد شمارشهای زیر قله مجموع عبارت خواهد بود از :

$$\Sigma_s = \varepsilon_1 \varepsilon_2 f_1 f_2 G^2 A t [W(0^0)] \quad (13)$$

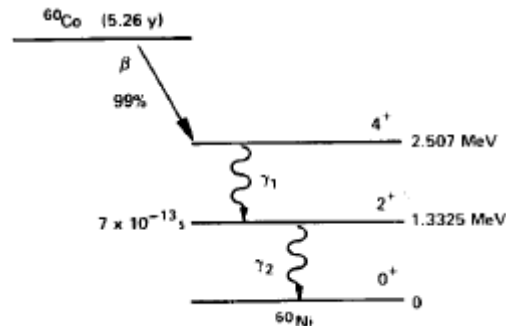
که در آن $W(0^0)$ جمله ای است که مربوط به تابع همبستگی زاویه ای است. برای مورد ^{60}Co معادله

$$(\Sigma_s)_{60\text{Co}} \approx \varepsilon_1 \varepsilon_2 G^2 A t \quad (14)$$

که در آن $W(0^0) \approx 1.0$ می باشد.

¹ Resolving Time

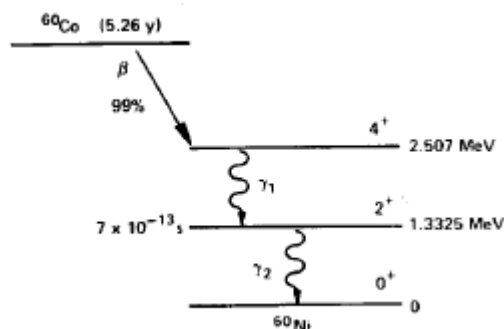
در این آزمایش مانشان می دهیم که قله مجموع برای ^{60}Co دارای انرژی $2/507 \text{ MeV}$ بوده و مجموع شمارش آن با معادله (۱۴) داده می شود.



شکل (۷) شمای فروپاشی ^{60}Co

روش آزمایش

- (۱) الکترونیک نشان داده شده در شکل (۱) را برپا کنید.
- (۲) از چشمه های گامایی که در اختیار دارید برای کالیبراسیون MCA استفاده نمائید، طوری که رنج انرژی کامل حدود 3 MeV ~ شود. به عبارتی اگر از کل کانالهای NTMCA که ۲۰۰۰ تا است استفاده می کنید قله انرژی $0/662$ مربوط به ^{137}Cs تقریباً روی کانال ۴۴۳ می افتد.
- (۳) منحنی کالیبراسیونی مشابه آزمایش (۱) رسم نمائید.
- (۴) چشمه ^{60}Co را دقیقاً در فاصله $9/3 \text{ cm}$ از آشکارساز قرار دهید. برای بازه زمانی به اندازه کافی طولانی شمارش را انجام دهید به طوری که شمارش زیر قله مجموع به حدود تقریباً ۱۰۰۰ شمارش برسد.

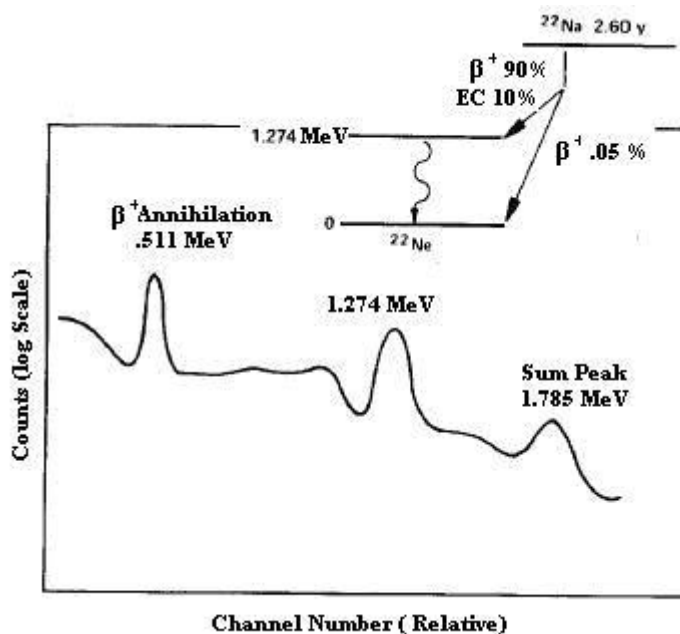


شکل (۹) شمای فروپاشی ^{60}Co

تمرین

(a) با یک بازنگری به طیف از مقدار $2/507 \text{ MeV}$ بودن انرژی قله مجموع مطمئن شوید. شمارش زمینه را از شمارش کل زیر این قله کم کنید و با استفاده از معادله (۱۴) صحت این مقدار را تحقیق نمائید.

(b) این آزمایش را با چشمه ^{22}Na تکرار نمائید. شکل (۱۰) شمای واپاشی ^{22}Na و یک طیف نوعی با قله مجموع موجود را نشان می دهد.



شکل (۱۰) قله مجموع برای ^{22}Na

منابع

- 1) G. F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley and Sons, New York (1979)
- 2) J. B. Birks, The Theory and Practice of Scintillation Counting, Pergamon Press, Oxford (1964)
- 3) S. M. Seafrent, Ed., Scintillation Spectroscopy of Gamma Radiation, Gordon and Breach, London(1967).
- 4) K. Siobhan, Ed., Alpha, Beta and Gamma Spectroscopy, North Holland Publishing Co., Amsterdam(1968)
- 5) P. Quittner, Gamma Ray Spectroscopy, Halsted Press, New York(1972)

- 6) W. Mann and S. Garfinkel, Radioactivity and its Measurement, Van Nostrand-Reinhold, New York(1966)
- 7) C. M. Lederer and V. S. Shirley, Eds., Table of Isotopes, 7th Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York(1978)
- 8) Radiological Health Handbook, U.S.Dept. Of Health, Education, and Welfare, PHS Publ. 2016. Available from National Technical Information Service, U. S. Dept. of Commerce, Springfield, Virginia.
- 9) 14th Scintillation and Semiconductor Counter Symposium, IEEE Trans. Nucl. Sci. ns-22(1) (1975)
- 10) R. L. Heath, Scintillation Spectrometry, Gamma-Ray Spectrum Catalog, 1 and 2, Report No. IDO- 16880. Available from the National Technical Information Center. U. S. Dept. of Commerce, Springfield, Virginia.