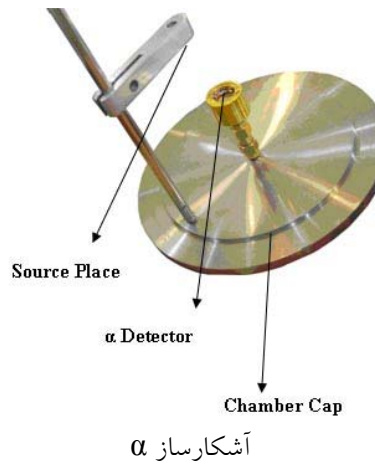


دستور کار آزمایشهای مربوط به
آشکار ساز سد سطحی

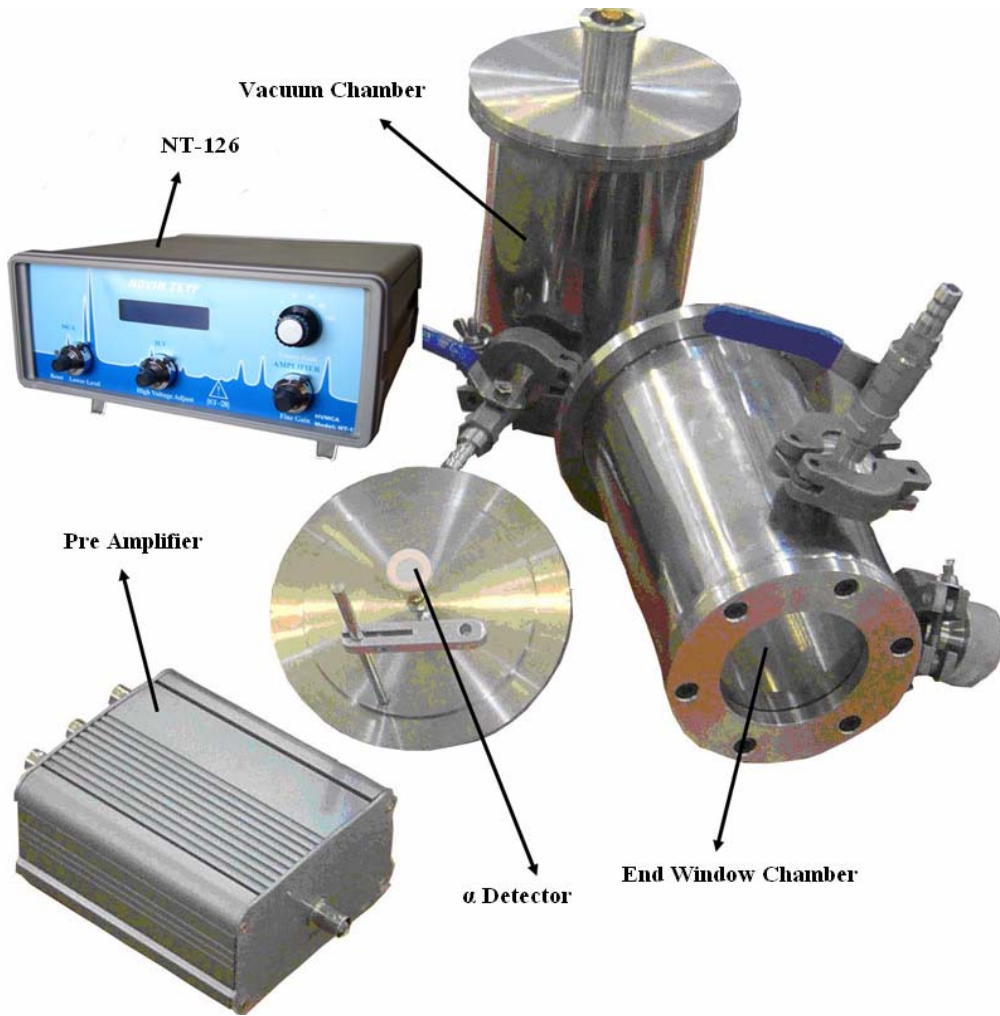
Surface Barrier



NT-126



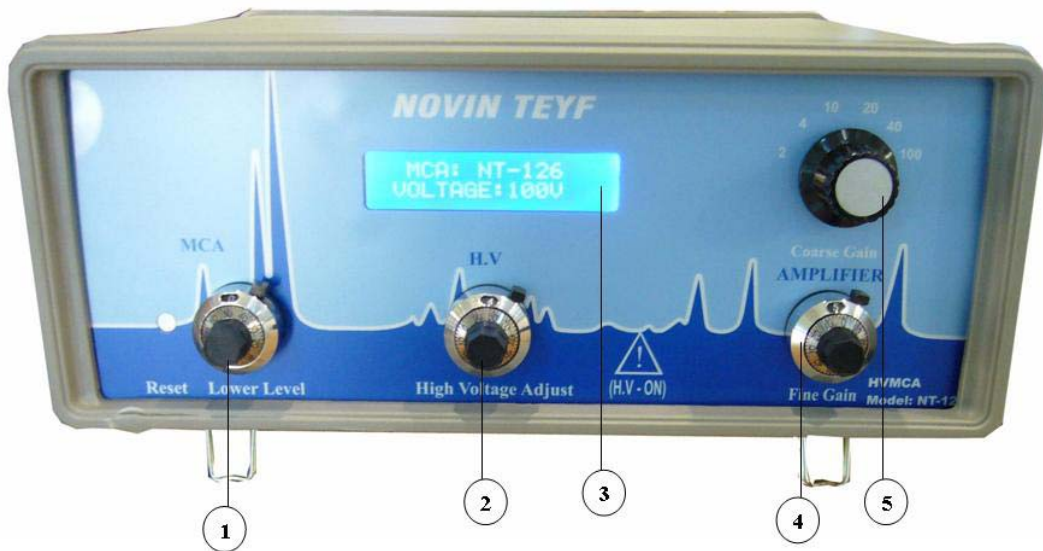
اتاقک خلأ جهت اسپکتروسکوپی α



مجموعه α - اسپکٹروسکوپی

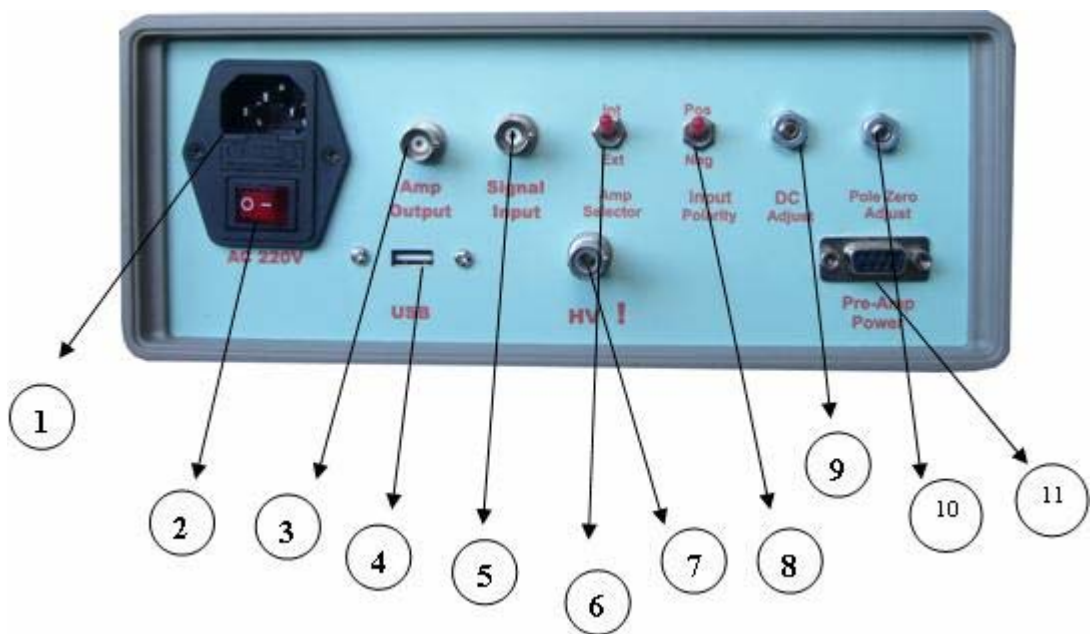
NTMCA

Model: NT126



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

- (۱) پتانسیومتر تنظیم کانالهای اولیه ADC (NTMCA (Analog to Digital Converter) که به وسیله آن می توان تعداد کانالهای مورد نیاز برای ذخیره اطلاعات انرژی، ماکزیموم تعداد کانالهای این MCA حدود ۲۰۰۰ کانال می باشد.)
- (۲) پتانسیومتر تنظیم ولتاژ آشکارساز آلفا
- (۳) نمایشگر (زمان)
- (۴) پتانسیومتر تنظیم ریزتر و دقیق بهره تقویت کننده. به این وسیله می توان تقویتی در بازه صفر تا ۱ ولت را روی پالس ورودی به تقویت کننده دستگاه انجام داد.
- (۵) پتانسیومتر تنظیم واحدی و بزرگتر برای تقویت کننده. به این وسیله می توان تقویت های بزرگتر از صفر تا ۱۰ ولت روی پالس ورودی به تقویت کننده دستگاه انجام داد.

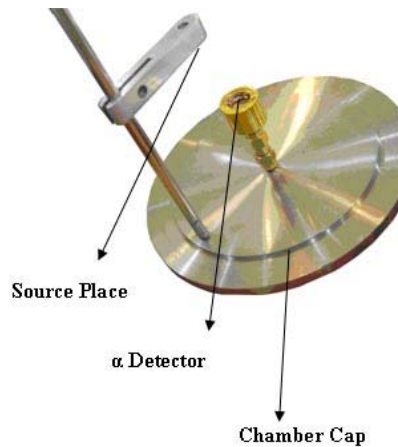


- 1) Power Cable
- 2) Power On/Off Switch
- 3) Amplifier Output
- 4) USB Port
- 5) Signal Input
- 6) Amplifier Selector
- 7) High Voltage
- 8) Input Polarity
- 9) DC Adjustment
- 10) Pole Zero Adjustment
- 11) Pre Amplifier feeding

- (۱) پورت کابل تغذیه
- (۲) سوئیچ روشن / خاموش برق
- (۳) خروجی پالس تقویت کننده
- (۴) پورت USB
- (۵) ورودی پالس از آشکارساز سد سطحی
- (۶) سوئیچ انتخاب ورودی / خروجی تقویت کننده
- (۷) ورودی منبع تغذیه از تقویت کننده (Preamplifier)
- (۸) تنظیم پلاریته پالس ورودی از تقویت کننده اولیه برای تقویت کننده
- (۹) تنظیم بخش DC موجود در پالس خروجی از تقویت کننده (که با مشاهده در اسیلوسکوپ و تنظیم به وسیله این پیچ ساعتی می توان آن را تنظیم کرد.)
- (۱۰) تنظیم کننده Pole / Zero (انحراف لبه پایین رونده پالس خروجی از تقویت کننده از خط یا محور اصلی)
- (۱۱) تغذیه تقویت کننده اولیه

توضیحات مختصری در خصوص نحوه راه اندازی سیستم :

- اتصالات سیستم را به این ترتیب انجام دهید:
- آشکارساز سدسطحی را در محل مربوطه زیر درپوش اتاقک خلا قرار دهید. این محل در شکل زیر نشان داده شده است.



- چشمه را نیز در محل آن مقابل چشمه در فاصله ای نسبت به آشکارساز که در آزمایش تعیین می شود قرار دهید.
- درپوش اتاقک را بگذارید خروجی سیگنال آن را مانند شکل به ورودی سیگنال تقویت کننده اولیه و نیز شلنگ پمپ خلا را مانند شکل به ورودی خلا آن متصل نمایید.





- مانند شکل زیر مابقی اتصالات را نیز انجام دهید : خروجی پالس را از تقویت کننده اولیه به ورودی پالس دستگاه NTMCA وصل کنید. از تغذیه تقویت کننده اولیه به پورت تغذیه این دستگاه مانند شکل وصل نمائید. از High Voltage تقویت کننده اولیه یک کابل به پورت مربوطه در پنل پشتی دستگاه NTMCA نیز وصل نمائید.



- کابل برق دستگاه NTMCA را نیز به برق شهر وصل کرده و کابل USB آن را نیز به کامپیوتر وصل نمائید.

- در این مرحله پمپ خلأ را روشن نموده و به مدت زمانی که در آزمایش قید شده است خلأ دهید.

- سیستم آماده اندازه گیری است. آن را روشن نموده نرم افزار جمع آوری طیف را که قبلاً در کامپیوتر نصب نموده اید باز کرده و آرام آرام ولتاژ دستگاه NTMCA را تا ولتاژ معمول کاری آشکارساز بالا ببرید. روی نمایشگر دستگاه می توانید عدد دیجیتالی ولتاژی که می دهید ملاحظه نمائید. طیف چشمه را با وجود خلأ جمع آوری کنید. بعد شیر خلأشکن کنار اتاقک را باز کنید تا خلأ بیافتد. آنگاه مجدداً طیف بگیرید و مقایسه کنید.

در ادامه چند آزمایش برای استفاده از این سیستم ارائه می شود که تمرین خوبی برای استفاده کننده از این مجموعه می باشد.

فصل اول

اسپکترومتري α

هدف

هدف از این آزمایش آشنا شدن دانشجو، با نحوه استفاده از آشکارسازهای ذرات باردار و مطالعه برخی خصوصیات گسیلنده آلفا می باشد.

کاربرد

آشکارسازهای ذرات باردار سالهاست که در تحقیقات هسته ای تجربی مورد استفاده قرار گرفته اند. آنها آشکارسازی ذرات باردار را دچار تحول نموده اند.

آشکارسازهای نیمه هادی X و گاما در بحث آشکارسازی فوتونی بسیار توسعه یافته اند.

آشکارسازهای نیمه هادی ذرات باردار در بسیاری بازه های انرژی می توانند مورد استفاده قرار گیرند که از الکترونها با انرژی ۲۰ KeV گرفته تا یونها سنگین با انرژی ۲۰۰ MeV می تواند باشد. رزولوشن ذاتی این آشکارسازها بالایی باشند. پالسهای خروجی آشکارساز به سرعت بالا می آیند بنابراین در کاربردهای زمان گیری به وسیله مدار همزمانی یا مدارهای تبدیل زمان به ارتفاع پالس (TACs) گزینه بسیار مناسبی هستند.

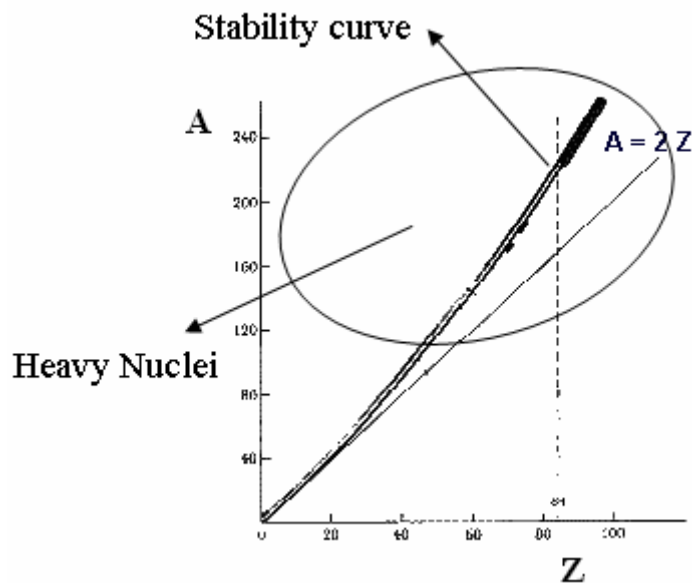
راندمان این دتکتورها برای حجم حساسشان به طور موثر ۱۰۰ درصد می باشد و منحیهای ارتفاع پالس به انرژی آنها در برد موثر آنها خطی می باشد. آنها داری پایداری ارتفاع پالس خوبی در طولانی مدت می باشند؛ به خصوص وقتی با آشکارسازهای دیگری نظیر سیتیلاتورها، اتاقکهای یونش و تناسبی مقایسه می شوند. در نهایت، اندازه کوچک و فشرده بودن آنها به آسانی امکان قرار گرفتنشان را در هر هندسه شمارش ممکن می سازد. علت دیگر اهمیت آنها در بازار آموزش، این است که آنها نسبتاً ارزان هستند.

تئوری

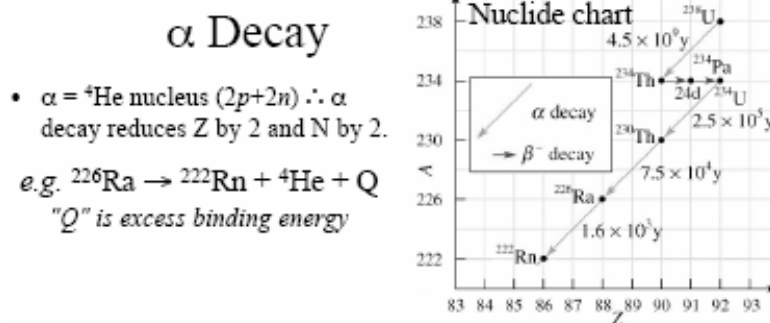
چشمه های آلفا

توجه : هسته های α از عمدتاً هسته های سنگین ناپایداری (شکل ۱) می باشند که برای رسیدن به حالت پایداری به بکباره با گسیل ذرات سنگینی نظیر هسته هلیوم (آلفا)، که حاوی دو نوترون و دو پروتون می باشد، و تکرار این نوع فروپاشی به دفعات، با نیمه عمر واپاشی معین، در هر واپاشی آلفا ۴ واحد از جرم اتمی خود را از دست داده و تبدیل به هسته دختر سبک تری نسبت به هسته مادر می شوند.

در مورد چشمه های آلفا همواره خطر احتمال آلودگی توسط افرادی که آن را حمل می کنند وجود دارد. بنابراین هرگز روی چشمه را با انگشت لمس نکنید. اکثر چشمه های آلفا به صورت لایه نشانی شده روی لایه ای از پلاتین ساخته می شوند. چشمه رادیواکتیو واقعی معمولاً یک لکه ای است به قطر تقریبی یک میلی متر که در مرکز دیسک لایه نشانی شده است. اگر شما به دقت نگاه کنید، قادر به مشاهده این لایه خواهید بود. چشمه آلفا را همواره با گرفتن کناره های دیسک حمل کنید.



(a)



(b)

شکل (1) (a) جزیره پایداری هسته ها و جایگاه هسته های سنگین در آن (b) شمای واپاشی α

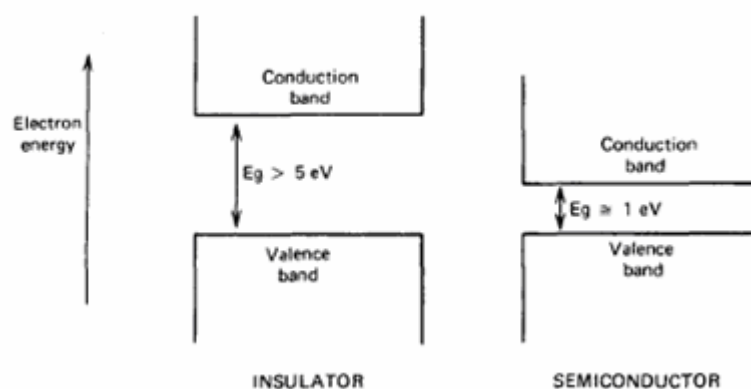
آشکارسازهای سد سطحی

در بسیاری کاربردهای آشکارسازی تابشهای هسته ای، استفاده از محیط آشکارسازی جامد دارای مزیت زیادی می باشد. برای اندازه گیری الکترونیهای پرنرژی و پرتوهای گاما، ابعاد آشکارساز می تواند بسیار کوچکتر از آشکارساز گازی معادل نگاه داشته شود، چون دانسیته جامدات حدود هزار بار بزرگتر از آشکارسازهای سینتیلایون می باشد.

یکی از محدودیتهای اساسی شمارنده های سینتیلاتور تفیک انرژی ضعیف آنها می باشد. زنجیره وقایعی که باید در تبدیل انرژی تابش فرودی به نور اتفاق بیافتد و تولید بعدی سیگنال الکتریکی شامل مراحل غیر موثر زیادی است. بنابراین، انرژی مورد نیاز برای تولید یک حامل بار (یک فوتو الکترون) تقریباً ۱۰۰ الکترون ولت یا بیشتر می باشد، و تعداد حاملهای بار تولید شده در برهم

کنش یک تابش نوعی تقریباً بیشتر از چند هزار نیست. توزیع آماری پالس خروجی بزرگ می باشد و در راستای بهبود آن کاری نمی توان انجام داد.

تنها راه کاهش توزیع آماری افزایش تعداد حاملهای بار مولد پالس مربوطه می باشد. استفاده از مواد نیمه هادی به عنوان آشکارساز می تواند منجر به تولید تعداد بیشتری از حاملهای بار شود. در نتیجه تفکیک بهتری با استفاده از آشکارسازهای نیمه هادی حاصل می شود. حاملهای اطلاعات بنیادی در آشکارسازهای نیمه هادی الکترون-حفره می باشد که در طول مسیر عبور ذرات باردار (تابش اولیه یا ذرات ثانویه) در آشکارساز، تولید می شود. جفت



شکل (۲) ساختار باندهای انرژی الکترونی برای رساناها و نیمه رساناها

الکترون-حفره شبیه جفت یون ایجاد شده در آشکارسازهای گازی می باشند. حرکت آنها در میدان الکتریکی اعمالی، سیگنال الکتریکی مورد نظر را در آشکارساز تولید می کند. علاوه بر تفکیک انرژی بالا، آشکارسازهای حالت جامد دارای مزیت های دیگری نیز می باشند. از جمله اندازه فشرده آنها، مشخصات زمان گیری نسبتاً سریع آنها و ضخامت موثر آنها که می توانند بر هر کاربرد مورد نظر منطبق شوند. از میان مواد نیمه هادی موجود، سیلیکون در بین آشکارسازهای دیودی اولین بار برای اسپکتروسکوپی ذرات باردار مورد استفاده قرار گرفت. در فلز بالاترین باند انرژی پر نمی باشد. بنابراین الکترونها می توانند به آسانی در ماده از تعاش کنند به خاطر اینکه خود را به حالت پایدار پر یا نیمه پر برسانند. بنابراین فلزات با رسانایی بالایشان شناخته می شوند. در نیمه رساناها و عایقها الکترون ابتدا باید از باند ممنوعه عبور کنند تا به باند ظرفیت برسند بنابراین رسانایی چندین بار کمتر از فلزات است. (شکل ۲)

در دمای غیر صفر برخی از الکترونها می توانند با به دست آوردن انرژی به باند ظرفیت برسند. از بعد فیزیکی این فرایند بیانگر برانگیختگی الکترونی در بخشی از باند کووالانس است، به طوری که الکترون می تواند باند انرژی خود را ترک کرده و در سراسر کریستال منتشر شود. فرایند برانگیختگی با تولید الکترون، علاوه بر به جا گذاشتن باند خالی ظرفیت از طرف دیگر خلأیی به جا می گذارد به نام حفره. ترکیب این دو زوج الکترون - حفره نامیده می شود که می تواند مشابه زوج یون در گاز باشد. الکترون باند ظرفیت می تواند تحت تاثیر میدان الکتریکی به حرکت واداشته شود. حفره که معرف بار الکتریکی مثبت محض می باشد در میدان الکتریکی به حرکت واداشته می شود، ولی در جهتی مخالف با الکترون. حرکت هر دوی این بارها هدایت الکتریکی حاصل می شود.

در یک نیمه رسانای خالص، همه الکترونها در باند هدایت و همه حفره ها در باند ظرفیت به وسیله برانگیزش حرارتی ایجاد می شوند و تعداد الکترون حفره ها برابر می باشد. چنین ماده ای نیمه رسانای ذاتی نامیده می شود. خصوصیات الکتریکی مواد واقعی وابسته به سطوح ناخالصی کوچکی در آنهاست. ماده نوع n بیانگر غلظت الکترونها در باند رسانایی می باشد. در حالت عادی برانگیزش ووانگیزش الکترونها از باند ظرفیت به رسانش

وعکس آن و باز ترکیب الکترونها و حفره ها، تعادلی را بین آنها برقرار می کند، یعنی در حالت عادی تعداد جمعیت الکترونها و حفره ها برابر می باشد.

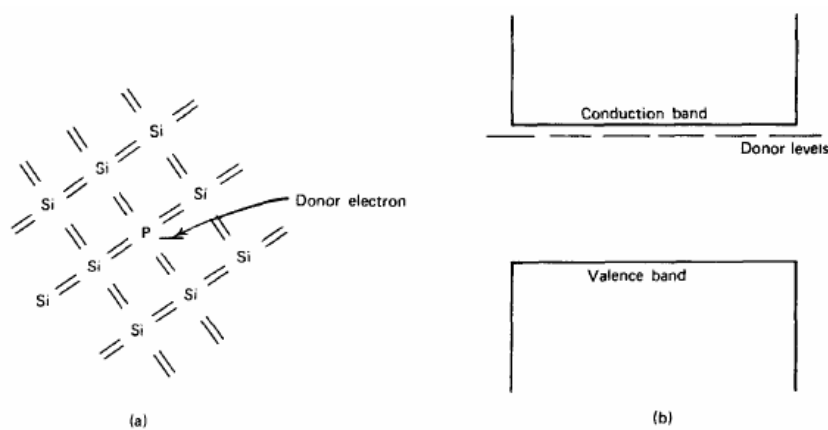
$$n_i = p_i$$

ناخالصی نوع n-

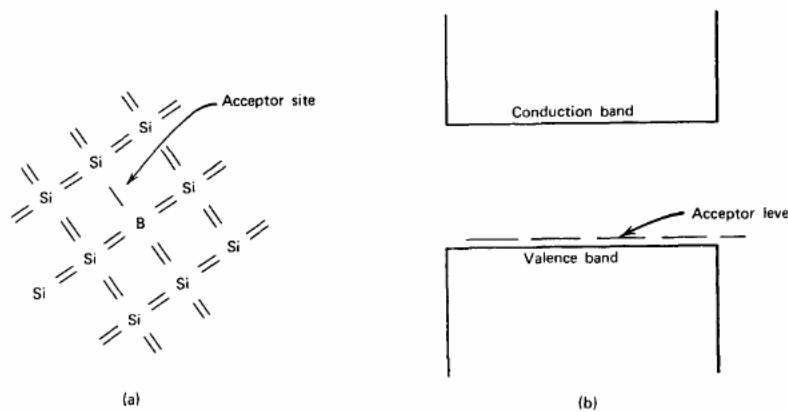
حال اگر اندکی ناخالصی در نیمه رسانا اعمال شود مثلا ماده ای از گروه پنجم جدول تناوبی به ماده افزوده شود، این ماده الکترون اضافه ای به ماده خالص می افزاید که این الکترون اضافه می تواند مکانهای خالی موجود در کریستال را اشغال نماید. به این نوع ناخالصی که یک الکترون به ساختار بلور اضافه می کند اصطلاحاً "ماده دهنده" می گویند. (donor impurities). چون این ناخالصیها بخشی از کریستال نیستند الکترونها اضافی مربوط به آنها می توانند مکانهایی داخل باند ممنوعه را اشغال نمایند. این الکترونها انرژی نزدیک به انرژی انتهای باند ممنوعه خواهند داشت مانند شکل (۳). این فاصله انرژی بین این سطوح الکترونها دهنده و باند هدایت به قدر کافی کوچک است و احتمال برانگیزش حرارتی بسیار زیاد است به طوری که کسر بزرگی از ناخالصی های دهنده یونیزه می شوند.

ناخالصی نوع p-

افزودن ناخالصی از نوع سه ظرفیتی نظیر عناصر گروه سوم جدول تناوبی به کریستال سیلیکون شرایطی را منجر می شود که در شکل (۴) نشان داده شده است. چنانچه این ناخالصی ها جانشین اتمهای کریستالی شوند دارای یک الکترون ظرفیت خالی می باشند. این خلا الکترونی تولید یک جالی خالی نظیر حفره خواهد کرد که شبیه همان حفره ای است که وقتی در حالت عادی الکترون از باند ظرفیت به باند هدایت می رود به جا می ماند، ولی مشخصه های انرژی آن اندکی متغیر می باشد. هر گاه الکترونی جذب شود که این مکان خالی را پر نماید این الکترون وارد یک پیوند کووالانسی با کریستال خواهد شد که نسبت به پیوند الکترونیهای خود کریستال پیوند ضعیف تری خواهد بود. بنابراین این ناخالصی های از نوع پذیرنده سایت های الکترونی را در میان باند انرژی ممنوعه ایجاد می کنند. در این حالت سطوح پذیرنده نزدیک باند ممنوعه قرار می گیرند، چون خصوصیاتشان کاملا شبیه به سایت های اشغال شده به وسیله الکترونیهای باند ظرفیت می باشد.



شکل (۳) (a) ناخالصی نوع دهنده (فسفر) در کریستال Si (b) سطوح انرژی ماده دهنده تولید شده در باند انرژی ممنوعه سیلیکون



شکل (۴) (a) ناخالصی نوع گیرنده (بورون) افزوده شده به کریستال سیلیکون (b) سطوح انرژی مربوط به ماده پذیرنده در باند انرژی ممنوعه کریستال

زمانی که ذرات فرودی با نیمه هادی برهم کنش می کنند، الکترونها از باند ظرفیت به باند هدایت انتقال می یابند. اندازه باند ممنوعه تغییر می کند و در برخی از مواد می تواند به کوچکی یک الکترون ولت باشد. در این مورد انرژی مورد نیاز حدود ۴-۳ الکترون ولت است جهت تولید یک زوج الکترون - حفره. زمانی که یک ذره باردار با یک انرژی جنبشی ۱ مگا الکترون ولت متوقف می شود $10^6 * 3$ زوج الکترون حفره تولید می شود. این نتایج منجر به یک توزیع آماری در حدود ۰/۲ درصد خواهد شد که به این معنی است که رزلوشن آشکارسازهای نیمه هادی بسیار بیشتر از آشکارسازهای سینتیلاتور می شود. حتی اتاقک یونش گازی دارای رزلوشن کمتری است چون نیازمند تقریباً " ۳۰ الکترون ولت انرژی برای تولید یک جفت یونی در گاز می باشد.

یک ماده آشکارسازی خوب باید دارای ناخالصی نباشد که حاملهای بار را خیلی سریع جذب نماید. این شرایط در برخی نیمه هادیا دیده می شود.

در یک نیمه هادی نوع n این حرکت الکترونها در باند هدایت است که رسانایی را منجر می شود و در یک آشکارساز نوع p الکترونها مابین اتمهای اطراف و فازهای با بار مثبت که تولید شده اند می توانند حرکت کنند.

هر دو نوع مواد آشکارسازی می توانند از طریق افزودن موادی که دهنده و پذیرنده نامیده می شوند تولید شوند. سیلیکون می تواند برای مثال به وسیله فسفر یا ایندیوم دوپ شود. آنها سطوح انرژی تولید خواهند کرد که زیر باند رسانایی ولی بالای باند ظرفیت قرار می گیرد که برانگیختگی های حرارتی تولید می کند به سمت باند هدایت یا به باند ظرفیت. فرایندهای رسانایی مربوطه سپس با استفاده از الکترونها (در نوع n) یا با استفاده از حفره ها (در نوع p) انجام می شود. اگر در یک کریستال اتصال p-n ایجاد نماییم الکترونها در فضای n پراکنده می شوند، برخی از آنها به سمت ناحیه p که در آن تعداد الکترونها اندک می باشند، پخش می شوند. در فرایندی مشابه حفره ها از ناحیه p به ناحیه n نفوذ می کنند. ما این القاگرهای با بار مثبت را در ناحیه n و پذیرنده های با بار منفی در ناحیه p را به عنوان اتمهای اخلاکگر می شناسیم. این اتمهای اخلاکگر ثابت هستند و نمی توانند از فرایند پخش حاملهای اکثریت پیروی نمایند؛ این مساله باعث می شود در ناحیه اتصال p-n مقداری بار فضایی مثبت در جوار ناحیه n و مقداری بار فضایی منفی در ناحیه p ایجاد شود. میدان الکتریکی حاصل از این بارها اختلاف پتانسیلی بین نواحی n و p ایجاد می کند که موجب تولید جریانی از الکترونها برانگیخته یا حفره ها در خلاف جهت هم می شوند. ما تعادل دینامیکی را حس خواهیم کرد که در آن انتقال خالص باری نخواهیم داشت. فضای بین بارهای فضایی

نسبت به سایر فضای کریستال دچار نقصان بار خواهد شد و می تواند یک میدان الکتریکی را حفظ کند. این همان ناحیه ای است که به ناحیه تهی معروف است.

عرض ناحیه تهی، Z_0 ، وابسته به تعداد ناخالیها در واحد حجم و نیز پتانسیل الکتریکی اعمالی، V_0 ، (بایاس معکوس که ناحیه N را در مقایسه با ناحیه P مثبت تر می کند). اگر ρ مقاومت ناحیه n باشد:

$$Z_0 \approx (\rho \cdot V_0)^{1/2}$$

برای Si می توان به ناحیه تهی تا حدود ۵mm هم رسید اگر مقاومت به قدر کافی بالا باشد.

دو نوع آشکارساز p-n توسعه پیدا کرده است:

۱) آشکارسازهای نوع دیفیوژن که در آن یک ناخالصی دهنده نظیر فسفر به یک کریستال سیلیکون نوع p (که مثلاً با بورون دوپ شده است) افزوده می شود و یک ناحیه تهی ایجاد می کند.

۲) آشکارساز سد سطحی که در آن ی لایه نوع n به سطح سیلیکون نوع p افزوده می شود به وسیله دیفیوژن اتمهای فسفر در کریستال نوع p. اتصال از طریق نشانیدن بخار طلا روی آن حاصل می شود.

تشکیل مدل سطحی (آشکارسازهای سد سطحی) با استفاده از دستورالعملهایی که به صورت تجربی شکل گرفته اند صورت می گیرند. یکی از روشهای معمول لایه نشانی سطح است، به وسیله بخار دادن یک لایه نازک طلا برای اتصال الکتریکی. بهترین نتایج زمانی اصل می شود که بخار دادن تحت شرایطی صورت گیرد که اکسیداسیون اندکی را به سطح تحمیل کند. لایه اکسید بین طلا و سیلیکون به وضوح نقش مهمی را در خصوصیات نهایی آشکارساز سد سطحی خواهد داشت.

آشکارسازهای سد سطحی همینطور می توانند با شروع از یک کریستال نوع p و بخار دادن آلومینیوم برای ساختن یک اتصال نوع n ساخته شوند.

یکی از معایب آشکارساز سد سطحی حساسیت آنها به نور است. یک پنجره ورودی کوچک شفاف به عبور نور است، و فوتونهای برخوردی به سطح آشکارساز از طریق آن می توانند به حجم حساس برسند. انرژی فوتونهای نور مرئی ۴-۲ الکترون ولت می باشد که بزرگتر از انرژی باند ممنوعه بیشتر نیمه رساناها می باشد، و جفتهای الکترون - حفره می توانند از طریق برهم کنش فوتونی تولید شوند. نور معمولی اتاق می تواند نویز نوری را در این آشکارساز موجب شود، ولی برای آشکارسازی بسیاری از ذرات باردار اتاقک خلأ لازم می باشد. این اتاقک خلأ نویزهای حاصل از نور را نیز کاهش می دهد. پنجره باریک موجود خود می تواند موجب آسیب دیدن

دتکتور به واسطه بخار شود، بنابراین پنجره جلویی دتکتور نباید مستقیماً به وسیله دست لمس شود

آزمایش (۱)

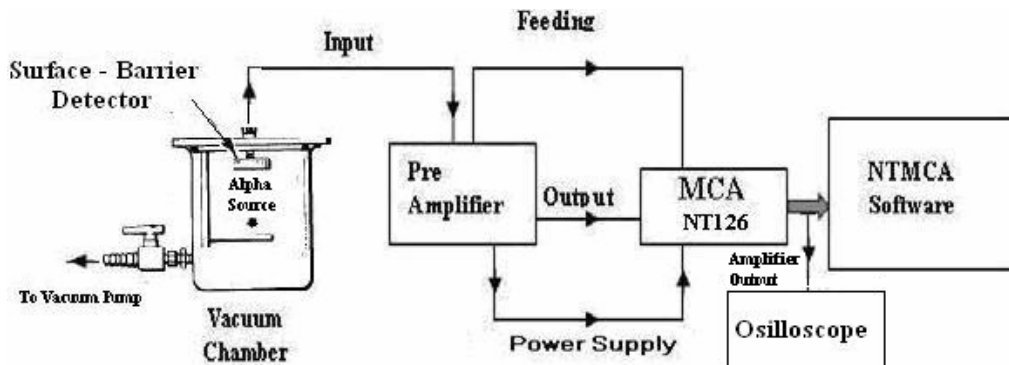
کالیبراسیون انرژی

ابزار مورد نیاز:

اتاقک خلأ به همراه پمپ خلأ، Preamplifier، دستگاه اسپکتروسکوپی NT126، نرم افزار جمع آوری طیف NTMCA و کامپیوتر، اسیلوسکوپ، چشمه های α شامل ^{210}Po ،

روش کار:

- ۱) ابزار نشان داده شده در شکل (۵) را مطابق نمونه به هم وصل کنید.
- ۲) مطابق دستورات ذیل تنظیمات را انجام دهید:
 - فاصله چشمه را تا آشکارساز، در داخل اتاقک خلأ، به اندازه ۱ سانتی متر تنظیم نمایید.
 - از خروجی اتاقک خلأ (یا آشکارساز) به ورودی Preamplifier وصل نمایید.
 - از خروجی Preamplifier به ورودی سیگنال NT126 وصل نمایید.
 - از تغذیه Preamplifier به پورت تغذیه MCA (۵) وصل نمایید.
 - از پورت منبع تغذیه Preamplifier به پورت منبع تغذیه NT126 (۱۱) وصل کنید.
 - اتاقک خلأ را به وسیله پمپ تا ۵۰۰ میکرو متر خلأ دهید. (اگر شیر تنظیم خلأ وجود نداشته باشد مدت زمان پمپاژ ۲ دقیقه جهت رسیدن به خلأ مورد نظر کافی می باشد).

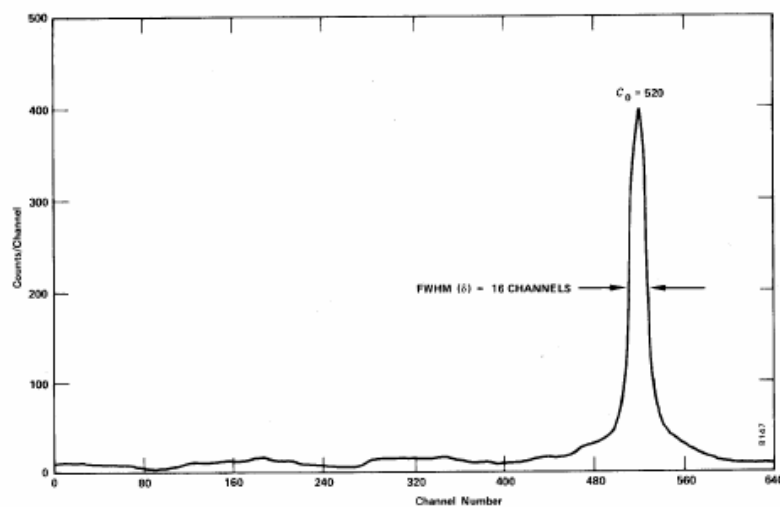


شکل (۵) مدار اسپکتروسکوپی α

- در قسمت تنظیمات پشت NT126 پلاریته مثبت تقویت کننده (۸) را به وسیله سویچ مورد نظر انتخاب نمائید.
- پالسر را روشن نموده و پلاریته مثبت را برای پالس خروجی آن انتخاب نمائید، و خروجی تضعیف شده (attenuated) را انتخاب نمائید.
- پلاریته بایاس مولد پالس (پالسر) را منقی اختیار کرده و ولتاژ را به آرامی بالا ببرید، تا مقداری که در مشخصه آشکارساز جهت ولتاژ کاری آن قید شده است؛ ولتاژ به قدری باید بالا رود که افت ولتاژ ناشی از مقاومت بزرگ موجود در Preamplifier جبران شود.
- با افزایش بهره تقویت کنندگی تقویت کننده موجود در NT126 ارتفاع پالس خروجی از آن را روی اسیلوسکوپ به $5V$ برسانید. چشمه آلفا ^{210}Po مورد استفاده در این آزمایش دارای انرژی 5.31MeV می باشد. اکتیویته چشمه ($\sim 1\mu\text{Ci}$) و هندسه شمارش باید چنان باشند که نرخ پالس در اسیلوسکوپ جهت یک کار اسپکتروسکوپی مناسب و قابل قبول باشند.
- طیف چشمه را توسط نرم افزار NTMCA جمع آوری کنید به حدی که شمارش کانال قله مورد نظر به حدود 400 برسد. طیف باید مشابه شکل (۲) باشد.
- شماره کانال مرکزی پیک آلفا با انرژی 5.31MeV را معین کنید و آن را C_0 بنامید. در مثال شکل (۶) این کانال 520 می باشد، که معرف مکان انرژی 5.315MeV چشمه آلفای ^{210}Po است. تعداد کانالهای FWHM اندازه گیری شده برابر $\delta=16$ می باشد. پالسر را روشن نمائید و پتانسومتر تنظیم ارتفاع پالس را چرخانده و روی $531/1000$ تنظیم نمائید.
- تضعیف کننده ها (attenuators) و کنترل گر ساعتی کالیبراسیون را طوری تنظیم کنید که ارتفاع پالس خروجی مولد پالس روی اسیلوسکوپ $5V$ باشد. در اینجا پالسهای خروجی از تقویت کننده که مربوط به مولد پالس می باشد، تقریباً دارای ارتفاع یکسانی همانند ارتفاع پالس آلفاهای چشمه ^{210}Po می باشند. پالسهای حاصل از هر دو چشمه می توانند همزمان روی اسیلوسکوپ دیده شوند.
- برای مدت 20 ثانیه پالسهای حاصل از پالسر را در نرم افزار NTMCA جمع آوری کنید. آیا این پالسها هم روی کانال C_0 می افتند؟ کنترل گر ساعتی کالیبراسیون را طوری تنظیم کنید که پالس مولد دقیقاً روی
- کانال C_0 بیافتد. مولد پالس شما اکنون در این سیستم کالیبره شده است به طوری که انرژی 5.31MeV منطبق است بر درجه $531/1000$ (ارتفاع پالس) روی مولد پالس، و بنابراین

هر تنظیم دیگر این مولد بیانگر یک انرژی تعریف شده می باشد. برای مثال 6MeV = $600/1000$ و ...

- پنجره جمع آوری طیف را در MCA پاک کرده و پالسهای مولد پالس را برای هر یک از مقادیر داده شده در جدول (۱) به مدت حدوداً ۲۰ ثانیه جمع آوری کنید. به وسیله ماوس روی کانال هر کدام از این پالسها اشاره کرده و شماره هر کانال را بیان نمایید.



شکل (۶) طیف جمع آوری شده توسط یک سیستم اسپکتروسکوپی آلفا از چشمه ^{210}Po

تمرین

(a) در جدول (۱) جاهای خالی را با مقادیر اندازه گیری شده در MCA پر کنید و نمودار مقادیر انرژی را نسبت به شماره کانال مربوطه در یک کاغذ رسم نمایید. (انرژی برحسب MeV می باشد) این نمودار را با نمودار شکل (۷) مقایسه نمایید.

(b) شیب شکل (۳) $\Delta E / \Delta C$ ، انرژی در واحد کانال می باشد. معمولاً این کمیت بر حسب KeV/Channel بیان می شود، و در شکل (۷) این مقدار حدوداً 10 KeV/Channel می باشد. مقدار KeV/Channel را برای نمودار خود بدست آورید.

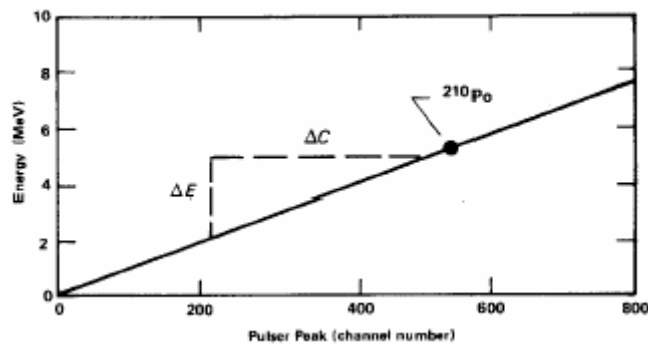
(c) مقدار تفکیک انرژی (رزولوشن) طیف بدست آمده از طریق زیر محاسبه می شود :

$$\text{Resolution} = \Delta E / \Delta C \times \delta \text{ (ch)} \quad (1)$$

جدول (۱) تعیین شماره کانال انرژیهای مختلف استفاده از پالسر کالیبره شده

شماره کانال قله در MCA	انرژی معادل (MeV)	مقادیر مورد نظر جهت تنظیم ارتفاع پالس	زمان جمع آوری (تقریبی)
	۱/۰	۱۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۲/۰	۲۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۳/۰	۳۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۴/۰	۴۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۵/۰	۵۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۶/۰	۶۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۷/۰	۷۰۰/۱۰۰۰	۲۰

که δ (ch) عبارت است از تعداد کانالهای FWHM. برای مثال در شکل (۶) δ (ch) برای FWHM عبارت است از ۱۶ کانال که از کانال ۵۱۲ تا ۵۲۸ است. این شماره کانالها مربوط به نقاطی از پالس است که در آن شمارش به نصف شمارش ماکزیموم مربوط به کانل پیک انرژی آلفای چشمه می رسد. در این مثال تفکیک انرژی (رزولوشن) مربوط به این FWHM برابر است با ۱۶۰ KeV. δ (ch) و تفکیک انرژی را برای قله آلفای طیف خود محاسبه کنید.



شکل (۷) منحنی کالیبراسیون برای اسپکترومتری آلفا

آزمایش (۲)

مشخص کردن انرژی یک چشمه مجهول

هدف

هدف از این آزمایش مشخص کردن انرژی یک چشمه آلفای مجهول می باشد. انرژی یا انرژیهای آن را از طریق سیستم کالیبره شده آزمایش (۱) می توان بدست آورد.

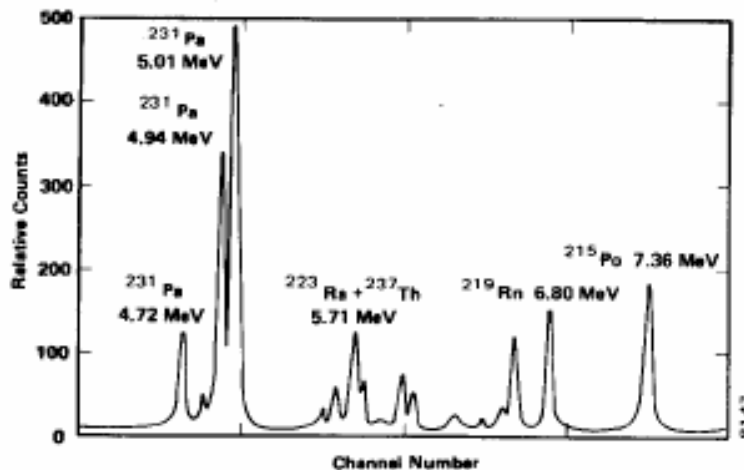
روش کار

۱- ولتاژ آشکارساز را صفر کنید. پمپ خلأ را خاموش نمائید و شیر خلأ شکن را باز کنید تا فشار اتاقک به فشار جو برسد. دراتاقک را برداشته و چشمه ^{210}Po استاندارد را با یک چشمه آلفای مجهول جانشین نمائید. مجدداً خلأ را بالا ببرید. ولتاژ را نیز به آرامی تا مقدار معمول کاری آن افزایش دهید. پالسر را خاموش کنید.

۲- طیف چشمه مجهول را جمع آوری نمائید تا قله مربوطه در طیف قابل شناسایی باشد.

تمرین

با داشتن شماره کانال قله های مشاهده شده، از روی طیف، انرژیهای این قله ها را روی منحنی کالیبراسیون به دست آمده مشخص نمائید. چشمه می تواند فقط شامل یک قله باشد یا تعداد بیشتری انرژی آلفا داشته باشد..



شکل (۸) بخشی از طیف آلفای ^{231}Pa

چشمه را به وسیله انرژی یا انرژیهای آن شناسایی کنید. برای مثال شکل (۸) بخشی از طیف ^{231}Pa و دختران آن را نشان می دهد. شکل (۹) طیف ^{234}U با تفکیک انرژی $25/5 \text{ KeV}$ گرفته شده است را نشان می دهد

آزمایش (۳)

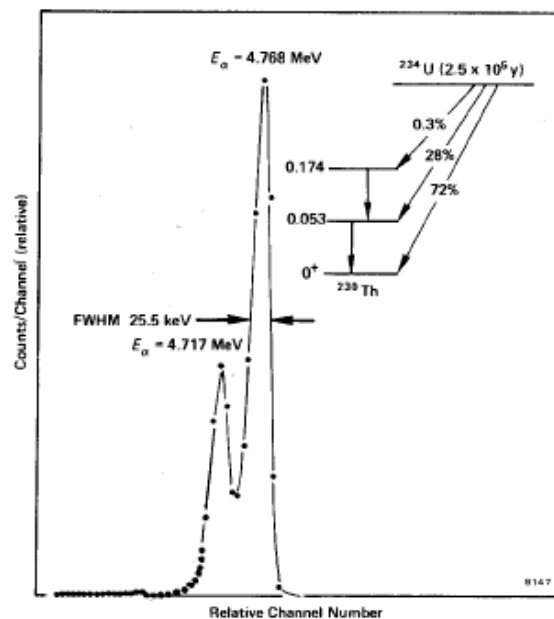
کالیبراسیون انرژی به وسیله دو چشمه آلفا

با در اختیار داشتن دو چشمه آلفا می توان کالیبراسیون انرژی انجام داد؛ به عنوان مثال با داشتن چشمه های ^{241}Am ($5/48\text{MeV}$) و ^{210}Po ($5/31\text{MeV}$).

روش کار

۱- چشمه ^{241}Am را در داخل اتاقک خلأ قرار دهید. پمپ را روشن نموده و ولتاژ را بالا ببرید. بهره تقویت کننده (در پنل پشت NT126) را طوری تنظیم کنید که قله آن ($5/48\text{MeV}$) در کانالهای نیمه بالایی آنالیزور جمع آوری شود، برای مثال، کانال ۸۰۰ کانال قله مربوطه باشد.

۲- چشمه ^{210}Po را جایگزین چشمه ^{241}Am کرده و برای یک زمان مناسب طیف را جمع آوری نمایید تا مکان قله معین شود. اگر صفر آنالیزور دقیقاً برصفر انرژی تنظیم شده باشد، سه نقطه ($5/48$ و $5/31$ ، 0MeV) اکنون برای به دست آوردن منحنی کالیبراسیون در اختیار می باشند. بهترین خط راست را بین این



شکل (۹) طیف آلفای اصل از ^{234}U آلفاهای دوتراز هسته ای ^{238}Th را نشان می دهد

سه نقطه رسم نمائید. اگر صفر تنظیم نشده باشد، خط مستقیمی که بین قله های چشمه ها رسم شود از صفر آنالیزور عبور خواهد کرد.

تمرین

از منحنی کالیبراسیون تعریف شده KeV/Channel و رزلوشن را مانند آزمایش اول به دست آورید. از بین روشهای نام برده روش پالسر بهترین روش جهت کالیبراسیون سیستم می باشد.

آزمایش (۴)

اکتیویته مطلق چشمه آلفا

هدف

هدف از این آزمایش به دست آوردن اکتیویته مطلق چشمه آلفا، در اینجا به وسیله چشمه ^{210}Po ، می باشد.

قبلاً گفته شده که آشکارسازهای سد سطحی به ازای حجم فعال خود دارای راندمان ۱۰۰ درصد می باشند. بنابراین یافتن اکتیویته یک چشمه مجهول به وسیله آن به راحتی میسر می باشد.

روش کار

۱- چشمه ^{210}Po را داخل اتاقک خلأ قرار دهید (دقیقاً در فاصله ۴ سانتی متری از آشکارساز) بهره تقویت کننده را طوری تنظیم نمائید که انرژی آلفای 5.31MeV داخل آنالیزور بیافتد. (تقریباً در اواسط پنجره جمع آوری طیف.) و یک طیف جمع آوری نمائید. مدت زمان شمارش را به اندازه کافی ادامه دهید به طوری که مجموع شمارش زیر پیک (\sum_{α}) (تقریباً ~ 2000 شمارش باشد. مقدار دقیق \sum_{α} را بدست آورید.

۲- اکتیویته چشمه را از طریق معادله زیر محاسبه نمائید :

$$\text{اکتیویته (ثانیه / آلفا)} = \left[\sum_{\alpha} / t \right] \left[\frac{4\pi S^2}{\pi r^2} \right] \quad (2)$$

که در آن

S = فاصله چشمه تا آشکارساز (در مثال ما ۴ سانتی متر)

R = شعاع آشکارساز (cm)

t = زمان بر حسب ثانیه

\sum_{α} = مجموع شمارش زیر پیک

از آنجا که $1 \mu\text{Ci} = 3.7 \times 10^4$ واپاشی در ثانیه می باشد، جواب معادله (۲) می تواند به آسانی تبدیل به μCi شود و با اکتیویته واقعی مقایسه شود. (اگر این اکتیویته روی چشمه نوشته نشده باشد می توانید از مسؤل آزمایشگاه اکتیویته واقعی را سؤال نمائید. یادآور می شویم که نیمه عمر ^{211}Po ۱۳۸ روز می باشد. اگر مسؤل آزمایشگاه اکتیویته چشمه در زمان تولید را به شما بدهد، با انجام یک تصحیح از رابطه اکتیویته با زمان نیز می توانید به دست آورید.) $A = A_0 \exp(-\lambda t)$ ($0.693 t / t_{1/2}$ که در A_0 اکتیویته زمان تولید چشمه مورد نظر می باشد)

آزمایش (۵)

درصدهای واپاشی (Decay Ratios) برای ^{241}Am

هدف

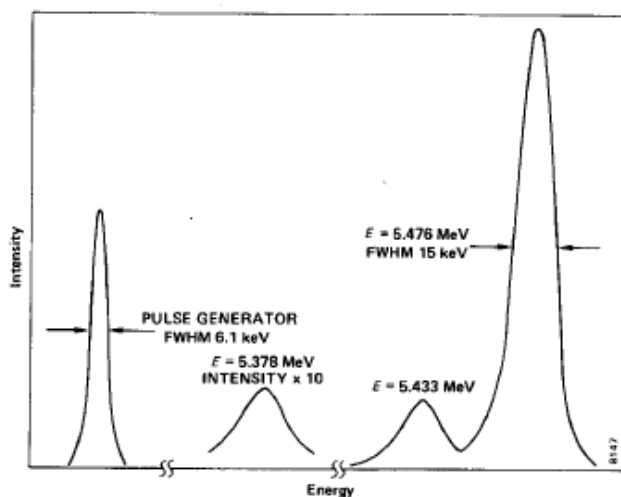
- ۱- پنجره جمع آوری طیف MCA را پاک کنید و طیف ^{241}Am را به اندازه کافی جمع آوری نمائید تا طیفی مشابه طیف شکل (۹) ببینید.
- ۲- از روی MCA مجموع شمارش زیر قله 5.476 MeV را به دست آورده و این مجموع را \sum_2 بنامید، چون از واپاشی آلفا به تراز برانگیخته دوم ^{237}Np (شکل ۱۰) حاصل می شود؛ به طور مشابه \sum_4 (5.433 MeV) و \sum_5 (MeV) را به دست آورید.

تمرین

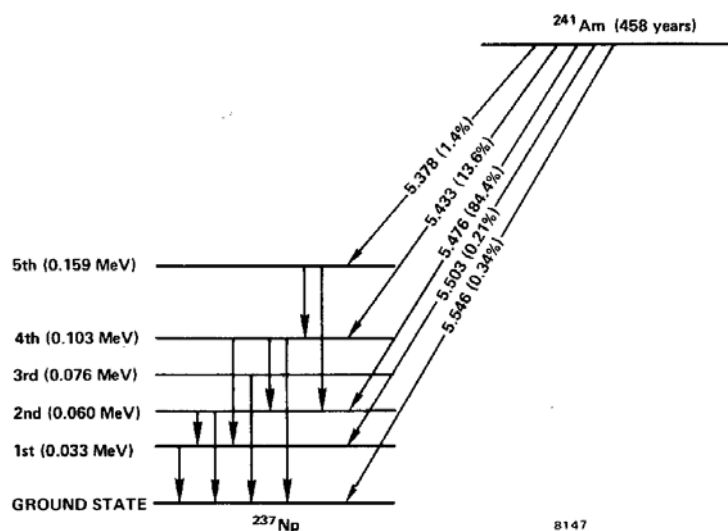
با استفاده از معادله $\sum_T = \sum_2 + \sum_4 + \sum_5$ ، درصد واپاشی برای α_2 عبارت است از :

$$\frac{\sum_2}{\sum_T} \quad (3)$$

از روی داده هایی که به دست آورده اید مقادیر α_2 ، α_4 و α_5 را به دست آورید. نسبتهایی که شما به دست آورده اید نسبت به شکل (۱۰) چگونه اند؟

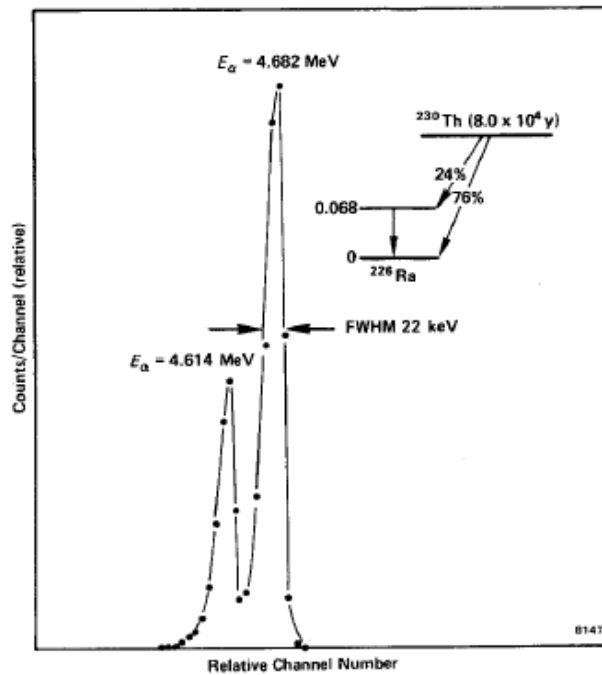


شکل (۱۰) طیف ^{241}Am



شکل (۱۱) شمای واپاشی ^{241}Am

شکل (۱۲) طیف ^{230}Th را داده است FWHM مربوط به قله مربوط به انرژی 4.682MeV ، 22KeV می باشد.



شکل (۱۲) طیف آلفای مربوط به واپاشی ^{230}Th آلفاهای مربوط به تراز پایه و اولین حالت برانگیختگی ^{226}Ra

مراجع

- 1) G. F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John WILEY AND Sons, New York (1979).
- 2) G. Bertolini and A Coche, Eds., Semiconductor Detectors, American Elsevier Publishing Co., Inc. (1968).
- 3) G. Dearmmaley, " Nuclear Radiation Detection by Solid State Devices, " J. Sci. Instrum.43, 869 (1966).
- 4) J. L. Duggan, W. D. Adams, R.J. Scroggs, and L. S. Anthony, " Charged-Particle Detector Experiments for Modern Physics Laboratory, " Am. J. Phys. 35(7), 631 (1967).
- 5) C. M. Lederer and V. S. Shirley, Eds., Tanle of Isotopes, 7th Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York (1978).
- 6) G.T. Ewan, " Semiconductor Spectrometers" (in Progress), Nucl. Tech. and Instrum. 3 F. M. Farley, Ed., Elsevier, North Holland, New York(1968).

فصل دوم

افت انرژی ذرات باردار (ذرات آلفا)

هدف

در این آزمایش یونیزاسیون ویژه و نرخ افت انرژی ، dE/dx ، یک ذره آلفا در حین عبور آن از ماده مد نظر می باشد. دو آزمایش مربوط به عبور ذرات آلفا از فویل مس و نیز از هوا، در راستای تفهیم این موضوع انجام خواهد شد.

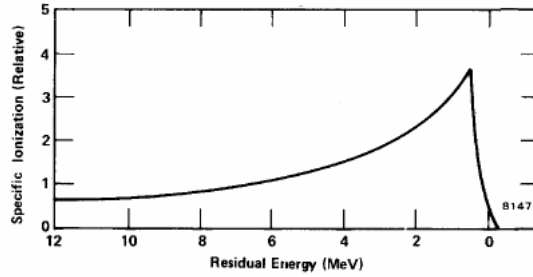
تئوری

dE/dx میانگین انرژی است که یک ذره در عبور از یک ماده طی برهم کنش با آن به جای می گذارد (از دست می دهد) مطابق آزمایشهای انجام شده در مورد آلفا، چشمه های طبیعی آلفا عمدتاً انرژیهای در محدوده ۳ تا ۸ MeV دارند. آلفا در مقایسه با الکترون (8000 برابر جرم الکترون) یک هسته نسبتاً سنگین می باشد. زمانی که ذره آلفا داخل ماده می شود، انرژی خود را از طریق یونیزاسیون و برانگیختگی از دست می دهد. چون ذره آلفا بزرگتر از الکترونها می باشد که با آنها برهم کنش می کند، در یک مسیر مستقیم از ماده عبور می نماید. انرژی لازم جهت جداسازی یک الکترون از گاز بین 25 تا 40 eV می باشد. برای هوا، پتانسیل یونش میانگین حدود $32/5$ eV است. بر این اساس تعداد جفت یونهای که از نظر تئوری می توانند تولید شوند به آسانی می تواند محاسبه شود.

یونش ویژه به صورت تعداد جفت یونهای تولید شده در واحد طول تعریف می شود. یونش ویژه وابسته به انرژی می باشد. دلیل وابستگی به انرژی این است که سرعت عبور این ذرات از محیطی که در حال یونش است وابسته به انرژی است؛ آلفاهای با کمترین انرژی زمان بیشتری را در واحد مسیر عبوری صرف می کنند، نسبت به ذرات با انرژی بالاتر. شکل (۱) منحنی براگ برای ذرات آلفا می باشد.

dE/dx برای ذرات آلفا، توان توقف با واحد $ergs/cm$ ، به وسیله فرمول زیر داده می شود :

$$dE/dx = (2\pi Z_i^2 e^4 N Z) / (m_0 c^2 \beta^2) \ln [(2m_0 c^2 \beta^2 Q_{max} - 2\beta^2) / (I^2 (1-\beta^2))] \quad (1)$$



شکل (۱) منحنی براگ برای ذرات آلفا

که در آن :

$$Z_i = \text{عدد اتمی ذره فرودی}$$

$$e = \text{بار الکتریکی (esu)}$$

$$m_0 = \text{باردر حال سکون الکترون}$$

$$c = \text{سرعت نور}$$

$$\beta = \text{نسبت سرعت ذره آلفای فرودی به سرعت نور}$$

$$NZ = \text{تعداد الکترونها در واحد حجم جاذب (حجم / الکترون)}$$

$$Q_{\max} = \text{ماکزیموم انرژی انتقالی از یک الکترون به آلفا (ergs)}$$

$$I = \text{پتانسیل یونش میانگین تارگت (ergs)}$$

$$E = \text{انرژی ذره فرودی (ergs)}$$

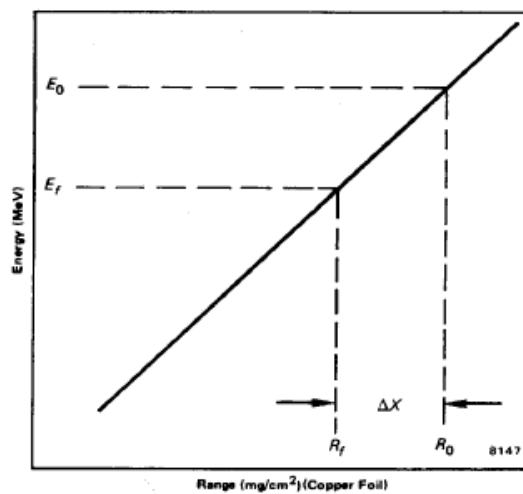
محاسبه دقیق معادله (۱) برای ذرات آلفای ۵ MeV نشان می دهد که dE/dx برای جاذب های نازک که در آنها ذره آلفا تنها ۱ MeV یا کمتر از انرژی خود را از دست می دهد، تقریباً مقدار ثابتی می باشد.

برد ذره آلفا می تواند با مرتب کردن و انتگرال گرفتن از معادله فوق از صفر تا E_0 به دست آید، که در آن E_0 انرژی اولیه ذره آلفا می باشد. شکل (۲) مثالی از منحنی انرژی نسبت به برد است. در اینجا برد بر حسب mg/cm^2 می باشد.

در شکل (۲) E_0 انرژی اولیه ذره آلفا قبل از عبور از فویل، R_0 برد ذره آلفای با انرژی E_0 در مس، E_f انرژی ذره آلفا پس از عبور از فویل، R_f برد ذره آلفا با انرژی E_f و Δx ضخامت فویل بر حسب mg/cm^2 می باشد.

از بعد تئوری افت انرژی که برای یک ضخامت فویل انتظار می رود، می تواند به وسیله روشی که در شکل (۲) نشان داده شده است تعریف شود. در آزمایشگاه انرژی آلفا حاصل از چشمه، E_0 و ضخامت فویل، $\Delta x (mg/cm^2)$ ، موجود می باشند؛ بنابراین تعریف کردن برد R_f ساده می باشد، چون $R_f = R_0 - \Delta x$ ، از مقدار R_f می توان به سرعت E_f را به دست آورد. جدول (۱) برخی اطلاعات انرژی-برد را در مورد مس، طلا و هلیوم بیان می کند. شکل (۳) این کمیته را در مورد

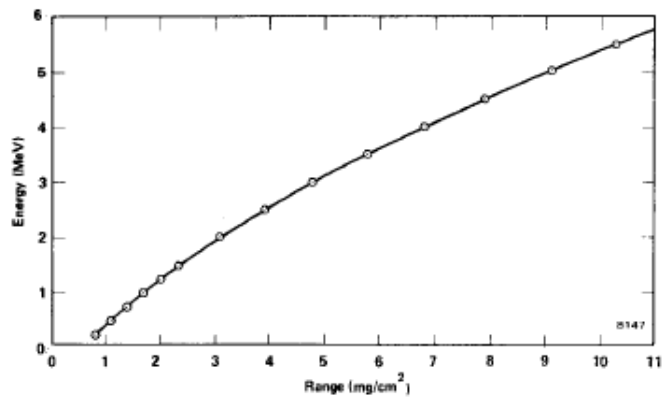
مس روی نمودار نشان می دهد. فولهای که برای اندازه گیریهای dE/dx مناسب هستند مس، نیکل و طلا می باشند.



شکل (۲) برد ذرات باردار نسبت به انرژی آنها

جدول (۱) مقادیر برد-انرژی برای ذرات آلفا در فولهای جاذب مختلف

$E_0(\text{MeV})$	برد (mg/cm^2)			
	مس	نیکل	طلا	هلیوم
۰/۲۵	۰/۷۹	۰/۷۴	۱/۳۱	۰/۱۸۱
۰/۵	۱/۰۹	۱/۰۲	۱/۹۰	۰/۲۴۵
۰/۷۵	۱/۳۸	۱/۲۹	۲/۵۰	۰/۳۱۶
۱/۰	۱/۶۹	۱/۵۸	۳/۱۲	۰/۳۹۹
۱/۲۵	۲/۰۱	۱/۸۸	۳/۷۹	۰/۴۹۰
۱/۵	۲/۳۶	۲/۲۱	۴/۴۷	۰/۶۰۱
۲/۰	۳/۱۱	۲/۹۱	۵/۹۷	۰/۸۵۰
۲/۵	۳/۹۳	۳/۶۸	۷/۵۹	۱/۱۴
۳/۰	۴/۸۲	۴/۵۰	۹/۳۴	۱/۴۸
۳/۵	۵/۸۰	۵/۴۴	۱۱/۰	۱/۸۶
۴/۰	۶/۸۱	۶/۳۹	۱۳/۱	۲/۲۹
۴/۵	۷/۹	۷/۴۰	۱۵/۲	۲/۷۶
۵/۰	۹/۱	۸/۵۱	۱۷/۴	۳/۲۷
۵/۵	۱۰/۳	۹/۶۶	۱۹/۷	۳/۸۲
۶/۰	۱۱/۶	۱۰/۸۷	۲۲/۱	۴/۴۱
۷/۰	۱۴/۳	۱۳/۴۶	۲۷/۱	۵/۷۰



شکل (۳) انرژی نسبت به برد ذرات آلفا در مس

آزمایش (۱)

dE/dx برای ذرات آلفا در فویل مس

ابزار لازم:

چشمه ^{210}Po α ، گاز هلیوم (در صورت وجود)، اتاقک خلأ و پمپ خلأ، NT126، Preamplifier، نرم افزار جمع آوری طیف و کامپیوتر

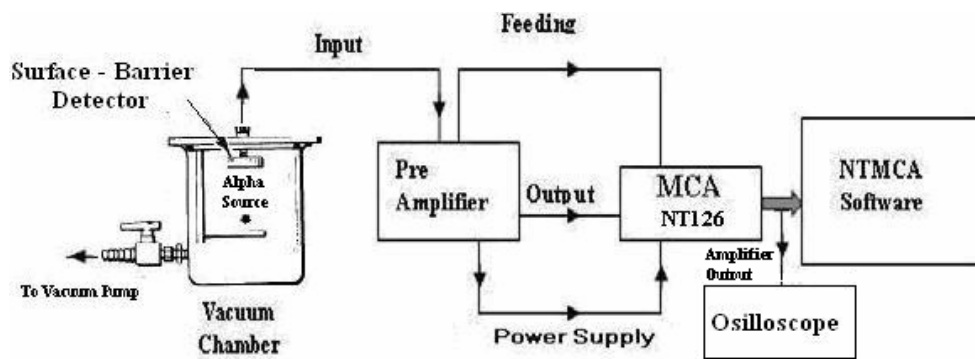
روش کار

۱) وسایل آزمایش را همانند شکل (۴) برپا کنید. سیستم را به وسیله چشمه ^{210}Po کالیبره نمایید، طوری که انرژی 5.3MeV این چشمه در ربع بالایی آنالیزور ذخیره شود. منحنی کالیبراسیون را رسم نموده و رزلوشن را برای چشمه آلفا و نیز برای پالسر به دست آورید. (همانند آزمایش اسپکتروسکوپی آلفا)

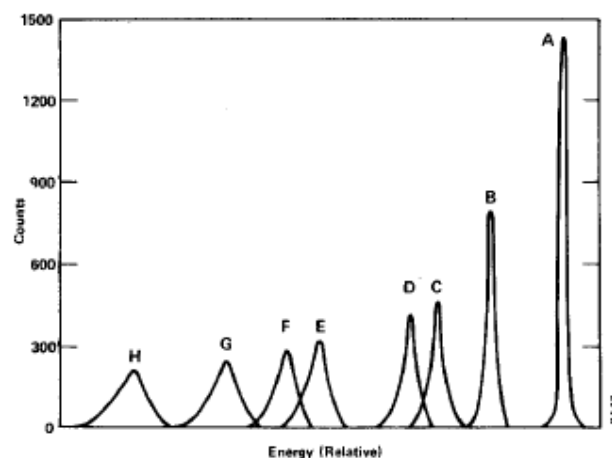
نحوه تنظیم وسایل آزمایش

ورودی منفی تقویت کننده سیستم (NTMCA)، پلاریته مثبت پالسروخروجی تضعیف شده آن (attenuated) و بایاس منقی آشکارساز را اختیار نمایید؛ بایاس ولتاژ را به آرامی تا ولتاژ کاری معمول آن بالا ببرید.

- (۲) MCA را پاک کنید. مولد پالس را خاموش کرده و طیف ^{210}Po را برای مدت کافی جمع آوری کنید به طوری که جمع شمارش زیر قله آلفا به ۴۰۰۰ شمارش برسد...
- (۳) ولتاژ را تا صفر کاهش دهید. سیستم خلاً را باز کنید و نازکترین فویل مس را بین چشمه و آشکارساز قرار دهید. هندسه چشمه-آشکارساز را در طول این آزمایش تغییر ندهید. هر دو فاصله و زاویه برخورد پرتوها باید ثابت بمانند.
- (۴) خلاً را بالا ببرید، ولتاژ را به تدریج افزایش دهید، طیف را به مقدار زمانی مرحله اول جمع آوری کنید. مکان قله و مجموع زیر قله را به دست آورید.
- (۵) مرحله ۳ و ۴ را برای تمام ضخامتهای فویل موجود تکرار کنید. شکل (۵) برخی داده های را که برای ذرات آلفا در فویل مس دیده شده است، نشان می دهد.



شکل (۴) الکترونیک مربوط به اندازه گیری dE/dx



شکل (۵) افت انرژی اندازه گیری شده برای ذرات آلفا در فویل مس

تمرین

- (a) از منحنی کالیبراسیون که ابتدای آزمایش به دست آورده ایم و داده های MCA، مقدار افت انرژی، $\Delta E (E_0 - E_f)$ ، را برای هر ضخامت فویلی اندازه بگیرید. توجه کنید که اگر ضخامتهای فویل و مقادیر ΔE افزایش پیدا کنند رزلوشن رو به خراب شدن می رود.
- (b) روی یک ورق کاغذ نمودار انرژی را نسبت به برد برای مس رسم کنید (جدول ۱). از روی نمودار و با داشتن ضخامت فویل E_f را از طریق روش تئوری گفته شده به دست آورید. از مقدار ΔE استفاده نموده و جدولی مشابه با جدول (۲) (شکل ۵) برای داده های خود ساخته و آن را پر نمائید.
- (c) (دلخواه). آزمایش اول را برای فویلهای دیگر مثل نیکل و فویلهای جاذب موجود دیگر انجام دهید.

جدول (۲) داده های مربوط به افت انرژی برای شکل (۵)

منحنی	ضخامت فویل (mg/cm ²)	ذره آلفا		ΔE (MeV)	
		انرژی* (MeV)	رزلوشن (KeV)	اندازه گیری	محاسبه
A	۰/۰۰	۵/۴۷	۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰
B	۱/۲۳	۴/۹۵	۶۴	۰/۵۳	۰/۵۴
C	۲/۰۶	۴/۵۵	۱۰۶	۰/۹۳	۰/۹۱
D	۲/۵۰	۴/۳۶	۱۱۲	۱/۱۲	۱/۱۰
E	۳/۷۴	۳/۶۹	۱۶۰	۱/۷۹	۱/۷۱
F	۴/۲۲	۳/۴۴	۱۷۰	۲/۰۳	۱/۹۸
G	۵/۰۰	۳/۰۳	۲۰۲	۲/۴۵	۲/۴۰
H	۶/۲۴	۲/۳۳	۲۲۳	۳/۱۵	۳/۰۹

*پس از عبور از فویل مس

آزمایش (۲)

دزدات باردادر در گاز

در استفاده از گاز به عنوان یک محیط جاذب مزیت‌های زیادی است، چون فشار گاز می‌تواند تا هر مقداری تغییر داده شود، به طوری که هر ضخامتی از آن را بتوان ایجاد کرد. فشار هوا می‌تواند به وسیله یک شیر کنترل در مسیر تولید خلأ کنترل و مونیتور شود. روش کار عبارت است از:

- چشمه را در فاصله $\sim 2\text{cm}$ ، یا اگر لازم بود نزدیکتر، به آشکارساز قرار دهید تا به استاتیستیک مناسب در مدت زمان قابل قبول برسید.
- پمپ خلأ را روشن کنید و تا رسیدن به خلأ کامل پمپ نمائید.
- پمپ خلأ را خاموش کنید.
- برای ایجاد هر فشار مورد نظر می‌توان با اندک باز کردن خلأشکن گاز (هوا یا هلیوم) داخل اتاقک را نشت داد. عدد مربوط به ضخامت گاز بر حسب mg/cm^2 گاز می‌تواند از طریق شرایط STP تعریف شود.

روش کار

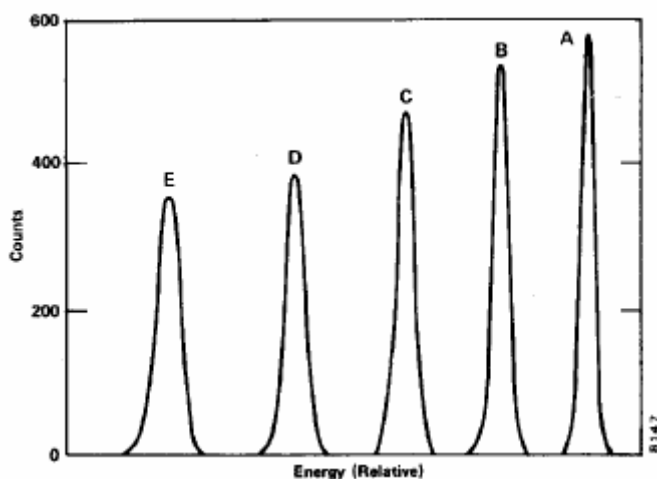
- (۱) تمام مراحل آزمایش قبل را این بار با هلیوم به عنوان محیط جاذب تکرار نمائید. اندازه گیری را آنقدر انجام دهید به طوری که دارای حداقل ۶ مقدار ΔE از حالتی که هیچ جاذبی نباشد تا حالتیکه $\Delta E = 4\text{ MeV}$ باشد، به دست آوریم.

جدول (۳) داده های افت انرژی مربوط به شکل (۶)

منحنی	ضخامت هوا (mg/cm^2)	ذره آلفا		ΔE (MeV)	
		انرژی* (MeV)	رزلوشن (KeV)	اندازه گیری	محاسبه
A	۰/۰۰	۵/۴۷	۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰
B	۱/۲۳	۴/۹۵	۶۴	۰/۵۳	۰/۵۴
C	۲/۰۶	۴/۵۵	۱۰۶	۰/۹۳	۰/۹۱
D	۲/۵۰	۴/۳۶	۱۱۲	۱/۱۲	۱/۱۰
E	۳/۷۴	۳/۶۹	۱۶۰	۱/۷۹	۱/۷۱

*پس از عبور از هوا

۲) مرحله (۱) را برای هوا تکرار نمائید. منحنی برد-انرژی برای هوا را می توان از مرجع [۴] به دست آورد. نتایج خود را با جدول (۳) و شکل (۶) مقایسه کنید.



شکل (۶) dE/dx برای ذرات α در هوا

مراجع

- 1) L. C. Northcliffe and R. F. Schilling, Nuclear Data Tables A7, 233 (1970).
- 2) J. F. Ziegler, The Stopping Power and Ranges of ions in Matter, Pergamon Press, New York (1977).
- 3) G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley and Sons, New York (1979).
- 4) J. B. Marion and F.C. Young. Nuclear Reaction Analysis, John Wiley and Sons, New York (1966).
- 5) G. Dearnaley and D. C. Northrop, Semiconductr Counters for Nuclear Radations, 2nd Ed., John Wiely and Sons, New York (1966)
- 6) J. L. Duggan, W. D. Adams, and L. S Anthony, " Charged-Particle Detector Experiments for Modern Physics Laboratory , " Am. J. Phys. 35(7), 631 (1967).
- 7) D. J. Skyrme, Nucl. Instrum. Methods, 57,61 (1967).
- 8) S. Matteson, E. K. L. Chau, and D. Powers, Phys, Rev ,A14, 169 (1976).
- 9) J. F. Janni, Calculations of Energy Loss, Range, Pathlength, Stragglng, Multiple Scattering, and the Probability of Inelastic Nuclear Collisions for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, Virginia.
- 10) C.F. Williamson, J. P . Boujot, and J. Picard, Tables of Range and Stopping Power of Chemical Elements for Charged Particles of Stopping Power of Chemical Elements for Charged Particles of Energy .5 to 500 MeV, CEQ-R-3042 (1966). Available from Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, Virginia.

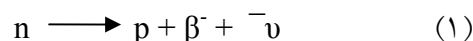
اسپکتروسکوپی β

هدف

این آزمایش تکنیکی را برای مشاهده یک طیف ذره بتا ارائه می دهد و روشی را جهت تعریف β_{\max} به دست می - دهد.

تئوری

اندازه گیری انرژی ذرات بتا می تواند به وسیله آشکارساز سد سطحی، با استفاده از تکنیکهای مشابهی که برای ذرات آلفا به کار برده شد صورت گیرد. واپاشی بتا زمانی اتفاق می افتد که یک هسته در مقایسه با ایزوبار کاملاً پایدار خود دارای تعدادی نوترون اضافی می باشد. برای مثال، ^{204}Tl به ^{204}Pb واپاشی می کند و یک ذره بتا تابش می کند. به منظور رسیدن به پایداری یکی از نوترونها در هسته ^{204}Tl به پروتون تبدیل می شود. این فرایند به صورت زیر می باشد:



که در اینجا $\bar{\nu}$ نوترینو می باشد. در معادله (۱) دیده می شود که در نهایت سه ذره تولید می شود. انرژی برانگیختگی بین ذره های $\bar{\nu}$ و β^- تقسیم می شود. از لحاظ تئوری β^- می تواند هر انرژی تا انرژی ماکزیموم (β_{\max}) داشته باشد. ولی احتمال اینکه انرژی ماکزیموم به β منتقل شود بسیار کم می باشد.

یک طیف بتا نوعی، که در شکل (۲) نشان داده شده است، اشاره دارد به توزیع احتمال نسبی بخشی از فوتونهای β_{\max} حاصل از ^{204}Tl . این توزیع معرف β^- های با انرژی های مختلف است. انرژی انتهای طیف که به وسیله منحنی قطع می شود (حول وحوش کانال ۳۵۰) انرژی β_{\max} می باشد. این انرژی برای ^{204}Tl حدود 0.766 MeV است. این سیستم می تواند به وسیله انرژی الکترونهای تبدیل داخلی کالیبره شود، فرایند تبدیل داخلی به این صورت رخ می دهد که هسته بتازا پس از انجام یک تابش بتا در تراز برانگیخته هسته دختر تشکیل می شود. هسته دختر جهت رسیدن به حالت پایدار می بایست یک تابش گاما انجام داده و با از دست دادن انرژی به حالت پایدار خود برسد. گاهی اوقات این فوتون گاما در عبور از ترازهای اتمی با انتقال انرژی خود به الکترون یکی

از ترازهای اتمی مجاور هسته (...L,K) منجر به کنده شدن الکترون از این تراز و پرتاب شدن آن به بیرون اتم می گردد. این الکترون همانند الکترون اوژه می باشد. پیامد این واقعه یکی از الکترونهاي ترازهای بالایی اتم با نزول به پایین جای خالی به جامانده در تراز پایین را اشغال می کند که اختلاف انرژی بین ترازهای دو الکترون مربوطه به صورت یک تابش X از اتم گسیل می شود. اما الکترون تبدیل داخلی که اتم را ترک می کند دارای انرژی (Ee) می باشد. این انرژی به این شکل تعریف می شود:

$$E_e = E_x - E_B \quad (2)$$

که در آن :

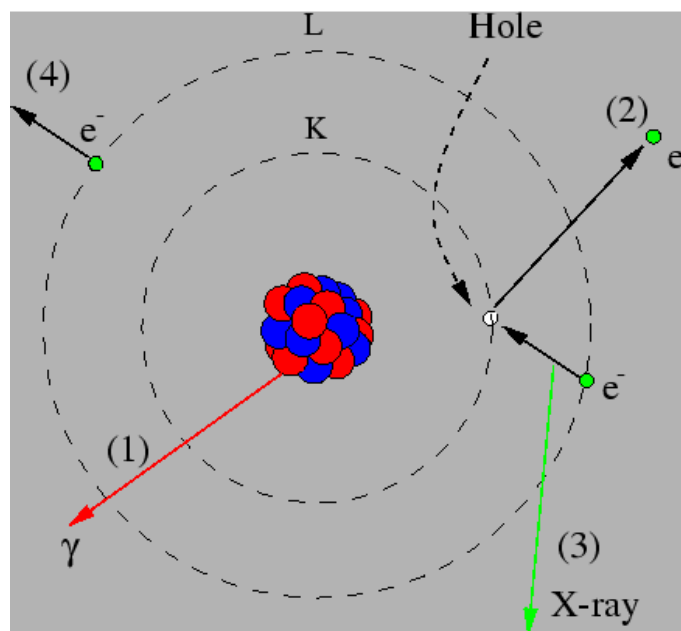
E_e = انرژی اندازه گیری شده تبدیل داخلی

E_x = انرژی برانگیختگی که در واپاشی هسته به دست می آید

E_B = انرژی بستگی الکترون در اتم

این سه کمیت در شکل (۳)، (۴) و (۵) دیده شود که طیف الکترون تبدیل داخلی برای ^{207}Bi ، ^{133}Sn و ^{137}Cs نشان داده شده است.

در شکل (۱) روشهای مختلفی که یک هسته می تواند انرژی حالت برانگیخته خود را از دست بدهد نشان داده شده است.



شکل (۱) بیان روش های مختلف واپاشی یک هسته برانگیخته جهت رسیدن به حالت پایدار (۱) گسیل یک فوتون گاما (۲) انتقال انرژی به یک الکترون مدار اتمی و کندن و پرتاب کردن آن به بیرون اتم (الکترون تبدیل داخلی) که در این رویداد حفره الکترونی به جا مانده توسط الکترون ترازهای بالاتر اتم پر شده (۳) که پیامد این قضیه تابش X از اتم است (۴) به جای گسیل X اختلاف انرژی ترازهای اتمی می تواند به یک الکترون دیگر اتمی منتقل شده و آن را به بیرون اتم پرتاب نماید که این الکترون را الکترون اوژه می نامند.

ضریب تبدیل داخلی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\alpha_{ik} = I_e / I_\gamma$$

I_e شدت الکترونیهای تبدیل داخلی

I_γ شدت تابش گاما است

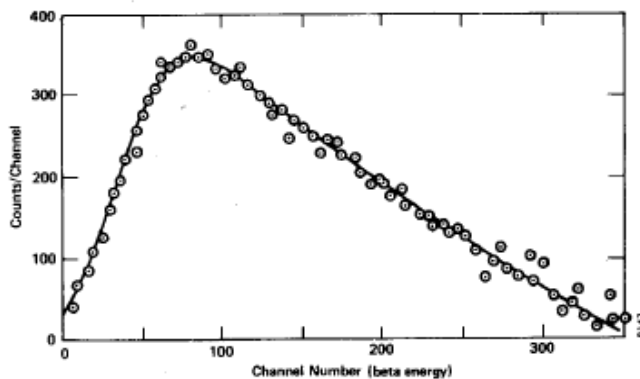
I_γ می تواند از طریق محاسبه فضای زیر قله انرژی گامای مربوطه محاسبه شود. جهت محاسبه الکترونیهای تبدیل داخلی نیازمند آشکارساز ذرات باردار می باشیم. یک راه دیگر نیز اندازه گیری شدت تابش X است که پس از پرتاب الکترونیهای تبدیل داخلی از اتم، از اتم ساطع می شود. این شدت باید برای الکترونیهای اوژه اصلاح شود، چون فرایند گسیل الکترون اوژه نیز با گسیل X در رقابت است. نسبت بین شدت پرتو X، I_x ، به نسبت شدت الکترون اوژه به وسیله رابطه زیر داده می شود:

$$\eta = I_x / I_{ik}$$

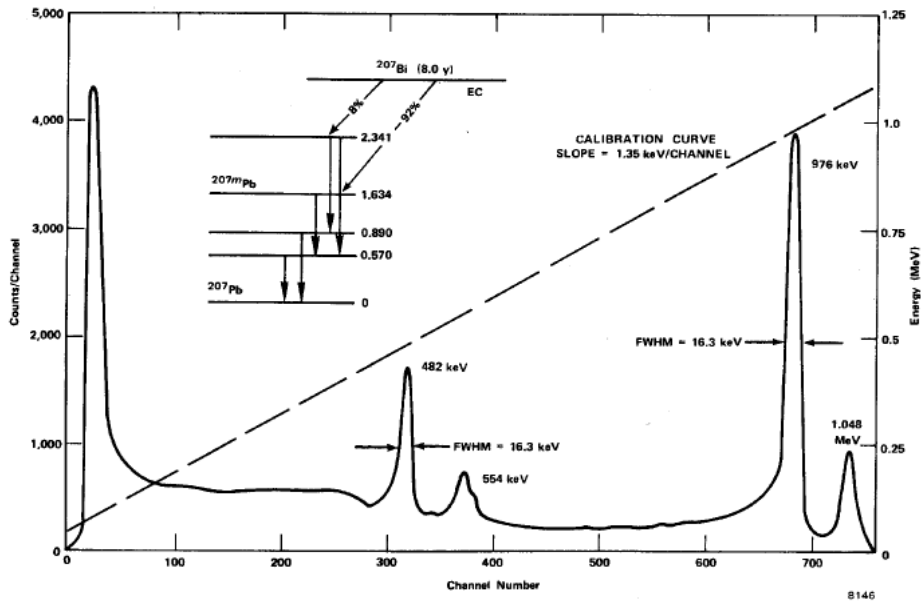
مسئله دیگر این است که ما باید تصحیح راندمان آشکارساز را نیز روی کمیت مربوطه انجام دهیم. راندمان وابسته به انرژی است، بنابراین می توان یک منحنی راندمان را با اندازه گیری شدتهای برخی قله های گاما مربوط به بعضی چشمه های استاندارد، رسم کرد. با استفاده از منحنی کالیبراسیون نسبت بین راندمانهای پرتوهای X به راندمانهای پرتوهای γ می تواند به صورت زیر محاسبه شود:

$$\varepsilon = \varepsilon_\gamma / \varepsilon_x$$

با ترکیب روابط بالا می توان α_{ik} را محاسبه کرد.



شکل (۲) طیف بتا مربوط به ^{204}Tl

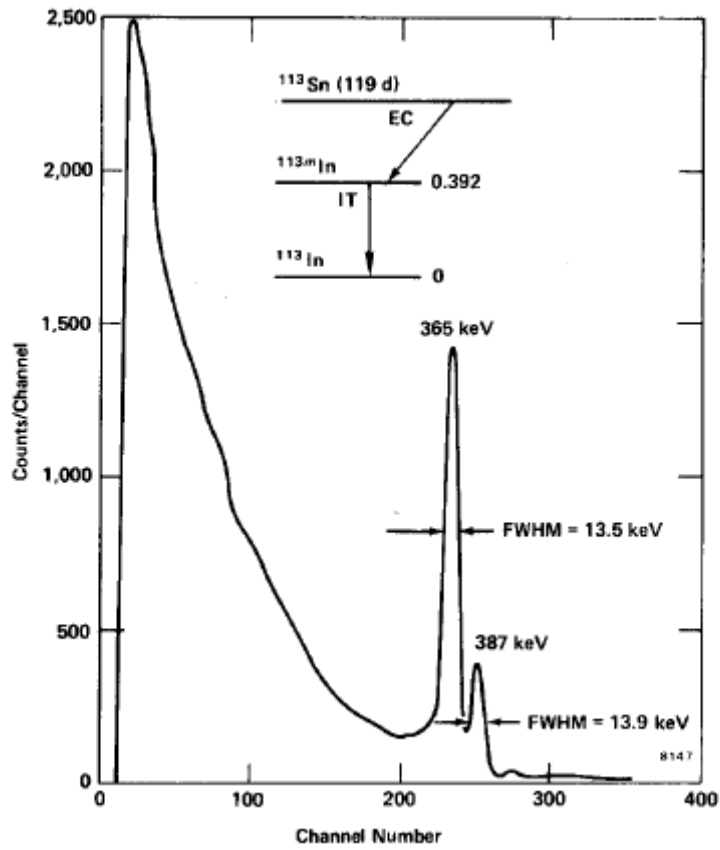


شکل (۳) طیف الکترون تبدیل داخلی برای ^{207}Bi

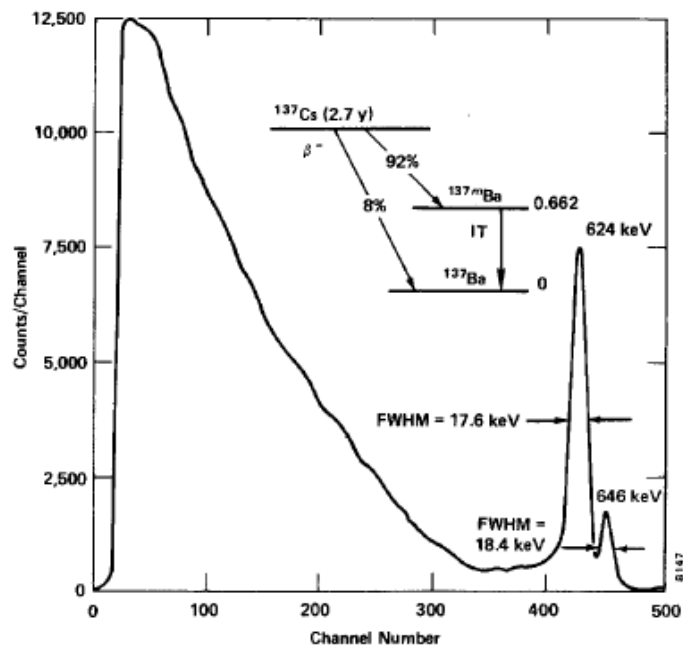
به کارگیری آشکارساز سد سطحی

راجع به آشکارسازهای سد سطحی در بخش مربوط به اسپکتروسکوپی آلفا توضیحات کاملی داده شد، در این بخش تنها اشاره می شود که طیف بتا در سیلیکون به چه شکلی می باشد. این طیف در شکل (۶) نشان داده شده است.

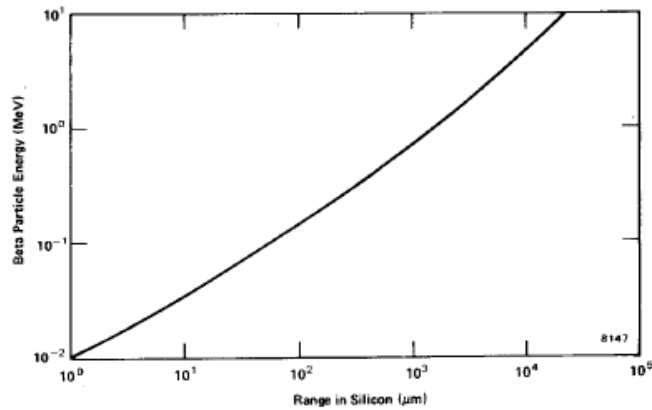
آنچه از این شکل برمی آید آن است که اگر انرژی ماکزیموم مربوط به چشمه بتا برای ما شناخته شده باشد به راحتی می توان ضخامت آشکارساز مورد نیاز جهت آشکارسازی را بدست آورد. مثلا ماکزیموم انرژی برای الکترون تبدیل داخلی ^{207}Bi برای 1.048 MeV می باشد، که از روی این منحنی می توان گفت چنین الکترونی دارای برد حدود $1700 \mu\text{m}$ در سیلیکون می باشد. چون مسیر عبور بتا به صورت یک خط راست نیست، لذا یک آشکارساز با ضخامت حدود $1500 \mu\text{m}$ نیز جهت آشکارسازی آن کفایت می کند.



شکل (۴) طیف الکترون تبدیل داخلی برای چشمه ^{113}Sn



شکل (۵) طیف الکترون تبدیل داخلی مربوط به چشمه ^{137}Cs



شکل (۶) برد ذره بتا در برابر انرژی در سیلیکون

آزمایش (۱)

کالیبراسیون انرژی به وسیله پالسر

ابزار لازم :

چشمه β شامل ^{137}Cs و ^{207}Bi ، اتاقک خلأ و پمپ خلأ، دستگاه اسپکترومتری NT126 و کامپیوتر،
Preamplifier

سیستم مورد استفاده همانند سیستمی است که در آزمایش فصل اول داشتیم، و رعایت کلیه مواردی که راجع به نحوه اعمال بایاس ولتاژ، خلأ و نحوه تعویض چشمه و... انجام دادیم، در اینجا نیز رعایت می شود.

روش کار

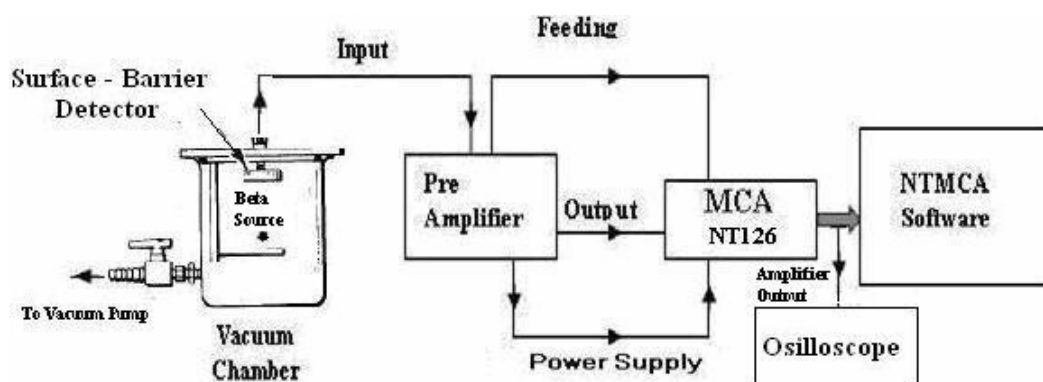
وسائل آزمایش را مطابق شکل (۶) به هم متصل نمائید.

- ورودی مثبت تقویت کننده را اختیار نمائید. پالسر را برای خروجی مثبت و حالت تضعیف شده (attenuated) و خروجی مثبت منبع تغذیه را انتخاب کنید ولتاژ را به تدریج بالا ببرید.
- ^{137}Cs را در فاصله $1/4\text{in}$ نسبت به آشکارساز قرار دهید. پمپ خلأ را روشن نموده و خلأ را بالا برده و بایاس ولتاژ مناسب (+) را به آشکارساز اعمال و آرام آرام تا ولتاژ کاری معمول بالا ببرید.

- طیف را به اندازه کافی جمع آوری نمائید به طوری که مکان قله انرژی 624KeV حول وحوش کانالهای اواسط MCA قرار گیرد. شماره کانال قله 624KeV را خوانده و آن را C_0 بنامید.
- پالس را روشن کرده و مقسم تنظیم ارتفاع پالس آن را طوری بچرخانید که روی $624/1000$ قرار گیرد. سوئیچهای تضعیف کننده و پیچ تنظیم ساعتی کالیبراسیون را طوری تنظیم نمائید که مکان قله پالس در کانال C_0 قرار گیرد. پالس اکنون کالیبره است به طوری که $1000 = 1000\text{KeV}$ درجه مقسم کنترل گر ارتفاع پالس است.

تمرین

- (a) جدول (۱) را کامل نمائید.
- (b) نقاط کالیبراسیون حاصل (انرژی نسبت به کانال) را رسم کرده و KeV/Channel مربوطه را پیدا کنید. از داده های حاصل برای طیف ^{137}Cs رزلوشن سیستم آشکارساز را در انرژی 624 KeV به دست آورید. رزلوشن یکی از قله های مربوط به پالس را نیز پیدا کنید.
- چشمه ^{207}Bi را با چشمه ^{137}Cs جابجا کنید. طیف آن را برای مدت به اندازه کافی طولانی جمع آوری نمائید، تا به وضوح مکانهای قله ها را ببینید. آنالیزور را بخوانید و سپس طیف را پاک نمائید. (شکل (۳))



شکل (۷) مدار اسپکترومتری بتا

جدول (۱) تعیین شماره کانال انرژیهای مختلف استفاده از پالسر کالیبره شده

شماره کانال قله در MCA	انرژی معادل (MeV)	مقادیر مورد نظر جهت تنظیم ارتفاع پالس	زمان جمع آوری (تقریبی)
	۱/۰	۱۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۲/۰	۲۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۳/۰	۳۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۴/۰	۴۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۵/۰	۵۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۶/۰	۶۰۰/۱۰۰۰	۲۰
	۷/۰	۷۰۰/۱۰۰۰	۲۰

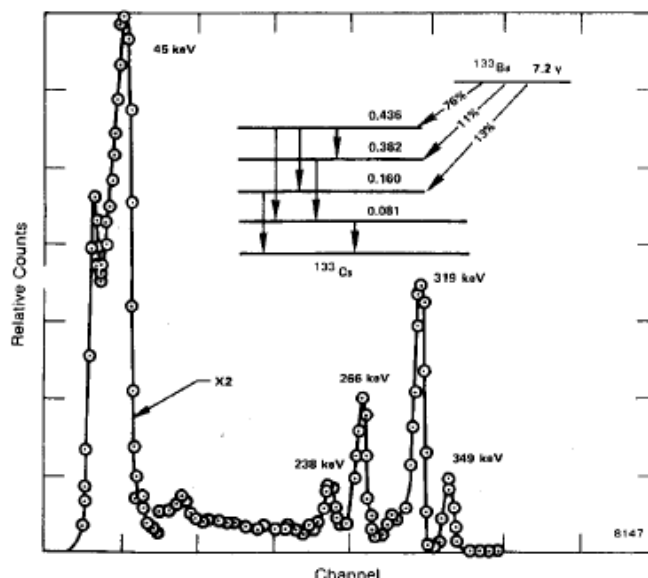
- چشمه ^{113}Sn را جانشین چشمه ^{207}Bi کنید. طیف را برای پریود زمانی به اندازه کافی طولانی جمع آوری کنید به طوری که شمارش زیر قله تبدیل داخلی 365KeV تقریباً $1000 \sim$ شود. (شکل (۴)). آنالیزور را بخوانید و سپس طیف را پاک کنید.

(d) با استفاده از اطلاعات آنالیزور و نیز خود منحنی کالیبراسیون انرژیهای قله ها را بخوانید و در جدول (۲) قرار دهید.

اگر چشمه ^{133}Ba نیز در اختیار دارید طیف مربوط به این چشمه را نیز جمع آوری کرده و جدول (۲) را برای این چشمه نیز جمع آوری کنید. شکل (۸) جزئیات طیف این چشمه را نشان می دهد.

جدول (۲) مقادیر انرژی به دست آمده از روی منحنی کالیبراسیون برای چشمه چشمه های مختلف

Source	Energy	
	Theoretical (KeV)	Calculated
^{137}Cs	۶۲۴	
^{137}Cs	۶۲۶	
^{137}Cs	۲۶۶	
^{137}Cs	۲۳۸	
^{207}Bi	۱۰۴۰	
^{207}Bi	۹۷۲	
^{113}Sn	۳۶۵	



شکل (۸) طیف تبدیل داخلی مربوط به چشمه ^{133}Ba

آزمایش (۲)

نسبتهای تبدیل الکترونی

تئوری

چنانچه در آزمایش اسپکتروسکوپی آلفا بیان شد در فرایند تبدیل داخلی انرژی حالت برانگیخته می تواند به یکی از الکترونها مدار اتمی داده شود. این الکترونها عمدتاً متعلق به ترازهای L ، K و M می باشند که به هسته نزدیک هستند. انرژی الکترون تبدیل داخلی از طریق زیر می تواند محاسبه شود:

$$E_e = E_x - E_B \quad (۳)$$

که در آن:

E_e = انرژی اندازه گیری شده تبدیل داخلی

E_x = انرژی حالت برانگیخته که در واپاشی هسته به دست می آید.

E_B = انرژی بستگی الکترون در اتم.

طیف تبدیل داخلی ^{207}Bi در شکل (۳) نشان داده شده است. این شکل خطوط انرژی 0.976MeV و 0.48MeV را

نشان می دهد. اینها خطوطی هستند که به ترتیب از لایه های L و K در فرایندهای تبدیل گسیل می شود.

شمای واپاشی ^{207}Bi ، همچنین گسیل گامایی را از تراز 1.634MeV به تراز 0.570MeV نشان می دهد. این

اختلاف انرژی در حدود 1.064MeV می باشد که توسط گامای گسیلی حمل می شود.

انرژی بستگی تراز K ، E_B ، برای ^{207}Pb حدود 88KeV می باشد. برای این تبدیل

$E_e = 1.064 - 0.88 = 0.976\text{MeV}$ یا $E_e = 1.634 - 0.976 = 0.658\text{MeV}$ است. انرژی بستگی L در ^{207}Pb برای این تبدیل حدود

15.86KeV است که در آن: $E_e = 1.064 - 0.10586 = 0.95814\text{KeV}$

به طور مشابه انرژیهای تبدیل داخلی الکترون برای حالت برانگیخته 570 KeV می تواند محاسبه شود. این مقادیر 482 KeV و 554 KeV می باشند. انرژیهای بستگی برای تمام عناصر در مرجع [۷] آورده شده است. از این مقادیر می توان مقادیر نسبت K/L را اندازه گرفت.

روش کار

- (۱) از سیستم آزمایش (۱) که برای کالیبراسیون به کار برده شد استفاده نمائید.
- (۲) رزولوشن آشکارساز خود را مجدد به دست آورید.
- (۳) طیف ^{207}Bi را برای مدت زمان کافی جمع آوری کنید به طوری که مقدار شمارش قله $1/0.48\text{ MeV}$ به حدود 1000 شمارش برسد.

تمرین

(a) مجموع زیر قله $1/0.48\text{ MeV}$ را به دست آورید. این مقدار را $\sum L$ بنامید. شمارش زیر قله 976 KeV را به دست آورده و آن را $\sum K$ بنامید. نسبت K/L را که عبارت است از نسبت $(\sum K / \sum L) 1/0.64$ محاسبه نمائید. این مراحل را برای خطوط 482 KeV و 554 KeV نیز تکرار کرده و مقدار نسبت $0.57 [\sum K / [\sum M + L]]$ را به دست آورید. توجه داشته باشید که خطوط M و L در شکل (۲) کاملاً تشخیص داده نمی شوند و در طیف شما هم به طور دقیق قابل تمایز نخواهند بود مقداری که شما به دست آوردید نسبت مرجع [۷] چگونه اند.

منابع

- 1) G.F. Knoll, Radiation Detection Measurement, John Wiley and Sons, New York(1979)
- 2) K. Siegbahn, ed., Alpha-,Beta-,and Gamma-Ray Spectroscopy, 1 and 2 , North Holland Publishing Co., Amsterdam (1965).
- 3) G. D. Chase and J.L. Rabinowitz, Principles of Radioisotope Methodology, 3rd Edition, Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minnesota (1967).
- 4) E. Segre, NUCLEI AND Particles, The Benjamin-Cummings Publishing Co., Reading, Massachusetts (1977).
- 5) J.B.Marion and F.C.Young, Nuclear Reaction Analysis, John Wiley and Sons, New York (1968).
- 6) G. Bertolini and A.Coche, eds., Semiconductor Detectors, American Elsevier Publishing Co. Inc. (1968).
- 7) C. M. Lederer and V. S. Shirley, Inc., New York (1978)
- 8) <http://www/nuclear.kth.se/courses/lab/>