

کالیبراسیون انرژی آشکار ساز HPGe برای نمونه های مایع با ظرف ویال حجم 8cc و چشمه های نقطه ای در فواصل مختلف جهت محاسبه دقیق اکتیویته

نویسندگان: فاطمه بلوری نوین^{۱*}، غلام رضا رئیس علی^۲، کیومرث کمالی مقدم^۳، محمد میرزایی^۱، صدیقه مرادخانی^۱، فرید اصغری زاده^۲

۱- سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشکده کشاورزی و پزشکی و صنعتی -

۲- سازمان انرژی اتمی ایران-پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای-پژوهشکده کاربرد پرتوها

چکیده

این مقاله گزارشی از روش کالیبراسیون انرژی آشکار ساز HPGe برای نمونه های مایع با ظرف ویال با حجم خالص ۸ سی سی و چشمه های نقطه ای، در فواصل صفر، ۱۰، ۲۵، ۳۵ سانتیمتر از سطح دکتور است. برای این کار، چشمه های استاندارد مایع Eu-152، که از چشمه استاندارد CAL 3002 در حجم ۸ سی سی تهیه شد و چشمه های نقطه ای Eu-152، Cs-137، Co-60، Ba-133 و Na-22 را در فواصل فوق از سطح آشکار ساز قرار داده و کالیبراسیون انرژی را از انرژی ۱۲۲ KeV تا ۱۴۰۰ KeV محاسبه نموده و منحنی های کالیبراسیون انرژی را با استفاده از نرم افزار ORIGIN رسم که با استفاده از این منحنی ها می توان اکتیویته نمونه های با همان هندسه را با خطای حدود ۱۰٪ بدست آورد.

آشکار ساز HPGe، چشمه استاندارد، کالیبراسیون، بازده، Eu-152.

مقدمه:

دستگاه طیف سنجی موجود در بخش سیکلوترون و پزشکی هسته ای دارای آشکار ساز ژرمانیوم فوق خالص (HPGe) با بازده نسبی ده درصد، ساخت شرکت Canberra مدل GC1020-7500 SL می باشد. در سال ۱۹۷۶ اولین آشکار ساز ژرمانیومی فوق خالص با بازده نسبی ۱۰ درصد (نسبت به آشکار ساز یدور سدیم) به بازار آمد، از آن سال تا کنون پیشرفت های زیادی در زمینه ساخت این آشکار ساز ها انجام گرفته به طوری که در سال ۲۰۰۰ نمونه هایی از این آشکار ساز ها با بازده ۲۰۰ درصد با قیمت های بالاتر به بازار آمده است. این دستگاه در سال ۱۳۷۳ در مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته ای کرج راه اندازی و مورد استفاده قرار گرفته است. [1]

این دستگاه در کنترل کیفی رادیو داروهای تولیدی نقش حساسی دارد. بطور مثال جهت کنترل کیفی رادیو داروی Tl-201 بعد از شمارش نمونه نسبت Tl-201 به Tl-202 و Tl-200 نباید کمتر از ۹۵ درصد باشد. این نسبتها با داشتن شمارش سطح زیر پیک در انرژی های ۱۶۷ keV، ۴۳۹ keV و ۳۱۱ keV محاسبه می شوند. اگر

این نسبت کمتر از مقدار فوق باشد، بعد از تزریق و تصویر برداری، تصویر مشخصی مشاهده نخواهد شد. همچنین مقدار Pb-201 و Pb-203 موجود در نمونه نباید از مقدار مجاز بیشتر باشد چون وجود این ترکیبات برای بدن ترکیبی سمی محسوب می شوند. همین طور تست کروماتوگرافی جهت تعیین خلوص رادیو هسته ای و رادیو شیمیایی نیز با این سیستم انجام می گیرد. تست دیگر کنترل کیفی که با سیستم طیف سنجی انجام می پذیرد، بعد از تست الکترو فورز جهت تعیین خلوص رادیو شیمیایی می باشد که نسبت Tl^{+3} به Tl^{+} را می سنجد. اگر نسبت فوق در حد استاندارد نباشد ممکن است بعد از تزریق در بعضی از قسمت های قلب رادیو دارو جذب نشده و تصویر کامل قلب مشاهده نشود. [2]

در اکثر طرح های پژوهشی در ارتباط با کنترل کیفی روش های جدید، جهت نشاندار سازی و تولید رادیو دارو های جدید نیز از سیستم طیف سنجی گاما استفاده می شود. و چون بیشتر نمونه ها بصورت مایع و در ویال های شیشه ای و یا بصورت نقطه ای مورد آزمایش قرار می گیرند داشتن کالیبراسیون انرژی در این شرایط هندسی و در فواصل مختلف (در صورت اشباع آشکار ساز با دور کردن چشمه می توان از اشباع آشکار ساز جلوگیری کرد) بسیار ضروری به نظر می رسد.

روش کار:

الف- تهیه چشمه های استاندارد

از آشکارساز HPGe می توان برای تعیین دقیق اکتیویته استفاده کرد و این کار مستلزم داشتن کالیبراسیون انرژی در همان هندسه می باشد. در مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته ای کرج که رادیو دارو های مختلف تولید می کند هندسه مورد استفاده ویال های شیشه ای که حجم مایع درون آنها ۸ سی سی می باشد و چشمه های نقطه ای می باشد که کالیبراسیون انرژی برای این نمونه ها در فواصل مختلف بدست آمده است برای این منظور از چشمه استاندارد EU-152 مایع که دارای اکتیویته ۱ میلی کوری استفاده شده است با توجه به اینکه در فواصل صفر تا ۱۰ سانتیمتر دستگاه با اکتیویته های حدود ۱۰ میکرو کوری به حد اشباع میرسد و پاسخ مناسب در یافت نمی شود اکتیویته مورد نیاز از مخزن اصلی با توجه به مقدار اکتیویته مورد نیاز تهیه گردید. برای این منظور ابتدا ویالهای خشک که عاری از رسوبات و آلودگی میباشند را بصورت خالی وزن کرده و سپس مقدار ۰,۰۴۸۴ گرم از محلول اصلی را داخل ویال ریخته با توجه به داشتن اکتیویته کل محلول اکتیویته این نمونه ۵,۳۶۷ میکرو کوری بدست آمده است. با توجه به اینکه نمونه های مورد استفاده در مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته ای معمولا با حجم ۸ سی سی تهیه می شوند، برای دریافت پاسخ مناسب حجم نمونه مذکور را با اسید کلرید ریک ۰/۱ نرمال رقیق نموده و به ۸ سی سی رسانده ایم و از این چشمه

برای اندازه گیری بازده نمونه های مایع استفاده کرده ایم برای چشمه های نقطه ای نمونه های استاندارد نقطه ای موجود بوده است. [3]

نتایج

برای محاسبه بازده چشمه استاندارد EU-152 تهیه شده و چشمه های نقطه ای استاندارد را در هندسه مورد نظر قرار داده (در فواصل مختلف از دکتور در فواصل ۰ و ۱۰ و ۲۵ و ۳۵ سانتیمتری) در زمان ها مشخص شمارش می کنیم و بعد از تصحیح شمارش زمینه در مدت فوق با استفاده از رابطه ۱ مقدار بهره در انرژی های مشخص بدست می آید. [3]

$$Eff = \frac{Area}{t \times \%BR \times Activity} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در این رابطه Area سطح زیر قله در انرژی مشخص، t_{Live} زمان شمارش، Activity اکتیویته چشمه استاندارد مورد شمارش می باشد که باید به روز محاسبه شود و BR در صد شدت نسبی پرتو های گاما در انرژی مورد نظری باشد. بعد از محاسبات برای کل انرژی های چشمه Eu-152 با استفاده از نرم افزار Origin بهترین منحنی بازده بر روی این منحنی ها برای تمام هندسه های مورد نیاز انجام گرفته و نتایج حاصله در نمودار های شماره 1 تا 4 آورده شده است. سپس با داشتن این نقاط بهترین منحنی رسم شده است. این منحنی ها با همان روش ذکر شده برای چشمه های نقطه ای، با استفاده از چشمه نقطه ای استاندارد Ck99 در نمودارهای ۴ تا ۷ نیز رسم شده است. [4]

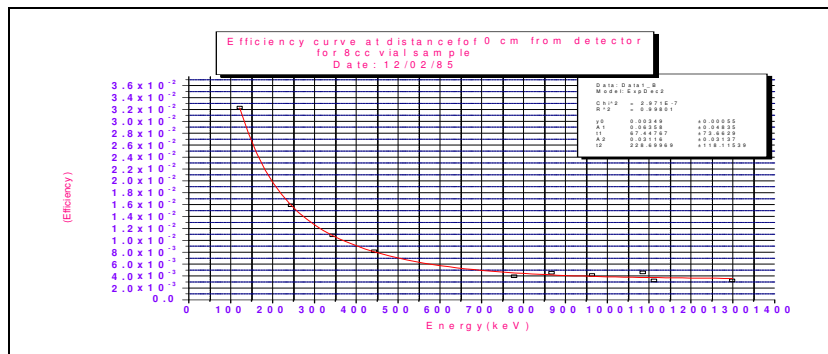
خطا های در نظر گرفته شده در این اندازه گیری از دو قسمت ناشی می شد :
قسمت اول : خطا های ناشی از وسایل و مواد بکار گرفته شده اکتیویته چشمه بکار رفته ، خطای ناشی از ترازوی مورد استفاده ، خطای ناشی از اندازه گیری حجم مورد استفاده
قسمت دوم : خطا های ناشی از بکار گیری نرم افزار های کامپیوتری و غیره
این خطا ها در جدول شماره ۲ آورده شده است. [5]

جدول شماره ۲

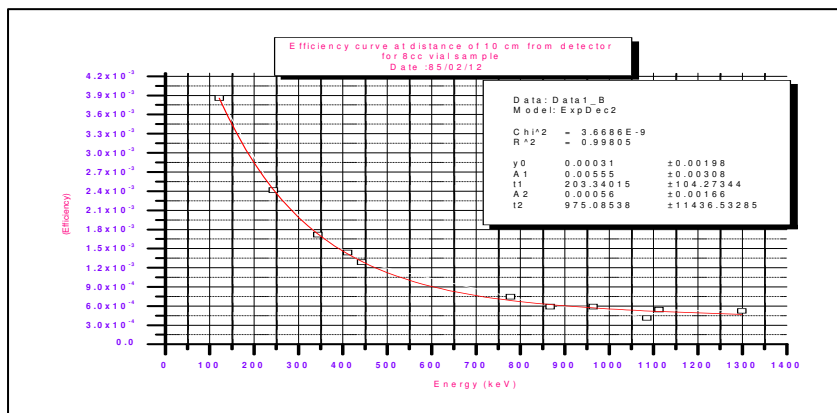
خطای ناشی از میزان اکتیویته چشمه استاندارد	مطابق برگه مشخصات ۳٪ می باشد
خطای ناشی از اندازه گیری وزن نمونه استاندارد تهیه شده	از ترازوی بادقت ۰,۰۰۱ گرم استفاده شد، بنابراین خطا حدود ۲٪
خطای ناشی از اندازه گیری حجم نمونه تهیه شده	با پیمت با دقت ۰,۱ سی سی و حجم ۸ سی سی خطا حدود ۴٪
خطای ناشی از اندازه گیری ارتفاع	خطا در جا گذاری نمون با دقت ۰,۱ سانتیمتر که بیشترین خطا حدود ۲٪ درصد می شود
خطای ناشی از اندازه گیری سطح زیر پیک	در کل اندازه گیری ها بیشتر از یک نبوده است
جمع خطا ها	$\sqrt{3^2 + 2^2 + 4^2 + 2^2 + 1^2} = 6\%$

بعد از رسم منحنی های کالیبراسیون انرژی برای چشمه های نقطه ای مجدداً نتایج برای چشمه های استاندارد نقطه ای تک انرژی $Na-22$ و $Cs-137, Co-60, Ba-133$ و ویال کبالت ۵۷ با حجم ۱۰ سی سی مجدداً بررسی شد و نتایج تطبیق خوبی را نشان داده است، این نتایج در جدول شماره ۳ آورده شده است. جدول شماره ۳: مقایسه اندازه گیری های انجام شده با استفاده از منحنی ها و مقادیر مورد انتظار

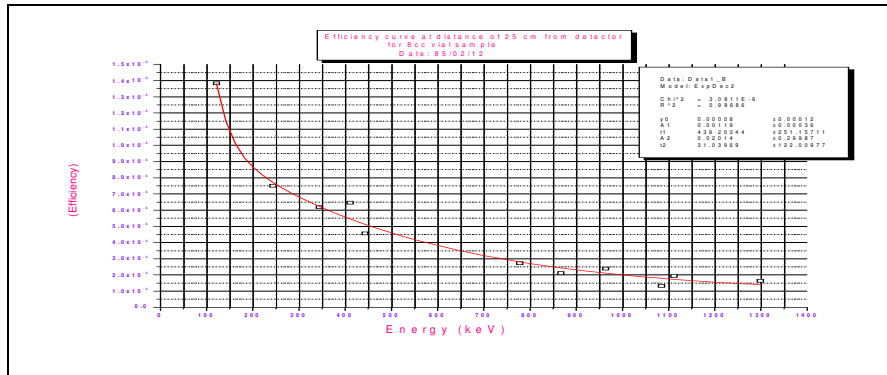
نام چشمه استاندارد	میزان اکتیویته محاسبه شده با استفاده از منحنی های رسم شده (میکرو کوری)	میزان اکتیویته مطابق برگه مشخصات در تاریخ آزمایش (میکرو کوری)
Ba -133	۰,۴۰۲	۰,۳۷۹
Cs-137	۰,۷۱۷	۰,۷۰۲
Co-60	۰,۱۶۹	۰,۱۵۰
Tl-203	۴۶,۵	47,3



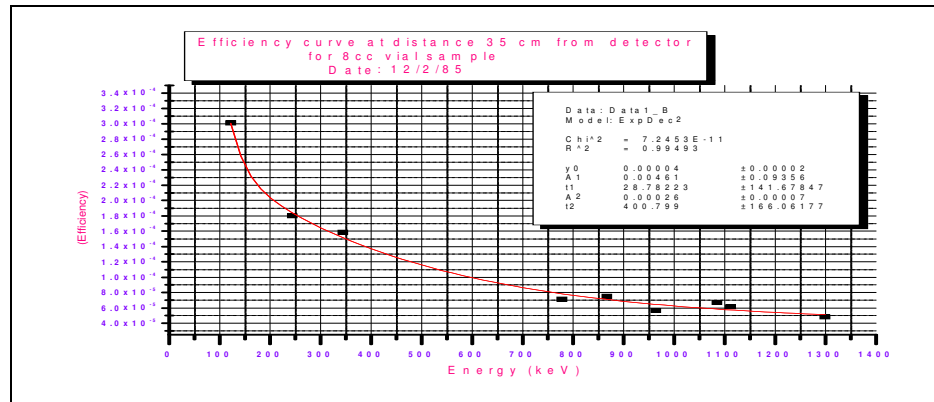
نمودار شماره ۱: نمودار Efficiency با استفاده از چشمه $Eu-152$ ، با حجم ۸ سی سی و در فاصله صفر سانتیمتر از دکتور



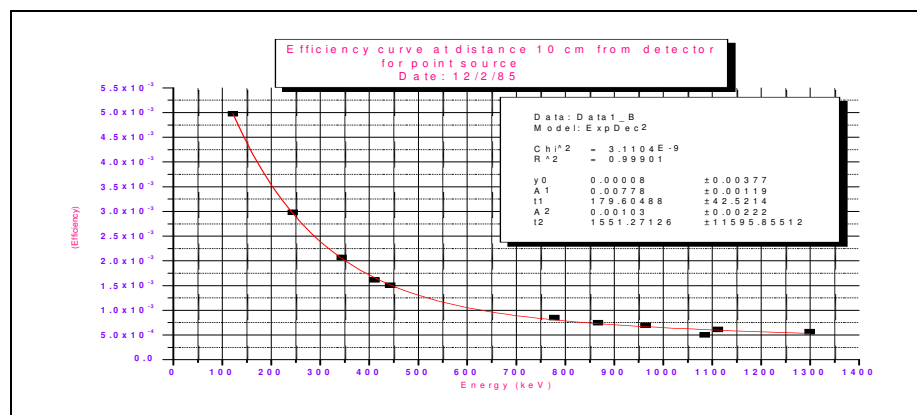
نمودار شماره ۲: نمودار Efficiency با استفاده از چشمه $Eu-152$ ، با حجم ۸ سی سی و در فاصله ۱۰ سانتیمتر از دکتور



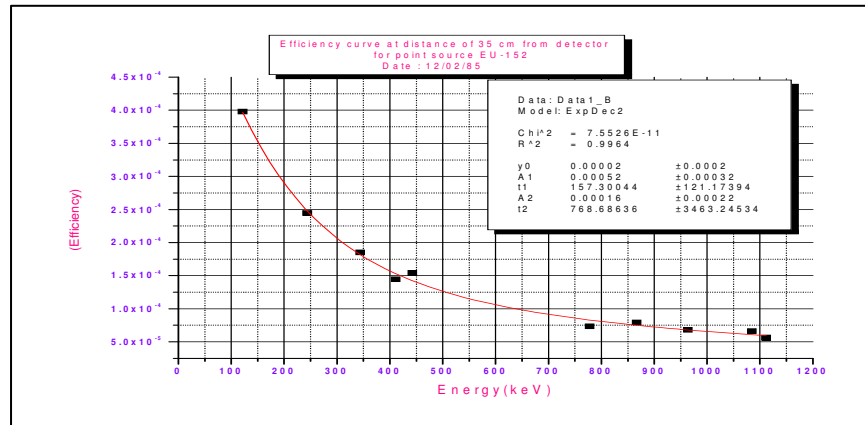
نمودار شماره 3: نمودار Efficiency با استفاده از چشمه Eu-152، با حجم ۸ سی سی و در فاصله 25 سانتیمتر از دکتور



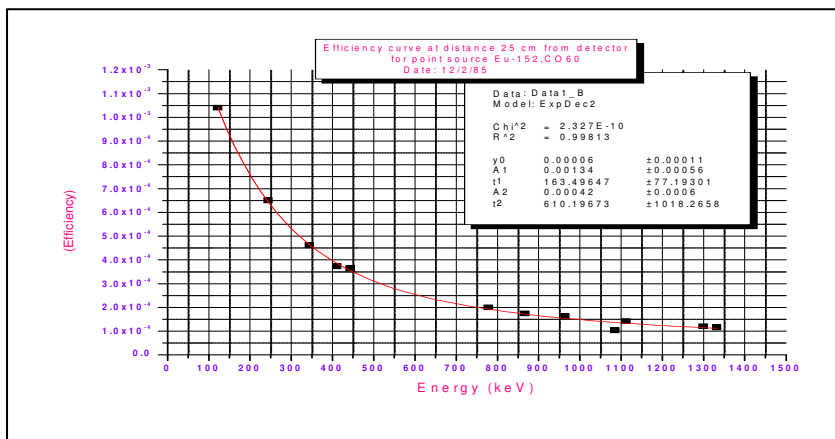
نمودار شماره 4: نمودار Efficiency با استفاده از چشمه Eu-152، با حجم ۸ سی سی و در فاصله 35 سانتیمتر از دکتور



نمودار شماره 5: نمودار Efficiency با استفاده از چشمه Eu-152 نقطه ای، در فاصله ۱۰ سانتیمتر از دکتور



نمودار شماره ۶: نمودار Efficiency با استفاده از چشمه نقطه ای Eu-152، و در فاصله ۳۵ سانتیمتر از دکتور



نمودار شماره ۷: نمودار Efficiency با استفاده از چشمه نقطه ای، و در فاصله ۳۵ سانتیمتر از دکتور

بحث و نتیجه گیری

با انجام این آزمایش‌ها و محاسبات، تاثیر هندسه آزمایش بر بازده آشکارساز ژرمانیومی فوق خالص بخوبی آشکار شد بنابراین برای اندازه‌گیری دقیق اکتیویته، با توجه به هندسه چشمه مورد نظر می‌بایست ابتدا با استفاده از چشمه‌های استاندارد کالیبراسیون انرژی را بدست آورد و سپس اکتیویته چشمه مورد نظر را اندازه‌گیری و با دقت خوبی تعیین کرد.



همچنین با دقت در نمودار های رسم شده ، تاثیر انرژی در میزان بازده بخوبی آشکار است همانگونه که ملا حظه می شود آشکار ساز موجود در انرژی های کم (100keV تا 250keV) بازده بالاتری دارد.

مراجع:

1-<http://www.canberra.com/products/488.asp>.

2- Dr,Z.kargar,Dr.N.Ghahramany , Radioisotopes and their applications in nuclear physics, Shiraz University , 82-95.

3-Glenn F.Knoll, Radiation detection and measurement ,university of Mishigan,Singapore,1999,chapture 12.

4-ASTM E 181-98, Standard test method for detector calibration and analysis of radio nuclides, Annuls book of ASTM standard, **vol.** 12.02.

5-Nicholas, solfanidis,cohi,fayeg(reply),Measurement Publishing Coporation ,Measurement and detection of radiation, Hemishere publishing Corporation -526-594.