



انجام کالیبراسیون بازده آشکارساز HPGe به صورت تجربی و شبیه سازی با استفاده از MCNP و شبیه سازی چشمه دیسکی

هانیه نوعی *، میترا اطهری علاف، محمد میرزایی، فاطمه بلوری نوین

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده فنی و مهندسی گروه پر توپزشکی

سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، مجتمع پژوهشی البرز

چکیده: یکی از راه های تعیین بازده آشکارساز، استفاده از چشمه های استاندارد است. ولی از آنجایی که چشمه های استاندارد ممکن است همیشه در دسترس نباشند به همین دلیل روش شبیه سازی برای تخمین بازده آشکارساز مورد توجه قرار گرفته است. همچنین از آنجایی که بازده به شدت به هندسه چشمه وابسته است، و چشمه های استاندارد با هندسه های مختلف در دسترس نمی باشند لذا در این پژوهش با استفاده از کد MCNPX2.6 شبیه سازی چشمه دیسکی انجام شد. در این پژوهش ابتدا با استفاده از چشمه های استاندارد به صورت تجربی منحنی های بازده رسم شدند سپس با شبیه سازی وضعیت و شرایط آزمایشگاه منحنی های شبیه سازی رسم شدند و این کار را برای هندسه دیسکی تکرار شد.

کلمات کلیدی: کالیبراسیون بازده، MCNPX2.6، HPGe

Efficiency Calibration of an HPGe Detector by Measurement and Monte Carlo Simulation by MCNP and Simulation of Disc Source

H.Noei*, M.Athari allaf, M.mirzaei, F.blouri novin

1-Department of medical radiation, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2-Atomic Energy Organization of Iran, Nuclear Science and Technology Research Institute, Alborz Research institute, karaj-Iran

Abstract: One of the best way for calculation of efficiency is use of standards sources but many of this sources are not available and this experimental approach waste our time. For solving this problem, Monte carlo calculation was used for simulation of HPGe and simulation every geometry of sources it was needed. So in this project first standard sources was used and were drawn efficiency curves for each distance and then HPGe was simulated by MCNPX2.6 and result of experimental and simulation comparison was done .and after that the disc sources were simulated and were drawn the efficiency curve for this Geometry of sources.



Key words: Efficiency calibration, MCNPX2.6, HPGe

مقدمه

طیف سنجی گاما به وسیله آشکارساز HPGe (High purity Germanium) برای اندازه گیری نمونه های محیطی از اهمیت بسزایی برخوردار است. برای بدست آوردن اکتیویته واقعی نمونه های محیطی، اطلاع از بازده دقیق قله تمام انرژی بسیار مهم و ضروری است [۱]. یکی از راه های تعیین بازده آشکارساز، استفاده از چشمه های استاندارد است. تعیین دقیق بازده برای هر پیکربندی و شرایط معین، چشمه های استاندارد متعددی را می طلبد [۲]. از آنجایی که این چشمه های استاندارد می باید از نظر فیزیکی و شیمیایی و همچنین توزیع پرتوزایی در حجم آن ها مشابه نمونه های مورد آزمایش باشند و همچنین به دلیل وجود مشکلات در تولید این نمونه ها، فراهم کردن چشمه های استاندارد متعدد از لحاظ عملیاتی ممکن و مقرون به صرفه نیست [۳]. برای حل چنین معضلی، بازده این آشکارسازها را با روشهای شبیه سازی مونت کارلو تعیین می کنند [۴-۶]. از این رو در این پژوهش، اقدام به شبیه سازی شرایط آزمایشگاه (شبیه سازی آشکارساز HPGe و همچنین چشمه های استاندارد نقطه ای موجود) با استفاده از کد محاسباتی MCNPX شد. در ابتدا اقدام به رسم تجربی نمودارهای بازده - انرژی کردیم به این ترتیب که چشمه های استاندارد نقطه ای موجود (Ba-133, Cs-137, Co-60) را در فاصله های ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ سانتی متری از دهانه آشکارساز قرار دادیم سپس بازده را برای هر انرژی بدست آوردیم و نمودار بازده - انرژی را برای هر کدام از فواصل رسم کردیم. سپس با شبیه سازی شرایط آزمایش، نمودار بازده - انرژی را به صورت شبیه سازی نیز رسم نمودیم و پس از تطابق قابل قبول اقدام به شبیه سازی چشمه دیسکی مورد نیاز در بخش سیکلوترون مجتمع پژوهشی البرز نمودیم.

روش کار:

آشکارساز استفاده شده، HPGe نوع n، مدل NGC-4020 ساخت شرکت Canberra و coaxial با بازده نسبی ۴۰٪ و قدرت تفکیک ۲ keV در انرژی ۱۳۳۲/۵ keV پرتو گاما کبالت-۶۰ بود. طیف های ثبت شده با استفاده از نرم افزار Quantum Gold مقیاس بندی و در ادامه به کمک نرم افزار inter winner تحلیل می شوند. وسایل و تجهیزات مورد نیاز آزمایش ها شامل: چشمه های نقطه ای استاندارد Ba-133, Cs-137, Co-60 و همچنین از یک پایه پلاستیکی تو خالی برای قرار دادن چشمه ها در فواصل گفته شده استفاده شد و آشکارساز مورد استفاده آشکارساز HPGe می باشد که اطلاعات مربوط به هندسه آن در جدول ۱ ارائه شده است:



جدول ۱- اطلاعات مربوط به هندسه آشکارساز

ارتفاع کریستال	۶۲mm
قطر کریستال	۶۱/۴mm
فاصله کریستال تا لبه آشکارساز	۵mm
ضخامت پنجره آشکارساز	۰/۵ mm
جنس پنجره	Carbon Epoxy

در آزمایش های تجربی هر یک از چشمه های نقطه ای را در فواصل ذکر شده قرار دادیم و پس از تحلیل طیف ها به وسیله نرم افزار Quantum Gold که سطح زیر قله تمام انرژی در اختیار کاربر قرار داده می شود بازده مطلق قله تمام انرژی به وسیله رابطه ۱ محاسبه کردیم:

$$(1) \text{ Efficiency} = \frac{\text{Net area}}{t \times BR \times \text{Activity}}$$

که در اینجا Net area برابر است با سطح زیر قله ی تمام انرژی E، T زمان شمارش بر حسب ثانیه، Activity فعالیت پرتوزایی چشمه در طول زمان شمارش بر حسب بکرل و Br احتمال گسیل ذره با انرژی E میباشد.

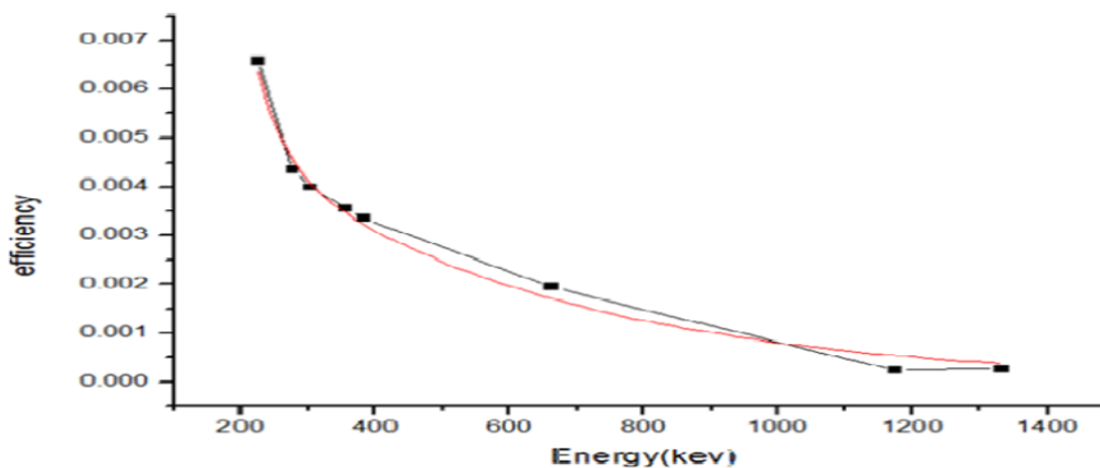
نتایج



بعد از اتمام آزمایش های تجربی و محاسبه بازده اقدام به رسم نمودار های بازده- انرژی در هر یک از فواصل ذکر شده کردیم. در جدول ۲ نتایج محاسبات در فاصله ۱۰ سانتی متری از دهانه آشکارساز ارائه شده است و نمودار ۱، نمودار بازده- انرژی در این فاصله می باشد.

جدول ۲- محاسبه بازده آشکارساز در فاصله ۱۰ سانتی متری از چشمه

Isotop	Energy(keV)	Activity(Bq)	فراوانی(%)	T(s)	Net area	FWHM	Efficiency	خطا(%)
Ba-133	۲۲۴/۲	۷۲۰۲/۴۲	۰/۰۰۴۵	۱۸۰۰	۳۸۴/۱	۰/۳۶	۰/۰۰۶۵۸۴	۱/۲
Ba-133	۳۰۳/۴۹	۷۲۰۲/۴۲	۰/۱۸۳۳	۱۸۰۰	۹۴۸۸/۲	۱/۵۸	۰/۰۰۳۹۹۳	۰/۶
Ba-133	۳۵۶/۵۹	۷۲۰۲/۴۲	۰/۶۲۰۵	۱۸۰۰	۲۸۵۳۴/۷	۱/۶۴	۰/۰۰۳۵۴۷	۱/۲
Ba-133	۳۸۴/۴	۷۲۰۲/۴۲	۰/۰۸۹۴	۱۸۰۰	۳۸۸۲/۴	۱/۵۶	۰/۰۰۳۳۵	۰/۸
Cs-137	۶۶۱/۹۹	۲۰۶۰۰/۸۶	۰/۸۵۱	۱۸۰۰	۶۱۵۵۱/۶	۱/۸۳	۰/۰۰۱۹۵۱	۳/۸
Co-60	۱۱۷۳/۰۵	۱۳۵۴۷/۱۸	۰/۶۶۶	۱۸۰۰	۳۸۵۲/۵	۱/۹۳	۰/۰۰۰۲۷۳	۲/۶
Co-60	۱۳۳۲/۱۷	۱۳۵۴۷/۱۸	۰/۵۴۷	۱۸۰۰	۳۸۴۷/۸	۲/۴۳	۰/۰۰۰۲۶۶	۲/۸



نمودار ۱- نمودار بازده - انرژی برای چشمه های نقطه ای در فاصله ۱۰ سانتی متری از دهانه آشکارساز



پس از اتمام مراحل تجربی برای هر یک از فواصل ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ سانتی متری از دهانه آشکارساز، هندسه آشکارساز شبیه سازی شد و بعد از آن نمودار بازده- انرژی شبیه سازی شده نیز رسم شد در جدول ۳ مقایسه نتایج شبیه سازی و تجربی برای فاصله ۱۰ سانتی متری از دهانه آشکارساز ارائه شده است.

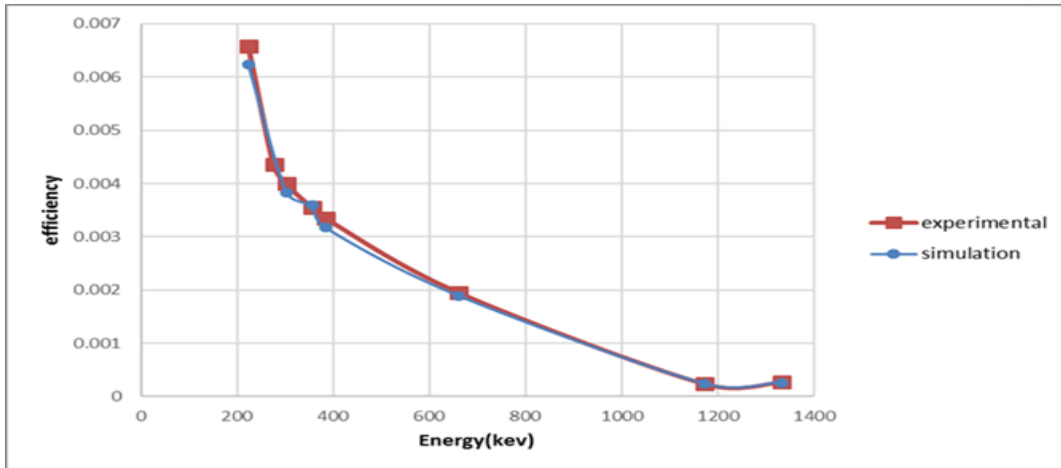
جدول ۳- مقایسه نتایج شبیه سازی و تجربی در فاصله ۱۰ سانتی متری

Energy(keV)	نتایج تجربی	نتایج شبیه سازی	خطای شبیه سازی (%)	اختلاف شبیه سازی و تجربی (%)
۲۴۴/۲	۰/۰۰۶۵۸۴	۰/۰۰۶۲۴	۰/۳۴	۵/۲
۳۰۳/۴۹	۰/۰۰۳۹۹۳	۰/۰۰۳۸۳	۰/۳۵	۴/۰۸
۳۵۶/۵۲	۰/۰۰۳۵۴۷	۰/۰۰۳۵۹۱	۰/۳۷	۱/۲
۳۸۴/۴	۰/۰۰۳۳۵	۰/۰۰۳۱۹۶	۰/۳۸	۴/۵
۶۶۱/۹۹	۰/۰۰۱۹۵۱	۰/۰۰۱۸۸۵	۰/۶۰	۳/۳
۱۱۷۳/۰۵	۰/۰۰۰۲۳۷	۰/۰۰۰۲۳۶	۱/۰۳	۰/۴
۱۳۳۲/۱۷	۰/۰۰۰۲۶۶	۰/۰۰۰۲۶۲	۱/۲	۱/۵

نحوه محاسبه خطا از رابطه ۲ محاسبه می شود:

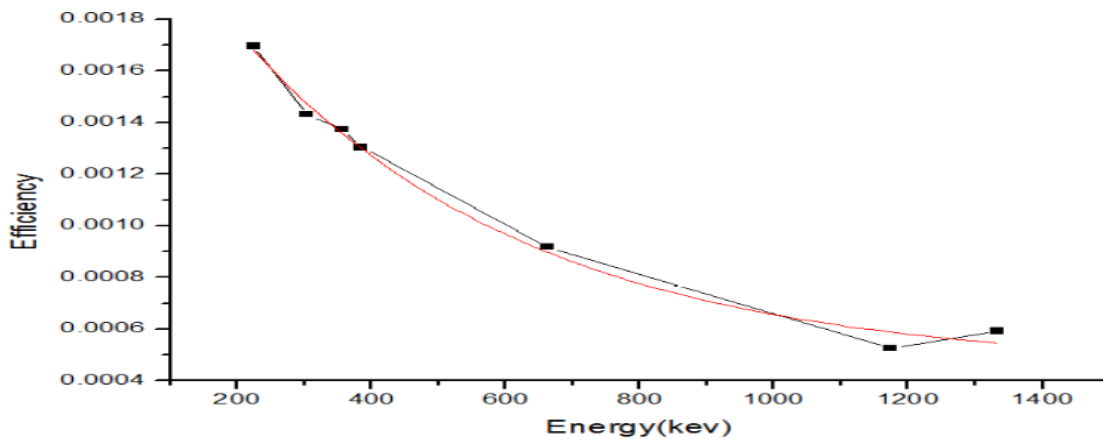
$$\text{اختلاف شبیه سازی و تجربی (۲)} = \frac{100 \times (\text{مقدار شبیه سازی} - \text{مقدار تجربی})}{\text{مقدار تجربی}}$$

در نمودار ۲ نیز مقایسه نمودارهای بازده - انرژی شبیه سازی و تجربی ارائه شده است. همانطور که قبلا نیز گفته شد تمام آزمایش های عملی و شبیه سازی برای فواصل ۲۰ و ۳۰ سانتی متری از دهانه آشکارساز نیز انجام شده است و در این مقاله تنها به ارائه نتایج حاصل از فاصله ۱۰ سانتی متری از چشمه بسنده کردیم .



نمودار ۲ مقایسه نمودار بازدهی شبیه سازی و تجربی در فاصله ۱۰ سانتی متری

در نهایت با توجه به تطابق قابل قبول نتایج شبیه سازی و تجربی، نمودار بازده - انرژی برای چشمه دیسکی مورد استفاده در بخش سیکلوترون مجتمع پژوهشی البرز (با قطر ۲/۶ سانتی متر و ارتفاع ۱ سانتی متر) از طریق شبیه سازی رسم شد که در نمودار ۳ ارائه شده است.



نمودار ۳- نمودار بازده برای چشمه دیسکی

بحث و نتیجه گیری

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد به دست آوردن اکتیویته نمونه های مجهول اهمیت بسیار زیادی دارد و به این دلیل رسم نمودارهای بازده - انرژی برای هر هندسه و پیکربندی از اهمیت بسزایی برخوردار است لذا هدف ما در این



پژوهش رسم نمودار بازده - انرژی برای چشمه هایی است که مشابه استاندارد آن ها وجود ندارد. در این پژوهش بعد از انجام آزمایش های عملی و شبیه سازی در فواصل ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ سانتی متری از دهانه آشکارساز و تطابق قابل قبول این دو (نمودار ۲)، اقدام به شبیه سازی چشمه دیسکی مورد استفاده در مجتمع پژوهشی البرز کردیم که همانطور که مشاهده شد نتایج شبیه سازی و عملی قابل قبول بود. در نتیجه می توان از برنامه شبیه سازی شده توسط MCNPX2.6 (که در این پژوهش برای شبیه سازی استفاده شده است) استفاده کرد تا علاوه بر چشمه های دیسکی، برای تمام چشمه ها با هندسه های مختلف که چشمه ی استاندارد مشابه آن وجود ندارد مورد استفاده قرار گیرد تا به وسیله آن بتوان نمودار بازده را برای هر هندسه دلخواه رسم نمود... کالیبراسیون بازده برای آشکارساز های HPGe مختلف طراحی شده است ولی با توجه به اینکه هر آشکار ساز خصوصیت منحصر به فرد خود را دارد، در این پروژه برنامه شبیه سازی آشکارساز HPGe مجتمع پژوهشی البرز نوشته و محاسبات کالیبراسیون مخصوص آن انجام شد.

مراجع

- [1]- Danilo c.vasconcelos, claubia Pereira,galardo,Z.Rocha , T.O.santos, efficiency simulation of a HPge Detector for the environmental radioactivity laboratory /CDTN using a McnP-GAMMA vision Method .internatinal nuclear Atlantic conference 24-28 (2011)
- [2]- Y.S. selim ,M.I.Abbas, source-detector geometrical efficiency, Radiation physics and chemistry ,44 1-4(1994)
- [3]- I.J. Bostock ,T.D. Taulbee, Automated Efficiency Calibration of HPGe Spectrometers for in-Vitro Soil Samples, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 422 (1-3) 812-816 (1999) .
- [4]- Jonas Boson,Goran Agren,Lennart Johansson, A detailed investigation of HPGe detector response for improved Monte carlo efficiency calculations,Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A587 304-314(2008) .
- [5]- Fatima Padila cabal,Neivy Lopez, Yuniesky Arbelo,Oscar Diaz, Monte carlo based geometrical model for efficiency calculation of an n-type HPGe detector, Applied Radiation and Isotopes 682403-2408(2010) .
- [6]- H.moser, F.J.Maringer, Aquick technique to improve the geometry characterization of aged HPGe detectors for MC code efficiency calculation, Applied Radiation and Isotopes(2015).