دانشکده فیزیک

گروه فیزیک هسته‌ای

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

عنوان:

کالیبراسیون انرژی سنتیلاتور پلاستیک برای الکترون‌ها و اشعه γ با استفاده از پراکندگی کامپتون فوتون‌های γ

استاد راهنما:

دکترصالح اشرفی

استاد مشاور:

مهندس حمید نقش آرا

پژوهشگر:

مریم قهرمانی گل

شهریور ۱۳۸۹

نام: مریم **نام خانوادگی:** قهرمانی گل

عنوان: کالیبراسیون انرژی سنتیلاتور پلاستیک برای الکترون‌ها و اشعه γ با استفاده از پراکندگی کامپتون فوتون‌های γ

استاد راهنما: دکتر صالح اشرفی **استاد مشاور:** مهندس حمید نقش آرا

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** فیزیک **گرایش:** هسته‌ای **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: فیزیک

تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۹/۶/۲۸ **تعداد صفحات:** ۱۱۳

کلمات کلیدی : شبیه‌سازی مونت کارلو، سنتیلاتور پلاستیک، کالیبراسیون آشکارساز، پراکندگی کامپتون، برازش χ^2

چکیده:

در این پژوهش روشی برای کالیبراسیون انرژی سوسوزن پلاستیک(AT1315) با استفاده از الکترون‌های پراکندگی کامپتون ارائه شده‌است. علت انتخاب فوتون‌های γ برای این منظور این است که باریکه‌های الکترونی تک‌انرژی در محدوده $0/5-3MeV$ وجودندارند و الکترون‌های تبدیل داخلی که تک‌انرژی می‌باشند نیز با مشکل کاهش انرژی در پوشش چشمه مواجه هستند. بنابراین سوسوزن مورد نظر را در معرض تابش فوتون‌هایی با انرژی۵۱۱،۶۶۲، ۱۱۷۳، ۱۳۳۲و ۱۲۷۵ keV قرارداده و طیف گامای آن‌ها را اندازه‌گیری می‌کنیم. در این پژوهش به منظور بررسی غیریکنواخت بودن پاسخ سوسوزن، پاسخ سنتیلاتور به باریکه β موازی‌شده، اندازه‌گیری شد و با مقایسه پاسخ در نقاط مختلف روی سطح آن، میزان غیریکنواختی‌ها در تولید و جمع‌آوری نور مرئی تعیین شد. سپس با در نظرگرفتن این غیریکنواختی‌ها، هندسه آشکارساز با استفاده از کد $MCNP4C$ مدل‌بندی شدو بدین ترتیب توزیع نظری انرژی‌الکترون‌های کامپتونی پراکنده‌شده (با استفاده از فرمول کلاین نیشینا) توسط کد $MCNP4C$ محاسبه شد. برای تطبیق طیف نظری و طیف تجربی، با پیچش گاوسی طیف شبیه‌سازی شده، شمارش‌های هر کانال انرژی را در کانال‌های مجاور پخش نمودیم و همچنین برای ارتباط بین شماره‌های کانال به انرژی الکترون‌های پراکنده‌شده، یک پارامتر مناسب در طیف تجربی تعریف کردیم. موقعیت‌های لبه کامپتون در طیف تجربی با استفاده از برازش χ^2 در طیف نظری و طیف تجربی تعیین شد و بدین ترتیب کالیبراسیون انرژی پلاستیک باتوجه به محل لبه کامپتون صورت گرفت. روش کالیبراسیون ارائه شده در این پژوهش، مستقل از شکل آشکارساز بوده و قابل تعمیم به آشکارسازهای پلاستیک در اشکال و ابعاد مختلف و نیز سوسوزن‌های‌مایع می‌باشد و به دلیل دردسترس بودن فوتون‌های γ، این روش کالیبراسیون برای تمام محققان امکان پذیر می‌باشد.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم

دو موهبت آسمانی و ستارگان بی غروب زندگیم

که نوازش مهربان نگاهشان بدرقه راهم بود

و چشمان نگرانشان دلواپس همیشه ام

و قلب با سخاوتشان، آسمانی از مهربانی به من ارزانی داشت.

و تقدیم به عزیزانم :

منیر و برادرانم

که تمامی زیبایی زندگیم به خاطر وجود آنهاست و مرهون محبت های بی دریغ شان، هستم.

سپاس بیکران پروردگار بزرگ را که قلم به دستان لرزان این کمترین بنده خود به ودیعت نهاد و فرصت و توان دانش اندوزی عطا کرد تا گامی هر چند کوچک در مسیر علم، این میراث ارزشمند بشری بردارد.

اکنون که در سایه الطاف و عنایات بیکران الهی موفق به نگارش این پایاننامه شده ام، بر خود لازم می دانم از همه بزرگوارانی که مرا در این راه یاری نموده اند، تشکر و قدردانی نمایم.

از جناب آقای دکتر صالح اشرفی، استاد فرزانه و ارجمندم که شاگردی ایشان افتخاری بزرگ برای اینجانب بوده و در تمام مراحل انجام این پروژه از راهنمایی های ارزشمند ایشان بهره مند شدم و با راهنمایی های ارزنده و صمیمانه خود مرا در تدوین این پروژه همراهی نمودند، تشکر و قدردانی می نمایم و به پاس تمام لطف های بی پایانشان از خداوند متعال سعادت و موفقیت روزافزونشان را خواهانم و از جناب آقای دکتر احتای جهانبخش به دلیل راهنمایی ها و مشاوره های ارزشمندشان، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

همچنین بر خود فرض می دانم خالصانه ترین و سبزترین سپاس خود را نثار پدر و مادر بزرگوارم سازم که وجود مقدسشان همیشه مایه دلگرمی و آرامبخش روح و روانم بوده است و برادر و خواهران عزیزم که همواره شرمسار محبت هایشان هستم. همچنین بر خود فرض می دانم خالصانه ترین و سبزترین سپاس خود را نثار پدر و مادر بزرگوارم سازم که وجود مقدسشان همیشه مایه دلگرمی و آرامبخش روح و روانم بوده است و برادر و خواهران عزیزم که همواره شرمسار محبت هایشان هستم.

از دوستان عزیز و مهربانم، خانم ها: شهناز جنگجو، میناو فایی، و همه دوستان و همکلاسی های عزیزم که دوره دانشجویی را در جمع صمیمانه شان سپری کردم و بهترین خاطرات زندگی ام را در این سال ها رقم زدند، کمال تشکر را دارم.

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ معرفی سوسوزنها ۳

۱-۲-۱ سوسوزن های غیرآلی یا بلوری ۴

۱-۲-۲ سوسوزن های گازی ۴

۱-۲-۳ سوسوزن های آلی ۵

۱-۳ تقسیم بندی کلی سوسوزنهای آلی ۶

۱-۳-۱ سوسوزنهای آلی خالص ۶

۱-۳-۲ سوسوزنهای آلی آبگون ۷

۱-۳-۳ سوسوزنهای پلاستیک ۷

۱-۳-۴ بررسی مکانیسم سوسوزنی در مواد آلی ۸

۱-۴ اهمیت کالیبراسیون آشکار ساز سوسوزن پلاستیک ۱۰

۱-۵ پاسخ آشکار ساز سوسوزن پلاستیک به پرتوهای γ ۱۱

۱-۵-۱ اثر فوتوالکتریک ۱۱

۱-۵-۲ اثر تولید زوج ۱۳

۱-۵-۳ اثر کامپتون ۱۴

۱-۵-۴ مقایسه سهم هریک از این برهم کنشها، در دو سنتیلاتور پلاستیک و$NaI(Tl)$ ۱۸

۱-۶ روش مونت کارلو ۲۰
۱-۶-۱روش مونت کارلوچیست ۲۰
۱-۶-۲چند مثال ۲۱

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱ اسپکترومتر گاما-بتا (AT1315) ۳۰
۲-۱-۱ ساختمان اسپکترومتر گاما-بتا (AT1315) ۳۱
۲-۱-۲ مشخصات فنی اسپکترومتر ۳۳
۲-۱-۳ بکارگیری عملی اسپکترومتر ۴۱
۲-۱-۴ توصیف اجزای اسپکترومتر ۴۲
۲-۱-۴-۱ واحد آشکارسازی Detection unit ٤٢
۲-۱-۴-۲ واحد پردازش داده ها ٤٥
۲-۱-۴-۳ واحد HV ٤٦
۲-۱-۵ آماده سازی اسپکترومتر برای استفاده ۴۶
۲-۱-۵-۱ روشن کردن اسپکترومتر ٤٦
۲-۱-۵-۲ کنترل اولیه پارامتر های دستگاه ٤٨
۲-۱-۵-۳ تنظیم اسپکترومتر ٥٠
۲-۱-۵-۴ زمینه ٥١
۲-۲ کد MCNP ۵۳
۲-۲-۱تخمین خطای روش مونت کارلو در کد MCNP ۵۵
۲-۲ -۲چگونگی بکارگیری کد MCNP ۵۶
۲-۲-۳ سطح مقطع‌ها و داده‌های هسته‌ای در MCNP ۵۷
۲-۲-۴ چگونگی تعریف هندسه در MCNP ۵۸

۲-۲-۵ کارتهای اطلاعات ۶۰
۲-۲-۶ معرفی خروجی ۶۰
۲-۲-۷ چگونگی تعریف چشمه در MCNP ۶۲
۲-۲-۸ دستور خاتمه دهنده ی مسئله ۶۹

فصل سوم: نتایج و بحث

شبیه سازی ۷۹
۳-۱ طراحی هندسه آشکارساز ۷۹
۳-۲ شبیه‌سازی ذرات و فرآیندها ۸۰
۳-۲-۲ معرفی چشمه ۸۱
۳-۲-۳ معرفی نوع مسئله (الکترون نوترون، فوتون) ۸۳
۳-۲-۴ تعیین خروجی خواسته شده از کد ۸۳
۳-۳ چگونگی بدست آوردن پاسخ آشکارسازها در شبیه‌سازی توسط کد MCNP4C ۸۴
۳-۳-۱ بررسی غیریکنواخت بودن پاسخ سوسوزن ۸۴
۳-۴ پاسخ سوسوزن پلاستیک برای چشمه های رادیو اکتیو ^{137}Cs و ^{60}Co ۸۸
۳-۴-۱ اندازه گیری ۹۱
۳-۴-۲ تاثیر فاصله چشمه از آشکارساز ۹۱
۳- ۵ تطابق طیف تجربی و شبیه سازی ۹۴
۳-۵-۱ فاکتور پخش‌کنندگی ۹۵
۳-۵-۱-۱پیچش ۹۷
۳-۵-۲ فاکتور مقیاس بندی ۱۰۱
۳-۵-۳ انتخاب بهترین فاکتور مقیاس بندی و فاکتور پخش کنندگی ۱۰۱
۳-۶ کالیبراسیون انرژی آشکارساز پلاستیک ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱) ترازهای انرژی الکترونی π ۱۰

شکل۱-۲) پدیده فوتوالکتریک ۱۳

شکل۱-۳) اثر تولید زوج ۱۵

شکل۱-۴) پدیده پراکندگی کامپتون ۱۶

شکل۱-۵) مقایسه سهم ا ندر کنش های فوتونی در دو سنتیلاتور ۲۲

شکل ۱-۶) منحنی P(x) بر حسب x ۲۴

شکل۱-۷) شبیه سازی با پرتاب ۵۰۰ سوزن برای تعیین ۲۵

شکل۱-۹) محدودیت اینکه هرمکان را تنها یک نفر می تواند اشغال کند هرچند حل ریاضی را مشکل می کند ولی شبیه سازی به روش مونت کارلو را ساده میکند ۲۶

شکل ۱-۱۰) نقش روش مونت کارلو درعلوم کاربردی ۲۹

شکل ۲-۱) اسپکترومتر AT1315 ..... ۳۱

شکل۲-۲) ۱-GDU ،۲-کابل GDU ۳۲

شکل ۲-۳) جزئیات GDU ۱-آشکارساز ۲-case ۳-فوتومولتی پلی یر ۴-تقسیم کننده ولتاژ ۵-آمپلی فایر ۶-شماره سریال ۷-پایانه زمین ۳۲

شکل۲-۴)جزئیات BDU۱-فیلم پشتی۲-آشکارساز۳-فوتومولتی پلی یر۴-case۵-تقسیم کننده ولتاژ۶-آمپلی فایر۷-شماره سریال۸-پایانه زمین ۳۳

شکل۲-۵) طیف چشمه ^{137}Cs ۳۹

شکل۲-۶) بلوک دیاگرام اسپکترومتر ۴۳

شکل ۲-۷) بلوک دیاگرامGDU ۴۴
شکل ۲-۸) بلوک دیاگرام BDU ۴۵
شکل ۲-۹) بلوک دیاگرام DPU..... ۴۶
شکل۲-۱۰) اعمال ولتاژ ۴۹
شکل۲-۱۱) ۱-محل قرارگیری چشمه ۲-نگهدارنده ۳-DU..... ۴۹
شکل ۲-۱۲) عمل بازبینی ۵۰
شکل ۲-۱۳) تراشه 468133.*XXX* ۵۱
شکل ۲-۱۴) طیف زمینه..... ۵۳
شکل ۲-۱۵) کنترل زمینه..... ٥٤
شکل۳-۲) طرح واپاشی برایCs^{137}..... ۸۱
شکل ۳-۳)۱-آمپلی‌فایر۲-تقسیم‌کننده‌ولتاژ۳-فوتومولتی‌پلیر۴-آشکارساز۵-کلیماتورسربی۶-چشمه‌نقطه‌ای۷-موقعیتهای مختلف چشمه در مقابل دتکتور ۸۴
شکل۳-۴) نمایش توزیع غیریکنواخت نور خروجی در سرتاسر آشکارساز ۸۵
شکل۳-۵) پاسخ شبیه‌سازی برای چشمه Co^{60} ۸۶
شکل۳-۷) پاسخ آنتراسین در برابر چشمه Co^{57} و Am^{241} و Cd^{109} ۸۹
شکل۳-۸) پاسخ آنتراسین در برابر چشمه Cs^{137} وNa^{22} ۹۰
شکل۳-۹) شکل طیف تجربی Cs^{137} برای دو فاصله مختلف چشمه از آشکارساز ۹۱
شکل۳-۱۰) شکل طیف تجربی Co^{60} برای دو فاصله مختلف چشمه از آشکارساز ۹۲
شکل۳-۱۱) مقایسه بین طیف تجربی و شبیه‌سازی شده مربوط بـه چشمه Co^{60} ۹۴
شکل۳-۱۳) FWHM ۹۶
شکل۳-۱۴) یک تابع مربعی که با یک توزیع گاوسی پیچیده شده است. ۹۸
شکل۳-۱۵) مقایسه طیف پس از پیچش با طیف تجربی ۱۰۰
شکل۳-۱۶) مقادیر $\chi 2$ برای طیف گاماهای Cs^{137}. ۱۰۴

شکل۳-۱۷) مقادیر $\chi 2$ برای طیف گاماهای ^{60}Co ۱۰۴

شکل۳-۱۸) مقایسه طیف تجربی و طیف شبیه سازی‌شده پس از اعمال پارامترهای مناسب برای ^{60}Co ۱۰۵

شکل۳-۱۹) نمودار کالیبراسیون انرژی آشکارساز پلاستیک ۱۰۶

فهرست جدول ها

جدول (۲-۱) مشخصه های اسمی تبدیل کانال به انرژی برای گاما ۳۴

جدول (۲-۲) مشخصه های اسمی تبدیل کانال به انرژی برای بتا ۳۴

جدول (۲-۳) راندمان آشکارساز گاما محدوده 50KeV تا 3000KeV برای چشمه های نقطه ای ۳۵

جدول (۲-۴) سطح زمینه خود اسپکترومتر ۳۶

جدول (۲-۵) راندمان آشکارساز گاما در محدوده50KeV تا 3000KeV برای چشمه های حجمی ۳۷

جدول (۲-۶) محدوده اندازه گیری اکتیویته حجمی و اکتیویته ویژه ۴۰

جدول (۲-۷) حساسیت اسپکترومتر ۴۱

جدول(۳-۱) مواد بکار برده شده در شبیه سازی ۸۰

جدول (۳-۲)چشمه‌های رادیواکتیو و انرژی گاما ۸۸

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱ مقدمه

امروزه سنتیلاتورهای[1] پلاستیک به عنوان آشکارسازهای پرتوβ بطور وسیعی بکار برده می‌شوند. ضرورت انجام کالیبراسیون در این است که امروزه تقاضا برای سوسوزن‌های پلاستیک به عنوان آشکارسازهای پرتو β افزایش یافته‌است و بنابراین کالیبراسیون سوسوزن‌های پلاستیک برای طیف سنجی ذرات β به عنوان آشکار سازβ لازم است. با این‌حال کالیبراسیون انرژی آشکارسازهای β با یک سری مسائل اساسی مواجه است. از جمله اینکه باریکه‌های الکترونی تک‌انرژی در محـدوده $۰/۵ - ۳MeV$ وجود ندارند. هرچند الکترون‌های تبدیل داخلی تک‌انرژی می‌باشند، ولی آن‌ها نیز با مشکل کاهش انرژی در پوشش چشمه مواجه هستند و شدت پرتوی این الکترون‌ها در مقایسه با پرتو γ پاییـن است. کالیبراسیون سوسوزن‌های پلاستیک از طریق مقایسه توزیع نظری الکترون‌ها با طیف تجربی حاصل می‌شود. در این پروژه سعی کردیم که پس از بدست آودن توزیع نظری انرژی الکترون‌های کامپتونی پراکنده‌شده(با استفاده از فرمول کلاین نیشینا [2]) و نیز توزیع انرژی اندازه‌گیری شده(که با قرارگیری چشمه‌های نقطه ای مناسب در مقابل سنتیلاتور بدست می‌آید)، با استفاده از مدل‌های آماری مناسب بتوانیم این دو توزیع نظری و تجربی را برهم منطبق نماییم و کالیبراسیون سنتیلاتور پلاستیک را به انجام برسانیم.

[1] scintillator
[2] *klein-Nishina*

۱-۲ معرفی سوسوزن‌ها

آشکار سازی پرتوهای یونساز، بوسیله سوسوزنی نوری توسط مواد خاص یکی از قدیمی ترین روش-های بکار رفته می‌باشد. سوسوزن‌ها که به صورت موادی جامد، مایع، گاز هستند وقتی تابش یوننده وار د آن‌ها می‌شود، تولید جرقه‌ی نوری می‌کنند. در یک بلور جسم جامد، برهم‌کنش ذره باردار پرانرژی با الکترون های مداری باعث کنده‌شدن آن‌ها می شود. الکترون کنده‌شده وقتی در مدار الکترونی فاقد الکترون، می‌افتد، نور گسیل می کند. اگر بلور به این نور شفاف باشد، عبور ذره باردار حامل انرژی با سینتیلاسیون یا سوسوزنی نور گسیل شده از بلور علامت داده می‌شود که این علامت نوری توسط اثر فوتوالکتریک به یک تپ الکتریکی تبدیل می‌شود.

به طور کلی کار یک آشکار ساز سوسوزن رامی توان به دو مرحله تقسیم کرد:

۱) جذب انرژی تابش فرودی بوسیله بلور سوسوزن و تولید فوتون هایی در بخش مرئی ۲) تولید الکترون-های فوتوالکتریک بوسیله صفحه حساس در اثر تابش فوتونی و تقویت نور بوسیله تکثیر کننده فوتونی وتولید پالس خروجی.

در مورد خواص اصلی سوسوزنها میتوان به موارد زیر اشاره کرد که اکثر سوسوزنهای مورد استفاده امروزی به طور نسبی این خواص را باید داشته باشند:

۱- توان تبدیل انرژی جنبشی ذرات باردار به نور قابل آشکارسازی

۲- خطی بودن تولید نور نسبت به انرژی جذب‌شده در ماده سوسوزن در یک گستره وسیعی از انرژی‌ها

۳- زمان واپاشی سریع حالت‌های برانگیخته برای ایجاد پالس‌های سریع

۴- کیفیت اپتیکی مناسب و همچنین قابل تولید در سایزهای مورد نظر آشکارسازها

۵- شفاف بودن ماده سوسوزن نسبت به طول موج تولیدشده توسط خود سوسوزن به منظور جمع آوری مناسب نور

۶- ضریب شکست نزدیک به شیشه برای قابلیت جفت شدن نور سوسوزنی به فوتومولتی پلیر

به طور کلی سوسوزنها به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند:۱) سوسوزن های غیرآلی یا بلوری ۲) سوسوزن های آلی ۳) سوسوزن های گازی[۱].

۱-۲-۱ سوسوزن های غیرآلی یا بلوری

بیشتر سوسوزن های غیرآلی یا بلوری، بلورهای آلیاژ فلزات قلیایی هستند، به خصوص یدورهای قلیایی که مقدار کمی از یک ناخالصی را دربر دارند. ترکیبات$NaI(Tl), CsI(Tl) , CaI(Na) , LiI(Eu)$ از این مقوله‌اند. عنصر داخل پرانتز، همان ناخالصی یا فعالساز است.

۱-۲-۲ سوسوزن های گازی

این سوسوزنها مخلوط‌هایی از گازهای بی اثر هستند.چون نور گسیل شده توسط این گازها در ناحیه فرابنفش است گازهای دیگری مثل ازت به آن می‌افزایند تا به صورت جابجا گر طول موج عمل کند. این سوسوزن‌ها دارای زمان واپاشی خیلی سریع بوده در عوض دارای بازده نور کمی هستند. از طرفی مقدار نور خروجی آنها به ازای واحد انرژی ذخیره‌شده در آشکارساز بستگی بسیار کمی به بار و جرم ذره ای که آشکار می‌شود، دارد. از این رو از این مواد بیشتر در اندازه گیری ذرات باردار سنگین مثل ذرات آلفا، پاره-های شکافت و سایر یون‌های سنگین استفاده می شود.

۱-۲-۳ سوسوزن های آلی

مواد سوسوزن آلی با بازده بالا در رده ترکیبات معطر قراردارند. این مواد از مولکول‌های مسطحی ساخته شده‌اند که از حلقه‌های بنزنی تشکیل شده‌اند. تولوئین و آنتراسین دو نمونه از این ترکیبات هستند. این سوسوزن‌ها از در آمیختن ترکیبات مناسب با هم درست می‌شوند و بسته به ترکیبات موجود در آمیخته به صورت یکتایی، دوتایی، سه‌تایی و جز اینها رده بندی می‌شوند. ماده با بالاترین غلظت را حلال و بقیه را محلول می‌نامند. یک سوسوزن دوتایی، از یک حلال و یک محلول ساخته می‌شود، در صورتیکه یک سوسوزن سه تایی از یک حلال و یک محلول اولیه و یک محلول ثانویه تشکیل می‌شود. سوسوزن‌های آلی طیف وسیعی از کاربردهای آشکارسازی را شامل می‌شوند. از زمان معرفی شدن نفتالین در سال ۱۹۴۷ به عنوان سوسوزن، مواد دیگری با بازده نور بالامثل آنتراسین و استیلبن، محلولهای کریستالی مثل آنتراسین در نفتالین و محلولهای پلاستیک وارد این عرصه شده اند.

تقسیم بندی سوسوزنهای آلی بر اساس تعداد اجزاء تشکیل دهنده آنها:

اجزاء اصلی یک ترکیب سوسوزن آلی:

۱-**حلال**: که انرژی برجای مانده از پرتو یونساز فرودی به طور ذاتی در این قسمت جذب می شود.

۲-**ماده حل شونده**: که تابش سوسوزنی نهائی از طریق یک گذار موثر انرژی برانگیختگی از این قسمت ناشی می‌شود.

بر این اساس می توان سوسوزن‌های آلی را به صورت زیر تقسیم بندی کرد[۲].