

دانشگاه محقق اردبیلی

دانشکده‌ی علوم

گروه آموزشی فیزیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی فیزیک گرایش هسته‌ای

عنوان:

اندازه‌گیری توزیع زاویه‌ای هم‌فرودی و نا هم‌فرودی پرتوهای گامای حاصل از چشمه
های ^{60}Co و ^{137}Cs

استاد راهنما:

دکتر فرهاد ذوالفقارپور

استاد مشاور:

دکتر مقصود سعادت‌نیاری

پژوهشگر:

اله‌ام صحرائی

شهریور ۱۳۹۶

تقدیم به :

پدر و مادر صبور و بردبارم

و

همسر مهربانم

و

دختر زیبایم مهنیا

سپاسگزاری:

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و دورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز... بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ " :

از پدر و مادر عزیزم... این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر فرهاد ذوالفقاریور که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛

از استاد صبور و با تقوا ، جناب آقای دکتر مقصود سعادتی نیاری که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند ؛

و از استاد فرزانه و دلسوز؛ خانم دکتر مهسا نوری اصل که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

| | |
|--|-----------------------|
| نام خانوادگی دانشجو: صحرائی | نام: الهام |
| عنوان پایان‌نامه: اندازه‌گیری توزیع زاویه‌ای هم‌فرودی و نا هم‌فرودی پرتوهای گامای حاصل از چشمه های ^{60}Co و ^{137}Cs | |
| استاد (اساتید) راهنما: دکتر فرهاد ذوالفقار پور استاد (اساتید) مشاور: دکتر مقصود سعادت‌نیاری | |
| مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد | رشته: فیزیک |
| گرایش: هسته‌ای | دانشگاه: محقق اردبیلی |
| دانشکده: علوم | تاریخ دفاع: ۱۳۹۶/۶/۲۹ |
| | تعداد صفحات: ۱۱۰ |
| <p>چکیده:</p> <p>تکنیک‌های هم‌فرودی و نا هم‌فرودی یکی از روش‌های بسیار خوب در اندازه‌گیری و آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای می‌باشند. این تکنیک‌های پیچیده در کاهش تابش‌های زمینه و در نتیجه افزایش حساسیت تحلیلی آشکارسازها مفید هستند. فیزیکدانان هسته‌ای با استفاده از این تکنیک‌ها، ترتیبات پیچیده‌ی واپاشی‌ها و همچنین اسپین و پارته‌ی ترازهای هسته‌ای را مشخص کردند. در این پژوهش با استفاده از دو آشکارساز NaI(Tl) (یدور سدیم) و پیش‌تقویت‌کننده و تحلیلگر چند کاناله و نرم‌افزار کیسی لب، طیف هم‌فرودی و نا هم‌فرودی پرتوهای گامای حاصل از دو چشمه‌ی ^{60}Co و ^{137}Cs به صورت ترکیبی اندازه‌گیری و ثبت شد. روش کار به این صورت بود که چشمه‌های مورد نظر را روی هم و در مرکز صفحه‌ی مدرج شده تنظیم کردیم. دو آشکارساز NaI(Tl) را هم در طرفین چشمه‌ها، در فاصله‌ی یکسان، به طوری که زاویه‌ی بین آشکارسازها 180° درجه باشد، قرار دادیم. برای کاهش عامل پراکندگی کامپتون که یک عامل افزایش خطا است، آشکارسازها را در حفاظ‌های سربی قرار دادیم. این حفاظ‌های سربی متناسب با کار ما، طراحی و با ریخته‌گری و تراشکاری ساخته شدند. سپس طیف در حالت هم‌فرودی و عادی در زاویه‌های مختلف بین آشکارسازها، اندازه‌گیری و ثبت گردید. در اندازه‌گیری‌های هم‌فرودی، گاماهای زمینه که وابستگی زمانی تصادفی با هم داشتند تا حدودی حذف شدند، سپس طیف‌های ثبت شده و توزیع زاویه‌ای مربوط به پرتوهای گامای حاصل، مورد مطالعه قرار گرفتند. طیف‌های هم‌فرودی ثبت شده در زاویه‌های مختلف امکان تشخیص چشمه‌های ضعیف ^{60}Co در زاویه‌های مختلف را می‌دهد.</p> | |
| کلید واژه‌ها: توزیع زاویه‌ای - چشمه‌ی ^{60}Co - چشمه‌ی ^{137}Cs - نا هم‌فرودی گاما - هم‌فرودی گاما | |

فهرست مطالب

| شماره و عنوان مطالب | صفحه |
|---------------------|------|
|---------------------|------|

فصل اول: کلیات پژوهش

| | |
|------------------------|---|
| ۱-۱- مقدمه | ۲ |
| ۱-۲- هدف و ضرورت پژوهش | ۳ |
| ۱-۳- پیشینه ی پژوهش | ۴ |

فصل دوم: خطاهای آماری در شمارش پرتوها

| | |
|--|----|
| ۱-۲- مقدمه | ۸ |
| ۲-۲- توصیف داده‌ها | ۸ |
| ۲-۳- مدل‌های آماری | ۱۰ |
| ۲-۳-۱- توزیع دو جمله‌ای | ۱۱ |
| ۲-۳-۲- توزیع پواسون | ۱۲ |
| ۲-۳-۳- توزیع گوسی یا بهنجار | ۱۳ |
| ۲-۴- اهمیت توزیع گاوسی در اندازه‌گیری پرتوها | ۱۴ |
| ۲-۵- خطای آماری اندازه‌گیری تابش‌ها | ۱۵ |

فصل سوم: آشنایی با سازوکار آشکارسازها

| | |
|--------------------------------|----|
| ۱-۳- مقدمه | ۱۷ |
| ۲-۳- انواع آشکارسازها | ۱۸ |
| ۳-۳- اجزای سامانه‌ی آشکارسازی | ۲۰ |
| ۳-۳-۱- منبع تغذیه‌ی ولتاژ بالا | ۲۰ |
| ۳-۳-۲- پیش تقویت کننده | ۲۱ |
| ۳-۳-۳- تقویت کننده | ۲۱ |

- ۳-۳-۴- اسیلوسکوپ..... ۲۱
- ۳-۳-۵- تبعیضگر یا تحلیلگر تک کاناله (SCA)..... ۲۲
- ۳-۳-۶- شمارگر..... ۲۲
- ۳-۳-۷- ساعت الکتریکی..... ۲۲
- ۳-۳-۸- تحلیلگر چندکاناله..... ۲۲
- ۳-۴-۴- ویژگی‌های کلی آشکارسازها..... ۲۳
- ۳-۴-۱- قدرت تفکیک انرژی..... ۲۳
- ۳-۴-۲- بازده آشکارسازی..... ۲۴
- ۳-۴-۳- زمان مرگ (قدرت تفکیک زمانی)..... ۲۵
- ۳-۵-۵- آشکارسازهای سوسوزن (سینتیلیسیون)..... ۲۶
- ۳-۵-۱- تاریخچه‌ی سوسوزن‌ها..... ۲۶
- ۳-۵-۲- مواد سینتیلیسیون و مکانیزم آن..... ۲۷
- ۳-۶-۶- سوسوزن‌های غیر آلی (سوسوزن‌های بلوری)..... ۲۸
- ۳-۶-۱- سازوکار سوسوزنی در بلورهای غیر آلی با فعالسازها..... ۲۹
- ۳-۶-۲- مشخصه‌های مهم بعضی از سوسوزن‌های غیر آلی (هالید قلیایی)..... ۳۲
- ۳-۶-۳- لامپ تکثیر کننده‌ی فوتونی..... ۳۴

فصل چهارم: طیف‌نگاری پرتو گاما و اندازه‌گیری توزیع زاویه‌ای هم فرودی و نا هم فرودی گاماها

گسیلی از چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs

- ۴-۱- مقدمه..... ۳۷
- ۴-۲- پرتوزایی یا اکتیویته‌ی چشمه‌های رادیواکتیو..... ۳۷
- ۴-۲-۱- نیمه عمر..... ۳۸
- ۴-۲-۲- عمر میانگین..... ۳۸
- ۴-۲-۳- یکاهای پرتوزایی..... ۳۹
- ۴-۳- تابش گاما و نظریه‌ی واپاشی آن..... ۴۰
- ۴-۳-۱- نظریه‌ی واپاشی گاما..... ۴۰

| | |
|----|--|
| ۴۵ | ۲-۳-۴- قاعده‌های گزینش..... |
| ۴۹ | ۳-۳-۴- تخمین وایسکوف..... |
| ۵۰ | ۴-۳-۴- نسبت‌های آمیختگی..... |
| ۵۱ | ۴-۴- طیف‌نگاری پرتو گاما با آشکارساز سوسوزن..... |
| ۵۲ | ۵-۴- برهم‌کنش‌های پرتو گاما..... |
| ۵۲ | ۱-۵-۴- اثر فوتوالکتریک..... |
| ۵۴ | ۲-۵-۴- اثر کامپتون..... |
| ۵۷ | ۳-۵-۴- تولید زوج..... |
| ۵۹ | ۶-۴- مدهای ذخیره‌ی انرژی پرتو گاما در آشکارساز..... |
| ۶۰ | ۱-۶-۴- برهم‌کنش پرتو گاما با انرژی $E < 1.022 \text{ MeV}$ |
| ۶۴ | ۲-۶-۴- برهم‌کنش پرتو گاما با انرژی $E > 1.022 \text{ MeV}$ |
| ۶۵ | ۷-۴- سامانه‌های آشکارسازی هم‌فرودی و نا هم‌فرودی..... |
| ۶۶ | ۱-۷-۴- اندازه‌گیری در واحد هم‌فرودی..... |
| ۶۷ | ۲-۷-۴- اندازه‌گیری در واحد نا هم‌فرودی..... |
| ۶۹ | ۸-۴- کاربردهای هم‌فرودی و نا هم‌فرودی..... |
| ۷۰ | ۹-۴- توزیع زاویه‌ای گاماهاى هم‌فرودی..... |
| ۷۱ | ۱-۹-۴- همبستگی زاویه‌ای..... |
| ۷۵ | ۲-۹-۴- چشمه‌ی ^{60}Co و ساختار هسته‌ای آن..... |
| ۷۶ | ۳-۹-۴- چشمه‌ی ^{137}Cs و ساختار هسته‌ای آن..... |
| ۷۷ | ۴-۹-۴- همبستگی زاویه‌ای پرتوهای گاما حاصل از چشمه‌ی ^{60}Co |

فصل پنجم: نتایج و یافته‌های پژوهش

| | |
|----|---|
| ۸۱ | ۱-۵- مقدمه..... |
| ۸۲ | ۲-۵- ابزارها و تجهیزات مورد استفاده در این پژوهش..... |
| ۸۳ | ۳-۵- روش انجام آزمایش..... |
| ۸۴ | ۱-۳-۵- اندازه‌گیری توزیع زاویه‌ای هم‌فرودی پرتوهای گامای ^{60}Co و ^{137}Cs |

۹۸.....^{۱۳۷}Cs و ^{۶۰}Co گامای پرتوهای نا هم فرودی پرتوهای گامای ^{۱۳۷}Cs و ^{۶۰}Co اندازه گیری توزیع زاویه ای نا هم فرودی پرتوهای گامای ^{۱۳۷}Cs و ^{۶۰}Co

۱۰۵.....نتیجه گیری

۱۰۶.....پیشنهادهایی برای ادامه ی کار

۱۰۷.....فهرست منابع و مآخذ

فهرست جدول‌ها

| شماره و عنوان جدول | صفحه |
|---|------|
| جدول ۱-۳: ولتاژهای بالای مورد نیاز برای بعضی از آشکارسازهای رایج..... | ۲۰ |
| جدول ۲-۳: ویژگی‌های برخی از سوسوزن‌های غیرآلی..... | ۳۳ |
| جدول ۱-۴: طبقه‌بندی چند نوع تشعشع متداول..... | ۴۸ |
| جدول ۲-۴: وابستگی مستقیم دو قطبی و چهار قطبی به جمعیت حالت m..... | ۷۲ |
| جدول ۳-۴: پنج جمله‌ی اول چندجمله‌ای‌های لژاندر..... | ۷۴ |
| جدول ۴-۴: ضرایب نظری تعدادی از واپاشی‌های زنجیری با مقادیر مختلف اسپین‌های هسته‌ای..... | ۷۴ |
| جدول ۱-۵: داده‌های مربوط به اندازه‌گیری هم فرودی چشمه‌ی ^{60}Co | ۹۷ |
| جدول ۲-۵: داده‌های مربوط به طیف عادی ^{60}Co | ۹۹ |
| جدول ۳-۵: داده‌های مربوط به طیف عادی ^{137}Cs | ۹۹ |

فهرست شکل‌ها

| شماره و عنوان شکل | صفحه |
|--|------|
| شکل ۱-۲: نمودار توزیع دو جمله‌ای..... | ۱۲ |
| شکل ۲-۲: نمودار توزیع پواسون..... | ۱۳ |
| شکل ۳-۲: نمودار توزیع بهنجار گاوسی..... | ۱۴ |
| شکل ۱-۳: یک سامانه‌ی آشکارسازی نوع تپی بنیادی..... | ۱۹ |
| شکل ۲-۳: توان تفکیک انرژی خوب و بد..... | ۲۰ |
| شکل ۳-۳: سیستم آشکارسازی..... | ۲۳ |
| شکل ۴-۳: منحنی تعریف قدرت تفکیک انرژی آشکارساز..... | ۲۴ |
| شکل ۵-۳: منحنی مقایسه‌ی قدرت تفکیک انرژی خوب و بد آشکارساز..... | ۲۴ |
| شکل ۶-۳: نوارهای مجاز و ممنوع انرژی یک بلور..... | ۲۹ |
| شکل ۷-۳: طیفهای گسیلی $NaI(Tl)$ ، $CsI(Tl)$ ، $CsI(Na)$ و آنتراسین در مقایسه با پاسخ طیفی دو ماده‌ی..... | ۳۱ |
| شکل ۸-۳: وابستگی نور خروجی $NaI(Tl)$ ، $CsI(Tl)$ ، $CsI(Na)$ به دما..... | ۳۱ |
| شکل ۹-۳: نمودار طرحوار بخش درونی یک لامپ تکثیرکننده‌ی فوتون..... | ۳۴ |
| شکل ۱۰-۳: نمونه‌ای از لامپ تکثیرکننده‌ی فوتونی و آشکارساز سوسوزن..... | ۳۵ |
| شکل ۱-۴: واپاشی از حالت برانگیخته به حالت پایه با گسیل گاما..... | ۴۲ |
| شکل ۲-۴: اثر عمل پاریته بر میدان الکتریکی E توسط چند قطبی‌ها..... | ۴۷ |
| شکل ۳-۴: اثر فوتوالکتریک..... | ۵۲ |
| شکل ۴-۴: وابستگی سطح مقطع فوتوالکتریک به (الف) انرژی فوتون و (ب) عدد اتمی ماده..... | ۵۴ |
| شکل ۵-۴: اثر کامپتون..... | ۵۵ |
| شکل ۶-۴: وابستگی سطح مقطع اثر کامپتون به (الف) انرژی فوتون و (ب) عدد اتمی ماده..... | ۵۶ |
| شکل ۷-۴: تولید زوج..... | ۵۷ |
| شکل ۸-۴: وابستگی سطح مقطع اثر کامپتون به (الف) انرژی فوتون و (ب) عدد اتمی ماده..... | ۵۸ |
| شکل ۹-۴: اهمیت نسبی سه برهم‌کنش عمده‌ی گاما..... | ۵۹ |

- شکل ۴-۱۰: برهم کنش فوتوالکتریک توسط فوتون‌های با انرژی $E < 1/0.22 \text{ Mev}$ ۶۰
- شکل ۴-۱۱: به علت پراکندگی کامپتون، بخشی از انرژی فوتون ممکن است فرار کند. ۶۱
- شکل ۴-۱۲: طیف گامای تک انرژی..... ۶۲
- شکل ۴-۱۳: طیف ارتفاع تپ حاصل از طیف چشمه در غیاب افت و خیز آماری در آشکارساز..... ۶۲
- شکل ۴-۱۴: طیف ارتفاع تپ حاصل از طیف چشمه با در نظر گرفتن افت و خیز آماری در آشکارساز..... ۶۲
- شکل ۴-۱۵: رخ دادن پراکندگی کامپتون در نزدیکی دیواره‌ی آشکارساز..... ۶۳
- شکل ۴-۱۶: طیف گامای ^{23}Na با قله‌های تک-فراری و دو-فراری..... ۶۵
- شکل ۴-۱۷: سیستم اندازه‌گیری هم فرودی..... ۶۶
- شکل ۴-۱۸: رویدادهای هم فرود و نا هم فرود..... ۶۷
- شکل ۴-۱۹: منطق یک واحد هم فرودی با دو کانال ورودی..... ۶۷
- شکل ۴-۲۰: منطق یک واحد نا هم فرودی..... ۶۸
- شکل ۴-۲۱: مدار هم فرودی نوع جمعی..... ۶۸
- شکل ۴-۲۲: توزیع زاویه‌ای همسانگرد و ناهمسانگرد..... ۷۲
- شکل ۴-۲۳: گذارهای ممکن برای واپاشی زنجیری $0 \rightarrow 2 \rightarrow 0$ ۷۳
- شکل ۴-۲۴: همبستگی زاویه‌ای برای واپاشی‌های هسته‌ای زنجیری متنوع..... ۷۵
- شکل ۴-۲۵: نمودار واپاشی ^{60}Co با جزئیات..... ۷۶
- شکل ۴-۲۶: نمودار واپاشی ^{137}Cs با جزئیات..... ۷۷
- شکل ۴-۲۷: نمودار سطح انرژی برای واپاشی ^{60}Co ۷۸
- شکل ۴-۲۸: ضرایب همبستگی زاویه‌ای پیش‌بینی شده برای ^{60}Co ۷۹
- شکل ۵-۱: نمودار واپاشی ^{60}Co ۸۱
- شکل ۵-۲: نمودار واپاشی ^{137}Cs ۸۲
- شکل ۵-۳: پیش تقویت کننده، آشکارساز NaI(Tl) ، تحلیل گر چند کاناله..... ۸۳
- شکل ۵-۴: شماتیک پیکربندی هندسی آزمایش..... ۸۴
- شکل ۵-۵: ستاپ آزمایش اندازه‌گیری طیف عادی چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه 180° درجه..... ۸۵
- شکل ۵-۶: طیف عادی ثبت شده از چشمه‌ها توسط دو آشکارساز در نرم‌افزار کیسی لب..... ۸۶
- شکل ۵-۷: ستاپ اندازه‌گیری هم فرودی چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه 180° درجه..... ۸۹

- شکل ۵-۸: طیف هم فرودی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۸۰ درجه..... ۸۹
- شکل ۵-۹: ستاپ اندازه‌گیری هم فرودی چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۷۰ درجه..... ۹۰
- شکل ۵-۱۰: طیف هم فرودی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۷۰ درجه..... ۹۰
- شکل ۵-۱۱: ستاپ اندازه‌گیری هم فرودی چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۶۰ درجه..... ۹۱
- شکل ۵-۱۲: طیف هم فرودی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۶۰ درجه..... ۹۱
- شکل ۵-۱۳: ستاپ اندازه‌گیری هم فرودی چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۵۰ درجه..... ۹۲
- شکل ۵-۱۴: طیف هم فرودی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۵۰ درجه..... ۹۲
- شکل ۵-۱۵: ستاپ اندازه‌گیری هم فرودی چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۴۰ درجه..... ۹۳
- شکل ۵-۱۶: طیف هم فرودی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۴۰ درجه..... ۹۳
- شکل ۵-۱۷: ستاپ اندازه‌گیری هم فرودی چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۳۰ درجه..... ۹۴
- شکل ۵-۱۸: طیف هم فرودی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۳۰ درجه..... ۹۴
- شکل ۵-۱۹: ستاپ اندازه‌گیری هم فرودی چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۲۰ درجه..... ۹۵
- شکل ۵-۲۰: طیف هم فرودی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۲۰ درجه..... ۹۵
- شکل ۵-۲۱: طیف هم فرودی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۹۰ درجه..... ۹۶
- شکل ۵-۲۲: نمودار مربوط به اندازه‌گیری توزیع زاویه‌ای همفرودی ^{60}Co ۹۷
- شکل ۵-۲۳: نمودار مربوط به اندازه‌گیری توزیع زاویه‌ای طیف عادی ^{60}Co و ^{137}Cs ۱۰۰
- شکل ۵-۲۴: طیف عادی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۸۰ درجه..... ۱۰۱
- شکل ۵-۲۵: طیف عادی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۷۰ درجه..... ۱۰۲
- شکل ۵-۲۶: طیف عادی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۶۰ درجه..... ۱۰۲
- شکل ۵-۲۷: طیف عادی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۵۰ درجه..... ۱۰۳
- شکل ۵-۲۸: طیف عادی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۴۰ درجه..... ۱۰۳
- شکل ۵-۲۹: طیف عادی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۳۰ درجه..... ۱۰۴
- شکل ۵-۳۰: طیف عادی ثبت شده برای چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs در زاویه‌ی ۱۲۰ درجه..... ۱۰۴

فصل اول:

کلیات پژوهش

یکی از روش‌های مطالعه‌ی ساختار هسته‌ها، مطالعه‌ی طیف گامای آنی و تاخیری حاصل از هسته-های برانگیخته است که این روش در فیزیک هسته‌ای به طیف نگاری گاما معروف است. در طیف نگاری گامای حاصل از هسته‌ها، دانستن منشأ گاماها و ترتیب گذارها در مطالعه‌ی قوانین گذارهای هسته‌ای و منشأ آن‌ها و چگونگی واپاشی هسته‌ها، نیاز به اندازه‌گیری همبستگی زمانی گاماهاى ثبت شده در آشکارساز دارد. وسایل الکترونیکی امروزه می‌توانند تفکیک زمانی از مرتبه‌ی پیکوثانیه را بین زمان گسیل گاماها و یا β^+ و β^- و گاماها را اندازه‌گیری کنند (کرین^۱، ۱۹۸۸؛ گیل‌مور^۲، ۲۰۰۸).

در صورتی که طیف در زاویه‌های مختلف ثبت شود و در طیف ثبت شده در زاویه‌های مختلف، اختلافی مشاهده شود، این بیانگر وابستگی زاویه‌ای گاماها خواهد بود که از این مراتب می‌توان به تکانه‌ی زاویه‌ای نسبی حمل شده بین دو گاما که با وابستگی زمانی نسبت به هم گسیل می‌شوند پی برد که این می‌تواند در مطالعه‌ی تکانه‌ی زاویه‌ای حالت‌های برانگیخته‌ی هسته کمک کند. در این پایان نامه سعی کردیم اثر فوق را در آزمایشگاه مشاهده کنیم.

گاماهاى وارد شده به آشکارساز یدور سدیم می‌توانند پالس‌هایی را در بازه‌ی زمانی میکروثانیه تا پیکوثانیه تولید کنند و این باعث می‌شود که آشکارسازها بتوانند گاماهاىی که با فاصله زمانی ثابت و از مرتبه‌ی زمانی فوق واردشان می‌شوند را شمارش نموده و گاماهاىی که وابستگی زمانی دارند را از گاماهاى دیگر تفکیک کنند (آبله و همکاران^۳، ۱۹۶۶؛ سمکاو و همکاران^۴، ۱۹۹۰). تفکیک زمانی گاماها این امکان را می‌دهد که ترتیب واپاشی‌ها و گسیل گاماها در طیف گاما مشخص شده و با استفاده از آن، ساختار هسته و سازکار واپاشی‌ها مورد شناسایی قرار گیرد (کانتله^۵، ۱۹۶۱؛ کرولاس^۶ و همکاران، ۲۰۰۳).

مساله‌ی اصلی در اندازه‌گیری هم فرودی گاماها، کاهش زمینه^۷ و امکان ثبت طیف‌های گاماهاى

1-Krane

2- Gilmore

3- Auble & et al

4- Semkow & et al

5- Kantele

6- Krolas & et al

7- Back ground

ضعیف‌تر از زمینه می‌باشد که این نیز با استفاده از الگوریتم‌هایی امکان‌پذیر است. (سیما^۱، ۲۰۰۰؛ سمکاو و همکاران، ۱۹۹۰).

در این پژوهش با استفاده از دو آشکارساز NaI(Tl) طیف هم فرودی و نا هم فرودی گاماهاى حاصل از دو چشمه‌ی ^{60}Co و ^{137}Cs را به صورت ترکیبی اندازه‌گیری کردیم و سعی نمودیم با ارائه‌ی

هندسه‌ی مناسب از حفاظ‌ها که طراحی و ساخته شدند، عامل پراکندگی کامپتون را که یک عامل افزایش خطا است به حداقل برسانیم. اندازه‌گیری‌های هم فرودی و نا هم فرودی را در زاویه‌های مختلف انجام دادیم و طیف‌های حاصل را ثبت کرده و بررسی‌های مربوط را انجام دادیم؛ اینکه آیا با تغییر زاویه، طیف هم تغییر می‌کند یا نه و این توزیع زاویه‌ای چه چیزی را نشان می‌دهد. ما در این پژوهش داده‌های تجربی را با تئوری مقایسه کرده و به نتایج یکسانی رسیدیم.

۱-۲- هدف و ضرورت پژوهش:

هدف از این پژوهش، ثبت طیف هم فرودی و نا هم فرودی پرتوهای گامای ناشی از چشمه‌های ^{60}Co و ^{137}Cs و بررسی طیف‌های ثبت شده در هندسه‌ی متفاوت فضایی (توزیع زاویه‌ای مربوط به پرتوهای گامای حاصل) می‌باشد. طیف‌نگاری هم فرودی گاما دارای کاربردهای فراوانی در تشخیص چشمه‌های ضعیف اورانیوم و پلوتونیوم که حتی طیف آنها زیر طیف زمینه اتمی است (زانگ^۲، ۲۰۱۱) می‌باشد که در افزایش امنیت در مقابل کارهای تروریستی حائز اهمیت است.

این طیف‌نگاری کاربرد وسیعی در آنالیز مواد به روش فعال‌سازی نوترونی (متوالی و همکاران^۳، ۲۰۰۴؛ ژاکوبک و همکاران^۴، ۱۹۹۸) و مطالعه‌ی واکنش‌های هسته‌ای و برخوردهای هسته‌ای و ساختار هسته‌ها دارد (کرولاس و همکاران، ۲۰۰۳؛ خانگ و همکاران^۵، ۲۰۱۱؛ مک گاون و استلسون^۶، ۱۹۵۸). بیشترین کاربرد تجاری طیف‌نگاری هم فرودی در طیف‌نگاری پوزیترون (باترلینگ و همکاران^۷، ۲۰۱۱) و در دستگاه‌های پتاسکن^۸ و پتسی‌تی^۹ (گرانو و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۳) و رادیوآنالیز است (کوپر^{۱۱}، ۱۹۷۱).

-
- 1- Sima
 - 2- Zhang
 - 3- Metwally & et al
 - 4- Jakubek & et al
 - 5- Khang & et al
 - 6- McGowan & Stelson
 - 7- Butterling & et al
 - 8- Pet scan (Positron emission tomography)
 - 9- Pet-Ct (Positron emission tomography-Computed tomography)
 - 10- Granov & et al
 - 11- Cooper

با توجه به کاربرد مطالعه‌ی هم فرودی گاما در فیزیک هسته‌ای و کاربردهای صلح آمیز آن، مطالعه‌ی هم فرودی گاما از اهمیت فراوانی برخوردار است. با بررسی توزیع زاویه‌ای طیف‌های هم فرودی پرتوهای گاما، اسپین و پارته‌ی لایه‌های هسته‌ای مشخص می‌شود.

۱-۳- پیشینه‌ی پژوهش:

پیشینه‌ی پژوهش در زمینه‌ی هم فرودی به زمان ساخت آشکارسازهای گایگر مولر^۱ بر می‌گردد (سولفانیدیس^۲، ۱۹۳۸). در زمان ساخت این آشکارسازها، مشاهده شده که با افزایش شدت پرتو به میزان مثلا دو برابر، شمارش کمتر از دو برابر ثبت می‌شود که بررسی‌ها نشان داد که این به دلیل قدرت تفکیک زمانی آشکارسازها است، یعنی در صورتی که دو گاما با فاصله‌ی زمانی کمتر از یک مقدار، وارد آشکارساز شوند، فقط یک پالس تولید کرده و فقط یک بار شمارش می‌شوند. در آن موقع، این زمان تفکیک که به زمان مرگ آشکارسازها معروف بود، برای آشکارسازهای گایگرمولر از مرتبه‌ی 10^{-3} تا 10^{-4} ثانیه به دست آمد (سولفانیدیس، ۱۹۳۸) و باعث شد که دانشمندان هسته‌ای به فکر آشکارسازهایی با تفکیک زمانی بهتر باشند که منجر به ساخت آشکارسازهای سوسوزن و سینتیلیسیون شد که ساخت آشکارسازها قبل از اختراع ترانزیستور بود که باعث شد قدرت تفکیک تا 10^{-8} ثانیه بهبود یابد اما با اختراع وسایل الکترونیکی بر پایه‌ی نیمه هادی‌ها، قدرت تفکیک تا مرتبه‌ی پیکو ثانیه افزایش یافت.

بریدی و دیتچ^۳ در سال ۱۹۴۷ از دانشگاه کمبریج^۴ در ماساچوست^۵، پژوهشی را انجام دادند که در آن به اثبات تجربی رابطه‌ی نظری مربوط به همبستگی زاویه‌ای بین کوانتوم‌های متوالی، $W(\theta)$ ، پرداختند که قبل از این، بی نتیجه مانده بود. برای این اثبات، هم فرودی بین پرتوهای گامای متوالی ساطع شده از هسته‌های ^{60}Co و ^{46}Sc و ^{86}Y و ^{134}Cs را در زاویه‌های 90° و 180° بین آشکارسازها، انجام دادند. به این نتیجه رسیدند که نرخ هم فرودی به دست آمده با رابطه‌ی تجربی مطابقت می‌کند. بنابراین پرتوهای گامای ^{60}Co و ^{46}Sc تابش‌های چهار قطبی هستند و تکانه‌ی زاویه‌ای حالت‌های هسته‌ای ۴ و ۲ و ۰ است و این انتخاب اسپین، تطابق خوبی با قوانین گزینش دارد (بریدی و دیتچ، ۱۹۴۷).

-
- 1- Geiger muller
 - 2- Soulfanidis
 - 3- Brady & Deutsch
 - 4- Cambridge
 - 5- Massachusett

آبله و همکاران در سال ۱۹۶۶ در هلند، پژوهشی را در رابطه با طیف‌نگاری هم فرودی و نا هم فرودی پرتوهای گاما با استفاده از آشکارسازهای Ge (Li) و NaI (Tl) انجام دادند. در این پژوهش، سیستم طیف‌نگاری پرتوهای گاما شامل یک آشکارساز Ge (Li) احاطه شده با یک آشکارساز بزرگ NaI(Tl) به ابعاد $(20/3 \text{ cm} \times 20/3 \text{ cm})$ بود که در اندازه‌گیری‌های هم فرودی و نا هم فرودی به عنوان یک طیف‌نگار ضد کامپتونی عمل می‌کرد و زمینه‌های کامپتونی را به طور قابل ملاحظه در آشکارساز

Ge(Li) کاهش می‌داد. مخصوصاً در مورد چشمه‌ی پیچیده‌ای مثل ^{60}Co . در این پژوهش، آزمایش‌ها با پیکربندی‌های مربوطه برای ^{60}Co و ^{137}Cs صورت گرفت. همچنین کاربرد سیستم‌های طیف‌نگاری هم‌فرودی سه‌گانه در واپاشی ^{119}Te به ^{119}Sb بررسی شد (آبله و همکاران، ۱۹۶۶).

کاتچرا و همکاران^۱ در سال ۱۹۷۳ در هلند، طیف‌نگاری پرتوی گاما را با چندین تکنیک که شامل اندازه‌گیری اکتیویته، توزیع زاویه‌ای پرتوی گاما و هم‌فرودی گاما-گاما و هم‌فرودی‌های سه‌گانه‌ی p-n- γ بود، برای ^{64}Cr انجام دادند و طی این پژوهش سطوح انرژی و اسپین و پاریتته‌ی آن را به دست آوردند. در این پژوهش، توزیع زاویه‌ای در زوایای 0° و 30° و 60° و 90° نسبت به محور پرتو و شمارشگر Ge(Li) به حجم 50 cm^3 که در فاصله‌ی ۸ سانتی متری از هدف قرار داشت، انجام شد. هدف شامل ۲ میلی متر ضخامت فویل بود (کاتچرا و همکاران، ۱۹۷۳).

مولبرگر^۲ در سال ۲۰۰۸ از دانشگاه ماریلند^۳ پژوهشی را انجام داد که در آن با استفاده از دو تا آشکارساز سینتیلیسیون و یک مدار هم‌فرودی، توابع همبستگی زاویه‌ای را برای پرتوهای گامای ساطع شده از هسته‌های ^{22}Na و ^{60}Co اندازه‌گیری کرد. او در اندازه‌گیری‌های خود، نشان داد که شمارش‌های هم‌فرودی به شدت در $\theta = 180^\circ$ (زاویه‌ی بین دو آشکارساز) افزایش می‌یابد. همچنین اطلاعات به دست آمده را با نتایج حاصل از شبیه‌سازی مونت کارلو مقایسه کرد و سازگاری آن‌ها را بررسی نمود. در واقع پژوهش او، اثبات تجربی رابطه‌ی $W(\theta)$ است که دکتر دی آر هامیلتون^۴ شکل نظری آن را برای تابش‌های دوقطبی و چهارقطبی استخراج کرده بود (مولبرگر، ۲۰۰۸).

لانگ و پی فیفر^۵ در سال ۲۰۱۳ از دانشگاه مینسوتا^۶ پژوهشی را انجام دادند که در آن همبستگی

1- Kutschera & et al

2- Muhlberger

3- Maryland

4- D.R. Hamilton

5- Lange & Pfeifer

6- Minnesota

زاویه‌ای گاما‌های متوالی ساطع شده از یک تک هسته در واپاشی مربوط به ^{60}Co ، با استفاده از دو آشکارساز سوسوزن مطالعه شد. داده‌های تجربی با تابع همبستگی زاویه‌ای به دست آمده توسط هامیلتون مقایسه شد. برای اثبات گذارهای چهارقطبی-چهارقطبی $0 \rightarrow 2 \rightarrow 4$ هسته‌های برانگیخته‌ی ^{60}Ni ، ضرایب مشخص شده در تابع همبستگی زاویه‌ای، به طور تجربی، به صورت $a_1 = 0.114 \pm 0.041$ و

$a_p = 0.061 \pm 0.03$ مشخص شدند. این مقادیر به ترتیب به اندازه‌ی ۰/۲۷ و ۰/۴۹ از مقدار پیش‌بینی شده ۰/۱۲۵ و ۰/۴۱۷ که با تئوری محاسبه شده‌اند، اختلاف دارند (لانگ و پی فیفر، ۲۰۱۳).

مکلین^۱ در سال ۲۰۱۶ از دانشگاه گیلف^۲ در کانادا، پژوهشی را انجام داد که در آن برای بررسی حساسیت آشکارساز ژرمانیم با خلوص بالا (HPGe)، زیرسازی برای تحقیقات بنیادی هسته‌ای (GRIFIN^۳) صورت گرفت که یک سری اندازه‌گیری‌هایی هستند که برای بررسی همبستگی‌های زاویه-ای گاما-گاما انجام می‌گیرند. او در این پژوهش، واپاشی‌های زنجیری مربوط به ^{60}Co و ^{66}Ga و ^{67}Ga را بررسی نمود و با اندازه‌گیری‌های همبستگی زاویه‌ای، اسپین مربوط به آن‌ها را مشخص کرد. در اندازه-گیری مربوط به ^{60}Co ، به این نتیجه رسید که انتخاب اسپین به صورت واپاشی زنجیری $0^+ \rightarrow 2^+ \rightarrow 4^+$ بسیار منطقی‌تر می‌باشد (مکلین، ۲۰۱۶).

1-Maclean

2-Guelph

3-Gamma-Ray Infrastructure for Fundamental Investigations of Nuclei

فصل دوم:

خطاهای آماری در شمارش

پرتوها

۲-۱- مقدمه

با توجه به اینکه در واپاشی‌های هسته‌ای، شمارش پرتوها مد نظر است و اینگونه واپاشی‌های پرتوزا هم طبیعت تصادفی دارند، در نتیجه اندازه‌گیری‌هایی که در جهت مشاهده‌ی پرتوها صورت می‌گیرد، تا حدی در معرض تغییرات آماری خواهند بود پس در اندازه‌گیری‌های خود، خطاهایی خواهیم داشت. به همین علت، این فصل را به بحث آمار شمارشی اختصاص دادیم که تحلیل‌های آماری لازم برای بررسی نتایج آزمایش‌های مربوط به شمارش هسته‌ای را در بر دارد. به این صورت که مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در شرایط یکسان، نتیجه‌ی یکسان نمی‌دهند و این به علت تغییرات آماری می‌باشد و این تغییرات با پیش‌بینی‌های مدل‌های آماری مقایسه می‌شوند و در صورت ناسازگاری، نشان دهنده‌ی ناهنجاری در اندازه‌گیری شمارشی است (نول^۱، ۲۰۰۰).

۲-۲- توصیف داده‌ها

با فرض این که مجموعه‌ای از N اندازه‌گیری مستقل یک کمیت فیزیکی را در اختیار داریم، شروع

می‌کنیم: $X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots, X_N$

پیشنتر فرض می‌کنیم که یک تک مقدار نوعی X_i از این مجموعه، تنها می‌تواند مقادیر صحیح داشته باشد. دو ویژگی اصلی این مجموعه داده‌ها عبارتند از:

$$\sum \equiv \sum_{i=1}^N X_i \quad \text{جمع} \quad (۱-۲)$$

$$\bar{X}_e \equiv \frac{\sum}{N} \quad \text{میانگین تجربی} \quad (۲-۲)$$

در بیشتر مواقع، نشان دادن مجموعه‌ی داده‌ها به وسیله‌ی یک تابع توزیع بسامد^۲ $F(x)$ متناظر،

مناسب می‌باشد. مقدار $F(x)$ بسامد نسبی است که تعداد دفعات رخداد X را در مجموعه‌ی داده‌ها نشان می‌دهد. طبق تعریف:

1- Knoll

2- frequency distribution function

$$F(x) = \frac{\text{تعداد دفعات وقوع مقدار } X}{\text{تعداد اندازه‌گیری‌ها}} \quad (۳-۲)$$

توزیع به طور خودکار بهنجار می‌شود، طوری که

$$\sum_{x=0}^{\infty} F(x) = 1 \quad (4-2)$$

تابع توزیع داده‌های کامل $F(x)$ تمام اطلاعات موجود در مجموعه‌ی داده‌های اولیه را نشان می‌دهد (نول، ۲۰۰۰).

تابع توزیع تا اندازه‌ای در اطراف مقدار میانگین تجربی متمرکز است و از لحاظ کیفی شکل نسبی تابع توزیع، مقدار تغییر داخلی را در مجموعه‌ی داده‌ها نشان می‌دهد. در واقع پهنای تابع توزیع، یک اندازه‌گیری نسبی از مقدار تغییر یا پراکندگی در اطراف میانگین اصلی در یک مجموعه از داده‌های معین است. میانگین تجربی با استفاده از تابع توزیع داده‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\bar{x}_e = \sum_{x=0}^{\infty} xF(x) \quad (5-2)$$

همچنین پارامتر دیگری به نام انحراف معیار^۱ تعریف می‌شود که برای تعیین مقدار تغییر داخلی در مجموعه‌ی داده‌ها به کار می‌رود. در تعریف انحراف معیار، اولین گام، تعریف باقیمانده^۲ هر نقطه داده‌ای به صورت اختلاف آن از مقدار میانگین تجربی است:

$$d_i = x_i - \bar{x}_e \quad (6-2)$$

در گام بعد، انحراف^۳ یک نقطه‌ی داده‌ای معین را به صورت اختلاف آن از مقدار میانگین درست \bar{x} تعریف می‌کنیم:

$$\varepsilon_i = x_i - \bar{x} \quad (7-2)$$

اکنون می‌توانیم انحراف معیار را به صورت مقدار میانگین هر کدام از این انحراف‌ها پس از مربع کردن تعریف کنیم:

$$s^2 \equiv \overline{\varepsilon^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (8-2)$$

-
- 1- Sample variance
 - 2- residual
 - 3--deviation

چون ما هرگز مقدار دقیق میانگین درست \bar{x} را بدون جمع‌آوری یک تعداد نامحدود از نقاط داده ای نمی-دانیم. بهترین کار استفاده از مقدار میانگین تجربی \bar{x}_e است که اندازه گیری کرده ایم و بنابراین از رابطه ی باقیمانده‌ها استفاده می‌کنیم و در نتیجه انحراف معیار از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_e)^2 \quad (9-2)$$

توجه به این نکته که انحراف معیار، یک اندازه‌گیری مطلق از مقدار پراکندگی داخلی در داده‌ها است و در اولین تقریب به تعداد مقادیر در مجموعه‌ی داده‌ها وابسته نیست، دارای اهمیت می‌باشد. همچنین می‌توانیم انحراف معیار را مستقیماً از تابع توزیع داده‌ها، $F(x)$ ، محاسبه کنیم:

$$s^2 = \sum (x - \bar{x})^2 F(x) \quad (10-2)$$

که بسط رابطه‌ی فوق، نتیجه‌ی معروف زیر را به دست می‌دهد (نول، ۲۰۰۰):

$$s^2 = \overline{x^2} - (\bar{x})^2 \quad (11-2)$$

۲-۳- مدل‌های آماری

تحت شرایط خاص، می‌توانیم تابع توزیع که نتایج تکرارهای زیادی از یک اندازه‌گیری معین را توصیف می‌کند، پیش‌بینی کنیم. یک اندازه‌گیری را به صورت شمارش تعداد موفقیت‌های حاصل از تعداد معینی از دنباله‌ها تعریف می‌کنیم. فرض می‌شود هر دنباله یک فرایند دودویی^۱ است که در آن تنها دو نتیجه‌ی ممکن است: هر دنباله یک موفقیت است یا یک موفقیت نیست. احتمال موفقیت هر دنباله را با p مشخص می‌کنیم و فرض می‌کنیم که احتمال موفقیت برای تمام دنباله‌ها ثابت است (نول، ۲۰۰۰).

وقتی یک آزمایش در شرایط یکسان به دفعات تکرار می‌شود، نتیجه‌ی اندازه‌گیری لزوماً یکسان نیستند. در واقع، معمولاً نتیجه‌ها، مگر در موارد استثنایی، متفاوت‌اند. بنابراین بهتر است که بدانیم آیا قانونی وجود دارد که بر تک تک پیامدهای آزمایش حاکم باشد یا نه. با وجود چنین قانونی، اولاً از تعداد کمی اندازه‌گیری، آزمایشگر ممکن است اطلاعاتی پیرامون نتیجه‌های مورد انتظار اندازه‌گیری‌های بعدی کسب کند. ثانیاً یک رشته اندازه‌گیری را می‌توان برای اطمینان از درستی آن انجام داد. اگر معلوم شد

1- binary

نتیجه‌های یک آزمایش از قانون خاصی پیروی می‌کنند و رشته‌ی مفروضی از پیامدهای چنین آزمایشی از آن قانون پیروی نکند، در این صورت آن رشته پیامد مشکوک است و باید پیش از پذیرفتن آن، به دقت آن را مورد بررسی قرار داد (سولفانیدیس، ۱۹۳۸).

در اینجا سه تا از قوانین حاکم بر نتایج اندازه‌گیری‌ها را که به عنوان سه مدل آماری خاص مطرح هستند معرفی می‌کنیم:

۲-۳-۱- توزیع دو جمله‌ای

این مدل رایج‌ترین مدل است و به طور وسیعی برای تمام فرایندها با p ثابت قابل کاربرد است. متاسفانه، این روش از نظر محاسباتی در واپاشی پرتوزا که در آن تعداد هسته‌ها همیشه بسیار زیاد است، طاقت فرسا است و به ندرت در کاربردهای شمارش هسته‌ای استفاده می‌شود. توزیع دو جمله‌ای برای متغیرهای گسسته کاربرد دارد و طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$P(x) = \frac{n!}{(n-x)!x!} p^x (1-p)^{n-x} \quad (12-2)$$

که n تعداد دنباله‌ها و p احتمال موفقیت هر دنباله و $P(x)$ احتمال پیش‌بینی شده‌ی شمارش دقیقاً x موفقیت را نشان می‌دهد.

بعضی از ویژگی‌های توزیع دو جمله‌ای دارای اهمیت هستند. اولین مورد، توزیع بهنجار شده است:

$$\sum_{x=0}^n P(x) = 1 \quad (2)$$

(۱۳)

هم‌چنین می‌دانیم که مقدار میانگین یا متوسط توزیع با رابطه‌ی زیر داده می‌شود:

$$\bar{x} = \sum_{x=0}^n xP(x) = pn \quad (14-2)$$

اکنون یک انحراف پیش‌بینی شده σ^2 را تعریف می‌کنیم که یک اندازه‌گیری از پراکندگی در اطراف میانگین شده از یک مدل آماری خاص، $P(x)$ است:

$$\sigma^2 = \sum_{x=0}^n (x - \bar{x})^2 P(x) \quad (15-2)$$

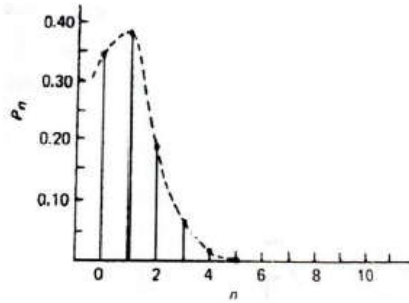
که رابطه‌ی فوق برای توزیع دو جمله‌ای نتیجه‌ی زیر را می‌دهد:

1- Predicted variance

$$\sigma^2 = np(1-p) \quad (16-2)$$

همچنین تعریف انحراف استاندارد به صورت ریشه‌ی مربعی σ متداول است (نول، ۲۰۰۰):

$$\sigma = \sqrt{\bar{x}(1-p)} \quad (17-2)$$



شکل ۲-۱: توزیع دو جمله‌ای برای $n=10$ و $p=0.1$ (سولفانیدیس، ۱۹۳۸)

۲-۳-۲- توزیع پواسونی

توزیع پواسون در مورد متغیرهای گسسته کاربرد دارد و بر رویدادهایی اعمال می‌شود که احتمال رخداد آن‌ها کم و ثابت است. این توزیع را می‌توان از توزیع دو جمله‌ای با فرض $n \rightarrow \infty$ و $p \rightarrow 0$ به دست آورد (سولفانیدیس، ۱۹۳۸). پس می‌توان نشان داد که برای یک احتمال موفقیت ثابت و کوچک p ، توزیع دو جمله‌ای به شکل زیر کاهش می‌یابد:

$$P(x) = \frac{(pn)^x e^{-pn}}{x!} \quad (18-2)$$

چون $pn = \bar{x}$ علاوه بر توزیع دو جمله‌ای اصلی برای این توزیع نیز برقرار است:

$$P(x) = \frac{(\bar{x})^x e^{-\bar{x}}}{x!} \quad (19-2)$$

کاربرد توزیع پواسونی در آزمایش‌های شمارش هسته‌ای است که در آن تعداد هسته‌ها در نمونه زیاد و زمان مشاهده در مقایسه با نیمه عمر گونه‌های پرتوزا کوتاه است که در آن‌ها مقدار میانگین را به نحوی می‌توانیم اندازه‌گیری کنیم، اما هیچ ایده‌ای در مورد احتمال جداگانه یا اندازه‌ی نمونه نداریم. یکی از

ویژگی‌های توزیع پواسونی این است که یک توزیع بهنجار شده است. یعنی:

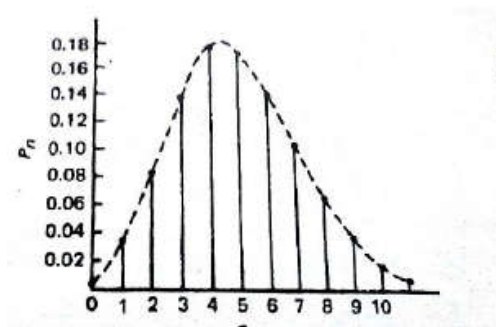
$$\sum_{x=0}^n P(x) = 1 \quad (20-2)$$

و انحراف پیش‌بینی شده‌ی توزیع پواسون به صورت زیر به دست می‌آید که متفاوت با توزیع دو جمله‌ای است:

$$\sigma^2 = np = \bar{x} \quad (21-2)$$

و انحراف استاندارد پیش‌بینی شده دقیقاً ریشه‌ی دوم انحراف پیش‌بینی شده است (نول، ۲۰۰۰):

$$\sigma = \sqrt{\bar{x}} \quad (22-2)$$



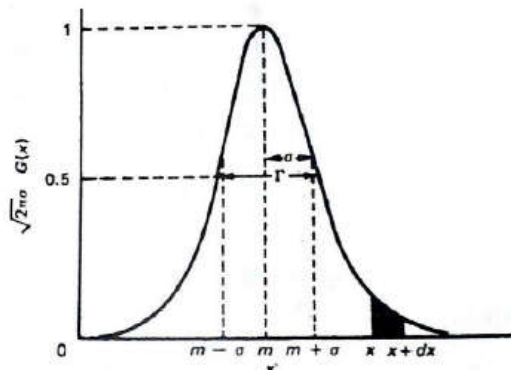
شکل ۲-۲: توزیع پواسون برای $\bar{x} = 5$ (سولفانیدیس، ۱۹۳۸)

۲-۳-۳- توزیع گاوسی یا بهنجار

توزیع‌های دو جمله‌ای و پواسون هر دو در مورد متغیرهای گسسته کاربرد دارند در حالیکه اغلب متغیرهای کاتوره‌ای که در آزمایش‌ها با آن‌ها سروکار داریم پیوسته‌اند. بنابراین نیاز به توزیعی است که به کار متغیرهای پیوسته بیاید. چنین توزیعی، توزیع بهنجار گاوسی است (سولفانیدیس، ۱۹۳۸). در واقع توزیع پواسونی به صورت یک ساده‌سازی ریاضی از توزیع دو جمله‌ای در حد $p \ll 1$ است و در صورتی که مقدار میانگین توزیع هم بزرگ باشد، به طور کلی، ساده‌سازی بیشتری می‌تواند انجام شود، که منجر به توزیع گاوسی می‌شود (نول، ۲۰۰۰):

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\bar{x}}} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\bar{x}}\right) \quad (23-2)$$

ویژگی‌های ذکر شده برای توزیع پواسونی، برای توزیع گاوسی هم برقرار است.



شکل ۲-۳: توزیع بهنجار گاوسی (سولفانیدیس، ۱۹۳۸)

۲-۴- اهمیت توزیع گاوسی در اندازه‌گیری پرتوها

توزیع بهنجار، مهمترین توزیع برای کاربرد در اندازه‌گیری‌هاست. این توزیع فوق العاده مفید است، زیرا برای تقریباً هر نوع اندازه‌گیری که به تعداد زیاد انجام شده باشد، بسامد رخداد همه‌ی نتیجه‌ها، با تقریب خوبی، یک توزیع گاوسی در اطراف مقدار میانگین نتیجه‌ها تشکیل می‌دهد. هر چه تعداد آزمون‌ها بیشتر باشد، نمایش آن‌ها با یک گاوسی بهتر است. علاوه بر این، نظریه‌ی آماری نشان می‌دهد که حتی اگر جمعیت اولیه‌ی نتیجه‌های مورد مطالعه از یک توزیع بهنجار پیروی نکند، میانگین آن‌ها خواهد کرد.

در بعضی شرایط، توزیع‌های دو جمله‌ای و پواسون، به توزیع گاوسی شبیه می‌شوند که این مشاهده، مخصوصاً در اندازه‌گیری تابش‌ها مهم است. نتیجه‌های اندازه‌گیری تابش‌ها، در اکثر موارد، به صورت شمارش‌های ثبت شده در یک شمارشگر بیان می‌شوند. این شمارش‌ها نشان دهنده‌ی این هستند که ذرات با یک آشکارساز برهم‌کنش کرده و یک تپ تولید کرده‌اند که ثبت شده است. این ذرات، به نوبه‌ی خود، یا بر اثر واپاشی یک رادیوایزوتوپ و یا در نتیجه‌ی یک واکنش هسته‌ای تولید شده‌اند. در هر مورد،

گسیل ذره دارای طبیعت آماری است و توزیع پواسون را دنبال می‌کند. با این همه، اگر میانگین تعداد شمارش‌های مربوط بیش از ۲۰ باشد، توزیع پواسون به گاوسی میل می‌کند و انحراف معیار آن توزیع گاوسی $\sigma = \sqrt{x}$ است (سولفانیدیس، ۱۹۳۸).

۲-۵- خطای آماری اندازه‌گیری تابش‌ها

واپاشی پرتوزا یک فرآیند تصادفی می‌باشد و از توزیع پواسون پیروی می‌کند و انحراف معیار آن \sqrt{x} است. به فرض اینکه فقط یک اندازه‌گیری انجام دهیم و در نتیجه‌ی آن، n شمارش داشته باشیم. میانگین واقعی این اندازه‌گیری، عدد n می‌باشد. بنابراین انحراف معیار هم \sqrt{n} خواهد بود. در واقع، در عمل، نتیجه‌ی یک تک شمارش منفرد n به صورت $n \pm \sqrt{n}$ بیان می‌شود و این به معنای این است که پیامد n خودش به عنوان میانگین واقعی است و انحراف معیار، یعنی \sqrt{n} هم به عنوان خطای استاندارد n تعریف می‌شود.

فصل سوم:

آشنایی با سازوکار آشکارسازها

| | |
|---|----------------------|
| Family name: Sahraei | Name: Elham |
| Title of Thesis: Measurement of Angular Distribution of Coincidence and Anticoincidence of Emitted Gamma from ^{60}Co and ^{137}Cs sources | |
| Supervisor(s): Dr.Farhad Zolfagharpour Advisor(s): Dr.Maghsoud Saadati-Niari | |
| Graduate Degree M.Sc | |
| Major: Physics | Specialty: Nuclear |
| University: Mohaghegh Ardabili | Faculty: Science |
| Graduation date: 2017-9-20 | Number of pages: 110 |
| <p>Abstract:</p> <p>Coincidence and anticoincidence techniques are one of very efficient methods in measurement and detection nuclear radiation . This complicated techniques are usefull in decreasing backgrounds radiation and consequently increasing analetical sensitivity of the detectors. Nuclear physicist determined complex arrangements of decays as well as spine and parity of nuclear levels. In this research, coincidence and anticoincidence of gamma rays emitted from ^{60}Co and ^{137}Cs sources were measured using two NaI(TL) detectors and pre-amplifier and multichanel analyzer and it was tried to minimize compton scattering increasing the error through providing suitable geometry for protecters designed and created by casting and turning. Finally, the rays were measured and recorded in coincidence and normall modes for different angels between detectors. In coincidence measurment, background gamma rays that had randomly time correlation with eath other were omitted, then the recorded rays and angular distribution corresponding to emitted gamma rays were studied. recorded coincidence rays make possible detecting weak ^{60}Co sources at different angels.</p> | |
| Keywords: angular distribution, anticoincidence, coincidence , ^{60}Co source, ^{137}Cs source | |



University of Mohaghegh Ardabili

Faculty of Science

Department of Physics

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of
M.Sc in Nuclear Physics**

Title:

**Measurement of Angular Distribution of Coincidence and Anticoincidence of
Emitted Gamma from ^{60}Co and ^{137}Cs sources**

Supervisor(s):

Farhad Zolfagharpour (Ph. D)

Advisor(s):

Maghsoud Saadati-Niari (Ph. D)

By:

Elham Sahraei

September – 2017