



دانشکده‌ی علوم
گروه آموزشی فیزیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی فیزیک گرایش هسته‌ای

عنوان:

**شناسایی پرتوهای گامای حاصل از واپاشی پوزیترون گسیل شده از چشمه‌ی ^{22}Na به
روش اندازه‌گیری هم‌فروندی پرتوهای گاما**

استاد راهنما:

دکتر فرهاد ذوالفقارپور

پژوهشگر:

رقیه سهرابی

نام خانوادگی دانشجو: سهرابی	نام: رقیه
عنوان پایان‌نامه: شناسایی پرتوهای گامای حاصل از واپاشی پوزیترون گسیل شده از چشمه ی ^{22}Na به روش اندازه‌گیری همفرودی پرتوهای گاما	
استاد راهنما: فرهاد ذوالفقارپور	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: فیزیک
گرایش: هسته ای	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: علوم	تاریخ دفاع: 94/11/20
تعداد صفحات: 88	
چکیده:	
<p>چشمه‌ی مورد استفاده در این پژوهش چشمه‌ی رادیواکتیو ^{22}Na با نیمه‌عمر 2/6 سال با تاریخ ساخت 10 سال است که از خود پوزیترون ساطع می‌کند. پوشش آلومینیومی چشمه چنان است که پوزیترون‌ها در اثر برخورد با الکترون‌های آن واپاشی نموده و زوج گاماها ی همزمان تولید می‌شوند که در جهت مخالف هم حرکت می‌کنند. آرایش هندسی و حفاظها برای دو آشکارساز یدورسدیم چنان انتخاب می‌شوند که بتوانند دو گاما را در حالت همفرودی آشکارسازی نمایند. با توجه به اینکه آشکارسازی تابش گامای حاصل از واپاشی پوزیترون می‌تواند اطلاعات بیشتری نسبت به روش‌های دیگر از داخل ماده‌ای که واپاشی و نابودی پوزیترون در آن صورت می‌گیرد بدست دهد لذا این زمینه پژوهش از لحاظ کاربردی دارای اهمیت زیادی به ویژه در پزشکی هسته‌ای است. هدف از این پژوهش، شناسایی گاماها ی گسیل شده ناشی از واپاشی پوزیترون چشمه‌ی رادیواکتیو ^{22}Na به روش همفرودی است.</p>	
کلید واژه‌ها: پرتوی گاما، چشمه‌ی ^{22}Na ، نابودی، واپاشی پوزیترون، همفرودی.	

فهرست مطالب

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

فصل اول: مقدمه و پیشینه‌ی تحقیق

1-1- مقدمه.....	2
1-2- پیشینه‌ی تحقیق.....	2
1-3- هدف و ضرورت پروژه.....	4

فصل دوم: آمار و خطا در اندازه‌گیری‌ها و شمارش‌های هسته‌ای

2-1- مقدمه.....	6
2-2- تعریف احتمال.....	6
2-3- انحراف معیار و خطا.....	7
2-4- توزیع‌های احتمال.....	8
2-4-1- توزیع دو جمله‌ای.....	8
2-4-2- توزیع پواسون.....	9
2-4-3- توزیع بهنجار (گوسی).....	11
2-5- اهمیت توزیع گاوسی در اندازه‌گیری‌های تابشی.....	12

فصل سوم: معرفی آشکارسازهای سوسوزن و بررسی ساز و کار آن‌ها

3-1- مقدمه.....	15
3-2- انواع آشکارسازها.....	15
3-3- آشکارسازهای سوسوزن.....	16
3-4- مراحل کار شمارنده‌ی سوسوزن.....	16
3-5- انواع مختلف سوسوزن‌ها.....	17
3-6- سوسوزن‌های غیرآلی.....	17
3-7- ساز و کار فرایند سوسوزنی.....	17
3-8- مهمترین ویژگی سوسوزن‌های غیرآلی.....	20

3-8-1- وابستگی به دما.....22

فصل چهارم: طیف‌سنجی پرتوی گاما و اندازه‌گیری همفرودی برای گاما‌های گسیلی از چشمه‌ی ^{22}Na

4-1- پرتوهای گاما.....24

4-2- انواع برهمکنش فوتون با ذره.....24

4-2-1- اثر فوتوالکتریک.....24

4-2-2- پراکندگی کامپتون یا اثر کامپتون.....25

4-2-3- تولید زوج.....27

4-3- برهمکنش‌های پرتوی گاما با ماده.....28

4-3-1- ذخیره‌ی انرژی توسط فوتون‌های با $E < 1.022 \text{ MeV}$28

4-3-2- ذخیره‌ی انرژی توسط فوتون‌های با $E > 1.022 \text{ MeV}$33

4-4- رابطه‌ی کلاین نیشینا.....35

4-5- اندازه‌گیری همفرودی.....36

4-5-1- مقاومت، ظرفیت و القا.....37

4-5-2- آشکارساز.....37

4-5-3- منبع تغذیه‌ی ولتاژ بالا.....39

4-4-5- تقویت‌کننده‌ی اولیه (یا پیش‌تقویت‌کننده).....39

4-5-5- تقویت‌کننده.....39

4-5-6- واحد زمانگیری.....40

4-5-7- واحد همفرودی.....40

4-5-8- واحد پادهمفرودی.....41

4-5-9- تحلیلگر تک کاناله.....41

4-5-10- تحلیلگر چندکاناله.....42

4-5-11- شمارشگر.....42

4-6- انواع روش‌های اندازه‌گیری همفرودی.....42

4-6-1- آشکارسازی رویدادهای تولید زوج.....42

4-6-2- آشکارسازی الکترون‌های تبدیل داخلی.....43

4-7- کاربرد همفرودی.....44

4-8- وسایل و تجهیزات مورد استفاده برای انجام این پژوهش 46

فصل پنجم: نتایج و یافته‌های پژوهش

5-1- مقدمه 48

5-2- تعیین نیمه‌عمر چشمه‌ی رادیواکتیو 50

5-3- نیمه‌عمر 50

5-4- عمر متوسط 51

5-5- محاسبه‌ی اکتیویته‌ی چشمه‌ی ^{22}Na 51

5-6- محاسبه‌ی زمان مرگ آشکارساز 52

5-7- روش انجام آزمایش 57

5-8- حالت اول آزمایش (بدون حضور پنجره‌ی سربی) 58

5-9- حالت دوم آزمایش (با حضور پنجره‌ی سربی) 66

5-10- نتایج حاصل از مقایسه‌ی نمودارهای هر دو حالت (با پنجره‌ی سربی و بدون پنجره‌ی سربی) 72

پیشنهاد برای ادامه‌ی کار 86

واژه‌نامه 86

فهرست منابع و مآخذ 87

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول 5-1- تعداد گاماها‌ی با انرژی $0.511 MeV$ که توسط شمارنده با چشمه‌ی 1 اندازه گرفته شده است	56
جدول 5-2- تعداد گاماها‌ی با انرژی $0.511 MeV$ که توسط شمارنده با چشمه‌ی 1 و 2 اندازه گرفته شده است	56
جدول 5-3- تعداد گاماها‌ی با انرژی $0.511 MeV$ که توسط شمارنده با چشمه‌ی 2 اندازه گرفته شده است	56
جدول 5-4- تعداد گاماها‌ی همفرد در هر زاویه بدون پنجره‌ی سربی	61

جدول 5-5- تعداد گاماهاى همفرود در هر زاويه با پنجره‌ى سربى 68.

فهرست شكل‌ها

شماره و عنوان شكل	صفحه
شكل 2-1- توزيع دو جمله‌اى براى $N = 10$ و $P = 0.1$ 9	9
شكل 2-2- توزيع پواسون براى $M=5$ 11	11
شكل 2-3- توزيع بهنجار گاوسى 12	12
شكل 3-1- يك سيستم آشكارساز با سوسوزن 16	16
شكل 3-2- نوارهاى مجاز و ممنوع انرژى يك بلور 18	18
شكل 3-3- طيف‌هاى گسىلى $Nal(Tl)$ ، $CsI(Tl)$ و $CsI(Na)$ و آنتراسين، در مقايسه با پاسخ طيفى دو ماده‌ى كاند 20	20
شكل 3-4- ويژگى بعضى از سوسوزن‌هاى غير آلى 22	22
شكل 3-5- وابستگى نور خروجى $Nal(Tl)$ ، $CsI(Tl)$ ، $CsI(Na)$ به دما 22	22
شكل 4-1- اثر فوتوالكتريك 25	25
شكل 4-2- اثر كامپتون 25	25
شكل 4-3- توليد زوج 27	27
شكل 4-4- برهمكش فوتوالكتريك توسط فوتون‌هاى با $E < 1.022 MeV$ 28	28
شكل 4-5- در نتيجه‌ى پراكندگى كامپتون، بخشى از انرژى فوتون ممكن است فرار كند 29	29
شكل 4-6- طيف گامامى تك انرژى 30	30
شكل 4-7- طيف ارتفاع تپ حاصل از طيف چشمه در غياب افت و خيز آمارى در آشكارساز 30	30
شكل 4-8- طيف ارتفاع تپ اندازه گرفته شده‌ى حاصل از طيف چشمه 31	31
شكل 4-9- اگر پراكندگى كامپتون نزديك ديواره رخ دهد 32	32
شكل 4-10- فرآيندهاىي كه ممكن است در اثر ورود يك فوتون به آشكارساز رخ دهند 35	35
شكل 4-11- مدار اندازه‌گيرى همفرودى 36	36
شكل 4-12- يك علامت نوعى آشكارساز تپى 38	38
شكل 4-13- منطق واحد همفرودى با دو كانال ورودى 41	41
شكل 4-14- منطق واحد پادهمفرودى 41	41

- شکل 4-15- نمایش ساده‌ای از اندازه‌گیری همفرودی.....44
- شکل 4-16- رویدادهای همفرود و غیرهمفرود.....44
- شکل 4-17- تصویرنگاری توسط دستگاه PET.....45
- شکل 5-1- واپاشی چشمه ی ^{22}Na48
- شکل 5-2- طیف چشمه ی ^{22}Na49
- شکل 5-3- فرآیند واکنش نوترون با $^{63}_{29}Cu$ برای تولید چشمه‌ی مصنوعی گسیل‌کننده‌ی β^+53
- شکل 5-4- چیدمان آزمایش برای اندازه‌گیری طیف ساده با چشمه‌ی شماره‌ی 1.....54
- شکل 5-5- چیدمان آزمایش برای اندازه‌گیری طیف ساده با هر دو چشمه‌ی شماره‌ی 1 و شماره‌ی 2.....54
- شکل 5-6- چیدمان آزمایش برای اندازه‌گیری طیف ساده با چشمه‌ی شماره‌ی 2.....55
- شکل 5-7- آرایش هندسی آزمایش.....57
- شکل 5-8- قرار گرفتن آشکارسازها بدون پنجره‌ی سربی تحت زاویه‌ی 90.....59
- شکل 5-9- قرار گرفتن آشکارسازها بدون پنجره‌ی سربی تحت زاویه‌ی 180.....59
- شکل 5-10- قرار گرفتن آشکارسازها بدون پنجره‌ی سربی تحت زاویه‌ی 270.....60
- شکل 5-11- طیف ساده و همفرودی در حالت بدون پنجره‌ی سربی.....60
- شکل 5-12- سطح زیر قله در انرژی $511 keV$ که زاویه‌های مختلف و بدون پنجره‌ی سربی و در حالت همفرودی اندازه‌گیری شده است.....62
- شکل 5-13- سطح زیر قله در انرژی $511 keV$ که در زاویه‌های مختلف و بدون پنجره‌ی سربی و در حالت همفرودی اندازه‌گیری شده است منحنی مربوط به نتیجه‌ی حاصل از رابطه‌ی کلاین نشینا است.....63
- شکل 5-14- طیف گامای حاصل از چشمه در حالت عادی(بدون همفرودی) و بدون حضور پنجره‌ی سربی در سه زاویه‌ی 90، 180 و 270.....64
- درج.....64
- شکل 5-15- طیف گامای حاصل از چشمه در حالت همفرودی(بدون پنجره‌ی سربی) در سه زاویه‌ی 9، 180 و 270 درجه.....66
- شکل 5-16- قرار گرفتن آشکارسازها با پنجره‌ی سربی با زاویه‌ی 90 نسبت به هم.....67
- شکل 5-17- قرار گرفتن آشکارسازها با پنجره‌ی سربی با زاویه‌ی 180 نسبت به هم.....67
- شکل 5-18- سطح زیر قله در انرژی $511 keV$ که زاویه‌های مختلف با حضور پنجره‌ی سربی و در حالت همفرودی اندازه‌گیری شده است.....69
- شکل 5-19- سطح زیر قله در انرژی $511 keV$ که زاویه‌های مختلف با حضور پنجره‌ی سربی و در حالت همفرودی اندازه‌گیری شده است منحنی مربوط به برازش تابع گاوسی است.....70

- شکل 5-20- طیف گامای حاصل از چشمه در حالت عادی (با پنجره‌ی سربی) در سه زاویه‌ی 90، 180 و 270 درجه
71.....
- شکل 5-21- طیف گامای حاصل از چشمه در حالت همفرودی (با پنجره‌ی سربی) در سه زاویه‌ی 90، 180 و 270 درجه
72.....
- شکل 5-22- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 90.....
73.....
- شکل 5-23- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 105.....
74.....
- شکل 5-24- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 120.....
75.....
- شکل 5-25- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 135.....
76.....
- شکل 5-26- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 150.....
77.....
- شکل 5-27- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 165.....
78.....
- شکل 5-28- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 180.....
79.....
- شکل 5-29- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 195.....
80.....
- شکل 5-30- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 210.....
81.....
- شکل 5-31- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 225.....
82.....
- شکل 5-32- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 240.....
83.....
- شکل 5-33- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 255.....
84.....
- شکل 5-34- طیف گاماها‌ی حاصل از چشمه در حالت همفرودی تحت زاویه‌ی 270.....
85.....

فهرست علائم اختصاری

مفهوم یا توضیح	علامت اختصاری
ژرمنات بیسموت	BGO
منبع تغذیه‌ی ولتاژ بالا	HVPS
تحلیل‌گر تک‌کاناله	SCA
تحلیل‌گر چندکاناله	MCA
گیراندازی الکترون	EC
توموگرافی تابش پوزیترون	PET
مگا الکترون ولت	MeV
کیلو الکترون ولت	keV

فصل اول:

مقدمه و پیشینه‌ی تحقیق

1-1- مقدمه

اندازه‌گیری همفرودی نوعی آشکارسازی پرتوی است که در این روش دو آشکارساز مقابل یکدیگر در یک مدار همفرودی قرار داده می‌شوند. ثبت همفرودی یعنی ثبت یک واقعه توسط دو آشکارساز بطور همزمان، که این واقعه می‌تواند برخورد یا یک تلاشی باشد، از طرفی در آزمایش‌های پرتوسنجی، گاهی لازم است که تپ‌های ناشی از انواع خاصی از تابش دورریخته شوند و فقط تپ‌های حاصل از یک نوع ذره یا ذراتی که از راستای ویژه‌ای می‌آیند پذیرفته شوند، حذف رویدادهای ناخواسته با استفاده از تنظیم یک مدار اندازه‌گیری همفرودی انجام می‌یابد.

چشمه‌های گسیل‌کننده‌ی پوزیترون، در نهایت منجر به تولید زوج گامای همزمان با انرژی‌های یکسان می‌شوند. تصویری که از آشکارسازی و اندازه‌گیری همفرودی دو فوتون گسیلی حاصل می‌شود با تحلیل کامپیوتری همفرودی‌های اندازه‌گیری شده مربوط به فوتون‌های گسیل‌شده در خلاف جهت هم ساخته می‌شود. تصویر حاصل، نسبت به روش‌های دیگر، وضوح بهتری از ساختار داخلی محیطی که ماده رادیواکتیو در داخل آن توزیع شده است دارد روش فیزیکی بیان‌شده اساس کار دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی برای تشخیص سرطان است.

1-2- پیشینه‌ی تحقیق

مفهوم تکنولوژی تابش پوزیترون و امکان تهیه‌ی تصویر از آن اولین بار توسط کول^۱ و همکاران در سال 1950 در دانشگاه پنسیلوانیا^۲ ارائه شده است (فیلیپس^۳ و همکاران، 1975؛ اسویت و برونل^۴، 1953). این روش توسط ترپوگاسین^۵ در دانشگاه علوم پزشکی واشنگتن توسعه داده شد و اولین تصویر به

1 -Kuhl

2- Pennsylvania

3- Phelps

4- Sweet & Brownell

5 -Ter- pogossian

این روش در سال 1950 بدست آمد (فیلیپس و همکاران، 1975). جیمز رابرتسون¹ و همکاران ایشان در سال 1961 در آزمایشگاه ملی بروکهاون² آمریکا اولین دستگاه اسکن سیگنالی PET³ را ساختند. توسعه و تولید رادیوداروها و رادیوایزوتوپ های متنوع توسط گروهی در آزمایشگاه بروکهاون باعث توسعه و تکامل بیشتر تکنولوژی PET گردید (آیدو⁴ و همکارانش، 1978). این روش عکسبرداری اولین بار روی فرد داوطلب سالم به اسم عباس علوی در سال 1976 و در دانشگاه پنسیلوانیا صورت گرفت و بعدها این روش عکسبرداری به اسم اسکن تصویربرداری توموری پوزیترون⁵ معروف شد.

واربرتن⁶ و همکاران در سال 1968 توانستند به کمک آشکارسازهای $NaI(Tl)$ و $Ge(Li)$ همفرودی بین جفت گاماها حاصل از چشمه ^{22}Na را اندازه گیری کنند. آن ها به کمک این اندازه گیری ها و اطلاعاتی که از قبل درباره ی برهمکنش ^{22}Na ($\alpha, n \gamma \gamma$)⁷ داشتند به این نتیجه رسیدند که ^{22}Na دارای سطوح انرژی 1/95، 2/97 و 3/06 مگا الکترون ولت است که هر یک از این سطوح به ترتیب دارای $J = 2$ ، $J = 3$ و $J = 2$ است (واربرتن و همکاران، 1968).

دنیل⁷ و همکاران در سال 1992 پژوهشی را انجام دادند که در آن به وسیله ی تابش های نفوذ پذیر حاصل از نابودی زوج الکترون و پوزیترون یون ^{22}Na ، در میان یک غشای سولفات پلی فنل با استفاده از مدل اندازه گیری همفرودی انجام شد. در این روش در مقایسه با روش های معمول ردیاب حاضر، نیاز به زمان کمتری برای تعیین ضریب نفوذ در نمک های مختلف است (دنیل و همکاران، 1992).

ساتو⁸ و همکاران در سال 1997 مدل جدیدی را برای همگون سازی چشمه ی ^{22}Na با استفاده از دو آشکارساز یدورسدیم ارائه دادند، در این مدل فرض شده، نرخ نابودی تابش ها، پرتوهای گاما و همفرودی آن ها شمارش می شود. در این روش از شبیه سازی مونت کارلو استفاده شده که در این شبیه سازی یک همخوانی بین داده های تجربی و محاسبات عددی وجود دارد (ساتو و همکاران، 1997).

1 -James Robertson

2 -Brookhaven

3- Positron Emission Tomography

4- Ido

5- Positron tomographic scanner

6-Warburton

7-Daniel

8-Sato

ژانگ^۱ و همکاران در سال 2011 طیف همفرودی برای چشمه‌ی ^{22}Na را توسط دو آشکارساز *BGO* و انجام دادند. این روش به طور چشمگیری نرخ شمارش و پیک انرژی گاما را بهینه‌سازی می‌کند. این روش طیف سنجی، یک روش موثر و با حساسیت بالا برای آسان‌سازی آشکارسازی‌های بحرانی چشمه‌ی ^{22}Na با اکتیویته‌ی در حدود 9 mBq است (ژانگ و همکاران، 2011).

1-3- هدف و ضرورت پروژه

در این پژوهش، به منظور شناسایی گاما‌های گسیل شده ناشی از واپاشی پوزیترون یک چشمه‌ی رادیواکتیو با ناپایداری از نوع بتای مثبت، از دو آشکارساز یدورسیدیم و چشمه‌ی رادیواکتیو ^{22}Na استفاده شده است. آزمایشات در دو مرحله اجرا شده است که مرحله اول بدون پنجره‌ی سربی و مرحله‌ی دوم با پنجره‌ی سربی انجام شد و اثر حفاظ روی طیف همفرودی با کاهش اثر کامپتون مشاهده شد و همین‌طور برای اطلاع از میزان شمارش‌های آشکارساز، زمان مرگ برای آشکارساز با تولید یک چشمه‌ی مصنوعی در آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای پیشرفته محاسبه شد.

فصل دوم:

آمار و خطا در اندازه‌گیری‌ها و

شمارش‌های هسته‌ای

1-2- مقدمه

در این فصل، موضوع خیلی مهم خطاها مورد بحث قرار می‌گیرد. از آنجا که همه‌ی نتایج تجربی دارای خطا هستند و نتیجه‌ی گزارش‌شده‌ی بدون خطای همخوان با آن بی‌معناست، اهمیت این فصل قابل‌درک است. کسانی که آزمایش‌های هسته‌ای انجام می‌دهند برای تحلیل آزمایش‌ها که طبیعت آماری دارند، بررسی خطاها و برازش یک تابع بر داده‌های تجربی، به آمار نیاز دارند (سولفانی‌دیس¹، 1938).

2-2- تعریف احتمال

فرض کنید شخصی یک آزمایش را چند بار تکرار می‌کند و دقت می‌نماید که رویداد مشخص x رخ می‌دهد یا خیر. رویداد موردنظر، نتیجه‌ی مشاهده‌پذیر مشخصی است که توسط آزمایشگر تعریف می‌شود. اگر آزمایش N بار تکرار شده و n نتیجه از نوع x باشد، احتمال $P(x)$ برای اینکه هر رویدادی از نوع x باشد عبارت است از:

$$p(x) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N} \quad (1-2)$$

یک مشکل بدیهی در تعریف داده‌شده در (1-2) وجود دارد و آن ضرورت تعداد بینهایت آزمون است. مسلماً انجام بینهایت آزمایش غیرممکن است. در عوض، آزمایش را N بار تکرار می‌کنند و اگر از این N بار، رویداد x به تعداد n بار رخ بدهد، احتمال $P(x)$ عبارت است از:

$$P(x) = \frac{n}{N} \quad (2-2)$$

معادله‌ی (2-2) خوشایند ریاضیدان‌ها نیست، اما در عمل به‌طور گسترده‌ای به کار می‌رود زیرا با ایده‌ی حاکم بر معادله‌ی (1-2) دمساز است و نتیجه‌های مفیدی به دست می‌دهد. معادله‌ی (2-2)

احتمال را درست نمی‌دهد اما هنگامی که $N \rightarrow \infty$ ، معادله‌ی (2-2) به سمت معادله‌ی (1-2) میل می‌کند.

چون n و N هر دو عددهای مثبتی هستند، $0 \leq n/N \leq 1$ ، بنابراین: $0 \leq P(x) \leq 1$ یعنی احتمال در مقیاسی از 0 تا 1 اندازه گرفته می‌شود. اگر رویداد x هر بار که آزمایش را انجام می‌دهیم رخ دهد، در این صورت $n = N$ و $P(x) = 1$. لذا احتمال یک رویداد حتمی مساوی 1 است. اگر رویداد x هیچ‌گاه رخ ندهد، در این صورت $n = 0$ و $P(x) = 0$. در این مورد احتمال یک رویداد غیرممکن مساوی صفر است. اگر نتیجه‌ی یک اندازه‌گیری دارای N پیامد ممکن، که همه‌ی آن‌ها دارای احتمال مساوی هستند، باشد، در این صورت احتمال رویداد x_i عبارت است از (سولفانیدیس، 1938):

$$i = 1, \dots, N$$

$$P(x_i) = \frac{1}{N} \quad (3-2)$$

2-3- انحراف معیار و خطا

در آمار انحراف معیار¹ یکی از شاخص‌های پراکندگی است و با نماد σ نشان داده می‌شود. σ بیانگر این است که به طور میانگین، داده‌ها چه مقدار از مقدار متوسط² فاصله دارند. اگر انحراف معیار مجموعه‌ای از داده‌ها نزدیک به صفر باشد، نشانه‌ی این است که داده‌ها نزدیک به میانگین هستند و پراکندگی آنها بسیار اندک است اما انحراف معیار بزرگتر از صفر بیانگر پراکندگی قابل توجه داده‌ها می‌باشد. انحراف معیار به صورت ریشه‌ی دوم واریانس³ تعریف می‌شود که واریانس از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - ave)^2}{N-1} \quad (4-2)$$

که در آن V واریانس، N تعداد داده‌ها، X_i مقدار داده‌ی i ام و ave میانگین داده‌ها می‌باشد.

1- Standard deviation
2- average
3- Variance

2-4- توزیع‌های احتمال

وقتی یک آزمایش در شرایط یکسان به دفعات تکرار می‌شود، نتیجه‌های 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. چنین قانونی، اگر وجود داشته باشد و شناخته شده باشد، از دو جهت مفید خواهد بود. اولاً، از تعداد کمی اندازه‌گیری آزمایشگر ممکن است اطلاعاتی پیرامون نتیجه‌های مورد انتظار اندازه‌گیری‌های بعدی کسب کند. ثانیاً یک‌رشته اندازه‌گیری را می‌توان برای اطمینان از درستی آن انجام داد. اگر معلوم شد نتیجه‌های یک آزمایش از قانون خاصی پیروی نمی‌کنند باید پیش از پذیرفتن آن، به دقت آن را مورد بررسی قرارداد. تعداد بسیاری از این قوانین وجود دارند که بر انواع مختلفی از اندازه‌گیری‌ها حاکم‌اند. سه‌تای از این قوانین را که بیش از بقیه کاربرد دارند، بیان خواهیم کرد (سولفانیدیس، 1938).

2-4-1- توزیع دوجمله‌ای

توزیع دوجمله‌ای در شرایطی به کار می‌رود که آزمایش، امکان دو پیامد A و B را دارد:

1- احتمال اینکه هر اندازه‌گیری مفروضی منتهی به پیامد از نوع A شود ثابت، و مستقل از تعداد اندازه‌گیری‌هاست.

2- وقوع یک رویداد از نوع A در هر اندازه‌گیری مفروضی، بر احتمال اینکه در اندازه‌گیری‌های بعدی رویداد A یا B رخ بدهد تأثیری نمی‌گذارد.

مثال‌های این‌گونه آزمایش عبارت‌اند از: پرتاب سکه (پیامد شیر یا خط)، بازرسی عیب تعدادی اشیاء مشابه هم (اشیاء یا معیوب‌اند یا نیستند)، و برداشتن اشیاء از جعبه‌ای که حاوی دو نوع شیئی است. توزیع دوجمله‌ای را به کمک آزمایش زیر معرفی می‌کنیم:

فرض کنید که یک جعبه حاوی تعداد زیادی از دو نوع شیئی A و B است. همچنین فرض کنید:

احتمال اینکه وقتی از این جعبه به‌طور کاتوره‌ای یک شیئی انتخاب می‌کنیم از نوع A باشد $P =$

احتمال اینکه شیئی کاتوره‌ای انتخاب شده از نوع B باشد $1 - P =$

یک آزمایشگر، N شیئی به‌طور کاتوره‌ای انتخاب می‌کند. توزیع دوجمله‌ای که احتمال P_n را برای اینکه از N شیئی، n تا از نوع A باشد به دست می‌دهد، عبارت است از:

$$P_N = \frac{N!}{(N-n)!n!} p^n (1-p)^{N-n} \quad (5-2)$$

به سادگی می توان نشان داد که توزیع دو جمله ای رابطه ی زیر را برقرار می سازد:

$$\sum_{n=0}^N P_n = \sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!n!} p^n (1-p)^{N-n} = 1 \quad (6-2)$$

میانگین m مساوی است با:

$$m = \bar{n} = \sum_{n=0}^N n p_n = pN \quad (7-2)$$

وردایی $V(n)$ عبارت است از:

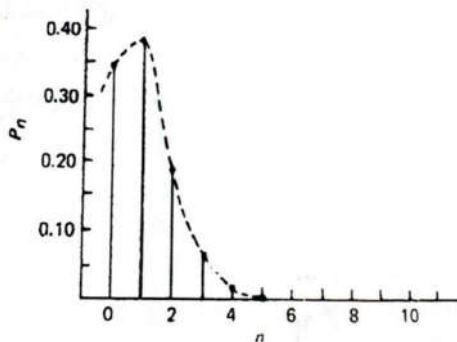
$$V(n) = \overline{(m-n)^2} = \sum_{n=0}^N (m-n)^2 p_n = m(1-p) \quad (8-2)$$

انحراف معیار σ مساوی است با:

$$\sigma = \sqrt{V(n)} = \sqrt{m(1-p)} \quad (9-2)$$

شکل (1-2) یک توزیع دو جمله ای را برای $N=10$ و $P=0.1$ نشان می دهد. توجه کنید که وقتی

$P \rightarrow 0.5$ ، توزیع در حوالی میانگین میل به تقارن پیدا می کند (سولفانیدیس، 1938).



شکل 1-2: توزیع دو جمله ای برای $N=10$ و $P=0.1$

2-4-2- توزیع پواسون

توزیع پواسون بر رویدادهایی اعمال می شود که احتمال رخداد آن ها کم و ثابت است. این توزیع را

می توان از توزیع دو جمله ای با فرض

$$N \rightarrow \infty$$

Family name: Sohrabi	Name: Roghayeh
Title of Thesis: Identification of emitted gamma from annihilation of positron from ^{22}Na source with measurement of gamma coincidence	
Supervisor: Dr. Farhad Zolfagharpour	
Graduate Degree M.Sc.	
Major: Physics	Specialty: Nuclear
University: Mohaghegh Ardabili	Faculty: Science
Graduation date: 09/02/2016	Number of pages:88
<p>Abstract: Radioactive source that is used in this research is ^{22}Na with a half-life of 2.6 years, that emits positron when the source is placed in front of the (NaI) detectors, Positrons encounter its surface and they decay in effect of encounter with its electrons. Because of annihilation of positrons, two simultaneous gammas are produced in the way that they move to opposite direction. Geometry arrangement and protection are selected for the two detectors that they can detect two gammas in coincidence state. Because of the detection of the gamma radiation from positron decay can give more information than other methods that decay and annihilation of positron occur in material, so this research is particularly important in terms of application. The purpose of this research is identification of emitted gamma from annihilation of positron from ^{22}Na source with measurement of gamma coincidence.</p>	
Keywords: annihilation , coincidence, gamma ray, ^{22}Na source, positron decay.	



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:

Identification of emitted gamma from annihilation of positron from ^{22}Na source
with measurement of gamma coincidence

Supervisor:

Farhad Zolfagharpour (Ph. D)

By:

Roghayeh Sohrabi

February – 2016

