



دانشکده‌ی علوم  
گروه آموزشی فیزیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد  
در رشته‌ی فیزیک گرایش هسته‌ای

### عنوان:

**اندازه‌گیری شدت گامای بازتابی از حفاظ‌های سربی، آلومینیومی و آهنی برحسب  
تابعی از ضخامت و مقایسه‌ی نتایج آن با نتیجه‌ی حاصل از کد MCNP**

استاد راهنما:

دکتر فرهاد ذوالفقار پور

استاد مشاور:

سارا عظیم خانی

پژوهشگر:

پریسا تقی‌پور نیار

تابستان 1394

نام خانوادگی دانشجو: تقی پور نیار	نام: پریسا
عنوان پایان نامه: اندازه گیری شدت گامای بازتابی از حفاظ های سربی، آلومینیومی و آهنی برحسب تابعی از ضخامت و مقایسه ی نتایج آن با نتیجه ی حاصل از کد MCNP	
استاد راهنما: دکتر فرهاد ذوالفقار پور استاد مشاور: سارا عظیم خانی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: فیزیک
گرایش: هسته ای	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: علوم پایه	تاریخ دفاع: 1394/06/23
113	تعداد صفحات:
چکیده:	
<p>پراکندگی فوتون های گاما به سمت عقب از سطح یک ماده را پس پراکندگی پرتوهای گاما می گویند. در این پژوهش حفاظ های سربی، آهنی و آلومینیومی به شکل دیسک به ضخامت تقریباً 0/1 سانتی متر و قطر 18 سانتی متر، به منظور بررسی پس پراکندگی تهیه شدند. همچنین یک چشمه ی سزیم 137 بین حفاظ و آشکارساز یدورسدیم قرار داده شد و طیف گامای چشمه ثبت گردید. به منظور بررسی تأثیر ضخامت حفاظ در میزان پس پراکندگی گاما، در هر مرحله از آزمایش 0/1 سانتی متر به ضخامت حفاظها افزوده شده و در هر بار نیز طیف پرتوی گاما ثبت گردید و مشاهده شد که تغییر ضخامت حفاظها باعث تغییر سطح زیر بیشینه ی پس پراکندگی می گردد و در یک ضخامت خاص که ضخامت اشباع نام دارد، پس پراکندگی به حداکثر ممکن می رسد. همچنین با استفاده از کد MCNP، چیدمان آزمایش شبیه سازی شد و ضخامت اشباع برای هر کدام از حفاظ های سربی، آهنی و آلومینیومی به دست آمد. مشاهده شد که نتایج حاصل از انجام آزمایش ها و نتایج حاصل از کد MCNP تطابق خوبی باهم دارند.</p>	
کلیدواژه ها: پس پراکندگی، شبیه سازی با کد MCNP، آشکارساز یدورسدیم، چشمه ی گامای سزیم 137	

## فهرست مطالب

صفحه

شماره و عنوان

### فصل اول: پرتو زایی و برهمکنش پرتوها با ماده

1-1	مقدمه	2
1-1-1	پیشینه‌ی تحقیق	3
1-2	پرتوهای یون ساز	5
1-2-1	پرتو آلفا	6
1-2-2	پرتو بتا	7
1-2-3	پرتوهای ایکس و گاما	8
1-3	انرژی پرتو	Error! Bookmark not defined.
1-4	واحدهای کاربردی در پرتوهای یون ساز	Error! Bookmark not defined.
1-4-1	واحدهای اکتیویته	Error! Bookmark not defined.
1-4-2	واحدهای سنجش دز تشعشی	Error! Bookmark not defined.
1-5	برخورد پرتوهای یون ساز با ماده	Error! Bookmark not defined.
1-6	برخورد پرتو گاما با ماده	Error! Bookmark not defined.
1-6-1	ضریب تضعیف	Error! Bookmark not defined.
1-6-2	اثر فوتوالکتریک ( جذب فوتوالکتریک)	Error! Bookmark not defined.
1-6-3	پراکندگی کامپتون	Error! Bookmark not defined.
1-6-4	تولید جفت یون	Error! Bookmark not defined.
1-6-5	پراکندگی تامسون	Error! Bookmark not defined.
1-7	حفاظ گذاری	Error! Bookmark not defined.

### فصل دوم: آشکارسازی تابش های هسته‌ای

2-1	انواع فرآیندها در هنگام ورود فوتون به آشکارساز	Error! Bookmark not defined.
2-2	سوسوزن های غیر آلی ( سوسوزن های بلوری )	Error! Bookmark not defined.
2-2-1	سازوکار فرآیند سوسوزنی	Error! Bookmark not defined.
2-3	آشکارساز یدور سدیم NaI(Tl)	Error! Bookmark not defined.
2-3-1	اندازه گیری انرژی	Error! Bookmark not defined.

<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	۲-۳-۲ بازده آشکارساز یدور سدیم NaI(Tl)
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	۲-۳-۳ زمان مرده‌ی آشکارسازهای سوسوزن
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	۲-۳-۴ چشمه‌های زمینه در آشکارسازهای سوسوزن

### فصل سوم: شبیه سازی با کد MCNP

<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-1 شبیه سازی
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	۳-۱-۱ مزایای شبیه سازی
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	۳-۱-۲ معایب شبیه سازی
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-2 روش تصادفی و شبیه سازی مونت کارلو
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-3 کاربردهای مونت کارلو
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-4 کد MCNP
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-5 ساختار فایل ورودی MCNP
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-6 خطاهای هندسی
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-7 کارت سلول
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-8 پارامترهای مورد استفاده در تعریف سلول
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-9 کارت اهمیت سلول IMP
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-10 کارت سطوح
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-11 کارت تعریف صفحه
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-12 کارت تعریف کره
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-13 کارت تعریف استوانه
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-14 کارت RCC
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-15 کارت داده
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-16 کارت نوع مسئله (MODE)
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-17 کارت هندسه
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-18 کاهش واریانس
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	۳-۱۸-۱ چشمه های عمومی
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	3-19 انواع خروجی ها (Tally)

- 3-20 کارت ماده.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3-21 کارت MT.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3-22 کارت قطع برنامه.....**Error! Bookmark not defined.**
- ۳-۲۲-۱ کارت قطع زمان (CTME).....**Error! Bookmark not defined.**
- ۳-۲۲-۲ کارت قطع تاریخچه (NPS).....**Error! Bookmark not defined.**

### فصل چهارم: کارهای تجربی و نتایج

- 4-1 مقدمه.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-2 انحراف معیار و خطا.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-3 توزیع‌های احتمال و متغیرهای کاتوره‌ای.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-4 طرد داده‌ها.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-5 تعیین نیمه‌عمر یک چشمه‌ی رادیواکتیو:.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-6 نیمه‌عمر.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-7 عمر متوسط.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-8 محاسبه‌ی اکتیویته‌ی چشمه‌ی  $^{137}\text{Cs}$ .....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-9 پس‌پراکندگی.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-10 آنالیز به روش پس‌پراکندگی رادرفورد (RBS).....**Error! Bookmark not defined.**
- ۴-۱۰-۱ کاربردهای RBS.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-11 بازتاب پرتو ایکس (XRR).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-12 وسایل و تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایش‌های تجربی **Error! Bookmark not defined.**
- defined.**
- 4-13 تحلیلگر چند کاناله MCA CASSY.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-14 حفاظ‌های مورد استفاده.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-15 چیدمان آزمایش و نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-16 نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی توسط کد MCNP.....**Error! Bookmark not defined.**
- ۴-۱۶-۱ ورودی‌های کد MCNP.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-17 نمودارهای حاصل از اجرای کد MCNP.....**Error! Bookmark not defined.**

**Error! Bookmark not defined.**..... نتیجه گیری 4-18

**Error! Bookmark not defined.**..... پیشنهادهایی برای ادامه کار 4-19

**Error! Bookmark not defined.**..... فهرست منابع و مآخذ ج



## فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان	صفحه
جدول 1-1: ضریب QF برای برخی از پرتوها (سمبر، 2009).....	Error! Bookmark not defined.
جدول 1-3: ساختار فایل ورودی کد MCNP.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 2-3: واحدهای مورد استفاده در کد MCNP.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 3-3: پارامترهای به کار رفته در تعریف سلول‌ها.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 4-3: ساختار کارت تعریف صفحه.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 5-3: ساختار کارت تعریف کره.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 6-3: ساختار کارت تعریف استوانه.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 7-3: ساختار کارت هندسه.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 8-3: ملاک‌های مطرح برای تغییر خطای نسبی.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 9-3: ساختار کارت چشمه.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 10-3: یکای انواع تالی‌ها.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 11-3: انواع تالی‌های قابل تعریف.....	Error! Bookmark not defined.
جدول 1-4: مساحت زیر ناحیه‌ی بیشینه‌ی پس‌پراکندگی، حاصل از انجام آزمایش، برای سرب (قسمت اول).....	Error!
	Bookmark not defined.
جدول 2-4: مساحت زیر ناحیه‌ی بیشینه‌ی پس‌پراکندگی، حاصل از انجام آزمایش، برای سرب (قسمت دوم).....	Error!
	Bookmark not defined.
جدول 3-4: مساحت زیر ناحیه‌ی بیشینه‌ی پس‌پراکندگی، حاصل از انجام آزمایش، برای آهن (بخش اول).....	Error!
	Bookmark not defined.
جدول 4-4: مساحت زیر ناحیه‌ی بیشینه‌ی پس‌پراکندگی، حاصل از انجام آزمایش، برای آهن (بخش دوم).....	Error!
	Bookmark not defined.
جدول 5-4: مساحت زیر ناحیه‌ی بیشینه‌ی پس‌پراکندگی، حاصل از انجام آزمایش، برای آلومینیوم (بخش اول).....	Error!
	Bookmark not defined.
جدول 6-4: مساحت زیر ناحیه‌ی بیشینه‌ی پس‌پراکندگی، حاصل از انجام آزمایش، برای آلومینیوم (بخش دوم).....	Error!
	Bookmark not defined.
جدول 7-4: ضخامت اشباع به دست آمده از آزمایش‌های تجربی و کد MCNP.....	Error!
	defined.



- شکل 1-1: نمایش پراکندگی کامپتون..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 1-2: فرآیندهایی که ممکن است در اثر ورود یک فوتون به آشکارساز رخ دهند **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-2: فرآیندهای اساسی در یک آشکارساز سوسوزن..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-3: نوارهای انرژی در یک بلور..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-4: نمودار طرز کار تکثیرکننده فوتونی..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-5: نمودار ساده‌ای که می‌توان آن را در اندازه‌گیری انرژی تابش‌های حاصل از یک چشمه به کاربرد.. **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-6: بازده نسبی آشکارساز NaI(Tl) و Ge..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 3-1: به دست آوردن مساحت S به روش مونت کارلو..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 3-2: جهت‌های مثبت و منفی در هندسه MCNP..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 4-1: طیف حاصل از آشکارساز یدور سدیم برای چشمه سزیم-137 **Error! Bookmark not defined.**
- defined.**
- شکل 4-2: نمای شماتیک از یک سامانه آنالیز RBS..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 4-3: نمایش بازتاب پرتو ایکس از (الف) توده و (ب) لایه نازک.. **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 4-4: طرح کلی آزمایش..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 4-5: چیدمان آزمایش..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 4-6: واپاشی سزیم-137..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 4-7: طیف کالیبره نشده (شکل سمت چپ) و طیف کالیبره شده (شکل سمت راست) **Error!**
- Bookmark not defined.**
- شکل 4-8: نمونه‌ای از افزودن ضخامت لایه‌های سربی..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 4-9: طیف گامای ثبت شده برای حفاظ سربی در ضخامت‌های مختلف **Error! Bookmark not defined.**
- defined.**
- شکل 4-10: طیف گامای ثبت شده برای حفاظ آهنی در ضخامت‌های مختلف **Error! Bookmark not defined.**
- defined.**
- شکل 4-11: طیف گامای ثبت شده برای حفاظ آلومینیومی در ضخامت‌های مختلف **Error! Bookmark not defined.**
- defined.**
- شکل 4-12: شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده شده برحسب ضخامت برای حفاظ سربی **Error!**
- Bookmark not defined.**

شکل 4-13: شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده‌شده برحسب ضخامت برای حفاظ آهنی  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-14: شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده‌شده برحسب ضخامت برای حفاظ آلومینیومی  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-15: شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده‌شده برحسب ضخامت برای حفاظ مختلف  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-16: رابطه‌ی مشاهده شده‌ی ضخامت اشباع و عدد اتمی در آزمایش‌های انجام‌شده  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-17: محدوده‌ی انتخاب‌شده در طیف حاصل از MCNP  
**Error! Bookmark not defined.....**

شکل 4-18: ناحیه‌ی مربوط به پس‌پراکندگی، حاصل از کد MCNP برای حفاظ سربی  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-19: ناحیه‌ی مربوط به پس‌پراکندگی، حاصل از کد MCNP برای حفاظ آهنی  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-20: ناحیه‌ی مربوط به پس‌پراکندگی، حاصل از کد MCNP برای حفاظ آلومینیومی  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-21: شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده‌شده برای حفاظ سربی، حاصل از کد MCNP  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-22: شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده‌شده برای حفاظ آهنی، حاصل از کد MCNP  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-23: شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده‌شده برای حفاظ آلومینیومی، حاصل از کد MCNP  
**Error! Bookmark not defined.....**

شکل 4-24: شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده‌شده برای حفاظ‌های مختلف حاصل از کد MCNP  
**Error! Bookmark not defined.....**

شکل 4-25: (الف) طرح دو بُعدی به‌دست‌آمده از کد MCNP، (ب) بزرگنمایی طرح الف  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-26: طرح سه بُعدی به‌دست‌آمده از کد MCNP  
**Error! Bookmark not defined.....**

شکل 4-27: مقایسه نتایج حاصل از آزمایش‌های تجربی و نتایج حاصل از کد MCNP برای حفاظ سربی  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-28: مقایسه نتایج حاصل از آزمایش‌های تجربی و نتایج حاصل از کد MCNP برای حفاظ آهنی  
**Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-29: مقایسه نتایج حاصل از آزمایش‌های تجربی و نتایج کد MCNP برای حفاظ آلومینیومی.....  
**Error! Bookmark not defined.**

1. فصل اول:

پرتوزایی و برهمکنش پرتوها با ماده

## 1-1 مقدمه

پراکندگی فوتون‌های گاما به سمت عقب از سطح یک ماده را پس‌پراکندگی پرتوهای گاما می‌گویند. در این پژوهش به منظور بررسی پس‌پراکندگی، حفاظ‌های سربی، آلومینیومی و آهنی به شکل دیسک به ضخامت تقریباً 0/1 سانتی‌متر و قطر 18 سانتی‌متر تهیه شدند. همچنین یک چشمه‌ی  $^{137}\text{Cs}$  که گاما‌هایی با انرژی 0/662 MeV ساطع می‌کند، بین حفاظ و آشکارساز یودورسديم قرار داده شد و طیف گامای چشمه ثبت گردید. به منظور بررسی تأثیر ضخامت حفاظ در میزان پس‌پراکندگی گاما، در هر مرحله از آزمایش 0/1 سانتی‌متر به ضخامت حفاظ‌ها افزوده شده و در هر بار نیز طیف پرتوی گاما ثبت گردید و مشاهده شد که تغییر ضخامت حفاظ‌ها باعث تغییر سطح زیر بیشینه‌ی پس‌پراکندگی می‌گردد و در یک ضخامت خاص که ضخامت اشباع نام دارد، پس‌پراکندگی به حداکثر ممکن می‌رسد. همچنین با استفاده از کد MCNP چیدمان آزمایش شبیه‌سازی شده و شدت پس‌پراکندگی برحسب تابعی از ضخامت به دست آمد.

در نهایت نتایج حاصل از انجام آزمایش با نتایج حاصل از کد MCNP مقایسه شده است. ضخامت اشباع به دست آمده از انجام آزمایش و ضخامت اشباع حاصل از کد MCNP برای هر کدام از حفاظ‌های سربی، آلومینیومی و آهنی، تطابق خوبی باهم دارند.

## 1-1-1 پیشینه‌ی تحقیق

1- اشوآراپا<sup>۱</sup> و همکاران در سال 2014 در کشور هندوستان پژوهشی را انجام دادند که در این پژوهش از پرتو گامای ناشی از چشمه‌های  $^{57}\text{Co}$ ،  $^{203}\text{Hg}$ ،  $^{133}\text{Ba}$ ،  $^{22}\text{Na}$ ،  $^{137}\text{Cs}$ ،  $^{65}\text{Zn}$  و  $^{60}\text{Co}$  و همچنین از آشکارساز یدور سدیم، برای اندازه‌گیری میزان پس‌پراکندگی پرتوهای گاما از ضخامت‌های مختلف حفاظ‌های آلومینیومی به شکل مستطیل استفاده کردند. ضخامت اشباع حفاظ آلومینیومی، برای چشمه‌های فوق به ترتیب  $4/333\text{ cm}$ ،  $6/332\text{ cm}$ ،  $6/728\text{ cm}$ ،  $7/812\text{ cm}$ ،  $9/178\text{ cm}$  و  $12/038\text{ cm}$  و  $12/792\text{ cm}$  به دست آمد. مشاهده می‌شود که با افزایش انرژی پرتوهای گاما، ضخامت اشباع افزایش می‌یابد. همچنین آن‌ها شبیه‌سازی مونت کارلو<sup>۲</sup> را با استفاده از کد MCNP انجام دادند و مشاهده کردند که نتایج تجربی و نتایج حاصل از شبیه‌سازی در توافق خوبی هستند (اشوآراپا و همکاران، 2014).

2- یوداگانی<sup>۳</sup> در سال 2013 در دانشگاه تامکور<sup>۴</sup> هندوستان پژوهشی در رابطه با پس‌پراکندگی پرتو گاما انجام داد. در این پژوهش، از چشمه‌ی پرتو گامای  $^{137}\text{Cs}$  و همچنین حفاظ‌های مختلف گرانیات و شیشه به‌منظور اندازه‌گیری ضخامت اشباع استفاده کرد. او مشاهده کرد که تعداد پرتو گامای پس‌پراکنده‌شده از گرانیات تا  $1/2\text{ cm}$  به‌شدت و بعد از آن تا  $2\text{ cm}$  به‌آرامی افزایش می‌یابد و در  $2/2$  به اشباع می‌رسد، همچنین تعداد پرتو گامای پس‌پراکنده‌شده از شیشه تا  $1/6\text{ cm}$  به‌شدت و بعد از آن تا  $2\text{ cm}$  به‌آرامی افزایش می‌یابد و در  $2/4\text{ cm}$  به اشباع می‌رسد (یوداگانی، 2013).

3- سابه‌اروال<sup>۵</sup> و همکاران در سال 2009 در دانشگاه پنجاب<sup>۶</sup> هندوستان پژوهشی را انجام دادند. در این پژوهش آن‌ها از پرتوهای گامای ساطع‌شده از دو چشمه‌ی  $^{279}\text{Co}$  و  $^{320}\text{Co}$  برای بررسی پس‌پراکندگی پرتو گاما از ضخامت‌های مختلف حفاظ مسی استفاده کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزایش انرژی پرتوهای گاما، ضخامت اشباع کاهش می‌یابد. در این پژوهش ضخامت اشباع حفاظ مس،

---

1- Eshwarappa

2- Monte carlo

3- Udagani

4- Tumkur University

5- Sabharwal

6- Punjabi University

برای چشمه‌ی  $^{279}\text{Co}$  1/2 cm و برای چشمه‌ی  $^{320}\text{Co}$  1/18 cm به دست آمد (سابهاروال و همکاران، 2009).

4- سابهاروال و همکاران در سال 2008 در دانشگاه پنجاب هندوستان پژوهشی انجام دادند که در آن از آشکارساز یدور سدیم و همچنین از پرتو گاما بانرژی‌های مختلف 279، 320، 511 و 662 کیلو الکترون‌ولت برای به دست آوردن ضخامت اشباع حفاظ آهنی استفاده کردند. ضخامت اشباع حفاظ آهنی به دست آمده در این پژوهش برای انرژی‌های 279، 320، 511 و 662 کیلو الکترون به ترتیب 2/5 cm، 2/2 cm، 2 cm و 1/9 cm به دست آمد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش انرژی پرتو گاما، ضخامت اشباع کاهش می‌یابد (سابهاروال و همکاران، 2008).

5- پارامش<sup>v</sup> و همکاران، در پژوهشی که در سال 1983 در دانشگاه مایسور<sup>h</sup> در کشور هندوستان انجام دادند، سعی کردند تا وابستگی پس‌پراکندگی پرتوهای گاما به عدد اتمی ماده‌ی هدف را مطالعه کنند. در این پژوهش پس‌پراکندگی فوتون‌های 0/662 MeV ناشی از چشمه‌ی سزیم 137 از اهداف آلومینیوم، آهن، مس و سرب بررسی شد. آشکارساز یدور سدیم به گونه‌ای قرارداد شده بود که پرتوهای پس‌پراکنده شده با زاویه‌ی 120 درجه، توسط آن دیده می‌شد. مشاهده گردید که با افزایش ضخامت ماده‌ی هدف میزان پس‌پراکندگی پرتوهای گاما افزایش می‌یابد. آن‌ها همچنین ضخامت اشباع را برای حفاظ‌های آلومینیوم، آهن، مس و سرب به ترتیب 8/3 cm، 2/65 cm، 2/2 cm و 0/4 cm به دست آوردند (پارامش و همکاران، 1983).

6- حمیده محمدی صابر و همکاران در سال 1390 در دانشگاه شهید باهنر کرمان به منظور شناسایی اجسام مدفون شده در خاک از طریق پس‌پراکندگی گاما پژوهشی انجام دادند، که در این پژوهش، نمونه‌های چوب، پلکسی، فولاد و سرب به‌طور جداگانه در ظرفی از خاک (در یک سانتی‌متری از سطح خاک) قرارداد شده و در معرض تابش گامای چشمه‌ی  $^{60}\text{Co}$  قرار گرفتند. طیف فوتون‌های پس‌پراکنده شده از هر کدام از نمونه‌ها به مدت نیم ساعت به وسیله‌ی آشکارساز NaI(Tl) اندازه‌گیری و بر

---

1- Paramesh

2- Mysore University

اساس قله‌ی پس‌پراکندگی، تعداد فوتون‌های پس‌پراکنده‌شده از نمونه‌ها به دست آمدند (محمدی صابر، 1390).

7- حسین توکلی عنبران و همکاران در سال 1389 در دانشگاه فردوسی مشهد، اثر تغییر انرژی چشمه بر روی سامانه‌ی مین‌یاب را با استفاده از چشمه‌ی  $^{192}\text{Ir}$  با انرژی  $0/35\text{ MeV}$  به روش مونت کارلو با استفاده از کد MCNP بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزایش انرژی چشمه، کنتراست<sup>9</sup> کاهش می‌یابد. اما با اعمال راهکاری مناسب می‌توان عمق آشکارسازی نمونه را افزایش داد.

8- آتاسوی<sup>10</sup> و همکاران در سال 1997 در استانبول ترکیه، پس‌پراکندگی پرتو گامای ساطع‌شده از چشمه‌های  $^{22}\text{Na}$ ،  $^{60}\text{Co}$  و  $^{137}\text{Cs}$  را به‌عنوان تابعی از ضخامت، برای حفاظ‌های سنگ مرمر طبیعی ترکیه و بتن بررسی کردند. از سه چشمه‌ی  $^{22}\text{Na}$ ،  $^{60}\text{Co}$  و  $^{137}\text{Cs}$  به‌منظور مقایسه و بررسی وابستگی میزان پس‌پراکندگی به انرژی پرتو گاما استفاده کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که سنگ مرمر حفاظ خوبی برای پرتوهای گاما بوده و نسبت به بتن حفاظ مناسب‌تری از لحاظ اقتصادی می‌باشد (آتاسوی و همکاران، 1997).

## 1-2 پرتوهای یونساز

به پرتوهایی اطلاق می‌شود که هنگام عبور از ماده قادر به یونسازی در اتم‌های آن ماده می‌باشند (منظم و همکاران، 1388). بعضی تشعشعات یونیزان مانند گاما و ایکس، پرتوهای الکترومغناطیسی هستند، درحالی‌که عده‌ای دیگر از تشعشعات یونیزان مانند ذرات آلفا، بتا، نوترون و پروتون ذراتی هستند که با سرعت‌های خیلی زیاد حرکت می‌کنند.

پرتوهای فوق‌الترافوق اگر به‌صورت صحیح مورد استفاده قرار نگیرند باوجود فواید در حیطه‌های مختلف چون پزشکی، صنعت و کشاورزی آسیب‌های جدی برای افرادی که با آن سروکار دارند را به همراه خواهد داشت. در نتیجه برای استفاده‌ی صحیح از این پرتوها و به حداقل رسانیدن آسیب‌های پرتوهای

---

1- نسبت کنتراست یکی از مشخصات صفحه‌نمایش است که به‌صورت نسبت روشنایی درخشان‌ترین رنگ (سفید) به روشنایی تاریک‌ترین رنگ (سیاه) تعریف می‌شود. هر چه نسبت کنتراست بالاتر باشد مطلوب‌تر است.

فوق باید اول این پرتوها را شناخت و اصول اولیه فیزیکی آنها را فراگرفت و در مرحله دوم کاربرد پرتوها در موارد مختلف را بررسی نمود و در هر زمینه راه کارهایی برای برطرف نمودن آسیب‌های احتمالی ارائه نمود.

قدرت یونیزاسیون تشعشعات حاصله از مواد رادیواکتیو عبارت از به وجود آوردن یون‌ها در هوا، گاز و بافت‌های موجودات زنده است و نسبت عکس باقابلیت نفوذ اشعه دارد. اثر تشعشعات بر روی بافت‌های موجودات زنده رابطه‌ی مستقیم با خاصیت یونیزاسیون اشعه دارد. بنابراین پرتوهای یونیزان قدرت نفوذ متفاوتی دارند و به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

### 1-2-1 پرتو آلفا

ذرات آلفا هسته‌ی اتم هلیوم هستند که از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند، جرمشان 4 amu و بار الکتریکی‌شان 2+ است. علامت اختصاری آن  ${}^4_2\text{He}^{++}$  یا  ${}^4_2\alpha$  است. دارا بودن دو بار الکتریکی مثبت باعث جذب دو الکترون می‌شود و به این ترتیب اتم خنثی هلیوم را تشکیل می‌دهد. ذرات آلفا به دلیل بار الکتریکی و جرم زیاد، دارای برد خیلی کمتری هستند. برد کوتاه سبب واگذاری شدید انرژی و ایجاد اثرات شدید بیولوژیکی می‌گردد. ذرات آلفا تک انرژی هستند و خاصیت یون‌سازی آنها در مقایسه با ذرات بتا بسیار قوی است. قابلیت نفوذ ذرات آلفا کم است و به قدری ضعیف است که با صفحه‌ای از کاغذ متوقف می‌شوند، ولی خاصیت یونیزاسیون قوی دارند. بنابراین با توجه به قابلیت نفوذ کم این ذرات، چنانچه انسان از خارج در معرض آنها قرار گیرد، خطر چندانی نداشته و به عبارت دیگر از پوست سالم نمی‌تواند به بدن نفوذ کند. اما در صورتی که از راه دستگاه تنفسی یا گوارشی وارد بدن شوند خطرات زیادی ایجاد می‌کنند. پرتو  $\alpha$  طیف ندارد و مسیر آن مستقیم است. این پرتو از عناصر سنگین همچون اورانیوم، سرب پلوتونیم و رادیوم ساطع می‌شود. به دلیل قابلیت نفوذ کم مورد استفاده‌ی پزشکی ندارد و به طور معمول وسایل دزیمتر فردی به پرتوهای آلفا حساس نیستند. رابطه‌ی کلی واپاشی یک عنصر و تابش پرتو  $\alpha$  به صورت زیر است:





## 1-2-2 پرتو بتا

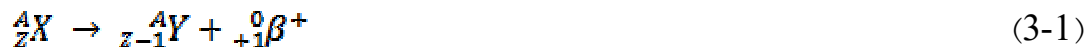
ذراتی شبیه الکترون اما با منشأ هسته‌ای اتم و دارای جرم بسیار کم در حدود  $0/00055 \text{ amu}$  و بار الکتریکی  $-1$  یا  $+1$  می‌باشند. یک نگاترون  $\beta^-$  (الکترون منفی) با واپاشی رادیواکتیو تولید می‌شود. یک پوزیترون  $\beta^+$  (الکترون مثبت) طی تجزیه‌ی رادیواکتیو یا تولید جفت به وجود می‌آید.

خاصیت یون‌سازی پرتو بتا به مراتب کم‌تر از پرتو آلفا (در حدود  $0/01$  پرتو آلفا) است ولی برد یا قدرت نفوذ آن به دلیل سبک بودن،  $100$  برابر اشعه‌ی آلفا است. برد پرتو آلفا عبارت است از فاصله‌ای که ذره از ابتدای منتشر شدنش تا انتهای جذبش طی می‌کند. برد بتا به تعداد الکترون‌های موجود در واحد سطح ماده‌ی جاذب و همچنین انرژی ذره‌ی بتا دارد و با افزایش انرژی برد ذره‌ی بتا افزایش می‌یابد.

این ذرات از صفحه‌ی کاغذ عبور می‌کنند ولی آلومینیوم حفاظ خوبی برای پرتو بتا است. بنابراین یک ورقه‌ی آلومینیوم به ضخامت  $1$  میلی‌متر به خوبی می‌تواند پرتو بتا را متوقف سازد.  
الف) تولید نگاترون در هسته:



ب) تولید پوزیترون در هسته:



### 1-2-3 پرتوهای ایکس و گاما

پرتوهای ایکس و گاما جزء امواج الکترومغناطیس<sup>۱۱</sup> هستند و فرکانسشان بسیار بالاتر از نور مرئی است. بنابراین طول موج کوتاه تر و انرژی بالاتری دارند. این پرتوها با سرعت نور حرکت می کنند و فاقد جرم و بار الکتریکی هستند. اگرچه منشأ تابش پرتوهای ایکس و گاما کاملاً متفاوت است و انرژی هایی که به همراه دارند بستگی به منشأ تابش آنها دارد، ولی روش هایی که این پرتوها با ماده برخورد می کنند، به طور دقیق مشابه هم است. یعنی خواص فیزیکی مشابه داشته و تنها تفاوت در منشأ آنها است.

منشأ تابش پرتوی گاما از درون هسته ای اتم است، در حالی که اشعه ای ایکس از مدارهای الکترونی و برخورد ذرات باردار با اتمها سرچشمه می گیرد و به عبارت دیگر از خارج هسته ای اتم منشأ می گیرد.

#### 1-2-3-1 پرتوی ایکس:

پرتوهای ایکس از تبدیل انرژی جنبشی و یا انرژی پتانسیل الکترونها به پرتوهای الکترومغناطیسی به وجود می آیند و در زمره ای امواج یونیزان با طول موج کوتاه تر (100 – 0/01 آنگستروم<sup>۱۲</sup>) می باشند. پرتوهای X رفتار دوگانه ای ذره ای – موجی دارند و انرژی کافی برای یونیزاسیون اتمها و مولکولها را دارند و بر اثر بمباران اتمها با ذرات پرانرژی ایجاد می شوند. این امواج کاربردهای مختلفی در علم پزشکی، صنایع و تحقیقات دارند. مهم ترین خاصیت پرتو X قدرت نفوذ آن و نیز ایجاد یونیزاسیون در محیط است. این پرتو می تواند از محیطهای جامد و مایع عبور نماید و به همین دلیل از آن در پزشکی برای عکس برداری اندامهای مختلف بدن و در صنعت برای تشخیص شکافها و بریدگیهای فلزات استفاده می شود.

---

1- پرتوی الکترومغناطیس، ترکیبی است از یک میدان الکتریکی و یک میدان مغناطیسی متغیر عمود بر هم که در جهت عمود بر دو میدان در فضا انتشار می یابد.

2- An Angstrom is equal to  $10^{-10}$  meters

Family name: Taghipour Niar	Name: Parisa
Title of Thesis: <b>Measurement of the backscattered gamma intensity from Lead, Aluminium and Iron shield as a function of thickness and comparsion of the results with the results obtained from MCNP code</b>	
Supervisor: Dr. Farhad Zolfagharpour Advisor: Sara Azimkhani	
Graduate Degree <b>M.Sc.</b>	
Major: <b>Physics</b>	Specialty: <b>Nuclear</b>
University: <b>University of Mohaghegh Ardabili</b>	Faculty: <b>Science</b>
Graduation date: 09/14/2015	Number of pages: 113
<p>Abstract:</p> <p>The scattering of gamma photons backward from the surface of a material is named as backscattering of gamma rays.in this study, to evaluate the gamma backscattering, various shield of lead, aluminum and iron in the disk form of approximately 0.1 cm thick and a diameter of 18 cm were prepared. There is also a gamma source of cesium 137 were placed between the shield and NaI(Tl) detector and gamma spectra were recorded. In order to study the effect of the thickness of the shield in the amount of gamma backscattering, so at each step of the experiment 0.1 cm thick shield are added and every time the gamma ray spectrum is enrolled and It was observed that change the thickness of the panel is cause to change behind area of the maximum level backscattering and in a certain thickness that has the name saturated thickness the backscattering reach to the maximum possible. Also figure of the experiments was simulate using MCNP code and Saturated thickness for each of the lead shield, iron and aluminium to be obtained. It was observed that the results of the experiments and the results of MCNP code match well together.</p>	
<p>Keywords: Backscattering, Simulation by MCNP code, NaI(Tl) detector, Gamma source of cesium 137</p>	



**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 the backscattered gamma intensity from Lead, Aluminium and Iron  
shield as a function of thickness and comparison of the results with the results  
obtained from MCNP code**

Supervisor:

**Farhad Zolfagharpour (Ph. D)**

Advisor:

**Sara Azimkhani (M.Sc)**

By:

**Parisa Taghipour Niar**

**September - 2015**