

نشریه تابش و فناوری هسته‌ای، سال اول، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۳

اندازه‌گیری پس‌پراکندگی گامای ^{60}Co از ضخامت‌های مختلف حفاظ‌های سربی، آلومینیومی و آهنی

فرهاد ذوالفقارپور^{۱*}، پریسا تقی‌پور نیار^۲، سارا عظیم‌خانی^۳، محمد نیکو صفت^۲

^۱ استادیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۳ دانشجوی دکتری، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۷/۱۵ - تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۶)

چکیده

پراکندگی فوتون‌های گاما به سمت عقب از سطح یک ماده را پس‌پراکندگی پرتوهای گاما می‌گویند. در این پژوهش حفاظ‌های سربی، آلومینیومی و آهنی به شکل دیسک به ضخامت تقریباً $0/1$ سانتی‌متر و قطر 18 سانتی‌متر، به‌منظور بررسی پس‌پراکندگی تهیه شدند. همچنین یک چشمه‌ی سزیم ^{137}Cs بین حفاظ و آشکارساز یدورسدیم قرار داده شد و طیف گامای چشمه ثبت گردید. به‌منظور 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 که در حدود انرژی $0/220\text{ MeV}$ در طیف گامای ثبت شده مشاهده می‌شود، می‌گردد و در یک ضخامت خاص که ضخامت اشباع نام دارد پس‌پراکندگی به حداکثر ممکن می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: پس‌پراکندگی، آشکارساز یدورسدیم، چشمه‌ی گامای سزیم ^{137}Cs

* استان اردبیل، شهر اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، کد پستی: ۵۶۱۹۹-۱۱۳۶۷

پست الکترونیک: zolfagharpour@uma.ac.ir

۱. مقدمه

اگر $\theta = 180^\circ$ باشد، فوتون پراکنده شده برخلاف جهت فوتون فرودی خارج خواهد شد که فوتون پس‌پراکنده نام دارد و رابطه‌ی قبل به این صورت درمی‌آید [۸]:

$$E' \cong \frac{E}{1+4E} \quad (2)$$

در پژوهشی که در سال ۱۹۸۳ در دانشگاه مایسور در کشور هند انجام گرفت محققان سعی کردند تا وابستگی پس‌پراکنده‌ی پرتوهای گاما به عدد اتمی ماده‌ی هدف را مطالعه کنند. در این پژوهش پس‌پراکنده‌ی فوتون‌های 0.662MeV ناشی از چشمه‌ی سزیم ۱۳۷ از اهداف آلومینیوم، آهن، مس و سرب بررسی شد [۶]. در این مرجع آشکارساز یدور سدیم به‌گونه‌ای قرار داده شده بود که پرتوهای پس‌پراکنده شده با زاویه‌ی 120° درجه، توسط آن دیده می‌شد و نتایج آن نشان می‌داد که با افزایش ضخامت ماده‌ی هدف میزان پس‌پراکنده‌ی پرتوهای گاما افزایش می‌یابد [۶]. در پژوهشی که انجام داده‌ایم سعی شده است میزان پس‌پراکنده‌ی پرتو گامای 0.662 MeV پس‌پراکنده شده با زاویه‌ی 180° درجه از روی حفاظ‌های سربی، آلومینیومی و آهنی که در ضخامت‌های مختلف تهیه شده‌اند را برحسب تابعی از ضخامت آن به دست آوریم.

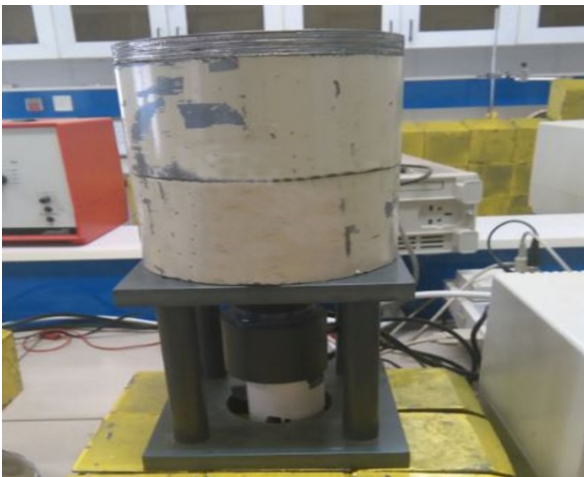
۲. روش تحقیق

برای انجام این پژوهش حفاظ‌های سربی، آلومینیومی و آهنی از هر کدام به تعداد لازم و به ضخامت تقریباً 0.1 سانتی‌متر و قطر 18 سانتی‌متر تهیه شد. همچنین از یک آشکارساز یدور سدیم NaI(Tl) نوع 38S51 با $\text{PM: } 9266\text{B}$ برای ثبت طیف گاما استفاده شده است. این آشکارساز به خاطر چگالی نسبتاً بالا و عدد اتمی بالای همراه با حجم زیاد بلور استفاده شده در آن یک آشکارساز با بازده خوب برای پرتوهای گاما است. قسمت سوسوزن این آشکارساز به دلیل جاذب

در اندازه‌گیری و ثبت طیف پرتوی گامای حاصل از یک چشمه‌ی رادیواکتیویته در صورتی که یک حفاظ سربی در مقابل چشمه و آشکارساز قرار گرفته باشد بیشینه‌ای در طیف پرتو گاما ظاهر می‌شود که به بیشینه‌ی پس‌پراکنده‌ی معروف است [۱]. در واقع بازتاب پرتوی گاما از سطح مواد به سمت عقب را پس‌پراکنده‌ی می‌گویند و این پدیده باعث ایجاد مشکل در حفاظ‌گذاری برای تابش در صنعت و پزشکی و ابزارهای اندازه‌گیری که اساس کار آن‌ها با پرتوهای گاما یا ایکس است می‌شود [۲]. هرچقدر تعداد پراکنده‌ی‌هایی که فوتون قبل از پس‌پراکنده‌ی انجام داده باشد، بیشتر باشد انرژی آن به‌مراتب کمتر خواهد بود و این اثر نیز باعث می‌شود قضاوت صحیح در مورد طیف پرتوی گاما در ناحیه‌ی کمتر از انرژی پس‌پراکنده‌ی سخت‌تر شود [۳، ۴]. بنابراین نوع حفاظ‌گذاری در دستگاه‌های اندازه‌گیری بر اساس پرتوی گاما چنان در نظر گرفته می‌شود که پس‌پراکنده‌ی به حداقل ممکن برسد. کمیت فیزیکی که مشخصه‌ی پس‌پراکنده‌ی است عامل بازتاب است که وابسته به انرژی، توزیع زاویه‌ای پرتوی گاما و نوع ماده حفاظ و ضخامت آن می‌باشد که فوتون از روی آن بازتاب می‌یابد [۵]. در پراکنده‌ی کامپتون، فوتونی با انرژی E با یک الکترون آزاد در بلور NaI(Tl) آشکارساز برخورد می‌کند و بخشی از آن به الکترون مزبور منتقل می‌شود. در نتیجه، فوتون پراکنده شده دارای انرژی E' خواهد بود. با استفاده از اصول پایستگی انرژی و تکانه‌ی خطی رابطه‌ی زیر در واحد MeV برای انرژی‌ها به دست می‌آید:

$$E' \cong \frac{E}{1+2E(1-\cos\theta)} \quad (1)$$

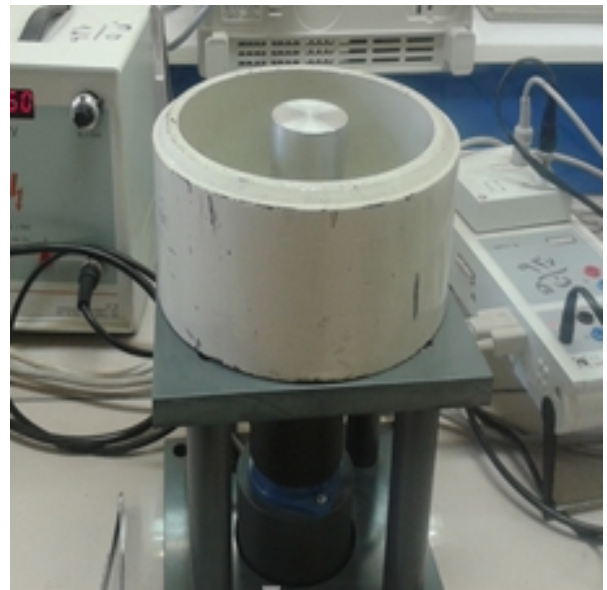
طیف پس‌پراکندگی به این صورت انجام گرفت که یک چشمه‌ی گامای سزیم 137 با انرژی 0.662 MeV بین حفاظ و آشکارساز قرار دادیم و طیف گامای چشمه در آشکارساز توسط نرم‌افزار Cassy Lab ثبت شد. به طوری که زمان اندازه‌گیری برای هر ضخامت 600S انتخاب شده بود و برای هر ضخامت، آزمایش 10 بار تکرار شده و در نهایت از شمارش‌ها میانگین‌گیری کردیم. در حین انجام تمام آزمایش‌ها فاصله‌ی چشمه از اولین حفاظ هدف 2 cm و فاصله‌ی چشمه از آشکارساز 0.61 cm در نظر گرفته شد.



شکل ۲. چیدمان آزمایش با حفاظ‌های سربی دایره‌ای عامل پس‌پراکندگی

سپس به ضخامت حفاظ افزوده شده و در هر بار نیز طیف پرتوی گاما ثبت گردید، مشاهده شد که تغییر ضخامت حفاظ هدف باعث تغییر سطح زیر بیشینه‌ی پس‌پراکندگی که برای گامای 0.662 MeV طبق رابطه‌ی ۲ در حدود انرژی 0.220 MeV است، می‌شود. طیف گامایی که با حضور ضخامت‌های مختلف حفاظ‌های سربی، آهنی و آلومینیومی اندازه‌گیری کردیم به ترتیب در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ آورده‌ایم و ناحیه‌ی مربوط به پس‌پراکندگی را با بزرگنمایی بیشتر در شکل‌ها مشخص کرده‌ایم.

رطوبت بودن در کپسول آلومینیومی سربسته‌ای قرار دارد [۷]. در شکل ۱، تصویری از این آشکارساز که در انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفته در داخل حفاظ سربی آمده است. برای اندازه‌گیری پس‌پراکندگی در هرکدام از هدف‌های سرب، آهن و آلومینیوم چیدمان آزمایشگاهی مطابق با شکل ۲، در آزمایشگاه تدارک دیده شد که در آن آشکارساز یدور سدیم و چشمه‌ی سزیم 137 با انرژی گامای 0.662 MeV داخل یک پوسته‌ی استوانه‌ای سربی با ضخامت 1/5 cm قرار گرفته‌اند به این ترتیب که چشمه در فاصله‌ی 0.61 cm در بالای آشکارساز قرار گرفته و حفاظ‌ها در فاصله‌ی 2 cm از چشمه و در بالای آن روی پوسته‌ی استوانه‌ای سربی قرار داده شده‌اند.

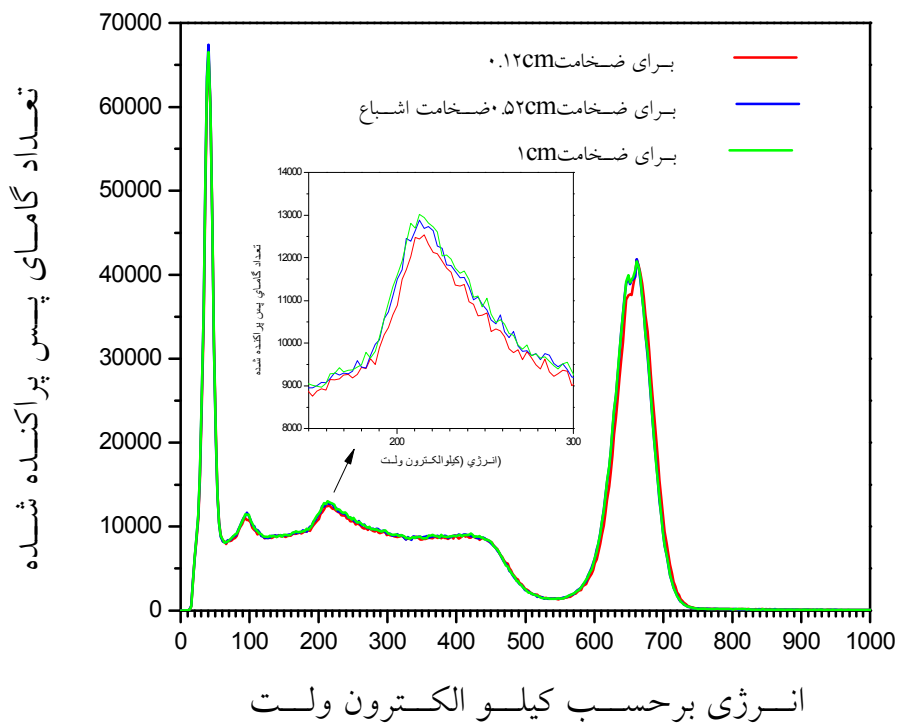


شکل ۱. آشکارساز یدور سدیم در داخل حفاظ سربی

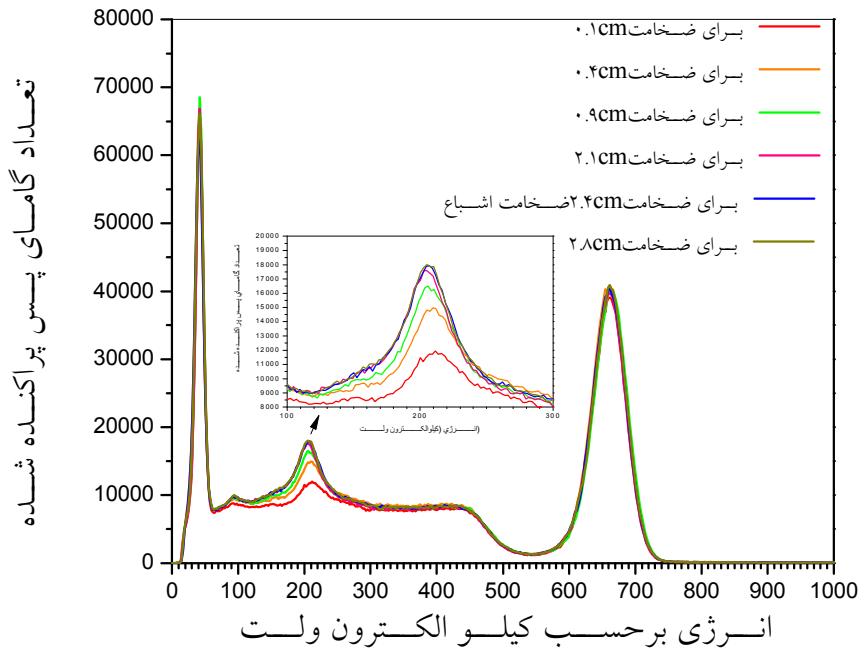
ابتدا ضخامت 0.1 cm از حفاظ هدف در بالای پوسته‌ی استوانه‌ای سربی که آشکارساز و چشمه را دربرگرفته است، قرار داده شد و پس از 10 بار تکرار آزمایش، به ضخامت حفاظ افزوده شد و این کار را تا ضخامت 3 cm ادامه دادیم که نحوه‌ی قرارگیری حفاظ‌ها در شکل ۳ آمده است. اندازه‌گیری



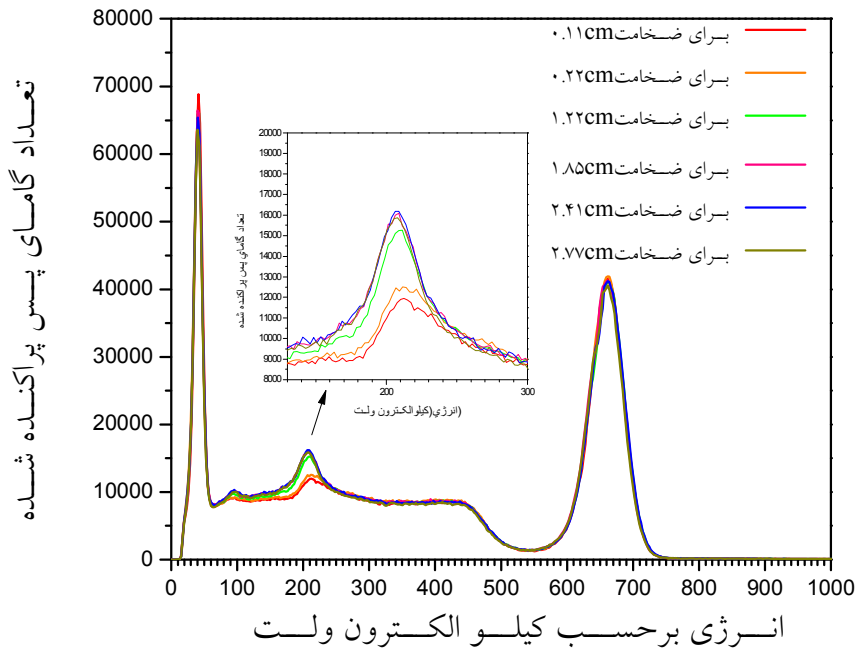
شکل ۳. نمونه‌ای از افزودن ضخامت لایه‌های سربی



شکل ۴. طیف گامای اندازه‌گیری شده برای حفاظ سربی

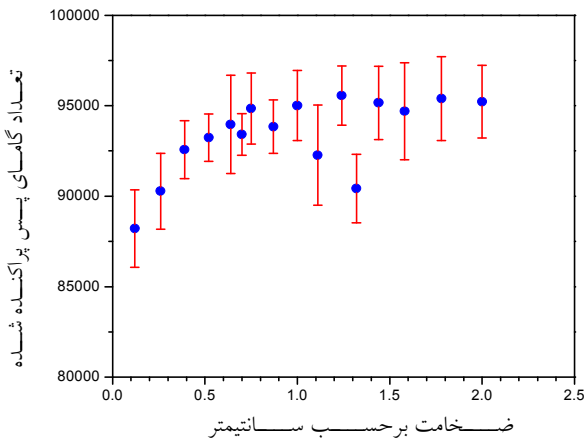


شکل ۵. طیف گامای اندازه‌گیری شده برای حفاظ آهنی

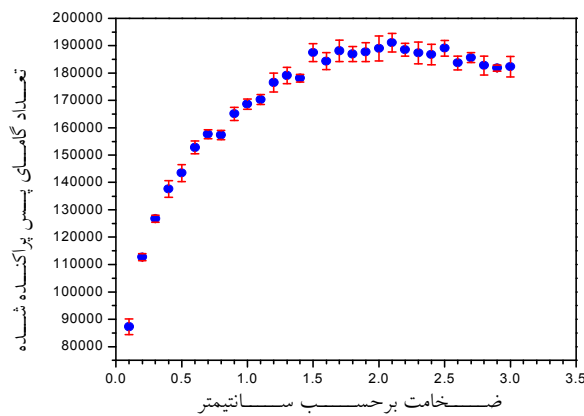


شکل ۶. طیف گامای اندازه‌گیری شده برای حفاظ آلومینیومی

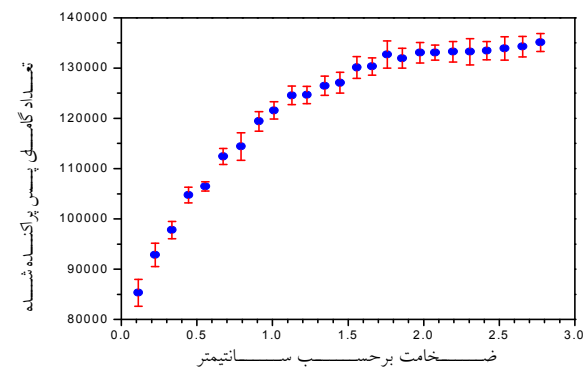
۳. نتایج



شکل ۷. شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده شده برحسب ضخامت برای حفاظ سربی



شکل ۸. شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده شده برحسب ضخامت برای حفاظ آهنی



شکل ۹. شدت اندازه‌گیری شده‌ی گامای پس‌پراکنده شده برحسب ضخامت برای حفاظ آلومینیومی

در این پژوهش، شدت گامای پس‌پراکنده شده برای هر کدام از نمونه‌های سرب، آهن و آلومینیوم، در چند مرحله برحسب ضخامت‌های مختلف حفاظ‌ها اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ آورده شده است. به خاطر اینکه پس‌پراکنده‌گی در سرب در 0.52 cm به حداکثر مقدار خود می‌رسد اندازه‌گیری تا ضخامت 2 cm ادامه داده شد و نیازی به انجام آزمایش با ضخامت‌های بالاتر نبود. همچنین برای آهن ضخامت اشباع $2/4 \text{ cm}$ است. اما برای آلومینیوم تا ضخامت 3 cm پس‌پراکنده‌گی به حداکثر مقدار خود نمی‌رسد و باید اندازه‌گیری برای ضخامت‌های بیشتر انجام گیرد.

این ضخامت‌ها که در آن پس‌پراکنده‌گی به اشباع می‌رسد در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ به وضوح قابل مشاهده است و مشاهده می‌شود که با افزایش عدد اتمی این ضخامت اشباع کاهش می‌یابد و ضخامت اشباع سرب بسیار کمتر از ضخامت اشباع برای آلومینیوم است و این به دلیل این است که هرچه قدر چگالی الکترون‌ها که عامل پراکنده‌گی کامپتون هستند در ماده بیشتر باشد، پراکنده‌گی گاما در راس‌های دیگر بیشتر شده و عامل جذب در ماده تقویت می‌شود و در نتیجه سهم پس‌پراکنده‌گی کمتر می‌شود.

در شکل ۹ مشاهده می‌کنیم چون از حفاظ آلومینیومی در اندازه‌گیری طیف استفاده شده است، حالت اشباع تا ضخامت 3 سانتیمتر نیز حاصل نشده است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مراجع

- [1] A. D. Sabharwal, M. Singh, B. Singh, B. S. Sandhu, Experimental evaluation of multiple Compton backscattering of gamma rays in copper, *Indian J. phys*, 83(8), 1141-1146, 2009.
- [2] A. D. Sabharwal, B. Singh, B. S. Sandhu, Investigations of multiple backscattering and albedos of 1.12 Mev gamma photons in elements and alloys, *Nucl Sci Eng*, 267, 151-156, 2009.
- [3] O. I. Leipunski, B. V. Novozhilov, V. N. Sakharov, The propagation of gamma quanta in matter, London, *Pergamon press*, 1965.
- [4] H. Atasoy, S. Dökmen, G. Tarcan, Backscattering of gamma rays from the natural turkish marbles, *Annl Nucl Energy*, Vol. 24, No. 11, 901-905, 1997.
- [5] C. Udagani, Study of gamma backscattering and saturation thickness estimation for granite and glass, *Int j Eng Sci Inv*, 2(6), 86-89, 2013.
- [6] L. Paramesh, P. Venkataramaiah, K. Gopala and H. sanjeeviah, Z.dependence of saturation depth for multiple backscattering of 662 keV photons from thick samples, *Nucl Inst Meth*, 206, 327-330, 1983.
- [۷] ر. کوهی، م. هادی‌زاده، اندازه‌گیری و آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای (سولفانیدیس نیکلاس)، انتشارات سیمین، تهران، ۱۳۷۶.
- [۸] س. محمدی، ع. بینش، آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای، دانشگاه پیام نور، تهران، ۱۳۸۱.

نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که شمارش در ناحیه پس‌پراکندگی به نوع ماده‌ی هدف بستگی داشته و همچنین با افزایش ضخامت، میزان پس‌پراکندگی افزایش یافته و در یک ضخامت خاص به اشباع می‌رسد که این ضخامت را ضخامت اشباع می‌گویند. ضخامت اشباع به دست آمده از انجام آزمایش‌ها برای حفاظ‌های مورد آزمایش را در جدول ۱ ارائه کرده‌ایم. همچنین نتایج گزارش شده در مرجع [۶] نیز در جدول ۱ آمده است. دلیل تفاوت ضخامت اشباع به دست آمده در آزمایش‌ها ما و ضخامت اشباع گزارش شده در مرجع [۶] این است که پیکربندی هندسی آزمایش‌ها متفاوت بوده و در آزمایش‌ها ما پرتوهای گامای پس‌پراکنده شده با زاویه‌ی ۱۸۰ درجه، به آشکارساز می‌رسند، در حالی که در آزمایش‌ها مربوط به مرجع [۶] پرتوهای گامای پس‌پراکنده شده با زاویه ۱۲۰ درجه، به آشکارساز می‌رسند.

جدول ۱. ضخامت اشباع به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها برای هر کدام از نمونه‌های سرب، آهن و آلومینیوم

مشخصات	سرب	آهن	آلومینیوم
ضخامت اشباع به دست آمده از نتایج آزمایش‌ها (cm)	۰/۵۲	۲/۴	بیشتر از ۳
ضخامت اشباع گزارش شده در مرجع [۶] با پیکربندی هندسی متفاوت (cm)	۰/۴	۲/۶۵	۸/۳

Measurement of backscattering of 0.662 MeV gamma from the various thickness of the lead, iron and aluminum shield

F. Zolfagharpour^{1*}, P. Taghipour², S. Azimkhani³, M. Nikoosfat²

1. Assistant Professor, Department of physics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. M.Sc. Student, Department of physics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. Ph.D Student, Department of physics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

* Corresponding author's E-mail: zolfagharpour@uma.ac.ir

(Received: 7/10/2014 - Accepted: 16/1/2015)

ABSTRACT

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 (that it can be seen in Approximately energy of 0.250 MeV in the energy of Spectra recorded gamma) and in a certain thickness that has the name saturated thickness the backscattering reach to the maximum possible.

Keywords: *Backscattering, NaI(Tl) detector, Gamma source of cesium 137*