

نشریه تابش و فناوری هسته‌ای، سال دوم، شماره 3، پاییز 1394

بررسی ضریب تضعیف جرمی نانو سرب در چشمه‌های مختلف گاما

فاطمه کاظمی^{1*}، محمد علی شفائی² و لایلا غلامزاده³

¹ کارشناس ارشد، دانشگاه یزد، دانشکده فیزیک یزد، ایران

² استاد، دانشکده فیزیک، یزد، ایران

³ استادیار، دانشکده فیزیک، یزد، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: 1394/2/25 - تاریخ پذیرش مقاله: 1394/5/31)

چکیده

در این تحقیق به بررسی ضریب تضعیف جرمی در پرتو دهی تابش گاما در ضخامت‌های مختلف از جنس‌های نانو سرب اکسید و نیترات سرب پرداخته شده است. در این مطالعه اندازه‌گیری‌های دقیقی بر روی میزان عبور اشعه گامای گسیل شده و یا پرتو X حاصل تابش ترمزی اشعه بتا از چشمه‌های ^{137}Cs ، ^{226}Ra و ^{90}Sr با آشکارساز گایگر مولر انجام گرفته است. قابل توجه است که استرانسیم-90 یک ایزوتوپ ناپایداری است که دارای طیف گسترده‌ای از ذرات بتا می‌باشد، هیچ گامایی ساطع نمی‌کند فقط در محصول واپاشی آن که عنصر ایتريتم-90 است تنها مقدار کمی گاما تولید می‌شود که انرژی آن کمتر از 0.001 MeV می‌باشد البته استرانسیم-90 دارای محدوده با انرژی 0.546 و 2.284 مگا الکترون ولت، پرتو بتا گسیل می‌کند که این باعث ایجاد طیف تابش ترمزی (از نوع x) می‌شود. با توجه به نتایج حاصله برای ضریب تضعیف جرمی $\mu(\text{cm}^2/\text{g})$ مشاهده می‌شود که تاثیر افزایش ضخامت نمونه‌های نانو در تضعیف تابش گاما بسیار زیاد است. براساس آزمایش انجام شده، ضریب تضعیف جرمی مربوط به نانو اکسید سرب، در مقایسه با نیترات سرب بزرگتر است. در نتیجه ضخامت کمتری از نانو سرب برای ساخت حفاظ پرتو گاما نسبت به حفاظ‌های سربی مشابه می‌توان استفاده کرد. این باعث می‌شود برای رسیدن به حداقل تضعیف مجاز حفاظ‌های سبکتری نسبت به حفاظ‌های سربی قبلی داشته باشیم.

واژه‌های کلیدی: نانو اکسید سرب، پرتو گاما، ضریب تضعیف انرژی، طیف XRD

* یزد، دانشگاه یزد، دانشکده فیزیک کدپستی: 89195-741

پست الکترونیکی: kazemifateme123@gmail.com mashafaei@yazd.ac.ir

1. مقدمه

با شناخت پرتوهای یون ساز از جمله پرتوهای گاما و ایکس توسط بشر و استفاده آنها در زمینه‌های مختلف، شاهد به کارگیری روز افزون این پرتوها هستیم. تابش این پرتوها در دزهای بالاتر از حد مجاز، باعث بروز برخی مشکلات جدی به سلول‌های بدن می‌شود [1].

طراحی حفاظ به منظور حفاظت از انسان در برابر پرتوها بسیار اهمیت دارد. ماده‌ی محافظ باید دارای چگالی و مقاومت بالا و ضریب تضعیف پایین باشد و همچنین تهیه و تولید آن نیز با هزینه‌ی پائین امکان‌پذیر باشد [2].

سرب به علت چگالی بالای آن یکی از مواد مناسب برای حفاظت در برابر پرتو گاما و ایکس است. بنابراین در این تحقیق سرب را به صورت نیترات سرب و نانو سرب اکسید مورد مطالعه قرار داده شده است. ما به منظور مطالعه و تحقیق یک ماده مناسب به عنوان حفاظ در برابر پرتوهای ذکر شده، ضریب تضعیف جرمی نانو سرب اکسید و نیترات سرب را به دست آوردیم و سپس با هم مقایسه کردیم.

ضریب تضعیف خطی (μ) بیان کننده کسری از یک پرتو ایکس یا پرتو گاما است که در ضخامت واحد ماده‌ی جاذب جذب یا پراکنده می‌شود. بررسی ضریب تضعیف در چشمه‌های مختلف انجام شده است. چشمه‌ها گاما شامل سزیم-137، و رادیوم-226 به ترتیب انرژی آنها 0.662، و 0.186 برحسب مگا الکترون ولت و استرانسیم-90 چشمه بتا با بیشترین انرژی 1.76 مگا الکترون ولت است. در این پروژه نیم لایه جذبی نانو سرب و نیترات سرب تعیین شده است.

2. نظریه

اشعه گاما هنگام عبور از ماده به صورت نمایی کاهش می‌یابد به طوری که در شرایط خوب هندسی، یعنی در حالتی که باریک‌ها به طور موازی بر جذب کننده‌های با ضخامت کم فرود آید، تضعیف پرتوهای گاما را می‌توان از معادله‌ی زیر به دست آورد:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

در این رابطه I_0 ، I ، x به ترتیب برابر با شدت پرتو فرودی، شدت پرتو عبوری، ضخامت جذب کننده و μ ضریب تضعیف خطی است که به جنس ماده جذب کننده و انرژی فوتون‌های فرودی بستگی دارد. در این معادله فرض شده است که هر فوتونی که با حفاظ برهمکنش کند از باریکه خارج خواهد شد. ضریب میرایی خطی (μ) بیان کننده کسری از یک پرتو ایکس یا پرتو گاما است که در ضخامت واحد از جاذب به جذب یا پراکنده می‌شود. این مقدار اساساً برای تعداد اتم‌ها در یک حجم سانتی‌متر مکعب از مواد و احتمال یک فوتون در حال پراکنده و یا جذب شده از هسته یا یک الکترون از یکی از این اتم‌ها تشکیل می‌دهد. از آنجا که ضریب میرایی خطی وابسته به چگالی یک ماده است. معادله ضریب تضعیف جرمی را می‌توان به صورت:

$$\mu/\rho = \text{Ln}(I_0/I)/\rho x \quad (2)$$

μ ، ρ ، x به ترتیب ضریب تضعیف خطی، چگالی ماده (gr/cm^3) و ضخامت ماده می‌باشند. ضریب تضعیف جرمی یک ترکیب شیمیایی یا مخلوط را می‌توان از معادله 3 محاسبه کرد:

$$\mu/\rho = \sum (\mu/\rho)_i \quad (3)$$

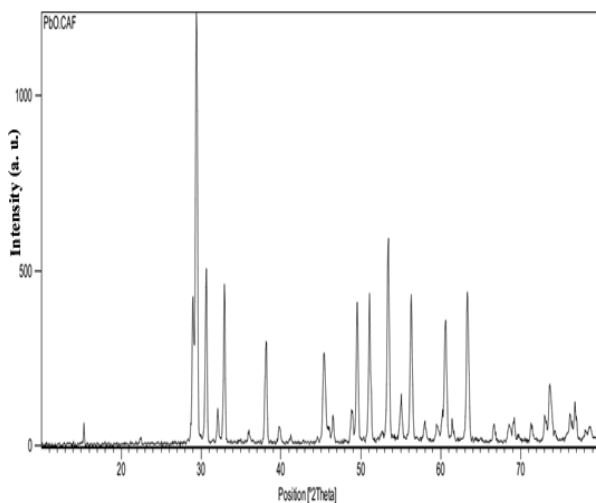
μ/ρ و W_i به ترتیب ضریب تضعیف جرمی ترکیب شیمیایی یا مخلوط از عناصر و کسر وزنی عنصرها می‌باشد. کسر وزنی برای ترکیب شیمیایی به صورت:

سپس نمونه را دوباره در کوره با دمای 90 درجه سانتی گراد به مدت 12 ساعت قرار می‌دهید. نمونه خشک شده را از کوره خارج می‌شود. نمونه نانو سرب اکسید ساخته شده با کمک طیف XRD اندازه دانه‌های نانو سرب اکسید ساخته شده را تعیین می‌شود.

2. نتایج و بحث

در شکل 1 طیف XRD نمونه نانو سرب اکسید نشان داده شده است. با استفاده از رابطه‌ی (5) دبای شرر¹ می‌توان اندازه ذرات را بدست آورد:

$$D = 0.9 \lambda / \beta \cos \theta \quad (5)$$



شکل 1: XRD نمونه نانو سرب اکسید

با استفاده از نمودار و دستگاه XRD مقادیر λ ، β که به ترتیب طول موج اشعه ایکس و تمام پهنا-در نیم بیشینه² که مقادیر بدست آمده به ترتیب 0.154 آنگسترم، 5.14×10^{-3} است و با جای‌گذاری این مقادیر اندازه ذرات، 27.3 نانو متر را بدست آید.

$$w_i = n_i A_i / \sum n_i A_i \quad (4)$$

n_i و A_i به ترتیب وزن اتمی عنصر^{ام}، تعداد اتم‌های تشکیل دهنده عنصر^{ام} می‌باشد [4]. با استفاده از معادلات بالا ضریب تضعیف جرمی را برای هر دو نمونه نیترات سرب و نانو سرب اکسید بدست آورد که در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1: ضرایب تضعیف جرمی مربوط به سه چشمه مختلف

در نانو سرب اکسید و نیترات سرب		
μ (m ² /g)	PbO	Pb(NO ₃) ₂
¹³⁷ CS	11.74	12.32
⁹⁰ Sr	5.12	5.33
²²⁶ Ra	1.77	3.66

1. روش کار

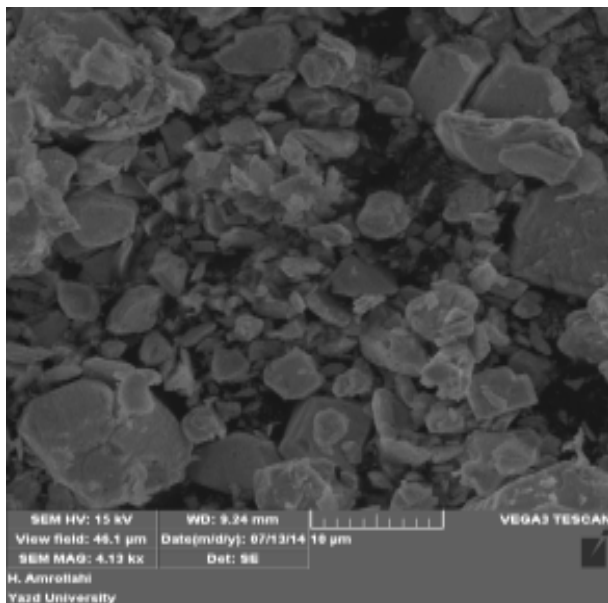
3-1 ساخت نانو سرب اکسید

نانو ذرات سرب اکسید، با روش سنتز شیمیایی و با حرارت دهی ساخته شده است [5]. 11/38 گرم از 0/1 مولار استات (II) سرب (Pb(C₂H₃O₂)).۳H₂O و 20 گرم از 0/1 مولار سود (NaOH) را با آب حل می‌کنیم. سپس آن دو را با شدت هم بزیند محلول‌های آبی استات (II) سرب و سود را در کوره در دمای 90 درجه سانتی گراد قرار داده هر دو محلول به دما 90 درجه سانتی گراد برسد.

سود را به آرامی در داخل بشری که استات (II) سرب در آن است اضافه می‌شود و بعد این بشر به روی همزن قرار داده آن قدر صبر می‌کنید تا رنگ آن تغییر کند در ابتدا رنگ ابری و بعد از آن رنگ نارنجی متمایل به قرمز می‌شود. در این هنگام همزن را متوقف کرده تا ترکیب ته نشین شود.

¹ Deye-sherrer

² Full Width At Half Maximum (FWHM)



شکل 2: SEM نمونه نانوسرب اکسید

در مرحله‌ی بعدی آزمایش نمونه‌ای ضخیم‌تری از نمونه‌های $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2, \text{PbO})$ را در جلو پرتو گاما قرار داده و مشاهده شده که تعداد فوتون‌های عبوری ثبت شده توسط آشکارساز نسبت به قبل کاهش یافته است. دلیل آن اینست که با افزایش ضخامت نمونه‌ها، تعداد فوتون‌های جذب شده افزایش یافته در نتیجه فوتون کمتری از نمونه عبور می‌کنند.

جدول 2 و 3 ضخامت، چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه‌گیری توسط کنتور گایگر براساس قرص‌های نانوسرب اکسید و نیترات سرب را با استفاده از چشمه ^{137}CS مشاهده کرده است. همچنین در جدول 2 و 3 می‌توان مشاهده می‌شود که افزایش ضخامت، چگالی افزایش یافته و لگاریتم شمارش پرتوزا کاهش می‌یابد.

با استفاده از مساحت سطح ذرات (S_{part})، حجم (V_{part}) و چگالی مقدار نمونه (density) می‌توان مساحت سطح ویژه (SSA) از رابطه‌ی (6) بدست آورد:

$$SSA = S_{\text{part}} / V_{\text{part}} * \text{density} \quad (6)$$

مساحت سطح بدست آمده برای تعیین نوع و خواص مواد است که در جدول 2 بیان شده است

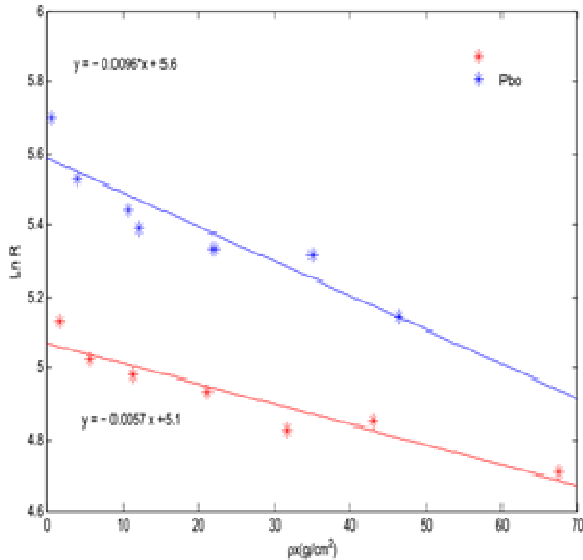
جدول 2: اندازه ذرات محاسبه شده با استفاده از مساحت

سطح، حجم و چگالی

اندازه ذرات (nm)	مساحت ویژه (m^2/g)	چگالی (gr/cm^3)	حجم (nm^3)	مساحت سطح ذرات (nm^2)
27/32	24030	9/14	79/69	10653/4

در شکل 2 SEM نمونه نانو سرب اکسید نشان داده شده در حدود 10 میکرو متری است که اندازه ذرات در حدود 440 نانو متر محاسبه شده است. برای مقایسه نانو اکسید سرب‌های ساخته شده با نمونه سرب در این تحقیق از تغییرات سرب استفاده شده، از لحاظ ضریب وزن اتمی تقریباً با یکدیگر مساوی باشند. در این آزمایش نمونه‌های جذاب $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2, \text{PbO})$ را در مقابل چشمه‌ها قرار داده شده، به کمک موازی‌ساز شده فوتون به صورت موازی با نمونه برخورد کرده و توسط آشکارساز گایگر و مولر فوتون عبوری از نمونه شمارش شده است. براساس تعداد شمارش این فوتون‌ها، ضریب تضعیف جرمی بدست آمده است.

همانطور که در شکل 3 نشان داده شده می توان ضریب تضعیف از روی شیب منحنی بدست آورد.



شکل 3: ضریب تضعیف جرمی نمونه ها با چشمه ^{137}CS

ضریب تضعیف جرمی (μ) بدست آمده برای نانو سرب اکسید و نیترات سرب با 0.0096 و 0.0057 (cm^2/gr) و با x^2 0.85 ، 0.91 به ترتیب بدست آمده است. مشاهده می شود با افزایش ضخامت، تعداد ذرات شمارش شده کاهش می یابد. با توجه به شکل 3 ضریب تضعیف جرمی نانو سرب اکسید بیشتر از نیترات سرب است. دلیل آن به خاطر تغییر اندازه ذرات به نانو می باشد چرا که در آن می توان به ساختار منظم و پایدار دسترسی پیدا کرد و همچنین واکنش پذیری زیاد آن نسبت به نیترات سرب، که به علت بالا بودن سطح ویژه است.

دومین چشمه مورد بررسی رادون-226 با نیمه عمر 1601 سال، که پرتو گاما را با انرژی 0.186 MeV از خود ساطع می کند. رادون-226 یک ایزوتوپ شناخته شده است که محصول واپاشی آن رادون-220، پایدارترین ایزوتوپ رادون است.

جدول 2: ضخامت و چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه گیری قرص های نانو سرب اکسید در چشمه ^{137}CS

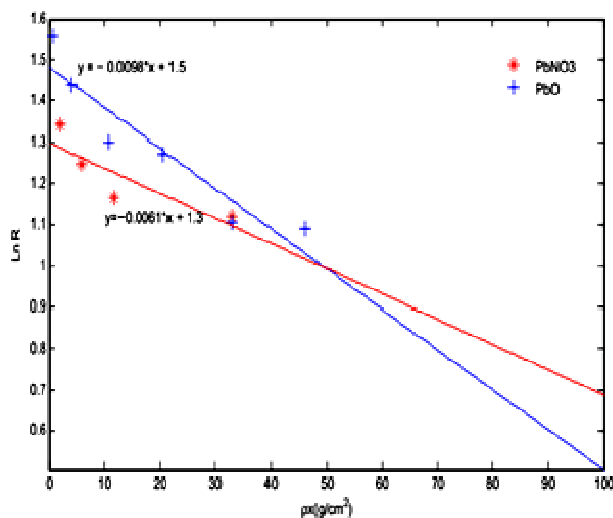
ضخامت نانو سرب اکسید (cm)	چگالی (gr/cm^3)	Ln (R)
0.14	2.984	5.697
0.87	4.702	5.530
1.29	8.330	5.443
1.23	9.908	5.3908
1.57	14.046	5.336
1.82	19.232	5.315
2.21	29.069	5.142

جدول 3: ضخامت و چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه گیری قرص های نیترات سرب در چشمه ^{137}CS

ضخامت نیترات سرب (cm)	چگالی (gr/cm^3)	Ln (R)
0.66	2.85	5.129
1.25	4.578	5.026
1.73	6.602	4.981
2.12	10.072	4.934
2.33	13.637	4.826
2.46	17.471	4.851
2.72	24.780	4.709

1.29	6.803	1.667
1.56	13.960	1.119
1.9	17.431	1.153
2.23	28.373	1.101

ضخامت، چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه‌گیری بدست آمده برای نانوسرب اکسید و نیترات سرب با چشمه ^{226}Ra در جدول 4 و 5 نشان داده شده است. با توجه به جدول 4 و 5 می‌توان مشاهده کرد که با افزایش ضخامت قرص‌های، چگالی افزایش یافته و لگاریتم شمارش پرتوهای کاهش می‌یابد.



شکل 4: ضریب تضعیف نمونه‌ها با چشمه ^{226}Ra

ضریب تضعیف جرمی بدست آمده برای نانوسرب اکسید و نیترات سرب به ترتیب برابر است با 0.0098 و 0.0013 (cm^2/gr) که در شکل 4 نشان داده شده است. لازم به ذکر معادلات خطی حوالی 0.9 بدست آمده است.

چشمه سوم استرانسیم 90 با نیمه عمر 28.90 سال، پرتو بتا با انرژی 1.76 MeV گسیل می‌کند. این ایزوتوپ از قوی‌ترین و پویاترین گسیل کننده اشعه بتا است که تاکنون شناخته شده است. پرتوهای بتا ضمن انحراف، واگرا نیز می‌شوند، انحراف برای ذرات بتا با سرعت‌های مختلف متفاوت است.

جدول 4: ضخامت، چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه-

گیری قرص‌های نانو سرب اکسید در چشمه ^{226}Ra

ضخامت نانو اکسید سرب (cm)	چگالی (gr/cm^3)	Ln(R)
0.39	1.837	1.558
0.87	4.702	1.437
1.29	8.330	1.299
1.56	13.167	1.271
1.9	17.305	1.105
2.23	20.720	1.089

جدول 5: ضخامت، چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه-

گیری قرص‌های نیترات سرب در چشمه ^{226}Ra

ضخامت نیترات سرب (cm)	چگالی (gr/cm^3)	Ln (R)
0.39	3.055	1.341
0.87	5.079	1.248

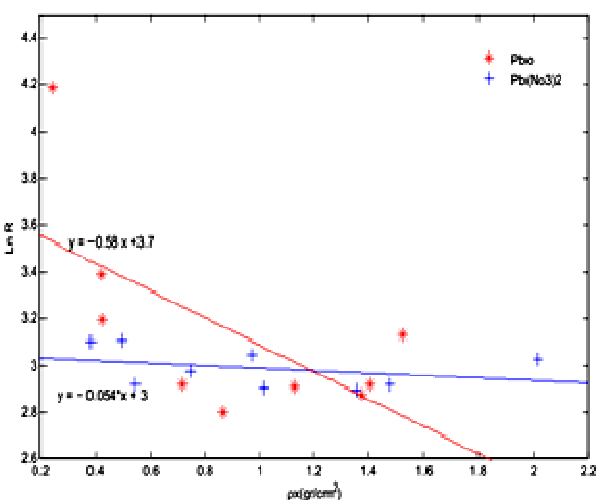
جدول 7: ضخامت، چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه گیری قرص های نیترا ت سرب در چشمه ^{90}Sr

ضخامت نانو اکسید سرب (cm)	چگالی (gr/cm^3)	Ln(R)
0.11	3.476	3.1009
0.12	3.833	3.105
0.15	3.632	2.918
0.21	3.565	2.976
0.39	3.470	2.897
0.41	3.592	2.918
0.48	2.023	3.045
0.59	1.724	2.902
0.66	3.055	3.026

ضخامت، چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه گیری بدست آمده برای نانوسرب اکسید و نیترا ت سرب با چشمه ^{90}Sr در جدول 6 و 7 نشان داده شده است. در نتیجه با توجه نتایج زیر می توان به عنوان حفاظ بیم های الکترونی با انرژی حوالی MeV استفاده کرد.

جدول 6: ضخامت، چگالی و لگاریتم شمارش پرتوهای اندازه گیری قرص های نانو سرب اکسید در چشمه ^{90}Sr

ضخامت نانو اکسید سرب (cm)	چگالی (gr/cm^3)	Ln(R)
0.14	2.98	3.388
0.11	2.201	4.185
0.16	2.635	3.195
0.41	2.111	2.798
0.42	3.628	3.132
0.33	3.415	2.907
0.34	4.137	2.918
0.48	2.864	2.918
0.59	4.372	2.874
0.9	10.173	3.068



شکل 5: ضریب تضعیف جرمی در نمونه ها با چشمه ^{90}Sr

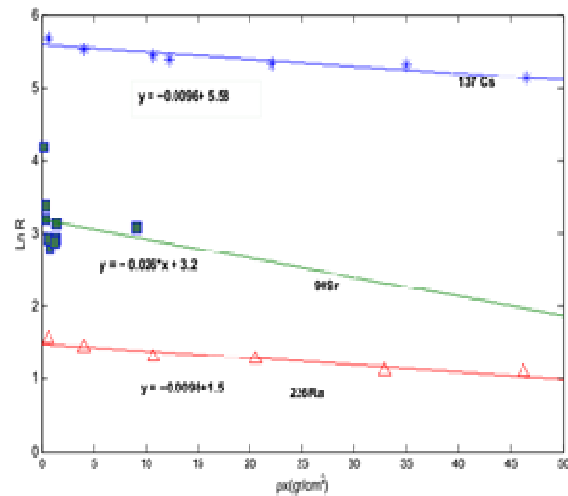
جرمی نانو سرب اکسید در چشمه ^{137}Cs بیشتر از چشمه‌های ^{90}Sr و ^{226}Ra عمل می‌کند.

به طور کلی تر نیمه لایه جذبی کمتری نسبت به آن‌ها را نشان می‌دهد. پس از چشمه سزیم، چشمه ^{90}Sr بیشترین ضریب تضعیف را دارد. در نهایت نتیجه می‌شود نانو سرب ضریب تضعیف بیشتری نسبت به سرب دارد. البته به علت نداشتن چشمه کبالت 60 ضریب تضعیف گامای چشمه کبالت را برای نانو سرب ساخته شده به دست نیامده است. با توجه به طیف تابش ترمزی حوالی 1 مگا الکترون ولتی میتوان نتیجه گرفت برای گامای گسیلی از چشمه کبالت همین نتایج بدست خواهد آمد. لذا برای تایید نتیجه فوق پیشنهاد می‌شود برای کاربردی‌تر کردن این پروژه جهت ساخت حافظ سربی در بیمارستان‌های که از چشمه کبالت استفاده می‌کنند در این زمینه تحقیق شود.

مراجع

- [1] J. Kenneth Shultis, Richard E. Faw, Radiation Shielding and Radiological Protection, Dan Gabriel Cacuci (ed.), Handbook of Nuclear Engineering, c Springer Science+Business Media LLC, 2010.
- [2] Structural shielding design and evaluation for megavoltage x- and gamma-ray, radiotherapy facilities, 31, 2005.
- [3] A. Mayles, Nahum and J. c. Rosenwald, Handbook of radiotherapy physic: theory and practice, by Taylor & Francis Group, 2007.
- [4] M. H. Al-Maamori¹, O. H. Al-Bodairy², Nehad A. Saleh, EFFECT OF PbO WITH RUBBER COMPOSITE ON TRANSMISSION OF (X-Ray), 3 (3), 2012.
- [5] M. Alagar, T. Theivasanthi, A. Kubera Raja, chemical Synthesis of Nano-Sized particles of Lead Oxide and their Characterization Studies, Journal of Applied Sciences, 12, 398-401, 2012.
- [6] S. K. KHADEER PASHA, K. CHIDAMBARAM, N. VIJAYAN, W. MADHURI, Structural and

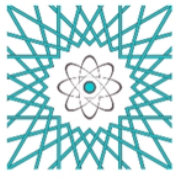
ضریب تضعیف جرمی بدست آمده برای نانو سرب اکسید و نیترات سرب به ترتیب برابر است با 0.0262 و 0.054 (cm^2/g) بدست آمده که در شکل 5 نشان داده شده است. در شکل 5 مشاهده می‌شود ضریب تضعیف نانو سرب اکسید با افزایش ضخامت کاهش می‌یابد که این کاهش به صورت نمایی می‌باشد اما در نیترات سرب با افزایش ضخامت تغییرات خاصی حاصل نمی‌شود نتایج حاصل از آزمایش نشان می‌دهد تعداد ذرات که به مانع برخورد می‌کنند ابتدا به سرعت کاهش یافته و سپس با افزایش ضخامت نمونه، به کندی کاهش می‌یابند و نهایتاً به ضخامتی می‌رسیم که شمارش آشکارساز به شمارش تابش زمینه نزدیک می‌شود.



شکل 6: ضریب تضعیف جرمی در چشمه‌های مختلف

در شکل 6 ضریب تضعیف جرمی با چشمه‌های مختلف نشان داده شده است. از مقایسه‌ی نمونه‌های نانو سرب اکسید در چشمه‌های مختلف مشاهده می‌شود که ضریب تضعیف

- [9] E. Eren Belgin, G.A. Aycik, A Novel Metal Oxide Filled Polyethylene Based Composite Shielding Material for Protection from Harmful Effects of Ionizing Electromagnetic Radiation, ISITES2014.
- electrical properties of nano structure lead oxide, 2012, 110 – 116.
- [7] H.E. Hassan, H.M. Badran, A. Aydarous, T. Sharshar, Studying the effect of nano lead compounds additives on the concrete shielding properties for γ -rays
- [8] D. L. PERRY and T. J. WILKINSON, Synthesis of High-Purity alpha-and beta-PbO and Possible Applications to Synthesis and Processing of Other Lead Oxide Materials, 03-02-2011.



Assessment of mass attenuation coefficient of lead nanoparticles for variety of gamma source

F. Kazemi*¹, M.A. Mashafaei², L. Gholamzadeh³

¹M.Sc, Department of Physics, Yazd University, Iran

²Professors, Department of Physics, Yazd University, Iran

³Assistant Professor Department of Physics, Yazd University, Iran

Corresponding author 's E-mail: kazemifatemeh123@gmail.com

(Received: 14/4/2015- Accepted: 22/8/2015)

ABSTRACT

In this study, exposure to gamma-ray attenuation coefficient in the thickness of the nanoparticle PBO and lead nitrate was discussed. The accurate measurements were done on the sources of gamma rays CS137, Ra226 and Sr90 by Geiger Muller detector. The γ -rays exposure is not a major concern because strontium-90 emits no gamma radiation and its decay product yttrium-90 emits only a small amount. Strontium-90 decays to yttrium-90 by emitting a beta particle, and yttrium-90 decays by emitting a more energetic beta particle with a Where the radiation energy is less than 0.001 MeV. The obtained data revealed that the overall from experiments that most mass attenuation coefficient in lead oxide nanoparticles of lead nitrate. The results obtained for the mass attenuation coefficient μ (cm² / g) observed that the effect is an increase in the thickness of the sample in the weakening of radiation is very high. The result less than the thickness of lead nanoparticles be used to making gamma radiation protection shields similar lead, this will be permitted to achieve the minimum weaken the shields lighter than lead shields the previous.

Keywords: Lead oxide nanoparticles, gamma ray, mass attenuation coefficient, XRD spectra