

بررسی توزیع غیر یکنواخت نانوذرات تنگستن (W) و کلرید باریم (BaCl₂) برای

طراحی حفاظ فوتونی در مراکز پزشکی هسته‌ای

روح اله صالی^۱، منصور عسگری^۲، عباس قاسمی^{۳*}

^۱دانشگاه امام حسین (ع) - دانشکده علوم پایه - گروه فیزیک

^۳عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد نکا

چکیده

در این تحقیق با استفاده از نانوذرات مختلف به طراحی حفاظ‌های فوتونی و شبیه سازی آن با کد $MCNP4C$ پرداخته شده است که در نهایت به طراحی لباسی مناسب برای محافظت از فوتون‌ها می انجامد. همچنین در بین حالت‌های مختلف از نانوذرات تنگستن نتایج زیر بدست آمده است: برای ضخامت ۵ میلی متر و حالت شماره ۴ و اندازه ۶۰ نانومتر بیشترین جذب فوتون را خواهیم داشت. که شار فوتون‌های خروجی برابر $S = 3.45E-02 \# / cm^2$ بوده است. برای ضخامت ۱ سانتی متر بیشترین جذب فوتون برای حالت شماره ۵ با اندازه ۳۰ نانو متر برای نانوذرات تنگستن بوده است. شار فوتون‌های خروجی برابر با $S = 2.04E-02 \# / cm^2$ بوده است.

کلمات کلیدی: پزشکی هسته‌ای، نانوذرات، جاذب فوتون، حفاظ فوتون، کد $MCNP4C$

مقدمه:

نانومواد در مقایسه با نمونه های عادی خود ویژگی های بهتر یا کاملاً متفاوتی از خود بروز می دهند. این مواد رایج ترین عناصر در علم و فناوری بوده و خواص جالب توجه آنها باعث گردیده است کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع شیمیایی، پزشکی و دارویی [۱-۵]، الکترونیکی و کشاورزی داشته باشند. وقتی اندازه این مواد کاهش می یابد، نسبت سطح مؤثر به حجم ذرات افزایش یافته و اثرات سطحی قوی تری از خود نشان می دهند، بنابراین ویژگی های مرتبط با آنها عمدتاً بهبود می یابد. در نتیجه با مهندسی اندازه ریخت و ترکیب نانو ذرات، می توان به صورت انتخابی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و غیره را کنترل کرد. با توجه به اهمیت موضوع سلامتی کاربران آزمایشگاهی و یا افرادی که در معرض تابش های مستقیم و یا غیر مستقیم هسته ای قرار می گیرند، بر آن شدیم تا در کاری جدید، نانو حفاظ هایی از این نانوذرات را مورد بررسی قرار دهیم، حفاظ هایی که با توجه به این فناوری ساخته می شوند دارای قابلیت هایی مانند انعطاف پذیری بسیار بالا، وزن کمتر و همچنین جابه جایی بسیار آسان می باشند که در این مقاله به آنها اشاره شده است. نمونه حفاظ هایی که تا قبل از این مورد بررسی قرار گرفته اند بیشتر برای تجهیزات و مواردی که به صورت ثابت در آزمایشگاه و یا مراکز درمانی در یک جا مستقر بوده اند مورد استفاده قرار می گرفته است. اما حفاظ هایی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته اند علاوه بر قابلیت استفاده برای موارد فوق می توانند برای حفاظت

از کاربران آزمایشگاهی و... که بسیار مهم می باشند و جابه جایی آسانی دارند مورد استفاده قرار گیرد. در مورد طراحی حفاظها به روشهای مختلف و برای کاربردهای متفاوت تحقیقها و مطالعات زیادی صورت گرفته است [۶-۱۳]. اما در این تحقیق با استفاده از نانوذرات مختلف به طراحی حفاظهای فوتونی و شبیه سازی آن با کد MCNP4c پرداخته شده است و در نهایت به طراحی لباسی مناسب برای اهداف مختلف می انجامد که برای مقایسه با کارهای مشابه مقالاتی یافت نشده است.

روش کار:

برای انجام شبیه سازیهای فوق چشمه را می توان در حالت های مختلفی در برابر لایه ی محافظ فوتون قرار داد، که در این مطالعه چشمه فوتونی به صورت شکل شماره ۱ در فاصله ۱۲cm در برابر لایه محافظ فوتونی قرار گرفته است. چشمه به صورت یک دیسک نازک در نظر گرفته شده است.

در ادامه برای انجام شبیه سازیهای فوق، مراحل زیر انجام گرفته است:

- ۱- شبیه سازی ۱۰ لایه به ضخامت ۵ mm و ۱cm و بررسی انواع چیدمانهای آنها
- ۲- قرار دادن تنگستن و کلرید باریوم به عنوان جاذب فوتون در لایه های شبیه سازی شده و تغییر اندازه ی آنها
- ۳- بررسی نتایج خروجی حاصل از کد MCNP در تالی F۲

مرحله اول:

در این مرحله لایه ای به ابعاد ۱۰ cm×۱۰ cm و ضخامت ۵mm و ۱cm طراحی شد و سپس این لایه برای هر دو ضخامت به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شد. این ۱۰ لایه به روش های مختلفی می تواند در کنار یکدیگر قرار گیرند که می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) لایه ها طوری کنار یکدیگر قرارگیرند که بیشترین هم پوشانی را با هم داشته باشند. (شکل شماره

(۲)

ب) لایه ها به طور مایل در کنار یکدیگر قرار گیرند به طوری که کمی یکدیگر را بپوشانند. (شکل شماره ۳)

ج) لایه ها طوری کنار یکدیگر قرارگیرند که با یکدیگر هم پوشانی نداشته باشند. (مرکز قرار گرفتن لایه دوم طوری تنظیم می شود که دو کره بر روی هم قرار نگیرند)



لازم به ذکر است که موارد ب و ج خود شامل چندین چیدمان می باشد. برای استفاده از هر یک از موارد فوق باید انرژی چشمه و ضخامت حفاظ مورد توجه قرار گیرد، در اینجا تمام موارد فوق مورد بررسی قرار گرفته است.

مرحله دوم:

در این مرحله برای کاربردی کردن طراحی انجام شده، صفحات شبیه سازی شده از مرحله قبل را درون DOP و PVC که به ترتیب نقش حلال و نرم کننده دارند قرار داده و سپس این لایه‌ها با نانو ذراتی که نقش جاذب فوتون دارند پر شده است و با تغییر دادن اندازه این نانو مواد به بررسی قدرت هدایت و یا جذب این لایه‌ها در اندازه‌های مختلف پرداخته شده است. مشخصات نانو ذرات و مواد به کار رفته در لایه محافظ فوتونی در جدول ۱ آمده است.

برای شبیه سازی لایه محافظ موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- هر چقدر لایه محافظ انعطاف بیشتری داشته باشد کارایی آن بیشتر می باشد، مخصوصا اگر شبیه سازی برای بررسی لباس محافظ برای کاربران دستگاه‌ها و یا در مراکز درمانی باشد.

۲- داشتن وزن مناسب، بطوری که برای کاربران قابل حمل باشد.

۳- حفاظت در برابر فوتون‌های حاصل از چشمه و محیط اطراف

مرحله سوم:

در آخرین مرحله داده‌های حاصل از کد MCNP مورد بررسی قرار گرفته است که در آن نتایج برای هر یک از مواد و اندازه‌ها برای ضخامت‌های ۵mm و ۱cm در جدول‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ آورده شده است. با توجه به اینکه هر چه تعداد هسته‌ها در یک حجم ثابت بیشتر باشد تعداد برهمکنش فوتون‌ها باید بیشتر شود، در نتیجه تعداد بیشتری از فوتون‌ها باید جذب شود.

برای داده های به دست آمده، درصد خطای آماری با استفاده از رابطه (۱) برای یک شمارش منفرد به دست می آید:

$$(1) \quad \text{خطای آماری} = ((\sqrt{N}) / N) \times 100$$

که در آن N تعداد نوترون های عبوری از فیلتر نوترونی در انرژی معین و در ۱ cm^۲ می باشد که در قدرت چشمه Am-Be ضرب شده است. مطالعات و بررسی های انجام شده با استفاده از کد MCNP^{۴c} شبیه سازی شده اند. کد محاسباتی MCNP یکی از مشهورترین کدهای محاسباتی هسته‌ای است که به روش

مونت کارلو محاسبات خود را انجام می دهد. با استفاده از این کد می توان یک آزمایش را که به روش تجربی در آزمایشگاه‌های هسته ای انجام می شود، شبیه سازی نمود و مقدمات انجام آزمایش و محاسبات لازم برای انجام آن به صورت آزمایشگاهی را فراهم خواهد ساخت. محاسبات به دست آمده با کد با در نظر گرفتن شرایط و هندسه مناسب آزمایش، اختلاف ناچیزی با نتایج حاصل از آن به صورت تجربی دارد. واحد هایی که در کد MCNP کاربرد دارند عبارتند از: طول (cm)، انرژی (MeV)، زمان (shak) 10^{-24} atoms/cm³ = 10^{-24} atoms/cm. (چگالی اتمی)، چگالی جرمی (gr/cm³)، چگالی جرمی (shake = 10^{-8} s) و سطح مقطع (Barn).

شبیه سازی هایی که در این تحقیق صورت گرفته است شامل ۵ حالت می باشد که عبارتند از:

۱- در اولین حالت ۱۰ لایه طراحی شده به صورت کامل در پشت سر هم قرار دارند در نتیجه کاملاً یکدیگر را پوشش می دهند (هم پوشانی دارد).

۲- در دومین حالت ۱۰ لایه طوری طراحی شده اند که با یکدیگر کمی هم پوشانی داشته باشند تغییری که این هندسه نسبت به حالت ۱ دارد این است که محل قرار گرفتن نانو ذرات را در لایه ها به صورت یکی در میان تغییر داده ایم به طوری که لایه های ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ و لایه های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ دارای نانو ذراتی با موقعیت مکانی یکسان هستند به طوری که کاملاً یکدیگر را می پوشانند ولی با لایه بعد از خود هم پوشانی کمی دارند یعنی لایه ۱ و ۲ یا ۳ و ۴ (هم پوشانی به مرکز کره)

۳- در سومین حالت ۱۰ لایه طوری طراحی شده اند که با یکدیگر هیچ همپوشانی ندارند. تغییری که این هندسه نسبت به حالت ۱ دارد این است که محل قرار گرفتن نانو ذرات را در لایه ها به صورت یکی در میان تغییر داده ایم به طوری که لایه های ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ و لایه های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ دارای نانو ذراتی با موقعیت مکانی یکسان هستند به طوری که کاملاً یکدیگر را می پوشانند ولی با لایه بعد از خود هیچ هم پوشانی ندارند یعنی لایه ۱ و ۲ یا ۳ و ۴ با هم همپوشانی ندارند (همپوشانی به مرکز مکعب).

۴- در چهارمین حالت ضخامت کل را به دو قسمت مساوی تقسیم کرده ایم که ۵ لایه اول به طور کامل با یکدیگر همپوشانی و ۵ لایه دیگر هم با هم همپوشانی دارند اما این دو قسمت در کل هیچ همپوشانی ندارند (نصف نصف مرکز استوانه)

۵- پنجمین حالت هم نمونه ای از حالت شماره ۴ می باشد (نصف نصف مرکز مکعب).

محدودیت‌هایی برای ساخت و استفاده از نانو ذرات وجود دارد که استفاده از آن را مشکل می کند برای نمونه نمی توان نانو ذرات را به طور یکسان در تمام لایه قرار داد در نتیجه چگالی آن در نقاط مختلف متفاوت می باشد. همان طور که در شکل ۴ دیده می شود نانو ذرات با چگالی یکسان در کل صفحه قرار نگرفته اند.

نتایج:

با توجه به داده های به دست آمده و جدول های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ برای ضخامت ۵ میلی متر و حالت شماره ۴ و اندازه ۶۰ نانومتر بیشترین جذب فوتون را برای نانوذره تنگستن خواهیم داشت که برابر است با $S \# / \text{cm}^2 = 3.45E-02$. برای ضخامت ۱ سانتی متر بیشترین جذب فوتون را برای حالت شماره ۵ با اندازه ۳۰ نانومتر و برای نانوذره تنگستن خواهیم داشت که برابر است با $S \# / \text{cm}^2 = 2.04E-02$. با توجه به نتایج بدست آمده از اجرای کد MCNP4c، نانوذرات تنگستن در همه حالات و اندازه ها جاذب فوتون بهتری نسبت به کلرید باریم هستند.

لازم به ذکر است که در تمام محاسبات فوق خطای محاسبه شده توسط کد MCNP4c کمتر از ۵ درصد می باشد که خطای قابل قبولی است. اگر از لایه تنگستن خالص و بدون نانومواد در شبیه سازی استفاده شود، برای ضخامت ۵mm فوتون های خروجی برابر $S \# / \text{cm}^2 = 3.68E-02$ و برای ضخامت ۱cm برابر $S \# / \text{cm}^2 = 2.06E-02$ خواهند بود. در نتیجه استفاده از لایه های نانویی علاوه بر داشتن حفاظت فوتونی خوب دارای خواصی چون کم وزن بودن و انعطاف پذیری خوب هستند.

بحث و نتیجه گیری:

با جهت گیری علم به سمت نانو تکنولوژی و استفاده از این مواد در صنعت، پزشکی، دارویی و کشاورزی بر آن شدیم که از مواد نانویی در صنعت هسته ای به خصوص در طراحی لباس هایی برای کاربران آزمایشگاهی در آزمایشگاه های هسته ای، بیمارانی که برای درمان تحت پرتوهای هسته ای قرار می گیرند، پزشکانی که به طور مستقیم با پرتوهای هسته ای سرو کار دارند و ... برای کمترین دز دریافتی، استفاده کنیم. در این مقاله با بررسی توزیع غیر یکنواخت نانومواد بهترین حالت و بهترین ضخامت مشخص شده اند. با بررسی مواد و ترکیباتی دیگر که جاذب فوتون هستند و بررسی ضخامت های بهینه برای آنها می توان لباس مناسبی با این نانومواد طراحی کرد. این مقاله حاوی نتایج بسیار مهمی می باشد به طوری که نانوذرات استفاده شده در حفاظ فوتونی نتایج بهتری نسبت به ماده خالص دارند که به این ترتیب با کاهش دادن وزن و افزایش انعطاف پذیری می توان ماده ای با جاذب فوتون بیشتری داشت. البته این پروژه در مرحله شبیه سازی و انتخاب بهترین نانوذرات می باشد که امید است در آینده ای نزدیک این شبیه سازی ها به مرحله آزمایشگاهی و تولید صنعتی برسد.



مراجع:

- [۱] - Gabriel A. Silva, "Introduction to nanotechnology and its applications to medicine", Applying Nanotechnology to Medicine, SurgNeurol ۲۰۰۴; ۶۱:۲۱۶-۲۰.
- [۲] - MRITUNJAI SINGH, SHINJINI SINGH, S. PRASAD, I. S.GAMBHIR, "NANOTECHNOLOGY IN MEDICINE AND ANTIBACTERIAL EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES", Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures Vol. ۳, No.۳, September ۲۰۰۸, p. ۱۱۵ - ۱۲۲.
- [۳]- Khadem Abolfazli M, Mahdavi SR, Mahdavi M, Ataei GH, Mosavi SH, Ezati A, " The study of effect Gold Nanoparticle on Dose Enhancement In megavoltage Radiation", Journal of biomedical physics engineering, Vol. ۱, Num ۱, Suppl. ۱, ۲۰۱۱, p. ۲۱۷.
- [۴]- Jamali F, Mesbahi A, Ghare Aghaji N, Valizade H, " Evaluation Effect of Gold Nanoparticles (GNP) on dose Enhancement in Radiotherapy(a Mount Carlo study)", Journal of biomedical physics engineering, Vol. ۱, Num ۱, Suppl. ۱, ۲۰۱۱, p. ۲۰۹.
- [۵]- Alizade M, Aghamiri SM, "Radio immunotherapy With Radioactive Gold Nanoparticles Functionalized with Gum Arabic Glycoprotein in Liver Cancer Therapy", Journal of biomedical physics engineering, Vol. ۱, Num ۱, Suppl. ۱, ۲۰۱۱, p. ۲۰۶.
- [۶]- J. W. Wilson, F. A. Cucinotta, M. H. Kim, and W. Schimmerling, "Optimized shielding for space radiation protection", Phys. Med., vol. ۱۷ (Suppl. ۱), pp. ۶۷-۷۱, ۲۰۰۰.
- [۷]- N. M. Schaeffer, Ed., "Reactor Shielding for Nuclear Engineers", TID-۲۵۹۵۲, U.S. Atomic Energy Commission Office of Information Services, Jan. ۱۹۷۳.
- [۸]- Huasi Hu, "Optimized design of shielding materials for nuclear radiation", (in Chinese) Atom.Ener.Sci. Technol., vol. ۳۹, no. ۴, pp.۳۶۳-۳۶۶, Jul. ۲۰۰۵.
- [۹]- Huasi Hu. "Study on Composite Material for Shielding Mixed Neutron and γ -Rays". IEEE Transactions on Nuclear Science, ISSN: ۰۰۱۸-۹۴۹۹, ۲۰۰۸, ۵۵(۴):۲۳۷۶-۲۳۸۴.
- [۱۰]- France MbongeniLukhele, "RADIATION SHIELDING CALCULATIONS BY MEANS OF MCNPX", January ۲۰۰۶.
- [۱۱]- Chilton, A B., Shultis, J. K. and Faw, R. E. "Principles of Radiation Shielding", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, ۱۹۸۴.
- [۱۲]- Kaplan, M. F. "Concrete Radiation Shielding". Longman Scientific and Technology, Longman Group UK Limited, Essex, England, ۱۹۸۹.
- [۱۳]- Sayed H. Rokni, J. Donald Cossairt, James C. Liu, "Radiation Shielding at High-Energy Electron and Proton Accelerators", SLAC-PUB-۱۳۰۳۳, FERMILAB-PUB-۰۷-۶۰۸-ESH, December ۲۰۰۷.