

محاسبه و مقایسه پاسخ فیلم رادیوکرومیک MD-۵۵-۲ به چشمه کبالت-۶۰

اکرم یحیی آبادی*^۱، علی اصغر مولوی^۲، رضا ایزدی نجف آبادی^۳، مهدی قربانی^۴

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

۲- دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

۳- دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

۴- دانشگاه علوم پزشکی مشهد، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک پزشکی

چکیده

فیلم رادیوکرومیک MD-۵۵-۲ در دوزیمتری برای کاربردهای پزشکی استفاده می‌شود. در این پژوهش، حساسیت فیلم رادیوکرومیک MD-۵۵-۲ چند لایه‌ای به چشمه گاما ^{60}Co محاسبه و پاسخ آن با تالی f^* کد MCNPX در فانتوم‌های آب و پرسپکس مقایسه شده است. در شبیه‌سازی تابش دهی فیلم رادیوکرومیک با چشمه ^{60}Co مشاهده شد که حساسیت فیلم سه و دو لایه‌ای MD-۵۵-۲ نسبت به فیلم تک لایه‌ای MD-۵۵-۲ به ترتیب حدود ۲۹۵٪ و ۱۹۴٪ بیشتر است. بنابراین با استفاده از تکنیک چند لایه‌ای می‌تون حساسیت فیلم را بالا برد. نتایج این پژوهش در توافق خوبی با نتایج تجربی است.

کلیدواژه: فیلم رادیوکرومیک، حساسیت، تکنیک چند لایه‌ای، چشمه کبالت-۶۰، شبیه‌سازی مونت کارلو.

۱- مقدمه

فیلم رادیوکرومیک اولین بار توسط مک لاگلی برای اندازه‌گیری دوز مورد استفاده قرار گرفت. لایه فعال این نوع فیلم، از کریستال‌های ریز مونومر حساس به اشعه تشکیل شده است که با دریافت اشعه آبی رنگ می‌شود. در کاربردهای پزشکی از فیلم رادیوکرومیک MD-۵۵-۲ استفاده زیادی می‌شود. حساسیت نه چندان بالای فیلم رادیوکرومیک MD-۵۵-۲، گستره کاربرد این فیلم را در میدان‌های تابش دوز پایین از جمله دوزیمتری اطراف چشمه‌های براکی‌تراپی محدود کرده است [۱-۷].

پوربیگی و همکارانش به طور تجربی حساسیت یعنی چگالی اپتیکی بخش بر دوز، فیلم چند لایه‌ای MD-۵۵-۲ در فانتوم پرسپکس با چشمه ^{60}Co را بررسی نمودند. نتایج آنها حاکی از این است که حساسیت این فیلم با افزایش تعداد لایه‌های آن، افزایش می‌یابد؛ آنها در این کار از پروتکل TG-۵۵ استفاده نمودند [۳]. نظر به این که تا کنون در زمینه، بررسی حساسیت فیلم رادیوکرومیک

MD-۵۵-۲ به چشمه گاما ^{60}Co ، با استفاده از تکنیک چند لایه‌ای آن هم با شبیه سازی مونت کارلو مراجع محدودی وجود دارد؛ لذا این موضوع انگیزه‌ای برای انجام این کار پژوهشی شد. بنابراین، در این پژوهش، حساسیت فیلم رادیوکرومیک چند لایه‌ای MD-۵۵-۲ به چشمه گاما ^{60}Co با روش مونت کارلو به کمک کد MCNPX محاسبه شده است. در این کار، کمیت مقدار انرژی متوسط ذخیره شده در فیلم رادیوکرومیک بر حسب واحد MeV به ازاء یک ذره گسیل شده از چشمه ^{60}Co را حساسیت فیلم نامیده‌ایم.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲ مشخصات فیلم رادیوکرومیک

فیلم رادیوکرومیک MD-۵۵-۲ تشکیل شده از لایه فعال با ضخامت $13\ \mu\text{m}$ که با پایه پلی استر با ضخامت $25/4\ \mu\text{m}$ پوشیده شده است. مجموعاً از هر طرف با پایه پلی استر با ضخامت $67\ \mu\text{m}$ روکش دار شده است. عدد اتمی موثر فیلم $6/5$ و گستره مفید دوز $100-3$ گری است [۵-۱]. مشخصات فیلم رادیوکرومیک MD-۵۵-۲ و در صد اتمی ترکیبات آن در وب سایت www.ispcorp.com موجود است.

۲-۲ شبیه سازی مونت کارلو

روش مونت کارلو فرایند احتمالی است که شبیه سازی ترابرد ذره در هر هندسه دلخواه را امکان پذیر می سازد و در مسائل پیچیده‌ای که نمی تواند توسط مدل های قطعی به کار رود، بسیار مفید است. توصیف روش به این صورت است که هر ذره‌ای که در مکانی از هندسه سیستم تولید می شود تاریخچه اش از تولد تا مرگ (جذب یا فرار) و برهمکنش هایی که با ذرات دیگر انجام می دهد، دنبال می شود. چندین کد محاسباتی مبتنی بر این روش وجود دارد. در این مطالعه از کد محاسباتی مونت کارلو MCNPX.۲,۴,۰ استفاده شده است [۸].

۳-۲ هندسه شبیه سازی

در هندسه شبیه سازی، فیلم MD-۵۵-۲ در ابعاد $12 \times 12\ \text{cm}^2$ در عمق $5\ \text{cm}$ و $10\ \text{cm}$ از سطح فانتوم آب و در ابعاد $4 \times 4\ \text{cm}^2$ در عمق $0/5\ \text{cm}$ از سطح فانتوم پرسپکس قرار گرفت. چشمه ^{60}Co به صورت نقطه‌ای و با توزیع همسانگرد در فاصله $80\ \text{cm}$ از فانتوم

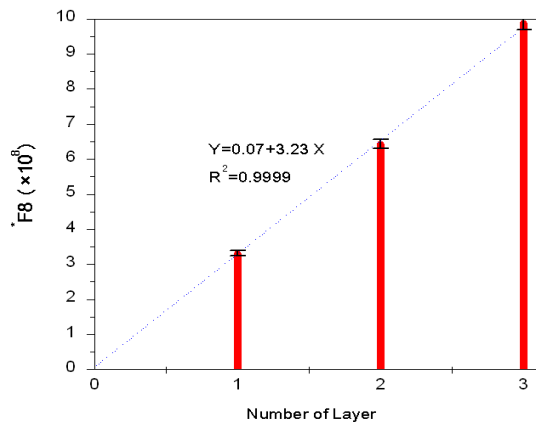
انتخاب شد. سپس با استفاده از تالی $^{252}\text{Fm}^*$ و با تعداد 2×10^9 تاریخچه ذره مقدار انرژی متوسط ذخیره شده بر حسب واحد MeV به ازای یک ذره گسیل شده از چشمه محاسبه شد. به خاطر در نظر گرفتن ترابرد الکترون و تعادل الکترونی بهتر در تالی $^{252}\text{Fm}^*$ ، این تالی برای دوزیمتری از تالی‌های دیگر دقیق‌تر و مناسب‌تر است. از این رو، برای بررسی شبیه سازی فیلم از این تالی استفاده شد. در اجرای برنامه‌ها خطای نسبی مربوط به شبیه سازی در گستره ۶٪ تا ۲٪ بوده است.

فانتوم ایده‌آل باید ابعادی داشته باشد که در جوانب ۵ cm حاشیه و در عمق ۱۰ cm از نقطه سنجش بتواند شرایط پراکندگی مناسبی را فراهم نماید. ابعاد مناسب فانتوم برای دوزیمتری در پروتکل مصوب ملی مشخص شده است [۶]. بنابراین در این پژوهش، ابعاد $40 \times 50 \times 50 \text{ cm}^3$ برای فانتوم آب در نظر گرفته شد. همچنین ابعاد $15 \times 10 \times 2 \text{ cm}^3$ برای فانتوم پرسپکس در نظر گرفته شد که با داده‌های تجربی پوربیگی و همکارانش [۳]، همخوانی داشته باشد.

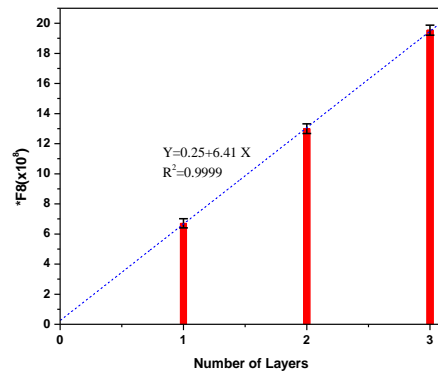
۳- نتایج و بحث

در شکل (۱) و (۲) تغییرات تالی $^{252}\text{Fm}^*$ بر حسب تعداد لایه‌های فعال فیلم MD-۵۵-۲ در عمق ۱۰ cm از فانتوم آب و عمق ۵/۰ cm از فانتوم پرسپکس نشان داده شده است. این داده‌ها نشان می‌دهد که حساسیت فیلم با افزایش تعداد لایه‌ها، افزایش می‌یابد. حساسیت فیلم سه لایه‌ای و دو لایه‌ای نسبت به فیلم تک لایه‌ای به ترتیب حدود ۲۹۵٪ و ۱۹۴٪ بیشتر است. این نتیجه در توافق خوبی با نتایج تجربی پوربیگی و همکارانش است. نتایج آنها حاکی از این است که حساسیت فیلم رادیوکرومیک سه لایه‌ای و دو لایه‌ای MD-۵۵-۲ نسبت به فیلم تک لایه‌ای MD-۵۵-۲ با چشمه ^{60}Co به ترتیب ۲۹۰٪ و ۲۰۰٪ است؛ آنها در این کار از پروتکل TG-۵۵ استفاده نمودند [۳]. در شکل (۳) نتایج بدست آمده توسط پوربیگی و همکارانش با نتایج مونت کارلوی این تحقیق مقایسه شده است؛ که همخوانی خوبی دارند. در این شکل داده‌های مونت کارلو به بزرگترین داده تجربی نرمالیزه شده و سپس در ضریب ۱۰۸ ضرب شده است. همچنین این شکل نشان می‌دهد، حساسیت این فیلم از ابعاد فیلم شبیه سازی شده و نوع فانتوم مستقل است. درصد خطای نسبی نتایج مونت کارلو نسبت به نتایج تجربی پوربیگی و همکارانش در گستره ۰٪ تا ۴٪ است. لازم به ذکر است که می‌توان اختلاف ناچیز مشاهده شده در محاسبات تئوری با نتایج تجربی را به الگوریتم هندسه شبیه

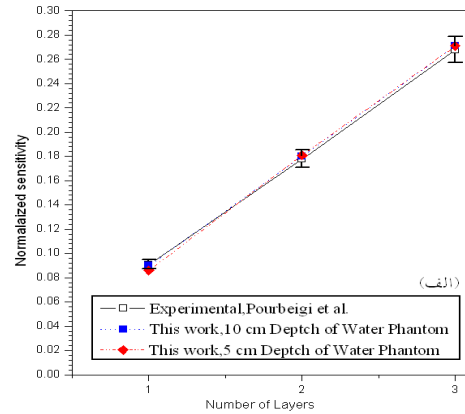
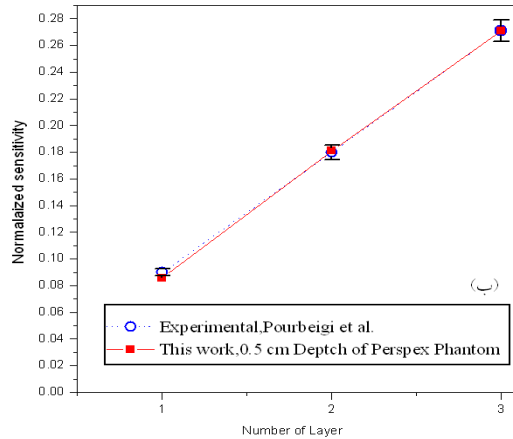
سازی فیلم رادیوکرومیک و فانتوم نسبت داد. بنابراین نتایج این پژوهش در توافق خوبی با نتایج تجربی است.



شکل ۲: تغییرات تالی F_8 بر حسب تعداد لایه‌های فعال فیلم MD-۵۵-۲ در عمق ۰/۵cm فانتوم پرسپکس.



شکل ۱: تغییرات تالی F_8 بر حسب تعداد لایه‌های فعال فیلم MD-۵۵-۲ در عمق ۱۰ cm فانتوم آب.



شکل ۳: نمودار حساسیت نرمالیزه شده بر حسب تعداد لایه‌های فعال فیلم MD-۵۵-۲. مقایسه نتایج مونت کارلو با نتایج تجربی پوریگی و همکارانش. (الف) ابعاد فیلم ۱۲ × ۱۲ cm^۲، (ب) ابعاد فیلم ۴ × ۴ cm^۲.

نتیجه گیری

در این پژوهش، بررسی حساسیت (مقدار تالی بخش بر متوسط انرژی فوتون) فیلم رادیوکرومیک MD-۵۵-۲ به چشمه گاما ^{60}Co ، با استفاده از تکنیک چند لایه‌ای با شبیه سازی مونت کارلو کد MCNPX و با تالی f^* مختلف ارائه شد و مشاهده شد، حساسیت فیلم سه لایه‌ای و دو لایه‌ای نسبت به فیلم تک لایه‌ای به ترتیب حدود ۲۹۵٪ و ۱۹۴٪ بیشتر است. بنابراین با استفاده از تکنیک چند لایه‌ای می‌توانیم حساسیت این فیلم را بطور چشمگیری افزایش داده و گستره کاربرد این فیلم را به دوزیمتری تابش در گستره دوز پایین نیز بسط داد. این نتایج در توافق خوبی با نتایج تجربی پوریگی و همکارانش است. لذا این نتایج به کاربر امکان انتخاب یک دوزیمتر بسیار مناسب در کاربردهای پزشکی را می‌دهد و این نتایج بیانگر این است که می‌توان از کد MCNPX در فیزیک پزشکی در مواردی که اندازه‌گیری عملی برخی از پارامترهای دوزیمتری مشکل است؛ استفاده نمود.

مراجع

- [۱] Niroomand-Rad A, B^۱ackwell CR, Coursey BM, Gall KP, Galvin J, Mclaughlin WL, Soares CG: Radiochromic film dosimetry: Recommendation of AAPM Radiation Therapy Committee Tasks Group ۵۵. Med Phys, ۲۵(۱۱), ۲۰۹۳-۲۱۱۵, ۱۹۹۸.
- [۲] Butson MJ, PKN Yu, Cheung T, Metcalfe P: Radiochromic film for medical radiation dosimetry. Mater Sci Eng, ۴۱(۳), ۶۱-۱۲۰, ۲۰۰۳.
- [۳] Pourbeigi H, Meigooni AS, Ghafourian H, Koona RA, Zahmatkesh MH: Enhancement of MD-۵۵-۲ radiochromic film sensitivity using a multilayer film technique for application in the low dose range. Iran J Radiat Res, ۳(۱), ۱۱-۱۵, ۲۰۰۵.
- [۴] pacilio M, Aragno D, Rauco R, Onofrio SD, Pressllo MC, Bianciardi L, Santini E: Mont Carlo dose calculation using MCNP^۴C and EGSnrc/ BEAMnrc codes to study the energy dependence of the radiochromic film response to beta-emitting sources. Phys Med Biol, ۵۲(۱۳), ۳۹۳۱-۳۹۴۸, ۲۰۰۷.
- [۵] Cheung T, Butson MJ, Yu RK: Use of multilayer of Gafchromic film detectors for breast skin dose determination in vivo. Phys Med Biol, ۴۷(۲), ۳۱-۳۷, ۲۰۰۲.
- [۶] Khan F, The physics of radiation therapy ۲nd edition Williams and Wilkins, Baltimore, MD, ۱۹۹۴.
- [۷] Chiu-Tsao ST, Duckworth T, Zhang C, Patel NS, Hsiung CY, Wang L, Shih JA, Harrison LB: Dose response characteristics of new models of GAFCHROMIC films: Dependence on densitometer light source and radiation energy. Med Phys, ۳۱(۹), ۲۵۰۱-۲۵۰۸, ۲۰۰۴.
- [۸] [۸] Waters LS, MCNPX users Manual, Los Alamos National Laboratory, Version ۲,۴,۰, ۲۰۰۲.