



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

اندازه گیری پارامترهای درمانی باریکه ی نوترونی راکتور تحقیقاتی تهران در یک فانتوم سر با هدف نوترون درمانی با بور

الهام، باورنگین : علیرضا، صدر ممتاز : حسین، خلفی: یاسر ، کاسه ساز: مهدی، کیوانی: ارسلان عزتی: اشکان، حسنی رخ
محمد، حدادای: حسین، قدس: مهرداد، عزیزی شمامی

^۱ دانشگاه گیلان - دانشکده علوم - گروه فیزیک
^۲ سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده راکتور

چکیده

با تغییراتی که اخیراً در ستون حرارتی راکتور تهران صورت گرفته، باریکه ی نوترون حرارتی مناسب جهت نوترون درمانی با بور به دست آمده است. هدف از این تحقیق اندازه‌گیری پارامترهای درمانی باریکه نوترون ایجاد شده می باشد. بدین منظور یک فانتوم سر ساخت هومولف‌های مختلف دز بر حسب عمق در فانتوم اندازه گیری شد. اندازه گیری ها با استفاده از روش فعال سازی پولک، سیم و همچنین TLD-700 صورت گرفت. مقادیر ماکزیمم آهنگ دز بافت سالم (ADDR)، عمق درمان (AD) و زمان درمان به ترتیب برابر با 0.39 Gy/min ، 5 cm و 323 min به دست آمدند. نتایج نشان می دهد که باریکه ی نوترونی ایجاد شده، برای درمان تومورهای سطحی تا عمق ۵ سانتی متر مناسب می باشد.

کلید واژه: نوترون درمانی با بور، فانتوم، روش فعال‌سازی نوترونی، TLD-700

مقدمه

یکی از روش‌هایی که برای درمان تومورهای جایگزیده ی پخش و نیز برخی از تومورهای مغزی مورد تحقیق و استفاده قرار گرفته است، روش نوترون درمانی با بور (BNCT) است [۱]. عموماً دو نوع باریکه ی نوترونی مختلف برای نوترون درمانی با بور استفاده می گردد: نوترون های حرارتی و نوترون های فوق حرارتی. نوترون های حرارتی برای درمان تومورهای سطحی و نوترون های فوق حرارتی برای درمان تومورهای عمیق تر استفاده می گردند. راکتورهای هسته ای و شتابدهنده ها چشمه های اصلی تولید نوترون به منظور BNCT می باشند [۲]. در



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

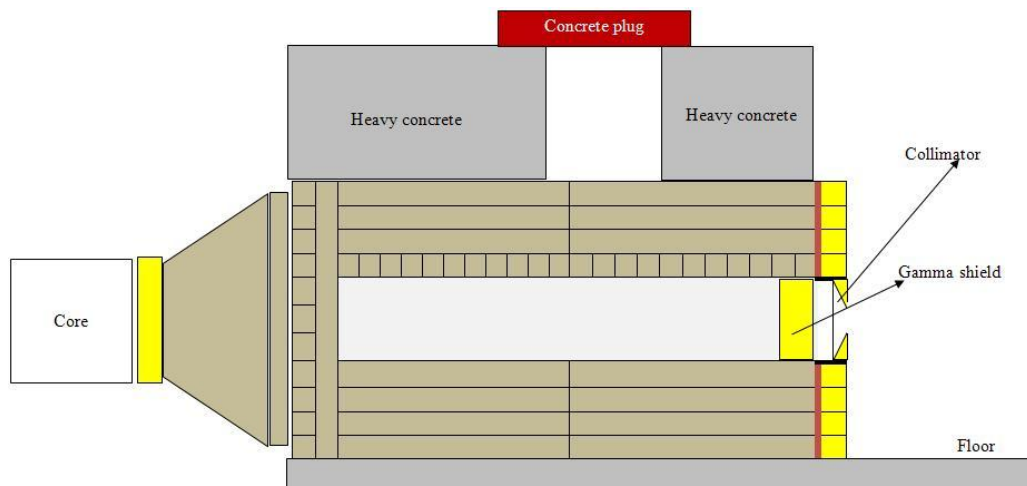
۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

ایران در حال حاضر تنها چشمه نوترونی فعال در زمینه BNCT، راکتور تحقیقاتی تهران است. اخیراً مطالعات گسترده‌ای پیرامون استفاده از راکتور تهران به منظور انجام تحقیقات در زمینه‌ی نوترون درمانی با بور صورت گرفته است [۴، ۵]. با ایجاد تغییراتی در چیدمان گرافیت‌های ستون حرارتی یک باریکه حرارتی مناسب به منظور نوترون درمانی با بور ایجاد گردید [۵]. در این تحقیق به منظور انجام آزمایشات دزیمتری و تعیین پارامترهای درمانی باریکه در فانتوم، یک فانتوم سر ساخته شده و تحت تابش باریکه نوترونی راکتور تهران قرار گرفت. دزهای مختلف بر حسب عمق نفوذ در فانتوم اندازه‌گیری شدند و پارامترهای درمانی باریکه در فانتوم به دست آمد.

روش کار

۱- باریکه مناسب BNCT حاصل از ستون حرارتی راکتور تهران

ستون حرارتی راکتور تحقیقاتی تهران توسط بلوک‌های گرافیتی‌ای که قابل جابه‌جا شدن هستند پر شده است. اخیراً با تغییراتی که در ساختار بلوک‌های گرافیتی صورت گرفته، باریکه نوترونی مناسب جهت نوترون درمانی با بور ایجاد شده است. همچنین یک لایه سرب به عنوان حفاظ گاما و یک کولیماتور در مسیر باریکه قرار داده شده‌اند. شکل (۱) ساختار ستون حرارتی به منظور BNCT را نشان می‌دهد.





بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ و دانشگاه اصفهان

شکل (۱): ساختار ستون حرارتی به منظور ایجاد باریکه مناسب نوترون درمانی با بور

۲- فانتوم

فانتوم ساخته شده یک فانتوم بیضیگون است. دیواره و پایه آن از جنس acrylic می باشد. پایه ی فانتوم دارای ۳۱ عدد ورودی برای وارد کردن لوله های حامل ابزار سنجش دز به داخل حجم فانتوم میباشد. فانتوم ساخته شده دارای این قابلیت است که ابزارهای مختلف دزیمتری از جمله پولک ها، سیم ها و همچنین TLD می توانند به راحتی در نقاط مختلفی از حجم آن قرار گیرند. شکل (۲) نمایی از فانتوم ساخته شده را نشان می دهد.



شکل (۲): قسمت های مختلف فانتوم ساخته شده، (۱) بدنه فانتوم، (۲) لوله ها برای وارد کردن ابزار سنجش، (۳) جای TLDها، (۴) جای فویل ها، (۵) تومورها، (۶) درپوش برای عایق کردن لوله ها، (۷) میله های دامی

۳- اندازه گیری مولفه های مختلف دز و تعیین پارامترهای درمانی باریکه

فانتوم ساخته شده از آب حاوی ۶۵ppm و ۱۸ ppm بور به ترتیب به عنوان بافت توموری و سالم پر گردید. و سپس مقابل باریکه نوترونی حاصل از راکتور تهران قرار گرفت (شکل ۳).



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل (۳): نمایی از فانتوم تحت تابش باریکه راکتور تهران

برای اندازه گیری مقدار و توزیع دز نوترون حرارتی به ترتیب از دو پولک ایندیوم با و بدون پوشش کادمیوم و یک سیم طلا استفاده گردید. لوله هایی که برای وارد کردن ابزار دزیمتری به داخل فانتوم طراحی شده اند دارای قطر داخلی و خارجی بوده به گونه ای که سیم طلا وارد بخش میانی آن می شود. لوله ی حاوی سیم در ورودی مرکزی فانتوم وارد شد. پولک های با و بدون پوشش کادمیوم نیز در انتهای لوله نصب شده اند. بدین ترتیب با اندازه گیری اکتیویته ی پولک ها و شمارش حاصل از سیم طلا، مقدار و توزیع شار مربوط به نوترون های حرارتی به دست آمد. با استفاده از ضرایب تبدیل شار به دز مناسب دزهای نوترون های حرارتی و بور محاسبه گردید [۶]. پولک ایندیوم با استفاده از یک آشکارساز (HPGe) و سیم طلا نیز با استفاده از دستگاه اسکن کننده سیم مورد سنجش قرار گرفتند. برای اندازه گیری دز گاما نیز از TLD-700 استفاده شده است.

از جمله پارامترهای باریکه نوترونی در فانتوم نیز عبارتند از: عمق درمان (TD)، عمقی که دز تومور به اندازه ی دو برابر ماکزیمم دز بافت سالم است؛ (ADDR)، ماکزیمم آهنگ دز بافت سالم و (TT)، زمان درمان. این پارامترها نیز از نمودارهای دز بر حسب عمق نفوذ در فانتوم به دست آمدند [۲].

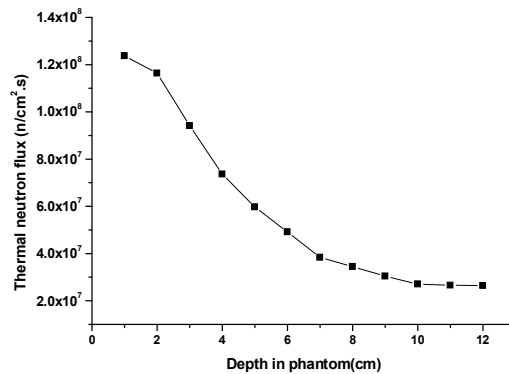
نتایج



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

شکل (۴)، شار نوترون حرارتی را بر حسب عمق نفوذ در فانتوم نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد با افزایش عمق میزان شار کاهش می‌یابد. شکل (۵) نیز بیانگر مقادیر دزهای مختلف بر حسب عمق در فانتوم نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود بیشترین دز مربوط به دز بور در بافت تومور می‌باشد. نوترون‌های حرارتی نیز کمترین سهم دز را دارند. پارامتر TD برابر 5 cm است که تایید می‌کند اینباریکه برای درمان تومورهای سطحی تا عمق 5 cm می‌تواند استفاده گردد. $ADDR$ برابر است با 0.039 Gy/min . پارامتر TT نیز برابر 323 min به دست آمد.

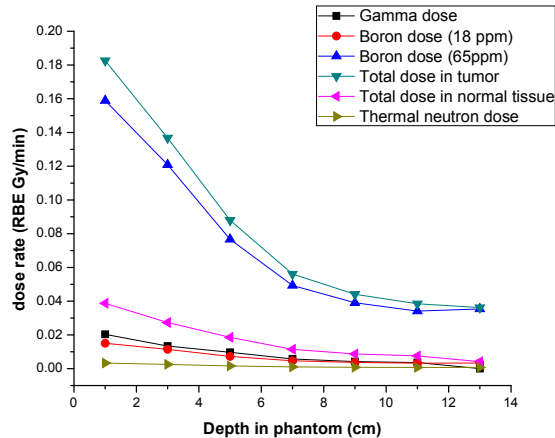


شکل (۴): شار نوترون‌های حرارتی بر حسب عمق در فانتوم



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل (۵): مولفه های مختلف دز بر حسب عمق در فانتوم

بحث و نتیجه گیری

فانتوم سر ساخته شده به منظور نوترون درمانی با بور، تحت تابش باریکه نوترونی حرارتی حاصل از ستون حرارتی راکتور تهران قرار گرفت. مولفه های مختلف دز در محور مرکزی فانتوم بر حسب عمق نفوذ اندازه گیری شد. پارامترهای ارزیابی باریکه در فانتوم نیز به دست آمد. نتایج نشان می دهند که فانتوم ساخته شده مدل مناسبی برای انجام دزیمتری نوترون درمانی با بور می باشد. ابزارهای مختلف دزیمتری از جمله پولک ها، سیم و همچنین TLD نیز می توانند به راحتی در نقاط مختلفی از حجم آن قرار گیرند. اندازه گیری در فانتوم تایید می کند که باریکه ی نوترونی ساخته شده برای درمان تومورهای سطحی تا عمق ۵ cm مناسب می باشد.

مراجع



بیست و یکمین کنفرانس هسته ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

- 1- Barth, R. F., M. Vicente, et al., Current status of boron neutron capture therapy of high grade gliomas and recurrent head and neck cancer. RadiatOncol7(146): 1-21, 2012.
- 2- . IAEA-TECDOC-1223, 2001. Current Status of Neutron Capture Therapy.
- 3-Kasesaz, Y., Khalafi, H., et al., A feasibility study of the Tehran research reactor as a neutron source for BNCT. Appl. Radiat. Isot. 90, 132-137, 2014.
- 4- Kasesaz, Y., Khalafi, H., et al., Design of an epithermal neutron beam for BNCT in thermal column of Tehran research reactor. Ann Nucl Energy, 68, 234-238, 2014.
- 5- Kasesaz, Y., Khalafi, H., et al., Design and construction of a thermal neutron beam for BNCT at Tehran Research Reactor. Appl Radiat Isot. 94.149-151, 2014.
- 6- Caswell, R. S. and Coyne, J. J. Kenna factors for neutron energies below 30 MeV, Rad. Res. 83, 217-254, 1980.