



مطالعه‌ی میزان فراوانی هسته‌های سنگین تولید شده در کربن‌درمانی با استفاده از ابزار Geant4

سید محمد متولی^۱، وحید زنگانه^{۲*}، سپیده باقری^۱

۱. گروه فیزیک هسته‌ای، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، صندوق پستی: ۴۷۴۱۵-۴۱۶، بابلسر - ایران

۲. گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گلستان، صندوق پستی: ۱۵۷۵۹-۴۹۱۳۸، گرگان - ایران

*Email: vahid.zanganeh@gmailu.ac.ir

مقاله‌ی فنی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۳/۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۵/۱۹

چکیده

باریکه‌های یون کربن-۱۲ در محدوده انرژی ۱۰۰-۴۵۰ MeV/u دارای شرایط بسیار خوبی برای تومورهای مقاوم به تابش و واقع در عمق هستند. در انرژی‌های بیش از ۴۰۰ MeV/u تابش با افزایش عمق به طور چشم‌گیری تحت تأثیر فرایندهای تکه‌تکه شدن هسته‌ای قرار می‌گیرد. در این مطالعه با به‌کارگیری ابزار Geant4 که سه مدل فیزیکی آبشار درون‌هسته‌ای دودویی (BIC)، آبشار درون‌هسته‌ای لیژ (INCL) و کوانتوم مولکولی دینامیکی (QMD) برای ذرات سنگین تعریف شده است، با بررسی مدل QMD موجود در ابزار Geant4، اثرات ذرات سنگین حاصل از تکه تکه شدن هسته‌ای با محاسبه بر روی میزان فراوانی هسته‌های تولید شده با عدد اتمی در بازه $1 < Z < 5$ (ذرات H، He، Li، Be و B) در عمق‌های مختلف فانتوم آب در ناحیه‌ی قبل و بعد از قله‌ی براگ و توزیع زاویه‌ای این ذرات به وسیله‌ی این مدل بررسی شده‌اند. نمودار فراوانی ذرات نشان می‌دهد که با افزایش عدد اتمی تولید ذرات کاهش می‌یابد. ذرات H و He بیش‌ترین فراوانی را دارند و دامنه‌ی آن‌ها بسیار بیش‌تر از دامنه‌ی یون‌های کربن اولیه است. همچنین با توجه به نمودار توزیع زاویه‌ای، ذرات H و He توزیع بسیار گسترده‌تری را از خود نشان داده‌اند و بیش‌ترین درزسانی را در ناحیه‌ی خارج از موضع درمان دارند. همچنین با افزایش عدد اتمی توزیع زاویه‌ای کاهش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: ابزار Geant4، هادرون‌درمانی، هسته‌های سنگین، مدل QMD

Studying the abundance of heavy nuclei produced in carbon therapy using Geant4 toolkit

S.M. Motevalli¹, V. Zanganeh^{2*}, S. Bagheri¹

1. Department of Nuclear Physics, Faculty of Sciences, University of Mazandaran, P.O.BOX: 47415-416, Babolsar - Iran

2. Department of Physics, Faculty of Basic Sciences, Golestan University, P.O.BOX: 15759-49138, Gorgan - Iran

Technical Paper

Received 22.5.2022, Accepted 10.8.2022

Abstract

Carbon-12 ion beams in the energy range of 100-450 MeV/u have excellent conditions for radiation-resistant and deep-seated tumors. At energies above 400 MeV/u, radiation is significantly affected by nuclear fragmentation processes of increasing depth. In this project, using the Geant4 toolkit, three physical models of Binary Intranuclear Cascade (BIC), Lige Intranuclear Cascade (INCL), and Quantum Molecular Dynamics (QMD) for heavy particles are defined in this toolkit. By examining the QMD model available in the Geant4 toolkit, the effects of heavy particles because of fragmentation of the nucleus by calculating the abundance of nuclei produced with an atomic number in the range $5 > Z > 1$ (H, He, Li, Be and B particles) at different depths of the water phantom before and after the Bragg peak and the angular distribution of these particles have been investigated by this model. The particle abundance graph shows that particle production decreases with an increasing atomic number. H and He particles are the most abundant and their range is much broader than the range of primary carbon ions. Also, according to the angular distribution diagram, H and He particles have shown a much wider distribution. This is because they have the highest dose of deposition in the area outside the treatment field. Also, with increasing atomic numbers, the angular distribution decreases.

Keywords: Geant4 toolkit, Hadron therapy, Heavy nuclei, QMD model

