



دزیمتری پرتودهنده ۲۲۰-GC با استفاده از ژل فریک

الهام عدالتخواه

پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی ۱۳۳۹-۱۴۱۵۵، تهران - ایران

چکیده:

پرتودهنده ۲۲۰-GC برای پرتودهی گامای نمونه‌های گوناگون که حجم کوچکی دارند به کار می‌رود. با توجه به حجم هر نمونه، یک توزیع دز جذبی در آن نمونه وجود دارد. برای انجام پرتودهی مناسب یک نمونه، آگاهی از توزیع دز آن ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش با توجه به کالیبراسیون اخیر پرتودهنده ۲۲۰-GC و نیاز به کنترل کیفی آن، دزیمترهای ژل فریک آگاروز ساخته شدند. یک فانتوم شامل پانزده دزیمتر برای چیدمان دزیمترها در مکان‌های مشخص محفظه پرتودهی طراحی و آماده شد. بدین ترتیب توزیع دز با استفاده از دزیمترهای ژل فریک تهیه شده اندازه‌گیری شد. توزیع دز بدست آمده نشان داد بیشینه دز در نقاط مرکزی شرقی-غربی محفظه پرتودهی و کمینه دز در نقاط مرکزی شمالی-جنوبی آن است. نتایج بدست آمده با نتایج شبیه‌سازی پرتودهنده همخوانی خوبی دارند که نشان از صحت عملکرد دزیمترهای ژل فریک تهیه شده و همچنین درستی فرآیند کالیبراسیون انجام شده سیستم دارد.

کلیدواژه‌ها: پرتودهنده ۲۲۰-GC، دزیمتر ژل فریک، پاسخ دزیمتر، طیف‌نمایی

GC-220 irradiator dosimetry by using Fricke gel dosimeters

Elham Edalatkhah

1. Application Radiation Research School, Research Institute, P.O.BOX:14155-1339, Tehran, Iran.

Abstract:

GC-220 irradiator is used for gamma exposure of low volume samples. Respect to the sample volume, there is a dose distribution which is necessary to be known for proper exposure. Regard to recent calibration of the system and its quality control, samples of Fricke gel dosimeters were made in this research. A phantom containing fifteen dosimeters was designed for locating the dosimeters at specific points of the exposure chamber. Then, dose distribution was measured with prepared gel dosimeters. Obtained results show that the maximum dose values are at central east-west points of the exposure chamber and the minimum dose values are at central north-south points of it. There is a good agreement between experimental and simulation results which verifies the accuracy of the dosimeter performance and the calibration quality of the system.

Keywords: GC-220 irradiator, Fricke gel dosimeter, Dose response, Spectroscopy.

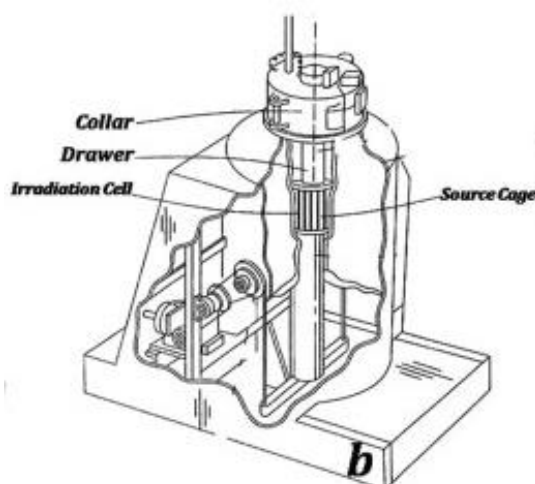
۱. مقدمه

پرتودهنده GC-۲۲۰ (گاماسل-۲۲۰) دارای چشمه‌های پرتوزای ^{60}Co است. این پرتودهنده از نوع پرتودهنده درون کار خشک است که در پرتوهای نمونه‌های مختلف تحقیقاتی با حجم کوچک استفاده می‌شود [۱]. هر نمونه برای تحویل دز مشخص به آن باید برای مدت زمان معینی پرتو دهی شود. در این زمان با توجه به حجم نمونه، تمام نقاط آن دز یکسانی جذب نمی‌کنند، بلکه یک توزیع دز جذبی در نمونه بوجود می‌آید. معمولاً زمان پرتو دهی طوری تنظیم می‌شود که کمترین دز جذبی نمونه برابر با حداقل دز درخواستی مراجعه‌کننده باشد. برای دزیمتری پرتودهنده‌ها از دزیمترهایی چون ترمولومینسانس و پرسپکس استفاده می‌شود. برای کالیبراسیون پرتودهنده‌ها نیز دزیمترهای فریک و آلانین بکار می‌رود [۲].

در این پژوهش با توجه به کالیبراسیون اخیر پرتودهنده موجود در آزمایشگاه و نیاز به کنترل کیفی فرآیند انجام شده، دزیمتری پرتودهنده با استفاده از دزیمترهای ژل فریک آگاروز انجام شد. دزیمتر ژل فریک شکل ژل مانند دزیمتر فریک است که با افزودن یک عامل ژل (آگاروز) به محلول فریک تهیه می‌شود [۳]. ابتدا دزیمترهای ژل فریک آگاروز ساخته شدند. سپس فانتوم مناسب برای قرارگیری در محفظه پرتو دهی طراحی و دزیمترهای تهیه شده در آن جایگذاری شدند. بدین ترتیب توزیع دز در صفحه شمالی-جنوبی گذرنده از مرکز محفظه پرتو دهی و موازی با میله‌های چشمه با استفاده از دزیمترهای ژل فریک بدست آمد.

۲. روش کار

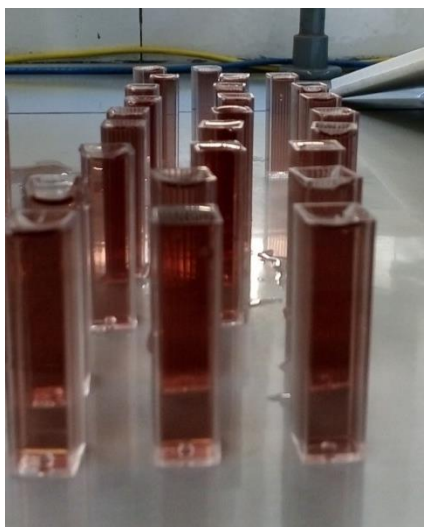
پرتودهنده GC-۲۲۰ موجود در آزمایشگاه ساخت Nordion کانادا می‌باشد. این سیستم دارای چشمه‌های میله‌ای از نوع C-۱۹۸ است که آرایه‌ای حلقوی دارند. میله‌های چشمه به وسیله یک حفاظ استوانه‌ای سرب به قطر ۴۰ cm محافظت می‌شوند. در قفس استوانه‌ای چشمه پرتودهنده، ۴۸ جایگاه میله چشمه وجود دارد که در ۲۱ جایگاه میله‌های پرتوزای ^{60}Co قرار گرفته‌اند. محفظه پرتو دهی استوانه‌ای از جنس آلومینیوم دارای ارتفاع خارجی ۲۰/۶ cm، ارتفاع داخلی ۲۰/۲ cm، شعاع خارجی ۷/۷ cm و شعاع داخلی ۷/۵ cm است. مرکز هر میله از مرکز محفظه پرتو دهی حدود ۱۰ cm فاصله دارد. در زمان پرتو دهی، محفظه پرتو دهی در مرکز آرایه حلقوی میله‌های چشمه قرار می‌گیرد. شکل ۱ ساختار شماتیک پرتودهنده را نشان می‌دهد [۴].



شکل ۱. ساختار شماتیک پرتودهنده

برای اندازه‌گیری توزیع دز جذبی نمونه پرتودهی شده در پرتودهنده، از دزیمترهای ژل فریک آگاروز استفاده شد. دزیمترهای ژل فریک آگاروز براساس روش ارائه شده توسط لئونگ ساخته شدند [۵]. آماده‌سازی دزیمتر شامل مراحل زیر است:

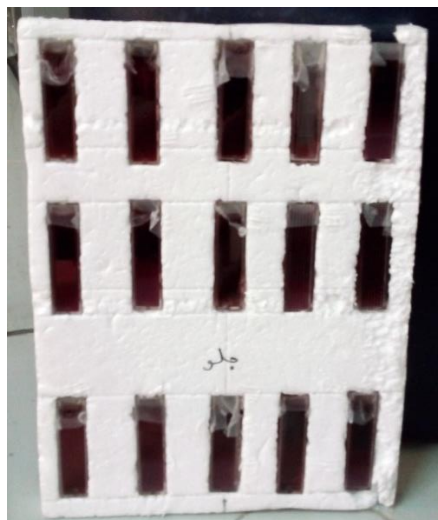
- تهیه محلول با مخلوط کردن فرس سولفات آمونیوم، زایلنول و اسید سولفوریک در ۵۰٪ آب مقطر
- تهیه محلول آگاروز و ۵۰٪ مابقی آب مقطر حین همزدن پیوسته با همزن مغناطیسی و دادن گرما تا 90°C
- اضافه کردن محلول اول به محلول دوم در دمای 70°C



شکل ۲. دزیمترهای ژل فریک آماده شده

هنگامیکه محلول دزیمتر ژل آماده شده هنوز گرم است، در کووت‌های مخصوص طیف سنج نوری ریخته شد تا شکل ظرف را بگیرد. کووت‌های استفاده شده دو سطح نوری موازی با یک سانتی‌متر طول مسیر نوری و ابعاد $10 \times 10 \times 45 \text{ mm}$ دارند. انتهای بالایی کووت‌ها با پارافیلیم بسته شد. شکل ۲ نمایی از دزیمترهای ژل تهیه شده را نشان می‌دهد.

به منظور چینش و ثابت نگهداشتن دزیمترها در فواصل مناسب و در مکان‌های مشخص در پرتودهنده، یک فانتوم به ابعاد $15 \times 1 \times 20 \text{ cm}$ طراحی و آماده شد که در شکل ۳ آورده شده است. در این فانتوم، ۱۵ کووت (دزیمتر تهیه شده) در ۳ ردیف و ۵ ستون جایگذاری شدند. فانتوم در راستای شمالی-جنوبی بصورت عمودی به گونه‌ای در محفظه پرتودهی قرار داده شد که صفحه تقارن محفظه از فانتوم بگذرد. فانتوم جهت دریافت دز 20 Gy تحت تابش گاما قرار



شکل ۳. فانتوم آماده شده حاوی دزیمترهای ژل فریک

گرفت. پس از پرتودهی دزیمترها، جذب نوری آنها با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر Beckman Coulter-DU800 در طول موج ۵۸۵ nm اندازه گیری شد. سه دزیمتر پرتودهی نشده نیز برای تعیین جذب نوری اولیه خوانده شدند. دز جذبی با استفاده از رابطه (۱) بدست آمد:

$$D = \frac{N_A e \Delta OD}{\rho \epsilon G l} \quad (1)$$

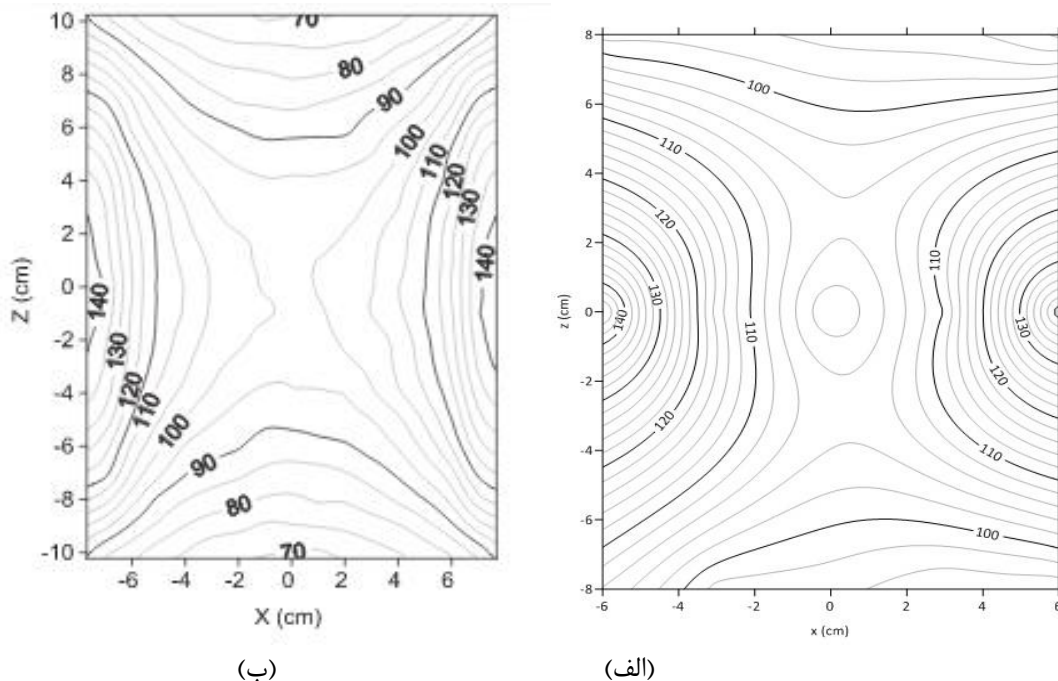
در این رابطه D دز جذبی (Gy)، N_A عدد آووگادرو، e تعداد ژول بر کیلو الکترون ولت، ΔOD اختلاف چگالی اپتیکی دزیمتر پرتو دیده و پرتوندیده، ρ چگالی دزیمتر (kg l^{-1})، ϵ ضریب جذب خطی مولی ($\text{m}^2 \text{mol}^{-1}$)، G بهره شیمیایی (mol J^{-1}) و l راه نوری (m) است [۶].

۳. نتایج

منحنی هم‌دز صفحه شمالی-جنوبی گذرنده از مرکز محفظه پرتودهی و موازی با میله‌های چشمه با استفاده از مقادیر دز جذبی و نرم افزار Surfer [۷] ترسیم شد. در شکل ۴- الف منحنی بدست آمده آورده شده است که توزیع دز در نقاط مختلف محفظه پرتودهی (و در نتیجه توزیع دز در نمونه) را به خوبی نشان می‌دهد. مقادیر دز ارائه شده در منحنی، به مقدار دز در نقطه مرکزی فانتوم بهنجار شده‌اند. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، بتدریج با عبور از مرکز فانتوم به سمت راست و چپ دز داده شده افزایش می‌یابد. بیشینه مقدار دز در نقاط مرکزی شرقی-غربی فانتوم (۱۴۰ در شکل ۴) و کمینه دز در نقاط مرکزی شمالی-جنوبی می‌باشند.

در پژوهشی توسط همکاران آزمایشگاه، توزیع دز جذبی در محفظه پرتودهی پرتو دهنده GC-۲۲۰ بر اساس روش مونت کارلو و با شبیه‌سازی سیستم با استفاده از کد کامپیوتری MCNP4C [۸] محاسبه شد [۹]. نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر و نتایج بدست

آمده از پژوهش شبیه‌سازی (شکل ۴-ب) همخوانی خوبی دارند. اختلاف کمی بین مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی مشاهده می‌شود که نشان از صحت عملکرد دزیمترهای ژل فریک آماده شده و همچنین تایید فرآیند کالیبراسیون انجام شده سیستم دارد.



شکل ۴. منحنی‌های هم‌دز محفظه پرتودهی (الف) تحقیق حاضر (ب) شبیه‌سازی

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش، توزیع دز محفظه پرتودهی پرتودهنده $GC-220$ با استفاده از دزیمترهای ژل فریک اندازه‌گیری شد. ابتدا دزیمترهای ژل فریک آگاروز ساخته شدند. سپس فانتوم مناسب محفظه پرتودهی طراحی و کووت‌ها در آن چیده شدند. بدین ترتیب توزیع دز در صفحه شمالی-جنوبی گذرنده از مرکز محفظه پرتودهی و موازی با میله‌های چشمه با استفاده از دزیمترهای ژل فریک بدست آمد. بیشینه مقدار دز در نقاط مرکزی شرقی-غربی فانتوم و کمینه دز در نقاط مرکزی شمالی-جنوبی مشاهده شد. نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج شبیه‌سازی پرتودهنده همخوانی خوبی دارند که نشان از صحت عملکرد دزیمترهای ژل فریک تهیه شده و همچنین درستی فرآیند کالیبراسیون انجام شده سیستم دارد. امید آن می‌رود با توجه به امکان دزیمتری سه بعدی توسط دزیمتر ژل فریک، در پژوهش آتی توزیع دز در تمام نقاط محفظه پرتودهی با اندازه‌گیری توسط دستگاه تصویربرداری تشدید مغناطیسی تعیین شود.

مراجع

1. ISO/ASTM, Standard Practice for Using the Fricke Dosimetry System, 51026, (2015).
2. ISO/ASTM, Standard Guide for Selection and Calibration of Dosimetry Systems for Radiation Processing, 51261(E), (2002).
3. J.B. Davies, C. Baldock, Sensitivity and stability of the Fricke-gelatin-xylene orange gel dosimeter, Rad. Phys. and Chem. 77, 690 (2008).



4. MDS Nordion, COBALT-60 Irradiation Unit Gammacell 220, MDS Nordion, Operator's & Accessories Manual, Serial No.190, edition :10 (1984).
5. L. H. Leong, S. Kandaiya and Ng Bong Seng. Characterisation of a Ferrous Agarose Xylenol (FAX) gel for radiotherapy dose measurement, Austr. Phys. & Eng. Sci. in Med, 30, 2 (2007).
6. G. M. Liosi et al. Study of Fricke-gel dosimeter calibration for attaining precise measurements of the absorbed dose, 4th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications (ANIMMA), DOI: 10.1109/ANIMMA.2015.7465581 (2015).
7. <https://www.goldensoftware.com/products/surfer>.
8. Briesmeister, Editor J. F., MCNP-4C, A General Monte Carlo N Particle Transport Code System Version 4C, Los Alamos National Laboratory LA-13709-M (2000).
9. Ataeinia, V. et al. 3D dose assessment of the irradiation chamber of a GC-220 irradiator, 23th nuclear conference of Iran, Tehran, (1395) (In Persian).