مقاله کنفرانسی

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۱۱، شمارهٔ ٤، زمستان (ویژه‌نامه) ۱٤۰۱، صفحه ۱۷۳-۱۷٦

ششمین کنفرانس سنجش و ایمنی پرتوهای یون‌ساز و غیریون‌ساز (مردادماه ۱٤۰۰)

تاریخ دریافت مقاله: ۱٤۰۰/۰۷/۱٤، تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰۱/۰۵/۰۹

محاسبه دز عمقی دریافتی هنگام تولید رادیوایزوتوپ ^{18}F از هدف آب با استفاده از دستگاه پلاسمای کانونی

هیوا رخزادی زردوئی[۱]، مصطفی حسن‌زاده[۲]*، عبدالله رفاعی[۱] و سید محمود سادات‌کیایی[۳]

[۱]گروه فیزیک، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، کردستان، ایران.

[۲]پژوهشکده راکتور و ایمنی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران.

[۳]پژوهشکده گداخت و پلاسما، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران.

*تهران، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده راکتور و ایمنی هسته‌ای، کدپستی: ۱۳۳۹-۱٤۱۵۵.

پست‌الکترونیکی: mostafahasanzadeh53@gmail.com

چکیده

یکی از علت‌های استفاده از رادیوایزوتوپ‌های پت در تحقیقات پزشکی، وجود یک سری گسیلنده‌های پوزیترونی مانند ^{11}C، ^{13}N، ^{15}O و ^{18}F است. که ردیاب‌های ترکیب شده با آن‌ها یک سری فرآیندهای مشابه با فرآیندهای طبیعی در بدن انجام می‌دهند. از دیگر مزیت‌های این روش، تصویربرداری از عملکرد سوخت‌وساز بدن می‌باشد که باعث تشخیص زودهنگام بیماری‌های خطرناکی مانند تومورهای سرطانی، بیماری‌های قلبی و عروقی، بیماری‌های مغز و اعصاب نظیر صرع، پارکینسون می‌شود و این امکان را به پزشک می‌دهد تا قبل از ایجاد ناهنجاری‌های ناشی از بیماری به درمان آن بپردازد. در این پژوهش در جستجوی دستگاه‌های تولید رادیوایزوتوپ‌های با نیمه‌عمر کوتاه، برای شبیه‌سازی دز عمقی دریافتی توسط مکعب فانتوم آب به ابعاد ۲۰ cm در فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متری چشمه و شلیک یک میلیون پروتون از چشمه نقطه‌ای با انرژی ۲۵ MeV به هدف آب استوانه‌ای به شعاع ۷ cm و ارتفاع ۳ mm به‌منظور تولید رادیوایزوتوپ ^{18}F، از ابزار جینت ۷.۱۰.٤ استفاده شده است و برای داشتن رادیوتراپی ایمن دز عمقی دریافتی با نتایج مناسب محاسبه شده است.

کلیدواژگان: رادیوایزوتوپ، پلاسمای کانونی، شبیه‌سازی جینت ٤، دز عمقی، گسیلنده پوزیترون.

۱. مقدمه

۱.۱. رادیوایزوتوپ ^{18}F

فلوئور ۱۸ یکی از رادیوایزوتوپ‌های نیمه‌عمر کوتاه با مشخصات زیر است:

- جرم: ۱۸/۰۰۰۹۳۸ amu
- نیمه‌عمر: ۱۰۹/۷۷۱ دقیقه
- منبع مهمی از پوزیترون به حساب می‌آید.
- واپاشی‌های آن شامل گسیل پوزیترون (۹۷٪ موارد) و گیراندازی الکترون (۳٪ موارد) است.

فلوئور ۱۸ رادیوایزوتوپ مهمی در صنعت رادیودارو محسوب می‌شود. این رادیوایزوتوپ گسیلنده پوزیترون، نقش

مهمی در تصویربرداری به روش برش‌نگاری با نشر پوزیترون پِت دارد و در ابتدا به شکل FDG برای استفاده در دستگاه تصویربرداری پِت ساخته شده است. از آن‌جا که ^{18}F با نیمه عمر حدود ۱۱۰ دقیقه، پرکاربردترین و مطلوب‌ترین رادیوایزوتوپ در روش پِت محسوب می‌شود، ابزار تولید و فرآوری آن اهمیت زیادی پیدا کرده است.

جدول (۱): مهم‌ترین واکنش‌های تولید رادیوایزوتوپ F ^{18}.

هدف	سطح مقطع (mb)	انرژی (MeV)	واکنش
$^{18}O_2, H_2O$	۵۸۵/۹	۵/۰۲	$^{18}O(p,n)\,^{18}F$
$^{20}Ne, Ne/F_2\ \%0.1$	۲۲۲/٤	٦/۱	$^{20}Ne(d,\alpha)\,^{18}F$
H_2O	٤۳٦	٦/۳۵	$^{16}O(^3He,p)\,^{18}F$

۲.۱. دستگاه پلاسمای کانونی

به‌طور کلی، دستگاه پلاسمای کانونی وسیله‌ای است که می‌تواند به کمک تراکم و شتاب الکترومغناطیسی (در رابطه با فیزیک تنگش)، پلاسمای داغ و چگال با عمر کوتاه، حدود ۵۰ ns تولید کند که خود منبع تولید پرتوهای مختلف مانند: پرتو نوترونی، یونی، الکترونی و از همه مهم‌تر، پرتوهای ایکس نرم و سخت است.

دستگاه پلاسمای کانونی یک چشمه قوی تولید نوترون‌های پر انرژی به حساب می‌آید. علاوه‌بر این سایر پرتوهایی مانند پرتوهای X، پرتوهای گاما، الکترون‌ها و یون‌ها نیز از این دستگاه ساطع می‌شوند [۱۰-۸].

معمولاً نابودی نوترون در حدود ده‌ها تا صدها نانوثانیه به طول می‌انجامد. گزارش‌ها نشان می‌دهند که با تغییر انرژی بانک خازنی از ۱ KJ تا ۱ MJ، گسیل نوترون از $۱۰^۷$ تا $۱۰^{۱۲}$ نوترون در هر پالس تغییر می‌کند. در حالی که این میزان پرتو و انواع آن برای آزمایش‌ها مفید است، این پرتودهی، خطر تشعشع پرتو را برای کاربران دستگاه ایجاد می‌کند. حذف کامل دز دریافتی کاربران، بدون قرار دادن دستگاه در مکانی بسیار دور محقق نخواهد شد. حفاظ‌های گوناگون نوترونی مانند بتون، پارافین، پلی‌اتیلن و مواد بورات شده، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مؤثرترین حفاظ، ساختار مارپیچی است. از آن‌جا که میزان استاندارد دز دریافتی سالانه هر فرد ۲۰ mSv است، حفاظ‌ها طوری باید طراحی شوند که دز دریافتی سالانه کاربران در حدود کم‌تر از ۲۰ mSv باشد. دستگاه در شکل ۱ نمایش داده شده است.

شکل (۱): دستگاه پلاسمای کانونی.

۲. روش انجام تحقیق

این تحقیق با استفاده از شبیه‌سازی توسط نسخه جدید جینت ۷.۱۰.٤ انجام شده است. در این ابزار تعریف هندسه اهمیت به‌سزایی داد و به نکات زیر برای تعریف یک حجم باید توجه کرد:

- شکل حجم را مشخص کنیم.
- خواص فیزیکی حجم را مشخص کنیم.
- حجمی که دربردارنده این حجم مورد نظر ما است را مشخص کنیم.
- سیستم مختصات تعیین کننده محل قرار گرفتن حجم دختر همان سیستم مختصات حجم مادر است.

برای گرفتن بهترین نتیجه، بعد از تکرار شبیه‌سازی، از مواد نوشته شده در جدول ۲ استفاده شده است.

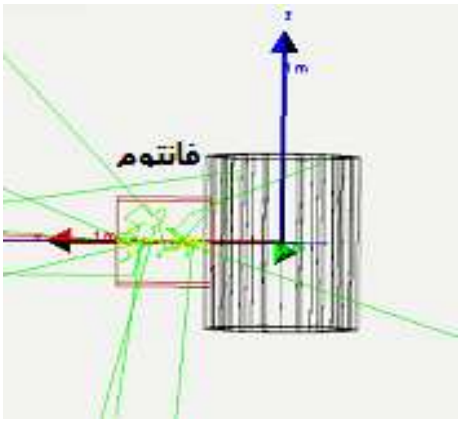
جدول (۲): ساختار مورد استفاده برای شبیه‌سازی دستگاه پلاسمای کانونی.

چگالی (g/cm^3)	ضخامت (cm)	ماده	سلول
۱۱/۳٤	۲	Pb	بازتابنده
۱۱/۳٤	۹	Pb	کالیماتور
۹/۷۸	۳	Bismuth	فیلتر
۰/٦٦۹	۲	Al	کندکننده

۳. بحث و نتیجه‌گیری

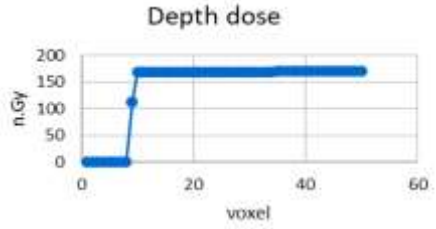
۱.۳. بحث

در این پژوهش در جستجوی دستگاه‌های تولید رادیو ایزوتوپ‌های با نیمه‌عمر کوتاه، برای شبیه‌سازی دز عمقی دریافتی توسط مکعب فانتوم آب به ابعاد ۲۰ cm در فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متری چشمه و شلیک یک میلیون پروتون از چشمه نقطه‌ای با انرژی ۲۵ MeV به هدف آب استوانه‌ای به شعاع cm ۷ و ارتفاع ۳ mm به‌منظور تولید رادیوایزوتوپ F^{18}، از ابزار جینت ٤.۱۰.۷ استفاده شده است. در شکل ۲ شبیه‌سازی هندسه دستگاه پلاسمای کانونی نمایش داده شده است.



شکل (۲): شبیه‌سازی دستگاه پلاسمای کانونی توسط ابزار جینت ٤.

دزیمتری پرتوها در رادیوتراپی دارای اهمیت بالایی است. زیرا رادیوتراپی موفقیت‌آمیز مستلزم تابش دقیق در بافت است. در شکل ۳ دز عمقی در ۵۰ وکسل محاسبه و نمایش داده شده است.



شکل (۳): دز عمقی فانتوم آب با چشمه پروتون توسط شبیه‌سازی جینت ٤.

۲.۳. نتیجه‌گیری

مراکز درمانی محدودی در کشور دارای تجهیزات مناسب در زمینه پروتون‌تراپی هستند با توجه به کمبود دستگاه‌های تولیدکننده این ذرات و هزینه‌های بالا برای خرید و داشتن توان داخلی برای ساخت و استفاده از دستگاه‌های کوچکتر (پلاسمای کانونی)، قابل حمل‌ونقل و ارزان‌تر اقدام به معرفی و مقایسه با این دستگاه موجود شده است. با توجه به نیاز روزافزون وجود دستگاه‌های جایگزین برای درمان بیماری‌ها به کمک پزشکی هسته‌ای و با توجه به تحریم‌ها و توانایی اندک در واردات دستگاه‌های پرهزینه و توانایی ساخت دستگاه‌های کم‌حجم‌تر، سریع‌تر و ارزانتر در داخل کشور، با مقایسه‌ای که در این مقاله انجام شد می‌توان از دستگاه‌های جدید مانند پلاسمای کانونی با همان توانایی‌ها در ناوگان درمان استفاده کرد. مقاله حاضر یک مقاله برگرفته از رساله دکتری به‌منظور شبیه‌سازی برای تولید رادیوایزوتوپ‌های با نیمه‌عمر کوتاه است.

۴. مراجع

1. P. Munro, J. A. Rawlinson, A. Fenster. Therapy imaging: Source sizes of radiotherapy beams. *Med. Phys.* 15 (1988) 517-24.
2. W. R. Lutz, N. Maleki, B. E. Bjärngard. Evaluation of a beam-spot camerafor megavoltage xrays. *Med. Phys.* 15 (1988) 614-7.
3. E. Loewinger, E. Bar-Avraham, G. Barnea. Measurement of the source size of a 6-.and 18-MV radiotherapy linac. *Med. Phys.* 19 (1992) 687-90.
4. D. A. Jaffray, J. J. Battista, A. Fenster, P. Munro. X-ray sources of medical linear accelerators: Focal and extra-focal radiation. *Med. Phys.* 20 (1993) 1417-27.
5. A. E. Schach von Wittenau, C. M. Logan, R. D. Rikard. Using a tungsten rollbar to characterize the source spot of a megavoltage bremsstrahlunglinac. *Med. Phys.* 29 (8) (2002) 1797-806.
6. H. H. Liu, T. R. Mackie, E. C. McCullough. A dual source photon beam model used in convolution/

superposition dose calculations for clinical megavoltage x-ray beams. *Med. Phys*. 24 (1997) 1960-74.

7. C. L. Hartmann Siantar, R. S. Walling, T. P. Daly, B. Faddegon, N. Albright, P. Bergstrom, A. F. Bielajew, C. Chuang, D. Garrett, R. K. House, D. Knapp, D. J. Wieczorek, L. J. Verhey. Description and dosimetric verification of the PEREGRINE Monte Carlo dose calculation system for photon beams incident on a water phantom. *Med. Phys*. 28 (2001) 1322-37.
8. B. Bieńkowska, S. Jednoróg, I. M. Ivanova-Stanik, M. Scholz, A. Szydłowski. Application of the ion beam emitted from plasma focus device for target activation. *Acta Phys. Slovaca* 54 (4) (2004) 401-407.
9. C. Bohlken, et al. Production of [^{18}F] from [^{18}F]-Fluoride Using A Plasma Induced Scrambling Procedure. (GE Healthcare, Inc. IP Department 101 Carnegie Cente, Princeton NJ, 08540, US) WIPO Patent Application WO/2007/129165.
10. M. Frignani, S. Mannucci, D. Mostacci, F. Rocchi, M Sumini, L. Karpinski. Short circuit tests on a 150 kJ, 1 hz repetitive Plasma Focus. *Czech. J. Phys*. (Suppl 2) 56 (2006) B413-B418.