

بررسی آلودگی نوترونی پرتو گامای تولید شده در شتابدهنده خطی نپتون ۱۰PC

فرشباشی، حسین^{۱*}؛ رهام، سالک^۲؛ محمدی، حبیب^۱

^۱ گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند ^۲ بخش رادیوتراپی، بیمارستان امام رضا (ع)، مشهد

چکیده

پرتوهای X که به وسیله شتاب دهنده خطی پزشکی تولید می‌شود، به طور اساسی در درمان سرطان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این پرتوها با انرژی بالا در برخورد با موادی با Z بالا مانند (سرب) به وجود می‌آیند. برای این که آلودگی نوترونی ناشی از این پرتوها ناچیز باشد، اتاق درمان شتاب دهنده درمانی باید از موادی حفاظت شود که نگه دارنده این پرتوها باشد. در این تحقیق با استفاده از آشکار سازی از نوع BF_3 دز جذبی نوترون را در فاصله‌های مختلف اتاق درمان و پشت در اتاق تحت زاویه های صفر و ۲۷۰ درجه اندازه گیری کرده‌ایم و همچنین توزیع دز جذبی نوترون را در فاصله یک متری از سر شتاب دهنده نیز اندازه گیری گردید.

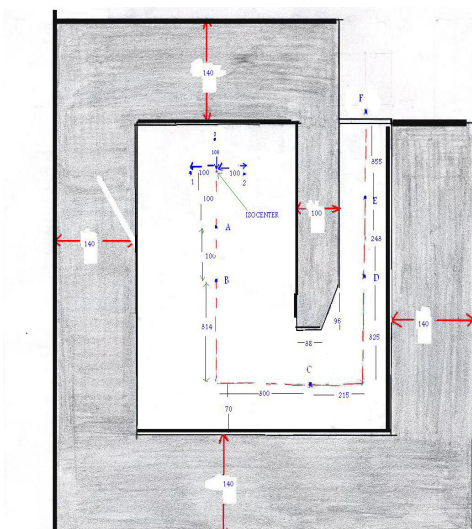
۱-۱ مقدمه

اشعه های X که به وسیله شتاب دهنده خطی الکترون پزشکی تولید می شود، به طور اساسی برای درمان سرطان مورد استفاده قرار می گیرد. برای این که آلودگی نوترونی ناشی از این اشعه-ها ناچیز باشد، اتاق شتاب دهنده درمانی باید از موادی حفاظت شود که نگه دارنده این پرتوها باشد. آلودگی نوترونی اطراف شتاب دهنده به طور عمده به وسیله اندرکنش پرتوهای X با انرژی بالا در برخورد با موادی با Z بالا (مانند سرب) به وجود می آیند [۱]. خیلی از مطالعات در این زمینه توسط پژوهشگران با ابزارهای اندازه گیری یا محاسبات انجام شده است، یا بر روی تکنیک های تابش دهی مانند ۳-D Conformal و IMRT تمرکز نموده‌اند [۲-۸]. که همه این مطالعات با ماشین شتاب دهنده الکترونی در حدود ۱۵ MeV انجام شده است. شتاب دهنده الکترونی خطی ۹ MeV مورد استفاده در این تحقیق Neptun ۱۰PC می باشد. پرتوهای تولیدی ابتدا از یک کالیماتور اولیه و سپس از یک فیلتر صافی عبور می کند، بعد یک جفت کالیماتور ثانویه وجود دارد که امکان تنظیم ابعاد میدانی پرتو خروجی را می دهد.

۲-۱ مراحل انجام کار

۱- خصوصیات اتاق درمان: شکل (۴-۱) طرحی از یک اتاق درمان و موقعیت آشکارسازی دز جذبی را در نقاط تعیین شده نشان می‌دهد، که ضخامت دیوارهای اتاق ۱۰۰ تا ۱۴۰ سانتیمتر از بتون معمولی است، ارتفاع تمام موقعیت آشکارسازی از کف اتاق ۱۰۰ سانتیمتر می‌باشد.

- ۲- وسیله اندازه‌گیری و داده‌های مورد نیاز: در این پروژه دز جذبی به کمک آشکارسازی از نوع BF_3 که شکلی کروی دارد و بر حسب μSV درجه بندی شده بود، اندازه‌گیری شد.
- ۳- شرح کار: در این تحقیق تحت زاویه‌های 0° و 270° درجه و میدانهای $10cm \times 10cm$ و $20cm \times 20cm$ و $35cm \times 35cm$ دز جذبی را بر حسب μSV توسط آشکار ساز در تمام موقعیت‌های تعیین شده از اتاق درمان اندازه‌گیری کرده‌ایم و سپس آن را به ازای $\frac{\mu SV}{MU}$ حساب نموده‌ایم. هر Monitor (MU) Unit برابر با 0.867 راد می باشد. همچنین توزیع همسانگرد دز جذبی را اطراف سر شتاب دهنده در فاصله $1m$ و تحت زاویه صفرو میدان $35cm \times 35cm$ نیز اندازه‌گیری کرده‌ایم.



شکل (۱-۱) طرحی از اتاق درمان و موقعیت آشکارسازها از A تا F می باشد، فاصله‌ها بر حسب سانتیمتر است. فاصله نقطه C از isocenter از رابطه فیثاغورث به دست می آید.

$$a^2 = (300)^2 + (514)^2 \rightarrow a = 595cm$$

a: فاصله نقطه C از isocenter

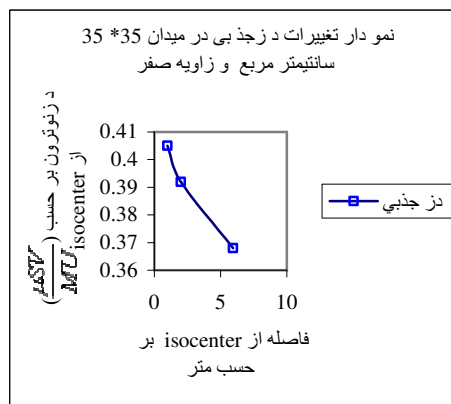
۳-۱ نتایج کار عملی:

- ۱- برای زاویه صفر درجه و میدان $35cm \times 35cm$ با MU برابر با ۱۰۰ ما دز جذبی و خطای استاندارد را برای تمام موقعیت‌های آشکارسازی مطابق با جدول (۱-۱) محاسبه نموده‌ایم.

جدول (۱-۱) دز جذبی در زاویه صفرو میدان $35\text{cm} \times 35\text{cm}$

موقعیت آشکارساز	دز جذبی $\left(\frac{\mu\text{SV}}{\text{MU}}\right)$	خطای استاندارد٪
A	. / 405	12/ 44
B	. / 392	7/ 14
C	. / 368	10/ 6
D	$1/15 \times 10^{-3}$	1/ 65
E	$2/3 \times 10^{-4}$. / 73
F	o	o

نمودار (۱-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه صفر درجه و میدان $35\text{cm} \times 35\text{cm}$ را نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از isocenter دز جذبی کاهش پیدا می‌کند.



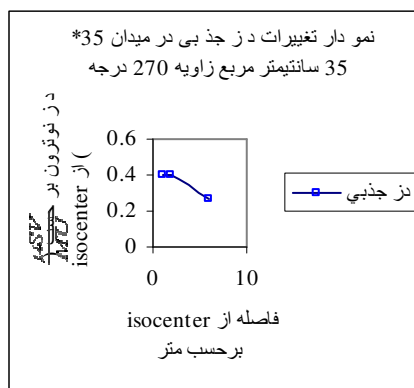
نمودار (۱-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه صفر درجه و میدان $35\text{cm} \times 35\text{cm}$

۲- برای زاویه 270° درجه و میدان $35\text{cm} \times 35\text{cm}$ با MU برابر با 100 دز جذبی و خطای استاندارد را برای تمام موقعیت‌های آشکارسازی مطابق با جدول (۲-۱) محاسبه نموده‌ایم.

 جدول (۲-۱) دز جذبی در زاویه 270° درجه و میدان $35\text{cm} \times 35\text{cm}$

موقعیت آشکارساز	دز جذبی $\left(\frac{\mu\text{SV}}{\text{MU}}\right)$	خطای استاندارد٪
A	. / 402	2/ 03
B	. / 395	22/ 34
C	. / 271	18/ 52
D	$7/1 \times 10^{-4}$	1/ 2
E	8×10^{-4}	1/ 7
F	o	o

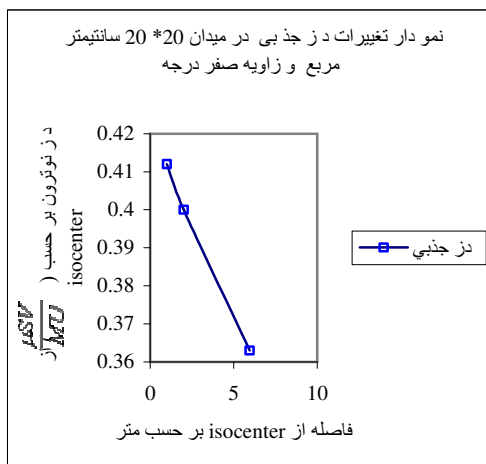
نمودار (۲-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه ۲۷۰ درجه و میدان $35\text{cm} \times 35\text{cm}$ را نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از isocenter دز جذبی کاهش پیدا می‌کند.



نمودار (۲-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه ۲۷۰ درجه و میدان $35\text{cm} \times 35\text{cm}$ - ۳ - برای زاویه صفر درجه و میدان $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ با 107 برابر با 107 ما دز جذبی و خطای استاندارد را برای تمام موقعیت‌های آشکارسازی مطابق با جدول (۳-۱) محاسبه نموده‌ایم.
جدول (۳-۱) دز جذبی در زاویه صفر درجه و میدان $20\text{cm} \times 20\text{cm}$

موقعیت آشکارساز	دز جذبی ($\frac{\mu\text{SV}}{\text{MU}}$)	خطای استاندارد٪
A	./412	18/73
B	./400	20/22
C	./363	11/95
D	$6/8 \times 10^{-4}$./92
E	$1/9 \times 10^{-4}$./45
F	o	o

نمودار (۳-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه صفر درجه و میدان $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ را نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از isocenter دز جذبی کاهش پیدا می‌کند.

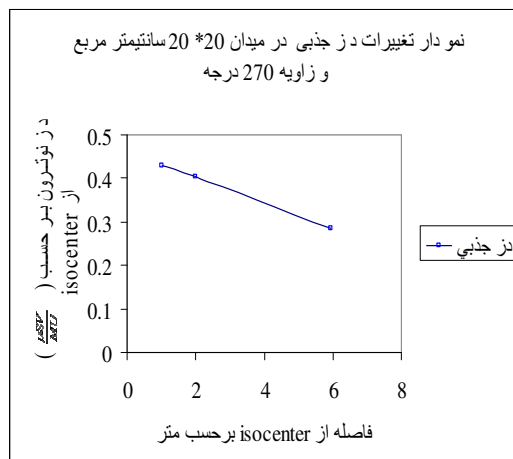


نمودار (۳-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه صفر درجه و میدان $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ ۴- برای زاویه 270° درجه و میدان $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ با MU برابر با ۱۰۷ ما دز جذبی و خطای استاندارد را برای تمام موقعیت های آشکارسازی مطابق با جدول (۴-۱) محاسبه نموده ایم.

جدول (۴-۱) دز جذبی در زاویه 270° درجه و میدان $20\text{cm} \times 20\text{cm}$

موقعیت	دز جذبی ($\frac{\mu\text{SV}}{\text{MU}}$)	خطای استاندارد %
A	./ 428	17/2
B	./ 405	8/4
C	./ 285	8/4
D	$8/03 \times 10^{-4}$	3/3
E	$2/99 \times 10^{-4}$./ 42
F	o	o

نمودار (۴-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه 270° درجه و میدان $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ را نشان می دهد که با افزایش فاصله از isocenter دز جذبی کاهش پیدا می کند.



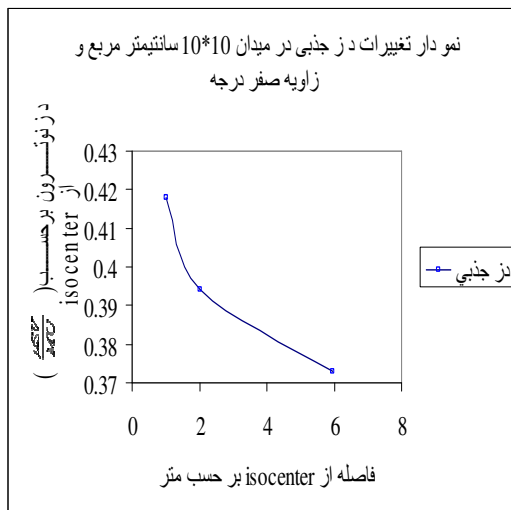
نمودار (۴-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه ۲۷۰ درجه و میدان $20cm \times 20cm$

۵- برای زاویه صفر درجه و میدان $10cm \times 10cm$ با MU برابر با ۱۱۵ اما دز جذبی و خطای استاندارد را برای تمام موقعیت های آشکارسازی مطابق با جدول (۵-۱) محاسبه نموده‌ایم.

جدول (۵-۱) دز جذبی در زاویه صفر درجه و میدان $10cm \times 10cm$

موقعیت آشکارساز	دز جذبی $(\frac{\mu Sv}{MU})$	خطای استاندارد %
A	./ 418	18/ 4
B	./ 394	1/ 34
C	./ 373	10/ 18
D	$9/ 8 \times 10^{-4}$	7/ 8
E	$2/ 35 \times 10^{-4}$	1/ 07
F	o	o

نمودار (۵-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه صفر درجه و میدان $10cm \times 10cm$ را نشان می دهد که با افزایش فاصله از isocenter دز جذبی کاهش پیدا می کند.



نمودار (۵-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه صفر درجه و میدان $10 \text{cm} \times 10 \text{cm}$

۶- برای زاویه 270° درجه و میدان $10 \text{cm} \times 10 \text{cm}$ با MU برابر با ۱۱۵ ما دز جذبی و خطای استاندارد را

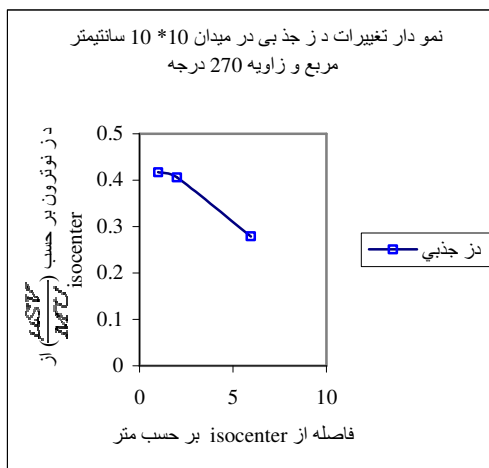
برای تمام موقعیت های آشکارسازی مطابق با جدول (۶-۱) محاسبه نموده ایم.

جدول (۶-۱) دز جذبی در زاویه 270° درجه و میدان $10 \text{cm} \times 10 \text{cm}$

موقعیت آشکارساز	دز جذبی $\left(\frac{\mu\text{SV}}{\text{MU}}\right)$	خطای استاندارد %
A	. / 417	8 / 69
B	. / 406	11 / 88
C	. / 279	12 / 87
D	$1 / 27 \times 10^{-3}$	2 / 75
E	$2 / 43 \times 10^{-4}$. / 8
F	o	o

نمودار (۶-۱) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه صفر درجه و میدان $10 \text{cm} \times 10 \text{cm}$ را نشان

می دهد که با افزایش فاصله از isocenter دز جذبی کاهش پیدا می کند.



نمودار (۱-۶) تغییرات دز جذبی نوترون از isocenter در زاویه 270° درجه و میدان $10cm \times 10cm$

۷- برای زاویه صفر درجه و میدان $35cm \times 35cm$ با MU برابر با 100 اما دز جذبی و خطای استاندارد را برای تمام موقعیت‌های آشکارسازی مطابق با جدول (۱-۷) محاسبه نموده‌ایم و به این نتیجه رسیدیم که توزیع نوترون در اطراف سر شتابدهنده در موقعیت‌های تعیین شده ۱ و ۲ و ۳ از شکل (۱-۱) که در فاصله یک متری از سر شتابدهنده قرار دارند، یک توزیع همسانگردی است.

جدول (۱-۷) دز جذبی در زاویه 0° درجه و میدان $35cm \times 35cm$ اطراف سر شتاب دهنده

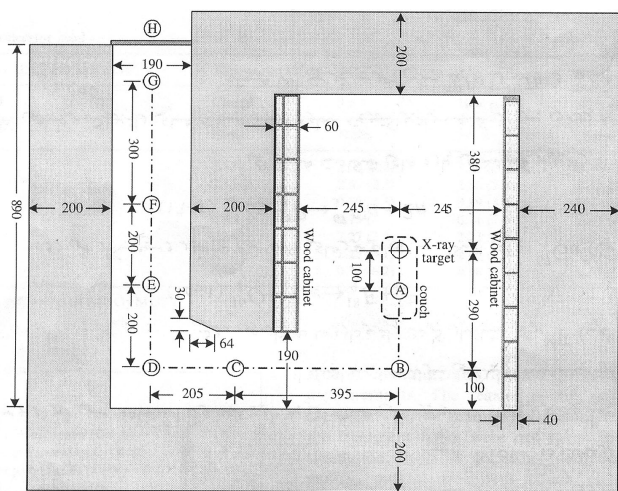
موقعیت	دز جذبی	خطای استاندارد٪
آشکارساز	$(\frac{\mu SV}{MU})$	
1	./ 411	3/ 32
2	./ 407	1/ 76
3	./ 414	./ 7

بحث و نتیجه‌گیری

در شتابدهنده خطی الکترون پزشکی $10MeV$ واقع در بیمارستان Lin-kuo Chang-Gung Memorial در تایوان این کار انجام شده، که طرحی از اتاق درمان این بیمارستان به صورت شکل (۱-۲) و آشکارساز مورد استفاده از نوع حباب نوترون می‌باشد، که جدول (۱-۸) محاسبات دز جذبی نوترون را بر حسب $\frac{\mu SV}{MU}$ نشان می‌دهد [۱]. همین این کار را در شتابدهنده خطی الکترون پزشکی بیمارستان امام رضای مشهد با استفاده از آشکارسازی از نوع BF_3 و طرح اتاق درمانی مانند شکل (۱-۱) صورت پذیرفت. دز جذبی نوترون را برای میدانهای $35cm \times 35cm$ و $20cm \times 20cm$ و $10cm \times 10cm$ در زاویه‌های صفر درجه و 270°

درجه اندازه‌گیری گردید، ملاحظه شد که با افزایش فاصله از isocenter از جذبگی کاهش پیدا می‌کند. لذا آلودگی نوترونی (دز جذبگی که بیمار در اتاق درمان می‌گیرد) بسیار بسیار ناچیز است، بنابراین بیمار تقریباً هیچ دز نوترونی را نمی‌گیرد و بعلاوه توزیع نوترون در اطراف سر شتاب دهنده نیز یک توزیع همسانگردی می‌باشد.

جدول (۸-۱) محاسبه دز جذبگی توسط آشکارساز حباب نوترون [۱]



شکل (۲-۱) طرحی از اتاق درمان و موقعیت های آشکارسازها از A تا H و فاصله ها بر سانتیمتر [۱].

موقعیت آشکارساز	دز جذبگی ($\frac{\mu SV}{MU}$)	خطای استاندارد٪
A	./ 225	7/ 5
B	$6/ 97 \times 10^{-2}$	9/ 6
C	$1/ 51 \times 10^{-2}$	9/ 2
D	$4/ 09 \times 10^{-3}$	14/ 4
E	$8/ 61 \times 10^{-4}$	16/ 9
F	$2/ 56 \times 10^{-4}$	10/ 2
G	$7/ 52 \times 10^{-5}$	24/ 8
H	-	-

References

- [1] C. C. Chen, R. J. sheu, C. Y. Yeh, U. T. Line, S. H. Jiang, "Nucl. Inst. Meth." A **561**(2006) 1033-1037.
- [2] Z. S. Mao, K. R. Kase, J. C. Liu, W. R. Nelson, J. H. Kleck, S. Johnsen, "Health Phys." **72**(1997) 524.
- [3] K. R. Kase, X. S. Mao, W. R. Nelson, J. C. Liu, J. H. Kleck, M. Elsalim, "Health Phys." **74**(1998) 38.
- [4] E. J. Waller, T. J. Jamieson, D. Cole, T. Cousins, R. B. Jammal, "Radiat. Prot. Dosim." **107**(2003) 225.
- [5] E. J. Waller, T. J. Jamieson, D. Cole, T. Cousins, R. B. Jammal, "Radiat. Prot. Dosim." **107**(2003) 233.
- [6] A. Zanini, E. Durisi, F. Fasolo, C. Ongaro, L. Visca, U. Nastasi, K. W. G. Rosner, "Phys. Med. Biol." **49**(2004) 571.
- [7] R. M. Howell, M. S. Ferenci, N. E. Hertel, G. D. Fullerton, "Med. Phys." **32**(2005) 786.
- [8] R. Barquero, R. Mendez, H. R. Vega-Carrillo, M. P. Iniguez, T. M. Edwards, "Health Phys." **88**(2005) 48.



انجمن هسته‌ای ایران

اصفهان، دانشگاه اصفهان، ۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۸۵

کنفرانس
کیمیا



دانشگاه اصفهان