

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده فیزیک

فیزیک هسته‌ای

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

محاسبه درصد خطای به وجود آمده در استفاده از فانتوم آب به جای بافت نرم برای توزیع دز چشمه‌ی براکی تراپی ^{103}Pd به روش مونت کارلو.

دانشجو:

ام‌لیلا احمدی

استاد راهنما:

دکتر حسین توکلی عنبران

بهمن ۹۱

سپاس و ستایش مرخداي راجل و جلاله كه آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حكمت او در دل شب تار، درخشان،

آفریدگاری كه خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت

بیازماید.

تقدیم به:

به دو فرشته ای كه نیستند تا بردستانشان بوسه زنم و بگویم جایگاهی كه اکنون در آن ایستاده ام

فقط به خاطر زحماتی است كه برایم كشیده اند.

تقدیم به:

خواهرم كه وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.

و

به همسرم، پناه خستگیم، امید بودنم كه وجودش تمام زندگی ام است.

تشکر و قدردانی می‌کنم از اسوهی صبر و تحمل، استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر حسین توکلی
عبران بابت آنچه که به من ارزانی داشته تا در سایه‌ی لطف راهنمای‌هایشان بتوانم این مقطع
تحصیلی را به پایان برسانم.

از همسرم بخاطر حمایت‌های روحی و کمک‌هایش در اجرای برنامه‌ها و همچنین از دوستان خوبم
خانم‌ها شرفی و عابدینی نیا بخاطر راهنمایی‌ها و کمک‌های دلسوزانه‌شان متشکرم.

چکیده

براکی‌تراپی، روشی در پرتو درمانی است که در آن از چشمه‌های رادیواکتیو ویژه‌ای در فاصله‌ی نزدیک، در تماس یا کاشت در تومور، برای درمان استفاده می‌شود به طوری که بافت آسیب دیده بیشترین دز را دریافت کرده در حالی که به بافت‌های سالم اطراف آن آسیب کمتری برسد.

چشمه‌های ^{103}Pd و ^{125}I به طور گسترده در درمان تومورهای بدخیم استفاده می‌شوند. در سال ۱۹۸۶ چشمه ^{103}Pd به عنوان یک انتخاب مناسب برای جایگزینی چشمه ^{125}I مطرح شد. این چشمه در براکی‌تراپی برای درمان سرطان سینه، اولین بار در مرکز منطقه‌ای سرطان سانپروک تورنتو (TSRCC) کانادا استفاده شد و هم اکنون در درمان سرطان‌های پروستات، سینه و تومورهای بدخیم تهاجمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که در فاصله‌ی کمی از چشمه ^{103}Pd دز به سرعت افت می‌کند، با آهنگ دز مناسب می‌توان به بازده بالایی برای کشتن سلول‌های سرطانی در تومورهایی با رشد سریع دست یافت بنابراین تعیین پارامترهای دزیمتری این چشمه‌ها قبل از کاربرد کلینیکی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این هدف، تنها توسط اندازه‌گیری‌های تجربی که براساس دزیمتری براکی‌تراپی می‌باشد میسر است. به دلیل بالا بودن دز در فاصله‌های نزدیک به چشمه، دزیمتری تجربی در براکی‌تراپی پیچیده می‌باشد و حتی می‌توان گفت در فاصله‌های کوچک غیر ممکن است. یکی از تکنیک‌هایی که به طور گسترده برای حل این مشکل مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو می‌باشد. محاسبه‌ی توزیع‌های دز در فاصله‌های کوچک و همچنین، اعتبار سنجی نتایج تجربی می‌تواند به وسیله‌ی کدهای قدرتمندی از قبیل MCNP، BEAM، EGSNRC، PENELOPE، GEANT4 و ETRAN/ITS صورت پذیرد.

در سال ۱۹۹۵ انجمن فیزیک پزشکی آمریکا (AAPM) تحت عنوان TG-43 پروتکلی که شامل فرمول بندی جدید برای محاسبه‌ی دز چشمه‌های براکی‌تراپی منتشر کرده است. این پروتکل شامل کاربرد مونت کارلو در شبیه‌سازی، راهنمایی برای دزیمتری مونت کارلو، توصیه‌هایی برای شبیه‌سازی و

اعتبار سنجی محاسبات می‌باشد. طبق این پروتکل پارامترهای دزیمتری شامل: شدت کرمای هوا (Air Kerma Strength)، ثابت نرخ دز (Dose Rate Constant)، تابع هندسی (Geometry Function)، تابع دز شعاعی (Radial Dose Function) و تابع ناهمسانگردی (Anisotropy Function) می‌باشد، که هر یک از این کمیات در تعیین دز جذبی رسیده به تومور سهیم هستند. چون در حالت عملی، آزمایش برای درستی دز رسیده به ناحیه‌ی تحت درمان را نمی‌توان مستقیماً در بدن انسان انجام داد، با استفاده از نزدیکی چگالی و ترکیبات موجود در آب با بافت بدن، شبیه‌سازی تعیین پارامترهای دزیمتری، در فانتوم آب صورت می‌گیرد. در این پژوهش ضمن تعیین پارامترهای دزیمتری طبق دستورالعمل TG-43 با فانتوم آب، به محاسبه‌ی این پارامترها در فانتوم بافت بدن نیز پرداخته و با مقایسه‌ی نتایج حاصل از این دو حالت، بررسی این که مقادیر حاصل از شبیه‌سازی با فانتوم آب تا چه میزان می‌تواند در درمان تومورهای بدخیم به جای بافت بدن مورد استفاده قرار گیرد، ارزیابی شده است.

مقاله مستخرج شده از پایان نامه

احمدی ا، توکلی عنبران ح، " بررسی پارامتر دزیمتری تابع آرایش هندسی در چشمه‌ی براکی‌تراپی پالادیوم-۱۰۳ مدل MED3633 با استفاده از کد MCNP4C"، اولین همایش ملی الکترونیکی کاربردهای فیزیک، جهرم، بهمن ۹۱.

فصل اول: مبانی فیزیکی.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ تابش.....	۲
۱-۲-۱ ذرات مستقیماً یوننده.....	۳
۲-۲-۱ ذرات غیر مستقیم یوننده.....	۳
۳-۱ پرتوهای گاما.....	۳
۱-۳-۱ یون سازی مستقیم.....	۴
۲-۳-۱ یون سازی غیرمستقیم.....	۴
۴-۱ ماهیت تابش ایکس.....	۴
۵-۱ برهم کنش پرتو گاما با ماده.....	۵
۱-۵-۱ پدیده‌ی فوتوالکتریک.....	۵
۲-۵-۱ پراکندگی کامپتون.....	۷
۳-۵-۱ تولید زوج.....	۱۰
۴-۵-۱ ضریب تضعیف کل.....	۱۱
۵-۵-۱ مسیر آزاد میانگین.....	۱۲
۶-۵-۱ تضعیف و فاصله.....	۱۲
۷-۵-۱ ضریب انتقال انرژی و جذب انرژی.....	۱۴
۶-۱ قانون واپاشی.....	۱۵
۱-۶-۱ پرتوزایی.....	۱۶
۲-۶-۱ نیمه عمر.....	۱۷

۱۷	۳-۶-۱ نیمه عمر بیولوژیکی.....
۱۷	۴-۶-۱ دزیمتری پرتوها.....
۱۹	۵-۶-۱ تاریخچه‌ی پرتودهی.....
۲۱	۶-۶-۱ مفهوم کرما.....
۲۲	۷-۶-۱ کرما در هوا و پرتودهی.....
۲۳	۸-۶-۱ کرما و دز جذبی.....
۲۵	۷-۱ کاربرد ایزوتوپ‌های پرتوزا در پزشکی هسته‌ای.....
۲۵	۱-۷-۱ پرتو درمانی.....
۲۶	فصل دوم: براکی تراپی.....
۲۷	۱-۲ مقدمه.....
۲۷	۲-۲ براکی تراپی.....
۲۸	۱-۲-۲ تاریخچه‌ی براکی تراپی.....
۲۹	۲-۲-۲ چشمه‌های مورد استفاده در براکی تراپی.....
۳۰	۳-۲ چشمه‌های کم انرژی.....
۳۱	۴-۲ مدل‌های چشمه‌ی براکی تراپی ^{103}Pd
۳۱	۱-۴-۲ مشخصات چشمه ^{103}Pd مدل MED3633.....
۳۳	۵-۲ توزیع‌های دز در اطراف چشمه.....
۳۴	۶-۲ دستورالعمل محاسبه‌ی دز.....
۴۷	۱-۶-۲ شدت کرمای هوا.....
۳۸	۱-۱-۶-۲ ارتباط شدت کرمای هوا با اکتیویته.....
۳۹	۲-۱-۶-۲ اکتیویته‌ی آشکار و جرم معادل.....
۴۰	۳-۱-۶-۲ رابطه‌ی شدت کرمای هوا با جرم معادل رادیوم و نرخ پرتودهی.....

۴۱	.....	۲-۶-۲ ثابت نرخ دز.....
۴۲	.....	۱-۲-۶-۲ دلایل استفاده از ثابت نرخ دز.....
۴۳	.....	۳-۶-۲ عامل هندسی $G(r,\theta)$
۴۶	.....	۴-۶-۲ تابع دز شعاعی $g(r)$
۴۶	.....	۵-۶-۲ تابع ناهمسانگردی $F(r,\theta)$
۴۶	.....	۷-۲ استفاده از روش مونت کارلو برای بدست آوردن پارامترهای دزیمتری.....
۵۰	.....	فصل سوم: کد MCNP
۵۱	.....	۱-۳ مقدمه.....
۵۱	.....	۲-۳ روش مونت کارلو.....
۵۲	.....	۳-۳ کد MCNP.....
۵۲	.....	۱-۳-۳ کاربرد کد MCNP.....
۵۲	.....	۲-۳-۳ ویژگی‌های کد MCNP.....
۵۳	.....	۴-۳ واکنش‌ها و داده‌های هسته‌ای.....
۵۴	.....	۵-۳ ساختار فایل ورودی کد MCNP.....
۵۴	.....	۱-۵-۳ کارت سلول.....
۵۵	.....	۱-۱-۵-۳ دستور LIKE.....
۵۵	.....	۲-۵-۳ کارت سطح.....
۵۷	.....	۳-۵-۳ کارت داده.....
۵۷	.....	۱-۳-۵-۳ کارت تعیین نوع مساله (MODE).....
۵۸	.....	۲-۳-۵-۳ کارت توصیف چشمه (SDEF).....
۵۸	.....	۱-۲-۳-۵-۳ کارت SIn.....
۵۹	.....	۲-۲-۳-۵-۳ کارت SPn.....
۶۰	.....	۳-۳-۵-۳ کارت توصیف کننده‌ی ماده (Mn).....
۶۱	.....	۴-۳-۵-۳ کارت تعیین جواب مساله (Fn).....
۶۲	.....	۱-۴-۳-۵-۳ تالی F4.....
۶۴	.....	۲-۴-۳-۵-۳ تالی F6.....
۶۵	.....	۳-۴-۳-۵-۳ تالی F8.....

۶۵.....	۵-۳-۵-۳ کارت قطع برنامه.....
۶۶.....	۱-۵-۳-۵-۳ کارت قطع زمان (CTME).....
۶۶.....	۲-۵-۳-۵-۳ کارت قطع تاریخچه (NPS).....
۶۶.....	۳-۵-۳-۵-۳ قطع انرژی سلول به سلول (ELPT).....
۶۶.....	۶-۳-۵-۳ کارت تقسیم بندی انرژی خروجی (En).....
۶۷.....	۷-۳-۵-۳ کارت DEn/DFn.....
۶۹.....	۶-۳ فایل خروجی کد MCNP.....
۷۱.....	۷-۳ تخمین خطاهای مونت کارلو.....
۷۲.....	۱-۷-۳ روش‌های کم کردن خطا.....
۷۳.....	فصل چهارم: شبیه سازی و نتایج.....
۷۴.....	۱-۴ مقدمه.....
۷۵.....	۲-۴ محاسبه‌ی دز جذبی $\dot{D}(r,\theta)$
۸۱.....	۳-۴ تابع آرایش هندسی $G(r,\theta)$
۸۱.....	۱-۳-۴ محاسبه‌ی تابع آرایش هندسی به روش تحلیلی.....
۸۶.....	۲-۳-۴ محاسبه‌ی تابع آرایش هندسی با استفاده از کد MCNP.....
۹۲.....	۴-۴ محاسبه‌ی تابع دز شعاعی با استفاده از کد MCNP.....
۹۵.....	۵-۴ محاسبه‌ی تابع ناهمسانگردی با استفاده از کد MCNP.....
۱۰۱.....	۶-۴ محاسبه‌ی شدت گرمای هوا با استفاده از کد MCNP.....
۱۰۳.....	۷-۴ محاسبه‌ی ثابت نرخ دز Λ
۱۰۴.....	۸-۴ محاسبه‌ی پارامترهای دزیمتری در فانتوم بافت نرم.....
۱۰۵.....	۱-۸-۴ محاسبه‌ی تابع دز شعاعی در بافت نرم با استفاده از کد MCNP.....
۱۱۱.....	۲-۸-۴ محاسبه‌ی تابع ناهمسانگردی در فانتوم بافت نرم با استفاده از کد MCNP.....
۱۱۶.....	۳-۸-۴ محاسبه‌ی ثابت نرخ دز Λ در فانتوم بافت نرم.....
۱۱۷.....	۹-۴ بحث و نتیجه گیری.....

فهرست شکل‌ها

صفحه

- ۱-۱ پراکندگی کامپتون..... ۸
- ۲-۱ تضعیف باریکه هنگام عبور از ماده به ضخامت x ۱۳
- ۳-۱ تعداد اتم‌هایی که در واحد زمان واپاشی می‌کنند..... ۱۶
- ۴-۱ نمودار کرما و دز جذبی بر حسب عمق جذب کننده..... ۲۴
- ۱-۲ هندسه مربوط به چشمه‌ی براکی‌تراپی ^{103}Pd مدل MED3633..... ۳۲
- ۲-۲ مختصات چشمه‌ی براکی‌تراپی برای محاسبه‌ی پارامترهای دزیمتری طبق پروتکل TG-43..... ۳۷
- ۳-۲ نقطه‌ی کالیبراسیون برای اندازه‌گیری شدت کرمای هوا طبق پروتکل TG-43..... ۳۸
- ۴-۲ هندسه در نظر گرفته شده برای محاسبه‌ی تابع هندسی..... ۴۴
- ۱-۳ تعداد ذرات وارد شده بر واحد سطح..... ۶۲
- ۱-۴ طرحی از هندسه شبیه‌سازی شده توسط کد MCNP4C..... ۷۶
- ۲-۴ نمودارهای دز جذبی در زوایای صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه با استفاده از تالی‌های مختلف کد MCNP..... ۷۷
- ۳-۴ نمودارهای اختلاف نسبی بر حسب درصد تالی $F8^*$ و $F6$ نسبت به تالی $F4$ در زوایای صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه..... ۷۹
- ۴-۴ کسری از ذرات گسیل شده از یک چشمه‌ی نقطه‌ای همسانگرد که وارد آشکار ساز می‌شوند..... ۸۲
- ۵-۴ هندسه‌ی در نظر گرفته شده برای محاسبه‌ی تابع هندسی حاصل از چهار چشمه‌ی نقطه‌ای در مکان مورد نظر..... ۸۳
- ۶-۴ چشمه‌ی قرصی شکل و آشکارساز با روزنه‌ی گرد..... ۸۴
- ۷-۴ هندسه‌ی مربوط به چشمه در حالتی که کره‌های چشمه در فواصل مختلف از مرکز چشمه قرار داشته باشند..... ۸۷
- ۸-۴ نمودارهای مقایسه‌ی تابع هندسی محاسبه شده با استفاده از کد MCNP، روش تجربی و حل تحلیلی بر حسب دو مختصات مختلف در زاویه‌ی صفر درجه..... ۸۷
- ۹-۴ نمودارهای مقایسه‌ی تابع هندسی محاسبه شده با استفاده از کد MCNP، روش تجربی و حل تحلیلی بر حسب دو مختصات مختلف در زاویه‌ی ۳۰ درجه..... ۸۸

- ۴-۱۰ نمودارهای مقایسه‌ی تابع هندسی محاسبه شده با استفاده از کد MCNP، روش تجربی و حل تحلیلی بر حسب دو مختصات مختلف در زاویه‌ی ۶۰ درجه ۸۸
- ۴-۱۱ نمودارهای مقایسه‌ی تابع هندسی محاسبه شده با استفاده از کد MCNP، روش تجربی و حل تحلیلی بر حسب دو مختصات مختلف در زاویه‌ی ۹۰ درجه ۸۹
- ۴-۱۲ نمودار مقایسه‌ی تابع دز شعاعی بدست آمده کد MCNP با مقادیر تجربی و یک روش مونت کارلو ۹۲
- ۴-۱۳ نمودار تابع دز شعاعی محاسبه شده با کد MCNP همراه با فیت توانی مرتبه‌ی ۵ ۹۲
- ۴-۱۴ نمودارهای تابع ناهمسانگردی محاسبه شده با کد MCNP در فاصله‌ی ۱ سانتی‌متری از چشمه در زوایای مختلف ۹۷
- ۴-۱۵ نمودارهای تابع ناهمسانگردی محاسبه شده با کد MCNP در فاصله‌ی ۲ سانتی‌متری از چشمه در زوایای مختلف ۹۸
- ۴-۱۶ نمودارهای تابع ناهمسانگردی محاسبه شده با کد MCNP در فاصله‌ی ۳ سانتی‌متری از چشمه در زوایای مختلف ۹۸
- ۴-۱۷ نمودارهای تابع ناهمسانگردی محاسبه شده با کد MCNP در فاصله‌ی ۴ سانتی‌متری از چشمه در زوایای مختلف ۹۹
- ۴-۱۸ نمودارهای تابع ناهمسانگردی محاسبه شده با کد MCNP در فاصله‌ی ۵ سانتی‌متری از چشمه در زوایای مختلف ۹۹
- ۴-۱۹ نمودارهای نرخ گرمای هوا و شدت گرمای هوا بر حسب فاصله ۱۰۱
- ۴-۲۰ نمودار تابع دز شعاعی در فانتوم بافت نرم و فانتوم آب ۱۰۵
- ۴-۲۱ نمودار اختلاف نسبی بر حسب در صد تابع دز شعاعی فانتوم بافت نسبت به فانتوم آب ۱۰۶
- ۴-۲۲ نمودار تابع ناهمسانگردی حاصل از شبیه سازی در فانتوم آب و فانتوم بافت نرم در زوایای مختلف ۱۱۲
- ۴-۲۳ نمودار اختلاف نسبی بر حسب درصد تابع ناهمسانگردی محاسبه شده در فانتوم بافت نرم نسبت به فانتوم آب ۱۱۴

فهرست جدول‌ها

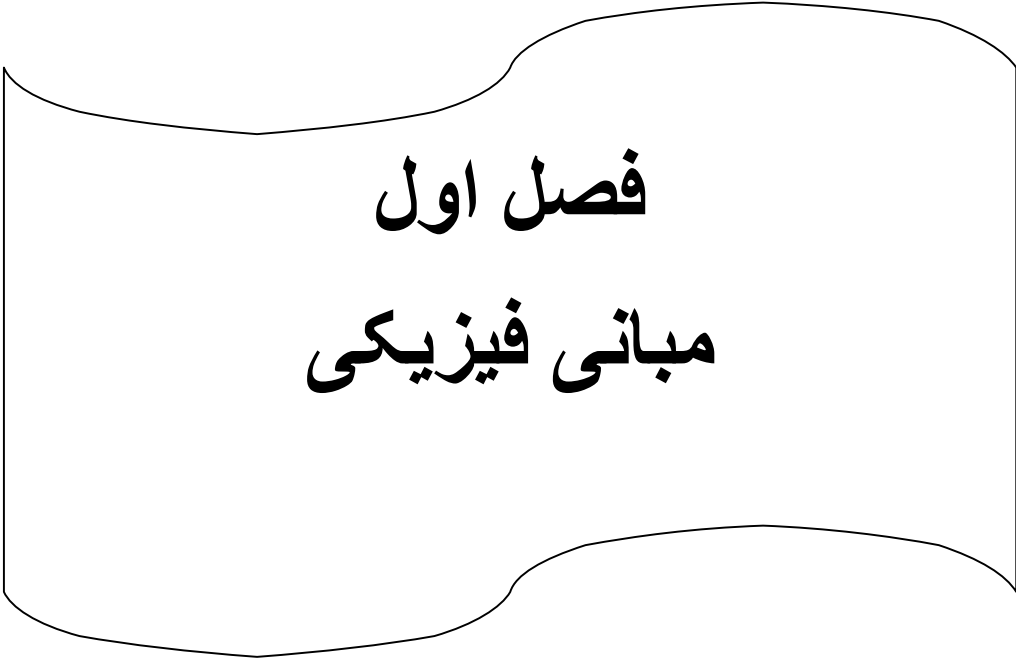
صفحه

۲-۲ طیف انرژی و شدت هر فوتون به ازای یک واپاشی پلادیم-۱۰۳.....	۳۲
۳-۲ ترکیبات پلی استیرن بر حسب درصد وزنی.....	۳۲
۴-۲ ترکیبات هوای خشک استاندارد.....	۳۳
۵-۲ کمیت‌های محاسبه‌ی نرخ دز در روش سنتی و پروتکل TG-43.....	
۱-۳ بعضی از سطوح مورد استفاده در کد MCNP.....	۵۶
۲-۳ متغیرهای چشمه.....	۶۰
۳-۳ تالی‌های کد MCNP.....	۶۵
۴-۳ کارت‌های قطع برنامه در کد MCNP.....	۶۸
۵-۳ ضرایب تبدیل شار فوتون به دز.....	۶۸
۶-۳ اطلاعات مربوط به فایل خروجی کد MCNP.....	۷۰
۷-۳ محدوده‌ی خطاهای نسبی برای کیفیت جواب‌ها در کد MCNP.....	۷۱
۱-۴ محاسبه شده به روش تحلیلی، برای یک چشمه‌ی براکی تراپی پلادیم-۱۰۳ مدل	$\frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta_0)} \times r^2$
MED3633.....	۸۶
۲-۴ محاسبه شده در حالت تجربی، برای یک چشمه‌ی براکی تراپی پلادیم-۱۰۳ مدل	$\frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta_0)} \times r^2$
MED3633.....	۸۶
۴-۳ محاسبه شده، با استفاده از شبیه‌سازی با کد MCNP برای یک چشمه‌ی براکی تراپی	$\frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta_0)} \times r^2$
پلادیم-۱۰۳ مدل MED3633.....	۹۲
۴-۴ ضرایب حاصل از فیت کردن همراه با خطاهایشان.....	۹۴
۵-۴ اندازه‌گیری‌های انجام شده مربوط به تابع دز شعاعی چشمه‌ی براکی تراپی پلادیم-۱۰۳ مدل	
MED3633.....	۹۵
۶-۴ تابع ناهمسانگردی برای چشمه‌ی براکی تراپی پلادیم-۱۰۳ مدل MED3633 با استفاده از کد	
MCNP.....	۹۶
۷-۴ تابع ناهمسانگردی برای چشمه‌ی براکی تراپی پلادیم-۱۰۳ مدل MED3633 با استفاده از محاسبات	
TLD.....	۹۶

- ۸-۴ تابع ناهمسانگردی برای چشمه‌ی براکی‌تراپی پالادیم-۱۰۳ مدل MED3633 با استفاده از محاسبات
 مونت کارلو توسط Li and Fan.....۹۷
- ۹-۴ مقایسه ثابت نرخ دز محاسبه شده در این کار همراه با نتایج حاصل شده با دیگران برای چشمه‌ی
 براکی‌تراپی مدل MED3633.....۱۰۳
- ۱۰-۴ ترکیب اتمی و درصد وزنی عناصر تشکیل دهنده بافت نرم با چگالی ۱/۰۴ گرم بر سانتی‌متر
 مکعب.....۱۰۴
- ۱۱-۴ تابع دز شعاعی، در بافت نرم با استفاده از کد MCNP.....۱۰۵
- ۱۲-۴ ضرایب حاصل از فیت کردن تابع دز شعاعی در فانتوم بافت نرم همراه با خط‌هایشان.....۱۱۰
- ۱۳-۴ تابع ناهمسانگردی در فانتوم بافت نرم با استفاده از کد MCNP برای چشمه‌ی براکی‌تراپی پالادیم-
 ۱۰۳.....۱۱۱
- ۱۴-۴ بیشینه مقدار اختلاف نسبی تابع ناهمسانگردی فانتوم بافت نرم نسبت به فانتوم آب برای چشمه‌ی
 براکی‌تراپی پالادیم-۱۰۳ مدل MED3633.....۱۱۵

پرتو درمانی، استفاده از پرتوهای یون‌ساز برای از بین بردن و یا کوچک کردن بافت‌های سرطانی است. اگر چه پرتو، علاوه بر سلول‌های سرطانی به سلول‌های سالم نیز آسیب می‌رساند ولی اکثر سلول‌های سالم بهبودی خود را دوباره به دست می‌آورند. پرتوها با انرژی پایین در تخریب سلول‌های سرطانی سطحی و پرتوها با انرژی بالاتر در درمان تومورهای عمقی به کار می‌روند. از این رو آگاهی از سازوکار برهم‌کنش پرتوها با محیط برهم‌کنش‌کننده و چگونگی انتقال انرژی به آن دارای اهمیت می‌باشد. یکی از روش‌های پرتو درمانی براکی‌تراپی می‌باشد که نقش مهمی در درمان سرطان‌های نواحی مختلف از جمله پروستات، مغز، گردن و غیره دارد. براکی‌تراپی دو روش اصلی متفاوت دارد. روش اول، پرتودهی درون حفره‌ای می‌باشد که در آن، چشمه‌های رادیواکتیو درون حفره‌های بدن در جوار تومورها قرار می‌گیرد و آن را در معرض پرتوگیری قرار می‌دهد. روش دوم، براکی‌تراپی درون شکافت است که در آن دانه‌های رادیواکتیو مستقیماً در حجم تومور کاشته می‌شود. امروزه چشمه‌های براکی‌تراپی به طور گسترده‌ای در درمان بیماری‌ها استفاده می‌شوند، بنابراین ارئه روش‌های دقیق برای بدست آوردن توزیع دز دقیق در اطراف این چشمه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پروتکل TG-43 انجمن فیزیک پزشکی آمریکا به عنوان متداولترین شیوه در بدست آوردن توزیع دز در اطراف چشمه‌های براکی‌تراپی با استفاده از فاکتورهای دزیمتری، به کمک اندازه‌گیری تجربی و یا روش‌های شبیه‌سازی کدهای مونت‌کارلو در فانتوم یکنواخت آب بدست می‌آید. بر طبق این پروتکل، پارامترهای دزیمتری چشمه‌های مختلف براکی‌تراپی می‌بایست قبل از استفاده‌ی کلینیکی به روش تجربی یا شبیه‌سازی محاسبه شوند. استفاده از فانتوم یکنواخت آب، در تحقیق پارامترهای دزیمتری برای قسمت‌های مختلف بدن که دارای چگالی و ترکیبات متفاوتی می‌باشند می‌تواند یکی از منابع خطا به حساب آید. در این پژوهش به بررسی و مقایسه‌ی پارامترهای دزیمتری فانتوم بافت بدن با فانتوم آب که دارای چگالی و ترکیبات نزدیک به هم می‌باشند پرداخته شده است و درصد خطای استفاده از این دو حالت گزارش شده است. بنابراین در فصل اول این

پژوهش به مبانی فیزیک پرتوها و چگونگی انتقال انرژی پرتوها به ماده که مهمترین سازوکار برهم‌کنش با ماده است پرداخته شده است. در فصل دوم درمورد براکی‌تراپی، تاریخچه‌ی براکی‌تراپی، چشمه‌های مورد استفاده در براکی‌تراپی و دستورالعمل‌هایی که برای محاسبات پارامترهای دزیمتری چشمه‌های براکی-تراپی قبل از کاربرد کلینیکی آن‌ها که توسط انجمن فیزیک پزشکی آمریکا توصیه شده است پرداخته‌ایم. محاسبات پارامترهای دزیمتری در عمل به دلیل پیچیدگی‌های برهم‌کنش پرتوها با بافت دشوار است و در فاصله‌های نزدیک به چشمه به دلیل ناهمسانگردی پرتوهای گسیل شده از چشمه از اعتبار کمتری برخوردار است از این رو محاسبات پارامترهای مربوطه توسط شبیه‌سازی با استفاده از کدهای کامپیوتری که تمام فرآیندهای برهم‌کنش پرتوها با ماده را به روش مونت‌کارلو محاسبه می‌کند استفاده می‌شود. کد MCNP4C، یکی از این کدهای شبیه‌سازی می‌باشد که از آن برای محاسبه‌ی پارامترهای دزیمتری چشمه‌ی مورد استفاده در این پژوهش استفاده شده است از این رو در فصل سوم به معرفی این کد، روش مونت‌کارلو، ساختار فایل ورودی و خروجی کد و ... پرداخته‌ایم. در فصل چهارم مربوط به شبیه‌سازی‌ها و نتایج انجام شده می‌باشد. با توجه با این‌که تعیین پارامترهای دزیمتری طبق دستورالعمل انجمن فیزیک پزشکی آمریکا در محیط آب به دلیل نزدیکی ترکیبات و چگالی با بافت بدن انجام می‌شود بنابراین پارامترهای دزیمتری را در فانتوم آب محاسبه کرده و سپس به محاسبه‌ی این پارامترها در فانتوم بافت نرم پرداخته‌ایم. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که محاسبات پارامترهای دزیمتری در فانتوم آب به جای بافت نرم باهم مطابقت خوبی دارند و خطای محاسبات استفاده از فانتوم آب به جای بافت نرم حدود ۴ درصد می‌باشد [۲۳، ۴۷، ۶].



فصل اول
مبانی فیزیکی

۱-۱ مقدمه

مهمترین کاربرد پرتوها، شناخت و تاثیر متقابل آن با ماده می‌باشد چون پرتوها هنگام برهم‌کنش با ماده به آن انرژی می‌دهند و همین انتقال انرژی است که باعث تولید اثرات بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی می‌شود. برای دزیمتری پرتوهای رسیده به بافت آسیب دیده، آگاهی از اصول فیزیکی مربوط به برهم‌کنش تابش با ماده و چگونگی انتقال انرژی به ماده لازم و ضروری است. در این فصل ضمن پرداختن به فیزیک تابش‌ها و چگونگی برهم‌کنش تابش با ماده به واپاشی هسته‌ای و قوانین حاکم بر آن می‌پردازیم.

۱-۲ تابش

دو عاملی که بر هر نوع تابش اثر می‌گذارد، بار و سرعت آن تابش است. تابش انرژی خود را بیشتر از طریق برهم‌کنش با الکترون‌های ماده از دست می‌دهد. هر چه بار الکتریکی تابش بیشتر باشد، نیروهای موثر بین الکترون‌ها در ماده بیشتر و بنابراین انرژی خود را سریعتر از دست می‌دهد. هر چه ذره کندتر باشد زمان بیشتری در مجاورت یک اتم صرف می‌کند و احتمال برهم‌کنش با الکترون‌های آن اتم بیشتر است. این دو عامل موجب می‌شود که برد تابش آلفا کوتاه‌تر از تابش بتا و برد تابش بتا کوتاه‌تر از برد تابش گاما باشد. عامل سوم، انتخاب ماده است. موادی که چگالی الکترونی آن‌ها بیشتر است، تابش را متوقف می‌کنند. اثر مهم تابش هسته‌ای بر مواد مخصوصاً بر بافت‌های زیستی این است که تابش هسته‌ای با از دست دادن انرژی، یون‌هایی ایجاد می‌کند که همان اتم‌ها یا مولکول‌های باردارند. چون انرژی هر ذره تابش هسته‌ای به مراتب بیشتر از انرژی‌های بستگی شیمیایی است، تابش هسته‌ای می‌تواند به راحتی مولکول‌ها را به یون تبدیل کند و الکترون‌ها را از اتم‌ها بکند. بنابراین پرتوهای یون‌ساز به پرتوهای گفته می‌شود که موجب یونیزه شدن اتم‌ها می‌شود. در عمل یون‌سازی پرتو موجب می‌شود که اتم یک الکترونش را از دست بدهد و به صورت یون مثبت در بیاید الکترون آزاد شده، یون منفی است و این دو

جفت را یون می‌نامند. در کل تابش ذرات یون‌ساز به دو گروه ذرات مستقیماً یوننده و ذرات غیر مستقیم یوننده تقسیم می‌شود.

۱-۲-۱ ذرات مستقیماً یوننده

ذرات مستقیماً یوننده، عبارت‌اند از ذرات باردار (مانند الکترون‌ها و ذرات آلفا) با انرژی جنبشی کافی، برای تولید یونش ناشی از برخورد، این انرژی حتماً باید بیش از کمینه انرژی بستگی در محیطی باشد که در آن برهم‌کنش صورت می‌گیرد.

۱-۲-۲ ذرات غیر مستقیم یوننده

ذرات یوننده غیرمستقیم ذرات بدون باری‌اند (مانند فوتون‌ها و نوترون‌ها) که می‌توانند بر اثر برهم‌کنش جنبشی با محیط، ذرات یوننده آزاد کنند و یا می‌توانند یک تبدیل هسته‌ای را راه اندازند [۱ و ۲ و ۳].

۱-۳ پرتوهای گاما

طبق مدل پوسته‌ای نوکلئون‌های موجود در هسته، هر کدام در تراز انرژی مشخصی قرار دارند. نوکلئون‌ها همانند الکترون‌های برون هسته‌ایی می‌توانند به تراز انرژی بالاتری برانگیخته شوند. در این حالت نوکلئون با گسیل یک فوتون که انرژی معادل اختلاف انرژی میان حالت‌های مختلف و پایه است به حالت پایه خود باز می‌گردد. فوتون گسیل شده از نوکلئون‌ها را پرتو گاما می‌نامند چون فاصله‌ی ترازها-ی انرژی هسته‌ایی خیلی بیشتر از فاصله‌ی ترازهای انرژی الکترونی است، پرتوهای گاما از فوتون‌های پرتو ایکس پرانرژی‌ترند. پرتوهای ایکس و گاما می‌توانند انرژی یکسانی داشته باشند و فرق آن‌ها در نحوه‌ی تولیدشان است. پرتوهای ایکس هنگامی تولید می‌شوند که انرژی الکترون‌ها تغییر کند و معمولاً در اثر