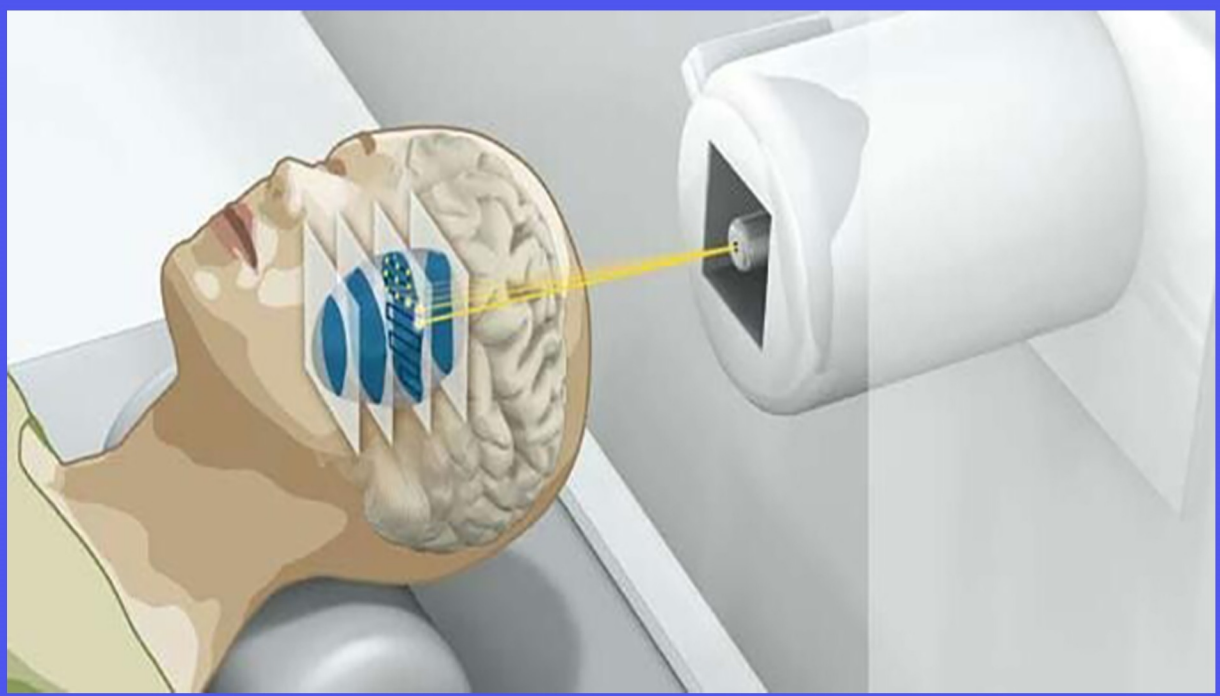
انتشارات موجک

طراحی هادرون تراپی

با استفاده از شبیه سازی پرتوهای ذرات سنگین

سمیه دیرکوند



بسم الله الرحمن الرحيم
١٤١٤

طراحی هادرون تراپی

با استفاده از شبیه سازی پرتوهای ذرات سنگین

تالیف:

سمیه دیرکوند

انتشارات موجک

سرشناسه : دیرکوند، سمیه، ۱۳۶۵-
عنوان و نام پدیدآور : طراحی هادرون‌تراپی با استفاده از شبیه‌سازی پرتوهای ذرات سنگین/ سمیه دیرکوند.
مشخصات نشر : تهران: انتشارات موجک، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری : ۱۱۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک : ۱-۳۷۹-۹۹۴-۶۰۰-۹۷۸، ۵۰۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه: ص. [۱۱۵] - ۱۱۸.
موضوع : تومورها -- پرتودرمانی
موضوع : Tumors -- Radiotherapy
موضوع : هادرون‌ها
موضوع : Hadrons
موضوع : روش‌مونت‌کارلو -- شبیه‌سازی
موضوع : Monte Carlo method -- Simulation methods
موضوع : ذره‌های بنیادی -- شبیه‌سازی
موضوع : Particles (Nuclear physics) -- Simulation methods
رده بندی کنگره : RM۸۴۹
رده بندی دیویی : ۶۱۵/۸۴۲
شماره کتابشناسی ملی : ۸۵۰۴۷۳۸

انتشارات موجک
واتساپ : ۰۹۳۶۳۰۳۱۲۵۸ کانال: telegram.me/mojak1
تلفن مرکز پخش : ۰۲۶۳۲۷۰۵۳۱۸ - ۰۲۶۳۲۷۲۱۸۱۹ - ۰۲۱۶۶۱۲۷۵۹۳ - ۰۲۱۶۶۴۲۹۷۳۳
ایمیل : mojakpublication@yahoo.com
سایت: www.mojak.ir

عنوان : طراحی هادرون تراپی با استفاده از شبیه سازی پرتوهای ذرات سنگین
تالیف : سمیه دیرکوند
مشخصات ظاهری : ۱۱۸ صفحه، قطع وزیری
چاپ اول : پاییز ۱۴۰۰، تیراژ : ۵۰۰ جلد
قیمت : ۵۰۰۰۰۰ ریال، شابک : ۱-۳۷۹-۹۹۴-۶۰۰-۹۷۸

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای انتشارات موجک محفوظ است. هیچ شخص حقیقی و حقوقی حق چاپ و تکثیر این اثر را به هر شکل و صورت اعم از فتوکپی، چاپ کتاب و ... را ندارد. متخلفین به موجب بند ۵ ماده قانون حمایت از ناشرین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول: هادرون تراپی ۳

۱-۱ ضرورت آشنایی با هادرون تراپی ۳

۱-۲ آزادسازی پرتو ۸

۱-۳ فیزیک هادرون تراپی ۹

۱-۴ شارش فوتون و شارش انرژی ۱۰

۱-۵ دز جذب شده ۱۱

۱-۶ ضریب کیفیت (QF) ۱۱

۱-۷ آهنگ انتقال انرژی خطی (LET) ۱۲

۱-۸ دز معادل ۱۲

فصل دوم: برهم کنش ذرات باردار با محیط ۱۳

۲-۱ مقدمه ۱۳

۲-۲ برهم کنش ذرات باردار با ماده ۱۳

۲-۲-۱ برخورد غیرالاستیک با الکترون‌های اتمی ۱۳

۲-۲-۲ برخورد غیرالاستیک با هسته ۱۴

۲-۲-۳ برخورد الاستیک با هسته ۱۴

۲-۲-۴ برخورد الاستیک با الکترون‌های اتمی ۱۴

۲-۳ توان توقف ناشی از یونش وبرانگیزش ۱۴
۲-۴ اتلاف انرژی ۱۸
۲-۴-۱ اطلاعات توان توقف ۲۱
۲-۴-۲ سطح مقطع توقف ۲۲
۲-۴-۳ جمع پذیری سطح مقطع توقف (قانون براگ) ۲۲
۲-۵ برد ذرات باردار ۲۳
۲-۵-۱ برد ذرات سنگین ۲۵
۲-۶ تفرق انرژی ۲۷
۲-۷ برهم کنش یون –اتم ۲۹
۲-۷-۱ اصول اولیه ۲۹
۲-۷-۲ محدوده‌ی انرژی پایین ۳۱
۲-۷-۳ محدوده‌ی انرژی متوسط ۳۱
۲-۷-۴ محدوده‌ی انرژی بالا ۳۱
۲-۸ اصول طیف سنجی پس پراکندگی رادرفورد RBS ۳۲
۲-۸-۱ انتقال انرژی از پرتابه به هسته هدف در یک برخورد کشسان دو بعدی ۳۲
۲-۸-۲ سطح مقطع پراکندگی ۳۴
۲-۸-۳ میانگین افت انرژی اتمی یک اتم عبوری از یک محیط چگال ۳۷
۲-۸-۴ افت وخیز آماری در افت انرژی یک اتم عبوری از یک محیط چگال ۳۷
۲-۹ تئوری‌های مربوط به توقف و برد یون‌های سنگین ۳۸

فصل سوم: روش مونت کارلو و معرفی کد فلوکا ۴۱
۳-۱ روش مونت کارلو ۴۱
۳-۲ طراحی درمان و روش مونت کارلو ۴۲
۳-۳ الگوریتم‌های محاسباتی پرتو درمانی ۴۳
۳-۴ مونت کارلو و شبیه سازی سیستم‌های تصادفی ۴۴

۳-۵ نمونه برداری از متغیرهای تصادفی ۴۴
۳-۶ ترابرد فوتون و الکترون در ماده به روش مونت کارلو ۴۵
۳-۷ کدهای مونت کارلو ۴۶
۳-۸ معرفی کد FLUKA ۴۷
۳-۹ عناصر اصلی کد فلوکا ۴۸
۳-۹-۱ مدل‌های فیزیکی محاسباتی ۴۸
۳-۹-۲ جدول داده‌ها ۴۹
۳-۹-۳ هندسه ۴۹
۳-۹-۴ مواد ساده و مرکب ۵۰
۳-۹-۵ چشمه تابش ۵۰
۳-۹-۶ شمارش وردیابی ۵۰

فصل چهارم: مروری بر سی تی اسکن و داده‌های هانسفیلد ۵۱
۴-۱ آشنایی با توموگرافی ۵۱
۴-۱-۱ توموگرافی ساده ۵۱
۴-۱-۲ توموگرافی کامپیوتری (CT) ۵۲
۴-۲ اصول توموگرافی کامپیوتری ۵۳
۴-۲-۱ روش‌های بازسازی تصویر ۵۳
۴-۲-۲ روش ماتریکس معکوس ۵۳
۴-۲-۳ روش بازگردان تصویر ۵۴
۴-۲-۴ روش تبدیل فوریه ۵۵
۴-۳ انواع دستگاه‌های سی تی اسکن ۵۵
۴-۳-۱ نسل اول ۵۶
۴-۳-۲ نسل دوم ۵۶
۴-۳-۳ نسل سوم ۵۷

۴-۳-۴ نسل چهارم ۵۸
۴-۳-۵ نسل پنجم با سی تی اسکن اشعه الکترونی ۶۰
۴-۳-۶ سی تی اسکن اسپیرال ۶۱
۴-۴ اصول فیزیکی ۶۲
۴-۴-۱ دریافت اطلاعات ۶۳
۴-۴-۲ پردازش داده‌ها و اعداد سی تی اسکن ۶۳
۴-۴-۳ نمایش تصویر ۶۶
۴-۴-۴ ذخیره و مستندسازی (تهیه کپی سخت) ۶۷
۴-۵ پارامترهای مؤثر بر کیفیت تصویر ۶۸
۴-۵-۱ رزولوشن فضایی ۶۸
۴-۵-۲ قدرت تفکیک کنتراست ۶۹
۴-۵-۳ آرتیفکت‌ها ۷۰
۴-۶ نکات تکنیکی ۷۰
۴-۶-۱ میدان نمایشی اسکن SFOV ۷۲
۴-۶-۲ میدان نمایش بازسازی شده RFOV ۷۲
۴-۶-۳ ضخامت مقطع (slice thickness) ۷۳
۴-۶-۴ زمان اسکن ۷۳

فصل پنجم: انتقال داده‌های سی تی اسکن به ورودی کد فلوکا و شبیه سازی پرتو کربن ۷۵
۵-۱ مقدمه ۷۵
۵-۲ فانتوم ۷۶
۵-۳ تبدیل داده‌های سی تی اسکن به ورودی کد فلوکا ۷۶
۵-۴ اجرای برنامه فلوکا ۷۷
۵-۴-۱ عنوان و توضیحات اولیه در مورد مسأله ۷۸

۵-۴-۲ پیش فرض ۷۸
۵-۴-۳ تعریف چشمه و خصوصیات آن ۷۸
۵-۴-۴ تعریف هندسه مسأله ۷۹
۵-۴-۵ تعریف مواد و ترکیبات ۸۰
۵-۴-۶ تعریف آشکارسازها ۸۱
۵-۴-۷ اعلام سیگنال شروع و تعداد تاریخچه‌ها ۸۱
۵-۵ شبیه سازی عبور پرتوی C^{12} از محیط به منظور محاسبه برد و دز پرتو و بررسی ذرات ثانویه ۸۱
۵-۵-۱ بررسی منحنی فرونشست انرژی ۸۱
۵-۵-۲ ذرات ثانویه ۸۴
۵-۶ مقایسه‌ی فرونشست انرژی و ایزوتوپ‌های بوجود آمده در انرژی‌های مختلف ۱۰۶
۵-۶-۱ بررسی نمودار فرونشست انرژی برحسب عمق پیشروی در انرژی‌های مختلف .. ۱۰۶
۵-۶-۲ ایزوتوپ‌های بوجود آمده در انرژی‌های مختلف ۱۰۸

فصل ششم: نتایج ۱۱۱

ضمایم ۱۱۳

منابع ۱۱۵
منابع فارسی ۱۱۵
منابع انگلیسی ۱۱۶

مقدمه

یکی از روش‌هایی که استفاده از آن در محاسبات دزیمتری در رادیوتراپی رو به گسترش است روش مونت کارلو می‌باشد. این روش برمبنای فرایندهای آماری مانند احتمال برخورد ذرات هسته‌ای در طی مسیر در ماده می‌باشد. در روش مونت کارلو حجم یک شی یا ارگان مورد نظر با ترکیب صفحات استاندارد به هنگام ارائه‌ی داده‌های ورودی ساخته می‌شود، آن‌گاه با تعریف چشمه و مسیر حرکت و مقدار بیم انرژی نوع ذرات شبیه سازی انجام شده و پارامترهای مورد نظر مانند برد و فرونشست انرژی در یک حجم مشخص، محاسبه می‌گردد. عیبی که معمولا روش‌های مونت کارلو نسبت به روش‌های محاسباتی و عملی دارد این است که به جز شکل‌های ساده و هندسی، شکل شبیه سازی شده‌ی هدف تحت تابش دقیقا مانند حالت واقعی نخواهد بود و علاوه بر این ارگان‌های داخلی چون اکثرا شکل نامنظمی دارند شبیه سازی آن‌ها کار پیچیده‌ای است. امروزه برای مشخص کردن ناحیه درمان و بافت‌های سالم اطراف تومور و ارائه‌ی یک طراحی درمان مناسب در پرتو درمانی می‌توان از تصاویر رادیوگرافی مانند سی تی- اسکن استفاده کرد که نتایج نشان می‌دهد با استفاده از این تصاویر بافت تومور و نواحی سالم اطراف آن با کیفیت بسیار بالایی قابل تفکیک و مشاهده می‌باشد. لذا به منظور استفاده از تصاویر توموگرافی جهت طراحی درمان و محاسبات دز با دقت بالا به نرم افزارهای میانی جهت تبدیل داده‌های سی تی- اسکن به داده‌های کد محاسباتی همچون فلوکا نیاز است که این نرم افزارها به صورت واسطه عمل کرده سپس با استفاده از تصویر سی- تی شکل‌های هندسی نامنظم ارگان‌های بدن به ورودی کد فلوکا تبدیل خواهد شد.

در این کتاب داده‌های تصاویر سی- تی برای طرح درمانی با قابلیت بالا در محاسبات برد و فرونشست انرژی به داده‌های ورودی کد محاسباتی فلوکا تبدیل می‌گردد.

پروتون‌ها و سایر ذرات سنگین سریع‌تر از پرتو ایکس انرژی‌شان را از دست می‌دهند و افت انرژی آن‌ها به صورت نمایی نیست و بیش‌تر انرژی‌شان را در انتهای مسیر موسم به قله براگ از دست

می‌دهند. محل قرارگیری این قله با کنترل انرژی پرتو که توسط شتاب دهنده تابیده می‌شوند، مشخص می گردد. بنابراین باریکه‌ی پرتو این ذرات بیش‌تر انرژی‌شان را به ناحیه‌ی تومور می‌دهند و درصد ناچیزی از انرژی آن به بافت‌های سالم می‌رسد. همه‌ی این خواص ذرات سنگین سبب می‌شود که آن‌ها گزینه‌ی مناسبی برای استفاده در درمان باشند.

این کتاب شامل شش فصل است. در فصل اول هادرون تراپی و مزایای درمان با یون‌های سنگین در مقایسه با سایر روش‌های درمان بررسی شده است. در این فصل انواع شتاب دهنده‌ها و فیزیک هادرون تراپی توضیح داده شده است.

فصل دوم شامل بررسی برهم‌کنش ذرات باردار با ماده و تعیین برهم‌کنش مورد نظر در برخورد این ذرات با ماده است. در این فصل توان توقف و برد ذرات سنگین و پراکندگی را در فورد بررسی شده است.

در فصل سوم روش شبیه سازی مونت کارلو که روش مورد استفاده در این کتاب بوده است، مزایا و معایب این روش بررسی می‌شود. اطلاعات اولیه در تالیف این کتاب از اجرای برنامه فورترن به‌دست آمده است. در این فصل کد فلوکا و پاره‌ای از ویژگی‌های آن به اختصار توضیح داده شده است.

در فصل چهارم مروری بر سی- تی اسکن و داده‌های هانسفیلد شرح داده شده است. در این فصل اصول توموگرافی و نسل های سی- تی اسکن، اصول فیزیکی و چگونگی نمایش تصویر توضیح داده شده است.

فصل پنجم شامل چگونگی انتقال داده‌های سی تی اسکن به ورودی کد فلوکا و سپس محاسبه برد و فرونشست انرژی ^{12}C در بر خورد با محیط توضیح داده می‌شود. و به مقایسه‌ی چند پرتو با انرژی‌های مختلف می‌پردازد.

در فصل ششم خلاصه‌ای از موضوعات مورد بررسی و نتایج به دست آمده شرح داده شده است.

سمیه دیرکوند

پاییز ۱۴۰۰

Design of Hadron Therapy using Simulation of Heavy Particle Beams

Somayeh Dirkund

یکی از روش‌هایی که استفاده از آن در محاسبات دزیمتری در رادیوتراپی رو به گسترش است روش مونت کارلو می‌باشد. این روش برمبنای فرایندهای آماری مانند احتمال برخورد ذرات هسته‌ای در طی مسیر در ماده می‌باشد. در روش مونت کارلو حجم یک شی یا ارگان مورد نظر با ترکیب صفحات استاندارد به هنگام ارائه‌ی داده‌های ورودی ساخته می‌شود، آن‌گاه با تعریف چشمه و مسیر حرکت و مقدار بیم انرژی نوع ذرات شبیه سازی انجام شده و پارامترهای مورد نظر مانند برد و فرونشست انرژی در یک حجم مشخص، محاسبه می‌گردد. عیبی که معمولا روش‌های مونت کارلو نسبت به روش‌های محاسباتی و عملی دارد این است که به جز شکل‌های ساده و هندسی، شکل شبیه سازی شده‌ی هدف تحت تابش دقیقا مانند حالت واقعی نخواهد بود و علاوه بر این ارگان‌های داخلی چون اکثرا شکل نامنظمی دارند شبیه سازی آن‌ها کار پیچیده‌ای است. امروزه برای مشخص کردن ناحیه درمان و بافت‌های سالم اطراف تومور و ارائه‌ی یک طراحی درمان مناسب در پرتو درمانی می‌توان از تصاویر رادیوگرافی مانند سی تی- اسکن استفاده کرد که نتایج نشان می‌دهد با استفاده از این تصاویر بافت تومور و نواحی سالم اطراف آن با کیفیت بسیار بالایی قابل تفکیک و مشاهده می باشد. لذا به منظور استفاده از تصاویر توموگرافی جهت طراحی درمان و محاسبات دز با دقت بالا به نرم افزارهای میانی جهت تبدیل داده‌های سی تی- اسکن به داده‌های کد محاسباتی همچون فلوکا نیاز است که این نرم افزارها به صورت واسطه عمل کرده سپس با استفاده از تصویر سی- تی شکل‌های هندسی نامنظم ارگان‌های بدن به ورودی کد فلوکا تبدیل خواهد شد.

ISBN:978-600-994-379-1

انتشارات موجک