

فنیک آنکولوژی پرتوی

مؤلف

اروین. ب. دوکوریان

مترجمین

لیلا مقدم بناغم

گوکب موسوی خاند

مؤلف: E.B. Podgorsak، اروین. ب. پودگورساک، ۲۰۰۵-

مترجمین: لیلا مقدم بنائم، کوکب موسوی خامنه.

فیزیک آنکولوژی پرتوی / [تألیف اروین. ب. پودگورساک]:

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۹۵.

۷۵۳ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۱۵-۶

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا

عنوان اصلی: ۱. فیزیک پزشکی، سرطان، ۲. پرتودرمانی، تشعشع، ۳. مقدار سنجی ۴. دستنامه‌ها

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۹۹۹ پ/۲۷۱ RC

رده بندی دیویی: ۶۲۰ ۱۶۱

شماره کتابشناسی ملی: ۴۴۱۲۸

نام کتاب: فیزیک آنکولوژی پرتوی

مترجمین: لیلا مقدم بنائم، کوکب موسوی خامنه

ویراستار علمی: عظیم اربابی

ویراستار ادبی و فنی: مهدیه‌السادات عامل‌ابراهیمی

ویرایش صفحه‌بندی و تنظیم جلد: شادی معماری‌آذر

ناظر فنی: فریبا علی‌اکبری

حروف‌چینی: مریم رحیمی، مینا پورحسینی

تیراژ: ۱۰۰ جلد

چاپ: ۱۳۹۵

نوبت چاپ: اول

قیمت: ۲۳۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: انتشارات دیجیتال آبنوس

ناشر: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۱۵-۶



پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

کلیه حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای است.

پرتودرمانی با نا‌های درمان از طریق پرتوهای هسته‌ای، سرطان‌شناسی پرتوی و رادیولوژی درمانی شناخته شده است. یکی از سه روش مهمی است که از آن برای درمان بیماری‌های بدخیم (سرطان) استفاده می‌شود. دو روش دیگر جراحی و شیمی‌درمانی است. برخلاف تخصص‌های پزشکی دیگر در برپایه‌ی اطلاعات کلینیکی و تجربه‌ی متخصصین پزشکی استوار هستند در پرتودرمانی از پرتوهای یونیزان برای درمان سرطان استفاده می‌کنند. تکنولوژی پیشرفته و همکاری تعدادی متخصص که به صورت گروهی با یک‌دیگر کار می‌کنند، تأثیر به سزایی در نتیجه‌ی درمان دارد.

گروه پرتودرمانی متشکل از: سرطان‌شناس هسته‌ای، متخصص فیزیک پزشکی، دزیمتریست و متخصصین تجهیزات پرتودرمانی است. به تخصص آن‌ها با یک‌دیگر فرق دارد و زمینه‌ی مشترک آن‌ها تشخیص نیاز قسمت‌های مهم برای فیزیک پزشکی و برهم‌کنش پرتوهای یونیزان با بافت بدن است. این رشته تخصصی در فیزیک به نام فیزیک سرطان‌شناسی پرتوی شناخته شده است و تخصص در این رشته نیاز اساسی برای کسانی است که تمایل دارند در یکی از چهار رشته‌ی مربوط به پرتودرمانی و در گروه آن‌ها به فعالیت مشغول شوند. مزیت‌هایی که در گذشته بیش‌تر مربوط به فیزیک بود اکنون در رشته‌ی سرطان‌شناسی پرتوی اغلب در پیشرفت تکنولوژی در تجهیزات مربوط به فرایند پرتودرمانی و تصویربرداری است.

این کتاب برای دانشجویان و اساتیدی است که در برنامه‌ی آموزش تخصصی برای کار در سرطان‌شناسی پرتوی شرکت دارند و مطالب آن در رابطه با جمع‌آوری وقایعی از فیزیک است که در این رشته استفاده می‌شود. بنابراین برای دانشجویان مقاطع بالاتر و رزیدنت‌های فیزیک پزشکی و سرطان‌شناسی پرتوی و دانشجویانی مفید است که در

برنامه‌های دزیمتری و تکنولوژی پرتودرمانی شرکت دارند. سطح دریافت مطالب کتاب برای گروه‌های مختلف متفاوت است، اگرچه زبان و معلومات پایه‌ی تمام گروه‌های دانشجویان باید برابر باشد. این کتاب هم‌چنین برای کسانی مفید است که تمایل به شرکت در امتحانات دریافت تأییدیه در سرطان‌شناسی یا مهر پزشک دزیمتری یا تکنولوژی پرتودرمانی را دارند.

هدف از این کتاب کمک به سایر کتاب‌های موجود در حوزه‌ی فیزیک و فراهم کردن معلومات پایه‌ای فیزیک در سرطان‌شناسی هسته‌ای به شکل پوشش رئوس مطالب در تمام زمینه‌های مرتبط با فیزیک سرطان‌شناسی پرتوی است. با وجود این که هدف اصلی کتاب در سرطان‌شناسی تخصصی است؛ ولی بخش‌هایی از آن می‌تواند برای سایر رشته‌های پزشکی که پرتوهای یونیزان نه برای درمان بلکه برای تشخیص بیماری استفاده می‌شود نیز مفید باشد. محتوای مطالب برای فیزیسیست‌هایی که در زمینه‌ی مطالعات خطرهای پرتو و حفاظت‌سازی (فیزیک بهداشت) فعالیت می‌کنند نیز قابل استفاده است.

این کتاب بیانگر تلاش گروهی از تخصصی‌نی است که از کشورهای مختلف هدفی مشترک برای انتشار تجربه‌ها و معارف خود در زمینه‌ی فیزیک سرطان‌شناسی هسته‌ای برای دانشجویان و اساتید بین‌المللی دارند. در خاتمه لازم است از بی‌دنتون - مک‌لن - بی‌تصحیح و ارتقا ویرایش این کتاب سپاس‌گزاری شود.

فهرست

۱	مبانی فیزیک پرتوها.....
۱-۱	مقدمه.....
۱-۱-۱	۱-۱-۱ ثابت‌های فیزیکی بنیادی.....
۲	۱-۱-۲ ثابت، ای، فیزیکی مهم و رابطه‌ها.....
۳	۱-۱-۳ واحدها و کمیت‌های فیزیکی.....
۴	۱-۱-۴ طبقه‌بندی نیروها و طبیعت.....
۵	۱-۱-۵ طبقه‌بندی اجزای بنیادی.....
۶	۱-۱-۶ طبقه‌بندی پرتو.....
۷	۱-۱-۷ طبقه‌بندی پرتو فوتونی و میزان کمیت.....
۷	۱-۱-۸ روابط نسبی جرم، انرژی و اندازه حرکت انیشتین.....
۸	۱-۱-۹ واحدها و کمیت‌های پرتوها.....
۹	۲-۱ ساختار اتمی و هسته‌ای.....
۹	۲-۱-۱ تعاریف بنیادی برای ساختار هسته‌ای.....
۱۱	۲-۲-۱ مدل اتم رادرفورد.....
۱۲	۲-۲-۳ مدل اتم هیدروژن بوهر.....
۱۵	۲-۲-۴ اتم‌های چند الکترونی.....
۱۷	۲-۲-۵ ساختار هسته.....
۱۸	۲-۲-۶ برهم‌کنش‌های هسته‌ای.....
۱۸	۲-۲-۷ رادیواکتیویته.....
۲۲	۲-۲-۸ اکتیو کردن نوکلیدها.....
۲۳	۲-۲-۹ حالت‌های واپاشی رادیواکتیو.....
۲۵	۳-۱ برهم‌کنش‌های الکترونی.....
۲۷	۳-۱-۱ برهم‌کنش‌های الکترون مداری - الکترون.....
۲۷	۳-۱-۲ برهم‌کنش‌های الکترون - هسته.....
۲۸	۳-۳-۱ توان ایستاندگی.....

۳۰	۴-۳-۱ توان پراکندگی جرمی
۳۰	۴-۱ برهم‌کنش‌های فوتونی
۳۰	۴-۱-۱ انواع پرتو فوتونی غیرمستقیم یونیزان‌کننده
۳۱	۴-۲-۱ تضعیف باریکه‌ی فوتونی
۳۲	۴-۳-۱ انواع برهم‌کنش فوتونی
۳۳	۴-۴-۱ اثر فوتوالکتریک
۳۴	۴-۵-۱ پراش هم‌دوس (رایلی)
۳۴	۴-۶-۱ اثر کامپتون (پراش ناهم‌دوس)
۳۸	۴-۷-۱ تولید نفوذ
۳۹	۴-۸-۱ برهم‌کنش‌های فوتون‌های
۴۰	۴-۹-۱ ضرایب تضعیف
۴۲	۴-۱۰-۱ فراوانی نسبی اثرات خاص
۴۳	۴-۱۱-۱ اثرات ناشی از برهم‌کنش فوتونی
۴۴	۴-۱۲-۱ خلاصه‌ی برهم‌کنش‌های فوتونی
۴۵	۴-۱۳-۱ مثال‌هایی از تضعیف فوتونی
۴۷	۴-۱۴-۱ تولید جاهای خالی در پوسته‌های اتمی
۴۹	مراجع

۲

۵۱	اصول، کمیت‌ها و واحدهای دزیمتری
۵۱	۲-۱ مقدمه
۵۱	۲-۲ شار فوتون و شار انرژی
۵۴	۲-۳ کرما
۵۵	۲-۴ کما
۵۵	۲-۵ دز جذب‌شده
۵۶	۲-۶ توان ایستاندگی
۶۱	۲-۷ روابط بین کمیت‌های دزیمتری مختلف
۶۱	۲-۷-۱ شار انرژی و کرما (فوتون‌ها)

۶۴	۲-۷-۲ شار و دز (الکترون‌ها).....
۶۵	۳-۷-۲ کرما و دز (ترازمندی ذره‌ی باردار).....
۶۸	۴-۷-۲ کرمای برخوردی و پرتوگیری.....
۶۹	۸-۲ تئوری حفره.....
۶۹	۱-۸-۲ تئوری حفره‌ی براگ - گری.....
۷۰	۲-۸-۲ تئوری حفره‌ی اسپنسر - انیکس.....
۷۳	۳-۸-۲ ملاحظات در کاربرد تئوری حفره در کالیراسیون اتاقک یونیزاسیون و پروتکل‌های دزیمتری.....
۷۵	۴-۸-۲ حفره‌های بزرگ در باریکه‌های فوتون.....
۷۶	۵-۸-۲ حفره‌ی برلین برای باریکه‌های فوتون.....
۷۷	۶-۸-۲ نسبت‌های تئوری استانتانگی.....
۸۰	مراجع.....

۳

۸۱	دزیمترهای پرتو.....
۸۱	۱-۳ مقدمه.....
۸۲	۲-۳ مشخصات دزیمترها.....
۸۲	۱-۲-۳ دقت و صحت.....
۸۳	۱-۱-۲-۳ عدم دقت استاندارد نوع A.....
۸۳	۲-۱-۲-۳ عدم دقت استاندارد نوع B.....
۸۴	۳-۱-۲-۳ ترکیب و توزیع عدم دقت.....
۸۴	۲-۲-۳ خطی بودن.....
۸۵	۳-۲-۳ وابستگی به آهنگ دز.....
۸۵	۴-۲-۳ وابستگی انرژی.....
۸۶	۵-۲-۳ وابستگی سمتی.....
۸۶	۶-۲-۳ قدرت تفکیک فضایی و اندازه‌ی فیزیکی.....
۸۶	۷-۲-۳ تسهیل در بازخوانی اطلاعات.....
۸۷	۸-۲-۳ تسهیل در استفاده.....
۸۷	۳-۳ سیستم دزیمتری اتاقک یونیزاسیون.....

۸۷	۱-۳-۳ اتافک‌ها و الکترومترها.....
۸۹	۲-۳-۳ اتافک‌های یونیزاسیون استوانه‌ای (انگشتانه‌ای).....
۸۹	۳-۳-۳ اتافک‌های یونیزاسیون صفحه‌ای موازی.....
۹۱	۴-۳-۳ اتافک‌های براکی‌تراپی.....
۹۲	۵-۳-۳ اتافک‌های برون‌یابی.....
۹۲	۴-۳ دزیمتری فیلم.....
۹۲	۱-۴-۳ فیلم رادیوگرافی.....
۹۵	۲-۴-۳ فیلم رادیو کرومیک.....
۹۶	۵-۳ دزیمتری لوله سانس.....
۹۷	۱-۵-۳ ترمولومینسانس.....
۹۸	۲-۵-۳ سیستم‌های دزیمتری ترمولومینسانس.....
۱۰۰	۳-۵-۳ سیستم‌های محرک دزیمتری ترمولومینسانس.....
۱۰۱	۶-۳ دزیمتر نیمه‌هادی.....
۱۰۱	۱-۶-۳ سیستم‌های دزیمتری دیود سیلیکونی.....
۱۰۳	۲-۶-۳ سیستم‌های دزیمتری ترانزیستور نیمه‌هادی اثر میدان (MOSFET).....
۱۰۴	۷-۳ سایر سیستم‌های دزیمتری.....
۱۰۴	۱-۷-۳ سیستم دزیمتری رزونانس پارامگنتیک آلاناین/الکرون.....
۱۰۴	۲-۷-۳ سیستم دزیمتری سیتلاتور پلاستیکی.....
۱۰۵	۳-۷-۳ دزیمترهای الماسی.....
۱۰۶	۴-۷-۳ سیستم‌های دزیمتری ژل.....
۱۰۷	۸-۳ استانداردهای اولیه.....
۱۰۸	۱-۸-۳ استانداردهای اولیه برای کرمای هوا در هوا.....
۱۰۸	۲-۸-۳ استانداردهای اولیه برای دز جذبی در آب.....
۱۰۹	۳-۸-۳ استاندارد اندازه‌گیری یون برای دز جذبی در آب.....
۱۰۹	۴-۸-۳ استاندارد دزیمتری شیمیایی برای دز جذبی آب.....
۱۱۰	۵-۸-۳ استاندارد کالریمتریک برای دز جذبی آب.....
۱۱۱	۹-۳ خلاصه‌ی سیستم‌های دزیمتری معمولی.....
۱۱۳	مراجع.....

۱۱۵	دستگاه‌های پایش پرتو.....
۱۱۵	۱-۴ مقدمه.....
۱۱۶	۲-۴ کمیت‌های عملی برای پایش پرتو.....
۱۱۷	۳-۴ آشکارسازهای محیطی.....
۱۲۰	۱-۳-۴ اتاقک‌های یونیزاسیون.....
۱۲۰	۲-۳-۴ شما، نده‌های تناسبی.....
۱۲۰	۳-۳-۴ آشکارسازهای محیطی نوترون.....
۱۲۲	۴-۳-۴ شما، ندهی گایگر-مولر.....
۱۲۲	۵-۳-۴ آشکارسازهای سستیلایون.....
۱۲۳	۶-۳-۴ آشکارسازهای نیمه‌هادی.....
۱۲۳	۷-۳-۴ انواع معمول و در دسترس آشکارسازهای محیطی.....
۱۲۴	۸-۳-۴ کالیبراسیون آشکارسازها، محیط.....
۱۲۶	۹-۳-۴ خصوصیت‌های آشکارسازهای محیط.....
۱۲۶	۱-۹-۳-۴ حساسیت.....
۱۲۷	۲-۹-۳-۴ وابستگی انرژی.....
۱۲۷	۳-۹-۳-۴ وابستگی مستقیم.....
۱۲۷	۴-۹-۳-۴ دامنه‌ی تغییرات معادل دز.....
۱۲۷	۵-۹-۳-۴ زمان پاسخ.....
۱۲۷	۶-۹-۳-۴ مشخصه‌های اضافه بار.....
۱۲۸	۷-۹-۳-۴ پایداری طولانی مدت.....
۱۲۸	۸-۹-۳-۴ تمایز بین انواع مختلف پرتو.....
۱۲۸	۹-۹-۳-۴ عدم دقت در اندازه‌گیری دز محیط.....
۱۲۸	۴-۴ پایش شخصی.....
۱۲۹	۱-۴-۴ فیلم بیج.....
۱۳۱	۲-۴-۴ بیج‌های دزیمتری ترمولومینسانس.....
۱۳۲	۳-۴-۴ سیستم‌های دزیمتری رادیوفوتولومینسانس شیشه‌ای.....
۱۳۳	۴-۴-۴ سیستم‌های لومینسانس تحریک نوری.....

۱۳۴	۵-۴-۴ بازخوانی مستقیم نمایشگرهای شخصی
۱۳۵	۶-۴-۴ کالیبراسیون دزیمترهای شخصی
۱۳۵	۷-۴-۴ خصوصیات نمایشگرهای شخصی
۱۳۵	۱-۷-۴-۴ حساسیت
۱۳۶	۲-۷-۴-۴ وابستگی انرژی
۱۳۶	۳-۷-۴-۴ عدم دقت در اندازه‌گیری نمایشگرهای شخصی
۱۳۷	۴-۷-۴-۴ دامنه‌ی تغییرات دز معادل
۱۳۷	۵-۷-۴-۴ وابستگی مستقیم
۱۳۷	۶-۷-۴-۴ نیزش انواع مختلف پرتو
۱۳۸	مراجع

۵

۱۴۱	دستگاه‌های پرتودرمانی خارجی
۱۴۱	۱-۵ مقدمه
۱۴۲	۲-۵ باریکه‌های پرتو X و دستگاه‌های پرتو Y
۱۴۲	۱-۲-۵ پرتو X مشخصه
۱۴۳	۲-۲-۵ پرتو X بر مشترالونگ
۱۴۳	۳-۲-۵ ماده‌ی هدف در پرتو X
۱۴۵	۴-۲-۵ باریکه‌ی پرتو X بالینی
۱۴۵	۵-۲-۵ مشخصات کیفی باریکه‌ی پرتو X
۱۴۶	۶-۲-۵ دستگاه‌های پرتو X در پرتودرمانی
۱۴۷	۳-۵ باریکه‌ی پرتو گاما و واحدهای پرتو گاما
۱۴۷	۱-۳-۵ خصوصیات اصلی پرتو گاما
۱۴۹	۲-۳-۵ دستگاه‌های تله‌ترابی
۱۴۹	۳-۳-۵ چشمه‌های تله‌ترابی
۱۵۰	۴-۳-۵ محفظه‌ی چشمه‌های تله‌ترابی
۱۵۱	۵-۳-۵ طرح درمان با دستگاه‌های تله‌ترابی
۱۵۱	۶-۳-۵ کلیماتور و سایه

۱۵۲	۴-۵ شتاب دهنده های ذرات
۱۵۳	۱-۴-۵ بتاترون
۱۵۴	۲-۴-۵ سیکلوترون
۱۵۵	۳-۴-۵ میکروترون
۱۵۶	۵-۵ شتاب دهنده ی خطی
۱۵۷	۱-۵-۵ نسل های شتاب دهنده ی خطی
۱۵۷	۲-۵-۵ نکات ایمنی در شتاب دهنده های خطی
۱۵۸	۳-۵-۵ اجزای شتاب دهنده ی خطی
۱۶۱	۴-۵-۵ میکرونی شتاب دهنده ی مدرن
۱۶۲	۵-۵-۵ سیستم تزریق شتاب دهنده های خطی
۱۶۴	۶-۵-۵ سیستم موج قدرتی RF
۱۶۴	۷-۵-۵ موجبر شتاب دهنده ی خطی
۱۶۶	۸-۵-۵ سیستم انتقال قدرت میکروو
۱۶۶	۹-۵-۵ اجزای جانبی شتاب دهنده
۱۶۶	۱۰-۵-۵ انتقال باریکه ی الکترون
۱۶۷	۱۱-۵-۵ سر شتاب دهنده ی درمانی
۱۶۹	۱۲-۵-۵ تولید فوتون درمانی در شتاب دهنده
۱۶۹	۱۳-۵-۵ جمع کننده ی باریکه
۱۷۰	۱۴-۵-۵ تولید باریکه ی الکترون بالینی در شتاب دهنده
۱۷۱	۱۵-۵-۵ سیستم پایش دز در شتاب دهنده
۱۷۳	۶-۵ پرتودرمانی با پروتون، نوترون و یون های سنگین
۱۷۳	۷-۵ ملاحظات حفاظ سازی
۱۷۴	۸-۵ مقایسه ی دستگاه های تله ترابی کبالت - ۶۰ با شتاب دهنده های خطی
۱۷۷	۹-۵ شبیه سازها و شبیه سازهای توموگرافی کامپیوتری
۱۷۸	۱-۹-۵ شبیه ساز پرتودرمانی
۱۷۹	۲-۹-۵ شبیه ساز توموگرافی کامپیوتری
۱۸۱	۱۰-۵ آموزش های لازم
۱۸۲	مراجع

۱۸۳	باریکه‌های فوتونی خارجی - جزییات فیزیکی
۱۸۳	۱-۶ مقدمه
۱۸۴	۲-۶ کمیت‌های استفاده‌شده در شرح باریکه‌ی فوتون
۱۸۴	۱-۲-۶ فلوی فوتون و آهنگ فلوی فوتون
۱۸۴	۲-۲-۶ فلوی انرژی و آهنگ فلوی انرژی
۱۸۵	۳-۲-۶ کرمای هوا در هوا
۱۸۶	۴-۲-۶ پرتوگیری در هوا
۱۸۷	۵-۲-۶ دز - رم کاپی محیط در هوا
۱۸۹	۳-۶ چشمه‌های باریکه‌ی انرژی
۱۹۱	۴-۶ قانون مربع معکوس
۱۹۲	۵-۶ نفوذ باریکه‌های فوتون در اشعه‌ی بیمار
۱۹۴	۱-۵-۶ دز سطحی
۱۹۴	۲-۵-۶ ناحیه‌ی یلداآب
۱۹۵	۳-۵-۶ عمق دز Z_{max}
۱۹۶	۴-۵-۶ دز خروجی
۱۹۶	۶-۶ پارامترهای درمان پرتو
۱۹۶	۱-۶-۶ اندازه‌ی میدان باریکه‌ی پرتو
۱۹۷	۲-۶-۶ فاکتور کلیماتور
۱۹۹	۳-۶-۶ فاکتور پراکندگی پیک
۲۰۲	۴-۶-۶ فاکتور دز نسبی
۲۰۴	۷-۶ دزهای عمقی محور مرکزی در آب: ساختار فاصله‌ی چشمه تا سطح
۲۰۴	۱-۷-۶ درصد دز عمقی
۲۰۷	۲-۷-۶ تابع پراکندگی
۲۰۸	۸-۶ دزهای عمقی محور مرکزی در آب: ساختار فاصله‌ی چشمه تا محور
۲۰۸	۱-۸-۶ ثابت بافت به هوا
۲۱۱	۲-۸-۶ رابطه‌ی بین $TAR(d, A_Q, hv)$ و $PDD(d, A_Q, f, hv)$
۲۱۵	۳-۸-۶ نسبت پراکندگی به هوا

۲۱۵	۴-۸-۶ رابطه‌ی بین $S(z, A, f, hv)$ و $SAR(d, A_Q, hv)$
۲۱۵	۵-۸-۶ نسبت بافت به فانتوم (TPR) و نسبت بافت به مقدار بهینه‌ی (TMR)
۲۱۷	۶-۸-۶ رابطه‌ی بین $PDD(z, A, f, hv)$ و $TMR(z, A_Q, hv)$
۲۱۹	۷-۸-۶ نسبت پراکندگی به دز بیشینه
۲۲۰	۹-۶ نسبت‌های خارج از محور و پروفایل‌های باریکه
۲۲۲	۱-۹-۶ یکنواختی باریکه
۲۲۳	۲-۹-۶ تقارن باریکه
۲۲۴	۱۰-۶ توزیع‌های آیزودوز در فانتوم‌های آب
۲۲۶	۱۱-۶ توزیع‌های آیزودوز تک میدان در بیماران
۲۲۷	۱-۱۱-۶ تصحیحات برای باریکه‌ی مایل و محیط‌های ناممکن
۲۲۸	۱-۱-۱۱-۶ روش‌های ساده تا سطح مؤثر
۲۲۹	۲-۱-۱۱-۶ روش نسبت بافت به هوا با نسبت بافت به بیش‌ترین مقدار
۲۳۰	۳-۱-۱۱-۶ روش جابه‌جایی ایزه در
۲۳۰	۲-۱۱-۶ تصحیح بافت پنهان
۲۳۰	۱-۲-۱۱-۶ فیلترهای گوه
۲۳۱	۲-۲-۱۱-۶ بلوس
۲۳۱	۳-۲-۱۱-۶ جبران‌کننده‌ها
۲۳۲	۳-۱۱-۶ تصحیحات برای غیریکنواختی‌های بافت
۲۳۳	۴-۱۱-۶ الگوریتم‌های براساس مدل
۲۳۴	۱۲-۶ انتگرال‌گیری تقسیم‌بندی‌های کلارکسون
۲۳۸	۱۳-۶ اندازه‌گیری‌های دز نسبی با اتافک‌های یونیزاسیون
۲۴۱	۱۴-۶ دریافت دز با تک باریکه‌ی خارجی
۲۴۲	۱۵-۶ مثالی از محاسبه‌ی دز
۲۴۵	۱۶-۶ زمان تصحیح شاتر
۲۴۷	مراجع

۲۴۹	۱-۷ مقدمه
۲۵۰	۲-۷ تعریف حجم
۲۵۱	۱-۲-۷ حجم تومور کلی (GTV)
۲۵۱	۲-۲-۷ حجم هدف بالینی (CTV)
۲۵۱	۳-۲-۷ حجم هدف درونی (ITV)
۲۵۲	۴-۲-۷ حجم هدف طراحی (PTV)
۲۵۲	۵-۲-۷ اندام در خطر
۲۵۳	۳-۷ مشخصات دز
۲۵۴	۴-۷ شبیه‌سازی و ریافت داده‌های بیمار
۲۵۴	۱-۴-۷ نیاز برای داده‌های بیمار
۲۵۴	۲-۴-۷ نوع داده‌های بیمار
۲۵۴	۱-۲-۴-۷ طراحی درمان و ریافت
۲۵۵	۲-۲-۴-۷ طراحی درمان سه بعدی
۲۵۶	۳-۴-۷ شبیه‌سازی درمان
۲۵۷	۴-۴-۷ موقعیت درمانی بیمار و طرح‌های تریاتمدارها
۲۶۰	۵-۴-۷ نیازهای داده‌های بیمار
۲۶۱	۶-۴-۷ شبیه‌سازی درمان متداول
۲۶۱	۱-۶-۴-۷ شبیه‌سازها
۲۶۲	۲-۶-۴-۷ تعیین موضع برای هدف و اندام‌های در خطر
۲۶۲	۳-۶-۴-۷ تعیین هندسه‌ی دسته‌پرتوهای درمان
۲۶۴	۴-۶-۴-۷ دریافت اطلاعات بیمار
۲۶۴	۷-۴-۷ توموگرافی کامپیوتری براساس شبیه‌سازی درمان متداول
۲۶۴	۱-۷-۴-۷ توموگرافی کامپیوتری براساس دریافت اطلاعات بیمار
۲۶۶	۲-۷-۴-۷ تعیین هندسه‌ی دسته‌پرتوهای درمان
۲۶۶	۸-۴-۷ توموگرافی کامپیوتری براساس شبیه‌سازی مجازی
۲۶۶	۱-۸-۴-۷ شبیه‌ساز توموگرافی کامپیوتری
۲۶۷	۲-۸-۴-۷ شبیه‌سازی مجازی
۲۶۸	۳-۸-۴-۷ رادیوگراف‌های بازسازی‌شده به صورت دیجیتال (DRR)s

۲۶۸	۴-۸-۴-۷ نمای چشمی پرتو.....
۲۷۰	۴-۸-۵-۷ روش شبیه‌سازی مجازی.....
۲۷۱	۴-۹-۷ شبیه‌ساز متداول در برابر شبیه‌ساز توموگرافی کامپیوتری.....
۲۷۲	۴-۱۰-۷ تصویرسازی تشدید مغناطیسی برای طراحی درمان.....
۲۷۴	۴-۱۱-۷ خلاصه‌ی روش‌های شبیه‌سازی.....
۲۷۵	۵-۷ ملاحظات بالینی برای دسته‌پرتوهای فوتونی.....
۲۷۵	۵-۱-۷ منحنی‌های آیزودز.....
۲۷۶	۵-۲-۷ فیلترهای گوه.....
۲۷۸	۵-۳-۷ بوسر.....
۲۷۹	۵-۴-۷ فیلترهای جبرآهنگ.....
۲۸۰	۵-۵-۵-۷ تصحیحات برای تنظیم‌های کاتود.....
۲۸۱	۵-۱-۵-۷ روش جابه‌جایی بزوز.....
۲۸۲	۵-۲-۵-۷ روش ضربه تضعیف مؤثر.....
۲۸۲	۵-۳-۵-۷ روش نسبت بافت به هوا.....
۲۸۳	۵-۶-۵-۷ تصحیحات برای ناهمگنی‌های بافت.....
۲۸۴	۵-۱-۶-۵-۷ روش نسبت بافت به هوا.....
۲۸۴	۵-۲-۶-۵-۷ روش قانون توان باتو.....
۲۸۵	۵-۳-۶-۵-۷ روش نسبت بافت معادل به هوا.....
۲۸۵	۵-۴-۶-۵-۷ روش جابه‌جایی آیزودز.....
۲۸۵	۵-۷-۵-۷ ترکیبات دسته‌پرتوها و کاربرد بالینی.....
۲۸۶	۵-۱-۷-۵-۷ وزن دادن و نرمالیزاسیون.....
۲۸۶	۵-۲-۷-۵-۷ فاصله‌ی چشمه تا سطح ثابت در برابر تکنیک‌های ایزوستریک.....
۲۸۷	۵-۳-۷-۵-۷ دسته‌پرتوهای موازی مقابل.....
۲۸۸	۵-۴-۷-۵-۷ دسته‌پرتوهای هم‌صفحه‌ی چندگانه.....
۲۸۹	۵-۵-۷-۵-۷ تکنیک‌های چرخشی.....
۲۹۰	۵-۶-۷-۵-۷ دسته‌پرتوهای غیرهم‌صفحه‌ی چندگانه.....
۲۹۰	۵-۷-۷-۵-۷ تطبیق میدان.....
۲۹۱	۷-۶- ارزیابی طراحی درمان.....

۲۹۲	۶-۷-۱ منحنی های آیزودز.....
۲۹۲	۶-۷-۲ صفحه های مستطیلی و سطح های آیزودز.....
۲۹۴	۶-۷-۳ آمار دز.....
۲۹۴	۶-۷-۴ نمودارهای دز - حجم (DVH).....
۲۹۵	۶-۷-۴-۱ نمودار دز- حجم (DVH) مستقیم.....
۲۹۵	۶-۷-۴-۲ نمودار دز - حجم (DVH) تراکمی.....
۲۹۷	۶-۷-۵ ارزیابی درمان.....
۲۹۷	۶-۷-۵-۱ فیلم های درگاه.....
۲۹۹	۶-۷-۵-۲: تصویر رادی پورتال آنلاین.....
۳۰۱	۷-۷ محاسبات زمان درمان واحد مونیتور.....
۳۰۲	۷-۷-۱ محاسبات زمان درمان واحد مونیتور برای فاصله ی ثابت شده ی چشمه تا سطح.....
۳۰۵	۷-۷-۲ محاسبات زمان درمان واحد مونیتور برای تنظیم ایزوستریک.....
۳۰۸	۷-۷-۳ نرمالیزه کردن توزیع های.....
۳۰۹	۷-۷-۴ دخالت پارامترهای خروجی در توزیع دز.....
۳۰۹	۷-۷-۵ محاسبه ی زمان درمان برای دستگاه روتوناز و بابت - ۶۰.....
۳۱۰	مراجع.....

۳۱۱	باریکه های الکترون: جنبه های فیزیکی و بالینی.....
۳۱۱	۸-۱ توزیع دز عمقی محور مرکزی در آب.....
۳۱۱	۸-۱-۱ شکل عمومی منحنی دز عمقی.....
۳۱۳	۸-۱-۲ برهم کنش های الکترون با ماده.....
۳۱۴	۸-۱-۳ قانون عکس مربع (مکان چشمه ی مجازی).....
۳۱۵	۸-۱-۴ مفهوم برد.....
۳۱۷	۸-۱-۵ منطقه ی بیلد آپ (عمق های بین سطح و Z_{max} یعنی $0 \leq Z \leq Z_{max}$).....
۳۱۹	۸-۱-۶ توزیع دز پس از Z_{max} ($Z > Z_{max}$).....
۳۱۹	۸-۲ پارامترهای دزیمتری برای باریکه های الکترون.....
۳۱۹	۸-۲-۱ مشخصه های انرژی باریکه ی الکترون.....

۲۲۰	۲-۲-۸ پارامترهای دز عمقی تابع انرژی
۲۲۱	۳-۲-۸ درصد دز عمقی
۲۲۱	۱-۳-۲-۸ درصد دز عمقی برای میدان‌های با اندازه‌ی کوچک الکترون
۲۲۲	۲-۳-۲-۸ درصد دز عمقی برای برخورد مورب باریکه
۲۲۴	۴-۲-۸ فاکتورهای خروجی
۲۲۴	۵-۲-۸ برد R_{90} بالینی
۲۲۵	۶-۲-۸ نمودارها و نسبت‌های محور کناری
۲۲۵	۷-۲-۸ هموار کردن و تقارن
۲۲۶	۳-۸ ملاحظات بالینی در درمان با باریکه‌ی الکترون
۲۲۶	۱-۳-۸ مشخصه‌ی دز درازتر
۲۲۶	۲-۳-۸ اندازه‌ی میدان‌های کوچک
۲۲۷	۳-۳-۸ منحنی‌های آیزودز
۲۲۸	۴-۳-۸ شکل‌دهی میدان
۲۲۹	۱-۴-۳-۸ اپلیکاتورهای الکترون
۲۲۹	۲-۴-۳-۸ حفاظ‌سازی و جداسازها
۲۳۰	۳-۴-۳-۸ حفاظ‌سازی داخلی
۲۳۰	۴-۴-۳-۸ درمان‌های با فاصله‌ی چشمه تا سطح توسعه‌یافته
۲۳۱	۵-۳-۸ تصحیح سطوح نامنظم
۲۳۱	۶-۳-۸ بلوس
۲۳۲	۷-۳-۸ تصحیحات غیرهمگنی
۲۳۲	۱-۷-۳-۸ ضریب معادل ضخامت
۲۳۴	۲-۷-۳-۸ اثر اختلال پراکندگی (لبه)
۲۳۵	۸-۳-۸ ترکیب باریکه‌های الکترون
۲۳۵	۱-۸-۳-۸ میدان‌های الکترونی متصل
۲۳۵	۲-۸-۳-۸ میدان‌های الکترونی و فوتون منطبق
۲۳۶	۹-۳-۸ درمان قوسی با الکترون
۲۳۹	۱۰-۳-۸ طراحی درمان در الکترون درمانی
۲۴۱	مراجع

۳۴۳	کالیبراسیون باریکه‌های الکترون و فوتون.....
۳۴۳	۱-۹ مقدمه.....
۳۴۵	۱-۱-۹ کالریمتری.....
۳۴۵	۲-۱-۹ دزیمتری فزیک.....
۳۴۶	۳-۱-۹ دزیمترهای اتاقک یونیزاسیون.....
۳۴۷	۴-۱-۹ متوسط انرژی صرف‌شده در هوا برای ایجاد یک جفت یون.....
۳۴۸	۵-۱-۹ دزیمتر مرجع با اتاقک‌های یونیزاسیون.....
۳۴۸	۵-۱-۹ فک یونیزاسیون استاندارد هوای آزاد.....
۳۴۸	۲-۵-۱-۹ اتاقک‌های یونیزاسیون محفظه‌ای.....
۳۴۹	۳-۵-۱-۹ اتاقک‌های برون‌یابی قرارداده‌شده در فانتوم.....
۳۵۰	۶-۱-۹ کالیبراسیون باریکه‌های یونی و جیره‌ای اندازه‌گیری.....
۳۵۱	۷-۱-۹ پروتکل‌های دزیمتری.....
۳۵۱	۲-۹ سیستم دزیمتری بر پایه‌ی اتاقک یونیزاسیون.....
۳۵۲	۱-۲-۹ اتاقک‌های یونیزاسیون.....
۳۵۴	۲-۲-۹ الکترومتر و منبع تغذیه.....
۳۵۴	۳-۲-۹ فانتوم‌ها.....
۳۵۶	۳-۹ تصحیح سیگنال اتاقک برای تأثیر کمیت‌ها.....
۳۵۶	۱-۳-۹ اثرات دما، فشار و رطوبت هوا: K_{TP}
۳۵۷	۲-۳-۹ اثرات پلاریته‌ی اتاقک: عامل تصحیح پلاریته‌ی K_{POL}
۳۵۸	۳-۳-۹ اثرات ولتاژ اتاقک: عامل تصحیح بازترکیب K_{SAT}
۳۶۳	۴-۳-۹ جریان‌های ناشی اتاقک.....
۳۶۴	۵-۳-۹ اثر بدنه‌ی اتاقک.....
۳۶۴	۴-۹ تعیین دز جذبی با استفاده از اتاقک یونیزاسیون کالیبره‌شده.....
۳۶۵	۱-۴-۹ پروتکل‌های بر پایه‌ی کرمای هوا.....
۳۶۷	۲-۴-۹ دز جذبی در آب براساس پروتکل‌ها.....
۳۷۲	۵-۹ نسبت‌های قدرت ایستاندگی.....
۳۷۲	۱-۵-۹ نسبت‌های قدرت ایستاندگی برای باریکه‌های الکترون.....

۲-۵-۹	نسبت‌های قدرت ایستاندگی برای باریکه‌های فوتون.....	۳۷۴
۶-۹	نسبت ضریب جذب جرم - انرژی.....	۳۷۴
۷-۹	عامل‌های تصحیح آشفته‌گی.....	۳۷۵
۱-۷-۹	عامل آشفته‌گی جای‌گذاری P_{dis} و اندازه‌گیری نقطه‌ی مؤثر.....	۳۷۶
۲-۷-۹	عامل آشفته‌گی دیواره‌ی اتاقک P_{wall}	۳۷۹
۳-۷-۹	آشفته‌گی الکتروود مرکزی P_{cel}	۳۸۰
۴-۷-۹	تصحیح آشفته‌گی حفره یا سیال P_{cav}	۳۸۰
۸-۹	مشخصات کیفیت باریکه.....	۳۸۲
۱-۸-۹	مشخصات کیفیت باریکه برای باریکه‌های فوتون کیلوولتاژ.....	۳۸۳
۲-۸-۹	مشخصات کیفیت باریکه برای باریکه‌های فوتون مگاولتاژ.....	۳۸۴
۳-۸-۹	مشخصه‌ی کیفیت باریکه برای باریکه‌های الکترون مگاولتاژ.....	۳۸۶
۹-۹	کالیبراسیون باریکه‌های مگاواژ باریکه‌های فوتون و الکترون: جنبه‌های کاربردی.....	۳۹۰
۱-۹-۹	کالیبراسیون باریکه‌های فوتون مگاولتاژ براساس ضریب کالیبراسیون کرمای هوا در هوا $N_{K,Co}$	۳۹۰
۲-۹-۹	کالیبراسیون باریکه‌های فوتون مگاولتاژ براساس ضریب کالیبراسیون دز جذبی در آب $N_{D,w,Co}$	۳۹۱
۳-۳-۹	کالیبراسیون باریکه‌های الکترون مگاولتاژ براساس ضریب کالیبراسیون کرمای هوا در هوا $N_{K,Co}$	۳۹۳
۴-۹-۹	کالیبراسیون باریکه‌های الکترون انرژی بالا براساس ضریب کالیبراسیون دز جذبی در آب $N_{D,w,Co}$	۳۹۴
۱۰-۹	دزیمتری کیلوولتاژ.....	۳۹۶
۱-۱۰-۹	ویژگی‌های خاص باریکه‌های کیلوولتاژ.....	۳۹۶
۲-۱۰-۹	روش کالیبراسیون براساس کرمای هوا در فانتوم (انرژی‌های متوسط).....	۳۹۷
۳-۱۰-۹	روش پراکندگی زمینه براساس کرمای هوا (فوتون‌های با انرژی پایین و متوسط).....	۳۹۸
۴-۱۰-۹	روش کالیبراسیون براساس کرمای هوا در هوا برای انرژی‌های خیلی پایین.....	۴۰۰
۵-۱۰-۹	روش کالیبراسیون براساس دز جذبی در آب.....	۴۰۰
۱۱-۹	تجزیه و تحلیل خطا و عدم‌دقت در اندازه‌گیری‌های اتاقک یونیزاسیون.....	۴۰۱
۱-۱۱-۹	خطاها و عدم‌دقت.....	۴۰۱
۲-۱۱-۹	طبقه‌بندی عدم‌دقت.....	۴۰۱
۳-۱۱-۹	عدم‌دقت در زنجیره‌ی کالیبراسیون.....	۴۰۲
	مراجع.....	۴۰۳