
فیزیک آنکولوژی تابش:
کتاب مرجع برای اساتید و دانشجویان
(جلد اول)

ترجمه:

دکتر مجتبی شمسایی ظفرقندی
(دانشیار دانشکده مهندسی انرژی و فیزیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

سیدمیلاذ وهابی

سجاد بیات

ویراستار:

شیما شمسایی

عنوان و نام پدیدآور	: فیزیک آنکولوژی تابش: کتاب مرجع برای اساتید و دانشجویان / آروین ب. پودگورساک، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی؛ ترجمه مجتبی شمسایی ظفرقندی، سیدمیلااد وهابی، سجاد بیات. تهران: انتشارات عمارت، ۱۳۹۴ -
مشخصات نشر	: ۳۴۲ ج: مصور، جدول.
مشخصات ظاهری	: ج. ۱: 3-6-95702-600-978
شابک	: فیبا
وضعیت فهرست نویسی	: عنوان اصلی: Radiation oncology physics : a handbook for teachers and students, 2005
یادداشت	: سرطان -- پرتودرمانی -- دستنامه‌ها
موضوع	: فیزیک پزشکی -- دستنامه‌ها
موضوع	: تشعشع -- مقدارسنجی -- دستنامه‌ها
موضوع	: پودگورساک، اروین ب.
شناسه افزوده	: (Podgoršak, E. B. (Ervin B
شناسه افزوده	: شمسایی ظفرقندی، مجتبی، ۱۳۳۴ - مترجم
شناسه افزوده	: وهابی، سیدمیلااد، ۱۳۶۶ - مترجم
شناسه افزوده	: بیات، سجاد، ۱۳۶۶ - مترجم
شناسه افزوده	: شمسایی، شیما، ویراستار
شناسه افزوده	: آژانس بین‌المللی انرژی اتمی
شناسه افزوده	: International Atomic Energy Agency
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۴ ۹ف۹۶۷۱RC
رده بندی دیویی	: ۶۱۶/۹۹۴۰۶۴۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۹۹۴۸۳۷



فیزیک آنکولوژی تابش

کتاب مرجع برای اساتید و دانشجویان (جلد اول)

تألیف:	E.B. Podgorsak
ترجمه:	دکتر مجتبی شمسایی ظفرقندی - سیدمیلااد وهابی سجاد بیات
ویراستار:	شیما شمسایی
ناشر:	انتشارات عمارت
نوبت چاپ:	اول / ۱۳۹۴
تیراژ:	۵۰۰ نسخه
حروفچینی:	موسسه مهراد
لیتوگرافی:	باختر
چاپخانه:	مهر
مصافی:	مهر
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۹۵۷۰۲-۶-۳
قیمت:	۲۰۰۰۰ تومان

کلیه حقوق این اثر برای انتشارات عمارت محفوظ است.

انتشارات عمارت: خیابان انقلاب - ابتدای خیابان فخرآزی
پلاک ۸۵ - واحد ۷ - تلفن: ۰۲۱ ۱۷۲۰ ۶۶۴۱ ۶۶۴۸۸۵

پیشگفتار مترجمان:

سپاس خداوندی که سخنوران از ستودن او عاجزند، حسابگران از شمارش نعمت‌های او ناتوان، تلاشگران از ادای حق او درمانده‌اند، خدایی که افکار ژرف‌اندیش ذات او را درک نمی‌کنند و دست غواصان دریای علوم به او نخواهد رسید.

آنکولوژی تابش یا درمان با تابش از کاربردهای بالینی تابش‌های یوننده در پزشکی به شمار می‌آید که معمولاً در امر تشخیص یا درمان تومورهای سرطانی بصورت چشمه‌های بیرونی (Teletherapy) یا چشمه‌های داخل بافت (Brachytherapy) استفاده می‌شود. انباشت انرژی در واحد جرم هنگام ورود تابش به بافت موجب تخریب یا کنترل تکثیر سلول‌های سرطانی می‌گردد و بستگی به محل، انرژی تابش، شدت تابش و نوع بافت دارد.

در روش‌های شیمی‌درمانی و یا جراحی بافت‌های سرطانی، یافته‌های تجربی و تجربه پزشک نقش مثبتی در نتیجه درمان ایفا می‌کند، درحالی‌که استفاده از پرتوها در درمان بیشتر بنا به فناوری ماشین‌های درمانی اعم از ایزوتوپی یا شتابدهنده‌ها و عواملی چون نوع ذرات تابشی، کیفیت تابش (انرژی)، مدت زمان پرتودهی، هندسه درمان برای هر بیمار انتخاب و طرح درمان (Treatment plan) تهیه می‌گردد. از تصاویر مقطع‌نگاری رایانه‌ای (CT) و تکنیک‌های مکان‌یابی ارگان هدف قبل از اجراء طرح درمان بهره‌گیری می‌شود. در هر برنامه درمان سعی می‌گردد حالت مطلوب به گونه‌ای طراحی شود که بیشترین دز تابش به تومور و کمترین دز تابش ممکن به پوست و بافت‌های سالم تحویل گردد. دز تابشی هر نقطه در بافت در مقایسه با یک مرجع، اندازه‌گیری و تعیین می‌شود. از توابع اساسی در محاسبات دز از انرژی‌های مورد استفاده در درمان سطحی (Superficial) تا انرژی‌های ۲۵ MV بطور وسیعی استفاده می‌شوند. این توابع عبارتند از: درصد دز عمقی (PDD)^۱، نسبت بافت-هوا (TAR)^۲، تابع پس پراکندگی (BSF)^۳، نسبت بافت-فانتوم (TPRS)^۴ و نسبت پراکندگی هوا (SAR)^۵.

1 Percentage Depth Dose

2 Tissue –Air Ratio

3 Back Scatter Function

4 Tissue-Phantom Ratio

5 Scattering – Air Ratio

با تعیین دز نقاط، منحنی‌های همدز یا نقشه دز، تهیه و اصلاح آن‌ها به علت انحناء سطوحی از بدن و غیریکنواختی ساختار داخلی بدن با استفاده از تکنیک‌های متفاوت صورت می‌گیرد. با بکارگیری ترکیب میدان‌های تابشی و استفاده از فیلتر وج‌های مختلف و تغییر پارامترهای تاثیرگذار، می‌توان نقشه دز در بافت را بگونه‌ای مهندسی نمود که دز رسیده به پوست و بافت‌های سالم به حداقل سطح موردقبول کاهش یافته، درحالی‌که دز مطلوب به تومور سرطانی تحویل گردد.

یک طراحی درمان مطلوب مستلزم درک صحیح از فیزیک تابش در زمینه سازوکار برهمکنش فوتون‌ها با ماده و نحوه اتلاف انرژی الکترون‌های حاصل از آن و ذرات باردار در ماده و اندازه‌گیری دز تابش با استفاده از تکنیک‌های متداول دزیمتری است.

کتاب حاضر همانطور که از نامش استنباط می‌شود، راهنمایی است مفید به عنوان یک مرجع آموزنده در فیزیک درمان با تابش برای دانشجویان در مقاطع مختلف و اساتید رشته‌های آنکولوژی، فیزیک پزشکی، پزشکی هسته‌ای، رادیولوژی، مهندسی پزشکی و پرتوپزشکی که در جلد اول آن به موضوعاتی چون فیزیک تابش، دزیمتری تابش، آشکارسازها و طراحی درمان با پرتو می‌پردازد.

در ترجمه این کتاب تلاش شده تا حد ممکن دخل و تصرفی در متن اصلی کتاب صورت نگیرد. با این وجود، از همه دانش‌پژوهان و کارشناسان در این حوزه انتظار داریم بر ما منت گذاشته و با نظرات و پیشنهادات خود ما را در ادامه این مسیر یاری نمایند.

در پایان توفیق روزافزون تمامی پژوهشگران به ویژه متخصصین کاربردهای صلح‌آمیز هسته‌ای کشور را در امر آموزش و پژوهش در این شاخه از علم و خدمت به ملت بزرگ کشورمان از خداوند متعال مسئلت می‌نماییم.

دکتر مجتبی شمسایی ظفرقندی (Pysham@aut.ac.ir)

سید میلاد وهابی (Milad_vahabi@aut.ac.ir)

سجاد بیات (Sajad@aut.ac.ir)

پاییز ۱۳۹۴

پیشگفتار

آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA)^۱ در اواخر دهه ۱۹۹۰ طرح منظم و جامعی را به منظور حمایت از پیشرفت برنامه‌های آموزشی مربوط به فیزیک پرتو پزشکی، برای ایالات عضو خود بنیان نهاد. پروژه‌های متعدد در سطوح مختلف همراه با دوره‌های آموزشی کوتاه مدت و پژوهانه تخصصی با پشتوانه برنامه همکاری فنی آژانس بین‌المللی انرژی اتمی با هدف حمایت کشورها جهت پیشرفت برنامه‌های دانشگاهی کارشناسی ارشد فیزیک پرتو پزشکی آغاز شدند.

یکی از فعالیت‌های اولیه آژانس در این دوره، توسعه رئوس مطالب در فیزیک پرتودرمانی با هدف برقراری توازن در سطوح آموزشی ارائه شده بود. این امر در طی سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۹۸ انجام شد و نتیجه آن تحت گزارشی جهت استفاده برای برنامه‌ریزی دوره‌های آموزشی آژانس منتشر شد. راهنمای دقیقتر برای اساتید در سال ۱۹۹۹-۲۰۰۰ توسعه پیدا کرد و در آن موضوعات مختلف در رئوس مطالب به شکل فهرست‌وار^۲ تعمیم یافت که شامل راهنماهای اساسی و عمده برای هر موضوع بود به طوری که دروس دانشجویان می‌توانست بر طبق آن آماده شود. ای.بی. پدگرساک^۳ کانادایی در طی سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۲ به عنوان ویراستار پروژه منصوب شد و محتویات آن را بگونه‌ای بازطراحی نمود که با دیدی عمیقتر نسبت به راهنمای ساده قبلی، به مرجع^۴ جامعی برای اساتید و دانشجویان بدل گشت. فهرست اولیه موضوعات به طور قابل توجهی با همکاری بین‌المللی توسعه یافت. این مرجع به عنوان اساس کار در سال ۲۰۰۳ منتشر شد و به منظور دنبال نمودن نظرات، تصحیحات و بازخورد بر روی اینترنت قرار گرفت.

هدف از این مرجع فراهم نمودن مبنایی جهت آموزش فیزیكدانان پزشکی در تحصیلات دانشگاهی در این زمینه است. این مرجع شامل پیشرفت‌های اخیر در فنون پرتودرمانی است. با این وجود بگونه‌ای برنامه‌ریزی نشده است که جایگزین تعداد بسیاری از کتاب‌های درسی موجود در فیزیک پرتودرمانی شود و هنوز هم تعمیق علمی بیشتری در خصوص موضوعات معین مروری در این مرجع نیاز خواهد بود. انتظار می‌رود که این مرجع خلاً موجود در مواد آموزشی فیزیک پرتو پزشکی را با فراهم نمودن بیشترین دید ممکن و موجود در قالب یک جلد قابل‌مدیریت با موفقیت پر خواهد کرد. انتشار گسترده این مرجع توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی سهمی در ایجاد توازن آموزشی در این زمینه خواهد داشت و برای افراد مبتدی و کسانی که می‌خواهند برای صدور گواهی‌نامه خود به عنوان فیزیكدان

^۱ International Atomic Energy Agency

^۲ Bullet list

^۳ E. B. Podgorsak

^۴ Handbook

پزشکی، آنکولوژیست تابش، دزیمتریست پزشکی و فن شناس پرتودرمانی آماده شوند، ارزشمند خواهد بود.

امتیاز این مرجع به سازمان‌های بین‌المللی و نهادهای تخصصی از قبیل سازمان بین‌المللی فیزیک پزشکی^۱ (IOMP)، انجمن رادیولوژی و آنکولوژی درمانی اروپا^۲ (ESTRO)، فدراسیون سازمان‌های فیزیک پزشکی اروپا^۳ (EFOMP)، سازمان بهداشت جهانی^۴ (WHO)، سازمان بهداشت پان آمریکا^۵ (PAHO)، سازمان فیزیکی‌دانان پزشکی کانادا^۶ (COMP) و دانشکده کانادایی فیزیکی‌دانان در پزشکی^۷ (CCPM) اعطا شده است.

از کارشناسان بین‌المللی از جمله بی. نیلسون^۸ (سوئد)، بی. پلانسکوی^۹ (انگلستان) و جی. سی. روزنوالد^{۱۰} (فرانسه) برای کمک‌های بسیار جهت توسعه نسخه اولیه رئیس مطالب درسی کمال تقدیر و تشکر به عمل می‌آید. آر. آلفونسو^{۱۱} (کوبا)، جی. راجان^{۱۲} (هند)، دبلیو. استریدوم^{۱۳} (افریقای جنوبی) وان. سانتارالینگام^{۱۴} (ایالات متحده آمریکا) سهم عمده‌ای در این مرجع داشته‌اند. کارکنان علمی آژانس بین‌المللی انرژی اتمی مسئول در این پروژه (به ترتیب زمانی) پی. اندرو^{۱۵}، جی. ایزوسکا^{۱۶} و کی. ار. شرت^{۱۷} بودند.

¹ International Organization for Medical Physics (IOMP)

² European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO)

³ European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP)

⁴ World Health Organization (WHO)

⁵ Pan American Health Organization (PAHO)

⁶ Canadian Organization of Medical Physicists (COMP)

⁷ Canadian College of Physicists in Medicine (CCPM)

⁸ B. Nilsson

⁹ B. Planskoy

¹⁰ J.C. Rosenwald

¹¹ R. Alfonso

¹² G. Rajan

¹³ W. Strydom

¹⁴ N. Suntharalingam

¹⁵ P. Andreo

¹⁶ J. Izewska

¹⁷ K.R. Shortt

مقدمه

پرتودرمانی که از آن به عنوان تابش درمانی، آنکولوژی تابش یا رادیولوژی درمانی یاد می‌شود، یکی از سه روش اصلی مورد استفاده در درمان علائم بدخیمی (سرطان) است. دو روش دیگر جراحی و شیمی‌درمانی هستند. پرتودرمانی با استفاده از تابش یوننده در درمان سرطان، بر خلاف سایر تخصص‌های پزشکی که عمدتاً مبتنی بر دانش بالینی و تجربه متخصصین پزشکی هستند، شدیداً بر اساس فناوری نوین و تلاش‌های مشترک متخصصین مختلفی است که رویکرد گروهی آن‌ها تا حد زیادی بر نتیجه درمان تأثیر می‌گذارد.

تیم پرتودرمانی شامل آنکولوژیست‌های تابش، فیزیکی‌دانان پزشکی، دزیمتریست‌ها و کارشناسان تابش درمانی است: تمام متخصصین به طور وسیعی با زمینه‌های آموزشی متفاوت و یک زمینه مشترک مشخص می‌شوند که این زمینه مشترک همان نیاز به درک عناصر اصلی فیزیک تابش و برهمکنش تابش یوننده مخصوصاً با بافت بدن انسان است. به این زمینه تخصصی فیزیک، فیزیک آنکولوژی تابش اطلاق می‌گردد و مهارت در این شاخه از فیزیک یک ضرورت قطعی برای هر کسی است که مشتاق رسیدن به تعالی در هر یک از چهار حرفه تشکیل‌دهنده تیم پرتودرمانی باشد. پیشرفت‌های کنونی در آنکولوژی تابش به طور عمده توسط پیشرفت فنی تجهیزات جهت روندهای پرتودرمانی و تصویربرداری روی می‌دهند. با این وجود این پیشرفت‌ها همانند گذشته شدیداً بر اساس فیزیک پایه استوار است.

این کتاب برای دانشجویان و اساتیدی که با برنامه‌های آموزش و تعلیم متخصص برای کار در آنکولوژی تابش سر و کار دارند، اختصاص داده شده است. این کتاب تلفیقی از حقایق فیزیکی قابل استفاده در آنکولوژی تابش ارائه می‌دهد و از طرفی برای ترفیع دانشجویان و پزشکان در برنامه‌های فیزیک پزشکی، برای پزشکان در آنکولوژی تابش و برای دانشجویان در برنامه‌های فناوری دزیمتری و پرتودرمانی سودمند است. البته میزان استنباط مفاد موجود در کتاب برای گروه‌های مختلف دانشجویان متفاوت خواهد بود. با این وجود دانش و زبان پایه برای تمامی گروه‌های دانشجویان یکسان است. متن کتاب برای داوطلبین امتحانات تخصصی آنکولوژی تابش، فیزیک پزشکی، دزیمتری یا فناوری پرتودرمانی قابل استفاده خواهد بود.

هدف از متن کتاب، بکارگیری آن به عنوان یک مکمل واقعی برای سایر کتاب‌های درسی فیزیک پزشکی و ارائه دانش پایه‌ای از فیزیک آنکولوژی تابش در قالب برنامه درسی حاوی تمامی جنبه‌های نوین فیزیک آنکولوژی تابش است. اگرچه متن این کتاب عمدتاً برای متخصصین آنکولوژی تابش است، اما قسمت‌های خاصی از آن می‌تواند در سایر شاخه‌های پزشکی که از تابش یوننده در درمان و تشخیص بیماری (رادیولوژی تشخیصی و پزشکی هسته‌ای) استفاده می‌کنند، قابل استفاده باشد.

محتویات کتاب می‌تواند برای فیزیکدانانی که با خطرات تابشی و حفاظت در برابر تابش (فیزیک بهداشت) سر و کار دارند، نیز سودمند باشد.

کتاب حاضر نشان‌دهنده تلاش مشترک متخصصین بسیاری از کشورها است و این متخصصین یک هدف مشترک از انتشار تجربه و دانش خود در زمینه فیزیک آنکولوژی تابش، در بین مخاطبان گسترده بین‌المللی از دانشجویان گرفته تا اساتید به اشتراک گذاشتند. از جی. دنتون-مک‌لنن¹ برای قرائت و ویرایش منتقدانه متن کتاب و بهبود قسمت‌های مختلف آن تشکر ویژه‌ای می‌شود.

اروین. بی. پدگرساک

¹ J. Denton-MacLennan

فهرست

فصل ۱ فیزیک بنیادی تابش	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۱-۱- ثابت‌های بنیادی فیزیکی (تا چهار رقم بامعنی گرد شده‌اند)	۱
۲-۱-۱- ثابت‌ها و روابط فیزیکی مهم استخراج‌شده	۲
۳-۱-۱- کمیات و واحدهای فیزیکی	۲
۴-۱-۱- طبقه‌بندی نیروها در طبیعت	۳
۵-۱-۱- طبقه‌بندی ذرات بنیادی	۵
۶-۱-۱- طبقه‌بندی تابش	۵
۷-۱-۱- طبقه‌بندی تابش یوننده فوتونی	۶
۸-۱-۱- روابط نسبیتی انیشتین برای جرم، انرژی و تکانه	۶
۹-۱-۱- کمیات و واحدهای تابش	۷
۲-۱- ساختار اتمی و هسته‌ای	۷
۱-۲-۱- تعاریف بنیادی مربوط به ساختار اتمی	۷
۲-۲-۱- مدل رادرفورد برای اتم	۹
۳-۲-۱- مدل بور برای اتم هیدروژن	۱۰
۴-۲-۱- اتم‌های چندالکترونی	۱۲
۵-۲-۱- ساختار هسته‌ای	۱۴
۶-۲-۱- برهمکنش‌های هسته‌ای	۱۵
۷-۲-۱- پرتوزایی	۱۵
۸-۲-۱- فعالسازی ایزوتوپ‌ها	۱۸
۹-۲-۱- مدهای واپاشی پرتوزا	۱۹
۳-۱- برهمکنش‌های الکترون	۲۱
۱-۳-۱- برهمکنش‌های الکترون-الکترون مداری	۲۲
۲-۳-۱- برهمکنش‌های الکترون-هسته	۲۲
۳-۳-۱- توان توقفی	۲۳
۴-۳-۱- توان پراکندگی جرمی	۲۴

۲۵	۴-۱- برهمکنش‌های فوتونی
۲۵	۱-۴-۱- انواع تابش‌های فوتونی یوننده غیرمستقیم
۲۵	۲-۴-۱- تضعیف باریکه فوتونی
۲۶	۳-۴-۱- انواع برهمکنش‌های فوتون
۲۷	۴-۴-۱- اثر فوتوالکتریک
۲۸	۵-۴-۱- پراکندگی همدوس (ریلی)
۲۸	۶-۴-۱- اثر کامپتون (پراکندگی ناهمدوس)
۳۱	۷-۴-۱- تولید زوج
۳۲	۸-۴-۱- برهمکنش‌های فوتوهسته‌ای
۳۳	۹-۴-۱- سهم ضرایب تضعیف
۳۵	۱۰-۴-۱- اهمیت نسبی اثرات
۳۶	۱۱-۴-۱- اثرات متعاقب برهمکنش‌های فوتون
۳۷	۱۲-۴-۱- خلاصه برهمکنش‌های فوتون
۳۸	۱۳-۴-۱- مثالی از تضعیف فوتون
۴۰	۱۴-۴-۱- تولید حفره در لایه‌های اتمی
۴۲	۵-۱- مراجع

فصل ۲ اصول، کمیات و واحدهای دزیمتری ۴۳

۴۳	۱-۲- مقدمه
۴۴	۲-۲- شار فوتون و شار انرژی
۴۶	۳-۲- کرما
۴۶	۴-۲- سِما
۴۷	۵-۲- دز جذبی
۴۷	۶-۲- توان توقفی
۵۲	۷-۲- روابط بین کمیات دزیمتری مختلف
۵۲	۱-۷-۲- شار انرژی و کرما (فوتون‌ها)
۵۴	۲-۷-۲- شار و دز (الکترون‌ها)
۵۵	۳-۷-۲- کرما و دز (تعادل ذره باردار)
۵۷	۴-۷-۲- کرمای برخورد و پرتوگیری
۵۸	۸-۲- نظریه حفره

۵۹	۱-۸-۲- نظریه حفره براگ-گری
۶۰	۲-۸-۲- نظریه حفره اسپنسر-اتیکس
۶۲	۳-۸-۲- ملاحظات استفاده از نظریه حفره در سنجه‌بندی اتاقک یونش و پروتکل‌های دزیمتری
۶۴	۴-۸-۲- حفره‌های بزرگ در باریکه‌های فوتونی
۶۴	۵-۸-۲- نظریه حفره بورلین برای باریکه‌های فوتونی
۶۵	۶-۸-۲- نسبت‌های توان توقفی
۶۷	۹-۲- مراجع

فصل ۳ دزیمترهای تابش ۶۹

۶۹	۱-۳- مقدمه
۷۰	۲-۳- خواص دزیمترها
۷۰	۱-۲-۳- صحت و دقت
۷۱	۱-۱-۲-۳- عدم قطعیت‌های استاندارد نوع A
۷۱	۲-۱-۲-۳- عدم قطعیت‌های استاندارد نوع B
۷۱	۳-۱-۲-۳- عدم قطعیت‌های مرکب و تعمیم‌یافته
۷۲	۲-۲-۳- خطیت
۷۳	۳-۲-۳- وابستگی آهنگ دز
۷۳	۴-۲-۳- وابستگی انرژی
۷۴	۵-۲-۳- وابستگی سمتی
۷۴	۶-۲-۳- قدرت تفکیک فضایی و اندازه فیزیکی
۷۵	۷-۲-۳- سادگی قرائت
۷۵	۸-۲-۳- سادگی کاربرد
۷۵	۳-۳- سیستم‌های دزیمتری اتاقک یونش
۷۵	۱-۳-۳- اتاقک‌ها و الکترومترها
۷۶	۲-۳-۳- اتاقک‌های یونش استوانه‌ای (انگشتانه‌ای)
۷۷	۳-۳-۳- اتاقک‌های یونش صفحه موازی
۷۸	۴-۳-۳- براکی‌تراپی
۷۹	۵-۳-۳- اتاقک‌های برون‌یابی
۸۰	۴-۳- دزیمتری فیلم
۸۰	۱-۴-۳- فیلم رادیوگرافی

۸۲	..... ۲-۴-۳- فیلم‌های رادیوکرومیک
۸۳	..... ۵-۳- دزیمتری لومینسانس
۸۴	..... ۱-۵-۳- گرمالیانی
۸۵	..... ۲-۵-۳- سیستم‌های دزیمتر گرمالیان
۸۷	..... ۳-۵-۳- سیستم‌های لومینسانس نوری
۸۸	..... ۶-۳- دزیمتری نیمرسانا
۸۸	..... ۱-۶-۳- سیستم‌های دزیمتری دیود سیلیکون
۸۹	..... ۲-۶-۳- سیستم‌های دزیمتری ماسفت
۹۰	..... ۷-۳- سیستم‌های دزیمتری دیگر
۹۰	..... ۱-۷-۳- سیستم دزیمتری تشدید پارامغناطیسی آلانین/الکترون
۹۱	..... ۲-۷-۳- سیستم دزیمتری سوسوزن پلاستیکی
۹۲	..... ۳-۷-۳- دزیمترهای الماس
۹۲	..... ۴-۷-۳- سیستم دزیمتری ژل
۹۳	..... ۸-۳- استانداردهای اولیه
۹۴	..... ۱-۸-۳- استاندارد اولیه برای کرمای هوا در هوا
۹۴	..... ۲-۸-۳- استانداردهای اولیه برای دز جذبی آب
۹۵	..... ۳-۸-۳- استاندارد یونیمتریک برای دز جذبی آب
۹۵	..... ۴-۸-۳- استاندارد دزیمتری شیمیایی برای دز جذبی اب
۹۶	..... ۵-۸-۳- استاندارد کالریمتری برای دز جذبی آب
۹۷	..... ۹-۳- خلاصه برخی از معمول‌ترین سیستم‌های دزیمتری
۹۸	..... ۱۰-۳- مراجع

فصل ۴ دستگاه‌های دیده‌بانی تابش ۹۹

۹۹	..... ۱-۴- مقدمه
۱۰۰	..... ۲-۴- کمیت‌های عملیاتی برای دیده‌بانی تابش
۱۰۱	..... ۳-۴- تابش‌سنج‌های محیطی
۱۰۳	..... ۱-۳-۴- اتاقک‌های یونش
۱۰۳	..... ۲-۳-۴- شمارنده‌های تناسبی
۱۰۴	..... ۳-۳-۴- تابش‌سنج‌های محیطی نوترون
۱۰۵	..... ۴-۳-۴- شمارنده‌های گایگر-مولر

- ۱۰۵-..... آشکارسازهای سوسوزن..... ۵-۳-۴
- ۱۰۶-..... آشکارسازهای نیم‌رسانا..... ۶-۳-۴
- ۱۰۶-..... ویژگی‌های متداول قابل دسترس برای تابش‌سنج‌های محیطی..... ۷-۳-۴
- ۱۰۶-..... سنج‌بندی تابش‌سنج‌ها..... ۸-۳-۴
- ۱۰۸-..... مشخصات تابش‌سنج‌ها..... ۹-۳-۴
- ۱۰۸-..... حساسیت..... ۱-۹-۳-۴
- ۱۰۹-..... وابستگی انرژی..... ۲-۹-۳-۴
- ۱۰۹-..... وابستگی سمتی..... ۳-۹-۳-۴
- ۱۰۹-..... محدوده دز معادل..... ۴-۹-۳-۴
- ۱۰۹-..... زمان پاسخ..... ۵-۹-۳-۴
- ۱۱۰-..... مشخصات اضافه‌بار..... ۶-۹-۳-۴
- ۱۱۰-..... پایداری طولانی مدت..... ۷-۹-۳-۴
- ۱۱۰-..... تمیز بین انواع مختلف تابش..... ۸-۹-۳-۴
- ۱۱۰-..... عدم قطعیت‌ها در اندازه‌گیری‌های تابش‌سنجی محیط..... ۹-۹-۳-۴
- ۱۱۱-..... دیده‌بانی فردی..... ۴-۴-۴
- ۱۱۱-..... فیلم‌بیج..... ۱-۴-۴
- ۱۱۳-..... بیج دزیمتری گرمالیانی..... ۲-۴-۴
- ۱۱۴-..... سیستم‌های دزیمتری شیشه‌ای رادیوفوتولومینسنت..... ۳-۴-۴
- ۱۱۴-..... سیستم‌های لومینسانس نوری..... ۴-۴-۴
- ۱۱۵-..... نمایشگرهای قرائت مستقیم شخصی..... ۵-۴-۴
- ۱۱۶-..... سنج‌بندی دزیمترهای شخصی..... ۶-۴-۴
- ۱۱۷-..... ویژگی‌های نمایشگر شخصی..... ۷-۴-۴
- ۱۱۷-..... حساسیت..... ۱-۷-۴-۴
- ۱۱۷-..... وابستگی انرژی..... ۲-۷-۴-۴
- ۱۱۷-..... عدم قطعیت‌ها در اندازه‌گیری‌های دیده‌بانی شخصی..... ۳-۷-۴-۴
- ۱۱۸-..... محدوده معادل دز..... ۴-۷-۴-۴
- ۱۱۸-..... وابستگی سمتی..... ۵-۷-۴-۴
- ۱۱۸-..... تمیز بین انواع مختلف تابش..... ۶-۷-۴-۴
- ۱۱۸-..... مراجع..... ۵-۴-۴

فصل ۵ ماشین‌های درمان برای پرتودرمانی با باریکه‌های خارجی۱۲۱

۱۲۱	۱-۵- مقدمه
۱۲۲	۲-۵- باریکه‌های پرتو ایکس و واحدهای آن
۱۲۲	۱-۲-۵- پرتوهای ایکس مشخصه
۱۲۲	۲-۲-۵- پرتوهای ایکس ترمزی (پیوسته)
۱۲۳	۳-۲-۵- هدف‌های پرتو ایکس
۱۲۴	۴-۲-۵- باریکه‌های پرتو ایکس بالینی
۱۲۵	۵-۲-۵- تعیین‌کننده‌های کیفیت باریکه پرتو ایکس
۱۲۵	۶-۲-۵- ماشین‌های پرتو ایکس در پرتودرمانی
۱۲۷	۳-۵- باریکه‌های پرتو گاما و واحدهای آن
۱۲۷	۱-۳-۵- خواص بنیادی پرتوهای گاما
۱۲۸	۲-۳-۵- ماشین‌های تله‌تراپی
۱۲۸	۳-۳-۵- چشمه‌های تله‌تراپی
۱۲۹	۴-۳-۵- مخزن چشمه تله‌تراپی
۱۳۰	۵-۳-۵- تحویل دز توسط ماشین‌های تله‌تراپی
۱۳۰	۶-۳-۵- کولیماتور و نیمسایه
۱۳۱	۴-۵- شتابدهنده‌های ذرات
۱۳۲	۱-۴-۵- بتاترون
۱۳۲	۲-۴-۵- سیکلوترون
۱۳۳	۳-۴-۵- میکروترون
۱۳۴	۵-۵- لینک‌ها
۱۳۵	۱-۵-۵- نسل‌های لینک
۱۳۵	۲-۵-۵- ایمنی نصب لینک
۱۳۶	۳-۵-۵- اجزای لینک‌های نوین
۱۳۷	۴-۵-۵- پیکربندی لینک‌های نوین
۱۳۹	۵-۵-۵- سیستم تزریق
۱۴۰	۶-۵-۵- سیستم مولد توان RF
۱۴۲	۷-۵-۵- موجبر شتابدهنده
۱۴۳	۸-۵-۵- انتقال توان میکروموج
۱۴۴	۹-۵-۵- سیستم کمکی

۱۴۴	انتقال باریکه الکترون
۱۴۵	قسمت سر درمانی لینک
۱۴۷	تولید باریکه‌های فوتونی بالینی در لینک
۱۴۷	کولیماتور باریکه
۱۴۸	تولید باریکه‌های الکترونی بالینی در یک لینک
۱۴۹	سیستم دیده‌بانی دز
۱۵۱	پرتودرمانی با پروتون، نوترون و یون‌های سنگین
۱۵۱	تدابیر حفاظتی
۱۵۲	دستگاه‌های تله‌تراپی کبالت ۶۰ در برابر لینک‌ها
۱۵۶	شبیه‌سازها و شبیه‌سازهای مقطع‌نگاری رایانه‌ای
۱۵۷	شبیه‌ساز پرتودرمانی
۱۵۸	شبیه‌ساز مقطع‌نگاری رایانه‌ای
۱۵۹	ضروریات آموزش
۱۶۰	مراجع

فصل ۶ باریکه‌های فوتونی خارجی: جنبه‌های فیزیکی

۱۶۱	مقدمه
۱۶۲	کمیات مورد استفاده در توصیف باریکه فوتونی
۱۶۲	شار فوتون و آهنگ شار فوتون
۱۶۲	شار انرژی و آهنگ شار انرژی
۱۶۳	کرمای هوا در هوا
۱۶۳	پرتوگیری در هوا
۱۶۴	دز جرم کوچکی از ماده در هوا
۱۶۵	چشمه‌های باریکه فوتونی
۱۶۷	قانون عکس مجذور
۱۶۸	نفوذ باریکه‌های فوتونی در فانتوم یا بیمار
۱۷۰	دز سطحی
۱۷۰	ناحیه تولید و انباشت
۱۷۱	عمق دز بیشینه Z_{max}
۱۷۱	دز خروجی

۱۷۱	۶-۶- پارامترهای پرتودرمانی
۱۷۲	۶-۶-۱- اندازه میدان باریکه تابشی
۱۷۲	۶-۶-۲- ضریب کولیماتور
۱۷۴	۶-۶-۳- ضریب پیک پراکندگی (PSF)
۱۷۶	۶-۶-۴- ضریب نسبی دز (RDF)
۱۷۹	۶-۷- دزهای عمقی محور مرکزی در آب: آرایش SSD
۱۷۹	۶-۷-۱- درصد دز عمقی
۱۸۲	۶-۷-۲- تابع پراکندگی
۱۸۳	۶-۸- دزهای عمقی محور مرکزی در آب: آرایش SAD
۱۸۳	۶-۸-۱- نسبت بافت- هوا
۱۸۶	۶-۸-۲- رابطه بین $TAR(d, A_Q, hv)$ و $PDD(d, A, f, hv)$
۱۸۹	۶-۸-۳- نسبت پراکندگی- هوا
۱۹۰	۶-۸-۴- رابطه بین $SAR(d, A_Q, hv)$ و $S(z, A, f, hv)$
۱۹۰	۶-۸-۵- نسبت بافت-فانتوم و نسبت بافت- بیشینه
۱۹۲	۶-۸-۶- رابطه بین $TMR(z, A_Q, hv)$ و $PDD(z, A, f, hv)$
۱۹۳	۶-۸-۷- نسبت پراکندگی- بیشینه
۱۹۴	۶-۹- نسبت‌های خارج از محور و پروفایل‌های باریکه
۱۹۶	۶-۹-۱- همواری میدان
۱۹۶	۶-۹-۲- تقارن باریکه
۱۹۷	۶-۱۰- توزیعات همدز در فانتوم‌های آب
۱۹۹	۶-۱۱- توزیعات همدز تک میدانه در بیماران
۲۰۰	۶-۱۱-۱- تصحیحات نامنظمی‌های کانتور و فرود مایل باریکه
۲۰۰	۶-۱۱-۱-۱- روش فاصله موثر چشمه تا سطح
۲۰۱	۶-۱۱-۱-۲- روش نسبت بافت-هوا یا نسبت بافت-بیشینه
۲۰۱	۶-۱۱-۱-۳- روش جابجایی همدز
۲۰۲	۶-۱۱-۲- جبران فقدان بافت
۲۰۲	۶-۱۱-۲-۱- فیلترهای گوه‌ای
۲۰۲	۶-۱۱-۲-۲- بولوس
۲۰۳	۶-۱۱-۲-۳- جبران کننده‌ها
۲۰۳	۶-۱۱-۳- تصحیحات ناهمگنی بافت

۲۰۴	۴-۱۱-۶- الگوریتم‌های مبتنی بر مدل
۲۰۵	۱۲-۶- جمع‌بندی قطعه‌ای کلارکسون
۲۰۸	۱۳-۶- اندازه‌گیری دز نسبی توسط اتاقک‌های یونش
۲۱۰	۱۴-۶- تحویل دز با یک باریکه خارجی
۲۱۱	۱۵-۶- نمونه‌ای از محاسبه دز
۲۱۴	۱۶-۶- زمان تصحیح شاتر
۲۱۶	۱۷-۶- مراجع

فصل ۷ طراحی درمان بالینی در پر تودرمانی با باریکه فوتون خارجی ۲۱۷

۲۱۷	۱-۷- مقدمه
۲۱۸	۲-۷- تعریف حجم
۲۱۸	۱-۲-۷- حجم تومور واضح GTV
۲۱۸	۲-۲-۷- حجم بالینی هدف CTV
۲۱۹	۳-۲-۷- حجم داخلی هدف ITV
۲۱۹	۴-۲-۷- حجم هدف طراحی درمان (PTV)
۲۲۰	۵-۲-۷- عضو در معرض خطر
۲۲۰	۳-۷- تعیین دز
۲۲۱	۴-۷- دریافت و شبیه‌سازی داده‌های بیمار
۲۲۱	۱-۴-۷- نیاز به داده‌های بیمار
۲۲۲	۲-۴-۷- ماهیت داده بیمار
۲۲۲	۱-۲-۴-۷- طراحی درمان دو بعدی
۲۲۲	۲-۲-۴-۷- طراحی درمان سه بعدی
۲۲۳	۳-۴-۷- شبیه‌سازی درمان
۲۲۴	۴-۷-۷- موقعیت درمانی بیمار و دستگاه‌های نگهدارنده
۲۲۶	۵-۴-۷- ضرورت داده‌های بیمار
۲۲۷	۶-۴-۷- شبیه‌سازی مرسوم درمان
۲۲۷	۱-۶-۴-۷- شبیه‌سازها
۲۲۹	۲-۶-۴-۷- موقعیت‌یابی حجم هدف و اعضای در معرض خطر
۲۲۹	۳-۶-۴-۷- تعیین هندسه باریکه درمان

- ۲۳۰..... دریافت داده‌های بیمار ۴-۶-۴-۷
- ۲۳۰..... مقطع‌نگاری رایانه‌ای مبتنی بر شبیه‌سازی مرسوم درمان ۷-۴-۷
- ۲۳۰..... مقطع‌نگاری رایانه‌ای مبتنی بر دریافت داده‌های بیمار ۱-۷-۴-۷
- ۲۳۲..... تعیین هندسه باریکه درمان ۲-۷-۴-۷
- ۲۳۲..... مقطع‌نگاری رایانه‌ای مبتنی بر شبیه‌سازی مجازی ۸-۴-۷
- ۲۳۲..... شبیه‌ساز مقطع‌نگاری رایانه‌ای ۱-۸-۴-۷
- ۲۳۳..... شبیه‌سازی مجازی ۲-۸-۴-۷
- ۲۳۳..... رادیوگراف‌های بازسازی شده دیجیتالی ۳-۸-۴-۷
- ۲۳۴..... نمای چشمی باریکه ۴-۸-۴-۷
- ۲۳۵..... روند شبیه‌سازی مجازی ۵-۸-۴-۷
- ۲۳۶..... شبیه‌ساز مرسوم در برابر شبیه‌ساز مقطع‌نگاری رایانه‌ای ۹-۴-۷
- ۲۳۸..... تصویربرداری تشدید مغناطیسی برای طراحی درمان ۱۰-۴-۷
- ۲۳۹..... خلاصه‌ای از روندهای شبیه‌سازی ۱۱-۴-۷
- ۲۴۰..... ملاحظات بالینی برای باریکه‌های فوتونی ۵-۷
- ۲۴۰..... منحنی‌های همدز ۱-۵-۷
- ۲۴۱..... گوه‌ها ۲-۵-۷
- ۲۴۴..... بولوس ۳-۵-۷
- ۲۴۵..... فیلترهای جبران‌کننده ۴-۵-۷
- ۲۴۶..... تصحیحات نامنظمی‌های کانتور ۵-۵-۷
- ۲۴۶..... روش جابجایی همدز ۱-۵-۵-۷
- ۲۴۷..... روش ضریب تضعیف موثر ۲-۵-۵-۷
- ۲۴۸..... روش نسبت بافت-هوا ۳-۵-۵-۷
- ۲۴۸..... تصحیحات ناهمگنی بافت ۶-۵-۷
- ۲۴۹..... روش نسبت بافت-هوا ۱-۶-۵-۷
- ۲۵۰..... روش قانون توان باتو ۲-۶-۵-۷
- ۲۵۰..... روش معادل نسبت بافت-هوا ۳-۶-۵-۷
- ۲۵۰..... روش جابجایی همدز ۴-۶-۵-۷
- ۲۵۱..... ترکیبات باریکه و کاربرد بالینی ۷-۵-۷
- ۲۵۱..... موازنه و بهنجارش ۱-۷-۵-۷
- ۲۵۱..... فن فاصله ثابت چشمه تا سطح در برابر فن ایزوستریک ۲-۷-۵-۷
- ۲۵۲..... باریکه‌های موازی و مخالف ۳-۷-۵-۷

۲۵۳	..... ۴-۷-۵-۷- باریکه‌های چندگانه هم‌صفحه
۲۵۴	..... ۵-۷-۵-۷- فنون چرخشی
۲۵۵	..... ۶-۷-۵-۷- باریکه‌های چندگانه غیرهم‌صفحه
۲۵۵	..... ۷-۷-۵-۷- تطبیق میدان
۲۵۶	..... ۶-۷- ارزیابی طرح درمان
۲۵۷	..... ۱-۶-۷- منحنی‌های همدز
۲۵۷	..... ۲-۶-۷- صفحه‌های متعامد و سطوح همدز
۲۵۸	..... ۳-۶-۷- آمارهای دز
۲۵۹	..... ۴-۶-۷- هیستوگرام‌های دز-حجم
۲۵۹	..... ۱-۴-۶-۷- هیستوگرام دز-حجم مستقیم
۲۶۰	..... ۲-۴-۶-۷- هیستوگرام دز-حجم تجمعی
۲۶۱	..... ۵-۶-۷- ارزیابی درمان
۲۶۱	..... ۱-۵-۶-۷- فیلم‌های پورت
۲۶۲	..... ۲-۵-۶-۷- تصویربرداری پورتال آنی
۲۶۴	..... ۷-۷- زمان درمان و محاسبات واحد مبصر
۲۶۵	..... ۱-۷-۷- محاسبات زمان درمان و واحد مبصر برای حالت فاصله ثابت چشمه تا سطح
۲۶۷	..... ۲-۷-۷- محاسبات MU و زمان درمان برای حالت ایزوسنتریک
۲۷۰	..... ۳-۷-۷- بهنجارش توزیعات دز
۲۷۰	..... ۴-۷-۷- شمول پارامترهای خروجی در محاسبه دز
۲۷۱	..... ۵-۷-۷- محاسبه زمان درمان برای دستگاه‌های اورتولتاژ و کبالت ۶۰
۲۷۱	..... ۸-۷- مراجع

فصل ۸ باریکه‌های الکترونی: جنبه‌های فیزیکی و بالینی ۲۷۳

۲۷۳	..... ۱-۸- توزیعات دز عمقی محور مرکزی در آب
۲۷۳	..... ۱-۱-۸- شکل کلی منحنی دز عمقی
۲۷۵	..... ۲-۱-۸- برهمکنش‌های الکترون با یک محیط جاذب
۲۷۶	..... ۳-۱-۸- قانون عکس مجذور (موقعیت مجازی چشمه)
۲۷۷	..... ۴-۱-۸- مفهوم برد
۲۷۹	..... ۵-۱-۸- ناحیه تولید و انباشت (عمق‌های بین سطح و عمق بیشینه)
۲۸۱	..... ۶-۱-۸- توزیع دز فراتر از عمق بیشینه z_{max} ($z > z_{max}$)

۲۸۲	۲-۸- پارامترهای دزیمتری با باریکه‌های الکترونی
۲۸۲	۱-۲-۸- ویژگی‌های انرژی باریکه الکترونی
۲۸۳	۲-۲-۸- پارامترهای دز عمقی نوعی بر حسب تابعی از انرژی
۲۸۳	۳-۲-۸- درصد دز عمقی
۲۸۵	۱-۳-۲-۸- درصدهای دز عمقی برای اندازه میدان‌های الکترونی کوچک
۲۸۵	۲-۳-۲-۸- درصدهای دز عمقی برای فرود مایل باریکه
۲۸۶	۴-۲-۸- ضرایب خروجی
۲۸۷	۵-۲-۸- برد درمانی R_q
۲۸۷	۶-۲-۸- پروفایل‌ها و نسبت‌های خارج از محور
۲۸۸	۷-۲-۸- همواری و تقارن
۲۸۸	۳-۸- ملاحظات بالینی در درمان با باریکه الکترونی
۲۸۸	۱-۳-۸- مشخصات و گزارش دز
۲۸۹	۲-۳-۸- اندازه میدان‌های کوچک
۲۸۹	۳-۳-۸- منحنی‌های همدز
۲۹۱	۴-۳-۸- شکل‌دهی میدان
۲۹۲	۱-۴-۳-۸- اعمال‌کننده‌های الکترون
۲۹۲	۲-۴-۳-۸- پوشش‌ها و سوئیچ‌ها
۲۹۳	۳-۴-۳-۸- حفاظ داخلی
۲۹۳	۴-۴-۳-۸- درمان با فاصله چشمه تا سطح گسترش‌یافته
۲۹۴	۵-۳-۸- تصحیح سطح نامنظم
۲۹۴	۶-۳-۸- بولوس
۲۹۵	۷-۳-۸- تصحیحات ناهمگنی
۲۹۶	۱-۷-۳-۸- ضریب ضخامت معادل (CET)
۲۹۷	۲-۷-۳-۸- اثرات اختلال (لبه) پراکندگی
۲۹۸	۸-۳-۸- ترکیب‌های باریکه الکترونی
۲۹۸	۱-۸-۳-۸- میدان‌های جفتی (ترکیبی) الکترونی
۲۹۸	۲-۸-۳-۸- میدان‌های جفتی الکترونی و فوتونی
۲۹۹	۹-۳-۸- درمان با قوس الکترونی
۳۰۲	۱۰-۳-۸- طراحی درمان با الکترون
۳۰۳	۴-۸- مراجع

۳۰۵.....	نمادها
۳۰۵.....	نمادهای Roman
۳۱۲.....	نمادهای یونانی
۳۱۵.....	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

نمادها

نمادهای Roman

شعاع اتم؛ فعالیت ویژه؛ ضریب پراکندگی	a
شعاع بور اتم هیدروژن	a_0
ضلع مربع معادل	a_{eq}
آمپر (واحد SI جریان)	A
آنگستروم (واحد فاصله: $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$)	\AA
سطح؛ اندازه میدان؛ عدد جرمی اتمی	A
اندازه میدان در نقطه Q در فانتوم	A_Q
فعالیت	\mathcal{A}
پارامتر برخورد	b
ضریب تولید و انباشت؛ ضریب عبور سد؛ میدان مغناطیسی	B
ضریب عبور سد نشستی	B_{leak}
ضریب عبور سد اصلی	B_{pri}
ضریب عبور سد پراکندگی	B_{scat}
بکرل (واحد SI فعالیت)	Bq
سرعت نور	c
کولن (واحد SI بار)	C
ظرفیت؛ سما (انرژی تبدیل شده در واحد جرم)	C
درجه سلسیوس (واحد دمای سلسیوس)	$^{\circ}\text{C}$
کوری (واحد فعالیت: یک کوری برابر با 3.7×10^{10} بکرل است)	Ci
ضریب مقیاس بندی وابسته به ماده: پلاستیک به آب	C_{pl}
ضریب تصحیح دز آب برای باریکه‌های الکترونی مگاولتاژ (مفهوم قدیمی)	C_E
ضریب تصحیح دز آب برای باریکه‌های فوتونی مگاولتاژ (مفهوم قدیمی)	C_{λ}
تصحیح لایه در توان توقفی برخورد	C/Z
فاصله؛ عمق؛ پارامتر اندازه حفره	d
عمق ایزوسنتر	d_i

فاصله از چشمه تابشی تا نقطه موردنظر	d_{pri}
عمق دز عمقی ۸۰٪ درصد در آب برای باریکه‌های فوتونی	d_{80}
دز	D
آهنگ دز	\dot{D}
دز جذبی هوا	D_{air}
دز حفره	D_{cav}
دز گاز	D_{gas}
دز محیط	D_{med}
دز عضو	D_T
دز آب	D_w
دز دیواره	D_{wall}
دز جرم کوچکی از محیط در هوا	D'_{med}
فاصله نزدیکترین رویکرد بین ذره آلفا و هسته	$D_{\alpha-n}$
الکترون	e
بار الکترون	e
انرژی کل؛ دز موثر	E
انرژی بستگی	E_B
انرژی بستگی الکترون لایه K	$E_B(K)$
انرژی متوسط الکترون‌های وارد بر سطح مشترک	\bar{E}_d
انرژی جنبشی	E_K
انرژی جنبشی متوسط	\bar{E}_K
انرژی جنبشی آستانه	E_K^{thr}
مقدار انرژی الکترون مداری با عدد کوانتومی اصلی n	E_n
انرژی بستگی الکترون هیدروژن در حالت پایه (انرژی ریدبرگ)	E_R
انرژی سکون	E_0
میانگین انرژی جذب شده	\bar{E}_{ab}
میانگین انرژی انتقال یافته	\bar{E}_{tr}
میانگین (متوسط) انرژی الکترون روی سطح فانتوم	\bar{E}_0
میانگین (متوسط) انرژی الکترون در عمق Z در آب	\bar{E}_z

فاصله چشمه تا سطح؛ بازده جمع‌آوری	f
بازده جمع‌آوری در باز ترکیب‌های کلی	f_g
فمتومتر (واحد فاصله: یک فمتومتر برابر با 10^{-15} متر است)	fm
ضریب تبدیل رونتگن به سانتی‌گری برای محیط	f_{med}
نیرو	F
تابع ناهمسانگردی	$F(r, \theta)$
تابع دز شعاعی	$g(r)$
کسر تابشی	\bar{g}
ثابت گرانشی	G
تابع هندسی	$G(r, \theta)$
گری (واحد SI دز)	Gy
ساعت (واحد زمان)	h
ثابت پلانک؛ ضخامت فقدان یا اضافی یافت	h
ثابت کاهش‌یافته پلانک	\hbar
معادل دز	H
معادل دز محیطی	H^*
دز معادل جهتی	H'
دز معادل شخصی	H_p
جریان؛ شدت؛ پتانسیل برانگیختگی میانگین؛ یونش اندازه‌گیری شده	I
جریان اشباع	I_{sat}
مقدار ۵۰ درصد برای منحنی یونش دز عمقی باریکه‌های الکترونی	I_{50}
ژول (واحد انرژی)	J
کیلوگرم (واحد SI جرم)	kg
ضریب تصحیح؛ پارامتر روش جابجایی همدز	k
ضریب تصحیح برای پراکندگی و تضعیف فوتون در اتاقک چاه‌گونه	k_{att}
ضریب تصحیح برای الکتروود مرکزی	k_{cell}
ضریب تصحیح رطوبت	k_h

ضرب تصحیح برای معادل غیر هوای اتاقک چاه‌گونه	k_m
ضرب تصحیح پلاریته	k_{pol}
ضرب تصحیح برای تضعیف باریکه فوتون در سرپوش تولید و انباشت	$k(r_{med})$
ضرب تصحیح اتاقک یونش	k_q
ضرب تصحیح اشباع	k_{sat}
ضرب تصحیح دما و فشار	$k_{T,P}$
کلوین (واحد دمای ترمودینامیکی)	K
کرما	K
کرمای برخورد	K_{col}
کرمای تابشی	K_{rad}
کرمای هوا در هوا	$(K_{air})_{air}$
کرمای هوا در آب	$(K_{air})_w$
کرمای آب در هوا	$(K_w)_{air}$
کرمای آب در آب	$(K_w)_w$
طول	l
تکانه زاویه‌ای؛ توان توقفی خطی برخورد محدود	L
متر (واحد طول)	m
جرم	m
جرم هوا	m_{air}
جرم الکترون	m_e
جرم سکون	m_0
جرم پروتون	m_p
جرم نوترون	m_n
جرم عضو یا بافت	m_T
جرم ذره آلفا	m_α
قرائت اتاقک یونش؛ جرم اتمی برحسب واحدهای جرم اتمی u	M
چندجمله‌ای درجه سوم یا چهارم	$M(d)$
قرائت اتاقک یونش در کیفیت باریکه Q	M_Q
واحد مبصر (واحد کمیت MU)	MU

واحد مبصر (کمیتی با MU واحد)	<i>MU</i>
نوترون	n
عدد کوانتومی اصلی	n
عدد کوانتومی اصلی اولیه	n_i
عدد کوانتومی اصلی نهایی	n_f
نیوتن (واحد SI نیرو)	N
تعداد هسته‌های پرتوزا؛ ضریب سنج‌بندی اتاقک یونش	N
عدد آووگادرو	N_A
تعداد اتم‌ها بر جرم	N_a
ضریب سنج‌بندی حفره هوا	$N_{D,air}$
ضریب سنج‌بندی دز در آب	$N_{D,w}$
تعداد الکترون‌ها بر حجم	N_e
ضریب سنج‌بندی کرمای هوا در هوا	N_K
ضریب سنج‌بندی کرمای هوا در هوا برای باریکه کبالت ۶۰	$N_{K,Co}$
ضریب سنج‌بندی پرتوگیری	N_X
پروتون	p
ضریب تصحیح اختلال؛ تکانه	p
ضریب اختلال حفره	p_{cav}
ضریب اختلال الکتروود مرکزی	p_{cel}
ضریب تصحیح جابجایی	p_{dis}
ضریب تصحیح شار الکترون	p_{fl}
ضریب تصحیح اختلال کل برای اتاقک یونش	p_q
ضریب اختلال دیواره اتاقک	p_{wall}
فشار؛ توان؛ آهنگ دز موثر طراحی در تأسیسات پرتودرمانی	P
پاسکال (واحد SI فشار)	Pa
نقطه موثر اندازه‌گیری	P_{eff}
فشار هوای استاندارد (۱۰۱/۳۲۵ kPa یا ۷۶۰ torr)	P_0
کسری از رخدادهای فوتوالکتریک برای $h\nu > E_B(K)$ که در لایه K رخ می‌دهد.	P_K
نقطه دلخواه در فانتوم	Q

بار؛ کیفیت باریکه	Q
بار اشباع	Q_{sat}
شعاع؛ فاصله	r
شعاع مداری الکترون با عدد کوانتومی اصلی n	r_n
ثابت شعاع هسته‌ای	r_0
شعاع کلاسیکی الکترون	r_e
شعاع معادل	r_{eq}
روننگن (واحد پرتوگیری)	R
مقاومت؛ برد عملی در محیط	R
برد عملی	R_p
ثابت ریدبرگ	R_∞
عمق آب در درصد دز عمقی ۹۰٪ باریکه الکترونی	R_{90}
عمق آب در درصد دز عمقی ۸۰٪ باریکه الکترونی	R_{80}
عمق آب در درصد دز عمقی ۵۰٪ باریکه الکترونی	R_{50}
ثانیه (واحد زمان)	s
توان توقفی جرمی محدود برخورد؛ ثابت پوشش	S
نسبت توان‌های توقفی برخوردی جرمی محدود آب به هوا	$S_{\text{w,air}}$
توان توقفی خطی؛ تابع پراکندگی؛ تابع بقای سلولی	S
ضریب پراکندگی کولیماتور	S_c
شدت گرمای هوا	S_K
ضریب پراکندگی فانتوم	S_p
ضریب پراکندگی کل	$S_{c,p}$
سیورت (واحد معادل دز و واحد دز موثر)	Sv
توان توقفی جرمی	(S/ρ)
توان توقفی جرمی برخورد	$(S/\rho)_{\text{col}}$
توان توقفی تابشی جرمی	$(S/\rho)_{\text{rad}}$
توان توقفی جرمی کل	$(S/\rho)_{\text{tot}}$
توان توقفی جرمی محدود	(S_Δ/ρ)
زمان؛ ضخامت	t

زمان فعالیت بیشینه دختر پرتوزا	t_{\max}
نیمه عمر	$t_{1/2}$
تسلا (واحد SI چگالی شار مغناطیسی)	T
دما؛ توان توقفی خطی؛ ضریب اشغال	T
توان توقفی جرمی زاویه‌ای	(T / ρ)
دمای هوای استاندارد	T_0
واحد جرم اتمی	u
واحد شدت کرمای هوا بصورت: $1 U = 1 \text{ cGy} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$	U
عدم قطعیت استاندارد نوع A	u_A
عدم قطعیت استاندارد نوع B	u_B
عدم قطعیت استاندارد مرکب یک کمیت	u_c
ضریب کاربرد؛ عدم قطعیت گسترش یافته	U
سرعت	v
ولت (واحد ولتاژ)	V
ولتاژ؛ پتانسیل؛ حجم	V
حجم موثر	V_{eff}
ضریب وزنی	w
ضریب وزنی تابش	w_R
ضریب وزنی بافت	w_T
وات (واحد SI توان)؛ ذره گسیل شده در برهمکنش‌های ضعیف	W
بار کاری	W
انرژی متوسط مورد نیاز برای ایجاد یک زوج یون	(W / e)
انرژی متوسط مورد نیاز برای ایجاد یک زوج یون در هوا	(W_{air} / e)
ضخامت تضعیف کننده؛ پرتوگیری	X
ضخامت نیم مقدار	$x_{1/2}$
ضخامت یک دهم مقدار	$x_{1/10}$
مقدار میانگین کل اندازه گیری‌های x_i	\bar{x}
سال (واحد زمان)	y

بهره تابش (ترمزی)	γ
عمق در فانتوم	z
عمق دز بیشینه	z_{\max}
عمق مرجع	z_{ref}
عدد اتمی ذره آلفا	Z_{α}
عدد اتمی	Z
عدد اتمی موثر	Z_{eff}
ذره گسیل شده در برهمکنش ضعیف	Z^0

نمادهای یونانی

ذره آلفا؛ ثابت ساختار ریز؛ شیب اولیه منحنی بقای سلول، سهم جزئی یونش توسط اتافک چاه‌گونه؛ زاویه قوس الکترون	α
ذره بتا؛ سرعت بهنجار شده ذره به سرعت نور در خلأ؛ مؤلفه چهارم منحنی بقای سلول؛ زاویه مشخصه در درمان با قوس الکترونی؛ ضریب تصحیح شار موثر الکترون؛ ثابت تناسب بین دز و کرما در هوا	β
پرتو گاما	γ
ثابت ویژه پرتو گاما	Γ
ثابت آهنگ پرتوگیری	Γ_X
ثابت ویژه آهنگ کرمای هوا	Γ_{AKR}
پرتو دلتا	δ
انرژی قطع	Δ
گذردهی؛ انرژی فوتون بهنجار شده به انرژی سکون الکترون	\mathcal{E}
گذردهی خلأ	ε_0
زاویه پراکندگی	θ
زاویه شدت بیشینه گسیل فوتون	θ_{\max}
ضریب تضعیف خطی تولید زوج؛ ضریب همگنی	κ
ثابت واپاشی	λ
طول موج الکترون کامپتون	λ_C
ثابت آهنگ دز	Λ
تراوایی؛ ضریب تضعیف خطی	μ

ضریب تضعیف اتمی	μ_a
ضریب تضعیف الکترونی	μ_e
تراوایی خلأ	μ_0
ضریب جذب انرژی خطی	μ_{ab}
ضریب جذب انرژی خطی	μ_{en}
ضریب انتقال انرژی خطی	μ_{tr}
بسامد فوتون	ν
چگالی	ρ
سطح مقطع	σ
ضریب تضعیف خطی کامپتون	σ_C
ضریب تضعیف خطی ریلی	σ_R
عمر متوسط (میانگین) هسته پرتوزا؛ ضریب تضعیف خطی فوتوالکتریک؛ سهام جزئی یونش توسط سرپوش اتاقک؛ انرژی جنبشی بهنجار شده به جرم سکون	τ
زمان تصحیح شاتر	τ_s
سرعت	v
شار	ϕ
شار انرژی	ψ
بسامد زاویه‌ای؛ بهره فلورئوسنت	ω
بهره فلورئوسنت لایه K	ω_K
زاویه فضایی	Ω

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

A

Absorbed Dose	دز جذبی
Absorption	جذب
Accelerator	شتابدهنده
Accumulated Equivalent Dose	دز معادل انباشته
Acute Effects	اثرات حاد
Air Kerma in Air	کرمای هوا در هوا
Albedo Dosimeters	دزیمترهای آلبدو
Ambient Dose Equivalent	دز معادل محیطی
Applicator	اعمال‌کننده
Area Monitores	نمایشگرهای محیطی
Attenuation	تضعیف

B

Biological Material	ماده بیولوژیکی
Bolus	بولوس
Bremsstrahlung	تابش ترمزی
Buildup Region	ناحیه تولید و انباشت

C

Calibration Factor	ضریب سنجه‌بندی
Central Axis	محور مرکزی
Clinical	بالینی
Cold Spots	نقاط سرد
Collimator	کولیماتور - موازی‌ساز
Continuous Spectrum	طیف پیوسته
Conversion Coefficients	ضرایب تبدیل
Correction	تصحیح
Cross Section	سطح مقطع
Cumulative Dose	دز تجمعی

D

Dead Time	زمان مرگ
Depth Dose Curve	منحنی دز عمقی
Directional Dose Equivalent	دز معادل سمتی

E

Edge Effects	اثرات لبه
Effective Dose Equivalent	دز معادل موثر
Elastic Collisions	برخوردهای کشسان
Electron Beam Therapy	درمان با باریکه الکترونی
Equilibrium	تعادل
Equivalent Dose	معادل دز
Equivalent Thickness	ضخامت معادل
Exposure	پرتوگیری
Extrapolation	برونبایی

F

Fading	محوشدگی
Fast Neutrons	نوترون‌های تند
Field Size	اندازه میدان
Film Badge	فیلم‌بج

H

Heterogeneous Photon Beam	باریکه فوتونی همگن
---------------------------	--------------------

I

Individual Monitoring	دیده‌بانی فردی
Inelastic Collisions	برخوردهای ناکشسان
Interaction	برهمکنش
Inverse Square Law	قانون عکس مجذور
Irregular Field	میدان نامنظم
Isocentre	ایزوسنتر
Isodose Curves	منحنی‌های همدز
Isodose Lines	خطوط همدز

L

Latent Image	تصویر نهفته
--------------	-------------

Lateral Dispersion	پاشندگی جانبی
Linac	لینک، شتابدهنده خطی
M	
Mass–Energy Absorption Coefficient	ضریب جرمی جذب انرژی
Mass–Energy Transfer Coefficient	ضریب جرمی انتقال انرژی
Maximum Dose	دز بیشینه
Maximum Value	مقدار بیشینه
Medical	پزشکی
Megavoltage Linac Beam	باریکه لینک مگاولتاژ
Moderator	کندکننده
Monoenergetic	تک‌انرژی
Multiple Scattering	پراکندگی چندگانه
N	
Nominal SSD	فاصله چشمه تا سطح (SSD) اسمی
Non-Isotropic	ناهمسانگرد
O	
Orthovoltage	اورتوولتاژ
P	
Parallel-Plate Ionization Chambers	اتاقک‌های یونش صفحه موازی
Pencil beam Algorithm	الگوریتم باریکه مدادی
Penumbra	نیمسایه
Percentage Depth Dose	درصد دز عمقی
Perpendicular Incidence	فرود عمودی
Personal dose equivalent	دز معادل شخصی
Phantom	فانتوم
Photographic Film	فیلم فوتوگرافی (عکاسی)
Photon Beam	باریکه فوتونی
Photon Contamination	آلودگی فوتونی
Photon Fluence Rate	آهنگ شار فوتون
Proportional Counters	شمارنده‌های تناسبی
Proportional Region	ناحیه تناسبی

R

Radiation	تابش
Radiation Oncology	آنکولوژی تابش
Radiation Protection	حفاظت در برابر تابش
Radioactive Contamination	آلودگی پرتوزا
Radiological Conditions	شرایط رادیولوژیکی
Radiotherapy	پرتودرمانی
Reproducible Geometry	هندسه تکرارپذیر
Response Time	زمان پاسخ
Roentgen	روننگن

S

Scattering	پراکندگی
Scintillation Detectors	آشکارسازهای سوسوزن
Sealed Sources	چشمه‌های مهروموم شده
Semiconductor Detectors	آشکارسازهای نیم‌رسانا
Sensitive Volume	حجم حساس
Shielding	حفاظ
Soft Tissue	بافت نرم
Superficial Tumours	تومورهای سطحی
Surface Dose	دوز سطحی
Survey Meter	تابش سنج

T

Target	هدف
Target Volume	حجم هدف
Thermoluminescence	گرمالیان
Tissue	بافت
Tissue Inhomogeneities	ناهمگنی‌های بافت
Tissue–Air Ratio	نسبت بافت– هوا
Treatment Cone	مخروط درمان
Treatment Geometry	هندسه درمان
Treatment Modality	روش درمان

Treatment Planning	طراحی درمان
U	
Uncertainty	عدم قطعیت
V	
Virtual Source	چشمه مجازی
W	
Wax	موم
X	
X-Ray Beams	باریکه‌های پرتو ایکس

**RADIATION ONCOLOGY PHYSICS:
A HANDBOOK FOR TEACHERS AND
STUDENTS**

Translated by:

Mojtaba Shamsaie Zafarghandi

Seyed Milad Vahabi

Sajad Bayat

Editor:

Shima Shamsaie

2015-11-16