به نام آن که جان را فکرت آموخت

کتاب جامع درسی

فیزیک پزشکی

(برای دانشجویان پزشکی و دندانپزشکی)

www.ketab.ir

تالیف:

دکتر بیژن هاشمی

دانشیار فیزیک پزشکی

دانشگاه تربیت مدرس

دکتر محمدعلی بهروز

استاد فیزیک پزشکی

دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

سرشناسه : هاشمی، بیژن، ۱۳۳۶ -
عنوان و نام پدیدآور : فیزیک پزشکی: کتاب جامع درسی برای دانشجویان پزشکی و دندانپزشکی/ مولفین بیژن هاشمی، محمدعلی بهروز.
مشخصات نشر : تهران: دانش‌بنیاد، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری : ۴۹۶ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک : ۹-۶۷-۵۶۴۱-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه: ص. [۴۶۱] - ۴۶۲.
موضوع : فیزیک پزشکی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع : Medical physics -- Study and teaching (Higher)
موضوع : پرتوشناسی پزشکی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع : Medical radiology -- Study and teaching (Higher)
شناسه افزوده : بهروز، محمدعلی، ۱۳۲۷ -
رده بندی کنگره : R۸۹۹
رده بندی دیویی : ۶۱۶/۰۷۵۷۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی : ۹۵۲۱۲۹۳
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

کتاب جامع درسی

فیزیک پزشکی

(برای دانشجویان پزشکی و دندانپزشکی)

www.ketab.ir

مولفین : بیژن هاشمی – محمدعلی بهروز
مدیر تولید : رضا نرمی‌شاهده
حروفچینی و صفحه‌آرایی : واحد تولید انتشارات دانش بنیاد
نوبت چاپ : اول – ۱۴۰۳
تیراژ : ۵۰۰
قیمت : ۴۲۰۰۰۰ تومان
شابک : ۹۷۸ -۶۲۲-۵۶۴۱-۶۷ -۹

دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لبافی‌نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
فروشگاه تهران: خیابان انقلاب - مقابل دبیرخانه دانشگاه تهران - پلاک ۱۳۱۲ - کتابفروشی صانعی - تلفن: ۶۶۴۰۹۹۲۴
فروشگاه یزد: میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره - کتاب مرکزی فدک
تلفن: ۳۶۲۲۷۴۷۵ - ۳۶۲۲۶۷۷۱ - ۳۶۲۲۶۷۷۲ - ۰۳۵

ایمیل و وب‌سایت: www.fadakbook.ir - fadakbook@yahoo.com

کلیهٔ حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات دانش بنیاد می‌باشد. هرگونه برداشت،تکثیر،کپی‌برداری به هرشکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات دانش بنیاد ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات دانش بنیاد

پیشگفتار

دانش فیزیک پزشکی در برگیرنده **"کاربرد مفاهیم و روش‌های مبتنی بر مبانی نظری و علمی‌دانش فیزیک در پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری‌ها"** است. فیزیک پزشکی، به عنوان شاخه‌ای نوین و تنومند از کاربرد فیزیک در پزشکی، نقشی بی‌بدیل و مهم در زمینه‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی از جمله **"شناخت مکانیزم‌های حیاتی انسان، تشخیص، درمان بیماری‌ها و تحقیق و توسعه در پزشکی"** ایفا می‌کند.

برخی از نقش‌ها و کاربردهای کلیدی فیزیک پزشکی در پزشکی عبارتند از:

فیزیک پرتوشناسی تشخیصی: این زیر شاخه فیزیک پزشکی بر **"کاربرد اصول فیزیکی در انواع مدالیته‌های تصویربرداری تشخیصی مانند کاربرد اشعه ایکس در انواع دستگاه‌های معمول شناخته شده رادیولوژیکی و سی تی اسکن (X-ray Computed Tomography Scanning –CT Scan)"** تمرکز دارد. علاوه بر این، در سالیان اخیر بخش دیگری از پدیده‌های فیزیکی غیریونیزان، نظیر امواج فراصوتی یا اولتراسوند و میدان‌های مغناطیسی نقش به سزایی در **"کاربرد روش‌های غیر یونیزان تشخیصی از نواحی و ساختارهای اندام و بافت‌های درونی بدن انسان"** یافته‌اند، نظیر: انواع سونوگرافی و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی یا اختصاراً MRI (Magnetic Resonance Imaging). در نهایت، فناوری ترکیب تصاویر (Image fusion) حاصل از این مدالیته‌های مختلف نه تنها منجر به تشخیص دقیقتر و صحیحتر بیماری‌ها شده، بلکه سهمی‌اساسی در شناخت رفتارهای دینامیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی سیستم‌ها و اندام‌های انسان سالم و بیمار داشته است. توسعه، ترویج و کاربرد این روش‌ها و فناوری‌ها نقشی اساسی و بی‌نظیر در افزایش دقت و صحت تشخیص بیماری‌ها و ارتقای سلامت و امید به زندگی انسان‌ها داشته‌اند.

www.ketab.ir

فیزیک پزشکی هسته‌ای: زیر شاخه عمده دیگری است که فیزیکدانان پزشکی متبحر در این زمینه با **"تولید، توسعه و استفاده روزافزون از رادیونوکلوئیدها (Radio-nucleotides) یا رادیوداروها (Radio-pharmaceuticals) و تجهیزات آشکارسازی و تصویربرداری دقیق و فناورهای ابداعی نوین، نظیر: دوربین‌های گاما (Gama camera)، توموگرافی کامپیوتری انتشار تک فوتونی یا اختصاراً SPECT (Single Photon Emission Tomography)، توموگرافی نشر پوزیتریونی یا PET (Positron Emission Tomography) روش‌های کارآمدی برای شناسایی عملکرد انواع اندام‌ها و تشخیص زودهنگام انواع بیماری‌های انسان"** توسعه داده‌اند. این روش‌ها و فناوری‌های نوین نیز نه تنها منجر به "تشخیص فیزیولوژیک و متابولیک به موقع انواع نارسایی‌های قلبی، کلیوی، ریوی، و مغزی و پیگیری فرایندهای درمانی بیماران" شده اند، بلکه امکان "تشخیص میکروسکوپیک اولیه و بهنگام انواع بیماری‌های سرطانی و گستره متاستاز انواع تومورهای سرطانی" را فراهم کرده است. علاوه بر این، "برخی از منابع رادیواکتیو با انرژی بالا نظیر کبالت و ایریدیوم و ... برای درمان بسیاری از بیماری‌های سرطانی در روش‌های خاص پرتودرمانی از راه نزدیک، به نام براکی تراپی (Brachytherapy)،" نیز به کار برده می‌شوند.

فیزیک رادیوتراپی: در این زیر شاخه فیزیکدانان پزشکی نقش برجسته‌ای در **"طراحی نقشه‌های درمانی در روش‌های پرتو درمانی برای درمان بهینه بیماران سرطانی"** ایفا می‌کنند. آنان **"نحوه تأثیر اشعه بر تومورهای سرطانی و اندام‌های سالم بیماران را از بنیان سلولی ملوکولی تا ماکروسکوپیک و انسانی"** مطالعه می‌کنند. افزایش و ارتقای دانش و مهارت و انواع فناوری موجود در این زیر شاخه به گونه‌ای نمایی توسعه، ترویج و بهبود یافته‌اند و کاربرد ایمن، مؤثر و صحیح‌تر تجهیزات پیچیده و نوین پرتودرمانی امکان درمان موثر و قطعی‌تر و ارتقای چشمگیر سلامت و کیفیت بیماران مبتلا به سرطان در پزشکی را فراهم ساخته است.

حفاظت در برابر پرتوها: فیزیکدانان پزشکی در این زیرشاخه با کسب دانش و مهارت در خصوص **"پروتکل‌های تضمین کیفیت (Quality Assurance) و کنترل کیفیت (Quality Control) و با درک عمیقی از اصول و مبانی فیزیک تشعشع از مقیاس سلولی تا ماکروسکوپیک و انسانی"**، مسئول و نماینده سازمان‌های قانونی ملی و جهانی حرفه‌ای برای کسب اطمینان از استفاده ایمن و مؤثر پرتوهای یونیزان و غیر یونیزان در تجهیزات و دستگاه‌های متنوع موجود و در حال توسعه در بخش‌های تشخیص و درمان پزشکی و سایر کاربردهای حرفه‌ای و تحقیقاتی هستند.

www.ketab.ir

علاوه بر این جنبه‌های کلیدی و زیرشاخه‌های عمده فیزیک پزشکی؛ **"دریافت، آنالیز و پردازش سیگنال‌های حیاتی و الکتریکی انسان"** مبنای زیر شاخه کهن‌تری از دانش فیزیک پزشکی است که امکان **"شناخت دقیق‌تر و صحیح‌تر بسیاری از اعمال حیاتی بینایی، شنوایی، قلبی، مغزی، اعصاب و روان و عضلانی و همچنین بیماری‌های فیزیولوژیکی مرتبط با آن‌ها"** را برای پزشکان فراهم می‌کند. از وسیعترین و شناخته شده‌ترین سیگنال‌های حیاتی که در پرتو تلاش مستمر فیزیکدانان پزشکی توسعه، تکامل و کاربرد روزافزون در پزشکی یافته‌اند می‌توان به سیگنال‌هایی مانند: EMG (Electromyogram)، ECG یا EKG (Electrocardiogram)، EEG (Electroencephalogram) و برخی از پتانسیل‌های حیاتی اختصاصی‌تر نظیر پتانسیل‌های برانگیخته بینایی VEP (Visual Evoked Potential)، شنوایی AEP (Auditory Evoked Potential) و حسی- بدنی SEP (Somatosensory Evoked Potential) اشاره کرد.

افزون بر این جنبه‌ها، با بهره‌گیری از انواع روش‌های آنالیز و پردازش تصاویر پزشکی و قابلیت شگرف کامپیوترهای پرسرعت و نرم افزارها و الگوریتم‌های محاسباتی و تحلیلی پیچیده و دقیق، اینک فیزیکدانان پزشکی با همکاری دانشمندان سایر علوم از جمله مهندسی پزشکی **"تصاویر حاصل از روش‌های مختلف تصویربرداری یونیزان و غیریونیزان و سیگنال‌های حیاتی را با روش‌های نوینی مبتنی بر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی (Machine Learning and Artificial Intelligence) پردازش و آنالیز"** می‌کنند. در پرتوی این زیر شاخه نوظهور بین رشته‌ای فیزیک پزشکی با سایر علوم، از جمله مهندسی پزشکی و علوم کامپیوتر و داده، "اطلاعات افزون تری از تصاویر پزشکی و سیگنال‌های حیاتی انسان در شرایط سلامت و بیماری" فراهم شده که کمک شایانی در توسعه و پیشرفت روش‌های پیشگیری، تشخیص و درمان انواع بیماری‌ها در راستای شخصی سازی پزشکی (personalized medicine) و ارتقای روزافزون سطح سلامت و کیفیت زندگی انسان در جوامع بشری داشته است.

آموزش نظری و تعلیم حرفه‌ای: فیزیکدانان پزشکی با انتقال دانش نظری و مهارت‌های عملی در آموزش فیزیکدانان پزشکی آینده و همچنین دانشجویان و دستیاران دوره‌های پزشکی عمومی و دندانپزشکی و داروسازی و دوره‌های تخصصی و فوق تخصصی پزشکی کمک شایانی می‌کنند.

تحقیق و توسعه: فیزیکدانان پزشکی با تحقیق و توسعه دانش فیزیک پزشکی در تمامی زیرشاخه‌های آن و همچنین **"آزمودن روش‌های ترکیبی چندگانه تشخیصی و درمانی**

www.ketab.ir

سنتی و مدرن با بهره گیری از امکانات سخت افزاری و نرم افزاری کامپیوترها و فراهم کردن گزینه‌های تشخیصی- درمانی نوین برای انواع بیماری‌های قلبی- عروقی، روانی و سرطان‌ها و توسعه روش‌ها و فناوری‌های جدید" مشارکت چشمگیری دارند.

در یک جمع‌بندی مقدماتی تردیدی نیست که دانش فیزیک پزشکی مزایای بی‌شماری در پزشکی دارد که از جمله آن‌ها موارد زیر را می‌توان برشمرد:

توسعه و بهبود نتایج روش‌های مختلف تشخیصی- درمانی با استفاده از فناوری‌ها و تکنیک‌های پیشرفته

افزایش ایمنی بیماران و اثربخشی روش‌های تشخیصی- درمانی مبتنی بر استفاده از پرتوهای یونیزان و غیریونیزان

توسعه درمان‌های جدید و نوآورانه برای شرایط مختلف پزشکی

همکاری با سایر متخصصان مراقبت‌های بهداشتی مانند: پزشکان، پرستاران، تکنسین‌ها در ارائه مراقبت جامع از بیماران

به طور اجمالی، **دانش فیزیک پزشکی با به کارگیری اصول فیزیک در بهبود روش‌های پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری‌ها نقشی حیاتی در مراقبت‌های بهداشتی نوین ایفا می‌کند.**

شایان ذکر است که از سال ۲۰۰۸ میلادی، فیزیک پزشکی به عنوان یک حرفه بهداشتی بر اساس طبقه بندی استاندارد بین المللی مشاغل سازمان بین المللی کار گنجانده شده است.

www.ketab.ir

علاوه بر این، سازمان بین‌المللی فیزیک پزشکی (International Organization of Medical Physicist -IOMP) حوزه‌های اصلی اشتغال و تمرکز فیزیک پزشکی را به شرح زیر به رسمیت می‌شناسد:

فیزیک تصویربرداری پزشکی (Medical imaging Physics): به عنوان فیزیک رادیولوژی تشخیصی و مداخله‌ای نیز شناخته می‌شود. فیزیکدانان بالینی (Clinical Physicists)، معمولاً با حوزه‌های آزمون، بهینه‌سازی و تضمین کیفیت در حوزه‌های فیزیک رادیولوژی تشخیصی مانند: اشعه ایکس در رادیوگرافی، فلوروسکوپی، ماموگرافی، آنژیوگرافی و توموگرافی کامپیوتری و همچنین روشهای تصویربرداری مبتنی بر پرتوهای غیریونیزان مانند اولتراسوند و MRI سر و کار دارند. آنها ممکن است در امور حفاظت در برابر پرتوها مانند دزیمتری (کارکنان و بیماران) نیز درگیر باشند. علاوه بر این، بسیاری از فیزیکدانان پزشکی با اغلب سیستم‌های تصویربرداری پزشکی هسته‌ای، از جمله SPECT و PET، درگیر هستند. گاهی اوقات، فیزیکدانان تصویربرداری پزشکی ممکن است در زمینه‌های بالینی مشغول شوند، اما برای اهداف تحقیق و توسعه و آموزش، نظیر تعیین

کمیت‌های فیزیکی روش‌های مختلف سونوگرافی داخل عروقی به عنوان یک روش ممکن برای تصویربرداری از نواحی عروقی خاص.

فیزیک پزشکی هسته‌ای (Nuclear Medicine Physics): پزشکی هسته‌ای شاخه‌ای از پزشکی است که از پرتوهای حاصل از رادیونوکلوئیدها یا رادیوداروها برای ارائه اطلاعات در مورد عملکرد اندام‌های خاص یک فرد یا برای درمان بیماری استفاده می‌کند. تیروئید، استخوان‌ها، قلب، کبد و بسیاری از اندام‌های دیگر به راحتی قابل تصویربرداری بوده و اختلالات در عملکرد آنها آشکار می‌شود. در برخی موارد می‌توان از این منابع پرتوزا برای درمان اندام‌های بیمار یا تومورها استفاده کرد. پنج برنده جایزه نوبل فیزیک قرن بیستم با روش‌های استفاده از ردیاب‌های رادیواکتیو در پزشکی درگیر بوده‌اند. اکنون بیش از ۱۰۰۰۰ بیمارستان در سراسر جهان از رادیوایزوتوپ‌ها در پزشکی استفاده می‌کنند و حدود ۹۰ درصد از این روش‌ها برای تشخیص هستند. رایج ترین ایزوتوپ رادیویی مورد استفاده در تشخیص تکنسیوم -m۹۹ است، با حدود ۳۰ میلیون روش در سال، که ۸۰٪ تمامی روش‌های پزشکی هسته‌ای در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد.

فیزیک پرتودرمانی (Radiotherapy Physics): با نام‌های فیزیک رادیوتراپی یا فیزیک انکولوژیست پرتودرمانی نیز شناخته می‌شود. اکثر فیزیکدانان پزشکی، که در حال حاضر در بخش‌های پرتودرمانی ایالات متحده آمریکا، کانادا و برخی کشورهای دیگر غربی کار می‌کنند، از این گروه هستند. یک فیزیکدان پرتودرمانی معمولاً با سیستم‌های شتاب‌دهنده خطی (Linac-Linear Accelerators) یا اختصار Linac و واحدهای درمان با اشعه ایکس ارتوولتاژ (Orthovoltage)، که البته اکنون چندان معمول نیست، و همچنین روش‌های نوین پرتودرمانی مانند: انواع روش‌های پرتودرمانی‌های تطبیقی (3D-CRT, IMRT, VMAT)، توموتراپی (Tomotherapy)، گاما نایف (Gamma Knife)، سایبرنایف (Cyberknife)، پروتون‌تراپی، نوترون تراپی و براکی‌تراپی سر و کار دارد. جنبه آکادمیک و تحقیقاتی فیزیک پرتودرمانی ممکن است شامل زمینه‌هایی مانند درمان جذب نوترون توسط بور (BNCT-Boron Neutron Capture Therapy)، پرتودرمانی با منبع مهر و موم شده (Sealed source radiotherapy)، پرتودرمانی تراهرتز، اولتراسوند کانونی شده با شدت بالا(HIFU-High Intensity Focused Ultrasound)، لیزرهای تابش نوری، اشعه فرابنفش و غیره، (از جمله در درمان فوتودینامیکی -Photodynamic therapy) و همچنین درمان‌های مبتنی بر رادیوداروهای پزشکی هسته‌ای باشد.

فیزیک سلامت (Health Physics): به عنوان ایمنی پرتویی (Radiation Safety) یا حفاظت در برابر تشعشع (Radiation Protection) نیز شناخته می‌شود. فیزیک سلامت یا

www.ketab.ir

فیزیک کاربردی حفاظت در برابر تشعشع برای اهداف سلامت محور و مراقبت‌های بهداشتی پزشکی است. این شاخه علمی به شناخت، ارزیابی و کنترل خطرات سلامتی پرتوها مربوط می‌شود تا امکان استفاده ایمن از پرتوهای یونیزان را فراهم کند.

مطالب این کتاب در هشت بخش کلی شامل **"فیزیک نور، فیزیک پرتوشناسی، فیزیک پزشکی هسته ای، فیزیک رادیوتراپی، رادیوبیولوژی و حفاظت پرتوی، جریان‌های پرفرکانس، امواج صوتی و فراصوتی و فیزیک دیدگانی"** با کاربرد پزشکی آن‌ها تدوین شده است.

نگارش مطالب بخش‌ها و فصول این کتاب ضمن اینکه در چهارچوب عناوین و سرفصل‌های مصوب شورای عالی برنامه ریزی پزشکی و برنامه پیشنهادی برای دانشجویان مخاطب خاص (پزشکی عمومی، دندانپزشکی) تهیه و تدوین شده است، شامل بخش‌ها و فصل هایی مشتمل بر موضوعات و مطالب نوین فیزیک پزشکی است که با سرعت چشمگیری در حال رشد و توسعه هستند و در آینده نزدیک آگاهی از آن‌ها برای تمامی مخاطبین خاص و عام این کتاب درسی بسیار ضروری خواهد بود. بنابراین، علاوه بر مباحث الزامی مورد نیاز دانشجویان پزشکی فوق و منطبق بر برنامه درسی مصوب آنان در شورای عالی برنامه ریزی پزشکی (Curriculum)، مباحث جدیدی که در سال‌های اخیر در زمینه فیزیک پزشکی توسعه و گسترش یافته‌اند به زبانی علمی و روان و مبتنی بر دانش پایه تمامی مخاطبین خاص و عام آن تدوین و ارائه شده است. بدین لحاظ، علاوه بر امکان بهره برداری از این کتاب به عنوان یک کتاب مرجع علمی و درسی توسط دانشجویان/ مخاطب اصلی، دانشجویان و مخاطبان سایر علوم و رشته‌های دانشگاهی مرتبط (حتی بدون زمینه علمی دانش فیزیک پایه) نیز با مطالعه این کتاب می‌توانند دانش و آگاهی کافی از موضوعات نوین و روزآمد فیزیک پزشکی به دست آورند.

بخش اول کتاب برای آشنایی خواننده با **"نور و کاربردهای آن در پزشکی"** تدوین شده است. در این بخش ضمن ارائه ماهیت و مکانیسم تولید نور، نور مرئی و ویژگی‌های فیزیکی و واحدهای اندازه گیری آن، آثار بیولوژیکی و کاربردهای تشخیصی و درمانی آن معرفی شده است. در این بخش مبانی نظری و ویژگی‌های فیزیکی و آثار بیولوژیکی و کاربردهای تشخیصی و درمانی نور مرئی و پرتوهای فرابنفش، فروسرخ و لیزر نیز بررسی و ارائه شده است.

بخش دوم برای آگاهی خواننده از **"مبانی فیزیکی رادیولوژی و دستگاه‌های اشعه ایکس و کاربرد آن‌ها در پزشکی"** تدوین و ارائه شده است. در این بخش علاوه بر دستگاه‌های سنتی و معمول رادیولوژیکی، مبانی نظری و علمی دستگاه‌ها و فناوری‌های نوین و پیشرفته رادیولوژیکی از جمله سی تی اسکن و رادیوگرافی دیجیتال شرح داده شده است.

www.ketab.ir

بخش سوم مروری بر مطالب بنیادی **"پزشکی هسته‌ای و خصوصیات عناصر مختلف و فرآیندهای پرتوزا"** دارد. در فصل اول این بخش مبانی فیزیکی پزشکی هسته‌ای از جمله ساختار اتم و مبانی فیزیکی رادیونوکلئوتیدها یا رادیوداروها و تولید، کاربرد و ویژگی‌های انواع رادیونوکلوئیدهای مصنوعی و نحوه استحاله آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در فصل دوم این بخش روش‌های تشخیص و اندازه‌گیری/سنجش رادیواکتیویته و پرتوهای حاصل از آنها با ابزار مختلف تبیین و کاربرد عملی آن‌ها در روش‌های معمول و سنتی تشخیصی در پزشکی هسته‌ای و همچنین روش‌ها و فناوری‌های نوین و پیشرفته تصویربرداری پزشکی هسته‌ای، نظیر دوربین گاما، SPECT و PET در حد آشنایی اجمالی خوانندگان با مبانی فیزیکی و مزایای‌های اختصاصی آن‌ها معرفی شده‌اند.

بخش چهارم به موضوع **"رادیوبیولوزی یا زیست‌شناسی پرتوی و حفاظت در برابر پرتوها"** اختصاص یافته و در دو فصل مجزا مبانی نظری و علمی زیست‌شناسی پرتوی و حفاظت در برابر پرتوها ارائه شده است. در فصل اول این بخش، اصول رادیوبیولوژی مشتمل بر مکانیزم‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تبیین کننده تاثیر پرتوهای یونیزان بر زیر ساخت‌های سلولی-مولکولی، سلولها، اندامها و بافت‌های مختلف انسان تشریح و انواع آثار کوتاه ودراز مدت آن‌ها و همچنین آثار سوماتیک و ژنتیکی آن‌ها و شاخص‌های نوین اندازه گیری کمی این آثار برای استفاده بهینه و حفاظت بیماران در کاربردهای تشخیصی و درمانی از پرتوهای یونیزان شرح داده شده است. در فصل دوم این بخش نیز کمیت‌های استاندارد ویژه حفاظت پرتوی و توصیه ها، خطوط راهنما و حدود کاربرد ایمن، توجیه پذیر و منفعت آمیز پرتوهای یونیزان در کاربردهای تشخیصی و درمانی برای بیماران، کارکنان (پرتوکاران) و عموم مردم مبتنی بر گزارش‌های علمی و توصیه‌های سازمان‌های بین المللی حرفه‌ای تدوین و ارائه شده است.

بخش پنجم در زمینه **"مبانی فیزیکی رادیوتراپی"** است. اگرچه تمامی مطالب این بخش با شرح و تفصیل ارائه شده در این کتاب جامع درسی، در سرفصل‌های مصوب شورایعالی برنامه ریزی پزشکی، برای آموزش به دانشجویان مخاطب خاص آن قرار ندارد، لیکن زیرشاخه فیزیک رادیوتراپی با تجمیع سخت افزار و نرم افزاهای کامپیوتری در چند سال اخیر به‌طور نمایی توسعه یافته‌اند و کاربرد وسیعی در درمان انواع سرطان‌ها دارند. بنابراین، ضروری است دانشجویان پزشکی آگاهی و آشنایی وسیعتری از مبانی نظری، دانش و فناوری‌های نوین و در حال گسترش فیزیک رادیوتراپی داشته باشند که در این بخش به زبانی روان و در عین حال علمی بیان شده است. آگاهی بیشتر دانشجویان کمک شایانی در تبیین مسیر تخصصی آینده آنان در دوره‌های تخصصی و فوق تخصصی انکولوژی پرتوی در پزشکی ایفا می‌کند.

www.ketab.ir

بخش ششم به معرفی و تبیین **"مبانی فیزیکی امواج صوتی و فراصوتی و کاربرد آن‌ها در پزشکی"** می‌پردازد. در فصل اول این بخش مبانی فیزیکی و برهمکنش‌های این امواج با بافت‌های بدن ارائه می‌شود، که مبنای تولید و کاربرد وسیع آنها در روش‌های معمول سنتی و نوین صوتی و فراصوتی در تشخیص و درمان پزشکی است. فصل دوم این بخش به معرفی فیزیک گوش و شنوایی می‌پردازد که در آن ساختار این اندام مهم صوتی انسان و کاربرد روش‌ها و آزمایش‌های فیزیکی مختلف در شنوایی سنجی (Audiometry) و تشخیص انواع بیماری‌ها و نارسایی‌های شنوایی ارائه می‌شود. در فصل سوم فیزیک امواج فراصوت، روش تولید و دانش بنیادی و فناوری دستگاه‌های مختلف فراصوتی بیان می‌شود، که مبنای یکی از متداولترترین روشهای ایمن و موثر تشخیص پزشکی، یعنی اکوگرافی و سونوگرافی، در شناخت وضعیت سلامتی و ساختار و عملکرد صحیح اندام‌ها و بخش‌های مختلف داخلی و ضایعات و بیماری‌های انسان در مغز، چشم، قلب، کبد، کلیه، پستان، و شکم و لگن، بخصوص بیماری‌های زنان و زایمان و پایش سلامتی جنین انسان در دوران بارداری است. علاوه بر این برخی کاربردهای درمانی و رو به توسعه این امواج در پزشکی نیز ارائه شده است.

در **بخش هفتم**، **"جریان‌های پرفرکانس و کاربرد آنها در پزشکی"** در دیاترمی و جراحی الکتریکی در پزشکی و اثرات آنها بر بدن بررسی و ارائه شده است. در فصل اول این بخش مبانی فیزیکی و خواص این امواج در کاربردهای پزشکی آن ارائه شده است. در فصل دوم کاربرد وسیع این امواج در فیزیوتراپی برای تسکین دردها و بیماری‌های عصبی و عضلانی از طریق آثار بیولوژیکی آن‌ها در تحریک اعصاب حسی و حرکتی و تسکین بیماری‌ها و دردهای مزمن یا حاد عضلانی با اعمال روش‌های دیاترمی‌با القای گرمای عمقی در بیماران ارائه شده است. در فصل سوم این بخش کاربرد جریان‌های پرفرکانس در ابزار و دستگاه‌های جراحی الکتریکی گوش، حلق و بینی و فک و صورت و دندانپزشکی، بدون خونریزی و سایر جراحی‌های مداخله ای، ارائه شده است.

سرانجام، **بخش هشتم** به مبانی **"فیزیک دیدگانی"** و کاربرد این زیرشاخه فرعی غیر یونیزان فیزیک پزشکی در چشم پزشکی (Ophthalmology) اختصاص یافته است. در این راستا ساختار عدسی‌ها و کاربرد آن‌ها در انواع تجهیزات و دستگاه‌های معمول در چشم پزشکی و بینایی‌سنجی برای معاینات روزمره و تخصصی و فوق تخصصی چشم پزشکی به منظور تشخیص دقیق عیوب و ناهنجاری‌های انکساری و بیماری‌های چشم و بینایی و اصلاح عیوب انکساری با استفاده از عدسی‌ها و درمان بیماری‌های چشمی‌ارائه شده است. این بخش آگاهی و دانش پایه لازم را به مبانی فیزیک دیدگانی و روش‌های فیزیکی و ابزارهای معمول و پیشرفته در تشخیص بیماری‌های چشم و عیوب بینایی برای دانشجویان پزشکی عمومی فراهم می‌کند.

www.ketab.ir

ساختار نگارش این کتاب جامع درسی و علمی‌قدری مبتکرانه تدوین شده به گونه‌ای کـه در ابتدای هر بخش **"خلاصه‌ای مشتمل بر کلیات مطالب هر بخش"** ارائه شده است تا دانش و آگاهی اجمالی برای ورود خواننده کتاب به مطالب عمیقتر ارائه شده در قالب فصـل‌هـای متـوالی هر بخش فراهم کند. سپس مطالب و مفاهیم عمیقتر بـه گونـه‌ای منطقـی و منسـجم در قالـب فصل‌های مجزای هر بخش ارائه شده است. در انتهای هر بخش ابتدا **"فهرست کتب و منابع و مراجع معتبر علمی‌و مقالات منتشر شده"** محققین در مجلات علمی-پژوهشی تخصصی بهره برداری شده در تالیف این کتاب برای کسب دانش و آگاهی عمیقتر و وسیعتر دانشـجویان و خو انندگان ارائه شده است. سپس،**"مجموعه‌ای از سوالات تشریحی"** بـرای خـود ارزیـابی و بهره برداری دانشجویان و خوانندگان از دانش و آگاهی کسب شده خود پس از مطالعه مطالب هر بخش ارائه شده است.

گرچه عنوان این کتاب را **"کتاب جامع درسی فیزیک پزشکی"** نـام نهـاده ایـم ؛ ولـی اذعان داریم که دراین کتاب؛ بنا به دلایل ذکر شده فوق؛ سخنی ازسایر زیر شـاخه‌هـای فیزیـک پزشکی مانند فیزیک هوشبری؛ فیزیک داروسازی (فیزیکـال فارماسـی)؛ داروسـازی هسـته ای؛ فیزیک توانبخشی؛ فیزیک پرستاری و مامایی؛ فیزیک کاربردی در آزمایشگاه‌های بـالینی و ... را به میان نیاورده‌ایم.

رجای واثق داریم که تا هنگام چاپ و انتشار این مجموعه؛ پیشرفت‌های دیگری در فیزیـک پزشکی حاصل شده و امیدواریم که در چاپ بعدی این مجموعه به ذکر آنها موفق شویم.

www.ketab.ir

دکتر بیژن هاشمی- دکتر محمد علی بهروز

فهرست‌ها

بخش اول: نور و کاربردهای آن در پزشکی ۱

خلاصه ۲

فصل اول ماهیت و مکانیسم تولید نور ۵

۱-۱ مکانیسم تولید نور ۶

۱-۲ طیف امواج الکترومغناطیسی ۷

۱-۳ طیف نور مرئی ۸

۱-۴ پدیده لومینسانس ۸

فصل دوم نورمرئی ۹

۲-۱ نور هندسی ۱۰

۲-۳ نور موجی ۱۲

۲-۴ پلاریزاسیون نور ۱۳

۲-۵ سنجش نور یا فوتومتری (Photometry) ۱۴

۲-۶ تجزیهٔ نور ۱۵

۲-۶-۱ طیف نور سفید ۱۵

۲-۶-۲ اشکال مختلف طیف نور ۱۵

۲-۷ رنگ اجسام ۱۷

۲-۸ نحوهٔ دیدن اجسام مختلف ۱۸

۲-۹ استفاده از صافی‌ها یا فیلترها در پزشکی ۱۸

www.ketab.ir

۲-۱۰ اسپکتروسکوپی در پزشکی ۱۸
۲-۱۰-۱ لولهٔ موازی‌کننده یاکولیماتور ۱۸
۲-۱۰-۲ منشور ۱۸
۲-۱۰-۳ دوربین ۱۹
۲-۱۰-۴ میکرومتر ۱۹
۲-۱۱ اثرات بیولوژیکی نور مرئی ۲۰
۲-۱۱-۱ اثر نور بر حرکت ۲۰
۲-۱۱-۲ اثر نور در نمو ۲۱
۲-۱۱-۳ اثر نور بر تغذیه ۲۱
۲-۱۱-۴ اثر نور در خون ۲۱
۲-۱۱-۵ اثر نور بر پوست ۲۱
۲-۱۱-۶ اثر نور بر چشم ۲۲
۲-۱۲ کاربرد نورمرئی در تشخیص بیماری‌ها ۲۲
۲-۱۲-۱ گذردهی نور (Transillumination) ۲۲
۲-۱۲-۲ آینه‌ها و عدسی‌ها ۲۲
۲-۱۲-۳ اسپکتروسکوپی ۲۲
۲-۱۲-۴ طیف جذبی اکسی هموگلوبین خون ۲۳
۲-۱۲-۴-۱ طیف جذبی هموگلوبین احیا شده ۲۳
۲-۱۲-۴-۲ طیف کربوکسی هموگلوبین ۲۳
۲-۱۲-۵ آندوسکوپی ۲۳
۲-۱۲-۵-۱ ساختمان و نحوه کار آندوسکوپ ۲۴
۲-۱۲-۵-۲ انواع آندوسکوپ و کاربرد آن‌ها ۲۵
۲-۱۲-۵-۳ لاپاروسکوپی ۲۶
۲-۱۲-۵-۴ کپسول آندوسکوپ ۲۷
۲-۱۲-۶ تصویربرداری نوری فلورسنت ۲۸
۲-۱۳ استفاده از نور در درمان بیماری‌ها ۲۸

فصل سوم **تشعشع فرابنفش یا ماوراء بنفش ۳۱**

۳-۱ تولید اشعهٔ فرابنفش ۳۱

www.ketab.ir

۳-۲ لامپ‌های فرابنفش فلوئورسنت ۳۳
۳-۳ آشکارسازی پرتو فرابنفش ۳۴
۳-۴ اثرات فیزیولوژیکی اشعهٔ فرابنفش ۳۵
۳-۴-۱ اثرات حاد پرتوی فرابنفش ۳۵
۳-۴-۲ اثرات مزمن پرتوی فرابنفش ۳۷
۳-۴-۳ اثر باکتری‌کشی پرتوی فرابنفش ۳۸
۳-۵ کاربردهای تشخیصی پرتوهای ماوراء بنفش ۳۸
۳-۵-۱ اسپکترومتری UV ۳۸
۳-۵-۲ تشخیص سرخی پوست ۳۸
۳-۵-۳ تشخیص بیماری پوستی ناشی از اختلال متابولیسم پورفیرین ۳۸
۳-۵-۴ تشخیص برخی بیماری‌های دهان و دندان ۳۸
۳-۵-۵ تشخیصی اختلالات پوستی با عکاسی فرابنفش ۳۹
۳-۶ کاربردهای درمانی پرتو ماوراء بنفش ۳۹
۳-۶-۱ پوست ۳۹
۳-۶-۲ پسوریازیس ۳۹
۳-۶-۳ تولید اریتما ۳۹
۳-۶-۴ افزایش ایمنی بدن دربرابر عفونت‌ها و تجهیزات آلوده ۴۰
۳-۶-۵ افزایش خون رسانی در پوست ۴۰
۳-۶-۶ تحریک رشد سلول‌های پوست در ناحیه اپیدرم ۴۰
۳-۶-۷ تولید ویتامین D ۴۱
۳-۶-۸ موارد ممنوعه درمان با پرتوی فرابنفش ۴۱
۳-۷ حفاظت دربرابر پرتو فرابنفش ۴۱
۳-۷-۱ قابلیت حفاظت طبیعی بدن در برابر پرتوهای فرابنفش ۴۲
۳-۷-۲ حفاظت از بدن در برابر پرتوهای فرابنفش با محصولات مصنوعی ۴۲
۳-۷-۳ تاثیر نوع لباس و پوشش در حفاظت بدن از پرتو فرابنفش ۴۳
۳-۷-۴ حفاظت از چشم در برابر پرتو فرابنفش ۴۳

فصل چهارم **اشعهٔ فروسرخ یا مادون قرمز ۴۵**

۴-۱ اشعه فروسرخ ۴۶

www.ketab.ir

۴-۲ ماهیت و دسته‌بندی اشعه فرو سرخ ۴۷
۴-۳ منابع تولید اشعه فرو سرخ ۴۸
۴-۴ آشکارسازی اشعه فرو سرخ ۴۸
۴-۴-۱ آشکارساز فوتونی ۴۹
۴-۴-۲ آشکارساز گرمایی ۴۹
۴-۵ اثرات بیولوژیکی پرتو فروسرخ ۴۹
۴-۵-۱ اثرات اشعه فرو سرخ بر چشم ۴۹
۴-۵-۲ اثرات اشعه فرو سرخ بر پوست ۵۰
۴-۵-۳ اثرات دیگر اشعه فرو سرخ ۵۰
۴-۶ کاربردهای تشخیصی پرتو فروسرخ ۵۱
۴-۶-۱ ترموگرافی پزشکی ۵۱
۴-۶-۲ طیف سنجی ۵۳
۴-۷ کاربردهای درمانی پرتو فروسرخ ۵۳
۴-۸ موارد ممنوعه درمان با پرتوی مادون قرمز ۵۳
۴-۹ خطرات تابش پرتوی IR و حفاظت در برابر آن ۵۳
۴-۹-۱ سر درد ۵۴
۴-۹-۲ احتمال ابتلاء به کاتاراکت ۵۴
۴-۹-۳ سوختگی ۵۴

www.ketab.ir

فصل پنجم لیزر وکاربردهای آن درپزشکی ۵۵

۵-۱ مبانی و اصول تولید لیزر ۵۷
۵-۱-۱ تابش مطابق فرمان ۵۷
۵-۱-۲ دوقلوی نوری ۵۸
۵-۱-۳ بهمن نوری ۵۸
۵-۲ قسمت‌های اصلی یک دستگاه لیزر ۵۹
۵-۲-۱ محیط فعال (قلب مولد) ۵۹
۵-۲-۲ پمپاژ انرژی ۵۹
۵-۲-۳ القای نوسان ۵۹
۵-۲-۴ تشدیدکنندهٔ نوری ۶۰

۵-۳ خصوصیات اشعه لیزر ۶۱
۵-۳-۱ خصوصیات کلی مشترک در همه لیزرها ۶۱
۵-۳-۱-۱ فرکانس یکسان ۶۱
۵-۳-۱-۲ همفازبودن ۶۱
۵-۳-۱-۳ موازی بودن ۶۱
۵-۳-۲ خصوصیات ویژه لیزرها و دسته‌بندی آن‌ها ۶۱
۵-۳-۲-۱ انواع لیزر بر اساس محیط فعال ۶۱
۵-۳-۲-۲ انواع لیزر بر حسب روش انتشار ۶۲
۵-۳-۲-۳ انوع لیزر برحسب عملکرد/کاربرد ۶۲
۵-۳-۲-۴ انواع لیزرها بر اساس توان ۶۲
۵-۴ کاربردهای اشعه لیزر ۶۳
۵-۴-۱ کاربردهای غیرپزشکی لیزر ۶۳
۵-۴-۲ کاربردهای پزشکی لیزر ۶۳
۵-۴-۳ نمونه‌ای ازکاربردهای لیزر در پزشکی ۶۴
۵-۴-۴ حفاظت در برابر لیزر ۶۸
فهرست منابع ۶۹

بخش دوم: مبانی فیزیکی رادیوگرافی ۷۵

خلاصه ۷۶

فصل ششم مبانی فیزیکی رادیوگرافی ۸۴

۶-۱ کشف اشعه ایکس ۸۴
۶-۲ تولید اشعه ایکس ۸۵
۶-۲-۱ برخورد الکترون کاتدیک با اتم‌های آنتی کاتد ۸۷
۶-۲-۲ کانون یا سطح کانونی (Focal Spot) ۹۱
۶-۲-۳ کانون موثر ۹۱
۶-۲-۴ روش‌های سرد کردن آنتی کاتد ۹۲
۶-۲-۵ عوامل موثر در تولید پرتوهای ایکس ۹۲
۶-۲-۶ فیلترها و عمل صافی (Filters and Filtration) ۹۳

www.ketab.ir

۶-۲-۷ مدار الکتریکی مولد اشعه ایکس ۹۴
۶-۳ برخوردها/ برهم کنش‌های (Interactions) اشعه X با ماده (بدن) ۹۶

فصل هفتم **مبانی فیزیکی تصاویر رادیوگرافی ۱۰۱**

۷-۱ تصویر اولیه رادیولوژیکی ۱۰۱
۷-۲ شبکه (Grid) ۱۰۲
۷-۳ ساختمان فیلم رادیو گرافی (Radiographic Film) ۱۰۳
۷-۴ کاست‌های رادیولوژی ۱۰۵
۷-۵ صفحات تقویت‌کننده (Intensifying Screens) ۱۰۵
۷-۶ دانسیته فیلم ۱۰۶
۷-۷ منحنی مشخصه (Characteristic/H&D Curve) فیلم رادیوگرافی ۱۰۷
۷-۸ کنتراست رادیوگرافی ۱۰۷
۷-۹ کنتراست مصنوعی (Artificial Contrast) ۱۱۰
۷-۱۰ عوامل مؤثر در وضوح تصاویر رادیوگرافی ۱۱۲
۷-۱۱ آرتیفکت (Artefact) در تصاویر رادیولوژی ۱۱۴
۷-۱۲ رادیوگرافی‌های اختصاصی ۱۱۴
۷-۱۳ رادیوسکپی/ فلوئوروسکپی (Radioscopy/Fluoroscopy) ۱۱۵
۷-۱۴ مامو گرافی (Mammography) ۱۱۷
۷-۱۵ رادیوگرافی‌های پیشرفته ۱۱۷
۷-۱۵-۱ برش نگاری یا توموگرافی با اشعه ایکس (Tomography) ۱۱۷
۷-۱۵-۱-۱ برش‌نگاری خطی (Linear Tomography) یا معمولی (غیرکامپیوتری) ۱۱۷
۷-۱۵-۱-۲ برش نگاری کامپیوتری (CT: Computerized Tomography) ۱۱۸
۷-۱۵-۲ رادیولوژی عددی/دیجیتال (Digital Radiology) ۱۲۱
۷-۱۵-۷ رادیولوژی مداخله‌ای (Interventional Radiology) ۱۲۴
فهرست منابع ۱۲۵

بخش سوم: مبانی فیزیکی پزشکی هسته‌ای ۱۳۳

خلاصه ۱۳۴

www.ketab.ir

فصل هشتم مبانی فیزیکی فیزیک پزشکی هسته‌ای ۱۴۳

۸-۱ ساختمان اتم ۱۴۳
۸-۱-۱ ساختمان محیطی اتم ۱۴۳
۸-۱-۲ بار الکتریکی و جرم الکترون ۱۴۴
۸-۲ ساختمان هسته ۱۴۴
۸-۲-۱ عدد اتمی ۱۴۴
۸-۲-۲ عدد جرمی ۱۴۴
۸-۲-۳ عدد نوترونی ۱۴۴
۸-۲-۴ ایزوتوپ ۱۴۵
۸-۲-۵ ایزوبار ۱۴۵
۸-۲-۶ ایزومر ۱۴۵
۸-۲-۷ ایزوتون ۱۴۶
۸-۳ واحد جرم اتمی (Atomic Mass Unit) ۱۴۶
۸-۴ واحد انرژی ۱۴۶
۸-۵ انرژی هسته‌ای (Nuclear Energy) ۱۴۶
۸-۵-۱ انرژی همبستگی ۱۴۷
۸-۵-۱-۱ نقص جرمی ۱۴۷
۸-۵-۱-۲ انرژی همبستگی برای هر نوکلئون ۱۴۸
۸-۶ رادیواکتیویته ۱۴۸
۸-۶-۱ تهیه رادیوایزوتوپ‌های مصنوعی ۱۴۹
۸-۶-۲ پزشکی هسته‌ای ۱۴۹
۸-۶-۳ پرتوهای هسته‌ای ۱۵۰
۸-۶-۴ فروپاشی رادیوایزوتوپ ۱۵۰
۸-۶-۵ نیمه عمر فیزیکی ۱۵۰
۸-۶-۶ ضریب تجزیه (درصد میزان تحلیل اتمی) ۱۵۰
۸-۷ فعالیت (اکتیویته) ۱۵۱
۸-۸ ویژگی‌های رادیوایزوتوپ‌ها ۱۵۱
۸-۹ مشخصات و خواص پرتوهای رادیواکتیو ۱۵۲
۸-۹-۱ اشعه آلفا ۱۵۲

www.ketab.ir