
فیزیک پزشکی

(برای دانشجویان رشته پزشکی و دندانپزشکی)

مدیر تألیف: دکتر محمدعلی عقابیان

مؤلفین: دکتر محمدجواد ابوالحسنی، دکتر محمدتقی بحرینی طوسی، دکتر سعید سرکار.

دکتر مرجانه حجازی، دکتر محمدعلی عقابیان

www.ketab.ir

عنوان و نام پدیدآور	فیزیک پزشکی (برای دانشجویان رشته پزشکی و دندانپزشکی)/ مدیریت تالیف محمدعلی عقابیان : مؤلفین محمدجواد ابوالحسنی...ا و دیگران ا.
مشخصات نشر	: تهران: رویان پژوه ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۲۶۲ص: مصور، نمودار.
شابک	: ۷۸۰۰۰۹۷۸-۶۰۰-۶۳۰۸-۱۸۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: مؤلفین محمدجواد ابوالحسنی، محمدتقی بحرینی طوسی، سعید سرکار، مرجانه حجازی، محمدعلی عقابیان.
یادداشت	: چاپ قبلی: مهر و ماه نو، ۱۳۸۷.
موضوع	: فیزیک پزشکی
شناسه افزوده	: ابوالحسنی، محمدجواد، ۱۳۴۴ -
شناسه افزوده	: عقابیان، محمدعلی، ۱۳۴۰ -
رده بندی کنگره	: ۸۸۹۵/۴۲۴ ۱۳۹۰
رده بندی دیویی	: ۶۱۰/۱۵۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۴۹۳۹۰۳



فیزیک پزشکی (برای دانشجویان رشته پزشکی و دندانپزشکی)

مدیر تالیف: دکتر محمدعلی عقابیان

مؤلفین: دکتر محمدجواد ابوالحسنی، دکتر محمدتقی بحرینی طوسی، دکتر سعید سرکار، دکتر مرجانه حجازی، دکتر محمدعلی عقابیان

ناشر: رویان پژوه
چاپ اول: ۱۳۹۰
صفحات: مرجان اتحاد
طراح جلد: آتلیه طراحی رویان پژوه
چاپ: بهمن
قطع و تعداد صفحات: وزیری - ۲۶۲
شمارگان: ۱۵۰۰ نسخه
بها: ۷۸۰۰ تومان



شابک: ISBN: 978-600-6308-18-0

دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران، خیابان انقلاب، روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران، ساختمان امیرکبیر، طبقه دوم
تلفن: ۹۳۷۳۱۷۷۲۰۳ - ۶۶۴۴۸۶۳۷۳

www.RPpub.ir

مقدمه مؤلف

این کتاب با هدف آشنایی دانشجویان پزشکی و دندانپزشکی با مباحث گوناگون فیزیک پزشکی شامل نور، جریان‌های پرفرکانس، صوت، اشعه ایکس، پزشکی هسته‌ای، و رادیوبیولوژی و حفاظت تدوین شده است.

گزینش و گردآوری مطالب و سرفصل موضوعات کتاب در چهارچوب عناوین مصوب موجود شورای عالی برنامه‌ریزی و مطابق با برنامه‌های پیشنهادی این شورا صورت گرفته است و به دلیل محدودیت تعداد واحدهای تعیین شده و ساعات تدریس، از طرح مباحث جدیدی از جمله دستگاه‌های تخصصی تشخیصی مانند آتریوگرافی، MRI، ماموگرافی، و نیز دستگاه‌ها و روش‌های رادیوتراپی، لیزر، و تکنیک‌های جدید پزشکی هسته‌ای خودداری شده است.

به عنوان راه‌کاری موفق در رفع برخی از کاستی‌های برنامه آموزشی موجود، فهرست پیوست به عنوان فهرست سرفصل‌های پیشنهادی دروس نظری پیشنهاد شده است که مواد این سرفصل‌ها نیز مجموعه‌ای در کتاب حاضر آورده شده است. جهت آشنایی عملی دانشجویان با دستگاه‌ها، بازدید هفتگی یک ساعته در طول ترم از بخش‌های مختلف پیشنهاد می‌گردد.

در این کتاب، پنج مبحث طبق برنامه مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی (طبق جدول مقدمه) توسط اساتید باتجربه که چندین سال مسئولیت تدریس و آموزش دانشجویان پزشکی را به عهده داشته‌اند، تهیه شده و سعی گردیده است تا حجم و محتوای مطالب دربرگیرنده نیاز عمومی دانشجویان پزشکی باشد و مواد امتحانی علوم پایه پزشکی را در حد ممکن پوشش دهد. برای دانشجویان دندانپزشکی، تأکید بیشتر روی اشعه X، کاربردهای آن و حفاظت پرتوی توصیه می‌گردد.

این کتاب با نگاهی کلی و جامع به عنوان راهنمایی بسیار خوب برای کلیه علاقمندان به آشنایی با اصول فیزیک پزشکی و کاربردهای آن در پزشکی، حتی بدون پیش‌زمینه قبلی، مفید واقع خواهد شد.

مبحث	تعداد سوالات در امتحان علوم پایه پزشکی	تعداد سوالات در امتحان علوم پایه دندانپزشکی
نور و بینایی	۲	۱
فراصوت و جریان‌های پرفرکانس	۱	۲
اشعه ایکس	۱	۲
پزشکی هسته‌ای	۱	۱
رادیوبیولوژی و حفاظت	۱	۲

انتظار می‌رود مباحث این کتاب به صورت دو تا سه واحد درسی به مدت یک ترم تدریس شوند. حجم مطالب به طریقی برنامه‌ریزی شده است تا هر یک از مباحث ۵ گانه فوق در ۴ جلسه یک و نیم تا دو ساعته ارائه گردد.

در فصل اول، مبانی فیزیک نور و دیدگانی و کاربردهای آن در پزشکی مطرح شده است. در این بخش ضمن ارائه توضیح مختصری در مورد فیزیک نور، روش‌های اندازه‌گیری و بخش نور، کاربرد نور در پزشکی (تشخیص و درمان)، و اثرات بیولوژیک آن مورد بحث واقع شده و سپس کاربرد گرما در پزشکی به طور خلاصه مورد توجه قرار گرفته است. فیزیک چشم، کاربرد عدسی‌ها در پزشکی، بیماری‌ها و ناهنجاری‌های دیدگانی از مباحث دیگر این فصل است که دانشجویان پزشکی را با روش‌های فیزیکی و ابزارهای مربوط به تشخیص بیماری‌های چشم و عیوب بینایی آشنا می‌سازد.

فصل دوم، به بحث و بررسی امواج فراصوت و بهم‌کنش‌های آن با بافت‌های بدن می‌پردازد و روش‌های تولید و آشکارسازی امواج فراصوت را معرفی می‌کند. سپس دانشجویان را با روش‌های پژواک پالسی و داپلر به صورت خلاصه آشنا می‌سازد. و در آخر اثرات بیولوژیک و کاربرد درمانی این امواج را مطرح می‌نماید.

در فصل سوم کاربرد جریان‌های پرفرکانس مورد بحث قرار گرفته است. روش‌های دیاترمی با امواج پرفرکانس و دستگاه‌های مورد استفاده در هر روش معرفی گردیده، و سپس خلاصه‌ای از کاربرد دیاترمی با ماکروویو، با اشاره به اثرات آن بر بدن، ارائه شده است. به منظور آشنایی دانشجویان، جراحی الکتریکی نیز در ادامه به صورت اجمالی مطرح گردیده است.

فصل چهارم برای آشنایی خواننده با دستگاه‌های اشعه ایکس و کاربرد آن در پزشکی تهیه شده است و جزئیات بیشتری درباره‌ی طیف اشعه ایکس را مطرح می‌نماید. سپس دانشجویان با اجزاء دستگاه رادیولوژی و تأثیرات آنها بر کمیت و کیفیت اشعه آشنا می‌گردند و در ادامه در مورد انواع برهم‌کنش‌ها و تفاوت‌ها و کاربردهای آنها در رادیولوژی تشخیصی، و جذب و اندازه‌گیری اشعه ایکس بحث می‌گردد. در قسمت پایانی این فصل، مباحث تشکیل تصویر و کیفیت آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصل پنجم مروری دارد بر مطالب بنیادی پزشکی هسته‌ای، و سپس درباره هسته‌ها و فرآیندهای پرتوزا بحث می‌کند؛ و در ادامه برهم‌کنش ذرات و پرتوها را به‌طور خلاصه بیان می‌نماید. در این فصل در مورد قانون واپاشی و مباحث مربوط به اکتیویته بحث می‌گردد و تولید رادیونوکلوئیدها، پرتوداروها و مولکول‌های نشان‌دار مورد توجه قرار می‌گیرد. در آخر دستگاه‌های نگاره‌برداری پزشکی هسته‌ای و دستگاه PET صرفاً در حد آشنایی معرفی می‌شوند.

فصل ششم به مباحث زیست‌شناسی پرتوی و حفاظت در برابر اشعه اختصاص یافته که در سه بخش مجزای زیست‌شناسی پرتوی، مبانی فیزیک رادیوتراپی، و حفاظت در برابر پرتوها ارائه گردیده است. در بخش زیست‌شناسی پرتوی، انواع پرتوهای یونساز با ذکر آثار زیستی آنها معرفی شده است. سپس حساسیت پرتوی سلول و عوامل مؤثر بر حساسیت پرتوی بیان گردیده است، و در آخر به اجمال بر اثرات تابش پرتو بر جنین نگاهی شده است. مبانی فیزیک رادیوتراپی به‌طور خلاصه مطرح گردیده و در بخش حفاظت پرتو، اصول دوزیمتری و حفاظت و کنترل پرتوگیری معرفی شده است. در آخر حفاظت فردی در پرتوشناسی تشخیصی مورد توجه واقع شده است.

فصل اول: مبانی فیزیکی نور و کاربردهای آن در پزشکی

بازتابش	۴۱
امپدانس صوتی و روش محاسبه آن	۴۲
ضریب بازتابش	۴۲
بازتابش پخش	۴۳
پراکندگی	۴۳
شکست	۴۴
تداخل	۴۵
جذب	۴۶
تضعیف	۴۶
شدت صوت و واحدهای مختلف آن	۴۷
نمادهای شدت	۴۷
دسی بل	۴۷
لایه نیم جذب	۴۸
محاسبه اتلاف تضعیف	۴۸
نفوذ	۴۸
فاصله یابی پژواک	۴۹
بخش سوم تولید و آشکارسازی امواج فراصوتی	۵۰
اثر پیزوالکتریک	۵۰
مواد پیزوالکتریک	۵۱
فرکانس طبیعی قطعه پیزوالکتریک	۵۲
مبدل ساده فراصوتی	۵۲
لایه های تطبیق امپدانس	۵۳
خروجی موج پالسی	۵۵
فرکانس تکرار پالس	۵۵
طول مکانی پالس	۵۵
تفکیک پذیری محوری و جانبی	۵۵
پرتوی فراصوتی	۵۷
ناحیه نزدیک و ناحیه دور	۵۸
عمق میدان نزدیک	۵۸
واگرایی میدان دور	۵۹

۱- مقدمه ای بر قوانین انعکاس و شکست نور	۱۸
شکست نور	۱۸
قوانین شکست نور	۱۸
عدسی های نازک	۱۹
هم گرایی	۲۱
عدسی استوانه ای	۲۲
عدسی استیگمات	۲۳
۲- اصول شکست در چشم	۲۴
عدسی های ضخیم	۲۴
اصول فیزیکی شکست پرتو نوری در چشم	۲۵
نحوه تشکیل تصویر بر روی شبکه چشم	۲۵
۳- ناهنجاری های شکست	۲۶
دوربینی	۲۶
نزدیک بینی	۲۸
استیگماتیسم	۲۸
دوبینی	۲۹
تیز بینی	۳۱
رتینوسکوپی	۳۲
۴- افتالموسکوپی	۳۳
افتالموسکوپی مستقیم	۳۴
افتالموسکوپی غیر مستقیم	۳۵

فصل دوم: مبانی فیزیک صوت و کاربردهای آن در پزشکی

بخش اول: تعاریف امواج فراصوتی	۳۸
انتشار	۳۸
معادله موج	۳۸
نواحی فشردگی و انبساط	۳۹
انواع موج	۴۰
ویژگی های امواج فراصوت	۴۰
بخش دوم: برهم کنش های امواج فراصوت با بافت	۴۱

۵۹	کانونی کردن پرتو فراصوت
۶۰	روش‌های کانونی کردن
	بخش چهارم: روش‌های تک‌موج یا روش پژواک
۶۱	پالسی
۶۱	اسکن دامنه
۶۱	نمایش پژواک‌های آشکارشده
۶۲	مولد پالس
۶۳	گیرنده
۶۳	تقویت‌کننده
۶۳	جبران بهره زمانی
۶۵	آشکارسازی
۶۶	دستگاه نمایش لامپ اشعه کاتدی
۶۶	کاربردها
۶۷	اسکن روشنایی ایستا
۶۷	چگونگی تشکیل تصویر فراصوتی
۶۷	داده‌های مربوط به مختصات
۶۸	بخش پنجم: مبدل‌های بلادرنگ و اسکن بلادرنگ
۶۸	واژه «بلادرنگ»
۶۹	مبدل‌های مکانیکی بلادرنگ
۷۰	مبدل‌های الکترونیکی بلادرنگ
۷۱	آرایه خطی
۷۱	آرایه‌های خطی متوالی
۷۲	آرایه‌های خطی قطعه‌ای
۷۳	آرایه فازی
۷۴	آرایه‌های منحنی خطی
۷۴	اندوسونوگرافی (ترنسونوگرافی)
۷۵	پروب‌های درون‌مجریایی
۷۶	بخش ششم: روش داپلر و دستگاه‌ها
۷۶	اثر داپلر
۷۶	فرکانس جابجایی داپلر
۷۶	معادله جابجایی داپلر

۷۷	تعیین سرعت
۷۷	موج پیوسته
۷۷	دستگاه‌های داپلر موج پیوسته
۷۸	موج پالسی
۷۹	دستگاه داپلر رنگی
۸۰	دستگاه داپلکس یا داپلر دوکاره
۸۰	بخش هفتم: اثرات بیولوژیکی امواج فراصوت
۸۱	اثر گرمایی
۸۲	اثر حفره‌سازی
۸۲	برهم‌کنش‌های حفره‌سازی
۸۲	حفره‌سازی پایدار
۸۲	حفره‌سازی گذرا
۸۳	اثر جریان گردابی
۸۳	کاربرد درمانی فراصوت

فصل سوم: کاربرد امواج پرفرکانس در درمان

۸۶	دیاترمی
۸۶	جریان‌های پرفرکانس
۸۶	تولید موج کوتاه دیاترمی
۸۷	انتقال انرژی بین سیستم‌های نوسانی
۸۹	تداخل
۸۹	اثرات موج کوتاه دیاترمی بر بدن
۹۰	روش خازنی
۹۱	توزیع خطوط میدان الکتریکی
۹۲	فاصله الکترودها از بدن
۹۴	روش القایی یا کابلی
۹۵	خواص فیزیولوژیک
۹۶	میکروویو دیاترمی
۹۶	تولید میکروویو
۹۸	خواص فیزیولوژیک و درمانی
۹۸	جراحی الکتریکی
۱۰۰	اثرات فیزیولوژیکی الکتریسته
۱۰۰	فعالیت الکتریکی سلول‌های تحریک‌پذیر

حالت استراحت	۱۰۰	گرید ضدپراکندگی	۱۱۸
حالت فعال	۱۰۱	کمیت و کیفیت تشعشع	۱۱۹
آستانه درک	۱۰۱	اثر زاویه‌دار کردن آند	۱۲۰
جریان اجازه رها شدن	۱۰۱	اثر پاشنه آند	۱۲۰
فلج تنفسی، درد و خستگی	۱۰۲	تأثیر فیلتر (صافی) اضافی	۱۲۱
فیبریلاسیون بطنی	۱۰۲	اثر لکه K	۱۲۱
انقباض اجباری قلبی	۱۰۲	اثر نایکنواختی ولتاژ لامپ	۱۲۱
سوختگی و آسیب فیزیکی	۱۰۲	اثر جنس ماده‌ی هدف	۱۲۱
پارامترهای مهم حساسیت	۱۰۳	بخش سوم: جذب و پراکندگی اشعه ایکس	
تغییرات جریان مجاز و آستانه درک	۱۰۳	در بافت	۱۲۲
فرکانس	۱۰۴	برهم کنش (برخورد) اشعه ایکس با ماده	۱۲۲
دوره تناوب	۱۰۴	پراکندگی همدوس	۱۲۲
وزن بدن	۱۰۴	اثر فتوالکتریک	۱۲۳
فصل چهارم: اشعه ایکس و کاربردهای آن در پزشکی		پراکندگی کمپتون	۱۲۵
		تولید جفت و تجزیه نوری	۱۲۶
بخش اول: تولید اشعه ایکس	۱۰۶	تضعیف خطی (ضریب کاهش خطی)	۱۲۶
مقدمه‌ای بر تصویربرداری پزشکی	۱۰۶	ضریب کاهش جرمی	۱۲۷
تشعشعات الکترومغناطیسی	۱۰۷	ضریب کاهش نمایی اشعه X	۱۲۸
خصوصیات تشعشعات الکترومغناطیسی	۱۰۷	لایه نیم جذب و کاربرد آن	۱۲۹
خواص موجی و ذره‌ای اشعه X	۱۰۸	ضریب همگنی	۱۲۹
روش‌های تولید اشعه ایکس	۱۰۹	بخش چهارم: جذب افتراقی اشعه ایکس در بدن و	
تشعشع عمومی	۱۱۰	عوامل مؤثر در آن	۱۲۹
تشعشع اختصاصی	۱۱۱	وابستگی جذب افتراقی به انرژی	۱۳۱
طیف اشعه ایکس	۱۱۱	وابستگی جذب افتراقی به عدد اتمی	۱۳۱
طیف پیوسته اشعه ایکس	۱۱۲	وابستگی جذب افتراقی به دانسیته	۱۳۱
طیف گسسته اشعه ایکس	۱۱۲	کاربرد مواد حاجب برای جذب افتراقی	۱۳۲
بخش دوم: اجزاء دستگاه رادیولوژی	۱۱۴	کنتراست تشعشع	۱۳۲
لامپ اشعه ایکس	۱۱۴	عوامل مؤثر در کنتراست تشعشع	۱۳۴
کاند و فیلامان	۱۱۵	مقدار تشعشع رادیوگرافی و واحدهای آن	۱۳۴
آند و انواع آن	۱۱۶	بخش پنجم: تشکیل تصویر در رادیولوژی	۱۳۵
زئراتور اشعه ایکس	۱۱۶	فیلم پرتونگاری و خصوصیات آن	۱۳۵
کولیماتور (دیافراگم)	۱۱۷		

۱۵۵	نشر الکترون یا بتای منفی (β^-)	۱۳۵	ساختمان فیلم و عمل ظهور و ثبوت تصویر
۱۵۶	نشر پوزیترون یا بتای مثبت (β^+)	۱۳۷	دانسیته اپتیکی فیلم
۱۵۷	تسخیر الکترون	۱۳۷	کنتراست تصویر
۱۵۸	نشر گاما یا انتقال ایزومریک	۱۳۸	حساسیت فیلم
۱۵۸	نشر فوتون پرنائری	۱۳۸	صفحات تقویت کننده و خصوصیات آنها
۱۵۹	تبدیل داخلی	۱۳۹	کاست رادیوگرافی
	بخش دوم: برهم کنش ذرات و پرتوهای پرنائری	۱۴۰	روش های رادیولوژی بدون فیلم
۱۵۹	با ماده	۱۴۰	بخش ششم: کیفیت تصویر در رادیولوژی
۱۵۹	تفاوت بین ذرات باردار سبک تر و سنگین تر	۱۴۰	تشمع های پراکنده و راه های کاهش آن
۱۶۰	برد ذرات باردار (R)	۱۴۱	نیم سایه و عوامل مؤثر در وضوح تصویر
۱۶۱	عوامل مؤثر در برد ذرات باردار	۱۴۱	محوی حرکتی
۱۶۲	فناهی پوزیترون	۱۴۲	بزرگ نمایی
۱۶۲	برهم کنش نوترون ها	۱۴۲	تغییر شکل تصویر
۱۶۳	بخش سوم: رادیو اکتیویته	۱۴۳	بخش هفتم: مباحث ویژه
۱۶۳	مفهوم و واحدها	۱۴۳	فلوئوروسکوپی
۱۶۳	قانون فروپاشی	۱۴۴	دیجیتایزر
۱۶۴	محاسبه جرم نمونه رادیواکتیو	۱۴۵	سی تی اسکن
۱۶۵	اکتیویته ویژه	۱۴۵	اجزاء و طرز کار سینم سی تی اسکن
۱۶۵	قانون بقای فروپاشی	۱۴۶	عدد سی تی (CT number)
۱۶۶	نیمه عمر	۱۴۶	کیفیت تصویر در سی تی اسکن
۱۶۷	عمر میانگین		فصل پنجم: پزشکی هسته ای
۱۶۷	نیمه عمر بیولوژیکی	۱۵۰	بخش اول: هسته ها و فرآیندهای پرتوزا
۱۶۸	نیمه عمر مؤثر	۱۵۰	هسته ها و طبقه بندی آنها
۱۶۸	ترازمندی های خاص	۱۵۰	ساختار هسته و حالت های تحریکی یک هسته
۱۶۹	بخش چهارم: تولید رادیونوکلئیدها	۱۵۱	رادیو نوکلئیدها و پایداری هسته ها
۱۶۹	رادیواکتیویته طبیعی		چه چیزی یک هسته را پایدار و یا رادیو اکتیو
۱۷۰	رادیواکتیویته مصنوعی	۱۵۲	می کند؟
۱۷۰	روش های تولید رادیونوکلئیدها	۱۵۳	سری ها یا زنجیره های رادیواکتیو
۱۷۰	رادیونوکلئیدهای حاصل از رآکتور	۱۵۳	فرایند رادیواکتیو و قانون بقای انرژی
۱۷۲	رادیونوکلئیدهای تولید شده در سیکلوترون	۱۵۳	نشر آلفا
۱۷۴	رادیونوکلئیدهای حاصل از شکافت	۱۵۴	نشر بتا

..... ۱۹۰ ناحیه‌ی تناسبی	تولید رادیونوکلئیدهای با عمر کوتاه با
..... ۱۹۰ ناحیه‌ی غیر تناسبی	 ۱۷۵ استفاده از ژنراتور
..... ۱۹۱ ناحیه‌ی گایگر-مولر	 ۱۷۵ اساس ژنراتور
..... ۱۹۱ منطقه‌ی تخلیه پیوسته	 ۱۷۷ بخش پنجم: رادیوداروها
..... ۱۹۲ آشکارسازهای سوسوزن (سنتیلاسیون)	 ۱۷۸ تولید رادیوداروها
..... ۱۹۲ آشکارسازهای مایع	 ۱۷۸ کنترل کیفی رادیوداروها
..... ۱۹۳ آشکارسازهای کریستالی	 ۱۷۹ درجه خلوص رادیودارو
..... ۱۹۳ لامپ فوتومولتی‌بلایر	 ۱۷۹ آزمون آلودگی با آلومینیوم
..... ۱۹۴ آشکارساز سنتیلاسیون چاهی	 ۱۷۹ خواص رادیوشیمیایی
..... ۱۹۴ آشکارسازهای نیمه‌هادی	 بخش ششم: کاربرد مولکول‌های نشاندار
..... بخش هشتم: دستگاه‌های نگاره برداری در	 ۱۸۰ (روش‌های <i>in vivo, in vitro</i>)
..... ۱۹۵ پزشکی هسته‌ای	 ۱۸۰ آزمایش‌های <i>in vivo</i> با گلبول قرمز نشاندار
..... ۱۹۵ وسایل نگاره برداری	 ۱۸۰ آزمون جداسازی طحال
..... ۱۹۵ پروب‌ها و اسکنرهای خطی	 ۱۸۰ اندازه‌گیری جرم گلبول قرمز
..... ۱۹۶ دوربین گاما	 ۱۸۱ بقای گلبول‌های قرمز
..... ۱۹۸ کولیماتور دوربین گاما	 ۱۸۲ آزمون شیلینگ
..... ۱۹۹ تأثیر کولیماتور بر حساسیت	 ۱۸۳ آزمون جذب ید (RAIU)
..... ۲۰۰ قدرت تفکیک	 ۱۸۳ ردیابی عناصر
..... ۲۰۰ بخش نهم: توموگرافی نشری پوزیترون PET	 ۱۸۴ رادیوایمونواسی
..... ۲۰۴ بخش دهم: زیست‌شناسی پرتوی و پرتوهای یون‌ساز	 ۱۸۴ تست تنفس هیدروژن
..... ۲۰۴ انواع پرتوهای یون‌ساز مورد استفاده در پزشکی	 ۱۸۴ تست تنفس دی‌اکسید کربن
..... ۲۰۴ آثار و خصوصیات فیزیکی پرتوهای یون‌ساز	 ۱۸۶ کاربرد رادیوایزوتوپ‌ها در درمان
..... ضریب کیفی پرتو (QF)، ضریب وزنی	 ۱۸۶ درمان پرکاری تیروئید
..... ۲۰۵ پرتو (Wx)، اثر نسبی بیولوژیکی (RBE)	 ۱۸۶ درمان پس از عمل جراحی
..... ۲۰۷ دسته‌بندی اثرات زیستی پرتوهای یون‌ساز	 آشنایی با چگونگی بازرسی مواد رادیواکتیو در
..... ۲۰۷ آثار شیمیایی پرتوهای یون‌ساز	 آزمایشگاه رادیودارویی
..... ۲۱۰ اثر پرتوهای یون‌ساز بر DNA	 ۱۸۷ بخش هفتم: آشکارسازی پرتوها
..... ۲۱۰ اثر پرتوهای یون‌ساز بر کروموزوم	 ۱۸۷ آشکارسازهای گازی
..... ۲۱۲ اثر پرتوهای یون‌ساز بر سلول	 ۱۸۸ مکانیسم (اصول) آشکارسازهای گازی
..... ۲۱۳ عوامل مؤثر در آثار پرتوی بر سلول	 ۱۸۹ ناحیه‌ی ترکیب مجدد
..... ۲۱۶ ترمیم و بازسازی	 ۱۸۹ ناحیه‌ی یونیزاسیون

تأثیر فیلتر وج بر منحنی‌های هم‌دوز ۲۳۸	منحنی بقاء سلول ۲۱۷
آرایش دهی میدان‌های تابش ۲۳۹	دوز کشنده ۵۰٪ در ۳۰ روز (LD ۵۰/۳۰) ۲۱۹
بخش سوم: حفاظت در برابر پرتوها ۲۴۱	اثرات ژنتیک و سوماتیک قطعی و غیرقطعی ۲۱۹
منابع پرتوهای یون‌ساز ۲۴۱	اثرات سوماتیک ۲۲۰
پرتوگیری شغلی ۲۴۲	اثرات ژنتیک ۲۲۱
اصول دوزیمتری و حفاظت در برابر پرتوهای یون‌ساز ۲۴۲	مثال‌هایی از آثار سوماتیک قطعی ۲۲۱
روش‌های دوزیمتری ۲۴۳	سرطان‌زایی پرتوهای یون‌ساز ۲۲۵
کالریمترها ۲۴۴	منحنی پاسخ - دوز و تخمین مخاطره ۲۲۶
دوزیمترهای گازی ۲۴۴	تابش منفرد و تابش نقطه‌ای ۲۲۷
دوزیمترهای ترمولومینسانس ۲۴۵	پرتوگیری جنین ۲۲۸
دوزیمترهای جرقه‌زن ۲۴۷	بخش دوم: پرتودرمانی ۲۳۰
دوزیمترهای نیمه‌هادی ۲۴۸	اهداف پرتو درمانی ۲۳۰
دوزیمترهای شیمیایی ۲۴۹	علل حساس یا مقاوم بودن سلول‌های تومورال به اشعه ۲۳۰
مقدار دوز بیماران در رادیوگرافی، فلوئوروسکوپی و رادیوتراپی ۲۴۹	روش‌ها و خصوصیات پرتوهای مورد استفاده در پرتودرمانی ۲۳۱
دوزیمتری فردی ۲۵۱	دو روش در رادیوتراپی موجود است: تله‌تراپی و براکی‌تراپی ۲۳۱
عوامل مؤثر در کنترل پرتوگیری ۲۵۳	دستگاه‌های تولید پرتو ایکس، گاما، و الکترون ۲۳۲
حد دوز ۲۵۴	وسعت میدان تابش ۲۳۳
اصول حفاظت کارکنان پرتوکار در مراکز پرتوشناسی تشخیصی و پزشکی هسته‌ای ۲۵۵	فاصله نقطه کانونی تا پوست و فاصله چشمه تا پوست ۲۳۳
اصول حفاظت بیمار ۲۵۶	عمق Build up ۲۳۴
دوز مرجع ۲۵۷	درصد دوز عمقی ۲۳۴
قانون «ده روز» در سازمان بهداشت جهانی در مورد پرتوتابی به لگن زغال ۲۵۸	روش محاسبه دوز کلی تومور برای درمان ۲۳۵
بهداشت پرتو در پزشکی هسته‌ای ۲۵۸	کنترل و کالیبره کردن دستگاه‌های پرتودرمانی ۲۳۶
مراجع ۲۶۲	منحنی‌های هم‌دوز و کاربرد آن‌ها در طرح درمان ۲۳۷

مراجع

مراجع ۲۶۲