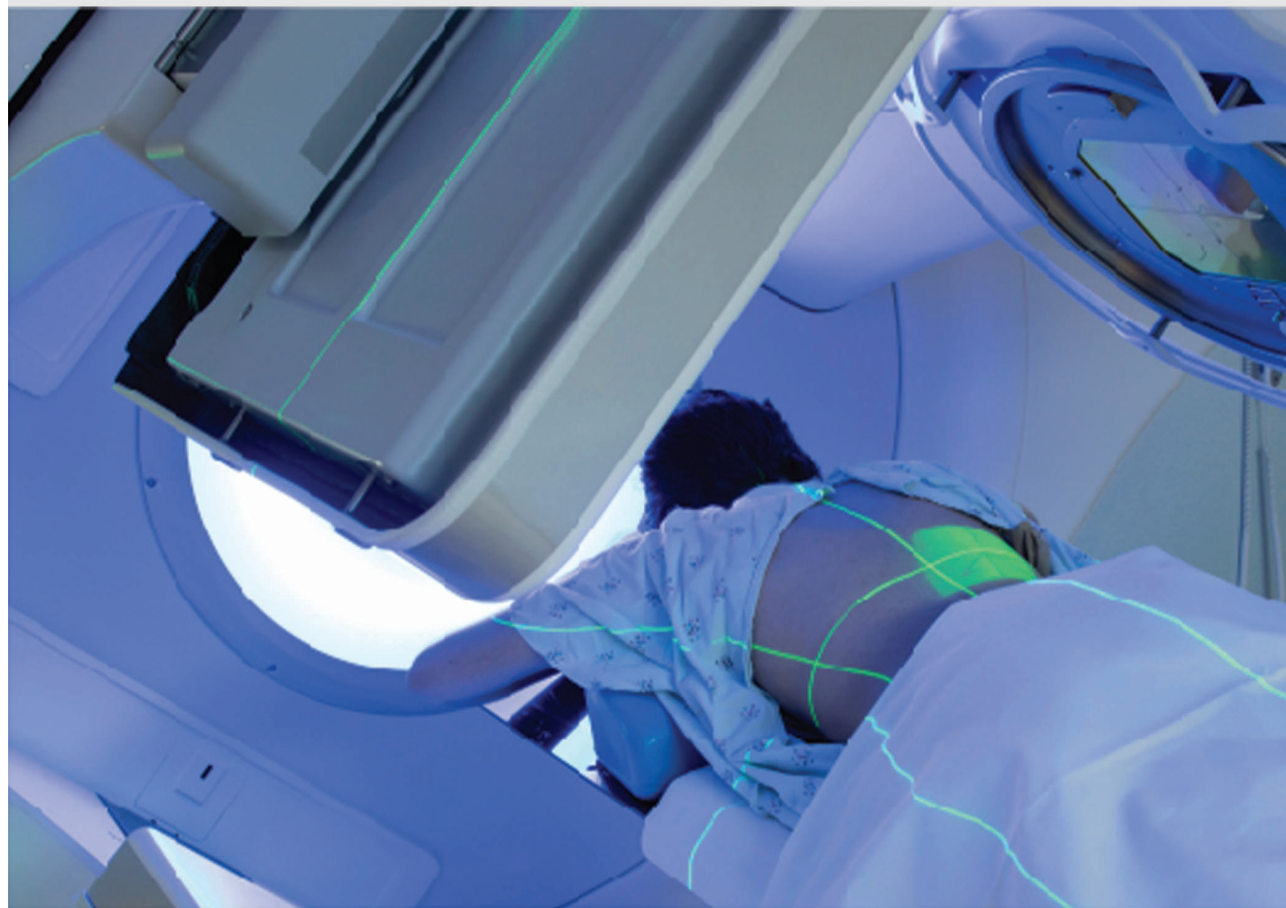


رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست

ترجمه و خلاصه فصول منتخب از کتاب اریک هال به همراه سوالات با پاسخ تشریحی



سری کاوشگر



ترجمه و تلخیص: دکتر ساره حسینی
رتبه اول بورد رادیونرایی انکولوژی تخصصی ۱۳۹۰ کشور
دانشیار دانشگاه علوم پزشکی مشهد

رزیدنت یار
انتشارات و آموزش پزشکی





سرشناسه	ساره حسینی، ۱۳۶۸
عنوان و نام پدیدآور	رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست، ترجمه و شرح فصول از کتاب اریک هال به همراه سوالات با پاسخ تشریحی Eric_J_Hall_Amato_J_Giaccia_Radiobiology_for_the_Radiologist_2018 ترجمه: دکتر ساره حسینی
مشخصات نشر	تهران: مهرا، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	۴۰۳ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	۳,۰۲۰,۰۰۰ ریال ۵-۳۷-۷۶۵۹-۶۲۲-۹۷۸
یادداشت	کتاب حاضر برگرفته از کتاب Radiobiology_for_the_Radiologist_2018 اثر اریک هال
عنوان دیگر	ترجمه و شرح فصول منتخب به همراه مجموعه سوالات آزمون ارتقاء و مورد با پاسخ تشریحی Eric_J_Hall_Amato_J_Giaccia_Radiobiology_for_the_Radiologist_2018
موضوع	فیزیک و شیمی جذب پرتو
موضوع	مکانیسم های مولکولی آسیب و ترمیم DNA و کروموزوم
موضوع	منحنی های بقای سلول
موضوع	حساسیت به پرتو و سن سلول در چرخه میتوز
موضوع	پرتو دهی جلسه بندی شده و اثر آهنگ دوز
موضوع	اثر اکسیژن و اکسیژن دار شدن مجدد
موضوع	انتقال خطی انرژی (LET) و اثر بیولوژیک نسبی (RBE)
موضوع	رابطه های دوز - پاسخ برای بافت های نرمال الگو
موضوع	پاسخ پالینی بافت های نرمال
موضوع	زمان، دوز و جلسه بندی در پرتو درمانی
شناسه افزوده	جانانان برک
رده بندی کنگره	۵۲۴RG
رده بندی دیویی	۲/۶۱۸
شماره کتابشناسی ملی	۷۵۹۲۵۵۹

رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست: ترجمه فصول منتخب از اریک هال به همراه سوالات با پاسخ تشریحی	چاپ و لیتوگرافی: رزیدنت یار
Eric_J_Hall_Amato_J_Giaccia_Radiobiology_for_the_Radiologist_2018	نوبت چاپ: اول ۱۴۰۰
ترجمه: دکتر ساره حسینی	تیراژ: ۱۰۰ نسخه
ناشر: انتشارات مهرا	شابک: ۵-۳۷-۷۶۵۹-۶۲۲-۹۷۸
صفحه آرا: رزیدنت یار	بهاء: ۳۰۲,۰۰۰ تومان
طراح و گرافیک: رزیدنت یار - مهرا فیضی	

آدرس: تهران میدان انقلاب - کارگر جنوبی - خیابان روانمهر - بن بست دولتشاهی پلاک ۱ واحد ۱۸
شماره تماس: ۰۲۱-۶۶۴۱۹۵۲۰

هر گونه کپی برداری از این اثر پیگرد قانونی دارد.

رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست

ترجمه و خلاصه فصول منتخب از کتاب اریک هال همراه با سوالات و پاسخ تشریحی

Eric_J_Hall,_Amato_J_Giaccia_Radiobiology_for_the_Radiologist_2018

دکتر ساره حسینی

رتبه اول بورد رادیوتراپی انکولوژی سال ۹۰

دانشیار دانشگاه علوم پزشکی مشهد

Radiobiology for the Radiologist

EIGHTH EDITION

Eric J. Hall
Amato J. Giaccia



Wolters Kluwer

سخن ناشر:

سپاس و ستایش شایستهٔ پروردگاری که کرامتش نامحدود و رحمتش بی‌پایان است. اوست که بشر را دانش بیاموخت و با قلم آشنا کرد. به انسان رخصت آن داد که علم را به خدمت گیرد و با قلم خود و رسم خطوط گویا آن را به دیگران نیز بیاموزد.

خدایا از شاگردان درگاهت و حقیقت‌جویان راهت قرارم ده و یاری‌ام کن تا در آموختن نلغزم و آنچه را آموختم، به شایستگی عرضه کنم.

رزیدنت‌یار، حامی و پیشرو در نظام کمک آموزشی پزشکی کشور به سبک نوین و مطابق با آخرین پیشرفت‌های آموزشی در حیطه پزشکی با کادری مجرب و آشنا طی ۱۱ سال گذشته از منظر متخصصین همواره بهترین محصولات را ارائه و در دسترس مخاطبین خود قرار داده است.



با ما در تماس باشید:

۰۲۱ - ۸۸ ۹۴۵ ۲۰۸

۰۲۱ - ۸۸ ۹۴۵ ۲۱۶

آدرس الکترونیک مؤسسه رزیدنت‌یار:

www.residenttyar.com
info@residenttyar.com

در تلگرام با ما همراه باشید:

<https://t.me/residenttyar>

بسمه تعالی

رادیوبیولوژی مبحثی کلیدی در آموزش دستیاران رادیوانکولوژی است که نیاز آن در کلینیک و مواجهه با بیماران به کرات احساس می شود. با این وجود به علت حجم زیاد مطالبی که یک دستیار در طی دوره محدود آموزشی خود موظف به یادگیری آن ها است رادیوبیولوژی، اغلب مغفول می ماند. کتاب «رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست» اریک هال به عنوان منبع آموزشی دستیاران، کتابی نسبتاً حجیم و مفصل است و مطالعه همه مطالب آن معمولاً میسر نیست. کتاب حاضر به شرح و ترجمه فصول ۱ تا ۷، ۱۹، ۲۰ و ۲۳ کتاب اریک هال پرداخته است که حاوی نکات مفیدی در برخورد بالینی با یک بیمار تحت پرتو درمانی می باشد. شرح مباحث غامض و توضیحات مترجم در داخل کروشه [] آورده شده است. در پایان هر فصل برای کمک به فهم مطالب و آماده سازی دانشجویان، تعدادی از سوالات آزمون های تخصصی به همراه پاسخ تشریحی آن ها ضمیمه شده است. از آنجا که سعی شده ترجمه ای روان و با حداقل پیچیدگی از کتاب ارائه شود، می تواند منبع دانشجویان رشته های پیراپزشکی و سایر رشته های مرتبط نیز باشد.

برخود لازم می دانم از دستیاران علاقمند رادیوانکولوژی در دانشگاه علوم پزشکی مشهد، همچنین همکار عزیز جناب آقای نوید رافت که فصول کتاب را پیش از چاپ در مطالعه گرفته و مرا در تنقیح متن نهایی یاری دادند تشکر کنم. همّت مدیر انتشارات رزیدنت یار جناب آقای دکتر فیضی نیز در چاپ کتب مرجع دانشجویان علوم پزشکی، در جهت پیشبرد اهداف آموزشی و شایسته قدردانی است. اگر خلاوت فهم مفاهیم عمیق رادیوبیولوژی در جان مخاطب این کتاب بنشیند هدف از نگارش آن محقق شده است.

دکتر ساره حسینی

تقدیم به استاد بزرگوار

جناب آقای دکتر شاپور امیدواری،

استاد دانشگاه علوم پزشکی شیراز

به پاس شوق در آموزش و تدریس بی نظیر

فهرست

فصل ۱- فیزیک و شیمی جذب پرتو.....	۱۳
سوالات و پاسخنامه فصل ۱.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۲- مکانیسم های مولکولی آسیب و ترمیم DNA و کروموزوم.....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۲.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۳- منحنی های بقای سلولی.....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۳.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۴- حساسیت به پرتو و سن سلول در چرخه میتوز.....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۴.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۵- پرتو دهی جلسه بندی شده و اثر آهنگ دوز.....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۵.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۶- اثر اکسیژن و اکسیژن دار شدن مجدد.....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۶.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۷- انتقال خطی انرژی (LET) و اثر بیولوژیک نسبی (RBE).....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۷.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۱۹- رابطه های دوز- پاسخ برای بافت های نرمال الگو.....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۱۹.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۲۰- پاسخ بالینی بافت های نرمال.....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۲۰.....	Error! Bookmark not defined.
فصل ۲۳- زمان، دوز و جلسه بندی در پرتو درمانی.....	Error! Bookmark not defined.
سوالات و پاسخنامه فصل ۲۳.....	۲۴



فیزیک و شیمی جذب پرتو

فصل ۱ Eric_J_Hall: Section 1

انواع پرتوهای یونیزان پرتوهای الکترومغناطیس پرتوهای ذره‌ای
جذب پرتوهای ایکس
عملکرد مستقیم و غیر مستقیم پرتو
جذب نوترون‌ها
جذب پروتون‌ها و یون‌های سنگین نظیر کربن
چکیده ای از نتیجه‌گیری‌های مهم فصل

در سال ۱۸۹۵، فیزیکدان آلمانی، ویلهلم کنراد رونتگن، «نوع جدیدی از پرتو» را کشف کرد که از یک لوله تخلیه گاز ساطع می‌شد و می‌توانست فیلم فوتوگرافی نگهداری شده در محفظه ضد نور را سیاه کند. او در اولین اعلامیه خود در دسامبر ۱۸۹۵ این پرتو‌ها را «پرتو ایکس» به معنای ناشناخته نامید. رونتگن برای نشان دادن ویژگی‌های پرتوهای ایکس در یک سخنرانی عمومی، از رودولف آلبرت ون کولیکر^۲ یک پروفیسور برجسته سویسی در رشته آناتومی درخواست کرد تا دست خود را زیر لوله اشعه ایکس قرار دهد و به این ترتیب نخستین رادیوگرافی را در حضور عموم مردم تهیه کرد (شکل ۱-۱).

^۱Wilhelm Conrad Roentgen

^۲Rudolf Albert Van Kolliker





شکل ۱-۱ نخستین رادیوگرافی عمومی تهیه شده از یک موجود زنده که در ژانویه ۱۸۹۶، درست چند ماه پس از کشف پرتو ایکس گرفته شده است.

نخستین استفاده پزشکی از پرتو ایکس در نشریه لانسِت^۱ در ۲۳ ژانویه ۱۸۹۶ گزارش شد. در این گزارش، از پرتو ایکس برای تعیین محل قطعه ای از یک چاقو در ستون فقرات یک دریانورد مست استفاده شد که تا پیش از یافتن محل قطعه و خروج آن، فلج بود. تکنولوژی جدید به سرعت در سراسر اروپا و ایالات متحده گسترش یافت و رشته رادیولوژی تشخیصی متولد شد. در خصوص اولین استفاده درمانی از پرتو ایکس تردید وجود دارد اما در ۱۸۹۶، لئوپولد فراندا یک جراح اتریشی، در حضور انجمن پزشکی وین، از بین رفتن یک خال موئی را به دنبال درمان با پرتوهای ایکس نشان داد. آنتونی هنری بکرل^۳ در سال ۱۸۹۶ تشعشعات رادیواکتیو ساطع شده از ترکیبات اورانیوم^۴ را کشف کرد و دو سال بعد، پیر و ماری کوری^۵ عناصر رادیو اکتیو پولونیوم^۶ و رادیوم^۷ را جداسازی کردند. در طی چند سال بعد رادیوم برای درمان سرطان به کار گرفته شد.

^۱Lancet

^۲Leopold Freund

^۳Antoine Henri Becquerel

^۴Uranium

^۵Pierre and Marie Curie

^۶Polonium

^۷Radium





اولین اثر بیولوژیک ثبت شده ناشی از پرتو، مربوط به بکرل است که سهواً محفظه حاوی رادیوم را در جیب جلیقه خود قرار داده بود. دو هفته پس از این اتفاق، قرمزی پوست و به دنبال آن زخمی ایجاد شد که ترمیم آن هفته ها به طول انجامید. گفته می شود که پیر کوری این تجربه را در سال ۱۹۰۱ با ایجاد عمدی سوختگی ناشی از رادیوم روی ساعد خود تکرار کرد (شکل ۱-۲). با این گام های نخستین و در آغاز قرن بیستم، علم رادیوبیولوژی آغاز شد.



شکل ۱-۲ گفته می شود که پیر کوری، بر اساس مشاهدات اولیه بکرل، از لوله رادیوم برای ایجاد یک زخم پوستی روی ساعد خود استفاده کرده است. او نمای ظاهری زخم و ترمیم بعدی آن را ثبت کرده است.

رادیوبیولوژی علم بررسی عملکرد پرتو های یونیزان روی موجودات زنده است. به این ترتیب، این علم مستلزم دانستن فیزیک پرتو می باشد. هدف این فصل معرفی انواع مختلف پرتو های یونیزان و توصیف فرایند های فیزیکی و شیمیایی جذب پرتو به شکلی مختصر و با حداقل فرمول های ریاضی است.

انواع پرتو های یونیزان

جذب انرژی ناشی از پرتوها در مواد بیولوژیک به دو حالت **تحریک^۱** یا **یونیزاسیون^۲** می انجامد. جا به جا شدن الکترون در یک اتم یا مولکول به سطوح انرژی بالاتر، بدون خارج شدن از آن تحریک نامیده می شود. اگر پرتو انرژی کافی برای خروج یک یا چند الکترون مداری اتم یا مولکول داشته باشد، به این فرایند یونیزاسیون و به آن پرتو، **یونیزان** گفته می شود. ویژگی مهم پرتو یونیزان، آزاد

^۱excitation

^۲ionization



شدن موضعی مقادیر بالایی از انرژی است. انرژی واگذار شده به ازای هر پدیده یونیزان حدود ۳۳ الکترون ولت است که بیش از انرژی لازم برای شکستن یک پیوند شیمیایی قوی است. برای مثال، انرژی همراه با یک پیوند $C=C$ ، ۴,۹ الکترون ولت است. معمولاً برای سهولت مطالعه، پرتوهای یونیزان را به صورت پرتوهای الکترومغناطیس^۱ و پرتوهای ذره‌ای^۲ طبقه‌بندی می‌کنند.

پرتوهای الکترومغناطیس

اکثر آزمایش‌های انجام شده روی سیستم‌های بیولوژیک با استفاده از دو شکل پرتوهای الکترومغناطیس شامل پرتو ایکس و گاما می‌باشد. پرتوهای ایکس و گاما از نظر ماهیت یا خواصشان با یکدیگر تفاوت ندارند و نام‌گذاری آنها به ایکس یا گاما بر مبنای روش تولید آنها است. پرتوهای ایکس در خارج هسته و پرتوهای گاما به صورت داخل هسته‌ای تولید می‌شوند. از نقطه نظر عملی، این بدان معناست که پرتوهای ایکس در یک وسیله الکتریکی تولید می‌شود که این وسیله الکترون‌ها را تا رسیدن به انرژی بالا سرعت داده و سپس با برخورد به هدفی که معمولاً از جنس تنگستن یا طلا است، به صورت ناگهانی متوقف می‌کند. بخشی از انرژی جنبشی (انرژی حرکت) الکترون‌ها به پرتوهای ایکس تبدیل می‌شود. در مقابل، پرتوهای گاما از ایزو توپ‌های رادیو اکتیو ساطع می‌شود، این پرتوها انرژی اضافی هستند که یک هسته ناپایدار پس از شکاف و واپاشی برای رسیدن به شکل پایدار ساطع می‌کند. پرتو زمینه طبیعی از صخره‌ها در زمین نیز شامل پرتوهای گاما است. هر نکته‌ای در این فصل در خصوص پرتوهای ایکس گفته می‌شود در مورد پرتوهای گاما نیز صادق است.

پرتوهای ایکس را می‌توان از دو نقطه نظر متفاوت بررسی کرد. اولاً می‌توان آن‌ها را به عنوان امواج الکتریکی و انرژی مغناطیسی در نظر گرفت. میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی در سطوحی با زاویه قائم نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند و با زمان تغییر می‌کنند به گونه‌ای که همانند حرکت موج به سمت جلو حرکت می‌کنند، این حرکت مشابه حرکت امواج روی سطح یک حوض بر اثر انداختن سنگ در آب می‌باشد. موج با سرعت C که در خلا برابر 3×10^{10} سانتی متر بر ثانیه است حرکت می‌کند. فاصله میان دو قله متوالی موج، λ ، تحت عنوان طول موج شناخته می‌شود. تعداد امواجی که از یک نقطه ثابت در هر ثانیه عبور می‌کند، فرکانس ν ، است. از حاصل ضرب فرکانس در طول موج

^۱electromagnetic

^۲particulate

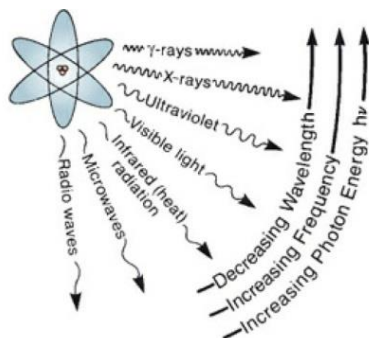




سرعت موج به دست می آید، یعنی $\lambda v = c$.

یک تشبیه مفید در این خصوص، تشبیه طول موج به طول قدم فردی است که در حال راه رفتن است. تعداد قدم‌ها در هر دقیقه همان فرکانس است. حاصل ضرب طول هر قدم در تعداد قدم‌ها در دقیقه، سرعت یا شتاب شخص را تعیین می‌کند.

امواج رادیویی، رادار، امواج حرارتی و نور مرئی، مشابه پرتوهای ایکس اشکالی از امواج الکترومغناطیس هستند. همه آنها سرعت c ، یکسانی دارند ولی طول موج و در نتیجه فرکانس آن‌ها متفاوت است. در ادامه تشبیه قبل، پرتوهای متفاوت را می‌توان به گروه‌هایی از افراد نسبت داد: برخی بلند هستند، برخی کوتاه اما همه با یکدیگر با سرعتی یکسان در حال حرکت هستند. افراد قد بلند، قدم‌های بلندتری برمی‌دارند اما تعداد قدم‌های آن‌ها در هر دقیقه کمتر است. برای همراهی با آن‌ها، افراد کوتاه‌قد جهت جبران کوتاهی قدم‌هایشان، فرکانس قدم‌های خود [تعداد قدم‌ها در هر دقیقه] را افزایش می‌دهند. فاصله میان دو قله متوالی (طول موج) یک موج رادیویی می‌تواند ۳۰۰ متر باشد؛ فاصله فوق برای نور مرئی حدود پنج صد هزارم سانتیمتر (5×10^{-5} cm) است. طول موج پرتوهای ایکس یکصد میلیونیم سانتیمتر (10^{-8} cm) است. بنابراین پرتوهای ایکس و گاما در طیف امواج الکترومغناطیس، محدوده امواج با طول موج کوتاه را اشغال کرده‌اند (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳ نمایش طیف الکترومغناطیس. پرتوهای ایکس و گاما ماهیتی مشابه نور مرئی، امواج حرارتی و امواج رادیویی دارند؛ اما طول موج آنها کوتاه‌تر است و بنابراین انرژی فوتون آنها بیشتر است. در نتیجه پرتوهای ایکس و گاما می‌توانند پیوند های شیمیایی را شکسته و اثرات بیولوژیک ایجاد کنند.

ثانیا پرتوهای ایکس را می‌توان به صورت جریانی از فوتون‌ها یا «بسته‌های» انرژی در نظر گرفت. هر بسته انرژی شامل بخشی از انرژی معادل $h\nu$ است که در آن h ، ثابت پلانک و ν فرکانس است. اگر



طول موج پرتو زیاد باشد، فرکانس آن کم است، بنابراین انرژی به ازای فوتون کم می باشد. یک رابطه ساده عددی میان انرژی فوتون (به کیلو الکترون ولت) و طول موج (به آنگستروم) وجود دارد:

$$\lambda \text{Å} = 124 / E \text{ (keV)}$$

برای مثال، پرتوهای ایکس با طول موج ۰.۱ Å، از انرژی فوتون 124 KeV برخوردار هستند. مفهوم تشکیل شدن پرتو ایکس از فوتون ها در رادیوبیولوژی بسیار مهم است. با جذب پرتو ایکس در مواد زنده، انرژی به صورت ناهمگن و در قالب بسته های جداگانه به بافت ها و سلول ها واگذار می شود. انرژی یک باریکه^۳ پرتو ایکس حاوی بسته های بزرگ مجزایی است که انرژی هر بسته برای شکستن پیوند شیمیایی و شروع زنجیره ای از حوادث که اوج آن در ایجاد تغییر بیولوژیک است به اندازه کافی بزرگ می باشد. تفاوت اساسی میان پرتوهای یونیزان و غیر یونیزان، اندازه بسته های انرژی مجزا در آنها است و نه کل انرژی آزاد شده. یک محاسبه ساده این نکته را نشان می دهد. تابش دوز ۴ گری^۴ از پرتو ایکس به کل بدن انسان، برای حدود نیمی از افراد تابش دیده کشنده است. این دوز، معادل جذب انرژی، تنها به اندازه ۶۷ کالری در یک «فرد استاندارد» با وزن ۷۰ کیلوگرم است. کوچکی مقدار انرژی جذب شده را می توان به روش های مختلف نشان داد. در صورت تبدیل این انرژی به گرما، درجه حرارت به اندازه 0.002° C افزایش می یابد که به هیچ عنوان مضر نیست. این مقدار انرژی معادل انرژی گرمایی است که با نوشیدن یک جرعه قهوه گرم جذب بدن می شود. از سوی دیگر، انرژی ذاتی موجود در یک دوز کشنده پرتو ایکس را می توان با انرژی مکانیکی یا کار مقایسه کرد. این انرژی معادل کار انجام گرفته در بلند کردن یک شخص به ارتفاع ۱۶ اینچ از سطح زمین است (شکل ۴-۱).

۱ کیلو الکترون ولت (KEV) یک واحد انرژی است و انرژی متعلق به الکترونی است که از طریق ۱۰۰۰ ولت (V) شتاب داده شده است و معادل 1.6×10^{-9} ارگ می باشد. [ارگ یک واحد انرژی است.]
۲ آنگستروم (Å) یک واحد طول و معادل 10^{-8} سانتیمتر است.

beam

۴ کمیت پرتو به صورت رونتگن، راد یا گری بیان می شود. رونتگن (R) واحد اکسپوزر بوده و مربوط به توانایی پرتوهای ایکس در یونیزه کردن هوا است. راد واحد دوز جذبی بوده و معادل جذب انرژی ۱۰۰ ارگ در گرم است. در مورد پرتوهای ایکس و گاما ۱ رونتگن اکسپوزر، منجر به دوز جذبی تقریباً معادل ۱ راد در آب یا بافت نرم می شود. کمسیون بین المللی واحدها و اندازه گیری های رادیولوژیک (ICRU) توصیه کرده است که راد به عنوان یک واحد با گری (Gy) جایگزین شود که معادل جذب انرژی ۱ J/kg است. بنابراین $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$



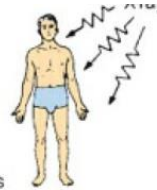


Total-Body Irradiation

Mass = 70 kg
 $LD_{50/60} = 4 \text{ Gy}$
 Energy absorbed =

$$70 \times 4 = 280 \text{ joules}$$

$$= \frac{280}{4.18} = 67 \text{ calories}$$



A

Drinking Hot Coffee

Excess temperature ($^{\circ}\text{C}$) = $60^{\circ} - 37^{\circ} = 23^{\circ}$

Volume of coffee consumed to
 equal the energy in the $LD_{50/60} = \frac{67}{23}$
 = 3 mL
 = 1 sip



B

Mechanical Energy: Lifting a Person

Mass = 70 kg
 Height lifted to equal
 the energy in the

$$LD_{50/60} = \frac{280}{70 \times 9.81}$$

$$= 0.4 \text{ m (16 inches)}$$


C

شکل ۴-۱ اثر بیولوژیک پرتو نه تنها با میزان انرژی جذب شده بلکه با اندازه فوتون یا اندازه بسته انرژی تعیین می شود. A: میزان کلی انرژی جذب شده در یک انسان ۷۰ کیلوگرمی تابش دیده با دوز کشنده ۴ گری، تنها ۶۷ کالری است. B: این انرژی، معادل انرژی جذب شده به دنبال نوشیدن یک جرعه قهوه گرم است. C: همچنین معادل انرژی پتانسیل اعمال شده برای بلند کردن شخصی تا ارتفاع تقریباً ۱۶ اینچ می باشد.

انرژی در اشکال گرمایی یا مکانیکی به صورت یکنواخت و یکسان جذب می شود و برای ایجاد آسیب در موجودات زنده مقادیر بسیار بالاتری از این اشکال انرژی لازم است. بنابراین، قدرت پرتوهای ایکس نه تابعی از کل انرژی جذب شده بلکه تابعی از اندازه بسته های انرژی مجزا از هم می باشد. از نظر ایجاد آثار بیولوژیک، پرتوهای الکترومغناطیس زمانی یونیزان در نظر گرفته می شوند که انرژی فوتون آنها بیش از ۱۲۴ الکترون ولت، یعنی معادل طول موج کوتاه تر از 10^{-6} سانتی متر باشد.





پرتوهای ذره‌ای

انواع دیگری از پرتوها که علاوه بر تابش در طبیعت به صورت تجربی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل الکترون، پروتون، ذرات آلفا، نوترون، پی مزون‌های منفی [یکی از ذرات بنیادی درون هسته اتم] و یون‌های سنگین باردار هستند. برخی از این پرتوها در پرتودرمانی استفاده شده و پتانسیل ورود به رادیولوژی تشخیصی را نیز دارند که هنوز به خوبی شناخته شده نیست.

الکترون‌ها ذراتی کوچک با بار منفی هستند که می‌توان آن‌ها را به کمک دستگاه‌های الکتریکی نظیر بتاترون یا شتاب‌دهنده خطی تا سرعتی نزدیک به سرعت نور شتاب داد. این ذرات به طور گسترده در درمان سرطان استفاده می‌شوند.

پروتون‌ها ذراتی نسبتاً سنگین با بار مثبت می‌باشند که جرم آنها حدود ۲۰۰۰ برابر بیشتر از الکترون است. به علت جرم بالاتر، شتاب دادن آنها تا رسیدن به انرژی مناسب، نیاز به تجهیزات پیچیده‌تر و گران‌تر نظیر سیکلوترون دارد؛ با این وجود به علت توزیع دوز مناسب استفاده از آنها در مراکز خاصی برای درمان سرطان رو به افزایش است.

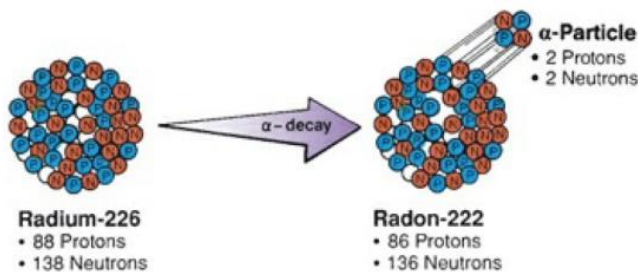
در طبیعت، زمین تحت بارش پروتون‌های ساطع شده از خورشید می‌باشد که این ذرات جزئی از پرتوهای زمینه طبیعی در نظر گرفته می‌شوند. اتمسفر زمین ما را تا حد زیادی در برابر این ذرات محافظت می‌کند. به علاوه زمین مانند یک مغناطیس بزرگ عمل کرده و ذرات باردار ناشی از حوادث خورشیدی، توسط این مغناطیس بزرگ در ناحیه استوا دفع می‌شوند؛ بیشتر این ذرات به زمین نمی‌رسند ولی برخی دیگر به سمت نواحی قطبی رانده می‌شوند. این پدیده اساس «شفق قطبی» یا نورهای شمالی ناشی از رگبارهای شدید ذرات باردار است که به صورت مارپیچ از خطوط میدان مغناطیسی به داخل قطب‌ها می‌آیند و با انجام این کار هوا را یونیزه می‌کنند. پروتون‌ها یک خطر عمده برای فضانوردانی به شمار می‌رود که سفرهای فضایی طولانی دارند. [شفق قطبی، پدیده ظهور نورهای رنگی و متحرک در آسمان شب است و معمولاً در عرض‌های نزدیک به دو قطب زمین و در اثر برخورد ذرات باردار خورشیدی و یونیزه شدن مولکول‌های موجود در یونوسفر زمین به وجود می‌آید].

ذرات آلفا هسته اتم‌های هلیوم، شامل دو پروتون و دو نوترون است که در ارتباط نزدیک با یکدیگر می‌باشند. آن‌ها بار مثبت داشته و در دستگاه‌های الکتریکی بزرگ نظیر آنچه در مورد پروتون استفاده می‌شود قابل شتاب دادن هستند.





علاوه بر این، ذرات آلفا در طی استحالۀ رادیونوکلئیدهای طبیعی سنگینی همچون اورانیوم و رادیوم آزاد می شوند (شکل ۵-۱). منبع عمده پرتوگیری عموم افراد از پرتوهای زمینه ای در طبیعت همین ذرات آلفا است. گاز رادون [که جزئی از روند استحالۀ رادیوم ۲۲۶ است] از خاک نشت کرده و در درون خانه ها تجمع می یابد، این گاز و محصولات استحالۀ آن استنشاق شده و ریه ها را پرتودهی می کنند. تخمین زده می شود که ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ مورد سرطان ریه سالانه در ایالات متحده، به ویژه در افراد سیگاری به علت این گاز ایجاد می شود.



شکل ۵-۱ نمایش استحالۀ یک رادیونوکلئید سنگین با ساطع کردن ذره آلفا. ذره آلفا، هسته هلیوم شامل دو پروتون و دو نوترون است. ساطع شدن ذرات آلفا عدد اتمی را دو واحد و عدد جرمی را چهار واحد کاهش می دهد. توجه کنید که رادیوم متعاقب استحالۀ آلفا، به عنصر شیمیایی دیگری، رادون، تبدیل می شود.

نوترون ها ذراتی بدون بار بوده که جرمی معادل پروتون دارند. به دلیل آنکه از لحاظ بار الکتریکی خنثی هستند، قابل شتاب دادن با دستگاه های الکتریکی نمی باشند. اگر ذرات باردار با انرژی بالا شتاب داده شوند و سپس به یک هدف مناسب برخورد کنند نوترون ها تولید می شوند. به علاوه آن ها طی فرایند شکافت هسته در اتم های رادیواکتیو سنگین که به شکل گیری دو اتم کوچک تر می انجامد ساطع می شوند. بنابراین نوترون ها در راکتورهای هسته ای به مقدار زیاد وجود داشته و توسط برخی رادیونوکلئیدهای مصنوعی سنگین نیز تولید می شوند. نوترون جزء مهمی از پرتوگیری در فضا است و بخش زیادی از اشعه ای که مسافران و خدمه پرواز دریافت می کنند را تشکیل می دهد.

ذرات سنگین باردار هسته عناصری چون کربن، نئون، آرگون یا حتی آهن هستند که به دلیل خروج همه یا تعدادی از الکترون های مداری آن ها، بار مثبت پیدا کرده اند. این ذرات برای استفاده در پرتودرمانی، باید شتاب داده شوند تا به انرژی در حد هزاران میلیون ولت برسند، بنابراین تنها در



تجهیزات منحصر به فردی امکان تولید دارند که البته تعداد مراکز تولید کننده در حال افزایش است. ذرات باردار بسیار پر انرژی در فضا، تهدید بالقوه ای برای فضاوردان در سفرهای طولانی مانند سفر به مریخ به شمار می رود. طی ماموریت های فضایی به کره ماه در دهه ۱۹۷۰ فضاوردان با چشمان بسته و در تاریکی مطلق، تلالو نوری را دیدند که ناشی از عبور یون های پر انرژی آهن از شبکه چشم آنها بود.

جذب پرتوهای ایکس

پرتوهای یونیزان به دو گروه یونیزه کننده مستقیم^۱ و غیر مستقیم^۲ تقسیم می شوند. تمام ذرات بارداری که تا این قسمت درمورد آنها صحبت شد، پرتوهای یونیزه کننده مستقیم هستند چرا که در صورت انرژی جنبشی کافی قادر به اختلال و از هم گسیختگی ساختار اتمی ماده ای که در آن جذب شده اند می باشند و این کار را از طریق عبور مستقیم و تغییرات شیمیایی و بیولوژیک انجام می دهند. در مقابل پرتوهای الکترومغناطیس (پرتو ایکس و گاما) پرتوهای یونیزه کننده غیر مستقیم هستند. آنها به خودی خود آسیب شیمیایی و بیولوژیک ایجاد نمی کنند، اما هنگام جذب در حین عبور از یک ماده انرژی خود را صرف تولید ذرات بارداری با سرعت بالا می کنند که این ذرات، واسطه های ایجاد آسیب های بعدی هستند.

فرایند جذب فوتون ایکس در ماده، به انرژی فوتون ها و ترکیب شیمیایی ماده جذب کننده پرتو بستگی دارد. در انرژی های بالا که ویژگی دستگاه کبالت ۶۰ یا شتاب دهنده خطی مورد استفاده در پرتودرمانی می باشد، فرایند کامپتون^۳ غالب است. در این فرایند، فوتون با الکترون های «آزاد» اتم، الکترون هایی که انرژی اتصال آنها به اتم در مقایسه با انرژی فوتون کم است، واکنش می دهد. بخشی از انرژی فوتون در جریان این واکنش به صورت انرژی جنبشی به الکترون داده شده و فوتون با باقی انرژی باقیمانده از مسیر خود منحرف و پراکنده می شود (شکل ۶-۱). در محل برخورد فوتون اولیه، یک الکترون سریع و یک فوتون با انرژی کمتر حاصل می شود که خود در واکنش های بعدی مشارکت می کند. در موارد معین، فوتون ممکن است مقدار کم یا زیادی از انرژی را از دست بدهد؛ در واقع

^۱directly ionizing

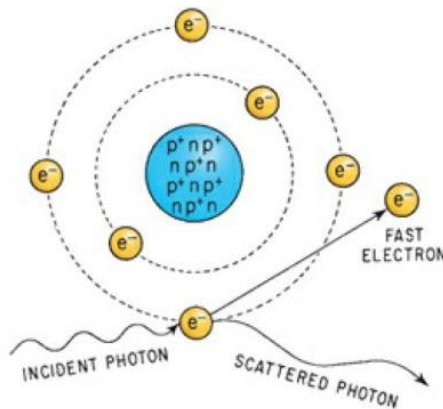
^۲indirectly ionizing

^۳Compton process





نسبت کاهش انرژی می تواند از ۰ تا ۸۰ درصد متغیر باشد. در عمل، وقتی باریکه ای از پرتو ایکس جذب ماده ای می شود، تعدادی فوتون با اتم های مختلف واکنش داده و بر اساس قوانین آماری میزان های مختلفی از افت انرژی فوتون اولیه محتمل است. نتیجه نهایی، تولید الکترون های پر سرعت متعدد است که بسیاری از آنها قادرند اتم های ماده جاذب را یونیزه کرده، پیوندهای شیمیایی حیاتی را بشکنند و خود تغییرات جدیدی را شروع کنند که در نهایت به آسیب بیولوژیک می انجامد.



شکل ۶-۱ جذب فوتون ایکس با فرایند کامپتون. فوتون بالکترون محیطی ماده جذب کننده که اتصال ضعیفی داشته واکنش می دهد. بخشی از این انرژی، به صورت انرژی جنبشی به الکترون منتقل می شود و فوتون پراکنده شده، با طول موج بلندتر (انرژی کمتر) از مسیر اولیه خود منحرف می شود.

برای فوتون هایی با انرژی در محدوده رادیولوژی تشخیصی، جذب با هر دو فرایند کامپتون و فوتوالکتریک رخ می دهد



سؤالات و پاسخنامه

فصل

Section 23

رزیدنت یار اولین استارتاپ آموزش پزشکی در کشور

مشترک ارجمند، متخصص گرامی؛

به منظور تسهیل در امر خدمات رسانی به شما یزرگواران و جهت رسیدگی سریع به مشکلات و ثبت انتقادات و پیشنهادات، همچنین به جهت خرید آسان و سریع می توانید با مراجعه به سایت و فروشگاه اینترنتی و اپلیکیشن موسسه از این امکانات بهره مند شوید.



فروشگاه اینترنتی:

در این فروشگاه تمامی محصولات و خدمات درج گردیده است. شما می توانید با مراجعه به رشته خود، از انواع محصولات حوزه نشر و توضیحاتی در خصوص آموزش و آخرین تغییرات منابع آزمون ارتقاء و مورد آگاه شوید و خرید آسان و مطمئنی را تجربه کنید.



اپلیکیشن Resentyar:

در اپلیکیشن رزیدنت یار که قابل استفاده و دریافت از: ✓ ✓ Play Store APP Store می باشد، دسترسی به کتاب پیش رو بصورت رایگان و استفاده از تمامی محصولات آموزشی میسر گردیده است. روزانه در حال اضافه شدن محتوا آموزش پزشکی موثر و مدون مخصوص شما رزیدنت و متخصص گرامی خواهد بود.



آموزش:

کلاسهای حقیقی و مجازی رزیدنت یار در اپلیکیشن و یا تماس با همکاران کارشناس آموزش به راحتی میسر خواهد بود. در صورت مراجعه شما به اپلیکیشن رشته خودتان تمامی محصولات را رؤیت فرمائید.



اخبار:

در این منو آخرین اخبار و اطلاعیه های منتشر شده از طرف وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی و همچنین تازه های نشر و اخبار موسسه قابل مشاهده است.



پشتیبان آنلاین:

در این منو شما می توانید تمامی سوالات، انتقادات و پیشنهادات خود را با ورود به سامانه و ثبت نام در آن، مطرح و حداکثر تا ۲۴ ساعت پاسخ خود را دریافت کنید.

در این منو در سایت می توانید سؤالات خود را مطرح کرده و همکاران ما در اسرع وقت پاسخ مناسب را به شما ارائه می نمایند.

خداوند شفا دهنده است

داوطلب گرامی؛

بر خود می‌بالیم که موسسه رزیدنت یار را برای آمادگی آزمون مورد و ارتقاء خود انتخاب نموده‌اید. می‌دانید که رزیدنت‌یار اولین موسسه انتشارات و آموزش پزشکی دارای مجوز در کشور و اولین استارت‌آپ آموزش پزشکی کشور می‌باشد و در تمامی درسنامه‌ها در هر رشته از یک مولف و یا حداقل مولفین استفاده شده است و این امر باعث گردیده تا کتبی یک دست و بدون غلط و با محتوی بسیار قوی در اختیار شما عزیزان قرار بگیرد.

کتابهای درسنامه در رزیدنت‌یار یک جلد کتاب الکترونیک رایگان دارد که حتماً روش استفاده از آن را از همکاران و کارشناسان واحد آموزش بخواهید.

کتابهای درسنامه در رزیدنت‌یار حتماً دارای یک کتاب صوتی مجزای با روشی بسیار غنی را داراست در صورت تمایل قطعاً می‌تواند کارساز و چاره‌ساز باشد.

استفاده از کتب رزیدنت‌یار به لحاظ استفاده از تصاویر و تشریح الگوریتم‌ها و جداول مهم و استفاده از کیس‌های آزمون شفاهی در انتهای هر کتاب و همچنین کتب مرور سریع بسیار مورد پسند متخصص این رشته قرار گرفته است امید موفقیت شما عزیزان در آزمونهای پیش رو گواهی این محتوا قوی خواهد بود. نظرات و پیشنهادات خود را به آدرس ایمیل موسسه رزیدنت یار ارسال و در انتظار پاسخ مدیریت تولید باشید.

info@residenttyar.com

