

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دعای پیش از مطالعه

اَللّٰهُمَّ اَخْرِجْنِيْ مِنْ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَاكْرِمْنِيْ بِنُورِ الْفَهْمِ
اَللّٰهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا اَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَاَنْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُوْمِكَ
بِرَحْمَتِكَ يَا اَرْحَمَ الرَّاحِمِيْنَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و گرامی بدار به نور فهم
پروردگارا، بگشای بر ما در های رحمت را و بگستران کنج های دانشت را به امید رحمت
تو ای مهربان ترین مهربانان

بیایید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیراخلاقی، غیرقانونی، غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه ی این عمل نادرست، موجب رواج بی اعتمادی در جامعه و بروز پی آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می گردد.



درسنامه فیزیک پزشکی

ویژه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی پزشکی «بیوالکتریک»

**تألیف و گردآوری:
امین ابوطالبی**

سرشناسه

: ابوطالبی، امین، ۱۳۶۴ -

عنوان و نام پدیدآور

: AGK درسنامه فیزیک پزشکی: ویژه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی پزشکی «بیوالکتریک» / تألیف و

گردآوری امین ابوطالبی

مشخصات نشر

: تهران: آناهید گستر خلیلی، ۱۴۰۴.

مشخصات ظاهری

: ۱۲۵ص: مصور، جدول، نمودار؛ ۲۲×۲۹ س.م.

شابک

: 978-622-4907-80-6

وضعیت فهرست‌نویسی

: فیپا

موضوع

: فیزیک پزشکی -- راهنمای آموزشی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)

Medical physics -- Study and teaching -- Examinations, questions, etc (Higher)

مهندسی پزشکی -- راهنمای آموزشی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)

Biomedical engineering -- Study and teaching -- Examinations, questions, etc (Higher)

رده‌بندی کنگره

: R۸۹۵

رده‌بندی دیویی

: ۶۱۰/۱۵۳۰۷۶

شماره کتابشناسی ملی

: ۹۸۹۸۸۵۱



انتشارات آناهید گستر خلیلی

نام: AGK درسنامه فیزیک پزشکی

(ویژه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی پزشکی «بیوالکتریک»)

تألیف و گردآوری: امین ابوطالبی

ناشر: آناهید گستر خلیلی

نوبت و سال چاپ: اول. ۱۴۰۴

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: گیلان

مدیر تولید: امیرحسین خلیلی

مدیر فنی و هنری: مریم آرده

تایپ و صفحه‌آرایی: آرزو راضی

بهاء: ۲۵۰۰۰۰ تومان

آموزشگاه/فروشگاه: ۰۲۱۶۶۵۶۸۶۲۱

مرکز پخش: ضلع جنوب غربی میدان انقلاب . جنب بانک پارسیان . مجتمع تجاری پارس . طبقه اول

مدیر فروش: ۰۹۱۹۱۶۸۵۹۷۰ (ارتباط از طریق پیامک)

 agkpublisher@gmail.com

 www.agkins.com

طلیحه سخن مدیر تولید:

سپردن کار به اهلش نشانه‌ی خردمندی است.

برای تولید بسته‌های آموزشی تمام تلاش خود را به کار گرفته‌ایم تا محصولی شایسته را تقدیم شما عزیزان نماییم.

مجموعه‌ای که پیش روی شماست براساس معتبرترین و به‌روزترین منابع کنکور و به قلم مجرب‌ترین اساتید تألیف شده است و مطالعه آن موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه شما خواهد شد. ارائه بالاترین آمار قبولی در کنکور کارشناسی ارشد و دکتری در دهه اخیر بیان‌گر توانایی این مجموعه در راستای اهداف آموزشی خود می‌باشد. اینک با اتکا به تجربه‌ای ۱۷ ساله می‌توانیم ادعا کنیم که مجموعه حاضر، بی‌شک از جمله کامل‌ترین و به‌روزترین بسته‌های آموزشی موجود در عرصه کنکور می‌باشد.

❧ برخی از ویژگی‌های بسته‌های آموزشی:

- منطبق با معتبرترین و به‌روزترین منابع کنکور
- گردآوری و تألیف توسط مجرب‌ترین اساتید کنکور
- تدریس مطالب از سطح پایه تا پیشرفته به بیان ساده و روان
- انتقال بهتر مفاهیم با استفاده از شکل، جدول و نمودار
- تألیف مبتنی بر نحوه‌ی طراحی سوالات کنکور
- مطالعه یک منبع منسجم به جای مطالعه چندین منبع مختلف
- منبعی خودآموز و بدون نیاز به مدرس

اینک علاوه بر مطالعه بسته‌های آموزشی استفاده از خدمات و محصولات زیر را به عنوان ضمانتی برای قبولی به شما داوطلبان عزیز توصیه می‌کنم؛

❧ آزمون‌های آزمایشی: خوش بود گر محک تجربه آید به میان

داوطلب شجاع کیست؟ داوطلبی است که خود را مورد سنجش (خود را با خود) و ارزیابی (خود را با دیگران) قرار دهد تا پیش از کنکور به نقاط ضعف خود پی ببرد و آن‌ها را تقویت نماید. آزمون‌های آزمایشی دارای یک برنامه‌ریزی منسجم است و به شما اولتیماتوم می‌دهد. یعنی شما باید در یک زمان معین مطالب معینی را مطالعه نمایید.

آزمون‌های آزمایشی مجموعه دارای سوالات استاندارد، پاسخنامه تشریحی و کارنامه تحلیلی می‌باشد. صادقانه شرکت در آزمون‌های آزمایشی را به شما عزیزان توصیه می‌کنم.

❧ مشاوره تخصصی و برنامه‌ریزی: زیر نظر حرفه‌ای‌ها درس بخوانید ...

در صورتی که نمی‌توانید با توجه به زمان آزادتان برنامه‌ی مطالعاتی استاندارد را برای خود تدوین کنید حتماً از افراد متخصص کمک بخواهید. افرادی که تجربیات خود را صادقانه در اختیار شما قرار می‌دهند و برنامه‌ریزی مناسب با شرایط شما را انجام می‌دهند.

📖 کتاب تست:

کوچک‌ترین واحد یادگیری در کنکور، تست است.

شما می‌توانید برای این‌که سطح یادگیری خود را پس از مطالعه بسنجید از کتاب‌های تست مجموعه (تست کنکور) و ماطراحان (تست‌های تألیفی) استفاده کنید. این کتاب‌ها به‌صورت موضوعی طبقه‌بندی شده‌اند و می‌توانند نحوه‌ی طرح سوالات کنکور و سطح آن‌ها را به‌صورت واضح به شما نشان دهند.

📖 درسنامه‌های نکات داغ و کتاب‌های الگوریتم مناسب‌ترین منابع برای دوران مرور و جمع‌بندی:

بیش‌تر داوطلبان حین مطالعه نگران خلاصه‌نویسی و مرور آموخته‌های خود هستند و برای خلاصه‌نویسی زمان زیادی را صرف می‌کنند. اینک به شما مژده می‌دهیم که این‌بار زمان به نفع شما در حال گذر است و دیگر با استفاده از درسنامه‌های نکات داغ و کتاب‌های الگوریتم نیاز به خلاصه‌نویسی ندارید.

شما می‌توانید نظرات، انتقادات و پیشنهادهای سازنده خود را در مورد بسته‌های آموزشی به شماره‌تلفن همراه ۰۹۱۹۱۶۸۵۹۷۰ فقط و فقط پیامک نمایید.

مشاور و مدیر تولید

امیرحسین خلیلی

طلیحه سخن مؤلف:

رشته‌ی نسبتاً نوپای مهندسی پزشکی که امروزه با سرعتی بسیار زیاد در حال فراگیر شدن است، نه فقط به دلیل عمر کم، بلکه علاوه بر آن به خاطر ماهیت بین رشته‌ای آن نیز دچار کم لطفی‌های بسیاری گشته و علی‌رغم تلاش‌های گوناگون متخصصان، استادان و دانشجویان آن، هنوز تا کسب جایگاه واقعی خود در دانشگاه، جامعه، صنعت و حوزه سلامت فاصله زیادی دارد.

نگارنده این کتاب به‌طور عمیق معتقد است که باید به هر شکل ممکن این رشته را همانند بسیاری از رشته‌های دیگر دانشگاهی از پرتگاه پژوهش‌های کاذب که فرزند ناخلف سیاست‌های علمی کشور در دهه اخیر است و به شکلی تورمی تمام دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و پژوهشی کشور را آلوده کرده نجات داد. عرصه مهندسی پزشکی بسیار فراتر از انتشار چند مقاله غیر کاربردی است و رسیدن به شاخص‌های سلامت و افق‌های ارزشمند صنعت پزشکی به آن گونه که در چشم انداز بیست ساله کشور پیش‌بینی شده است بدون سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری مادی و معنوی مناسب در حوزه مهندسی پزشکی نظیر سایر حوزه‌های مرتبط امکان‌پذیر نیست. بی‌مهری و بی‌توجهی طولانی مدتی که به این رشته روا داشته شده است، سبب گردیده تا در نگاه بسیاری مهندسی پزشکی صرفاً به‌عنوان یک رشته شیک و لوکس نگریسته شود که دامنه کاربرد آن محدود به ویرترین دانشگاهی است و جز یک اسم قشنگ و دهان پرکن و چند مقاله علمی-پژوهشی و ISI با کاربرد نامعلوم بومی که تنها مصرف آن اخذ پذیرش از یک دانشگاه خارجی یا ارتقاء یک عضو هیأت علمی است، چیزی در چنته ندارد. یکی از مهم‌ترین دلایل چنین تصویری، کمبود مراجع و منابع علمی مناسب جهت ارتقاء توانمندی‌های علمی دانشجویان مهندسی پزشکی در مقایسه با سایر دانشجویان رشته‌های مهندسی است، عمده‌ی منابع علمی این رشته در حال حاضر یا برای دانشجوی ایرانی غیرقابل دسترس است و یا به‌صورت ترجمه‌های فارسی در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد. وجود این معضل، به مرور باعث شده است تا دانشجویان مهندسی پزشکی یا انگیزه و علاقه خود را برای ادامه تحصیل از دست بدهند و یا علاقمند به ادامه تحصیل در رشته‌های مرتبط دیگر در مقاطع تحصیلات تکمیلی شوند. همچنین سؤالات آزمون‌های تحصیلات تکمیلی رشته مهندسی پزشکی در دانشگاه‌های گوناگون کشور هم تافته‌ای جدا بافته از آن چیزی است که دانشجو در کلاس درس می‌آموزد.

درس «فیزیک پزشکی» که به شدت تحت تأثیر مشکلات فوق قرار دارد، یکی از دروس تخصصی دانشجویان مهندسی پزشکی محسوب می‌شود که از یک سو نقش بسیار مهمی در افزایش مهارت‌های علمی و عملی دانشجویان ایفا می‌کند و از سوی دیگر به‌عنوان یکی از مواد امتحانی مهم مورد نیاز دانشجویان مهندسی پزشکی در آزمون‌های کارشناسی ارشد و دکتری محسوب می‌گردد و به همین خاطر ضرورت وجود منبعی مناسب و کامل برای این درس به خوبی محسوس است. کتاب پیش رو که برای پاسخ به همین ضرورت و نیاز ارائه گردیده است، حاصل تجربه‌ی تدریس نویسنده کتاب در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی مختلف در رشته مهندسی پزشکی و طرح سؤالات چندین و چند آزمون کشوری مختلف در این رشته است.

در تألیف این کتاب سعی شده است تا از جدیدترین و معتبرترین منابع علمی مرتبط بهره گرفته شود با این هدف که نیاز علمی دانشجوی بومی را به شکل مناسب برآورده نماید. همچنین مطالب این کتاب به صورتی کامل و در عین حال خلاصه و مختصر و مفید جمع‌آوری و سعی شده است تا علاوه بر این که شامل کلیه سرفصل‌های یک درس دانشگاهی باشد، تمامی نکات مورد نیاز داوطلبان آزمون‌های کارشناسی ارشد دکتری را نیز پوشش دهد.

استقبال کم نظیر دانشجویان، استادان و علاقه‌مندان حوزه مهندسی پزشکی از کتاب‌های «فیزیک پزشکی» در طی این چند سال، همواره انگیزه بخش نگارنده این کتاب در همت گماردن به ادامه کار بوده است.

البته ناگفته نماند که هیچ گاه چاپ این کتاب امکان‌پذیر نمی‌شد مگر با پیگیری مداوم و مستمر دست‌اندرکاران انتشارات آناهیدگستر خلیلی به ویژه جناب آقای دکتر احمد خلیلی، جناب آقای امیر حسین خلیلی و سرکار خانم مریم آرده که بی‌شک سزاوار ادای احترام خالصانه مؤلف کتاب فیزیک پزشکی هستند.

نگارنده کتاب دست تمامی منتقدان و صاحب نظران وادی بی‌انتهای مهندسی پزشکی را می‌فشارند و بی‌صبرانه مہیای شنیدن هر گونه نظر و پیشنهادی به منظور افزایش کیفیت این اثر ناقابل می‌باشد.

با تشکر

امین ابوطالبی

aminabutalebi@gmail.com

فصل اول: فیزیک نور و بینایی	۹
فصل دوم: امواج ماورای صوتی و کاربردهای آن در پزشکی	۳۵
فصل سوم: جریان‌های پرفرکانس و گرمی عمقی (دیاترمی)	۵۰
فصل چهارم: فیزیک رادیواکتیو و پزشکی هسته‌ای	۶۱
فصل پنجم: پرتو ایکس و رادیولوژی تشخیصی	۹۰
فصل ششم: اثرات بیولوژیکی پرتوها و حفاظت	۱۰۹

فیزیک نور و بینایی

ماهیت نور

نور مرئی بخشی از طیف امواج الکترومغناطیس است که سیستم بینایی انسان به آن پاسخ می‌دهد (طول موجی که از اجسام به چشم می‌رسد). به‌طور کلی نور دارای دو ماهیت موجی (مادی) و ذره‌ای (کوانتومی یا فوتونی) است. نظریه اول را یانگ و هوینگس در قرن هفدهم ارائه دادند و نور را به‌صورت بسته‌های موج تعریف کردند که از محل تولید به محل دریافت منتشر می‌شود. در ابتدا تصور می‌شد نور فقط در محیط مادی منتشر می‌شود. خواصی از نور مانند بازتاب (Reflection)، شکست (Refraction)، قطبش (Polarization)، تداخل (Interference) و پراش (Diffraction) براساس این ماهیت نور قابل توجیه می‌باشند. در قرن هجدهم دانشمندانی هم‌چون نیوتن، پلانک و انیشتین ماهیت ذره‌ای نور را بیان کردند و نور را ذرات انرژی‌دار تعریف کردند که انرژی آن‌ها از طریق رابطه پلانک قابل محاسبه است:

$$E = h\nu$$

که در این رابطه، ν فرکانس نور، $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ثابت پلانک و E انرژی فوتون برحسب ژول (J) است. بنابراین، انرژی فوتون با توجه به رابطه $c = \lambda\nu$ با طول موج نور نسبت معکوس و با فرکانس نور نسبت مستقیم دارد. در نتیجه طول موج‌های کوتاه دارای فوتون‌های پرانرژی و طول موج‌های بلند دارای فوتون‌های کم انرژی‌اند. اگر به جای ν در رابطه فوق معادل آن از رابطه $c = \lambda\nu$ قرار گیرد، در این صورت خواهیم داشت:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

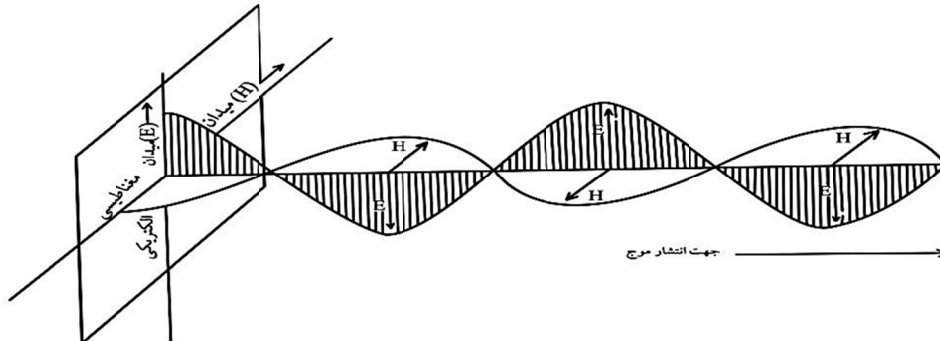
که با قرار دادن مقادیر h و c در رابطه فوق، مقدار انرژی بر حسب الکترون ولت (eV) به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})}$$

اگر یک الکترون در میدان الکتریکی یک ولتی قرار گیرد، انرژی که به آن تعلق می‌گیرد برابر یک الکترون ولت است. مقدار انرژی برحسب ژول نیز به‌دست می‌آید، به‌طوری که $(1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J})$. خواص جذب (Absorption) و نشر (Emission) نور با این ماهیت نور قابل توجیه است. امروزه از هر دو ماهیت نور استفاده می‌شود و هیچ‌کدام بر دیگری ارجحیت ندارند.

امواج الکترومغناطیس

منظور از نور در پزشکی سه نور مادون قرمز، مرئی و ماورای بنفش است. نور جزو امواج الکترومغناطیس است. امواج الکترومغناطیس، همانند شکل زیر که دارای طیف بسیار گسترده‌ای هستند، در نتیجه نوسان بارهای الکتریکی به وجود آمده و در فضا منتشر می‌شوند.



نمایش امواج الکترومغناطیس و میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آن‌ها

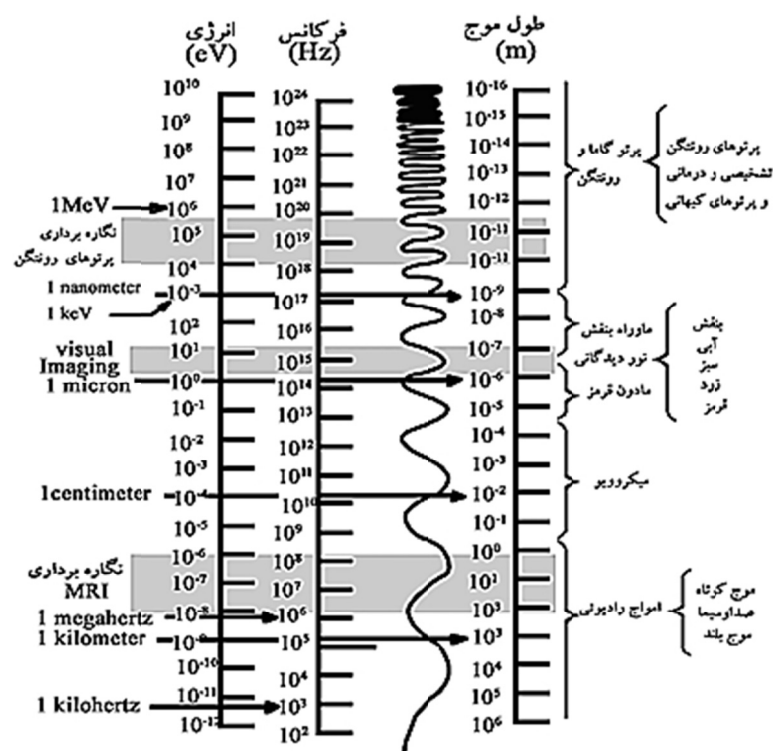
بار الکتریکی دارای یک میدان الکتریکی است که شدت آن در اثر حرکت (نوسان) بار در فضا و زمان متغیر خواهد بود. هم‌چنین به دلیل حرکت نوسانی این بار (جریان نوسانی)، میدان مغناطیسی متغیری ایجاد می‌گردد. پس می‌توان گفت این امواج هم دارای میدان‌های الکتریکی و هم دارای میدان‌های مغناطیسی است که همواره بر هم عموداند و جهت انتشار آن‌ها حاصل ضرب برداری این دو میدان است که بر صفحه این دو میدان عمود است. برآیند این دو میدان یک موج الکترومغناطیسی را به وجود می‌آورد که در فضا منتشر می‌شود. امتداد این دو میدان و جهت انتشار موج هر سه بر هم عموداند. بنابراین در مواردی که نور خاصیت موجی از خود نشان دهد، انرژی و امتداد انتشار نور توسط رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

که در آن $\vec{E}$ و $\vec{B}$ میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، μ_0 تراوایی مغناطیسی محیط و $\vec{S}$ بردار نشانه رو است. جهت $\vec{S}$ امتداد انتشار موج و اندازه آن $|S| = \frac{1}{\mu_0} (|\vec{E}| |\vec{B}| \sin(\theta))$ مقدار انرژی را مشخص می‌کند. از آنجایی که در بیش‌تر موارد $\vec{E}$ و $\vec{B}$ بر هم عمود هستند، در نتیجه:

$$S = \frac{1}{\mu_0} EB$$

موارد $\vec{E}$ و $\vec{B}$ بر هم عمود هستند، در نتیجه:



این امواج فاقد جرم و بار الکتریکی هستند و در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی‌شوند. در محیط‌ها سرعت ثابت c را دارند و دارای طیف (بیناب) گسترده‌ای هستند یعنی همانند شکل زیر طول موج و فرکانس زیادی را پوشش می‌دهند. برای آشکار کردن امواج الکترومغناطیس نیاز به وسیله‌ای است که به آن محدوده فرکانسی خاص پاسخ دهد و آن را آشکار کند.

بیناب یا گستره امواج الکترومغناطیس

امواج ماورای صوتی و کاربردهای آن در پزشکی

مقدمه

امروزه روش‌های تشخیصی ماورای صوتی جایگاه خاصی را در پزشکی دارند. اساس این روش‌ها بر مبنای اختلاف امپدانس صوتی بافت‌های بدن و دریافت بازتاب آن توسط آشکارساز و تبدیل آن به تصویر است. به بیان ساده‌تر، تشخیص با ماورای صوت مبتنی بر بازتاب قسمتی از انرژی ماورای صوت است که از سطح مشترک اعضای داخلی بدن حاصل می‌شود. این بازتاب ضعیف است ولی با استفاده از گیرنده‌های حساس می‌توان آن را آشکارسازی کرد و به نمایش درآورد.

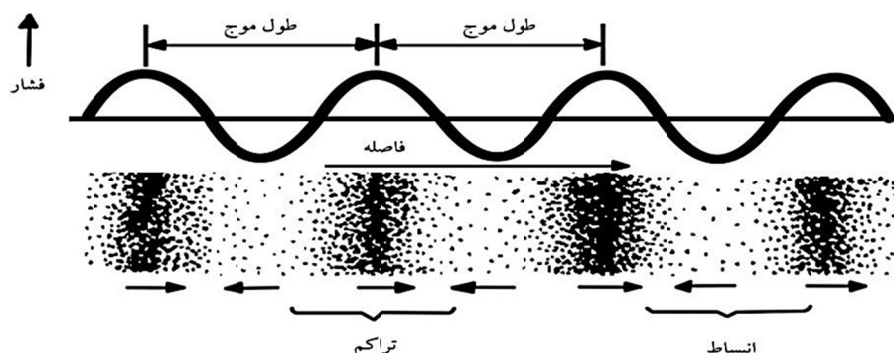
موج عبوری در عمق بدن نفوذ کرده و در سطح مشترک بافت‌ها بازتاب می‌کند و اطلاعات آناتومی بدن با استفاده از این بازتاب‌ها به دست می‌آید.

از آنجایی که این امواج سطوح مشترک بین بافت‌های بدن را آشکار کرده و آن‌ها را به نمایش درمی‌آورند، لازم نیست این سطوح بین بافت‌های با چگالی مختلف باشند، بلکه فقط لازم است که ساختار محیط تغییر کند تا بازتاب صورت پذیرد. به همین علت برخلاف روش پرتونگاری معمولی، انواع بافت‌های نرم را می‌توان مستقیماً توسط به کارگیری ماورای صوت مشاهده کرد.

امواج صوتی

صوت یک موج مکانیکی است که در محیط مادی انتقال می‌یابد. سرعت صوت به نوع ماده و محیط بستگی دارد. فشار اعمال شده به یک نقطه ماده موجب به حرکت درآوردن ذرات موجود در آن نقطه می‌شود. ارتعاشات حاصل شده در این ذرات که در اثر فشار اولیه ایجاد شده‌اند، موجب ارتعاش ذرات مجاور خود می‌شوند و این ذرات در اثر فشار ذرات مجاور از حالت تعادل خارج شده و به ارتعاش درمی‌آیند که به نوبه خود باعث انتقال انرژی صوتی به ذرات مجاور خود می‌شوند. به این ترتیب انرژی صوتی از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل می‌شود، یعنی می‌توان گفت که انتقال انرژی امواج به صورت ذره به ذره انجام می‌گیرد.

همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود برای ایجاد موج یا اعوجاج در یک محیط مادی باید به آن محیط فشار یا نیرو اعمال کرد و توسط فشردگی یا تراکم و عدم فشردگی یا انبساط متوالی، موج در تمام آن منتقل خواهد شد.



انتشار موج همراه با تراکم‌ها و انبساط‌های متوالی

امواج طولی و امواج عرضی

امواج صوتی در مواد به دو صورت موج عرضی و طولی منتشر می‌شوند. اگر راستای ارتعاش ذرات محیط عمود بر راستای انتشار موج باشد، موج عرضی است. مثل ارتعاشات سطح آب در اثر وارد شدن ضربه به سطح آن. اگر سر فنر نازک طولی که از یک انتها به دیواری محکم شده است به بالا و پایین حرکت داده شود، موجی در طول فنر تا انتها به‌صورت رفت و برگشت حاصل خواهد شد که نشانگر یک موج عرضی است.

۳۶

اگر راستای ارتعاش ذرات محیط در راستای انتشار موج باشد، در این صورت موج طولی است. اگر به فنر در نظر گرفته شده برای امواج عرضی به‌صورت باز و بسته نیرو وار شود، موجی که در طول فنر ایجاد شده است را موج طولی گویند.

امواج در گازها و مایعات و نیز در بافت‌ها به‌صورت امواج طولی منتشر می‌شوند. بنابراین، برای اهداف تشخیصی در پزشکی بیش‌تر از امواج طولی و به‌ندرت از امواج عرضی استفاده می‌شود. استخوان تنها بافتی است که می‌تواند علاوه بر امواج طولی، باعث تولید امواج عرضی نیز بشود.

گستره امواج مکانیکی

به‌طور کلی امواج مکانیکی گستره طیفی وسیعی دارند، یعنی از فرکانس‌های بسیار کم تا فرکانس‌های چندین مگاهرتز. این امواج به دلیل فرکانس‌های گسترده‌ای که دارند به‌صورت امواج مادون صوت (فرکانس‌های کم‌تر از 20 Hz)، امواج صوتی ($20\text{--}20000\text{ Hz}$) که برای انسان قابل شنیدن هستند و امواج ماورای صوتی (فرکانس‌های بیش‌تر از 20000 هرتز) تقسیم‌بندی می‌شوند. محدوده فرکانسی شنوایی انسان بین 20 تا 20000 هرتز است. پس‌واژه ماورای صوت به امواجی گفته می‌شود که بسامد یا فرکانس آن‌ها بالاتر از حد شنوایی انسان باشد.

خواص فیزیکی امواج ماورای صوتی و برهمکنش آن‌ها با بافت

طول موج: طول موج فاصله‌ی بین دو فشردگی پهلوی هم یا فاصله تراکم موج تا تراکم بعدی است. به بیان دیگر فاصله‌ی قله تا قله، با فاصله‌ی میان دو برآمدگی موج است که یکای آن در سیستم SI متر (m) است. **بسامد:** تعداد طول موج‌هایی است که در یک ثانیه از یک نقطه می‌گذرد و یکای آن هرتز (Hz) است. **دوره‌ی تناوب:** زمان مورد نیاز برای یک نوسان کامل است و یکای آن ثانیه (s) است. **سرعت:** آهنگ حرکت موج در محیط است و معمولاً سرعت انتقال یافته نامیده می‌شود و یکای آن متر بر ثانیه است.

جریان‌های پرفرکانس و گرمی عمقی (دیاترمی)

جریان پرفرکانس

جریان پرفرکانس جریان الکتریسیته با فرکانس بسیار بالاست که باعث تحریک اعصاب حسی و حرکتی نمی‌شود؛ زیرا تحریک اعصاب یک پدیده آستانه‌دار است و تحریک آن‌ها به شدت و مدت زمان کافی نیاز دارد (حداقل ۰/۰۱ میلی‌ثانیه). بنابراین جریان‌های با فرکانس بالا (فرکانسی بیش از 5×10^5 MHz)، به دلیل تغییرات سریع در زمان بسیار کوتاه (حدود یک میلیونیم ثانیه) یا زمان تحریک بسیار کوتاهی که دارند برای تحریک اعصاب مناسب نیستند. برای همین منظور اگر این جریان‌ها به اعماق بافت‌ها برسند، مطابق با قانون معروف ژول یعنی:

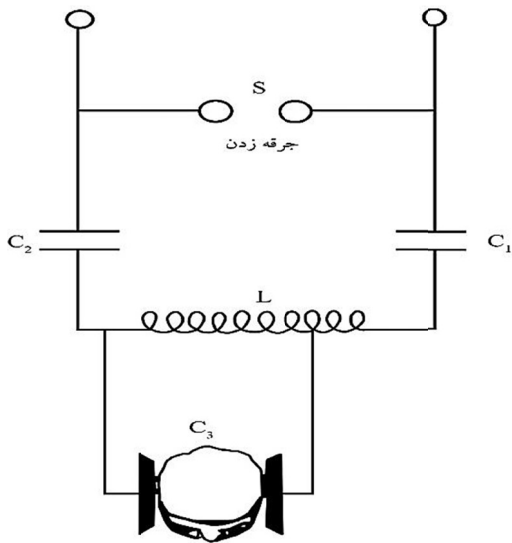
$$Q = RI^2 t$$

که در آن Q گرما بر حسب ژول، I شدت جریان و R مقاومت الکتریکی بافت است، می‌توانند بافت‌های عمقی را براساس مقدار مقاومت یا امپدانس الکتریکی آن‌ها گرم کنند. به این روش فرستادن گرما توسط جریان‌های پرفرکانس به اعماق بافت‌ها دیاترمی گویند. جریان دیاترمی موج کوتاه یک جریان متناوب با فرکانس بالاست که دارای فرکانسی نزدیک به ۲۷ MHz بوده و امواج رادیویی با طول موج ۱۱m تولید می‌کند. این جریان اعصاب حرکتی یا حسی را برانگیخته نمی‌کند. در بررسی جریان‌های برانگیزنده ماهیچه‌ها دیده شده است که علاوه بر انگیزش طولانی، هرچه زمان انگیزش کوتاه‌تر باشد، اثر بر روی اعصاب کم‌تر است.

کوتاه‌ترین زمان انگیزش کاربردی ۰/۰۱ ms است. یک جریان پرفرکانس دارای فرکانسی بیش‌تر از 5×10^5 MHz می‌باشد. این جریان در هر ثانیه 10^6 برانگیختگی ایجاد می‌کند. بنابراین هر انگیزش، زمانی نزدیک به ۰/۰۰۱ ms دارد که بیرون از گسترده کاربردی برای انگیزش عصبی می‌باشد. در نتیجه هنگامی که چنین جریانی از بدن عبور کند، اثر زیان‌باری ایجاد نمی‌کنند. جریان پرفرکانس به‌طور یکنواخت نوسان می‌کند. بنابراین خطر سوختگی‌های شیمیایی وجود ندارد و در نتیجه امکان عبور جریان‌های با شدتی بسیار بیش‌تر از آنچه درباره جریان‌های مستقیم و کم فرکانس مجاز است از بافت‌های بدن وجود دارد. اگر شدت جریان دیاترمی موج کوتاه به اندازه کافی بزرگ باشد، می‌تواند مانند یک جریان معمولی که در یک رسانا گرما ایجاد می‌کند در بافت‌ها بدن به‌طور مسقیم گرما تولید کند.

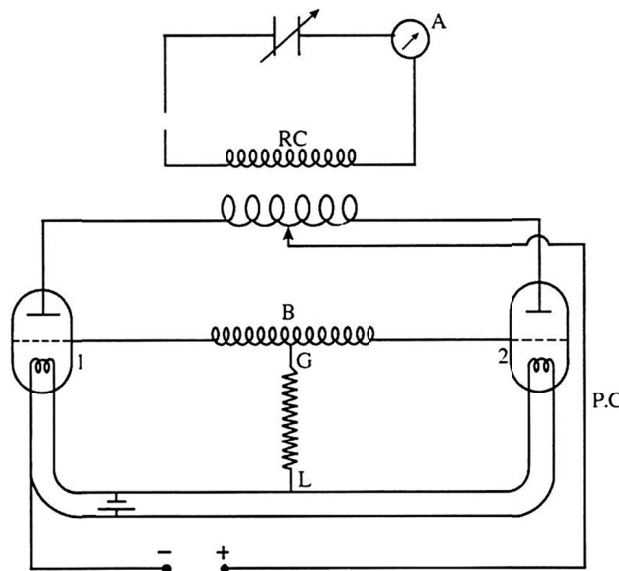
نوسان

نوسان به حرکت رفت و برگشتی اطلاق می‌شود (مانند حرکت یک آونگ یا یک سیم پیانوی در حال نوسان). جریان الکتریسیته پرفرکانس نیز به‌عنوان یک جریان نوسان توصیف می‌شود، زیرا الکترون‌ها در مدار خود حرکت رفت و برگشتی دارند. برای مثال اگر از یک سیم‌پیچ که شامل خازن و سلف یا اندوکتانس است جریانی عبور کند، به‌عنوان یک جریان نوسانی شناخته می‌شود که فرکانس نوساناتش به ظرفیت خازن (C) و ضریب اندوکتانس (L) بستگی دارد.



شمای یک مدار نوسان ساز شامل سلف و خازن

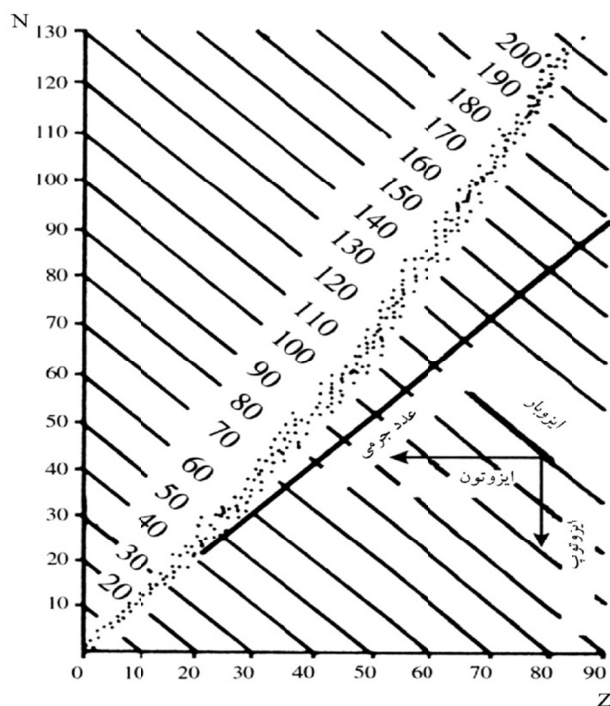
برای اولین بار در سال ۱۸۹ میلادی، تولید جریان پرفرکانس با استفاده از مدار ساده‌ای که دارای یک خازن و یک سیم‌پیچ و یک جرقه‌زن بود به وسیله تسلا ساخته شد. خازن این دستگاه به وسیله جریان قطعی یک ترانسفورماتور افزاینده (بوبین رمکروف) پر می‌شد و سپس خازن پر شده و در یک ولتاژ مخصوصی که با فاصله جرقه زن کنترل می‌شد، خازن در مدت کوتاهی تخلیه شده و نوسان‌های زیادی را ایجاد می‌کرد. بعد از آن مدار نوسان ساز دارسنوال توسط یک پزشک فرانسوی برای کاربردهای پزشکی به کار گرفته شد. امروزه با پیشرفت‌های شگرفی که در اجزای مدارهای الکتریکی انجام شده است، این مدارهای قدیمی کارآیی چندانی ندارند. مداری که امروزه در کاربردهای پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدار قرینه مسنی است که در شکل زیر نشان داده شده است:



شمای مدار قرینه مسنی

تولید جریان نوسانی با فرکانس بالا

برای به کارگیری انرژی جریان متناوب و ایجاد فرکانس‌های بالا برای طول موج‌های در محدوده ۷ تا ۳۰ متر مدار الکترونیکی نوسان ساز قرینه مسنین به کار گرفته می‌شود که در آن سیم‌پیچ کوچک و ظرفیت خازن نیز بسیار کوچک است. جریان متناوب یا برق شهر از میان سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتورها عبور کرده و نیرو محرکه‌ای را در سیم‌پیچ ثانویه تولید می‌کند. یک نیروی محرکه نزدیک به ۲۰ تا ۲۵ ولت در مدار ثانویه یا دومین ترانسفورماتور کاهنده که جریان را در رشته لامپ ایجاد می‌نماید، به وجود می‌آید. در اثر این جریان، رشته ملتهب گرم شده و گسیل ترمیونیک رخ می‌دهد و لامپ قادر به هدایت جریان می‌گردد.



منحنی پایداری هسته‌ها

نوترون برسند (واپاشی). در این واپاشی‌ها بسته به نوع هسته، تابش‌های ذراتی مانند آلفا، بتا و پرتو گاما صورت می‌گیرد. شکل زیر منحنی پایداری هسته‌ها را نشان می‌دهد:

در شکل فوق محور عمودی نمایان گر تعداد نوترون‌ها و محور افقی نشان‌دهنده‌ی عدد اتمی یا تعداد پروتون‌هاست. در این شکل در آغاز شیب خط برابر یک است. یعنی هسته‌ها و نوترون‌ها را دارند. در هسته‌های سنگین تعداد نوترون‌ها سریع‌تر از تعداد پروتون‌ها رو به افزایش است و در نتیجه هسته بزرگ‌تر می‌شود، یعنی با افزایش عدد اتمی، نسبت $\left(\frac{n}{p}\right)$ به مقدار $1/5$ افزایش می‌یابد. این فزونی نسبی نوترون‌ها برای افزودن فاصله میانگین میان پروتون‌ها در درون هسته لازم است و باعث کاهش نیروی رانش کولنی میان پروتون‌ها می‌شود.

هسته‌های پایدار در نوار باریکی که خط پایداری نامیده می‌شود، قرار دارند. اگر $\left(\frac{n}{p}\right)$ بیش‌تر یا کم‌تر از خط پایداری باشد، در این

صورت هسته نسبت $\left(\frac{n}{p}\right)$ دلخواهی ندارد. برخی از هسته‌های که پروتون اضافی دارند، به‌عنوان هسته‌های غنی از پروتون و برخی دیگر که نوترون اضافی دارند، به‌عنوان هسته‌های غنی از نوترون شناخته شده‌اند. هر دو نوع این هسته‌ها با دادن ذرات هسته‌ای و انرژی هسته‌ای ممکن است به هسته نیمه‌پایدار و در نهایت به هسته پایدار تبدیل شوند.

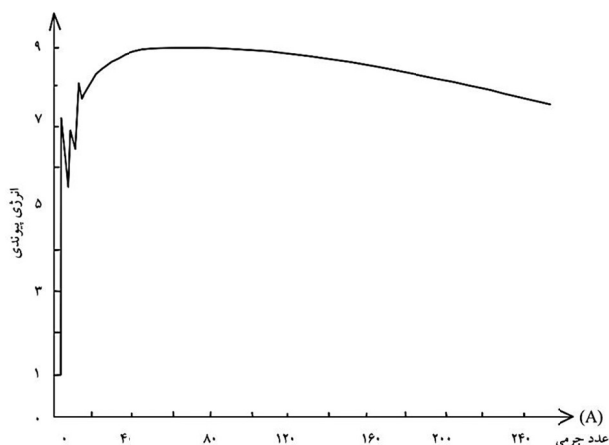
۲. انرژی هم‌بستگی هسته (انرژی پیوندی هسته): مقدار انرژی که می‌بایست به پروتون و نوترون داده شود تا از ترکیب آن‌ها هسته

تشکیل شود و یا مقدار انرژی مورد نیاز برای فروپاشی هسته را انرژی پیوند هسته‌ای می‌نامند. اگر در هسته ${}^4_2\text{He}$ جرم تک‌تک هستک‌های موجود و هم‌چنین جرم الکترون‌ها جمع شوند، جرم هسته (M) به‌دست می‌آید. حال اگر جرم یک هسته کامل هلیوم اندازه‌گیری شود، جرم دیگری مانند M' به‌دست می‌آید که از M کوچک‌تر است، یعنی:

$$\Delta M = M' - M$$

که مقدار کاهش جرمی است که از رابطه $E = Mc^2$ به‌دست می‌آید و هم‌تراز انرژی پیوندی (E_b) است. هرچه انرژی پیوندی (E_b) هسته‌ای بیش‌تر باشد، یعنی برای واپاشی آن انرژی بیش‌تری نیاز است. به بیان دیگر هرچه انرژی پیوندی هسته بیش‌تر باشد، هسته پایدارتر است.

در شکل زیر محور عمودی انرژی پیوندی هسته و محور افقی عدد جرمی را نشان می‌دهد. این منحنی نشان می‌دهد که هسته‌های با جرم متوسط پایدارتر از هسته‌های با جرم سنگین هستند. هسته‌های ناپایدار نیز ممکن است از نوع سبک یا سنگین باشند.



نمودار انرژی پیوندی هسته‌ها برحسب عدد جرمی آن‌ها

پرتو ایکس و رادیولوژی تشخیصی

ماهیت و تولید پرتو ایکس

پرتو ایکس قسمتی از امواج الکترومغناطیس است که در سال ۱۸۹۵ توسط ویلهلم رونتگن فیزیکدان آلمانی در حین بررسی‌های رفتار پرتو کاتدیک کشف شد. رونتگن خواص این پرتو را بررسی کرد و در مقاله‌ای آزمایشات خود را بیان نمود و در نهایت اولین جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۰۱ به وی اعطاء گردید. او اولین تصویر رادیولوژی تشخیصی را از انگشتان دست همسرش به دست آورد و از همان زمان این روش به عنوان یک روش تشخیصی مورد توجه بشر قرار گرفت. برخی بر این باورند که او از اثرات سوء پرتوهای ایکس مطلع بوده است و برای همین منظور از انگشتان دست خود تصویربرداری با پرتو ایکس انجام نداده است.

پرتو ایکس به طور طبیعی می‌تواند از برخی از هسته‌های پرتوزا به عنوان واکنش ثانویه گسیل شود.

این پرتو تک انرژی بوده ولی شدت آن برای استفاده در رادیولوژی کافی نیست. بنابراین، پرتو ایکس به طور مصنوعی در دستگاه‌هایی به نام لوله‌های مولد پرتو ایکس تولید می‌شود. اولین بار دانشمندی به نام کولیچ، دستگاهی برای تولید پرتو ایکس ساخت که به نام او ثبت شد. لوله کولیچ عبارتست از یک محفظه‌ای شیشه‌ای که درون آن خلاء کامل بوده و حاوی دو الکتروود مثبت و منفی است که الکترون‌ها توسط (الکتروود منفی) کاتد تولید شده و توسط اختلاف پتانسیلی که بین کاتد و آند برقرار است، به سوی آند حرکت کرده و در نتیجه برخورد آن‌ها باند انرژی الکترومغناطیسی در محدوده پرتو ایکس تولید می‌شود.

امروزه تمامی مولدهای پرتو ایکس براساس این تعریف پایه‌گذاری شده‌اند: «هرگاه الکترون‌های سریع‌السیر به مانعی برخورد کنند، در لحظه توقف بیش از ۹۹٪ انرژی الکترون به گرما و کم‌تر از ۱٪ آن به پرتو ایکس تبدیل می‌شود.» پس براساس این تعریف می‌توان اجزای مختلف مولدهای پرتو ایکس را توضیح داد.

مولد پرتو ایکس

اجزای مختلف مولد پرتو ایکس که در شکل زیر نشان داده شده است، عبارتند از:

محفظه شیشه‌ای، منبع موالد الکترون، هدف یا آند و مولد ولتاژ بالا که هر کدام به طور جداگانه توضیح داده می‌شوند.

محفظه شیشه‌ای

هر دو الکتروود (آند و کاتد) داخل این محفظه و در خلاء قرار دارند. اهمیت خلاء این است که اگر هوا داخل آن باشد، در اثر برخورد الکترون‌های شتاب‌دار با گاز داخل آن، الکترون‌های ثانویه‌ای تولید می‌شوند که وجودشان باعث تغییر تعداد الکترون و از آن بارزتر کاهش سرعت الکترون‌های برخوردکننده به هدف شده و در نتیجه باعث تغییرات زیادی در جریان لامپ و انرژی ایکس می‌شوند. سیم‌های رابط در دیواره شیشه‌ای لوله مولد یا لامپ، آب‌بندی شده‌اند.

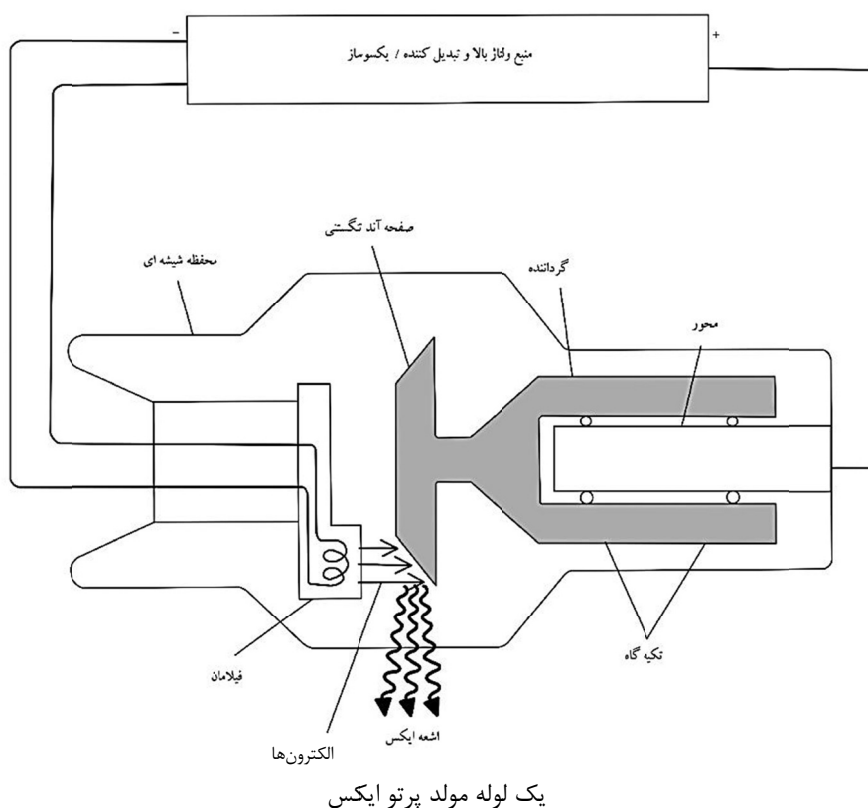
کاتد

کاتد یا فیلامان، الکتروود منفی مولد و منبع تولید الکترون است. فیلامان، سیم تنگستنی است که در اثر عبور جریان گرم شده و براساس تابش گرما یونی یا ترمیونیکی، الکترون تولید می‌کند. برای تولید الکترون، اگر یک رشته ملتهب به جریان الکتریکی وصل شود، بر اثر عبور جریان از آن به اندازه $Q = RI^2t$ گرما حاصل می‌شود. از ویژگی‌های فیلامان داشتن عدد اتمی بالا و نیز نقطه ذوب بالاست که تنگستن (عدد اتمی ۷۴ و نقطه ذوب 3370° درجه سانتی‌گراد) این خاصیت را دارد.

کاتد و آنود روبه‌روی هم قرار گرفته‌اند و برحسب نوع مولد (تشخیصی یا درمانی)، اختلاف پتانسیل بسیار زیادی در حدود چندین کیلوولت (kVp)، بین این دو الکتروود برقرار است. بنابراین الکترون‌های تولید شده در فیلامان جذب آنود شده و در طی فاصله دو الکتروود شتاب می‌گیرند.

جریان لامپ پرتو ایکس که با میلی‌آمپر اندازه‌گیری می‌شود، اشاره به تعداد الکترون‌هایی دارد که در یک ثانیه از فیلامان به طرف آنود جریان دارند (mAs).

برای متمرکز کردن الکترون‌ها از فنجان یا کاسه‌ای که در پشت کاتد است، استفاده می‌شود. اگر فنجان نباشد، الکترون‌ها به علت جرم کم و بار منفی در فضا پراکنده می‌شوند. پس فنجان الکترون‌ها را به سمت آنود کانونی می‌کند.

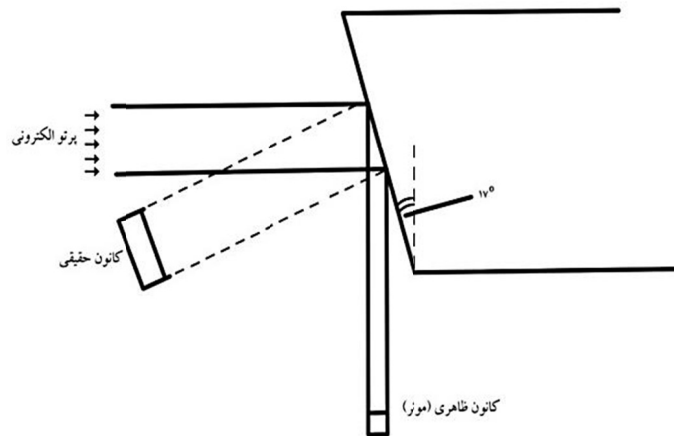


هدف

آند به‌عنوان هدف به‌کار می‌رود. آند دوار یا چرخان است و علت این است که اگر تنها یک نقطه از آند مورد تابش الکترون باشد، در اثر تولید گرما، ذوب و سوختن می‌شود. پس آند می‌چرخد تا تمام سطح آن مورد تابش قرار گیرد. چرخش آند بین ۱۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه است (بستگی به نوع لامپ پرتو ایکس دارد). به سطحی که از آن در هر لحظه تحت تابش الکترون قرار می‌گیرد، سطح کانونی حقیقی یا ظاهری گویند.

تنگستن به دلیل بالا بودن عدد اتمی آن باعث افزایش کارایی تولید پرتو ایکس می‌شود و از طرفی هم به علت داشتن نقطه ذوب بالا قادر به تحمل حرارت زیاد می‌باشد. برای این که تصویر رادیولوژی تیز (واضح) باشد، بایستی پرتوها از ناحیه بسیار کوچکی از آند گسیل شوند. از طرفی دیگر، هدف تنگستن باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا اجازه سرد شدن اطراف کانون (محل گسیل فوتون‌ها از آند) را بدهد. استفاده از آند چرخان، سطح تحت بمباران الکترون‌ها را بدون تغییر در اندازه چشمه پرتو ایکس افزایش می‌دهد. با این روش گرمای ایجاد شده در زمان تابش بر روی سطح بزرگی از آند پخش می‌شود.

از ویژگی‌های آنند، ساختار دیسک تنگستنی آن است که با لبه زاویه‌دار حول یک محور می‌چرخد. ساختار آنند با زاویه‌دار بودن آن باعث می‌شود تا پرتو تولید شده به‌خوبی کانونی شود، در غیر این صورت الکترون‌ها منعکس می‌شوند. به مقدار کانونی شدن پرتو ایکس که از هدف بیرون می‌آید، کانون موثر گویند. برای بهتر کانونی شدن پرتو، زاویه آنند باید بین 20° – 15° درجه باشد که بهترین حالت آن 17° درجه است (شکل زیر).

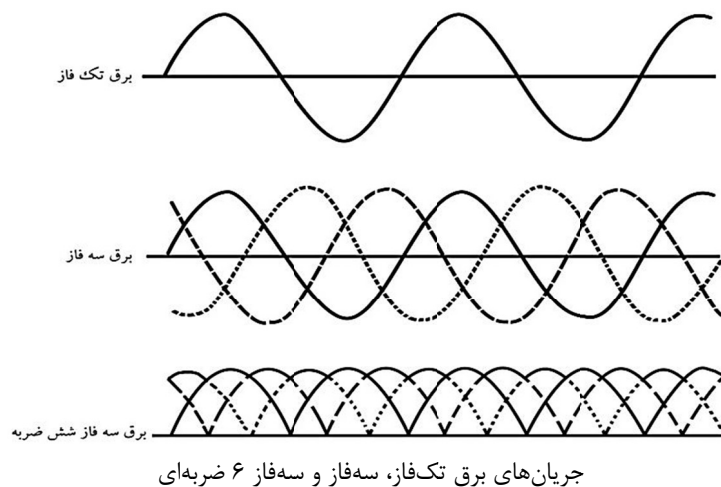


زاویه آنند، کانون حقیقی و کانون موثر

هرچه زاویه آنند کوچک‌تر باشد، در نتیجه اثر پاشنه آنند که در قسمت‌های بعدی شرح داده می‌شود، مشهودتر است. آنند بر روی شاسی از جنس مس سوار است که آن را می‌چرخاند. در اثر برخورد الکترون به آنند گرمای زیادی تولید می‌شود، پس جنس شاسی باید رسانای گرما باشد. دستگاه خنک‌کننده نیز در پشت شاسی قرار دارد تا گرمای تولید شده را خنک کند.

مولد ولتاژ بالا

یک مولد، انرژی الکتریکی مورد نیاز مولد پرتو ایکس را فراهم می‌کند. هر مولد دو منبع انرژی یکی برای گرم کردن فیلامان (مدار ولتاژ پایین) و دیگری برای شتاب دادن به الکترون‌ها (مدار ولتاژ بالا) نیاز دارد. در ولتاژهای کم، الکترون‌ها بسیار سریع‌تر از کاتد گسیل می‌شوند تا این‌که شتاب گرفته و به هدف برسند و در نهایت باعث ایجاد یک ابر الکترونی در اطراف کاتد می‌شوند که به آن فضای بار گویند که از تولید الکترون‌های اضافی توسط کاتد جلوگیری می‌کند. دو نوع جریان در مولد پرتو ایکس وجود دارد. برای این‌که آهنگ ثابتی از الکترون‌ها به آنند بتابد تا آهنگ ثابتی از پرتو ایکس حاصل شود، از دو راهکار یکی از دیود یا یکسوکننده و دیگری از برق ۳ فاز یا ۶ یا ۱۲ ضربه‌ای در مدار الکتریکی مولد استفاده می‌شود (شکل زیر).



هدف از به‌کارگیری دیود یا یکسوکننده تمام موج جریان این است که جریان الکتریکی متناوب (برق شهر) را که دارای سیکل‌های مثبت و منفی است به سیکل‌های مثبت تبدیل کرده و سیکل‌های منفی را حذف نماید. برق ۶ فاز یا ۱۲ ضربه‌ای نیز می‌تواند فاصله بین سیکل‌ها را کم کرده یا به عبارتی فرکانس را افزایش دهد تا این‌که همیشه جریان یکنواختی (تقریباً مثل جریان مستقیم که میرایی ندارد) را حاصل نماید و در نتیجه الکترون‌ها با آهنگ ثابتی بتوانند به آنند برخورد کرده و پرتو ایکس یکنواختی تولید کنند.

دوزیمتر کالریمتر

جذب انرژی از پرتوهای یون‌ساز سبب ایجاد گرما در مواد می‌شود. با اندازه‌گیری افزایش دما ماده‌ای که تحت تابش قرار گرفته است، می‌توان دوز جذب شده در آن را اندازه‌گیری کرد. این روش دوزیمتری حساسیت بسیار پایینی دارد، به عبارت دیگر دوزهای کم را نمی‌توان با این روش اندازه‌گیری نمود. همچنین روشی بسیار کند است. از سوی دیگر دقت اندازه‌گیری در این روش بسیار بالاست، لذا این روش در کارهای روزمره کاربرد ندارد و فقط در آزمایشگاه‌های استاندارد، جهت درجه‌بندی (کالیبراسیون) دیگر دوزیمترها استفاده می‌شود.

دوزیمتر ترمولومی‌نسانس (TLD)

در یک کریستال خالص، الکترون‌ها می‌توانند بین ظرفیت و هدایت جابه‌جا شوند. بالاترین باند انرژی که به وسیله الکترون‌ها اشغال می‌شود، باند ظرفیت و پایین‌ترین باند خالی از الکترون را باند هدایت می‌نامند. بین باند ظرفیت و باند هدایت یک فاصله ممنوعه انرژی به نام ناحیه ممنوعه وجود دارد. اگر یک الکترون باند ظرفیت، انرژی کافی دریافت کند و به باند هدایت برود یک جای خالی در باند ظرفیت بر جای می‌گذارد. این جای خالی را حفره گویند. اگر کریستال همراه با ناخالصی باشد، ناخالصی‌های موجود در کریستال تغییراتی در باندهای انرژی ایجاد می‌کنند. این تغییرات سبب می‌شوند که در ناحیه ممنوعه بین باند ظرفیت و هدایت، سطوح مجاز انرژی جدیدی پدید آید. در چنین وضعیتی اگر کریستال تحت تابش پرتو قرار گیرد، الکترون باند ظرفیت، انرژی کافی برای رسیدن به باند هدایت را پیدا می‌کند (شکل زیر). این الکترون می‌تواند در باند هدایت حرکت کند و سپس به باند ظرفیت و یا یکی از سطوح انرژی جدید که میان باند ظرفیت و هدایت به وجود آمده است و یا یک تله انتقال یابد. اگر این انتقال همراه با تابش نور باشد به آن فلورسانس گویند. اگر عمق تله زیاد نباشد، الکترون می‌تواند در دمای اتاق، انرژی کافی برای خارج شدن از تله دریافت کند و به باند هدایت رفته و از آن‌جا به باند ظرفیت برگردد. ولی اگر تله عمیق باشد، فقط در دماهای بالا امکان خارج شدن الکترون از تله وجود دارد. در این صورت نیز بازگشت الکترون از باند هدایت به باند ظرفیت توأم با تابش نور است. به این فرایند ترمولومی‌نسانس گرفته می‌شود. هرچه ناخالصی کریستال بیش‌تر باشد، اثر ترمولومی‌نسانس نیز بیش‌تر خواهد بود.



حالت‌های تحریک، هدایت و در تله افتادن الکترون در کریستال‌های همراه با ناخالصی

کریستالی را که دارای خاصیت ترمولومی‌نسانس است (لیتیم فلوراید، LiF) را تحت تابش قرار داده و سپس در دستگاه خوانش TLD آن را تا دمای معینی گرم کرده، مقدار نور خروجی از آن که متناسب با دوز جذب شده توسط کریستال است، اندازه گرفته می‌شود. حرارت دادن به آن باعث خواهد شد که دوزیمتر به وضعیت قبل از پرتوگیری بازگردد و برای پرتوگیری‌های بعدی آماده شود. لذا، از یک TLD می‌توان بارها در دوزیمتری استفاده نمود. این دوزیمترها نسبت به فیلم بچ گران‌تر هستند و در پزشکی هسته‌ای، برای دوزیمتری اندام‌ها استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال، پرتوکاران در جریان آماده‌سازی و تجویز رادیوداروها از انگشترهای حاوی TLD استفاده می‌کنند.

دوزیمترهای شیمیایی

ویژگی‌های شیمیایی بعضی از مواد در اثر جذب پرتوهای یون‌ساز تغییر می‌کند. از آن‌جایی که مقدار این تغییرات متناسب با دوز جذب شده است، از این ترکیبات نیز می‌توان به‌عنوان دوزیمتر استفاده نمود. دوزیمتر فریک و فیلم فتوگرافیک دو نوع از این دوزیمترها هستند که کاربرد بیش‌تری دارند.

دوزیمتر فریک شامل محلول سولفات فروس است. در اثر جذب پرتوهای یون ساز، یون های Fe^{+2} به Fe^{+3} تبدیل می شوند. با اندازه گیری مقدار Fe^{+3} تولید شده، مقدار دوز جذب شده اندازه گیری می شود.

دوزیمتر فیلم فتوگرافیک درواقع همان فیلم عکاسی با امولسیون برمید نقره است که به وسیله یک پوشش کاغذی از نور محافظت می شود. پرتوهای یون ساز به وسیله کریستال های برمید نقره موجب آزاد شدن نقره فلزی و تغییر رنگ فیلم پس از ظهور و ثبوت می شوند. با سنجش مقدار سیاهی ایجاد شده روی فیلم، می توان مقدار دوز جذب شده را اندازه گیری کرد. برمید نقره نسبت به یافت نرم بدن، پرتوهای کم انرژی را بیش تر جذب می کند. در نتیجه دوز جذب شده در آن بیش از مقداری است که از جذب همان مقدار پرتو در بافت رخ می دهد. لذت، بر روی آن فیلتری با عدد اتمی بالا قرار داده می شود تا فوتون های با انرژی کم را بیش از رسیدن به فیلم جذب کند.

فیلم بج

فیلم بج همان دوزیمتر فتوگرافیک است و تشکیل شده است از یک قطعه فیلم که درون یک پوشش کاغذی قرار دارد. پوشش کاغذی نیز درون یک حفاظ پلاستیکی قرار می گیرد تا کاملاً از نور محافظت شود. فیلم و حفاظ آن در یک قاب پلاستیکی به نام بج قرار می گیرند. بج را می توان به لباس نصب نمود و معمولاً به قسمتی از بدن نصب می شود که بیش تر در معرض پرتو قرار می گیرد و یا به پرتو حساس تر است. بج دارای فیلترهای فلزی (سرب، مس و آلومینیوم) است و نقش این فیلترها، جذب پرتوهای کم انرژی است. از مزایای فیلم بج نسبت به دیگر دوزیمترهای فردی است که مقدار دوز جذب شده پرتوکاران بر روی آن ثبت می شود و امکان نگهداری آن در پرونده پرتوکاران وجود دارد. همچنین ارزان است و استفاده از آن نیز آسان می باشد.

بزرگ ترین عیب فیلم بج، عدم امکان ارزیابی مقدار دوز جذب شده در همان لحظه پرتوگیری است. از دیگر معایب آن حساسیت به گرما و رطوبت است.

۱۲۲

دوزیمترهای جیبی

مهم ترین عیب دوزیمترها TLD و فیلم بج، عدم امکان قرائت هم زمان است. برای رفع این مشکل از دوزیمترهای جیبی که مقدار دوز را به طور هم زمان نشان می دهند، استفاده می شود. یک دوزیمتر جیبی (اتاقک یون ساز جیبی) دارای یک رشته ی نازک کوارتز است.

در اثر برخورد پرتو، هوای داخل آشکارساز یونیزه می شود، بنابراین مقداری از بار مثبت هوای اتاقک، خنثی و نیروی دافعه کولنی آن کاهش می یابد و در نتیجه، رشته ی کوارتز به فریم نزدیک می شود. این جابه جایی در خروجی یا صفحه نمایش آن به عنوان مقدار دوز پرتو خوانش می شود. کالیبره کردن دوزیمترها یکی از الزامات اساسی دوزیمتری و برنامه کنترل کیفی است. کالیبراسیون به معنی درجه بندی آن هاست، به طوری که مقدار خوانش با کمیت اندازه گیری متناسب باشد.

خلاصه ای از روش های دوزیمتری فردی، محدوده کاری و مورد استفاده آن ها در جدول زیر آورده شده است:

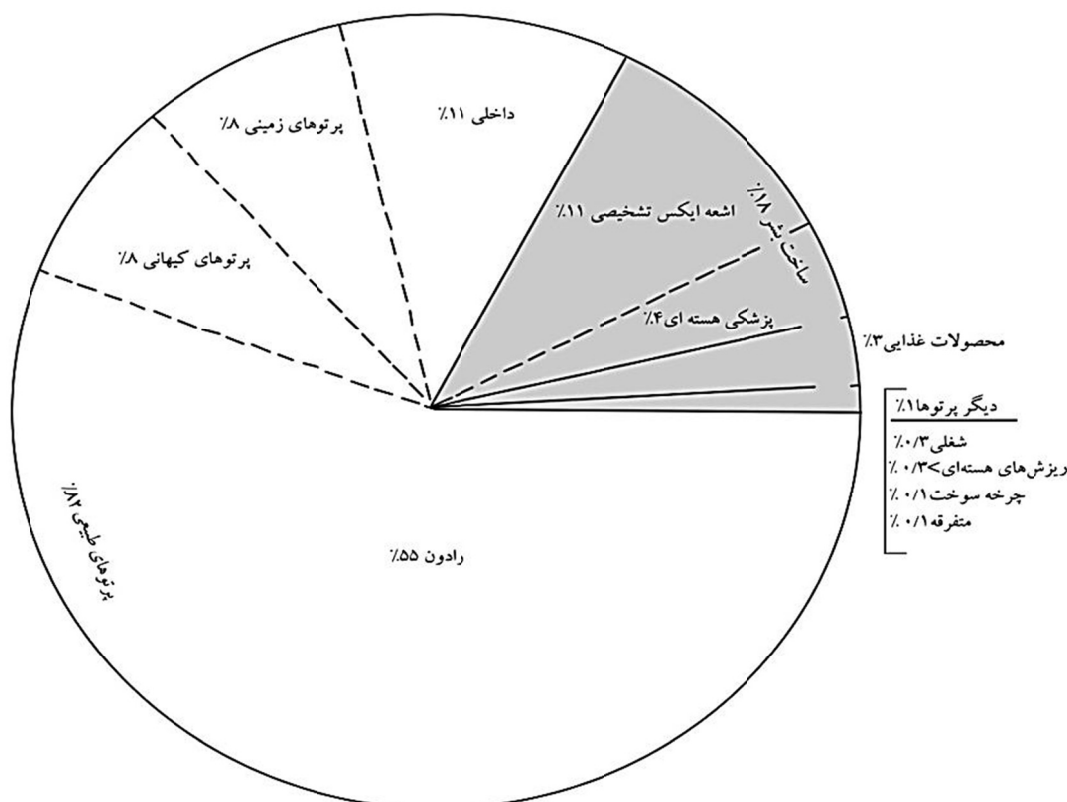
خلاصه ای از روش های دوزیمتری فردی

روش	اندازه گیری	محدوده ی مفید	مورد استفاده
فیلم بج	β, γ, x	$0.1 \text{ mSv} \sim 15 \text{ Sv} (\gamma, x)$ $0.5 \text{ mSv} \sim 10 \text{ Sv} (\beta)$	در مراکز پرتو تشخیصی
TLD	β, γ, x	$0.1 \text{ mSv} \sim 1000 \text{ kSv}$	دوزیمتری بیمار و فانتوم
دوزیمتر جیبی	γ, x	$10 \sim 100 \text{ rem}$	دوزیمتری خاص (آنژیوگرافی)

منابع پرتوهای یون ساز

به طور کلی انسان در محیط زیست خود تحت پرتوگیری مستمر قرار دارد. این پرتوها به صورت مصنوعی یا طبیعی می باشند. منابع پرتوهای طبیعی عمدتاً به دو گروه پرتوهای ناشی از منابع پرتوزای طبیعی موجود در پوسته زمین و پرتوهای کیهانی که از فضای خارج از جو به سطح زمین می رسند، تقسیم می شوند، به طوری که سهم مربوط به رادیونوکلئیدهای موجود در پوسته زمین بیش تر است (شکل زیر). پرتوهای کیهانی که به زمین می رسند، برحسب ارتفاع مناطق متفاوت اند. در مناطق با ارتفاع کم تر، مقدار پرتو کم تری به سطح زمین می رسد. چون ارتفاع جو در این مناطق بیش تر است و مقدار بیش تری از

پرتوهای کیهانی توسط آن جذب می گردند. پرتوهای زمینی، ناشی از عناصر موجود در قشر و پوسته زمین است که براساس عناصر سازنده خاک و سنگ، مقدار پرتوهای زمینی در نقاط مختلف دنیا نیز متفاوت است. در این ارتباط مطالعات زیادی در سرتاسر دنیا انجام شده است و نقشه های پرتوی برای کشورهای مختلف به دست آمده است.



مقدار پرتوهای مختلف که بشر در معرض آن ها قرار دارد.

پرتوگیری ناشی از منابع طبیعی به دو صورت خارجی و داخلی انجام می گیرد در پرتوگیری خارجی پرتوهای طبیعی از خارج بدن انسان را تحت تابش قرار می دهند، ولی در پرتوگیری داخلی مواد رادیواکتیو از طریق خوردن، آشامیدن و تنفس وارد بدن می شوند.

منابع پرتوزای مصنوعی شامل تولید مواد رادیواکتیو مصنوعی در رآکتورها، منابع تولید پرتوهای ایکس و گاما است. امروزه با توسعه فناوری های تشخیصی و درمانی و با کاربرد روزافزون آن ها در پزشکی باعث شده است که سهم آن ها از کل پرتوگیری تا نزدیک به ۳۰٪ هم برسد.

نتایج تحقیقات حاصل از بازماندگان بمباران هیروشیما، رادیولوژیست های نسل اول و دوم آمریکا در کمیته بین المللی حفاظت در برابر پرتو (ICRP) جمع آوری و دوزهای مجاز و غیرمجاز برای افراد پرتوکار ارائه می شود. گرچه دوز کم پرتو هم می تواند خطرناک باشد؛ ولی به خاطر نیاز به پرتو، دوز محدود شده یا مجاز تعیین می گردد. هدف این کمیته از وضع محدودیت های دوز این است که مقادیر بالاتر از آن ها، عواقب ناشی از آن برای شخص زیان آور و غیرقابل قبول می داند.

مقادیر دوز معادل مجاز برای پرتوکاران و عموم مردم در جدول زیر آورده شده است:

مقادیر دوز موثر سالیانه (mSv) مجاز برای پرتوکاران و عموم مردم

عضو	پرتوکار	عموم مردم
عدسی چشم	۱۵۰	۱۵
پوست	۵۰۰	۵۰
دست و پا	۵۰۰	۷۵

بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

سوالات تألیفی

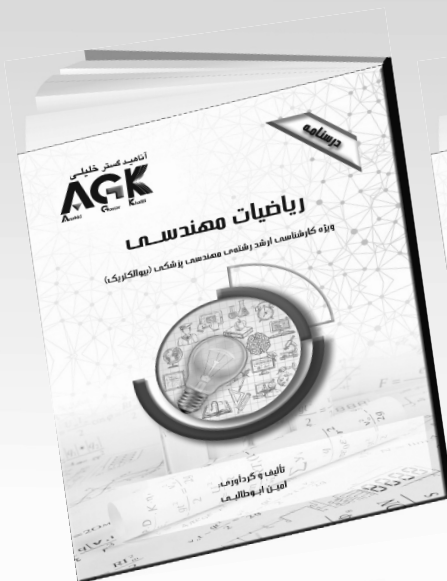
تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

بانک سوالات

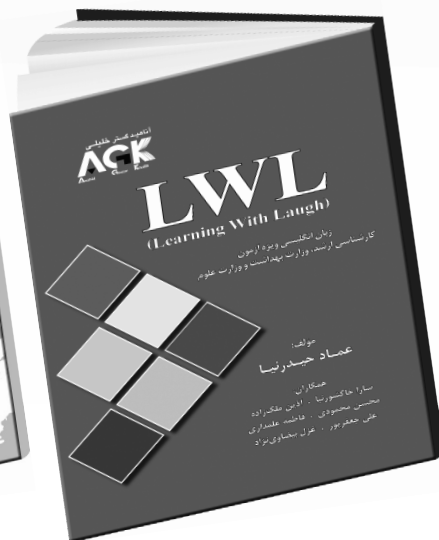
جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

شماره تماس با نمایندگی‌های فعال و رسمی آناهید گستر خلیلی

شماره تماس	نمایندگی	شماره تماس	نمایندگی
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲	شیراز (آقای فروردین/ خانم هوشمندی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۵۰	اراک (آقای حسینی)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۲	فسا (خانم شعبانی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۸	اردبیل (خانم عاصمی زاده)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۹	قزوین (خانم چگینی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۱	ارومیه (آقای آرمیون)
۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۷	کرج (آقای دکتر علیرضاپور)	۰۹۱۹۶۳۲۱۸۵۲	اسفراین (خانم اسماعیل زاده)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۶	کاشان (خانم صادق پور)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۰	اصفهان (آقای نصری)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸	کردستان (آقای ابراهیمی)	۰۹۱۹۰۹۸۰۳۱۸	ایلام (آقای دکتر بوچانی)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸	کرمانشاه (آقای ابراهیمی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴	اهواز (آقای امین فر)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲	کهکیلویه (آقای فروردین/ خانم هوشمندی)	۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۳	بیرجند (آقای دکتر بهروان)
۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۷	گرگان (آقای شاه‌علی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۷	تبریز (خانم عاصمی زاده)
۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹	مراغه (آقای صمدی)	۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶	جهرم (آقای یاعلی جهرمی)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۴	مشهد (خانم دکتر شجاعی)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۸	خرم‌آباد (خانم میر)
۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹	میاندوآب (آقای صمدی)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۱	زنجان (خانم دکتر هوشیار)
۰۹۱۹۵۷۳۳۲۸۴	هرمزگان (آقای زارعی)	۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۴	ساری (آقای دکتر اکبری)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۵	همدان (آقای سوری)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۱	سمنان (آقای دکتر سلمانی)
۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۳	یزد (خانم مهندس آزاد)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۹	شهرکرد (خانم تقی پور)

بانک کتاب ناهید



«هر کتابی، از هر انتشاراتی را از ما بخواهید»

✓ جامع‌ترین بانک کتاب

✓ تحویل روزانه

✓ ارسال به تمامی نقاط کشور

✓ سفارش کتاب به صورت تلفنی و آنلاین

www.NIBS.ir



کتاب دانشگاهی، فنی و مهندسی، علوم پزشکی، علوم انسانی، عمومی،
ادبی، مذهبی، کمک آموزشی، کودک و نوجوان و کتاب نفیس

فروشگاه: تهران - خیابان انقلاب - روبه روی درب اصلی دانشگاه تهران

پاساژ فروزنده - طبقه همکف - پلاک ۳۳۱

تلفن: ۶۶۴۸۹۳۷۵ - ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۴۹ - ۰۲۱