فهرست

مقدمه مؤلف ۷

فصل ۱: مبانی فیزیک نور و دیدگانی و کاربردهای آن در پزشکی ۱۱

امواج الکترو مغناطیس ۱۱

انواع لیزرها ۶۶

فصل ۲: مبانی فیزیک صوت و کاربردهای آن در پزشکی ۷۱

بخش اول: تعاریف امواج فراصوتی ۷۱

انتشار ۷۱

معادله موج ۷۲

نواحی فشردگی و انبساط ۷۲

انواع موج ۷۳

ویژگی‌های امواج فراصوت ۷۴

بخش دوم: برهم‌کنش‌های امواج فراصوت با بافت ۷۵

بخش سوم: تولید و آشکارسازی امواج فراصوتی ۸۴

روش‌های کانونی‌کردن ۹۶

بخش چهارم: روش‌های تک‌موج یا روش پژواک پالسی ۹۷

اسکن روشنایی ایستا ۱۰۳

بخش پنجم: مبدل‌های بلادرنگ و اسکن بلادرنگ ۱۰۵

آرایه خطی ۱۰۸

بخش ششم: روش داپلر و دستگاه‌ها ۱۱۴

موج پیوسته ۱۱۶

بخش هفتم: اثرات بیولوژیکی امواج فراصوت ۱۲۰

www.sanjeshnovin.com

اثر حفره‌سازی ۱۲۱
فصل ۳: کاربرد امواج پرفرکانس در درمان ۱۲۵
کاربرد امواج پرفرکانس در درمان ۱۲۵
فصل ۴: اشعه ایکس و کاربردهای آن در پزشکی ۱۴۵
بخش اول: تولید اشعه ایکس ۱۴۵
بخش دوم: اجزاء دستگاه رادیولوژی ۱۵۵
بخش سوم: جذب و پراکندگی اشعه ایکس در بافت ۱۶۵
بخش چهارم: جذب افتراقی اشعه ایکس در بدن و عوامل موثر در آن ۱۷۵
بخش پنجم: تشکیل تصویر در رادیولوژی ۱۸۱
بخش ششم: کیفیت تصویر در رادیولوژی ۱۸۷
بخش هفتم: مباحث ویژه ۱۹۱
فصل ۵: پزشکی هسته‌ای ۱۹۷
بخش اول: هسته‌ها و فرآیندهای پرتوزا ۱۹۷
بخش دوم: برهم‌کنش ذرات و پرتوهای پرانرژی با ماده ۲۰۸
عوامل مؤثر در برد ذرات باردار ۲۰۹
بخش سوم: رادیواکتیویته ۲۱۱
بخش چهارم: تولید رادیونوکلوئیدها ۲۱۹
بخش پنجم: رادیوداروها ۲۲۹
بخش ششم: کاربرد مولکول‌های نشاندار (روش‌های in vitro و in vivo) ۲۳۱
بخش هفتم: آشکارسازی پرتوها ۲۳۹
بخش هشتم: دستگاه‌های نگاره‌برداری در پزشکی هسته‌ای ۲۴۸
بخش نهم: توموگرافی نشری پوزیترون PET ۲۵۴
فصل ۶: زیست‌شناسی پرتو و حفاظت ۲۵۹
بخش اول: زیست شناسی پرتوی ۲۵۹
بخش دوم: پرتودرمانی ۲۸۶
بخش سوم: حفاظت در برابر پرتوها ۲۹۸
فصل ۷: لیزر و کاربردهای آن در دندانپزشکی ۳۱۹
مقدمه ۳۱۹
کاواک (تشدید کننده لیزری) ۳۲۳
مراجع ۳۴۵

www.sanjeshnovin.com

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 به‌دلیل محدودیت تعداد واحدهای تعیین‌شده و ساعات تدریس، از طرح مباحث جدیدی ازجمله دستگاه‌های تخصصی تشخیصی مانند: آنژیوگرافی، MRI، ماموگرافی، و نیز دستگاه‌ها و روش‌های رادیوتراپی، لیزر، و تکنیک‌های جدید پزشکی هسته‌ای خودداری شده است.

به‌عنوان راه‌کاری موفق در رفع برخی از کاستی‌های برنامه آموزشی موجود، فهرست پیوست به‌عنوان فهرست سرفصل‌های پیشنهادی دروس نظری پیشنهاد شده است که مواد این سرفصل‌ها نیز مجموعاً در کتاب حاضر آورده شده است. جهت آشنایی عملی دانشجویان با دستگاه‌ها، بازدید هفتگی یک‌ساعته 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 به‌عهده 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 به‌عنوان 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.

www.sanjeshnovin.com

فصل ۱

مبانی فیزیک نور و دیدگانی و کاربردهای آن در پزشکی

امواج الکترو مغناطیس

موج الکترومغناطیس بر اســاس حرکت شتابدار یک بار الکتریکی در یک هادی تولید می‌شود. بر اثر حرکت غیر یکنواخت بار الکتریکی میدان الکتریکی متغیر ایجاد می‌شود که این میدان به نوبه خود میدان مغناطیسی متغیر القا می‌کند. چون میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی متقابلا یکدیگر را حفظ می‌کنند، موج نیازمند هیچ محیطی برای انتشار ندارد و به آسانی در خلا انتشار می‌یابد.

انرژی و بردار پوئینتینگ

تابش موج الکترومغناطیســی منجر به انتقال انرژی به جســم می‌شود. مقدار انرژی رسیده به واحد سطح جسم را با بردار S نمایش می‌دهند. این بردار موسوم به پوئینتینگ (Poynting) بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu}\vec{E} \times \vec{B} \qquad (۱-۱)$$

در معادله ۱، $\vec{E}$ بردار نوســان کننده الکتریکی، $\vec{B}$ بردار نوســان کننده مغناطیسی و μ پذیرای الکتریکی است که میان این دو بردار در خلا رابطه E=Bcfυ برقرار است. هر گاه معادله فوق را برای امواج پیشرونده $\vec{E}$ و $\vec{B}$ به کاربریم، $\vec{E} \times \vec{B}$ و بنابراین $\vec{S}$ با راستای انتشار نور هم امتداد می‌باشد. اندازه متوسط $\vec{S}$ از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\overline{S} = \frac{1}{2\mu}E_m B_m \qquad (۱-۲)$$

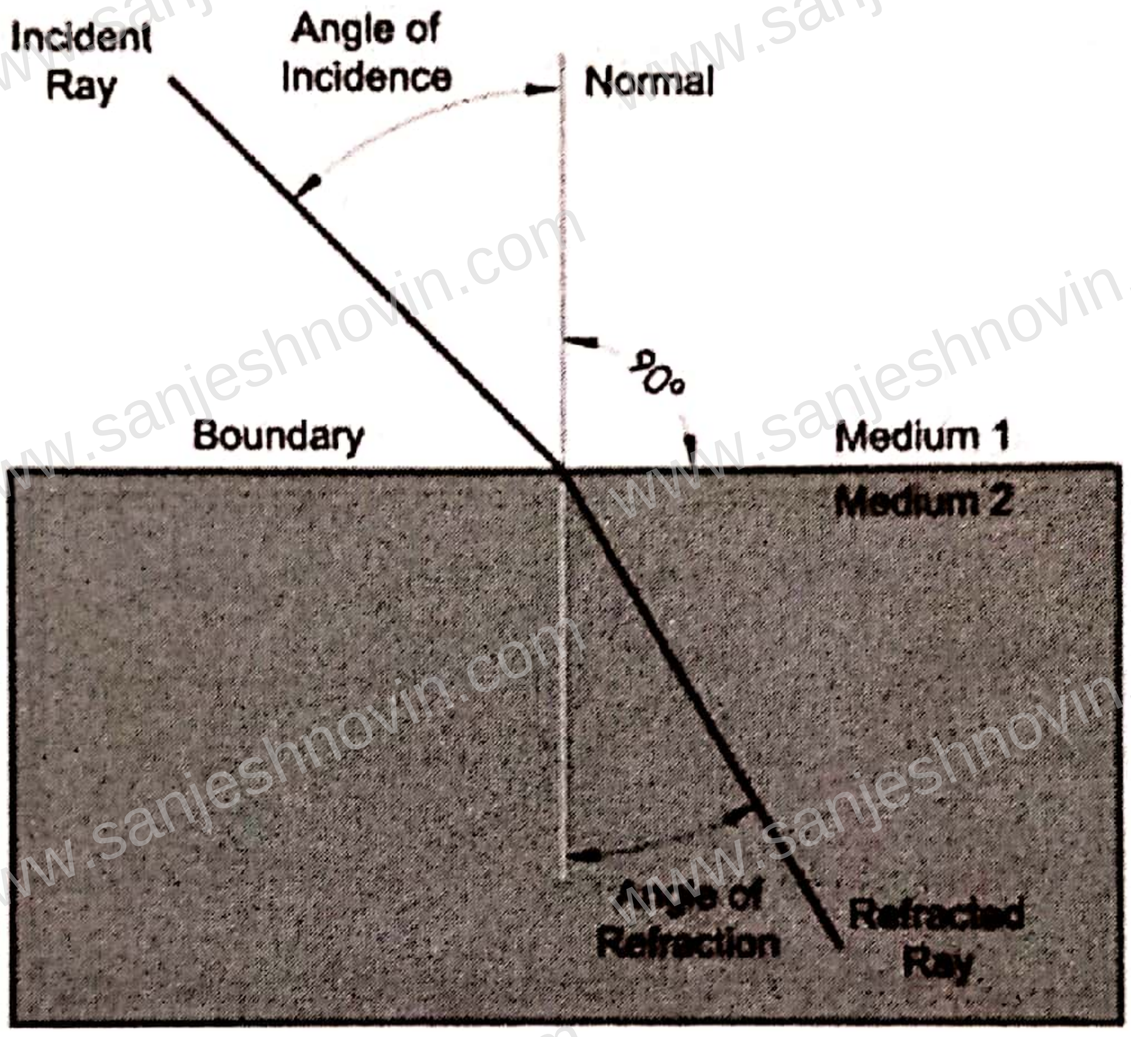
زیرا میانگین مربع تابع سینوسی در یک دوره برابر یک دوم می‌باشد.

مسئله: دامنه‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی نور یک چشمه ۱۰۰۰ واتی در فاصله یک متری

شکست

در پدیده شکست موج به سطح یک ماده شفاف برخورد می‌کند، بخشی از آن بدرون ماده نفوذ می‌کند و امتداد انتشار آن نسبت به خط عمود بر سطح دور می‌شود. در شکل ۸-۱، زاویه فرود θ_1 زاویه شکست θ_2 هستند. دراین شکل پرتو فرودی از محیط ۱ هوا وارد محیط ۲ شیشه می‌شود. زاویه شکست از رابطه اسنل بدست می‌آید:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \qquad (۱-۷)$$



شکل ۸-۱ نمایشی با استفاده از پرتو. زاویه فرود را θ_1 و شکست را θ_2 در نظر بگیرید.

در رابطه اسنل مهم ترین پارامتر ضریب شکست است. ضریب شکست یک ماده از نسبت تندی پرتو نوری در خلا (c) به تندی نور در ماده (v) بدست می‌آید:

$$n = \frac{c}{v} \qquad (۱-۸)$$

در جدول یک ضرایب شکست چند ماده مشاهده می‌شوند

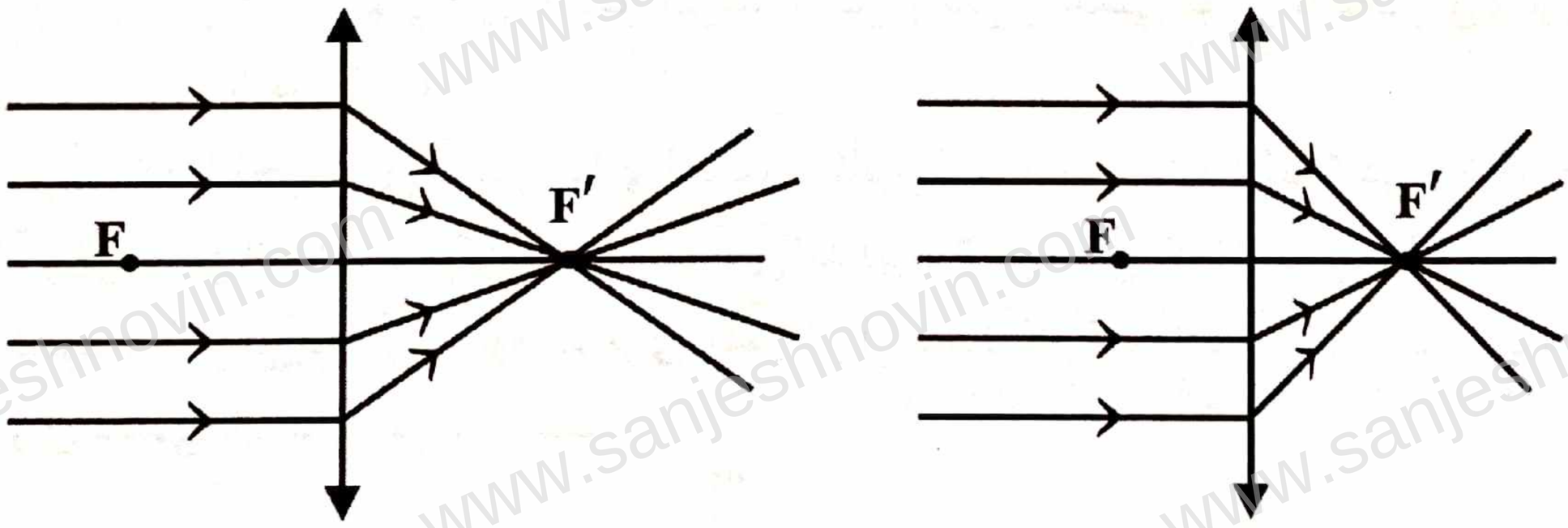
جدول ۱-۱ ضریب شکست مواد ختلف در طول موج ۵۵۰ نانومتر

ماده	n*
هوا (با فشار یک اتمسفر)	۱/۰۰۰۲۹
آب	۱/۳۳
اتیل الکل	۱/۳۶
روغن	۱/۴۸

شکل ۱۷-۱: کانون در عدسی محدب، کانون در عدسی مقعر

اگر یک‌دسته پرتو نوری موازی به یک عدسی بتابند، شعاع‌های شکسته‌شده از نقطه‌ای بنام کانون عدسی (f) می‌گذرند. می‌توان نشان داد که در یک عدسی محدب‌الطرفین، فاصله کانونی عدسی (f) از رابطه‌ی $\frac{۱}{f} = (n-۱)(\frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲})$ به‌دست می‌آید، که در این رابطه n ضریب شکست عدسی و $R_۱$ و $R_۲$ شعاع‌های آن هستند. این معادله به معادله عدسی سازان معروف است و فاصله کانونی عدسی را به ضریب شکست ماده سازنده مرتبط می‌کند.

توان هم‌گرایی یک عدسی با عکس فاصله کانونی آن برابر است $(c = \frac{۱}{f})$. مقدار هم‌گرایی (c) را در عدسی‌های هم‌گرا با علامت مثبت (+) و در عدسی‌های واگرا با علامت منفی (-) نشان داده می‌شود. واحد هم‌گرایی، دیوپتری است. یک دیوپتری، قدرت هم‌گرایی یک عدسی با فاصله کانونی یک متر است (شکل ۱۸-۱).



شکل ۱۸-۱: دو عدسی همگرا با کانون‌های متفاوت

محور نوری عدسی

هر عدسی دارای دو سطح کروی است و هر سطح یک مرکز انحنا ($C_۱$ و $C_۲$) دارد. محوری نوری عدسی خط فرضی است که از دو مرکز انحنای عدسی عبور می‌کند (شکل ۱۹-۱). به نحوی که پرتو نوری عبوری در امتداد محور نوری دچار شکست نمی‌شود.

(Keeney et al,۲۰۰۵). در این نسخه از کلمه OD (Oculus Dexter) یا RE به معنی چشم راست وOS (Oculus Sinister) یا LE به معنی چشم چپ و OU (Oculi Uterque) استفاده می‌شود.

در شـــکل ۶۳-۱ فرمت مربوط به نسخه تجویز عینک برای بیمار مشاهده می‌شود. این جدول شامل قدرت عدسی کروی (sph)، قدرت عدسی استوانه‌ای (cyl)، محور استوانه، بزرگی و جهت منشور برای چشم راست (OD) و چشم چپ (OS) است.

Eye	Sph	Cyl	Axis	Prism	Add
OD	-۴/۰۰	-۰/۵	۱۳۵		+۲/۵۰
OU	-۲/۵				+۲/۵

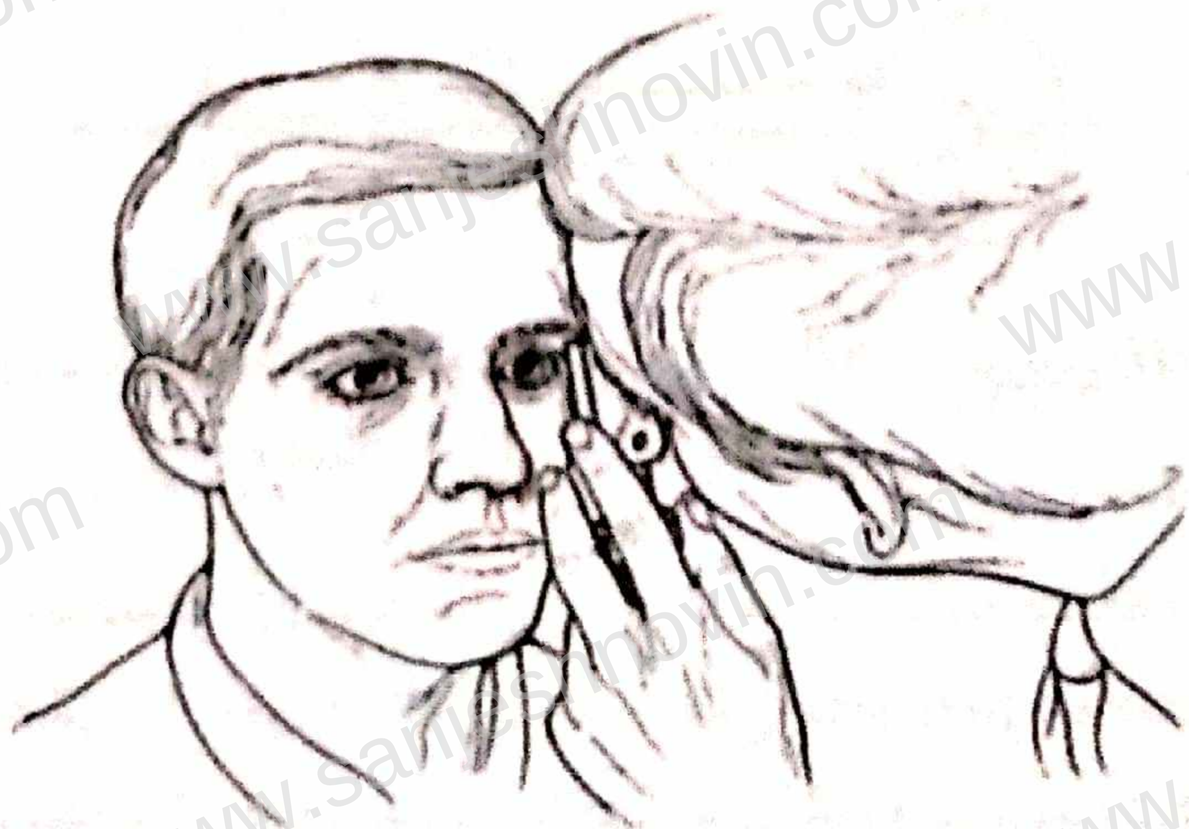
شکل ۶۳-۱ در مورد چشم راست (OD)، عدسی -۴ دیوپتر برای تصحیح نزدیک بینی نیاز است. یک عدسی منفی ۲/۵ دیوپتر و عدســی اســتوانه‌ای با قدرت منفی ۰/۵ دیوپتر با محور تحت زاویه ۱۳۵ نیز برای تصحیح آستیگمات نزدیک بین چشم چپ نیز تجویز شده است. بنابراین تصحیح هر دو چشم (OU) به قدرت مثبت ۲/۵ دیوپتر نیاز دارد.

در قســمت قبلی، ناهنجاری ســاده چشــم و نحوه تصحیح آنها بررسی شــد. در ادامه به روش‌های تشخیص ناهنجاری‌های مذکور پرداخته می‌شود. به همین منظور روش تعیین تیزبینی، رتینوسکوپی و افتالمسکوپی و نحوه کاربرد آنها توضیح داده خواهد شد.

۴- افتالموسکوپی

در افتالمسکوپی، ساختمان داخلی چشم شامل عدسی، شبکیه و عصب نوری توسط افتالمسکوپ مشــاهده و بررسی می‌شود. دو نوع روش افتالموسکوپی مستقیم و غیر مستقیم وجود دارد که در ادامه توضیح داده می‌شود.

افتالموسکوپی مستقیم: در افتالمسکوپی مستقیم، معاینه کننده در فاصله کمی از بیمار قرار می‌گیرد و از وسیله ای به نام افتالمسکوپ برای بررسی شبکیه استفاده می‌کند(شکل ۶۴-۱).



فصل ۲

مبانی فیزیک صوت و کاربردهای آن در پزشکی

بخش اول: تعاریف امواج فراصوتی

صوت انرژی مکانیکی است که در محیط مادی انتشار می‌یابد. نیروهایی که بر مولکول‌ها اعمال می‌شوند، تغییرات متناوبی در فشار محیط (هوا، آب یا آهن) به‌وجود می‌آورند که باعث نوسان این مولکول‌ها حول متوسط موقعیت‌هایشان می‌شود. از آنجائیکه حرکت این مولکول‌ها تکرار می‌شود، کلمه سیکل[1] یا دوره جهت تغییرات متوالی حرکات مولکولی (جابجایی، چگالی، فشار و سرعت ذره) که در فواصل زمانی منظم تکرار می‌گردند، به‌کار گرفته می‌شود.

فرکانس موج صوتی، عبارتست از تعداد نوسانات مولکول در آن موج، در هر ثانیه و یا به‌عبارت دیگر تعداد دفعاتی است که سیکل در هر ثانیه تکرار می‌شود.

امواج صوتی، تغییرات فشاری هستند که گوش انسان می‌تواند آنها را آشکار سازد. این امواج در فرکانس بین ۲۰ تا ۲۰،۰۰۰ سیکل بر ثانیه (c/s) (هرتز (Hz)) نوسان می‌نمایند.

انتشار

هنگامی‌که مولکول‌های در حال ارتعاش، با مولکول‌های مجاورشان برهم‌کنش دارند، تغییرات متناوب فشار، از یک مکان به مکان دیگر انتقال می‌یابد. لغت انتشار بیانگر این انتقال به نواحی دور از منبع صوت است.

امواج صوتی ذاتاً مکانیکی هستند، اما تنها به انتشار در هوا محدود نمی‌گردند. امواج صوتی، از نوع تابش الکترومغناطیس مانند نور و اشعه x نمی‌باشند. تابش الکترومغناطیس شامل میدان‌های متناوب مغناطیسی و الکتریکی عمود بر یکدیگر می‌باشد که با سرعت نور در خلاء منتشر می‌گردد. انتشار صوت در خلاء اتفاق نمی‌افتد، بدین‌دلیل که منبع مولکولی جهت انتقال ارتعاش وجود ندارد.

فراصوت، امواج مکانیکی با فرکانس بالا می‌باشد که انسان قادر به شنیدن آن نیست. این امواج

---

1. cycle