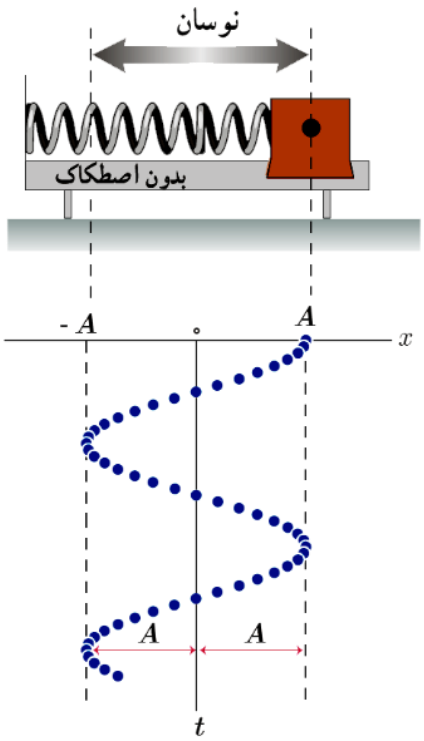
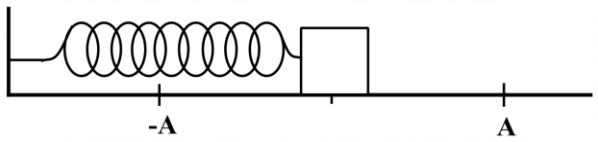
حرکت نوسانی

نوسان دوره‌ای: اگر نوسان‌های انجام شده در یک بازه زمانی معین (دوره) تکرار شوند به آن نوسان دوره‌ای می‌گوییم مانند، نفس کشیدن، ضربان قلب، حرکت یک آونگ.

اگر نوسان‌ها تکرار نشوند، نوسان غیردوره‌ای است. مانند: زلزله.

حرکت هماهنگ ساده: حرکتی تناوبی است که روی مسیر مستقیم با طول معین حول نقطه‌ای واقع بر وسط مسیر به طور رفت و برگشت انجام می‌شود مانند حرکت نوسانی وزنهٔ متصل به فنر و یا نوسان‌های آونگ.





$x_{max} < 0$	$x = 0$	$x_{max} > 0$
$v = 0$	v_{max}	$v = 0$
$F_{max} > 0$	$F = 0$	$F_{max} < 0$
$a_{max} > 0$	$a = 0$	$a_{max} < 0$

دورهٔ تناوب: مدت زمانی که نوسانگر یک نوسان کامل را انجام دهد.

بسامد: تعداد نوسان های نوسانگر در واحد زمان : $f = \frac{1}{T}$

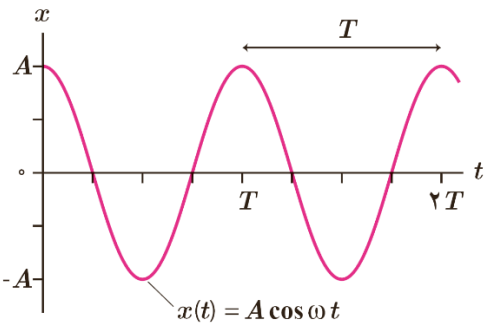
نکته: نوسانگر در مدت یک دوره T، دو بار پاره‌خط را طی می کند و مسافتی معادل 4A را طی می کند.

اگر نوسانگر در مدت t ثانیه، n نوسان کامل انجام دهد:

$T = \frac{t}{n}$ $\quad$ $f = \frac{n}{t}$

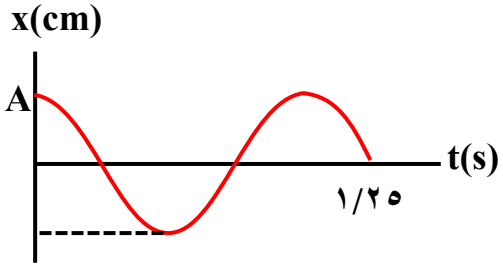
$x = A\cos(\omega t)$ $\quad$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$\omega = 2\pi f$



مثال: نوسانگری روی پاره خطی به طول ۱۰ سانتی‌متر با بسامد ۲۰ هرتز نوسان می‌کند. پس از چه مدت برای اولین بار سرعت آن بیشینه می‌شود؟

مثال: نمودار مکان – زمان حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر به شکل مقابل است:



الف) بسامد زاویه‌ای این نوسانگر را حساب کنید.

ب) در چه مکانی تندی نوسانگر بیشینه است؟

بیشترین سرعت نوسانگر وقتی است که از مبدأ نوسان می‌گذرد و برابر است با:

$$V_{max} = A\omega$$

شتاب در حرکت نوسانی

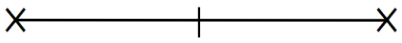
بیشترین شتاب نوسانگر که در دو انتهای مسیر است، برابر است با:

$$a_{max} = A\omega^2$$

شتاب نوسانگر در هر مکان دلخواه به صورت زیر بدست می‌آید:

$$a = -\omega^2 x$$

انرژی نوسانگر: نوسانگر دارای انرژی جنبشی و پتانسیل است و مجموع این انرژی‌ها، انرژی مکانیکی نام دارد. انرژی مکانیکی در تمام نقاط مسیر ثابت است ولی انرژی جنبشی و پتانسیل در نقاط مختلف متفاوت است.



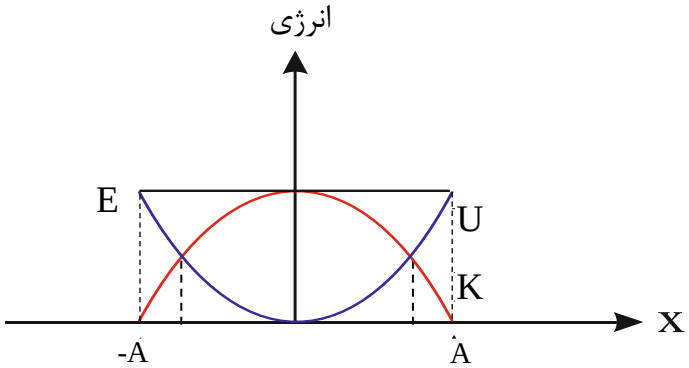
$-A$	0	A
$K=0$	K_{max}	$K=0$
U_{max}	$U=0$	U_{max}
E	E	E

الف) انرژی جنبشی:

$$k=\frac{1}{2}mv^2$$

ج) انرژی مکانیکی:

$$E=U+K=\frac{1}{2}mv_{max}^2=\frac{1}{2}mA^2\omega^2=\frac{1}{2}KA^2$$



مثال: معادلهٔ مکان–زمان یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به‌صورت $x= ۰/۲\cos ۲۰\pi t$ است.

الف) در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۶۰}s$ اندازهٔ شتاب نوسانگر چند متر بر مربع ثانیه است؟

ب) اگر جرم نوسانگر ۲۰g باشد، انرژی مکانیکی آن چند ژول است؟

$(\cos\frac{\pi}{۳}=\frac{۱}{۲}\ ,\ \pi^{۲}=۱۰)$

مثال: معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به‌صورت $x=۰/۴\cos ۱۰\pi t$ می‌باشد.

الف) بسامد نوسان را حساب کنید.

ب) تندی بیشینهٔ نوسانگر را حساب کنید.

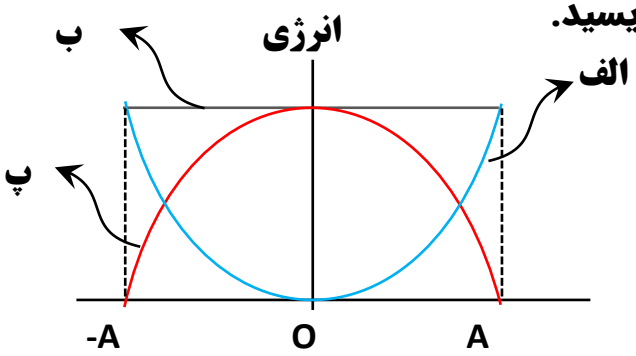
پ) اگر جرم نوسانگر ۴۰۰g باشد، انرژی مکانیکی آن را حساب کنید. (π =۳)

مثال: دامنهٔ نوسان یک نوسانگر جرم – فنر در حرکت هماهمگ ساده ۰/۱m و سختی فنر آن ۱۰۰N/m است. انرژی مکانیکی نوسانگر هنگام نوسان روی یک سطح افقی بدون اصطکاک، چند ژول است؟

مثال: انرژی مکانیکی یک نوسانگر وزنه – فنر که روی سطح افقی بدون اصطکاکی در حال نوسان است برابر ۱۰J و جرم وزنه این نوسانگر ۰/۴kg است. در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی پتانسیل آن است، تندی حرکت نوسانگر چند m/s است؟

مثال: شکل زیر، نمودار تبدیل انرژی در حین حرکت هماهنگ ساده‌ی یک سامانهٔ جرم – فنر روی سطح افقی (بدون اصطکاک) را نشان می‌دهد.

نام هر یک از انرژی‌های «الف، ب و پ» را بنویسید.



مثال: معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ی یک نوسانگر در SI به صورت $x = (۰/۰۵۰m)\cos ۲۰\pi t$ است.

الف) در چه زمانی، پس از لحظه‌ی صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد؟

ب) در چه زمانی، پس از لحظه‌ی صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد؟

دستگاه جرم و فنر

نمونه‌ای از حرکت هماهنگ ساده، دستگاه جرم و فنر است که از فنر سبک با جرم ناچیز و ضریب ثابت k و یک وزنه به جرم M که به انتهای آن متصل است تشکیل شده است.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

سرعت زاویه‌ای دستگاه جرم و فنر مقداری ثابت و فقط به (k ضریب سختی فنر) و (m جرم جسم) بستگی دارد و (A دامنه) و (t زمان) هیچ تاثیری در ω ندارند.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

تعیین دامنه جرم و فنر

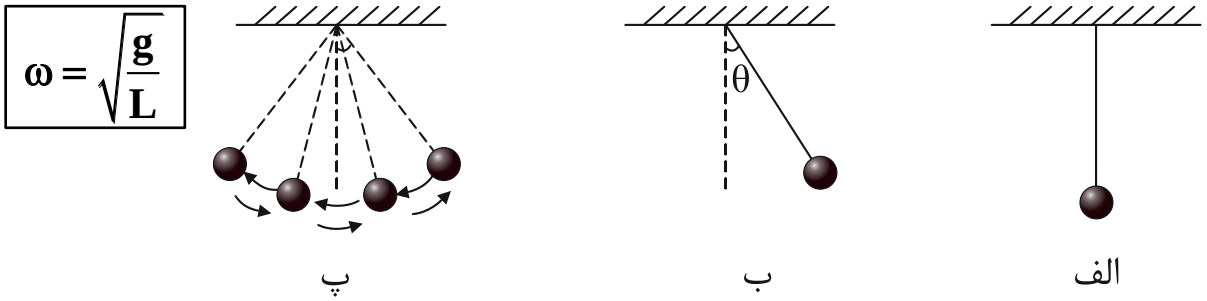
اگر نوسانگر جرم و فنر را از نقطهٔ تعادل که دستگاه در تعادل است، به هر اندازه بکشیم و رها کنیم، دامنه نوسانگر است. پس دامنه به هیچ عاملی بستگی ندارد و فقط توسط ما تعیین می‌شود و با تغییر سایر کمیت‌ها، تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند.

مثال: یک وزنهٔ ۲۰N را از انتهای یک فنر قائم می‌آویزیم، فنر ۲۰cm کشیده می‌شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنهٔ ۵/۰N متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان درمی‌آوریم. دورهٔ تناوب این نوسان چقدر است؟

مثال: هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دورهٔ تناوب ۲/۰s نوسان می‌کند. اگر جرم این جسم ۲/۰kg افزایش یابد، دوره تناوب ۳/۰s می‌شود. مقدار m چقدر است؟

آونگ ساده

آونگ ساده، آونگی است که با دامنه کم نوسان می‌کند ($\theta < ۶^\circ$) با فرض چشم پوشی از مقاومت هوا، حرکت رفت و برگشتی گلوله‌ای آونگ هماهنگ ساده است.

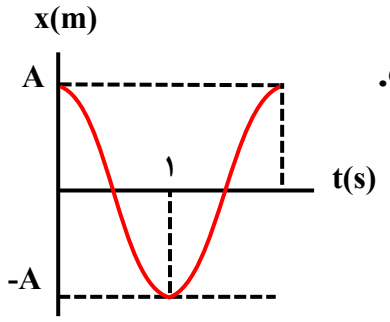


$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

سرعت زاویه‌ای آونگ ساده نقطه به طول ریسمان و شتاب گرانش بستگی دارد. جرم آونگ در مسئله بی‌تأثیر است.

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} \rightarrow \boxed{T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}$$

مثال: نمودار مکان – زمان یک آونگ ساده مطابق شکل است.



الف) طول این آونگ چقدر است؟ $(\pi^2 = 10, g = 10 m/s^2)$

ب) تعداد نوسان‌های این آونگ را در مدت یک دقیقه به دست آورید.

مثال: طول آونگ ساده‌ی ۱۶۰ سانتی‌متر است. تعداد ۵۰ نوسان این آونگ، چند دقیقه طول می‌کشد؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2}, \pi = 3)$

تشدید

هرگاه برجسمی که با دوره تناوب طبیعی خاص خود نوسان می‌کند ضربه‌هایی زده شود که دوره تناوب این ضربه‌ها مضرب صحیحی از دوره تناوب طبیعی جسم باشد دامنه نوسان رفته رفته افزایش می‌یابد. به این پدیده تشدید گویند. بهترین حالت تشدید زمانی است که دوره تناوب ضربه‌ها برابر دوره تناوب تشدید باشد. برای نوسانات میرا نیز نیروی خارجی باعث تداوم نوسان می‌شود و در صورت تشدید، دامنه نوسانگر بیشینه خواهد بود.

مؤلف و مدرس: مهرداد

موج مکانیکی

ایجاد یک حرکت ارتعاشی و انتشار آن در محیط را موج می‌گوییم. انتشار موج مکانیکی احتیاج به محیط مادی دارد به واسطه نیروی بین ذرات محیط، تغییر شکل ایجاد شده بین ذرات محیط جابه‌جا می‌شود. جابه‌جایی تغییر شکل بین ذرات محیط را موج مکانیکی می‌گویند.

تغییر شکل بوجود آمده را تپ موج (پالس) و جابه‌جایی آن را در محیط انتشار موج می‌نامند.

بسامد موج: تعداد امواج در واحد زمان را بسامد موج می‌گوییم. هر نوسان منبع یک تک موج (تپ) ایجاد می‌کند، پس بسامد موج با بسامد منبع تولید یکسان می‌باشد و ذرات محیط نیز با همان بسامد نوسان می‌کنند.

دورهٔ تناوب: فاصلهٔ زمانی دو موج را دورهٔ تناوب موج گوییم، دوره تناوب مدت زمانی است که یک موج جای خود را به موج دیگر می‌دهد. دوره تناوب منبع موج و ذرات محیط یکسان می‌باشد.

ویژگی‌های موج مکانیکی

۱- برای انتشار به محیط مادی نیاز دارد.

۲- حامل انرژی می‌باشد.

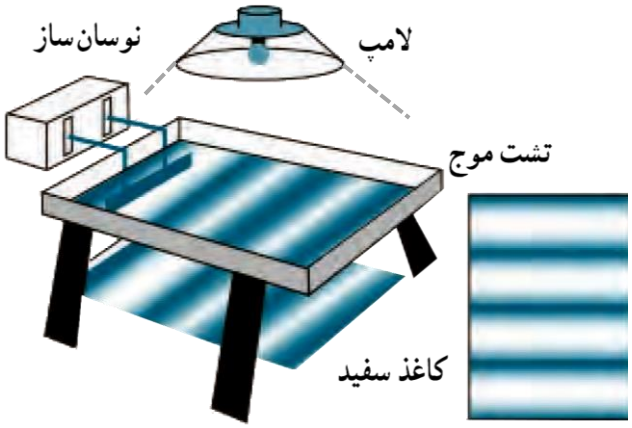
۳- با انتشار موج در محیط، ذرات منتقل نمی‌شوند و تنها در موقعیت خود نوسان می‌کنند.

۴- موج با سرعت ثابت در تمامی جهات انتشار می‌یابد.

سرعت انتشار موج $\boxed{V = \frac{\Delta x}{\Delta t}}$

۵- دامنه نوسان و بسامد و دوره نوسانی نقاط محیط، توسط چشمه تعیین می‌شود و به چشمه بستگی دارد. بنابراین با تغییر محیط تغییر نمی‌کنند.

ایجاد موج در تشت موج:

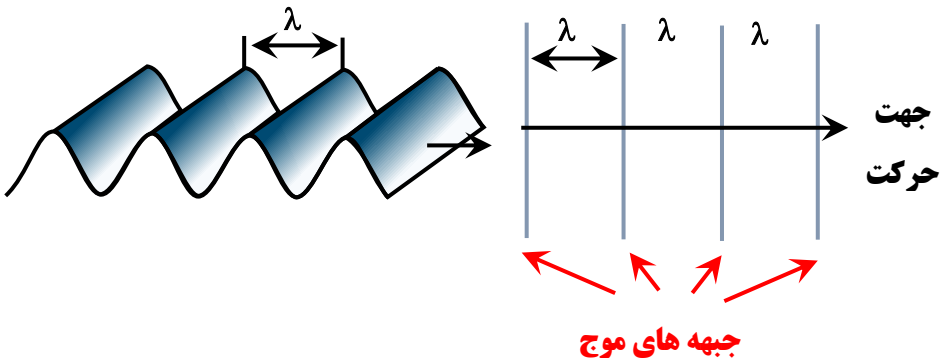


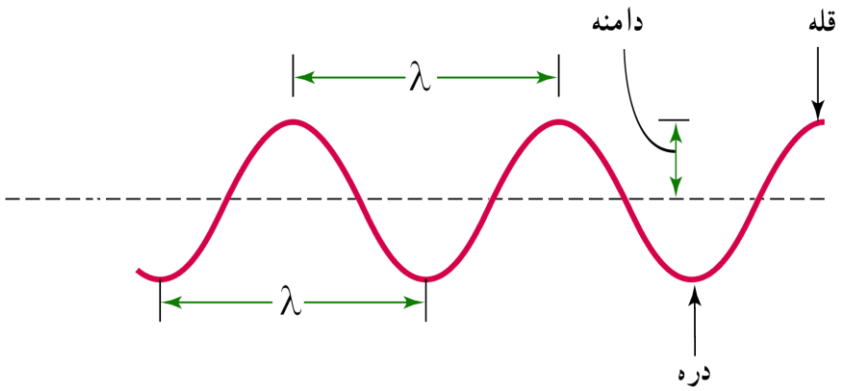
هر چه عمق آب در تشت موج بیشتر باشد، سرعت امواج روی سطح آب بیشتر است.

طول موج

مسافتی که موج در مدت یک دورهٔ تناوب طی می‌کند را طول موج گویند. با توجه به حرکت یکنواخت موج می‌توان نوشت:

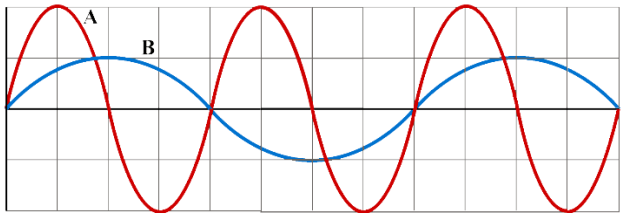
$$\Delta x = vt \rightarrow \boxed{\lambda = vT = \frac{v}{f}}$$





طول موج هم به محیط و هم به چشمه بستگی دارد و با تغییر هر کدام تغییر می‌کند.

مثال: نمودار جابه‌جایی – مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند، به صورت زیر است. با توجه به نمودار به سوالات پاسخ دهید:



الف) طول موج A چند برابر طول موج B است؟

ب) تندی انتشار موج A چند برابر تندی انتشار موج B است؟

پ) دامنهٔ صوت A چند برابر دامنهٔ صوت B است؟

ت) با محاسبه نشان دهید بسامد صوت A چند برابر بسامد صوت B است؟

مثال: در سونوگرافی معمولاً از کاوه‌ای دستی موسوم به تراگذار فراصوتی برای تشخیص پزشکی استفاده می‌شود که دقیقاً روی ناحیه‌ی مورد نظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می‌شود. این کاوه در بسامد ۶/۷MHz عمل می‌کند.

الف) بسامد زاویه‌ای در این کاوه‌ی نوسان چقدر است؟

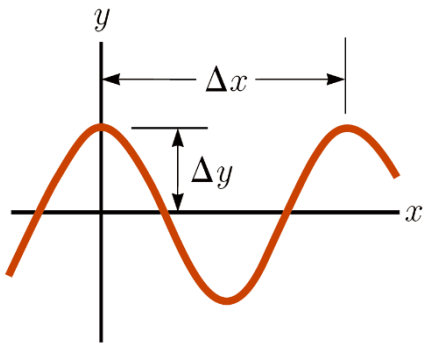
ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن $۱۵۰۰\frac{m}{s}$ باشد، طول موج این موج در این بافت چقدر است؟

مثال: اگر طول موج یک موج صوتی در هوا برابر ۰/۵m باشد (تندی صوت در هوا تقریباً $۳۳۵\frac{m}{s}$ فرض شود)

الف) بسامد این صوت چند هرتز است؟

ب) طول موج این موج صوتی در آب ۲/۲m است. تندی انتشار صوت در آب چند متر بر ثانیه است؟

مثال: در نمودار جابه‌جایی – مکان موج عرضی شکل زیر، $\Delta y = ۱۰cm$ و $\Delta x = ۲۵cm$ است. اگر بسامد نوسان‌های چشمه‌ی این موج ۱۰Hz باشد:

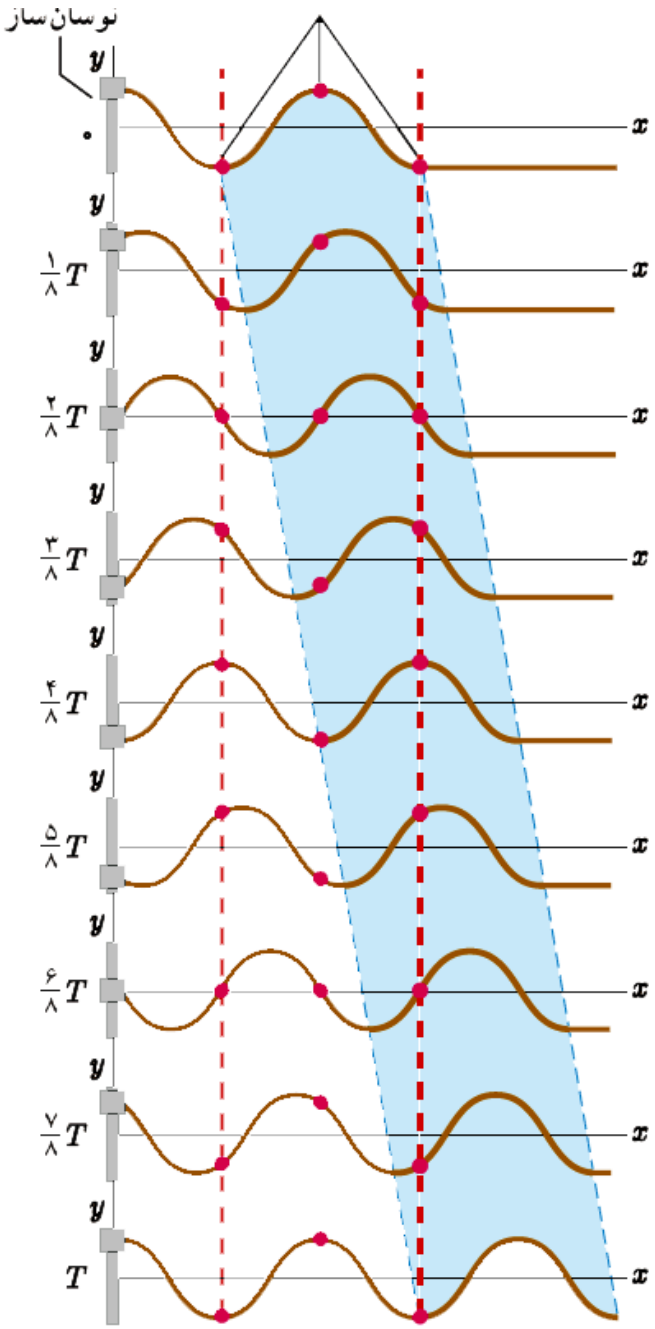


الف) طول موج چند سانتی‌متر است؟

ب) دامنه‌ی موج چند سانتی‌متر است؟

پ) دوره‌ی تناوب موج چند ثانیه است؟

مؤلف و مدرس: مهرداد



سرعت انتشار موج در یک طناب

سرعت انتشار موج در طناب یکنواختی به جرم M و به طول L که با نیروی F کشیده شده است از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$V=\sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad (\mu=\frac{m}{L})(\frac{kg}{m}) \qquad V=\sqrt{\frac{FL}{m}}$$

این رابطه را می‌توان بر حسب چگالی (ρ) و سطح مقطع طناب (A) نیز نوشت.

$$V=\sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

مثال: در یک طناب تحت کشش با چگالی خطی جرم ۰/۲kg/m، تندی انتشار موج ۵m/s است. نیروی کشش طناب را به دست آورید.

مثال: فنری به جرم ۰/۵kg و طول ۲m را با نیروی ۹N می‌کشیم.

الف) تندی انتشار موج عرضی در این فنر چند متر بر ثانیه است؟

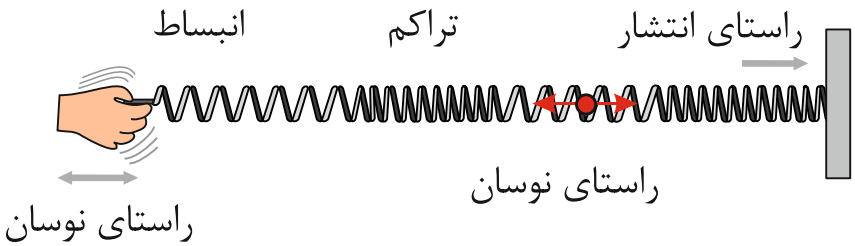
ب) اگر در فنر موج عرضی ایجاد کنیم، فاصلهٔ دو قلهٔ متوالی چه نام دارد؟

مثال: سیمی با چگالی $۷/۸۰ \frac{g}{cm^۳}$ و سطح مقطع $۰/۵۰mm^۲$ بین دو نقطه با نیروی ۱۵۶N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.

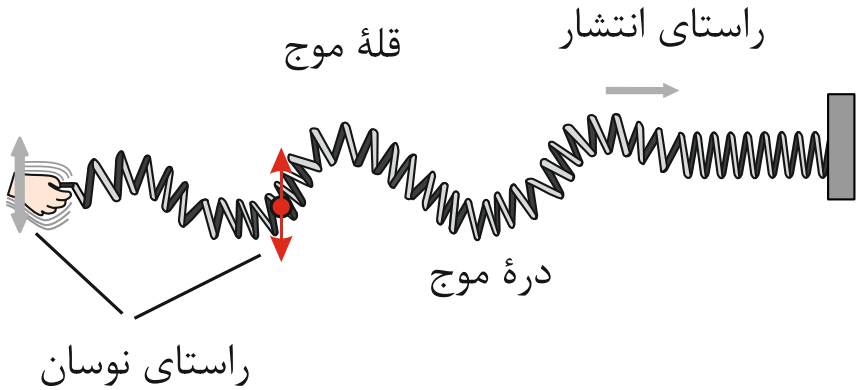
انواع موج‌های مکانیکی

موج‌های مکانیکی به دو دسته تقسیم می‌شوند: امواج طولی، امواج عرضی

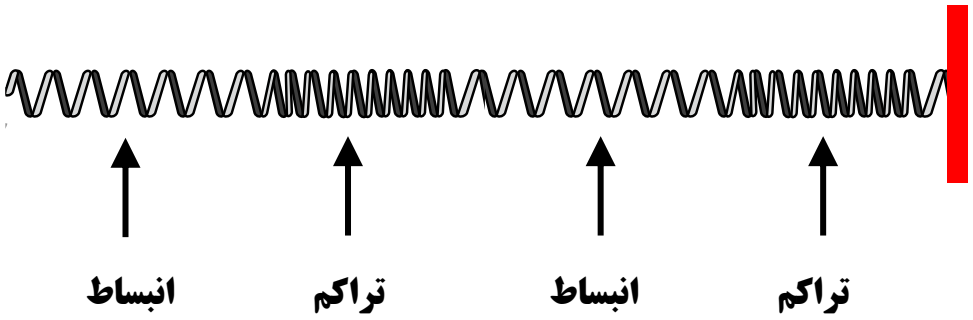
موج طولی: هرگاه راستای انتشار موج بر راستای ارتعاش ذرات محیط منطبق باشد آن را موج طولی می‌گویند. مانند: صوت

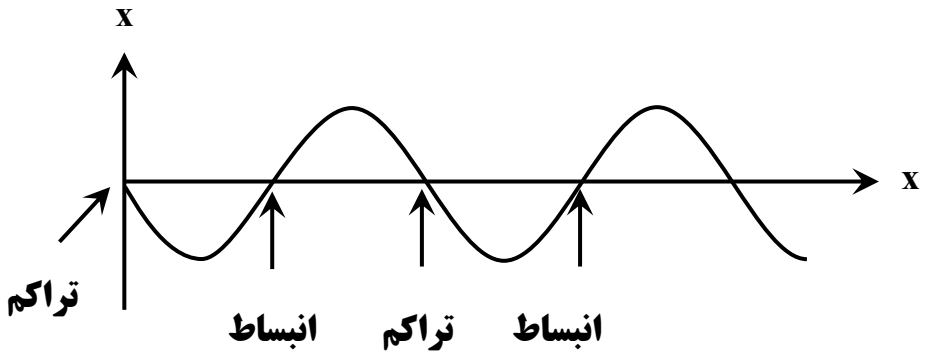


موج عرضی: هرگاه راستای انتشار موج بر راستای ارتعاش ذرات محیط عمود باشد آن را موج عرضی می‌گویند. مانند: امواج سطح آب، طناب



امواج عرضی مکانیکی فقط در جامدات و سطح مایعات ایجاد می‌شود اما امواج طولی در هر ماده‌ای ایجاد می‌شود.





سرعت امواج طولی از امواج عرضی بیشتر است. امواج طولی را با P و امواج عرضی را با S نشان می‌دهیم.

مثال: چشمهٔ موجی با بسامد ۱۰Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن ۱۰۰m/s است نوسان‌های طولی ایجاد می‌کند.

الف) دورهٔ تناوب این موج چند ثانیه است؟

ب) فاصلهٔ بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چند متر است؟

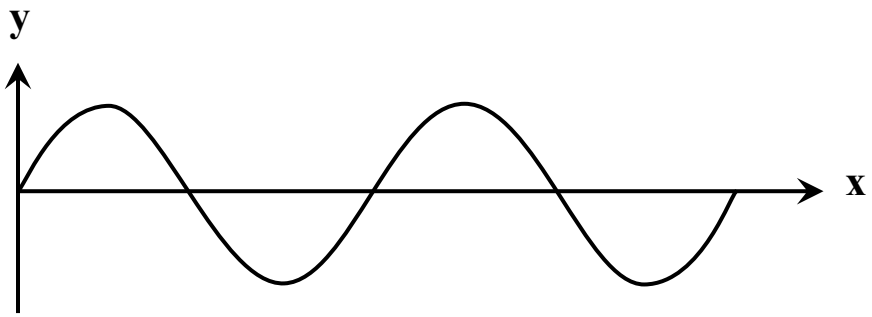
مثال: چشمه‌ی موجی با بسامد ۱۰Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن $۱۰۰\frac{m}{s}$ است، نوسان‌هایی طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنه‌ی نوسان‌ها ۴/۰cm باشد:

الف) فاصله‌ی بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟

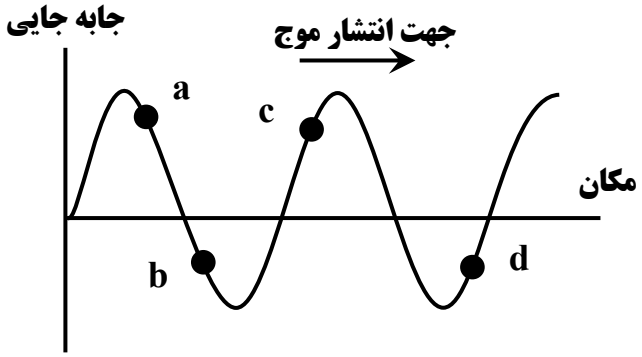
ب) فاصله‌ی بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟

نوسان ذرات محیط

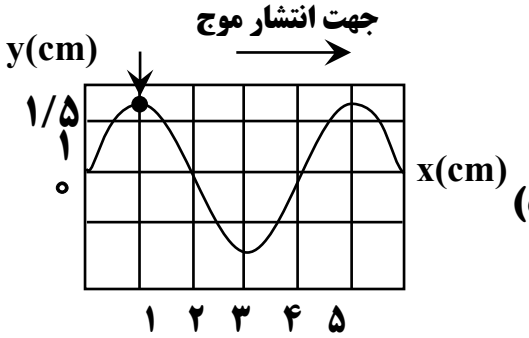
جهت حرکت نوسانی ذرات محیط در موج‌های عرضی: برای تعیین جهت نوسان نقاط مختلف روی یک نقش موج، با توجه به انتشار موج، به نقطه قبل از نقطه مورد نظر نگاه می‌کنیم. اگر پایین‌تر باشد، نقطه موردنظر به سمت پایین می‌رود و اگر بالاتر باشد، جهت حرکت آن نقطه به سمت بالا می‌باشد.



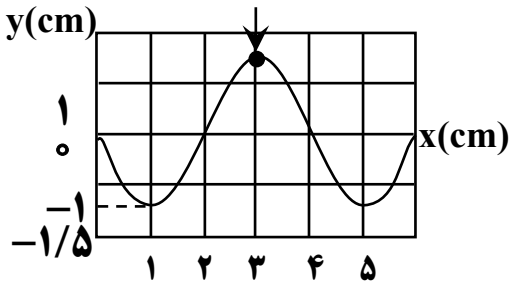
مثال: الف) شکل روبه‌رو، یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده‌ای حرکت می‌کند. چهار جزء از این ریسمان روی شکل نشان داده شده‌اند. نام اجزایی که در این لحظه، به طرف پایین می‌روند را بنویسید.



مثال: شکل الف مربوط به نقش یک موج مکانیکی در یک محیط در لحظهٔ $t_1 = 0s$ است و در لحظهٔ $t_2 = 0/1s$ برای اولین بار شکل موج به صورت شکل ب می‌شود. بیشینهٔ انرژی هر ذره از محیط انتشار موج در SI چقدر است؟ ($\pi = 3$)



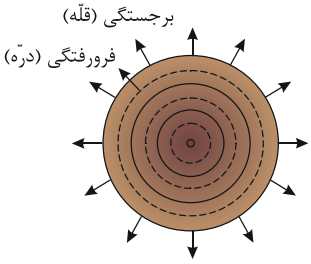
(الف)



(ب)

انتشار در دو بعد و سه بعد

سرعت امواج در یک محیط کشسان در تمام جهات یکسان بوده و بنابراین امواج در سطح آب به‌صورت دایره‌هایی متحدالمرکز و امواجی مانند صوت در فضا به صورت کره‌هایی هم‌مرکز منتشر می‌شوند.



انرژی موج

موج حامل انرژی می‌باشد، این انرژی با انتقال ارتعاش از ذره‌ای به ذرهٔ دیگر جابه‌جا می‌شود. چون از اتلاف انرژی صرف‌نظر کرده‌ایم، انرژی موج مکانیکی در هر جبهه موج برابر انرژی همان منبع نوسان می‌باشد.

$$E = \frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲ = \frac{۱}{۲}mA^۲(۲\pi f)^۲ \rightarrow \boxed{E = ۲\pi^۲mA^۲f^۲}$$

امواج الکترومغناطیس

۱. میدان الکتریکی نسبت به زمان تغییر می‌کند و در نتیجه میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند.

۲. میدان مغناطیسی نسبت به زمان تغییر می‌کند و در نتیجه میدان الکتریکی ایجاد می‌کند.

ویژگی‌های امواج الکترومغناطیس

۱. حامل انرژی هستند.

۲. برای انتشار احتیاج به محیط مادی ندارند.

۳. ذرات محیط را با خود جابه‌جا نمی‌کنند.

۴. از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود برهم به‌وجود می‌آیند.

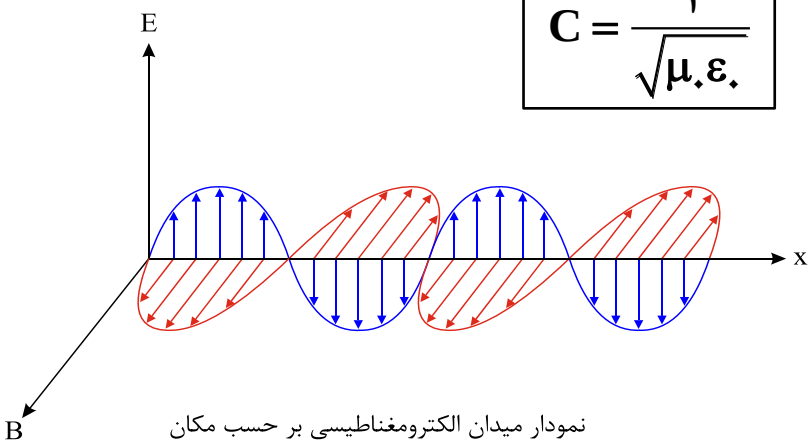
۵. از نوع موج‌های عرضی هستند.

۶. سرعت آن‌ها در خلأ یکسان و برابر $C = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$ است ولی در محیط‌های شفاف دیگر متفاوت است.

$$C = \frac{۱}{\sqrt{\mu_{۰}\varepsilon_{۰}}}$$

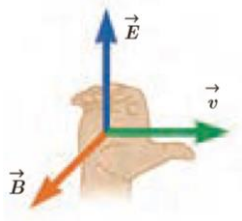
$\mu_{۰}$ ضریب گذردهی مغناطیسی خلأ

$\varepsilon_{۰}$ ضریب گذردهی الکتریکی خلأ

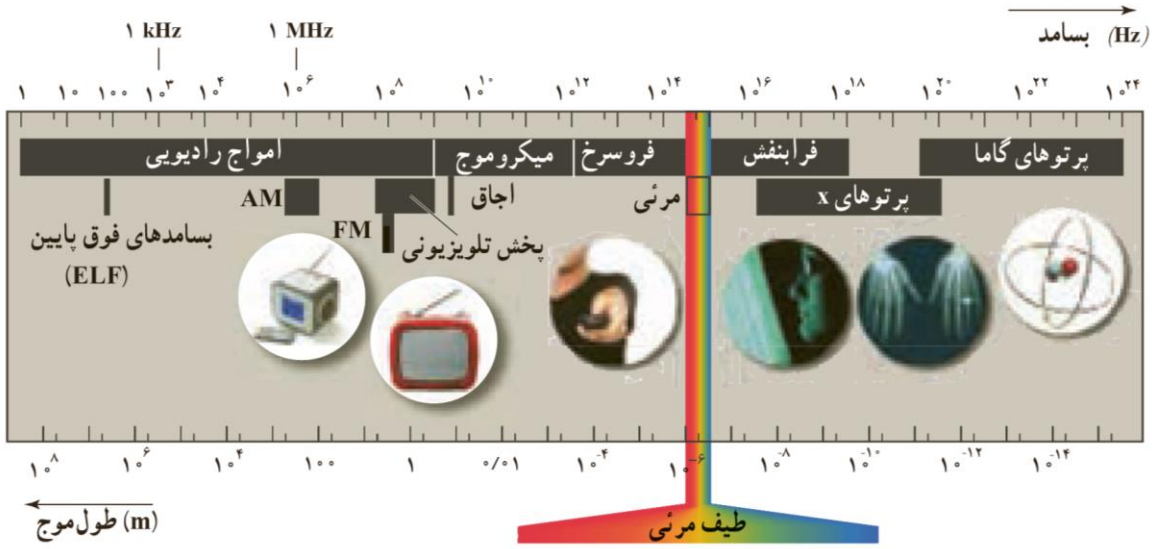


نمودار میدان الکترومغناطیسی بر حسب مکان

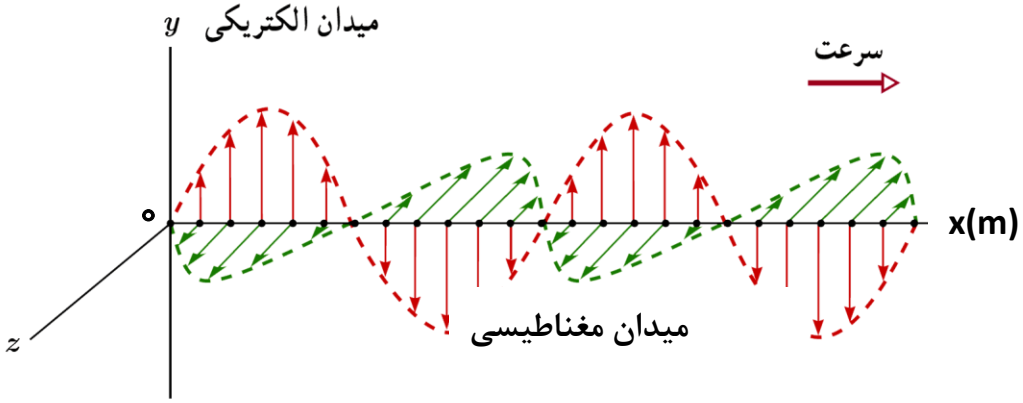
قاعده دست راست برای تعیین جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی:



سرعت امواج الکترومغناطیس در خلأ، برای همه امواج یکسان است ولی در محیط‌های شفاف دیگر هر چه موج بسامد بیشتری داشته باشد سرعتش در آن محیط کمتر خواهد شد.



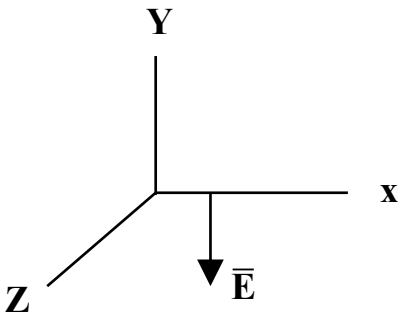
مثال: شکل مقابل، یک موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد:



الف) این نوع موج طولی است یا عرضی؟

ب) طول موج و بسامد موج را به دست آورید. $(c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

مثال: مطابق شکل روبه‌رو در نقطه‌ای از فضا و در یک لحظه‌ی خاص، جهت میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی خلاف جهت محور Y است. اگر در این لحظه موج در جهت محور Z+ منتشر شود، برای این نقطه جهت میدان مغناطیسی در کدام سو است؟



مثال: شکل زیر طیف موج‌های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می‌دهد.

الف) نام قسمت‌هایی از طیف را که با حروف علامت‌گذاری شده‌اند، بنویسید.

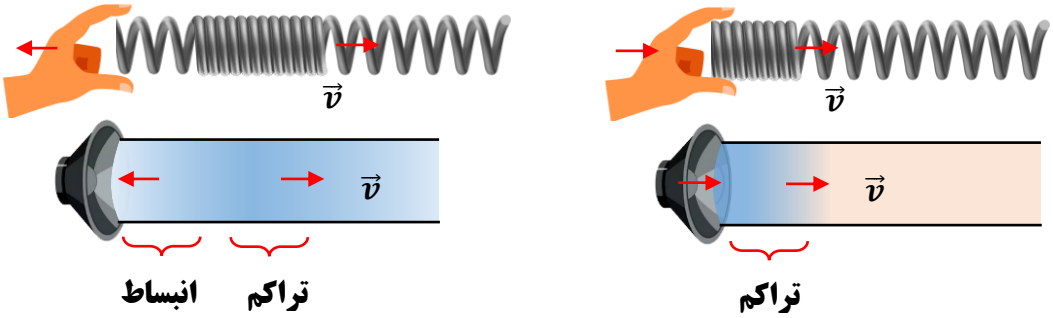
ب) اگر در طول طیف از چپ به راست حرکت کنیم، مقدار کدام مشخصه‌های موج افزایش یا کاهش می‌یابد و کدام ثابت می‌ماند؟

پرتوهای γ	پرتوهای x	P	Q	R	S

صوت

یک نوع موج مکانیکی می‌باشد و تمام ویژگی‌های یک موج مکانیکی را دارا می‌باشد. هرگاه یک نوسانگر مانند یک دیاپازون در هوا مرتعش شود در مجاور خود لایه‌های انبساطی (کم فشار) و تراکمی (پر فشار) به‌وجود می‌آورد.

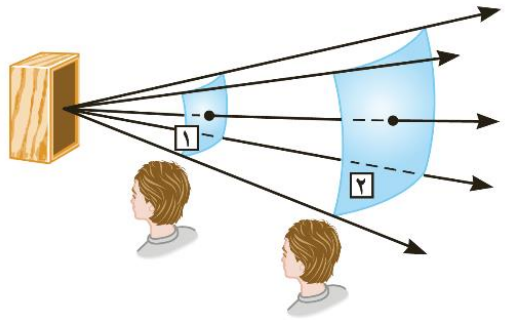
با جابه‌جایی این لایه‌ها موج طولی صوت در هوا منتشر می‌شود. از هر ناحیه‌ای که موج صوتی عبور می‌کند چگالی و فشار هوا در آن نقطه تغییر می‌کند.



مثال: اگر فاصلهٔ بین دو میکروفون ۱/۷m و تندی صوت در هوا ۳۴۰m/s باشد، اختلاف زمانی بین دریافت صوت توسط میکروفون‌ها را محاسبه کنید؟

شدت صوت

مقدار انرژی صوتی که در واحد زمان به طور عمود از واحد سطح عبور می‌کند شدت صوت نامیده می‌شود. شدت صوت یک کمیت نرده‌ای است و واحد آن $\frac{W}{m^2}$ می‌باشد.



$$I = \frac{P}{A}$$ ← توان
← مساحت

$$I = \frac{E}{At}$$

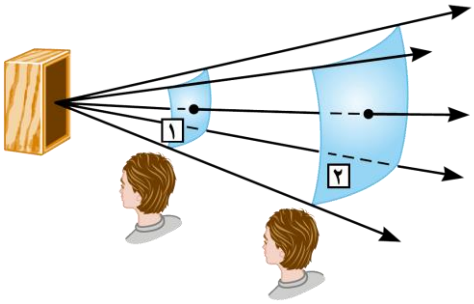
انرژی امواج با مجذور دامنه و مجذور بسامد موج

$$E = 2\pi^2 m A^2 f^2$$

شدت صوت با مجذور دامنه و بسامد رابطهٔ مستقیم و با مجذور فاصله از چشمه رابطهٔ عکس دارد.

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{A_2}{A_1} \times \frac{f_2}{f_1} \times \frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

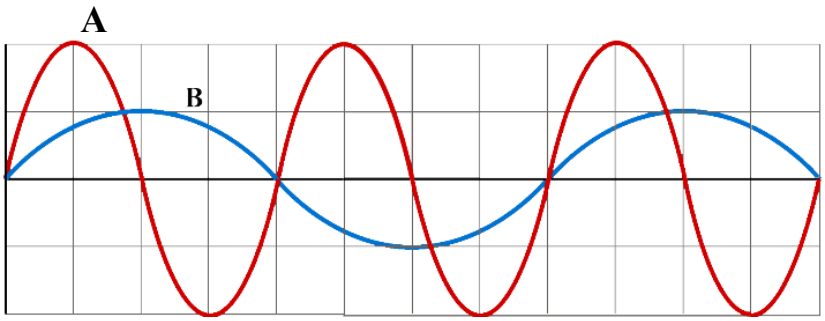
مثال: مطابق شکل روبه‌رو، شدت صوت دریافتی کدام شنونده بیشتر است؟



مثال: یک موج صوتی با توان $1/6 \times 10^{-4}\ W$ از صفحه‌ای با مساحت $4m^2$ در راستای عمود بر صفحه می‌گذرد. شدت صوت عبوری از این صفحه چقدر است؟

مثال: شدت صوت حاصل از یک منبع صوتی در فاصله‌ی $r_1 = 80m$ برابر $2 \times 10^{-4}\ \frac{W}{m^2}$ است. با فرض چشم‌پوشی از جذب انرژی صوتی در محیط و بازتاب موج، شدت این صوت در فاصله‌ی $r_2 = 320m$ به چه مقدار است؟

مثال: نمودار جابه‌جایی – مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند، به صورت زیر است.



دامنه، طول موج، بسامد و شدت این دو موج صوتی را با هم مقایسه کنید.

تراز شدت صوت:

لگاریتم نسبت شدت یک صوت به شدت آستانه شنوایی براي بسامد $۱۰۰۰\,Hz$ را تراز شدت صوت گویند.

$$\beta = ۱۰\log\frac{I}{I_۰} \quad (\text{دسی‌بل}\ dB) \qquad (I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\ \frac{W}{m^۲})$$

نکته: تراز نسبی شدت دو صوت در واقع همان اختلاف تراز شدت هر یک از دو صوت می‌باشد.

$$\beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱}$$

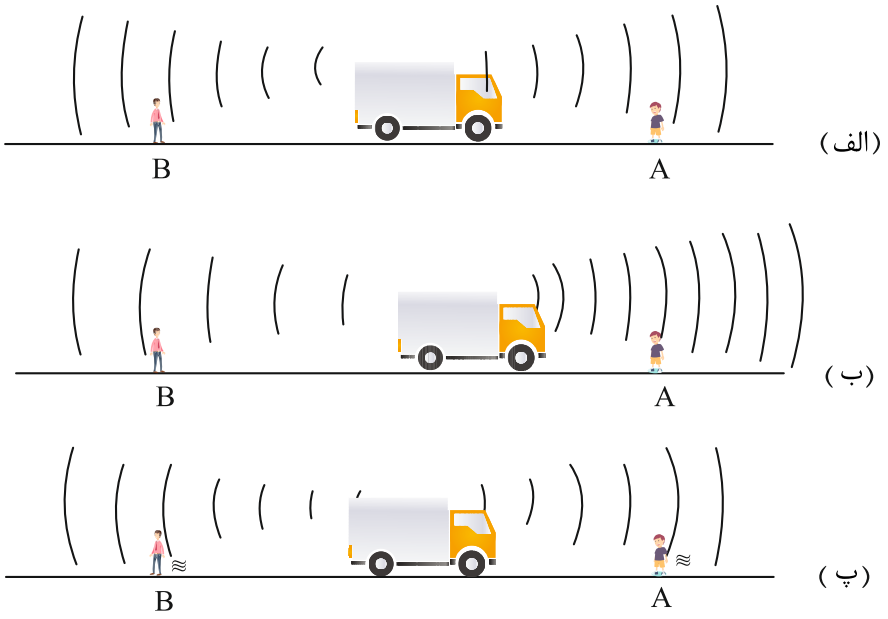
مثال: در یک رستوران ساکت شدت صوت $۱۰^{-۷}\,W/m^۲$ است. تراز شدت صوت چند دسی‌بل است؟ $(I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\,W/m^۲)$

مثال: تراز شدت صوت در کتابخانه $۳۰dB$ است. شدت این صوت چند وات بر متر مربع است؟ $(I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\,W/m^۲)$

مثال: یک دستگاه صوتی صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 40\,dB$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2 = 60\,dB$ ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب $\frac{W}{m^2}$) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. نسبت $\frac{I_2}{I_1}$ است؟

اثر دوپلر

هرگاه سرعت نسبی شنونده و منبع صوت نسبت به هم صفر نباشد، بسامد صوتی را که شنونده دریافت می‌کند همان بسامدی نخواهد بود که توسط منبع صوت ایجاد شده است. این پدیده را اثر دوپلر گویند.



بسامدی که شنونده دریافت می‌کند هم به سرعت چشمه و هم به سرعت شنونده مربوط است. چنانچه از هم دور شوند، شنونده بسامد کمتری نسبت به حالت عادی که هر دو ساکن هستند دریافت می‌کند.

اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیس:

برای امواج الکترومغناطیس نیز اثر دوپلر برقرار است. به عنوان مثال ستارگانی که نور گسیل می‌کنند و حرکت می‌کنند. در صورتی که به ما دور یا نزدیک شوند متفاوت دیده می‌شوند.

مثال: در حالت‌های زیر طول موج و بسامد دریافتی توسط شنونده را نسبت به حالت ساکن مقایسه کنید.

	طول موج	بسامد
O ○ V S ← ●		
O ● → V S ● → V		
V ← O ● S		
O ○ S ● → V		
V ← O ● S ● → V		

مثال: شکل مقابل نشان‌دهندهٔ کدام پدیدهٔ فیزیکی است؟