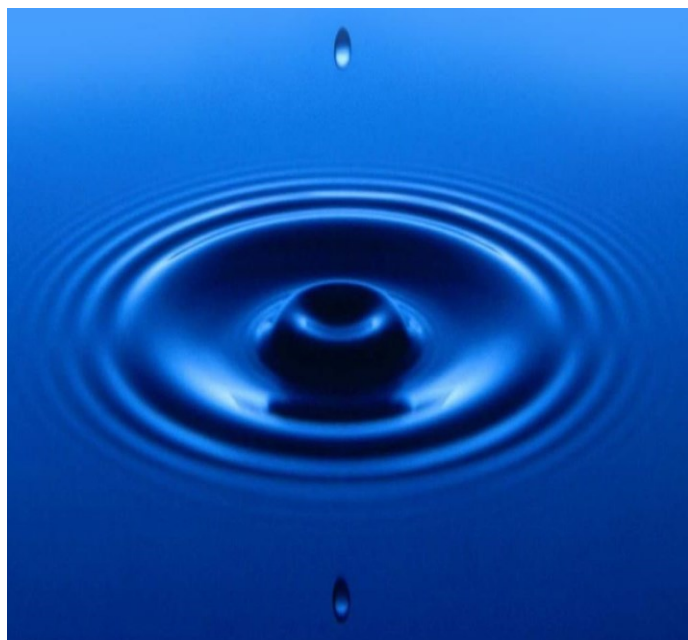


سال دوازدهم – فصل سوم

نوسان و موج

تهیه و تنظیم : مهندس رضا عابدینی



فیزیک سال دوازدهم (جزوه کامل)

رشته ریاضی و تجربی

Email: Reza_abedini_70@yahoo.com

Instagram: [reza_abediniiii](https://www.instagram.com/reza_abediniiii)

Telegram: [@reza_abediniiii](https://www.t.me/@reza_abediniiii)

فهرست

نوسان دوره‌ای.....	۳
مرکت هماهنگ ساده.....	۳
مفاهیم اولیه مرکتنوسانی.....	۳
دوره.....	۳
بسامد.....	۳
دامنه.....	۴
نیروی بازگرداننده.....	۴
نمودار مکان - زمان در مرکتنوسانی.....	۴
• دایره مروج.....	۴
• فاز مرکتن.....	۴
• معادله مکان - زمان در مرکتنوسانی.....	۵
علامت مکان، سرعت و شتاب.....	۸
نوع مرکتنوسانگر.....	۹
نوسان وزنه - فنر.....	۱۰
بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر.....	۱۱
انرژی در مرکتنوسانی.....	۱۱
روابط مربوط به انرژی‌ها در مرکتنوسانی.....	۱۲
• انرژی پتانسیل کشسانی در دو انتهای مسیر.....	۱۲
• انرژی جنبشی در مرکز نوسان.....	۱۲
• انرژی مکانیکی در کل مسیر.....	۱۲
نمودارهای انرژی - مکان نوسانگر.....	۱۵
آهنگ ساده.....	۱۵
نوسان میرا.....	۱۷
تشدید.....	۱۷
موج.....	۱۷
• موجهای مکانیکی.....	۱۷
• موجهای الکترومغناطیسی.....	۱۸

- ۱۸..... مشفصات موج
- ۲۱..... • نقاط هم فاز و فاز مخالف
- ۲۱..... - نقاط هم فاز:
- ۲۱..... - نقاط در فاز مخالف:
- ۲۲..... امواج عرضی
- ۲۲..... • نقش موج عرضی
- ۲۲..... • انتقال انرژی توسط امواج عرضی
- ۲۳..... • سرعت انتشار امواج عرضی
- ۲۵..... امواج طولی
- ۲۶..... امواج الکترومغناطیسی
- ۲۶..... • نحوه ایجاد امواج الکترومغناطیسی
- ۲۶..... • ویژگی‌های امواج الکترومغناطیسی
- ۲۷..... • سرعت امواج الکترومغناطیسی
- ۲۸..... • طیف امواج الکترومغناطیسی
- ۳۰..... امواج صوتی
- ۳۰..... • پیشمه صوت
- ۳۰..... • سرعت صوت
- ۳۱..... • شدت صوت
- ۳۲..... • تراز شدت صوت
- ۳۷..... • ادراک شنوایی
- ۳۷..... - ارتفاع: بسامدی که گوش انسان درک می کند
- ۳۷..... - بلندی
- ۳۸..... اثر دوپلر
- ۳۸..... • اثر دوپلر در امواج صوتی
- ۳۸..... - منبع در حال حرکت و شنونده ثابت باشد
- ۳۸..... - منبع ثابت و شنونده در حال حرکت باشد
- ۳۹..... • اثر دوپلر در امواج الکترومغناطیسی

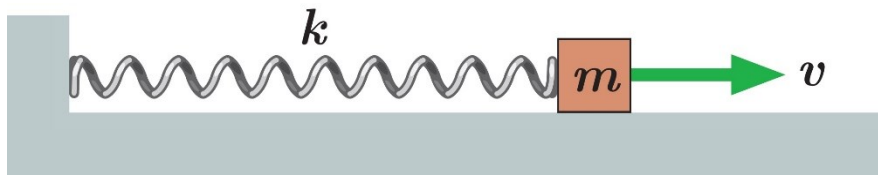
نوسان دوره‌ای

نوسان‌ها می‌توانند دوره‌ای یا غیر دوره‌ای باشند؛ شکل زیر تصویری از ضرب‌آهنگ (ریتم) قلب یک شفق را نشان می‌دهد که در هر دقیقه ۶۵ بار می‌زند. نقش‌های این تصویر به طور منظم تکرار می‌شوند، که به آن پرفه (سیکل) نوسان گفته می‌شود. چنین نوسان‌هایی را که هر پرفه آن در دوره‌ای دیگر دقیقاً تکرار شود، **نوسان‌های دوره‌ای** می‌نامند.



مرکت هماهنگ ساده

یک مرکت نوسانی را هماهنگ ساده می‌نامیم وقتی مسیر رفت و برگشت متمرک روی یک پاره‌خط مول نقطه‌ای واقع در وسط آن باشد؛ بالا و پایین رفتن وزنه آویخته به فنر و یا مرکت آونگ (زمانی که زاویه انحراف آن به قدری کوچک باشد که بتوان تانژانت و سینوس آن را برابر فرض کرد) نمونه‌هایی از مرکت هماهنگ ساده هستند.



نکات

(۱) مرکت هماهنگ ساده، نوسان سینوسی نام دارد؛ با بررسی نودار مکان - زمان در بخش‌های بعدی این را نشان خواهیم داد.

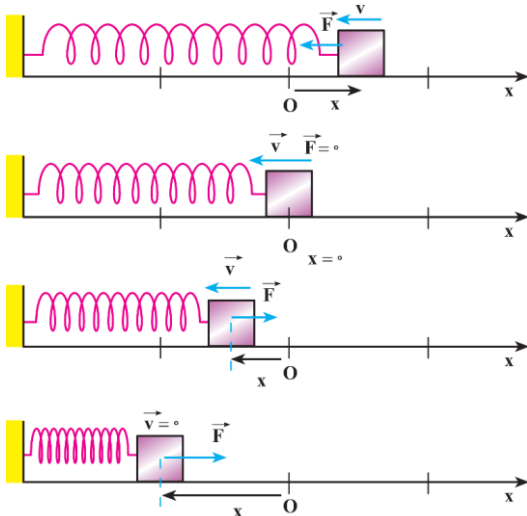
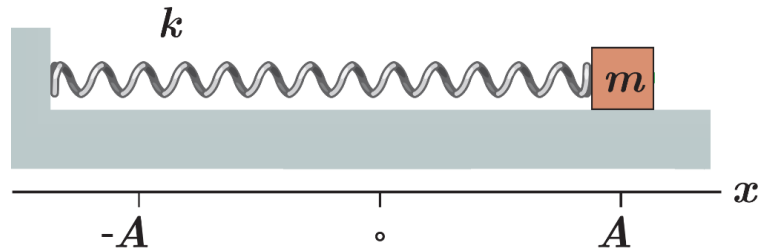
(۲) هر نوسان دوره‌ای را می‌توان مجموعی از نوسان‌های سینوسی در نظر گرفت؛

مفاهیم اولیه مرکت نوسانی

- **دوره:** بازه زمانی بین دو وضعیت نوسانی یک‌سان و متوالی را دوره می‌نامیم؛ به عبارت دیگر دوره، مدت زمان یک نوسان کامل (رفت و برگشت) است.
- **بسامد:** تعداد نوسان‌ها در مدت یک ثانیه را بسامد یا فرکانس می‌نامیم. یکای بسامد s^{-1} است که هرتز (Hz) نام دارد.

$$f = \frac{1}{T}$$

- **دامنه:** بیشترین فاصله نوسانگر از مبدأ را دامنه نوسان می‌گوییم. (نصف پاره فضا مسیر حرکت)

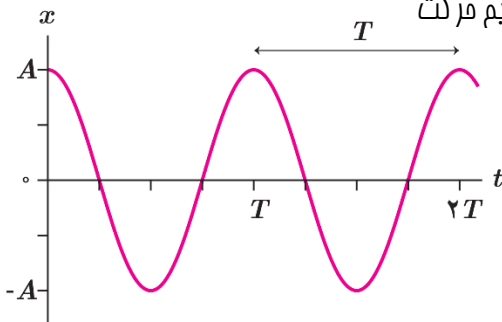


- **نیروی بازگرداننده:** جهت نیروی فنر همواره به گونه‌ای است که می‌فواهد جسم را به حالت تعادل (مرکز نوسان) برگرداند. این نیرو نیروی بازگرداننده نامیده می‌شود. نیروی بازگرداننده، با تغییر طول فنر و سفتی آن متناسب است و از رابطه‌ای موسوم به قانون هوک به دست می‌آید:

نمودار مکان - زمان در حرکت نوسانی

اگر فرض کنیم مرکز نوسانگر از حالتی شروع شود که فنر را به اندازه A از حالت تعادل کشیده‌ایم مرکزیت به صورت مقابل است:

$$F = -kx$$

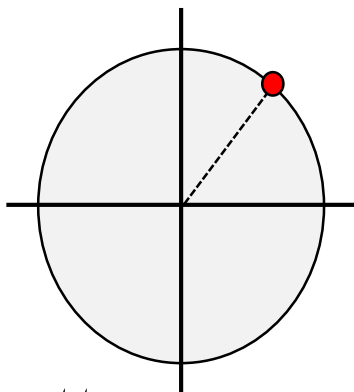


• دایره مرجع

از آنجایی که مرکز نوسانی حرکتی با شتاب متغیر است، برای بررسی این مرکزیت فرض می‌کنیم ذره‌ای روی مسیر دایره‌ای به شعاع A (برابر با دامنه نوسان) مرکزیت دایره‌ای یکنواخت در جهت مثلثاتی (پادساعت گرد) انجام می‌دهد؛ در این صورت تصویر ذره روی قطر افقی دایره مرکزیت نوسانی انجام می‌دهد.

• فاز مرکزیت

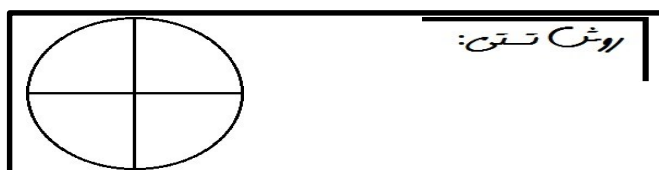
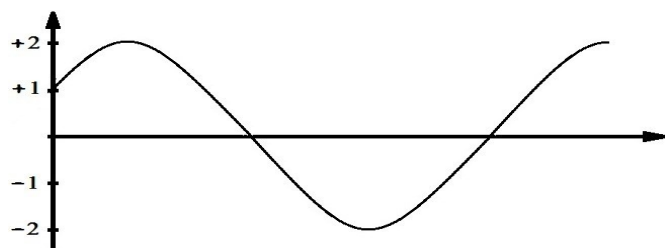
زاویه‌ای که شعاع مامل ذره در هر لحظه با جهت مثبت محور افقی ایجاد می‌کند فاز مرکزیت نام دارد.



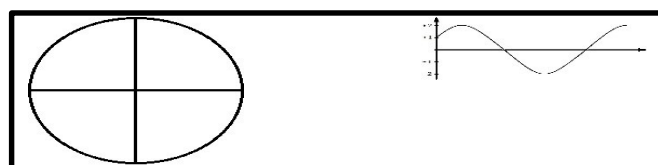
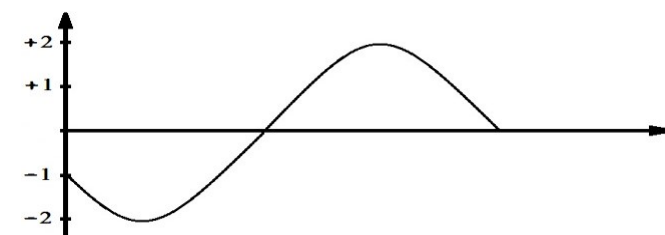
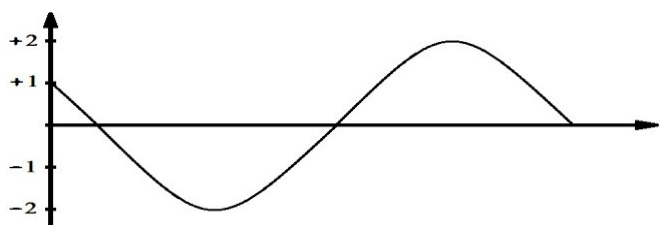
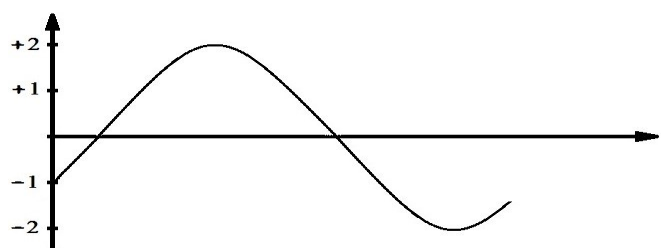
• معادله مکان - زمان در حرکت نوسانی

$$x = A \cos \omega t$$

مثال: در هر شکل فاز اولیه و دوره حرکت را مشخص کنید.



روش تست:



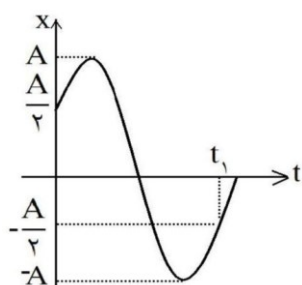
در نمودار روبه‌رو که مربوط به نوسانگر ساده است، t_1 چند برابر دوره است؟

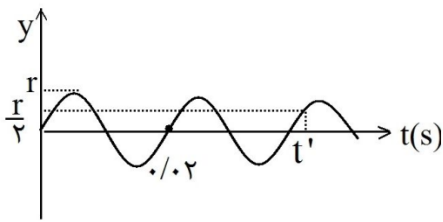
(۲) $\frac{5}{6}$

(۴) $\frac{11}{12}$

(۱) $\frac{2}{3}$

(۳) $\frac{6}{5}$





نمودار یک حرکت ارتعاشی مطابق شکل است. t' چند ثانیه است؟

- (1) $\frac{1}{24}$ (2) $\frac{9}{20}$ (3) $\frac{7}{50}$ (4) $\frac{1}{120}$

تغییر فاز نوسان یک نوسانگر ساده در مدت یک ثانیه، با کدام کمیت وابسته به آن نوسانگر برابر است؟
(1) طول موج (2) دوره (3) بسامد (4) بسامد زاویه‌ای

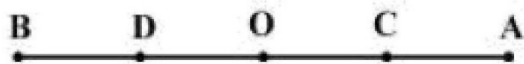
اگر در یک حرکت نوسانی ساده فاز حرکت در لحظه $t = 0.5s$ برابر با $\frac{25\pi}{4}$ و فاز اولیه آن $\frac{\pi}{4}$ رادیان باشد، بسامد حرکت چند هرتز است؟

- (1) 4 (2) 5 (3) 6 (4) 10

X و A به ترتیب، مکان و دامنه‌ی یک نوسانگر ساده است. در لحظه‌ی t_1 ، $x = \frac{\sqrt{3}}{2} A$ است و جهت حرکت نوسانگر در آن لحظه به سمت مرکز نوسان است. اگر یک ثانیه بعد، نوسانگر دوباره به همان مکان برسد، دوره‌ی این نوسانگر چند ثانیه است؟

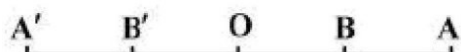
- (1) $\frac{1}{2}$ (2) $\frac{1}{6}$ (3) $\frac{2}{4}$ (4) $\frac{3}{6}$

متحرکی روی پاره خط AB نوسان هماهنگ می‌دهد. اگر $AC = CO = OD = DB$ باشد و متحرک فاصله‌ی CD را در t_1 ثانیه و فاصله‌ی DB را در t_2 ثانیه طی کند، نسبت $\frac{t_1}{t_2}$ چه قدر است؟



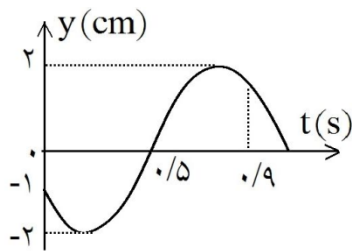
- (1) 1 (2) 2 (3) $\frac{3}{2}$ (4) $\frac{4}{3}$

در شکل زیر، اگر متحرکی بین دو نقطه‌ی A و A' حرکت هماهنگ ساده انجام دهد و فاصله‌ی OB را در مدت $\frac{1}{30}$ ثانیه طی کند، بسامد نوسان چند هرتز است؟



$$OB = BA = OB' = B'A'$$

- (1) 25 (2) $37/5$ (3) 50 (4) 75



نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل است. سرعت متوسط آن در فاصله‌ی زمانی بین $t=0$ تا $t=0.9$ S چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ $(\sqrt{2}=1/4, \sqrt{3}=1/7)$

- (۱) ۲
(۲) ۴
(۳) ۳
(۴) ۶

معادله‌ی هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = 0.06 \cos\left(\frac{\pi}{3}t - \frac{\pi}{6}\right)$ است. این نوسان‌گر در فاصله‌ی زمانی $0 < t < 3$ چند سانتی‌متر مسافت را پیموده است؟

- (۱) ۳
(۲) ۶
(۳) ۹
(۴) ۱۲

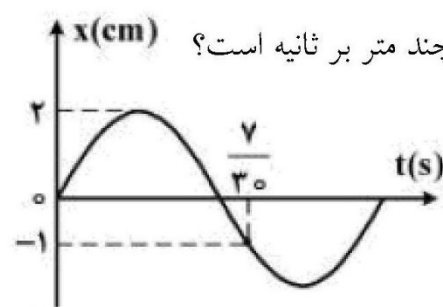
نوسان‌گری روی پاره‌خطی به طول ۱۲ سانتی‌متر حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. این نوسان‌گر دو جابه‌جایی مساوی و متوالی را بدون تغییر جهت انجام می‌دهد که مجموع آن‌ها برابر دامنه‌ی نوسان است. اگر هریک از این جابه‌جایی‌ها در مدت 0.04 ثانیه انجام شود، بیشینه‌ی سرعت این نوسان‌گر چند متر بر ثانیه است؟ $(\pi=3)$

- (۱) صفر
(۲) $\frac{4}{3}$
(۳) $\frac{3}{4}$
(۴) $\frac{3}{2}$

در یک حرکت هماهنگ ساده، در مدت دلخواه $\frac{1}{4}$ دوره، کم‌ترین مسافتی که نوسان‌گر طی می‌کند چند برابر دامنه است؟ $(\sqrt{2}=1/4)$

- (۱) 0.3
(۲) 0.6
(۳) 0.7
(۴) 1.4

در مدت دلخواهی به اندازه‌ی $\frac{1}{4}$ دوره، بیش‌ترین مقدار سرعت متوسط متحرک چند متر بر ثانیه است؟



- (۱) $\frac{\sqrt{2}}{10}$
(۲) $\frac{\sqrt{2}}{5}$
(۳) $\frac{1}{5}$
(۴) $\frac{2}{5}$

اگر معادله حرکت یک نوسانگر ساده در SI به صورت $x_A = 0.06 \cos 50 \pi t$ باشد، اندازه سرعت متوسط آن در بازه زمانی $1/75$ تا $1/25$ ثانیه چند متر بر ثانیه است؟

8

- (۱) $9/8$ (۲) $3/4$ (۳) $27/8$ (۴) $45/8$

اگر معادله حرکت یک نوسانگر ساده در SI به صورت $x_A = 0.06 \cos 50 \pi t$ باشد، اندازه تندی متوسط آن در بازه زمانی $1/75$ تا $1/25$ ثانیه چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) $27/8$ (۲) $9/8$ (۳) $45/8$ (۴) $4/3$

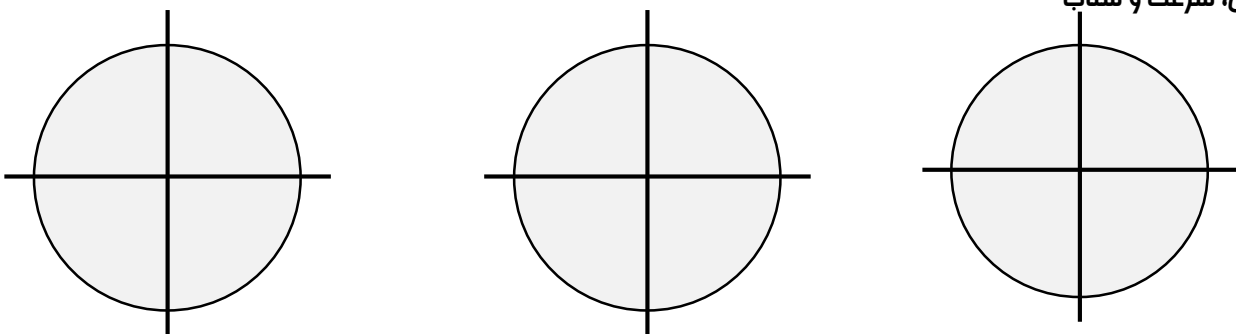
اگر معادله حرکت یک نوسانگر ساده در SI به صورت $x_A = 0.12 \cos 50 \pi t$ باشد، تندی متوسط آن در بازه زمانی $1/75$ تا $1/150$ ثانیه چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) صفر (۲) ۹ (۳) ۱۸ (۴) ۳۶

دو نوسانگر هماهنگ ساده A و B که معادله حرکت آنها در SI به صورت $x_A = A \cos \pi t$ و $x_B = A \cos 2 \pi t$ است، به طور هم زمان روی یک خط شروع به نوسان می کنند. چند ثانیه بعد از شروع نوسان، دو نوسانگر برای اولین بار به هم می رسند؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) $3/4$ (۴) $2/3$

علامت مکان، سرعت و شتاب



اگر سرعت یک نوسان کننده، در لحظه عبور از مبدأ V باشد، در هر دوره چند بار اندازه ی سرعت آن $V/3$ می شود؟

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۸

در حرکت نوسانی هماهنگ، در کدام یک از موارد زیر، مکان نوسان کننده الزاماً منفی است:
(۱) سرعت مثبت باشد. (۲) شتاب مثبت باشد. (۳) سرعت منفی باشد. (۴) شتاب منفی باشد.

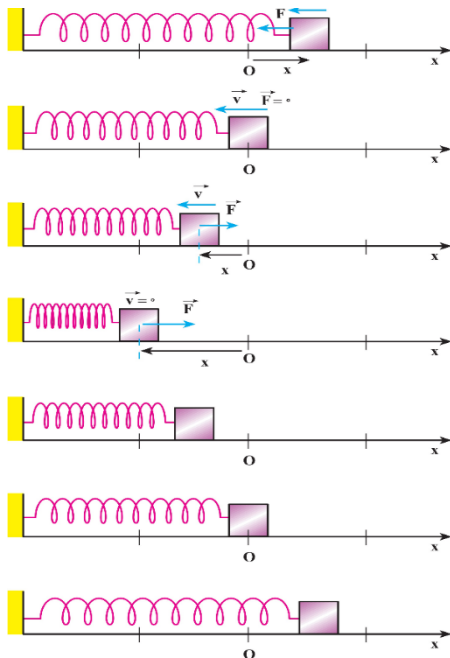
در حرکت یک نوسانگر ساده، در لحظه‌ای که سرعت نوسانگر از مثبت به منفی تغییر علامت می‌دهد، شتاب نوسانگر چگونه است؟

- (۱) مثبت است.
(۲) منفی است.
(۳) از مثبت به منفی تغییر علامت می‌دهد.
(۴) از منفی به مثبت تغییر علامت می‌دهد.

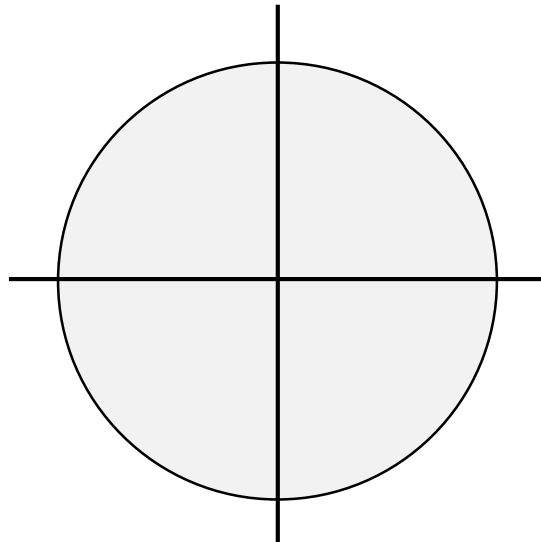
معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $y = 0.1 \cos(20\pi t)$ است. در چه لحظه‌ای بر

حسب ثانیه پس از $t = 0$ برای اولین بار شتاب نوسانگر به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد؟

- (۱) $\frac{1}{15}$
(۲) $\frac{1}{30}$
(۳) $\frac{1}{60}$
(۴) $\frac{1}{120}$



نوع حرکت نوسانگر



معادله‌ی مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = 0.4 \sin 20\pi t$ است. در بازه‌ی زمانی بین

$t = 0$ تا $t = \frac{1}{24} \text{ s}$ ، چند ثانیه سرعت و شتاب متحرک هم‌جهت‌اند؟

- (۱) $\frac{1}{30}$
(۲) $\frac{1}{40}$
(۳) $\frac{1}{60}$
(۴) $\frac{1}{120}$

معادله‌ی مکان - زمان نوسان‌گری در SI به صورت $V = 0.2\pi \cos(10\pi t - \frac{\pi}{6})$ است. در بازه‌ی زمانی $t = 0$ تا $x = 0.4$

تا $t = \frac{1}{12} \text{ s}$ ، چند ثانیه حرکت نوسانگر کندشونده است؟

- (۱) $\frac{1}{15}$
(۲) $\frac{1}{40}$
(۳) $\frac{1}{30}$
(۴) $\frac{1}{20}$

نوسان وزنه - فنر

دوره نوسانگر در این حالت با بذر جرم آن رابطه مستقیم و با بذر سفتی فنر رابطه عکس دارد. در این صورت داریم:

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

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

در نتیجه می توان گفت:

بسامد نوسان دستگاه وزنه - فنری ۲۵ Hz و جرم وزنه ۱۰ g است. ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟ ($\pi = \sqrt{10}$)

(۱) ۱۲۵ (۲) ۲۵۰ (۳) ۵۰۰ (۴) ۱۰۰۰

دامنه ی یک نوسانگر وزنه - فنر ۴ cm است. اگر جرم وزنه ۲۰ گرم و ثابت فنر ۳۲ N/m باشد، بیشینه ی سرعت نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

(۱) ۰/۴ (۲) ۰/۸ (۳) ۱/۲ (۴) ۱/۶

گلوله ای که به فنری متصل است در یک سطح افقی بدون اصطکاک، بین دو نقطه ی M و N نوسان می کند و در هر ۰/۴ ثانیه ۲ نوسان کامل انجام می دهد. اگر بیشینه ی شتاب نوسان $20 \frac{m}{s^2}$ باشد، فاصله ی MN چند سانتی متر است؟

$$(\pi^2 = 10)$$

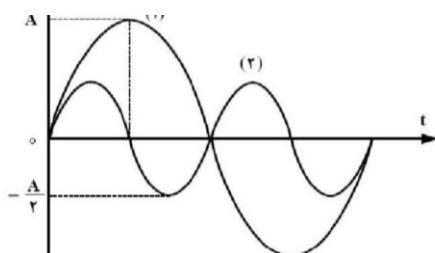
نوسانر وزنه - فنر، روی سطح افقی بدون اصطکاک، با دامنه ی A_1 و بسامد f_1 نوسان می کند. در لحظه ای که نوسانگر در بیشترین فاصله از مرکز نوسان قرار دارد، $\frac{3}{4}$ جرم وزنه، کنده شده و جدا می شود و جرم باقی مانده ی متصل به همان فنر به نوسان ادامه می دهد. اگر در این حالت بسامد، f_2 و دامنه، A_2 باشد، نسبت های $\frac{A_2}{A_1}$ و $\frac{f_2}{f_1}$ به ترتیب از راست به چپ کدام اند؟

(۱) ۱ و ۱ (۲) ۱ و ۲ (۳) ۲ و ۱ (۴) ۲ و ۲

نمودار مکان - زمان دو حرکت هماهنگ ساده مطابق شکل زیر است.

بیشینه ی سرعت نوسانگر (۱) چند برابر بیشینه ی سرعت نوسانگر (۲) است؟

(۱) ۱ (۲) ۴ (۳) $\frac{1}{4}$ (۴) $\frac{1}{2}$



نکته:

بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر

$$F_{max} = ma_{max} = kA = mA\omega^2$$

جسمی به جرم 50 gr که از یک فنر آویخته است نوسان می‌کند. معادله مکان نوسانگر در SI به صورت $y = 0.01 \cos(20t)$ است. بیشترین نیروی وارد بر جسم چند نیوتن است؟

- (۱) 0.01 (۲) 0.2 (۳) 1 (۴) 2

نوسانگری به جرم 20 g در هر دقیقه 120 نوسان کامل انجام می‌دهد. اگر در هر دوره مسافت 16 cm را طی کند، بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر چند نیوتن است؟ $(\pi^2 = 10)$

- (۱) 0.64 (۲) 0.128 (۳) 0.256 (۴) 0.512

ذره‌ای به جرم 500 گرم روی پاره‌خطی به طول 10 cm ، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر دوره‌ی نوسان، $\frac{1}{2}$ ثانیه باشد، بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر چند نیوتون است؟ $(\pi^2 = 10)$

- (۱) 4 (۲) 1 (۳) 2 (۴) $\frac{1}{2}$

انرژی در حرکت نوسانی

انرژی مکانیکی یک نوسانگر در هر لحظه برابر مجموع انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی جنبشی است و به شرط عدم وجود اتلاف، همواره مقداری ثابت است. در مسیر حرکت نوسانی دائماً تبدیل این دو صورت انرژی به یکدیگر را شاهد هستیم، به این صورت که:

- در دو انتهای مسیر که فنر بیشترین کشیدگی (یا فشردگی) را دارد و برای لحظه‌ای متوقف می‌شود، انرژی پتانسیل کشسانی بیشترین مقدار خود را دارد و انرژی جنبشی صفر است.

- در مسیر حرکت به سمت مرکز دائماً انرژی پتانسیل کشسانی فنر به انرژی جنبشی تبدیل شده و ضمن کاهش انرژی پتانسیل کشسانی مقدار انرژی جنبشی افزایش می‌یابد.

- در مرکز نوسان درست در لحظه‌ای که فنر نه فشرده شده و نه کشیده شده است برای لحظه‌ای انرژی پتانسیل کشسانی صفر و انرژی جنبشی بیشترین مقدار را دارد.

- در مسیر حرکت از مرکز به سمت گوشه‌ها دائماً انرژی جنبشی فنر به انرژی پتانسیل کشسانی تبدیل شده و ضمن کاهش انرژی جنبشی مقدار انرژی پتانسیل کشسانی افزایش می‌یابد.

با یک جسم و یک فنر، یک نوسانگر ساده ساخته‌ایم. در مدتی که جسم به طرف مرکز نوسان (جایی که فنر طول عادی خود را دارد) نزدیک می‌شود، انرژی مکانیکی و انرژی پتانسیل آن به ترتیب چگونه تغییر می‌کنند؟
 (۱) افزایش - ثابت (۲) ثابت - افزایش (۳) ثابت - کاهش (۴) کاهش - ثابت

در حرکت نوسانی هماهنگ ساده، در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسان کننده بیشینه است، اندازه‌ی کدام کمیت‌ها بیشینه است؟

(۱) مکان - شتاب - نیرو (۲) نیرو - انرژی کل - سرعت
 (۳) شتاب - سرعت - انرژی جنبشی (۴) سرعت - انرژی جنبشی - مکان

روابط مربوط به انرژی‌ها در حرکت نوسانی

• انرژی پتانسیل کشسانی در دو انتهای مسیر

$$U_{max} = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

• انرژی جنبشی در مرکز نوسان

$$K_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

• انرژی مکانیکی در کل مسیر

$$E = U_{max} = K_{max} = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

نکات

(۱) انرژی نوسانگر تنها وابسته به سفتی فنر و دامنه نوسان است.

(۲) در حرکت نوسانی در بعد $x = \frac{\sqrt{2}}{2} A$ انرژی جنبشی و پتانسیل کشسانی برابرند.

(۳) نسبت انرژی‌های نوسانگر در رابطه زیر صدق می‌کند:

$$\frac{K}{E} = \frac{K}{K_{max}} = \left(\frac{V}{V_{max}} \right)^2 = \sin^2 \varphi = 1 - \left(\frac{x}{A} \right)^2$$

انرژی مکانیکی نوسانگری به جرم ۲۰۰ گرم که روی پاره‌خطی به طول ۲۰ cm با بسامد $\frac{50}{\pi}$ هرتز نوسان می‌کند، چند ژول است؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۵ (۴) ۴۰

دامنه‌ی حرکت نوسانگر وزنه - فنر ۵ cm است. اگر جرم وزنه ۲۰۰ گرم و ثابت فنر $200 \frac{N}{m}$ باشد، انرژی کل نوسانگر چند ژول است؟

- (۱) ۰/۲۵ (۲) ۲/۵ (۳) ۵ (۴) ۵۰

نوسانگری به انتهای فنر سبکی با ثابت $100 \frac{N}{m}$ بسته شده و با دامنه‌ی ۴ cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. انرژی جنبشی آن در لحظه‌ای که از مبدأ نوسان می‌گذرد چند ژول است؟

- (۱) ۰/۰۶ (۲) ۰/۰۸ (۳) ۰/۱۲ (۴) ۰/۱۶

اگر E ، m به ترتیب انرژی مکانیکی و جرم یک نوسانگر ساده باشند، سرعت نوسانگر در لحظه‌ی عبور از نقطه‌ی تعادل، برابر با کدام است؟ (کمیت‌ها در SI است.)

- (۱) $\left(\frac{2E}{m} \right)^{\frac{1}{2}}$ (۲) $\frac{E}{2m}$ (۳) $\frac{2E}{m}$ (۴) $\left(\frac{E}{2m} \right)^{\frac{1}{2}}$

انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگری ساده در یک لحظه‌ی معین به ترتیب برابر $0.12 J$ و $0.06 J$ است. اگر جرم نوسانگر ۱۰ g و دامنه‌ی حرکت ۴ cm باشد، دوره‌ی حرکت چند ثانیه است؟

- (۱) 300π (۲) $\frac{4\pi}{3}$ (۳) $\frac{\pi}{75}$ (۴) $\frac{4\pi}{3\sqrt{10}}$

معادله‌ی حرکت نوسانگر ساده‌ی وزنه - فنری در SI به صورت $x = 0.05 \sin 20t$ می‌باشد. اگر بیشینه‌ی انرژی

جنبشی آن $J \times 10^{-2} \times 6$ باشد، ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟

- (۱) ۱۲ (۲) ۴۸ (۳) ۱۲۰ (۴) ۴۸۰

نوسان‌گری به جرم ۱۰۰ گرم، روی پاره‌خطی به طول ۲۰ cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در مدت $\frac{1}{4}$ ثانیه از

مرکز نوسان به انتهای مسیر می‌رسد. انرژی جنبشی نوسان‌گر در مرکز نوسان، چند میلی‌ژول است؟ $(\pi^2 = 10)$

- (۱) ۲ (۲) ۸ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵

انرژی مکانیکی نوسان‌گری به جرم ۱۰۰ g برابر ۲۰ mJ است. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی نوسان‌گر ۱۵ mJ است، بزرگی سرعت نوسان‌گر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

- (۱) $10\sqrt{10}$ (۲) $20\sqrt{10}$ (۳) $\frac{\sqrt{3}}{10}$ (۴) $\frac{\sqrt{3}}{20}$

بیشترین سرعت یک نوسانگر ۶ m/s است. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسانگر ۸ برابر انرژی جنبشی آن است، سرعت نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۱ (۲) $\frac{1}{5}$ (۳) ۲ (۴) ۳

معادله‌ی انرژی جنبشی - مکان یک نوسان‌گر که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، در SI به صورت

$K = 400x^2 - 16x$ است. دامنه‌ی حرکت نوسان‌گر چند سانتی‌متر است؟

- (۱) ۲ (۲) ۴ (۳) ۸ (۴) ۱۶

در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل یک نوسانگر ۸ برابر انرژی جنبشی آن است، سرعت نوسانگر $\frac{m}{s} \times 2$ است. بیشینه‌ی

سرعت این نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۶ (۲) ۸ (۳) ۱۲ (۴) ۱۸

در لحظه‌ای که انرژی جنبشی یک نوسانگر ۳ برابر انرژی پتانسیل آن است، سرعت نوسانگر چند برابر بیشینه سرعت آن است؟

- (۱) $\frac{1}{2}$ (۲) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (۳) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ (۴) ۲

اگر معادله مکان نوسانگر را به صورت $y = A \sin(\omega t + \phi)$ فرض کنیم، و U و K به ترتیب انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی جنبشی آن باشد، در لحظه‌ای که فاز حرکت نوسانگر $\frac{5\pi}{6}$ رادیان است، کدام رابطه بین U و K برقرار است؟

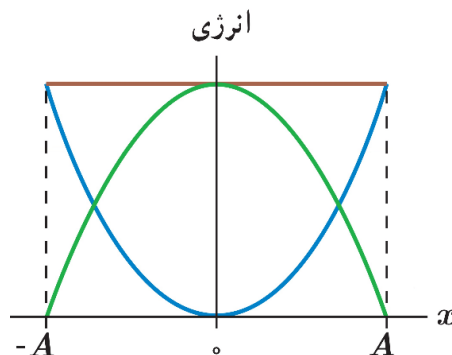
$U = 4K$ (۴)

$K = 3U$ (۳)

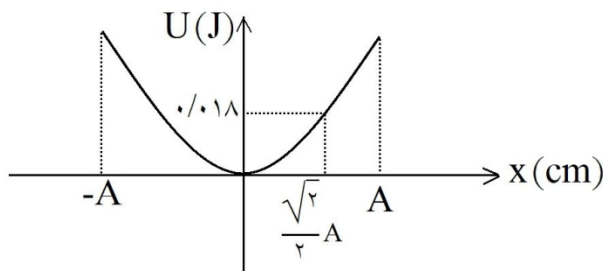
$K = 4U$ (۲)

$U = 3K$ (۱)

نمودارهای انرژی - مکان نوسانگر



نمودار انرژی پتانسیل بر حسب مکان نوسانگر ساده‌ای مطابق شکل است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟



0.24 (۱)

0.36 (۲)

$0.18\sqrt{2}$ (۳)

$0.18\sqrt{3}$ (۴)

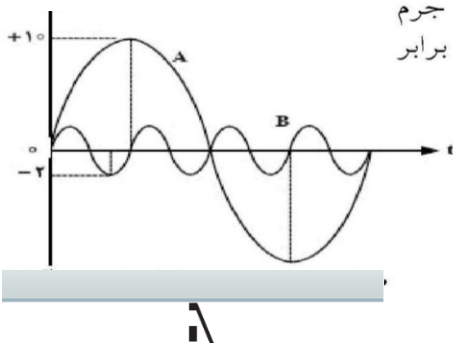
شکل روبه‌رو، نمودار مکان - زمان دو نوسانگر A و B را نشان می‌دهد. اگر جرم نوسانگر B ، پنج برابر جرم نوسانگر a باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر A چند برابر انرژی مکانیکی نوسانگر B است؟

$\frac{16}{5}$ (۲)

$\frac{5}{16}$ (۱)

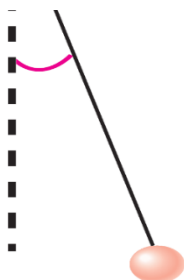
$\frac{16}{25}$ (۴)

$\frac{5}{9}$ (۳)



آونگ ساده

آونگ ساده، وزنه کوچکی است که به نخی سبک آویخته شده است. اگر وزنه را از حالت تعادل فارم کرده و سپس رها کنیم حرکت نوسانی انجام می‌دهد. در نوسان آونگ نیروی بازگرداننده مولفه‌ای از وزن جسم است که بر مسیر حرکت مماس است. اگر زاویه انحراف کوچک باشد (تقریباً کمتر از ۶



درجه)، می‌توان مسیر حرکت را پاره فطی افقی فرض کرد. با چشم‌پوشی از اصطکاک و فرض کوچک بودن زاویه ($\tan \alpha = \sin \alpha$) می‌توان دوره حرکت آونگ را به صورت زیر مناسبه کرد:

آونگ ساده‌ای به طول $24/5$ سانتی‌متر در حال نوسان است. دوره‌ی آن چند ثانیه است؟ ($\pi^2 = 10$ و $g = 9/8 \frac{m}{s}$)

- (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4

آونگ ساده‌ای به طول یک متر، در محلی که شتاب گرانش زمین در SI برابر $g = \pi^2$ است، نوساناتی کم دامنه انجام می‌دهد. گلوله‌ی این آونگ در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟

- (1) 30 (2) 40 (3) 60 (4) 120

طول نخ آونگ ساده‌ای را نصف می‌کنیم، دوره‌ی آن چند برابر می‌شود؟

- (1) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (2) $\frac{1}{2}$ (3) $\sqrt{2}$ (4) 2

دوره‌ی آونگ ساده‌ای 3 ثانیه است. کاهش طول آونگ چه کسری از طول اولیه‌ی آونگ شود تا دوره‌ی آن یک ثانیه شود؟

- (1) $\frac{3}{9}$ (2) $\frac{4}{9}$ (3) $\frac{5}{9}$ (4) $\frac{8}{9}$

دو آونگ ساده‌ی A و B در کنار هم نوسان می‌کنند و به ازای هر 4 نوسان آونگ A، آونگ B، 5 نوسان انجام می‌دهد. طول آونگ A چند برابر طول آونگ B است؟

- (1) $\frac{5}{4}$ (2) $\frac{4}{5}$ (3) $\frac{25}{16}$ (4) $\frac{16}{25}$

دوره‌ی نوسان آونگ ساده‌ای در یک مکان معین، برابر 2 ثانیه است و در مدت $2/6$ دقیقه N نوسان کامل انجام می‌دهد. طول آونگ را چند درصد کاهش یا افزایش دهیم تا در همان مدت و در همان مکان، $N - 18$ نوسان کامل انجام دهد؟

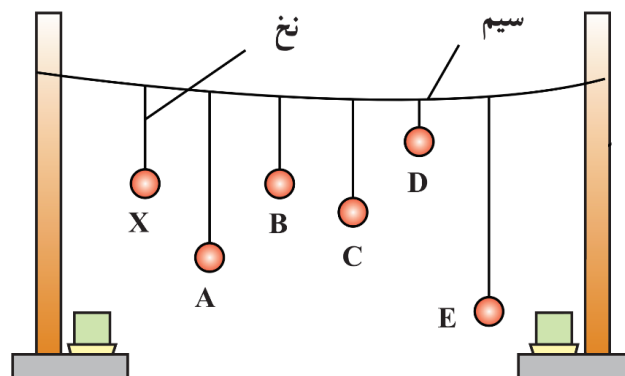
- (1) 69 درصد کاهش (2) 69 درصد افزایش (3) 31 درصد کاهش (4) 31 درصد افزایش

نوسان میرا

در واقعیت وقتی نوسانگری را از تعادل فارغ می‌کنیم، به علت نیروهای اتلافی، دامنه نوسان دائماً کم شده و سرانجام پس از چند نوسان می‌ایستد؛ چنین نوسانی نوسان میرا نام دارد.

تشدید

اگر به نوسانگری یک نیروی دوره‌ای اعمال شود، در صورتی که بسامد نیروی اعمال شده با بسامد طبیعی نوسانگر یکسان باشد، دامنه نوسان تا مقدار بیشینه‌ای افزایش می‌یابد و از آن پس، هر کت نوسانی بدون کاهش دامنه ادامه می‌یابد، در این صورت می‌گوییم **پدیده تشدید (رزونانس)** رخ داده است. دقت شود در حالتی هم که بسامد نیروی اعمال شده با بسامد نوسانگر برابر نیست، انرژی به نوسانگر منتقل می‌شود، ولی بیشترین انرژی در حالت تشدید به نوسانگر منتقل می‌شود.

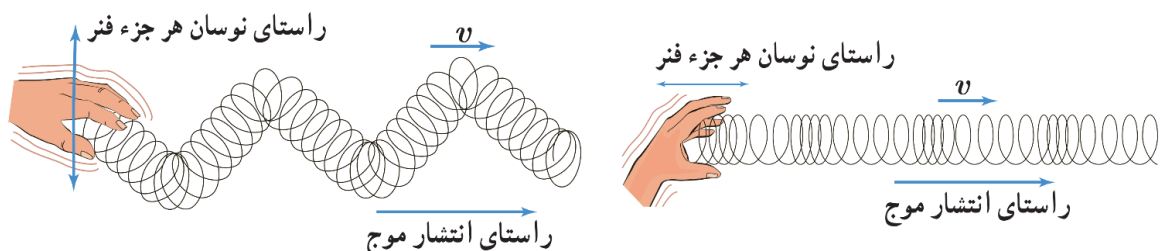


موج

موج، انتشار آشفستگی در یک محیط است، به شرطی که ماده منتقل نشود. امواج به دو دسته تقسیم می‌شوند: (۱) موج‌های مکانیکی (۲) موج‌های الکترومغناطیسی

• موج‌های مکانیکی

موج‌های مکانیکی برای انتشار **به محیط مادی نیاز دارند**، این امواج به دو دسته طولی و عرضی تقسیم می‌شوند. در موج عرضی راستای ارتعاش عمود بر راستای انتشار است و در موج طولی راستای ارتعاش منطبق بر راستای انتشار است.



• موج‌های الکترومغناطیسی

موج‌های الکترومغناطیسی برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند؛ یعنی این امواج می‌توانند در خلأ نیز منتشر شوند.

نکات

(۱) امواج طولی در جامدات، مایعات و گازها منتشر می‌شوند، اما امواج عرضی تنها در جامدات و سطوح مایعات منتشر می‌شوند.

(۲) موج صوتی که در هوا منتشر می‌شود (به صورت کلی در گازها)، تنها طولی است.

(۳) نور از دسته امواج الکترومغناطیسی و صوت جزو امواج مکانیکی است.

(۴) ماهیت امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی با یکدیگر تفاوت دارد، ولی رفتارها و ویژگی‌های آنها از جهات زیادی مشابه یکدیگر است؛ به عنوان مثال هر دو در مین انتشار می‌توانند انرژی را از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل کنند.

مشفصات موج

برای مطالعه برفی از مشفصه‌های موج از وسیله‌ای موسوم به تشتت موج استفاده می‌شود. این وسیله شامل یک تشتت شیشه‌ای کم‌عمق و یک نوسان‌ساز است. یک راه مشاهده رفتار موج، استفاده از سایه‌ای است که توسط لامپ از سطح آب داخل تشتت موج بر ورقه کاغذی زیر تشتت تشکیل می‌شود.

• **جبهه موج:** به برآمدگی‌ها یا فرو رفتگی‌های ایجادشده، یک جبهه موج می‌گویند؛

• **قله و دره:** به برآمدگی‌ها، قله (ستیغ) و به فرو رفتگی‌ها دره (پاستیغ) گفته می‌شود؛

• **تندی انتشار موج:** اگر جبهه موج در مدت Δt مسافت L را طی کند، تندی انتشار موج از رابطه $v = \Delta L / t$ به دست می‌آید؛

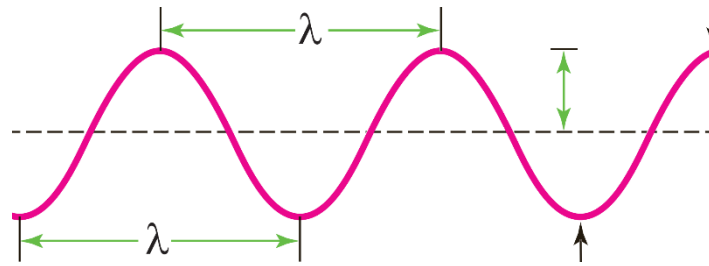
• **دوره تناوب:** مدت زمانی که هر ذره محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد؛

• **بسامد:** تعداد نوسان‌های انجام شده توسط هر ذره محیط در یک ثانیه؛

• **دامنه:** بیشینه فاصله یک ذره از مکان تعادل یا فاصله قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن؛

• **طول موج:** فاصله بین دو برآمدگی یا دو فرو رفتگی مجاور، طول موج نامیده می‌شود و آن را با λ نشان می‌دهند؛

طول موج برابر با مسافتی است که موج در مدت دوره تناوب نوسان پشمه طی می‌کند.



- اگر نور تک رنگی از آب وارد هوا شود، بسامد، انرژی و طول موج وابسته به آن به ترتیب چگونه تغییر می کند؟
- (۱) افزایش - افزایش - کاهش
(۲) ثابت - ثابت - افزایش
(۳) کاهش - ثابت - کاهش
(۴) کاهش - افزایش - افزایش

نکته:

- اگر موجی از محیطی وارد محیطی شود که سرعت انتشار در آنجا بیشتر باشد بسامد آن..... و طول موج آن.....
- (۱) کاهش یافته - نیز کاهش می یابد
(۲) کاهش یافته - ثابت می ماند
(۳) ثابت مانده - افزایش می یابد
(۴) افزایش یافته - نیز افزایش می یابد

- روی یک طناب امواج ساکن تشکیل شده است. کدام گزینه درباره نوسان نقطه معینی از طناب درست است؟
- (۱) بسامدش متغیر است.
(۲) فازش ثابت است.
(۳) دامنه اش متغیر است.
(۴) دامنه اش ثابت است.

برای نور تک رنگی ضریب شکست شیشه $\frac{3}{2}$ و ضریب شکست آب $\frac{4}{3}$ است. نسبت فرکانس این نور در شیشه به فرکانس آن در آب کدام است؟

- (۱) $\frac{8}{9}$
(۲) ۱
(۳) $\frac{9}{8}$
(۴) ۲

- طول موج نوری با بسامد 5×10^{14} Hz در خلاء چند میکرومتر است؟ $c = 3 \times 10^8$ m/s
- (۱) ۶۰۰
(۲) ۶۰
(۳) ۶
(۴) ۰/۶

یک ایستگاه رادیویی، موجی با بسامد ۱۰۰ مگا ہرتز منتشر می کند. چند ثانیہ طول می کشد تا این موج فاصلہی ۳۰۰ km را طی کند؟ $(C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

- (۱) 10^{-3} (۲) 10^{-5} (۳) 3×10^{-3} (۴) 3×10^{-5}

موجی با بسامد ۱۰۰ Hz و طول موج ۰/۵ متر، فاصلہی ۱۰ متر را در چند ثانیہ طی می کند؟

- (۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) $\frac{1}{5}$ (۴) $\frac{1}{10}$

موج رادیویی با بسامد ۳۰۰ مگا ہرتز در فضا پخش می شود. طول موج آن چند متر است؟ $(C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

- (۱) ۱ (۲) ۳ (۳) ۱۰۰ (۴) ۳۰۰

دو موج مکانیکی A و B در یک محیط کشسان منتشر می شوند. اگر بسامد موج A، ۴ برابر بسامد موج B باشد، طول موج و سرعت انتشار موج A چند برابر طول موج و سرعت انتشار موج B است؟ (بہ ترتیب از راست بہ چپ)

- (۱) $\frac{1}{4}$ و ۱ (۲) $\frac{1}{4}$ و ۲ (۳) $\frac{1}{2}$ و ۱ (۴) $\frac{1}{2}$ و ۲

• نقاط هم‌فاز و فاز مخالف

- **نقاط هم‌فاز:** در نقش موج نقطه‌هایی را می‌توان یافت که وضعیت نوسانی یکسان دارند؛ به چنین دو نقطه‌ای، نقاط هم‌فاز گفته می‌شود.

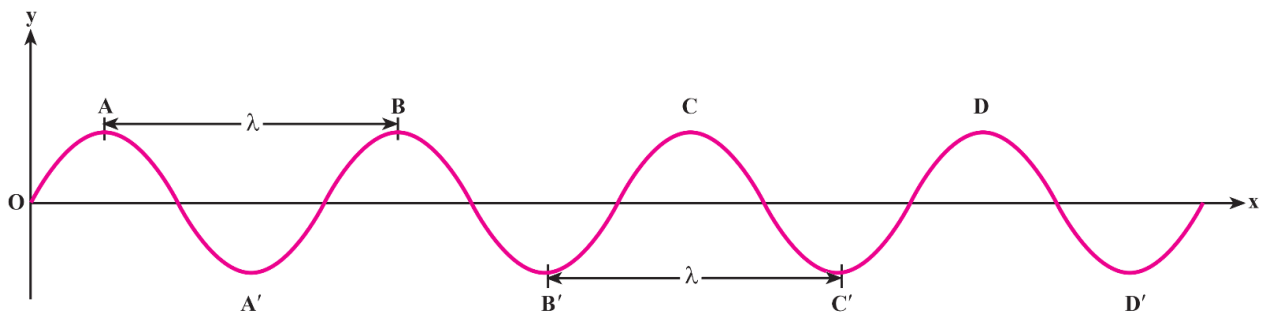
نقاطی که فاصله آنها از هم مضرب صمیمی از طول موج یا مضرب زوجی از نصف طول موج باشد، هم‌فاز هستند؛

$$\Delta x_{\text{نقاط هم‌فاز}} = n\lambda = 2n\lambda/2$$

- **نقاط در فاز مخالف:** در نقش موج نقطه‌هایی می‌توان یافت که مرکتی در خلاف جهت یکدیگر دارند؛ به چنین نقطه‌هایی، نقاط در فاز مخالف گفته می‌شود.

نقاطی که فاصله آنها از هم مضرب فردی از نصف طول موج باشد، در فاز متقابل قرار دارند؛

$$\Delta x_{\text{نقاط فاز مخالف}} = (2n - 1)\lambda/2$$



موج عرضی در یک محیط منتشر می‌شود و فاصله‌ی بین دو قلّه‌ی متوالی آن ۱۰ cm است. اگر سرعت انتشار موج در آن محیط $5 \frac{m}{s}$ باشد، بسامد موج چند هرتز است؟

- ۱۰۰ (۱) ۵۰ (۲) ۲۵ (۳) ۱۰ (۴)

سرعت انتشار موجی $20 \frac{m}{s}$ و فرکانس آن ۵۰ Hz است. حداقل فاصله دو نقطه که در راستای انتشار موج قرار دارند و با یکدیگر هم‌فازند، چند سانتیمتر است؟

- ۴۰ (۱) ۸۰ (۲) ۱۵۰ (۳) ۲۰۰ (۴)

امواج حاصل از یک منبع ارتعاشی که بسامد آن ۲۰ هرتز است با سرعت $\frac{4}{5} \text{ m/s}$ در یک بُعد منتشر می‌شود. نزدیکترین

فاصله‌ی بین دو نقطه که در فاز متقابل اند (با هم اختلاف فاز π دارند) چند متر است؟

- (۱) ۰/۱ (۲) ۰/۲ (۳) ۱/۲۵ (۴) ۲/۵

یک منبع موج امواجی با فرکانس ۱۰ هرتز ایجاد می‌کند که با سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه در یک محیط منتشر می‌شود.

فاصله نزدیک‌ترین نقطه‌ای که با منبع موج در فاز متقابل است چند سانتیمتر است؟

- (۱) ۵/۷ (۲) ۵ (۳) ۲/۵ (۴) ۱/۲۵

دو نقطه که در راستای انتشار موج باشند و فاصله‌شان از یک‌دیگر مضرب باشد آن نقاط همواره با یک‌دیگر

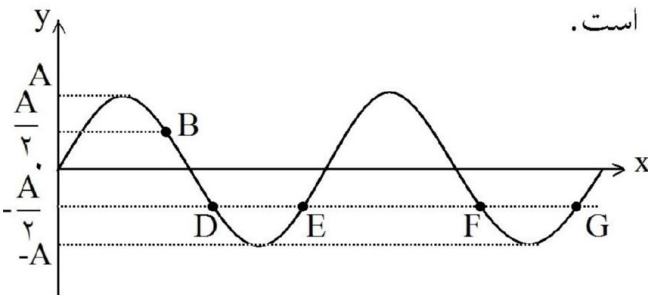
.....

- (۱) زوجی از ربع طول موج - هم‌فازاند.
(۲) فردی از طول موج - در فاز مخالف‌اند.
(۳) زوجی از ربع طول موج - در فاز مخالف‌اند.
(۴) فردی از نصف طول موج - در فاز مخالف‌اند.

نقش موج عرضی طنابی، در یک لحظه مطابق شکل روبه‌رو است.

کدام یک از نقاط نشان داده شده، با B در فاز مخالف‌اند؟

- (۱) F و G (۲) D و G
(۳) E و G (۴) F و D



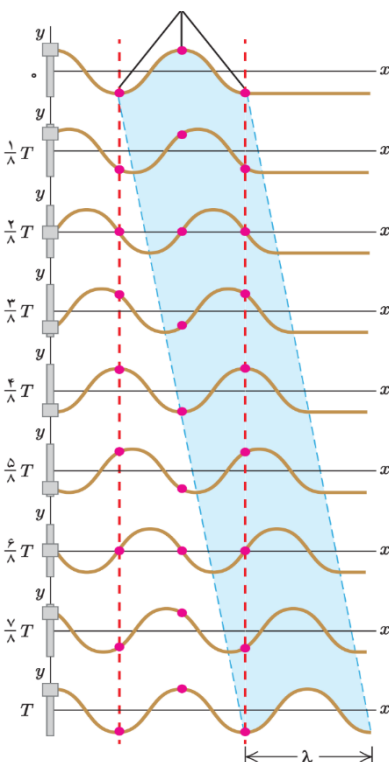
امواج عرضی

• نقش موج عرضی

همانطور که پیش از این گفته شد، در موج عرضی را ستای ارتعاش بر را ستای انتشار عمود است.

• انتقال انرژی توسط امواج عرضی

هر مویی مامل انرژی است؛ وقتی در یک ریسمان یا فنر کشیده موجی عرضی ایجاد می‌کنیم، در واقع، انرژی را برای ایجاد موج در ریسمان فراهم کرده‌ایم که با انتشار موج، این انرژی به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل در ریسمان انتقال می‌یابد. مقدار متوسط انرژی انتقال



انرژی (توان متوسط) در موج سینوسی برای همه انواع امواج مکانیکی با مربع دامنه (A^2) و

نیز مربع بسامد (f^2) موج متناسب است.

• سرعت انتشار امواج عرضی

سرعت انتشار موج در یک محیط به ویژگی‌های فیزیکی محیط (جنس، دما و ...) بستگی دارد و از شرایط فیزیکی پوشه موج (بسامد، دامنه و ...) مستقل است. برای مثال، سرعت انتشار موج در یک طناب یا فنر که با نیروی F کشیده شده است، به نیروی کشش طناب و نیز به جرم واحد طول آن بستگی دارد:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \rightarrow v = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}}$$

تار مرتعشی بطول یک متر و به جرم ۵ گرم با نیروی ۵۰ نیوتن کشیده شده است. سرعت انتشار ارتعاشات عرضی در این تار چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۳/۱۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۳۱۵

سیم به طول ۱ متر و به جرم ۴ گرم که با نیروی کشش ۹۰ نیوتن بین دو نقطه کشیده شده است مرتعش می‌شود. سرعت انتشار امواج عرضی در طول این سیم چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۳۶۰ (۲) ۱۵۰ (۳) $30.30 \sqrt{10}$ (۴) $\frac{3}{5} \sqrt{10}$

تاری به جرم ۱۶۰ گرم و به طول ۸۰ cm بین دو نقطه با نیروی کشش ۲۰ نیوتن محکم بسته شده است. سرعت انتشار موج عرضی در این تار چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۴۰ (۴) ۱۰۰

سیم به طول یک متر و جرم ۴ گرم بین دو نقطه ثابت بسته شده است. اگر نیروی کشش سیم ۱۰ نیوتن باشد، سرعت انتقال امواج عرضی در آن چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۲۰ (۲) ۲۵ (۳) ۴۰ (۴) ۵۰

در سیم یکنواختی که بین دو نقطه‌ی ثابت، با نیروی معینی کشیده شده موج ایستاده ایجاد می‌کنیم. اگر همان سیم را دولا کنیم و تحت همان نیروی کشش قبلی بین دو نقطه‌ی ثابت دیگر قرار دهیم، بسامد موج ایستاده اصلی حاصل چند برابر خواهد شد؟

- (۱) ۲ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) $\sqrt{2}$ (۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

اگر کشش تار 128 N باشد، سرعت انتشار موج عرضی در آن $\frac{160}{s} \text{ m}$ است. نیروی کشش تار را چند نیوتن افزایش دهیم تا سرعت انتشار موج در آن $\frac{200}{s} \text{ m}$ شود؟

- (۱) ۳۲ (۲) ۷۲ (۳) ۱۶۰ (۴) ۲۰۰

تاری به طول l را که m گرم جرم دارد و با نیروی F بین دو نقطه کشیده شده است، را مرتعش می‌کنیم. اگر تار دیگری به طول $\frac{5l}{4}$ و جرم $\frac{5}{8}m$ را با همان نیروی کشش مرتعش کنیم، سرعت انتشار امواج عرضی در آن چند برابر سیم اول است؟

- (۱) ۱ (۲) $\frac{25}{16}$ (۳) $\frac{5}{4}$ (۴) $\frac{4}{5}$

سرعت انتشار موج در طول یک تار که جرم هر متر آن 5 گرم است و تحت تاثیر نیروی کشش 200 نیوتون می‌باشد چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۲۰ (۲) ۴۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۲۰۰

سرعت انتشار موج عرضی در یک تار، $\frac{100}{s} \text{ m}$ است. نیروی کشش این تار را چند درصد افزایش دهیم تا سرعت انتشار موج در آن به $\frac{110}{s} \text{ m}$ برسد؟

- (۱) $\sqrt{10}$ (۲) $\sqrt{21}$ (۳) ۱۰ (۴) ۲۱

سیم با چگالی $\frac{8}{3} \frac{g}{cm}$ و سطح مقطع یک میلی متر مربع بین دو نقطه با نیروی ۸۰ نیوتن کشیده شده است. سرعت

انتشار موج عرضی در این سیم چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۱۰۰ (۲) ۲۰۰ (۳) ۳۰۰ (۴) ۴۰۰

مساحت مقطع یک سیم 10^{-6} مترمربع است و چگالی آن $\frac{6}{4} \frac{gr}{cm}$ است. اگر این سیم با نیروی ۴ نیوتن کشیده

شود، سرعت انتشار امواج عرضی در آن چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۲۵ (۲) 5×10^3 (۳) ۲۵۰ (۴) ۵۰

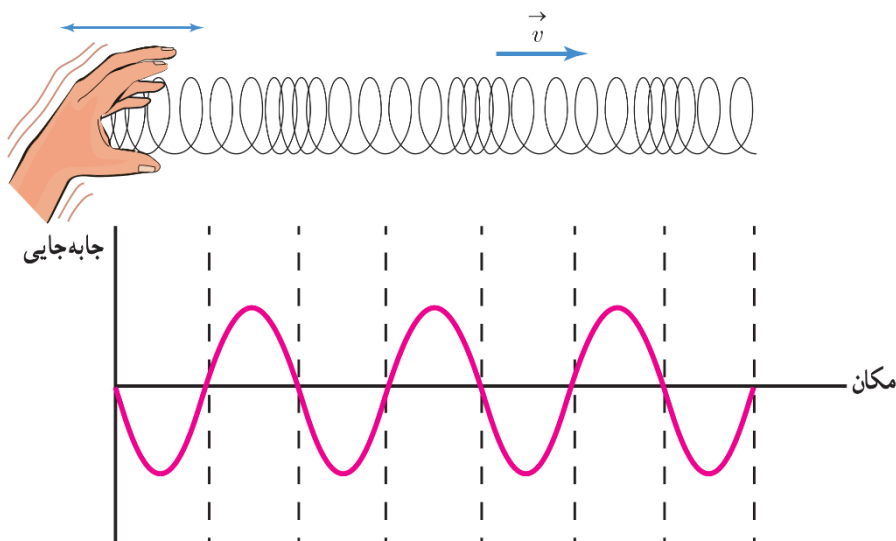
قطر مقطع یک سیم مرتعش یک میلی متر، چگالی آن $\frac{8}{3} \frac{gr}{cm}$ و طول آن ۸۰ cm است. اگر یک موج عرضی در مدت

۰/۰۲ ثانیه طول سیم را طی کند، نیروی کشش سیم چند نیوتن است؟ ($\pi = 3$)

- (۱) $\frac{4}{8}$ (۲) $\frac{9}{6}$ (۳) $\frac{12}{4}$ (۴) $\frac{16}{2}$

امواج طولی

برای مدل سازی موج طولی دقت کنیم در مکان هایی که بیشترین جمع شدگی یا بیشترین بازشدگی ملقه ها رخ می دهد، جابه جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل برابر صفر است. در وسط فاصله بین یک جمع شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینه مجاور هم، اندازه جابه جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل، بیشینه است. در مورد امواج طولی، طول موج برابر با فاصله بین دو تراکم یا دو انبساط متوالی است. همچنین دامنه موج طولی برابر با بیشینه جابه جایی از مکان تعادل است.



دقت: تندی انتشار موج طولی نیز از همان رابطه موج عرضی با طول موج و دوره تناوب ($v = \lambda/T$) به دست می‌آید؛ البته این به این معنا نیست که در یک جسم تندی انتشار هر دو نوع موج برابر است. برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است. از این موضوع می‌توان در فاصله‌یابی استفاده کرد.

$$\Delta x = \frac{v_p v_s}{v_p - v_s} \Delta t$$

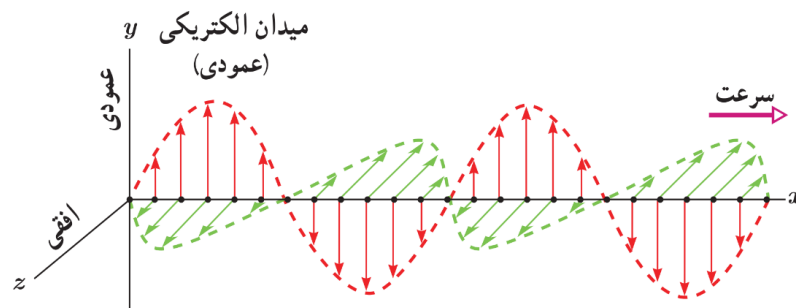
تمرین: سرعت موج P و S زلزله‌ای به ترتیب ۸ و ۴ کیلومتر بر ثانیه است؛ اگر این امواج با افتلاف ۳ دقیقه به محلی برسند، فاصله این نقطه تا کانون زلزله چند کیلومتر است؟

امواج الکترومغناطیسی

• نحوه ایجاد امواج الکترومغناطیسی

ما کسول پیش‌بینی کرد همانطور که در اثر تغییر میدان مغناطیسی در فضا، میدان الکتریکی تولید می‌شود. در اثر تغییر میدان الکتریکی نیز میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. ما کسول از این دو پدیده نتیجه گرفت:

امواج الکترومغناطیسی از رابطه متقابل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به وجود می‌آیند؛ یعنی هر تغییری در میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا، میدان مغناطیسی متغیری ایجاد می‌کند و این میدان مغناطیسی متغیر، خود میدان الکتریکی متغیری به وجود می‌آورد. این رابطه متقابل میدان‌ها سبب انتقال نوسان‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی از یک نقطه فضا به نقاط دیگر و یا همان انتشار موج الکترومغناطیسی می‌شود.



نکات

(۱) میدان الکتریکی را تنها بارهای الکتریکی تولید نمی‌کنند، بلکه در اثر تغییر میدان مغناطیسی نیز به وجود می‌آید.

(۲) علاوه بر جریان الکتریکی و آهنربا، تغییر میدان الکتریکی نیز می‌تواند منشأ ایجاد میدان مغناطیسی باشد.

(۳) جهت انتشار موج الکترومغناطیسی را می‌توان با قاعده دست راست مشخص کرد؛ اگر چهار انگشت دست راست در جهت میدان الکتریکی و کف دست هم‌جهت با میدان مغناطیسی باشد، شست جهت انتشار را نشان می‌دهد.

• ویژگی‌های امواج الکترومغناطیسی

موج‌های الکترومغناطیسی نیز مانند موج‌های مکانیکی در زمان و مکان تغییر می‌کنند، با این تفاوت که در موج‌های مکانیکی ذره‌های تشکیل‌دهنده محیط نوسان می‌کنند و در موج‌های مغناطیسی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در هر نقطه از فضا به صورت نوسانی تغییر می‌کنند؛ **(بار الکتریکی)**

ندارند؛ بنابراین در میدان الکتریکی یا مغناطیسی منحرف نمی‌شوند). همین موضوع سبب می‌شود موج‌های الکترومغناطیسی برای انتشار فود الزاماً به محیط مادی نیاز نداشته باشند و در فلاً نیز منتشر شوند.

میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی القای هم‌فاز هستند؛ یعنی در هر نقطه هر دو میدان با هم ما کسیم و مینیم می‌شوند. علاوه بر این باید دقت کرد که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر یکدیگر و هر دوی آن‌ها بر راستای انتشار عمود هستند (موج عرضی‌اند).

اموج الکترومغناطیسی انرژی را به صورت انرژی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می‌کنند؛ مثلاً توان امواج الکترومغناطیسی گسیل شده از خورشید که به زمین می‌رسد، تقریباً ۱۰۰ میلیون گیگاوات است (برای مقایسه می‌توان گفت مرتبه بزرگی توان تولیدی یک نیروگاه هسته‌ای ۱ گیگاوات است).

• سرعت امواج الکترومغناطیسی

با توجه به اینکه ضریب گذرشی الکتریکی و تراوایی مغناطیسی فلاً مقادیر ثابتی هستند، سرعت امواج الکترومغناطیسی در فلاً از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} \rightarrow c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

نکات

- (۱) در رابطه فوق $\epsilon = 8/85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$ و $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}/\text{A}$ هستند؛
(۲) هرگز نشان داد که امواج رادیویی نیز با همان تندی نور مرئی در آزمایشگاه حرکت می‌کنند و این مایه از سرشت یکسان امواج رادیویی و نور مرئی بود؛

در پخش امواج الکترومغناطیسی بردارهای الکتریکی E و مغناطیسی B در یک نقطه چه وضعی دارند؟
(۱) در خلاف جهت هم و عمود بر امتداد انتشار
(۲) B در جهت انتشار و E عمود بر آن
(۳) E در جهت انتشار و B عمود بر آن
(۴) عمود بر هم و عمود بر امتداد انتشار

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی امواج الکترومغناطیسی در یک نقطه از فضا چگونه‌اند؟
(۱) ثابت و منطبق بر هم (۲) ثابت و عمود بر هم (۳) متغیر و منطبق بر هم (۴) متغیر و عمود بر هم
در یک موج الکترومغناطیسی منتشر شده در خلاء (یا هوا) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و در هر نقطه با یکدیگر

(۱) با هم موازیند، هم فازند
(۲) بر هم عمودند، هم فازند
(۳) بر هم عمودند، در فاز مخالفند
(۴) با هم موازیند، در فاز مخالفند
یک موج الکترومغناطیسی در خلاء در حال انتشار است. در یک لحظه، میدان الکتریکی موج در یک نقطه بیشینه است. در آن لحظه، میدان مغناطیسی در همان نقطه چگونه است؟
(۱) در خلاف جهت میدان الکتریکی و در حال کاهش (۲) عمود بر میدان الکتریکی و بیشینه
(۳) در جهت میدان الکتریکی و بیشینه (۴) در جهت میدان الکتریکی و در حال افزایش

کدام عبارت در مورد موج‌های الکترومغناطیسی درست نیست؟

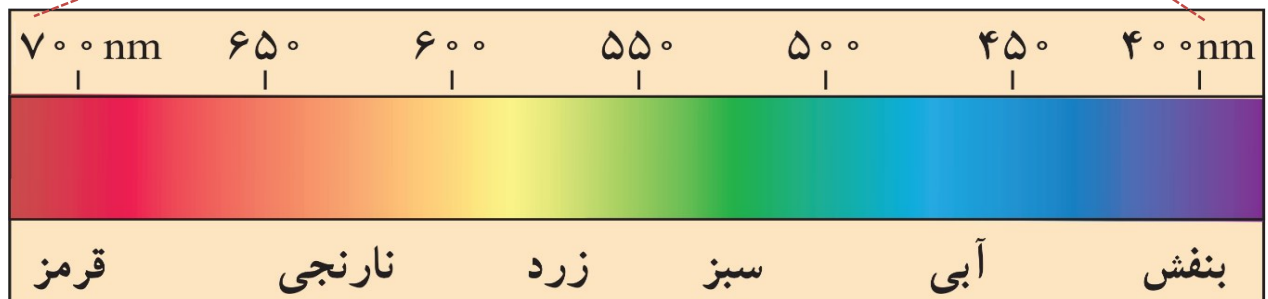
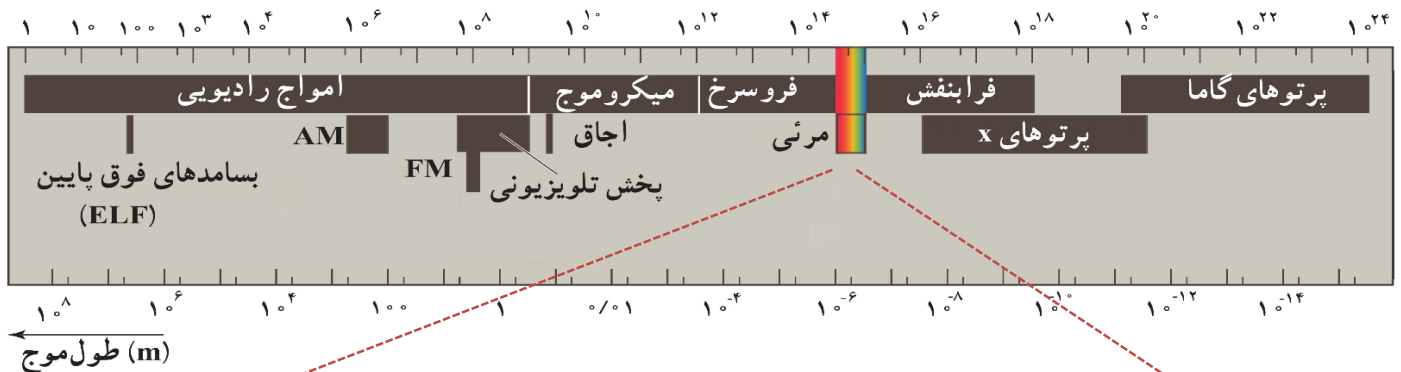
- (۱) میدان الکتریکی و مغناطیسی موج بر هم عمودند.
- (۲) سرعت انتشار موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ یکسان است.
- (۳) تعداد نوسان‌های میدان الکتریکی و مغناطیسی در واحد زمان با هم برابرند.
- (۴) طول موج، فاصله‌ی بین دو نقطه از موج است که در آن دو نقطه میدان الکتریکی با میدان مغناطیسی هم فاز است.

اگر ϵ_0 ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ و μ_0 تراوایی مغناطیسی خلأ باشد، سرعت انتشار موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ برابر با کدام است؟

- (۱) $(\mu_0 \epsilon_0)^{\frac{1}{3}}$
- (۲) $(\mu_0 \epsilon_0)^2$
- (۳) $(\mu_0 \epsilon_0)^{-\frac{1}{2}}$
- (۴) $(\mu_0 \epsilon_0)^{-2}$

• طیف امواج الکترومغناطیسی

موج‌های الکترومغناطیسی دارای **تفاوت زیاد در بسامد** (و در نتیجه طول موج)، نحوه تولید و آشکارسازی هستند و همچنین کاربردهای متفاوتی دارند. ولی ماهیت و قانون‌های ماکس وبر همه آن‌ها یکسان است.



محدوده طول موج مرئی از ۰,۴ میکرون مربوط به طول موج بنفش تا ۰,۷ میکرون مربوط به طول موج نور قرمز است. گستره فرکانس نور مرئی نیز بین ۴۳۰ تا ۷۵۰ تراهرتز قرار دارد.

طول موج امواج مربوط به رادار، در مقایسه با طول موج امواج فرسرخ و طول موج اشعه‌ی ایکس چگونه است؟
(۱) از هر دو کوتاه‌تر است.

(۲) از هر دو بلندتر است.

(۳) از طول موج فرسرخ کوتاه‌تر و از طول موج اشعه‌ی ایکس بلندتر است.

(۴) از طول موج فرسرخ بلندتر و از طول موج اشعه‌ی ایکس کوتاه‌تر است.

در طیف موج‌های الکترومغناطیسی، بیش‌ترین بسامد مربوط به و بلندترین طول موج مربوط به است.

(۱) نور بنفش - نور قرمز

(۲) موج‌های رادیویی - اشعه‌ی ایکس

(۳) اشعه‌ی گاما - موج‌های فرسرخ

(۴) اشعه‌ی گاما - موج‌های رادیویی و مخابراتی

در امواج الکترومغناطیس، از فرابنفش تا موج‌های رادیویی، طول موج و انرژی وابسته به فوتونها به ترتیب چگونه تغییر می‌کنند؟

(۱) افزایش - افزایش (۲) افزایش - کاهش (۳) کاهش - افزایش (۴) کاهش - کاهش

در طیف موج‌های الکترومغناطیسی، از موج‌های رادیویی و مخابراتی تا پرتوهای گاما کدام کمیت کاهش می‌یابد؟

(۱) بسامد (۲) کوانتوم انرژی (۳) طول موج (۴) سرعت در خلأ

در خلأ فوتون ماورای بنفش نسبت به مادون قرمز دارای

(۱) انرژی بیشتر و طول موج بلندتر است

(۲) سرعت بیشتر و طول موج بلندتر است

(۳) سرعت کمتر و طول موج بلندتر است

(۴) طول موج کوتاه‌تر و سرعت مساوی است

کدام کمیت مربوط به موج رادیویی باند AM در مقایسه با امواج رادیویی باند FM بیش‌تر است؟

(۱) طول موج (۲) بسامد (۳) سرعت انتشار در خلأ (۴) کوانتوم انرژی

طول موج یک متر تا یک کیلومتر، مربوط به کدام محدوده‌ی موج‌های الکترومغناطیسی است؟

(۱) فرسرخ (۲) فرابنفش (۳) نور مرئی (۴) رادیویی

تابع میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی در SI به صورت $E = E_{\max} \sin 2\pi \left(10^8 t - \frac{x}{\lambda} \right)$ است. این

موج در محدوده‌ی است.

(۱) اشعه‌ی گاما (۲) فرابنفش (۳) رادیویی (۴) نور مرئی

امواج صوتی

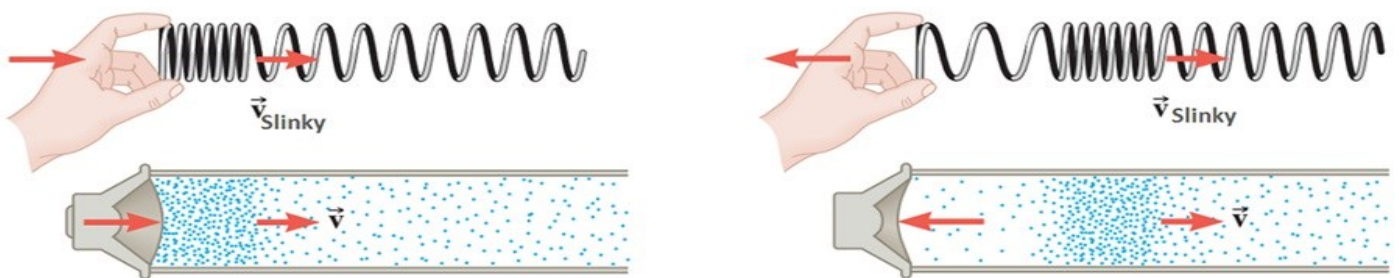
• چشمه صوت

صوت یک موج طولی است که توسط جسمی مرتعش از قبیل سیم گیتار، تارهای صوتی منجره انسان، دیاپازون، و یا پوسته‌های مرتعشی مانند صفحه مرتعش (دیاگرام) یک بلندگو تولید می‌شود. که اصطلاحاً به این‌ها چشمه صوت گفته می‌شود.

نکات

(۱) وقتی چشمه صوت مرتعش می‌شود، معمولاً صوت مایل در تمام جهتها منتشر می‌شود؛

(۲) امواج صوتی به دلیل طبیعت طولی فود، مثل موج طولی ایجاد شده در یک فنر کشیده، از مجموعه‌ای از تراکم‌ها و انبساط‌ها تشکیل شده‌اند؛



(۳) صوت فقط در محیطهای مادی مانند گاز، مایع، یا جامد می‌تواند ایجاد و منتشر شود؛

پرسش: نمونه ایجاد صوت توسط یک بلندگو را شرح دهید.

با ارتعاش دیاگرام یک بلندگو، موجی صوتی ایجاد می‌شود. مرتک رو به بیرون دیاگرام، هوای جلوی آن را متراکم می‌کند. این تراکم که با تندی صوت از بلندگو دور می‌شود مشابه ناهیه فمغشده‌گی در یک فنر کشیده است که در آن موجی طولی روانه شده است. پس از تولید یک ناهیه متراکم، دیاگرام مرتکش را برعکس می‌کند و به سمت داخل می‌رود، مرتک رو به داخل دیاگرام، هوای جلوی آن را منبسط می‌کند. این انبساط که با تندی صوت از بلندگو دور می‌شود، مشابه ناهیه بازده‌گی در یک فنر کشیده است که در آن موجی طولی روانه شده است.

• سرعت صوت

سرعت صوت به ویژگی‌های فیزیکی محیط انتشار بستگی دارد؛ عموماً صوت در جامدها سریع‌تر از مایع‌ها و

در مایع‌ها سریع‌تر از گازها مرتک می‌کند، گرچه استثنائایی نیز وجود دارد؛ تندی صوت افزون بر فینس

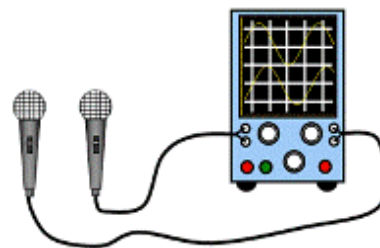
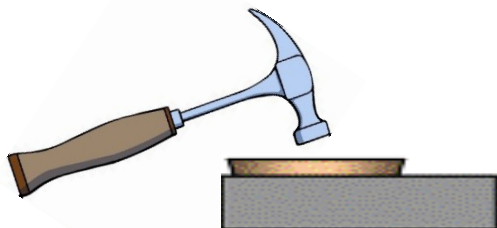
تندی (m/s)	محیط
گازها (فشار 1 atm)	
331	هوا (0°C)
343	هوا (20°C)
965	هلیوم (0°C)
1284	هیدروژن (0°C)
مایع‌ها	
1143	متیل الکل (25°C)
1402	آب (0°C)
1482	آب (20°C)
1522	آب دریا (20°C) و شورى (3/5%)
جامدها	
5941	فولاد
6000	گرانیت
6220	آلومینیم

محیط به دما نیز بستگی دارد و از این رو معمولاً تندی صوت در مواد، همراه با دمای متناظر آنها نوشته می‌شود؛

نکات

- (۱) با افزایش دما، سرعت صوت افزایش و با کاهش دما، سرعت صوت کاهش می‌یابد.
- (۲) هرچه قدر گاز سنگین‌تر باشد (جرم مولی آن بیشتر باشد)، سرعت صوت در آن کمتر است.
- (۳) برای دمای معمول هوا (۱۰ - ۲۰ درجه سلسیوس)، سرعت صوت در حدود ۳۴۰ متر بر ثانیه است و می‌توان گفت به ازای هر ۱۰ درجه تغییر در دما، سرعت صوت ۶ متر بر ثانیه تغییر می‌کند.
- پرسش: نحوه اندازه‌گیری سرعت صوت را توضیح دهید.

دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان‌سنج و مساس (با دقت میلی‌ثانیه) متصل می‌کنیم. وقتی چکش را به صفحه فلزی بکوبیم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می‌شوند، نفست میکروفون نزدیک‌تر و سپس میکروفون دورتر را متأثر می‌سازند. فاصله دو میکروفون از هم را اندازه می‌گیریم. همچنین با استفاده از زمان‌سنج می‌توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم. اکنون با استفاده از رابطه $v = \Delta x / \Delta t$ تندی صوت حاصل می‌شود.



• شدت صوت

انتشار صوت از پشه صوت همراه با انتقال پیدرپی انرژی از نامیه‌ای به نامیه‌ای دیگر است؛ پشه صوت، این انرژی را با به مرکز درآوردن لایه‌ای از محیط که در تماس مستقیم با پشه است به محیط می‌دهد. انرژی از این لایه به لایه‌های بعدی منتقل و در تمام جهتها منتشر می‌شود.

شدت یک موج صوتی در یک سطح، برابر با آهنگ متوسط انرژی‌ای است که توسط موج به واحد سطح، عمود بر راستای انتشار صوت می‌رسد یا از آن عبور می‌کند.

با توجه به تعریف می‌توان گفت:

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

نکته: با در نظر گیری پخش شدن صوت در تمام جهات:

• تراز شدت صوت

نسبت شدت‌های صوت در گستره شنوایی انسان می‌تواند در حدود 10^{12} باشد، برای برر سی پنین گستره وسیعی از (راحت‌تر آن است که از لگاریتم (در پایه ده) استفاده کنیم.

$$B = 10 \text{ dB} \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

نکته: شدت مربع (I_0) به این دلیل انتخاب شده است که نزدیک به حد پایین گستره شنیداری انسان است.

تراز شدت صوت (dB)	شدت صوت (W/m^2)	صوت
۱۰	10^{-11}	نفس کشیدن در فاصله ۳m
۲۰	10^{-10}	پچ‌پچ در فاصله ۱m
۳۰	10^{-9}	کتابخانه
۴۰	10^{-8}	خیابان بی سروصدا
۵۰	10^{-7}	رستوران ساکت
۶۰	10^{-6}	صحبت معمولی در فاصله ۱m
۷۰	10^{-5}	خیابان پر سروصدا
۸۰	10^{-4}	در نزدیکی جاروبرقی
۹۰	10^{-3}	قطار در عبور از یک تقاطع
۱۰۰	10^{-2}	کارگاه ماشین‌آلات پر سروصدا
۱۱۰	10^{-1}	دستگاه پخش صوت در بیشترین صدای خود
۱۲۰	10^0	مته سنگ‌شکن
۱۳۰	10^1	موتور جت در فاصله ۳۰m

شدت صوتی $\frac{W}{m^2}$ 10^{-12} است. تراز شدت صوت چند دسی‌بل است؟ $\left(\log 2 \approx 0.3, I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}\right)$

(۱) ۸۴ (۲) ۹۴ (۳) ۱۱۶ (۴) ۱۲۶

شدت صوتی $\frac{W}{m^2}$ $10^{-3} \times \frac{3}{2}$ است. تراز شدت این صوت چند دسی‌بل است؟ $\left(\log 2 = 0.3, I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}\right)$

(۱) ۱۵ (۲) ۲۵ (۳) ۸۵ (۴) ۹۵

شنونده‌ای، صوتی با بسامد ۲۵ Hz را با شدت $۱۰^{-۴} \frac{\mu W}{m^2}$ می‌شنود. تراز شدت این صوت، چند دسی‌بل است؟

- (۱) ۱۶۰ (۲) ۲۰ (۳) ۸۰ (۴) ۱۰۰
- $(I_s = ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^2})$

تراز شدت صوتی ۲۶ دسی‌بل است. شدت این صوت، چند وات بر مترمربع است؟

- $(\text{Log } ۲ = ۰/۳ \text{ و } I_s = ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^2})$
- (۱) ۴×۱۰^{-۱۰} (۲) ۲×۱۰^{-۴} (۳) ۴×۱۰^{-۴} (۴) ۲×۱۰^{-۱۰}

اگر تراز شدت صوتی ۷۶ دسی‌بل باشد، شدت آن چند وات بر مترمربع است؟ $(\text{log } ۲ = ۰/۳, I_s = ۱۰^{-۶} \frac{\mu W}{m^2})$

- (۱) ۴×۱۰^{-۵} (۲) ۴×۱۰^{-۷} (۳) ۶×۱۰^{-۵} (۴) ۶×۱۰^{-۷}

تراز شدت صوتی ۶۶ دسی‌بل است. شدت این صوت چند وات بر مترمربع است؟

- $(\text{Log } ۲ = ۰/۳, I_s = ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^2} \text{ است.})$
- (۱) ۴×۱۰^{-۶} (۲) ۴×۱۰^{-۱۰} (۳) ۶×۱۰^{-۶} (۴) ۶×۱۰^{-۱۰}

تراز شدت صوتی ۱۵ دسی بل است. شدت این صوت، چند برابر شدت صوت مبنا است؟ ($\text{Log } 2 = 0.3$)

(۱) ۵۸۰ (۲) ۳۰ (۳) ۳۲ (۴) ۲۴

اگر شدت صوتی $\sqrt{10}$ برابر شود، تراز شدت آن چگونه تغییر می کند؟

(۱) ۵ برابر می شود (۲) ۱۰ برابر می شود (۳) ۵ دسی بل افزایش می یابد (۴) ۱۰ دسی بل افزایش می یابد

نکته:

اگر شدت صوت $2\sqrt{10}$ برابر شود، تراز شدت صوت چگونه تغییر می کند؟ ($\text{Log } 2 = 0.3$)

(۱) ۸ برابر می شود. (۲) ۴۰ برابر می شود.
(۳) ۸ دسی بل افزایش می یابد. (۴) ۴۰ دسی بل افزایش می یابد.

شنونده ای در یک فضای باز به صدای رادیو گوش می دهد. اگر فاصله ای او تا رادیو ۱۰ برابر شود تراز شدت صوت چند دسی بل کاهش می یابد؟

(۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴) ۱۰۰

شخصی صدای یک چشمه صوتی را یک بار از فاصله ای $2/5\text{m}$ و بار دیگر از فاصله ای 25m از چشمه می شنود. شخص، صدای چشمه را در بار اول چند دسی بل بلندتر از بار دوم احساس می کند؟

(۱) ۲ (۲) ۱۰ (۳) ۲۰ (۴) ۱۰۰

تراز شدت صوتی از ۳۰ دسی بل به ۳۶ دسی بل می رسد. شدت صوت چند برابر شده است؟ ($\log 2 = 0.3$)

- (۱) ۴ (۲) ۶ (۳) $\frac{6}{5}$ (۴) $\frac{36}{25}$

اختلاف تراز شدت دو صوت برابر با ۳ دسی بل است. شدت صوت قوی تر چند برابر شدت صوت ضعیف تر است؟ ($\log 2 = 0.3$)

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۲۰ (۴) ۳۰

اگر شدت صوت چشمه ای را ۸ برابر کنیم، تراز شدت صوت برای شنونده ای که به فاصله ی معینی از چشمه قرار دارد؟ $1/3$ برابر می شود. تراز شدت صوت اولیه برای شنونده، چند دسی بل بوده است؟ ($\log 2 = 0.3$)

- (۱) ۲۰ (۲) ۲۴ (۳) ۳۰ (۴) ۳۹

اگر شدت صوتی را ۱۶ برابر کنیم، تراز شدت آن ۵ برابر می شود. اگر $I_0 = 10^{-12} \left(\frac{W}{m^2} \right)$ باشد، شدت اولیه ی صوت چند وات بر مترمربع است؟

- (۱) 2×10^{-12} (۲) 4×10^{-12} (۳) $3/2 \times 10^{-12}$ (۴) 5×10^{-12}

تراز شدت صوت در ۱۰ متری از یک چشمه ی صوت ۸۰ دسی بل است. تراز شدت این صوت در فاصله ی ۴۰ متری از چشمه چند دسی بل است؟ ($\log 2 = 0.3$) و از جذب انرژی توسط محیط صرف نظر شود.

- (۱) ۲۰ (۲) ۴۰ (۳) ۵۶ (۴) ۶۸

شنونده‌ای که در فاصله‌ی ۸ متری یک منبع صوت قرار دارد، چند متر به منبع صوت نزدیک شود تا صوت منبع را با تراز شدت ۱۲ دسی بل بیش‌تر از حالت قبل احساس کند؟ ($\log 2 = 0.3$)

- (۱) ۷/۵ (۲) ۶ (۳) ۴/۵ (۴) ۲

در فاصله‌ی ۱۰ متری از یک منبع صوت، تراز شدت صوت ۲۰ دسی بل بیش‌تر از تراز شدت صوت آستانه‌ی دردناکی است. در فاصله‌ی چند متری از این منبع صوت تراز شدت صوت ۲۰ دسی بل کم‌تر از تراز شدت صوت آستانه‌ی دردناکی است؟ (از جذب انرژی توسط محیط صرف نظر شود).

- (۱) ۱۰۰ (۲) ۲۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۱۰۰۰

یک چشمه‌ی صوت، امواج صوتی را با توان ۱۲۰ وات در یک فضای باز تولید و منتشر می‌کند. شنونده‌ای در فاصله‌ی چند متری از منبع قرار گیرد تا امواج صوتی را با بلندی ۹۰ دسی بل بشنود؟

(از جذب انرژی توسط محیط صرف نظر شود، $\pi = 3$ و $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ است.)

- (۱) ۰/۱ (۲) ۱۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۱۰۰۰۰

صفحه‌ی حساسی به مساحت 3 cm^2 بر راستای انتشار صوت عمود است و در مدت ۵ ثانیه، $J = 10^{-11} \times 1/5$ انرژی صوتی به صفحه می‌رسد. شدت صوت در سطح این صفحه چند میکرووات بر متر مربع است؟

- (۱) $2/5 \times 10^{-8}$ (۲) 10^{-8} (۳) ۰/۰۱ (۴) ۰/۲۵

پرده‌ی گوش شخصی، امواج صوتی با تراز ۸۰ دسی بل، دریافت می‌کند. اگر مساحت پرده‌ی گوش این شخص 6×10^{-5} مترمربع باشد، در مدت ۳ دقیقه چند ژول انرژی صوتی به گوش این شخص می‌رسد؟ ($I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$)

- (۱) $1/0.8 \times 10^{-6}$ (۲) $1/0.8 \times 10^{-9}$ (۳) 6×10^9 (۴) 6×10^{-6}

شنونده‌ای که مساحت پرده‌ی گوشش ۶۰ میلی‌متر مربع است، تراز شدت صوت حاصل از یک منبع را ۵۰ دسی‌بل احساس می‌کند، انرژی که در مدت ۵۰ ثانیه به پرده‌ی گوش این شنونده می‌رسد، چند میکرو ژول است؟

$$\left(I_0 = 10^{-6} \frac{\mu W}{m^2} \right)$$

- ۳ (۱) ۳۰۰ (۲) 3×10^{-4} (۳) 6×10^{-6} (۴)

توان یک چشمه‌ی صوت ۵۰۰ میلی‌وات است. اگر در یک فضای باز، شنونده‌ای در فاصله‌ی ۲۰ متری از چشمه، صوت حاصل را با بلندی ۸۰ دسی‌بل احساس کند، در انتشار صوت در این فاصله چند درصد توان توسط محیط جذب شده است؟

$$\left(\pi = 3, I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2} \right)$$

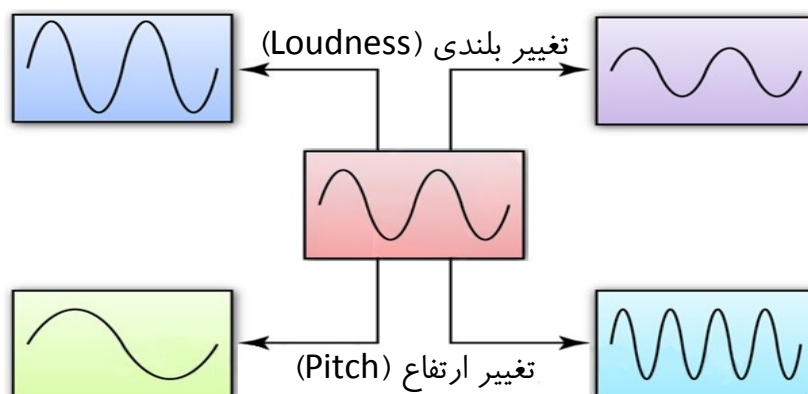
- ۲ (۱) ۴ (۲) ۲۰ (۳) ۴۰ (۴)

• ادراک شنوایی

وقتی دیاپازونی را با ضربه‌ای به ارتعاش وامی‌داریم، نوسان‌هایی انجام می‌دهد که به دلیل میرایی کم، به مرکت هماهنگ ساده نزدیک است. به صوت فاصل از پنین چشمه‌هایی تن موسیقی یا به افتصار تُن گفته می‌شود. با شنیدن هر تن، دو ویژگی را می‌توان از هم متمایز سافت:

- **ارتفاع: بسامدی که گوش انسان درک می‌کند؛** یعنی اگر چند دیاپازون با بسامدهای مختلف به طور یکسان نواخته شوند، بسامد آنها را می‌توان از کمترین تا بیشترین تشفیص داد.

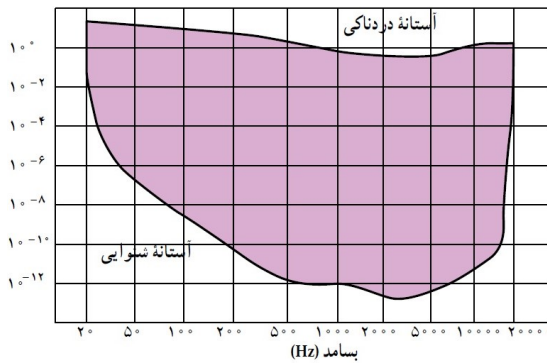
- **بلندی: شدتی است که گوش انسان درک می‌کند؛** یعنی اگر یک دیاپازون با بسامد مشخص را با ضربه‌هایی متفاوت به ارتعاش واداریم، با اینکه بسامد صدایی که می‌شنویم تغییر نمی‌کند، اما صداهایی با بلندی متفاوت را **مس می‌کنیم** که این به شدت ضربه‌ها بستگی دارد.



نکات

(۱) **بلندی متفاوت با شدت است.** شدت را می‌توان با یک آشکارساز اندازه گرفت، در حالی که بلندی چیزی است که شما مس می‌کنید.

شدت صوت (W/m^2)



۲) دستگاه شنوایی انسان به بسامدهای متفاوت و ساسیت‌های متفاوتی نشان می‌دهد؛ بیشترین و ساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گستره ۲۰۰۰Hz تا ۵۰۰۰Hz است، در حالی که گوش انسان قادر به شنیدن تن‌های صدای ۲۰Hz تا ۲۰۰۰۰Hz است.

اثر دوپلر

هرگاه یک منبع صوت و یک شنونده نسبت به هم حرکت داشته باشند، بسامدی که شنونده دریافت می‌کند، با بسامد واقعی منبع صوتی متفاوت است؛ به عنوان مثال وقتی یک ماشین آتش‌نشانی آژیر کشان به سمت شما در حرکت است، صدای آزاردهنده‌تری دارد نسبت به حالتی که در حال دور شدن از شما است؛ به این پدیده، اثر دوپلر می‌گویند.

نکته: اثر دوپلر نه تنها برای امواج صوتی بلکه برای امواج الکترومغناطیسی، مانند میکروموج‌ها، موج‌های رادیویی و نور مرئی نیز برقرار است.

• اثر دوپلر در امواج صوتی

- منبع در حال حرکت و شنونده ثابت باشد؛



- منبع ثابت و شنونده در حال حرکت باشد؛



• اثر دوپلر در امواج الکترومغناطیسی

همانطور که گفتیم اثر دوپلر برای موج‌های الکترومغناطیسی (مثل نور یا امواج رادیویی) نیز برقرار است، ولی برر سی آن با اثر دوپلر در صوت متفاوت است. هرگاه چشمه موج الکترومغناطیسی نسبت به ناظر (آشکار ساز) در حرکت باشد، بسامد و طول موج دریافتی از این چشمه تغییر می‌کند. اندازه گیری این تغییرات (جابه‌جایی دوپلری) نقش مهمی در افترشناسی دارد. در رصدهای نجومی ستارگان، کهکشان‌ها و سایر چشمه‌های نوری سماوی، چه هنگامی که از ما دور می‌شوند و چه هنگامی که به ما نزدیک می‌شوند، با اندازه‌گیری جابه‌جایی دوپلری نور آنها می‌توان اطلاعاتی در مورد تندی و چگونگی حرکت آنها به دست آورد. این جابه‌جایی دوپلری صرفاً ناشی از حرکت آن اجرام سماوی نسبت به ناظر (آشکار ساز) است. **وقتی چشمه نور از ناظر (آشکار ساز) دور می‌شود، طول موج افزایش می‌یابد که به آن اصطلاحاً انتقال به سرخ می‌گویند و وقتی چشمه نور به ناظر نزدیک می‌شود، طول موج کاهش می‌یابد که به آن اصطلاحاً انتقال به آبی می‌گویند.**

