

آموزش فیزیک

نوسان و موج

نوسان دوره ای

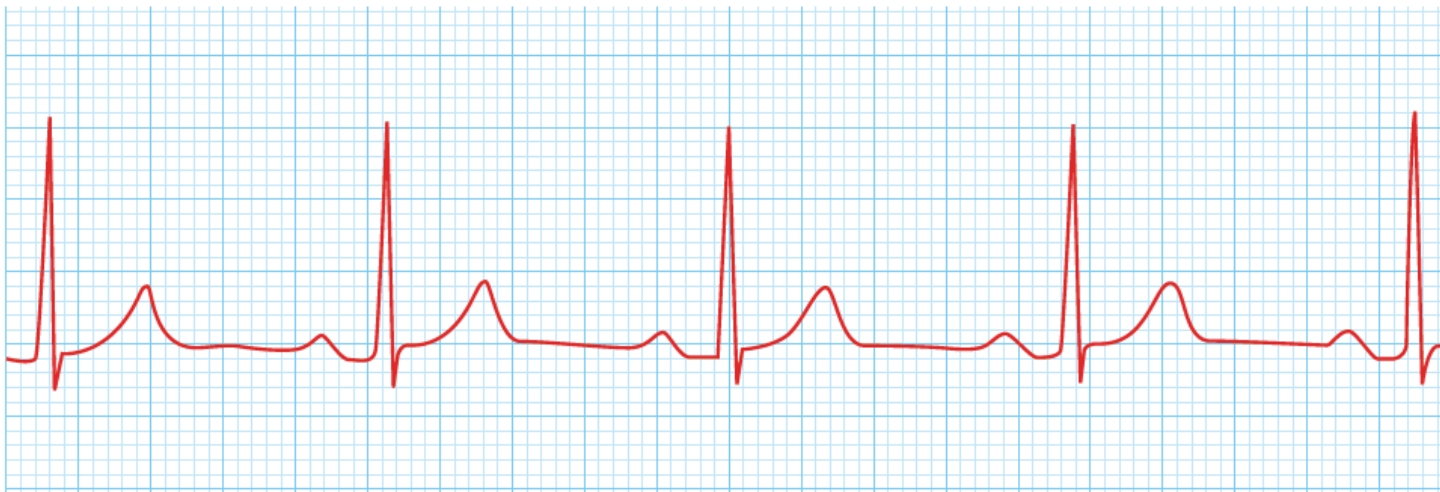
حسین هاشمی

بسامد ضربان قلب مربوط به نمودار شکل ۲-۳ چقدر است؟

دوره تناوب ضربان قلب این شخص $\frac{1}{65}$ دقیقه

$$T = \frac{60}{45} \text{ s}$$

$$f = \frac{45}{60} \text{ Hz}$$

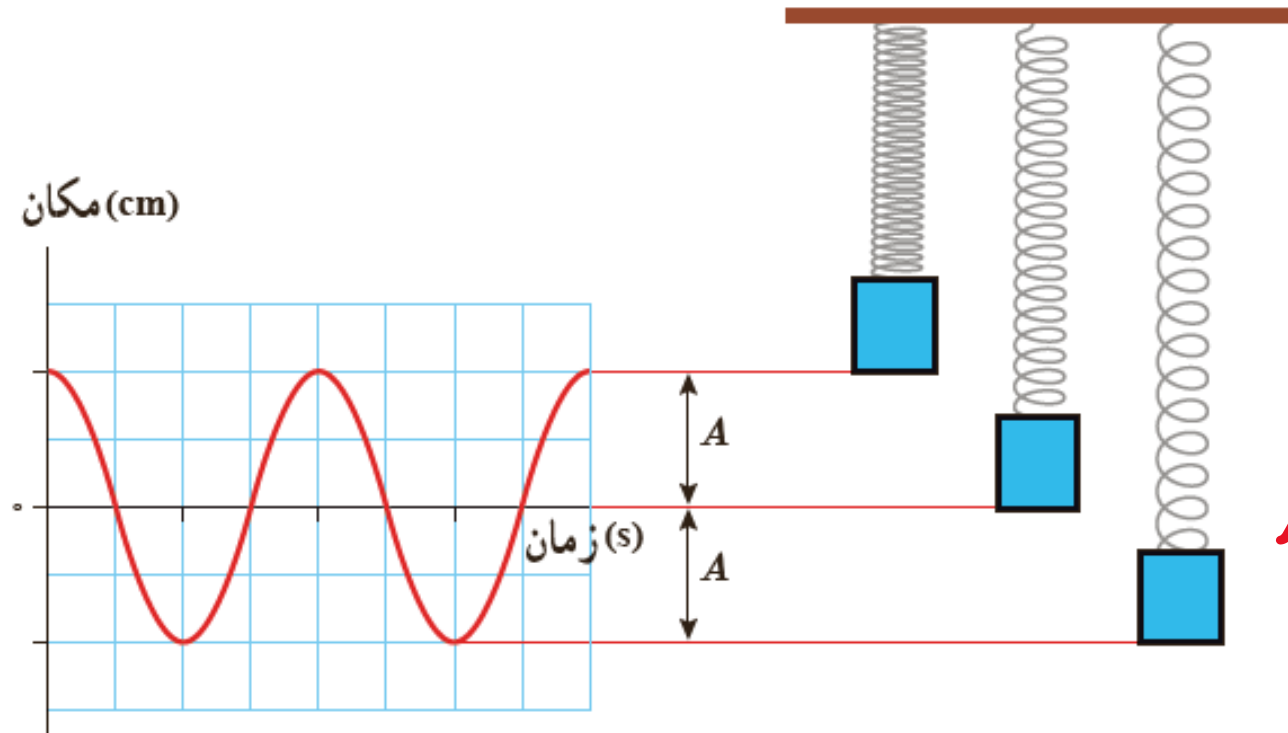


● مثال ۳-۱

جرمی متصل به یک فنر با بسامد $20^\circ/\text{Hz}$ و دامنه $3^\circ/\text{cm}$ به طور هماهنگ ساده در امتداد قائم نوسان می کند. پس از گذشت $10/66\text{s}$ از رها شدن جرم از بالای نقطه تعادل، جابه جایی این جرم نسبت به نقطه تعادل چقدر است؟

$$A = \frac{3}{100} \text{ m} \quad \omega = 2\pi f = 0.4\pi$$

$$x = A \cos \omega t \rightarrow x = \frac{3}{100} \cos(0.4\pi \times 10.66) = \frac{3}{100} \times 0.41 = 0.012 \text{ m}$$



ذره‌ای در حال نوسان هماهنگ ساده با دوره تناوب T است. با فرض اینکه در $t=0$ s ذره در $x=+A$ باشد، تعیین کنید در هر یک از لحظات زیر، آیا ذره در $x=-A$ ، در $x=+A$ ، یا در $x=0$ خواهد بود؟ الف) $t=2/5 T$ ، ب) $t=3/5 T$ ، پ) $t=5/25 T$

$$t = 2T \longrightarrow x = +A$$

$$t = 3/5 T \longrightarrow x = -A$$

$$t = 5/25 T \longrightarrow x = 0$$

در حرکت هماهنگ ساده، مکان $x(t)$ باید پس از گذشت یک دوره تناوب برابر مقدار اولیه‌اش شود. یعنی اگر $x(t)$ مکان در زمان دلخواه t باشد، آن گاه نوسانگر باید در زمان $t + T$ دوباره به همان مکان بازگردد و بنابراین $A \cos \omega t = A \cos \omega(t + T)$.
براین اساس نشان دهید $\omega = 2\pi / T$.

$$A \cos \omega t = A \cos \omega(t + T) \rightarrow \omega(t + T) = \omega t + 2k\pi$$

$$\xrightarrow{k=1} \omega t + \omega T = \omega t + 2\pi \rightarrow \omega T = 2\pi \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

قطعه‌ای به جرم $g = ۶۸^\circ$ به فنری با ثابت فنر $k = ۶۵ \text{ N/m}$ بسته شده است. قطعه را به اندازه مشخصی از مکان تعادل خود روی یک سطح افقی بدون اصطکاک می‌کشیم و از حالت سکون رها می‌کنیم. الف) دوره تناوب و ب) بسامد زاویه‌ای نوسان چقدر می‌شود؟

$$m = 410 \times 10^{-3} \text{ kg} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 0.44 \text{ s}$$

$$k = 45 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} = 9.1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

الف) نشان دهید تندی پیشینه در حرکت هماهنگ ساده برابر است با $A\omega$.
 ب) تندی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که با دامنه 1 cm و دوره 0.5 s نوسان می‌کند هنگام عبور از نقطه تعادل چقدر است؟

$$x = A \sin \omega t \longrightarrow v = -A\omega \sin \omega t$$

$$\longrightarrow v_m = A\omega$$

$$\begin{aligned} A &= 1\text{ cm} \\ T &= 0.5\text{ s} \end{aligned} \longrightarrow v_m = A\omega = A \frac{2\pi}{T} = 10 \times 10^{-2} \times \frac{2\pi}{0.5} = 1.256\text{ m/s}$$

بستگی دوره تناوب آونگ به شتاب گرانشی، روش دقیقی را برای تعیین g به دست می دهد. در این روش با اندازه گیری طول L و دوره تناوب T ، می توان g را به دست آورد. ژئوفیزیک دانی با استفاده از یک آونگ ساده به طول ۱۷۱m که $۷۲/۰$ نوسان کامل را در $۶۰/۰\text{s}$ انجام می دهد، شتاب g زمین را در مکانی خاص تعیین می کند. وی مقدار g را در این مکان چقدر به دست می آورد؟

مدت زمان تعداد نوسان

$$\begin{array}{c} 1 \\ 72 \end{array} \quad \begin{array}{c} T \\ 40 \end{array} \Rightarrow T \times 72 = 1 \times 40 \rightarrow T = \frac{40}{72} \text{ s}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = \frac{4\pi^2 \times 0.171}{\left(\frac{40}{72}\right)^2} = 9.171 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

طول تعدادی آونگ ساده که از میله‌ای افقی آویزان‌اند، عبارت‌اند از، $۰/۴\text{m}$ ، $۰/۸\text{m}$ ، $۱/۲\text{m}$ ، $۲/۸\text{m}$ ، $۳/۵\text{m}$. فرض کنید میله دستخوش نوسان‌هایی افقی با بسامد زاویه‌ای در گستره $۲/۰\text{rad/s}$ تا $۴/۰\text{rad/s}$ بشود. کدام آونگ‌ها با دامنه بزرگ‌تری به نوسان درمی‌آیند؟ (توجه کنید گرچه تشدید در بسامد مشخصی رخ می‌دهد، اما دامنه نوسان در نزدیک این بسامد همچنان بزرگ است).

$$L = ۰/۴ \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{۹/۸۱}{۰/۴}} = ۴/۹۵ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$L = ۰/۸ \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{۹/۸}{۰/۸}} = ۳/۵ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \checkmark$$

$$L = ۱/۲ \rightarrow \omega = ۲/۸۴ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \checkmark$$

$$L = ۲/۸ \rightarrow \omega = ۱/۸۷ \frac{\text{rad}}{\text{s}}, L = ۳/۵ \Rightarrow \omega = ۱/۴۷ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

در پی زمین لرزه عظیمی (به بزرگی ۸/۱ در مقیاس ریشتر) که در ساحل غربی مکزیک در سال ۱۹۸۵ اتفاق افتاد ساختمان‌های نیمه بلند فرو ریختند، ولی ساختمان‌های کوتاه‌تر و بلندتر پابرجا ماندند. علت این پدیده را توضیح دهید.



فروپاشی طبیعی ساختمان‌های نیمه بلند به فرکانس زلزله مکرر شده

۱. یک وزنه 20 N را از انتهای یک فنر قائم می‌آویزیم، فنر 20 cm

کشیده می‌شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنه 50 N

متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان درمی‌آوریم.

دوره تناوب این نوسان چقدر است؟ $mg = k\Delta x \rightarrow k = \frac{20}{0.2} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{0.5}{100}} = \underline{0.44\text{ s}}$$

۴. هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید،

با دوره تناوب $2/\pi$ s نوسان می کند. اگر جرم این جسم $2/\pi$ kg

افزایش یابد، دوره تناوب $3/\pi$ s می شود. مقدار m چقدر است؟

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T \propto \sqrt{m} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow$$

$$\frac{3}{2} = \sqrt{\frac{m+2}{m}} \Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{m+2}{m} \rightarrow 9m = 4m + 8$$

$$\rightarrow 5m = 8 \rightarrow m = \frac{8}{5} \text{ kg}$$

۳. جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن 1600 kg است. این

خودرو روی چهار فنر با ثابت $10^4 \times 2/00 \text{ N/m}$ سوار شده است.

دوره تناوب، بسامد، و بسامد زاویه‌ای ارتعاش خودرو وقتی از

چاله‌ای می‌گذرد چقدر است؟

$$m = \frac{1400}{4} = 350 \text{ kg}$$

$$k = 2 \times 10^4 \text{ N/m}$$

$$\rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 0.111 \text{ s} \rightarrow f = 1.13 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

۴. دامنه نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $3 \times 10^{-2} \text{ m}$

و بسامد آن 5 Hz هرتز است. معادله حرکت این نوسانگر را

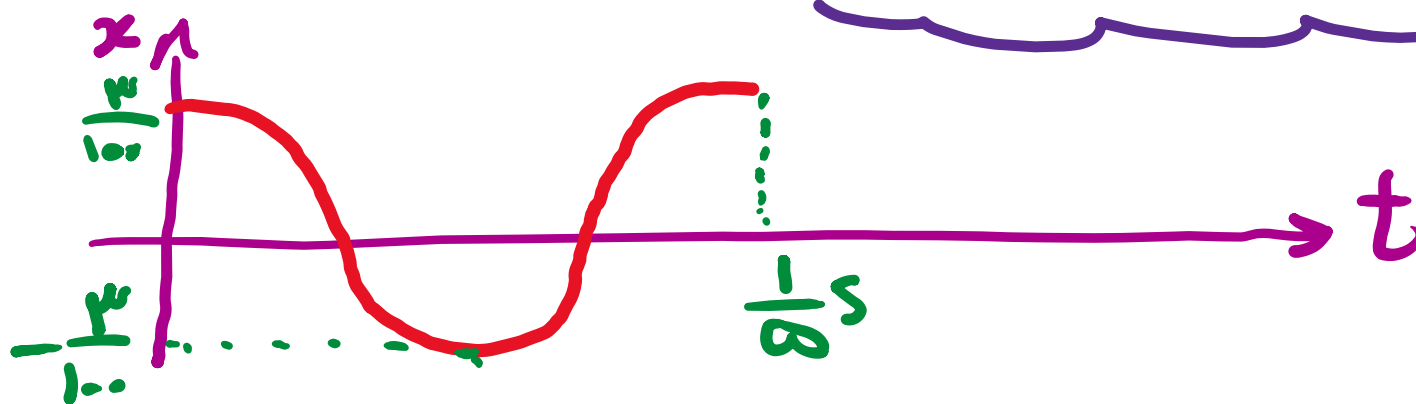
بنویسید و نمودار مکان - زمان آن را در یک دوره رسم کنید.

$$A = 3 \times 10^{-2}$$

$$f = 5 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 10\pi$$

$$x = A \cos \omega t \rightarrow x = 3 \times 10^{-2} \cos 10\pi t$$



$$A = \frac{4}{100} \text{ m}$$

۵. نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است :

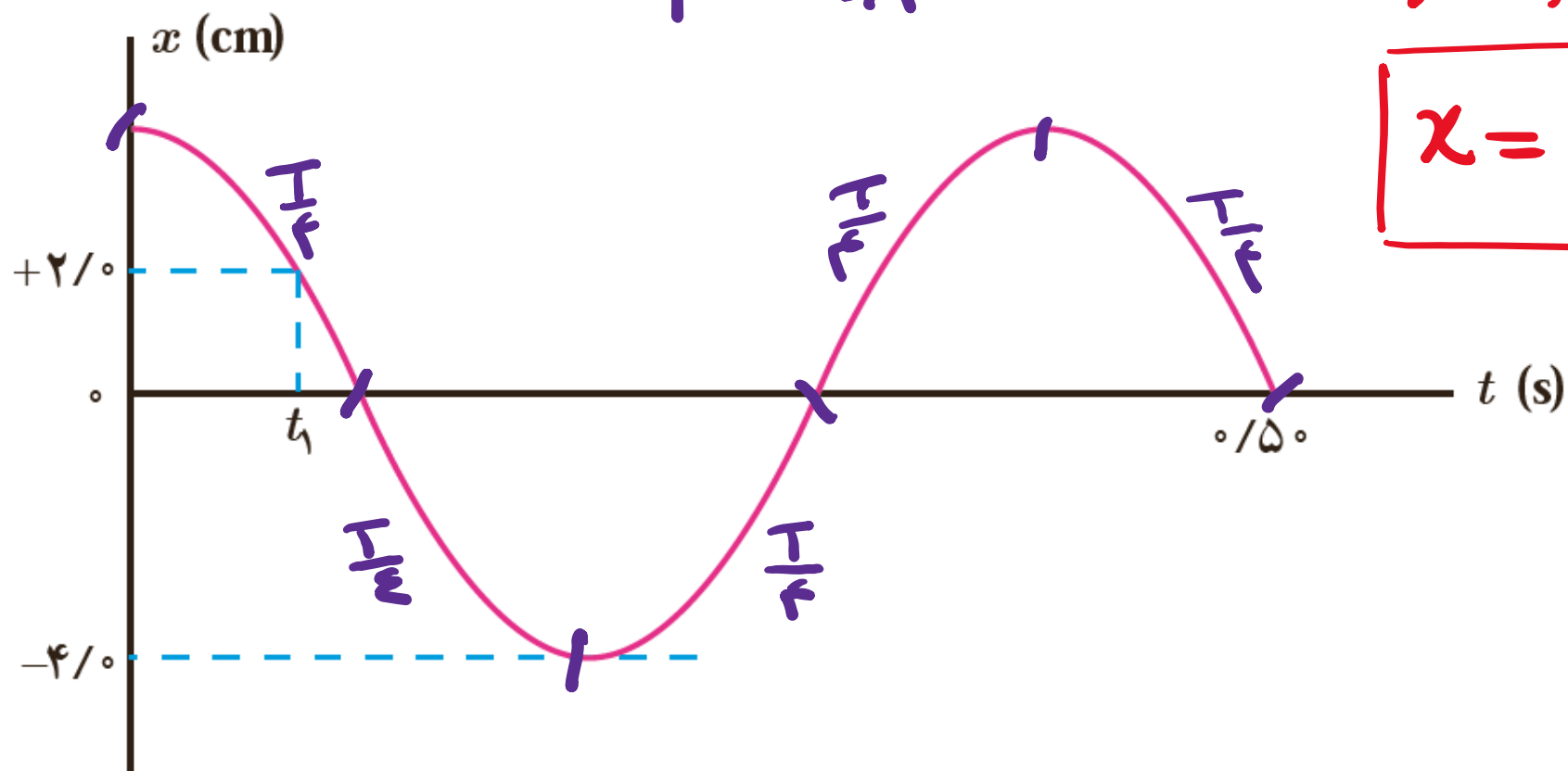
$$\frac{\omega T}{4} = 0,5 \rightarrow T = 0,4 \text{ s}$$

الف) معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید.

$$\rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,4} = 5\pi$$

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

$$x = \frac{4}{100} \cos 5\pi t$$

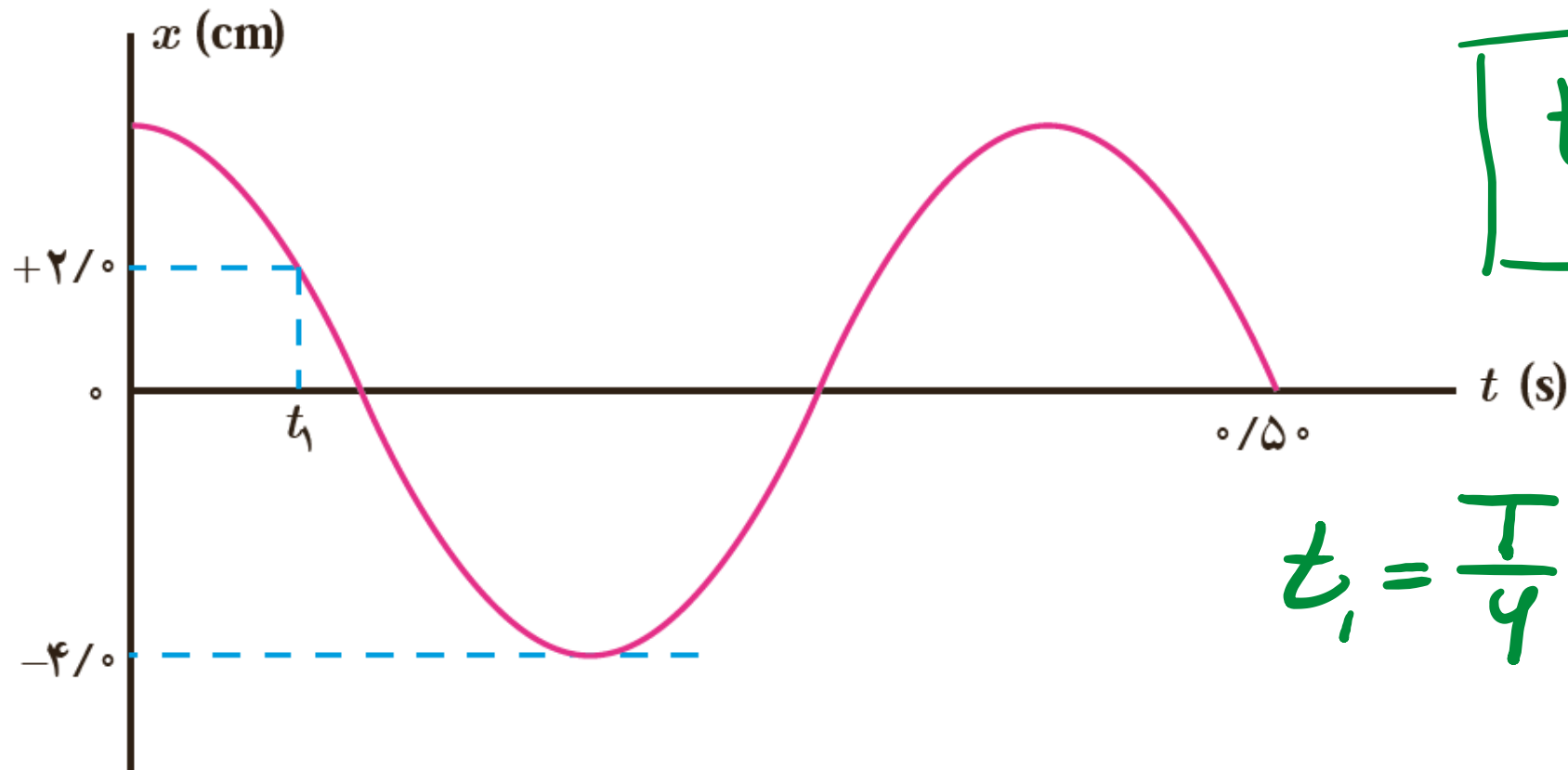


ب) مقدار t_1 را به دست آورید.

$$x = \frac{4}{100} \cos \omega \pi t \rightarrow \frac{2}{100} = \frac{4}{100} \cos \omega \pi t$$

$$\rightarrow \cos \omega \pi t = \frac{1}{2} \rightarrow \omega \pi t = \frac{\pi}{3}$$

$$t = \frac{1}{15} \text{ s}$$



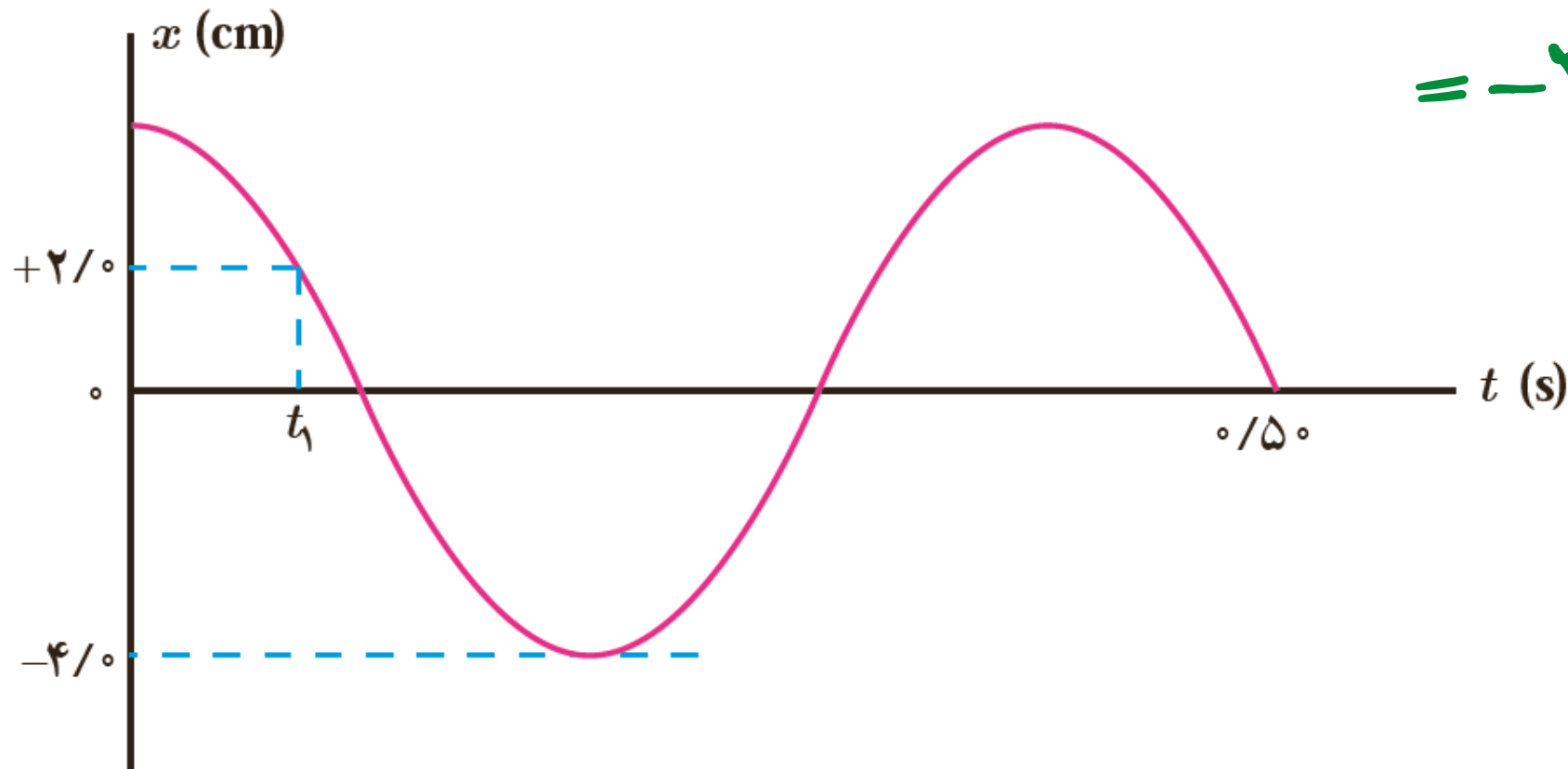
$$t_1 = \frac{T}{4} = \frac{0.4}{4} = \frac{0.4}{4} = \frac{1}{10} = \frac{1}{15}$$

پ) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه t_1 محاسبه کنید.

$$a = -\omega^2 x = -(\omega \pi)^2 \times 2 \times 10^{-2}$$

$$= -2 \omega^2 \pi^2 \times 10^{-2}$$

$$= 4,92 \frac{m}{s^2}$$



4. دامنه نوسان وزنه‌ای که به یک فنر با ثابت فنر 74 N/m متصل است و در راستای افقی نوسان می‌کند، برابر با $8/0 \text{ cm}$ است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر نوسان، $10^{-2} \text{ J} \times 8/0$ باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟

$$A = 8 \times 10^{-2}$$

$$k = 74 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$E = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} \times 74 \times (8 \times 10^{-2})^2 = 23.48 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$E = k + U \rightarrow k = 23.48 \times 10^{-2} - 8 \times 10^{-2} = 15.48 \times 10^{-2} \text{ J}$$

۷. جسمی به جرم $۱/۰ \text{ kg}$ به فنری افقی با ثابت $۶/۰ \text{ N/cm}$ متصل است. فنر به اندازه $۹/۰ \text{ cm}$ فشرده و سپس رها می شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می کند. با چشم پوشی از اصطکاک (الف) دامنه نوسان و تندی بیشینه جسم چقدر است؟

$$A = 9 \times 10^{-2}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$k = 4 \frac{\text{N}}{\text{cm}} = 400 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$A = 9 \times 10^{-2}$$

$$v_m = A\omega = A \sqrt{\frac{k}{m}} = 9 \times 10^{-2} \times \sqrt{\frac{400}{1}} = 1.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ب) وقتی تندی جسم $1/6 \text{ m/s}$ است، انرژی پتانسیل کشسانی آن

$$E = k + U$$

چقدر است؟

$$E = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2.2^2 = 2.42 \text{ J}$$

$$k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 1.4^2 = 1.28 \text{ J}$$

$$\rightarrow U = E - k = 2.42 - 1.28 = 1.14 \text{ J}$$

۱. معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI

به صورت $x = (0.050 \text{ m}) \cos 2\pi t$ است.

الف) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی

نوسانگر به بیشترین مقدار خود می‌رسد؟

$$x=0 \Rightarrow \cos 2\pi t = 0 \rightarrow 2\pi t = \frac{\pi}{2} \rightarrow t = \frac{1}{4} \text{ s}$$

$$\omega = 2\pi = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{1}{1} \text{ s} \quad , \quad t = \frac{T}{4} = \frac{0.1}{4} = \frac{1}{40} \text{ s}$$

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

$$x = -A = -0.05$$

$$\rightarrow \cos \omega t = -1 \rightarrow \omega t = \pi \rightarrow t = \frac{1}{\omega} s$$

$$t = \frac{T}{2} = \frac{0.1}{2} = \underline{\underline{\frac{1}{20} s}}$$

پ) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر با

انرژی پتانسیل آن شود؟
 $E = k + U$ و $k = U = \frac{1}{2}mv'^2$

$\downarrow$
 $\frac{1}{2}mV_m^2 = 2 \times \frac{1}{2}mv'^2 \rightarrow v'^2 = \frac{V_m^2}{2} \rightarrow v = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

$v = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{A\omega}{\sqrt{2}} = \frac{0.10 \times 2\pi \times 40 \times 10^3}{\sqrt{2}} = 2.17 \times 10^5 \frac{m}{s}$

4. الف) ساعتی آونگ‌دار (با آونگ ساده) در تهران تنظیم شده

است. اگر این ساعت به منطقه‌ای در استوا برده شود، عقب می‌افتد

یا جلو؟ مقدار این عقب یا جلو افتادن در یک شبانه‌روز چقدر است؟

$$(g_{\text{تهران}} = 9.80 \text{ m/s}^2 \text{ و } g_{\text{استوا}} = 9.78 \text{ m/s}^2)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T \propto \sqrt{\frac{1}{g}} \rightarrow \frac{T_{\text{استوا}}}{T_{\text{تهران}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{تهران}}}{g_{\text{استوا}}}} = \sqrt{\frac{9.80}{9.78}} = 1.001$$

$$\rightarrow T_{\text{استوا}} = 1.001 T_{\text{تهران}} \Rightarrow \frac{T_0 - T_t}{T_t} = 0.001 \quad T_0 > T_t \text{ عقب مانده}$$

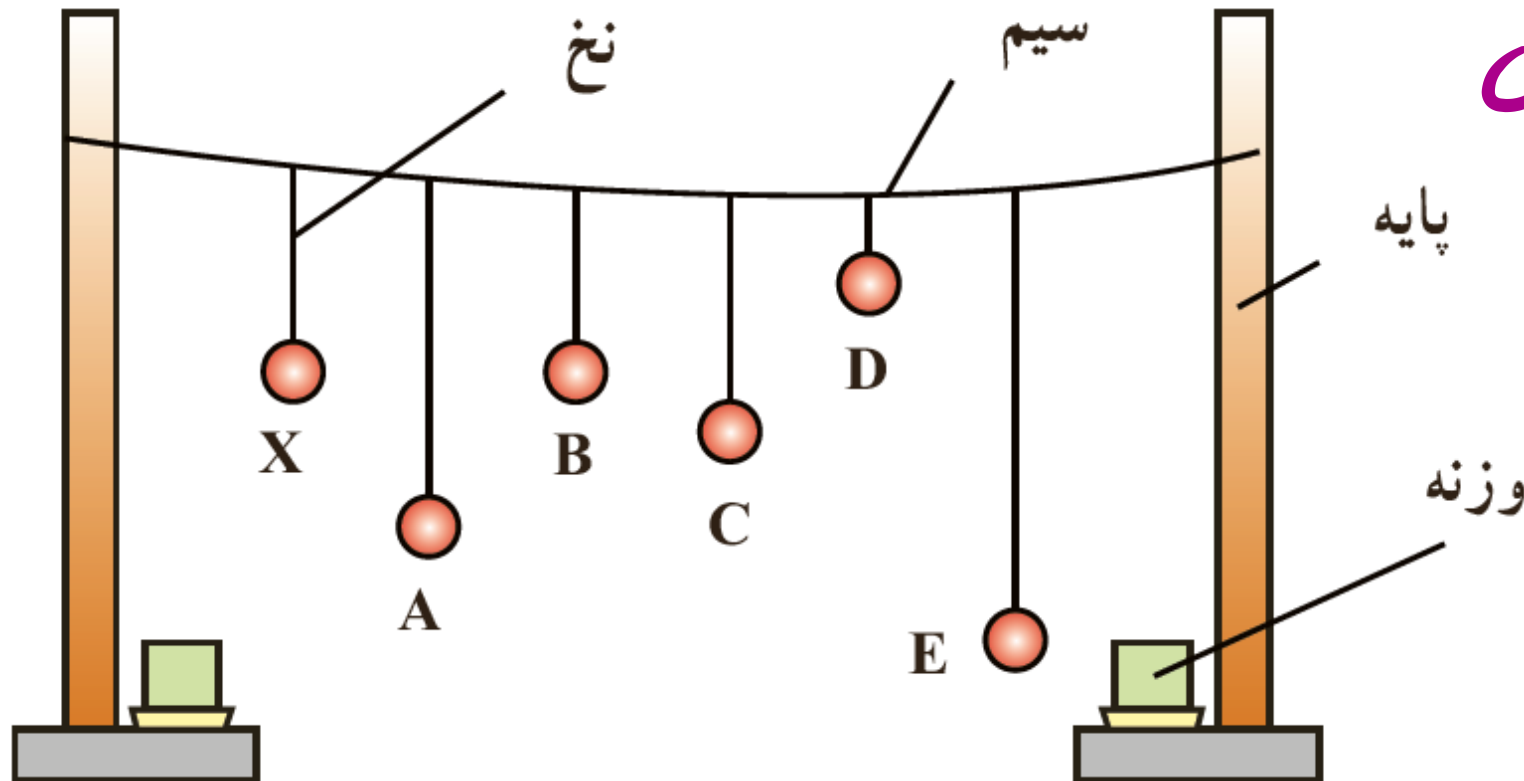
ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ دار جلو می افتد یا عقب؟

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

افزایش دما ← افزایش L ← افزایش T ← عقب می افتد

۱- هر فرد معمولاً با چرخش اندک بدنش به چپ و راست، راه می‌رود و بدین ترتیب نیروهای کوچکی به زمین زیر پایش وارد می‌کند. این نیروها بسامدی در حدود 5Hz دارند. لرزش شدید پل هوایی میلینیوم^۱ در آغاز هزارهٔ جدید را به عبور منظم گروهی از افراد از این پل ربط داده‌اند. چگونه ممکن است نوسان‌های بدن این افراد موجب چنین لرزشی شده باشد؟ **تسدید**

||. مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته ایم. توضیح دهید با به نوسان درآوردن آونگ X، آونگ های دیگر چگونه نوسان می کنند؟



همه آونگ ها نوسان می کنند ولی
آونگ B با بزرگترین سبکی
نوسان خواهد کرد.

امواج دایره‌ای تشکیل شده بر سطح آب تحت موج شکل ۳-۱۶ را در نظر بگیرید. آزمایش نشان داده است اگر گوی متحرک با دوره تناوب $1/0$ s در تشتی به عمق $2/5$ cm نوسان کند، فاصله بین دو برآمدگی مجاور $5/0$ cm و اگر در تشتی به عمق $3/5$ cm نوسان کند، این فاصله $6/0$ cm می‌شود. تندی انتشار موج سطحی در این تشت در هر حالت چقدر است؟ از این محاسبه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$T = 1s \rightarrow \lambda = vT \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \frac{50 \times 10^{-2}}{1} = 0,5 \frac{m}{s}$$

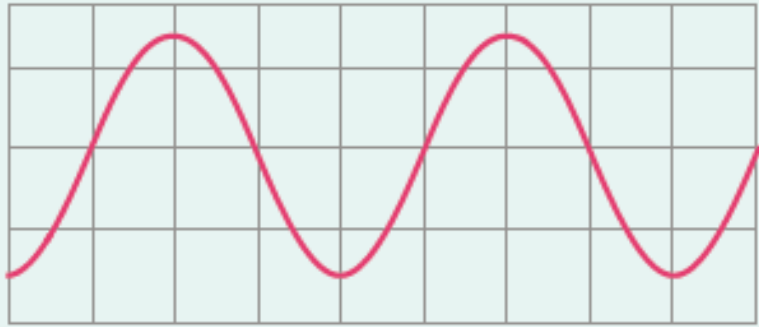
$$\lambda = 50cm$$

$$T = 1 \rightarrow \lambda = vT \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \frac{40 \times 10^{-2}}{1} = 0,4 \frac{m}{s}$$

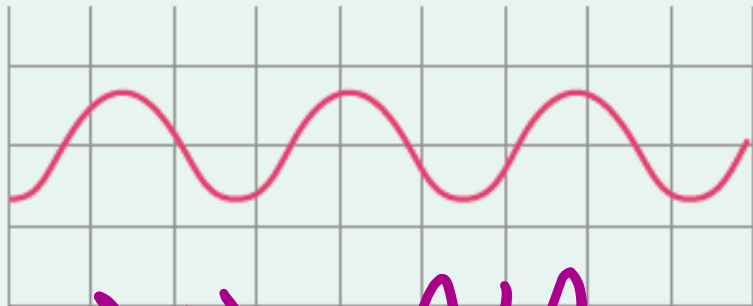
$$\lambda = 40cm$$

محیط عوض شد، ← سرعت (تشت) موج عوض می‌شود.

λ ، A_0

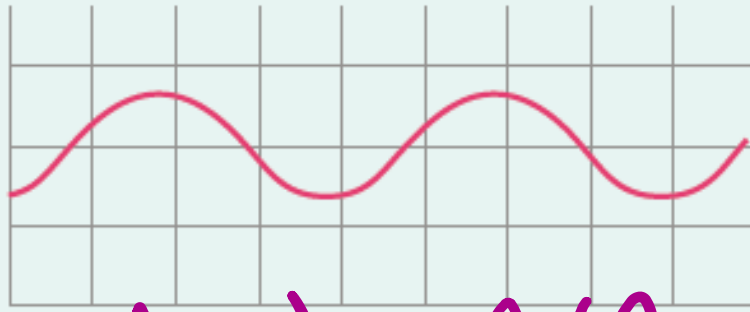


شکل روبه‌رو موجی عرضی را نشان می‌دهد. دامنه و طول موج هر کدام از شکل موج‌های الف)، ب)، و پ) را با دامنه و طول موج این شکل مقایسه کنید.



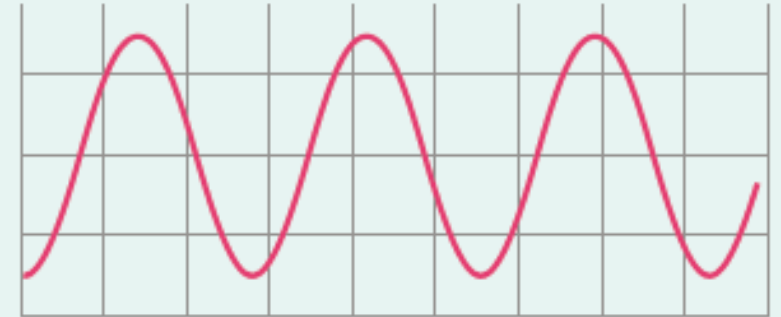
$\lambda < \lambda_0$ ، $A < A_0$

پ)



$\lambda = \lambda_0$ ، $A < A_0$

ب)



$\lambda < \lambda_0$ ، $A = A_0$

الف)



فتری به جرم 0.4 kg و طول 4 m را با نیروی 1.2 N می کشیم. الف) تندی انتشار موج در این فتر چقدر است؟ ب) سر آزاد فتر را با چه بسامدی تکان دهیم تا طول موج ایجاد شده در فتر 1 m شود؟

$$m = 0.4 \text{ kg}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$F = 1.2 \text{ N}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{1.2 \times 4}{0.4}} = 2\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{الف)}$$

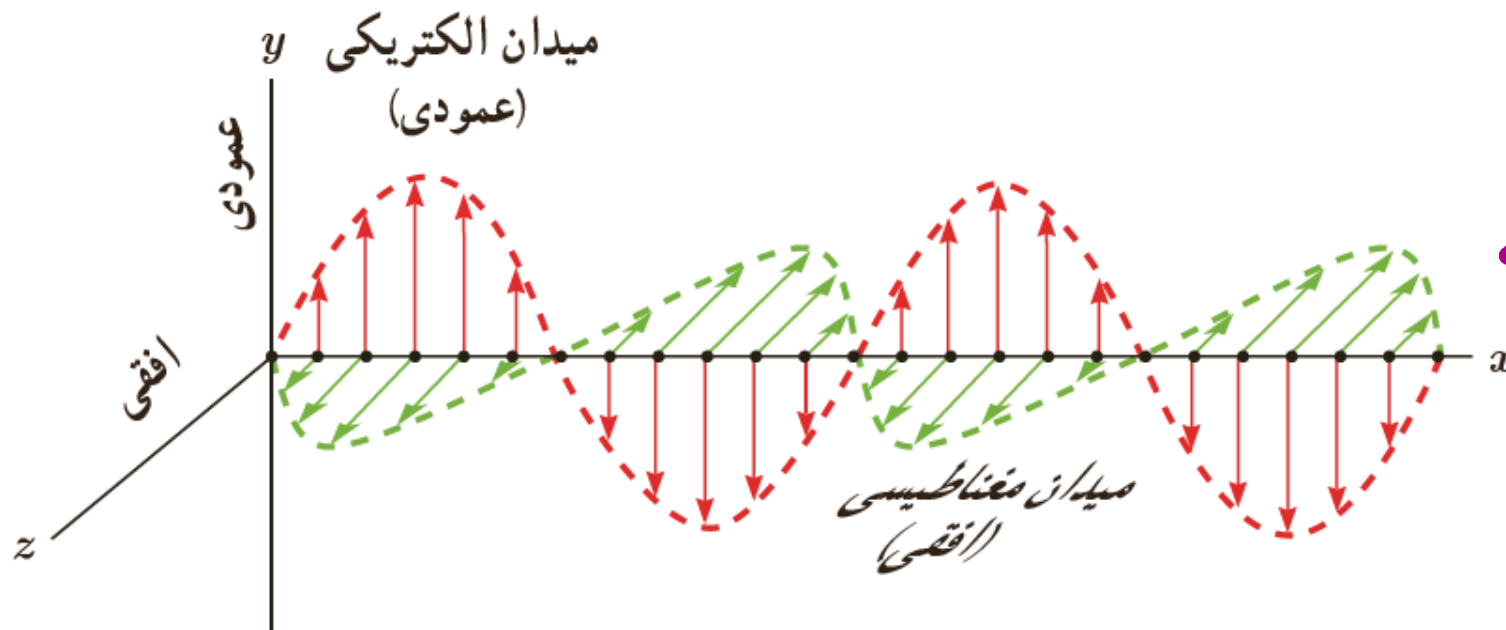
$$\lambda = 1 \text{ m} \quad v = 2\sqrt{2} \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2\sqrt{2}}{1} = 2\sqrt{2} \text{ Hz} \quad \text{ب)}$$



در سازهای زهی همانند تار، کمانچه و گیتار با سفت یا شُل کردن تار، تندی انتشار موج عرضی در تار تغییر می کند. در یک گیتار طول هر تار بین دو انتهای ثابت 0.628m است. برای نواختن بالاترین بسامد، جرم تار 2.08g و برای نواختن پایین ترین بسامد، جرم تار 3.32g است. تارها تحت کششی برابر 226N قرار دارند. تندی انتشار موج برای ایجاد این دو بسامد چقدر است؟

$$\begin{aligned}
 m_1 &= 0.108\text{g} \\
 L &= 0.428\text{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{FL}{m_1}} = \sqrt{\frac{224 \times 0.428}{0.108 \times 10^{-3}}} = 124\frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 224 \\
 m_2 &= 3.32\text{g} \\
 v &= \sqrt{\frac{FL}{m_2}} = \sqrt{\frac{224 \times 0.428}{3.32 \times 10^{-3}}} = 204.74\frac{\text{m}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

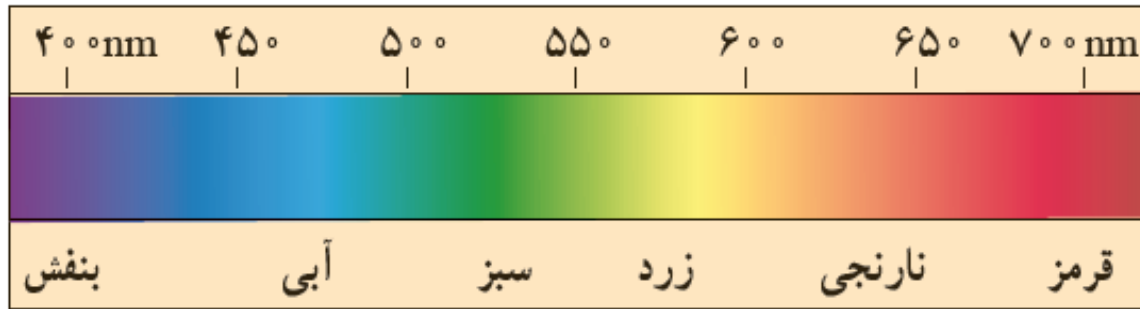
در یک لحظه خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه‌ای از فضا در جهت $+z$ و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت $+y$ است. جهت انتشار در کدام سو است؟ (جهت‌های $+x$ ، $+y$ و $+z$ را مانند شکل ۳-۲۰ در نظر بگیرید.)



طبق قانون دست راست:

جهت انتشار $\vec{E}$ و $\vec{B}$ جهت انتشار خواهد بود.

مثال ۳-۷



گستره تقریبی طول موج نور مرئی در خلأ از ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm (نور قرمز) است. گستره بسامد مربوط به نور مرئی را بر حسب هرتز تعیین کنید.

$$\lambda = 400 \text{ nm} \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} = 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$v = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\lambda = 700 \text{ nm} \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{700 \times 10^{-9}} = 4.28 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$v = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



طول آنتن یک گوشی تلفن همراه قدیمی معمولاً $\frac{1}{4}$ طول موج دریافتی است. اگر طول چنین آنتنی تقریباً برابر $۸/۵\text{cm}$ باشد بسامدی را که این گوشی با آن کار می کند تعیین کنید.

$$L = ۸,۵\text{cm} \rightarrow \frac{\lambda}{4} = ۸,۵ \Rightarrow \lambda = ۳۴\text{cm} = ۳۴ \times ۱۰^{-۲}\text{m}$$

$$c = ۳ \times ۱۰^۸$$

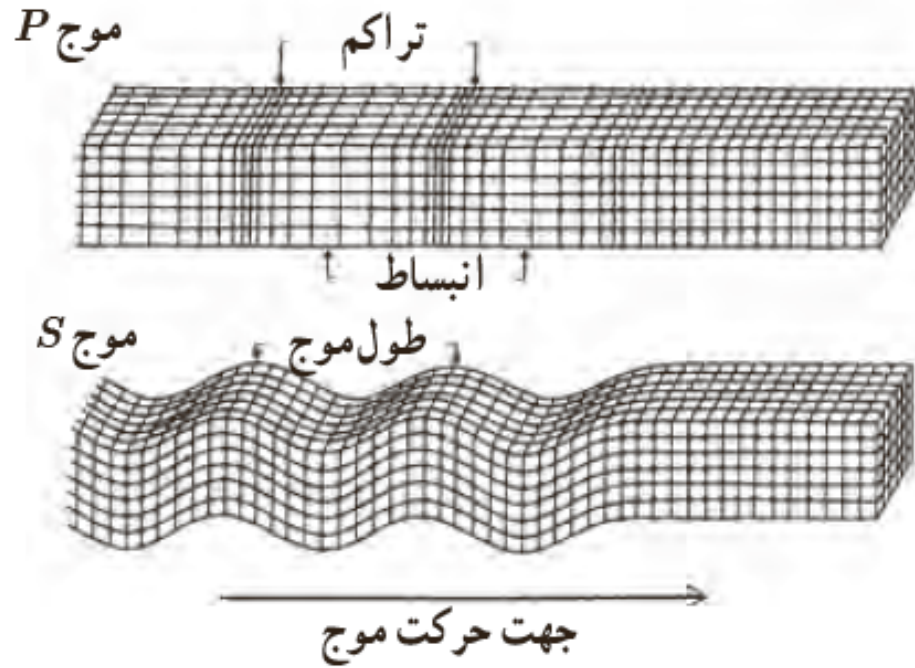
$$\Rightarrow \lambda = v/f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{۳۴ \times ۱۰^{-۲}} = ۸,۸ \times ۱۰^۸ \text{ Hz}$$



مطابق شکل روبه‌رو یک گوشی تلفن همراه را در یک محفظه تخلیه هوای شیشه‌ای آویزان کنید. با برقراری تماس با گوشی، صدای آن را خواهید شنید. ولی با به کار افتادن پمپ تخلیه هوا، صدا به تدریج ضعیف و سرانجام خاموش می‌شود، در حالی که امواج الکترومغناطیسی همچنان به گوشی می‌رسند. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

صدا یک موج مکانیکی است برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد.

تمامه تلفن از طریق امواج الکترومغناطیسی است که نیاز به محیط مادی ندارند.



امواج لرزه‌ای^۱ موج‌های مکانیکی‌ای هستند که از لایه‌های زمین عبور می‌کنند. یکی از منشأهای مهم امواج لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌ها هستند. دو نوع از امواج لرزه‌ای، امواج اولیه^۲ P و امواج ثانویه^۳ S هستند. امواج P ، امواجی طولی و امواج S ، امواجی عرضی هستند. معمولاً تندی موج‌های P در حدود $8/0 \text{ km/s}$ و تندی موج‌های S در حدود $4/5 \text{ km/s}$ است. یک دستگاه لرزه‌نگار^۴ موج‌های P و S حاصل از یک زمین‌لرزه را ثبت می‌کند. فرض کنید نخستین امواج P ، $3/0$ دقیقه پیش از نخستین امواج S دریافت شوند.

اگر این موج‌ها روی خط راستی حرکت کنند، زمین‌لرزه در چه فاصله‌ای از محل لرزه‌نگار رخ داده است؟

$$\Delta t = \frac{v_P - v_S}{v_P v_S} \Delta x \Rightarrow 3 \times 60 = \frac{(8000 - 4500)}{8000 \times 4500} \Delta x$$

$$\Delta x = 1,155,000 \text{ m}$$

شخصی با چکش به انتهای میله باریک بلندی ضربه‌ای می‌زند. تندی صوت در این میله ۱۵ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا را که یکی از میله می‌آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی ۱۲s می‌شنود. اگر تندی صوت در هوا ۳۴۰ m/s باشد، طول میله چقدر است؟

$$\Delta t = \frac{v_p - v_s}{v_p v_s} \Delta x \Rightarrow 0.12 = \frac{15 \times 340 - 340}{15 \times 340 \times 340} \Delta x$$

$$\Rightarrow \Delta x = L = 43.71 \text{ m}$$

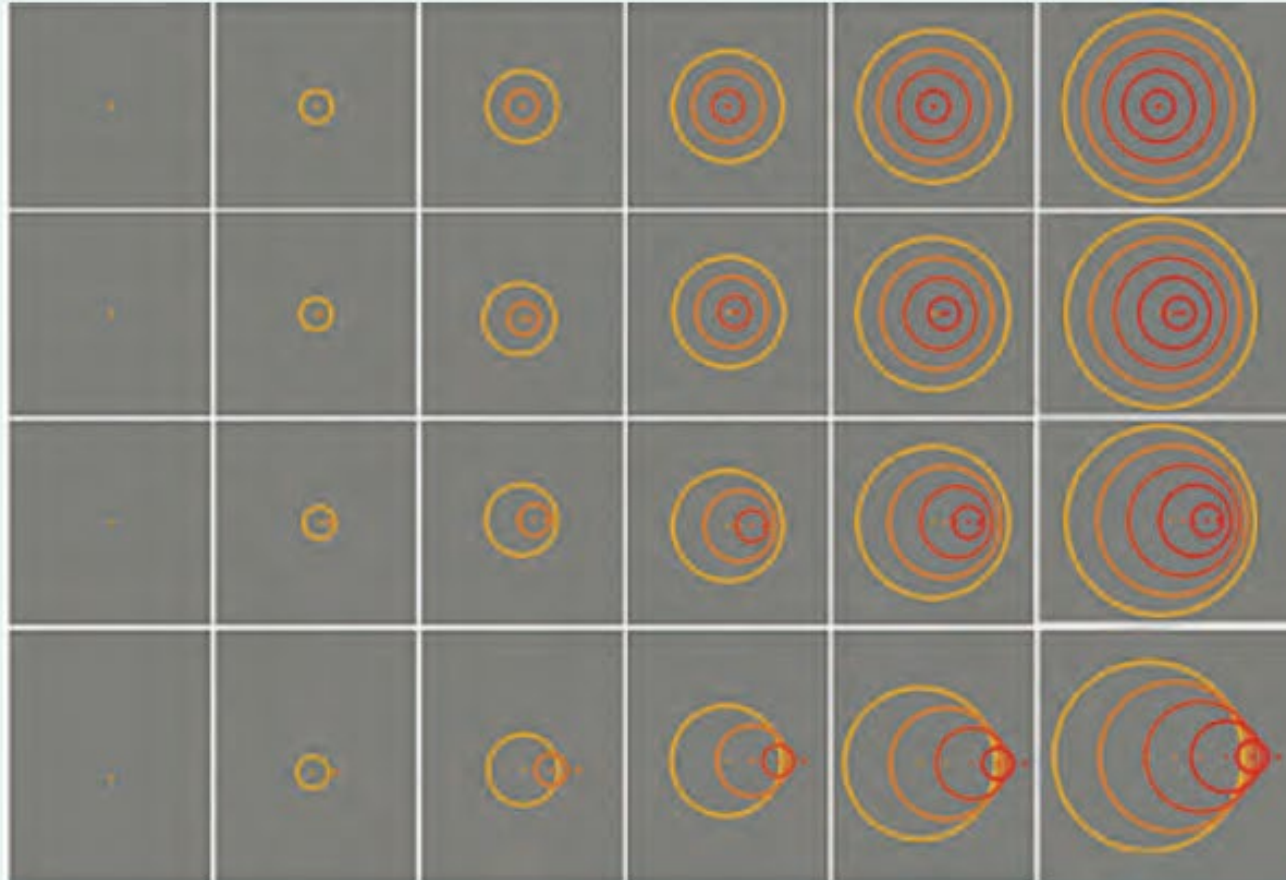
تراز شدت صوت یک مخلوط کن ۸۰ dB است. شدت این صدا چقدر است؟

$$\beta = 80 \text{ dB} = 10 \text{ dB} \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 8$$

$$\Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^8 \rightarrow I = 10^{-12} \times 10^8 = 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

با زیاد کردن صدای تلویزیونی، شدت صوتی که به گوش ما می‌رسد 100 برابر می‌شود. تراز شدت صوتی که می‌شنویم چند دسی‌بل افزایش یافته است؟

$$\Delta \beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log 100 = 10 \log 10^2 = 2 \log 10^2 = 2 \times 2 = 4$$



- (الف) در هر ردیف شکل روبه‌رو، جبهه‌های موج متوالی حاصل از یک چشمه را می‌بینید.
- (ب) (الف) تندی چشمه‌ها را با هم مقایسه کنید.
- (ب) تندی هر چشمه را با تندی صوت مقایسه کنید.
- (پ)
- (ت)

$$v_{\text{الف}} > v_{\text{ب}} > v_{\text{پ}} > v_{\text{ت}}$$

$$v_{\text{صوت}} < v_{\text{الف}} < v_{\text{ب}} < v_{\text{پ}} < v_{\text{ت}}$$

۱۲. یک نوسان ساز موج هایی دوره ای در یک ریسمان کشیده
ایجاد می کند.

الف) با افزایش بسامد نوسان ساز کدام یک از کمیت های زیر تغییر
نمی کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج موج.

تندی موج به مصیطی وابسته است نه به حسیه نوسان

ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت‌های زیر چه تغییری می‌کند؟ بسامد موج،

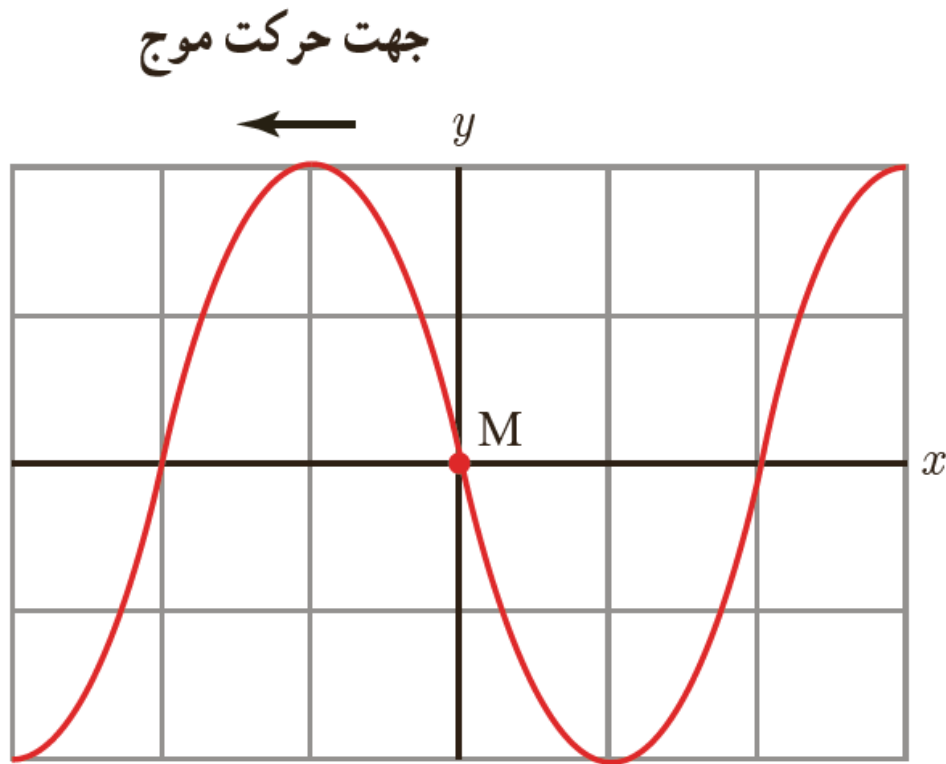
تندی موج، طول موج موج. $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$: $F \uparrow \rightarrow v \uparrow$

افزایش F باعث افزایش v می‌شود.

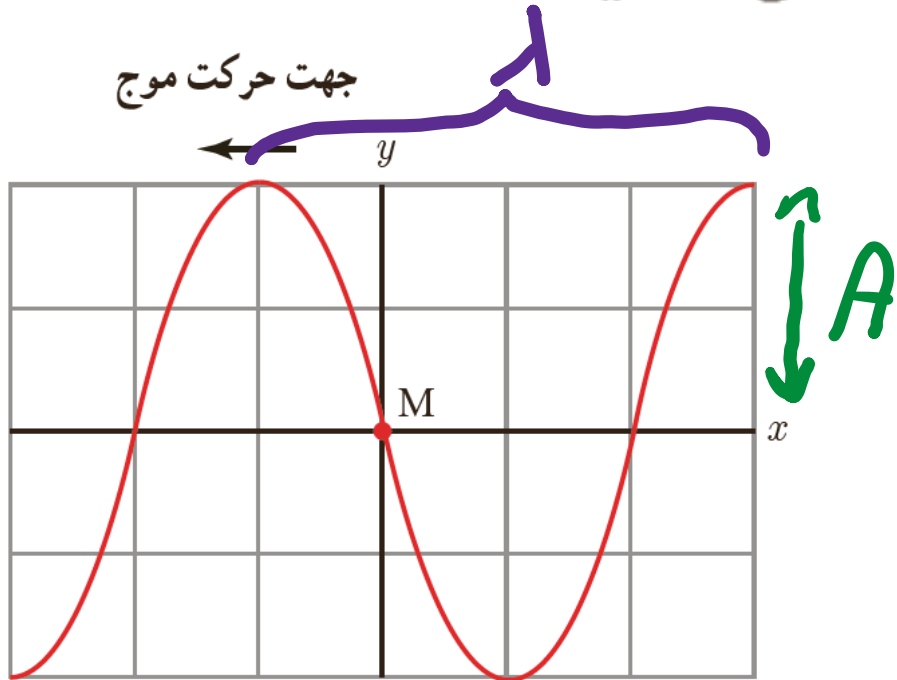
$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow v \uparrow \rightarrow \lambda \uparrow$

بالمب مانند فرکانس و افزایش تندی موج، طول موج افزایش می‌دهد.

۱۳. شکل زیر یک تصویر لحظه‌ای از موجی عرضی در یک
رسمان کشیده شده را نشان می‌دهد. موج به سمت چپ حرکت
می‌کند.



الف) با رسم این موج در زمان $T/4$ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج، دامنه موج و طول موج را نشان دهید.



M روبرو پائین حرکت می‌کند و بعد از

$\frac{T}{4}$ به نقطه A می‌رسد.

ب) اگر طول موج $5 \times 10^{-7} \text{ cm}$ و تندی موج 10^8 cm/s باشد، بسامد موج را به دست آورید.

$$\lambda = 5 \times 10^{-7} \text{ cm}$$

$$v = 10^8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{10 \times 10^8}{5 \times 10^{-7}} = 2 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

پ) تعیین کنید موج در مدت $T/4$ چه مسافتی را پیموده است؟

$$\Delta x = v t$$

ما فنی که موج طی می کند

مدت زمان

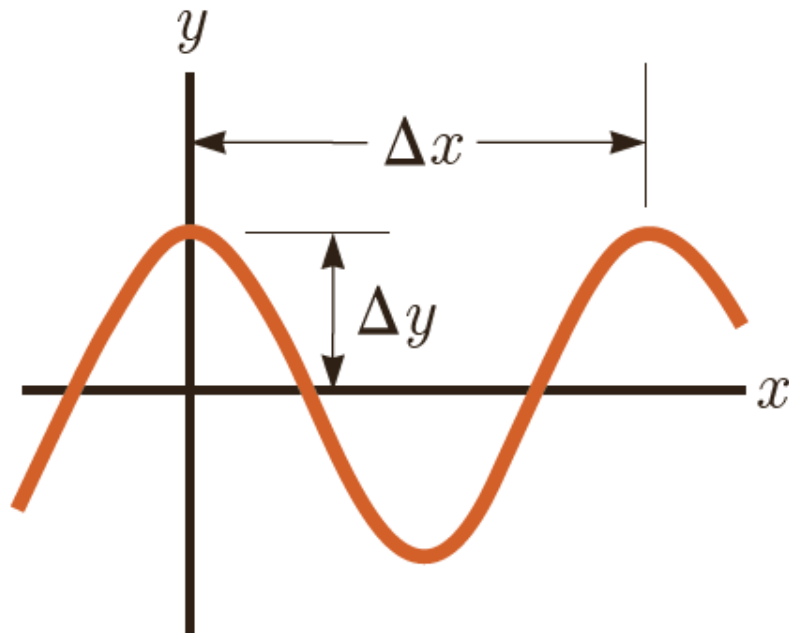
T

$\frac{T}{4}$

?

$$? = \frac{1}{4} = \frac{5}{4} \text{ cm}$$

۱۴. در نمودار جابه‌جایی - مکان موج عرضی شکل زیر
 $\Delta x = 40 \text{ cm}$ و $\Delta y = 15 \text{ cm}$ است. اگر بسامد نوسان‌های
 چشمه 800 Hz باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره تناوب



$$\lambda = 40 \text{ cm}$$

$$A = 15 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow v = \lambda f = 40 \times 10^{-2} \times 800 = 3.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

موج چقدر است؟

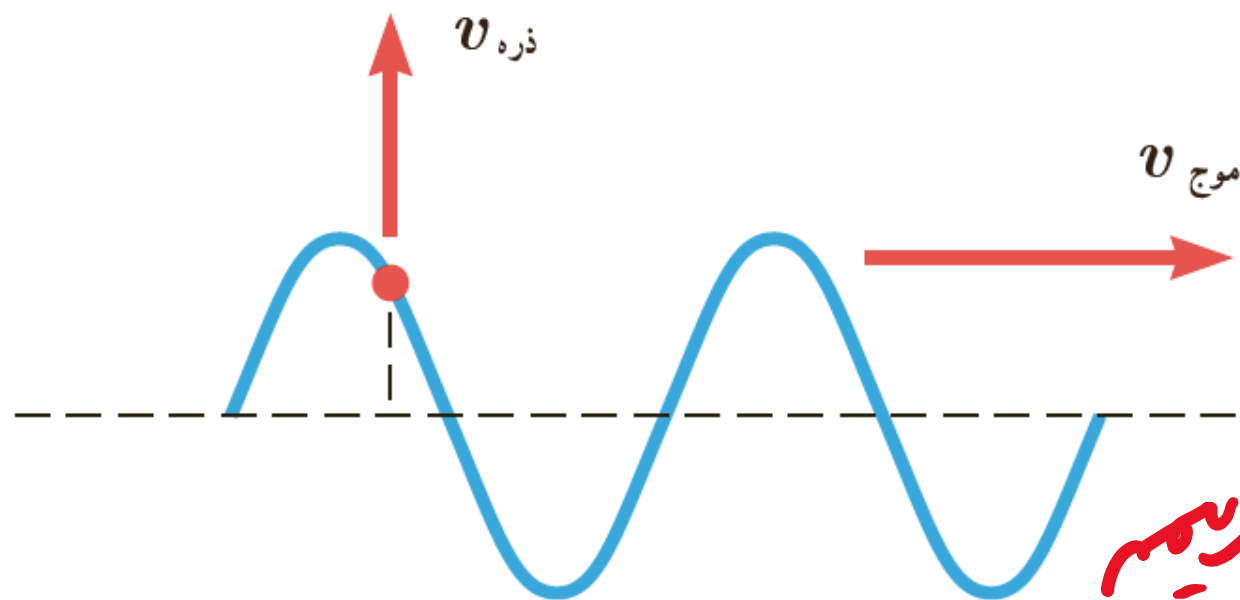
$$T = \frac{1}{f} \text{ s}$$

۱۵. شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که

با تندی موج v به سمت راست حرکت می‌کند، در حالی که تندی ذره

نشان داده شده ریسمان ذره v است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟

توضیح دهید.

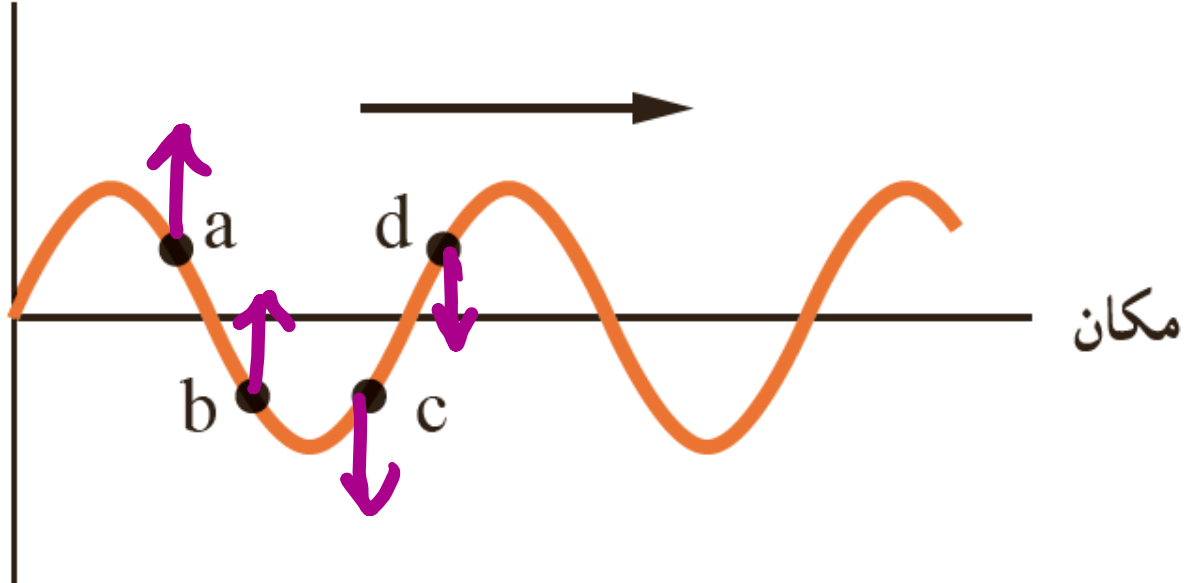


موج v : مقدار ثابت

ذره v : در امتداد محور عمود بر عمق متغیر و متغیر

۱۴. شکل زیر 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. در این لحظه هر یک از این چهار جزء بالا می‌روند یا پایین؟

جابه‌جایی



IV. سیمی با چگالی $7/80 \text{ g/cm}^3$ و سطح مقطع 50 mm^2

بین دو نقطه با نیروی 156 N کشیده شده است. تندی انتشار

موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.

$$\rho = 7,8 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

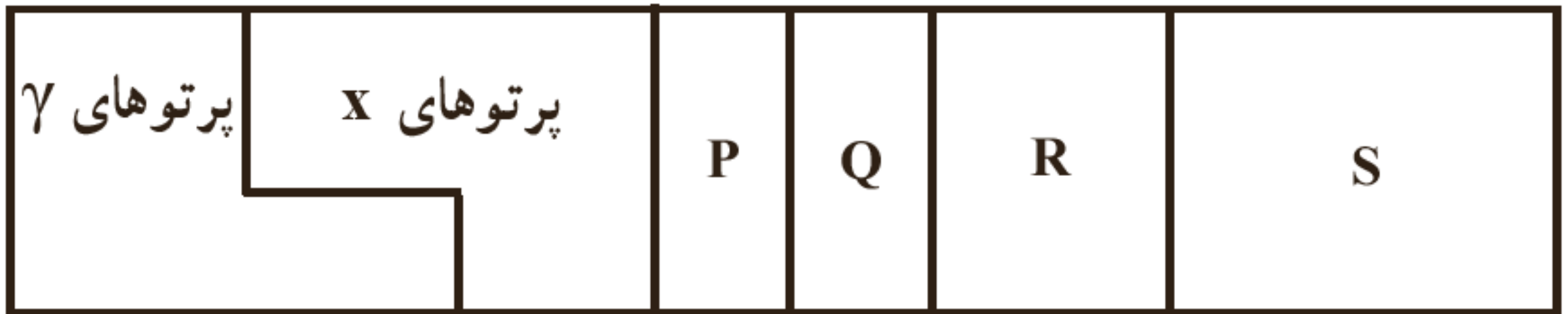
$$A = 50 \text{ mm}^2$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho A}} = \sqrt{\frac{156}{7,8 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-4}}}$$

$$v = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{m}{L} = \frac{\rho V}{L} = \frac{\rho LA}{L} = \boxed{\rho A}$$

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



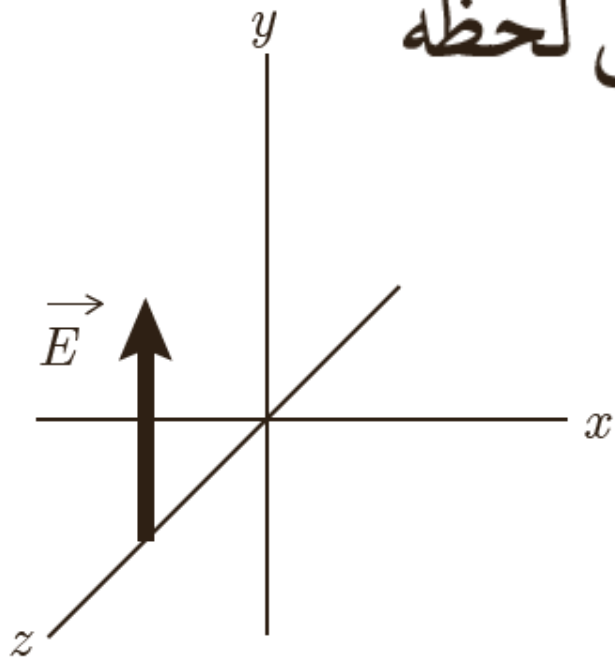
الف) نام قسمت‌هایی از طیف را که با حروف علامت‌گذاری شده‌اند، بنویسید.

پرتوهای γ	پرتوهای X	فرانسیس P	نور Q	فروسرخ R	امواج رادیویی S
------------------	-----------	--------------	----------	-------------	--------------------

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

(در مورد راست طول موج افزایش و در مورد چپ کاهش می‌یابند)

۱۹. شکل زیر میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه‌ای معین و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می‌دهد. موج انرژی را در خلاف جهت محور z انتقال می‌دهد. جهت میدان مغناطیسی موج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید.



باتوجه به قانون دست راست جهت میدان
مغناطیس در جهت مثبت محور z است.

۴. الف) طول موج نور نارنجی در هوا حدود $6/20 \times 10^{-7} \text{ m}$

است، بسامد این نور چند هرتز است؟

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{4,2 \times 10^{-7}} = 7,14 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ب) بسامد نور قرمز در حدود $4/30 \times 10^{14}$ Hz است. طول موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور را در هوا $3/0 \times 10^8$ m/s و در آب $2/25 \times 10^8$ m/s فرض کنید.)

$$\text{هوا: } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{4,3 \times 10^{14}} = 6,97 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{آب: } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{2,25 \times 10^8}{4,3 \times 10^{14}} = 5,23 \times 10^{-7} \text{ m}$$

PI. چشمه موجی با بسامد 10 Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن 100 m/s است، نوسان هایی طولی ایجاد می کند. اگر دامنه نوسان ها 4 cm باشد،

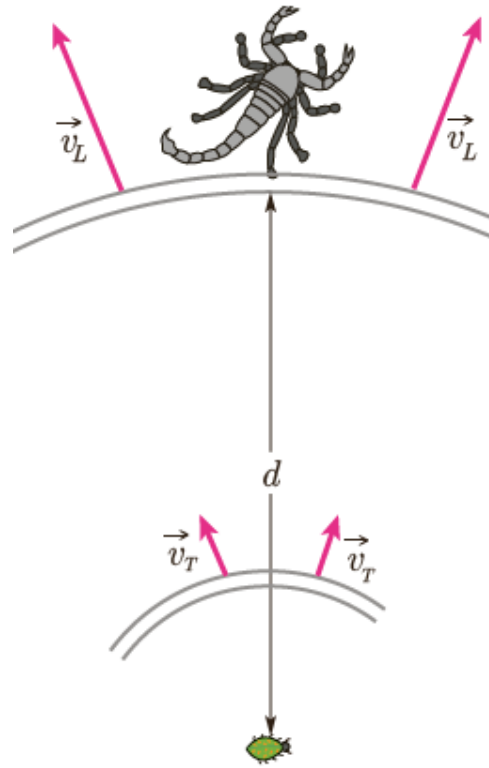
الف) فاصله بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{100}{10} = 10 \text{ m}$$

(ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟

$$\frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda}{2} = \boxed{5 \text{ m}}$$



۲۲. عقرب‌های ماسه‌ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می‌شود، احساس می‌کنند. این امواج که در سطح ماسه منتشر می‌شوند، بر دو نوع‌اند: امواج عرضی با تندی $v_T = 5^\circ \text{m/s}$ و امواج طولی با تندی $v_L = 15^\circ \text{m/s}$. عقرب ماسه‌ای می‌تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک‌ترین پای خود، فاصله خود از طعمه را تعیین کند. اگر این اختلاف زمان برابر $\Delta t = 4/^\circ \text{ms}$ باشد، طعمه در چه فاصله‌ای از عقرب قرار دارد؟

$$\Delta T = \frac{v_L - v_T}{v_L v_T} \Delta x \rightarrow 4 \times 10^{-3} = \frac{150 - 50}{150 \times 50} \Delta x$$

$$\rightarrow \Delta x = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

۲۳. توضیح دهید کدام یک از عامل‌های زیر بر تندی صوت در هوا مؤثر است.

الف) شکل موج ب) دامنه موج پ) بسامد موج ت) دمای هوا

فقط دمای هوا بر تندی صوت در هوا مؤثر است.

۲۴. در سونوگرافی معمولاً از کاوه‌ای^۱ دستی موسوم به تراگذار فراصوتی^۲ برای تشخیص پزشکی استفاده می‌شود که دقیقاً روی ناحیه مورد نظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می‌شود. این کاوه در بسامد $۶/۷\text{MHz}$ عمل می‌کند.

$$f = 4.7 \times 10^6 \text{ Hz}$$



الف) بسامد زاویه‌ای در این کاوه نوسان چقدر است؟

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 4.7 \times 10^4 = 42.07 \times 10^4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن 1500 m/s باشد،
طول موج این موج در این بافت چقدر است؟

$$v = 1500 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow \lambda = \frac{1500}{417 \times 10^4} = 223,88 \times 10^{-4} \text{ m} = \boxed{0,2 \text{ mm}}$$

۲۵. تندی صوت در یک فلز خاص، برابر فلز v است. به یک سر

لوله توخالی بلندی از جنس این فلز به طول L ضربه محکمی

می زنیم. شنونده‌ای که در سر دیگر این لوله قرار دارد دو صدا

را می شنود. یکی ناشی از موجی است که از دیواره لوله می گذرد

و دیگری از موجی است که از طریق هوای داخل لوله عبور

می کند.

$$\Delta t = \frac{v_{\text{فلز}} - v_{\text{هوا}}}{v_{\text{هوا}} \times v_{\text{فلز}}}$$

الف) اگر تندی صوت در هوا $v_{\text{هوا}}$ باشد، بازه زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چقدر خواهد بود؟

$$\Delta t = \frac{v_{\text{هوا}} - v_{\text{فلز}}}{v_{\text{هوا}} \times v_{\text{فلز}}} \Delta x$$

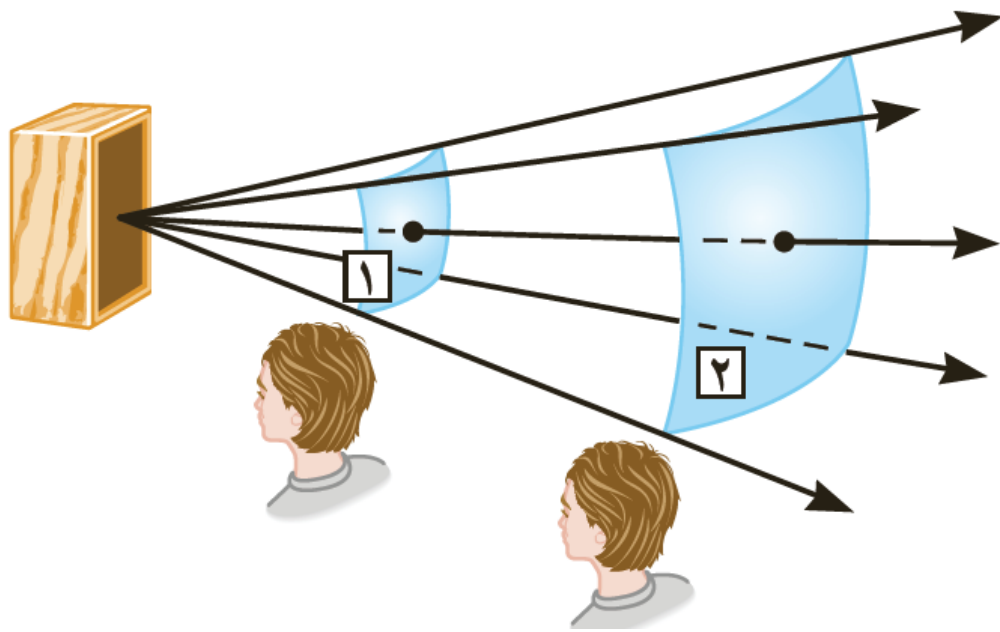
ب) اگر $\Delta t = 1/1000 \text{ s}$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چقدر است؟ ($v_{\text{هوا}} = 340 \text{ m/s}$)

صفحه ۷۹ کتاب: $v_{\text{فولاد}} = v_{\text{فلز}} = 5941 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$\Delta t = \frac{5941 - 340}{5941 \times 340} \times \Delta x \Rightarrow \Delta x = 340,44 \text{ m}$$

۲۷. موجی صوتی با توان $W = 10^{-4} \times 1/2$ از دو صفحه فرضی شکل ۳-۲۶ می‌گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه‌ها به ترتیب $A_1 = 4/0 \text{ m}^2$ و $A_2 = 12 \text{ m}^2$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحه دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شنود.

شنونده در محل صفحه دوم
صدا را آهسته‌تر می‌شنود زیرا
هرچه از منبع صوت فاصله بگیرد
مردم حس می‌کنند



$$I_1 = \frac{1.2 \times 10^{-4}}{4} = 0.3 \times 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I_2 = \frac{1.2 \times 10^{-4}}{12} = 0.1 \times 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I_2 < I_1$$

PV. شدت صدای حاصل از یک مته سنگ شکن در فاصله $10/0\text{m}$ از آن $1/0 \times 10^{-2} \text{W/m}^2$ است. تراز شدت صوتی آن بر حسب dB چقدر می شود؟

$$\beta = 10 \text{ dB} \log \frac{I}{I_0}$$

$$\beta = 10 \text{ dB} \log \frac{10^{-2}}{10^{-12}} = 10 \text{ dB} \log 10^{+10} = 10 \times 10 \log 10^1 = 100 \text{ dB}$$

$$21 = 10 \log \frac{f}{f_0}$$

$$2.1 = \log \frac{f}{f_0}$$

$$\frac{2.1}{1} = \frac{f}{f_0}$$

$$\rightarrow f = 430,95 \times 10^{-12} \frac{m}{s}$$

$$B = 92 \rightarrow f = 10^{9.2} \times f_0 = 1.5 \times 10^9 \times 10^{-12} = 1.5 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$$

۲۸. اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۱۲۰ dB باشیم، آستانه شنوایی به طور موقت از ۰ dB به ۲۸ dB افزایش می یابد. مطالعات نشان داده است که به طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت ۹۲ dB قرار گیریم، آستانه شنوایی به طور دائم به ۲۸ dB افزایش می یابد. شدت های صوت مربوط به ۲۸ dB و ۹۲ dB چقدر است؟

۲۹. یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 90/^\circ \text{dB}$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2 = 95/^\circ \text{dB}$ ایجاد می کند. شدت های مربوط به این دو تراز (بر حسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. نسبت I_2/I_1 را تعیین کنید.

$$\Delta \beta = 10 \text{ dB} \log \frac{I_2}{I_1} \rightarrow 95 - 90 = 10 \text{ dB} \log \frac{I_2}{I_1}$$

$$\rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^{1/2} = \boxed{3.14}$$

۳. در یک آتش‌بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر

می‌شود. فرض کنید صوت به‌طور یکنواخت در تمام جهتها

منتشر شود. از جذب انرژی صوتی در محیط و نیز از بازتابی

که ممکن است امواج صوتی از زمین پیدا کند چشم‌پوشی

کنید. با فرض اینکه صوت با شدت $I = 0.10 \text{ W/m}^2$ به

شنونده‌ای برسد که به فاصله $r_1 = 640 \text{ m}$ از محل انفجار قرار

دارد، این صوت به شنونده‌ای که در فاصله $r_2 = 160 \text{ m}$ از

محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می‌رسد؟

$$I = \frac{P_{av}}{A} = \frac{P_{av}}{4\pi r^2}$$

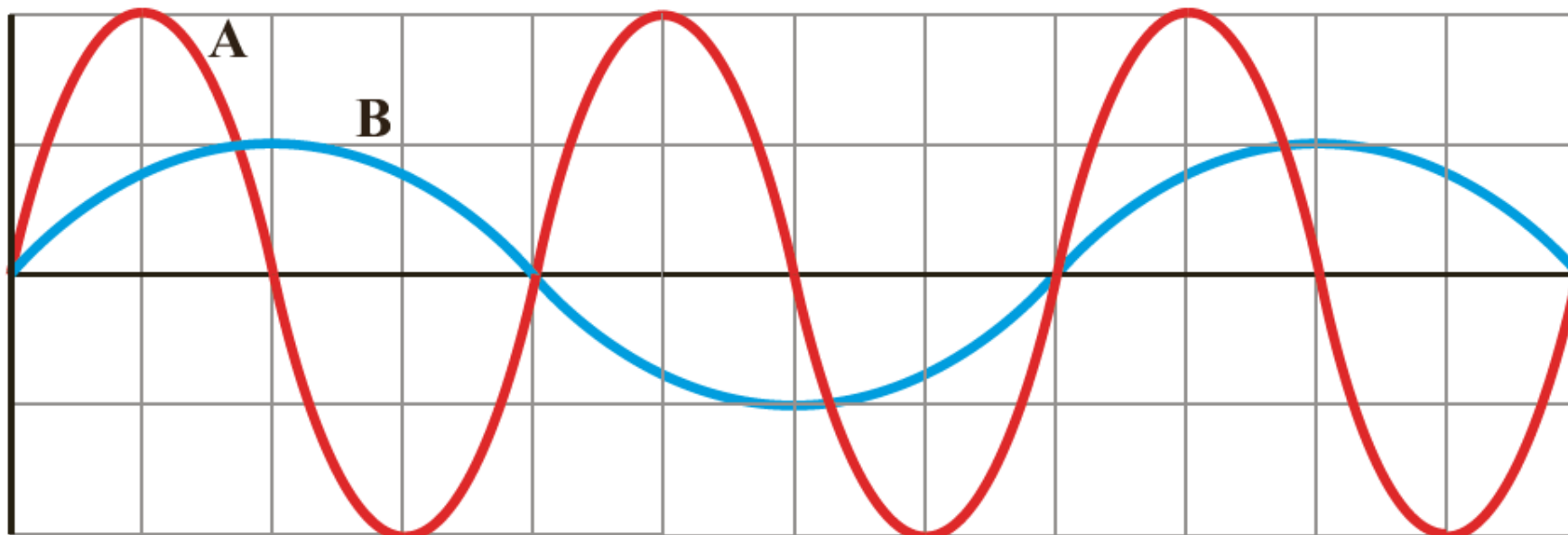
$$\rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

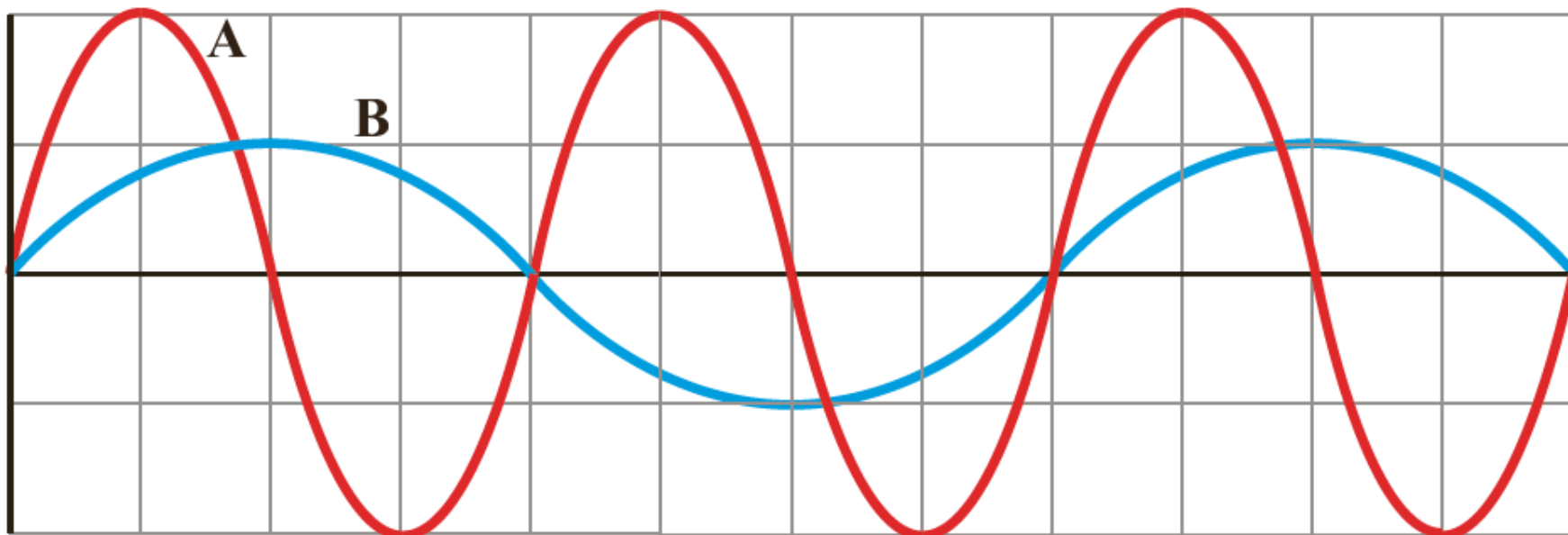
$$\frac{I_2}{0.11} = \left(\frac{640}{160}\right)^2$$

$$\frac{I_2}{0.11} = 4^2 = 16$$

$$I_2 = 1.4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

۳۱. 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.





$$\lambda_B = r \lambda_A \quad , \quad v_A = v_B \quad , \quad A_A = r A_B \quad ,$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{f_A}{f_B} = r \rightarrow f_A = r f_B$$

$$I \propto P^r, I \propto A^r \implies I_A = r^r \times r^r I_B \rightarrow I_A = 14 I_B$$

۳۲. شکل زیر جهت‌های حرکت یک چشمه صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد.

بسامدی را که ناظر در حالت‌های مختلف می‌شنود با حالت الف مقایسه کنید.

● P_0 *نقطه*



● $P = P_0$ *نقطه*

● $P > P_0$

● $P < P_0$

→ ● $P < P_0$

← ● $P > P_0$

← ● $P > P_0$

→ ● $P < P_0$

(الف)

(ب)

(پ)

(ت)

(ث)

(ج)

(چ)

علی جبرا وب سایت تخصصی آموزش

ALIGEBRA.COM

