نام دبیر : مهدی باباخانی

عنوان آزمون : پاسخ تمرینات فصل سوم سال

۱۲ تجربی نوسان امواج

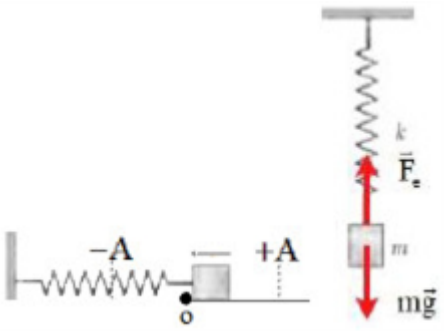
۱ یک وزنه‌ی $۲۰N$ را از انتهای یک فنر قائم می‌آویزیم، فنر $۲۰cm$ کشیده می‌شود. سپس این فنر را در حالی‌که به یک وزنه‌ی $۵/۰N$ متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان درمی‌آوریم. دوره‌ی تناوب این نوسان چه‌قدر است؟

پاسخ: ۱

$$mg = ۲۰\,N\ ,\ x = ۰/۲\,m$$

$$F_{net} = ۰ \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{۲۰\,N}{۰/۲\,m} = ۱۰۰\,\frac{N}{m}$$

$$mg = ۵N \Rightarrow m = \frac{۵N}{۹/۸\left(\frac{N}{kg}\right)} \simeq ۰/۵kg$$



$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = ۲ \times ۳/۱۴\sqrt{\frac{۰/۵}{۱۰۰}} = ۰/۴۴s$$

۲ هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دوره‌ی تناوب $۲/۰s$ نوسان می‌کند. اگر جرم این جسم $۲/۰kg$ افزایش یابد، دوره‌ی تناوب $۳/۰s$ می‌شود. مقدار m چه‌قدر است؟

پاسخ: ۱

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{m'}{m}} \Rightarrow \frac{۳}{۲} = \sqrt{\frac{m+۲}{m}} \Rightarrow \frac{۹}{۴} = \frac{m+۲}{m} \Rightarrow ۹m - ۴m = ۸ \Rightarrow m = \frac{۸}{۵}kg$$

$$\Rightarrow m = ۱/۶kg$$

۳ جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن $۱۶۰۰kg$ است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $۲/۰۰ \times ۱۰^۴\,\frac{N}{m}$ سوار شده است. دوره‌ی تناوب، بسامد، و بسامد زاویه‌ای ارتعاش خودرو وقتی از چاله‌ای می‌گذرد چه‌قدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به طور یک‌نواخت روی فنرهای چهارچرخ توزیع شده است؟

پاسخ: ۱

$$m = \frac{۱۶۰۰}{۴} = ۴۰۰kg$$

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = ۲ \times ۳/۱۴\sqrt{\frac{۴۰۰kg}{۲ \times ۱۰^۴\left(\frac{N}{m}\right)}} = ۰/۸۹s$$

$$۱/۱۲\text{Hz} \simeq f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۰/۸۹s}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{۲ \times ۱۰^۴\left(\frac{N}{m}\right)}{۴۰۰kg}} = ۷/۰۷\,\frac{\text{rad}}{s}$$

۴ دامنه‌ی نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $۳/۰ \times ۱۰^{-۲} m$ و بسامد آن $۵/۰\text{Hz}$ هرتز است. معادله‌ی حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان - زمان آن‌را در یک دوره رسم کنید.

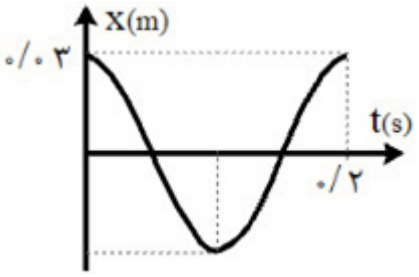
پاسخ: **۱**

$$A = ۳ \times ۱۰^{-۲} = ۰/۰۳m \ , \ f = ۵\text{Hz} \ , \ T = ۰/۲s$$

$$\omega = ۲\pi f = ۲\pi \times ۵(\text{Hz}) = ۱۰\pi \left(\frac{\text{rad}}{s}\right)$$

$$x = (۰/۰۳m)\cos ۱۰\pi t$$

$$T = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{۵\text{Hz}} = ۰/۲s$$

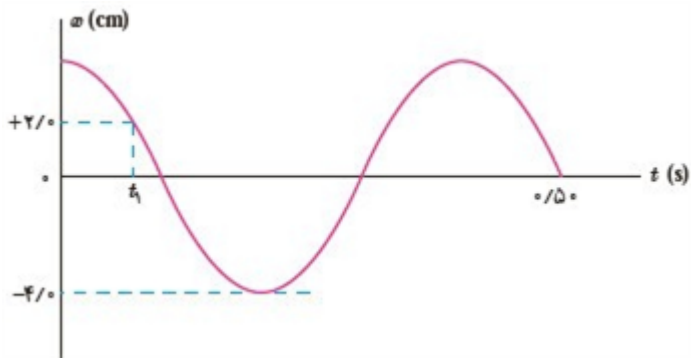


۵ نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل روبه‌رو است:

الف) معادله‌ی حرکت این نوسانگر را بنویسید.

ب) مقدار $t_۱$ را به دست آورید.

پ) اندازه‌ی شتاب نوسانگر را در لحظه‌ی $t_۱$ محاسبه کنید.



پاسخ: **۱**

الف) $A = ۰/۰۴m$

$$\frac{۵T}{۴} = ۰/۵s \Rightarrow T = ۰/۴s \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۰/۴s} = ۵\pi \frac{\text{rad}}{s}$$

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow x = (۰/۰۴m)\cos ۵\pi t$$

ب) $A = ۰/۰۴m$

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow \frac{x}{A} = \cos\omega t \Rightarrow \frac{۲}{۴} = \cos ۵\pi t_۱ \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \cos ۵\pi t_۱$$

$$\cos\frac{\pi}{۳} = \cos ۵\pi t_۱ \Rightarrow \frac{\pi}{۳} = ۵\pi t_۱ \Rightarrow t_۱ = \frac{۱}{۱۵}s$$

پ) $F = ma, |F| = kx \Rightarrow ma = |kx|$

$$۵\frac{m}{s^۲} \simeq \left(\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m\omega^۲\right) \Rightarrow ma = \left|m\omega^۲ x\right| \Rightarrow a = \left|\omega^۲ x\right| = ۲۵\pi^۲ \times ۰/۰۲$$

۶ دامنه‌ی نوسان وزنه‌ای که به یک فنر با ثابت فنر $۷۴\frac{N}{m}$ متصل است و در راستای افقی نوسان می‌کند، برابر با $۸/۰cm$ است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر نوسان، $۸/۰ \times ۱۰^{-۲} J$ باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چه‌قدر است؟ (از نیروهای اتلافی چشم‌پوشی شود.)

پاسخ: **۱**

$$E = \frac{۱}{۲}\text{kA}^۲ \ , E = K + U$$

$$\frac{۱}{۲}\text{kA}^۲ = K + U$$

$$\frac{۱}{۲} \times \left(۷۴\frac{N}{m}\right) \times (۸ \times ۱۰^{-۲}m)^۲ = K + (۸ \times ۱۰^{-۲}J) \Rightarrow K = ۱۵/۶۸ \times ۱۰^{-۲}J$$

۷ جسمی به جرم $۱/۰kg$ به فنری افقی با ثابت $۶/۰\frac{N}{cm}$ متصل است. فنر به اندازه‌ی $۹/۰cm$ فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. با چشم‌پوشی از اصطکاک

الف) دامنه‌ی نوسان و تندی بیشینه‌ی جسم چه‌قدر است؟

ب) وقتی تندی جسم $۱/۶\frac{m}{s}$ است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چه‌قدر است؟

پاسخ: **۱**

الف) $m = ۱kg\ , k = ۶۰۰\frac{N}{m}\ , A = ۰/۰۹m$

$$V_{\max} = A\omega = A\sqrt{\frac{k}{m}} = ۰/۰۹m \times \sqrt{\frac{۶۰۰\frac{N}{m}}{۱kg}} = ۲/۲\frac{m}{s}$$

ب) $U = E - K = \frac{۱}{۲}\mathrm{kA}^{۲} - \frac{۱}{۲}mv^{۲} \Rightarrow U = \frac{۱}{۲} \times \left(۶۰۰\frac{N}{m}\right) \times (۰/۰۹m)^{۲} - \frac{۱}{۲} \times (۱kg) \times \left(۱/۶\frac{m}{s}\right)^{۲}$

$\Rightarrow U = ۱/۱۵J$

۸ 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؟

پ) تندی نوسانگر چه‌قدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن شود؟

پاسخ: **۱**

الف) $\omega = ۲۰\pi\frac{\mathrm{rad}}{s} \Rightarrow T = \frac{۲\pi}{\omega} = \frac{۲\pi(\mathrm{rad})}{۲۰\pi\frac{\mathrm{rad}}{s}} = ۰/۱s$

$$t = \frac{T}{۴} = \frac{۰/۱s}{۴} = ۰/۰۲۵s$$

ب) $t_{۲} = \frac{T}{۲} = \frac{۰/۱s}{۲} = ۰/۰۵s$

پ) $E = k + U \Rightarrow E = ۲k \Rightarrow \frac{۱}{۲}m\omega^{۲}A^{۲} = ۲\frac{۱}{۲}\mathrm{mV}^{۲} \Rightarrow V = \frac{\sqrt{۲}}{۲}\omega A$

$$V = \frac{\sqrt{۲}}{۲}\omega A \xrightarrow{A=۰/۰۵m} V = \frac{\sqrt{۲}}{۲}\left(۲۰\pi\frac{\mathrm{rad}}{s}\right) \times ۰/۰۵m \Rightarrow v = ۰/۵\pi\sqrt{۲}\frac{m}{s}$$

۹ 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 چه‌قدر است؟

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

$\left(g_{\text{تهران}} = ۹/۸۰\frac{m}{s^۲} \text{ و } g_{\text{استوا}} = ۹/۷۸\frac{m}{s^۲}\right)$

پاسخ: ۱

الف) $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow \frac{T_{\text{Ostova}}}{T_{\text{Tehran}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{Tehran}}}{g_{\text{Ostova}}}} = \frac{\sqrt{۹/۸\frac{m}{s^۲}}}{\sqrt{۹/۷۸\frac{m}{s^۲}}} = ۱/۰۰۱$

زمان دوره تناوب (T_{Ostova}) بیش‌تر از زمان دوره تناوب تهران (T_{Tehran}) است. در نتیجه آونگ استوا کندتر حرکت می‌کند.

$T_{\text{Ostova}} = ۱/۰۰۱T_{\text{Tehran}}$

$\Delta T = T_{\text{Ostova}} - T_{\text{Tehran}} = ۰/۰۰۱T_{\text{Tehran}} = ۰/۰۰۱ \times ۲۴h$

$\Delta T = ۰/۰۰۱ \times ۸۶۴۰۰s = ۸۶/۴s$

و به اندازه‌ی $۸۶/۴s$ در استوا ساعت عقب می‌افتد.

ب) با افزایش دما، طول افزایش می‌یابد. پس $L_۲ > L_۱$

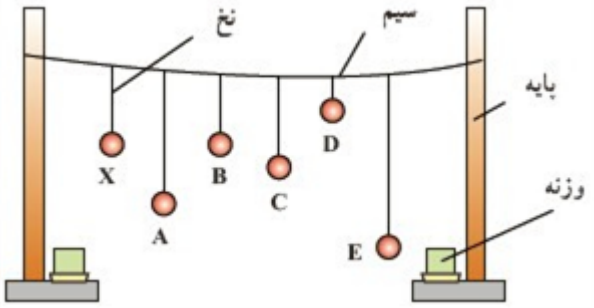
$\frac{T_۲}{T_۱} = \frac{\sqrt{L_۲}}{\sqrt{L_۱}} = \sqrt{\frac{L_۲}{L_۱}} > ۱$

با توجه به این‌که دوره‌ی تناوب بعد از افزایش دما، عددی بزرگ‌تر از یک می باشد، لذا آونگ کندتر و ساعت عقب می‌افتد.

۱۰ هر فرد معمولاً با چرخشِ اندک بدنش به چپ و راست، راه می‌رود و بدین ترتیب نیروهای کوچکی به زمینِ زیر پایش وارد می‌کند. این نیروها بسامدی در حدود $۰/۵\text{Hz}$ دارند. لرزش شدید پل هوایی میلینیوم در آغاز هزاره‌ی 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؟

پاسخ: ۱ با هر بار راه رفتن و چرخش بدن افراد روی پل، مقداری انرژی از افراد به پل منتقل می‌شود که با برابر بودن بسامد چرخش بدن افراد و بسامد طبیعی پل پدیده تشدید رخ داده و بر دامنه نوسان پل افزوده شده و پل به لرزش درمی‌آید.

۱۱ مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. توضیح دهید با به نوسان درآوردن آونگ X، آونگ‌های دیگر چگونه نوسان می‌کنند؟



پاسخ: ۱ با به نوسان در آمدن آونگ x بقیه آونگ‌ها نیز به نوسان درمی‌آیند ولی بعد از مدتی آونگی که با آونگ x هم‌طول است با دامنه بیش‌تری به نوسان درمی‌آید. زیرا دوره و بسامد آونگ‌های هم‌طول x و B باعث پدید تشدید شده و با دامنه بیش‌تر به نوسان خود ادامه می‌دهد.

۱۲ یک نوسان‌ساز موج‌هایی دوره‌ای در یک ریسمان کشیده ایجاد می‌کند.
الف) با افزایش بسامد نوسان‌ساز کدام‌یک از کمیت‌های زیر تغییر نمی‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موجِ موج.
ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هریک از کمیت‌های زیر چه تغییر می‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج موج.

پاسخ: **۱** الف) تندی موج تغییر نمی‌کند.

ب) بسامد موج به چشمه موج بستگی دارد پس تغییر نمی‌کند.

طبق رابطه $V=\sqrt{\frac{F}{\mu}}$ با افزایش کشش ریسمان، تندی موج افزایش می‌یابد.

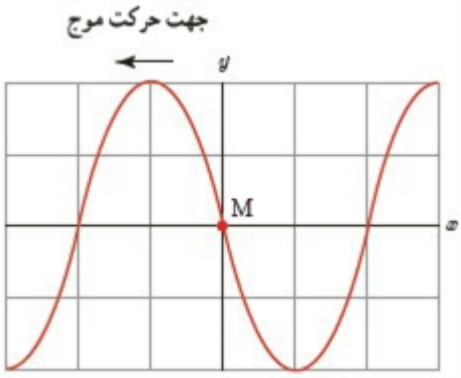
طبق رابطه $\lambda=\frac{V}{f}$ با افزایش تندی موج، طول موج نیز افزایش می‌یابد.

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

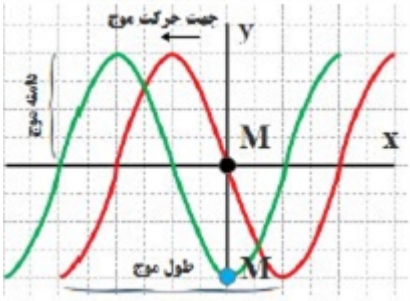
الف) با رسم این موج در زمان $\frac{T}{۴}$ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است.
هم‌چنین روی این موج، دامنه‌ی موج و طول موج را نشان دهید.

ب) اگر طول موج $۵/۰cm$ و تندی موج $۱۰\frac{cm}{s}$ باشد، بسامد موج را به دست آورید.

پ) تعیین کنید موج در مدت $\frac{T}{۴}$ چه مسافتی را پیموده است؟



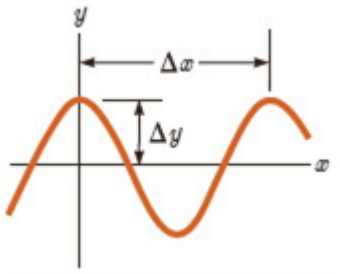
پاسخ: **۱** الف)



ب) $\lambda=\frac{V}{f}\Rightarrow ۵/۰cm=\frac{۱۰\frac{cm}{s}}{f}\Rightarrow f=۲\text{Hz}$

پ) $L=\frac{\lambda}{۴}\Rightarrow L=\frac{۵cm}{۴}=۱/۲۵cm$

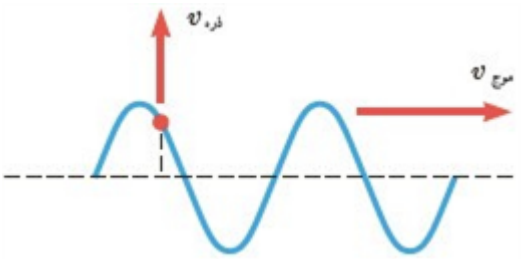
۱۴ در نمودار جابه‌جایی - مکانِ موجِ عرضیِ شکل زیر $\Delta x = ۴۰/۰cm$ و $\Delta y = ۱۵/۰cm$ است. اگر بسامد نوسان‌های چشمه $۸/۰۰\text{Hz}$ باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره‌ی تناوب موج چه‌قدر است؟



پاسخ: ۱

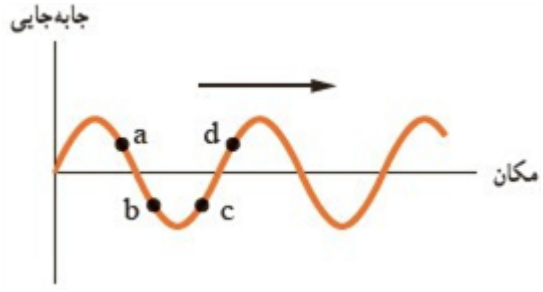
$$\lambda = \Delta x = ۴۰/۰cm$$
$$A = \Delta y = ۱۵/۰cm$$
$$\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow ۴۰ \times ۱۰^{-۲} m = \frac{V}{۸\text{Hz}} \Rightarrow V = ۳/۲ \frac{m}{s}$$
$$T = \frac{۱}{f} \Rightarrow T = \frac{۱}{۸} s = ۰/۱۲۵ s$$

۱۵ شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با تندی $V_{\text{موج}}$ به سمت راست حرکت می‌کند، در حالی‌که تندیِ ذره‌ی نشان داده شده‌ی ریسمان $V_{\text{ذره}}$ است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید.

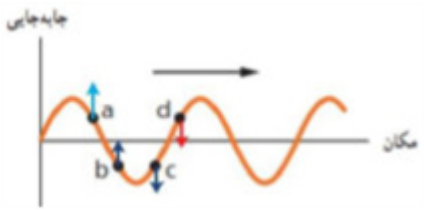


پاسخ: ۱ تندی انتشار موج (V موج) به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد و از رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ به دست می‌آید. هر ذره نیز با انتشار موج در محیط با تندی (V ذره) نوسان می‌کند که در نقاط مختلف متغیر است. در شکل داده شده V ذره بر V موج عمود است.

۱۶ 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 هریک از این چهار جزء بالا می‌روند یا پایین؟



پاسخ: ۱



۱۷ 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.

پاسخ: ۱

$$V=\sqrt{\frac{F}{\mu}}\Rightarrow V=\sqrt{\frac{FL}{M}}\Rightarrow V=\sqrt{\frac{FL}{\rho V}}=\sqrt{\frac{FL}{\rho AL}}\Rightarrow V=\sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

$$\Rightarrow V=\sqrt{\frac{۱۵۶N}{\left(۷/۸\times ۱۰^{۳}\frac{Kg}{m^۳}\right)\times ۰/۵۰\times ۱۰^{-۶}}}=۲۰۰\frac{m}{s}$$

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

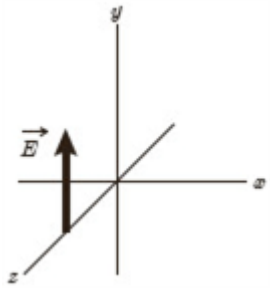
پرتوهای γ	پرتوهای x	P	Q	R	S

پاسخ: ۱ الف)

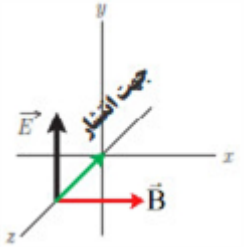
پرتوهای	پرتوهای	فرابنفش	نور مرئی	فروسرخ	رادیویی
γ	X	P	Q	R	S
طول موج افزایش می‌یابد ← بسامد کاهش می‌یابد					

ب) سرعت ثابت می‌ماند. طول‌موج افزایش می‌یابد. بسامد و انرژی موج کاهش می‌یابد.

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



پاسخ: ۱



۲۰ الف) طول‌موج نور نارنجی در هوا حدود $۶/۲۰ \times ۱۰^{-۷} m$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟
ب) بسامد نور قرمز در حدود $۴/۳۰ \times ۱۰^{۱۴} \mathrm{Hz}$ است. طول‌موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور را در هوا $۳/۰ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$ و در آب $۲/۲۵ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$ فرض کنید.)

پاسخ: **۱**

الف) $f = \frac{C}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۶/۲۰ \times ۱۰^{-۷}} = ۴/۸ \times ۱۰^{۱۴} \mathrm{Hz}$

ب) $\lambda = \frac{C}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۳/۰ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۴/۳۰ \times ۱۰^{۱۴}} = ۶/۹ \times ۱۰^{-۷} m$

$\lambda = \frac{۲/۲۵ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۴/۳۰ \times ۱۰^{۱۴}} = ۵/۲ \times ۱۰^{-۷} m$

۲۱ چشمه‌ی موجی با بسامد $۱۰ \mathrm{Hz}$ در یک محیط که تندی انتشار موج در آن $۱۰۰ \frac{m}{s}$ است، نوسان‌هایی طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنه‌ی نوسان‌ها $۴/۰ cm$ باشد:
الف) فاصله‌ی بین دو تراکم متوالی این موج چه‌قدر است؟
ب) فاصله‌ی بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چه‌قدر است؟

پاسخ: **۱**

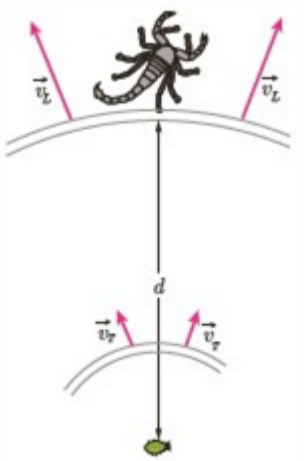
الف) فاصله بین دو تراکم متوالی (یا دو انبساط متوالی) λ است.

$\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۰۰ \frac{m}{s}}{۱۰ \mathrm{Hz}} = ۱۰ \Rightarrow m$

ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی $\frac{\lambda}{۲}$ است.

$\frac{\lambda}{۲} = ۵ m$

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 $V_T = ۵۰\frac{m}{s}$ و امواج طولی با تندی $V_L = ۱۵۰\frac{m}{s}$. عقرب ماسه‌ای می‌تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک‌ترین پای خود، فاصله‌ی خود از طعمه را تعیین کند. اگر این اختلاف زمان برابر $\Delta t = ۴/۰\frac{m}{s}$ باشد، طعمه در چه فاصله‌ای از عقرب قرار دارد؟



پاسخ: ۱

$$V_L > V_T \Rightarrow (\Delta t)_L < (\Delta t)_T$$
$$(\Delta t)_L = t_L \; ; \; (\Delta t)_T = t_T$$
$$\Delta t = t_T - t_L \Rightarrow \Delta t = \frac{d}{V_T} - \frac{d}{V_L} \Rightarrow ۴/۰ \times ۱۰^{-۳} s = \frac{d}{۵۰\frac{m}{s}} - \frac{d}{۱۵۰\frac{m}{s}} = \frac{۲d}{۱۵۰\frac{m}{s}}$$
$$d = \frac{۱۵۰ \times ۴/۰ \times ۱۰^{-۳} m}{۲} = ۰/۳m = ۳۰cm$$

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

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

پاسخ: ۱ ت) دمای هوا

تندی انتشار صوت در محیط علاوه بر جنس محیط به دمای محیط نیز بستگی دارد. اما شکل موج، دامنه موج، بسامد موج که از مشخصات چشمه موج هستند، بر تندی صوت تأثیر ندارند.

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

الف) بسامد زاویه‌ای در این کاوه‌ی نوسان چه‌قدر است؟

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

پاسخ: ۱

الف) $\omega = ۲\pi f \Rightarrow \omega = ۲(۳/۱۴)(۶/۷ \times ۱۰^{۶}\text{Hz}) = ۴۲/۰۷ \times ۱۰^{۶}\frac{\text{rad}}{s} = ۴/۲ \times ۱۰^{۷}\frac{\text{rad}}{s}$

ب) $\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۵۰۰\frac{m}{s}}{۶/۷ \times ۱۰^{۶}\text{Hz}} \Rightarrow \lambda = ۲/۲۴ \times ۱۰^{-۴} m$

۲۵ تندی صوت در یک فلز خاص، برابر $V_{\text{فلز}}$ است. به یک سر لوله‌ی توخالی بلندی از جنس این فلز به طول L ضربه‌ی محکمی می‌زنیم. شنونده‌ای که در سر دیگر این لوله قرار دارد دو صدا را می‌شوند. یکی ناشی از موجی است که از دیواره‌ی لوله می‌گذرد و دیگری از موجی است که از طریق هوای داخل لوله عبور می‌کند.

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

ب) اگر $\Delta t = ۱/۰۰s$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چه‌قدر است؟ $\left(V_{\text{هوا}} = ۳۴۰\frac{m}{s}\right)$

پاسخ: ۱

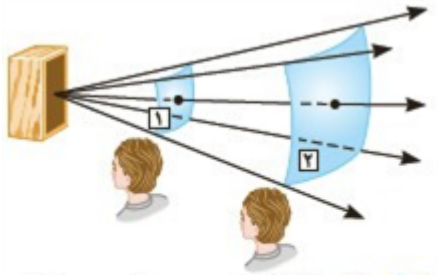
الف) $V'_{\text{فلز}} > V_{\text{هوا}}$

$t'_{\text{فلز}} < t_{\text{هوا}}$

$$\Delta t = t - t' \Rightarrow \Delta t = \frac{L}{V} - \frac{L}{V'} \Rightarrow \Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'}$$

ب) $$\Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'} \Rightarrow ۱/۰۰s = \frac{L(۵۹۴۱ - ۳۴۰)}{۳۴۰ \times ۵۹۴۱} \Rightarrow ۱/۰۰s = \frac{۵۶۰۱L}{۲۰۱۹۹۴۰} \Rightarrow L = ۳۶۰/۶m$$

۲۶ موجی صوتی با توان $۱/۲ \times ۱۰^{-۴}W$ از دو صفحه‌ی فرضی شکل روبه‌رو می‌گذرد. با فرض این‌که مساحت صفحه‌ها به‌ترتیب $A_۱ = ۴/۰m^۲$ و $A_۲ = ۱۲ \Rightarrow m^۲$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحه‌ی دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شوند.



شکل ۳ـ۲۶ با انتشار صوت از چشمه، انرژی به‌طور عمود، نخست از سطح ۱ و سپس از سطح ۲ که مساحت بیشتری دارد، می‌گذرد.

پاسخ: ۱

$$I_۱ = \frac{\overline{P}}{A_۱} = \frac{۱/۲ \times ۱۰^{-۴}W}{۴m^۲} = ۳ \times ۱۰^{-۵}\frac{W}{m^۲}$$

$$I_۲ = \frac{\overline{P}}{A_۲} = \frac{۱/۲ \times ۱۰^{-۴}W}{۱۲m^۲} = ۱ \times ۱۰^{-۵}\frac{W}{m^۲}$$

شنوده دوم توان بر واحد سطح کم تری از شنونده اول دریافت می کند.

۲۷ شدت صدای حاصل از یک مته‌ی سنگ‌شکن در فاصله‌ی $۱۰/۰m$ از آن $۱/۰ \times ۱۰^{-۲}\frac{W}{m^۲}$ است. تراز شدت صوتی آن برحسب dB چه‌قدر می‌شود؟

پاسخ: ۱

$$\beta_۱ = (۱۰\text{dB})\log\left(\frac{I}{I_۰}\right) = (۱۰\text{dB})\log\left(\frac{۱۰^{-۲}\frac{W}{m^۲}}{۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲}}\right) = ۱۰^۲\text{dB}$$

۲۸ اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۱۲۰dB باشیم، آستانه‌ی شنوایی به طور موقت از ۰dB به ۲۸dB افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده است که به طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت ۹۲dB قرار گیریم، آستانه‌ی شنوایی به طور دائم به ۲۸dB افزایش می‌یابد. شدت‌های صوت مربوط به ۲۸dB و ۹۲dB چه‌قدر است؟ (راهنمایی: برای پاسخ دادن لازم است از ماشین‌حساب مناسب استفاده کنید.)

پاسخ: **۱**

$$\beta_۱ = (۱۰\text{dB}) \log \frac{I_۱}{I_۰} \Rightarrow ۲۸\text{dB} = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲}} \right) \Rightarrow ۲/۸ = \log \left(\frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲}} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲}} = ۱۰^{۲/۸} \Rightarrow I_۱ = ۱۰^{۲/۸} \times ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲} = ۱۰^{-۹/۲} \frac{W}{m^۲} = ۱۰^{-۱۰} \times ۱۰^{۰/۸} \frac{W}{m^۲}$$

$$I_۱ = ۶/۳۱ \times ۱۰^{-۱۰} \frac{W}{m^۲}$$

یا

$$\beta = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I}{I_۰} \right) \Rightarrow I = I_۰ ۱۰^{\left(\frac{\beta}{۱۰\text{dB}} \right)}$$

$$\beta_۱ = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I_۱}{I_۰} \right) \Rightarrow I_۱ = ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲} \times ۱۰^{\left(\frac{۲۸\text{dB}}{۱۰\text{dB}} \right)} = ۶/۳۱ \times ۱۰^{-۱۰} \frac{W}{m^۲}$$

$$\beta_۲ = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I_۲}{I_۰} \right) \Rightarrow I_۲ = ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲} \times ۱۰^{\left(\frac{۹۲\text{dB}}{۱۰\text{dB}} \right)} = ۱/۵۸ \times ۱۰^{-۳} \frac{W}{m^۲}$$

۲۹ یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_۱ = ۹۰/۰\text{dB}$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_۲ = ۹۵/۰\text{dB}$ ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب $\frac{W}{m^۲}$) به ترتیب $I_۱$ و $I_۲$ هستند نسبت $\frac{I_۲}{I_۱}$ را تعیین کنید.

پاسخ: **۱**

$$\beta_۲ - \beta_۱ = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I_۲}{I_۱} \right) \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰^{\left(\frac{\Delta\beta}{۱۰\text{dB}} \right)} = ۱۰^{\left(\frac{۵\text{dB}}{۱۰\text{dB}} \right)} = ۱۰^{۰/۵} = ۳/۱۶$$

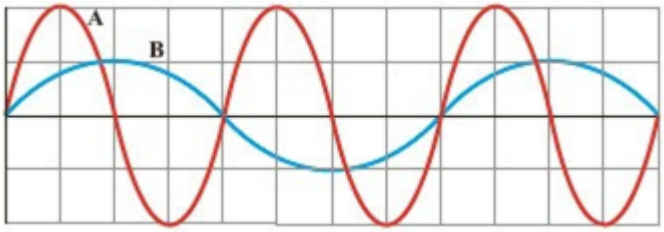
۳۰ در یک آتش‌بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر می‌شود. فرض کنید صوت به طور یک‌نواخت در تمام جهت‌ها منتشر شود. از جذب انرژی صوتی در محیط و نیز از بازتابی که ممکن است امواج صوتی از زمین پیدا کند چشم‌پوشی کنید. با فرض این‌که صوت با شدت $I = ۰/۱۰ \frac{W}{m^۲}$ به شنونده‌ای برسد که به فاصله‌ی $r_۱ = ۶۴۰m$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده‌ای که در فاصله‌ی $r_۲ = ۱۶۰ \Rightarrow m$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می‌رسد؟

پاسخ: **۱**

$$I = \frac{\overline{P}}{A} = \frac{\overline{P}}{۴\pi r^۲} \Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲} = \frac{\frac{\overline{P}}{۴\pi r_۱^۲}}{\frac{\overline{P}}{۴\pi r_۲^۲}} = \frac{r_۲^۲}{r_۱^۲} = \left(\frac{۱۶۰m}{۶۴۰m} \right)^۲ = \left(\frac{۱}{۴} \right)^۲$$

$$\frac{I_۱}{I_۲} = \left(\frac{۱}{۴} \right)^۲ \Rightarrow I_۲ = ۱۶ \Rightarrow I_۱ = ۱۶ \times ۰/۱ \frac{W}{m^۲} = ۱/۶ \frac{W}{m^۲}$$

۳۱ نمودار جابه‌جایی - مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند، به صورت زیر است. دامنه، طول‌موج، بسامد و شدت این دو موج صوتی را با هم مقایسه کنید.



پاسخ: ۱ بر طبق شکل

$$\lambda_B = ۲\lambda_A \ , A_A = ۲A_B$$

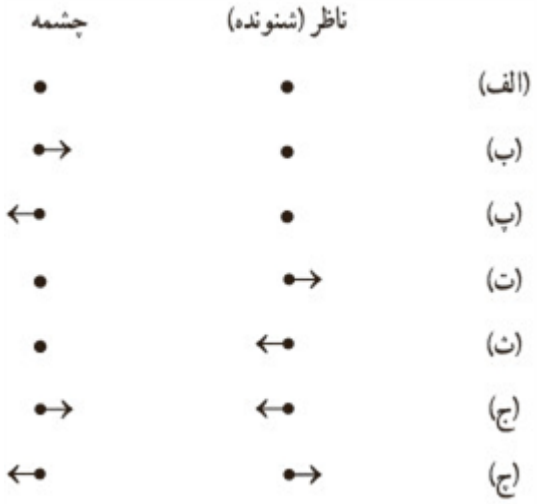
$$V_A = V_B \Rightarrow \frac{f_B}{f_A} = \frac{\frac{V_B}{\lambda_B}}{\frac{V_A}{\lambda_A}} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{۱}{۲}$$

$$E = ۲\pi^۲ \mathrm{mA}^۲ f^۲$$

$$I = \frac{\overline{P}}{۴\pi r^۲} = \frac{E}{۴\pi r^۲ t} \Big\} \Rightarrow I = \frac{۲\pi m A^۲ f^۲}{۴ t r^۲}$$

$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{A_B^{۲} f_B^{۲}}{A_A^{۲} f_A^{۲}} = \frac{A_B^{۲} f_B^{۲}}{(۲A_B)^۲ (۲f_B)^۲} = \frac{۱}{۱۶} \Rightarrow I_A = ۱۶ \Rightarrow I_B$$

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



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

پاسخ: **۱** اگر چشمه به طرف ناظر حرکت کند (حالت ب) ، تجمع جبهه‌ای موج در جلوی آن بیش‌تر خواهد شد. بنابراین ناظر ساکن روبه‌روی آن طول موج کوتاه‌تری نسبت به وضعیتی که چشمه، ساکن بود اندازه می‌گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.

چشمه به ناظر نزدیک می‌شود. $f_{\text{ب}} > f_{\text{الف}}$

با دور شدن چشمه، از بسامدی که ناظر اندازه می‌گیرد کم می‌شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم.

چشمه از ناظر دور می‌شود. $f_{\text{پ}} > f_{\text{الف}}$

در حالت (ت) از چشمه دور شود به معنی کاهش بسامد خواهد بود.

ناظر از چشمه دور می‌شود. $f_{\text{ت}} > f_{\text{الف}}$

در حالت (ث) ناظر به هدف چشمه حرکت کند با جبهه‌های موج بیش‌تری مواجه می‌شود که به معنی افزایش بسامد است.

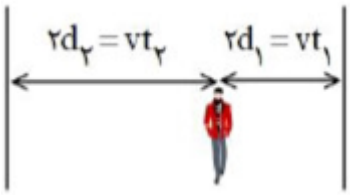
ناظر به چشمه نزدیک می‌شود. $f_{\text{ث}} > f_{\text{الف}}$

۳۳ دانش‌آموزی بین دو صخره‌ی قائم ایستاده است و فاصله‌ی او از صخره‌ی نزدیک‌تر $۲۴۰m$ است. دانش‌آموز فریاد می‌زند و اولین پژواک صدای خود را پس از $۱/۵۰s$ و صدای پژواک دوم را $۱/۰۰s$ بعد از پژواک اول می‌شنود.

الف) تندی صوت در هوا چه‌قدر است؟

ب) فاصله‌ی بین دو صخره را بیابید.

پاسخ: **۱**



الف) $۲d_۱ = vt_۱ \Rightarrow v = \frac{۲d_۱}{t_۱} = \frac{۴۸۰m}{۱/۵s} = ۳۲۰\frac{m}{s}$

ب) $d_۲ = \frac{vt_۲}{۲} = \frac{\left(۳۲۰\frac{m}{s}\right) \times (۲/۵s)}{۲} = ۴۰۰m$

$d = d_۱ + d_۲ = ۴۰۰m + ۲۴۰m = ۶۴۰m$

۳۴ اگر در فاصله‌ی مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیش‌تر از یک صدای برهم زدن دست می‌شنوید. نمونه‌ی جالبی از این پدیده در برابر رشته پله‌های معبد قدیمی کوکولکان در مکزیک رخ می‌دهد. این معبد از ۹۲ پله‌ی سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.



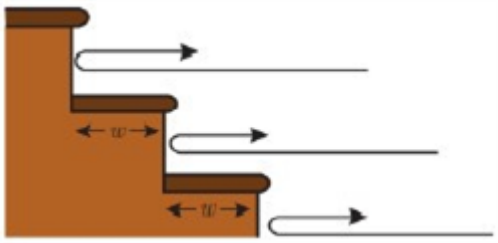
تصویری از معبد کوکولکان

پاسخ: **۱** اگر فاصله از پلکان به حد کافی زیاد باشد، به طوری‌که بتوان مانند شکل زیر مسیر تپ‌های متوالی را تقریباً موازی درنظر گرفت، تقریباً بسامد ثابتی برای رشته تپ‌های متوالی درک می‌کنید.

$$f = \frac{۱}{\Delta t} = \frac{v}{۲w}$$

این صدا به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها بازمی‌گردد و مانند یک نت نواخته شده درک می‌شود. بدیهی است اگر پهنای پله‌ها کوچک‌تر باشد، با توجه به این‌که $f \alpha \frac{۱}{W}$ است، بسامد ادراک شده بیش‌تر می‌شود.

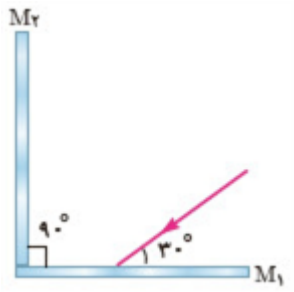
مسیر تپ‌های متوالی که هر کدام از یک پله نشأت گرفته‌اند، موازی نیست و بسامد ثابتی را برای رشته تپ‌های متوالی درک نمی‌کنید. بلکه گستره‌ای از بسامدها را درک می‌کنید که به تدریج کم می‌شوند. به طوری‌که بسامد دریافتی از پله‌های پایینی (که تپ‌های بازتابیده از آن‌ها را زودتر می‌شنویم) بیش‌تر از بسامد دریافتی از پله‌های بالایی است (که تپ‌های بازتابیده از آن‌ها را دیرتر می‌شنویم) و بدین ترتیب صدا را به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها می‌شنوید.



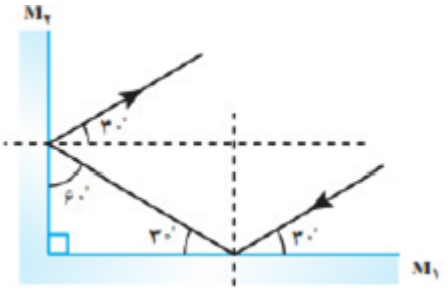
۳۵ وقتی یک باریکه‌ی لیزر را به دیوار کلاس می‌تابانیم، همه‌ی دانش‌آموزان نقطه‌ی رنگی ایجاد شده روی دیوار را می‌بینند. دلیل آن چیست؟

پاسخ: **۱** ناشی از بازتاب پخشنده است.

۳۶ در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید.

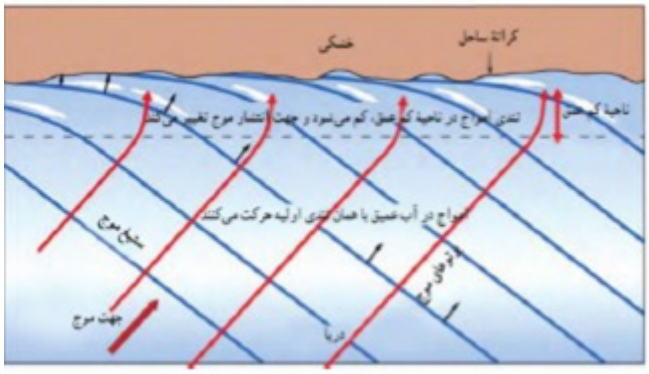


پاسخ: ۱

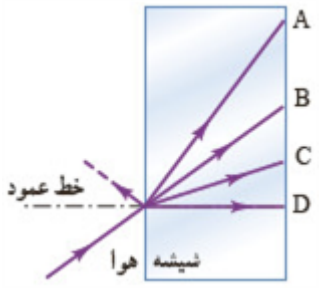


۳۷ با رسم شکلی از جبهه‌های موج توضیح دهید چگونه جهت انتشار جبهه‌های موج با رسیدن به یک ساحل شیب‌دار، تغییر می‌کند.

پاسخ: ۱ با نزدیک شدن امواج به یک ساحل شیبدار و رسیدن جبهه‌های موج به ساحل که در آن‌جا عمق آب کم می‌شود، جهت انتشار موج تغییر می‌کند. به عبارتی، با ورود امواج از ناحیه عمیق به ناحیه‌ی کم‌عمق، تندی آن‌ها کم می‌شود.



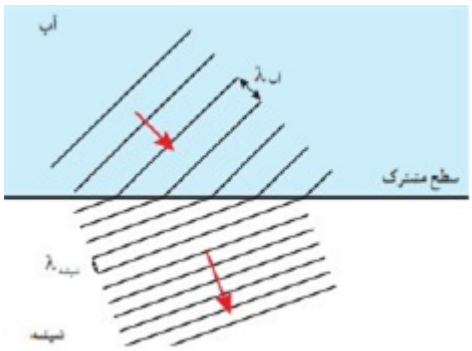
۳۸ شکل روبه‌رو پرتویی را نشان می‌دهد که از هوا وارد شیشه شده است. کدام گزینه‌های A تا D، می‌تواند پرتوی داخل شیشه را نشان دهد؟



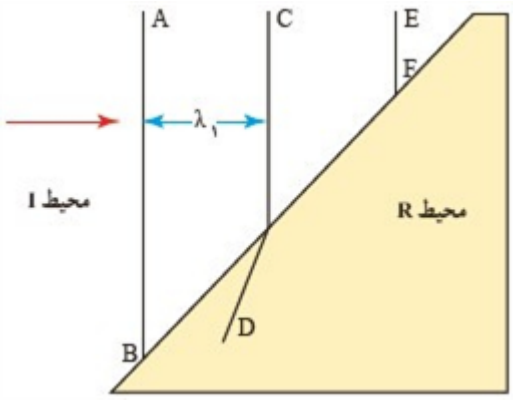
پاسخ: ۱ شیشه ضریب شکست بزرگ‌تری نسبت به هوا دارد. پرتو شکسته شده در شیشه به خط عمود نزدیک می‌شود. بنابراین پرتوی A، نمی‌تواند درست باشد، زیرا پرتو از خط عمود دور شده است. اگر نور از شیشه وارد هوا می‌شد. این پرتو صحیح بود. پرتوی B در امتداد پرتوی فرودی است.
پرتوی C پاسخ درستی است زیرا به سمت خط عمود کج شده است.
پرتوی D نادرست است. توجه کنید که برای این پرتو، زاویه شکست $\theta_r = ۰$ است.

۳۹ ضریب شکست آب $۱/۳$ و ضریب شکست شیشه $۱/۵$ است. اگر نوری به طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه‌های موج را در دو محیط نشان دهید.

پاسخ: **۱** مطابق شکل مقابل خواهیم داشت (البته در این شکل فاصله‌ی بین جبهه‌های موج در دو محیط به یک مقیاس نیست، ولی در هر حال $\lambda_{\text{شیشه}} < \lambda_{\text{آب}}$ است).



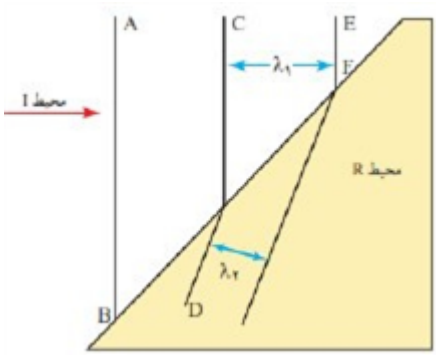
۴۰ شکل روبه‌رو جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده‌اند.
الف) ادامه‌ی جبهه‌ی موج EF را در محیط R رسم کنید.
ب) توضیح دهید در کدام محیط تندی موج بیش‌تر است.
پ) آیا با استفاده از این نمودار می‌توان نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟



پاسخ: **۱** الف) ادامه موج EF، پرتوی شکسته شده در محیط R است که باید موازی با D باشد. به عبارتی، پرتوهای شکسته باید موازی هم باشند.

ب و پ) با عبور موج از محیطی به محیط دیگر، بسامد موج تغییر نمی‌کند. بنابراین نسبت $\frac{v}{\lambda}$ ثابت می‌ماند و داریم:

$$\frac{V_۱}{\lambda_۱} = \frac{V_۲}{\lambda_۲} \Rightarrow \frac{V_۱}{V_۲} = \frac{\lambda_۱}{\lambda_۲}$$

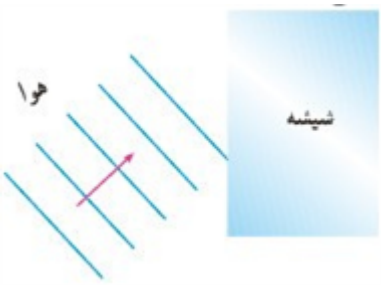


از روی شکل بالا درمی‌یابیم که $\lambda_۲ > \lambda_۱$ و بنابراین $V_۲ < V_۱$ است. به عبارتی با دانستن فاصله بین جبهه‌های موج در دو محیط می‌توان درباره نسبت تندی موج در دو محیط اظهارنظر کرد. مثلاً برای شکل بالا در این مسئله، نسبت $\lambda_۱$ به $\lambda_۲$ تقریباً $۱/۶$ می‌شود که همان نسبت $V_۱$ به $V_۲$ نیز هست.

۴۱ در شکل روبه‌رو موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود.

الف) مشخصه‌های موج بازتابیده و موج شکست‌یافته را با موج فرودی مقایسه کنید.

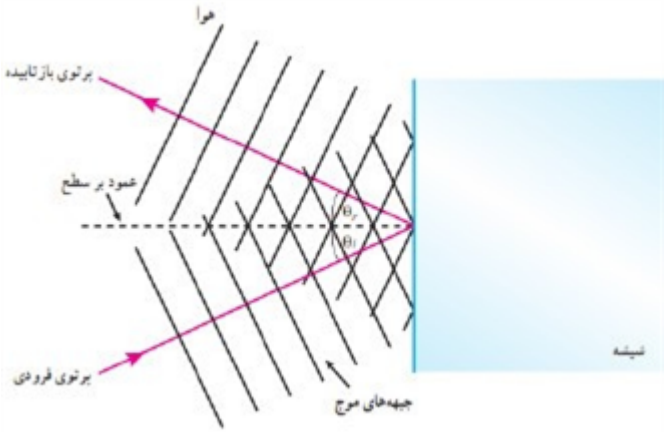
ب) جبهه‌های موج بازتابیده و شکست‌یافته را رسم کنید.

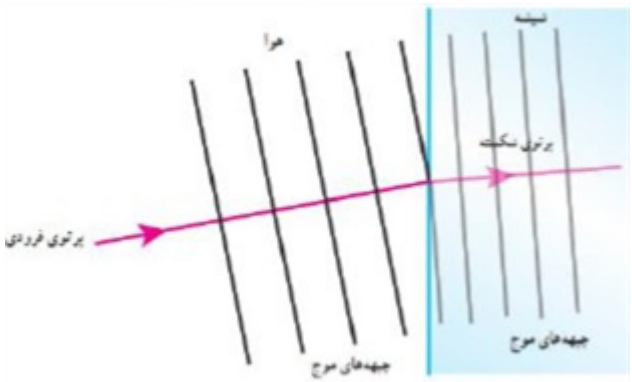


پاسخ: **۱** الف) برای موج شکسته، به‌جز بسامد در سایر مشخصه‌ها با موج فرودی متفاوت است. چرا که تندی و طول‌موج تغییر می‌کنند و این دو به ضریب شکست بستگی دارند. در حالی‌که برای موج بازتابیده، بسامد، طول‌موج و تندی با موج فرودی برابر است.

ب) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می‌کند. پرتوی شکسته شده باید به خط عمود نزدیک شود. ابتدا پرتوی موج را رسم کرده و سپس جبهه‌های موج را به گونه‌ای رسم می‌کنیم که این پرتو عمود بر آن‌ها باشد، در مورد جبهه‌های موج بازتابیده، چون در خود محیط بازتابیده می‌شوند، فاصله خطوط تغییر نمی‌کند و بنابراین برای موج بازتابیده شکلی مانند روبه‌رو خواهیم داشت.

برای جبهه‌های موج شکست یافته نیز نخست یک پرتوی شکست یافته را رسم می‌کنیم و سپس جبهه‌های موج مربوط به آن‌را نشان می‌دهیم، که فاصله جبهه‌های موج در شیشه، کوتاه‌تر است.





۴۲ طول‌موج نور قرمز لیزر هلیم - نئون در هوا حدود $۶۳۳nm$ است، ولی در زجاجیه‌ی چشم $۴۷۴nm$ است.
الف) بسامد این نور چه‌قدر است؟
ب) ضریب شکست زجاجیه برای این نور چه‌قدر است؟
پ) تندی این نور در زجاجیه را محاسبه کنید.

پاسخ: **۱**

الف) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_۰} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۶۳۳ \times ۱۰^{-۹} m} = ۴/۷۴ \times ۱۰^{۱۴} \text{Hz}$

ب) $n = \frac{\lambda_۰}{\lambda} = \frac{۶۳۳ \times ۱۰^{-۹} m}{۴۷۴ \times ۱۰^{-۹} m} = ۱/۳۴$

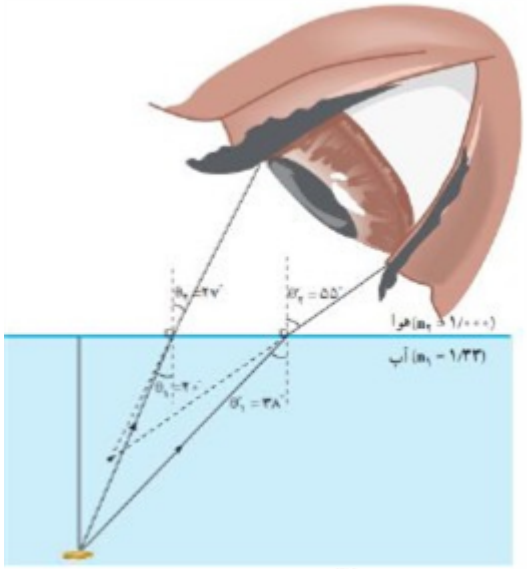
پ) $V = \frac{c}{n} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۱/۳۴} = ۲/۲۵ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$

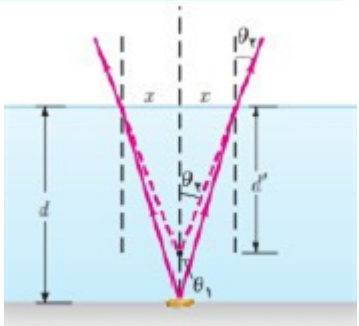
۴۳ سکه‌ای را در گوشه ی فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرد که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آن‌که سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری‌که آب ریختن شما موجب جابه‌جایی سکه نشود. با پر شدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.



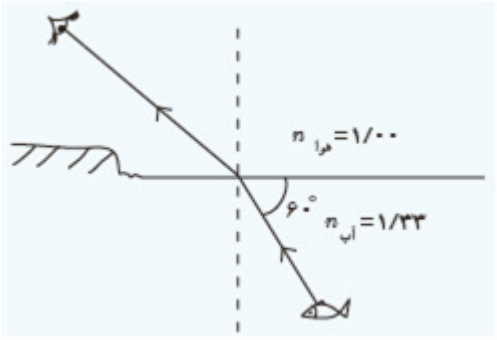

پاسخ: **۱** اگر به طور قائم از بالا نگاه کنیم. پرتویی که از نقطه‌ای از سکه رسم نماییم در زاویه کوچکی از خط عمود از سطح آب قرار می‌گیرد. به دلیل شکسته شدن پرتوها و ورود آن‌ها از محیط با ضریب شکست بیش‌تر به محیطی با ضریب شکست کم‌تر، پرتوها در محل خروج از سطح آب، از خط عمود دور می‌شوند و این‌طور به نظر می‌رسد که امتداد آن‌ها در نقطه‌ای بالاتر از کف فنجان هم‌دیگر را قطع می‌کنند (که با رسم خط چین‌هایی نشان داده شده است. همین باعث می‌شود عمق فنجان را کم‌تر ببینیم.)

اگر کسی به طور مایل نگاه کند، افزون بر جابه‌جایی قائم، یک جابه‌جایی افقی نیز وجود دارد. و همان‌طور که در شکل زیر برای داده‌هایی خاص نشان داده شده است، تصویر در هر دو امتداد قائم و افقی به ناظر نزدیک می‌شود. البته محل این تصویر یکتا نیست و هرچه پرتوهایی که به چشم ناظر می‌رسند افقی‌تر گردند، تصویر به ناظر نزدیک‌تر می‌گردد. بیش‌ترین آن برای پرتوهایی است که نزدیک به زاویه حد به سطح جدایی می‌تابند.





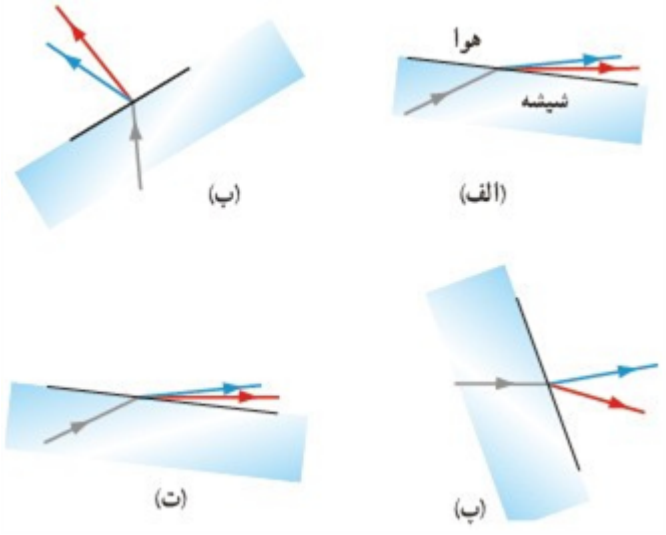
۴۴ مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد تحت زاویه‌ی ۶۰° به مرز آب - هوا برخورد کرده است. زاویه‌ی شکست این پرتو در هوا چه‌قدر است؟



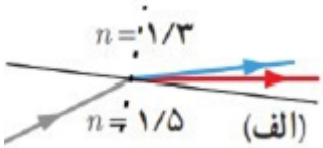
پاسخ: ۱

$$n_۱ \sin\theta_۱ = n_۲ \sin\theta_۲ \Rightarrow \sin\theta_۲ = \frac{n_۱ \sin\theta_۱}{n_۲} = \frac{(۱/۳۳)\sin ۳۰^\circ}{۱} = ۰/۶۶۵ \Rightarrow \theta_۲ = ۴۱/۷^\circ$$

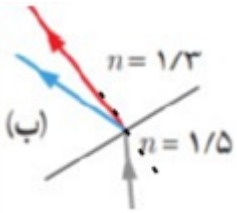
۴۵ در شکل‌های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است از شیشه وارد هوای رقیق شده است. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟



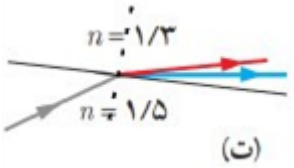
پاسخ: **۱** شکل (الف) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است و پرتوی آبی می‌بایست پیش‌تر از پرتوی قرمز شکست پیدا می‌کرد.



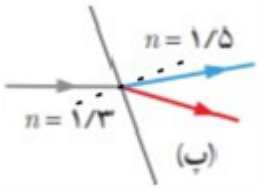
شکل (ب) پرتوی قرمز تقریباً در امتداد خط عمود و پرتوی آبی در سمت نادرست (چپ خط عمود) شکسته شده است.



شکل (ت) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است و پرتوی آبی بیش‌تر از پرتوی قرمز شکست پیدا کرده است که گزینه‌ی درستی است.



شکل (پ) پرتوها در سمتی درست شکسته شده‌اند، ولی پرتوی آبی به خط عمود نزدیک شده‌اند. بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است.



۴۶ دو دانش‌آموز به نور زرد نگاه می‌کنند. یکی از آن‌ها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن‌را از یک نوع رنگ می‌داند. به نظر شما با چه تجربه‌ای می‌توان بین این دو نظر، یکی را انتخاب کرد؟

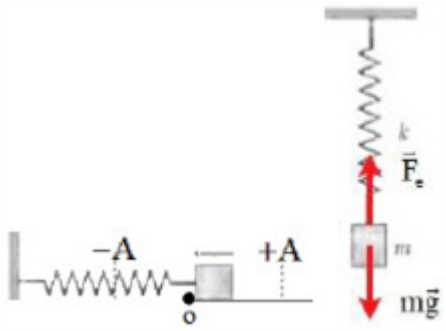
پاسخ: **۱** با استفاده از یک منشور به سادگی می‌توانیم بین این دو نظر، یکی را انتخاب کنیم. اگر نور زرد، ترکیبی باشد در منشور تجزیه می‌شود و می‌توانیم نورهای قرمز و سبز را مشاهده کنیم.

۱

$mg = ۲۰\,N\ ,\ x = ۰/۲m$

$F_{net} = ۰ \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{۲۰\,N}{۰/۲m} = ۱۰۰\frac{N}{m}$

$mg = ۵N \Rightarrow m = \frac{۵N}{۹/۸\left(\frac{N}{kg}\right)} \simeq ۰/۵kg$



۲

$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = ۲ \times ۳/۱۴\sqrt{\frac{۰/۵}{۱۰۰}} = ۰/۴۴s$

$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{m'}{m}} \Rightarrow \frac{۳}{۲} = \sqrt{\frac{m+۲}{m}} \Rightarrow \frac{۹}{۴} = \frac{m+۲}{m} \Rightarrow ۹m - ۴m = ۸ \Rightarrow m = \frac{۸}{۵}kg$

$\Rightarrow m = ۱/۶kg$

۳

$m = \frac{۱۶۰۰}{۴} = ۴۰۰kg$

$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = ۲ \times ۳/۱۴\sqrt{\frac{۴۰۰kg}{۲ \times ۱۰^{۴}\left(\frac{N}{m}\right)}} = ۰/۸۹s$

$۱/۱۲Hz \simeq f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۰/۸۹s}$

$\omega = \sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{۲ \times ۱۰^{۴}\left(\frac{N}{m}\right)}{۴۰۰kg}} = ۷/۰۷\frac{rad}{s}$

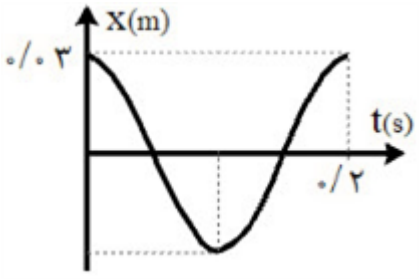
۴

$A = ۳ \times ۱۰^{-۲} = ۰/۰۳m\ ,\ f = ۵Hz\ ,\ T = ۰/۲s$

$\omega = ۲\pi f = ۲\pi \times ۵(Hz) = ۱۰\pi\left(\frac{rad}{s}\right)$

$x = (۰/۰۳m)\cos ۱۰\pi t$

$T = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{۵Hz} = ۰/۲s$



۵

الف) $A = ۰/۰۴m$

$$\frac{۵T}{۴} = ۰/۵s \Rightarrow T = ۰/۴s \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۰/۴s} = ۵\pi \frac{\text{rad}}{s}$$

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow x = (۰/۰۴m)\cos ۵\pi t$$

ب) $A = ۰/۰۴m$

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow \frac{x}{A} = \cos\omega t \Rightarrow \frac{۲}{۴} = \cos ۵\pi t_۱ \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \cos ۵\pi t_۱$$

$$\cos\frac{\pi}{۳} = \cos ۵\pi t_۱ \Rightarrow \frac{\pi}{۳} = ۵\pi t_۱ \Rightarrow t_۱ = \frac{۱}{۱۵}s$$

پ) $F = ma, |F| = kx \Rightarrow ma = |kx|$

$$۵\frac{m}{s^۲} \simeq \left(\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m\omega^۲\right) \Rightarrow ma = \left|m\omega^۲ x\right| \Rightarrow a = \left|\omega^۲ x\right| = ۲۵\pi^۲ \times ۰/۰۲$$

۶

$$E = \frac{۱}{۲}\text{kA}^۲ \, , E = K + U$$

$$\frac{۱}{۲}\text{kA}^۲ = K + U$$

$$\frac{۱}{۲} \times \left(۷۴\frac{N}{m}\right) \times (۸ \times ۱۰^{-۲} m)^۲ = K + (۸ \times ۱۰^{-۲} J) \Rightarrow K = ۱۵/۶۸ \times ۱۰^{-۲} J$$

۷

الف) $m = ۱kg \, , k = ۶۰۰\frac{N}{m} \, , A = ۰/۰۹m$

$$V_{\max} = A\omega = A\sqrt{\frac{k}{m}} = ۰/۰۹m \times \sqrt{\frac{۶۰۰\frac{N}{m}}{۱kg}} = ۲/۲\frac{m}{s}$$

ب) $U = E - K = \frac{۱}{۲}\text{kA}^۲ - \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow U = \frac{۱}{۲} \times \left(۶۰۰\frac{N}{m}\right) \times (۰/۰۹m)^۲ - \frac{۱}{۲} \times (۱kg) \times \left(۱/۶\frac{m}{s}\right)^۲$

$$\Rightarrow U = ۱/۱۵J$$

۸

الف) $\omega = ۲۰\pi\frac{\text{rad}}{s} \Rightarrow T = \frac{۲\pi}{\omega} = \frac{۲\pi(\text{rad})}{۲۰\pi\frac{\text{rad}}{s}} = ۰/۱s$

$$t = \frac{T}{۴} = \frac{۰/۱s}{۴} = ۰/۰۲۵s$$

ب) $t_۲ = \frac{T}{۲} = \frac{۰/۱s}{۲} = ۰/۰۵s$

پ) $E = k + U \Rightarrow E = ۲k \Rightarrow \frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲ = ۲\frac{۱}{۲}\text{mV}^۲ \Rightarrow V = \frac{\sqrt{۲}}{۲}\omega A$

$$V = \frac{\sqrt{۲}}{۲}\omega A \xrightarrow{A=۰/۰۵m} V = \frac{\sqrt{۲}}{۲}\left(۲۰\pi\frac{\text{rad}}{s}\right) \times ۰/۰۵m \Rightarrow v = ۰/۵\pi\sqrt{۲}\frac{m}{s}$$

۹ الف) $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow \frac{T_{\text{Ostova}}}{T_{\text{Tehran}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{Tehran}}}{g_{\text{Ostova}}}} = \frac{\sqrt{۹/۸\frac{m}{s^۲}}}{\sqrt{۹/۷۸\frac{m}{s^۲}}} = ۱/۰۰۱$

زمان دوره تناوب (T_{Ostova}) بیش‌تر از زمان دوره تناوب تهران (T_{Tehran}) است. در نتیجه آونگ استوا کندتر حرکت می‌کند.

$T_{\text{Ostova}} = ۱/۰۰۱T_{\text{Tehran}}$

$\Delta T = T_{\text{Ostova}} - T_{\text{Tehran}} = ۰/۰۰۱T_{\text{Tehran}} = ۰/۰۰۱ \times ۲۴h$

$\Delta T = ۰/۰۰۱ \times ۸۶۴۰۰s = ۸۶/۴s$

و به اندازه‌ی $۸۶/۴s$ در استوا ساعت عقب می‌افتد.

ب) با افزایش دما، طول افزایش می‌یابد. پس $L_۲ > L_۱$

$\frac{T_۲}{T_۱} = \frac{\sqrt{L_۲}}{\sqrt{L_۱}} = \sqrt{\frac{L_۲}{L_۱}} > ۱$

با توجه به این‌که دوره‌ی تناوب بعد از افزایش دما، عددی بزرگ‌تر از یک می باشد، لذا آونگ کندتر و ساعت عقب می‌افتد.

۱۰ با هر بار راه رفتن و چرخش بدن افراد روی پل، مقداری انرژی از افراد به پل منتقل می‌شود که با برابر بودن بسامد چرخش بدن افراد و بسامد طبیعی پل پدیده تشدید رخ داده و بر دامنه نوسان پل افزوده شده و پل به لرزش درمی‌آید.

۱۱ با به نوسان در آمدن آونگ x بقیه آونگ‌ها نیز به نوسان درمی‌آیند ولی بعد از مدتی آونگی که با آونگ x هم‌طول است با دامنه بیش‌تری به نوسان درمی‌آید. زیرا دوره و بسامد آونگ‌های هم‌طول x و B باعث پدید تشدید شده و با دامنه بیش‌تر به نوسان خود ادامه می‌دهد.

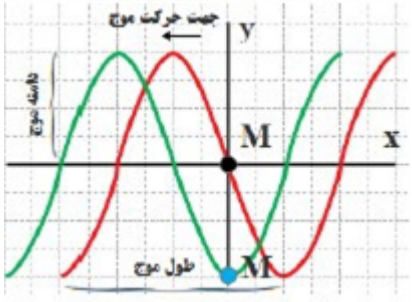
۱۲ الف) تندی موج تغییر نمی‌کند.

ب) بسامد موج به چشمه موج بستگی دارد پس تغییر نمی‌کند.

طبق رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ با افزایش کشش ریسمان، تندی موج افزایش می‌یابد.

طبق رابطه $\lambda = \frac{V}{f}$ با افزایش تندی موج، طول موج نیز افزایش می‌یابد.

۱۳ الف)



ب) $\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow ۵/۰cm = \frac{۱۰\frac{cm}{s}}{f} \Rightarrow f = ۲\text{Hz}$

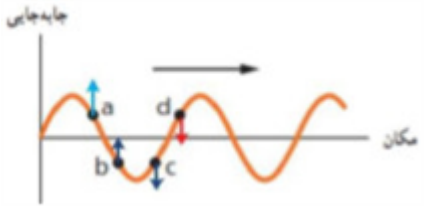
پ) $L = \frac{\lambda}{۴} \Rightarrow L = \frac{۵cm}{۴} = ۱/۲۵cm$

۱۴

$$\lambda = \Delta x = ۴۰/۰cm$$
$$A = \Delta y = ۱۵/۰cm$$
$$\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow ۴۰ \times ۱۰^{-۲} m = \frac{V}{۸\text{Hz}} \Rightarrow V = ۳/۲ \frac{m}{s}$$
$$T = \frac{۱}{f} \Rightarrow T = \frac{۱}{۸} s = ۰/۱۲۵ s$$

۱۵ تندی انتشار موج (V موج) به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد و از رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ به دست می‌آید. هر ذره نیز با انتشار موج در محیط با تندی (V ذره) نوسان می‌کند که در نقاط مختلف متغیر است. در شکل داده شده V ذره بر V موج عمود است.

۱۶



۱۷

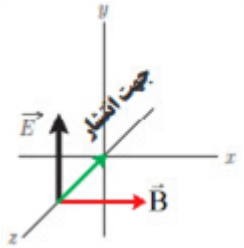
$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{\text{FL}}{M}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{\text{FL}}{\rho V}} = \sqrt{\frac{\text{FL}}{\rho AL}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$
$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{۱۵۶N}{\left(۷/۸ \times ۱۰^{۳} \frac{\text{Kg}}{m^{۳}}\right) \times ۰/۵۰ \times ۱۰^{-۶}}} = ۲۰۰ \frac{m}{s}$$

۱۸ الف)

پرتوهای	پرتوهای	فرابنفش	نور مرئی	فروسرخ	رادیویی
γ	X	P	Q	R	S
طول موج افزایش می‌یابد / بسامد کاهش می‌یابد					

ب) سرعت ثابت می‌ماند. طول‌موج افزایش می‌یابد. بسامد و انرژی موج کاهش می‌یابد.

۱۹



۲۰ الف) $f = \frac{C}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۶/۲۰ \times ۱۰^{-۷}} = ۴/۸ \times ۱۰^{۱۴} \text{Hz}$

ب) $\lambda = \frac{C}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۳/۰ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۴/۳۰ \times ۱۰^{۱۴}} = ۶/۹ \times ۱۰^{-۷} m$

$\lambda = \frac{۲/۲۵ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۴/۳۰ \times ۱۰^{۱۴}} = ۵/۲ \times ۱۰^{-۷} m$

۲۱ الف) فاصله بین دو تراکم متوالی (یا دو انبساط متوالی) λ است.

$\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۰۰ \frac{m}{s}}{۱۰ \text{Hz}} = ۱۰ \Rightarrow m$

ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی $\frac{\lambda}{۲}$ است.

$\frac{\lambda}{۲} = ۵m$

۲۲ $V_L > V_T \Rightarrow (\Delta t)_L < (\Delta t)_T$

$(\Delta t)_L = t_L \; ; \; (\Delta t)_T = t_T$

$\Delta t = t_T - t_L \Rightarrow \Delta t = \frac{d}{V_T} - \frac{d}{V_L} \Rightarrow ۴/۰ \times ۱۰^{-۳} s = \frac{d}{۵۰ \frac{m}{s}} - \frac{d}{۱۵۰ \frac{m}{s}} = \frac{۲d}{۱۵۰ \frac{m}{s}}$

$d = \frac{۱۵۰ \times ۴/۰ \times ۱۰^{-۳} m}{۲} = ۰/۳m = ۳۰cm$

۲۳ ت) دمای هوا

تندی انتشار صوت در محیط علاوه بر جنس محیط به دمای محیط نیز بستگی دارد. اما شکل موج، دامنه موج، بسامد موج که از مشخصات چشمه موج هستند، بر تندی صوت تأثیر ندارند.

۲۴ الف) $\omega = ۲\pi f \Rightarrow \omega = ۲(۳/۱۴)(۶/۷ \times ۱۰^{۶} \text{Hz}) = ۴۲/۰۷ \times ۱۰^{۶} \frac{\text{rad}}{s} = ۴/۲ \times ۱۰^{۷} \frac{\text{rad}}{s}$

ب) $\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۵۰۰ \frac{m}{s}}{۶/۷ \times ۱۰^{۶} \text{Hz}} \Rightarrow \lambda = ۲/۲۴ \times ۱۰^{-۴} m$

۲۵ الف) $V'_{\text{فلز}} > V_{\text{هوا}}$

$t'_{\text{فلز}} < t_{\text{هوا}}$

$\Delta t = t - t' \Rightarrow \Delta t = \frac{L}{V} - \frac{L}{V'} \Rightarrow \Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'}$

ب) $\Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'} \Rightarrow ۱/۰۰s = \frac{L(۵۹۴۱ - ۳۴۰)}{۳۴۰ \times ۵۹۴۱} \Rightarrow ۱/۰۰s = \frac{۵۶۰۱L}{۲۰۱۹۹۴۰} \Rightarrow L = ۳۶۰/۶m$

۲۶ $I_۱ = \frac{\overline{P}}{A_۱} = \frac{۱/۲ \times ۱۰^{-۴} W}{۴m^۲} = ۳ \times ۱۰^{-۵} \frac{W}{m^۲}$

$I_۲ = \frac{\overline{P}}{A_۲} = \frac{۱/۲ \times ۱۰^{-۴} W}{۱۲m^۲} = ۱ \times ۱۰^{-۵} \frac{W}{m^۲}$

شنونده دوم توان بر واحد سطح کم تری از شنونده اول دریافت می کند.

۲۷ $$\beta_۱ = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I}{I_۰} \right) = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{۱۰^{-۲} \frac{W}{m^۲}}{۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲}} \right) = ۱۰^۲ \text{dB}$$

۲۸ $$\beta_۱ = (۱۰\text{dB}) \log \frac{I_۱}{I_۰} \Rightarrow ۲۸\text{dB} = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲}} \right) \Rightarrow ۲/۸ = \log \left(\frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲}} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲}} = ۱۰^{۲/۸} \Rightarrow I_۱ = ۱۰^{۲/۸} \times ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲} = ۱۰^{-۹/۲} \frac{W}{m^۲} = ۱۰^{-۱۰} \times ۱۰^{۰/۸} \frac{W}{m^۲}$$

$$I_۱ = ۶/۳۱ \times ۱۰^{-۱۰} \frac{W}{m^۲}$$

یا $$\beta = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I}{I_۰} \right) \Rightarrow I = I_۰ ۱۰^{\left(\frac{\beta}{۱۰\text{dB}} \right)}$$

$$\beta_۱ = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I_۱}{I_۰} \right) \Rightarrow I_۱ = ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲} \times ۱۰^{\left(\frac{۲۸\text{dB}}{۱۰\text{dB}} \right)} = ۶/۳۱ \times ۱۰^{-۱۰} \frac{W}{m^۲}$$

$$\beta_۲ = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I_۲}{I_۰} \right) \Rightarrow I_۲ = ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲} \times ۱۰^{\left(\frac{۹۲\text{dB}}{۱۰\text{dB}} \right)} = ۱/۵۸ \times ۱۰^{-۳} \frac{W}{m^۲}$$

۲۹ $$\beta_۲ - \beta_۱ = (۱۰\text{dB}) \log \left(\frac{I_۲}{I_۱} \right) \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰^{\left(\frac{\Delta\beta}{۱۰\text{dB}} \right)} = ۱۰^{\left(\frac{۵\text{dB}}{۱۰\text{dB}} \right)} = ۱۰^{۰/۵} = ۳/۱۶$$

۳۰ $$I = \frac{\overline{P}}{A} = \frac{\overline{P}}{۴\pi r^۲} \Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲} = \frac{\frac{\overline{P}}{۴\pi r_۱^۲}}{\frac{\overline{P}}{۴\pi r_۲^۲}} = \frac{r_۲^۲}{r_۱^۲} = \left(\frac{۱۶۰m}{۶۴۰m} \right)^۲ = \left(\frac{۱}{۴} \right)^۲$$

$$\frac{I_۱}{I_۲} = \left(\frac{۱}{۴} \right)^۲ \Rightarrow I_۲ = ۱۶ \Rightarrow I_۱ = ۱۶ \times ۰/۱ \frac{W}{m^۲} = ۱/۶ \frac{W}{m^۲}$$

۳۱ بر طبق شکل

$$\lambda_B = ۲\lambda_A \ , A_A = ۲A_B$$

$$V_A = V_B \Rightarrow \frac{f_B}{f_A} = \frac{\frac{V_B}{\lambda_B}}{\frac{V_A}{\lambda_A}} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{۱}{۲}$$

$$\left.\begin{matrix} E = ۲\pi^۲ \mathrm{mA}^۲ f^۲ \\ I = \frac{\overline{P}}{۴\pi r^۲} = \frac{E}{۴\pi r^۲ t} \end{matrix}\right\} \Rightarrow I = \frac{۲\pi m A^۲ f^۲}{۴tr^۲}$$

$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{A_B^۲ f_B^۲}{A_A^۲ f_A^۲} = \frac{A_B^۲ f_B^۲}{(۲A_B)^۲ (۲f_B)^۲} = \frac{۱}{۱۶} \Rightarrow I_A = ۱۶ \Rightarrow I_B$$

۳۲ اگر چشمه به طرف ناظر حرکت کند (حالت ب) ، تجمع جبهه‌ای موج در جلوی آن بیش‌تر خواهد شد. بنابراین ناظر ساکن روبه‌روی آن طول موج کوتاه‌تری نسبت به وضعیتی که چشمه، ساکن بود اندازه می‌گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.

چشمه به ناظر نزدیک می‌شود. $f_{\text{ب}} > f_{\text{الف}}$

با دور شدن چشمه، از بسامدی که ناظر اندازه می‌گیرد کم می‌شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم.

چشمه از ناظر دور می‌شود. $f_{\text{پ}} > f_{\text{الف}}$

در حالت (ت) از چشمه دور شود به معنی کاهش بسامد خواهد بود.

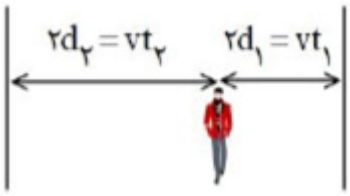
ناظر از چشمه دور می‌شود. $f_{\text{ت}} > f_{\text{الف}}$

در حالت (ث) ناظر به هدف چشمه حرکت کند با جبهه‌های موج بیش‌تری مواجه می‌شود که به معنی افزایش بسامد است.

ناظر به چشمه نزدیک می‌شود. $f_{\text{ث}} > f_{\text{الف}}$

۳۳

الف) $۲d_۱ = vt_۱ \Rightarrow v = \frac{۲d_۱}{t_۱} = \frac{۴۸۰m}{۱/۵s} = ۳۲۰\frac{m}{s}$



ب) $d_۲ = \frac{vt_۲}{۲} = \frac{\left(۳۲۰\frac{m}{s}\right) \times (۲/۵s)}{۲} = ۴۰۰m$

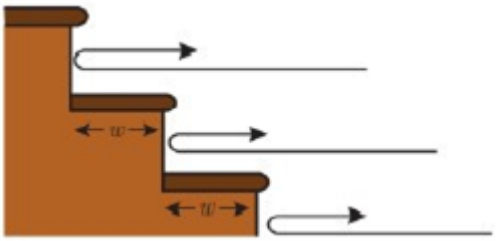
$d = d_۱ + d_۲ = ۴۰۰m + ۲۴۰m = ۶۴۰m$

۳۴ اگر فاصله از پلکان به حد کافی زیاد باشد، به طوری‌که بتوان مانند شکل زیر مسیر تپ‌های متوالی را تقریباً موازی درنظر گرفت، تقریباً بسامد ثابتی برای رشته تپ‌های متوالی درک می‌کنید.

$$f = \frac{۱}{\Delta t} = \frac{v}{۲w}$$

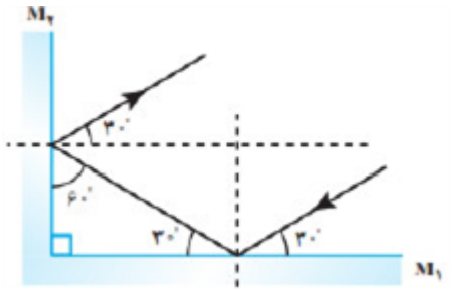
این صدا به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها بازمی‌گردد و مانند یک نت نواخته شده درک می‌شود. بدیهی است اگر پهنای پله‌ها کوچک‌تر باشد، با توجه به این‌که $f \alpha \frac{۱}{W}$ است، بسامد ادراک شده بیش‌تر می‌شود.

مسیر تپ‌های متوالی که هر کدام از یک پله نشأت گرفته‌اند، موازی نیست و بسامد ثابتی را برای رشته تپ‌های متوالی درک نمی‌کنید. بلکه گستره‌ای از بسامدها را درک می‌کنید که به تدریج کم می‌شوند. به طوری‌که بسامد دریافتی از پله‌های پایینی (که تپ‌های بازتابیده از آن‌ها را زودتر می‌شنویم) بیش‌تر از بسامد دریافتی از پله‌های بالایی است (که تپ‌های بازتابیده از آن‌ها را دیرتر می‌شنویم) و بدین ترتیب صدا را به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها می‌شنوید.

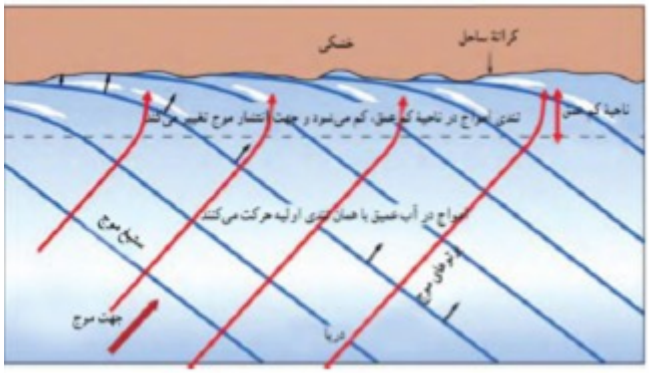


۳۵ ناشی از بازتاب پخشنده است.

۳۶



۳۷ با نزدیک شدن امواج به یک ساحل شیبدار و رسیدن جبهه‌های موج به ساحل که در آن‌جا عمق آب کم می‌شود، جهت انتشار موج تغییر می‌کند. به عبارتی، با ورود امواج از ناحیه عمیق به ناحیه‌ی کم‌عمق، تندی آن‌ها کم می‌شود.

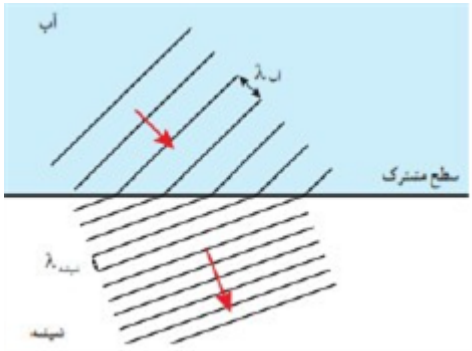


۳۸ شیشه ضریب شکست بزرگ‌تری نسبت به هوا دارد. پرتو شکسته شده در شیشه به خط عمود نزدیک می‌شود. بنابراین پرتوی A، نمی‌تواند درست باشد، زیرا پرتو از خط عمود دور شده است. اگر نور از شیشه وارد هوا می‌شد. این پرتو صحیح بود. پرتوی B در امتداد پرتوی فرودی است.

پرتوی C پاسخ درستی است زیرا به سمت خط عمود کج شده است.

پرتوی D نادرست است. توجه کنید که برای این پرتو، زاویه شکست $\theta_r = ۰$ است.

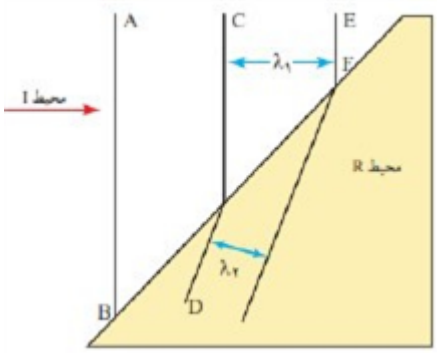
۳۹ مطابق شکل مقابل خواهیم داشت (البته در این شکل فاصله‌ی بین جبهه‌های موج در دو محیط به یک مقیاس نیست، ولی در هر حال $\lambda_{\text{شیشه}} > \lambda_{\text{آب}}$ است).



۴۰ الف) ادامه موج EF، پرتوی شکسته شده در محیط R است که باید موازی با D باشد. به عبارتی، پرتوهای شکسته باید موازی هم باشند.

ب و پ) با عبور موج از محیطی به محیط دیگر، بسامد موج تغییر نمی‌کند. بنابراین نسبت $\frac{v}{\lambda}$ ثابت می‌ماند و داریم:

$$\frac{V_۱}{\lambda_۱} = \frac{V_۲}{\lambda_۲} \Rightarrow \frac{V_۱}{V_۲} = \frac{\lambda_۱}{\lambda_۲}$$

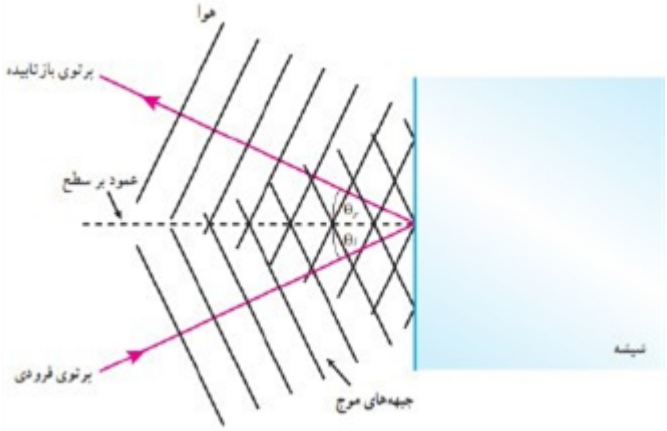


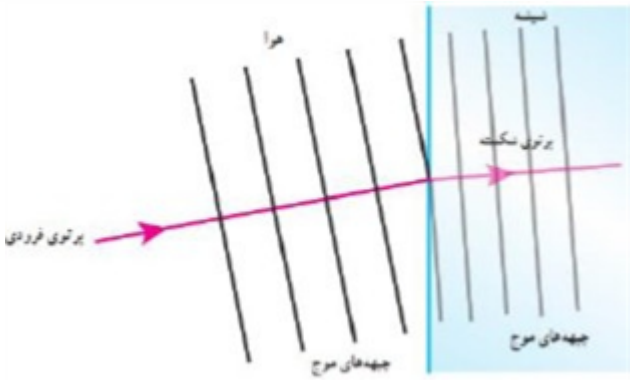
از روی شکل بالا درمی‌یابیم که $\lambda_۲ > \lambda_۱$ و بنابراین $V_۲ < V_۱$ است. به عبارتی با دانستن فاصله بین جبهه‌های موج در دو محیط می‌توان درباره نسبت تندی موج در دو محیط اظهارنظر کرد. مثلاً برای شکل بالا در این مسئله، نسبت $\lambda_۱$ به $\lambda_۲$ تقریباً ۱/۶ می‌شود که همان نسبت $V_۱$ به $V_۲$ نیز هست.

۴۱ الف) برای موج شکسته، به‌جز بسامد در سایر مشخصه‌ها با موج فرودی متفاوت است. چرا که تندی و طول‌موج تغییر می‌کنند و این دو به ضریب شکست بستگی دارند. در حالی‌که برای موج بازتابیده، بسامد، طول‌موج و تندی با موج فرودی برابر است.

ب) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می‌کند. پرتوی شکسته شده باید به خط عمود نزدیک شود. ابتدا پرتوی موج را رسم کرده و سپس جبهه‌های موج را به گونه‌ای رسم می‌کنیم که این پرتو عمود بر آن‌ها باشد، در مورد جبهه‌های موج بازتابیده، چون در خود محیط بازتابیده می‌شوند، فاصله خطوط تغییر نمی‌کند و بنابراین برای موج بازتابیده شکلی مانند روبه‌رو خواهیم داشت.

برای جبهه‌های موج شکست یافته نیز نخست یک پرتوی شکست یافته را رسم می‌کنیم و سپس جبهه‌های موج مربوط به آن‌را نشان می‌دهیم، که فاصله جبهه‌های موج در شیشه، کوتاه‌تر است.





۴۲

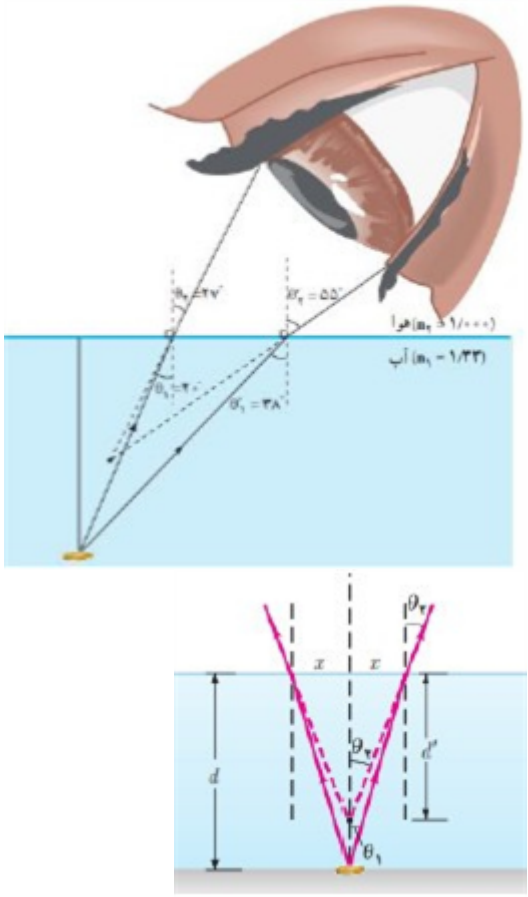
الف) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_{\circ}} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۶۳۳ \times ۱۰^{-۹} m} = ۴/۷۴ \times ۱۰^{۱۴} \text{Hz}$

ب) $n = \frac{\lambda_{\circ}}{\lambda} = \frac{۶۳۳ \times ۱۰^{-۹} m}{۴۷۴ \times ۱۰^{-۹} m} = ۱/۳۴$

پ) $V = \frac{c}{n} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۱/۳۴} = ۲/۲۵ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$

۴۳ اگر به طور قائم از بالا نگاه کنیم. پرتویی که از نقطه‌ای از سکه رسم نماییم در زاویه کوچکی از خط عمود از سطح آب قرار می‌گیرد. به دلیل شکسته شدن پرتوها و ورود آن‌ها از محیط با ضریب شکست بیش‌تر به محیطی با ضریب شکست کم‌تر، پرتوها در محل خروج از سطح آب، از خط عمود دور می‌شوند و این‌طور به نظر می‌رسد که امتداد آن‌ها در نقطه‌ای بالاتر از کف فنجان هم‌دیگر را قطع می‌کنند (که با رسم خط چین‌هایی نشان داده شده است. همین باعث می‌شود عمق فنجان را کم‌تر ببینیم.)

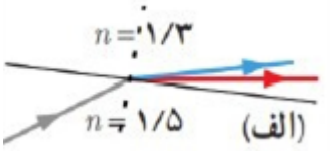
اگر کسی به طور مایل نگاه کند، افزون بر جابه‌جایی قائم، یک جابه‌جایی افقی نیز وجود دارد. و همان‌طور که در شکل زیر برای داده‌هایی خاص نشان داده شده است، تصویر در هر دو امتداد قائم و افقی به ناظر نزدیک می‌شود. البته محل این تصویر یکتا نیست و هرچه پرتوهایی که به چشم ناظر می‌رسند افقی‌تر گردند، تصویر به ناظر نزدیک‌تر می‌گردد. بیش‌ترین آن برای پرتوهایی است که نزدیک به زاویه حد به سطح جدایی می‌تابند.



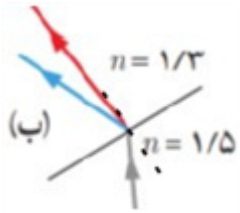
۴۴

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2} = \frac{(۱/۳۳)\sin ۳۰^\circ}{۱} = ۰/۶۶۵ \Rightarrow \theta_2 = ۴۱/۷^\circ$$

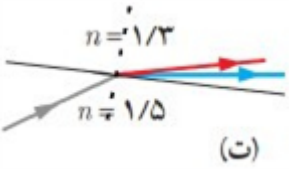
۴۵ شکل (الف) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است و پرتوی آبی می‌بایست پیش‌تر از پرتوی قرمز شکست پیدا می‌کرد.



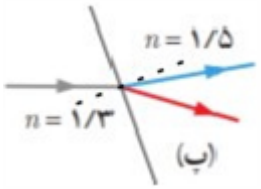
شکل (ب) پرتوی قرمز تقریباً در امتداد خط عمود و پرتوی آبی در سمت نادرست (چپ خط عمود) شکسته شده است.



شکل (ت) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است و پرتوی آبی بیش‌تر از پرتوی قرمز شکست پیدا کرده است که گزینه‌ی درستی است.



شکل (پ) پرتوها در سمتی درست شکسته شده‌اند، ولی پرتوی آبی به خط عمود نزدیک شده‌اند. بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است.



۴۶ با استفاده از یک منشور به سادگی می‌توانیم بین این دو نظر، یکی را انتخاب کنیم. اگر نور زرد، ترکیبی باشد در منشور تجزیه می‌شود و می‌توانیم نورهای قرمز و سبز را مشاهده کنیم.