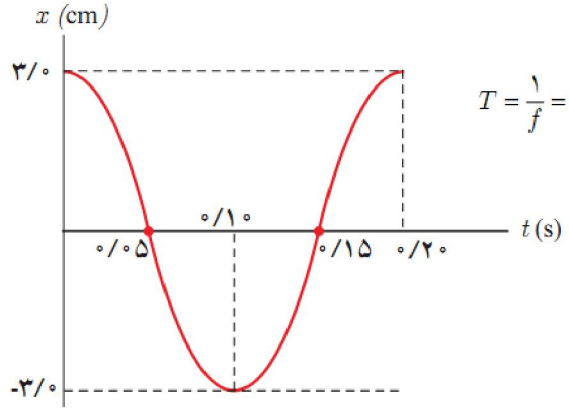
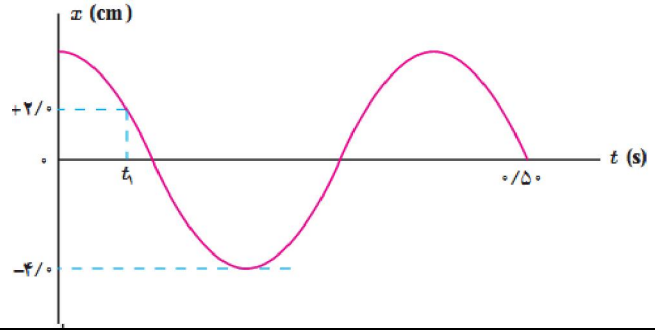
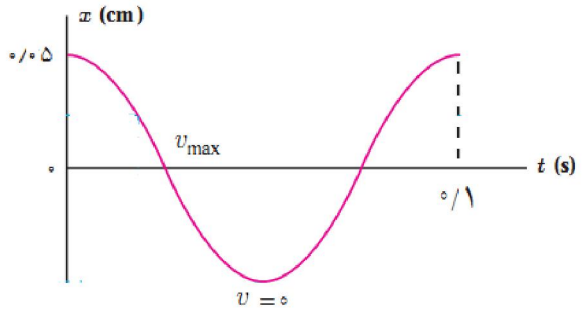
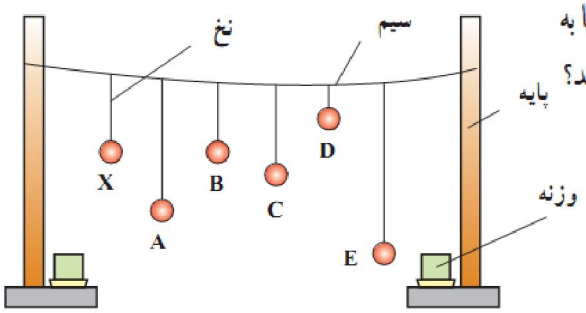
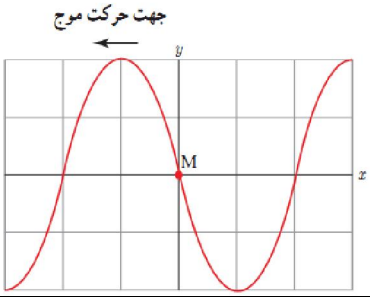
۱	یک وزنهٔ ۲۰N را از انتهای یک فنر قائم می‌آویزیم، فنر ۲۰cm کشیده می‌شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنهٔ ۵/۰N متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان درمی‌آوریم. دورهٔ تناوب این نوسان چقدر است؟
ج	$k=\frac{\lvert F\rvert}{x}=\frac{۲۰\text{N}}{۰/۲۰\text{m}}=۱۰۰\text{N/m}$ $\qquad T=۲\pi\sqrt{\frac{W/g}{k}}=۲\pi\sqrt{\frac{(۵/۰\text{N})/(۹/۸^{\text{N/kg}})}{۱۰۰\text{N/m}}}=۰/۴۶\text{s}$
۲	هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دورهٔ تناوب ۲/۰s نوسان می‌کند. اگر جرم این جسم ۲/۰kg افزایش یابد، دورهٔ تناوب ۳/۰s می‌شود. مقدار m چقدر است؟
ج	$T=۲\pi\sqrt{m/k}\longrightarrow\frac{T_۲}{T_۱}=\sqrt{\frac{m_۲}{m_۱}}=\sqrt{\frac{(m+۲/۰)}{m}}=\frac{۳/۰}{۲/۰}\longrightarrow m=۱/۶\text{kg}$
۳	جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن ۱۶۰۰kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت ۲/۰۰×۱۰⁴N/m سوار شده است. دورهٔ تناوب، بسامد، و بسامد زاویه‌ای ارتعاش خودرو وقتی از چاله‌ای می‌گذرد چقدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به‌طور یکنواخت روی فنرهای چهارچرخ توزیع شده است.
ج	چون وزن (و در نتیجه جرم) به‌طور یکنواخت توزیع شده است، روی هر فنر $\frac{۱}{۴}$ جرم کل قرار می‌گیرد. بنابراین $m=M/۴=۴۰۰\text{kg}$ $T=۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=۲\pi\sqrt{\frac{۴۰۰\text{kg}}{۲/۰۰\times۱۰^{۴}\text{N/m}}}=۰/۸۸۸\text{s}\longrightarrow f=\frac{۱}{T}=۱/۱۲۵\text{s}^{-۱}\approx۱/۱۲\text{Hz}$ $\longrightarrow\omega=۲\pi f=۲\pi(۱/۱۲۵\text{s}^{-۱})=۷/۰۷\text{rad/s}$
۴	دامنهٔ نوسان یک حرکت هماهنگ ساده ۳/۰×۱۰⁻²m و بسامد آن ۵/۰Hz هرتز است. معادلهٔ حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان ــ زمان ان را در یک دوره رسم کنید.
ج	$A=۳/۰\times۱۰^{-۲}\text{m}$ ، $\omega=۲\pi f=۲\pi(۵/۰\text{s}^{-۱})=۱۰\pi\text{ rad/s}$ ، $x=A\cos\omega t\longrightarrow x=(۳/۰\times۱۰^{-۲}\text{m})\cos(۱۰\pi t)$  $T=\frac{۱}{f}=\frac{۱}{۵/۰\text{s}^{-۱}}=۰/۲۰\text{s}$
۵	نمودار مکان ــ زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است : الف) معادلهٔ حرکت این نوسانگر را بنویسید. ب) مقدار $t_۱$ را به‌دست آورید. پ) اندازهٔ شتاب نوسانگر را در لحظهٔ $t_۱$ محاسبه کنید. 

ج	الف) $\frac{5T}{4}=0/50\,s \Rightarrow T=0/40\,s \longrightarrow \omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{0/40\,s}=5\pi\,rad/s \longrightarrow x=0/04\cos 5\pi t$ ب) $\frac{A}{2}=A\cos 5\pi t_1 \longrightarrow \cos 5\pi t_1=\frac{1}{2} \longrightarrow 5\pi t_1=\pi/3 \longrightarrow t_1=\frac{1}{15}s$ پ) $\lvert F\rvert=k\lvert x\rvert \longrightarrow m\lvert a\rvert=k\lvert x\rvert \longrightarrow \lvert a\rvert=\frac{k}{m}\lvert x\rvert=\omega^2\lvert x\rvert=(5\pi)^2\lvert x\rvert \longrightarrow$ $\lvert a\rvert=(5\pi)^2(0/020\,m)=4/93\,m/s^2\approx 4/9\,m/s^2$
۶	دامنهٔ نوسان وزنه‌ای که به یک فنر با ثابت فنر $74N/m$ متصل است و در راستای افقی نوسان می‌کند، برابر با $8/0cm$ است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر نوسان، $8/0\times10^{-2}J$ باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟ (از نیروهای اتلافی چشم‌پوشی شود.)
ج	$E=\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}(74\,N/m)(0/080\,m)^2=0/2368\,J\approx 0/24\,J \longrightarrow K=E-U=0/2368\,J-0/080\,J=0/16\,J$
۷	جسمی به جرم $1/0kg$ به فنری افقی با ثابت $6/0N/cm$ متصل است. فنر به اندازهٔ $9/0cm$ فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. با چشم‌پوشی از اصطکاک الف) دامنهٔ نوسان و تندی بیشینهٔ جسم چقدر است؟ ب) وقتی تندی جسم $1/6m/s$ است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟
ج	$A=9/0cm$ الف) $K_{max}=\frac{1}{2}mv_{max}^2=\frac{1}{2}kA^2 \longrightarrow v_{max}=\sqrt{\frac{k}{m}}A=\sqrt{\frac{6/0\times10^2\,N/m}{1/0\,kg}}(0/090\,m)=2/2\,m/s$ ب) $U=E-K=\frac{1}{2}kA^2-\frac{1}{2}mv^2 \longrightarrow U=\frac{1}{2}(6/0\times10^2\,N/m)(0/090\,m)^2-\frac{1}{2}(1/0\,kg)(1/6\,m/s)^2$ $\longrightarrow =2/43\,J-1/28\,J=1/15\,J$
۸	معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به‌صورت $x=(0/050\,m)\cos 20\pi t$ است. الف) در چه زمانی، پس از لحظهٔ صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به بیشترین مقدار خود می‌رسد؟ ب) در چه زمانی، پس از لحظهٔ صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد؟ پ) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن شود؟
ج	 الف) $v_{max} \longrightarrow t=\frac{T}{4} \longrightarrow t=\frac{1}{40}s$ ب) $v=0 \longrightarrow t=\frac{T}{2} \longrightarrow t=\frac{1}{20}s$ پ) $K=U=\frac{E}{2} \longrightarrow \frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\frac{1}{2}kA^2$ $\longrightarrow mv^2=\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}m\omega^2A^2$ $\lvert v\rvert=\frac{1}{\sqrt{2}}A\omega=\frac{1}{\sqrt{2}}(0/050\,m)(20\pi)=2/2\,m/s$ $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{20\pi}=0/1$

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 جلوافتادن در یک شبانه‌روز چقدر است؟ ($g_{\text{استوا}} = ۹/۷۸ m/s^۲$ و $g_{\text{تهران}} = ۹/۸۰ m/s^۲$) ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ‌دار جلو می‌افتد یا عقب؟
ج	الف) چون در استوا شتاب گرانشی $g_۲$ کمتر از شتاب گرانشی تهران $g_۱$ است طبق رابطه $T = ۲\pi\sqrt{L/g}$ دوره تناوب در استوا $T_۲$ بیشتر از دوره تناوب تهران $T_۱$ است ، پس آونگ استوا کندتر حرکت می‌کند و ساعت استوا عقب می ماند . $\frac{T_۲}{T_۱} = \sqrt{\frac{g_۱}{g_۲}} = \sqrt{\frac{۹/۸}{۹/۷۸}} = ۱/۰۰۱۰۲۱۹ \longrightarrow \Delta T = T_۲ - T_۱ = ۱/۰۰۱۰۲۱۹T_۱ - T_۱ = ۰/۰۰۱۰۲۱۹T_۱$ $\longrightarrow$ عقب می افتد $۰/۰۰۱۰۲۱۹ \times ۸۶۴۰۰ = ۸۸/۳(s)$ ب) با افزایش دما طول آونگ در اثر انبساط طولی افزایش می‌یابد در نتیجه دوره تناوب آن زیاد شده و آونگ کند شده و ساعت عقب می‌افتد .
۱۰	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 ۰/۵Hz 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؟
ج	با هر بار راه رفتن و چرخش بدن فرد روی پل ، مقداری انرژی فرد به پل منتقل شده و چون بسامد چرخش بدن فرد با بسامد طبیعی پل برابر بوده پدیده تشدید رخ داده و بر دامنه نوسان پل می‌افزاید و پل به لرزش در می‌آید .
۱۱	مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. توضیح دهید با به نوسان درآوردن آونگ X، آونگ‌های دیگر چگونه نوسان می‌کنند؟ 
ج	با به نوسان در آوردن آونگ x بقیه آونگ‌ها نیز به نوسان در می‌آیند ولی بعد از چند لحظه آونگی با آونگ X هم طول است با دامنه بیشتری به نوسان در می‌آید . زیرا دوره و بسامد آونگ‌های هم طول X و B باعث تشدید شده و با دامنه بیشتر به نوسانات 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، طول‌موج موج. ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت‌های زیر چه تغییری می‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول‌موج موج.
ج	الف) با افزایش بسامد ، تندی موج تغییر نمی‌کند زیرا به ویژگی‌های فیزیکی محیط (جنس ، دما ، . . .) بستگی دارد اما به شرایط فیزیکی چشمه موج (بسامد ، دامنه ، . . .) بستگی ندارد . ب) طبق رابطه $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ تندی موج افزایش می‌یابد ولی بسامد تغییر نمی‌کند و طبق رابطه $\lambda = \frac{V}{f}$ طول موج نیز افزایش می‌یابد .

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



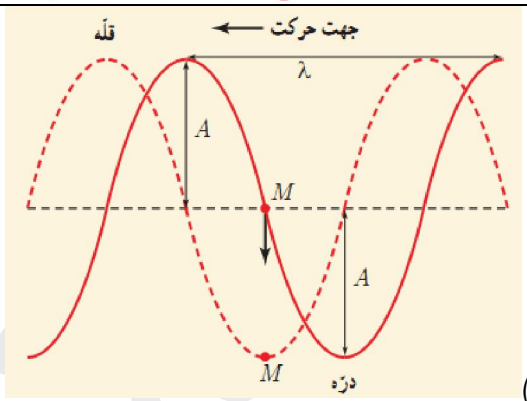
الف) با رسم این موج در زمان $T/۴$ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج، دامنهٔ موج و طول‌موج را نشان دهید.

ب) اگر طول‌موج ۵/۰cm و تندی موج ۱۰cm/s باشد، بسامد موج را به‌دست آورید.

پ) تعیین کنید موج در مدت $T/۴$ چه مسافتی را پیموده است؟

ج

الف)



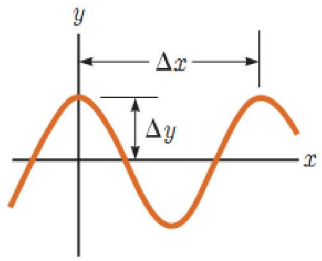
ب) $f = \frac{۱۰\,cm/s}{۵\,cm} = ۲/۰\,s = ۲/۰\,Hz$

پ) $x = vt = v(\frac{T}{۴}) = v(\frac{۱}{۴f}) = (۱۰\,cm/s)(\frac{۱}{۸/۰\,s^{-۱}})$

$= ۱/۲۵\,cm$

که این همان معادل $۱/۲۵cm = (۵/۰cm)/۴ = \lambda/۴$ است.

۱۴ در نمودار جابه‌جایی ـ مکانِ موجِ عرضیِ شکل زیر $\Delta x = ۴۰/۰cm$ و $\Delta y = ۱۵/۰cm$ است. اگر بسامد نوسان‌های چشمه ۸/۰۰Hz باشد، طول‌موج، دامنه، تندی و دورهٔ تناوب موج چقدر است؟



ج

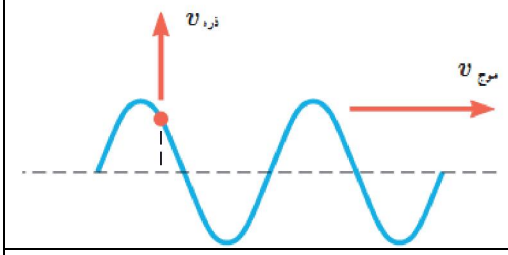
از روی شکل درمی‌یابیم طول موج $\lambda = \Delta x = ۴۰/۰cm$ و دامنه $A = \Delta y = ۱۵/۰cm$ است. با استفاده از رابطهٔ $v=\lambda f$ می‌توانیم تندی انتشار موج را به دست آوریم :

$v = \lambda f = (۴۰/۰cm)\,(۸/۰۰s^{-۱}) = ۳۲۰\ cm/s = ۳/۲۰\ m/s$

دورهٔ تناوب نیز وارون بسامد است :

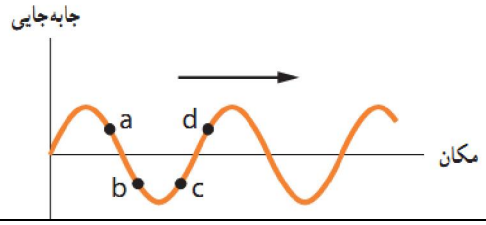
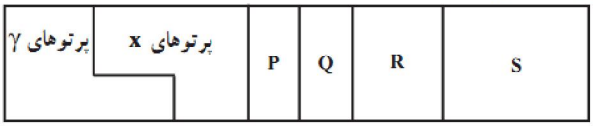
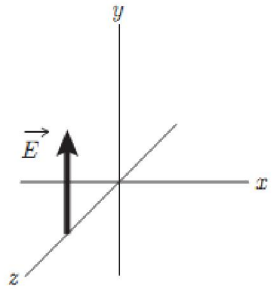
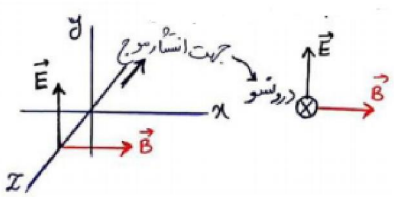
$T = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{۸/۰۰s^{-۱}} = ۰/۱۲۵s$

۱۵ شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با تندی $v_{موج}$ به سمت راست حرکت می‌کند، در حالی که تندیِ ذرهٔ نشان داده شدهٔ ریسمان $v_{ذره}$ است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید.



ج

خیر؛ این دو تندی متفاوت‌اند. تندی $v_{موج}$ همان تندی انتشار موج است که با مشخصه‌های ریسمان تعیین می‌شود و همیشه مقدار ثابتی در هر جای ریسمان دارد. ولی هر ذره روی ریسمان به طور هماهنگ ساده‌ای با نوسان چشمه حرکت می‌کند. بنابراین هر ذرهٔ ریسمان تندی ذره v را دارد که با زمان تغییر می‌کند. تندی ذره وقتی از موضع تعادل می‌گذرد، بیشینه و در نقطه‌های اوج و حضیض صفر است. در حالی که تندی موج همواره مقدار ثابتی دارد که از مشخصه‌های ریسمان تعیین می‌شود.

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 هر یک از این چهار جزء بالا می‌روند یا پایین؟ 
ج	a و b رو به بالا، و c و d رو به پایین حرکت می‌کنند.
۱۷	سیمی با چگالی $۷/۸۰ g/cm^۳$ و سطح مقطع $۰/۵۰ mm^۲$ بین دو نقطه با نیروی ۱۵۶ N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.
ج	$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}}=\sqrt{\frac{FL}{m}}=\sqrt{\frac{FL}{\rho V}}=\sqrt{\frac{FL}{\rho AL}}=\sqrt{\frac{F}{\rho A}}=\sqrt{\frac{۱۵۶}{۷۸۰۰\times ۰/۵\times ۱۰^{-۶}}}=۲۰۰ m/s$
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؟
ج	**الف)** P، Q، R، S و T به ترتیب معادل ناحیه‌های فرابنفش، مرئی، فروسرخ، میکروموج و امواج رادیویی است. **ب)** این شکل براساس افزایش طول موج (یا کاهش بسامد) از چپ به راست مرتب شده است
۱۹	شکل زیر 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 موج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید. 
ج	خلاف جهت محور Z 
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 $۴/۳۰\times ۱۰^{۱۴} Hz$ است. طول‌موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور را در هوا $۳/۰\times ۱۰^۸ m/s$ و در آب $۲/۲۵\times ۱۰^۸ m/s$ فرض کنید.)
ج	الف) از رابطهٔ $f=c/\lambda$ استفاده می‌کنیم: $f=\frac{c}{\lambda}=\frac{۳/۰\times ۱۰^۸ m/s}{۶/۲۰\times ۱۰^{-۷} m}=۴/۸۳۹\times ۱۰^{۱۴} Hz\approx ۴/۸\times ۱۰^{۱۴} Hz$ ب) طول موج در هوا چنین می‌شود: $\lambda=\frac{c}{f}=\frac{۳/۰\times ۱۰^۸ m/s}{۴/۳۰\times ۱۰^{۱۴} s^{-۱}}=۶/۹۷۷\times ۱۰^{-۷} m\approx ۷/۰\times ۱۰^{-۷} m$ و در آب $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{۲/۲۵\times ۱۰^۸ m/s}{۴/۳۰\times ۱۰^{۱۴} s^{-۱}}=۵/۲۳\times ۱۰^{-۷} m$

۲۱

چشمهٔ موجی با بسامد ۱۰ Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن ۱۰۰ m/s است، نوسان هایی طولی ایجاد می کند. اگر دامنهٔ نوسان‌ها ۴/۰ cm باشد،

الف) فاصلهٔ بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟ ب) فاصلهٔ بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟

ج

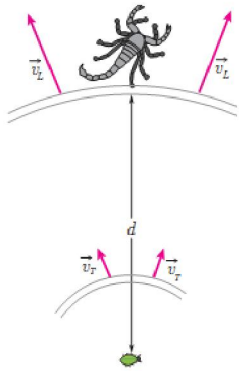
از رابطهٔ $\lambda = v/f$، طول موج را به دست می‌آوریم : $\lambda = \frac{۱۰۰ \text{m/s}}{۱۰ \text{s}^{-۱}} = ۱۰ \text{m}$

الف) فاصلهٔ بین دو تراکم متوالی همان طول موج است.

ب) فاصلهٔ بین یک تراکم و یک انبساط متوالی $\lambda/۲ = ۵/۰ \text{m}$ می‌شود.

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



ج

$x = v_T \times t_T \rightarrow t_T = \frac{x}{v_T}$

$x = v_L \times t_L \rightarrow t_L = \frac{x}{v_L}$

$t_T - t_L = \frac{x}{v_T} - \frac{x}{v_L} = x\left(\frac{۱}{۵۰} - \frac{۱}{۱۵۰}\right)$

$\Delta t = ۴ \times ۱۰^{-۳} = x\left(\frac{۲}{۱۵۰}\right)$

$x = ۰.۳m = ۳۰cm$

۲۳

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

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

ج

گزینه ت زیرا تندی صوت تابعی از شرایط فیزیکی محیط است .

۲۴

در سونوگرافی معمولاً از کاوه‌ای[۱] دستی موسوم به *تراگذار فراصوتی*[۲] برای تشخیص پزشکی استفاده می‌شود که دقیقاً روی ناحیهٔ موردنظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می‌شود. این کاوه در بسامد ۶/۷MHz عمل می کند.

الف) بسامد زاویه‌ای در این کاوهٔ نوسان چقدر است؟

ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن ۱۵۰۰ m/s باشد، طول‌موج این موج در این بافت چقدر است؟

ج

الف) $\omega = ۲\pi f = ۲\pi\,(۶/۷ \times ۱۰^{۶} \text{s}^{-۱}) = ۴/۲۱ \times ۱۰^{۷} \text{rad/s} \approx ۴/۲ \times ۱۰^{۷} \text{rad/s}$

ب) از رابطهٔ $\lambda = v/f$ داریم : $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{۱۵۰۰ \text{m/s}}{۶/۷ \times ۱۰^{۶} \text{s}^{-۱}} = ۲/۲۳ \times ۱۰^{-۴} \text{m} \approx ۲/۲ \times ۱۰^{-۴} \text{m}$

۲۵

تندی صوت در یک فلز خاص، برابر $v_{\text{فلز}}$ است. به یک سر لولهٔ توخالی بلندی از جنس این فلز به طول L ضربهٔ محکمی می‌زنیم. شنونده‌ای که در سر دیگر این لوله قرار دارد دو صدا را می‌شنود. یکی ناشی از موجی است که از دیوارهٔ 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، بازهٔ زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چقدر خواهد بود؟

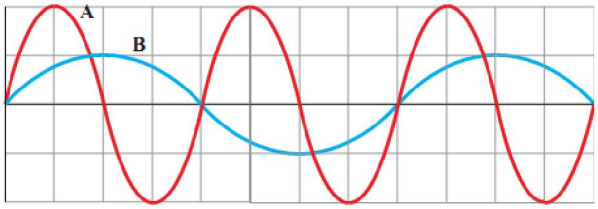
ب) اگر $\Delta t = ۱/۰۰ \text{s}$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چقدر است؟ $(v_{\text{هوا}} = ۳۴۰ \text{m/s})$

ج	الف) برای Δt داریم : $\Delta t = t_{هوا} - t_{فلز} = \frac{L}{v_{هوا}} - \frac{L}{v_{فلز}} = L\left(\frac{v_{فلز} - v_{هوا}}{v_{فلز}\ v_{هوا}}\right)$ ب) از رابطهٔ به دست آمده در قسمت الف، L را به دست می‌آوریم : $L = \frac{\Delta t\ (v_{فلز}\ v_{هوا})}{v_{فلز} - v_{هوا}}$ که در آن $v_{فلز}$ همان تندی صوت در فولاد است. از جدول ۳ـ۱ کتاب، این تندی را برابر ۵۹۴۱m/s درمی‌یابیم. در نتیجه برای L داریم : $L = \frac{(۱/۰۰\text{s})(۵۹۴۱\text{m/s})(۳۴۰\text{m/s})}{۵۹۴۱\text{m/s} - ۳۴۰\text{m/s}} = ۳۶۰/۳\text{m} \approx ۳۶۱\text{m}$
۲۶	موجی صوتی با توان $۱/۲\times۱۰^{-۴}\text{W}$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحهٔ فرضی (شکل ۳ـ۲۶) می‌گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه‌ها به‌ترتیب $A_۱=۴/۰\text{m}^۲$ و $A_۲=۱۲\text{m}^۲$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحهٔ دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شنود.
ج	گرچه توان عبوری از سطوح برابر است، ولی شنوندهٔ دوم توان بر واحد سطح کمتری از شنوندهٔ اول دریافت می‌کند. $I_۱ = \frac{\overline{P}}{A_۱} = \frac{۱/۲\times۱۰^{-۴}\text{W}}{۴/۰\text{m}^۲} = ۳/۰\times۱۰^{-۵}\text{W/m}^۲$ $I_۲ = \frac{\overline{P}}{A_۲} = \frac{۱/۲\times۱۰^{-۴}\text{W}}{۱۲\text{m}^۲} = ۱/۰\times۱۰^{-۵}\text{W/m}^۲$
۲۷	شدت صدای حاصل از یک متهٔ سنگ‌شکن در فاصلهٔ ۱۰/۰m از آن $۱/۰\times۱۰^{-۲}\text{W/m}^۲$ است. تراز شدت صوتی آن برحسب dB چقدر می‌شود؟
ج	$\beta = (۱۰\text{dB})\log\left(\frac{I}{I_۰}\right)$ $I_۰ = ۱/۰۰\times۱۰^{-۱۲}\ \text{W/m}^۲$ $I = ۱/۰\times۱۰^{-۲}\ \text{W/m}^۲$ $\beta = (۱۰\text{dB})\log\left(\frac{۱/۰\times۱۰^{-۲}\text{W/m}^۲}{۱/۰۰\times۱۰^{-۱۲}\text{W/m}^۲}\right) = ۱/۰\times۱۰^{۲}\text{dB}$
۲۸	اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۱۲۰dB باشیم، آستانهٔ شنوایی به‌طور موقت از ۰dB به ۲۸dB افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده است که به‌طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت ۹۲dB قرار گیریم، آستانهٔ شنوایی به‌طور دائم به ۲۸dB افزایش می‌یابد. شدت‌های صوت مربوط به ۲۸dB و ۹۲dB چقدر است؟ (راهنمایی : برای پاسخ دادن لازم است از ماشین‌حساب مناسب استفاده کنید.)
ج	$\beta = (۱۰\text{dB})\log\left(\frac{I}{I_۰}\right)$ $I = I_۰\ ۱۰^{\left(\frac{\beta}{۱۰\text{dB}}\right)}$ $I_۱ = (۱/۰۰\times۱۰^{-۱۲}\text{W/m}^۲)۱۰^{\left(\frac{۲۸\text{dB}}{۱۰\text{dB}}\right)} = ۶/۳۱\times۱۰^{-۱۰}\ \text{W/m}^۲ \approx ۶/۳\times۱۰^{-۱۰}\ \text{W/m}^۲$ $I_۲ = (۱/۰۰\times۱۰^{-۱۲}\text{W/m}^۲)۱۰^{\frac{۹۲\text{dB}}{۱۰\text{dB}}} = ۱/۵۸\times۱۰^{-۳}\ \text{W/m}^۲ \approx ۱/۶\times۱۰^{-۳}\ \text{W/m}^۲$
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 $\text{W/m}^۲$) به ترتیب $I_۱$ و $I_۲$ هستند. نسبت $I_۲/I_۱$ را تعیین کنید.
ج	$\beta_۲ - \beta_۱ = (۱۰\text{dB})\log\left(\frac{I_۲}{I_۰}\right) - (۱۰\text{dB})\log\left(\frac{I_۱}{I_۰}\right) = (۱۰\text{dB})\log\left(\frac{I_۲}{I_۱}\right)$ $\frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰^{۰/۵۰} = ۳/۱۶ \approx ۳/۲$
۳۰	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 $I=۰/۱۰\text{W/m}^۲$ به شنونده‌ای برسد که به فاصلهٔ $r_۱=۶۴۰\text{m}$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده‌ای که در فاصلهٔ $r_۲=۱۶۰\text{m}$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می‌رسد؟

ج

$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{\frac{\overline{P}}{4\pi r_1^2}}{\frac{\overline{P}}{4\pi r_2^2}}=\frac{r_2^2}{r_1^2}=\left(\frac{16\circ m}{64\circ m}\right)^2=\left(\frac{1}{4}\right)^2 \qquad I_2=16\,I_1=16\,(\circ/1\circ\ W/m^2)=1/6\ W/m^2$$

۳۱



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

ج

همان‌طور که از شکل مشخص است دامنهٔ A دو برابر دامنهٔ B است. همچنین طول موج B دو برابر طول موج A است. از طرفی، طبق رابطهٔ $f=v/\lambda$ درمی‌یابیم که بسامد B نصف بسامد A است. در مورد شدت نیز با توجه به اینکه طبق رابطهٔ $I=\overline{P}/A$ ، شدت با توان متوسط $\overline{P}$ متناسب است و نیز همان‌طور که در متن درس اشاره کردیم توان متوسط با مربع بسامد و دامنه متناسب است، بنابراین داریم :

$$\frac{I_B}{I_A}=\left(\frac{A_B^2 f_B^2}{A_A^2 f_A^2}\right)=\left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2\left(\frac{f_B}{f_A}\right)^2=\left(\frac{1}{2}\right)^2\left(\frac{1}{2}\right)^2=\frac{1}{16}$$

یعنی شدت موج صوتی A، ۱۶ برابر شدت موج صوتی B است.

۳۲

شکل زیر جهت‌های حرکت یک چشمهٔ صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد. بسامدی را که ناظر در حالت‌های مختلف می‌شنود با حالت الف مقایسه کنید.

	ناظر (شنونده)	چشمه
(الف)	•	•
(ب)	•	•→
(پ)	•	←•
(ت)	•→	•
(ث)	←•	•

ج

حالت ب) طول موج کوتاه‌تر که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.

حالت پ) کاهش بسامد که این به معنی افزایش طول موج برای این ناظر است.

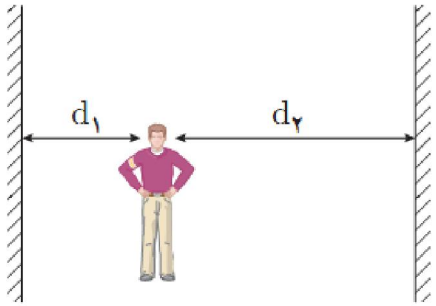
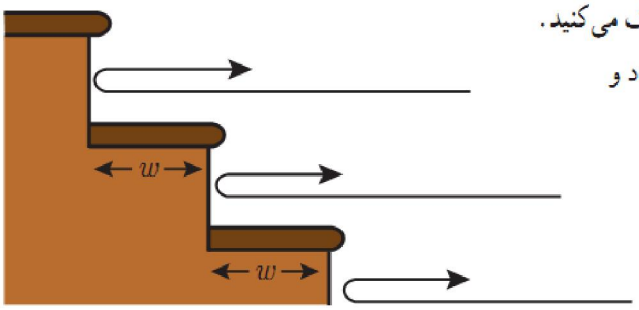
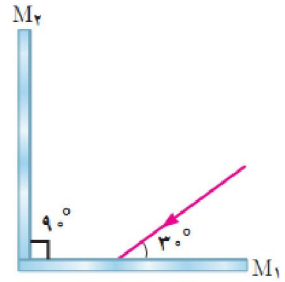
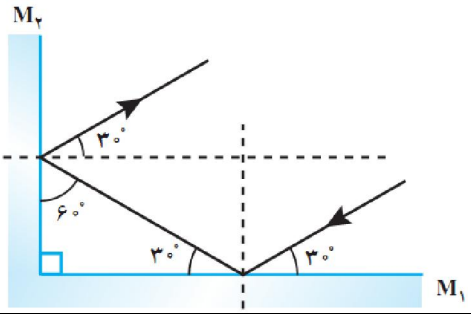
حالت ت) افزایش طول موج که این به معنی کاهش بسامد برای این ناظر است.

حالت ث) افزایش بسامد که این به معنی طول موج کوتاه‌تر

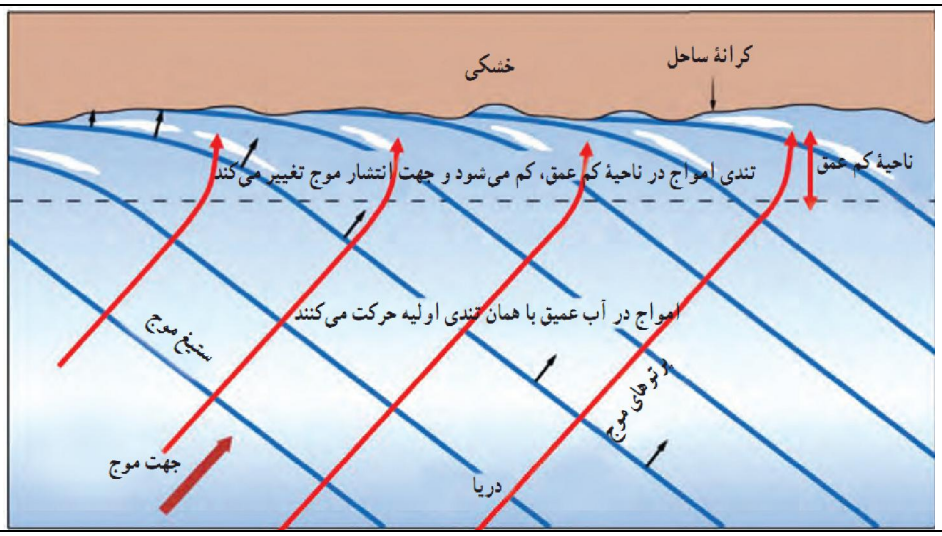
۳۳

دانش‌آموزی بین دو صخرهٔ قائم ایستاده است و فاصلهٔ او از صخرهٔ 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.

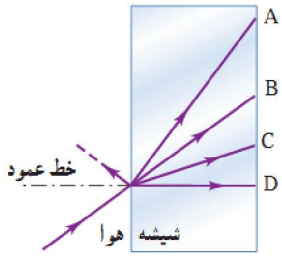
الف) تندی صوت در هوا چقدر است؟ ب) فاصلهٔ بین دو صخره را بیابید.

ج	 (الف) $v=\frac{۲d_۱}{t_۱}=\frac{۴۸۰\text{m}}{۱/۵۰\text{s}}=۳۲۰\text{m/s}$ (ب) $d_۲=\frac{vt_۲}{۲}=\frac{(۳۲۰\text{m/s})(۲/۵۰\text{s})}{۲}=۴۰۰\text{m}$ پس فاصلهٔ بین دو صخره $d=d_۱+d_۲=۶۴۰\text{m}$ است.
۳۴	اگر در فاصلهٔ مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک‌بار کف بزنید، پژواکی بیشتر از یک صدای برهم زدن دست می‌شنوید. نمونهٔ جالبی از این پدیده در برابر رشته پله‌های معبد قدیمی *کوکولکان*[۱] در مکزیک رخ می‌دهد. این معبد از ۹۲ پلهٔ سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.
ج	اگر فاصلهٔ شما از پلکان به حدّ کافی زیاد باشد، به‌طوری که بتوان مانند شکل زیر مسیر تپ‌های متوالی را تقریباً موازی در نظر گرفت، شما بسامد ثابتی برای رشته تپ‌های متوالی درک می‌کنید. این صدا به‌صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها بازمی‌گردد و مانند یک نُت نواخته شده درک می‌شود. 
۳۵	وقتی یک باریکهٔ لیزر را به دیوار کلاس می‌تابانیم، همهٔ دانش‌آموزان نقطهٔ رنگی ایجاد شده روی دیوار را می‌بینند. دلیل آن چیست؟
ج	همان‌طور که در متن کتاب اشاره شد، این ناشی از بازتاب پخشنده است.
۳۶	در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت $M_۱$ و $M_۲$ را رسم کنید. 
ج	
۳۷	با رسم شکلی از جبهه‌های موج توضیح دهید چگونه جهت انتشار جبهه‌های موج با رسیدن به یک ساحل شیب‌دار، تغییر می‌کند.

ج



۳۸



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

ج

بنابراین پرتوی A نمی‌تواند درست باشد، زیرا از خط عمود دور شده است.

پرتوی B نیز پاسخ درستی نیست، زیرا این پرتو خم نشده است و در امتداد پرتوی فرودی است.

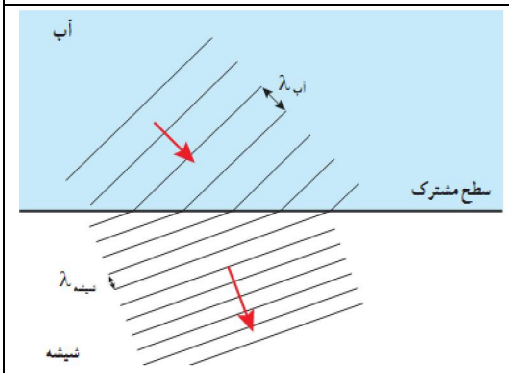
پرتوی C پاسخ درست است زیرا به سمت خط عمود کج شده است.

ولی چرا پرتوی D نادرست است. توجه کنید که برای این پرتو، زاویهٔ شکست $\theta_r=0$ است و بنابراین $\sin\theta_r=0$ خواهد که این قانون اسنل را نقض می‌کند که در اینجا بیان می‌دارد $n_1\sin\theta_i=n_2\sin\theta_r$.

۳۹

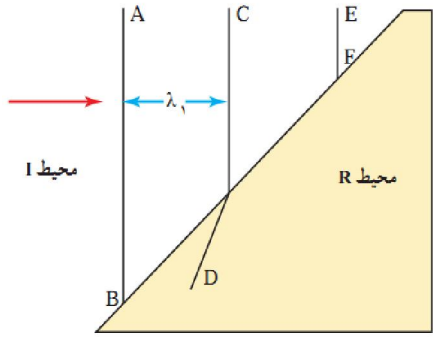
ضریب شکست آب ۱/۳ و ضریب شکست شیشه ۱/۵ است. اگر نوری به‌طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه‌های موج را در دو محیط نشان دهید.

ج



شکلی مطابق شکل زیر خواهیم داشت (البته در این شکل فاصلهٔ بین جبهه‌های موج در دو محیط به مقیاس نیست، ولی در هر حال $\lambda_{آب} > \lambda_{شیشه}$ است).

۴۰



شکل زیر جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده‌اند.

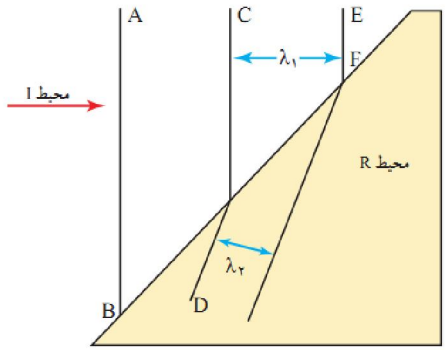
الف) ادامهٔ جبههٔ موج EF را در محیط R رسم کنید.

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؟

ج

الف)



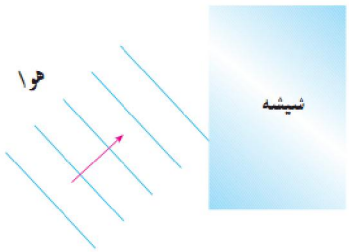
ب) از روی شکل درمی‌یابیم که $\lambda_2 < \lambda_1$ و بنابراین $v_2 < v_1$ است.

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

$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

۴۱

در شکل زیر 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.

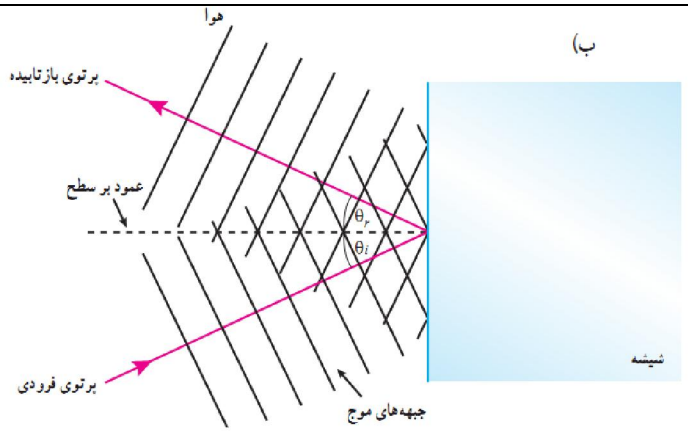
ب) جبهه‌های موج بازتابیده و شکست‌یافته را رسم کنید.

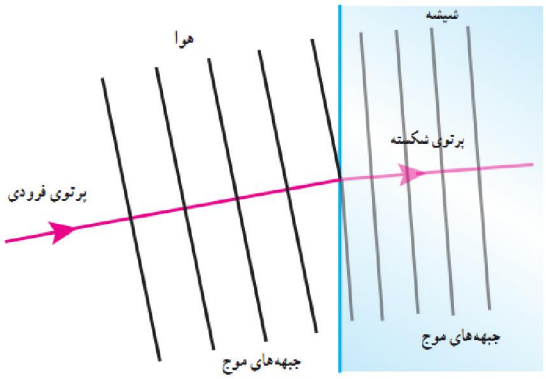
ج

الف) برای موج شکسته، به جز بسامد سایر مشخصه‌ها با موج فرودی متفاوت است. چرا که تندی و طول موج تغییر می‌کنند و این دو به ضریب شکست بستگی دارند.

در حالی که برای موج بازتابیده، بسامد، طول موج و تندی با موج فرودی برابر است.

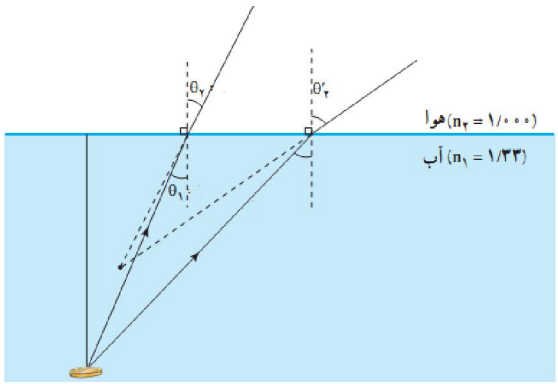
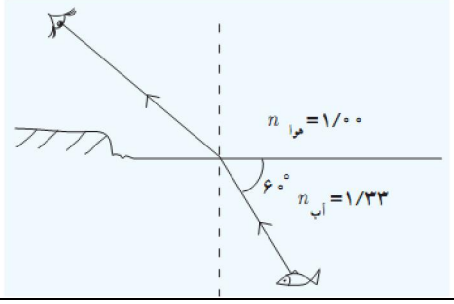
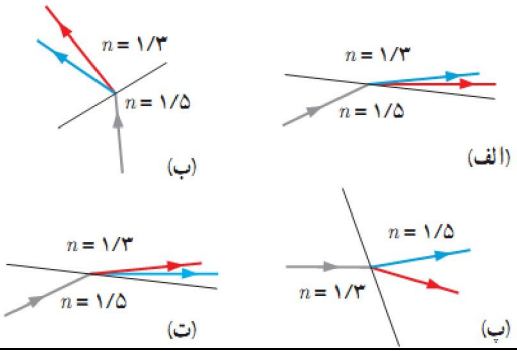
ب)





۴۲

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

ج	الف) $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{c}{\lambda_0}=\frac{۳/۰۰\times۱۰^{۸}\,m/s}{۶۳۳\times۱۰^{-۹}\,m}=۴/۷۳۹\times۱۰^{۱۴}\,Hz\approx۴/۷۴\times۱۰^{۱۴}\,Hz$ ب) $n=\frac{\lambda_0}{\lambda}=\frac{۶۳۳\times۱۰^{-۹}\,m}{۴۷۴\times۱۰^{-۹}\,m}=۱/۳۳۵\approx۱/۳۴$ پ) $v=\frac{c}{n}=\frac{۳/۰۰\times۱۰^{۸}\,m/s}{۱/۳۳۵}=۲/۲۴۷\times۱۰^{۸}\,m/s\approx۲/۲۵\times۱۰^{۸}\,m/s$
۴۳	سکه‌ای را در گوشهٔ فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آنکه سرتان را حرکت دهید به‌آرامی در فنجان آب بریزید، به‌طوری که آب ریختن شما موجب جابه‌جایی سکه نشود. با پرشدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.
ج	به دلیل شکسته شدن پرتوها و ورود آنها از محیطی با ضریب شکست بیشتر به محیطی با ضریب شکست کمتر، آنها در محل خروج از سطح آب، از خطّ عمود دور می‌شوند و این طور به نظر می‌رسد که امتداد آنها در نقطه‌ای بالاتر از کف فنجان همدیگر را قطع می‌کنند همین باعث می‌شود عمق فنجان را کمتر ببینیم. 
۴۴	مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد تحت زاویهٔ ۶۰° به مرز آب ــ هوا برخورد کرده است. زاویهٔ شکست این پرتو در هوا چقدر است؟ 
ج	$n_1\sin\theta_1=n_2\sin\theta_2$ $\quad \sin\theta_2=\frac{n_1\sin\theta_1}{n_2}=\frac{(۱/۳۳)\sin۳۰^\circ}{۱/۰۰}=۰/۶۶۵$ $\quad \theta_2=۴۱/۷^\circ\approx۴۲^\circ$
۴۵	در شکل‌های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده‌اند. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟ 
ج	شکل الف) نادرست است. پرتوی آبی باید بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا کند شکل (ب) نادرست است. پرتوی قرمز تقریبا در امتداد خط عمود و پرتوی ابی در سمت نادرست (سمت چپ خطّ عمود) است شکل (پ) نادرست است. پرتوی آبی به خطّ عمود نزدیک شده است بنابراین پاسخ درست، (ت) است.

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